

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา  
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

การศึกษาสมบัติความเป็นอินดิเคเตอร์ธรรมชาติของแก่นฝางและดอกหมามูย  
สำหรับการไทเทรตกรด-เบส

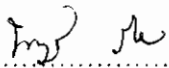
วิแทน ปวกพรมมา

๕-๑๕๖๐๑๐๒๙  
24 ก.ค. 2557  
340273

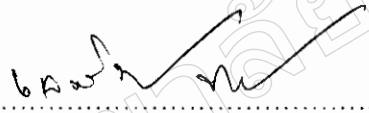
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเคมีศึกษา  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
พฤศจิกายน 2556  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

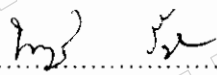
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา  
วิทยานิพนธ์ของ วิแทน ปวกพรมา ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

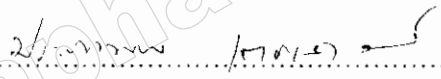
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก  
(ดร.นวศิษฐ์ รักษ์บำรุง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

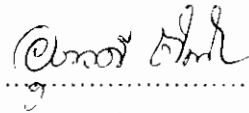
  
..... ประธาน  
(ดร.เจลิมพร ทองพูน)

  
..... กรรมการ  
(ดร.นวศิษฐ์ รักษ์บำรุง)

  
..... กรรมการ  
(ดร.ประภาพรรณ เดชะเสาวภาคย์)

  
..... กรรมการ  
(ดร.ศศิธร มั่นเจริญ)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

  
..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์)

วันที่ 24 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2556

มหาวิทยาลัยบูรพา  
Burapha University

ทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สควค.)

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาและเสียสละจาก ดร.นวศิษฐ์ รัศมีบำรุง อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ดร.เฉลิมพร ทองพูน อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะแนวทาง ที่ถูกต้อง ช่วยเหลือในทุกปัญหาการวิจัย พร้อมทั้งให้กำลังใจ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนในส่วนของทฤษฎีและปฏิบัติในเนื้อหาวิชาเคมีอย่างเข้มข้นทำให้ ข้าพเจ้ามีความรู้ความสามารถเพิ่มขึ้นเป็นอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณ ดร.เฉลิมพร ทองพูน, ดร.นวศิษฐ์ รัศมีบำรุง, ดร.ประภาพรรณ เตชะเสาวภาคย์ และ ดร.ศศิธร มั่นเจริญ ประธานคณะกรรมการและคณะกรรมการสอบปากเปล่า วิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดรอบคอบ จึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหาร คณะครู โรงเรียนคอนสีลาผางามวิทยาคมและโรงเรียน เสริมงามวิทยาคมทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์และอนุญาตให้ข้าพเจ้าได้ลาศึกษาต่อในช่วงปิด ภาคเรียนและคอยให้กำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณ โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ที่สนับสนุนทุนการศึกษางานจบการศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณสมาชิกในครอบครัวทุกคนที่ให้กำลังใจและคอยสนับสนุนเสมอมา

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตสาขาวิชาเคมีศึกษาทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและให้กำลังใจ ตลอดมา นอกจากนี้ยังมีผู้ที่ให้ความร่วมมือช่วยเหลืออีกหลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ได้หมด จึงขอขอบพระคุณทุกท่านเหล่านั้นไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูแด่เวทีตาแด่ บุพการี บุรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบนานเท่านาน

วิแทน ปวกพรพมมา

53990121: สาขาวิชา: เคมีศึกษา; วท.ม. (เคมีศึกษา)

คำสำคัญ: แก่นฝาง/ ดอกหมามุ่ย/ อินดิเคเตอร์

วิเทศน์ ปวกพรมมา: การศึกษาสมบัติความเป็นอินดิเคเตอร์ธรรมชาติของแก่นฝางและดอกหมามุ่ยสำหรับการไทเทรตกรด-เบส (THE STUDY OF NATURAL INDICATOR PROPERTIES FROM *Caesalpiniasappan* Linn. AND FLOWER OF *Mucunapruriens* (L.) DC. FOR ACID – BASE TITRATION) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: นวศิษฐ์ รักษ์บำรุง, Ph.D. 99 หน้า. ปี พ.ศ. 2556.

