

การศึกษาการใช้แอปพลิเคชันการวินิจฉัยสีบนมือถือเพื่อปรับปรุงการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในน้ำ
ตัวอย่าง



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A STUDY OF USING COLOR DIAGNOSIS APPLICATION ON MOBILE PHONE TO IMPROVE
AN ANALYSIS OF CALCIUM AMOUNT IN WATER SAMPLE

Miss Supitchaya Mahitthiharn



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

| | |
|---------------------------------|--|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การศึกษาการใช้แอปพลิเคชันการวินิจฉัยสีบนมือถือเพื่อปรับปรุงการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง |
| โดย | นางสาวสุพิชญา มหิทธิหาญ |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมอุตสาหการ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร |

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์)
.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เกาประเสริฐวงศ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย रिจิวณิช)

สุพิชญา มหิทธิหาญ : การศึกษาการใช้แอปพลิเคชันการวินิจฉัยสีบนมือถือเพื่อปรับปรุงการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง (A STUDY OF USING COLOR DIAGNOSIS APPLICATION ON MOBILE PHONE TO IMPROVE AN ANALYSIS OF CALCIUM AMOUNT IN WATER SAMPLE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.สมชาย พัวจินดา เนตร, 106 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง โดยใช้แอปพลิเคชันการวินิจฉัยสีบนมือถือ ดำเนินการโดย 1) ศึกษาอิทธิพลของค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง ความเข้มข้นของอีดีทีเอ และปริมาณอินดิเคเตอร์ ที่มีผลต่อค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายของค่าแคลเซียม (%ไบอัส) โดยกำหนดปัจจัยค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง เท่ากับ 300 600 1,000 และ 1,500 ppm ความเข้มข้นของอีดีทีเอ เท่ากับ 0.003 0.0065 และ 0.01M และปริมาณอินดิเคเตอร์ เท่ากับ 31 92 และ 153 μg 2) หาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อค่า %ไบอัส 3) เปรียบเทียบความแม่นยำที่ได้ของวิธีพิจารณาจุดยุติทั้ง 3 วิธีการ คือ แอปพลิเคชันการวินิจฉัยสีบนมือถือ เครื่องไตเตรตอัตโนมัติ และพนักงาน โดยพิจารณาจากค่า %ไบอัส และค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของการวัด (%CV)

จากผลการทดลองพบว่า 1) ค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง และความเข้มข้นของอีดีทีเอ มีผลต่อค่า %ไบอัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ α เท่ากับ 0.05 ขณะที่ปริมาณอินดิเคเตอร์ไม่มีผล 2) สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า %ไบอัสกับค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่างและความเข้มข้นของอีดีทีเอ พบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติที่ α เท่ากับ 0.05 ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 95.12% 3) วิธีพิจารณาจุดยุติด้วยแอปพลิเคชันฯ จะให้ค่าความแม่นยำมากที่สุด โดยให้ค่าเฉลี่ยของ %ไบอัส และ %CV ของการตรวจวัดค่าแคลเซียม เท่ากับ $-0.8 \pm 1.0\%$ และ 0.0% ตามลำดับ ขณะที่วิธีพิจารณาจุดยุติด้วยเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ ซึ่งมีราคาสูงกว่า เมื่อเทียบกับ 2 วิธีที่เหลือ จะให้ค่า %ไบอัส เท่ากับ $-1.9 \pm 1.8\%$ และ %CV เท่ากับ 0.2% และวิธีพิจารณาจุดยุติโดยพนักงาน มีค่า %ไบอัส และค่า %CV สูงสุด เท่ากับ $-2.8 \pm 1.2\%$ และ 2.3% ตามลำดับ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2559

5870262721 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS: CALCIUM ANALYSIS IN WATER / ACCURACY / EDTA-TITRIMETRIC / COLOR DIAGNOSIS APPLICATION

SUPITCHAYA MAHITTHIHARN: A STUDY OF USING COLOR DIAGNOSIS APPLICATION ON MOBILE PHONE TO IMPROVE AN ANALYSIS OF CALCIUM AMOUNT IN WATER SAMPLE. ADVISOR: ASST. PROF. SOMCHAI PUAJINDANETR, Ph.D., 106 pp.

The objective of the study was to improve an analysis of calcium amount in water sample by using color diagnosis application on mobile phone. There are 3 steps. 1) Studying the effects of calcium in water sample, EDTA concentration and indicator amount on the different value from target (%Bias) at the 0.05 level of significance. The calcium in water sample was studied at 300, 600, 1000 and 1500 ppm. The EDTA concentration was studied at 0.003, 0.0065 and 0.01M. The indicator amount was studied at 31, 92 and 153 μg . 2) Creating equation of %Bias. 3) Comparing the accuracy obtained of 3 methods which consist of application method, Potentiometric Titration method and human method by using %Bias and Coefficient of Variation (%CV) for measuring.

The results of the study showed that 1) The calcium in water sample and the EDTA concentration affected % Bias at the 0.05 level of significance but the indicator amount didn't affect %Bias. 2) The equation of %Bias had R-Square at 95.12% that was work very well. 3) The application method could be the most accuracy providing the average of % Bias and % CV for calcium measuring at $-0.8 \pm 1.0\%$ and 0.0% respectively, whereas the Potentiometric Titration being the high relative cost comparing to the two remaining methods provided the average of %bias at $-1.9 \pm 1.8\%$ and the average of %CV at 0.2% , and finally the human method could provide the highest average of %bias at $-2.8 \pm 1.2\%$ and the average of %CV at 2.3% .

Department: Industrial Engineering Student's Signature

Field of Study: Industrial Engineering Advisor's Signature

Academic Year: 2016

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำ และองค์ความรู้ต่างๆ รวมทั้งตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ซึ่งประกอบไปด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์ รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช ที่ได้ให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้

ขอกราบขอบพระคุณ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และ นายวุฒิชัย สุจริต ผู้อำนวยการฝ่ายเคมี ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ สารเคมี และอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งสนับสนุนและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่งานวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณพนักงาน กฟผ. ทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และความร่วมมือนองานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | จ |
| กิตติกรรมประกาศ | ฉ |
| สารบัญ..... | ช |
| สารบัญตาราง..... | ญ |
| สารบัญรูป | ต |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... | 4 |
| 1.3. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย | 4 |
| 1.4. ขอบเขตของงานวิจัย..... | 4 |
| 1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 4 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 5 |
| 2.1. น้ำกระด้าง | 5 |
| 2.2. หลักการวิเคราะห์ค่าแคลเซียมในน้ำ..... | 6 |
| 2.2.1. หลักการของวิธี EDTA Titrimetric..... | 6 |
| 2.2.2. หลักการของวิธี Potentiometric Titration | 8 |
| 2.3. แบบจำลองสี HSV (HSV Color Model)..... | 10 |
| 2.4. นิยามของค่าความแม่นยำ (Accuracy)..... | 12 |
| 2.5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 13 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน..... | 15 |
| 3.1. วัสดุและอุปกรณ์ | 15 |

| | |
|--|----|
| 3.2. วิธีพิจารณาจุดยุติโดยพนักงาน..... | 16 |
| 3.3. วิธีพิจารณาจุดยุติด้วยเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ | 17 |
| 3.4. วิธีพิจารณาจุดยุติด้วยแอปพลิเคชันฯ | 17 |
| 3.4.1. การศึกษาจุดยุติโดยใช้ค่าดัชนีวัดสี | 17 |
| 3.4.2. การศึกษาอิทธิพลของค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง ความเข้มข้นของอีดีทีเอ และ ปริมาณอินดิเคเตอร์ ที่มีผลต่อค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมาย (% ไบอัส) | 17 |
| 3.5. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ..... | 21 |
| 3.6. การเปรียบเทียบความแม่นยำที่ได้ของวิธีพิจารณาจุดยุติทั้ง 3 วิธีการ ของน้ำตัวอย่างที่มี ความเข้มข้นของค่าแคลเซียม ระหว่าง 300 ถึง 600 ppm | 21 |
| 3.7. การนำแอปพลิเคชันฯไปประยุกต์ใช้ | 22 |
| บทที่ 4 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล | 23 |
| 4.1. ผลของวิธีพิจารณาจุดยุติโดยพนักงาน | 23 |
| 4.2. ผลของวิธีพิจารณาจุดยุติด้วยเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ | 26 |
| 4.3. ผลของวิธีพิจารณาจุดยุติด้วยแอปพลิเคชันฯ | 26 |
| 4.3.1. ผลการศึกษาจุดยุติโดยใช้ค่าดัชนีวัดสี..... | 26 |
| 4.3.2. ผลการศึกษาอิทธิพลของค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง ความเข้มข้นของอีดีทีเอ และ ปริมาณอินดิเคเตอร์ ที่มีผลต่อค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมาย (% ไบอัส) | 29 |
| 4.4. ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำที่ได้ของวิธีพิจารณาจุดยุติทั้ง 3 วิธีการ ของน้ำตัวอย่างที่ มีความเข้มข้นของค่าแคลเซียม ระหว่าง 300 ถึง 600 ppm | 44 |
| 4.5. ผลการนำแอปพลิเคชันฯไปประยุกต์ใช้..... | 46 |
| บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ | 47 |
| 5.1. สรุปผลการศึกษา | 47 |

| | |
|--|-----|
| 5.2. ข้อจำกัดของงานวิจัย | 48 |
| 5.3. ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป..... | 48 |
| รายการอ้างอิง | 50 |
| ภาคผนวก..... | 52 |
| ภาคผนวก ก แอปพลิเคชันของ Color Grab (color detection)..... | 53 |
| ภาคผนวก ข ตารางเก็บข้อมูล | 56 |
| ภาคผนวก ค ตัวอย่างการแปลงหน่วย g ของอินดิเคเตอร์ให้เป็นหน่วย ml..... | 104 |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... | 106 |



สารบัญตาราง

| | |
|--|----|
| ตารางที่ 3.1 การกำหนดระดับปัจจัย | 18 |
| ตารางที่ 3.2 เมทริกซ์การออกแบบ | 20 |
| ตารางที่ 4.1 ค่าความเข้มข้นของแคลเซียม และค่า %ไบอัส ที่ได้จากวิธีพนักงาน เมื่อใช้น้ำ ตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm และใช้อีดีทีเอ 0.01M | 23 |
| ตารางที่ 4.2 ค่าความเข้มข้นของแคลเซียม และค่า %ไบอัส ที่ได้จากวิธีพนักงาน เมื่อใช้น้ำ ตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm และใช้อีดีทีเอ 0.01M | 24 |
| ตารางที่ 4.3 ค่าความเข้มข้นของแคลเซียมโดยเฉลี่ย และค่า %ไบอัส ที่ได้จากเครื่องไตเตรต อัตโนมัติ เมื่อใช้น้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 และ 600 ppm และใช้อีดีทีเอ 0.01M..... | 26 |
| ตารางที่ 4.4 ค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้ เมื่อทดลองที่ค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง ค่าความเข้มข้น ของอีดีทีเอ และปริมาณอินดิเคเตอร์แตกต่างกัน..... | 29 |
| ตารางที่ 4.5 ค่าแคลเซียมที่วัดได้และ%แตกต่างของแคลเซียม เมื่อน้ำหล่อเย็นมีค่าความขุ่น ต่างกัน | 46 |
| ตารางที่ ข.1 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดี ทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1 | 57 |
| ตารางที่ ข.2 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดี ทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2..... | 57 |
| ตารางที่ ข.3 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดี ทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 459 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1 | 58 |
| ตารางที่ ข.4 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดี ทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 459 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2..... | 58 |
| ตารางที่ ข.5 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดี ทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 765 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1 | 59 |
| ตารางที่ ข.6 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดี ทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 765 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2..... | 59 |

| | |
|---|-----|
| ตารางที่ ข.85 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 2,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ อิตีทีเอ 0.00824M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1..... | 99 |
| ตารางที่ ข.86 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 2,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ อิตีทีเอ 0.00824M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2..... | 99 |
| ตารางที่ ข.87 ค่าดัชนีของสีของน้ำหล่อเย็น A มีค่าความขุ่น 1.83 ทำการทดลองครั้งที่ 1..... | 100 |
| ตารางที่ ข.88 ค่าดัชนีของสีของน้ำหล่อเย็น A มีค่าความขุ่น 1.83 ทำการทดลองครั้งที่ 2..... | 100 |
| ตารางที่ ข.89 ค่าดัชนีของสีของน้ำหล่อเย็น A มีค่าความขุ่น 0.91 ทำการทดลองครั้งที่ 1..... | 101 |
| ตารางที่ ข.90 ค่าดัชนีของสีของน้ำหล่อเย็น A มีค่าความขุ่น 0.91 ทำการทดลองครั้งที่ 2..... | 101 |
| ตารางที่ ข.91 ค่าดัชนีของสีของน้ำหล่อเย็น B มีค่าความขุ่น 4.74 ทำการทดลองครั้งที่ 1..... | 102 |
| ตารางที่ ข.92 ค่าดัชนีของสีของน้ำหล่อเย็น B มีค่าความขุ่น 4.74 ทำการทดลองครั้งที่ 2..... | 102 |
| ตารางที่ ข.93 ค่าดัชนีของสีของน้ำหล่อเย็น B มีค่าความขุ่น 0.72 ทำการทดลองครั้งที่ 1..... | 103 |
| ตารางที่ ข.94 ค่าดัชนีของสีของน้ำหล่อเย็น B มีค่าความขุ่น 0.72 ทำการทดลองครั้งที่ 2..... | 103 |
| ตารางที่ ค.1 ตัวอย่างการแปลงหน่วย g ของอินดิเคเตอร์ให้เป็นหน่วย ml เมื่อความเข้มข้นของ อินดิเคเตอร์ เท่ากับ 0.00031 g/ml | 105 |

สารบัญรูป

| | |
|--|----|
| รูปที่ 1.1 ระบบน้ำหล่อเย็นและเทอร์ไบน์ | 1 |
| รูปที่ 2.1 โครงสร้างของอีดีทีเอ | 6 |
| รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า α กับค่า pH ของสารละลาย | 7 |
| รูปที่ 2.3 สมการในการแตกตัวของอีดีทีเอ ในรูปแบบต่างๆ | 7 |
| รูปที่ 2.4 ปฏิกิริยาเคมีระหว่างแคลเซียมไอออนและ Murexide | 8 |
| รูปที่ 2.5 ปฏิกิริยาเคมีระหว่างทำการไตเตรตด้วยอีดีทีเอ | 8 |
| รูปที่ 2.6 กราฟระหว่างปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรตกับค่าศักย์ไฟฟ้า | 9 |
| รูปที่ 2.7 เครื่องไตเตรตอัตโนมัติ | 10 |
| รูปที่ 2.8 แบบจำลองสี HSV | 11 |
| รูปที่ 2.9 แบบจำลองสี HSV | 11 |
| รูปที่ 2.10 องค์ประกอบของค่าความแม่นยำ | 13 |
| รูปที่ 3.1 แบบจำลองการวิเคราะห์ค่าแคลเซียมด้วยแอฟฟลิเคชั่นฯ | 19 |
| รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ย ของพนักงานแต่ละคน เมื่อใช้น้ำตัวอย่างที่มีความ เข้มข้น 300 ppm และใช้อีดีทีเอ 0.01M | 25 |
| รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ย ของพนักงานแต่ละคน เมื่อใช้น้ำตัวอย่างที่มีความ เข้มข้น 600 ppm และใช้อีดีทีเอ 0.01M | 25 |
| รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรอีดีทีเอที่ใช้กับค่า H (Hue) เมื่อเติมอินดิเค เตอร์ ต่างกัน และใช้น้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm | 28 |
| รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้จากแอฟฟลิเคชั่นฯกับเครื่องไตเตรต อัตโนมัติ ที่ปริมาณอินดิเคเตอร์ต่างๆ เมื่อใช้น้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm | 28 |
| รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้กับค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง เมื่อใช้ความ เข้มข้นของ อีดีทีเอ 0.003M | 30 |

| | |
|--|----|
| รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้กับค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง เมื่อใช้ความเข้มข้นของ อีดีทีเอ 0.0065M..... | 31 |
| รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้กับค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง เมื่อใช้ความเข้มข้นของ อีดีทีเอ 0.01M | 31 |
| รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้กับค่าความเข้มข้นของอีดีทีเอ เมื่อค่าแคลเซียมเท่ากับ 300 ppm | 32 |
| รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้กับค่าความเข้มข้นของอีดีทีเอ เมื่อค่าแคลเซียมเท่ากับ 600 ppm..... | 33 |
| รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้กับค่าความเข้มข้นของอีดีทีเอ เมื่อค่าแคลเซียมเท่ากับ 1,000 ppm..... | 33 |
| รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้กับค่าความเข้มข้นของอีดีทีเอ เมื่อค่าแคลเซียมเท่ากับ 1,500 ppm..... | 34 |
| รูปที่ 4.12 ผลการตรวจสอบสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 31-153 μg | 35 |
| รูปที่ 4.13 ผลการตรวจสอบสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 92 μg | 35 |
| รูปที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ความถดถอย กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 31-153 μg | 37 |
| รูปที่ 4.15 สมการค่า %ไบอัส กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 31-153 μg | 38 |
| รูปที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ความถดถอย กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 92 μg | 40 |
| รูปที่ 4.17 สมการค่า %ไบอัส กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 92 μg | 41 |
| รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส ที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากสมการ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 31-153 μg | 43 |
| รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส ที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากสมการ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 92 μg | 44 |
| รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยของแต่ละวิธีการ เมื่อน้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นของแคลเซียม เท่ากับ 300 ถึง 600 ppm..... | 45 |
| รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบค่า %CV ของค่าที่วัดได้โดยเฉลี่ยของแต่ละวิธีการ เมื่อน้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นของแคลเซียม เท่ากับ 300 ถึง 600 ppm | 45 |

รูปที่ ก.1 แอปพลิเคชัน Color Grab ใน Play Store..... 54

รูปที่ ก.2 ตัวอย่างการใช้งานแบบไม่ต้องถ่ายภาพ (ซ้ายมือ) และแบบถ่ายภาพไว้แล้ว (ขวามือ)
 ของแอปพลิเคชัน Color Grab..... 55

รูปที่ ก.3 ตัวอย่างข้อมูลของสีที่บันทึกเก็บไว้ ของแอปพลิเคชัน Color Grab 55



บทที่ 1

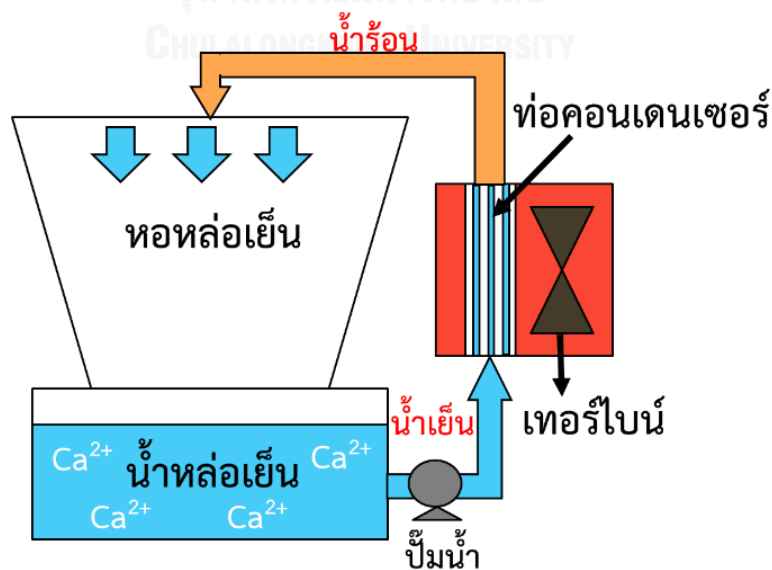
บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

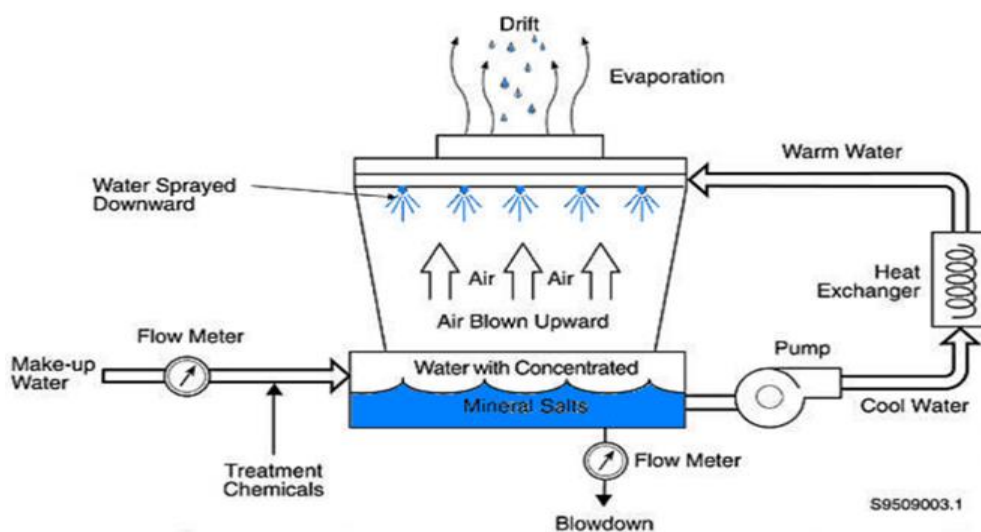
ระบบน้ำหล่อเย็นและเทอร์ไบน์แสดงในรูปที่ 1.1 ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างไอน้ำที่ใช้ปั่นเทอร์ไบน์กับน้ำหล่อเย็นในคอนเดนเซอร์ วัตถุประสงค์ของการแลกเปลี่ยนความร้อน คือ เพื่อควบแน่นไอน้ำที่เหลือจากการปั่นเทอร์ไบน์ให้กลายเป็นน้ำ แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ในบอยเลอร์ และเพื่อให้เกิดสภาวะสูญญากาศ เนื่องจากความดันมีค่าเป็นลบ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเทอร์ไบน์สูงขึ้น เพราะแรงดันของไอน้ำที่ใช้ปั่นเทอร์ไบน์ไม่ต้องต้านกับแรงดันอากาศ เทอร์ไบน์จึงหมุนได้เร็วขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตดีขึ้น

สาเหตุหลักที่ทำให้กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์คือ มีตะกอนเกิดขึ้นบริเวณผนังท่อคอนเดนเซอร์ ซึ่งตะกอนเปรียบเสมือนฉนวนกั้นความร้อน ทำให้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนลดลง ดังนั้นเพื่อให้กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ จำเป็นต้องควบคุมคุณภาพของน้ำหล่อเย็นให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม

ตัวอย่างเกณฑ์การควบคุมคุณภาพของน้ำหล่อเย็น ค่าความกระด้างทั้งหมดมีค่าไม่เกิน 800 ppm ค่าคลอไรด์มีค่าไม่เกิน 600 ppm และค่า Cycle of Concentration มีค่าไม่เกิน 6 cycles



รูปที่ 1.1 ระบบน้ำหล่อเย็นและเทอร์ไบน์



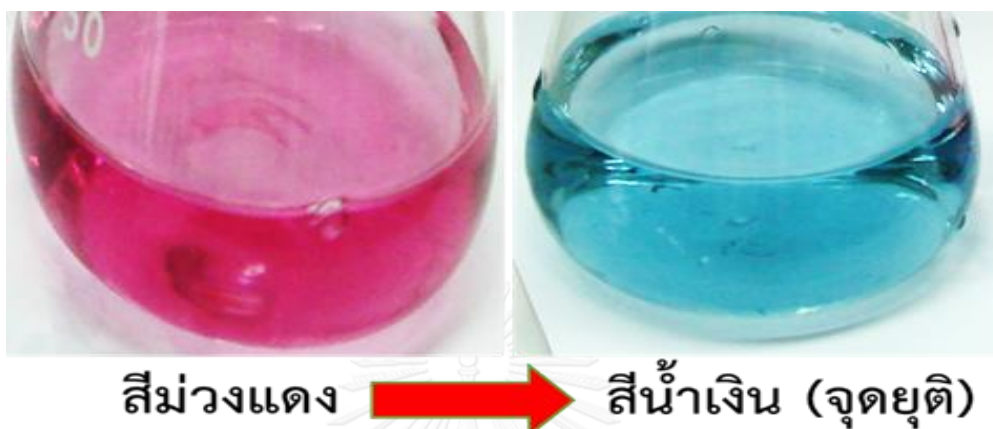
รูปที่ 1.1 ระบบน้ำหล่อเย็น

จากรูปที่ 1.2 ถ้าค่าใดค่าหนึ่งเกินเกณฑ์ที่กำหนดข้างต้นจะมีการระบายน้ำส่วนหนึ่งทิ้ง (Blowdown) พร้อมทั้งเติมน้ำใหม่ (Make-up Water) เข้าระบบ เพื่อลดค่าความกระด้างทั้งหมด และค่าแคลเซียมในน้ำ รวมทั้งรักษาระดับน้ำให้เหมาะสม เนื่องจากจะมีน้ำส่วนหนึ่งระเหยสู่บรรยากาศ โดยทุกครั้งที่มีการเติมน้ำใหม่เข้าระบบจะมีการเติมสารเคมี (Treatment Chemicals) เพื่อปรับแต่งคุณภาพของน้ำหล่อเย็น จากนั้นปั๊มจะสูบน้ำหล่อเย็นไปยังคอนเดนเซอร์ เพื่อทำการแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ซึ่งจะให้น้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิสูงขึ้น น้ำหล่อเย็นจะถูกส่งไปยังคูลลิ่งทาวเวอร์ เพื่อลดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นลง โดยน้ำจะมีทิศทางการไหลจากบนลงล่าง ส่วนอากาศจะไหลจากล่างขึ้นบน ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศ น้ำหล่อเย็นจึงมีอุณหภูมิลดลง ดังนั้นการวิเคราะห์ค่าความกระด้างทั้งหมดและค่าแคลเซียมในน้ำหล่อเย็นต้องมีความแม่นยำ เนื่องจากมีผลต่อการตัดสินใจในการดำเนินการเพื่อควบคุมคุณภาพ

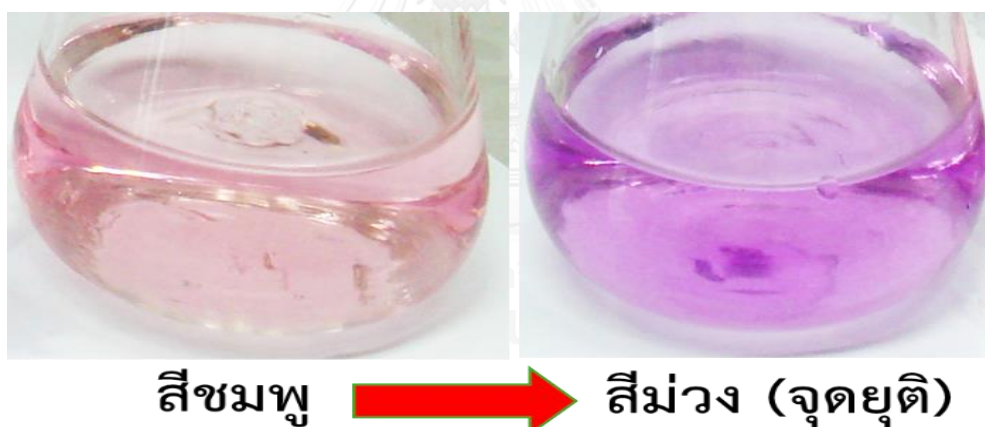
ค่าความกระด้างทั้งหมด ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบแคลเซียมและแมกนีเซียม เมื่อแคลเซียมและแมกนีเซียมสัมผัสกับความร้อน จะทำให้เกิดตะกอนขึ้นบริเวณผนังท่อน้ำหล่อเย็น ซึ่งทำให้เกิดการตีตันของท่อ และทำให้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนลดลง โดยส่วนใหญ่ตะกอนจะเกิดจากแคลเซียมมากกว่าแมกนีเซียม

ปัจจุบันการวิเคราะห์ค่าความกระด้างทั้งหมด และค่าแคลเซียมในน้ำหล่อเย็นใช้วิธี EDTA Titrimetric วิธีนี้ใช้ตาของมนุษย์ในการสังเกตสีที่จุดยุติของการไตเตรต การวิเคราะห์ค่าความกระด้างทั้งหมดจะหยุดการไตเตรต เมื่อน้ำตัวอย่างเปลี่ยนจากสีม่วงแดงเป็นสีน้ำเงิน ดังแสดงในรูปที่ 1.3 ซึ่ง

สามารถสังเกตสีได้ง่าย แต่ในการวิเคราะห์ค่าแคลเซียมจะหยุดการไตเตรต เมื่อน้ำตัวอย่างเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีม่วง ดังแสดงในรูปที่ 1.4 ซึ่งสังเกตสีได้ยาก เพราะสองสีนี้มีเฉดสีที่ใกล้เคียงกัน ทำให้ผลการวิเคราะห์ค่าแคลเซียมที่ได้จากวิธีนี้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น เนื่องจากปัญหาในการมองสีที่จุดยุติของมนุษย์ ด้วยเหตุนี้จึงเลือกศึกษาเฉพาะการวิเคราะห์ค่าแคลเซียมเท่านั้น



รูปที่ 1.2 สีของน้ำตัวอย่างในการวิเคราะห์ค่าความกระด้างทั้งหมด



รูปที่ 1.3 สีของน้ำตัวอย่างในการวิเคราะห์ค่าแคลเซียม

ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหามองสีที่จุดยุติของมนุษย์ จึงนำแอปพลิเคชันการวินิจฉัยสีบนมือถือมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการวิเคราะห์ค่าแคลเซียมด้วยวิธี EDTA Titrimetric โดยจะศึกษาใน 3 ประเด็นหลัก คือ 1) การหาจุดยุติโดยใช้ค่าดัชนีวัดสี หรือ ค่า H (Hue) และ 2) การศึกษาอิทธิพลของค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง ความเข้มข้นของอีทีทีเอ และปริมาณอินดิเคเตอร์ ที่มีผลต่อค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายของค่าแคลเซียม (%ไบอัส) 3) การศึกษาการนำไปประยุกต์ใช้จริงกับน้ำหล่อเย็น จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบความแม่นยำที่ได้ด้วยค่า %ไบอัส และค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของแคลเซียมที่วัดได้ (%CV) ของวิธีพิจารณาจุดยุติทั้ง 3 วิธี คือ พนักงาน เครื่องไตเตรตอัตโนมัติ และแอปพลิเคชันการวินิจฉัยสีบนมือถือ

1.2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง โดยใช้แอปพลิเคชันการวินิจฉัยสีบนมือถือ

1.3. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

- 1) ศึกษาทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องและรวบรวมข้อมูล
- 2) หาสาเหตุที่เป็นไปได้และแนวทางในการแก้ปัญหา
- 3) ทำการทดลองและวิเคราะห์ผล
- 4) สรุปและประเมินผล
- 5) จัดทำรูปเล่ม ตีพิมพ์และนำเสนอ

1.4. ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) ศึกษาการวิเคราะห์ค่าแคลเซียมด้วยวิธี EDTA Titrimetric โดยใช้อินดิเคเตอร์ Murexide
- 2) น้ำตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคือ น้ำหล่อเย็นและน้ำตัวอย่างที่เตรียมจาก Anhydrous CaCO_3 โดยใช้ HCl เป็นตัวทำละลาย โดยศึกษาที่ความเข้มข้นของค่าแคลเซียมไม่เกิน 1,500 ppm
- 3) แอปพลิเคชันการวินิจฉัยสีบนมือถือและโทรศัพท์มือถือที่ใช้ในการศึกษาคือ แอปพลิเคชัน Color Grab (color detection) และใช้โทรศัพท์มือถือรุ่น Samsung Galaxy Note 4
- 4) เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ รุ่น Titration Excellence T70 ของ Mettler Toledo เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของผลการทดลอง

1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) สามารถนำแอปพลิเคชันการวินิจฉัยสีบนมือถือมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ค่าแคลเซียมในน้ำหล่อเย็นได้
- 2) สามารถลดความเสี่ยงของการเกิดตะกอนในท่อน้ำหล่อเย็น
- 3) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนของระบบน้ำหล่อเย็น
- 4) สามารถประหยัดสารเคมี เพื่อปรับแต่งคุณภาพน้ำหล่อเย็น

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. น้ำกระด้าง

น้ำกระด้าง คือ น้ำที่ทำให้เกิดฟองสบู่ได้ยาก และทำให้เกิดตะกรันขึ้นในภาชนะ เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น น้ำกระด้างเกิดจากไอออนของโลหะที่มีประจุ $2+$ ได้แก่ แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}), แมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}), สตรอนเซียมไอออน (Sr^{2+}), เฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+}) และแมงกานีสไอออน (Mn^{2+}) ทำปฏิกิริยากับไอออนลบในน้ำ ได้แก่ เกลือคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) เกลือไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) เกลือซัลเฟต (SO_4^{2-}) และเกลือคลอไรด์ (Cl^-) ซึ่งโดยทั่วไปน้ำกระด้างจะเกิดจากแคลเซียมไอออนและแมกนีเซียมไอออนเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นความกระด้างจึงหมายถึงปริมาณรวมหรือความเข้มข้นรวมของแคลเซียมและแมกนีเซียม โดยจะแสดงในหน่วยของ mg/L as CaCO_3 หรือ ppm (Part Per Millio)

การแบ่งชนิดของความกระด้างสามารถพิจารณาได้ 2 แบบ โดยการพิจารณาจากต้นเหตุของความกระด้างซึ่งได้แก่ ไอออนที่ละลายในน้ำ คือ ไอออนบวกและไอออนลบ (ไพเพอริ่ง หมายถึง มั่นสมสุข)

1. การแบ่งความกระด้างตามไอออนบวก แบ่งได้ 3 ชนิด ดังนี้

- 1) Calcium Hardness คือ ความกระด้างเนื่องมาจากแคลเซียม
- 2) Magnesium Hardness คือ ความกระด้างเนื่องมาจากแมกนีเซียม
- 3) Total Hardness คือ ความกระด้างทั้งหมด ความกระด้างเนื่องมาจากแคลเซียมและแมกนีเซียม

2. การแบ่งความกระด้างตามไอออนลบ แบ่งได้ 2 ชนิด ดังนี้

- 1) Carbonate Hardness หรือความกระด้างชั่วคราว (Temporary Hardness) คือ ความกระด้างที่เกิดจากเกลือคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) เช่น CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ และ MgCO_3 ความกระด้างประเภทนี้สามารถกำจัดได้โดยการต้ม
- 2) Non-carbonate Hardness หรือความกระด้างถาวร (Permanent Hardness) คือ ความกระด้างที่เกิดจากเกลือซัลเฟต (SO_4^{2-}) และคลอไรด์ (Cl^-) เช่น CaSO_4 , CaCl_2 , MgSO_4 และ MgCl_2 ความกระด้างประเภทนี้ไม่สามารถกำจัดได้โดยการต้ม

