



## รายงานวิจัย

การสร้างอีบูลลิโอมิเตอร์วัดปริมาณแอลกอฮอล์ความเข้มข้นสูง

High Concentration Alcohol Measured Ebulliometer Fabrication

BTC-Library



3 2000 00068664 4

นายสุรัตน์ บุญพิง

ดร. วราภรณ์ ชนะกุลรังสรรค์

ประจำปีงบประมาณ 2548

## รายงานวิจัย

การสร้างอีบูลลิโอมิเตอร์วัดปริมาณแอลกอฮอล์ความเข้มข้นสูง

**High Concentration Alcohol Measured Ebulliometer Fabrication**

ยสุรัตน์ บุญพึ่ง

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ร. วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

BTC-Library



3 2000 00068664 4

สนับสนุนโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยงบประมาณเงินผลประโยชน์  
ประจำปี 2548 และขอขอบคุณสาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรมที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์การทดลองและสถานที่ในการทำวิจัย

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เป็นการสร้างเครื่องอิทธิพลิโอมิเตอร์เพื่อวัดปริมาณแอลกอฮอล์ การดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนแรกเป็นการออกแบบสร้างเครื่องอิทธิพลิโอมิเตอร์ด้วยหลักกลไกไร้สนิม และชุดอ่านค่าอุณหภูมิความละเอียดสูงแบบไมโครโปรเซสเซอร์ใช้หัววัดอุณหภูมิชนิดอาร์ทีดี PT-100 ตอนที่สองเป็นการทดสอบการใช้อิทธิพลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นโดยใช้แอลกอฮอล์ตัวอย่างที่เตรียมขึ้นในช่วง 1-17 ดีกรี และช่วง 20-95 ดีกรี ใช้คอนเดนเซอร์แบบน้ำหล่อและแบบมีน้ำไหลผ่าน และได้ทดสอบการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในท้องตลาดของกลุ่มที่มีแอลกอฮอล์ 1-17 ดีกรี และกลุ่มที่มีแอลกอฮอล์สูงกว่า 17 ดีกรี จากการทดสอบพบว่าคอนเดนเซอร์ทั้งสองแบบให้ผลการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ไม่แตกต่างกัน อิทธิพลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นสามารถวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในตัวอย่างที่เตรียมขึ้นช่วง 1-17 ดีกรีได้ดีเมื่อใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่มีความละเอียด  $0.1 \pm 0.05$  °C ส่วนในช่วงที่ปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่า 17 ดีกรี จะวัดได้ไม่แม่นยำเมื่อใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่มีความละเอียด  $1 \pm 0.5$  °C เนื่องจากจุดเดือดของสารละลายตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกันมากจะเกิดความคลาดเคลื่อนประมาณ 5 ดีกรีที่ปริมาณแอลกอฮอล์ 95 ดีกรี แต่สามารถวัดได้ดีเมื่อใช้หัววัดอุณหภูมิชนิดอาร์ทีดี PT-100 ร่วมกับชุดอ่านค่าแบบไมโครโปรเซสเซอร์ความละเอียด  $0.01 \pm 0.005$  °C สำหรับการวัดแอลกอฮอล์ในเครื่องดื่มพบว่าสามารถวัดได้ดีและมีความแม่นยำสูงโดยเปรียบเทียบกับอิทธิพลิโอมิเตอร์มาตรฐานและเดนซิมิเตอร์

## ABSTRACT

The objective of this research is to fabricate ebulliometer to measure alcohol concentration. The research consisted of 2 parts. The first part was to design and fabricate stainless steel ebulliometer and set of high precision microprocessor based temperature indicator. The second part was to test the fabricated ebulliometer with ethyl alcohol concentration in the range of 1-17° and 20-95° using confined and flow-through condensers. In addition the commercial alcohol beverages with the concentration of 1-17° were tested. It was found that the alcohol concentration measurement using both condensers showed no different value. Using fabricated ebulliometer for alcohol concentration in the range of 1-17° gave the accepted value although using thermometer with the precision of  $0.1 \pm 0.05^{\circ}\text{C}$ . For higher range of alcohol concentration, using thermometer with the precision of  $1 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , the value is about 5% error of 95° alcohol solution because the boiling point of the solution was nearly the same. However, if RTD PT-100 with the precision of  $0.01 \pm 0.005^{\circ}\text{C}$  was used, the alcohol concentration measured value was accepted. For commercial beverages, the measurement gave the same value with high precision compared with the standard ebulliometer and densimeter.

## สารบัญ

|                                                |      |
|------------------------------------------------|------|
| กิตติกรรมประกาศ                                | ข    |
| บทคัดย่อ                                       | ค    |
| Abstract                                       | ง    |
| สารบัญ                                         | จ    |
| รายการตาราง                                    | ช    |
| รายการรูป                                      | ฅ    |
| บทที่                                          | หน้า |
| 1. บทนำ                                        | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา             | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย                    | 3    |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย                          | 3    |
| 1.4 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย                  | 3    |
| 2. วารสารปริทัศน์                              | 4    |
| 2.1 แอลกอฮอล์ (Alcohol)                        | 4    |
| 2.2 เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์                  | 5    |
| 2.3 อีบุลลิโอมิเตอร์                           | 8    |
| 2.4 การหาปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้อีบุลลิโอมิเตอร์ | 9    |
| 2.5 ประเภทของเครื่องอีบุลลิโอมิเตอร์           | 10   |
| 2.6 หลักการทำงานของเครื่องอีบุลลิโอมิเตอร์     | 12   |
| 2.7 หลักการวัดอุณหภูมิ                         | 19   |
| 2.8 ออร์ทีซี                                   | 20   |
| 2.9 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า                      | 23   |
| 3. วิธีการทำวิจัย                              | 24   |

|                                                                           | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------|------|
| 3.1 แบบเครื่องอิเล็กทรอนิกส์                                              | 24   |
| 3.2 แบบวงจรวัดอุณหภูมิ                                                    | 30   |
| 3.3 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย                                                 | 31   |
| 3.4 การตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น              | 32   |
| 3.4 การเลือกใช้คอนเดนเซอร์                                                | 35   |
| 3.5 การวัดสารซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องเคมัลแกทอลอยส์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด | 36   |
| 4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล                                                 | 40   |
| 4.1 ผลการตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น            | 40   |
| 4.2 การศึกษาลักษณะของคอนเดนเซอร์                                          | 44   |
| 4.3 การศึกษาการใช้งานของเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น                 | 45   |
| 5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ                                            | 52   |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย                                                        | 52   |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ                                                            | 53   |
| เอกสารอ้างอิง                                                             | 55   |
| ภาคผนวก                                                                   |      |
| ภาคผนวก ก                                                                 | 56   |
| ภาคผนวก ข                                                                 | 61   |
| ประเด็นการวิจัย                                                           | 66   |

## รายการตาราง

| ตารางที่                                                                                                                                                                                                         | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 หลักการของเครื่องวัดอุณหภูมิ                                                                                                                                                                                 | 19   |
| 4.1 คีรีของสาโทสยาม ที่วัดได้จากเครื่องมาตรฐาน เครื่องที่สร้างขึ้น และที่ระบุไว้ข้างภาชนะของผลิตภัณฑ์                                                                                                            | 48   |
| ก.1 จุดเดือดของแอลกอฮอล์ (°C) และค่าความต้านทานของอาร์ทีดี (Pt-100) ช่วงความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ปกติ (1-17 คีรี) ที่วัดด้วยเครื่องอิทธิพลโอมิเตอร์มาตรฐานและเครื่องอิทธิพลโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น อุณหภูมิห้อง 30°C | 56   |
| ก.2 จุดเดือดของแอลกอฮอล์ (°C) ในช่วงที่สูงกว่า 17 คีรีซึ่งวัดด้วยเครื่องอิทธิพลโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น และตัวอ่านค่าความละเอียดสูง $0.01 \pm 0.005$ °C                                                             | 57   |
| ก.3 จุดเดือดของแอลกอฮอล์ (°C) ในช่วงที่สูงกว่า 17 คีรีซึ่งวัดด้วยเครื่องอิทธิพลโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น และเทอร์โมมิเตอร์ความละเอียด $1 \pm 0.5$ °C                                                                 | 58   |
| ก.4 จุดเดือดของแอลกอฮอล์ (°C) ของสารละลายไม่ทราบความเข้มข้น 3 ตัวอย่าง ที่เตรียมขึ้น                                                                                                                             | 58   |
| ก.5 จุดเดือดของแอลกอฮอล์ (°C) ที่ 5, 10 และ 15% โดยปริมาตร ที่วัดด้วยเครื่องอิทธิพลโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น โดยใช้คอนเดนเซอร์แบบน้ำหล่อและแบบมีน้ำไหลผ่าน                                                           | 59   |
| ก.6 จุดเดือดของผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ (°C) ที่วัดด้วยเครื่องอิทธิพลโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับเครื่องอิทธิพลโอมิเตอร์มาตรฐาน                                                                                 | 59   |
| ก.7 จุดเดือดของผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ (°C) ในช่วงที่สูงกว่า 17 คีรี                                                                                                                                                  | 60   |

| รูปที่                                                                                                                                           | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 3.15 คอนเดนเซอร์แบบน้ำหล่อ                                                                                                                       | 35   |
| 3.16 คอนเดนเซอร์แบบมิน้ำไหลผ่าน                                                                                                                  | 35   |
| 3.17 ไวนส์ไป                                                                                                                                     | 37   |
| 3.18 ไวน์ในโครงการ “หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์”                                                                                                     | 37   |
| 3.19 สาโทสยาม                                                                                                                                    | 38   |
| 3.20 เบียร์                                                                                                                                      | 38   |
| 3.21 สุราขาว เคราน 99 (Crown 99) และ แสงโสม                                                                                                      | 39   |
| 4.1 จุดเดือดของแอลกอฮอล์ (°C) ในช่วง 1-17 คิกรี วัดด้วยเครื่องฮิวลลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์                                   | 40   |
| 4.2 ค่าความต้านทานในช่วง 1-17 คิกรี วัดด้วยเครื่องฮิวลลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น โดยใช้หัววัดอาร์ทีดี และโอห์มมิเตอร์ความละเอียด 0.1 $\Omega$       | 41   |
| 4.3 การเปรียบเทียบความสัมพัทธ์ของ คิกรี ระหว่างเครื่องมาตรฐานกับเครื่องที่สร้างขึ้น ในช่วง 1-17 คิกรี                                            | 41   |
| 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดของแอลกอฮอล์ (°C) กับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ ในช่วงที่ สูงกว่า 17 คิกรี วัดด้วยเครื่องฮิวลลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น | 42   |
| 4.5 การเปรียบเทียบความสัมพัทธ์ของคิกรี ระหว่างเดนซิมิเตอร์ กับเครื่องที่สร้างขึ้น ในช่วงที่ สูงกว่า 17 คิกรี                                     | 43   |
| 4.6 การเปรียบเทียบความสัมพัทธ์ระหว่างจุดเดือด(°C) กับคิกรีของเครื่องฮิวลลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น โดยใช้คอนเดนเซอร์แบบน้ำหล่อและแบบมิน้ำไหลผ่าน    | 44   |
| 4.7 การเปรียบเทียบ คิกรีของไวนส์ไปที่วัดได้จากเครื่องมาตรฐาน เครื่องที่สร้างขึ้นและที่ระบุไว้ ข้างภาษาของผลิตภัณฑ์                               | 46   |
| 4.8 การเปรียบเทียบการเปรียบเทียบคิกรีของ ไวน์โอที่อปที่วัดได้จากเครื่องมาตรฐาน เครื่องที่สร้างขึ้น และที่ระบุไว้ข้างภาษาของผลิตภัณฑ์             | 47   |
| 4.9 การเปรียบเทียบคิกรีของเบียร์ที่วัดได้จากเครื่องมาตรฐาน เครื่องที่สร้างขึ้น และที่ระบุไว้ข้าง ภาษาของผลิตภัณฑ์                                | 49   |
| 4.10 การเปรียบเทียบคิกรีของผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ที่วัด ได้จากเดนซิมิเตอร์ เครื่องที่สร้างขึ้น และที่ ระบุไว้ข้างภาษาของผลิตภัณฑ์                    | 50   |

| รูปที่                                           | หน้า |
|--------------------------------------------------|------|
| ข.1 ลักษณะภายนอกตัวอ่านค่าอุณหภูมิความละเอียดสูง | 62   |
| ข.2 หัววัด อาร์ทีดี PT-100 ความแม่นยำสูง         | 62   |
| ข.3 ลักษณะภายในของตัวอ่านอุณหภูมิความละเอียดสูง  | 63   |
| ข.4 การแสดงผลทางจอภาพของตัวอ่านอุณหภูมิ          | 63   |
| ข.5 ตัวเครื่องฮิวสลิโอมิเตอร์ในกล่อง             | 64   |
| ข.6 ตัวเครื่องฮิวสลิโอมิเตอร์ในกล่อง             | 64   |
| ข.7 ส่วนประกอบและการประกอบฮิวสลิโอมิเตอร์        | 65   |
| ข.8 เคนซีมิเตอร์                                 | 65   |

## บทที่ 1

### บทนำ

ปัจจุบันการผลิตเครื่องคัมที่มีแอลกอฮอล์มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการวัดปริมาณแอลกอฮอล์จึงเป็นสิ่งสำคัญ อีบูลลิโอมิเตอร์ (Ebulliometer) เป็นเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ ซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาค่อนข้างสูง เพื่อเป็นการลดปัญหาดังกล่าวจึงสร้างเครื่องอีบูลลิโอมิเตอร์ขึ้น

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แอลกอฮอล์เป็นสารเคมีที่กำลังเป็นที่สนใจมากในปัจจุบัน เพราะเกี่ยวข้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศในหลายสาขา แอลกอฮอล์เป็นสารประกอบสำคัญในไวน์ และสุราพื้นบ้านซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สร้างความเข้มแข็งให้ชุมชน นอกจากนั้นยังเกี่ยวพันทางด้านพลังงานด้วย เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิง และเป็นสารเติมแต่งในน้ำมันเบนซินเพื่อเพิ่มตัวเลขออกเทน การวัดปริมาณแอลกอฮอล์สามารถทำได้อย่างเที่ยงตรงในห้องปฏิบัติการเคมีโดยใช้เทคนิคการกลั่น แต่มีข้อเสียคือต้องใช้ผู้วิเคราะห์ที่มีความสามารถสูง และใช้เวลาในการกลั่นนาน นอกจากนี้ยังไม่สะดวกในการนำไปใช้งานภาคสนามหรืองานผลผลิตชุมชนได้ การวัดปริมาณแอลกอฮอล์อาจทำได้อีกหลายวิธี เช่น ใช้แรงดึงดูด เป็นต้น แต่ให้ผลการวัดไม่ค่อยเที่ยงตรงนัก วิธีที่นิยมใช้อีกวิธีหนึ่ง คือ การวัดสมบัติทางด้านความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความดันของสมดุลไอ-ของเหลวของสารละลายแอลกอฮอล์ หรือ การใช้อีบูลลิโอมิเตอร์นั่นเอง

โดยปกติอีบูลลิโอมิเตอร์ที่ใช้กันอยู่จะมีราคาค่อนข้างแพง ดังนั้นการนำไปใช้ในงานเล็กๆ และงานผลิตผลชุมชนจึงเป็นความสิ้นเปลืองมาก และที่สำคัญ คือ อีบูลลิโอมิเตอร์ที่จำหน่ายสามารถวัดปริมาณแอลกอฮอล์จากสารละลายที่มีความเข้มข้นค่อนข้างต่ำ คือ ในระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในไวน์เท่านั้น จึงไม่สามารถประยุกต์ใช้ในการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้นสูง หรือหากจะประยุกต์ใช้จะต้องเจือจางสารละลายแอลกอฮอล์เสียก่อน ซึ่งทำให้ค่าที่วัดได้เกิดการคลาดเคลื่อนมากขึ้น

อีบูลลิโอมิเตอร์ (Ebulliometer) เป็นเครื่องวัดปริมาณสารในสารละลายโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความดันของสมดุลไอ-ของเหลวของสารละลายแอลกอฮอล์ อุปกรณ์นี้เป็นที่นิยมและรู้จักกว้างขวางในโรงงานผลิตเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์โดยเฉพาะอย่างยิ่งไวน์ เนื่องจากสามารถใช้หาปริมาณแอลกอฮอล์ได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และให้ค่าปริมาณแอลกอฮอล์ที่เชื่อถือได้ โรงงานผลิตไวน์ 3 ใน 4 ของประเทศสหรัฐอเมริกาจะใช้อีบูลลิโอมิเตอร์เป็นเครื่องมือในการหาปริมาณแอลกอฮอล์ แต่ในประเทศไทยยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลายเท่าไรนัก เนื่องจากราคาของอีบูลลิโอมิเตอร์ค่อนข้างสูงเพราะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ไม่เหมาะกับการใช้งานในระดับครัวเรือนหรือสหกรณ์

ปัจจุบันการผลิตไวน์และเครื่องดื่มพื้นบ้านที่มีแอลกอฮอล์กำลังเป็นที่นิยม การผลิตเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ระดับครัวเรือนและกลุ่มสหกรณ์เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐในโครงการ “หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP)” ดังนั้นถ้ามีผู้ที่สามารถผลิตอีบูลลิโอมิเตอร์ได้ภายในประเทศและมีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือดีกว่าเครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศก็จะเป็นการช่วยลดต้นทุนในการผลิตแก่ชาวบ้าน สหกรณ์ ผู้ประกอบการและกลุ่มอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ผลิตเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ได้ส่วนหนึ่ง

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างอีบูลลิโอมิเตอร์ที่สามารถวัดปริมาณแอลกอฮอล์ความเข้มข้นสูงโดยขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย การออกแบบ สร้างเครื่องต้นแบบ และทดสอบการใช้งานของเครื่องต้นแบบ และศึกษาช่วงความเข้มข้นแอลกอฮอล์ที่สามารถวัดได้



รูปที่ 1.1 เครื่องอีบูลลิโอมิเตอร์

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

- 1.2.1 เพื่อและสร้างอิฐบลูอิโม่เตอร์ที่สามารถวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในระดับความเข้มข้นสูงได้
- 1.2.2 เพื่อศึกษาความถูกต้องในการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ ต่อผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ประเภทต่างๆ โดยใช้เครื่องอิฐบลูอิโม่เตอร์ที่สร้างขึ้นได้
- 1.2.3 เพื่อศึกษาช่วงความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่สามารถวัดได้ ด้วยอิฐบลูอิโม่เตอร์ที่สร้างขึ้น

## 1.3 ขอบเขตของการทำวิจัย

- 1.3.1 สร้างอิฐบลูอิโม่เตอร์จากสแกนเลส โดยมีคอนเดนเซอร์ 2 ตัว คือ แบบน้ำหล่อ และแบบน้ำไหลผ่าน
- 1.3.2 ศึกษาความถูกต้องแม่นยำของเครื่องอิฐบลูอิโม่เตอร์ที่สร้างขึ้นด้วยการวัดปริมาณแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ที่เจือจางตั้งแต่ 1-17 ดีกรี
- 1.3.3 ศึกษาผลการวัดปริมาณแอลกอฮอล์เมื่อใช้อิฐบลูอิโม่เตอร์ ซึ่งใช้คอนเดนเซอร์แบบน้ำหล่อ กับคอนเดนเซอร์แบบน้ำไหลผ่าน
- 1.3.4 ทดสอบการใช้งานอิฐบลูอิโม่เตอร์โดยวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในผลิตภัณฑ์ 4 กลุ่ม คือ
  - ก) สุราแช่หรือเมรัย
  - ข) สุรากลั่น
  - ค) ไวน์
  - ง) วิสกี้
- 1.3.4 ศึกษาการใช้อิฐบลูอิโม่เตอร์วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นสูงกว่า 17 ดีกรี

## 1.4 ประโยชน์ที่จะได้จากการทำวิจัย

- 1.4.1 ได้เครื่องอิฐบลูอิโม่เตอร์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในห้องปฏิบัติการ และให้เป็นเครื่องต้นแบบเพื่อใช้ผลิตระดับอุตสาหกรรมได้ โดยวัดปริมาณแอลกอฮอล์ได้อย่างถูกต้อง และสามารถวัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้นสูง
- 1.4.2 ได้แบบร่างเครื่องอิฐบลูอิโม่เตอร์สามารถนำไปสร้าง และประยุกต์ดัดแปลงได้
- 1.4.3 แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้อิฐบลูอิโม่เตอร์วัดปริมาณแอลกอฮอล์ในเครื่องดื่มชนิดต่างๆ ได้ มิได้จำกัดเพียงไวน์เท่านั้น

## บทที่ 2

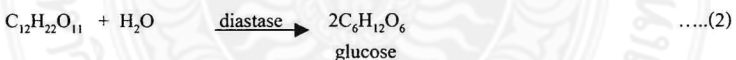
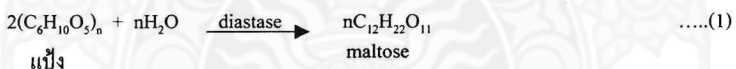
### วารสารปริทัศน์

บทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและบทความซึ่งเกี่ยวข้องกับเครื่องอิบูลิโอมิเตอร์ และผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ เพื่อเป็นแนวทางในการทำปริญญานิพนธ์ มีหัวข้อดังต่อไปนี้

#### 2.1 แอลกอฮอล์ (Alcohol)

แอลกอฮอล์มีหมู่  $-OH$  เป็นหมู่แสดงสมบัติเฉพาะตัว และมีสูตรทั่วไป  $R-OH$  ซึ่ง  $R$  คือ หมู่อัลคิล แอลกอฮอล์ที่ง่ายที่สุด ได้แก่ เมทานอล ( $CH_3OH$ ) ในที่นี้จะขอกกล่าวถึงเอทานอล [2]