การศึกษาการสกัดสารจากแก่นฝางและดอกหมามุ่ยด้วยเอธานอลเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร ที่อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของพืชธรรมชาติต่อปริมาตรของเอธานอลเป็น 2 ต่อ 100 และเวลาที่ใช้สกัด 60 นาที พบว่าได้สารสกัดจากแก่นฝางและสารสกัดจากดอกหมามุ่ยที่มีสมบัติเป็นอินดิเคเตอร์ โดยสารสกัดจากแก่นฝางสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงสีเหลืองเป็นชมพูในช่วงพีเอช 5-7 และสารสกัดจากดอกหมามุ่ยสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากใสไม่มีสีเป็นเหลืองที่ช่วงพีเอช 6-7 สารสกัดทั้งสองเหมาะที่จะนำไปใช้เป็นอินดิเคเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณในการไทเทรตกรด-เบสแก่และการไทเทรตกรด-เบสอ่อนได้เป็นอย่างดี สารสกัดทั้งสองมีความเสถียรเป็นเวลอย่างน้อย 2 สัปดาห์ เมื่อเก็บไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิห้อง โดยจากผลศึกษาพบว่า สารสกัดจากพืชธรรมชาติทั้งสองมีศักยภาพสูงสำหรับการไทเทรตกรด-เบสสามารถใช้แทนอินดิเคเตอร์สังเคราะห์ มีความปลอดภัยสูงกว่าราคาถูกและเป็นการลดการใช้สารเคมีอีกด้วย

53990121: MAJOR: CHEMICAL EDUCATION; M.Sc. (CHEMICAL EDUCATION)

KEYWORDS: SAPPAN WOOD/ COWHANG/ INDICATOR

WITAN PUAKPROMMA: THE STUDY OF NATURAL INDICATOR  
PROPERTIES FROM *Caesalpiniasappan* Linn. AND FLOWER *Mucunapruriens* (L.) DC.  
FOR ACID – BASE TITRATION. ADVISORY COMMITTEE: NAWASIT RAKBAMRUNG,  
Ph.D. 99 P. 2013.

The extraction of sappan wood (*Caesalpiniasappan* Linn.) and flower of cowhage (*Mucunapruriens* (L.) DC.) by 95% ethanol was studied. The ratio of the natural plants and the amount of ethanol was 2:100 with the extraction time of 60 min. The results showed that both extracted sappan wood and flower of cowhage could be acted as the natural indicators with the change of yellow to pink at pH 5-7 (sappan wood) and colorless to yellow at pH 6-7 (flower of cowhage). Both extracted natural indicators could be used as the indicators to the strong acid - strong base titration and also strong acid-weak base titration. The stability was at least 2 weeks at the room temperature in the dark. The study showed that both natural indicators could potentially be substituted the synthetic indicator with less costly, more safety and reduction of chemicals.

## สารบัญ

|                                                          | หน้า |
|----------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....                                     | จ    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....                                  | ฉ    |
| สารบัญ.....                                              | ช    |
| สารบัญตาราง.....                                         | ญ    |
| สารบัญภาพ.....                                           | ฎ    |
| บทที่                                                    |      |
| 1 บทนำ.....                                              | 1    |
| ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....                      | 1    |
| วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....                             | 2    |
| สมมติฐานของการวิจัย.....                                 | 2    |
| กรอบแนวคิดในการวิจัย.....                                | 3    |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....                | 3    |
| ขอบเขตของการวิจัย.....                                   | 3    |
| นิยามศัพท์เฉพาะ.....                                     | 4    |
| 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                    | 5    |
| พืชธรรมชาติที่ศึกษา.....                                 | 5    |
| ฝาง.....                                                 | 5    |
| หมามุ่ย.....                                             | 8    |
| อินดิเคเตอร์.....                                        | 10   |
| อินดิเคเตอร์กรด - เบส.....                               | 10   |
| อินดิเคเตอร์จากพืชธรรมชาติ.....                          | 14   |
| การสกัดสารจากพืชจากธรรมชาติเพื่อใช้เป็นอินดิเคเตอร์..... | 16   |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                               | 17   |
| 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....                                | 24   |
| สารเคมีและอุปกรณ์.....                                   | 23   |
| วิธีดำเนินการวิจัย.....                                  | 25   |
| การเตรียมตัวอย่าง (พืชตัวอย่าง).....                     | 25   |