2.2. หลักการวิเคราะห์ค่าแคลเซียมในน้ำ

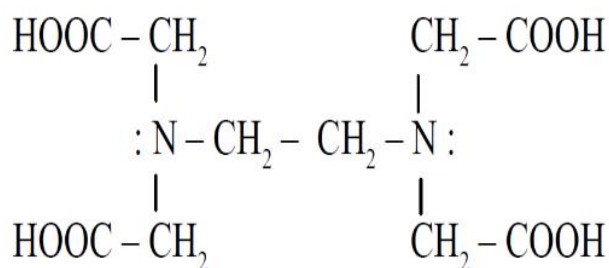
แคลเซียมเป็นธาตุที่มีมากในน้ำเป็นลำดับที่ 5 และเป็นตัวหลักที่ทำให้เกิดความกระด้างของน้ำ โดยจะสามารถทำปฏิกิริยากับไอออนลบบางตัวในน้ำเกิดเป็นตะกอนขึ้น เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น ตะกอนที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจาก CaCO_3 และ CaSO_4 (ไพฑูรย์ หมายถึง มั่นสมสุข)

การวิเคราะห์ค่าแคลเซียมในน้ำมีหลายวิธี แต่ในที่นี้จะกล่าวเพียง 2 วิธี ดังนี้

- วิธี EDTA Titrimetric
- วิธี Potentiometric Titration

2.2.1. หลักการของวิธี EDTA Titrimetric

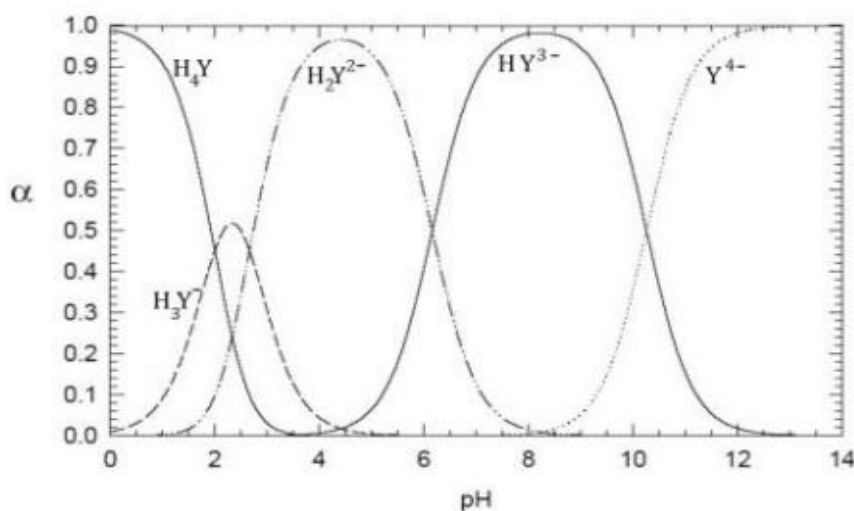
อีดีทีเอ (Ethylene Diamine Tetraacetic Acid) หรือ H_4Y เป็น Organic ligand ที่ไม่มีประจุประเภท Hexadentate ligand คือสามารถให้คู่อิเล็กตรอน 6 คู่ ได้แก่ หมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิล ($-\text{COOH}$) จำนวน 4 คู่ และ Nitrogen จำนวน 2 คู่ ที่จะเกิดพันธะกับโลหะไอออน โดยปฏิกิริยาระหว่างโลหะไอออนกับอีดีทีเอ จะเกิดเป็น Five Member Ring (วงห้าเหลี่ยม) ทำให้สารประกอบที่ได้มีความเสถียรและละลายน้ำได้ดีซึ่ง อีดีทีเอ มีโครงสร้าง ดังนี้



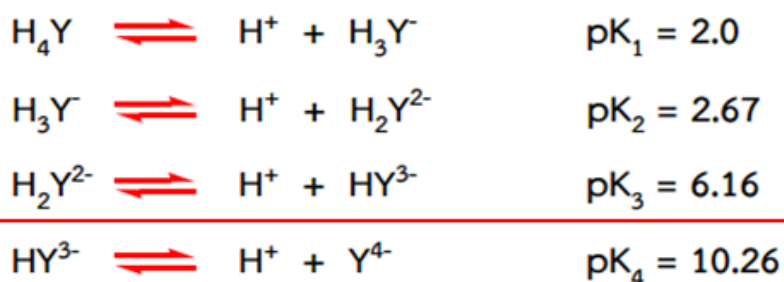
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของอีดีทีเอ

การแตกตัวของอีดีทีเอ ในรูปแบบต่างๆขึ้นกับค่าพีเอชหรือความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนของสารละลาย โดยปริมาณการแตกตัวของอีดีทีเอ ในแต่ละรูปแบบสามารถหาได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแอลฟา (α) กับค่าพีเอชของสารละลายดังแสดงในรูปที่ 2.2 ส่วนสมการในการแตกตัวของอีดีทีเอ ในรูปแบบต่างๆ แสดงในรูปที่ 2.3 จากรูปทั้งสอง พบว่าที่พีเอชมากกว่า 10 ขึ้นไป อีดีทีเอสามารถแตกตัวได้หมดโดยอยู่ในรูปของ Y^{4-}

โดยทั่วไปสารละลายอีดีทีเอ จะเตรียมจาก EDTA disodium salt ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) เพราะละลายน้ำได้ดี



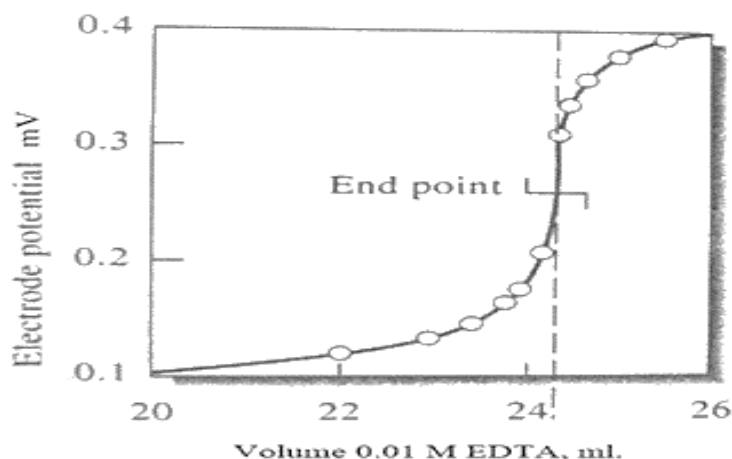
รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า α กับค่า pH ของสารละลาย



รูปที่ 2.3 สมการในการแตกตัวของอีดีทีเอ ในรูปแบบต่างๆ

การวิเคราะห์ค่าแคลเซียมในน้ำด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องใช้อินดิเคเตอร์ในการบ่งบอกจุดยุติของการไตเตรต โดยอินดิเคเตอร์ที่นิยมใช้คือ Murexide นิยมเตรียมให้อยู่ในรูปแบบผง เนื่องจากเป็นสารที่ไม่อยู่ตัว เมื่ออยู่ในรูปของสารละลาย หากเตรียมในรูปของสารละลายสามารถเก็บไว้ได้นาน 1 วัน นอกจากนั้นต้องทำการปรับพีเอชของน้ำด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ ซึ่งเตรียมจาก NaOH เพื่อให้มีค่าพีเอช เท่ากับ 12.5 ± 0.5 ทั้งนี้เพื่อให้แมกนีเซียมไอออนตกตะกอนอยู่ในรูป $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ทำให้มีแค่แคลเซียมไอออนในน้ำ

เมื่อแคลเซียมไอออนทำปฏิกิริยากับ Murexide (สีม่วง) ที่พีเอชเท่ากับ 12.5 ± 0.5 จะได้สารประกอบเชิงซ้อน [Ca-murexide] ที่มีสีชมพูดังแสดงในรูปที่ 2.4 ดังนั้นเมื่อเติมอินดิเคเตอร์ลงใน



รูปที่ 2.6 กราฟระหว่างปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรตกับค่าศักย์ไฟฟ้า

การไตเตรตโดยการวัดศักย์ไฟฟ้าเป็นวิธีที่ให้ผลได้ถูกต้องกว่าการใช้อินดิเคเตอร์ (วิธี EDTA Titrimetric) ที่ต้องมองจุดยุติด้วยตาเปล่า และเหมาะสำหรับวิเคราะห์สารละลายที่เจือจางหรือที่สังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีอินดิเคเตอร์ได้ยาก นอกจากนี้ สีและความขุ่นของน้ำตัวอย่างไม่มีผลต่อการวัดค่าศักย์ไฟฟ้า แต่มีผลต่อการสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์

ข้อเสียของการไตเตรตโดยการวัดศักย์ไฟฟ้า คือ สิ้นเปลืองเวลาในการวิเคราะห์มากกว่าการไตเตรตด้วยอินดิเคเตอร์ อีกทั้งจุดยุติของการไตเตรตโดยการวัดศักย์ไฟฟ้าต้องได้จากการคำนวณหรือการสร้างกราฟ ซึ่งใช้เวลามากกว่าการดูการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์

ในปัจจุบันการไตเตรตโดยการวัดศักย์ไฟฟ้าสามารถทำได้สะดวกและรวดเร็วมากขึ้น ด้วยการใช้อุปกรณ์อัตโนมัติที่สามารถตั้งโปรแกรมการไตเตรตได้ตามต้องการ เช่น เครื่องไตเตรตอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 (ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์, 2546)



รูปที่ 2.7 เครื่องไตเตรตอัตโนมัติ

2.3. แบบจำลองสี HSV (HSV Color Model)

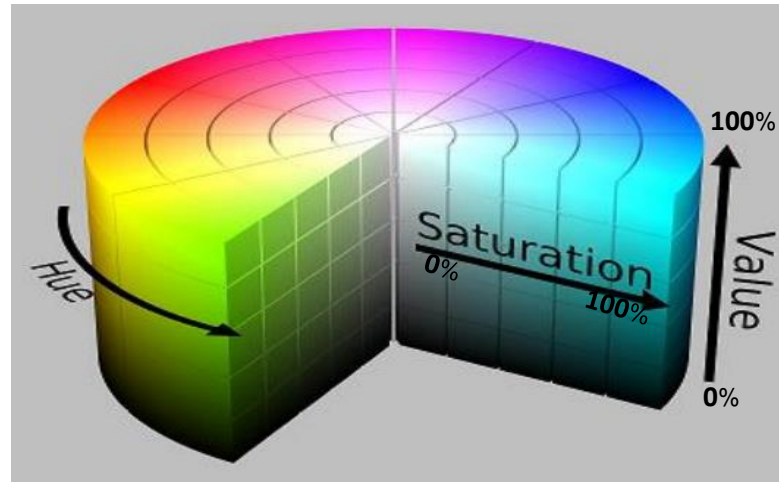
แบบจำลองสี (Color Model) คือ การกำหนดมาตรฐานในการระบุสีในระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สามารถแยกความแตกต่างของสีได้อย่างถูกต้อง โดยใช้ระบบพิกัดแทนจุดแต่ละจุดในปริภูมิด้วยสีแต่ละสี แบบจำลองสีที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีหลายแบบจำลอง เช่น แบบจำลองสี RGB แบบจำลองสี HSV และอื่นๆ (ธนพงศ์ อินทระ, 2553)

แบบจำลองสี HSV เป็นระบบสีพื้นฐานในการมองเห็นสีด้วยสายตาของมนุษย์ ซึ่งถูกสร้างขึ้นด้วยองค์ประกอบ 3 อย่างที่แสดงค่าสีโดยไม่ได้เกิดจากการนำ 3 สีหลักมาผสมกันเหมือนกับแบบจำลองสี RGB (ธนพงศ์ อินทระ, 2553) แบบจำลองสี HSV จึงเหมาะสำหรับนำมาวิเคราะห์ภาพสีที่มีการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะไม่ส่งผลต่อค่าสี (Hue) ที่ได้ เนื่องจากการแยกความเข้มของสี (Saturation) และความสว่างของสี (Value) ออกมาจากสี (ภัทรพันธ์ วานิชชัย, 2552) โดยมีองค์ประกอบ 3 อย่างดังนี้

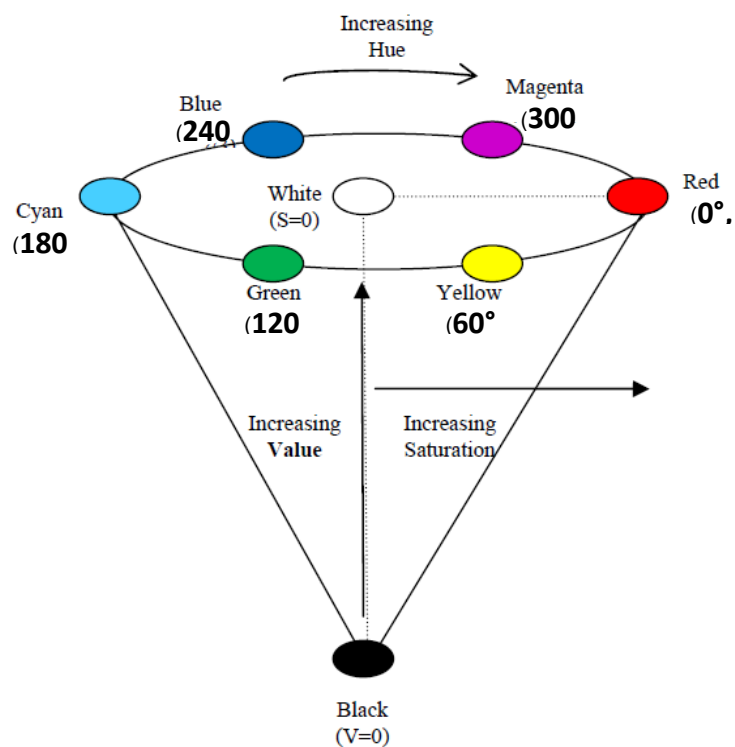
1. Hue (H) คือ ค่าของสี เช่น สีแดง (Red) สีเหลือง (Yellow) สีเขียว (Green) สีฟ้าอมเขียว (Cyan) สีน้ำเงิน (Blue) และสีแดงอมม่วง (Magenta) มีค่าตั้งแต่ 0-360 องศา โดยที่สีแดงคือ 0 องศา และแต่ละสีจะมีค่าต่างกันสีละ 60 องศา ตามลำดับ

2. Saturation (S) คือ ค่าความเข้มของสี มีค่าตั้งแต่ 0-100% โดยสีจะมีความเข้มมากขึ้นเมื่อค่า Saturation มีค่าเพิ่มขึ้น

3. Value (V) คือ ความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0-100% โดยภาพจะสว่างมากขึ้น เมื่อค่า Value มีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.8 แบบจำลองสี HSV



รูปที่ 2.9 แบบจำลองสี HSV

2.4. นิยามของค่าความแม่นยำ (Accuracy)

ความแม่นยำ (Accuracy) ประกอบไปด้วย 2 ค่าคือ ค่า Trueness และค่า Precision โดยที่ ค่า Trueness หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมาย (ไบอัส) และค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมาย (%ไบอัส) ส่วนค่า Precision หมายถึง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของการวัด (%CV) ดังแสดงในรูปที่ 2.10 โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้ (ISO 5725, 1994)

1) ค่าความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมาย (ไบอัส)

$$\text{ไบอัส (ppm)} = \bar{x} - \tau$$

เมื่อ \bar{x} = ค่าเฉลี่ยของแคลเซียมที่วัดได้ (ppm)

และ τ = ค่าเป้าหมายของแคลเซียมตั้งต้นในน้ำตัวอย่าง (ppm)

2) ค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมาย (%ไบอัส)

$$\% \text{ไบอัส} = \frac{\bar{x} - \tau}{\tau} \times 100$$

3) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

$$\text{S. D. (ppm)} = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

เมื่อ \bar{x} = ค่าเฉลี่ยของแคลเซียมที่วัดได้ (ppm)

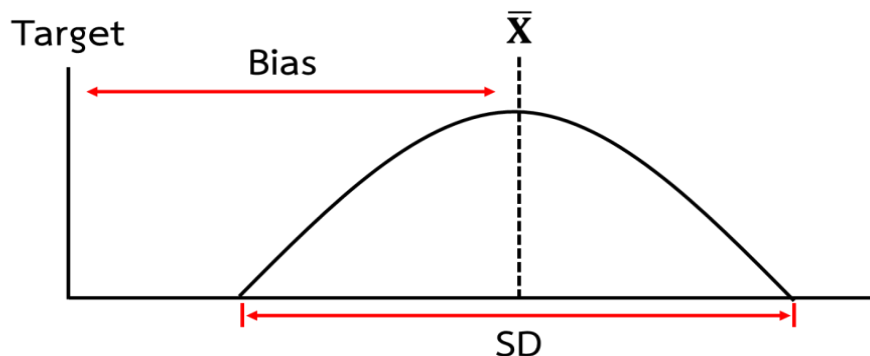
x = ค่าแคลเซียมที่วัดได้ (ppm)

n = จำนวนข้อมูลการวิเคราะห์

4) ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของการวัด (%CV)

$$\% \text{CV} = \frac{\text{S.D.} \times 100}{\bar{x}}$$

เมื่อ S.D. = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแคลเซียมที่วัดได้



รูปที่ 2.10 องค์ประกอบของค่าความแม่นยำ

2.5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(Shen, Zheng, Dong, & Chen, 2016) ศึกษาการนำแบบจำลองสี HSV มาประยุกต์ใช้ในการวินิจฉัยโรคทางเดินน้ำดีตีบตันและนำมาออกแบบเพื่อสร้างเป็นแอปพลิเคชันบนมือถือ พบว่าแบบจำลองสี HSV สามารถใช้วินิจฉัยโรคเบื้องต้นได้เป็นอย่างดี โดยการดูค่าความเข้มของสีอุจจาระจากค่า Saturation

(มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ, ณัฐชุตตา มงคลชาติ, & รัฐติการณ กนกรัตน, 2558) ศึกษาการวิเคราะห์โรคเพ็ญกระโดดสีน้ำตาลและโรคหนองในช่องโอบข้าว โดยใช้แบบจำลองสี HSV พบว่าแบบจำลองสี HSV สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับทั้ง 2 โรคในนาข้าวได้ในระดับดี

(ธนพงศ์ อินทระ, 2553) ศึกษาการเปรียบเทียบความถูกต้องในการเปรียบเทียบคู่สีระหว่างสีของพื้นที่ต้องการกับสีมาตรฐาน โดยใช้แบบจำลองสี HSV RGB และ CIE L*a*b* เมื่อความสว่างของห้องทดลองแตกต่างกัน 3 กรณี พบว่าแบบจำลองสี HSV ให้ความถูกต้องในการเปรียบเทียบคู่สีสูงกว่าแบบจำลองสี RGB และ CIE L*a*b* ทุกกรณีของความสว่างในห้องทดลอง

(Khormali, Petrakov, & Moein, 2016) ศึกษาการเกิดตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนต ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิและความดันมีผลต่อการเกิดตะกอน โดยตะกอนจะเกิดได้ดีที่อุณหภูมิสูงและที่ความดันต่ำ

(ไชยนันต์ แห่งทอง, 2545) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดตะกอนร่วมของแคลเซียมคาร์บอเนตกับแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ผลการศึกษาพบว่าค่าพีเอชมีผลต่อการตกตะกอนโดยลำดับของการตกตะกอนจากพีเอชต่ำไปสูงคือ แคลเซียมคาร์บอเนต ตะกอนร่วมระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตกับแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์

(Zanobini, Sereni, Catelani, & Ciani, 2016) ศึกษาการวิเคราะห์คาร์บอเนตและรีโพรดิวซิบิลิตีของระบบการวัด โดยใช้เทคนิค ANOVA และ Gage R&R พบว่าการใช้ 2 เทคนิคนี้ทำให้ทราบว่าปัจจัยใดเป็นปัจจัยในการตัดสินใจของระบบการวัดและกระบวนการนี้มีเสถียรภาพแล้วหรือไม่

(จักษ์กฤต ปฏิเวธธรรม, 2543) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดความผันแปรของระบบการวัดของสายการผลิตชิ้นส่วนนักร้อง ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดความผันแปรของระบบการวัดคือ ผู้วัดขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้วัดและวิธีการวัดไม่เหมาะสม

การวิเคราะห์หาค่าแคลเซียมในน้ำด้วยวิธี Potentiometric Titration จะให้ค่าแคลเซียมที่แม่นยำและเที่ยงตรงมากกว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธี EDTA Titrimetric เนื่องจากวิธี Potentiometric Titration ใช้ค่าศักย์ไฟฟ้าซึ่งเป็นข้อมูลเชิงปริมาณในการบ่งบอกจุดยุติ แต่วิธี EDTA Titrimetric ใช้การสังเกตสีที่เปลี่ยนแปลงไปโดยใช้ตาเปล่าในการบ่งบอกจุดยุติ ทำให้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ขึ้นกับการมองเห็นของแต่ละบุคคลว่าสีของน้ำเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีม่วงแล้วหรือไม่

ถึงแม้ว่าวิธี Potentiometric Titration จะแม่นยำกว่า แต่เนื่องจากเครื่องไตเตรตอัตโนมัติมีราคาค่อนข้างสูงและใช้เวลาในการวิเคราะห์นานกว่า ทำให้วิธีนี้ได้รับความนิยมน้อยกว่าวิธี EDTA Titrimetric และเพื่อแก้ปัญหาในการมองเห็นที่จุดยุติของมนุษย์ที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้จึงศึกษาการใช้แอปพลิเคชันการวินิจฉัยสีบนมือถือ Color Grab (color detection) ซึ่งสามารถทราบค่าของสีและค่า HSV ได้ทันที โดยนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการวิเคราะห์ค่าแคลเซียมด้วยวิธี EDTA Titrimetric และใช้เครื่องไตเตรตอัตโนมัติในการตรวจสอบความถูกต้องของผลการศึกษา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองสี HSV พบว่าแบบจำลองสี HSV ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ ทันตกรรมและการเกษตร ทั้งนี้ยังไม่พบงานวิจัยใดที่ศึกษาเกี่ยวกับการนำแอปพลิเคชันการวินิจฉัยสีบนมือถือมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ค่าแคลเซียมด้วยวิธี EDTA Titrimetric วิธีนี้จึงเป็นวิธีประยุกต์ใช้ครั้งแรก

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1. วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1. วัสดุที่ใช้

- 1) น้ำตัวอย่าง (100 300 600 800 1,000 1,200 1,500 และ 2,000 ppm)
 - 1.1) ชั่ง Anhydrous CaCO_3 0.1000 0.3000 0.6000 0.8000 1.0000 1.2000 1.5000 และ 2.0000 g ตามลำดับ ซึ่งผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 °C
 - 1.2) ค่อยๆเติม HCl (1:1) จนกระทั่ง CaCO_3 ละลายหมด
 - 1.3) ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 ml
- 2) สารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ (0.003M 0.0065M 0.00824M และ 0.01M)
 - 2.1) ชั่ง EDTA disodium salt 1.1168 2.420 3.071 และ 3.7224 g ตามลำดับ
 - 2.2) ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 ml
 - 2.3) หาค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่เตรียมได้ โดยการนำไปไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานแคลเซียม 0.01M โดยทำการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบตัวอย่าง
- 3) อินดิเคเตอร์ (Murexide) มหาวิทยาลัย
- 4) สารละลายบัฟเฟอร์ (1.0 M, พีเอช=12.5±0.5)
 - 4.1) ละลาย NaOH 40 g ในน้ำกลั่น
 - 4.2) ปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 ml
- 5) สารละลายมาตรฐานแคลเซียม (0.01M)
 - 5.1) ชั่ง Anhydrous CaCO_3 1.000 g ซึ่งอบที่อุณหภูมิ 103-105 °C ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 ml
 - 5.2) ค่อยๆเติม HCl (1:1) ที่เตรียมไว้ จน CaCO_3 ละลายหมด
 - 5.3) เติมน้ำกลั่น 200 ml ต้มให้เดือด 2-3 นาที เพื่อไล่ CO_2
 - 5.4) ทิ้งให้เย็นแล้วเติมอินดิเคเตอร์ Methyl red 2-3 หยด
 - 5.5) ปรับให้เป็นสีส้มกลางๆด้วย HCl (1:1)

5.6) ถ่ายลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 ml เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรครบ 1,000 ml

6) HCl (1:1)

6.1) เติมน้ำกลั่น 100 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 ml

6.2) ค่อยๆเท Conc. HCl 200 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 500 ml

3.1.2. อุปกรณ์ที่ใช้

- 1) เครื่องไตเตรตอัตโนมัติ
- 2) บิวเรตต์ดิจิทัล
- 3) มือถือ Samsung Galaxy Note 4 พร้อมแอปพลิเคชันฯ
- 4) ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 ml
- 5) ปีกเกอร์พลาสติกขนาด 100 ml
- 6) กระบอกตวงขนาด 10 50 และ 100 ml
- 7) ปิเปตต์ขนาด 2 และ 50 ml
- 8) ขวดวัดปริมาตรขนาด 250 500 และ 1,000 ml
- 9) แท่งแก้วคั่นสาร
- 10) ซ้อนตักสาร เบอร์ 11
- 11) ขาดั่งกลิ้ง

3.2. วิธีพิจารณาจุดยุติโดยพนักงาน

- 1) คัดเลือกนักปฏิบัติการเคมีจำนวนทั้งหมด 7 คนมาทำการทดสอบที่ห้องทดสอบเดียวกัน
 - 2) ปิเปตต์น้ำตัวอย่าง 50 ml ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 ml
 - 3) เติมสารละลายบัฟเฟอร์ 6 ml
 - 4) เติมอินดิเคเตอร์ โดยปริมาณการเติมขึ้นอยู่กับความชอบของแต่ละบุคคล
 - 5) ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ (0.01M) โดยใช้บิวเรตต์ดิจิทัล จนกระทั่งน้ำตัวอย่างเปลี่ยนสีจากสีชมพูเป็นสีม่วง
 - 6) คำนวณหาความเข้มข้นของแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง และค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายของค่าแคลเซียม (%ไบอัส)
- หมายเหตุ: ทำการทดลองที่ความเข้มข้นของแคลเซียม เท่ากับ 300 และ 600 ppm โดยทำการทดลองซ้ำคนละ 5 ครั้ง ต่อความเข้มข้นของน้ำตัวอย่าง และเจือจางน้ำตัวอย่าง 5 เท่า

3.3. วิธีพิจารณาจุดยุติด้วยเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ

- 1) ปิเปตต์น้ำตัวอย่าง 50 ml ใส่ปิเปกเกอร์พลาสติกขนาด 100 ml
- 2) เติมสารละลายบัฟเฟอร์ 6 ml
- 3) ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานอิตีทีเอ (0.01M) โดยใช้เครื่องไตเตรตอัตโนมัติ
- 4) บันทึกความเข้มข้นของแคลเซียมในน้ำตัวอย่างที่ได้ และคำนวณค่า %ไบอัส

หมายเหตุ: ทำการทดลองที่ความเข้มข้นของแคลเซียม เท่ากับ 300 และ 600 ppm โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และเจือจางน้ำตัวอย่าง 5 เท่า

3.4. วิธีพิจารณาจุดยุติด้วยแอปพลิเคชัน

3.4.1. การศึกษาจุดยุติโดยใช้ค่าดัชนีวัดสี

- 1) ปิเปตต์น้ำตัวอย่าง 50 ml ใส่ปิเปกเกอร์พลาสติกขนาด 100 ml
- 2) เติมสารละลายบัฟเฟอร์ 6 ml
- 3) เติมอินดิเคเตอร์ 153 459 765 และ 2,295 μg ตามลำดับ
- 4) ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานอิตีทีเอ (0.01M) โดยใช้เครื่องไตเตรตอัตโนมัติ และถ่ายวิดีโอ ขณะที่เครื่องไตเตรตทำงาน
- 5) บันทึกความเข้มข้นของแคลเซียมในน้ำตัวอย่างที่ได้จากเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ
- 6) นำวิดีโอที่ได้มาแปลงเป็นรูปภาพในแต่ละปริมาตรการเติมอิตีทีเอ แล้วใช้แอปพลิเคชัน วัดค่า HSV ในแต่ละภาพ
- 7) พล็อตกราฟระหว่างปริมาตรอิตีทีเอที่ใช้ กับ ค่า H (Hue) เพื่อหาจุดยุติของการไตเตรต แล้วเปรียบเทียบกับจุดยุติที่ได้ทางทฤษฎี
- 8) คำนวณค่า %ไบอัส แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่า %ไบอัส ของเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ

หมายเหตุ: ทำการทดลองที่ความเข้มข้นของแคลเซียม เท่ากับ 100 ppm โดยทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

3.4.2. การศึกษาอิทธิพลของค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง ความเข้มข้นของอิตีทีเอ และปริมาณอินดิเคเตอร์ ที่มีผลต่อค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมาย (%ไบอัส)

- กำหนดให้
- ตัวแปรตอบสนอง คือ ค่า %ไบอัสของค่าแคลเซียม
 - ปัจจัย คือ ค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง (X_1) ความเข้มข้นของอิตีทีเอ (X_2) และปริมาณอินดิเคเตอร์ (X_3)

1) ออกแบบการทดลอง โดยใช้การทดลองแบบส่วนประสมกลาง CCF ในการเก็บข้อมูลของน้ำตัวอย่าง 4 ความเข้มข้น (X_1) คือ 300 600 1,000 และ 1,500 ppm และศึกษาปัจจัยที่ 3 ระดับดังนี้

ตารางที่ 3.1 การกำหนดระดับปัจจัย

| ปัจจัย | -1 | 0 | 1 |
|--|-------|--------|------|
| X_2 : ความเข้มข้นของอีดีทีเอ (M) | 0.003 | 0.0065 | 0.01 |
| X_3 : ปริมาณอินดิเคเตอร์ (μg) | 31 | 92 | 153 |

หมายเหตุ: - เลือกค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง 4 ระดับ เพราะต้องการสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า %ไบอัส กับปัจจัยต่างๆที่มีความละเอียดมากขึ้น โดยยอมให้จำนวนการทดลองเพิ่มขึ้นจากการทดลองแบบส่วนประสมกลาง

- เลือกใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอที่มีค่าลดลงจากเดิมที่ 0.01M เพราะยังใช้อีดีทีเอที่ความเข้มข้นต่ำ ยิ่งทำให้ความคลาดเคลื่อนของการหาค่าอีดีทีเอ มีค่าลดลง

- เลือกใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ เท่ากับ 31 92 และ 153 μg เพราะจากการทดลองในหัวข้อที่ 3.4.1 ปริมาณอินดิเคเตอร์ 153 μg จะให้ค่า %ไบอัสของแคลเซียมน้อยที่สุด ดังนั้นต้องการทดสอบว่า ถ้าใช้อินดิเคเตอร์น้อยกว่า 153 μg ปริมาณอินดิเคเตอร์ยังมีผลต่อค่า %ไบอัส อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

2) ทำการทดลองตามเมทริกซ์การออกแบบ ดังแสดงในตารางที่ 3.2 โดยทำการทดลองซ้ำจำนวน 2 ครั้ง และมีลำดับการทดลองอย่างสุ่ม โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ดังนี้

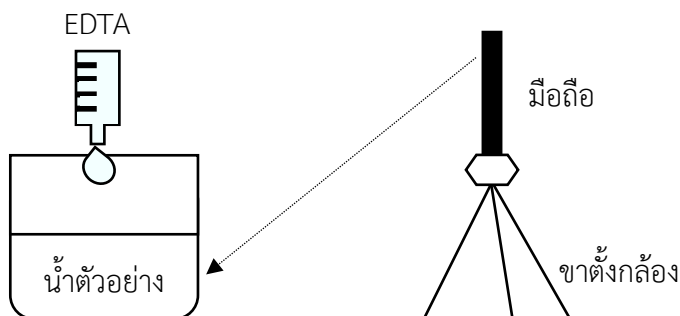
2.1) ปิเปตต์น้ำตัวอย่าง 50 ml ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 ml

2.2) เติมน้ำละลายบัฟเฟอร์ 6 ml

2.3) เติมนินดิเคเตอร์

2.4) ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ โดยใช้บิวเรตต์ดิจิตอล เมื่อน้ำตัวอย่างๆ เริ่มมีสีชมพูอมม่วงให้ใช้แอฟฟลิเคชัน วัดค่าดัชนีของสีในน้ำตัวอย่างๆ จนกระทั่งค่า H มีค่าคงที่ให้หยุดการไตเตรต ดังแสดงในรูปที่ 3.1

2.5) คำนวณหาความเข้มข้นของแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง และค่า %ไบอัส



รูปที่ 3.1 แบบจำลองการวิเคราะห์ค่าแคลเซียมด้วยแอปพลิเคชัน

3) นำผลการทดลองที่ได้ทั้งหมด มาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยกับค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยกับความเข้มข้นของอีดีทีเอ เมื่อใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ต่างๆ เพื่อใช้ดู แนวโน้มของค่า %ไบอัส เบื้องต้นว่ามีลักษณะแบบใด

4) ตรวจสอบสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ คือ ค่าความผิดพลาดมีการแจกแจงแบบปกติ หรือไม่ ค่าความผิดพลาดมีความเป็นอิสระต่อกันหรือไม่ และค่าความผิดพลาดมีความแปรปรวนคงที่หรือไม่

5) หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า %ไบอัส กับตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อค่า %ไบอัส โดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) ในโปรแกรม Minitab

6) ทำการตัดตัวแปรอิสระที่ไม่มีผลต่อค่า %ไบอัส อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ออกทีละตัวแปร แล้วหาสมการใหม่ โดยจะเริ่มตัดตัวแปรที่มีค่า P-Value มากที่สุดก่อน ทำจนกระทั่งเหลือแต่ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อค่า %ไบอัส อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 และตรวจสอบค่า R-Square ที่ได้ว่ามีค่ามากพอหรือไม่

7) นำสมการที่ได้ มาประมาณค่า %ไบอัส แบบช่วง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อทำการทดลองที่ค่าตัวแปรต่างๆ ดังนี้

ก) $X_1 = 800 \text{ ppm}$ และ $X_2 = 0.00824\text{M}$

ข) $X_1 = 1,200 \text{ ppm}$ และ $X_2 = 0.00824\text{M}$

ค) $X_1 = 2,000 \text{ ppm}$ และ $X_2 = 0.00824\text{M}$

หมายเหตุ: ค่า X_1 และ X_2 ที่เลือกใช้เป็นการสุ่มตัวเลขทั้งในช่วงและนอกช่วงของสมการ เพื่อทดสอบว่าสมการสอดคล้องกับการใช้งานจริงหรือไม่