เอทานอล มีชื่อสามัญว่าเอทิลแอลกอฮอล์ มีสูตร  $CH_3CH_2OH$  มีจุดเดือด  $78.5^\circ C$  ละลายน้ำได้ในทุกอัตราส่วน เดิมเรียกแอลกอฮอล์นี้ว่าแอลกอฮอล์เมล็ดข้าว (Grain alcohol) เพราะเตรียมมาจากการนำข้าวสาลี ข้าวเจ้า หรือข้าวโพดที่หมักไว้ มากลั่นในกระบวนการหมัก แป้งในข้าวซึ่งเป็นโพลิเมอร์ มีสูตร  $(C_6H_{10}O_5)_n$  เปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลมัลโทสโดยเอนไซม์ไโคเอสเทส เอนไซม์มัลเทส และในที่สุดเปลี่ยนไปเป็นเอทานอลโดยเอนไซม์ไซเมส [2] ดังนี้

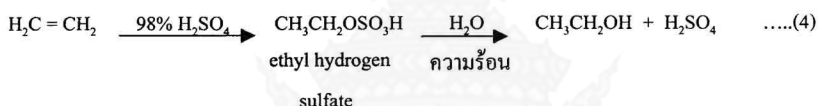


โดยปกติการหมักจะได้เอทานอลประมาณร้อยละ 12 โดยปริมาตร ถ้านำสารผสมหลังการหมักมากลั่นจะได้สุราวิสกี้ การระบุเอทานอลในสุรานิยมใช้คำว่า พรูฟ ซึ่งมีค่าเป็นสองเท่าของ

ร้อยละของเอทานอลในเครื่องดื่ม ดังนั้นสุราที่เป็น 80 พรูฟ หมายถึงมีเอทานอลอยู่ร้อยละ 40 โดยปริมาตร

เมื่อเปรียบเทียบกับแอลกอฮอล์อื่นๆ เอทานอลจัดเป็นสารที่มีพิษน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามถึงแม้จะดื่มแอลกอฮอล์เพียงปริมาณเล็กน้อยก็จะทำให้เส้นเลือดขยายตัว เป็นผลให้ความดันโลหิตลดต่ำลง

ในอุตสาหกรรม เอทานอลเตรียมจากการนำอิthinมาทำปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส โดยมีกรดซัลฟริกเข้มข้นเป็นตัวเร่ง [2] ดังนี้



เอทานอลใช้เป็นตัวแทนสำหรับทำน้ำมันเคลือบ (Varnish) สีแล็กเกอร์ น้ำหอม และปฏิกิริยาเคมีทั่วไป ใช้ในการตกผลึกเพื่อทำให้สารบริสุทธิ์ นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมสารอื่นๆ เช่น อะซิทัลดีไฮด์ และกรดอะซิติกเป็นต้น

## 2.2 เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ [8, 4, 3]

ในที่นี้จะกล่าวถึงเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ที่ใช้เป็นสารตัวอย่างในการวัดเพื่อหาปริมาณแอลกอฮอล์ มีทั้งหมด 4 ชนิดคือ สุราแช่หรือเมรัย สุรากลั่น ไวน์ และวิสกี้

### 2.2.1 สุราแช่หรือเมรัย

เป็นสุราที่ไม่มีการกลั่นในกระบวนการผลิต อาจเดิมแอลกอฮอล์กลั่น หรือสุรากลั่น เช่น เหล้าโรง เพื่อปรุงแต่งได้ แต่ผลิตภัณฑ์ต้องมีแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15 ดีกรี เช่น ไวน์ เบียร์ แชมเปญ สาโท สาเก น้ำข้าว น้ำแดง อุ กระแช่ และน้ำตาลเมา เป็นต้น

สาโท เหล้าโท น้ำข้าว และน้ำแดง จะมีลักษณะเป็นของเหลวสีขุ่น รสหวาน หอมเฟื่อนเล็กน้อย ทำจากการหมักข้าวเหนียวขาวหรือข้าวเหนียวดำหนึ่งให้สุก (นิยมใช้ปลายข้าวเหนียวขาวมากกว่าข้าวเหนียวดำ เพราะราคาถูก แช่น้ำใช้เวลาไม่ถึง 30 นาทีก่อนหน้านี้) แล้วคลุกกับลูกแป้งเหล้าช่วง 3 วันแรกจะหมักแบบไม่เติมน้ำ จะเติมน้ำในวันที่ 4 ของการผลิต ใช้เวลาในการหมัก 1-3 สัปดาห์ แล้วกรองผ่านผ้าขาวบางบรรจุภาชนะพร้อมบริโภคต่อไป

อุ มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวหรือน้ำตาลอ่อน รสหวาน เฟื่อนเล็กน้อย ทำจากการหมักข้าวเหนียวผสมเกลบ (ต้องใช้เกลบใหม่เพื่อจะทำให้ไม่มีกลิ่นสาบ) นึ่งให้สุกด้วยลูกแป้งเหล้า

หมักชนิดไม่เติมน้ำในโอ่งหรือไหที่ปิดฝาค่อนข้างสนิทเป็นเวลา 2-3 สัปดาห์ การ คั้นมักจะใช้หลอดไม้ไผ่หรือไม้ขางคูดจากภาชนะที่ใช้หมักนั้นเลย

น้ำตาลเมา มีลักษณะเป็นของเหลว ขุ่น มีฟอง รสหอมหวาน เผื่อนและซ่าเล็กน้อย หมักจากน้ำตาลสดที่ได้จากต้นตาลหรือต้นมะพร้าว มีการใส่เศษไม้มะเกลือหรือไม้บางชนิดลงไปด้วย การหมักใช้เวลาไม่เกิน 7 วัน บางท้องถิ่นเรียกน้ำตาลเมาเป็นว่ากะแซ่ บางแห่งเรียกกะแซ่ว่า สาโท หรือน้ำขาว น้ำตาลเมานิยมคั้นแบบสด

### 2.2.2 สุรากลั่น

เป็นสุราที่มีการกลั่นในกระบวนการผลิต อาจเดิมสุราแช่ลงไปปรุงแต่งได้ แต่ผลิตภัณฑ์ต้องมีแอลกอฮอล์เกิน 15 ดีกรี เช่น วิสกี้ บรั่นดี วอดก้า รัม และเหล้าโรง เป็นต้น

2.2.2.1 วิสกี้ คือสุรากลั่นที่ทำจากข้าวชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือหลายชนิด หมักแล้วกลั่นให้มีดีกรีสูงขึ้น จากนั้นนำไปเก็บบ่มในถังไม้โอ๊ก เพื่อให้ได้สี กลิ่น และรสชาติดีขึ้น วิสกี้บางแบบก่อนจะบรรจุขวด จะ นำไปปรุงแต่งสี กลิ่น และรสอีกครั้งเพื่อให้ได้มาตรฐานตามความนิยมของผู้บริโภค วิสกี้ที่นิยมมากนอกจากวิสกี้ของท้องถิ่นเช่น สก๊อตวิสกี้ ไอร์แลนด์วิสกี้ อเมริกันวิสกี้ และแคนาดาเคินวิสกี้ ซึ่งจะมีเอกลักษณ์ในด้านกลิ่น และรสชาติที่แตกต่างกันออกไป

2.2.2.2 บรั่นดี เป็นเหล้าที่นิยมกันมาก ได้จากการหมักองุ่นให้เป็นไวน์ แล้วจึงนำมากลั่นเป็นบรั่นดี จากนั้นนำไปเก็บบ่มให้ได้ สี กลิ่น และรสชาติดี บรั่นดีที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไปแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ บรั่นดีพื้นเมือง (Domestic brandy) บรั่นดีตามมาตรฐาน (Regular brandy) ส่วนใหญ่เป็นบรั่นดีที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ และบรั่นดีเกรดสูง (Premium brandy) เป็นบรั่นดีราคาแพงที่เก็บบ่มไว้นานถึงไม้โอ๊กนาน โดยระบุคุณภาพเป็นอักษรย่อ หรือชื่อพิเศษ เช่น คอนัค (Cognac) อาร์มาซัก (Armagnac) เป็นต้น

นอกจากนี้แล้วยังมีบรั่นดีผลไม้ (Fruit brandy) ซึ่งเป็น บรั่นดีที่ทำจากผลไม้อื่นๆ ที่ไม่ใช่องุ่น บรั่นดีแบบนี้จะให้กลิ่นและรสชาติที่แตกต่างกันไป แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ บรั่นดีผลไม้ขาว (White fruit brandy) ผลิตจากการกลั่นผลไม้โดยไม่ต้องบ่มในถังไม้ จะได้กลิ่นหอมและรสของผลไม้ล้วนๆ นิยมแช่ให้เย็นก่อนดื่มโดยไม่ผสม หรือจะนำไปผสมในเครื่องดื่มต่างๆ ก็ได้ และบรั่นดีผลไม้ที่มีสี (Colour fruit brandy) ผลิตจากการกลั่นผลไม้ แล้วนำไปเก็บบ่มในถังไม้โอ๊ก ตัวอย่างผลไม้ที่ใช้คือ แอปเปิ้ล (Apple Brandy, Calvados, Apple Jack) เชอร์รี่ (Kirschwasser, Kirsch) พลัม (Slivovits, Prunelle, Quetsch) แพร์ (Poire William) และราสเบอร์รี่ (Flamboise) เป็นต้น

2.2.2.3 วอดก้า เป็นเหล้าสีขาวใส มีกลิ่นเพียงเล็กน้อยจนแทบไม่รู้สึก มีดีกรี 40° ถึง 50° ต้นกำเนิดอยู่ในรัสเซียและโปแลนด์ แต่ก่อนมักไม่เป็นที่รู้จักโดยทั่วไป ปัจจุบันเป็นที่นิยมนักมาก วอดก้าหมักจากข้าวหรือมันฝรั่ง ผ่านการกรองและดูดกลั่น จนเหลือสีเจือปนและกลิ่นน้อยที่

สุด วอดก้าของรัสเซียหรือโปแลนด์บางชนิดนิยมแช่สมุนไพรร เครื่องผสมวอดก้าที่รู้จักกันดีคือ สกรูไดรเวอร์ (Screw driver) บลัดดี้มารี (Bloody Mary) วอดก้ามาร์ตินี (Vodka martini) และ ซอลตี้ด็อก (Salty dog's) เป็นต้น ส่วนเหล้าวอดก้าที่รู้จักกันดีในประเทศไทยคือ บอร์โซ (Borzo) สเมอรันอฟ (Smirnoff) และสตอลิกไฮนาชา (Stolighinaya)

2.2.2.4 รัม เป็นเหล้าที่กลั่นจากอ้อยหรือกากน้ำตาล ผลิตมากตามหมู่เกาะฝั่งทะเลคาริเบียนซึ่งปลูกอ้อยกันมาก แต่ก็มีผลิตจำหน่ายหลายประเทศเช่น เปอร์โตริโก จาไมกา และบาร์บาโดส รัมแยกตามความนิยมนับเป็น 3 ชนิด คือ รัมสีขาว (White rum) เป็นรัมที่มีสีใส บางชนิดไม่ต้องการเก็บบ่ม บางชนิดต้องเก็บบ่มในถังไม้เพื่อให้เกิดกลิ่นและรสชาติขึ้น บางครั้งเรียกว่า รัมสีเงิน (Silver rum) เหมาะสำหรับนำไปผสม ค็อกเทลที่ไม่ต้องการให้สีเปลี่ยน รัมสีทอง (Gold rum) เป็นรัมที่มีสีเหลืองใส ได้จากการเก็บบ่มไว้ในถังไม้เพื่อให้เกิดสี หรือผสมสี กลิ่นและรสชาติ ด้วยคาราเมลที่ได้จากการเคี่ยวน้ำตาลเป็นสีเหลืองทองเพื่อให้ได้เหล้ารัมที่มีกลิ่น สีและรสชาติมากขึ้นกว่าเดิม และรัมสีดำ (Dark rum) เป็นรัมที่มีสีเกือบดำ ได้จากการเก็บบ่มไว้ในถังไม้เพื่อให้เกิดสี และผสมกับคาราเมลที่ได้จากการเคี่ยวน้ำตาลจนเป็นสีดำเกือบไหม้ จะได้กลิ่นและรสชาติมากขึ้น เหล้ารัมนิยมนำไปผสมเป็นค็อกเทลมาก ที่รู้จักกันมากคือ รัมโค้ก (Rum coke) หรือ คิวบาไลเบรี (Cuba libre) นอกจากนี้ยังนำไปผสมกับเครื่องดื่มชนิดอื่นๆ เช่น น้ำผลไม้ต่างๆ โดยเฉพาะพังก์ (Punch) จะเป็นเครื่องดื่มที่เข้ากันได้ดีมากกับรัม เหล้ารัมที่จำหน่ายจะมีดีกรีราว 40° แต่มีหลายชนิดผลิตให้มีดีกรีสูงมากถึง 75.5° หรือที่เขียนว่า 151 proof

### 2.2.3 ไวน์

ไวน์หรือเหล้าองุ่น เป็นที่นิยมและแพร่หลาย เนื่องจากมีประโยชน์ต่อร่างกายถ้าดื่มในปริมาณที่พอเหมาะ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

2.2.3.1 เทเบิลไวน์ (Table wines) เป็นไวน์ยอดนิยมน ไวน์ในท้องตลาดส่วนใหญ่เป็นไวน์ตระกูลนี้ เหมาะสำหรับดื่มคู่กับอาหาร มีแอลกอฮอล์ระหว่าง 7 - 15° (ระบบยุโรป) นอกจากนั้นไวน์ขาวและไวน์แดงของเทเบิลไวน์ยังแตกสาขาออกไปอีก เช่นไวน์ขาวจะมีทั้งประเภทหวานและไม่หวาน ไวน์ขาวประเภทไม่หวานที่มีชื่อเสียงโด่งดัง ได้แก่จ้าวกเชบลิส (Chablis) อาหารที่เหมาะสมกับดื่มคู่กับไวน์ขาวได้แก่เนื้อสัตว์ประเภทต่างๆ ที่ออกทางสีขาวเช่น เนื้อไก่ เนื้อปลา เนื้อปู สำหรับไวน์แดง ไวน์แดงจากแคว้นบอร์โดซ์ของฝรั่งเศสถือว่าเป็นไวน์ที่ดีที่สุดในโลก ไวน์แดงทุกชนิด จะไม่ออกรสหวานเลย อาหารที่คู่กับไวน์แดง ได้แก่ เนื้อสัตว์ที่ออกทางสีแดง เช่น เนื้อวัว เนื้อแกะ เนื้อเป็ด เป็นต้น

2.2.3.2 สปราร์กลิงไวน์ (Sparkling wines) เป็นไวน์ประเภทที่มีฟอง หรือมีดีกรีปานกลางคือมีแอลกอฮอล์ระหว่าง 15 - 18° ส่วนใหญ่จะเป็นไวน์ขาว ส่วนที่เหลือจะเป็นไวน์แดง หรือ

ไวน์สีชมพู รสของไวน์ประเภทนี้มีหลากหลาย ตั้งแต่ไม่หวานเลยถึงหวานมาก เป็นไวน์ที่ไม่เหมาะสำหรับดื่มคู่กับอาหาร ใช้ดื่มในบางโอกาสเช่นการฉลองชัยเป็นต้น ปกติไม่นิยมเรียกเครื่องดื่มนี้ว่าไวน์ มักเรียกเป็นเอกเทศ เช่น เหล้าแชมเปญ เหล้าชาร์มัง เหล้าคาร์บอนเนต และเหล้าสปาร์กลิงเบอร์กันดี เป็นต้น

2.2.3.3 ฟอร์ตifiedไวน์ (Fortified wines) เป็นไวน์ประเภทที่มีคิกรีสสูงที่สุด คือมีแอลกอฮอล์ระหว่าง  $18 - 22^{\circ}$  นักดื่มทั่วไปไม่นิยมเรียกว่าไวน์ แต่จะมีชื่อเจาะจงเช่นเดียวกับสปาร์กลิงไวน์ ไวน์ชนิดนี้ต่างจากไวน์ตระกูลอื่นๆ คือเป็นไวน์ผสมบรันดี โดยมีบรันดีผสมในฟอร์ตifiedไวน์ 15% ไวน์บางตัวมีสมบัติพิเศษ เช่นเหล้าเชอร์รี่ประเภทฟิโนของสเปน เมื่อรินเหล้าใส่แก้วก็จะเห็นเป็นดอกไม้เบ่งบานในน้ำเหล้า

#### 2.2.4 วิสกี้

วิสกี้เป็นสุรากลั่นที่ได้รับความนิยมและแพร่หลาย แบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

2.2.4.1 เบอร์เบินวิสกี้ เป็นวิสกี้ที่กำเนิดที่มัลเวิร์เคนดักก์ มีคิกรีสไม่เกิน  $80^{\circ}$  มีส่วนผสมของข้าวโพด 51% มีการเก็บบ่มในถังไม้โอ๊กเกินกว่า 4 ปี ถังไม้โอ๊กที่เก็บบ่มเป็นถังไม้ที่ถูกย่างไฟด้วยถ่านหินชนิดพิเศษ เมื่อเก็บบ่มได้ก็จะนำสุรามาปรุงแต่งด้วยเครื่องหอมและหัวเชื้อต่างๆ แล้วบรรจุขวด วิสกี้เบอร์เบิน แบ่งเป็นชนิดใหญ่ๆ 2 ชนิดคือ เบลน และสเตรซท์ เบลนเบอร์เบินวิสกี้ชนิดนี้ระหว่างปรุงแต่งจะผสมกับวิสกี้ชนิดอื่น หรือหัวเชื้อวิสกี้ชนิดอื่นที่ไม่ใช่เบอร์เบินวิสกี้ ปรุงให้มีรสค่อนข้างหวาน ส่วนสเตรซท์เบอร์เบินวิสกี้จะปรุงให้มีรสหวาน และแต่งด้วยเครื่องหอมมากกว่า มีรสจัดและแรงกว่าประเภทแรก

2.2.4.2 คอรัณวิสกี้หรือวิสกี้ข้าวโพด เป็นวิสกี้ที่ใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบไม่ต่ำกว่า 80% เก็บบ่มในถังไม้โอ๊กที่ไม่ได้ย่างไฟหรือไม่ต้องเก็บบ่มในถังไม้โอ๊กเลย การผลิตดังกล่าวจะใกล้เคียงกับวิสกี้คิบซัมยี่ห้ออเมริกันเริ่มบุกเบิก วิสกี้ชนิดนี้เป็นเหล้าที่ปราศจากสี

2.2.4.3 ไรย์วิสกี้ เป็นวิสกี้ที่ใช้ข้าวไรย์เป็นวัตถุดิบ 51% กลั่นด้วยเครื่องกลั่นต่อเนื่อง แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ไรย์และสเตรซท์ไรย์ ความแตกต่างของวิสกี้ทั้งสองแบบอยู่ที่การปรุงแต่งรสชาติ

#### 2.3 อีบูลลิโอมิเตอร์ (Ebulliometer) [10]

อีบูลลิโอมิเตอร์เป็นเครื่องวัดปริมาณสารในสารละลายโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความดันของสมดุลไอ-ของเหลวของสารละลาย เช่นแอลกอฮอล์เป็นต้น อุปกรณ์นี้เป็นที่นิยมและรู้จักกว้างขวางในโรงงานผลิตเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์โดยเฉพาะอย่างยิ่งไวน์ เนื่องจากสามารถใช้หาปริมาณแอลกอฮอล์ได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และให้ค่าปริมาณแอลกอฮอล์ที่เชื่อถือ

ได้ โรงงานผลิตไวน์ 3 ใน 4 ของประเทศสหรัฐอเมริกาจะใช้อินูลิโอมิเตอร์เป็นเครื่องมือในการหาปริมาณแอลกอฮอล์ แต่ในประเทศไทยยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลายเท่าไรนัก เนื่องจากราคาของอินูลิโอมิเตอร์ค่อนข้างสูง เพราะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ไม่เหมาะกับการใช้งานในระดับครัวเรือนหรือสหกรณ์

## 2.4 การหาปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยอินูลิโอมิเตอร์

เนื่องจากการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยอินูลิโอมิเตอร์ต้องอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความดันของระบบ ของเหลว-แก๊ส ดังนั้นก่อนจะวัดอุณหภูมิของสมดุลของระบบ (จุดเดือด) เพื่อเทียบหาความชื้นของสารละลาย จะต้องปรับเทียบอุณหภูมิของสมดุลที่ความดันห้องขณะนั้นเสียก่อนเพราะอุณหภูมิดังกล่าวจะแปรไปตามความดันเหนือสารละลายซึ่งในที่นี้คือความดันบรรยากาศขณะนั้นนั่นเอง การปรับเทียบนี้จะกระทำที่ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์เป็น 0% หรือ  $0^{\circ}$  เมื่อจะวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในสารละลายตัวอย่างจะต้องปรับข้อมูลมาตรฐานให้ค่าความเข้มข้น  $0^{\circ}$  อยู่ที่อุณหภูมิที่วัดได้จริงเสียก่อน

### 2.4.1 การหาจุดเดือดของน้ำกลั่น

โดยตวงน้ำกลั่น 20 ml ใส่ลงในอินูลิโอมิเตอร์ ใส่เทอร์โมมิเตอร์พร้อมจุกยาง จุดตะเกียงแอลกอฮอล์คัมजनอุณหภูมิคงที่ อ่านค่าอุณหภูมิแล้วนำไปเทียบกับ แผ่นปรับและอ่านค่าคิกรี โดยเทียบอุณหภูมิที่อ่านได้เท่ากับเปอร์เซ็นต์ศูนย์คิกรีของแอลกอฮอล์