## สารบัญ (ต่อ)

| บทที่                                                                 | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------|------|
| การสกัดสารจากพืชธรรมชาติ.....                                         | 26   |
| การทดสอบความเสถียรของสารสกัดจากพืชธรรมชาติ.....                       | 27   |
| การทดสอบความเป็นอินดิเคเตอร์.....                                     | 28   |
| การหาจุดสมมูลของการไทเทรตกรด-เบส.....                                 | 30   |
| การทดสอบสารสกัดจากธรรมชาติเป็นอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบส.....     | 32   |
| 4 ผลการวิจัย.....                                                     | 34   |
| ผลการสกัดสารจากพืชธรรมชาติ.....                                       | 34   |
| ผลการศึกษาชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด.....                       | 34   |
| ผลการศึกษาอัตราส่วนของพืชธรรมชาติต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด.....    | 35   |
| ผลการศึกษาเวลาที่ใช้ในการสกัด.....                                    | 36   |
| ผลการศึกษาความเข้มข้นของเอธานอลที่ใช้ในการสกัด.....                   | 37   |
| ผลการทดสอบความเสถียรของสารสกัดจากพืชธรรมชาติ.....                     | 38   |
| ผลการทดสอบความเป็นอินดิเคเตอร์.....                                   | 40   |
| ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงสีของสารสกัดจากธรรมชาติในช่วงพีเอช 1-12 ..... | 40   |
| ผลการหาจุดสมมูลของการไทเทรตกรด- เบส.....                              | 42   |
| ผลการหาจุดสมมูลของการไทเทรตกรดแก่- เบสแก่.....                        | 42   |
| ผลการหาจุดสมมูลของการไทเทรตกรดแก่- เบสอ่อน.....                       | 43   |
| ผลการทดสอบสารสกัดจากพืชธรรมชาติเป็นอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบส..   | 47   |
| 5 อภิปรายและสรุปผล.....                                               | 50   |
| อภิปรายผล.....                                                        | 50   |
| สรุปผล.....                                                           | 55   |
| ข้อเสนอแนะ.....                                                       | 55   |
| บรรณานุกรม.....                                                       | 56   |
| ภาคผนวก.....                                                          | 59   |
| ภาคผนวก ก .....                                                       | 60   |
| ภาคผนวก ข .....                                                       | 69   |
| ภาคผนวก ค .....                                                       | 80   |



## สารบัญ (ต่อ)

| บทที่                      | หน้า |
|----------------------------|------|
| ภาคผนวก ง .....            | 83   |
| ประวัติย่อของผู้วิจัย..... | 99   |