8) ทำการทดลองที่ค่า ก ข และ ค โดยใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 92 μg แล้วนำค่า %ไบอัส ที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากสมการในข้อ 7) เพื่อตรวจสอบว่าสมการสามารถใช้งานได้จริงหรือไม่

ตารางที่ 3.2 เมทริกซ์การออกแบบ

| StdOrder | RunOrder | ความเข้มข้นอีดีทีเอ (M), X_2 | ปริมาณอินดิเคเตอร์ (μg), X_3 |
|----------|----------|-----------------------------------|--|
| 1 | 6 | 0.003 | 31 |
| 2 | 9 | 0.003 | 153 |
| 3 | 5 | 0.01 | 31 |
| 4 | 2 | 0.01 | 153 |
| 5 | 10 | 0.0065 | 31 |
| 6 | 4 | 0.0065 | 153 |
| 7 | 12 | 0.003 | 92 |
| 8 | 8 | 0.01 | 92 |
| 9 | 3 | 0.0065 | 92 |
| 10 | 13 | 0.0065 | 92 |
| 11 | 11 | 0.0065 | 92 |
| 12 | 7 | 0.0065 | 92 |
| 13 | 1 | 0.0065 | 92 |

3.5. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

- 1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)
- 2) การวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis)

หมายเหตุ: ใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ และเลือกใช้ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

3.6. การเปรียบเทียบความแม่นยำที่ได้ของวิธีพิจารณาจุดยุติทั้ง 3 วิธีการ ของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของค่าแคลเซียม ระหว่าง 300 ถึง 600 ppm

3.6.1. การเปรียบเทียบค่า %ไบอัส ของค่าแคลเซียมโดยเฉลี่ย

- 1) นำค่า %ไบอัส ของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม เท่ากับ 300 และ 600 ppm ของพนักงานทั้ง 7 คน มาหาค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ย จะได้ค่า %ไบอัส ของวิธีพิจารณาจุดยุติโดยพนักงาน
- 2) นำค่า %ไบอัส ของน้ำตัวอย่างที่ 300 และ 600 ppm ของเครื่องไตเตรตฯ มาหาค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ย จะได้ค่า %ไบอัส ของวิธีพิจารณาจุดยุติด้วยเครื่องไตเตรตฯ
- 3) นำค่า %ไบอัส ของน้ำตัวอย่างที่ 300 และ 600 ppm ของแอปพลิเคชันฯ เมื่อใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ เท่ากับ 92 μg และใช้อัตราที่ความเข้มข้น 0.01M มาหาค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ย จะได้ค่า %ไบอัส ของวิธีพิจารณาจุดยุติด้วยแอปพลิเคชันฯ
- 4) นำค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ย ของทั้ง 3 วิธี มาพล็อตกราฟแท่ง

3.6.2. การเปรียบเทียบค่า %CV ของค่าที่วัดได้โดยเฉลี่ย

- 1) หาค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของแคลเซียมที่วัดได้ (%CV) ของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม เท่ากับ 300 และ 600 ppm ของพนักงาน
- 2) หาค่า %CV ของน้ำตัวอย่างที่ 300 และ 600 ppm ของเครื่องไตเตรตฯ
- 3) หาค่า %CV ของน้ำตัวอย่างที่ 300 และ 600 ppm ของแอปพลิเคชันฯ
- 4) นำค่า %CV ของค่าที่วัดได้ ของทั้ง 3 วิธี มาพล็อตกราฟแท่ง

3.7. การนำแอฟฟลิเคชันไปประยุกต์ใช้

- 1) เก็บน้ำหล่อเย็นมา 2 ตัวอย่าง คือ น้ำหล่อเย็น A และ B โดยเก็บคนละเวลา
- 2) แบ่งน้ำหล่อเย็น A และน้ำหล่อเย็น B ไปกรองด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 1
- 3) วัดค่าความขุ่นของน้ำหล่อเย็น โดยใช้เครื่องวัดความขุ่น แล้วจดบันทึกค่าที่ได้
- 4) หาค่าแคลเซียมในน้ำหล่อเย็น โดยใช้แอฟฟลิเคชันและเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ เท่ากับ 0.01M ปริมาณอินดิเคเตอร์ เท่ากับ 153 μg และทดลองซ้ำจำนวน 2 ครั้ง



บทที่ 4

ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล

4.1. ผลของวิธีพิจารณาจุดยุติโดยพนักงาน

ตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 แสดงค่าความเข้มข้นของแคลเซียม และค่า %ไบอัส ที่ได้จากวิธีพิจารณาจุดยุติโดยพนักงานของพนักงานทั้ง 7 คน เมื่อวิเคราะห์น้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม เท่ากับ 300 และ 600 ppm ตามลำดับ โดยเจือจางน้ำตัวอย่าง 5 เท่า และใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ เท่ากับ 0.01M

ตารางที่ 4.1 ค่าความเข้มข้นของแคลเซียม และค่า %ไบอัส ที่ได้จากวิธีพนักงาน เมื่อใช้น้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm และใช้อิตีทีเอ 0.01M

| ครั้งที่ | ความเข้มข้นของแคลเซียมในน้ำตัวอย่างที่ได้ (ppm) | | | | | | |
|-------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | พนักงานคนที่ | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 293 | 298 | 293 | 295 | 298 | 301 | 278 |
| 2 | 289 | 301 | 292 | 292 | 299 | 301 | 279 |
| 3 | 291 | 300 | 291 | 295 | 300 | 302 | 280 |
| 4 | 288 | 300 | 291 | 289 | 295 | 301 | 279 |
| 5 | 292 | 300 | 294 | 294 | 300 | 301 | 282 |
| ค่าเฉลี่ย | 290.6 | 299.8 | 292.2 | 293.0 | 298.4 | 301.2 | 279.7 |
| ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 2.1 | 0.9 | 1.3 | 2.5 | 2.1 | 0.4 | 1.2 |
| %ไบอัส | -3.1 | -0.1 | -2.6 | -2.3 | -0.5 | 0.4 | -6.8 |

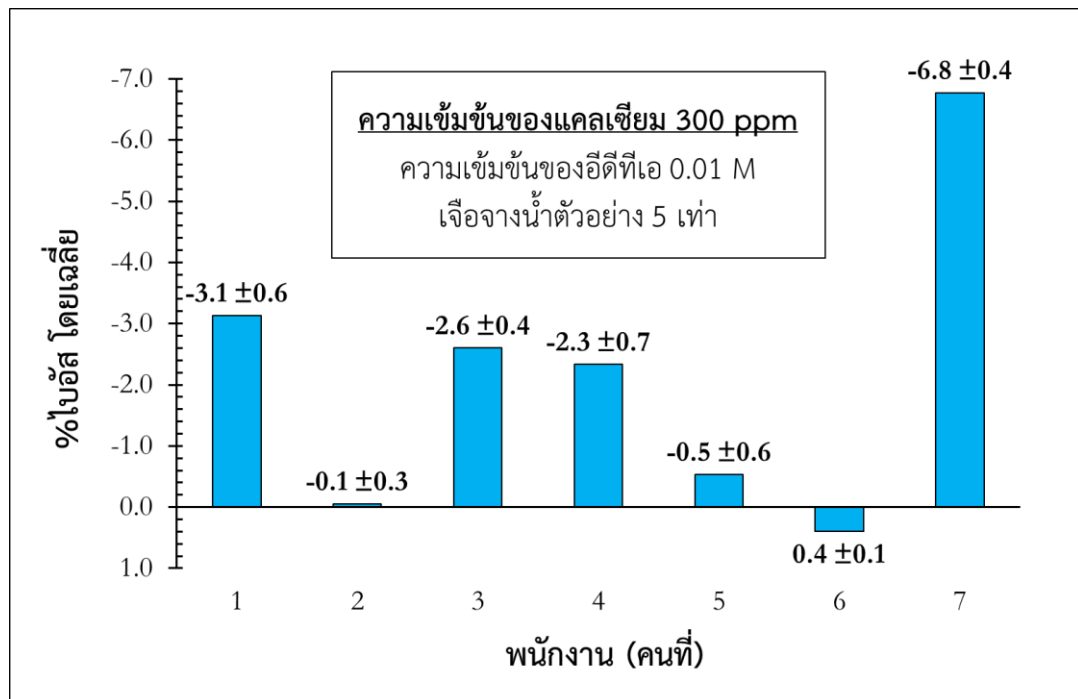
ตารางที่ 4.2 ค่าความเข้มข้นของแคลเซียม และค่า %ไบอัส ที่ได้จากวิธีพนักงาน เมื่อใช้น้ำตัวอย่างที่ความเข้มข้น 600 ppm และใช้อิทธิเอ 0.01M

| ครั้งที่ | ความเข้มข้นของแคลเซียมในน้ำตัวอย่างที่ได้ (ppm) | | | | | | |
|-------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | พนักงานคนที่ | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 561 | 597 | 579 | 576 | 600 | 566 | 577 |
| 2 | 562 | 599 | 579 | 580 | 582 | 567 | 580 |
| 3 | 557 | 598 | 580 | 581 | 581 | 567 | 580 |
| 4 | 566 | 599 | 577 | 584 | 599 | 565 | 580 |
| 5 | 564 | 598 | 579 | 592 | 596 | 562 | 577 |
| ค่าเฉลี่ย | 562.0 | 598.2 | 578.8 | 582.6 | 591.6 | 565.4 | 578.7 |
| ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 3.4 | 0.8 | 1.1 | 6.0 | 9.3 | 2.1 | 1.8 |
| %ไบอัส | -6.3 | -0.3 | -3.5 | -2.9 | -1.4 | -5.8 | -3.5 |

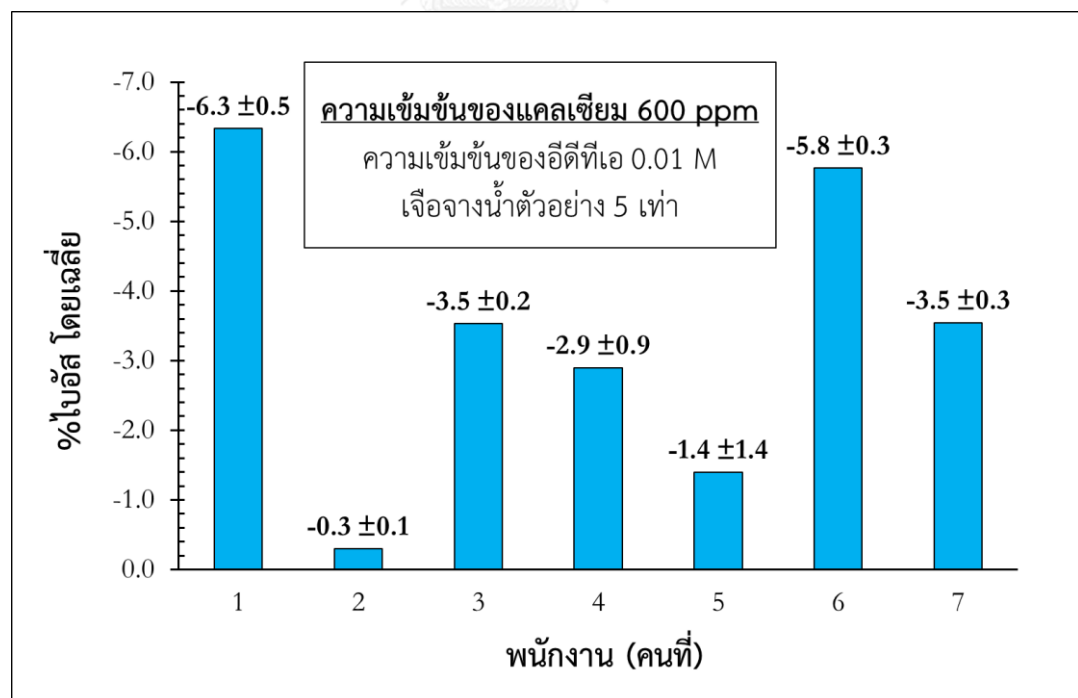
รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยของพนักงานทั้ง 7 คน เมื่อวิเคราะห์น้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม เท่ากับ 300 ppm โดยเจือจางน้ำตัวอย่าง 5 เท่า และใช้อิทธิเอที่ความเข้มข้น เท่ากับ 0.01M จากรูปพบว่า ค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ย ของพนักงานทั้ง 7 คน มีค่าแตกต่างกันมาก โดยที่พนักงานคนที่ 2 วิเคราะห์ค่าได้แม่นยำมากที่สุด และพนักงานคนที่ 7 วิเคราะห์ค่าได้แม่นยำน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ $-0.1 \pm 0.3\%$ และ $-6.8 \pm 0.4\%$ ตามลำดับ

รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยของพนักงานทั้ง 7 คน เมื่อวิเคราะห์น้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม เท่ากับ 600 ppm โดยเจือจางน้ำตัวอย่าง 5 เท่า และใช้อิทธิเอที่ความเข้มข้น เท่ากับ 0.01M จากรูปพบว่า ค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ย ของพนักงานทั้ง 7 คน มีค่าแตกต่างกันมากและมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อน้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นสูงขึ้น โดยที่พนักงานคนที่ 2 ยังคงวิเคราะห์ค่าได้แม่นยำมากที่สุด และพนักงานคนที่ 1 วิเคราะห์ค่าได้แม่นยำน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ $-0.3 \pm 0.1\%$ และ $-6.3 \pm 0.5\%$ ตามลำดับ

ทั้งนี้ เนื่องจากความสามารถในการแยกแยะที่จุดยุติของแต่ละคนแตกต่างกัน ทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีค่าแตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงนำแอปพลิเคชันฯ มาช่วยในการตัดสินใจที่จุดยุติแทนการตัดสินใจของมนุษย์ ซึ่งจะสามารถเพิ่มความแม่นยำ และลดความผันแปรของพนักงานลงได้



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบค่า %ไปอัส โดยเฉลี่ย ของพนักงานแต่ละคน เมื่อใช้น้ำตัวอย่างที่ความเข้มข้น 300 ppm และใช้อีดีทีเอ 0.01M



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบค่า %ไปอัส โดยเฉลี่ย ของพนักงานแต่ละคน เมื่อใช้น้ำตัวอย่างที่ความเข้มข้น 600 ppm และใช้อีดีทีเอ 0.01M

4.2. ผลของวิธีพิจารณาจุดยุติด้วยเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความเข้มข้นของแคลเซียมโดยเฉลี่ย และค่า %ไบอัส ที่ได้จากวิธีพิจารณาจุดยุติด้วยเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ เมื่อวิเคราะห์น้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมเท่ากับ 300 และ 600 ppm โดยเจือจางน้ำตัวอย่าง 5 เท่า และใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ เท่ากับ 0.01M

จากตารางพบว่า น้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 และ 600 ppm ให้ค่า %ไบอัส ต่ำและมีค่าใกล้เคียงกัน คือ -2.8% และ -1.0% ตามลำดับ ดังนั้นเครื่องไตเตรตอัตโนมัติสามารถวิเคราะห์ค่าแคลเซียมได้แม่นยำและเที่ยงตรงกว่าการวิเคราะห์โดยพนักงาน เนื่องจากเครื่องไตเตรตฯ ใช้ค่าศักย์ไฟฟ้าในการระบุจุดยุติของการไตเตรต ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความแม่นยำและเที่ยงตรงมากกว่า

ตารางที่ 4.3 ค่าความเข้มข้นของแคลเซียมโดยเฉลี่ย และค่า %ไบอัส ที่ได้จากเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ เมื่อใช้น้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 และ 600 ppm และใช้อีดีทีเอ 0.01M

| น้ำตัวอย่าง (ppm) | ค่าแคลเซียมที่ได้ (ppm) | ค่าแคลเซียมโดยเฉลี่ย (ppm) | S.D. (ppm) | %Bias |
|----------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------|-------|
| 300 | 292.2 | 291.6 | 0.5 | -2.8 |
| | 291.5 | | | |
| | 291.1 | | | |
| 600 | 594.2 | 594.1 | 0.8 | -1.0 |
| | 593.2 | | | |
| | 594.8 | | | |

4.3. ผลของวิธีพิจารณาจุดยุติด้วยแอปพลิเคชันฯ

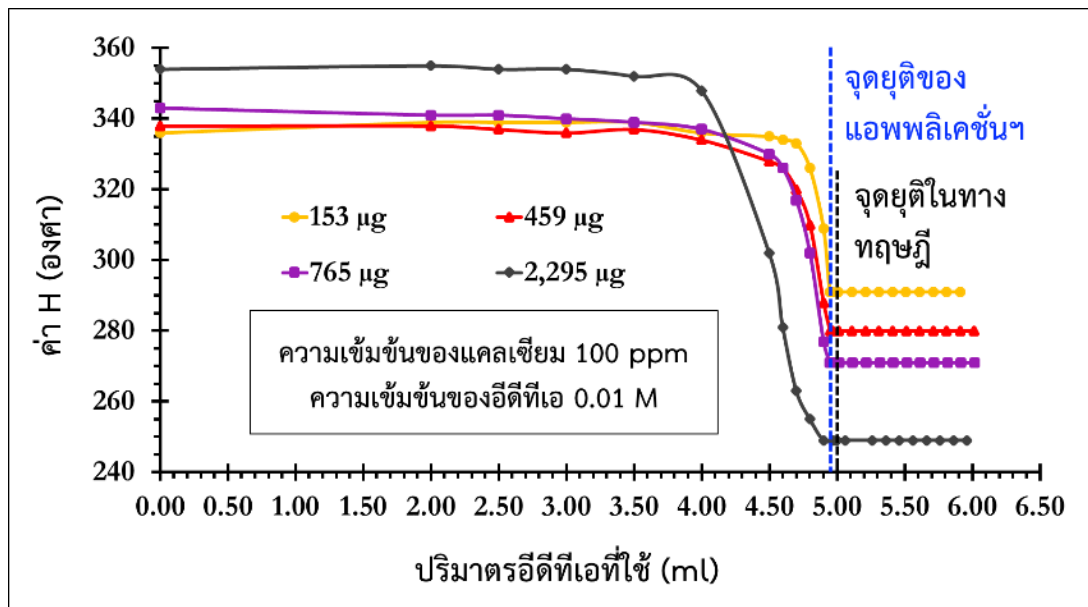
4.3.1. ผลการศึกษาจุดยุติโดยใช้ค่าดัชนีวัดสี

รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรอีดีทีเอที่ใช้ในการไตเตรตกับค่า H (Hue) ที่วัดได้จากแอปพลิเคชันฯ เมื่อใช้น้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm ใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ เท่ากับ 0.01M และเติมอินดิเคเตอร์ เท่ากับ 153 459 765 และ 2,295 μg จากรูปพบว่า ปริมาณอินดิเคเตอร์ทั้ง 4 ค่า ให้ผลลัพธ์ที่เหมือนกัน ดังนี้ การไตเตรตด้วยอีดีทีเอ

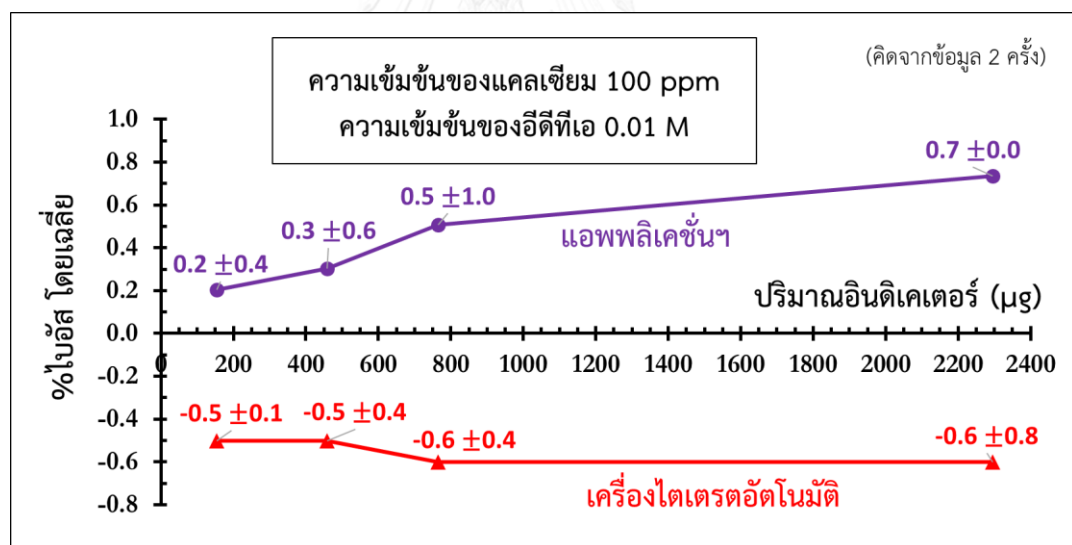
ในช่วงแรกค่า H ที่วัดได้ จะมีค่าคงที่อยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งเป็นช่วงที่น้ำตัวอย่างยังเป็นสีชมพู เมื่อทำการไตเตรตต่อโดยการเติมไอดีทีเอมากขึ้น ค่าของ H จะค่อยๆมีค่าลดลง เนื่องจากน้ำตัวอย่างเริ่มเปลี่ยนสีจากสีชมพูเป็นสีชมพูอมม่วง และเมื่อไตเตรตจนกระทั่งค่า H กลับมามีค่าคงที่อีกครั้ง จะเป็นช่วงที่น้ำตัวอย่างเปลี่ยนสีเป็นสีม่วง ซึ่งก็คือ จุดยุติของการไตเตรต แสดงว่าจุดแรกที่ค่า H เริ่มมีค่าคงที่เป็นครั้งที่สองคือ จุดยุติของการไตเตรตที่ได้จากแอฟฟลิเคชั่นนี้ นอกจากนี้ จากรูปยังพบว่า จุดยุติที่ได้จากแอฟฟลิเคชั่นๆ มีค่าใกล้เคียงกับจุดยุติในทางทฤษฎี ดังนั้นจุดยุติที่ได้จากแอฟฟลิเคชั่นๆนี้มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ

รูปที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้จากแอฟฟลิเคชั่นๆกับเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ ที่ปริมาณอินดิเคเตอร์ต่างๆ เมื่อใช้น้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm และใช้ไอดีทีเอที่ความเข้มข้น 0.01M จากรูปพบว่า เมื่อเติมอินดิเคเตอร์ เท่ากับ 153 459 765 และ 2,295 μg แอฟฟลิเคชั่นๆจะให้ค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ย เท่ากับ $0.2 \pm 0.4\%$ $0.3 \pm 0.6\%$ $0.5 \pm 1.0\%$ และ $0.7 \pm 0.0\%$ ตามลำดับ ในขณะที่เครื่องไตเตรตอัตโนมัติ จะให้ค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ย เท่ากับ $-0.5 \pm 0.1\%$ $-0.5 \pm 0.4\%$ $-0.6 \pm 0.4\%$ และ $-0.6 \pm 0.8\%$ ตามลำดับ ซึ่งค่า %ไบอัส ของแอฟฟลิเคชั่นๆ จะมีค่าน้อยกว่าของเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ เมื่อเติมอินดิเคเตอร์ เท่ากับ 153 459 และ 765 μg แสดงว่าปริมาณอินดิเคเตอร์ มีผลต่อความแม่นยำในการระบุจุดยุติของการไตเตรต เมื่อใช้แอฟฟลิเคชั่นๆ

ส่วนค่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแอฟฟลิเคชั่นๆ มีค่ามากกว่าเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ เนื่องจากการศึกษาจุดยุติของแอฟฟลิเคชั่นๆ ใช้รูปถ่ายที่ได้จากเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ ทำให้ไม่สามารถบังคับปริมาตรของไอดีทีเอที่เติมลงในน้ำตัวอย่างให้มีค่าเท่ากันในแต่ละการทดลองได้ จึงทำให้ผลการทดลองที่ได้มีค่าแตกต่างกันมาก โดยในการทดลองของหัวข้อถัดไป ได้เปลี่ยนมาใช้บิวเรตต์ดิจิตอลแทนเครื่องไตเตรตอัตโนมัติในการหาค่าสารละลายไอดีทีเอ ซึ่งโดยปกติพนักงานปฏิบัติการจะใช้บิวเรตต์ดิจิตอลในการไตเตรต ดังนั้นการทดลองจะสอดคล้องกับวิธีการใช้งานจริงของพนักงานมากขึ้น



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอิตีทีเอที่ใช้กับค่า H (Hue) เมื่อเติมอินดิเคเตอร์ต่างกัน และใช้น้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้จากแอฟฟลิเคชั่นกับเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ ที่ปริมาณอินดิเคเตอร์ต่างๆ เมื่อใช้น้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm

4.3.2. ผลการศึกษาอิทธิพลของค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง ความเข้มข้นของอีดีทีเอ และ ปริมาณอินดิเคเตอร์ ที่มีผลต่อค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมาย (%ไบอัส)

1) ผลการทดลองตามเมทริกซ์การออกแบบ

ตารางที่ 4.4 แสดงค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้ เมื่อใช้น้ำตัวอย่างที่มีค่า แคลเซียม เท่ากับ 300 600 1,000 และ 1,500 ppm และใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ เท่ากับ 0.003 0.0065 และ 0.01M และปริมาณอินดิเคเตอร์ เท่ากับ 31 92 และ 153 μg โดยทำการทดลองซ้ำจำนวน 2 ครั้ง

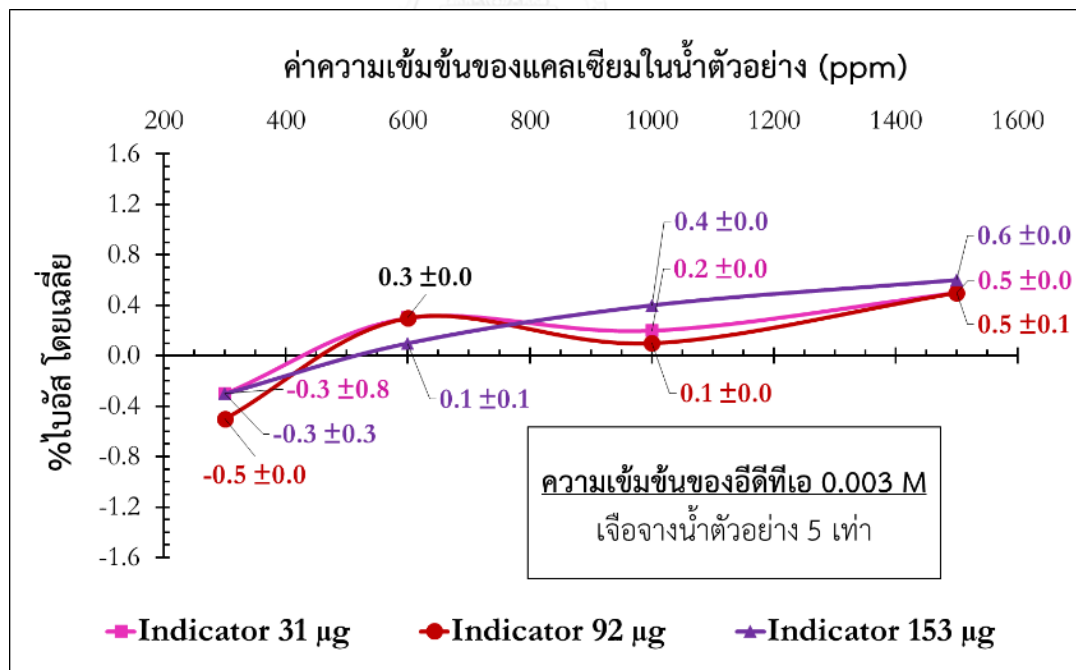
ตารางที่ 4.4 ค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้ เมื่อทดลองที่ค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง ค่าความเข้มข้นของอีดีทีเอ และปริมาณอินดิเคเตอร์แตกต่างกัน

| StdOrder | ความเข้มข้นอีดีทีเอ (M), X_2 | ปริมาณอินดิเคเตอร์ (μg), X_3 | %ไบอัส โดยเฉลี่ย | | | |
|----------|-----------------------------------|--|---|------|------|-----|
| | | | ค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง ($\times 100$ ppm), X_1 | | | |
| | | | 3 | 6 | 10 | 15 |
| 1 | 0.003 | 31 | -0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.5 |
| 2 | 0.003 | 153 | -0.3 | 0.1 | 0.4 | 0.6 |
| 3 | 0.01 | 31 | -1.3 | -0.9 | -0.3 | 0.8 |
| 4 | 0.01 | 153 | -1.3 | -0.6 | -0.2 | 1.0 |
| 5 | 0.0065 | 31 | -1.2 | -0.6 | -0.2 | 1.0 |
| 6 | 0.0065 | 153 | -1.2 | -0.6 | -0.2 | 1.4 |
| 7 | 0.003 | 92 | -0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.5 |
| 8 | 0.01 | 92 | -1.3 | -0.3 | 0.0 | 0.7 |
| 9 | 0.0065 | 92 | -1.2 | -0.2 | -0.2 | 1.4 |
| 10 | 0.0065 | 92 | -1.2 | -0.6 | -0.2 | 1.3 |
| 11 | 0.0065 | 92 | -1.2 | -0.2 | -0.2 | 1.2 |
| 12 | 0.0065 | 92 | -1.2 | -0.2 | -0.2 | 1.2 |
| 13 | 0.0065 | 92 | -1.2 | -0.2 | -0.2 | 1.2 |

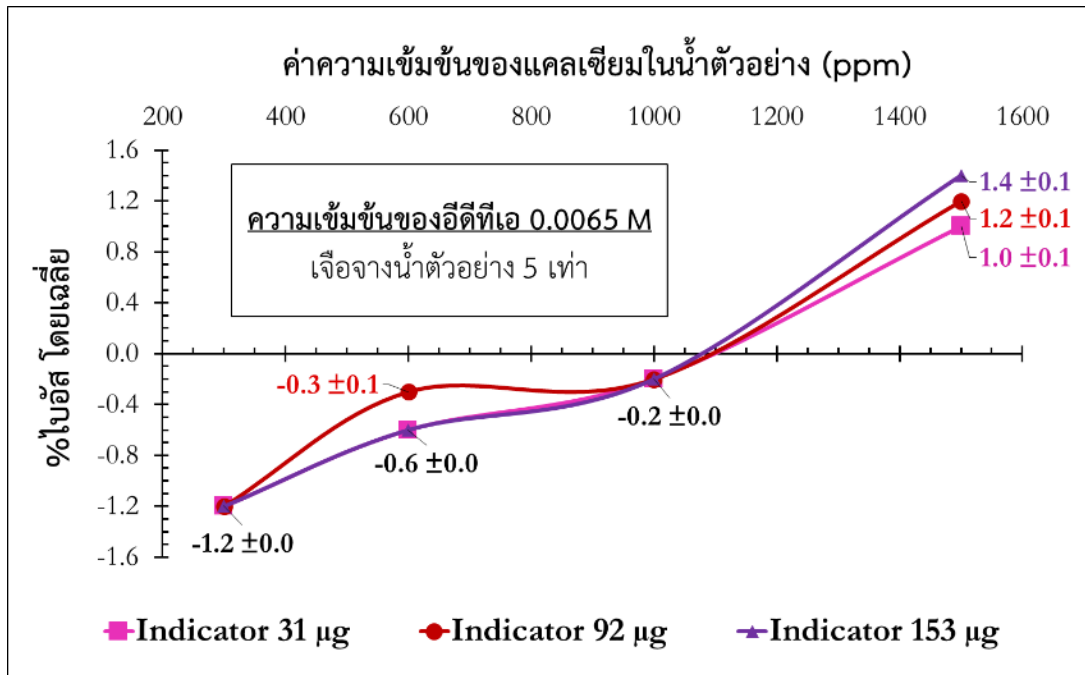
2) กราฟเปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้กับค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง

รูปที่ 4.5-4.7 แสดงการเปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้กับค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่างที่มีค่าเท่ากับ 300 600 1,000 และ 1,500 ppm และใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ เท่ากับ 31 92 และ 153 μg เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ เท่ากับ 0.003 0.0065 และ 0.01M ตามลำดับ

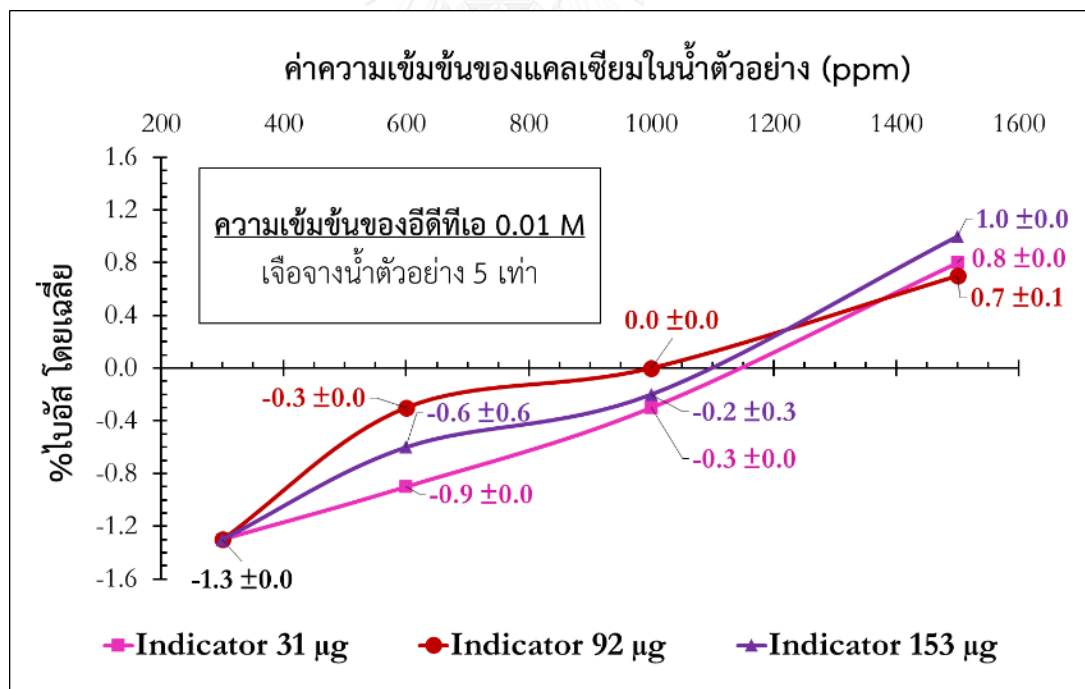
จากรูปที่ 4.5-4.7 พบว่าค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยมีค่าเป็นบวกเพิ่มขึ้น เมื่อน้ำตัวอย่างมีค่าแคลเซียมสูงขึ้น โดยที่ค่าแคลเซียม เท่ากับ 1,000 ppm โดยเฉลี่ยจะให้ค่า %ไบอัส เข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด ซึ่งมีค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.2% -0.2% และ -0.2% เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ เท่ากับ 0.003 0.0065 และ 0.01M ตามลำดับ และจากกราฟ พบว่าการใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ที่แตกต่างกัน จะให้ค่า %ไบอัส ไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเทียบกับความแตกต่างที่ได้จากความต่างของค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง แต่ทั้งนี้ปริมาณอินดิเคเตอร์ที่ 92 μg จะให้ค่า %ไบอัส น้อยที่สุด และกราฟจะมีค่าความชันลดลง เมื่อใช้อีดีทีเอที่มีความเข้มข้นลดลง