### 2.4.2 การหาจุดเดือดของแอลกอฮอล์

โดยตวงตัวอย่างแอลกอฮอล์ที่ต้องการหาเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ 50 ml ลงในอินูลิโอมิเตอร์ดังรูปที่ 2.1 ใส่เทอร์โมมิเตอร์พร้อม จุกยาง จุดตะเกียงแอลกอฮอล์คัมजनอุณหภูมิคงที่ อ่านค่าอุณหภูมิแล้วนำไปอ่านค่าความเข้มข้นจากแผ่นปรับและอ่านค่าคิกริดังตัวอย่างในรูปที่ 2.1 (ข) ที่ผ่านการปรับเทียบอุณหภูมิที่ ความเข้มข้น  $0^{\circ}$  ไว้แล้ว

ในกรณีที่ข้อมูลมาตรฐานไม่อยู่ในรูปของแผ่นปรับและอ่านค่าคิกรี เช่นเป็นตารางหรือกราฟ ก็สามารถกระทำได้โดยการอ่านค่าที่ตำแหน่งอุณหภูมิเลื่อนไปจาก  $100^{\circ}\text{C}$  ในทิศทางที่สอดคล้องกัน



(ก)



(ข)

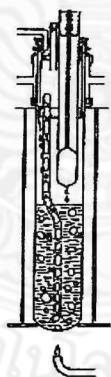
รูปที่ 2.1 (ก) เครื่องอีบูลลิโอมิเตอร์ (ข) แผ่นปรับและอ่านค่าคิกรี

## 2.5 ประเภทของเครื่องอีบูลลิโอมิเตอร์ [11]

อีบูลลิโอมิเตอร์มีทั้งหมด 4 ประเภท ดังนี้

### 2.5.1 ซิมพลีอีบูลลิโอมิเตอร์ (Simple Ebulliometer)

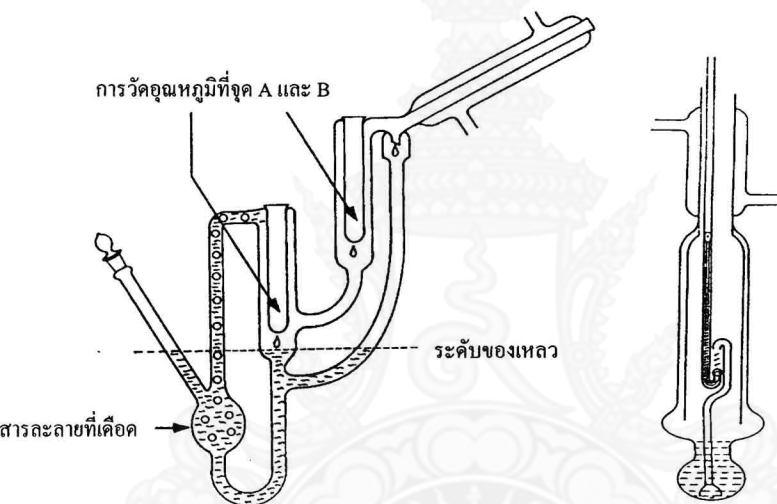
เครื่องอีบูลลิโอมิเตอร์ประเภทที่นี้เป็นอีบูลลิโอมิเตอร์แบบเชิงเดียวที่สามารถใช้วัดอุณหภูมิการเดือดของของเหลวได้เพียงอย่างเดียว ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ซิมพลีอีบูลลิโอมิเตอร์

### 2.5.2 คิฟพีเร็นซัลอีบูลลิโอมิเตอร์ (Differential Ebulliometer)

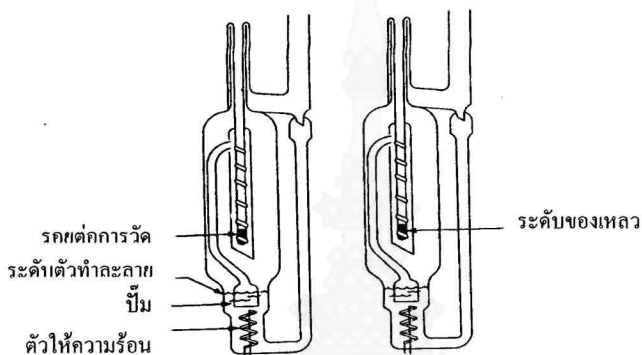
เครื่องอีบูลลิโอมิเตอร์ประเภทนี้เป็นอีบูลลิโอมิเตอร์ที่สามารถวัดได้ทั้งอุณหภูมิการเดือดของของเหลวและอุณหภูมิไอที่ควบแน่น ซึ่งจุดนี้จะเป็นจุดที่แตกต่างจากแบบซิมพลีอีบูลลิโอมิเตอร์นั่นเอง ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 คิฟพีเร็นซัลอีบูลลิโอมิเตอร์

### 2.5.3 แพร์ (ทวิน) อีบูลลิโอมิเตอร์ (Paired or twin Ebulliometer)

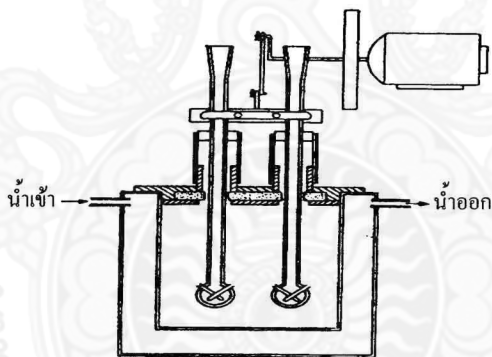
เครื่องอีบูลลิโอมิเตอร์ประเภทนี้เป็นอีบูลลิโอมิเตอร์แบบแฝด เกิดจากการรวมอีบูลลิโอมิเตอร์ 2 ตัว เข้าด้วยกัน สามารถใช้หามวลโมเลกุลของสารได้ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แพร์ (ทวิน) อีบูลลิโอมิเตอร์

#### 2.5.4 เซกคิงอีบูลลิโอมิเตอร์ (Shaking Ebulliometer)

อีบูลลิโอมิเตอร์ประเภทนี้มีการให้ความร้อนโดยอ้อมให้ความร้อน ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เซกคิงอีบูลลิโอมิเตอร์

#### 2.6 หลักการทำงานของเครื่องอีบูลลิโอมิเตอร์

##### 2.6.1 ไอและของเหลว [1, 7, 6]

ในแก๊ส โมเลกุลของแก๊สจะแพร่กระจายไปทั่วปริมาตรด้วยพลังงานจลน์ของการถ่ายเท (Kinetic energy of translation) ซึ่งมักทำให้โมเลกุลแยกห่างจากกัน พลังงานนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ นอกจากนั้นโมเลกุลของแก๊สยังมีแรงดึงดูดระหว่างกัน (Forces of attraction) ซึ่งขึ้นอยู่กับ

ระยะห่างระหว่างโมเลกุลในสถานะของแก๊ส โมเลกุลมีพลังงานจลน์ของการถ่ายเทสูงกว่าแรงดึงดูดระหว่างกัน ถ้าลดพลังงานจลน์ส่วนนี้ของโมเลกุลโดยการลดอุณหภูมิจนกระทั่งแรงดึงดูดระหว่างกันมีค่าสูงกว่า หรือถ้าลดระยะทางระหว่างโมเลกุลโดยการเพิ่มความดัน ทำให้แรงดึงดูดเพิ่มขึ้น ประการใดประการหนึ่งก็ตามทำให้โมเลกุลเข้ามารวมตัวกันอย่างหนาแน่นเกิดการควบแน่น (Condensation) กลายเป็นวัฏภาคของเหลว ในทำนองเดียวกันถ้ามีของเหลวอยู่แล้วเพิ่มอุณหภูมิ โมเลกุลบางโมเลกุลจะมีพลังงานเพิ่มขึ้นและอาจวิ่งมาที่ผิวของของเหลว หากโมเลกุลดังกล่าว มีพลังงานสูงพอที่จะเอาชนะพลังงานดึงดูดต่างๆ ก็จะหลุดออกจากผิวของของเหลวนั้นได้ เรียกว่าเกิดการระเหย (Vaporization หรือ Evaporation) กลายเป็นแก๊สหรือไอซึ่งจะเกิดขึ้นตลอดเวลา เมื่อมีโมเลกุลของแก๊สหรือไอบางชิ้นจะเริ่มมีความดันไอเพิ่มขึ้น โมเลกุลของไอบีโอกาสวิ่งมาชนกับผิวของของเหลว และถูกดึงดูดไว้เกิดการควบแน่น การระเหยและการควบแน่นจึงเกิดขึ้นด้วยกันตลอด

ในภาชนะปิด ที่มีอุณหภูมิคงที่จะเกิดสมดุลระหว่างอัตราการควบแน่นและอัตราการระเหยขึ้นภายในระยะเวลาหนึ่ง นั่นคือเนื้อผิวของเหลวจะมีโมเลกุลของไอหรือก๊าซอยู่จำนวนหนึ่งตลอดเวลา ทำให้เกิดความดันคงที่ขึ้นเหนือผิวของของเหลวนี้ เรียกว่าความดันไอสมดุล (Equilibrium vapor pressure) หรือความดันไอ (Vapor pressure) ซึ่งไม่ขึ้นกับขนาดและปริมาณของภาชนะหรือของเหลวที่บรรจุไว้ยังมีผิวของของเหลวอยู่ แต่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิคือถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นความดันไอจะเพิ่มขึ้นด้วย

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของของเหลวจนกระทั่งความดันไอเท่ากับความดันของบรรยากาศขณะนั้น โมเลกุลจะหนีจากมวลของของเหลวไม่เฉพาะพื้นผิวเท่านั้น แต่จะหนีจากทุกหนทุกแห่งภายในมวลของของเหลว ทำให้เกิดฟองของไอบุคขึ้นจากมวลของของเหลวอย่างแรง ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าการเดือด อุณหภูมิที่ของเหลวมีความดันไอเท่ากับ 760 มิลลิเมตรปรอท เรียกว่าจุดเดือดปกติ

#### 2.6.1.1 ระบบไอและของเหลว

เมื่อพิจารณารูปที่ 2.6 ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความดันไอ และการเกิดวัฏภาคของน้ำ น้ำแข็ง และไอน้ำ



เส้น ON จนกระทั่งถึงจุด N บนเส้นสมดุล ไอไม่อิ่มตัวจะกลายเป็นไออิ่มตัวที่อุณหภูมินี้ และจะเริ่มควบแน่นเป็นหยดน้ำ อุณหภูมินี้คือจุดน้ำค้าง (Dew point) ในทำนองเดียวกันถ้าเริ่มต้นจากของเหลวอุณหภูมิต่ำ (Supercooled liquid) เช่นจุด P แล้วเพิ่มอุณหภูมิจนกระทั่งกลายเป็นของเหลวอิ่มตัว ดังเส้น PN น้ำก็จะเริ่มระเหยกลายเป็นไอขึ้นที่จุด N เช่นเดียวกัน แต่เรียกจุดนี้ว่าจุดเป็นฟอง (Bubble point)

ในระหว่างที่ไอควบแน่นเกิดหยดน้ำขึ้น อาจมีหยดน้ำบางส่วนเกิดเป็นหยดเล็กๆ แขนงลอยอยู่ในวิญญากาศของไอ เรียกไอขณะนั้นว่าไอเปียก (Wet vapor) การกำหนดคุณสมบัติของไอเปียกใช้เทอมคุณภาพ (Quality) ซึ่งหมายถึงเศษส่วนของน้ำหนักของไอแห้งในไอเปียกนั้น ส่วนร้อยละของน้ำหนักของไอแห้งเรียกว่าเปอร์เซ็นต์คุณภาพ (% quality)

#### 2.6.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอกับอุณหภูมิ

ความดันไอของสารแต่ละชนิดมีค่าไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับลักษณะ ธรรมชาติและขนาดของโมเลกุลของสารนั้น สารกลุ่มเดียวกัน จะมีความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอกับอุณหภูมิลักษณะคล้ายคลึงกัน

สมการของคลอซีอุส - แคลปีรอน (Clausius – Clapeyron equation) แสดงความสัมพันธ์ทางเทอร์โมไดนามิกส์ระหว่างความดันไอ และอุณหภูมิ ดังนี้

$$\frac{dp^*}{dT} = \frac{\Delta \hat{H}_V}{T(\hat{V}_g - \hat{V}_l)} \quad \text{.....(5)}$$

|       |                    |   |                                                                          |
|-------|--------------------|---|--------------------------------------------------------------------------|
| เมื่อ | $p^*$              | = | ความดันไอ                                                                |
|       | $T$                | = | อุณหภูมิสัมบูรณ์                                                         |
|       | $\Delta \hat{H}_V$ | = | ความร้อนของการระเหยต่อโมลที่อุณหภูมิ T (molar heat of vaporization at T) |
|       | $\hat{V}_g$        | = | ปริมาตรต่อโมลของก๊าซหรือไอที่อุณหภูมิ T                                  |
|       | $\hat{V}_l$        | = | ปริมาตรต่อโมลของของเหลวหรือไอที่อุณหภูมิ T                               |

ถ้าสมมติว่า

- ปริมาตรของของเหลวน้อยมากเมื่อเทียบกับของก๊าซ  $\hat{V}_l$  ตัดทิ้งได้เมื่อเทียบกับ  $\hat{V}_g$
- ก๊าซหรือไอขณะนั้นประพฤติตัวเป็นก๊าซอุดมคติ

นั่นคือ  $\dot{V}_g = \frac{RT}{p^*}$  .....(6)

สมการ (5) จะกลายเป็น

$$\frac{dp^*}{p^*} = \frac{\Delta \hat{H}_v dT}{RT^2}$$
 .....(7)

จัดรูปเสียใหม่ได้

$$\frac{d \ln p^*}{d(1/T)} = \frac{2.303 d \log_{10} p^*}{d(1/T)} = \frac{-\Delta \hat{H}_v}{R}$$
 .....(8)

$$\frac{d \log_{10} p^*}{d(1/T)} = \frac{-\Delta \hat{H}_v}{2.303 R}$$
 ..... (9)

- $\Delta \hat{H}_v$  มีค่าคงที่ในช่วงอุณหภูมิที่ต้องการ จะอินทิเกรตสมการ (9) ได้เป็น

$$\log_{10} p^* = \frac{-\Delta \hat{H}_v}{2.303 RT} + B$$
 .....(10)

หรือเขียนสำหรับช่วงอุณหภูมิ  $T_1$  และ  $T_2$  ได้ว่า

$$\log_{10} \frac{p^*_1}{p^*_2} = \frac{\Delta \hat{H}_v}{2.303 R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$
 .....(11)

การประมาณค่าโดยใช้สมการ (11) อาจให้ค่าผิดพลาดจากความเป็นจริงไปได้มาก จึงควรใช้ต่อเมื่อไม่มีข้อมูลอื่นๆ ที่ดีกว่าเท่านั้น

### 2.6.1.3 ความดันไอของระบบของผสม (Vapor pressure of liquid mixtures)

ก) ความดันไอของของผสมไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Immiscible liquids) ของ

ผสมที่ไม่เข้าเป็นเนื้อเดียวกันแต่มีการกวนผสมกันเป็นอย่างดี จะมีพื้นผิวที่ประกอบด้วยโมเลกุลของสารองค์ประกอบกระจายไปทั่วเหมือนกัน กันทุกพื้นผิว ถ้ามีสารองค์ประกอบอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด สารองค์ประกอบแต่ละชนิดจะพยายามระเหยออกจากพื้นผิวนั้นด้วยอัตราที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความดันไอของสารซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอีกทีหนึ่ง แต่จะไม่ขึ้นกับปริมาณของสารองค์ประกอบในของผสมนั้น トラบดีที่ยังมีพื้นผิวอิสระของสารองค์ประกอบนั้นอยู่ที่พื้นผิวของของผสม ความดันไอรวมของของผสมจึงเท่ากับความดันไอของสารองค์ประกอบชนิดที่ 1 รวมกับความดันไอของสารองค์ประกอบชนิดที่ 2 ดังนั้นที่อุณหภูมิหนึ่งๆ ความดันไอรวมของของผสมจึงสูงกว่าความดันไอของสารองค์ประกอบชนิดใดชนิดหนึ่งเสมอ เมื่อความดันไอรวมมีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศ ของผสมนั้นจะเดือด จุดเดือดของของผสมที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันจะต่ำกว่าจุดเดือดของสารองค์ประกอบเดียวเสมอเช่นเดียวกัน

ส่วนประกอบของไอที่อยู่ในสมดุลกับของผสมที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ถ้าหาความดันไอของสารองค์ประกอบแต่ละชนิด โดยเศษส่วนของความดันย่อย (ซึ่งเท่ากับความดันไอ) ขององค์ประกอบแต่ละชนิดจะเท่ากับเศษส่วนของโมลของสารนั้น

ข) ความดันไอของสารละลาย (Vapor pressure of solutions) ของผสมที่เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous solutions) จะมีพื้นที่ผิวที่ประกอบด้วยโมเลกุลของสารองค์ประกอบทุกชนิดที่ประกอบกันขึ้นเป็นสารละลาย สำหรับสารองค์ประกอบหนึ่งๆ จะมีจำนวนโมเลกุลของสารนั้นบนพื้นที่ผิวหนึ่งหน่วยน้อยกว่าจำนวนโมเลกุลที่มีอยู่บนพื้นที่ผิวหนึ่งหน่วยของสารบริสุทธิ์ ดังนั้นอัตราการระเหยของสารองค์ประกอบจากสารละลายจะต่ำกว่าอัตราการระเหยจากสารบริสุทธิ์ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากไอของสารองค์ประกอบนี้สามารถควบแน่นกลายเป็นของเหลวได้บนพื้นที่ผิวทั้งหมดของสารละลาย อัตราการควบแน่นจึงยังคงเท่ากับอัตราการควบแน่นของสารบริสุทธิ์ในขณะที่ยังอัตราการระเหยลดลงทำให้ความดันไอสมดุลของสารองค์ประกอบนั้นในสารละลายต่ำกว่าความดันไอสมดุลของสารองค์ประกอบบริสุทธิ์เสมอ และเนื่องจากอัตราการระเหยขึ้นอยู่กับจำนวนโมเลกุลของสารองค์ประกอบนั้นบนพื้นที่ผิว ความดันไอสมดุลของสารองค์ประกอบนั้นจึงขึ้นอยู่กับปริมาณหรือความเข้มข้นขององค์ประกอบนั้นในสารละลาย

สำหรับสารละลายอุดมคติ (Ideal solutions) ราอูลท์ (Raoult) เป็นผู้ริเริ่มความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอขององค์ประกอบใดๆ เหนือพื้นที่ผิวของสารละลายกับความเข้มข้นขององค์ประกอบนั้นในสารละลาย ดังต่อไปนี้

$$p_A = x_A p_A^* \quad \dots(12)$$

เมื่อ  $p_A$  = ความดันย่อยของสารองค์ประกอบ A  
 $p_A^*$  = ความดันย่อยของสารองค์ประกอบ B  
 $x_A$  = เศษส่วนของโมลของสารองค์ประกอบ A ในสารละลาย

สมการนี้เรียกว่ากฎของราอูลท์ (Raoult's law) สำหรับองค์ประกอบอื่นๆ เช่น B, C... เขียนความสัมพันธ์ได้เช่นเดียวกัน

ในสารละลายที่มีสารองค์ประกอบเพียง 2 ชนิดเช่น A และ B สามารถหาความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} p_A &= x_A p_A^* \\ \text{และ} \quad p_B &= x_B p_B^* = (1 - x_A) p_B^* \end{aligned} \quad \dots(13)$$

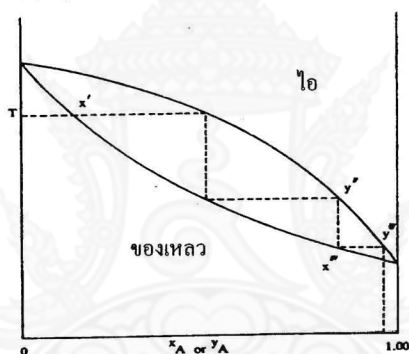
ในวัฏภาคของไอ ความดันรวมจะเป็นดังนี้

$$p_t = p_A + p_A \quad \text{.....(14)}$$

$$y_A = \frac{p_A}{p_t} \quad \text{.....(15)}$$

$$y_B = \frac{p_B}{p_t} = 1 - y_A \quad \text{.....(16)}$$

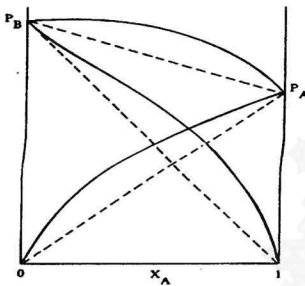
จุดเดือด ( $^{\circ}\text{C}$ )



รูปที่ 2.7 แผนภูมิแสดงสมดุลของไอและของเหลว

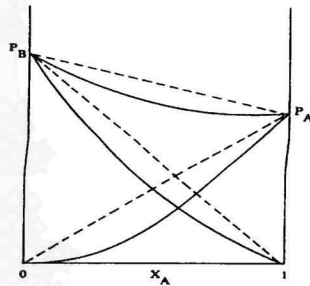
สำหรับสารละลายไม่เป็นอุดมคติ (Non - ideal solutions) เส้นกราฟจะอยู่ใต้เส้นกราฟอุดมคติ หรืออยู่เหนือเส้นกราฟอุดมคติก็ได้ สารละลายที่ให้เส้นกราฟของความดันไอ ส่วนประกอบอยู่เหนือเส้นกราฟอุดมคติ เช่น สารละลายของเมทิลแอล - คาร์บอนไดซัลไฟด์ เรียกว่ามีความเบี่ยงเบนบวก สารละลายที่ให้เส้นกราฟของความดันไอ ส่วนประกอบอยู่ใต้เส้นกราฟอุดมคติ เช่น สารละลายของอะซีโตน - คลอโรฟอร์ม เรียกว่ามีความเบี่ยงเบนลบ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ก และ 2.8 ข