มหาวิทยาลัยบูรพา  
Burapha University

## สารบัญตาราง

### ตารางที่

|     |                                                                                                                                                       |    |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2-1 | การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์และช่วงพีเอช .....                                                                                                         | 13 |
| 2-2 | การเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์จากพีชธรรมชาติที่สกัดด้วยสารที่ใช้สกัด<br>แตกต่างกัน.....                                                              | 14 |
| 3-1 | การเตรียมสารละลายที่ค่าพีเอช 1-12.....                                                                                                                | 28 |
| 4-1 | สีของสารสกัดและการเปลี่ยนแปลงสีในสภาวะกรด-เบสของสารสกัดจากพืช<br>ธรรมชาติในตัวอย่างที่แตกต่างกัน.....                                                 | 34 |
| 4-2 | สีของสารสกัดและการเปลี่ยนแปลงสีในสภาวะกรด-เบสของสารสกัดจากพืช<br>ธรรมชาติในอัตราส่วนของน้ำกับพืชธรรมชาติต่อปริมาตรของตัวทำละลายที่<br>แตกต่างกัน..... | 35 |
| 4-3 | สีของสารสกัดและการเปลี่ยนแปลงสีในสภาวะกรด-เบสของสารสกัดจากพืช<br>ธรรมชาติในเวลาที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกัน.....                                         | 36 |
| 4-4 | สีของสารสกัดและการเปลี่ยนแปลงสีในสภาวะกรด-เบสของสารสกัดจากพืช<br>ธรรมชาติในเวลาที่ให้ความเข้มข้นของเอทานอลแตกต่างกัน.....                             | 37 |
| 4-5 | การเปลี่ยนแปลงสีของสารสกัดจากพืชธรรมชาติในสารละลายพีเอช 1-12 .....                                                                                    | 40 |
| 4-6 | ผลการหาจุดสมมูลการไทเทรตกรดแก่ เบสแก่.....                                                                                                            | 42 |
| 4-7 | ผลการหาจุดสมมูลการไทเทรตกรดแก่ เบสอ่อน.....                                                                                                           | 44 |
| 4-8 | การเปลี่ยนแปลงสีในช่วงพีเอชของอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบส.....                                                                                     | 47 |
| 4-9 | การไทเทรตกรด-เบส โดยใช้อินดิเคเตอร์จากพืชธรรมชาติเปรียบเทียบกับ<br>อินดิเคเตอร์สังเคราะห์.....                                                        | 48 |
| ก-1 | ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากพืชธรรมชาติช่วงความยาวคลื่น 300-700<br>นาโนเมตร .....                                                                    | 61 |
| ก-2 | ค่าการดูดกลืนแสงและร้อยละความคลาดเคลื่อนของสารสกัดจากพืชธรรมชาติ<br>ช่วงต่างๆภายในวันเดียวกัน .....                                                   | 62 |
| ก-3 | ค่าการดูดกลืนแสงและร้อยละความคลาดเคลื่อนของสารสกัดจากพืชธรรมชาติ<br>ช่วงต่าง ๆ ระหว่างวัน.....                                                        | 62 |
| ก-4 | ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารสกัดจากแก่นฝางที่ช่วงพีเอช<br>ที่มีการเปลี่ยนแปลงสีอย่างชัดเจน.....                                                       | 63 |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

### ตารางที่

|     |                                                                                                                                                         |    |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ก-5 | ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารสกัดจากดอกหมามุ่ยที่ช่วงพีเอช<br>ที่มีการเปลี่ยนแปลงสีย่างชัดเจน.....                                                       | 64 |
| ก-6 | ค่าพีเอชของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จากการใช้<br>วิธีโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชันโดยมีสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์<br>เป็นตัวไทเทรนต์.....    | 65 |
| ก-7 | ค่าพีเอชของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จากการใช้<br>วิธีโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชันโดยมีสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์<br>เป็นตัวไทเทรนต์..... | 67 |
| ก-1 | การไทเทรตกรด-เบส โดยใช้อินดิเคเตอร์จากพืชธรรมชาติเปรียบเทียบกับ<br>อินดิเคเตอร์มาตรฐาน .....                                                            | 81 |