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้กับค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.003M



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบค่า % ไรต์ โดยเฉลี่ยที่ได้กับค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.0065M

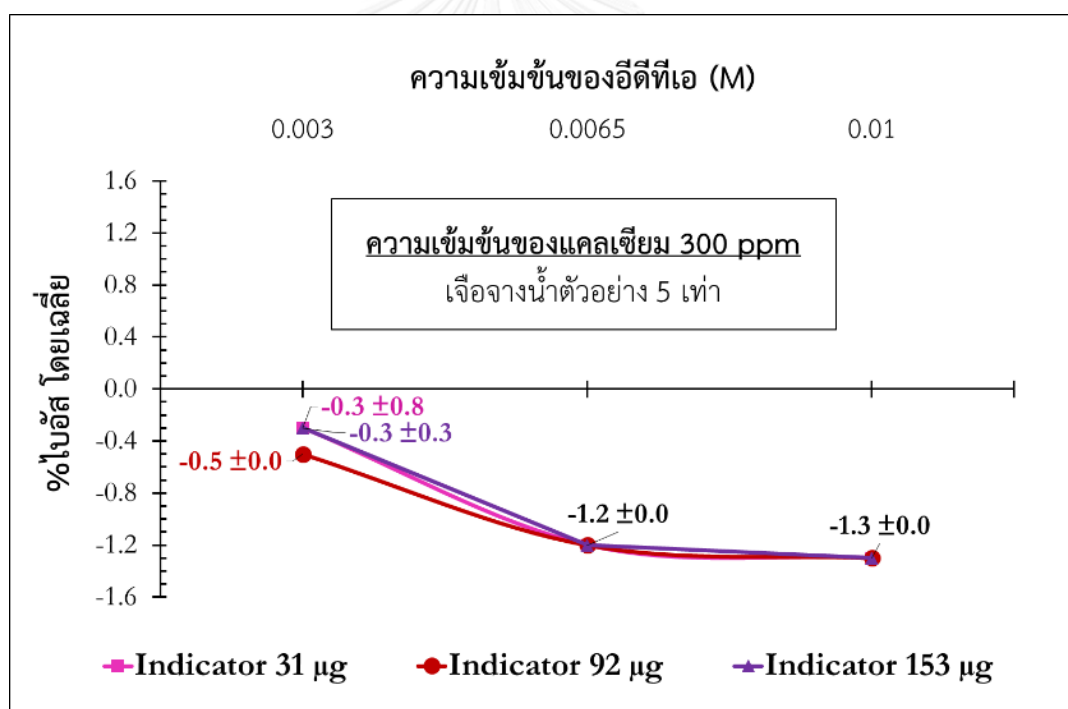


รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบค่า % ไรต์ โดยเฉลี่ยที่ได้กับค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.01M

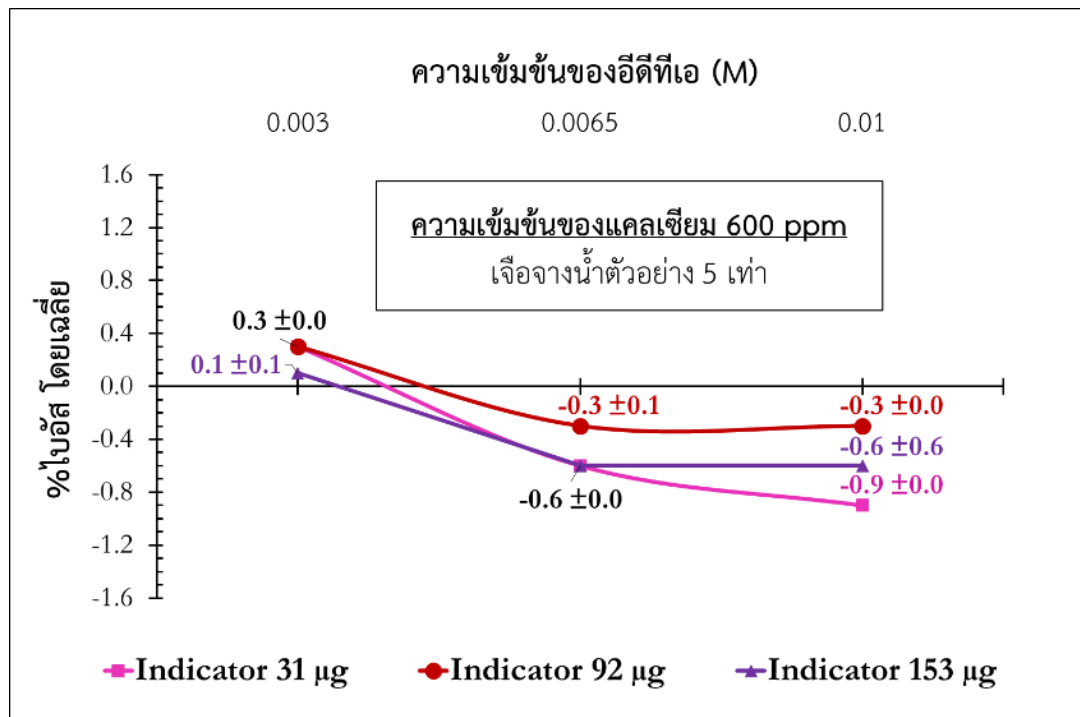
3) กราฟเปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้กับค่าความเข้มข้นของอีดีทีเอ

รูปที่ 4.8-4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้กับค่าความเข้มข้นของอีดีทีเอที่มีค่าเท่ากับ 0.003 0.0065 และ 0.01M และใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ เท่ากับ 31 92 และ 153 μg เมื่อใช้น้ำตัวอย่างที่มีค่าแคลเซียม เท่ากับ 300 600 1,000 และ 1,500 ppm ตามลำดับ

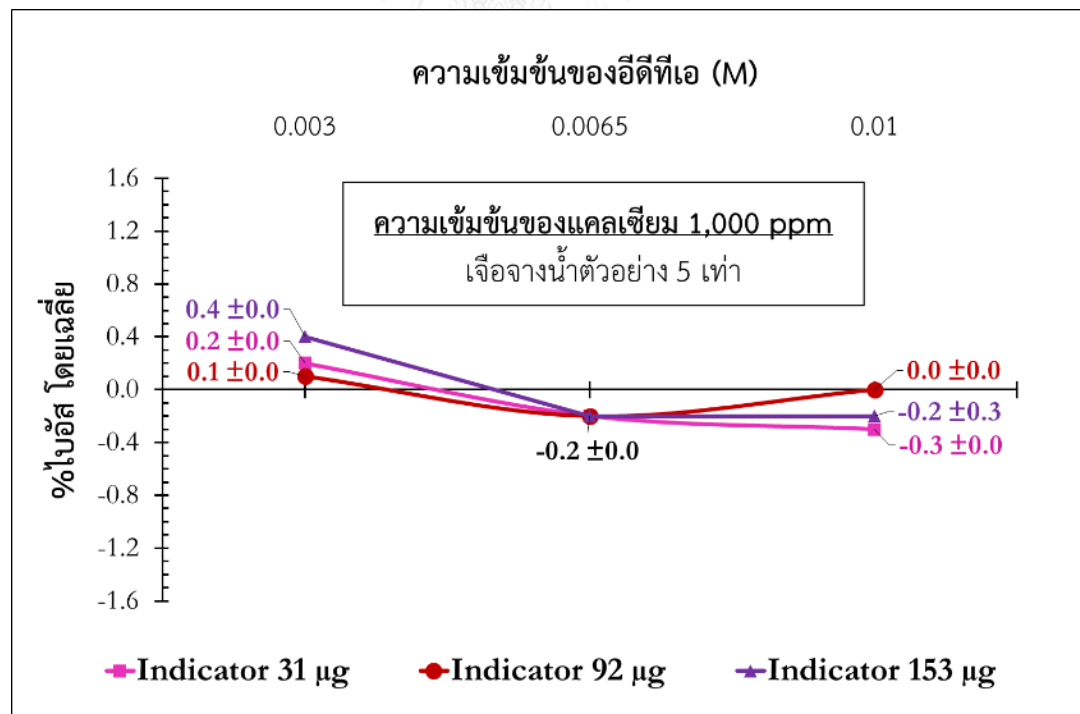
จากรูปที่ 4.8-4.11 พบว่า ความเข้มข้นของอีดีทีเอ เท่ากับ 0.003M จะให้ค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ -0.4% 0.2% 0.2% และ 0.5% เมื่อใช้น้ำตัวอย่างที่มีค่าแคลเซียม เท่ากับ 300 600 1,000 และ 1,500 ppm ตามลำดับ และค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยมีค่าเป็นบวกเพิ่มขึ้น เมื่อน้ำตัวอย่างมีค่าแคลเซียมสูงขึ้น



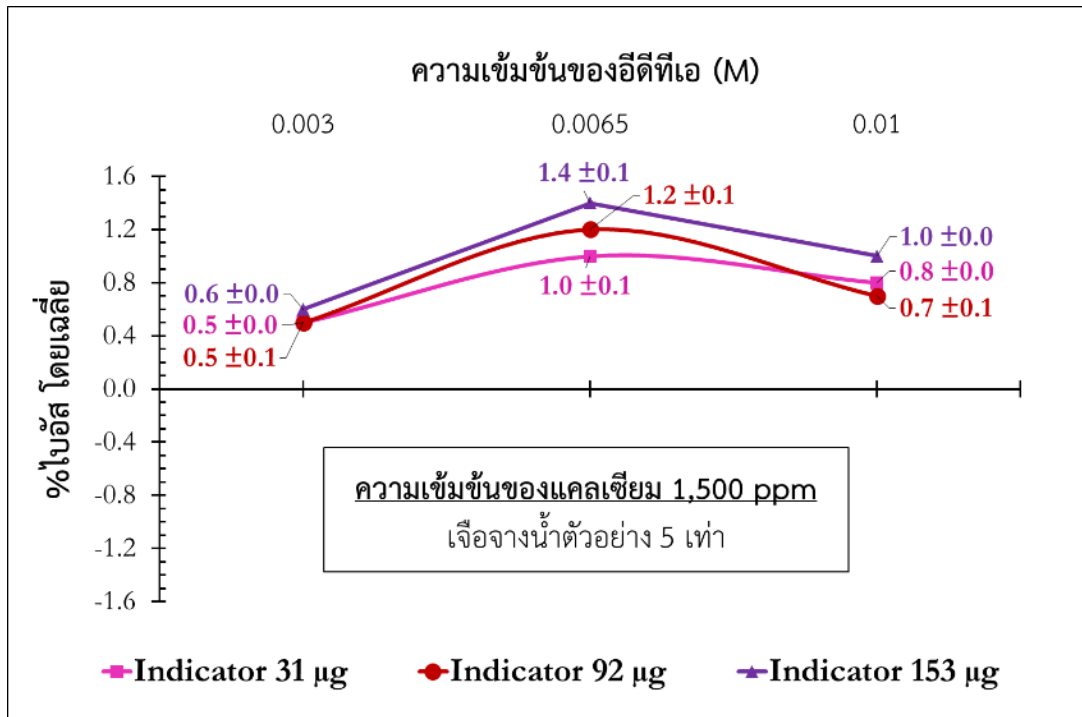
รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้กับค่าความเข้มข้นของอีดีทีเอ เมื่อค่าแคลเซียม เท่ากับ 300 ppm



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้กับค่าความเข้มข้นของอีดีทีเอ เมื่อค่าแคลเซียมเท่ากับ 600 ppm



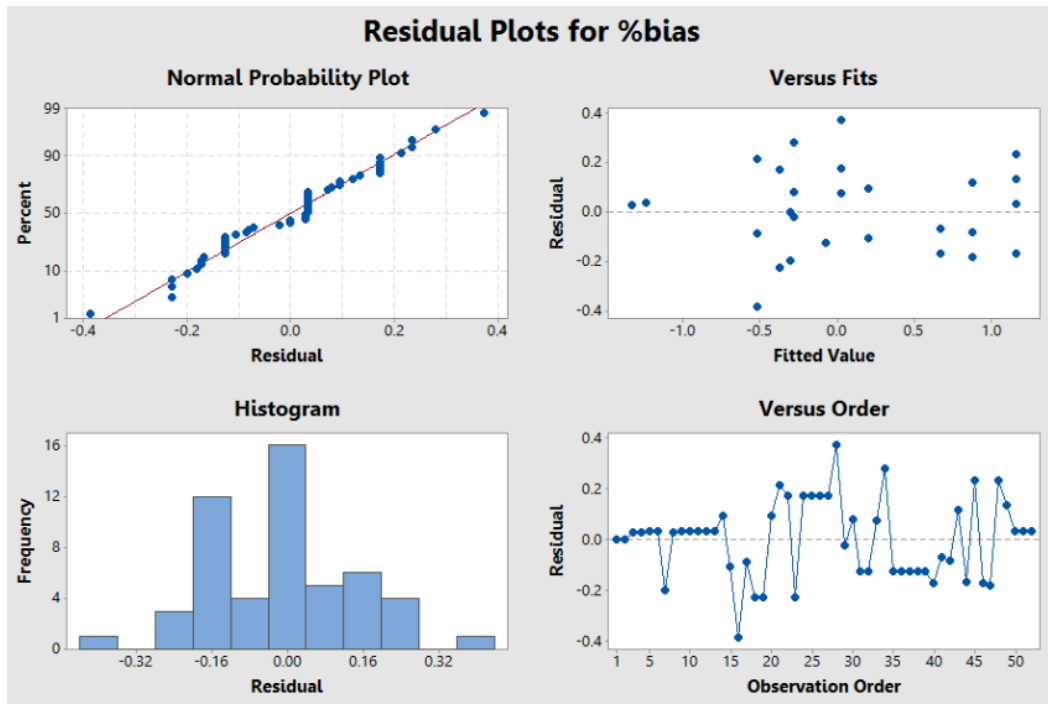
รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยที่ได้กับค่าความเข้มข้นของอีดีทีเอ เมื่อค่าแคลเซียมเท่ากับ 1,000 ppm



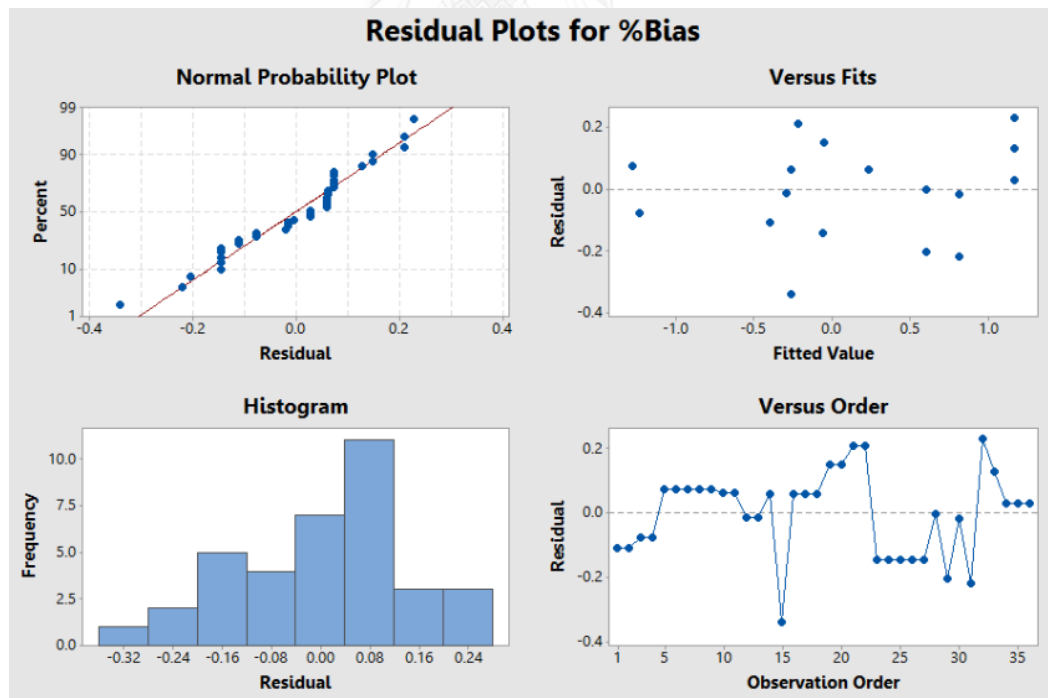
รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบค่า % ionicity โดยเฉลี่ยที่ได้กับค่าความเข้มข้นของอีดีทีเอ เมื่อค่าแคลเซียมเท่ากับ 1,500 ppm

4) การตรวจสอบสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ

รูปที่ 4.12 และรูปที่ 4.13 แสดงผลการตรวจสอบสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 31-153 µg และกรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 92 µg ตามลำดับจากทั้ง 2 รูปพบว่า กราฟความน่าจะเป็นแบบการแจกแจงปกติ (Normal Probability Plot) มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน ดังนั้นค่าความผิดพลาดมีการแจกแจงแบบปกติ ส่วนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาดกับลำดับของการทดลอง ไม่แสดงสัญญาณของการเกิดแนวโน้มของข้อมูล ดังนั้นค่าความผิดพลาดมีความเป็นอิสระต่อกัน และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาดกับค่าพีทมีลักษณะการกระจายตัวแบบสุ่ม ดังนั้นค่าความผิดพลาดมีความแปรปรวนคงที่



รูปที่ 4.12 ผลการตรวจสอบสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 31-153 μg



รูปที่ 4.13 ผลการตรวจสอบสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 92 μg

5) สมการค่า %ไบอัส กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 31-153 μg

รูปที่ 4.14 แสดงผลการวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 31-153 μg จากรูปพบว่า ปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่า %ไบอัส อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ได้แก่ ค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง (X_1) และค่าความเข้มข้นของอีดีทีเอ (X_2) ส่วนปริมาณอินดิเคเตอร์ (X_3) ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ระหว่าง 31 ถึง 153 μg เนื่องจากมีค่า P-Value เท่ากับ 0.577 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 นอกจากนี้ยังมีผลกระทบร่วมระหว่างค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง และค่าความเข้มข้นของอีดีทีเอ เนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 และค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง และค่าความเข้มข้นของอีดีทีเอ มีผลต่อค่า %ไบอัส ในรูปแบบเชิงเส้นโค้ง เพราะ X_1^2 และ X_2^2 มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05

รูปที่ 4.15 แสดงสมการค่า %ไบอัส ที่ได้ กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 31-153 μg หลังจากตัดตัวแปรอิสระที่ไม่มีผลต่อค่า %ไบอัส อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ออก จากรูปพบว่า สมการที่ได้มีค่า R-Square ของการพยากรณ์ค่า %ไบอัส เท่ากับ 95.12% แสดงว่าสมการนี้สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของค่า %ไบอัส ได้ 95.12% ซึ่งมีค่าสูงมาก

Regression Analysis: %bias versus Calcium, EDTA, Indicator

Analysis of Variance

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
|-----------------------------|----|---------|---------|---------|---------|
| Regression | 17 | 31.3173 | 1.84219 | 68.75 | 0.000 |
| Calcium | 1 | 0.5594 | 0.55939 | 20.88 | 0.000 |
| EDTA | 1 | 0.8625 | 0.86248 | 32.19 | 0.000 |
| Indicator | 1 | 0.0085 | 0.00849 | 0.32 | 0.577 |
| Calcium*Calcium | 1 | 1.2498 | 1.24981 | 46.65 | 0.000 |
| EDTA*EDTA | 1 | 0.6184 | 0.61840 | 23.08 | 0.000 |
| Indicator*Indicator | 1 | 0.0047 | 0.00471 | 0.18 | 0.678 |
| Calcium*EDTA | 1 | 0.6097 | 0.60972 | 22.76 | 0.000 |
| Calcium*Indicator | 1 | 0.0034 | 0.00342 | 0.13 | 0.723 |
| EDTA*Indicator | 1 | 0.0340 | 0.03402 | 1.27 | 0.268 |
| Calcium*Calcium*Calcium | 1 | 1.2927 | 1.29272 | 48.25 | 0.000 |
| Calcium*Calcium*EDTA | 1 | 0.0542 | 0.05417 | 2.02 | 0.164 |
| Calcium*Calcium*Indicator | 1 | 0.0015 | 0.00149 | 0.06 | 0.815 |
| Calcium*EDTA*EDTA | 1 | 1.2367 | 1.23670 | 46.16 | 0.000 |
| Calcium*EDTA*Indicator | 1 | 0.0017 | 0.00174 | 0.06 | 0.801 |
| Calcium*Indicator*Indicator | 1 | 0.0145 | 0.01452 | 0.54 | 0.467 |
| EDTA*EDTA*Indicator | 1 | 0.0002 | 0.00021 | 0.01 | 0.930 |
| EDTA*Indicator*Indicator | 1 | 0.0602 | 0.06021 | 2.25 | 0.143 |
| Error | 34 | 0.9110 | 0.02679 | | |
| Lack-of-Fit | 18 | 0.7510 | 0.04172 | 4.17 | 0.003 |
| Pure Error | 16 | 0.1600 | 0.01000 | | |
| Total | 51 | 32.2283 | | | |

Model Summary

| S | R-sq | R-sq(adj) | R-sq(pred) |
|----------|--------|-----------|------------|
| 0.163688 | 97.17% | 95.76% | 92.03% |

รูปที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ความถดถอย กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 31-153 μg

Regression Analysis: %bias versus Calcium, EDTA

Analysis of Variance

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
|-------------------------|----|---------|---------|---------|---------|
| Regression | 7 | 31.6073 | 4.51533 | 168.94 | 0.000 |
| Calcium | 1 | 2.0680 | 2.06801 | 77.38 | 0.000 |
| EDTA | 1 | 4.0022 | 4.00217 | 149.74 | 0.000 |
| Calcium*Calcium | 1 | 2.1614 | 2.16139 | 80.87 | 0.000 |
| EDTA*EDTA | 1 | 2.1539 | 2.15387 | 80.59 | 0.000 |
| Calcium*EDTA | 1 | 2.9771 | 2.97712 | 111.39 | 0.000 |
| Calcium*Calcium*Calcium | 1 | 2.1823 | 2.18231 | 81.65 | 0.000 |
| Calcium*EDTA*EDTA | 1 | 1.9372 | 1.93721 | 72.48 | 0.000 |
| Error | 45 | 1.2027 | 0.02673 | | |
| Lack-of-Fit | 29 | 1.0427 | 0.03596 | 3.60 | 0.005 |
| Pure Error | 16 | 0.1600 | 0.01000 | | |
| Total | 52 | 32.8100 | | | |

Model Summary

| S | R-sq | R-sq(adj) | R-sq(pred) |
|----------|--------|-----------|------------|
| 0.163484 | 96.33% | 95.76% | 95.12% |

Coefficients

| Term | Coef | SE Coef | T-Value | P-Value | VIF |
|-------------------------|----------|----------|---------|---------|---------|
| Calcium | 0.6790 | 0.0772 | 8.80 | 0.000 | 1072.39 |
| EDTA | -851.7 | 69.6 | -12.24 | 0.000 | 451.49 |
| Calcium*Calcium | -0.1090 | 0.0121 | -8.99 | 0.000 | 4430.11 |
| EDTA*EDTA | 50807 | 5660 | 8.98 | 0.000 | 204.88 |
| Calcium*EDTA | 86.43 | 8.19 | 10.55 | 0.000 | 578.20 |
| Calcium*Calcium*Calcium | 0.004137 | 0.000458 | 9.04 | 0.000 | 1267.81 |
| Calcium*EDTA*EDTA | -5514 | 648 | -8.51 | 0.000 | 248.18 |

Regression Equation

$$\%bias = 0.6790 \text{ Calcium} - 851.7 \text{ EDTA} - 0.1090 \text{ Calcium*Calcium} + 50807 \text{ EDTA*EDTA} \\ + 86.43 \text{ Calcium*EDTA} + 0.004137 \text{ Calcium*Calcium*Calcium} - 5514 \text{ Calcium*EDTA*EDTA}$$

รูปที่ 4.15 สมการค่า %ไบอัส กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 31-153 μg

6) สมการค่า %ไบอัส กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 92 μg

รูปที่ 4.16 แสดงผลการวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 92 μg จากรูปพบว่า ปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่า %ไบอัส อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ได้แก่ ค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง (X_1) และค่าความเข้มข้นของอีดีทีเอ (X_2) นอกจากนี้ยังมีผลกระทบร่วมระหว่างค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง และค่าความเข้มข้นของอีดีทีเอ เนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 และค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง และค่าความเข้มข้นของอีดีทีเอ มีผลต่อค่า %ไบอัส ในรูปแบบเชิงเส้นโค้ง เพราะ X_1^2 และ X_2^2 มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05

รูปที่ 4.17 แสดงสมการค่า %ไบอัส ที่ได้ กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 92 μg หลังจากตัดตัวแปรอิสระที่ไม่มีผลต่อค่า %ไบอัส อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ออกจากรูปพบว่า สมการที่ได้มีค่า R-Square ของการพยากรณ์ค่า %ไบอัส เท่ากับ 95.35% ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจากสมการก่อนหน้าที่ใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 31-153 μg ที่มีค่า R-Square เท่ากับ 95.12%

Regression Analysis: %Bias versus Calcium, EDTA

Analysis of Variance

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
|-------------------------|----|---------|---------|---------|---------|
| Regression | 8 | 20.8040 | 2.60051 | 117.22 | 0.000 |
| Calcium | 1 | 0.7086 | 0.70860 | 31.94 | 0.000 |
| EDTA | 1 | 1.2169 | 1.21687 | 54.85 | 0.000 |
| Calcium*Calcium | 1 | 1.4288 | 1.42885 | 64.40 | 0.000 |
| EDTA*EDTA | 1 | 0.9533 | 0.95335 | 42.97 | 0.000 |
| Calcium*EDTA | 1 | 0.7374 | 0.73737 | 33.24 | 0.000 |
| Calcium*Calcium*Calcium | 1 | 1.5712 | 1.57123 | 70.82 | 0.000 |
| Calcium*Calcium*EDTA | 1 | 0.0031 | 0.00311 | 0.14 | 0.711 |
| Calcium*EDTA*EDTA | 1 | 1.0768 | 1.07682 | 48.54 | 0.000 |
| Error | 27 | 0.5990 | 0.02219 | | |
| Lack-of-Fit | 3 | 0.3990 | 0.13300 | 15.96 | 0.000 |
| Pure Error | 24 | 0.2000 | 0.00833 | | |
| Total | 35 | 21.4031 | | | |

Model Summary

| S | R-sq | R-sq(adj) | R-sq(pred) |
|----------|--------|-----------|------------|
| 0.148948 | 97.20% | 96.37% | 94.49% |

รูปที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ความถดถอย กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 92 μg

Regression Analysis: %Bias versus Calcium, EDTA

Analysis of Variance

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
|-------------------------|----|---------|---------|---------|---------|
| Regression | 7 | 21.0341 | 3.00487 | 137.04 | 0.000 |
| Calcium | 1 | 1.9288 | 1.92879 | 87.96 | 0.000 |
| EDTA | 1 | 3.8482 | 3.84824 | 175.50 | 0.000 |
| Calcium*Calcium | 1 | 2.0402 | 2.04022 | 93.04 | 0.000 |
| EDTA*EDTA | 1 | 2.4142 | 2.41415 | 110.10 | 0.000 |
| Calcium*EDTA | 1 | 3.0021 | 3.00212 | 136.91 | 0.000 |
| Calcium*Calcium*Calcium | 1 | 1.9958 | 1.99581 | 91.02 | 0.000 |
| Calcium*EDTA*EDTA | 1 | 2.1595 | 2.15953 | 98.49 | 0.000 |
| Error | 29 | 0.6359 | 0.02193 | | |
| Lack-of-Fit | 5 | 0.4359 | 0.08718 | 10.46 | 0.000 |
| Pure Error | 24 | 0.2000 | 0.00833 | | |
| Total | 36 | 21.6700 | | | |

Model Summary

| S | R-sq | R-sq(adj) | R-sq(pred) |
|----------|--------|-----------|------------|
| 0.148079 | 97.07% | 96.36% | 95.35% |

Coefficients

| Term | Coef | SE Coef | T-Value | P-Value | VIF |
|-------------------------|----------|----------|---------|---------|---------|
| Calcium | 0.7914 | 0.0844 | 9.38 | 0.000 | 1081.38 |
| EDTA | -1002.2 | 75.7 | -13.25 | 0.000 | 448.16 |
| Calcium*Calcium | -0.1277 | 0.0132 | -9.65 | 0.000 | 4462.65 |
| EDTA*EDTA | 64694 | 6166 | 10.49 | 0.000 | 201.71 |
| Calcium*EDTA | 104.38 | 8.92 | 11.70 | 0.000 | 576.35 |
| Calcium*Calcium*Calcium | 0.004770 | 0.000500 | 9.54 | 0.000 | 1276.30 |
| Calcium*EDTA*EDTA | -7008 | 706 | -9.92 | 0.000 | 244.78 |

Regression Equation

$$\% \text{Bias} = 0.7914 \text{ Calcium} - 1002.2 \text{ EDTA} - 0.1277 \text{ Calcium*Calcium} + 64694 \text{ EDTA*EDTA} \\ + 104.38 \text{ Calcium*EDTA} + 0.004770 \text{ Calcium*Calcium*Calcium} - 7008 \text{ Calcium*EDTA*EDTA}$$

รูปที่ 4.17 สมการค่า %ไบอัส กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 92 μg

7) การเปรียบเทียบค่า %ไบอัส ที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากสมการ

- สมการ: กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 31-153 μg

$$\begin{aligned} \% \text{ไบอัส} = & 0.679X_1 - 851.7X_2 - 0.109X_1^2 + 50,807X_2^2 + 86.43X_1X_2 \\ & + 0.004137X_1^3 - 5,514X_1X_2^2 \end{aligned}$$

- สมการ: กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 92 μg

$$\begin{aligned} \% \text{ไบอัส} = & 0.7914X_1 - 1,002.2X_2 - 0.1277X_1^2 + 64,694X_2^2 \\ & + 104.38X_1X_2 + 0.00477X_1^3 - 7,008X_1X_2^2 \end{aligned}$$

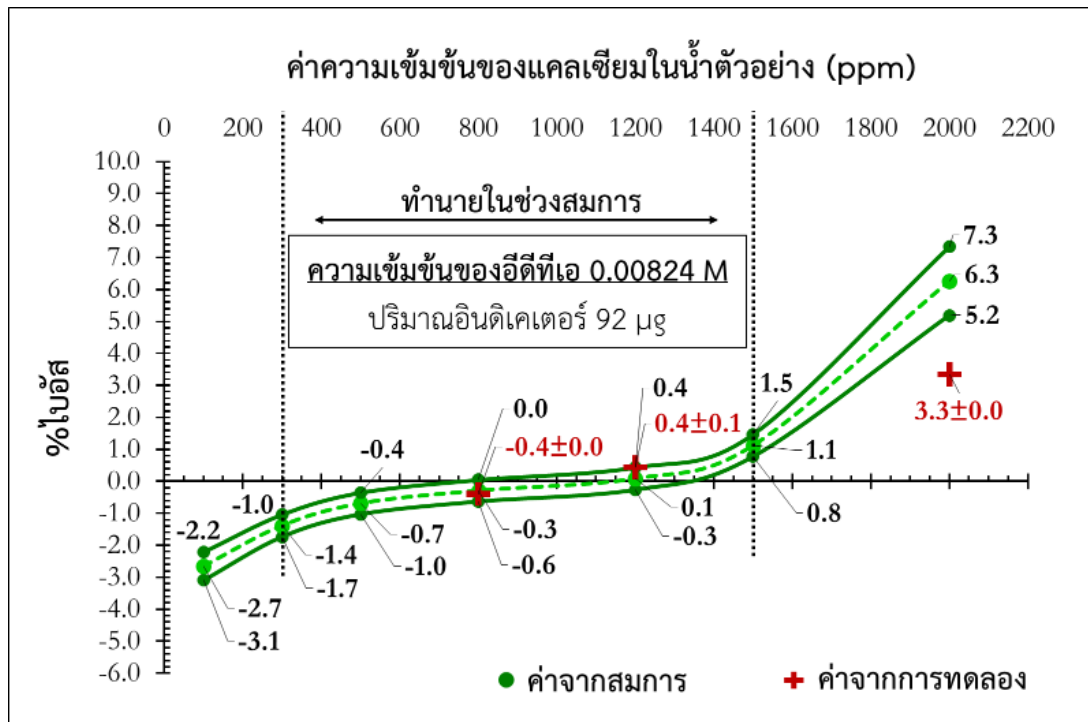
เมื่อ X_1 = ค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง ($\times 100$ ppm), X_2 = ความเข้มข้นไอทีทีเอ (M)

จากรูปที่ 4.18 และรูปที่ 4.19 พบว่า เมื่อน้ำตัวอย่างมีค่าแคลเซียม เท่ากับ 800 ppm ค่า %ไบอัส ที่ได้จากการทดลองจะมีค่าเท่ากับ $-0.4 \pm 0.0\%$ ซึ่งอยู่ในช่วงของการประมาณค่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่เมื่อน้ำตัวอย่างมีค่าแคลเซียม เท่ากับ 1,200 ppm ค่า %ไบอัส ที่ได้จากการทดลองจะมีค่าเท่ากับ $0.4 \pm 0.1\%$ ซึ่งมีโอกาสอยู่ในช่วงหรือนอกช่วงของการประมาณค่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเมื่อน้ำตัวอย่างมีค่าแคลเซียม เท่ากับ 2,000 ppm ซึ่งเป็นการทำนายนอกช่วงของสมการ ค่า %ไบอัส ที่ได้จากการทดลองจะมีค่าเท่ากับ $3.3 \pm 0.0\%$ ซึ่งมีค่าอยู่นอกช่วงของการประมาณค่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