ความดันไอ



เศษส่วนโมลของสารองค์ประกอบ A

ความดันไอ



เศษส่วนโมลของสารองค์ประกอบ A

(ก) เมทิลลาล - คาร์บอนไดซัลไฟด์

(ข) อะซีโตน - คลอโรฟอร์ม

รูปที่ 2.8 แผนผังความดันไอ ส่วนประกอบของสารละลาย

## 2.7 หลักการวัดอุณหภูมิ [9]

เครื่องวัดอุณหภูมิมีหลายชนิด โดยเครื่องมือแต่ละชนิดอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเฉพาะของสารคือ จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้เมื่ออุณหภูมิที่วัดเปลี่ยนไป และการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้จะต้องคงที่แน่นอนและพิสูจน์ได้ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 หลักการของเครื่องวัดอุณหภูมิ

| เทอร์โมมิเตอร์ | หลักการวัด                         | วัสดุที่ใช้   | ช่วงการวัด °C |
|----------------|------------------------------------|---------------|---------------|
| เทอร์โมคับเปิล | เปลี่ยนอุณหภูมิเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า | แบบ B         | 600 - 1700    |
|                |                                    | แบบ S         | 0 - 1600      |
|                |                                    | แบบ R         | 0 - 1600      |
|                |                                    | แบบ K         | -200 - 1200   |
|                |                                    | แบบ E         | -200 - 800    |
|                |                                    | แบบ J         | -200 - 800    |
| อาร์ทีดี       | เปลี่ยนอุณหภูมิเป็นความต้านทาน     | แบบ T         | -200 - 350    |
|                |                                    | แพลทินัม      | -258 - 900    |
|                |                                    | นิกเกิล       | -150 - 300    |
| เทอร์มิสเตอร์  | เปลี่ยนอุณหภูมิเป็นความต้านทาน     | ทองแดง        | -200 - 120    |
|                |                                    | เทอร์มิสเตอร์ | -30 - 300     |

## 2.8 อาร์ทีดี [9]

### 2.8.1 ประวัติความเป็นมาของอาร์ทีดี (Resistance Temperature Detectors)

ในปีเดียวกันกับที่ซีเบคค้นพบกฎของพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากความร้อน เซอร์ ฮัมฟรีย์ เดวี ก็ค้นพบว่าความต้านทานของโลหะจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ อีก 50 ปีต่อมา เซอร์ วิลเลียม ซิเมนส์ ได้ทำการทดลองอย่างจริงจังและพบว่าเส้นลวดแพลทินัมสามารถใช้เป็นตัวกลางวัดอุณหภูมิได้ ซึ่งต่อมาได้กลายเป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่แพร่หลายในปัจจุบันเช่น ใช้เป็นเครื่องมือมาตรฐานสากลในการวัดอุณหภูมิตั้งแต่จุดแข็งตัวของออกซิเจน ( $-182.96^{\circ}\text{C}$ ) ไปจนถึงจุดแข็งตัวของแอนติโมนี ( $630.74^{\circ}\text{C}$ )

### 2.8.2 หลักการของอาร์ทีดี [10]

ความต้านทานไฟฟ้าในเส้นลวดโลหะจะเปลี่ยนค่าไปตามสมการ ดังนี้

$$R_t = R_0(1 + \alpha T) \text{ หรือ } \frac{dR_t}{dT} = \alpha \quad \text{.....(17)}$$

เมื่อ  $R_t$  คือ ความต้านทานของลวดโลหะ ที่อุณหภูมิ  $t^{\circ}\text{C}$

$R_0$  คือ ความต้านทานของลวดโลหะ ที่อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$

$\alpha$  คือ สัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ออุณหภูมิ  $1^{\circ}\text{C}$   
( $\Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$ )

ค่า  $\alpha$  จะเปลี่ยนไปตามชนิดของโลหะ เช่น แพลทินัม  $0.00392 \Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$  จากย่านอุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  ถึง  $100^{\circ}\text{C}$ , นิกเกิล  $0.0063 \Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$  ทองแดง  $0.00425 \Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$

ในทางปฏิบัติค่า  $\alpha$  จะไม่แปรผันเป็นเส้นตรงกับอุณหภูมิ (Non-linearity) ในห้องปฏิบัติการมาตรฐานที่ต้องการค่า  $\alpha$  แม่นยำ สามารถทำได้โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$R_t = R_0(1 + \alpha T + \beta T^2 + \gamma T^4) \quad \text{.....(18)}$$

ค่า  $\alpha$   $\beta$  และ  $\gamma$  ได้จากการทดลอง ซึ่งทางบริษัทผู้ผลิตเป็นผู้กำหนดมา สมการที่ (18) เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความถูกต้องสูง แต่การคำนวณต่างๆ ไปจะใช้สมการที่ (17)

ในช่วง 90 ปีที่ผ่านมา สมาคมหลายแห่งที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอาร์ทีดี ได้กำหนดมาตรฐานต่างกันไป สมาคมเหล่านี้ได้แก่ สมาคมผู้ผลิตเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ (SAMA) แห่งสหรัฐอเมริกา สถาบันมาตรฐานแห่งอังกฤษ (British standard institute) และสถาบันมาตรฐานแห่งเยอรมัน (Deutsches institute fur Nourmung e.v., s) ต่อมากลุ่มกำหนดมาตรฐาน IEC (IES Stand

groups) ได้กำหนดโค้งปรับเทียบ (Calibration Curve) ของอาร์ทีดีเพลทินัม เป็นที่ยอมรับของสมาคมทั้งสามกล่าวคือ ช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 400 ค่าผิดพลาดไม่เกิน  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$  และที่ช่วงอุณหภูมิ 400  $^{\circ}\text{C}$  ถึง 600  $^{\circ}\text{C}$  ค่าผิดพลาดไม่เกิน  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  โดยแสดงค่าความต้านทานของอาร์ทีดีที่ทำจากโลหะชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ เป็น จำนวนเท่าของความต้านทานที่ 0  $^{\circ}\text{C}$  อาร์ทีดีแบบเพลทินัมเป็นแบบที่ใช้กันมากที่สุดในงานอุตสาหกรรม มีค่ามาตรฐาน 100 โอห์ม แบบมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทั่วไป หรือเรียกว่าแบบ Standard Platinum Resistance Thermometers (SPRTs) ในช่วงอุณหภูมิสูง ควรใช้อาร์ทีดีเพลทินัมแบบ 101 โอห์ม เพราะจะให้เสถียรภาพดีกว่าแบบ 100 โอห์ม

นิเกิลอาร์ทีดี ไม่ใช่แบบมาตรฐานเหมือนเพลทินัม เพราะแต่ละบริษัทผู้ผลิตต่างก็กำหนดค่าความต้านทานที่ต่างกันออกไป ทำให้ต้องใช้ อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ เช่น ทรานซิสเตอร์ เครื่องควบคุม เครื่องบันทึกเฉพาะของบริษัทนั้นๆ นิเกิลอาร์ทีดีวัดอุณหภูมิได้ไม่สูงเท่ากับเพลทินัม ยานการใช้งานอยู่ในช่วงที่มีค่าผิดพลาดต่ำกว่าแบบเพลทินัม

อาร์ทีดีแบบทองแดง เป็นแบบที่ให้ ความเป็นเชิงเส้นในการวัดดีที่สุดแต่ยานการใช้งานแคบ และมีค่าความต้านทานจำเพาะต่ำ ปกติความต้านทานจะมีค่าผิดพลาด

อาร์ทีดีแบบทั้งสแตน มีที่ใช้อยู่บ้างแต่ไม่แพร่หลาย เพราะมีเสถียรภาพไม่ดี คือมีสมบัติเปลี่ยนไปเมื่อผ่านการใช้งานไปแล้ว แคมีข้อดีคือมีความแข็งแรง (Strength) สูงกว่าแบบอื่นๆ และสามารถทนอุณหภูมิได้สูง

อาร์ทีดีแบบเพลทินัม 100 โอห์มจะเปลี่ยนค่าความต้านทานโดยเฉลี่ย  $0.385\ \Omega/^{\circ}\text{C}$  ที่การใช้งานปกติซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าคงที่ ในหัววัดแบบอาร์ทีดี ช่วงที่มีผลต่อการวัดอยู่ตรงส่วนปลายของอาร์ทีดีมีระยะ 0.5 ถึง 2.5 นิ้ว เพราะเป็นบริเวณที่อยู่ของขดลวด การเลือกฉนวนเทอร์โมเวลต์จะเหมือนกับกรณีที่ใช้หัววัดแบบเทอร์โมคัปเปิล

วงจรการต่อใช้งานของอาร์ทีดีจะให้ค่าโวลเตจเปลี่ยนแปลงมากกว่าในการใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบ K ถึง 10 เท่า ดังนั้นสัญญาณรบกวนจะมีผลต่ออาร์ทีดีน้อยกว่าเทอร์โมคัปเปิล

### 2.8.3 ความผิดพลาดอันเกิดจากกระแสเลี้ยงอาร์ทีดี (Self heating) [9]

อาร์ทีดีจำเป็นต้องมีกระแสไฟฟ้าเลี้ยงตัวเองอยู่จำนวนหนึ่ง ถ้ามีค่ามากเอาต์พุตโวลเตจหรือสัญญาณการวัดจะสูงขึ้นด้วย แต่กระแสนี้ จะสร้างความร้อนขึ้นในตัวอาร์ทีดีด้วย ความร้อนนี้จะทำให้ค่าความต้านทานสูงขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องจำกัดกระแสที่ใช้มิให้สูงเกินไปจนทำให้ความต้านทานที่วัดได้ผิดพลาดไป ปกติการใช้อาร์ทีดีแบบเพลทินัมจะเกิดความผิดพลาดขึ้นหากใช้กระแสเลี้ยง 1 มิลลิแอมแปร์ในบรรยากาศหนึ่ง แต่ในสภาวะการใช้งานที่ต้องจุ่มหัววัดลงในของเหลว ความร้อนจะกระจายลงสู่ของเหลวทำให้ต่ำลง ขึ้นอยู่กับความเร็วในการไหลและความหนาแน่นของของเหลวนั้น โดยอาจลดลงถึง 1/5 ของความผิดพลาดในบรรยากาศปกติ

#### 2.8.4 โครงสร้างของอาร์ทีดี [9]

อาร์ทีดี ทำด้วยโลหะที่มีความยาวที่ทำให้มีความต้านทาน ณ อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  ตามต้องการ โลหะนี้จะพันบนแกนที่เป็นฉนวนไฟฟ้าและมีคุณสมบัติทนต่อความร้อน แกนที่ใช้เป็นสารประเภทเซรามิกหรือแก้ว เช่น อะลูมินาบริสุทธิ์เป็นต้น สารที่เจือปนอยู่ในแกน เช่น ซิลิกา จะทำให้ลดความต้านทานสกปรก สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นพิเศษในกระบวนการผลิตคือ ขดลวดความต้านทานต้องทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และความสั่นสะเทือนได้ เนื่องจากเมื่อขดลวดได้รับความร้อนจะขยายตัว เมื่อเย็นลงจะหดตัว แกนที่ใช้พันจะต้องมีสมบัติการขยายตัวสัมพันธ์กับการขยายตัวของขดลวด การพันขดลวดจะทำขณะที่ขดลวดร้อนจนอ่อนตัว หลังจากนั้นต้องผ่านกรรมวิธีการอบร้อนคลายความเครียดในขดลวดอย่างน้อย 24 ชั่วโมง สภาพภายนอกของอาร์ทีดีจะเหมือนเทอร์โมคัปเปิล

#### 1.8.5 วงจรต่อใช้งานพื้นฐานของอาร์ทีดี

จะใช้วงจรวีตโคบบริดจ์ โดยอาร์ทีดีทำหน้าที่เป็นความต้านทานตัวหนึ่งในวงจรดังกล่าวแต่ติดตั้งอยู่ในจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิ ความต้านทาน ประกอบอีก 3 ตัวจะอยู่ในทรานสมิตเตอร์ที่อุณหภูมิบรรยากาศ ความต้านทานนี้ต้องเป็นแบบที่มีความถูกต้องและคงตัวสูง วงจรแบบสองสายใช้ได้เมื่อตัวทรานสมิตเตอร์อยู่ใกล้กับตัวอาร์ทีดีมากๆ เท่านั้น เพราะสายต่อที่ยาวค่าผิดพลาดจะยังเกิดขึ้นเนื่องจากความต้านทานของสายต่ออาร์ทีดี

วงจรอาร์ทีดีแบบสามสายเป็นแบบมาตรฐานที่นิยมใช้มากที่สุดในวงการอุตสาหกรรมทั่วไป สายทั้งสามเส้นที่ต่อจากอาร์ทีดีเข้าวงจรบริดจ์จะต้องมีขนาด และความยาวเท่ากัน อยู่ในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิเดียวกันเพื่อให้ค่าความต้านทานของสายทั้งสามเส้นเปลี่ยนแปลงไปในขนาดและทิศทางเดียวกัน เป็นการชดเชยความผิดพลาดอันเกิดจากการลากสายตัวนำยาวในสภาวะงานที่หลีกเลี่ยงไม่ได้

ในวงจรการวัดแบบสี่สาย สายที่ต่อจากอาร์ทีดีทั้ง 4 เส้นจะต้องมีขนาดและความยาวเท่ากัน อยู่ในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิเดียวกันเหมือนวงจรแบบ 3 สาย วิธีนี้ให้ความถูกต้องสูงกว่าลักษณะการต่อวงจรเป็นแบบ 3 สาย มีสวิตช์สำหรับโยกสลับสายเพื่อหาค่าเฉลี่ย ในการวัดครั้งหนึ่งๆ ต้องอ่านค่า 2 ครั้งตามตำแหน่งสวิตช์ ค่าความต้านทานของอาร์ทีดีเป็นค่าเฉลี่ยของค่าที่อ่านได้ทั้งสองครั้งเพื่อลดความคลาดเคลื่อนอันเกิดจากวิธีการวัดแบบ 3 สาย เนื่องจากค่าความต้านทานของสายต่ออาจไม่เท่ากันได้ เช่น สิ่งที่จะกระทบในการวัดด้วยวิธีนี้คือจุดต่อทุกจุดจะต้องมั่นใจว่าแน่นสนิท สะอาดปราศจากออกไซด์ ซึ่งจะทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่แน่นอน กลัวนาอมิเตอร์ที่ใช้จะต้องเป็นแบบอินทิเกรตซ์สูง

ปัจจุบันการวัดจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ที่สามารถชดเชยความผิดพลาดดังกล่าวได้ระดับหนึ่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของอัลกอริทึมในไมโครโปรเซสเซอร์และความถูกต้องของอุปกรณ์ชดเชยความผิดพลาดที่ใช้ประกอบ

## 2.9 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า [5]

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าหมายถึงเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณทางไฟฟ้าต่างๆ เช่น กระแส แรงดัน และกำลังไฟฟ้า เป็นต้น เนื่องจากเครื่องมือวัดทางไฟฟ้ามีหลายชนิด ผู้นำไปใช้งานควรรู้จักเครื่องมือวัดเหล่านี้ เพื่อจะได้นำไปใช้งานได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและปลอดภัย

### 2.9.1 โอห์มมิเตอร์ [5]

โอห์มมิเตอร์ คือเครื่องมือที่ใช้วัดค่าความต้านทานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็นโอห์ม ( $\Omega$ , Ohms) โดยทั่วไปสามารถวัดความต้านทานได้หลายย่านเช่น Rx1 Rx100 และ Rx10K เป็นต้น ย่านวัด Rx1 หมายถึง เมื่อนำไปวัดค่าความต้านทานใดแล้วเข็มชี้แสดงค่าเท่าใดให้คูณด้วย 1 จะได้ค่าความต้านทานเป็นโอห์มออกมา ถ้าตั้งย่านวัด Rx100 จะต้องนำค่าที่เข็มชี้มาคูณด้วย 100 เป็นต้น ลักษณะภายนอกของโอห์มมิเตอร์แสดงในรูปที่ 2.9 การใช้โอห์มมิเตอร์วัดค่าความต้านทานนั้น ตัวอย่างโอห์มมิเตอร์แสดงในรูปที่ 2.9

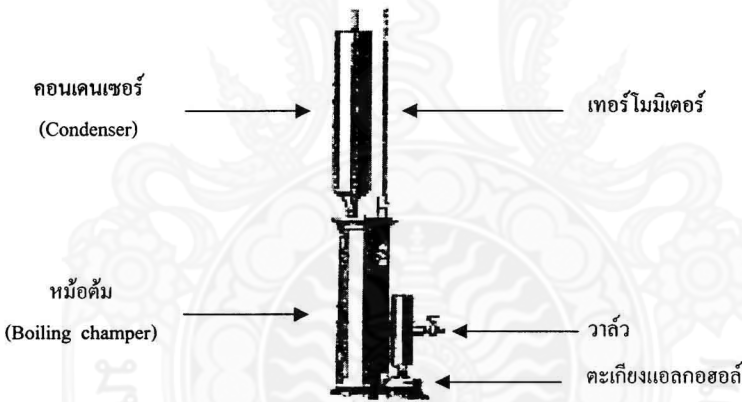


รูปที่ 2.9 โอห์มมิเตอร์

### บทที่ 3

#### วิธีการทำวิจัย

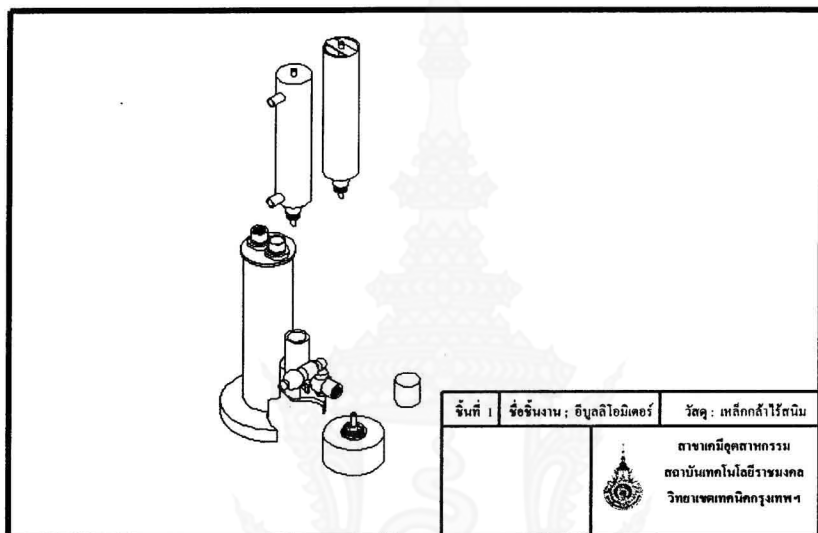
งานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การออกแบบสร้างเครื่องเครื่องอีนูลิโอมิเตอร์ตามรูปที่ 3.1 และการทดสอบการใช้งานของเครื่องอีนูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ การทดสอบความแม่นยำ การเลือกใช้คอนเดนเซอร์และการวัดเครื่องคีมแอลกอฮอล์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด



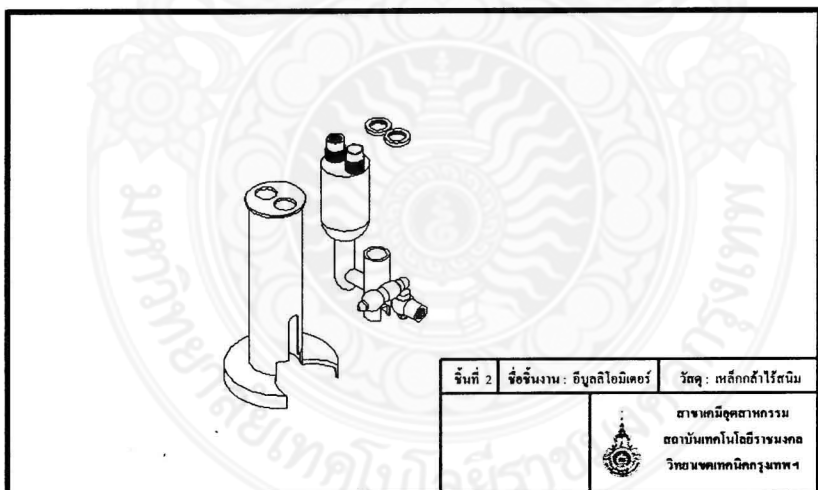
รูปที่ 3.1 เครื่องอีนูลิโอมิเตอร์

#### 3.1 แบบเครื่องอีนูลิโอมิเตอร์

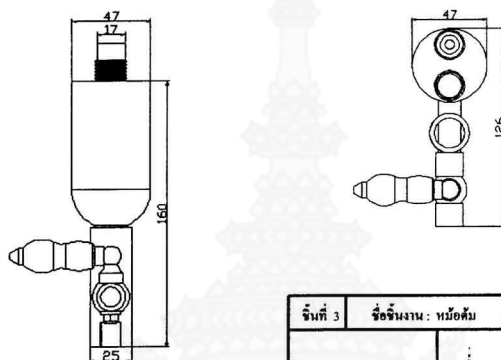
แบบเครื่องอีนูลิโอมิเตอร์แบ่งได้ 9 ส่วน ตามส่วนประกอบของเครื่อง คือ แบบภายนอกของเครื่อง, แบบภายในของเครื่อง, ส่วนหม้อต้มด้านใน, ส่วนหม้อต้มด้านนอก, คอนเดนเซอร์แบบน้ำหล่อ, คอนเดนเซอร์แบบมีน้ำไหลผ่าน, ส่วนที่สวมใส่ตะเกียง, ส่วนแกนกลางใส่ตะเกียง, ส่วนฝาตะเกียง และส่วนตะเกียง ดังรูปที่ 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10 และ 3.11 ตามลำดับ