## สารบัญภาพ

### ภาพที่

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2-1 ต้นฝาง.....                                                                                             | 5  |
| 2-2 ผลฝางและแก่นฝาง.....                                                                                    | 7  |
| 2-3 ดอกหามมูย.....                                                                                          | 8  |
| 2-4 ผลหามมูย.....                                                                                           | 10 |
| 2-5 ปฏิบัติการเปลี่ยนแปลงสีของฟีนอล์ฟทาลินอินดิเคเตอร์.....                                                 | 10 |
| 4-1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากพืชธรรมชาติ.....                                                           | 38 |
| 4-2 ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากพืชธรรมชาติช่วงเวลาต่าง ๆ .....                                            | 39 |
| 4-3 ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารจากฝางที่ช่วงพีเอชที่มีการเปลี่ยนแปลงสีอย่างชัดเจน....                      | 41 |
| 4-4 ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารจากดอกหามมูยที่ช่วงพีเอชที่มีการเปลี่ยนแปลงสีอย่างชัดเจน.....               | 41 |
| 4-5 กราฟการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ .....                                                   | 43 |
| 4-6 กราฟการไทเทรตกรดแก่- เบสอ่อนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ .....                                                  | 44 |
| 4-7 กราฟแสดงช่วงการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์จากธรรมชาติในช่วงจุดสมมูลของการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่.....      | 45 |
| 4-8 กราฟแสดงช่วงการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์จากธรรมชาติในช่วงจุดสมมูลของการไทเทรตกรดแก่-เบสอ่อน.....     | 46 |
| 5-1 โครงสร้างทางเคมีของสารสกัดจากแก่นฝาง.....                                                               | 50 |
| 5-2 โครงสร้างทางเคมีแอนโธไซยานินในสารสกัดจากดอกหามมูย.....                                                  | 51 |
| 5-3 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโธไซยานินเมื่อค่า pH เปลี่ยน.....                                          | 53 |
| 5-4 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของ flavylum cation เมื่อค่า pH เปลี่ยน.....                                     | 54 |
| ข-1 ลักษณะของตัวอย่างพืชธรรมชาติ.....                                                                       | 70 |
| ข-2 ลักษณะของสารสกัดจากพืชธรรมชาติที่สกัดด้วยน้ำ, น้ำเดือดและเอธานอล.....                                   | 70 |
| ข-3 การเปลี่ยนสีของสารสกัดจากพืชธรรมชาติที่สกัดด้วยน้ำ, น้ำเดือดและเอธานอลในสภาวะกรด-เบส.....               | 71 |
| ข-4 การเปลี่ยนสีของสารสกัดจากพืชธรรมชาติที่สกัดในอัตราส่วนของพืชธรรมชาติต่อปริมาตรของตัวทำละลายต่าง ๆ ..... | 71 |
| ข-5 การเปลี่ยนสีของสารสกัดจากพืชธรรมชาติที่สกัดในเวลาต่าง ๆ .....                                           | 72 |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

### ภาพที่

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ข-6 การเปลี่ยนสีของสารสกัดจากพืชธรรมชาติที่สกัดด้วยเอธานอลเข้มข้นร้อยละ 95<br>โดยปริมาตรในสารละลายฟีนอล 1-12..... | 72 |
| ข-7 กราฟอนุพันธ์อันดับสองของการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่ที่ความเข้มข้น<br>0.1 โมลต่อลิตร .....                          | 73 |
| ข-8 กราฟอนุพันธ์อันดับสองของการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่ที่ความเข้มข้น<br>0.05 โมลต่อลิตร .....                         | 73 |
| ข-9 กราฟอนุพันธ์อันดับสองของการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่ที่ความเข้มข้น<br>0.01 โมลต่อลิตร.....                          | 74 |
| ข-10 กราฟอนุพันธ์อันดับสองของการไทเทรตกรดแก่-เบสอ่อนที่ความเข้มข้น<br>0.1 โมลต่อลิตร.....                         | 74 |
| ข-11 กราฟอนุพันธ์อันดับสองของการไทเทรตกรดแก่-เบสอ่อนที่ความเข้มข้น<br>0.05 โมลต่อลิตร.....                        | 75 |
| ข-12 กราฟอนุพันธ์อันดับสองของการไทเทรตกรดแก่-เบสอ่อนที่ความเข้มข้น<br>0.01 โมลต่อลิตร.....                        | 75 |
| ข-13 กราฟการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่ที่ความเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร.....                                                 | 76 |
| ข-14 กราฟการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่ที่ความเข้มข้น 0.05 โมลต่อลิตร.....                                                | 76 |
| ข-15 กราฟการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่ที่ความเข้มข้น 0.01 โมลต่อลิตร.....                                                | 77 |
| ข-16 กราฟการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่ที่ความเข้มข้น 0.001 โมลต่อลิตร.....                                               | 77 |
| ข-17 กราฟการไทเทรตกรดแก่-เบสอ่อนที่ความเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร.....                                                | 78 |
| ข-18 กราฟการไทเทรตกรดแก่-เบสอ่อนที่ความเข้มข้น 0.05 โมลต่อลิตร.....                                               | 78 |
| ข-19 กราฟการไทเทรตกรดแก่-เบสอ่อนที่ความเข้มข้น 0.01 โมลต่อลิตร.....                                               | 79 |
| ข-20 กราฟการไทเทรตกรดแก่-เบสอ่อนที่ความเข้มข้น 0.001 โมลต่อลิตร.....                                              | 79 |