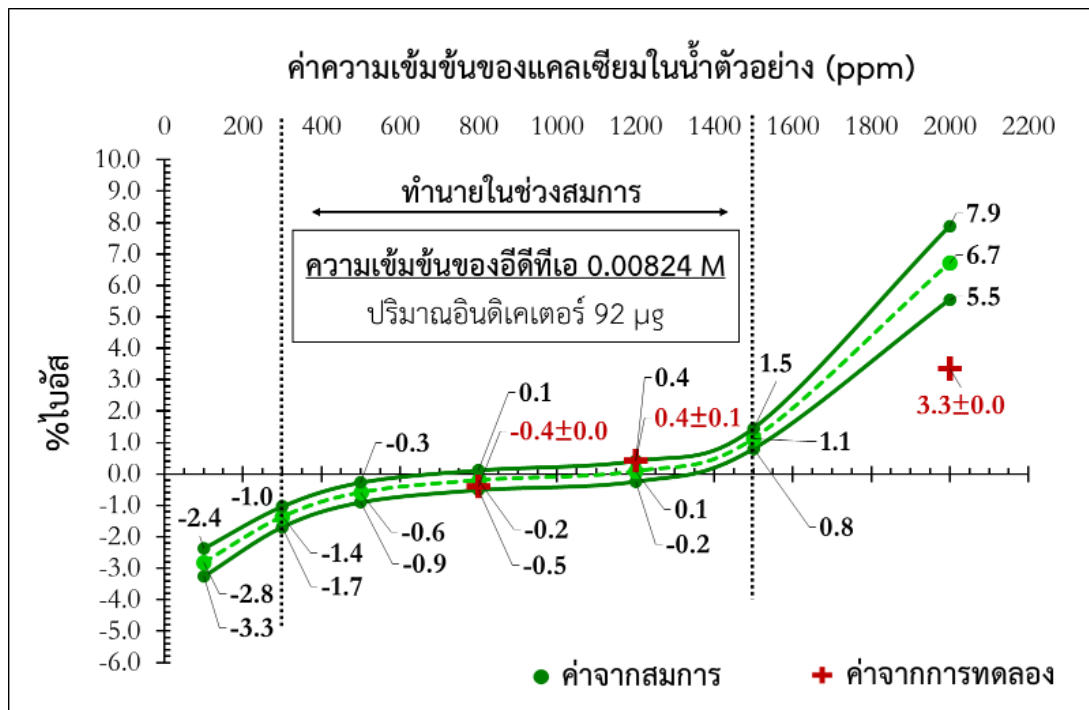
นอกจากนี้ยัง พบว่า ค่า %ไบอัส มีแนวโน้มเป็นบวกมากขึ้น เมื่อน้ำตัวอย่างมีค่าแคลเซียมเพิ่มขึ้น เนื่องจากที่ปริมาณอินดิเคเตอร์เท่ากัน ค่าความเข้มข้นของสีในน้ำตัวอย่างจะมากขึ้นและมีค่าความสว่างลดลง เมื่อน้ำตัวอย่างมีค่าแคลเซียมสูงขึ้น ทำให้แอฟฟลิเคชั่นฯ ไม่สามารถจับสีที่จุดยุติได้ ทั้งที่ถึงจุดยุติแล้ว จึงทำให้ค่า %ไบอัส ที่ได้มีค่าเป็นบวก

จากรูปที่ 4.18 พบว่า ถ้าวิเคราะห์น้ำตัวอย่างที่มีค่าแคลเซียม ระหว่าง 400 ถึง 1,500 ppm ค่า %ไบอัส ที่ได้จะมีค่าอยู่ในช่วง -1.0% ถึง 1.0% และถ้าวิเคราะห์น้ำตัวอย่างที่มีค่าแคลเซียม เท่ากับ 1,200 ppm จะได้ค่า %ไบอัส เท่ากับ 0.0%

จากรูปที่ 4.19 พบว่า ถ้าวิเคราะห์น้ำตัวอย่างที่มีค่าแคลเซียม ระหว่าง 375 ถึง 1,500 ppm ค่า %ไบอัส ที่ได้จะมีค่าอยู่ในช่วง -1.0% ถึง 1.0% และถ้าวิเคราะห์น้ำตัวอย่างที่มีค่าแคลเซียม เท่ากับ 1,200 ppm จะได้ค่า %ไบอัส เท่ากับ 0.0%



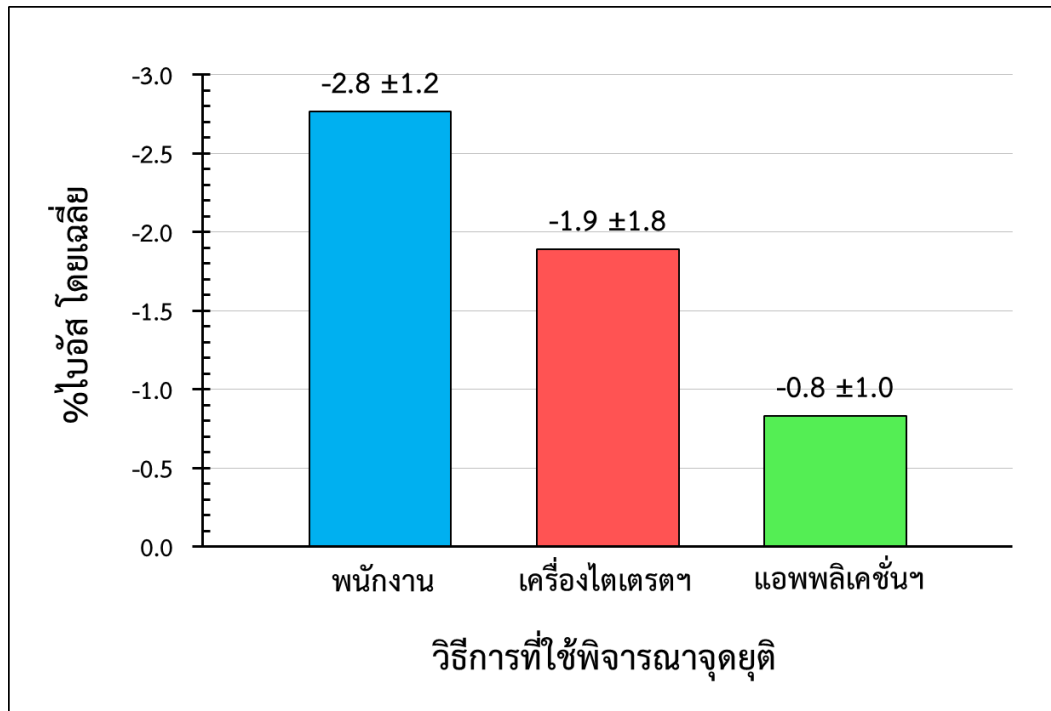
รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส ที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากสมการ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 31-153 µg



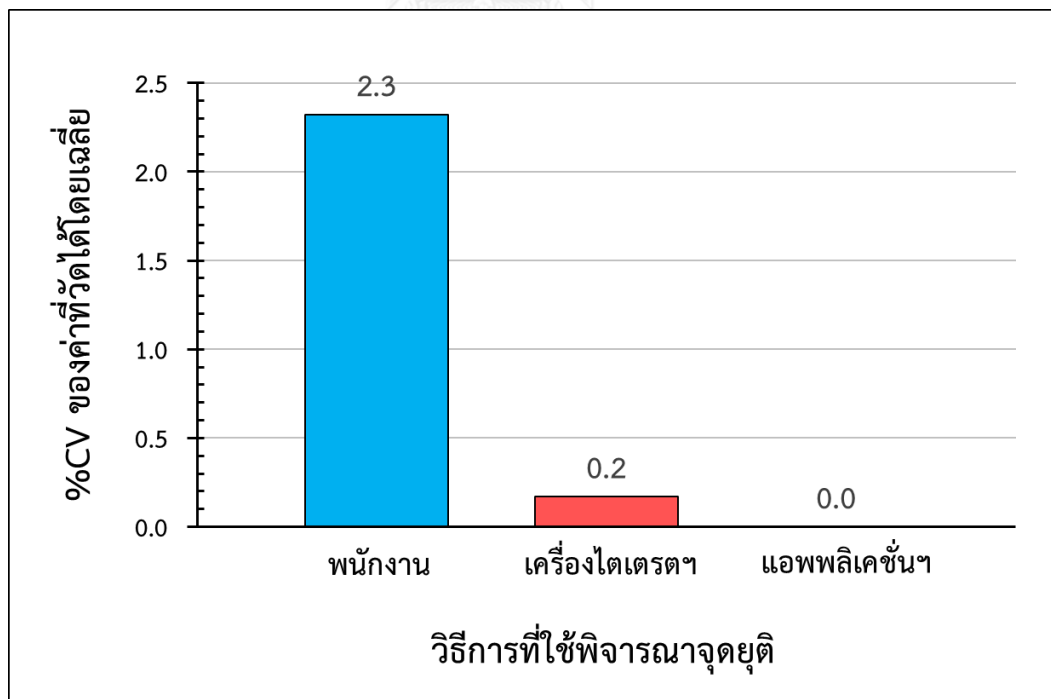
รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส ที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากสมการ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 92 µg

4.4. ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำที่ได้ของวิธีการมาตรฐานจุดยุติทั้ง 3 วิธีการ ของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของค่าแคลเซียม ระหว่าง 300 ถึง 600 ppm

รูปที่ 4.20 และรูปที่ 4.21 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแม่นยำที่ได้ของแต่ละวิธีการ โดยพิจารณาจากค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายของค่าแคลเซียม (%ไบอัส) และค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของการวัด (%CV) โดยรวมเฉลี่ย เมื่อน้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นของแคลเซียม เท่ากับ 300 ถึง 600 ppm และใช้ไอทีทีเอที่ความเข้มข้น 0.01M พบว่า วิธีการมาตรฐานจุดยุติด้วยแอฟฟลิเคชั่นฯ ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุด โดยให้ค่าเฉลี่ยโดยรวมของ %ไบอัส และ %CV ของการตรวจวัดค่าแคลเซียม เท่ากับ $-0.8 \pm 1.0\%$ และ 0.0% ตามลำดับ รองลงมาคือ วิธีการมาตรฐานจุดยุติด้วยเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ ซึ่งมีราคาสูง เมื่อเทียบกับ 2 วิธีการที่เหลือ ให้ค่าเฉลี่ยโดยรวมของ % Bias และ %CV เท่ากับ $-1.9 \pm 1.8\%$ และ 0.2% ตามลำดับ ขณะที่วิธีการมาตรฐานจุดยุติโดยพนักงาน ให้ความแม่นยำต่ำที่สุด คือ $-2.8 \pm 1.2\%$ และ 2.3% ตามลำดับ เนื่องจากวิธีนี้ใช้พนักงานในการระบุสีที่จุดยุติ ซึ่งสีเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ จึงไม่สามารถวัดค่าเป็นตัวเลขได้ เหมือนกับวิธีการมาตรฐานจุดยุติด้วยแอฟฟลิเคชั่นฯ และวิธีการมาตรฐานจุดยุติด้วยเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ ที่วัดค่า H และค่าศักย์ไฟฟ้าตามลำดับ ในการระบุจุดยุติแทนการสังเกตสีด้วยตาของมนุษย์ ซึ่งทั้งสองค่าเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ทำให้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มีความแม่นยำและเที่ยงตรงมากกว่าวิธีการมาตรฐานจุดยุติโดยพนักงาน



รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยของแต่ละวิธีการ เมื่อน้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นของแคลเซียม เท่ากับ 300 ถึง 600 ppm



รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบค่า %CV ของค่าที่วัดได้โดยเฉลี่ยของแต่ละวิธีการ เมื่อน้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นของแคลเซียม เท่ากับ 300 ถึง 600 ppm

4.5. ผลการนำแอฟฟลิเคชั่นไปประยุกต์ใช้

ตารางที่ 4.5 ค่าแคลเซียมที่วัดได้และ%แตกต่างของแคลเซียม เมื่อน้ำหล่อเย็นมีค่าความขุ่นต่างกัน

| น้ำหล่อเย็น (Unknown) | วิธีพิจารณาจุดยุติ | ไม่ได้กรอง | | กรอง | |
|--------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|
| | | ความขุ่น (NTU) | แคลเซียมที่วัดได้ (ppm) | ความขุ่น (NTU) | แคลเซียมที่วัดได้ (ppm) |
| A | เครื่องไตเตรตอัตโนมัติ (1) | 1.83 | 163.0±0.9 | 0.91 | 162.4±0.3 |
| | แอฟฟลิเคชั่น (2) | | 163.5±0.6 | | 162.7±0.6 |
| | %แตกต่างของแคลเซียม | 0.3% | | 0.2% | |
| B | เครื่องไตเตรตอัตโนมัติ (1) | 4.74 | 221.8±0.2 | 0.72 | 226.3±1.3 |
| | แอฟฟลิเคชั่น (2) | | 225.4±0.7 | | 224.9±0.0 |
| | %แตกต่างของแคลเซียม | 1.6% | | -0.6% | |

หมายเหตุ: 1 NTU = 1 มิลลิกรัมของความขุ่นในน้ำ 1 ลิตร และค่า %แตกต่างของแคลเซียม หาจากสูตรดังนี้

$$\% \text{แตกต่างของแคลเซียม} = \frac{(2) - (1)}{(1)} \times 100$$

จากตารางที่ 4.5 พบว่า วิธีพิจารณาจุดยุติด้วยแอฟฟลิเคชั่นและเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ ให้ค่าแคลเซียมที่วัดได้ใกล้เคียงกัน โดยมีค่า %แตกต่างของแคลเซียม เท่ากับ -0.6% 0.2% 0.3% และ 1.6% สำหรับน้ำที่มีค่าความขุ่น เท่ากับ 0.72 0.91 1.83 และ 4.74 NTU ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ

5.1. สรุปผลการศึกษา

1) จุดยุติของการไตเตรตที่ได้จากแอมพลีเคชันฯ มีค่าใกล้เคียงกับจุดยุติในทางทฤษฎี ซึ่งสามารถหาได้จากจุดแรกที่มีค่า H (Hue) เริ่มมีค่าคงที่ นอกจากนี้จุดยุติที่ได้จากแอมพลีเคชันฯ เมื่อวิเคราะห์ค่าแคลเซียมที่มีความเข้มข้น 100 ppm และเติมอินดิเคเตอร์ เท่ากับ 153 459 และ 765 μg ให้ค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยน้อยกว่าเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ ซึ่งมีค่าเท่ากับ $0.2 \pm 0.4\%$ $0.3 \pm 0.6\%$ และ $0.5 \pm 1.0\%$ ตามลำดับ ในขณะที่เครื่องไตเตรตอัตโนมัติจะให้ค่า %ไบอัส โดยเฉลี่ยเท่ากับ $-0.5 \pm 0.1\%$ $-0.5 \pm 0.4\%$ และ $-0.6 \pm 0.4\%$ ตามลำดับ

2) สมการหาค่า %ไบอัส ที่ได้ เมื่อใช้แอมพลีเคชันฯ ในการวิเคราะห์ค่าแคลเซียมระหว่าง 300 ppm ถึง 1,500 ppm และใช้อิทธิเอที่ความเข้มข้นระหว่าง 0.003M ถึง 0.01M

- **กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ระหว่าง 31 ถึง 153 μg** โดยมีค่า R-Square ของการพยากรณ์ เท่ากับ 95.12% คือ

$$\begin{aligned} \% \text{ไบอัส} = & 0.679X_1 - 851.7X_2 - 0.109X_1^2 + 50,807X_2^2 + 86.43X_1X_2 \\ & + 0.004137X_1^3 - 5,514X_1X_2^2 \end{aligned}$$

- **กรณีใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ 92 μg** โดยมีค่า R-Square ของการพยากรณ์ เท่ากับ 95.35% คือ

$$\begin{aligned} \% \text{ไบอัส} = & 0.7914X_1 - 1,002.2X_2 - 0.1277X_1^2 + 64,694X_2^2 \\ & + 104.38X_1X_2 + 0.00477X_1^3 - 7,008X_1X_2^2 \end{aligned}$$

เมื่อ X_1 = ค่าแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง ($\times 100$ ppm), X_2 = ความเข้มข้นของอิทธิเอ (M)

สมการทั้ง 2 สมการสามารถใช้งานได้ดี และหากต้องการความแม่นยำในการคำนวณมากขึ้น แนะนำให้ใช้สมการที่ 2 เนื่องจากมีค่า R-Square ที่มากกว่า เพราะได้ตัดปัจจัยปริมาณอินดิเคเตอร์ ออก เนื่องจากไม่มีนัยสำคัญที่ 0.05 เมื่อใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์ระหว่าง 31 ถึง 153 μg โดยกำหนด

ปริมาณอินดิเคเตอร์เจาะจงที่ 92 μg แทน ซึ่งเป็นปริมาณอินดิเคเตอร์ที่ให้ค่า %ไปอัส โดยรวมมีค่าน้อยที่สุด

3) ค่า %ไปอัส ที่ได้จากแอปพลิเคชันฯ จะมีค่าเป็นบวกเพิ่มขึ้น เมื่อน้ำตัวอย่างมีค่าแคลเซียมสูงขึ้น โดยน้ำตัวอย่างที่มีค่าแคลเซียม เท่ากับ 1,000 ppm โดยเฉลี่ยจะให้ค่า %ไปอัส เข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.2% -0.2% และ -0.2% เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ เท่ากับ 0.003 0.0065 และ 0.01M ตามลำดับ

4) ค่า %ไปอัส ที่ได้จากแอปพลิเคชันฯ จะมีค่าเข้าใกล้ศูนย์มากขึ้น เมื่อใช้อิตีทีเอที่มีความเข้มข้นน้อยลง เนื่องจากการหยดอิตีทีเอ ลงในน้ำตัวอย่างมีความละเอียดมากขึ้น ทำให้ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าลดลง แต่การใช้อิตีทีเอที่ความเข้มข้นน้อยๆ จะทำให้เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์นานขึ้น และใช้ปริมาตรอิตีทีเอที่สูงขึ้น

5) ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำที่ได้ของวิธีพิจารณาจุดยุติทั้ง 3 วิธี พบว่าวิธีพิจารณาจุดยุติด้วยแอปพลิเคชันฯ จะให้ค่าความแม่นยำมากที่สุด โดยให้ค่าเฉลี่ยโดยรวมของ %ไปอัส และ %CV ของการตรวจวัดค่าแคลเซียม เท่ากับ $-0.8 \pm 1.0\%$ และ 0.0% ตามลำดับ รองลงมา คือ วิธีพิจารณาจุดยุติด้วยเครื่องไตเตรตอัตโนมัติ ซึ่งมีราคาสูง เมื่อเทียบกับ 2 วิธีการที่เหลือ ให้ค่าเฉลี่ยโดยรวมของ %ไปอัส และ %CV เท่ากับ $-1.9 \pm 1.8\%$ และ 0.2% ตามลำดับ ส่วนวิธีพิจารณาจุดยุติโดยพนักงาน ให้ความแม่นยำต่ำที่สุด คือ $-2.8 \pm 1.2\%$ และ 2.3% ตามลำดับ เมื่อน้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นของแคลเซียม เท่ากับ 300 ถึง 600 ppm และใช้อิตีทีเอที่ความเข้มข้น 0.01M

5.2. ข้อจำกัดของงานวิจัย

ทำการทดลองโดยใช้โทรศัพท์มือถือรุ่น Samsung Galaxy Note 4 เท่านั้น โดยมีระยะห่างระหว่างมือถือกับขวดรูปชมพูประมาณ 20 เซนติเมตร ใช้แอปพลิเคชันวิเคราะห์สีของน้ำตัวอย่างที่จุดกึ่งกลางของขวดรูปชมพู และทำการทดลองภายใต้แสงสว่างจากหลอดไฟลูออเรสเซนต์

5.3. ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป

- 1) ทำการทดลอง โดยใช้ตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมที่หลากหลายมากขึ้น จะทำให้ได้สมการที่มีความแม่นยำมากขึ้น
- 2) ทำการทดลอง โดยใช้แอปพลิเคชันอื่นๆ ซึ่งอาจจะให้ค่าที่แม่นยำมากกว่า
- 3) ทำการศึกษาแบบจำลองสีประเภทอื่น เช่น CMYK, CIE XYZ, LCH(ab) และอื่นๆ

- 4) ศึกษาปัจจัยอื่นที่อาจจะมีผลต่อความแม่นยำในการใช้แอปพลิเคชันฯ เช่น รุ่นของโทรศัพท์มือถือที่ใช้
- 5) ศึกษาการนำผลงานวิจัยนี้ไปพัฒนาและประดิษฐ์เป็นเครื่องวิเคราะห์แคลเซียมอัตโนมัติ โดยใช้วัสดุที่เอื้อที่มีความเข้มข้นต่ำในการวิเคราะห์ เนื่องจากยังใช้ความเข้มข้นต่ำ ยิ่งทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความแม่นยำมากขึ้น



รายการอ้างอิง

- Betz, J., & Noll, C. (1950). Total hardness determination by direct colorimetric titration. *Journal of American Water Works Association*(42), 49.
- ISO 5725. (1994). Accuracy (Trueness and precision) of measurement method and results-Part1: General principles and definitions. Retrieved 8 January 2017 <http://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:5725:-1:ed-1:v1:en>
- Khormali, A., Petrakov, D. G., & Moein, M. J. A. (2016). Experimental analysis of calcium carbonate scale formation and inhibition in waterflooding of carbonate reservoirs. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 1-8.
- Montgomery, D., & Runger, G (2011). *Applied statistics and probability for engineers*. John Wiley.
- Shen, Z., Zheng, S., Dong, R., & Chen, G (2016). Saturation of stool color in HSV color model is a promising objective parameter for screening biliary atresia. *Journal of Pediatric Surgery*(51), 2091-2094.
- Zanobini, A., Sereni, B., Catelani, M., & Ciani, L. (2016). Repeatability and Reproducibility techniques for the analysis of measurement systems. *Measurement*(86), 125-132.
- จักร์กฤต ปฏิเวธธรรม. (2543). การประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับสายการผลิตชิ้นส่วนนักเกิล. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไชยนันต์ แห่งทอง. (2545). การศึกษาการตกตะกอนร่วมของแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออนในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนพงศ์ อินทระ. (2553). ขั้นตอนวิธีต้นแบบในการกำหนดสีพื้นเทียบด้วยภาพถ่ายดิจิทัล. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข. การวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียเบื้องต้น. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร.
- ภัทรพันธ์ วานิชชัย. (2552). การตรวจหาและการจำแนกป้ายจราจรชนิดป้ายเตือนด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ, ณัฐชุตตา มงคลชาติ, & รัฐาภรณ์ กนกรัตน์. (2558). การวิเคราะห์โรคเพ็ญกระโดดสี
น้ำตาลและโรคหนองในซ้ำด้วยปรีภูมิสี HSV. Paper presented at the การประชุม
วิชาการระดับประเทศด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 7, เชียงใหม่.
ศุภชัย ไข่เทียมวงศ์. (2546). เคมีวิเคราะห์. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย(พิมพ์ครั้งที่ 7).





ภาคผนวก ก
แอปพลิเคชันของ Color Grab (color detection)



แอปพลิเคชันของ Color Grab (color detection)

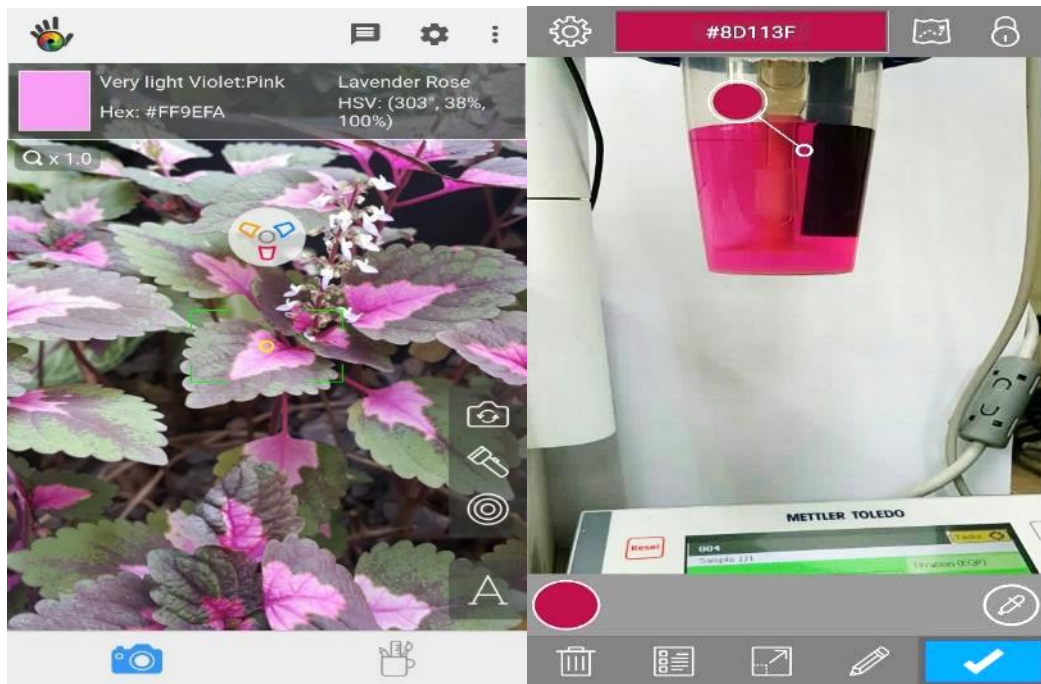
1. ข้อดีของแอปพลิเคชัน Color Grab (color detection)

- 1) ดาวน์โหลดได้ฟรีที่ Play Store
- 2) สามารถทราบค่าดัชนีของสี เช่น ค่า HSV และชื่อของสี ฯลฯ ของวัตถุที่ต้องการทราบได้ทันที โดยไม่ต้องถ่ายภาพ และสามารถใช้ได้กับรูปภาพได้ด้วย
- 3) สามารถปรับขนาดจุดสแกนสีได้ 4 ระดับ และซูมภาพได้ ทำให้สามารถเข้าถึงพื้นที่ขนาดเล็กที่ต้องการวิเคราะห์สีได้
- 4) สามารถบันทึกข้อมูลของสีที่ต้องการไว้ได้ เพียงแค่คลิกที่หน้าจอเมื่อถือ
- 5) สามารถพูดชื่อของสี (ภาษาอังกฤษ) ให้เราได้ยินได้

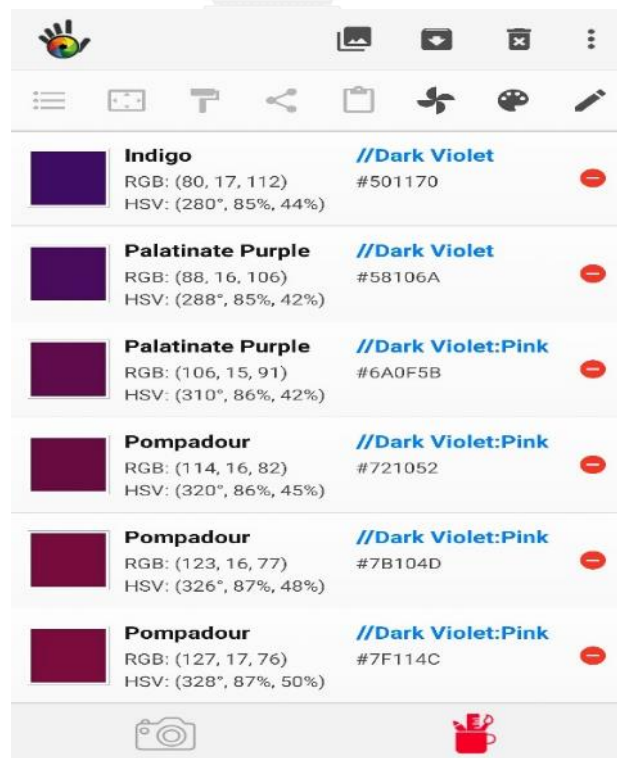
2. ตัวอย่างของแอปพลิเคชัน



รูปที่ ก.1 แอปพลิเคชัน Color Grab ใน Play Store



รูปที่ ก.2 ตัวอย่างการใช้งานแบบไม่ต้องถ่ายภาพ (ซ้ายมือ) และแบบถ่ายภาพไว้แล้ว (ขวามือ) ของ แอปพลิเคชัน Color Grab



รูปที่ ก.3 ตัวอย่างข้อมูลของสีที่บันทึกเก็บไว้ ของแอปพลิเคชัน Color Grab



ตารางเก็บข้อมูล

กำหนดให้ จุดยุติของการไตเตรต คือ ข้อมูลที่มีการเน้นข้อความในตาราง

1. น้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นของค่าแคลเซียม เท่ากับ 100 ppm

ตารางที่ ข.1 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|---------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Cannon Pink | 137 | 71 | 97 | 336 | 48 | 54 | Pink:Red |
| | 4.60 | Cannon Pink | 138 | 80 | 105 | 334 | 42 | 54 | Violet:Pink |
| | 4.70 | Cannon Pink | 137 | 80 | 106 | 333 | 42 | 54 | Violet:Pink |
| | 4.80 | Cannon Pink | 131 | 80 | 109 | 326 | 39 | 51 | Violet:Pink |
| | 4.90 | Affair | 121 | 80 | 115 | 309 | 34 | 47 | Faded Violet:Pink |
| | 4.95 | Affair | 116 | 82 | 122 | 291 | 33 | 48 | Faded Violet |
| | 4.97 | Affair | 115 | 80 | 121 | 291 | 33 | 47 | Faded Violet |
| | 5.01 | Affair | 114 | 81 | 120 | 291 | 33 | 47 | Faded Violet |
| | 5.11 | Affair | 114 | 79 | 120 | 291 | 33 | 46 | Faded Violet |
| | 5.21 | Affair | 114 | 80 | 120 | 291 | 33 | 47 | Faded Violet |
| | 5.91 | Affair | 116 | 81 | 122 | 291 | 34 | 48 | Faded Violet |

ตารางที่ ข.2 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|---------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Cannon Pink | 141 | 80 | 103 | 337 | 43 | 55 | Pink:Red |
| | 4.60 | Cannon Pink | 135 | 83 | 107 | 332 | 39 | 53 | Violet:Pink |
| | 4.70 | Cannon Pink | 133 | 83 | 110 | 328 | 38 | 52 | Violet:Pink |
| | 4.80 | Trendy Pink | 128 | 84 | 114 | 319 | 34 | 50 | Faded Violet:Pink |
| | 4.90 | Affair | 119 | 85 | 124 | 292 | 31 | 49 | Faded Violet |
| | 4.93 | Affair | 116 | 85 | 125 | 287 | 32 | 49 | Faded Violet |
| | 4.95 | Affair | 118 | 87 | 127 | 287 | 31 | 50 | Faded Violet |
| | 5.00 | Affair | 118 | 87 | 127 | 287 | 31 | 50 | Faded Violet |
| | 5.10 | Affair | 118 | 87 | 127 | 287 | 31 | 50 | Faded Violet |
| | 5.20 | Affair | 118 | 85 | 126 | 288 | 33 | 49 | Faded Violet |
| | 6.10 | Affair | 118 | 87 | 127 | 287 | 31 | 50 | Faded Violet |

ตารางที่ ข.3 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 459 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-------------------|-----------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|--------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Shiraz | 141 | 17 | 63 | 338 | 88 | 55 | Dark Pink:Red |
| | 4.60 | Pompadour | 123 | 16 | 77 | 326 | 87 | 48 | Dark Violet:Pink |
| | 4.70 | Pompadour | 114 | 16 | 82 | 320 | 86 | 45 | Dark Violet:Pink |
| | 4.80 | Palatinate Purple | 106 | 15 | 91 | 310 | 86 | 42 | Dark Violet:Pink |
| | 4.90 | Palatinate Purple | 88 | 16 | 106 | 288 | 85 | 42 | Dark Violet |
| | 4.95 | Indigo | 80 | 17 | 112 | 280 | 85 | 44 | Dark Violet |
| | 4.97 | Indigo | 81 | 17 | 112 | 280 | 85 | 44 | Dark Violet |
| | 5.01 | Indigo | 81 | 18 | 112 | 280 | 84 | 44 | Dark Violet |
| | 5.11 | Indigo | 82 | 18 | 113 | 280 | 84 | 44 | Dark Violet |
| | 5.21 | Indigo | 82 | 18 | 113 | 280 | 84 | 44 | Dark Violet |
| | 6.01 | Indigo | 80 | 17 | 112 | 280 | 85 | 44 | Dark Violet |

ตารางที่ ข.4 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 459 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-------------------|-----------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|--------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.000 | Shiraz | 141 | 17 | 64 | 337 | 88 | 55 | Dark Pink:Red |
| | 4.600 | Pompadour | 123 | 16 | 81 | 324 | 87 | 48 | Dark Violet:Pink |
| | 4.700 | Pompadour | 114 | 16 | 85 | 318 | 86 | 45 | Dark Violet:Pink |
| | 4.800 | Palatinate Purple | 103 | 15 | 98 | 303 | 85 | 40 | Dark Violet:Pink |
| | 4.900 | Indigo | 83 | 15 | 113 | 282 | 87 | 44 | Dark Violet |
| | 4.922 | Indigo | 80 | 15 | 114 | 279 | 87 | 45 | Dark Violet |
| | 4.942 | Indigo | 80 | 14 | 114 | 279 | 87 | 44 | Dark Violet |
| | 4.992 | Indigo | 79 | 15 | 113 | 279 | 87 | 44 | Dark Violet |
| | 5.092 | Indigo | 78 | 16 | 115 | 278 | 86 | 45 | Dark Violet |
| | 5.192 | Indigo | 79 | 16 | 114 | 279 | 86 | 45 | Dark Violet |
| | 6.092 | Indigo | 82 | 17 | 117 | 279 | 85 | 46 | Dark Violet |

ตารางที่ ข.5 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 765 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (mL) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-----------------------|-----------|----------|------------|-------------|-----------|-----------|--------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Burgundy | 136 | 7 | 44 | 343 | 95 | 53 | Dark Pink:Red |
| | 4.60 | Tyrian Purple | 104 | 4 | 60 | 326 | 96 | 41 | Dark Violet:Pink |
| | 4.70 | Tyrian Purple | 94 | 2 | 68 | 317 | 98 | 37 | Dark Violet:Pink |
| | 4.80 | Tyrian Purple | 80 | 3 | 77 | 302 | 96 | 31 | Black Violet:Pink |
| | 4.90 | Christalle | 59 | 2 | 94 | 277 | 98 | 37 | Dark Violet |
| | 4.95 | Persian Indigo | 54 | 2 | 104 | 271 | 98 | 41 | Dark Violet |
| | 4.97 | Persian Indigo | 55 | 2 | 104 | 271 | 98 | 41 | Dark Violet |
| | 5.02 | Persian Indigo | 55 | 2 | 104 | 271 | 98 | 41 | Dark Violet |
| | 5.12 | Persian Indigo | 56 | 2 | 105 | 271 | 98 | 41 | Dark Violet |
| | 5.22 | Persian Indigo | 55 | 2 | 106 | 271 | 98 | 42 | Dark Violet |
| | 6.02 | Persian Indigo | 56 | 2 | 106 | 271 | 98 | 42 | Dark Violet |