รูปที่ 3.2 แบบภายนอกของเครื่องอีพวลลิโอมิเตอร์

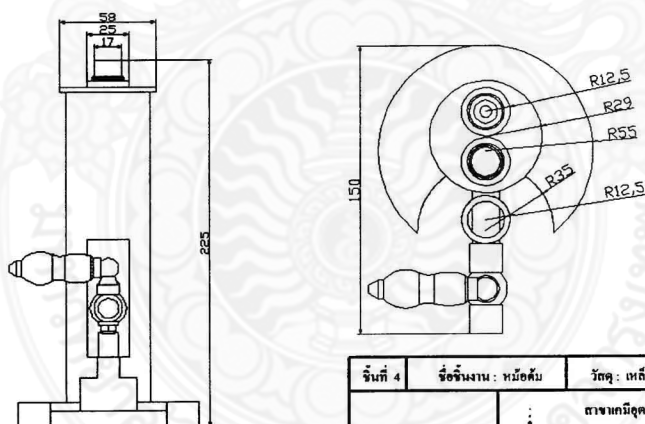


รูปที่ 3.3 แบบภายในของเครื่องอีพวลลิโอมิเตอร์



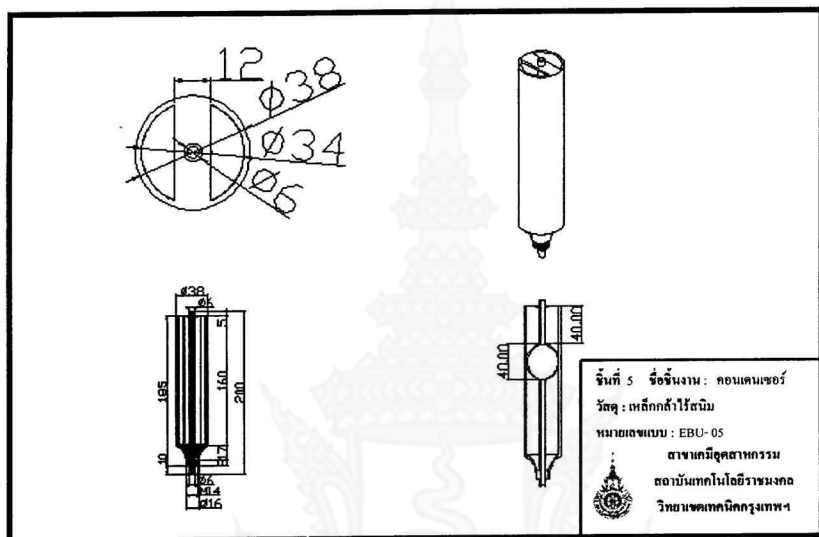
|           |                       |                                                                                                                                                          |
|-----------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชิ้นที่ 3 | ชื่อชิ้นงาน : หม้อต้ม | วัสดุ : เหล็กกล้าไร้สนิม                                                                                                                                 |
|           |                       |  สาขาเคมีอุตสาหกรรม<br>สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล<br>วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ |

รูปที่ 3.4 แบบเครื่องอัลตราโซนิกโอมิเตอร์ส่วนหม้อต้มด้านใน

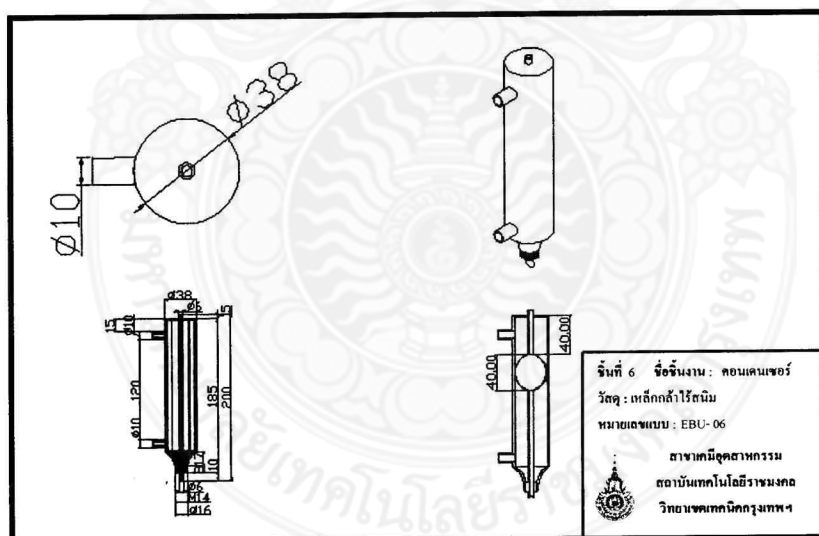


|           |                       |                                                                                                                                                            |
|-----------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชิ้นที่ 4 | ชื่อชิ้นงาน : หม้อต้ม | วัสดุ : เหล็กกล้าไร้สนิม                                                                                                                                   |
|           |                       |  สาขาเคมีอุตสาหกรรม<br>สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล<br>วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ |

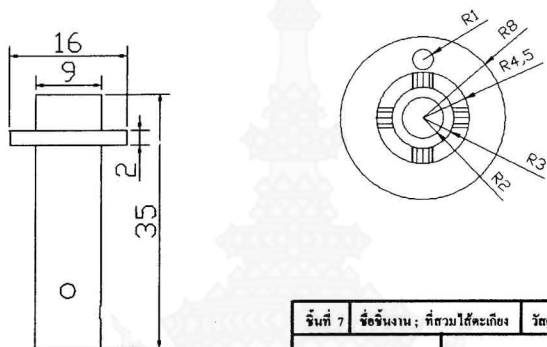
รูปที่ 3.5 แบบเครื่องอัลตราโซนิกโอมิเตอร์ส่วนหม้อต้มด้านนอก



รูปที่ 3.6 แบบเครื่องอีบุลลิโอมิเตอร์ส่วนคอนเดนเซอร์แบบน้ำหล่อ

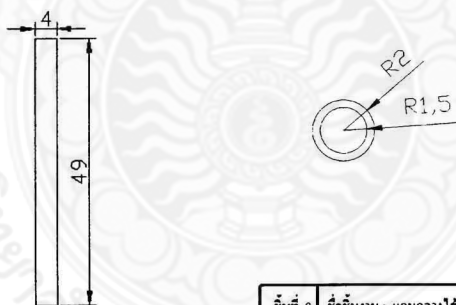


รูปที่ 3.7 แบบเครื่องอีบุลลิโอมิเตอร์ส่วนคอนเดนเซอร์แบบมีน้ำไหลผ่าน



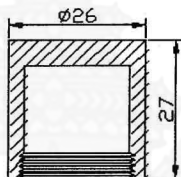
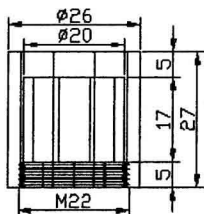
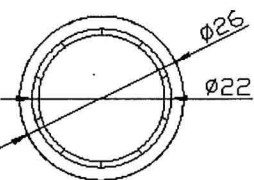
|          |                                |                                                                                                                                                          |
|----------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| วันที่ 7 | ชื่อชิ้นงาน : ที่สวมใส่ตะเกียง | วัสดุ : เหล็กกล้าไร้สนิม                                                                                                                                 |
|          |                                |  ราชภัฏกรุงเทพมหานคร<br>สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล<br>วิทยาเขตเทคนิครุงเทพฯ |

รูปที่ 3.8 แบบเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ส่วนที่สวมใส่ตะเกียง



|          |                                 |                                                                                                                                                            |
|----------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| วันที่ 8 | ชื่อชิ้นงาน : แกนกลางใส่ตะเกียง | วัสดุ : ทองเหลือง                                                                                                                                          |
|          |                                 |  ราชภัฏกรุงเทพมหานคร<br>สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล<br>วิทยาเขตเทคนิครุงเทพฯ |

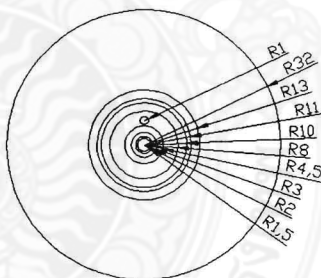
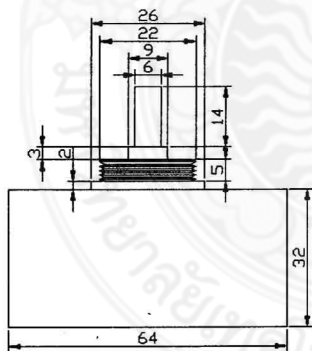
รูปที่ 3.9 แบบเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ส่วนแกนกลางใส่ตะเกียง



สาขาเคมีอุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล  
วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ-1



รูปที่ 3.10 แบบเครื่องฮิบูลลิโอมิเตอร์ส่วนฝาตะเกียง



สาขาเคมีอุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล  
วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ ๑



รูปที่ 3.11 แบบเครื่องอิฐลีโอมิเตอร์ส่วนตะเกียง

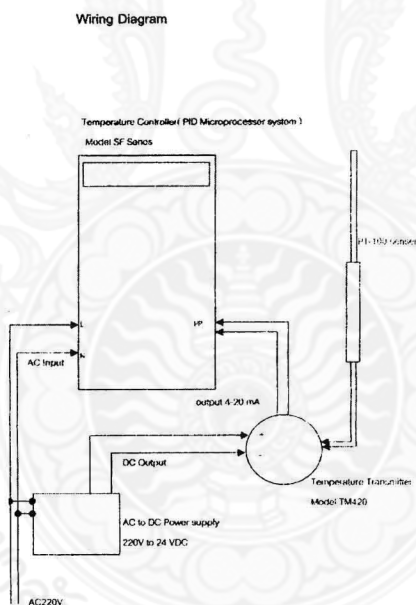
### 3.2 แบบวงจรวัดอุณหภูมิ

ออกแบบวงจรวัดอุณหภูมิด้วยหัววัดแบบ RTD ชนิด Pt-100 แสดงผลแบบดิจิทัลด้วยความละเอียด 2 ตำแหน่ง ความละเอียด 0.01 °C ค่าความคลาดเคลื่อน 0.005 °C

อุปกรณ์ที่ใช้คือ

- PID microprocessor 1 ตัว
- PT-100 sensor 1 ตัว
- Module for PT-100 1 ตัว
- Solid state relay 1 ตัว

แผนผังการต่อวงจรแสดงดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แผนผังการต่อวงจรวัดอุณหภูมิ

### 3.3 วัสดุที่ใช้ในการทำวิจัย

#### 3.3.1 สารเคมี

- ก) เอทานอล 99.99 เปอร์เซ็นต์
- ข) เอทานอล 95.00 เปอร์เซ็นต์
- ค) น้ำกลั่น
- ง) ไวนิล ซีโอทิงการค้า สไป
  - ประเภท CLASSIC มีปริมาณแอลกอฮอล์ 5% โดยปริมาตร
  - ประเภท RED มีปริมาณแอลกอฮอล์ 6% โดยปริมาตร
  - ประเภท WHITE มีปริมาณแอลกอฮอล์ 7% โดยปริมาตร
- จ) ไวนิล ในโครงการ “หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์”
  - ไวนิลลูกขอส มีปริมาณแอลกอฮอล์ 2% โดยปริมาตร
  - ไวนิลมะเฒ่า มีปริมาณแอลกอฮอล์ 9% โดยปริมาตร
  - ไวนิลมะเฒ่า มีปริมาณแอลกอฮอล์ 12% โดยปริมาตร
  - ไวนิลกระชายดำ มีปริมาณแอลกอฮอล์ 12% โดยปริมาตร
- ฉ) ผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์หมักพื้นบ้าน
  - สาโทซีอทางการค้า สาโทสยาม มีปริมาณแอลกอฮอล์ 8% โดยปริมาตร
- ช) ผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์สุราแห่งชาติเบียร์
  - เบียร์ ซีอทางการค้า ไฮเนเก้น มีปริมาณแอลกอฮอล์ 5% โดยปริมาตร
  - เบียร์ ซีอทางการค้า สิงห์ มีปริมาณแอลกอฮอล์ 6% โดยปริมาตร
  - เบียร์ ซีอทางการค้า ช้าง มีปริมาณแอลกอฮอล์ 6.4% โดยปริมาตร
- ซ) ผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่า 17 ดีกรี
  - สุราขาว มีปริมาณแอลกอฮอล์ 28% โดยปริมาตร
  - วิสกี้ไทย ซีอทางการค้า แสงโสม มีปริมาณแอลกอฮอล์ 35% โดยปริมาตร
  - วิสกี้ต่างประเทศ ซีอทางการค้า แครน (Crown 99) มีปริมาณแอลกอฮอล์ 40%

โดยปริมาตร โดยปริมาตร

#### 3.3.2 เครื่องมือ

- เครื่องอิเล็กทรอนิกส์โอมิเตอร์มาตรฐาน 1 เครื่อง
- เครื่องอิเล็กทรอนิกส์โอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น 1 เครื่อง
- หัววัดคาร์ทีค (Pt-100) ที่มีความละเอียด 0.1 Ω 1 หัว
- โอห์มมิเตอร์ 1 เครื่อง

|                                                         |               |       |
|---------------------------------------------------------|---------------|-------|
| - เทอร์โมมิเตอร์ ที่มีความละเอียด $0.1^{\circ}\text{C}$ |               | 1 ตัว |
| - ขวดรูปชมพูนาค                                         | 250 มิลลิลิตร | 1 ขวด |
| - บิวเรตขนาด                                            | 50 มิลลิลิตร  | 1 อัน |
| - บิวเรตขนาด                                            | 25 มิลลิลิตร  | 1 อัน |
| - ปิเปตขนาด                                             | 20 มิลลิลิตร  | 1 อัน |
| - ปิเปตขนาด                                             | 10 มิลลิลิตร  | 1 อัน |
| - ขวดปรับปริมาตรขนาด                                    | 250 มิลลิลิตร | 1 ขวด |
| - บีกเกอร์ขนาด                                          | 100 มิลลิลิตร | 1 ใบ  |

### 3.4 การทดลองตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องอิมมูโนโลยีที่สร้างขึ้น

หลังจากทำการออกแบบและสร้างเครื่องอิมมูโนโลยีที่ประกอบด้วยส่วนฐานของเครื่อง ตะเกียงแอลกอฮอล์ เทอร์โมมิเตอร์ และคอนเดนเซอร์ ดังรูปที่ 3.1 แล้วเริ่มการทดลอง

#### 3.4.1 การหาปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์โดยใช้เครื่องอิมมูโนโลยีที่สร้างขึ้น

##### 3.4.1.1 การหาจุดเดือดของน้ำ

เติมน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร ลงในหม้อต้ม เสียบเทอร์โมมิเตอร์ ต่อคอนเดนเซอร์ จุดตะเกียงแอลกอฮอล์ สังเกตค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ อ่านค่าอุณหภูมิซึ่งเป็นจุดเดือดเมื่อเทอร์โมมิเตอร์ให้ค่าคงที่ระยะหนึ่ง (จุดที่ปรอทขึ้นไปแล้ววกที่ หรือจุดที่ตัวเลขค่อนข้างนิ่งในเครื่องอ่านอุณหภูมิแบบดิจิตอล) บันทึกเป็นอุณหภูมิของน้ำเดือด

##### 3.4.1.2 การหาจุดเดือดของสารละลายตัวอย่าง

เปิดวาล์วเพื่อให้น้ำออก รินสารละลายตัวอย่างปริมาณเล็กน้อยใส่ลงในหม้อต้ม แล้วเทสารละลายทิ้ง เทสารละลายตัวอย่างปริมาตร 50 มิลลิลิตรลงในหม้อต้ม เสียบเทอร์โมมิเตอร์ที่หม้อต้มเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1.1 อ่านค่าอุณหภูมิของจุดเดือดของสารละลายแล้วบันทึกผล

##### 3.4.1.3 การอ่านค่าปริมาณแอลกอฮอล์

นำค่าจุดเดือดมาตั้งในแผ่นอ่านค่าดิกรี ให้อุณหภูมิที่เท่ากับจุดเดือดของน้ำกลั่นตรงกับตำแหน่ง 0 ดิกรี ซึ่งหมายถึงศูนย์เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ปริมาณแอลกอฮอล์ที่เป็นดิกรีจะได้จากค่าดิกรีที่ตรงกับจุดเดือดของสารละลายตัวอย่างที่วัดได้

#### 3.4.2 วิธีการทดลอง

##### 3.4.2.1 การเตรียมเอทานอล

วิธีการในตอนนี้จะเป็นการนำเอทานอล 99.99% โดยปริมาตรมาเจือจางให้ได้สารละลายแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น 1-17 ดีกรี และความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่สูงกว่า 17 ดีกรี คือ 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 และ 99.99% ดีกรี เพื่อนำไปวัดปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ โดยใช้เครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) นำเอทานอล 99.99% โดยปริมาตร จำนวน 1 มิลลิลิตรจากบิวเรตใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร

2) เติมน้ำกลั่นปริมาตร 99 มิลลิลิตร

3) ได้ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ 1 ดีกรี หรือ 1% โดยปริมาตร

4) ทำซ้ำตามข้อ 1-2 โดยให้ได้ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่ 2-17 ดีกรี

#### 3.4.2.2 การทดลองวัดปริมาณแอลกอฮอล์ของเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น

1) ทำการหาจุดเดือดของน้ำ โดยเติมน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร ลงใน

หม้อต้มดังรูปที่ 3.1

2) เสียบเทอร์โมมิเตอร์

3) ค่อยคนเค้นเซอร์

4) จุดตะเกียงแอลกอฮอล์

5) อ่านค่าอุณหภูมิของน้ำเดือด (จุดที่ปรอทขึ้นไปแล้วคงที่)

6) บันทึกเป็นอุณหภูมิของน้ำเดือด

7) ปิดวาล์วเพื่อเทน้ำออก

8) ทำการหาจุดเดือดของเอทานอลที่มีความเข้มข้นต่างๆ โดยเติมเอทานอลที่

เตรียมขึ้น ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในหม้อต้ม

9) เสียบเทอร์โมมิเตอร์เช่นเดียวกับข้อ 2-4

10) อ่านค่าอุณหภูมิของจุดเดือดของสารละลาย

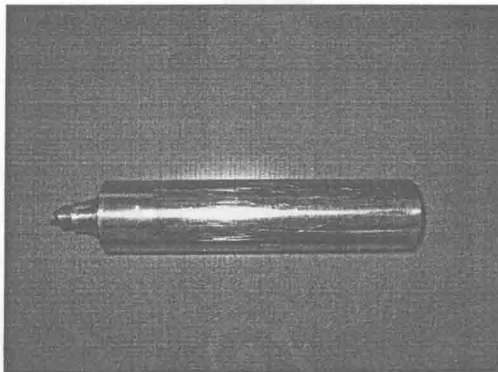
11) แล้วบันทึกผล

12) ทำการทดลองเช่นเดียวกัน แต่เปลี่ยนจากการใช้เทอร์โมมิเตอร์เป็นอาร์ที

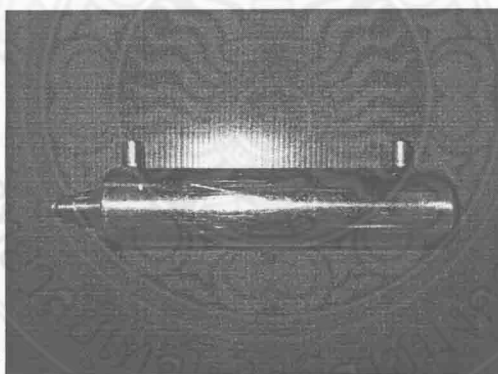
ดี (PT-100) เพื่ออ่านค่าความต้านทาน ดังแสดงในรูปที่ 3.13 และ 3.14 (หรืออ่านค่าอุณหภูมิกรณีที่ใช้ตัวอ่านค่าที่แสดงผลเป็นอุณหภูมิ)

### 3.5 การเลือกใช้แบบคอนเดนเซอร์

คอนเดนเซอร์ที่สร้างขึ้นมี 2 แบบคือแบบน้ำหล่อและแบบที่มีน้ำไหลผ่าน ดังรูปที่ 3.15 และ 3.16 การทดลองจะใช้คอนเดนเซอร์แต่ละตัว ประกอบกับหม้อต้มของอินูลิโอมิเตอร์เพื่อวัดปริมาณแอลกอฮอล์แล้วเปรียบเทียบอุณหภูมิหรือคีกรที่วัดได้จากการใช้คอนเดนเซอร์แต่ละแบบ



รูปที่ 3.15 คอนเดนเซอร์แบบน้ำหล่อ



รูปที่ 3.16 คอนเดนเซอร์แบบมีน้ำไหลผ่าน

### 3.5.1 วิธีการทดลอง

1) เตรียมแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น 5% โดยปริมาตร โดยนำเอทานอล 99.99% จำนวน 5 มิลลิลิตรจากบิวเรตลงในขวดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 95 มิลลิลิตร

2) เตรียมแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น 10% และ 15% โดยปริมาตร ด้วยวิธีเช่นเดียวกับข้อ 1)

3) วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่จากสารละลายเอทานอล 5, 10 และ 15% โดยปริมาตร โดยใช้เครื่องอิมูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น ดังวิธีการทดลองเช่นเดียวกันในข้อ 3.1.1

## 3.6 การวัดสารซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องคั้นแอลกอฮอล์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

เครื่องคั้นแอลกอฮอล์มีหลายชนิด แต่ละชนิดมีส่วนผสมและปริมาณสารแตกต่างกันออกไป มิได้มีเฉพาะน้ำและเอทานอลเท่านั้น การทดลองนี้จะศึกษาว่าองค์ประกอบต่างๆ ในเครื่องคั้นแอลกอฮอล์จะส่งผลต่อค่าดัชนีที่วัดได้เพียงไร หากส่งผลจนทำให้ค่าดัชนีที่วัดได้ผิดไปมาก อิมูลิโอมิเตอร์ก็ไม่ควรนำมาใช้ในการวัดดัชนีของเครื่องคั้นแอลกอฮอล์ชนิดอื่นนอกเหนือจากไวน์

### 3.6.1 วิธีการทดลอง

1) ทำการหาจุดเดือดของน้ำ โดยเติมน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร ลงในหม้อต้ม