ตารางที่ ข.6 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 765 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (mL) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-----------------------|-----------|----------|------------|-------------|-----------|-----------|--------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Burgundy | 135 | 6 | 42 | 343 | 96 | 53 | Dark Pink:Red |
| | 4.60 | Tyrian Purple | 106 | 4 | 62 | 326 | 96 | 42 | Dark Violet:Pink |
| | 4.70 | Tyrian Purple | 96 | 2 | 72 | 315 | 98 | 38 | Dark Violet:Pink |
| | 4.80 | Tyrian Purple | 80 | 3 | 83 | 298 | 96 | 33 | Black Violet:Pink |
| | 4.90 | Persian Indigo | 57 | 3 | 102 | 272 | 97 | 40 | Dark Violet |
| | 4.93 | Persian Indigo | 57 | 3 | 105 | 272 | 97 | 41 | Dark Violet |
| | 4.95 | Persian Indigo | 57 | 3 | 105 | 272 | 97 | 41 | Dark Violet |
| | 5.00 | Persian Indigo | 56 | 3 | 105 | 271 | 97 | 41 | Dark Violet |
| | 5.10 | Persian Indigo | 57 | 3 | 106 | 271 | 97 | 42 | Dark Violet |
| | 6.10 | Persian Indigo | 58 | 3 | 107 | 272 | 97 | 42 | Dark Violet |

ตารางที่ ข.7 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 2,295 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|---------------------|-----------|----------|-----------|-------------|-----------|-----------|--------------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Maroon | 110 | 2 | 12 | 354 | 98 | 43 | Dark Brown:Red |
| | 4.60 | Grey 10% | 22 | 2 | 31 | 281 | 94 | 12 | Black |
| | 4.70 | Black Pearl | 16 | 1 | 40 | 263 | 98 | 16 | Black Violet |
| | 4.80 | Blackcurrant | 13 | 1 | 50 | 255 | 98 | 20 | Black Blue:Violet |
| | 4.90 | Blackcurrant | 10 | 1 | 58 | 249 | 98 | 23 | Black Blue:Violet |
| | 4.97 | Blackcurrant | 10 | 0 | 68 | 249 | 100 | 27 | Black Blue:Violet |
| | 5.00 | Blackcurrant | 10 | 0 | 68 | 249 | 100 | 27 | Black Blue:Violet |
| | 5.06 | Blackcurrant | 10 | 0 | 70 | 249 | 100 | 27 | Black Blue:Violet |
| | 5.96 | Blackcurrant | 10 | 0 | 70 | 249 | 100 | 27 | Black Blue:Violet |

ตารางที่ ข.8 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 100 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 2,295 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|---------------------|----------|----------|-----------|-------------|------------|-----------|--------------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.000 | Maroon | 104 | 2 | 11 | 355 | 98 | 41 | Dark Brown:Red |
| | 4.600 | Grey 10% | 14 | 2 | 29 | 267 | 93 | 11 | Black |
| | 4.700 | Grey 10% | 12 | 1 | 38 | 258 | 97 | 15 | Black |
| | 4.800 | Black Pearl | 9 | 1 | 50 | 250 | 98 | 20 | Black Blue:Violet |
| | 4.900 | Blackcurrant | 8 | 0 | 60 | 248 | 100 | 24 | Black Blue:Violet |
| | 4.944 | Blackcurrant | 8 | 0 | 62 | 248 | 100 | 24 | Black Blue:Violet |
| | 4.969 | Blackcurrant | 7 | 1 | 62 | 246 | 99 | 24 | Black Blue:Violet |
| | 5.031 | Blackcurrant | 8 | 0 | 63 | 248 | 100 | 25 | Black Blue:Violet |
| | 6.031 | Blackcurrant | 8 | 0 | 66 | 247 | 100 | 26 | Black Blue:Violet |

2. น้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นของค่าแคลเซียม เท่ากับ 300 ppm

ตารางที่ ข.9 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|--------------------|------------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Tapestry | 188 | 97 | 140 | 332 | 48 | 74 | Violet:Pink |
| | 2.81 | Violet Blue | 178 | 102 | 165 | 310 | 43 | 70 | Violet:Pink |
| | 2.84 | Violet Blue | 162 | 94 | 156 | 305 | 42 | 64 | Violet:Pink |
| | 2.87 | Violet Blue | 159 | 96 | 160 | 299 | 40 | 63 | Violet:Pink |
| | 2.90 | Violet Blue | 150 | 94 | 160 | 291 | 41 | 63 | Violet |
| | 2.93 | Violet Blue | 144 | 95 | 163 | 283 | 42 | 64 | Violet |
| | 2.96 | Violet Blue | 138 | 91 | 156 | 283 | 42 | 61 | Violet |
| | 2.99 | Violet Blue | 140 | 92 | 159 | 283 | 42 | 62 | Violet |
| | 3.02 | Violet Blue | 145 | 96 | 165 | 283 | 42 | 65 | Violet |
| | 3.20 | Violet Blue | 145 | 96 | 165 | 283 | 42 | 65 | Violet |

ตารางที่ ข.10 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|---------------------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Hopbush | 201 | 106 | 152 | 331 | 47 | 79 | Violet:Pink |
| | 2.81 | Violet Blue | 184 | 105 | 173 | 308 | 43 | 72 | Violet:Pink |
| | 2.84 | Fuchsia | 182 | 107 | 176 | 305 | 41 | 71 | Violet:Pink |
| | 2.87 | Fuchsia | 179 | 108 | 180 | 299 | 40 | 71 | Violet:Pink |
| | 2.90 | Purple Mountain's Majesty | 173 | 108 | 181 | 293 | 40 | 71 | Violet |
| | 2.93 | Lilac Bush | 161 | 106 | 184 | 283 | 42 | 72 | Violet |
| | 2.96 | Purple Mountain's Majesty | 161 | 105 | 184 | 283 | 43 | 72 | Violet |
| | 2.99 | Lilac Bush | 169 | 112 | 191 | 283 | 41 | 75 | Violet |
| | 3.02 | Lilac Bush | 169 | 113 | 191 | 283 | 41 | 75 | Violet |
| | 3.20 | Lilac Bush | 169 | 112 | 191 | 283 | 41 | 75 | Violet |

ตารางที่ ข.11 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Mulberry | 193 | 74 | 133 | 330 | 62 | 76 | Violet:Pink |
| | 2.81 | Violet Blue | 177 | 73 | 163 | 308 | 59 | 69 | Violet:Pink |
| | 2.84 | Violet Blue | 171 | 73 | 164 | 304 | 57 | 67 | Violet:Pink |
| | 2.87 | Deep Lilac | 171 | 75 | 173 | 299 | 57 | 68 | Violet:Pink |
| | 2.90 | Deep Lilac | 163 | 74 | 176 | 292 | 58 | 69 | Violet |
| | 2.93 | Deep Lilac | 152 | 75 | 180 | 284 | 58 | 71 | Violet |
| | 2.96 | Deep Lilac | 153 | 77 | 181 | 284 | 57 | 71 | Violet |
| | 2.99 | Deep Lilac | 154 | 77 | 183 | 284 | 58 | 72 | Violet |
| | 3.02 | Deep Lilac | 158 | 81 | 187 | 284 | 57 | 73 | Violet |
| | 3.20 | Deep Lilac | 154 | 77 | 183 | 284 | 58 | 72 | Violet |

ตารางที่ ข.12 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|---------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Royal Heath | 187 | 71 | 128 | 331 | 62 | 73 | Violet:Pink |
| | 2.81 | Violet Blue | 160 | 66 | 146 | 309 | 59 | 63 | Violet:Pink |
| | 2.84 | Vivid Violet | 155 | 65 | 146 | 306 | 58 | 61 | Violet:Pink |
| | 2.87 | Vivid Violet | 148 | 64 | 148 | 300 | 57 | 58 | Violet:Pink |
| | 2.90 | Vivid Violet | 148 | 68 | 159 | 293 | 57 | 62 | Violet |
| | 2.93 | Vivid Violet | 132 | 65 | 158 | 283 | 59 | 62 | Violet |
| | 2.96 | Vivid Violet | 128 | 63 | 153 | 283 | 59 | 60 | Violet |
| | 2.99 | Vivid Violet | 123 | 61 | 148 | 283 | 59 | 58 | Violet |
| | 3.02 | Vivid Violet | 131 | 67 | 157 | 283 | 57 | 62 | Violet |
| | 3.20 | Vivid Violet | 132 | 68 | 158 | 283 | 57 | 62 | Violet |

ตารางที่ ข.13 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|---------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Medium Red Violet | 194 | 49 | 115 | 333 | 75 | 76 | Violet:Pink |
| | 2.81 | Dark Purple | 141 | 38 | 129 | 307 | 73 | 55 | Violet:Pink |
| | 2.84 | Vivid Violet | 156 | 43 | 152 | 302 | 72 | 61 | Violet:Pink |
| | 2.87 | Dark Purple | 128 | 36 | 133 | 297 | 73 | 52 | Dark Violet:Pink |
| | 2.90 | Vivid Violet | 121 | 37 | 138 | 290 | 73 | 54 | Dark Violet |
| | 2.93 | Vivid Violet | 121 | 40 | 153 | 283 | 74 | 60 | Violet |
| | 2.96 | Vivid Violet | 127 | 46 | 159 | 283 | 71 | 62 | Violet |
| | 2.99 | Vivid Violet | 132 | 49 | 165 | 283 | 70 | 65 | Violet |
| | 3.02 | Vivid Violet | 137 | 50 | 171 | 283 | 71 | 67 | Violet |
| | 3.20 | Vivid Violet | 140 | 51 | 174 | 283 | 71 | 68 | Violet |

ตารางที่ ข.14 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|---------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Medium Red Violet | 201 | 53 | 126 | 330 | 74 | 79 | Violet:Pink |
| | 2.81 | Dark Purple | 144 | 36 | 131 | 307 | 75 | 56 | Violet:Pink |
| | 2.84 | Vivid Violet | 148 | 38 | 143 | 303 | 74 | 58 | Violet:Pink |
| | 2.87 | Vivid Violet | 138 | 37 | 144 | 297 | 74 | 56 | Violet:Pink |
| | 2.90 | Vivid Violet | 133 | 39 | 155 | 289 | 75 | 61 | Violet |
| | 2.93 | Vivid Violet | 116 | 36 | 150 | 282 | 76 | 59 | Violet |
| | 2.96 | Vivid Violet | 119 | 38 | 154 | 282 | 75 | 60 | Violet |
| | 2.99 | Vivid Violet | 124 | 41 | 161 | 282 | 75 | 63 | Violet |
| | 3.02 | Vivid Violet | 124 | 42 | 158 | 282 | 73 | 62 | Violet |
| | 3.20 | Vivid Violet | 115 | 38 | 149 | 282 | 74 | 58 | Violet |

ตารางที่ ข.15 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|----------------------------------|------------|------------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Tapestry | 175 | 92 | 130 | 333 | 47 | 69 | Violet:Pink |
| | 4.42 | Violet Blue | 176 | 106 | 169 | 306 | 40 | 69 | Violet:Pink |
| | 4.45 | Violet Blue | 164 | 99 | 159 | 305 | 40 | 64 | Violet:Pink |
| | 4.48 | Violet Blue | 171 | 106 | 171 | 300 | 38 | 67 | Violet:Pink |
| | 4.51 | Violet Blue | 168 | 107 | 174 | 295 | 39 | 68 | Violet |
| | 4.54 | Purple Mountain's Majesty | 167 | 110 | 179 | 290 | 39 | 70 | Violet |
| | 4.57 | Purple Mountain's Majesty | 165 | 113 | 184 | 284 | 39 | 72 | Violet |
| | 4.60 | Purple Mountain's Majesty | 159 | 108 | 178 | 284 | 39 | 70 | Violet |
| | 4.63 | Purple Mountain's Majesty | 165 | 114 | 184 | 284 | 38 | 72 | Violet |
| | 4.66 | Purple Mountain's Majesty | 165 | 113 | 184 | 284 | 39 | 72 | Violet |
| | 4.69 | Purple Mountain's Majesty | 165 | 114 | 184 | 284 | 38 | 72 | Violet |
| | 4.80 | Purple Mountain's Majesty | 159 | 108 | 178 | 284 | 39 | 70 | Violet |

ตารางที่ ข.16 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|----------------------------------|------------|------------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Tapestry | 175 | 92 | 130 | 333 | 47 | 69 | Violet:Pink |
| | 4.42 | Violet Blue | 176 | 106 | 169 | 306 | 40 | 69 | Violet:Pink |
| | 4.45 | Violet Blue | 164 | 99 | 159 | 305 | 40 | 64 | Violet:Pink |
| | 4.48 | Violet Blue | 171 | 106 | 171 | 300 | 38 | 67 | Violet:Pink |
| | 4.51 | Violet Blue | 168 | 107 | 174 | 295 | 39 | 68 | Violet |
| | 4.54 | Purple Mountain's Majesty | 167 | 110 | 179 | 290 | 39 | 70 | Violet |
| | 4.57 | Purple Mountain's Majesty | 165 | 113 | 184 | 284 | 39 | 72 | Violet |
| | 4.60 | Purple Mountain's Majesty | 165 | 114 | 184 | 284 | 38 | 72 | Violet |
| | 4.63 | Purple Mountain's Majesty | 159 | 108 | 178 | 284 | 39 | 70 | Violet |
| | 4.66 | Purple Mountain's Majesty | 165 | 113 | 184 | 284 | 39 | 72 | Violet |
| | 4.69 | Purple Mountain's Majesty | 165 | 114 | 184 | 284 | 38 | 72 | Violet |
| | 4.80 | Purple Mountain's Majesty | 159 | 108 | 178 | 284 | 39 | 70 | Violet |

ตารางที่ ข.17 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Royal Heath | 183 | 73 | 130 | 329 | 60 | 72 | Violet:Pink |
| | 4.42 | Fuchsia | 177 | 78 | 172 | 303 | 56 | 69 | Violet:Pink |
| | 4.45 | Fuchsia | 179 | 79 | 178 | 301 | 56 | 70 | Violet:Pink |
| | 4.48 | Deep Lilac | 172 | 80 | 179 | 296 | 55 | 70 | Violet:Pink |
| | 4.51 | Deep Lilac | 168 | 81 | 182 | 292 | 55 | 71 | Violet |
| | 4.54 | Deep Lilac | 157 | 80 | 178 | 287 | 55 | 70 | Violet |
| | 4.57 | Deep Lilac | 159 | 83 | 188 | 283 | 56 | 74 | Violet |
| | 4.60 | Deep Lilac | 155 | 80 | 184 | 283 | 57 | 72 | Violet |
| | 4.63 | Deep Lilac | 159 | 83 | 190 | 283 | 56 | 75 | Violet |
| | 4.66 | Deep Lilac | 155 | 80 | 184 | 283 | 57 | 72 | Violet |
| | 4.69 | Deep Lilac | 159 | 83 | 190 | 283 | 56 | 75 | Violet |
| | 4.80 | Deep Lilac | 166 | 90 | 196 | 283 | 54 | 77 | Violet |

ตารางที่ ข.18 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Mulberry | 203 | 84 | 144 | 330 | 59 | 80 | Violet:Pink |
| | 4.42 | Violet Blue | 175 | 84 | 171 | 303 | 52 | 69 | Violet:Pink |
| | 4.45 | Fuchsia | 177 | 89 | 176 | 301 | 50 | 69 | Violet:Pink |
| | 4.48 | Deep Lilac | 174 | 91 | 180 | 296 | 49 | 71 | Violet:Pink |
| | 4.51 | Deep Lilac | 166 | 91 | 181 | 290 | 50 | 71 | Violet |
| | 4.54 | Deep Lilac | 160 | 90 | 181 | 286 | 50 | 71 | Violet |
| | 4.57 | Deep Lilac | 159 | 92 | 185 | 283 | 50 | 73 | Violet |
| | 4.60 | Deep Lilac | 160 | 93 | 186 | 283 | 50 | 73 | Violet |
| | 4.63 | Deep Lilac | 160 | 94 | 186 | 283 | 49 | 73 | Violet |
| | 4.66 | Deep Lilac | 158 | 94 | 183 | 283 | 49 | 72 | Violet |
| | 4.69 | Deep Lilac | 160 | 93 | 186 | 283 | 50 | 73 | Violet |
| | 4.80 | Deep Lilac | 158 | 94 | 183 | 283 | 49 | 72 | Violet |

ตารางที่ ข.19 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|--------------------|------------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Deep Cerise | 218 | 60 | 145 | 328 | 72 | 85 | Violet:Pink |
| | 4.42 | Fuchsia | 180 | 54 | 175 | 302 | 70 | 71 | Violet:Pink |
| | 4.45 | Medium Red Violet | 166 | 49 | 165 | 301 | 70 | 65 | Violet:Pink |
| | 4.48 | Dark Orchid | 168 | 52 | 176 | 296 | 70 | 69 | Violet:Pink |
| | 4.54 | Dark Orchid | 160 | 56 | 187 | 288 | 70 | 73 | Violet |
| | 4.57 | Dark Orchid | 160 | 59 | 194 | 285 | 70 | 76 | Violet |
| | 4.60 | Dark Orchid | 144 | 54 | 175 | 285 | 69 | 69 | Violet |
| | 4.63 | Dark Orchid | 149 | 56 | 181 | 285 | 69 | 71 | Violet |
| | 4.66 | Dark Orchid | 152 | 57 | 185 | 285 | 69 | 73 | Violet |
| | 4.69 | Dark Orchid | 144 | 54 | 175 | 285 | 69 | 69 | Violet |
| | 4.80 | Dark Orchid | 149 | 56 | 181 | 285 | 69 | 71 | Violet |

ตารางที่ ข.20 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|--------------------|------------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Deep Cerise | 218 | 60 | 145 | 328 | 72 | 85 | Violet:Pink |
| | 4.42 | Fuchsia | 180 | 54 | 175 | 302 | 70 | 71 | Violet:Pink |
| | 4.45 | Medium Red Violet | 166 | 49 | 165 | 301 | 70 | 65 | Violet:Pink |
| | 4.48 | Dark Orchid | 168 | 52 | 176 | 296 | 70 | 69 | Violet:Pink |
| | 4.54 | Dark Orchid | 160 | 56 | 187 | 288 | 70 | 73 | Violet |
| | 4.57 | Dark Orchid | 160 | 59 | 194 | 285 | 70 | 76 | Violet |
| | 4.60 | Dark Orchid | 152 | 57 | 185 | 285 | 69 | 73 | Violet |
| | 4.63 | Dark Orchid | 144 | 54 | 175 | 285 | 69 | 69 | Violet |
| | 4.66 | Dark Orchid | 152 | 57 | 185 | 285 | 69 | 73 | Violet |
| | 4.69 | Dark Orchid | 144 | 54 | 175 | 285 | 69 | 69 | Violet |
| | 4.80 | Dark Orchid | 149 | 56 | 181 | 285 | 69 | 71 | Violet |

ตารางที่ ข.21 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|------------------|------------|------------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Hopbush | 200 | 111 | 157 | 329 | 45 | 78 | Violet:Pink |
| | 9.77 | East Side | 180 | 116 | 191 | 291 | 39 | 75 | Violet |
| | 9.80 | East Side | 180 | 117 | 194 | 289 | 40 | 76 | Violet |
| | 9.83 | East Side | 178 | 118 | 195 | 287 | 39 | 76 | Violet |
| | 9.86 | East Side | 177 | 119 | 196 | 285 | 39 | 77 | Violet |
| | 9.89 | East Side | 175 | 119 | 198 | 283 | 40 | 78 | Violet |
| | 9.92 | East Side | 173 | 120 | 198 | 281 | 39 | 78 | Violet |
| | 9.95 | East Side | 174 | 120 | 200 | 281 | 40 | 78 | Violet |
| | 9.98 | East Side | 176 | 122 | 201 | 281 | 39 | 79 | Violet |
| | 10.01 | East Side | 178 | 122 | 203 | 281 | 40 | 80 | Violet |
| | 10.04 | East Side | 179 | 126 | 204 | 281 | 38 | 80 | Violet |
| | 10.07 | East Side | 178 | 126 | 203 | 281 | 38 | 80 | Violet |
| | 10.20 | East Side | 177 | 124 | 201 | 281 | 38 | 79 | Violet |

ตารางที่ ข.22 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|------------------|------------|------------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Puce | 200 | 120 | 162 | 329 | 40 | 78 | Violet:Pink |
| | 9.77 | East Side | 180 | 114 | 184 | 297 | 38 | 72 | Violet:Pink |
| | 9.80 | East Side | 181 | 119 | 186 | 296 | 36 | 73 | Violet:Pink |
| | 9.83 | East Side | 179 | 118 | 188 | 292 | 37 | 74 | Violet |
| | 9.86 | East Side | 176 | 119 | 187 | 290 | 36 | 73 | Violet |
| | 9.89 | East Side | 179 | 121 | 192 | 289 | 37 | 75 | Violet |
| | 9.92 | East Side | 175 | 120 | 191 | 286 | 37 | 75 | Violet |
| | 9.95 | East Side | 176 | 126 | 194 | 284 | 35 | 76 | Violet |
| | 9.98 | East Side | 172 | 122 | 191 | 283 | 36 | 75 | Violet |
| | 10.01 | East Side | 173 | 123 | 194 | 282 | 37 | 76 | Violet |
| | 10.04 | East Side | 176 | 128 | 196 | 282 | 35 | 77 | Violet |
| | 10.07 | East Side | 170 | 119 | 192 | 282 | 38 | 75 | Violet |
| | 10.20 | East Side | 172 | 122 | 194 | 282 | 37 | 76 | Violet |

ตารางที่ ข.23 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-----------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Mulberry | 199 | 90 | 145 | 330 | 55 | 78 | Violet:Pink |
| | 9.77 | Fuchsia | 174 | 94 | 188 | 291 | 50 | 74 | Violet |
| | 9.80 | Deep Lilac | 172 | 94 | 190 | 289 | 51 | 75 | Violet |
| | 9.83 | Deep Lilac | 170 | 96 | 191 | 287 | 50 | 75 | Violet |
| | 9.86 | Deep Lilac | 166 | 94 | 188 | 286 | 50 | 74 | Violet |
| | 9.89 | Deep Lilac | 164 | 94 | 190 | 284 | 51 | 75 | Violet |
| | 9.92 | Deep Lilac | 165 | 96 | 193 | 283 | 50 | 76 | Violet |
| | 9.95 | Amethyst | 164 | 97 | 192 | 282 | 49 | 75 | Violet |
| | 9.98 | Amethyst | 164 | 98 | 192 | 282 | 49 | 75 | Violet |
| | 10.01 | Amethyst | 167 | 101 | 195 | 282 | 48 | 76 | Violet |
| | 10.04 | Amethyst | 167 | 102 | 195 | 282 | 48 | 76 | Violet |
| | 10.07 | Amethyst | 167 | 100 | 196 | 282 | 49 | 77 | Violet |
| 10.20 | Amethyst | 167 | 103 | 195 | 282 | 47 | 76 | Violet | |

ตารางที่ ข.24 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Mulberry | 215 | 71 | 151 | 327 | 67 | 84 | Violet:Pink |
| | 9.77 | Fuchsia | 173 | 71 | 188 | 292 | 62 | 74 | Violet |
| | 9.80 | Deep Lilac | 172 | 73 | 191 | 290 | 62 | 75 | Violet |
| | 9.83 | Deep Lilac | 171 | 74 | 194 | 289 | 62 | 76 | Violet |
| | 9.86 | Deep Lilac | 169 | 75 | 196 | 287 | 62 | 77 | Violet |
| | 9.89 | Deep Lilac | 168 | 77 | 198 | 285 | 61 | 78 | Violet |
| | 9.92 | Deep Lilac | 165 | 77 | 199 | 283 | 61 | 78 | Violet |
| | 9.95 | Deep Lilac | 165 | 78 | 201 | 282 | 61 | 79 | Violet |
| | 9.98 | Deep Lilac | 163 | 78 | 199 | 282 | 61 | 78 | Violet |
| | 10.01 | Medium Orchid | 170 | 86 | 205 | 282 | 58 | 80 | Violet |
| | 10.04 | Medium Orchid | 168 | 82 | 204 | 282 | 60 | 80 | Violet |
| | 10.07 | Medium Orchid | 168 | 86 | 203 | 282 | 58 | 80 | Violet |
| 10.20 | Deep Lilac | 167 | 83 | 202 | 282 | 59 | 79 | Violet | |

ตารางที่ ข.25 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|--------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Medium Red Violet | 200 | 61 | 128 | 331 | 70 | 78 | Violet:Pink |
| | 9.77 | Dark Orchid | 159 | 52 | 178 | 291 | 71 | 70 | Violet |
| | 9.80 | Dark Orchid | 158 | 55 | 181 | 289 | 70 | 71 | Violet |
| | 9.83 | Dark Orchid | 155 | 53 | 181 | 288 | 71 | 71 | Violet |
| | 9.86 | Dark Orchid | 151 | 54 | 182 | 285 | 70 | 71 | Violet |
| | 9.89 | Dark Orchid | 150 | 55 | 183 | 285 | 70 | 72 | Violet |
| | 9.92 | Dark Orchid | 149 | 57 | 184 | 283 | 69 | 72 | Violet |
| | 9.95 | Dark Orchid | 154 | 62 | 191 | 283 | 68 | 75 | Violet |
| | 9.98 | Dark Orchid | 147 | 58 | 185 | 282 | 69 | 73 | Violet |
| | 10.01 | Dark Orchid | 149 | 59 | 189 | 282 | 69 | 74 | Violet |
| | 10.04 | Dark Orchid | 148 | 58 | 187 | 282 | 69 | 73 | Violet |
| | 10.07 | Dark Orchid | 150 | 59 | 190 | 282 | 69 | 75 | Violet |
| | 10.20 | Dark Orchid | 150 | 60 | 190 | 282 | 68 | 75 | Violet |

ตารางที่ ข.26 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 300 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|---------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Mulberry | 202 | 67 | 133 | 331 | 67 | 79 | Violet:Pink |
| | 9.77 | Vivid Violet | 149 | 60 | 160 | 293 | 63 | 63 | Violet |
| | 9.80 | Deep Lilac | 152 | 63 | 166 | 292 | 62 | 65 | Violet |
| | 9.83 | Deep Lilac | 151 | 65 | 169 | 290 | 62 | 66 | Violet |
| | 9.86 | Vivid Violet | 145 | 63 | 167 | 287 | 62 | 65 | Violet |
| | 9.89 | Deep Lilac | 149 | 67 | 174 | 286 | 61 | 68 | Violet |
| | 9.92 | Deep Lilac | 145 | 67 | 173 | 284 | 61 | 68 | Violet |
| | 9.95 | Studio | 140 | 65 | 170 | 283 | 62 | 67 | Violet |
| | 9.98 | Deep Lilac | 155 | 81 | 185 | 283 | 56 | 73 | Violet |
| | 10.01 | Deep Lilac | 155 | 79 | 184 | 283 | 57 | 72 | Violet |
| | 10.04 | Deep Lilac | 146 | 70 | 177 | 283 | 60 | 69 | Violet |
| | 10.07 | Deep Lilac | 143 | 69 | 173 | 283 | 60 | 68 | Violet |
| | 10.20 | Deep Lilac | 143 | 69 | 172 | 283 | 60 | 67 | Violet |

3. น้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นของค่าแคลเซียม เท่ากับ 600 ppm

ตารางที่ ข.27 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|----------------------------------|------------|------------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Hopbush | 194 | 114 | 149 | 334 | 41 | 76 | Violet:Pink |
| | 5.77 | Bouquet | 180 | 112 | 167 | 311 | 38 | 71 | Violet:Pink |
| | 5.80 | Bouquet | 178 | 115 | 170 | 308 | 35 | 70 | Violet:Pink |
| | 5.83 | East Side | 177 | 119 | 177 | 300 | 33 | 69 | Violet:Pink |
| | 5.86 | East Side | 172 | 120 | 181 | 291 | 34 | 71 | Violet |
| | 5.89 | Purple Mountain's Majesty | 166 | 123 | 183 | 283 | 33 | 72 | Violet |
| | 5.92 | Purple Mountain's Majesty | 167 | 122 | 185 | 283 | 34 | 73 | Violet |
| | 5.95 | East Side | 169 | 123 | 187 | 283 | 34 | 73 | Violet |
| | 5.98 | East Side | 168 | 122 | 186 | 283 | 34 | 73 | Violet |
| | 6.01 | Purple Mountain's Majesty | 166 | 123 | 183 | 283 | 33 | 72 | Violet |
| | 6.15 | East Side | 168 | 122 | 186 | 283 | 34 | 73 | Violet |

ตารางที่ ข.28 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|----------------------------------|------------|------------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Tapestry | 188 | 108 | 140 | 336 | 43 | 74 | Pink:Red |
| | 5.77 | Bouquet | 178 | 112 | 165 | 312 | 37 | 70 | Violet:Pink |
| | 5.80 | Bouquet | 178 | 118 | 171 | 307 | 34 | 70 | Violet:Pink |
| | 5.83 | East Side | 177 | 122 | 179 | 298 | 32 | 70 | Violet:Pink |
| | 5.86 | East Side | 171 | 123 | 182 | 289 | 32 | 71 | Violet |
| | 5.89 | Purple Mountain's Majesty | 166 | 119 | 184 | 283 | 35 | 72 | Violet |
| | 5.92 | East Side | 173 | 123 | 192 | 283 | 36 | 75 | Violet |
| | 5.95 | East Side | 172 | 123 | 191 | 283 | 36 | 75 | Violet |
| | 5.98 | East Side | 173 | 123 | 192 | 283 | 36 | 75 | Violet |
| | 6.01 | Purple Mountain's Majesty | 168 | 121 | 186 | 283 | 35 | 73 | Violet |
| | 6.15 | East Side | 173 | 128 | 191 | 283 | 33 | 75 | Violet |

ตารางที่ ข.29 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Mulberry | 199 | 91 | 141 | 332 | 54 | 78 | Violet:Pink |
| | 5.77 | Violet Blue | 179 | 88 | 165 | 309 | 51 | 70 | Violet:Pink |
| | 5.80 | Violet Blue | 175 | 87 | 168 | 305 | 50 | 69 | Violet:Pink |
| | 5.83 | Violet Blue | 171 | 87 | 173 | 299 | 50 | 68 | Violet:Pink |
| | 5.86 | Deep Lilac | 167 | 89 | 179 | 292 | 50 | 70 | Violet |
| | 5.89 | Deep Lilac | 163 | 93 | 184 | 286 | 49 | 72 | Violet |
| | 5.92 | Deep Lilac | 160 | 95 | 184 | 284 | 48 | 72 | Violet |
| | 5.95 | Deep Lilac | 160 | 97 | 183 | 284 | 47 | 72 | Violet |
| | 5.98 | Deep Lilac | 161 | 97 | 185 | 284 | 48 | 73 | Violet |
| | 6.01 | Deep Lilac | 162 | 99 | 185 | 284 | 46 | 73 | Violet |
| | 6.15 | Deep Lilac | 161 | 97 | 185 | 284 | 48 | 73 | Violet |

ตารางที่ ข.30 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Mulberry | 189 | 76 | 128 | 332 | 60 | 74 | Violet:Pink |
| | 5.77 | Violet Blue | 170 | 73 | 153 | 311 | 57 | 67 | Violet:Pink |
| | 5.80 | Violet Blue | 163 | 70 | 151 | 308 | 57 | 64 | Violet:Pink |
| | 5.83 | Violet Blue | 160 | 70 | 155 | 303 | 56 | 63 | Violet:Pink |
| | 5.86 | Violet Blue | 155 | 70 | 159 | 297 | 56 | 62 | Violet:Pink |
| | 5.89 | Deep Lilac | 151 | 71 | 168 | 289 | 58 | 66 | Violet |
| | 5.92 | Deep Lilac | 141 | 71 | 169 | 283 | 58 | 66 | Violet |
| | 5.95 | Deep Lilac | 137 | 71 | 164 | 283 | 57 | 64 | Violet |
| | 5.98 | Deep Lilac | 143 | 72 | 171 | 283 | 58 | 67 | Violet |
| | 6.01 | Deep Lilac | 143 | 72 | 171 | 283 | 58 | 67 | Violet |
| | 6.15 | Deep Lilac | 137 | 71 | 164 | 283 | 57 | 64 | Violet |

ตารางที่ ข.31 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|--------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Deep Cerise | 211 | 61 | 138 | 329 | 71 | 83 | Violet:Pink |
| | 5.77 | Fuchsia | 179 | 55 | 175 | 302 | 69 | 70 | Violet:Pink |
| | 5.80 | Dark Orchid | 168 | 52 | 177 | 296 | 71 | 69 | Violet:Pink |
| | 5.83 | Dark Orchid | 168 | 55 | 187 | 291 | 71 | 73 | Violet |
| | 5.86 | Dark Orchid | 161 | 57 | 193 | 286 | 70 | 76 | Violet |
| | 5.89 | Dark Orchid | 154 | 60 | 194 | 282 | 69 | 76 | Violet |
| | 5.92 | Dark Orchid | 154 | 57 | 194 | 282 | 71 | 76 | Violet |
| | 5.95 | Dark Orchid | 153 | 57 | 193 | 282 | 70 | 76 | Violet |
| | 5.98 | Dark Orchid | 154 | 60 | 194 | 282 | 69 | 76 | Violet |
| | 6.01 | Dark Orchid | 153 | 57 | 193 | 282 | 70 | 76 | Violet |
| | 6.15 | Dark Orchid | 154 | 57 | 194 | 282 | 71 | 76 | Violet |

ตารางที่ ข.32 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Mulberry | 199 | 69 | 130 | 332 | 65 | 78 | Violet:Pink |
| | 5.77 | Medium Red Violet | 169 | 62 | 158 | 306 | 63 | 66 | Violet:Pink |
| | 5.80 | Violet Blue | 166 | 63 | 161 | 303 | 62 | 65 | Violet:Pink |
| | 5.83 | Deep Lilac | 165 | 61 | 170 | 297 | 64 | 67 | Violet:Pink |
| | 5.86 | Deep Lilac | 157 | 66 | 173 | 291 | 62 | 68 | Violet |
| | 5.89 | Deep Lilac | 150 | 65 | 179 | 285 | 64 | 70 | Violet |
| | 5.92 | Deep Lilac | 150 | 66 | 182 | 283 | 64 | 71 | Violet |
| | 5.95 | Deep Lilac | 150 | 67 | 182 | 283 | 63 | 71 | Violet |
| | 5.98 | Deep Lilac | 147 | 69 | 177 | 283 | 61 | 69 | Violet |
| | 6.01 | Deep Lilac | 147 | 69 | 177 | 283 | 61 | 69 | Violet |
| | 6.15 | Deep Lilac | 150 | 67 | 182 | 283 | 63 | 71 | Violet |

ตารางที่ ข.33 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|---------------|------------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Hopbush | 204 | 118 | 160 | 331 | 42 | 80 | Violet:Pink |
| | 8.99 | Strikemaster | 151 | 91 | 141 | 310 | 40 | 59 | Violet:Pink |
| | 9.02 | Violet Blue | 156 | 97 | 147 | 309 | 38 | 61 | Violet:Pink |
| | 9.05 | Violet Blue | 165 | 107 | 160 | 305 | 35 | 65 | Violet:Pink |
| | 9.08 | Violet Blue | 168 | 112 | 168 | 300 | 33 | 66 | Violet:Pink |
| | 9.11 | Violet Blue | 156 | 105 | 161 | 295 | 35 | 63 | Violet |
| | 9.14 | Violet Blue | 146 | 101 | 155 | 290 | 35 | 61 | Faded Violet |
| | 9.17 | Trendy Pink | 134 | 92 | 147 | 286 | 37 | 58 | Violet |
| | 9.20 | Deluge | 136 | 98 | 150 | 284 | 35 | 59 | Faded Violet |
| | 9.23 | Trendy Pink | 132 | 95 | 146 | 284 | 35 | 57 | Faded Violet |
| | 9.26 | Deluge | 137 | 97 | 152 | 284 | 36 | 60 | Faded Violet |
| | 9.29 | Ce Soir | 148 | 107 | 163 | 284 | 34 | 64 | Violet |
| | 9.40 | Trendy Pink | 132 | 95 | 146 | 284 | 35 | 57 | Faded Violet |

ตารางที่ ข.34 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|---------------|------------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Hopbush | 204 | 118 | 160 | 331 | 42 | 80 | Violet:Pink |
| | 8.99 | Strikemaster | 151 | 91 | 141 | 310 | 40 | 59 | Violet:Pink |
| | 9.02 | Violet Blue | 156 | 97 | 147 | 309 | 38 | 61 | Violet:Pink |
| | 9.05 | Violet Blue | 165 | 107 | 160 | 305 | 35 | 65 | Violet:Pink |
| | 9.08 | Violet Blue | 168 | 112 | 168 | 300 | 33 | 66 | Violet:Pink |
| | 9.11 | Violet Blue | 156 | 105 | 161 | 295 | 35 | 63 | Violet |
| | 9.14 | Violet Blue | 146 | 101 | 155 | 290 | 35 | 61 | Faded Violet |
| | 9.17 | Trendy Pink | 134 | 92 | 147 | 286 | 37 | 58 | Violet |
| | 9.20 | Deluge | 137 | 97 | 152 | 284 | 36 | 60 | Faded Violet |
| | 9.23 | Ce Soir | 148 | 107 | 163 | 284 | 34 | 64 | Violet |
| | 9.26 | Ce Soir | 152 | 110 | 168 | 283 | 35 | 66 | Violet |
| | 9.29 | Ce Soir | 148 | 107 | 163 | 284 | 34 | 64 | Violet |
| | 9.40 | Ce Soir | 148 | 107 | 163 | 284 | 34 | 64 | Violet |

ตารางที่ ข.35 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-----------------|------------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Mulberry | 198 | 87 | 138 | 332 | 56 | 78 | Violet:Pink |
| | 8.99 | Violet Blue | 178 | 85 | 164 | 309 | 52 | 70 | Violet:Pink |
| | 9.02 | Violet Blue | 177 | 86 | 166 | 307 | 51 | 69 | Violet:Pink |
| | 9.05 | Violet Blue | 173 | 85 | 167 | 304 | 51 | 68 | Violet:Pink |
| | 9.08 | Fuchsia | 178 | 94 | 177 | 301 | 47 | 70 | Violet:Pink |
| | 9.11 | Deep Lilac | 174 | 95 | 179 | 296 | 47 | 70 | Violet:Pink |
| | 9.14 | Deep Lilac | 170 | 97 | 182 | 292 | 47 | 71 | Violet |
| | 9.17 | Deep Lilac | 167 | 97 | 185 | 288 | 48 | 73 | Violet |
| | 9.20 | Amethyst | 167 | 99 | 191 | 285 | 48 | 75 | Violet |
| | 9.23 | Amethyst | 164 | 99 | 190 | 283 | 48 | 75 | Violet |
| | 9.26 | Amethyst | 167 | 98 | 194 | 283 | 49 | 76 | Violet |
| | 9.29 | Amethyst | 165 | 100 | 191 | 283 | 48 | 75 | Violet |
| | 9.40 | Amethyst | 164 | 100 | 189 | 283 | 47 | 74 | Violet |

ตารางที่ ข.36 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-------------------|------------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Mulberry | 202 | 87 | 144 | 330 | 57 | 79 | Violet:Pink |
| | 8.99 | Violet Blue | 178 | 91 | 165 | 310 | 49 | 70 | Violet:Pink |
| | 9.02 | Violet Blue | 179 | 95 | 171 | 306 | 47 | 70 | Violet:Pink |
| | 9.05 | Violet Blue | 175 | 96 | 171 | 303 | 45 | 69 | Violet:Pink |
| | 9.08 | Violet Blue | 175 | 99 | 176 | 299 | 44 | 69 | Violet:Pink |
| | 9.11 | Violet Blue | 172 | 100 | 179 | 295 | 44 | 70 | Violet |
| | 9.14 | Deep Lilac | 159 | 83 | 177 | 289 | 53 | 69 | Violet |
| | 9.17 | Deep Lilac | 158 | 83 | 183 | 286 | 54 | 71 | Violet |
| | 9.20 | Deep Lilac | 158 | 86 | 184 | 284 | 53 | 72 | Violet |
| | 9.23 | Deep Lilac | 147 | 85 | 170 | 284 | 50 | 67 | Violet |
| | 9.26 | Deep Lilac | 151 | 90 | 173 | 284 | 48 | 68 | Violet |
| | 9.29 | Studio | 139 | 76 | 162 | 284 | 53 | 64 | Violet |
| | 9.40 | Violet Blue | 146 | 86 | 167 | 284 | 49 | 65 | Violet |

ตารางที่ ข.37 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอี
ดีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|------------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Mulberry | 198 | 64 | 127 | 332 | 68 | 78 | Violet:Pink |
| | 8.99 | Violet Blue | 176 | 72 | 165 | 306 | 59 | 69 | Violet:Pink |
| | 9.02 | Violet Blue | 167 | 68 | 161 | 304 | 59 | 65 | Violet:Pink |
| | 9.05 | Violet Blue | 163 | 67 | 162 | 301 | 59 | 64 | Violet:Pink |
| | 9.08 | Deep Lilac | 164 | 69 | 168 | 298 | 59 | 66 | Violet:Pink |
| | 9.11 | Deep Lilac | 161 | 72 | 174 | 292 | 59 | 68 | Violet |
| | 9.14 | Deep Lilac | 158 | 74 | 177 | 289 | 58 | 69 | Violet |
| | 9.17 | Deep Lilac | 157 | 77 | 186 | 285 | 58 | 73 | Violet |
| | 9.20 | Deep Lilac | 155 | 77 | 185 | 283 | 58 | 73 | Violet |
| | 9.23 | Deep Lilac | 153 | 76 | 183 | 283 | 58 | 72 | Violet |
| | 9.26 | Deep Lilac | 154 | 77 | 184 | 283 | 58 | 72 | Violet |
| | 9.29 | Deep Lilac | 151 | 75 | 181 | 283 | 59 | 71 | Violet |
| | 9.40 | Deep Lilac | 143 | 70 | 171 | 283 | 59 | 67 | Violet |

ตารางที่ ข.38 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอี
ดีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|------------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Mulberry | 198 | 64 | 127 | 332 | 68 | 78 | Violet:Pink |
| | 8.99 | Violet Blue | 176 | 72 | 165 | 306 | 59 | 69 | Violet:Pink |
| | 9.02 | Violet Blue | 167 | 68 | 161 | 304 | 59 | 65 | Violet:Pink |
| | 9.05 | Violet Blue | 163 | 67 | 162 | 301 | 59 | 64 | Violet:Pink |
| | 9.08 | Deep Lilac | 164 | 69 | 168 | 298 | 59 | 66 | Violet:Pink |
| | 9.11 | Deep Lilac | 161 | 72 | 174 | 292 | 59 | 68 | Violet |
| | 9.14 | Deep Lilac | 158 | 74 | 177 | 289 | 58 | 69 | Violet |
| | 9.17 | Deep Lilac | 157 | 77 | 186 | 285 | 58 | 73 | Violet |
| | 9.29 | Deep Lilac | 151 | 75 | 181 | 283 | 59 | 71 | Violet |
| | 9.23 | Deep Lilac | 153 | 76 | 183 | 283 | 58 | 72 | Violet |
| | 9.26 | Deep Lilac | 143 | 70 | 171 | 283 | 59 | 67 | Violet |
| | 9.29 | Deep Lilac | 151 | 75 | 181 | 283 | 59 | 71 | Violet |
| | 9.40 | Deep Lilac | 154 | 77 | 184 | 283 | 58 | 72 | Violet |

ตารางที่ ข.39 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอี
ดีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|------------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Hopbush | 211 | 105 | 161 | 328 | 50 | 83 | Violet:Pink |
| | 19.88 | East Side | 182 | 119 | 184 | 298 | 35 | 72 | Violet:Pink |
| | 19.91 | East Side | 180 | 119 | 186 | 295 | 36 | 73 | Violet |
| | 19.94 | East Side | 178 | 119 | 186 | 293 | 36 | 73 | Violet |
| | 19.97 | East Side | 176 | 120 | 187 | 290 | 36 | 73 | Violet |
| | 20.00 | East Side | 175 | 120 | 188 | 289 | 36 | 74 | Violet |
| | 20.03 | East Side | 172 | 118 | 187 | 287 | 37 | 73 | Violet |
| | 20.06 | East Side | 173 | 122 | 189 | 286 | 35 | 74 | Violet |
| | 20.09 | East Side | 172 | 121 | 188 | 286 | 36 | 74 | Violet |
| | 20.12 | East Side | 173 | 121 | 189 | 286 | 36 | 74 | Violet |
| | 20.15 | East Side | 174 | 123 | 189 | 286 | 35 | 74 | Violet |
| | 20.20 | East Side | 174 | 123 | 190 | 286 | 35 | 75 | Violet |

ตารางที่ ข.40 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอี
ดีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|----------------------------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Puce | 199 | 125 | 159 | 332 | 37 | 78 | Violet:Pink |
| | 19.88 | East Side | 180 | 122 | 184 | 296 | 34 | 72 | Violet:Pink |
| | 19.91 | East Side | 179 | 123 | 186 | 293 | 34 | 73 | Violet |
| | 19.94 | East Side | 173 | 118 | 182 | 292 | 35 | 71 | Violet |
| | 19.97 | Purple Mountain's Majesty | 171 | 118 | 183 | 289 | 36 | 72 | Violet |
| | 20.00 | East Side | 172 | 121 | 186 | 287 | 35 | 73 | Violet |
| | 20.03 | East Side | 170 | 120 | 186 | 285 | 35 | 73 | Violet |
| | 20.06 | Purple Mountain's Majesty | 167 | 118 | 185 | 284 | 36 | 73 | Violet |
| | 20.09 | East Side | 174 | 126 | 192 | 284 | 34 | 75 | Violet |
| | 20.12 | Purple Mountain's Majesty | 168 | 120 | 186 | 284 | 35 | 73 | Violet |
| | 20.15 | East Side | 175 | 128 | 192 | 284 | 33 | 75 | Violet |
| | 20.20 | East Side | 170 | 123 | 187 | 284 | 34 | 73 | Violet |

ตารางที่ ข.41 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-------------|-----|----|-----|-------------|----|----|-------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Hopbush | 204 | 97 | 150 | 330 | 52 | 80 | Violet:Pink |
| | 19.88 | Violet Blue | 161 | 85 | 165 | 297 | 48 | 65 | Violet |
| | 19.91 | Violet Blue | 161 | 88 | 169 | 294 | 48 | 66 | Violet |
| | 19.94 | Violet Blue | 159 | 88 | 169 | 293 | 48 | 66 | Violet |
| | 19.97 | Violet Blue | 154 | 86 | 168 | 290 | 49 | 66 | Violet |
| | 20.00 | Violet Blue | 153 | 88 | 169 | 288 | 48 | 66 | Violet |
| | 20.03 | Violet Blue | 152 | 89 | 170 | 287 | 48 | 67 | Violet |
| | 20.06 | Deep Lilac | 156 | 91 | 175 | 286 | 48 | 69 | Violet |
| | 20.09 | Deep Lilac | 156 | 93 | 175 | 286 | 47 | 69 | Violet |
| | 20.12 | Deep Lilac | 152 | 89 | 172 | 286 | 48 | 67 | Violet |
| | 20.15 | Violet Blue | 152 | 89 | 171 | 286 | 48 | 67 | Violet |
| | 20.20 | Deep Lilac | 155 | 92 | 175 | 286 | 47 | 69 | Violet |

ตารางที่ ข.42 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|------------|-----|----|-----|-------------|----|----|-------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Mulberry | 195 | 85 | 136 | 332 | 56 | 76 | Violet:Pink |
| | 19.88 | Deep Lilac | 166 | 69 | 176 | 294 | 61 | 69 | Violet |
| | 19.91 | Deep Lilac | 163 | 71 | 177 | 292 | 60 | 69 | Violet |
| | 19.94 | Deep Lilac | 162 | 71 | 180 | 290 | 61 | 71 | Violet |
| | 19.97 | Deep Lilac | 158 | 72 | 179 | 288 | 60 | 70 | Violet |
| | 20.00 | Deep Lilac | 162 | 76 | 186 | 287 | 59 | 73 | Violet |
| | 20.03 | Deep Lilac | 161 | 77 | 188 | 285 | 59 | 74 | Violet |
| | 20.06 | Deep Lilac | 158 | 76 | 187 | 284 | 59 | 73 | Violet |
| | 20.09 | Deep Lilac | 157 | 74 | 188 | 284 | 61 | 74 | Violet |
| | 20.12 | Deep Lilac | 157 | 74 | 187 | 284 | 60 | 73 | Violet |
| | 20.15 | Deep Lilac | 160 | 77 | 191 | 284 | 60 | 75 | Violet |
| | 20.20 | Deep Lilac | 159 | 77 | 190 | 284 | 59 | 75 | Violet |

ตารางที่ ข.43 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-------------|-----|----|-----|------------------------|----|----|-------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Mulberry | 202 | 63 | 130 | 331 | 69 | 79 | Violet:Pink |
| | 19.88 | Dark Orchid | 156 | 51 | 183 | 288 | 72 | 72 | Violet |
| | 19.91 | Dark Orchid | 151 | 49 | 182 | 286 | 73 | 71 | Violet |
| | 19.94 | Dark Orchid | 149 | 50 | 183 | 285 | 73 | 72 | Violet |
| | 19.97 | Dark Orchid | 154 | 55 | 192 | 283 | 71 | 75 | Violet |
| | 20.00 | Dark Orchid | 146 | 50 | 186 | 282 | 73 | 73 | Violet |
| | 20.03 | Dark Orchid | 148 | 51 | 189 | 282 | 73 | 74 | Violet |
| | 20.06 | Dark Orchid | 144 | 49 | 185 | 282 | 74 | 73 | Violet |
| | 20.09 | Dark Orchid | 152 | 58 | 193 | 282 | 70 | 76 | Violet |
| | 20.12 | Dark Orchid | 154 | 61 | 194 | 282 | 69 | 76 | Violet |
| | 20.15 | Dark Orchid | 151 | 57 | 191 | 282 | 70 | 75 | Violet |
| | 20.20 | Dark Orchid | 152 | 58 | 193 | 282 | 70 | 76 | Violet |

ตารางที่ ข.44 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 600 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอีดีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|--------------|-----|----|-----|------------------------|----|----|-------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Mulberry | 200 | 67 | 130 | 332 | 67 | 78 | Violet:Pink |
| | 19.88 | Vivid Violet | 150 | 46 | 165 | 292 | 72 | 65 | Violet |
| | 19.91 | Vivid Violet | 151 | 48 | 169 | 291 | 72 | 66 | Violet |
| | 19.94 | Dark Orchid | 150 | 50 | 176 | 288 | 72 | 69 | Violet |
| | 19.97 | Dark Orchid | 144 | 47 | 175 | 285 | 73 | 69 | Violet |
| | 20.00 | Dark Orchid | 146 | 49 | 177 | 285 | 72 | 69 | Violet |
| | 20.03 | Dark Orchid | 142 | 50 | 176 | 284 | 72 | 69 | Violet |
| | 20.06 | Dark Orchid | 142 | 51 | 175 | 284 | 71 | 69 | Violet |
| | 20.09 | Dark Orchid | 156 | 59 | 192 | 284 | 69 | 75 | Violet |
| | 20.12 | Dark Orchid | 151 | 53 | 188 | 284 | 72 | 74 | Violet |
| | 20.15 | Dark Orchid | 150 | 55 | 186 | 284 | 70 | 73 | Violet |
| | 20.20 | Dark Orchid | 156 | 59 | 192 | 284 | 69 | 75 | Violet |

4. น้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นของค่าแคลเซียม เท่ากับ 1,000 ppm

ตารางที่ ข.45 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
ไอทีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|------------------|------------|------------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Puce | 198 | 126 | 159 | 333 | 36 | 78 | Violet:Pink |
| | 9.72 | London Hue | 182 | 126 | 172 | 311 | 31 | 71 | Violet:Pink |
| | 9.75 | East Side | 180 | 126 | 173 | 308 | 30 | 71 | Violet:Pink |
| | 9.78 | East Side | 182 | 131 | 179 | 304 | 28 | 71 | Violet:Pink |
| | 9.81 | East Side | 175 | 128 | 178 | 296 | 28 | 70 | Violet:Pink |
| | 9.84 | East Side | 173 | 131 | 185 | 287 | 29 | 73 | Violet |
| | 9.87 | East Side | 171 | 132 | 187 | 283 | 29 | 73 | Violet |
| | 9.90 | East Side | 172 | 133 | 188 | 283 | 29 | 74 | Violet |
| | 9.93 | East Side | 172 | 133 | 187 | 283 | 29 | 73 | Violet |
| | 9.96 | East Side | 169 | 130 | 185 | 283 | 30 | 73 | Violet |
| | 10.10 | East Side | 174 | 137 | 189 | 283 | 28 | 74 | Violet |

ตารางที่ ข.46 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
ไอทีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|------------------|------------|------------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Hopbush | 193 | 120 | 156 | 330 | 38 | 76 | Violet:Pink |
| | 9.72 | Bouquet | 180 | 116 | 172 | 308 | 36 | 71 | Violet:Pink |
| | 9.75 | East Side | 184 | 123 | 178 | 306 | 33 | 72 | Violet:Pink |
| | 9.78 | East Side | 185 | 127 | 185 | 300 | 31 | 73 | Violet:Pink |
| | 9.81 | East Side | 181 | 125 | 187 | 294 | 33 | 73 | Violet |
| | 9.84 | East Side | 176 | 124 | 190 | 287 | 35 | 75 | Violet |
| | 9.87 | East Side | 171 | 128 | 191 | 281 | 33 | 75 | Violet |
| | 9.90 | East Side | 176 | 131 | 197 | 281 | 34 | 77 | Violet |
| | 9.93 | East Side | 176 | 132 | 196 | 281 | 33 | 77 | Violet |
| | 9.96 | East Side | 172 | 129 | 192 | 281 | 33 | 75 | Violet |
| | 10.10 | East Side | 173 | 129 | 193 | 281 | 33 | 76 | Violet |

ตารางที่ ข.47 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
 อีทีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Mulberry | 196 | 89 | 141 | 331 | 55 | 77 | Violet:Pink |
| | 9.72 | Violet Blue | 183 | 93 | 168 | 310 | 49 | 72 | Violet:Pink |
| | 9.75 | Fuchsia | 186 | 95 | 176 | 307 | 49 | 73 | Violet:Pink |
| | 9.78 | Fuchsia | 178 | 92 | 175 | 302 | 48 | 70 | Violet:Pink |
| | 9.81 | Fuchsia | 177 | 94 | 182 | 297 | 48 | 71 | Violet:Pink |
| | 9.84 | Deep Lilac | 169 | 94 | 183 | 291 | 49 | 72 | Violet |
| | 9.87 | Deep Lilac | 159 | 87 | 182 | 285 | 52 | 71 | Violet |
| | 9.90 | Deep Lilac | 162 | 95 | 188 | 283 | 49 | 74 | Violet |
| | 9.93 | Deep Lilac | 164 | 96 | 191 | 283 | 50 | 75 | Violet |
| | 9.96 | Amethyst | 167 | 104 | 191 | 283 | 46 | 75 | Violet |
| | 10.10 | Deep Lilac | 161 | 95 | 187 | 283 | 49 | 73 | Violet |

ตารางที่ ข.48 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
 อีทีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|----------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Mulberry | 216 | 80 | 153 | 328 | 63 | 85 | Violet:Pink |
| | 9.72 | Fuchsia | 190 | 81 | 173 | 309 | 57 | 75 | Violet:Pink |
| | 9.75 | Fuchsia | 188 | 82 | 177 | 306 | 56 | 74 | Violet:Pink |
| | 9.78 | Fuchsia | 188 | 85 | 184 | 302 | 55 | 74 | Violet:Pink |
| | 9.81 | Fuchsia | 180 | 82 | 185 | 297 | 56 | 73 | Violet:Pink |
| | 9.84 | Fuchsia | 177 | 86 | 193 | 291 | 55 | 76 | Violet |
| | 9.87 | Medium Orchid | 171 | 89 | 198 | 285 | 55 | 78 | Violet |
| | 9.90 | Medium Orchid | 169 | 89 | 201 | 283 | 56 | 79 | Violet |
| | 9.93 | Medium Orchid | 171 | 92 | 202 | 283 | 54 | 79 | Violet |
| | 9.96 | Deep Lilac | 167 | 88 | 197 | 283 | 55 | 77 | Violet |
| | 10.10 | Deep Lilac | 167 | 90 | 198 | 283 | 55 | 78 | Violet |

ตารางที่ ข.49 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อิตีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|-----|----|-----|------------------------|----|----|-------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Mulberry | 200 | 71 | 133 | 331 | 65 | 78 | Violet:Pink |
| | 9.72 | Medium Red Violet | 167 | 60 | 155 | 307 | 64 | 65 | Violet:Pink |
| | 9.75 | Violet Blue | 165 | 61 | 160 | 303 | 63 | 65 | Violet:Pink |
| | 9.78 | Deep Lilac | 166 | 68 | 172 | 297 | 60 | 67 | Violet:Pink |
| | 9.81 | Deep Lilac | 158 | 68 | 174 | 291 | 61 | 68 | Violet |
| | 9.84 | Deep Lilac | 157 | 74 | 182 | 286 | 59 | 71 | Violet |
| | 9.87 | Deep Lilac | 155 | 77 | 185 | 283 | 58 | 73 | Violet |
| | 9.90 | Deep Lilac | 154 | 76 | 184 | 283 | 59 | 72 | Violet |
| | 9.93 | Deep Lilac | 154 | 75 | 184 | 283 | 59 | 72 | Violet |
| | 9.96 | Deep Lilac | 153 | 75 | 184 | 283 | 59 | 72 | Violet |
| | 10.10 | Deep Lilac | 146 | 64 | 178 | 283 | 64 | 70 | Violet |

ตารางที่ ข.50 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อิตีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|-----|----|-----|------------------------|----|----|-------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Mulberry | 199 | 72 | 133 | 331 | 64 | 78 | Violet:Pink |
| | 9.72 | Medium Red Violet | 170 | 63 | 153 | 310 | 63 | 67 | Violet:Pink |
| | 9.75 | Violet Blue | 172 | 67 | 164 | 305 | 61 | 67 | Violet:Pink |
| | 9.78 | Violet Blue | 170 | 73 | 169 | 301 | 57 | 67 | Violet:Pink |
| | 9.81 | Deep Lilac | 170 | 77 | 177 | 296 | 56 | 69 | Violet:Pink |
| | 9.84 | Deep Lilac | 162 | 75 | 182 | 289 | 59 | 71 | Violet |
| | 9.87 | Deep Lilac | 157 | 74 | 182 | 286 | 59 | 71 | Violet |
| | 9.90 | Deep Lilac | 146 | 67 | 178 | 283 | 62 | 70 | Violet |
| | 9.93 | Deep Lilac | 149 | 69 | 181 | 283 | 62 | 71 | Violet |
| | 9.96 | Deep Lilac | 148 | 68 | 180 | 283 | 62 | 71 | Violet |
| | 10.10 | Deep Lilac | 151 | 71 | 182 | 283 | 61 | 71 | Violet |

ตารางที่ ข.51 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
 อีดีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|---------------------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Puce | 197 | 125 | 159 | 332 | 37 | 77 | Violet:Pink |
| | 15.21 | East Side | 182 | 119 | 175 | 307 | 35 | 71 | Violet:Pink |
| | 15.24 | East Side | 182 | 119 | 178 | 304 | 35 | 71 | Violet:Pink |
| | 15.27 | East Side | 182 | 120 | 183 | 299 | 34 | 72 | Violet:Pink |
| | 15.30 | East Side | 179 | 119 | 184 | 295 | 35 | 72 | Violet:Pink |
| | 15.33 | East Side | 176 | 119 | 188 | 290 | 37 | 74 | Violet |
| | 15.36 | East Side | 174 | 122 | 191 | 285 | 36 | 75 | Violet |
| | 15.39 | East Side | 173 | 126 | 192 | 283 | 34 | 75 | Violet |
| | 15.42 | East Side | 171 | 124 | 189 | 283 | 34 | 74 | Violet |
| | 15.45 | East Side | 170 | 121 | 189 | 283 | 36 | 74 | Violet |
| | 15.48 | Purple Mountain's Majesty | 168 | 121 | 187 | 283 | 35 | 73 | Violet |
| | 15.60 | East Side | 170 | 123 | 188 | 283 | 35 | 74 | Violet |

ตารางที่ ข.52 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
 อีดีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Careys Pink | 206 | 143 | 172 | 332 | 31 | 81 | Violet:Pink |
| | 15.21 | Lily | 188 | 151 | 183 | 308 | 20 | 74 | Faded Violet:Pink |
| | 15.24 | Lily | 186 | 151 | 183 | 305 | 19 | 73 | Faded Violet:Pink |
| | 15.27 | London Hue | 180 | 147 | 179 | 302 | 18 | 71 | Faded Violet:Pink |
| | 15.30 | London Hue | 179 | 147 | 181 | 296 | 19 | 71 | Faded Violet:Pink |
| | 15.33 | East Side | 176 | 146 | 182 | 290 | 20 | 71 | Faded Violet |
| | 15.36 | East Side | 180 | 152 | 189 | 285 | 20 | 74 | Faded Violet |
| | 15.39 | Lily | 181 | 155 | 191 | 283 | 19 | 75 | Faded Violet |
| | 15.42 | East Side | 176 | 150 | 186 | 283 | 19 | 73 | Faded Violet |
| | 15.45 | East Side | 179 | 153 | 189 | 283 | 19 | 74 | Faded Violet |
| | 15.48 | East Side | 179 | 154 | 189 | 283 | 19 | 74 | Faded Violet |
| | 15.60 | East Side | 176 | 151 | 186 | 283 | 19 | 73 | Faded Violet |

ตารางที่ ข.53 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อิตีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-----------------|------------|------------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Hopbush | 197 | 93 | 145 | 330 | 53 | 77 | Violet:Pink |
| | 15.21 | Fuchsia | 178 | 93 | 184 | 296 | 49 | 72 | Violet:Pink |
| | 15.24 | Fuchsia | 177 | 96 | 189 | 292 | 49 | 74 | Violet |
| | 15.27 | Fuchsia | 175 | 96 | 193 | 289 | 50 | 76 | Violet |
| | 15.30 | Amethyst | 172 | 100 | 197 | 285 | 49 | 77 | Violet |
| | 15.33 | Amethyst | 171 | 107 | 197 | 283 | 46 | 77 | Violet |
| | 15.36 | Amethyst | 171 | 108 | 197 | 283 | 46 | 77 | Violet |
| | 15.39 | Amethyst | 171 | 104 | 201 | 281 | 48 | 79 | Violet |
| | 15.42 | Amethyst | 170 | 105 | 200 | 281 | 48 | 78 | Violet |
| | 15.45 | Amethyst | 170 | 104 | 201 | 281 | 48 | 79 | Violet |
| | 15.48 | Amethyst | 170 | 103 | 200 | 281 | 49 | 78 | Violet |
| | 15.60 | Amethyst | 171 | 105 | 201 | 281 | 48 | 79 | Violet |

ตารางที่ ข.54 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อิตีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|---------------------------|------------|------------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Hopbush | 203 | 109 | 156 | 330 | 46 | 80 | Violet:Pink |
| | 15.21 | Violet Blue | 180 | 101 | 171 | 307 | 44 | 71 | Violet:Pink |
| | 15.24 | Fuchsia | 182 | 105 | 179 | 302 | 42 | 71 | Violet:Pink |
| | 15.27 | Fuchsia | 183 | 104 | 184 | 299 | 43 | 72 | Violet:Pink |
| | 15.30 | Fuchsia | 180 | 105 | 185 | 296 | 43 | 73 | Violet:Pink |
| | 15.33 | Purple Mountain's Majesty | 173 | 107 | 185 | 291 | 42 | 73 | Violet |
| | 15.36 | Amethyst | 171 | 105 | 189 | 287 | 44 | 74 | Violet |
| | 15.39 | Amethyst | 168 | 108 | 191 | 283 | 43 | 75 | Violet |
| | 15.42 | Amethyst | 170 | 109 | 194 | 283 | 44 | 76 | Violet |
| | 15.45 | Amethyst | 169 | 109 | 193 | 283 | 44 | 76 | Violet |
| | 15.48 | Lilac Bush | 166 | 107 | 190 | 283 | 44 | 75 | Violet |
| | 15.60 | Lilac Bush | 164 | 105 | 188 | 283 | 44 | 74 | Violet |

ตารางที่ ข.55 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
 อิติทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Mulberry | 197 | 75 | 134 | 331 | 62 | 77 | Violet:Pink |
| | 15.21 | Violet Blue | 170 | 64 | 166 | 302 | 62 | 67 | Violet:Pink |
| | 15.24 | Deep Lilac | 165 | 63 | 167 | 299 | 62 | 65 | Violet:Pink |
| | 15.27 | Deep Lilac | 158 | 60 | 165 | 296 | 64 | 65 | Violet:Pink |
| | 15.30 | Deep Lilac | 156 | 62 | 172 | 291 | 64 | 67 | Violet |
| | 15.33 | Deep Lilac | 152 | 60 | 174 | 288 | 66 | 68 | Violet |
| | 15.36 | Dark Orchid | 146 | 56 | 178 | 285 | 68 | 69 | Violet |
| | 15.39 | Deep Lilac | 147 | 62 | 179 | 284 | 65 | 70 | Violet |
| | 15.42 | Deep Lilac | 149 | 65 | 180 | 284 | 64 | 71 | Violet |
| | 15.45 | Deep Lilac | 149 | 66 | 180 | 284 | 63 | 71 | Violet |
| | 15.48 | Deep Lilac | 159 | 81 | 188 | 284 | 57 | 74 | Violet |
| | 15.60 | Deep Lilac | 161 | 81 | 191 | 284 | 58 | 75 | Violet |

ตารางที่ ข.56 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
 อิติทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Mulberry | 205 | 83 | 143 | 330 | 60 | 80 | Violet:Pink |
| | 15.21 | Violet Blue | 169 | 64 | 159 | 306 | 62 | 66 | Violet:Pink |
| | 15.24 | Violet Blue | 166 | 62 | 161 | 303 | 63 | 65 | Violet:Pink |
| | 15.27 | Violet Blue | 163 | 60 | 163 | 300 | 63 | 64 | Violet:Pink |
| | 15.30 | Deep Lilac | 170 | 79 | 177 | 296 | 55 | 69 | Violet:Pink |
| | 15.33 | Deep Lilac | 162 | 74 | 176 | 292 | 58 | 69 | Violet |
| | 15.36 | Deep Lilac | 155 | 70 | 177 | 288 | 60 | 69 | Violet |
| | 15.39 | Deep Lilac | 150 | 68 | 179 | 284 | 62 | 70 | Violet |
| | 15.42 | Deep Lilac | 151 | 73 | 180 | 284 | 59 | 71 | Violet |
| | 15.45 | Deep Lilac | 153 | 76 | 182 | 284 | 58 | 71 | Violet |
| | 15.48 | Deep Lilac | 159 | 81 | 187 | 284 | 57 | 73 | Violet |
| | 15.60 | Deep Lilac | 158 | 78 | 188 | 284 | 59 | 74 | Violet |

ตารางที่ ข.57 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อิตีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|----------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Puce | 196 | 129 | 159 | 333 | 34 | 77 | Violet:Pink |
| | 33.17 | Bouquet | 167 | 115 | 159 | 309 | 31 | 65 | Violet:Pink |
| | 33.20 | Violet Blue | 159 | 109 | 153 | 307 | 31 | 62 | Faded Violet:Pink |
| | 33.23 | Violet Blue | 161 | 112 | 157 | 305 | 30 | 63 | Faded Violet:Pink |
| | 33.26 | Violet Blue | 158 | 111 | 155 | 304 | 30 | 62 | Faded Violet:Pink |
| | 33.29 | Ce Soir | 154 | 109 | 156 | 297 | 30 | 61 | Faded Violet:Pink |
| | 33.32 | Ce Soir | 157 | 111 | 160 | 296 | 31 | 63 | Faded Violet:Pink |
| | 33.35 | Ce Soir | 158 | 111 | 161 | 296 | 31 | 63 | Faded Violet:Pink |
| | 33.38 | Ce Soir | 159 | 117 | 165 | 293 | 29 | 65 | Faded Violet |
| | 33.41 | Ce Soir | 155 | 113 | 161 | 293 | 30 | 63 | Faded Violet |
| | 33.44 | Ce Soir | 161 | 119 | 167 | 293 | 29 | 65 | Faded Violet |
| | 33.60 | Ce Soir | 160 | 119 | 166 | 293 | 29 | 65 | Faded Violet |

ตารางที่ ข.58 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อิตีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|----------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Puce | 196 | 129 | 159 | 333 | 34 | 77 | Violet:Pink |
| | 33.17 | Bouquet | 166 | 114 | 158 | 309 | 31 | 65 | Violet:Pink |
| | 33.20 | Violet Blue | 159 | 109 | 153 | 307 | 31 | 62 | Faded Violet:Pink |
| | 33.23 | Violet Blue | 161 | 112 | 157 | 305 | 30 | 63 | Faded Violet:Pink |
| | 33.26 | Violet Blue | 158 | 112 | 155 | 304 | 30 | 63 | Faded Violet:Pink |
| | 33.29 | Ce Soir | 154 | 109 | 156 | 297 | 30 | 61 | Faded Violet:Pink |
| | 33.32 | Ce Soir | 157 | 111 | 160 | 296 | 31 | 63 | Faded Violet:Pink |
| | 33.35 | Ce Soir | 157 | 112 | 160 | 296 | 31 | 64 | Faded Violet:Pink |
| | 33.38 | Ce Soir | 160 | 119 | 166 | 293 | 29 | 65 | Faded Violet |
| | 33.41 | Ce Soir | 155 | 113 | 161 | 293 | 30 | 63 | Faded Violet |
| | 33.44 | Ce Soir | 161 | 119 | 167 | 293 | 29 | 65 | Faded Violet |
| | 33.60 | Ce Soir | 155 | 113 | 161 | 293 | 30 | 63 | Faded Violet |