2) เสียบเทอร์โมมิเตอร์

3) ต่อคอนเดนเซอร์

4) จุดตะเกียงแอลกอฮอล์

5) อ่านค่าอุณหภูมิของน้ำเดือด

6) บันทึกเป็นอุณหภูมิของน้ำเดือด

7) เป็ดวาล์วเพื่อให้น้ำออก

8) ทำการหาจุดเดือดของสารตัวอย่างที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด โดยเติมสารตัวอย่าง จำนวน 50 มิลลิลิตรลงในหม้อต้ม

9) เสียบเทอร์โมมิเตอร์เช่นเดียวกับข้อ 2-4

10) อ่านจุดเดือดของสารละลาย

11) บันทึกผล



รูปที่ 3.17 ไวน์สไป



รูปที่ 3.18 ไวน์ในโครงการ “หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์”



รูปที่ 3.19 สาโทสขาม



รูปที่ 3.20 เบียร์



รูปที่ 3.21 สุราขาว เคราน 99 (Crown 99) และ แสงโสม



## บทที่ 4

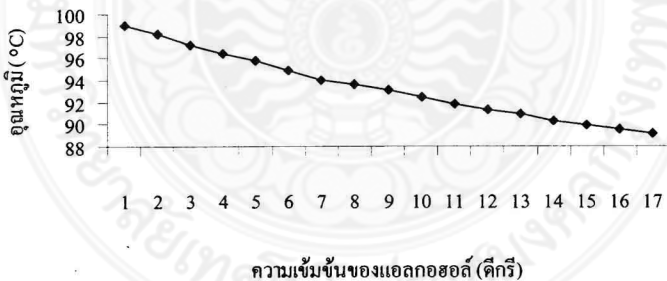
### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการวิจัยนี้ ได้แบ่งงานออกเป็น 3 ส่วนสำคัญๆ คือ ส่วนแรกเป็นการทดสอบความแม่นยำของเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น โดยจะศึกษาในช่วง 1-17 ดีกรี และช่วงสูงกว่า 17 ดีกรี ส่วนที่สองเป็นการศึกษาลักษณะของคอนเดนเซอร์ที่ทำการออกแบบขึ้น 2 แบบคือแบบน้ำหล่อ และแบบมีน้ำไหลผ่าน และส่วนที่สามเป็นการศึกษาการใช้งานของเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นกับสารผลิตภัณฑ์เครื่องคั้นแอลกอฮอล์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยจะศึกษาผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ในช่วง 1-17 ดีกรี และช่วงที่สูงกว่า 17 ดีกรี

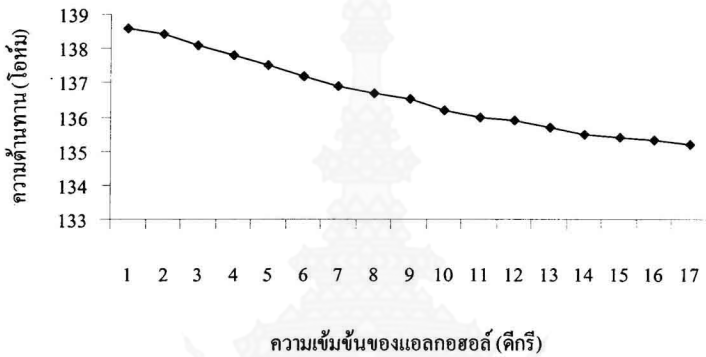
#### 4.1 การ ตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น

##### 4.1.1 ตรวจสอบความแม่นยำโดยความสัมพันธ์ของจุดเดือด

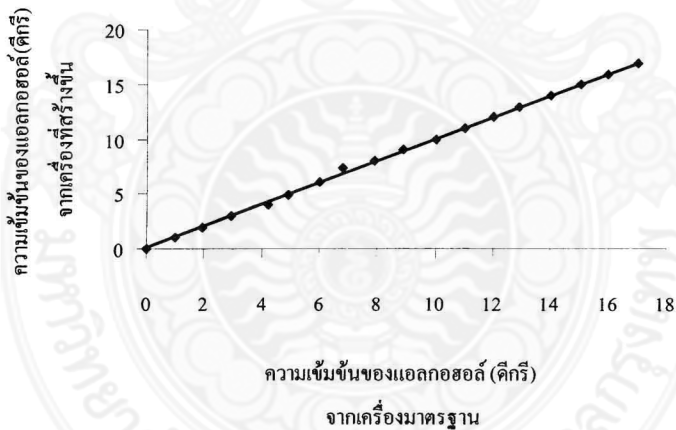
โดยทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดกับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ (ดีกรี) โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่มีความละเอียด  $0.1^{\circ}\text{C}$  และอาร์ทีดี (PT 100) ที่มีความละเอียด  $0.1\ \Omega$  พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลที่ได้กับเครื่องอินูลิโอมิเตอร์มาตรฐาน ข้อมูลผลการทดลองแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.1



รูปที่ 4.1 จุดเดือดของแอลกอฮอล์ ( $^{\circ}\text{C}$ ) ในช่วง 1-17 ดีกรี วัดด้วยเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์



รูปที่ 4.2 ค่าความต้านทานในช่วง 1-17 ดีกรี วัดด้วยเครื่องอินพุตลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น โดยใช้หัววัดคาร์ทีคและโอห์มมิเตอร์ความละเอียด 0.1  $\Omega$

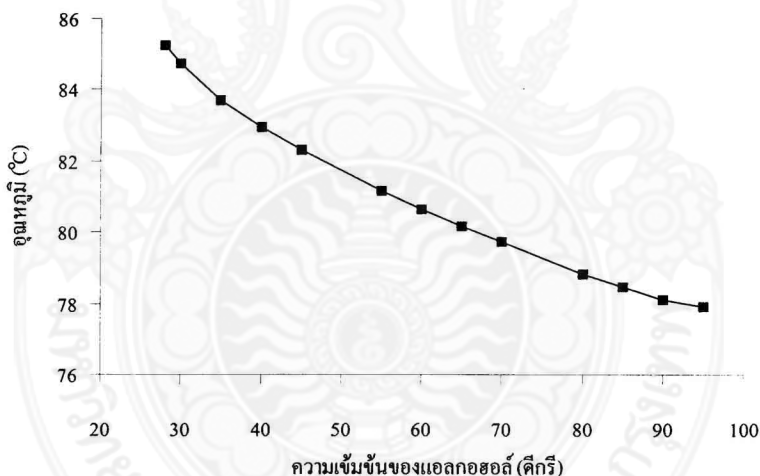


รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของ ดีกรี ระหว่างเครื่องมาตรฐานกับเครื่องที่สร้างขึ้น ในช่วง 1-17 ดีกรี

รูปที่ 4.1 และ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดของแอลกอฮอล์ ( $^{\circ}\text{C}$ ) กับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานของอาร์ทีดี กับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ ในช่วง 1-17 ดีกรี จากค่าอุณหภูมิและค่าความต้านทานของแต่ละความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ตั้งแต่ 1-17 ดีกรี พบว่าเครื่องที่สร้างขึ้นสามารถใช้งานได้ เนื่องจากเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นช่วงๆ ของดีกรีต่างๆ พร้อมทั้งมีความแม่นยำและเที่ยงตรงจากการทดลองซ้ำ และเมื่อนำค่าความเข้มข้นของแอลกอฮอล์จากเครื่องที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับเครื่องมาตรฐานตามรูปที่ 4.3

#### 4.1.2 ทำการทดลองเพื่อศึกษาการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในช่วงสูงกว่า 17 ดีกรี

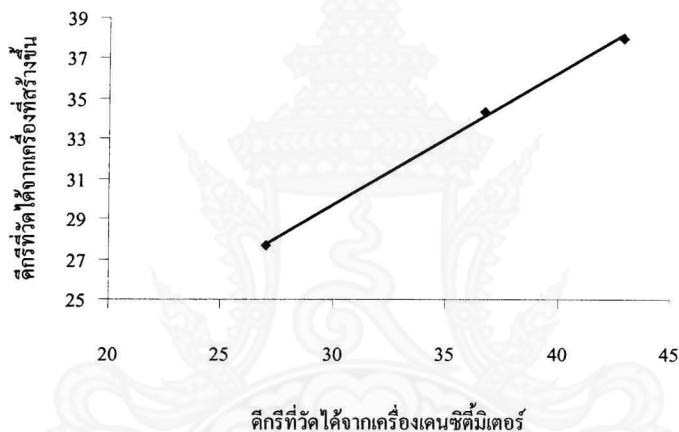
ทดลองวัดปริมาณแอลกอฮอล์ของเครื่องที่สร้างขึ้นในช่วงสูงกว่า 17 ดีกรี โดยทำการเตรียมสารที่ 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 และ 99.99% โดยปริมาตร เพื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ ที่ช่วงสูงกว่า 17 ดีกรี พร้อมทั้งทำการทดลองกับสารไม่ทราบความเข้มข้น 3 ตัวอย่าง ข้อมูลผลการทดลองแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.2 และตารางที่ ก.3



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดของแอลกอฮอล์ ( $^{\circ}\text{C}$ ) กับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ ในช่วงที่สูงกว่า 17 ดีกรี วัดด้วยเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น

ในรูปที่ 4.4 ใช้หัววัดอาร์ทีดีร่วมกับวงจรอ่านค่าอุณหภูมิที่สร้างขึ้นโดยมีความละเอียด  $0.01^{\circ}\text{C}$  ที่ความถูกต้อง  $0.005^{\circ}\text{C}$  จะเห็นว่าข้อมูลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญพอที่จะสรุปได้ว่า

เครื่องมือนี้สามารถใช้วัดความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นสูงมากๆ ได้ และเมื่อพิจารณาจากตัวเลขในตารางที่ ก.2 ในภาคผนวก ก จะเห็นว่าอาจใช้วัดความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ได้ถึง 95 ดีกรี หรือมากกว่านั้น

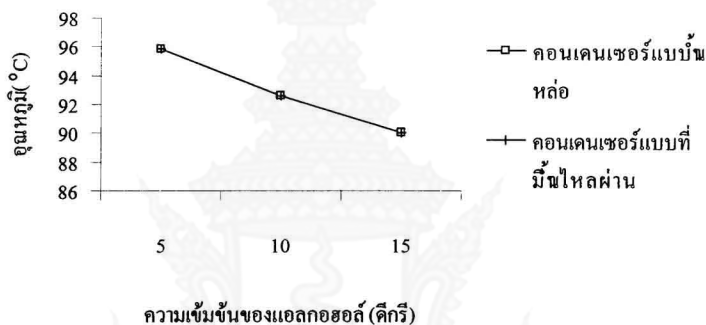


**รูปที่ 4.5** การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของดีกรี ระหว่างเซนซิเตอร์ กับเครื่องที่สร้างขึ้น ในช่วงที่สูงกว่า 17 ดีกรี

รูปที่ 4.4 และ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดของแอลกอฮอล์ ( $^{\circ}\text{C}$ ) กับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ ในช่วงที่สูงกว่า 17 ดีกรีและเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่ได้จากเครื่องที่สร้างขึ้นกับค่าที่ได้จากเครื่องเซนซิเตอร์ พบว่าเครื่องอินูลลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นสามารถใช้กับช่วงดีกรีที่สูงกว่า 17 ดีกรีได้ โดยดูจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันที่ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ต่างๆ และสามารถใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดได้ แต่ที่ช่วงดีกรีสูงกว่า 17 ดีกรี จะมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสูงกว่าที่ช่วงต่ำกว่า 17 ดีกรี

#### 4.2 การศึกษาลักษณะของคอนเดนเซอร์

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดกับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่ 5, 10 และ 15% โดยปริมาตร โดยเปรียบเทียบคอนเดนเซอร์แบบน้ำหล่อกับแบบมีน้ำไหลผ่าน ข้อมูลผลการทดลองแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.5



**รูปที่ 4.6** การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือด(°C) กับดีกรีของเครื่องอินูลิโอ มิเตอร์ที่สร้างขึ้นโดยใช้คอนเดนเซอร์แบบน้ำหล่อและแบบมีน้ำไหลผ่าน

จากรูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือด(°C) กับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ของเครื่องอินูลิโอ มิเตอร์ที่สร้างขึ้น โดยใช้คอนเดนเซอร์แบบน้ำหล่อและแบบมีน้ำไหลผ่าน พบว่าจุดเดือดของแอลกอฮอล์ที่วัดได้มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยหรือไม่แตกต่างกันเลยในการใช้คอนเดนเซอร์ทั้ง 2 แบบ แต่การใช้คอนเดนเซอร์แบบมีน้ำไหลผ่านมีความสะดวกในการใช้งานมากกว่า เพราะไม่ต้องเปลี่ยนน้ำในคอนเดนเซอร์

### 4.3 การศึกษาการใช้งานของเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น

การศึกษาการใช้งานของเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นกับสารผลิตภัณฑ์เครื่องคัม แอลกอฮอล์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยจะศึกษาผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ในช่วง 1-17 คีกรีและช่วงที่สูงกว่า 17 คีกรี

#### 4.3.1 ศึกษาการใช้งานกับเครื่องคัมแอลกอฮอล์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดในช่วง 1-17 คีกรี

ศึกษาการใช้งานของเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น โดยทำการวัดสารตัวอย่างซึ่งเป็นเครื่องคัมแอลกอฮอล์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด แบ่งเป็นกลุ่มแอลกอฮอล์ดังนี้

##### 4.3.1.1 ผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ไวน์

###### ก) ไวน์ ชื่อทางการค้า สไป

- ประเภท CLASSIC มีปริมาณแอลกอฮอล์ 5 คีกรี
- ประเภท RED มีปริมาณแอลกอฮอล์ 6 คีกรี
- ประเภท WHITE มีปริมาณแอลกอฮอล์ 7 คีกรี

###### ข) ไวน์ ในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์

- ไวน์ลูกขอ มีปริมาณแอลกอฮอล์ 2 คีกรี
- ไวน์มะเฒ่า มีปริมาณแอลกอฮอล์ 9 คีกรี
- ไวน์มะเฒ่า มีปริมาณแอลกอฮอล์ 12 คีกรี
- ไวน์กระชายดำ มีปริมาณแอลกอฮอล์ 12 คีกรี

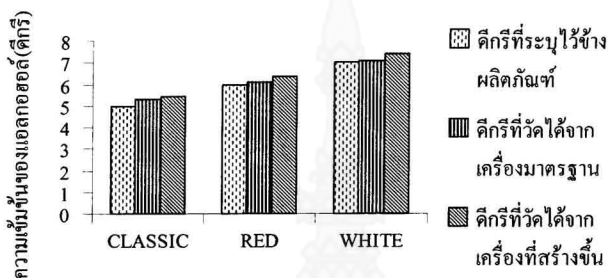
##### 4.3.1.2 ผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์หมักพื้นบ้าน

- สาโท ชื่อทางการค้า สาโทสยาม มีปริมาณแอลกอฮอล์ 8 คีกรี

##### 4.3.1.3 ผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์สุราแซ่ชนิดเบียร์

- เบียร์ ชื่อทางการค้า ไฮเนเก้น มีปริมาณแอลกอฮอล์ 5 คีกรี
- เบียร์ ชื่อทางการค้า สิงห์ มีปริมาณแอลกอฮอล์ 6 คีกรี
- เบียร์ ชื่อทางการค้า ช้าง มีปริมาณแอลกอฮอล์ 6.4 คีกรี

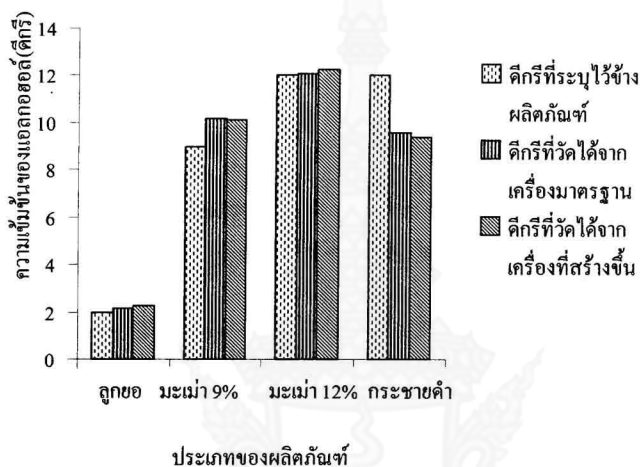
ข้อมูลผลการทดลองแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.6



ประเภทของผลิตภัณฑ์

**รูปที่ 4.7** การเปรียบเทียบ คิกริของไวน์สไปที่วัดได้จากเครื่องมาตรฐาน เครื่องที่สร้างขึ้น และที่ระบุไว้ข้างภาชนะของผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ของไวน์ (SPY) ที่วัดได้จากเครื่องมาตรฐาน เครื่องที่สร้างขึ้น และที่ระบุไว้ข้างภาชนะของผลิตภัณฑ์ พบว่าไวน์สไปประเภท CLASSIC, RED และ WHITE มีปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ ที่วัดได้จากเครื่องอินูลิโอมิเตอร์มาตรฐานและเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นมีปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์สูงกว่าที่ระบุไว้ข้างผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ ที่วัดได้จากเครื่องอินูลิโอมิเตอร์มาตรฐานและเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นพบว่าปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นมีค่าสูงกว่าเครื่องอินูลิโอมิเตอร์มาตรฐานเพียงเล็กน้อย



**รูปที่ 4.8** การเปรียบเทียบการเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบกล้วยที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐาน เครื่องที่สร้างขึ้น และที่ระบุไว้ข้างภาชนะของผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ของใบกล้วยที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐาน เครื่องที่สร้างขึ้น และที่ระบุไว้ข้างภาชนะของผลิตภัณฑ์ ใบกล้วย ใบมะม่วง 9% ใบมะม่วง 12% และใบกระชายดำ มีปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนี้

ใบกล้วย มีปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐานและเครื่องมือที่สร้างขึ้นสูงกว่าที่ระบุไว้ข้างผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐานและเครื่องมือที่สร้างขึ้น พบว่าปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐานและเครื่องมือที่สร้างขึ้นมีค่าสูงกว่าเครื่องมือมาตรฐานเพียงเล็กน้อยเช่นกัน

ใบมะม่วง 9% มีปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐานและเครื่องมือที่สร้างขึ้นมีค่าสูงกว่าที่ระบุไว้ข้างผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐานและเครื่องมือที่สร้างขึ้น พบว่าปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐานและเครื่องมือที่สร้างขึ้นมีค่าสูงกว่าเครื่องมือมาตรฐานเพียงเล็กน้อย

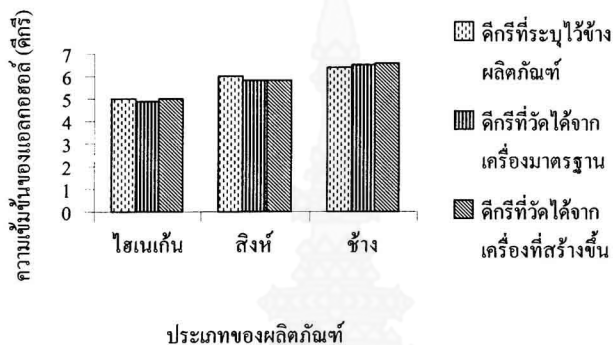
ไวน์มะเมา 12% มีปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องอินูลิโอมิเตอร์มาตรฐานและเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นสูงกว่าที่ระบุไว้ข้างผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องอินูลิโอมิเตอร์มาตรฐานและเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น พบว่าปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นมีค่าสูงกว่าเครื่องอินูลิโอมิเตอร์มาตรฐานเพียงเล็กน้อยเช่นกัน

ไวน์กระชายดำ มีปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่ระบุไว้ข้างผลิตภัณฑ์สูงกว่าค่าที่วัดได้จากเครื่องอินูลิโอมิเตอร์มาตรฐานและเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องอินูลิโอมิเตอร์มาตรฐานและเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น พบว่าปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องอินูลิโอมิเตอร์มาตรฐานมีค่าสูงกว่าเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นเพียงเล็กน้อย

**ตารางที่ 4.1** ดัชนีของสาโทสยามที่วัดได้จากเครื่องมาตรฐาน เครื่องที่สร้างขึ้น และที่ระบุไว้ข้างภาชนะของผลิตภัณฑ์

| แหล่งข้อมูล          | ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์<br>(ดีกรี) |
|----------------------|------------------------------------|
| เครื่องมาตรฐาน       | 8                                  |
| ระบุไว้ข้างผลิตภัณฑ์ | 8.1                                |
| เครื่องที่สร้างขึ้น  | 7.9                                |

จากตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาดัชนีของสาโทสยาม ที่วัดได้จากเครื่องมาตรฐาน เครื่องที่สร้างขึ้น และที่ระบุไว้ข้างภาชนะของผลิตภัณฑ์ พบว่าสาโทสยามมีปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่ระบุไว้ข้างผลิตภัณฑ์และที่วัดได้จากเครื่องอินูลิโอมิเตอร์มาตรฐานสูงกว่าที่วัดได้เครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นเพียงเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องอินูลิโอมิเตอร์มาตรฐานและเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น พบว่าปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องอินูลิโอมิเตอร์มาตรฐานมีค่าสูงกว่าเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยสังเกตได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่มีค่าเท่ากับ 2.22%



**รูปที่ 4.9** การเปรียบเทียบดิกิริของเบียร์ที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐาน เครื่องมือที่สร้างขึ้น และที่ระบุไว้ข้างภาชนะของผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ของเบียร์ ที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐาน เครื่องมือที่สร้างขึ้น และที่ระบุไว้ข้างภาชนะของผลิตภัณฑ์เบียร์ไฮเนเก้น สิงห์ และช้าง พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ (ดิกิริ) แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนี้

เบียร์ไฮเนเก้นมีปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่ระบุไว้ข้างผลิตภัณฑ์เท่ากับที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐาน เครื่องมือที่สร้างขึ้น ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐานเพียงเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐานและเครื่องมือที่สร้างขึ้น พบว่าปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องมือที่สร้างขึ้นมีค่าสูงกว่าเครื่องมือมาตรฐานเพียงเล็กน้อย

เบียร์สิงห์มีปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐาน เท่ากับที่วัดได้จากเครื่องมือที่สร้างขึ้น ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ระบุไว้ข้างผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐานและเครื่องมือที่สร้างขึ้น พบว่าปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องมือที่สร้างขึ้นมีค่าเท่ากับเครื่องมือมาตรฐาน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแม่นยำของเครื่องมือที่สร้างขึ้น

เบียร์ช้างมีปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐาน และเครื่องมือที่สร้างขึ้นสูงกว่าที่ระบุไว้ข้างผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐานและเครื่องมือที่

มิเตอร์ที่สร้างขึ้น พบว่าปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องอิมูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นมีค่าสูงกว่าเครื่องอิมูลิโอมิเตอร์มาตรฐานเพียงเล็กน้อย

#### 4.3.2 ทดสอบการใช้งานกับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในช่วงสูงกว่า 17 ดิกรี

ทดสอบการใช้งานของเครื่องอิมูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น ซึ่งมีจำหน่ายตามท้องตลาด ดังนี้

##### 4.3.2.1 สุราขาว ชนิดมีปริมาณแอลกอฮอล์ 28 ดิกรี

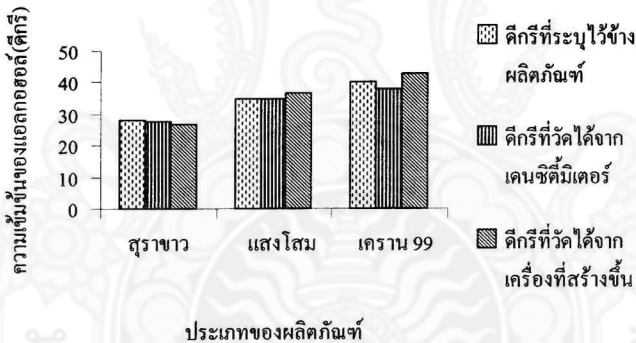
- สุราขาว ชนิดมีปริมาณแอลกอฮอล์ 28 ดิกรี

##### 4.3.2.2 วิสกี้

- วิสกี้ไทย ชื่อทางการค้าแสงโสม มีปริมาณแอลกอฮอล์ 35 ดิกรี

- วิสกี้ต่างประเทศ ชื่อทางการค้าเคราน 99 มีปริมาณแอลกอฮอล์ 40 ดิกรี

ข้อมูลผลการทดลองแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.7



**รูปที่ 4.10** การเปรียบเทียบดิกรีของผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเคนซิติมิเตอร์ เครื่องที่สร้างขึ้น และที่ระบุไว้ข้างภาชนะของผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 4.10 การเปรียบเทียบดิกรีของผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเคนซิติมิเตอร์ เครื่องที่สร้างขึ้น และที่ระบุไว้ข้างภาชนะของผลิตภัณฑ์ของสุราขาว แสงโสม และเคราน 99 มีปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ (ดิกรี) แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย กล่าวคือ

สุราขาว มีปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่ระบุไว้ข้างผลิตภัณฑ์สูงกว่าค่าที่วัดได้จากเคนซิติมิเตอร์และเครื่องอิมูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของ

แอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเคนซิมิเตอร์และเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น พบว่าปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเคนซิมิเตอร์มีค่าสูงกว่าเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นเพียงเล็กน้อย

แสงโตมและเคราน 99 มีปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่ระบุไว้ข้างผลิตภัณฑ์และที่วัดได้จากเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่วัดได้จากเคนซิมิเตอร์เพียงเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเคนซิมิเตอร์และเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น พบว่าปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องอินูลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นมีค่าสูงกว่าเครื่องอินูลิโอมิเตอร์มาตรฐานเพียงเล็กน้อย



## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองเครื่องอิบูลลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น โดยทดสอบความแม่นยำของเครื่องอิบูลลิโอมิเตอร์ ทดสอบเพื่อเลือกใช้คอนเดนเซอร์แบบน้ำหล่อและแบบมีน้ำไหลผ่าน และทดสอบการใช้งานของเครื่องอิบูลลิโอมิเตอร์ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาและทดลองเครื่องอิบูลลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. จากการทดสอบความแม่นยำของเครื่องอิบูลลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น ด้วย การหาเปอร์เซ็นต์ แอลกอฮอล์โดยปริมาตรโดยเทียบหาค่าจุดเดือด ( $^{\circ}\text{C}$ ) และค่าความต้านทาน ( $\Omega$ ) ซึ่งวัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์และหัววัดอาร์ทีดีพร้อมกับเครื่องโอห์มมิเตอร์ และตัวอ่านอุณหภูมิที่สร้างขึ้น ตามลำดับ ในแอลกอฮอล์ที่เตรียมขึ้นในช่วง 1-17 ดีกรี และในช่วงที่สูงกว่า 17 ดีกรีนั้น สรุปได้ว่า เครื่องอิบูลลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นสามารถใช้งานได้ไม่ว่าจะใช้เทอร์โมมิเตอร์หรือหัววัดอาร์ทีดี พร้อมโอห์มมิเตอร์ หรือตัววัดอุณหภูมิแบบไมโครโปรเซสเซอร์ที่สร้างขึ้น ในช่วง 1-17 ดีกรี เนื่องจากผลการทดลองให้ความแตกต่างของอุณหภูมิและความต้านทานอย่างชัดเจนในลักษณะที่เป็นช่วงๆ ของแต่ละดีกรี พร้อมทั้งมีความแม่นยำ และเที่ยงตรงสูงซึ่งทราบได้จากการทำการทดลองซ้ำ และเปรียบเทียบกับเครื่องอิบูลลิโอมิเตอร์มาตรฐาน นอกจากนั้นยังสามารถใช้งานในการวัดปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้เอทานอลในช่วงสูงกว่า 17 ดีกรีได้ แต่ไม่ دقيق หากใช้การวัดด้วยโอห์มมิเตอร์ชนิดความละเอียดปกติ เพราะเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิน้อยมากในแต่ละดีกรี ซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดได้ง่ายกว่าการวัดในช่วง 1-17 ดีกรี แต่หากใช้ตัวอ่านค่าอุณหภูมิที่มีความละเอียดพิเศษเช่น  $0.01 \pm 0.005^{\circ}\text{C}$  หรือใช้ตัวอ่านค่าความต้านทานที่มีความละเอียด 0.001  $\Omega$  หรือสูงกว่านั้นก็จะสามารถวัดความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่สูงมากๆ ได้ อย่างไรก็ดี หากใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่มีความละเอียดเพียง  $1^{\circ}\text{C}$  ซึ่งมีราคาถูกมากและหาซื้อได้โดยทั่วไปก็ยังสามารถใช้งานได้โดยมีความคลาดเคลื่อน 1 ดีกรีในช่วงของการวัดประมาณ 20 ดีกรี และคลาดเคลื่อน ประมาณ 5 ดีกรีสำหรับการวัดในช่วงความเข้มข้น 90 ดีกรี

สำหรับการวัดในช่วงความเข้มข้นต่ำ (1-17 ดิกรี) ความผิดพลาดจะอยู่ในขั้นทศนิยมตำแหน่งแรกเท่านั้น

อนึ่งความคลาดเคลื่อนที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการใช้เครื่องมือเท่านั้น ไม่รวมความคลาดเคลื่อนที่มาจากสาเหตุอื่น เช่น ความผิดพลาดในการผสมสารมาตรฐานและความคลาดเคลื่อนจากความแปรปรวนของความดัน อุณหภูมิและความเร็วลมขณะทำการทดลองซึ่งอาจส่งผลต่อค่าที่วัดได้พอสมควร คือประมาณ 0.1 ดิกรี

2. จากการทดสอบเพื่อเลือกใช้คอนเดนเซอร์แบบน้ำหล่อ และแบบมีน้ำไหลผ่านของเครื่องอีบุลลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นโดยใช้แอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น 5, 10 และ 15 ดิกรีที่เตรียมขึ้น สรุปได้ว่าให้ผลต่างกันเพียงเล็กน้อยหรือไม่แตกต่างกันเลย จึงสามารถเลือกใช้คอนเดนเซอร์แบบใดก็ได้ ข้อสรุปนี้ขึ้นเฉพาะอีบุลลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้เท่านั้น

3. จากการทดสอบการใช้งานของเครื่องอีบุลลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นกับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยทำการวัดผลิตภัณฑ์ที่มีแอลกอฮอล์ในช่วง 1-17 ดิกรี อันประกอบไปด้วยไวน์ชื่อทางการค้า SPY และไวน์ในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ แอลกอฮอล์หมักพื้นบ้านชนิดสาโท ชื่อทางการค้าสาโทสยาม และเบียร์ ซึ่งชื่อทางการค้าไอเซนเก้น สิงห์และช้าง พร้อมทั้งวัดแอลกอฮอล์ในผลิตภัณฑ์ที่มีค่าสูงกว่า 17 ดิกรี อันประกอบด้วยสุราขาว วิสกี้ชื่อทางการค้า แสงโสมและเครน 99 สรุปได้ว่าเครื่องอีบุลลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นสามารถใช้งานในการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์หลายชนิดที่มีจำหน่ายในท้องตลาดได้ไม่เฉพาะแต่ไวน์เท่านั้น โดยมีความแม่นยำและเที่ยงตรงสูง

เพราะฉะนั้นจึงสามารถสรุปโดยรวมได้ว่า เครื่องอีบุลลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพดี สามารถวัดปริมาณแอลกอฮอล์ได้ และราคาถูกกว่าท้องตลาดประมาณ 1 ใน 3 (ข้อมูลด้านค่าใช้จ่ายมิได้แสดงในรายงานนี้)

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการวิจัยต่อยอดเพื่อออกแบบวงจรเครื่องอ่านค่าอุณหภูมิแบบไมโครโปรเซสเซอร์ขึ้นใหม่ทั้งหมด อันจะทำให้ชุดอีบุลลิโอมิเตอร์ที่สามารถวัดปริมาณแอลกอฮอล์ความเข้มข้นสูงมากมีราคาต่ำลงอีกมาก ปัจจุบันเฉพาะตัวอ่านอุณหภูมิแบบละเอียดมีราคาประมาณ 15,000.- บาท หากทำการวิจัยต่อไปอาจพบวงจรที่มีราคาต่ำกว่านี้

2. เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานซึ่งจะเหมาะสำหรับการใช้งานในชุมชน ควรมีการวิจัยในลักษณะเดียวกับข้อเสนอแนะข้อแรก แต่เพิ่มความสามารถให้กับตัวอ่านค่าซึ่งเป็นไมโครโปรเซสเซอร์ให้สามารถอ่านค่าออกมาเป็นดิกรีได้โดยตรง และไม่ต้องทำการชดเชยความคลาดเคลื่อนของ

อุณหภูมิและความดันบรรยากาศขณะใช้งานด้วยการหาจุดเดือดของน้ำกลั่นซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของการใช้อินูลิโอมิเตอร์



## เอกสารอ้างอิง

1. กัญจนนา บุญยเกียรติ, 2534, การคำนวณขั้นตอนในวิชาวิศวกรรมเคมี, พิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 87-101.
2. ชัยวัฒน์ เจนวานิชย์, 2531, เคมีอินทรีย์พื้นฐาน (Basic Organic Chemistry), พิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์โอเคียนสโตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 175-191.
3. โชคชัย วณู, 2546, คนทำไวน์ (Winemaker I), สมบูรณ์พริ้นติ้ง, นครราชสีมา, หน้า 174-182.
4. ทรงสมร กิตติวุฒิเวช, เครื่องดื่มและการผสมเครื่องดื่ม (Drink Mixing), โรงพิมพ์วังอักษร, กรุงเทพฯ, หน้า 37-76.
5. นภัทร วังเทพินทร์ และชูศักดิ์ จำพิมพ์, 2539, เทคโนโลยีไฟฟ้ากำลังสำหรับช่างอุตสาหกรรม, สำนักพิมพ์สกายบุ๊กส์, กรุงเทพฯ, หน้า 63-69.
6. ปิยสาร ประเสริฐธรรม, 2536, หลักการออกแบบเครื่องมือแยกสาร, พิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 45-78.
7. ภัทรพรณ ประศาสน์สารกิจ, 2538, เทอร์โมไดนามิกส์วิศวกรรมเคมี, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 262-272.
8. ศิวะ วสุนธราภิวณิช, 2532, คู่มือความรู้เกี่ยวกับเครื่องดื่มและบาร์เทนเดอร์, สำนักพิมพ์ดอกหญ้า (1988) จำกัด, กรุงเทพฯ, หน้า 23-104.
9. สมศักดิ์ กิตติวุฒิเศรษฐ์, 2544, หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม, พิมพ์ครั้งที่ 16, สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, หน้า 3-8.
10. Jackson, Ron S., 2000, Wine science, 2<sup>nd</sup> ed., Academic Press Inc. (London) LTD., pp.568-579.
11. McIlafferty, Fred., 1966, Analytical chemistry, 1<sup>st</sup> ed., Chapman & Hall, New York, pp. 16-27.

ภาคผนวก ก

ผลการทดลอง

ตารางที่ ก.1 จุดเดือดของแอลกอฮอล์ (°C) และค่าความต้านทานของอาร์ทีดี (Pt-100) ช่วงความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ปกติ (1-17 ดีกรี) ที่วัดด้วยเครื่องอินูลลิโอมิเตอร์มาตรฐานและเครื่องอินูลลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น อุณหภูมิห้อง 30°C

| ดีกรีของแอลกอฮอล์ | เครื่องมาตรฐาน |                 | เครื่องที่สร้างขึ้น |             |
|-------------------|----------------|-----------------|---------------------|-------------|
|                   | มาตรฐาน        |                 |                     | ความต้านทาน |
|                   | อุณหภูมิ (°C)  | ความต้านทาน (Ω) | อุณหภูมิ (°C)       | (Ω)         |
| 0                 | 99.87          | 138.7           | 99.98               | 138.8       |
| 1                 | 98.95          | 138.5           | 99.02               | 138.6       |
| 2                 | 98.08          | 138.2           | 98.15               | 138.4       |
| 3                 | 97.18          | 137.7           | 97.25               | 138.1       |
| 4                 | 96.16          | 137.5           | 96.45               | 137.8       |
| 5                 | 95.65          | 137.3           | 95.80               | 137.5       |
| 6                 | 94.90          | 137.1           | 94.94               | 137.2       |
| 7                 | 94.30          | 136.8           | 94.00               | 136.9       |
| 8                 | 93.60          | 136.6           | 93.65               | 136.7       |
| 9                 | 93.00          | 136.3           | 93.05               | 136.5       |
| 10                | 92.30          | 135.0           | 92.43               | 136.2       |
| 11                | 91.76          | 134.8           | 91.89               | 136.0       |
| 12                | 91.22          | 134.7           | 91.35               | 135.9       |
| 13                | 90.77          | 134.5           | 90.90               | 135.7       |
| 14                | 90.22          | 134.3           | 90.35               | 135.5       |
| 15                | 89.79          | 134.2           | 89.92               | 135.5       |
| 16                | 89.39          | 134.0           | 89.52               | 135.3       |
| 17                | 88.98          | 133.9           | 89.11               | 135.2       |

ตารางที่ ก.2 จุดเดือดของแอลกอฮอล์ (°C) ในช่วงที่สูงกว่า 17 ดีกรีซึ่งวัดด้วยเครื่องอีบุลลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นและตัวอ่านค่าความละเอียดสูง  $0.01 \pm 0.005$  °C

| ดีกรี | อุณหภูมิ (°C) |
|-------|---------------|
| 28    | 85.24         |
| 30    | 84.72         |
| 35    | 83.71         |
| 40    | 82.95         |
| 45    | 82.32         |
| 55    | 81.17         |
| 60    | 80.64         |
| 65    | 80.18         |
| 70    | 79.72         |
| 80    | 78.8          |
| 85    | 78.46         |
| 90    | 78.12         |
| 95    | 77.9          |

ตารางที่ ก.3 จุดเดือดของแอลกอฮอล์ (°C) ในช่วงที่สูงกว่า 17 ดีกรีซึ่งวัดด้วยเครื่องอินูลลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นและเทอร์โมมิเตอร์ความละเอียด  $1 \pm 0.5$  °C

| ดีกรี | อุณหภูมิ (°C) |
|-------|---------------|
| 28    | 85.0          |
| 30    | 85.2          |
| 35    | 84.0          |
| 40    | 82.9          |
| 45    | 82.4          |
| 55    | 81.2          |
| 60    | 81.0          |
| 65    | 80.3          |
| 70    | 80.0          |
| 80    | 79.0          |
| 85    | 78.5          |
| 90    | 78.0          |
| 95    | 77.9          |

ตารางที่ ก.4 จุดเดือดของแอลกอฮอล์ (°C) ของสารละลายไม้ทราบความเข้มข้น 3 ตัวอย่างที่เตรียมขึ้น

| สารละลายไม้ทราบความเข้มข้น | ดีกรีที่วัดได้ | ดีกรีของสารละลาย |
|----------------------------|----------------|------------------|
| 1                          | 34.2           | 34               |
| 2                          | 80.1           | 80               |
| 3                          | 95.2           | 95               |

ตารางที่ ก.5 จุดเดือดของแอลกอฮอล์ (°C) ที่ 5, 10 และ 15% โดยปริมาตร ที่วัดด้วยเครื่อง  
 ลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นโดยใช้คอนเดนเซอร์แบบน้ำหล่อและแบบมีน้ำไหลผ่าน

| สารตัวอย่าง<br>% แอลกอฮอล์โดยปริมาตร | อุณหภูมิ (°C)         |                            |
|--------------------------------------|-----------------------|----------------------------|
|                                      | คอนเดนเซอร์แบบน้ำหล่อ | คอนเดนเซอร์แบบมีน้ำไหลผ่าน |
| 5                                    | 95.81                 | 95.82                      |
| 10                                   | 92.55                 | 92.57                      |
| 15                                   | 90.05                 | 90.05                      |

ตารางที่ ก.6 จุดเดือดของผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ (°C) ที่วัดด้วยเครื่องลิโอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นเปรียบ  
 เทียบกับเครื่องลิโอมิเตอร์มาตรฐาน  
 อุณหภูมิห้อง 30 °C

| ผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์          | อุณหภูมิ (°C)     |                     | % แอลกอฮอล์โดยปริมาตร |                     |
|-----------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|                             | เครื่องมือมาตรฐาน | เครื่องที่สร้างขึ้น | เครื่องมือมาตรฐาน     | เครื่องที่สร้างขึ้น |
| <b>ไวน์ (SPY)</b>           |                   |                     |                       |                     |
| CLASSIC Alc.5% Vol          | 95.47             | 95.40               | 5.30                  | 5.47                |
| RED Alc.6% Vol              | 94.92             | 94.80               | 6.10                  | 6.33                |
| WHITE Alc.7% Vol            | 94.25             | 94.21               | 7.10                  | 7.38                |
| <b>ไวน์ "OTOP"</b>          |                   |                     |                       |                     |
| ไวน์ลูกหยี Alc.2% Vol       | 98.00             | 98.10               | 2.15                  | 2.27                |
| ไวน์มะนาว Alc.9% Vol        | 92.35             | 92.38               | 10.20                 | 10.10               |
| ไวน์มะนาว Alc.12% Vol       | 91.30             | 91.20               | 12.09                 | 12.29               |
| ไวน์กระชายดำ<br>Alc.12% Vol | 92.70             | 92.80               | 9.60                  | 9.40                |
| <b>สุราหมักพื้นบ้าน</b>     |                   |                     |                       |                     |
| สาโทสยาม Alc.8% Vol         | 93.60             | 93.70               | 8.10                  | 7.92                |
| <b>สุราแช่ชนิดเบียร์</b>    |                   |                     |                       |                     |
| ไฮเนเก้น Alc.5% Vol         | 95.78             | 95.72               | 4.90                  | 5.00                |
| สิงห์ Alc.6% Vol            | 95.13             | 95.11               | 5.82                  | 5.84                |
| ช้าง Alc.6.4% Vol           | 94.65             | 94.60               | 6.50                  | 6.55                |

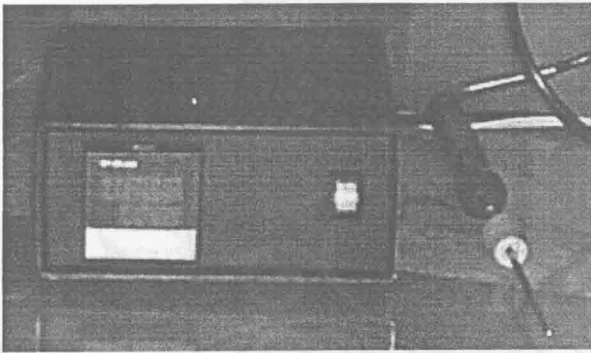
ตารางที่ ก.7 จุดเดือดของผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ (°C) ในช่วงที่สูงกว่า 17 ดีกรี

| ตัวอย่าง | อุณหภูมิ (°C) | ดีกรีที่วัดได้จากเครื่องที่สร้างขึ้น | ดีกรีที่วัดได้จากเครื่อง<br>เคนซิมิเตอร์ |
|----------|---------------|--------------------------------------|------------------------------------------|
| สุราขาว  | 85.7          | 27.0                                 | 27.64                                    |
| แสงโสม   | 84.0          | 36.7                                 | 34.88                                    |
| ตรา 99   | 83.0          | 42.9                                 | 38.05                                    |

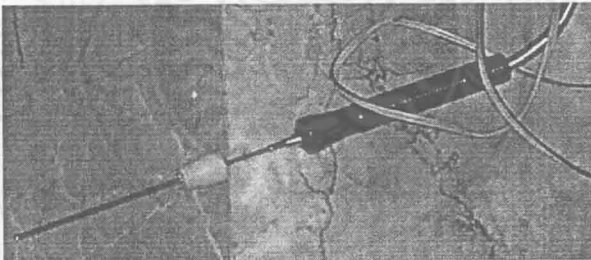
## ภาคผนวก ข

### ภาพของชุดอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น

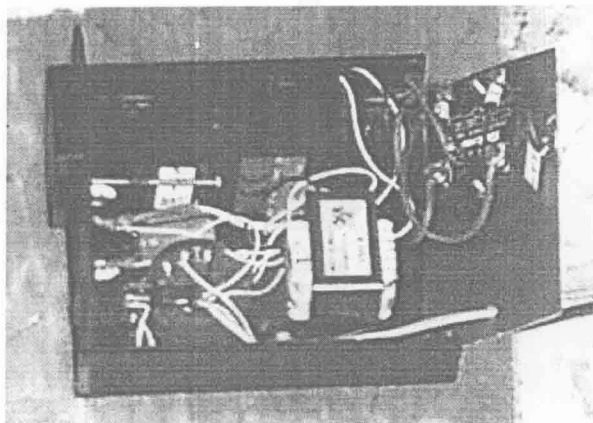
#### ข.1 ภาพของชุดอ่านค่าอุณหภูมิความละเอียดสูง



รูปที่ ข.1 ลักษณะภายนอกตัวอ่านค่าอุณหภูมิความละเอียดสูง



รูปที่ ข.2 หัววัด อาร์ทีดี PT-100 ความแม่นยำสูง

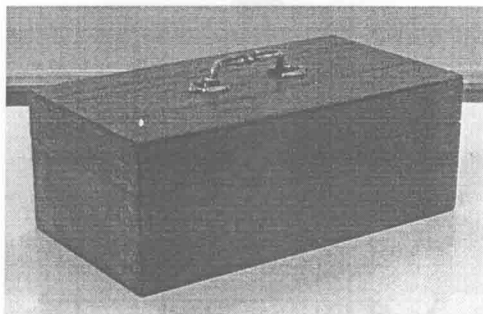


รูปที่ ข.3 ลักษณะภายในของตัวอ่านอุณหภูมิความละเอียดสูง

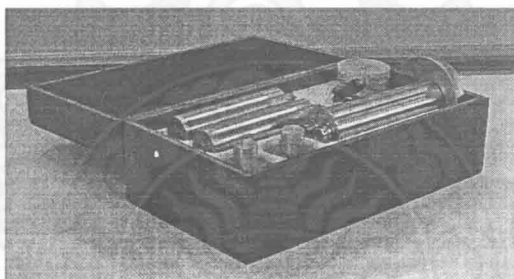


รูปที่ ข.4 การแสดงผลทางจอภาพของตัวอ่านอุณหภูมิ

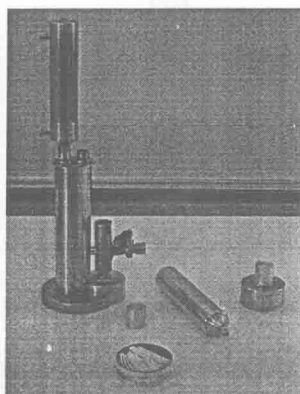
## ข.2 ภาพของตัวอีบูลลิโอมิเตอร์



รูปที่ ข.5 ตัวเครื่องอีบูลลิโอมิเตอร์ในกล่อง



รูปที่ ข.6 ตัวเครื่องอีบูลลิโอมิเตอร์ในกล่อง



รูปที่ ข.7 ส่วนประกอบและการประกอบอินูลติโอไมเตอร์



รูปที่ ข.8 เคนจิมิเตอร์

1. ชื่อ นางสาววารกรณ์ ชนะกุลรังสรรค์  
Miss Waraporn Tanakulrungsank

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

2.1 ทางด้านวิชาการ อาจารย์ 2 ระดับ 7

2.2 ทางด้านบริหาร หัวหน้าสาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

3. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail  
สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ  
โทรศัพท์ 0 2286 3991 – 5 ต่อ 1195 โทรสาร 0 2286 3991 – 5 ต่อ 1195  
e-mail : waraporn@rmu.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

| ปีที่จบ<br>การศึกษา | ระดับ<br>ปริญญา | อักษรย่อปริญญา<br>และชื่อเต็ม       | สาขาวิชา                | วิชาเอก                 | ชื่อสถาบัน<br>การศึกษา    | ประเทศ  |
|---------------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|---------|
| 2536                | เอก             | D. Eng.<br>Doctor of Engineering    | Catalyst<br>Engineering | Catalyst<br>Engineering | Kyoto<br>University       | ญี่ปุ่น |
| 2530                | โท              | วศ.ม.<br>วิศวกรรมศาสตร<br>มหาบัณฑิต | วิศวกรรมเคมี            | วิศวกรรมเคมี            | จุฬาลงกรณ์<br>มหาวิทยาลัย | ไทย     |
| 2521                | ตรี             | วท.บ.<br>วิทยาศาสตร์บัณฑิต          | เคมีวิศวกรรม            | เคมีวิศวกรรม            | จุฬาลงกรณ์<br>มหาวิทยาลัย | ไทย     |

5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

วิศวกรรมเคมี วิศวกรรมตัวเร่งปฏิกิริยา

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ : ระบุสถานภาพในการทำ  
วิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงาน

## 6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

- การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ด้วยวิธีโซล-เจลเพื่อเคลือบบนเชื้อเพลิงอะลูมินาสำหรับสังเคราะห์สารประกอบโอเลฟิน
- การควบคุมโครงสร้างรูพรุนขนาดเมโซของตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลออกไซด์

## 6.3 งานวิจัยที่สำเร็จแล้ว : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และ สถานภาพในการทำวิจัย

### 6.3.1 ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์

Tomoyuki Inui, S. Shibata and Waraporn Tanakulrungsank (1992) Purification of  $O_2$ - $N_2$  gaseous mixture by pressure-swing adsorption using Na-A zeolites *Gas Separation and Purification* **6**: 185-191.

Tatsuya Takeguchi, Waraporn Tanakulrungsank and Tomoyuki Inui (1993) Separation and/or concentration of  $CO_2$ - $N_2$  gaseous mixture by pressure-swing adsorption using metal-incorporated microporous crystals with high surface area *Gas separation and Purification* **7**: 3-10.

Tomoyuki Inui, Koji Fujioka, Waraporn Tanakulrungsank and Tatsuya Takeguchi (1993) Spillover effect in methane reforming reactions in Ni-based composite catalysts modified with precious metals *Study of Surface Science and Catalysis* **77**: 369-378.

Tomoyuki Inui, K. Fujioka, Y. Fujii, Tatsuya Takeguchi, Y. Nishiyama and Waraporn Tanakulrungsank (1993) Highly active catalysts for syngas production to methanol and more valuable hydrocarbons *Study of Surface Science and Catalysis* **79**: 115-126.

Sommai Trichaiyaporn, Waraporn Tanakulrungsank and Surat Boonpong (1996) Selective aromatization of propane on metalsilicate catalysts *Journal of Science Faculty. Chiangmai University*. **23** (2): 42-51.

Waraporn Tanakulrungsank, Piyasan. Praserttham and Pongprom Chalermvanapong (1998) Mechanism of diesel exhaust gas abatement by synthetic zeolite ZSM-5 *Journal of Metals, Materials and Minerals* **7** (2): 32-38.

Shinyi Iwamoto, Waraporn Tanakulrungsank, Masashi Inoue, Koji Kagawa, and Piyasan Praserttham (2000) Synthesis of large-surface area silica-modified titania ultrafine particles by the glycothermal method *Journal of Materials Science Letters*. **19**: 1439-1443.

Piyasan Praserttham, Masashi Inoue, Okorn Mekasuvandumrong, Waraporn Tanakulrungsank and Suphot Phatanasri (2000) Effect of organic solvents on the thermal stability of

porous silica-modified alumina powders prepared via one pot solvothermal synthesis *Inorganic Chemistry Communication* **3**: 671-676.

Piyasan Praserttham, Okorn Mekasuvandumrong, Suphot Phatanasri, Masashi Inoue and Waraporn Tanakulrungsank (2000) One pot solvothermal synthesis of thermally stable, porous silica-modified alumina powders by supercritical removal of organic solvents. *Journal of Metals, Materials and Minerals* **9** (2): 35-54.

Shinji Iwamoto, Seiu Iwamoto, Masashi Inoue, Sakae Uemura, Waraporn Tanakulrungsank, Koji Kagawa, and Piyasan Praserttham (2000) Thermal stability of silica-modified titania ultrafine particles synthesized by the glycothermal method *Ceramic Transactions* **115**: 643-654.

Sirarat Kongwudthiti., Piyasan Praserttham; Masashi Inoue and Waraporn Tanakulrungsank (2002) Synthesis of large-surface area silica-modified zirconia by the glycothermal method. *Journal of Materials Science Letters*. **21** (18): 1461-1464.

Piyasan Praserttham, Okorn Mekasuwandumrong, Jirathana Phungphadung, Angkana Kunyanucharat and Waraporn Tanakulrungsank (2003) New correlation for the effects of the crystallite size and calcination temperature on the single iron oxide nano-crystallites. *Crystal Growth & Design* **3** (2): 215-219.

Piyasan Praserttham, Jirathana Phungphadung and Waraporn Tanakulrungsank (2003) Effect of crystallite size and calcination temperature on the thermal stability of single nanocrystalline chromium oxide: expressed by novel correlation *Material Research Innovation*, **7**, 118-123.

Piyasan Praserttham, Jirathana Phungphadung, Prinya Somrang, Angkana Kunyanucharat, Peter L. Silveston and W. Tanakulrungsank (2003) Critical nanoparticle size for thermal stability *Journal of Materials Science Letters*, **22**: 1587-1589.

Sirarat Kongwudthiti, Piyasan Praserttham; Waraporn Tanakulrungsank and Masashi Inoue (2003) The influence of Si-O-Zr bonds on the crystal-growth inhibition of zirconia prepared by the glycothermal method *Journal of Material processing Technology* **136**: 186-189.

Okorn Mekasuwandumrong, Peter L. Silveston, Piyasan Praserttham, Masashi Inoue, Varong Pavarajarn and Waraporn Tanakulrungsank (2003) Synthesis of thermally stable micro

spherical  $\gamma$ -alumina by thermal decomposition of aluminum isopropoxide in mineral oil *Inorganic Chemistry Communication* **6**: 930-934.

Okorn Mekasuwandumrong, Piyasan Praserttham, Masashi Inoue, Varong Pavarajarn and Waraporn Tanakulrungsank (2004) Phase transformation behavior of nanocrystalline  $\gamma$ -alumina powder obtained by thermal decomposition of AIP in inert organic solvent *Journal of Materials Science* **39** (10): 2417-2421.

Chatchawan Sookman, Waraporn Tanakulrungsank and Paisan Kongkachuichaya The influence of base type on the characterization of a nickel oxide catalyst formed by a sol-gel technique. Proceeding of the International Conference on Recent Advances on Mechanical & Materials Engineering, Paper No. 57, Kuala Lumpur, Malaysia, May 30-31, 2005.

### 6.3.2 ผลงานวิจัยที่เสนอในการประชุมสัมมนาทางวิชาการ

จุไรรัตน์ ดวงเดือน, ดวงฤดี สุกติมิตรโร, วรากรณ์ ธนะกุลรังสรรค์, วัฒนชัย ตรัสบรรจง, มังกร กิตติพัฒน์มนตรี, สิงห์โต สกุลเกษมฤทัย, สุพัฒน์ เผ่าพงษ์ไทย, กนกวรรณ ฤทธิศิริศักดิ์ และไพฑูริย์ทรัพย์อุดม. 2543. การศึกษาสมบัติการดูดซับของถ่านกัมมันต์. รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 17. 3, 740-752.

Waraporn Tanakulrungsank, Sornnarong. Tienkaew and Piyasan Praserttham (2002) The effect of silica added on large surface area of nanocrystalline titania. Proceeding of the 10<sup>th</sup> International Ceramics Congress: Part B, Section D Sintering Science and Technology, Florence, Italy, July 2002, 101-108.

Numyoot Songthanapitak, Waraporn Tanakulrungsank, Chatchawan Sookman, and Supatara Popuang (2003) Modification of crude palm oil to diesel engine fuel 29<sup>th</sup> Congress on Science and Technology of Thailand, October 20-22, 2003, Khon Kaen, Thailand SI-3.

นายยุทธ สงค์ธนาพิทักษ์ สุภัทรา โพธิ์พ่วง มนตรี ทวาโรจน์ มณฑล ชูโซนาท และ วรากรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ การปรับปรุงน้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลหมุนช้า การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 20 ระหว่างวันที่ 11 - 13 กุมภาพันธ์ 2547 ณ โรงแรมอมรินทร์ลาดูน อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

วรากรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ คมกริช ธีราช และมีชัย วินณะโรจน์ การผลิตถ่านอัดก้อนจากผงถ่านแอนทราไซต์และวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตร การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 20 ระหว่างวันที่ 11 - 13 กุมภาพันธ์ 2547 ณ โรงแรมอมรินทร์ลาดูน อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง มาริสา จินะดิษฐ์ สุรัตน์ บุญพึ่ง วรากรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ ธิติรัตน์ มานิตย์ และ อุษาวิไล ไม้มงคล การผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร การประชุม สัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21 ระหว่างวันที่ 28 – 30 มีนาคม 2548 ณ โรงแรมเชียงใหม่ ภูคำ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

วรากรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ ขนิษฐา เจริญตาก ชีวะศักดิ์ สุขเกิด และ เรวดี มุขชาวณิช บำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมถึงทอดด้วยปฏิกิริยาโฟโตแคตะไลซิสโดยใช้ไทเทเนียม การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21 ระหว่างวันที่ 28 – 30 มีนาคม 2548 ณ โรงแรมเชียงใหม่ ภูคำ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

Chatchawan Sookman, Paisan Kongkachuichaya and Waraporn Tanakulrungsank (2005) The effect of calcined temperature on the property of nickel oxide catalyst synthesized by sol-gel method. The 3<sup>rd</sup> EMSES International Symposium Eco-Energy and Material Science Engineering Symposium, April 6-9, 2005, Chiangmai, Thailand D2.

Pathumthip Tonthubthimthong, Marisa Chinadit, Surat Boonpung, Chanon Supanya, Suntaree Tanuwong and Waraporn Tanakulrungsank (2005) Cultivat Flowerpot Production from Agricultural Waste Materials. The 3<sup>rd</sup> EMSES International Symposium Eco-Energy and Material Science Engineering Symposium, April 6-9, 2005, Chiangmai, Thailand P12.

#### 6.4 งานวิจัยที่กำลังทำ: ชื่อเรื่องปีที่พิมพ์ และสถานภาพในการทำวิจัย

มาริสา จินะดิษฐ์, ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ่ง, , วรากรณ์ ธนะกุลรังสรรค์, ไชยยันต์ ไชยยะ และฉันทมณี วงศ์จันทานนท์ “กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2548 ทำการวิจัยถูกล่วงแล้วประมาณ 70 %

ไชยยันต์ ไชยยะ และวรากรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ “การผลิตถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟโดยใช้ฟลูอิดไอเซนน้ำ” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548 ทำการวิจัยถูกล่วงแล้วประมาณ 70 %

ไชยยันต์ ไชยยะ และวรากรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ “การสังเคราะห์เส้นใยซิลิกาด้วยวิธีโซล-เจลโดยใช้เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548 ทำการวิจัยถูกล่วงแล้วประมาณ 70 %

วรากรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ และชัชวาลย์ สุขมัน “การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ด้วยวิธีโซล-เจลเพื่อเคลือบบนเนื้อแผ่นอะลูมินาสำหรับสังเคราะห์สารประกอบไฮโดรฟีน” (หัวหน้าโครงการวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548 ทำการวิจัยถูกล่วงแล้วประมาณ 70 %

## ประวัตินักวิจัย

### หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ นายสุรัตน์ บุญพึง  
Mr. Surat Boonpung

### 2. ตำแหน่งปัจจุบัน

- 2.1 อาจารย์ 1 ระดับ 5 แผนกวิชาเคมีอุตสาหกรรม  
2.2 หัวหน้าหน่วยควบคุมเอกสารและข้อมูล สำนักงานประกันคุณภาพการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

3. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail  
แผนกวิชาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ  
โทรศัพท์ 0 2286 3991 – 5 ต่อ 1195, 1210, 1201 โทรสาร 0 2286 3991 – 5 ต่อ 1195  
e-mail : [bsurat@rit.ac.th](mailto:bsurat@rit.ac.th)

### 4. ประวัติการศึกษา

| ปีที่จบการ<br>ศึกษา | ระดับ<br>ปริญญา | อักษรย่อ<br>ปริญญา<br>และชื่อเต็ม   | สาขาวิชา     | วิชาเอก      | ชื่อสถาบัน<br>การศึกษา       | ประเทศ |
|---------------------|-----------------|-------------------------------------|--------------|--------------|------------------------------|--------|
| 2538                | โท              | วศ.ม.<br>วิศวกรรมศาสตร<br>มหาบัณฑิต | วิศวกรรมเคมี | วิศวกรรมเคมี | จุฬาลงกรณ์<br>มหาวิทยาลัย    | ไทย    |
| 2527                | ตรี             | วศ.บ.<br>วิศวกรรมศาสตร<br>บัณฑิต    | วิศวกรรมเคมี | วิศวกรรมเคมี | มหาวิทยาลัย<br>สงขลานครินทร์ | ไทย    |

### 5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์, การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์, การควบคุมอัตโนมัติ, การสกัด  
สมุนไพร

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ : ระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงาน

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

- การนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยกระบวนการไพโรไลซิส
- การศึกษาการดูดซับไอออนของโลหะหนักด้วยเปลือกถั่วลิสง
- การศึกษาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของสารที่ได้จากการนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยกระบวนการไพโรไลซิส
- การสกัดสารออกฤทธิ์ทางยาจากทองพันชั่ง
- การสร้างอินทิโมเตอร์ชนิดความเข้มข้นสูง

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และ สถานภาพในการทำวิจัย

Trichaiyaporn, S., W. Tanakulrungsank and S. Boonpong, "Selective Aromatization of Propane on Metallosilicate Catalysts", Journal of Science Faculty, Chiangmai University, 23(2), 42, 1996 (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2539

สุรัตน์ บุญพึ่ง, "การควบคุมแบบระบบของถัง 2 ถัง", วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538 (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณภาควิทยาศาสตร์เคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี 2534

สุรัตน์ บุญพึ่ง และ บำรุง ดอนสุข, "การนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยกระบวนการไพโรไลซิส", เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 17, 2543 (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณวัสดุปี 2542

สุรัตน์ บุญพึ่ง, วณิกา นาคลดคา, ณิชยา พรสวัสดิ์ และวีระยา วงวาส, "การศึกษาการดูดซับไอออนของโลหะหนักด้วยเปลือกถั่วลิสง" (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณวัสดุปี 2547

สุรัตน์ บุญพึ่ง และวราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ "การสร้างอินทิโมเตอร์วัดปริมาณแอลกอฮอล์ความเข้มข้นสูง" (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ปี 2548

สุรัตน์ บุญพึ่ง และปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง "การสกัดสารออกฤทธิ์ทางยาจากทองพันชั่ง" (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ปี 2548

สุรัตน์ บุญพึ่ง, เสาวลักษณ์ สุดใจ และพรรัมภา แสนวิเศษ “การศึกษาคูณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของสารที่ได้จากการนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยกระบวนการไพโรไลซิส” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณวัสดุฝึก ปี 2547-2548.

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มาริสา จินะคิษฐ์ และ วราภรณ์ ณะกุลรังสรรค์ “การผลิตกระดาษเพาะชำจากธรรมชาติ” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

#### การสัมมนาภายในประเทศ

สุรัตน์ บุญพึ่ง และ บำรุง คอนสุข, “การนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยกระบวนการไพโรไลซิส”, การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 17, 2543 ศูนย์ประชุมแห่งชาติ สิริกิติ์ (หัวหน้าโครงการ)

สุรัตน์ บุญพึ่ง, วนิภานาคลดา, “การศึกษาคูณสมบัติของโลหะหนักด้วยเปลือกอัลลิสง” การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21, 28 – 30 มีนาคม 2548, โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ, อำเภอเมือง, จังหวัดเชียงใหม่. (หัวหน้าโครงการ)

สุรัตน์ บุญพึ่ง, เสาวลักษณ์ สุดใจ และพรรัมภา แสนวิเศษ “การศึกษาคูณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของสารที่ได้จากการนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยกระบวนการไพโรไลซิส” การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21, 28 – 30 มีนาคม 2548, โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ, อำเภอเมือง, จังหวัดเชียงใหม่. (หัวหน้าโครงการ)

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, มาริสา จินะคิษฐ์, สุรัตน์ บุญพึ่ง, วราภรณ์ ณะกุลรังสรรค์, ธิติรัตน์ มานิตย์ และ อุษาวดี ไม้มิ่ง การผลิตกระดาษต้นไม้อาจวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21 ระหว่างวันที่ 28 – 30 มีนาคม 2548 ณ โรงแรมเชียงใหม่ ภูคำ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

6.4งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุ้แล้วประมาณร้อยละเท่าใด

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มาริสา จินะคิษฐ์, จิรพล กลิ่นบุญ และ วราภรณ์ ณะกุลรังสรรค์ “กระดาษต้นไม้อาจวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2548 ทำการวิจัยลุ้แล้ว 70%

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, โสริยา จิโนดม, สุรัตน์ บุญพึ่ง และ มาริสา จินะคิษฐ์ “กระดาษต้นไม้อาจวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548 ทำการวิจัยลุ้แล้ว 70%