ตารางที่ ข.59 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
 อิติทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|--------------------|------------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Hopbush | 202 | 109 | 154 | 331 | 46 | 79 | Violet:Pink |
| | 33.17 | Violet Blue | 157 | 92 | 165 | 293 | 44 | 65 | Violet |
| | 33.20 | Violet Blue | 154 | 92 | 164 | 292 | 44 | 64 | Violet |
| | 33.23 | Violet Blue | 148 | 89 | 160 | 290 | 44 | 63 | Violet |
| | 33.26 | Violet Blue | 145 | 89 | 158 | 289 | 44 | 62 | Violet |
| | 33.29 | Violet Blue | 152 | 94 | 168 | 287 | 44 | 66 | Violet |
| | 33.32 | Violet Blue | 153 | 94 | 169 | 287 | 44 | 66 | Violet |
| | 33.35 | Violet Blue | 151 | 95 | 169 | 285 | 44 | 66 | Violet |
| | 33.38 | Violet Blue | 146 | 91 | 165 | 285 | 45 | 65 | Violet |
| | 33.41 | Violet Blue | 150 | 95 | 168 | 285 | 43 | 66 | Violet |
| | 33.44 | Violet Blue | 152 | 96 | 170 | 285 | 44 | 67 | Violet |
| | 33.60 | Violet Blue | 153 | 98 | 171 | 285 | 43 | 67 | Violet |

ตารางที่ ข.60 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
 อิติทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|--------------------|------------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Hopbush | 202 | 109 | 154 | 331 | 46 | 79 | Violet:Pink |
| | 33.17 | Violet Blue | 157 | 92 | 165 | 293 | 44 | 65 | Violet |
| | 33.20 | Violet Blue | 154 | 92 | 164 | 292 | 44 | 64 | Violet |
| | 33.23 | Violet Blue | 149 | 90 | 161 | 290 | 45 | 63 | Violet |
| | 33.26 | Violet Blue | 145 | 89 | 158 | 289 | 44 | 62 | Violet |
| | 33.29 | Violet Blue | 152 | 95 | 168 | 287 | 44 | 65 | Violet |
| | 33.32 | Violet Blue | 152 | 96 | 168 | 287 | 44 | 65 | Violet |
| | 33.35 | Violet Blue | 152 | 95 | 170 | 285 | 44 | 66 | Violet |
| | 33.38 | Violet Blue | 146 | 91 | 165 | 285 | 45 | 65 | Violet |
| | 33.41 | Violet Blue | 150 | 95 | 168 | 285 | 43 | 66 | Violet |
| | 33.44 | Violet Blue | 150 | 95 | 168 | 285 | 43 | 66 | Violet |
| | 33.60 | Violet Blue | 152 | 96 | 170 | 285 | 44 | 67 | Violet |

ตารางที่ ข.61 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อิตีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Mulberry | 204 | 89 | 144 | 331 | 56 | 80 | Violet:Pink |
| | 33.17 | Violet Blue | 157 | 67 | 155 | 301 | 57 | 62 | Violet:Pink |
| | 33.20 | Violet Blue | 157 | 69 | 157 | 300 | 56 | 62 | Violet:Pink |
| | 33.23 | Violet Blue | 158 | 71 | 161 | 298 | 56 | 63 | Violet:Pink |
| | 33.26 | Violet Blue | 156 | 72 | 163 | 295 | 56 | 64 | Violet:Pink |
| | 33.29 | Violet Blue | 158 | 75 | 168 | 294 | 55 | 66 | Violet |
| | 33.32 | Violet Blue | 150 | 70 | 163 | 292 | 57 | 64 | Violet |
| | 33.35 | Deep Lilac | 150 | 71 | 165 | 290 | 57 | 65 | Violet |
| | 33.38 | Deep Lilac | 148 | 71 | 166 | 289 | 57 | 65 | Violet |
| | 33.41 | Deep Lilac | 154 | 77 | 174 | 288 | 56 | 68 | Violet |
| | 33.44 | Deep Lilac | 144 | 72 | 167 | 285 | 57 | 65 | Violet |
| | 33.47 | Deep Lilac | 147 | 76 | 171 | 285 | 56 | 67 | Violet |
| | 33.50 | Deep Lilac | 147 | 76 | 170 | 285 | 55 | 67 | Violet |
| | 33.53 | Deep Lilac | 146 | 75 | 170 | 285 | 56 | 67 | Violet |
| 33.60 | Deep Lilac | 149 | 78 | 172 | 285 | 55 | 67 | Violet | |

ตารางที่ ข.62 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อิตีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Mulberry | 197 | 78 | 136 | 331 | 60 | 77 | Violet:Pink |
| | 33.17 | Deep Lilac | 152 | 77 | 170 | 288 | 55 | 67 | Violet |
| | 33.20 | Deep Lilac | 146 | 76 | 167 | 286 | 54 | 65 | Violet |
| | 33.23 | Deep Lilac | 145 | 76 | 166 | 286 | 54 | 65 | Violet |
| | 33.26 | Deep Lilac | 144 | 77 | 169 | 284 | 54 | 66 | Violet |
| | 33.29 | Deep Lilac | 147 | 80 | 171 | 284 | 53 | 67 | Violet |
| | 33.32 | Deep Lilac | 143 | 80 | 174 | 280 | 54 | 68 | Violet |
| | 33.35 | Deep Lilac | 143 | 81 | 174 | 280 | 54 | 68 | Violet |
| | 33.38 | Deep Lilac | 139 | 77 | 172 | 279 | 55 | 67 | Violet |
| | 33.41 | Deep Lilac | 140 | 77 | 173 | 279 | 55 | 67 | Violet |
| | 33.44 | Deep Lilac | 143 | 83 | 178 | 278 | 53 | 70 | Violet |
| | 33.47 | Deep Lilac | 142 | 83 | 177 | 278 | 53 | 69 | Violet |
| | 33.50 | Deep Lilac | 142 | 82 | 177 | 278 | 54 | 69 | Violet |
| | 33.53 | Deep Lilac | 140 | 82 | 173 | 278 | 53 | 68 | Violet |
| 33.60 | Deep Lilac | 141 | 83 | 174 | 278 | 52 | 68 | Violet | |

5. น้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นของค่าแคลเซียม เท่ากับ 1,500 ppm

ตารางที่ ข.63 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,500 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อิตีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μ g ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|---------------------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Hopbush | 203 | 116 | 161 | 329 | 43 | 80 | Violet:Pink |
| | 14.65 | East Side | 192 | 120 | 178 | 312 | 38 | 75 | Violet:Pink |
| | 14.68 | East Side | 190 | 122 | 181 | 308 | 36 | 75 | Violet:Pink |
| | 14.71 | East Side | 186 | 121 | 183 | 303 | 35 | 73 | Violet:Pink |
| | 14.74 | East Side | 182 | 120 | 185 | 297 | 35 | 73 | Violet:Pink |
| | 14.77 | East Side | 177 | 121 | 190 | 289 | 36 | 75 | Violet |
| | 14.80 | East Side | 172 | 119 | 190 | 285 | 37 | 75 | Violet |
| | 14.83 | East Side | 173 | 120 | 191 | 285 | 37 | 75 | Violet |
| | 14.86 | Purple Mountain's Majesty | 171 | 117 | 189 | 285 | 38 | 74 | Violet |
| | 14.89 | East Side | 177 | 123 | 195 | 285 | 37 | 76 | Violet |
| | 14.92 | East Side | 175 | 121 | 193 | 285 | 37 | 76 | Violet |
| | 15.10 | East Side | 174 | 120 | 192 | 285 | 38 | 75 | Violet |

ตารางที่ ข.64 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,500 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อิตีทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μ g ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|---------------------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Hopbush | 203 | 116 | 161 | 329 | 43 | 80 | Violet:Pink |
| | 14.65 | East Side | 191 | 120 | 177 | 312 | 38 | 75 | Violet:Pink |
| | 14.68 | East Side | 190 | 122 | 181 | 308 | 36 | 75 | Violet:Pink |
| | 14.71 | East Side | 187 | 121 | 184 | 303 | 35 | 73 | Violet:Pink |
| | 14.74 | East Side | 182 | 120 | 185 | 297 | 35 | 73 | Violet:Pink |
| | 14.77 | East Side | 177 | 121 | 190 | 289 | 36 | 75 | Violet |
| | 14.80 | East Side | 175 | 121 | 193 | 285 | 37 | 76 | Violet |
| | 14.83 | East Side | 174 | 120 | 192 | 285 | 38 | 75 | Violet |
| | 14.86 | East Side | 173 | 120 | 191 | 285 | 37 | 75 | Violet |
| | 14.89 | East Side | 177 | 123 | 195 | 285 | 37 | 76 | Violet |
| | 14.92 | Purple Mountain's Majesty | 171 | 117 | 189 | 285 | 38 | 74 | Violet |
| | 15.10 | East Side | 172 | 119 | 190 | 285 | 37 | 75 | Violet |

ตารางที่ ข.65 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,500 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
 อิติทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Hopbush | 199 | 93 | 146 | 330 | 53 | 78 | Violet:Pink |
| | 14.71 | Violet Blue | 165 | 81 | 163 | 301 | 51 | 65 | Violet:Pink |
| | 14.74 | Violet Blue | 167 | 86 | 171 | 297 | 50 | 67 | Violet:Pink |
| | 14.77 | Deep Lilac | 157 | 80 | 172 | 290 | 53 | 67 | Violet |
| | 14.80 | Deep Lilac | 156 | 83 | 178 | 286 | 53 | 70 | Violet |
| | 14.83 | Deep Lilac | 152 | 81 | 173 | 286 | 53 | 68 | Violet |
| | 14.86 | Deep Lilac | 151 | 81 | 173 | 286 | 53 | 68 | Violet |
| | 14.89 | Deep Lilac | 152 | 85 | 173 | 286 | 51 | 68 | Violet |
| | 14.92 | Deep Lilac | 156 | 91 | 176 | 286 | 48 | 69 | Violet |
| | 15.10 | Deep Lilac | 151 | 81 | 173 | 286 | 53 | 68 | Violet |

ตารางที่ ข.66 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,500 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
 อิติทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|--------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Mulberry | 206 | 84 | 143 | 331 | 59 | 81 | Violet:Pink |
| | 14.65 | Violet Blue | 174 | 104 | 170 | 303 | 40 | 68 | Violet:Pink |
| | 14.68 | Violet Blue | 165 | 98 | 169 | 297 | 42 | 66 | Violet:Pink |
| | 14.71 | Violet Blue | 159 | 98 | 172 | 289 | 43 | 67 | Violet |
| | 14.74 | Violet Blue | 153 | 94 | 170 | 287 | 45 | 67 | Violet |
| | 14.77 | Violet Blue | 157 | 99 | 174 | 286 | 43 | 68 | Violet |
| | 14.80 | Violet Blue | 153 | 95 | 170 | 286 | 44 | 67 | Violet |
| | 14.83 | Violet Blue | 157 | 100 | 174 | 286 | 43 | 68 | Violet |
| | 14.86 | Violet Blue | 159 | 99 | 173 | 286 | 43 | 68 | Violet |
| | 14.89 | Violet Blue | 154 | 98 | 171 | 286 | 43 | 67 | Violet |
| | 14.92 | Violet Blue | 155 | 98 | 172 | 286 | 43 | 67 | Violet |
| | 15.10 | Violet Blue | 149 | 93 | 166 | 286 | 44 | 65 | Violet |

ตารางที่ ข.67 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,500 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
 อิติทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Mulberry | 200 | 69 | 129 | 333 | 66 | 78 | Violet:Pink |
| | 14.65 | Medium Red Violet | 170 | 62 | 150 | 311 | 64 | 67 | Violet:Pink |
| | 14.68 | Violet Blue | 173 | 76 | 161 | 307 | 56 | 68 | Violet:Pink |
| | 14.71 | Violet Blue | 166 | 75 | 160 | 304 | 55 | 65 | Violet:Pink |
| | 14.74 | Violet Blue | 158 | 71 | 160 | 299 | 56 | 63 | Violet:Pink |
| | 14.77 | Deep Lilac | 161 | 73 | 173 | 293 | 58 | 68 | Violet |
| | 14.80 | Deep Lilac | 151 | 69 | 174 | 287 | 60 | 68 | Violet |
| | 14.83 | Deep Lilac | 148 | 69 | 175 | 285 | 61 | 69 | Violet |
| | 14.86 | Deep Lilac | 150 | 69 | 177 | 285 | 61 | 69 | Violet |
| | 14.89 | Deep Lilac | 149 | 70 | 176 | 285 | 60 | 69 | Violet |
| | 14.92 | Deep Lilac | 151 | 79 | 176 | 285 | 55 | 69 | Violet |
| | 15.10 | Deep Lilac | 146 | 68 | 173 | 285 | 61 | 68 | Violet |

ตารางที่ ข.68 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,500 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
 อิติทีเอ 0.01M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|--------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Medium Red Violet | 200 | 58 | 128 | 330 | 71 | 78 | Violet:Pink |
| | 14.65 | Medium Red Violet | 185 | 57 | 166 | 309 | 69 | 73 | Violet:Pink |
| | 14.68 | Medium Red Violet | 180 | 54 | 166 | 307 | 70 | 71 | Violet:Pink |
| | 14.71 | Fuchsia | 176 | 56 | 173 | 302 | 68 | 69 | Violet:Pink |
| | 14.74 | Dark Orchid | 170 | 54 | 176 | 297 | 69 | 69 | Violet:Pink |
| | 14.77 | Dark Orchid | 162 | 55 | 180 | 291 | 69 | 71 | Violet |
| | 14.80 | Dark Orchid | 157 | 56 | 187 | 286 | 70 | 73 | Violet |
| | 14.83 | Dark Orchid | 151 | 56 | 188 | 283 | 70 | 74 | Violet |
| | 14.86 | Dark Orchid | 153 | 59 | 191 | 283 | 69 | 75 | Violet |
| | 14.89 | Dark Orchid | 156 | 61 | 194 | 283 | 69 | 76 | Violet |
| | 14.92 | Dark Orchid | 154 | 59 | 191 | 283 | 69 | 75 | Violet |
| | 15.10 | Dark Orchid | 158 | 64 | 194 | 283 | 67 | 76 | Violet |

ตารางที่ ข.69 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,500 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
 อีทีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μ g ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|----------------------------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Tapestry | 189 | 108 | 138 | 338 | 43 | 74 | Pink:Red |
| | 23.28 | Purple Mountain's Majesty | 172 | 110 | 177 | 296 | 38 | 69 | Violet:Pink |
| | 23.31 | Purple Mountain's Majesty | 170 | 110 | 182 | 290 | 40 | 71 | Violet |
| | 23.34 | Purple Mountain's Majesty | 166 | 108 | 181 | 288 | 40 | 71 | Violet |
| | 23.37 | Purple Mountain's Majesty | 165 | 110 | 181 | 286 | 39 | 71 | Violet |
| | 23.40 | Purple Mountain's Majesty | 167 | 114 | 183 | 286 | 38 | 72 | Violet |
| | 23.43 | Purple Mountain's Majesty | 163 | 111 | 179 | 286 | 38 | 70 | Violet |
| | 23.46 | Purple Mountain's Majesty | 169 | 115 | 185 | 286 | 38 | 73 | Violet |
| | 23.49 | Purple Mountain's Majesty | 165 | 113 | 181 | 286 | 38 | 71 | Violet |
| | 23.52 | Purple Mountain's Majesty | 167 | 116 | 182 | 286 | 36 | 71 | Violet |
| | 23.55 | Purple Mountain's Majesty | 168 | 117 | 183 | 286 | 36 | 72 | Violet |
| | 23.70 | Purple Mountain's Majesty | 164 | 114 | 179 | 286 | 36 | 70 | Violet |

ตารางที่ ข.70 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,500 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
 อีทีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μ g ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|----------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Hopbush | 207 | 113 | 162 | 329 | 45 | 81 | Violet:Pink |
| | 23.22 | Violet Blue | 162 | 99 | 157 | 305 | 39 | 64 | Violet:Pink |
| | 23.28 | Violet Blue | 159 | 102 | 164 | 295 | 38 | 64 | Violet:Pink |
| | 23.31 | Violet Blue | 157 | 103 | 167 | 291 | 38 | 65 | Violet |
| | 23.34 | Ce Soir | 156 | 105 | 170 | 287 | 38 | 67 | Violet |
| | 23.37 | Ce Soir | 155 | 105 | 169 | 287 | 38 | 66 | Violet |
| | 23.40 | Ce Soir | 155 | 106 | 169 | 287 | 37 | 66 | Violet |
| | 23.43 | Ce Soir | 157 | 108 | 171 | 287 | 37 | 67 | Violet |
| | 23.46 | Ce Soir | 156 | 107 | 170 | 287 | 37 | 67 | Violet |
| | 23.49 | Ce Soir | 152 | 105 | 165 | 287 | 36 | 65 | Violet |
| | 23.52 | Ce Soir | 156 | 108 | 169 | 287 | 36 | 66 | Violet |
| | 23.55 | Ce Soir | 157 | 108 | 171 | 287 | 37 | 67 | Violet |
| | 23.70 | Ce Soir | 156 | 107 | 170 | 287 | 37 | 67 | Violet |

ตารางที่ ข.71 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,500 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
 อีดีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|---------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Mulberry | 216 | 78 | 153 | 327 | 64 | 85 | Violet:Pink |
| | 23.28 | Vivid Violet | 154 | 68 | 137 | 312 | 56 | 60 | Violet:Pink |
| | 23.31 | Vivid Violet | 141 | 63 | 127 | 311 | 55 | 55 | Violet:Pink |
| | 23.34 | Vivid Violet | 140 | 64 | 131 | 307 | 54 | 55 | Violet:Pink |
| | 23.37 | Vivid Violet | 140 | 65 | 138 | 302 | 54 | 55 | Violet:Pink |
| | 23.40 | Vivid Violet | 137 | 65 | 140 | 298 | 54 | 55 | Violet:Pink |
| | 23.43 | Vivid Violet | 131 | 65 | 142 | 291 | 54 | 56 | Violet |
| | 23.46 | Vivid Violet | 125 | 65 | 141 | 287 | 54 | 55 | Violet |
| | 23.49 | Vivid Violet | 135 | 71 | 152 | 287 | 53 | 60 | Violet |
| | 23.52 | Vivid Violet | 130 | 68 | 147 | 287 | 54 | 58 | Violet |
| | 23.55 | Vivid Violet | 130 | 68 | 148 | 287 | 54 | 58 | Violet |
| | 23.70 | Vivid Violet | 131 | 69 | 148 | 287 | 53 | 58 | Violet |

ตารางที่ ข.72 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,500 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
 อีดีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Hopbush | 201 | 96 | 143 | 333 | 52 | 79 | Violet:Pink |
| | 23.28 | Violet Blue | 172 | 95 | 168 | 303 | 45 | 67 | Violet:Pink |
| | 23.31 | Violet Blue | 169 | 93 | 171 | 298 | 46 | 67 | Violet:Pink |
| | 23.34 | Violet Blue | 163 | 92 | 172 | 293 | 47 | 67 | Violet |
| | 23.37 | Deep Lilac | 166 | 100 | 179 | 290 | 44 | 70 | Violet |
| | 23.40 | Deep Lilac | 162 | 99 | 179 | 287 | 45 | 70 | Violet |
| | 23.43 | Deep Lilac | 162 | 99 | 181 | 286 | 45 | 71 | Violet |
| | 23.46 | Deep Lilac | 161 | 100 | 180 | 286 | 44 | 71 | Violet |
| | 23.49 | Deep Lilac | 161 | 99 | 180 | 286 | 45 | 71 | Violet |
| | 23.52 | Deep Lilac | 162 | 100 | 181 | 286 | 45 | 71 | Violet |
| | 23.55 | Deep Lilac | 157 | 95 | 176 | 286 | 46 | 69 | Violet |
| | 23.70 | Deep Lilac | 158 | 96 | 177 | 286 | 46 | 69 | Violet |

ตารางที่ ข.73 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,500 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
 อีทีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Mulberry | 201 | 69 | 135 | 330 | 66 | 79 | Violet:Pink |
| | 23.28 | Violet Blue | 168 | 62 | 161 | 304 | 63 | 66 | Violet:Pink |
| | 23.31 | Violet Blue | 166 | 64 | 164 | 301 | 61 | 65 | Violet:Pink |
| | 23.34 | Vivid Violet | 155 | 58 | 160 | 297 | 64 | 63 | Violet:Pink |
| | 23.37 | Deep Lilac | 159 | 65 | 171 | 293 | 62 | 67 | Violet |
| | 23.40 | Deep Lilac | 154 | 64 | 174 | 289 | 63 | 68 | Violet |
| | 23.43 | Deep Lilac | 150 | 63 | 176 | 286 | 64 | 69 | Violet |
| | 23.46 | Deep Lilac | 144 | 62 | 174 | 284 | 64 | 68 | Violet |
| | 23.49 | Deep Lilac | 147 | 64 | 178 | 284 | 64 | 70 | Violet |
| | 23.52 | Deep Lilac | 146 | 65 | 176 | 284 | 63 | 69 | Violet |
| | 23.55 | Deep Lilac | 146 | 64 | 177 | 284 | 64 | 69 | Violet |
| | 23.70 | Deep Lilac | 150 | 68 | 180 | 284 | 62 | 71 | Violet |

ตารางที่ ข.74 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,500 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
 อีทีทีเอ 0.0065M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Mulberry | 200 | 78 | 136 | 331 | 61 | 78 | Violet:Pink |
| | 23.28 | Deep Lilac | 160 | 59 | 169 | 295 | 65 | 66 | Violet:Pink |
| | 23.31 | Deep Lilac | 158 | 61 | 175 | 291 | 65 | 69 | Violet |
| | 23.34 | Deep Lilac | 157 | 63 | 182 | 287 | 65 | 71 | Violet |
| | 23.37 | Deep Lilac | 151 | 63 | 182 | 284 | 65 | 71 | Violet |
| | 23.40 | Deep Lilac | 153 | 65 | 185 | 284 | 65 | 73 | Violet |
| | 23.43 | Deep Lilac | 148 | 65 | 180 | 283 | 64 | 71 | Violet |
| | 23.46 | Deep Lilac | 153 | 69 | 186 | 283 | 63 | 73 | Violet |
| | 23.49 | Deep Lilac | 150 | 67 | 182 | 283 | 63 | 71 | Violet |
| | 23.52 | Deep Lilac | 151 | 69 | 183 | 283 | 62 | 72 | Violet |
| | 23.55 | Deep Lilac | 149 | 67 | 181 | 283 | 63 | 71 | Violet |
| | 23.70 | Deep Lilac | 148 | 66 | 180 | 283 | 63 | 71 | Violet |

ตารางที่ ข.75 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,500 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อีดีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|----------------|------------|------------|------------|------------------------|-----------|--------------|---------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Hopbush | 194 | 113 | 149 | 333 | 42 | 76 | Violet:Pink |
| | 50.56 | Violet Blue | 162 | 111 | 158 | 305 | 31 | 64 | Faded Violet:Pink |
| | 50.59 | Violet Blue | 154 | 104 | 152 | 302 | 32 | 60 | Faded Violet:Pink |
| | 50.62 | Violet Blue | 155 | 107 | 155 | 300 | 31 | 61 | Faded Violet:Pink |
| | 50.65 | Violet Blue | 156 | 108 | 157 | 299 | 31 | 62 | Faded Violet:Pink |
| | 50.68 | Ce Soir | 153 | 109 | 158 | 294 | 31 | 62 | Faded Violet |
| | 50.71 | Ce Soir | 152 | 108 | 157 | 294 | 31 | 62 | Faded Violet |
| | 50.74 | Ce Soir | 150 | 108 | 156 | 293 | 31 | 61 | Faded Violet |
| | 50.77 | Ce Soir | 157 | 113 | 163 | 293 | 31 | 64 | Faded Violet |
| | 50.80 | Ce Soir | 152 | 110 | 158 | 293 | 30 | 62 | Faded Violet |
| | 50.83 | Ce Soir | 154 | 112 | 160 | 293 | 30 | 63 | Faded Violet |
| | 50.86 | Ce Soir | 154 | 113 | 159 | 293 | 29 | 62 | Faded Violet |
| | 50.89 | Ce Soir | 153 | 112 | 158 | 293 | 29 | 62 | Faded Violet |
| 51.00 | Ce Soir | 152 | 112 | 157 | 293 | 29 | 62 | Faded Violet | |

ตารางที่ ข.76 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,500 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อีดีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 31 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|----------------|------------|------------|------------|------------------------|-----------|--------------|---------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Hopbush | 194 | 113 | 149 | 333 | 42 | 76 | Violet:Pink |
| | 50.56 | Violet Blue | 162 | 111 | 158 | 305 | 31 | 64 | Faded Violet:Pink |
| | 50.59 | Violet Blue | 154 | 104 | 152 | 302 | 32 | 60 | Faded Violet:Pink |
| | 50.62 | Violet Blue | 155 | 107 | 155 | 300 | 31 | 61 | Faded Violet:Pink |
| | 50.65 | Violet Blue | 156 | 108 | 157 | 299 | 31 | 62 | Faded Violet:Pink |
| | 50.68 | Ce Soir | 152 | 108 | 157 | 294 | 31 | 62 | Faded Violet |
| | 50.71 | Ce Soir | 153 | 109 | 158 | 294 | 31 | 62 | Faded Violet |
| | 50.74 | Ce Soir | 154 | 112 | 160 | 293 | 30 | 63 | Faded Violet |
| | 50.77 | Ce Soir | 154 | 113 | 159 | 293 | 29 | 62 | Faded Violet |
| | 50.80 | Ce Soir | 153 | 112 | 158 | 293 | 29 | 62 | Faded Violet |
| | 50.83 | Ce Soir | 152 | 112 | 157 | 293 | 29 | 62 | Faded Violet |
| | 50.86 | Ce Soir | 150 | 108 | 156 | 293 | 31 | 61 | Faded Violet |
| | 50.89 | Ce Soir | 157 | 113 | 163 | 293 | 31 | 64 | Faded Violet |
| 51.00 | Ce Soir | 152 | 110 | 158 | 293 | 30 | 62 | Faded Violet | |

ตารางที่ ข.77 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,500 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อิตีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|--------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Mulberry | 207 | 86 | 153 | 327 | 58 | 81 | Violet:Pink |
| | 50.56 | Violet Blue | 149 | 82 | 152 | 297 | 46 | 60 | Violet:Pink |
| | 50.59 | Violet Blue | 151 | 85 | 157 | 295 | 46 | 62 | Violet |
| | 50.62 | Violet Blue | 153 | 89 | 161 | 293 | 45 | 63 | Violet |
| | 50.65 | Violet Blue | 151 | 89 | 160 | 292 | 44 | 63 | Violet |
| | 50.68 | Violet Blue | 149 | 87 | 159 | 292 | 45 | 62 | Violet |
| | 50.71 | Violet Blue | 148 | 87 | 158 | 292 | 45 | 62 | Violet |
| | 50.74 | Violet Blue | 148 | 89 | 159 | 291 | 44 | 62 | Violet |
| | 50.77 | Violet Blue | 149 | 90 | 160 | 291 | 44 | 63 | Violet |
| | 50.80 | Violet Blue | 143 | 86 | 156 | 289 | 45 | 61 | Violet |
| | 50.83 | Violet Blue | 144 | 88 | 157 | 289 | 44 | 62 | Violet |
| | 50.86 | Violet Blue | 150 | 93 | 163 | 289 | 43 | 64 | Violet |
| | 50.89 | Violet Blue | 149 | 93 | 161 | 289 | 42 | 63 | Violet |
| | 51.00 | Violet Blue | 150 | 94 | 162 | 289 | 42 | 64 | Violet |

ตารางที่ ข.78 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,500 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อิตีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|--------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Mulberry | 198 | 87 | 142 | 330 | 56 | 78 | Violet:Pink |
| | 50.56 | Violet Blue | 142 | 81 | 147 | 295 | 45 | 58 | Violet:Pink |
| | 50.59 | Trendy Pink | 138 | 80 | 146 | 293 | 45 | 57 | Violet |
| | 50.62 | Violet Blue | 140 | 82 | 150 | 291 | 45 | 59 | Violet |
| | 50.65 | Violet Blue | 138 | 82 | 151 | 289 | 46 | 59 | Violet |
| | 50.68 | Violet Blue | 138 | 82 | 153 | 287 | 46 | 60 | Violet |
| | 50.71 | Violet Blue | 141 | 86 | 157 | 286 | 45 | 62 | Violet |
| | 50.74 | Violet Blue | 142 | 88 | 158 | 286 | 44 | 62 | Violet |
| | 50.77 | Violet Blue | 142 | 87 | 158 | 286 | 45 | 62 | Violet |
| | 50.80 | Violet Blue | 140 | 86 | 156 | 286 | 45 | 61 | Violet |
| | 50.83 | Violet Blue | 140 | 88 | 156 | 286 | 44 | 61 | Violet |
| | 50.86 | Affair | 130 | 82 | 145 | 286 | 43 | 57 | Violet |
| | 50.89 | Trendy Pink | 132 | 84 | 147 | 286 | 43 | 58 | Violet |
| | 51.00 | Violet Blue | 138 | 87 | 154 | 286 | 44 | 60 | Violet |

ตารางที่ ข.79 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,500 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อิตีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|---------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Deep Cerise | 213 | 66 | 142 | 329 | 69 | 84 | Violet:Pink |
| | 50.56 | Vivid Violet | 136 | 70 | 138 | 298 | 49 | 54 | Violet:Pink |
| | 50.59 | Vivid Violet | 139 | 74 | 144 | 296 | 49 | 56 | Violet:Pink |
| | 50.62 | Vivid Violet | 136 | 73 | 143 | 294 | 49 | 56 | Violet |
| | 50.65 | Vivid Violet | 135 | 74 | 145 | 292 | 49 | 57 | Violet |
| | 50.68 | Vivid Violet | 132 | 74 | 144 | 290 | 49 | 56 | Violet |
| | 50.71 | Vivid Violet | 133 | 75 | 147 | 288 | 49 | 58 | Violet |
| | 50.74 | Studio | 138 | 79 | 154 | 287 | 49 | 60 | Violet |
| | 50.77 | Studio | 137 | 79 | 154 | 286 | 49 | 60 | Violet |
| | 50.80 | Studio | 137 | 80 | 154 | 286 | 48 | 60 | Violet |
| | 50.83 | Affair | 129 | 75 | 146 | 286 | 49 | 57 | Violet |
| | 50.86 | Vivid Violet | 130 | 75 | 147 | 286 | 49 | 58 | Violet |
| | 50.89 | Studio | 133 | 78 | 149 | 286 | 48 | 58 | Violet |
| | 51.00 | Studio | 137 | 80 | 154 | 286 | 48 | 60 | Violet |

ตารางที่ ข.80 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,500 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อิตีทีเอ 0.003M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 153 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Medium Red Violet | 192 | 64 | 125 | 331 | 67 | 75 | Violet:Pink |
| | 50.56 | Vivid Violet | 145 | 65 | 147 | 299 | 56 | 58 | Violet:Pink |
| | 50.59 | Violet Blue | 150 | 69 | 156 | 296 | 56 | 61 | Violet:Pink |
| | 50.62 | Vivid Violet | 145 | 68 | 154 | 294 | 56 | 60 | Violet |
| | 50.65 | Vivid Violet | 144 | 69 | 156 | 292 | 56 | 61 | Violet |
| | 50.68 | Violet Blue | 146 | 72 | 161 | 290 | 55 | 63 | Violet |
| | 50.71 | Vivid Violet | 140 | 69 | 158 | 288 | 56 | 62 | Violet |
| | 50.74 | Violet Blue | 143 | 72 | 163 | 287 | 56 | 64 | Violet |
| | 50.77 | Studio | 140 | 71 | 162 | 285 | 56 | 64 | Violet |
| | 50.80 | Deep Lilac | 142 | 73 | 164 | 285 | 55 | 64 | Violet |
| | 50.83 | Deep Lilac | 142 | 74 | 165 | 285 | 55 | 65 | Violet |
| | 50.86 | Deep Lilac | 143 | 75 | 165 | 285 | 55 | 65 | Violet |
| | 50.89 | Violet Blue | 142 | 75 | 164 | 285 | 54 | 64 | Violet |
| | 51.00 | Studio | 138 | 71 | 160 | 285 | 56 | 63 | Violet |

6. น้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นของค่าแคลเซียม เท่ากับ 800 ppm

ตารางที่ ข.81 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 800 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.00824M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Mulberry | 214 | 80 | 153 | 327 | 63 | 84 | Violet:Pink |
| | 9.52 | Fuchsia | 191 | 88 | 186 | 303 | 54 | 75 | Violet:Pink |
| | 9.55 | Fuchsia | 182 | 83 | 183 | 299 | 55 | 72 | Violet:Pink |
| | 9.58 | Fuchsia | 177 | 83 | 189 | 293 | 56 | 74 | Violet |
| | 9.61 | Deep Lilac | 172 | 84 | 192 | 289 | 56 | 75 | Violet |
| | 9.64 | Deep Lilac | 170 | 88 | 198 | 285 | 56 | 78 | Violet |
| | 9.67 | Deep Lilac | 167 | 87 | 198 | 283 | 56 | 78 | Violet |
| | 9.70 | Deep Lilac | 167 | 88 | 198 | 283 | 56 | 78 | Violet |
| | 9.73 | Deep Lilac | 168 | 90 | 199 | 283 | 55 | 78 | Violet |
| | 9.76 | Deep Lilac | 167 | 90 | 198 | 283 | 55 | 78 | Violet |
| | 9.79 | Amethyst | 169 | 92 | 200 | 283 | 54 | 78 | Violet |
| | 9.90 | Amethyst | 169 | 93 | 200 | 283 | 54 | 78 | Violet |

ตารางที่ ข.82 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 800 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของอิตีทีเอ 0.00824M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-----------------|------------|------------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Hopbush | 201 | 94 | 146 | 331 | 53 | 79 | Violet:Pink |
| | 9.52 | Violet Blue | 174 | 86 | 169 | 303 | 51 | 68 | Violet:Pink |
| | 9.55 | Violet Blue | 174 | 92 | 176 | 299 | 48 | 69 | Violet:Pink |
| | 9.58 | Deep Lilac | 172 | 94 | 181 | 294 | 48 | 71 | Violet |
| | 9.61 | Amethyst | 173 | 101 | 189 | 289 | 47 | 74 | Violet |
| | 9.64 | Amethyst | 168 | 102 | 193 | 284 | 47 | 76 | Violet |
| | 9.67 | Amethyst | 166 | 103 | 192 | 282 | 46 | 75 | Violet |
| | 9.70 | Amethyst | 167 | 105 | 193 | 282 | 46 | 76 | Violet |
| | 9.73 | Amethyst | 165 | 103 | 192 | 282 | 46 | 75 | Violet |
| | 9.76 | Deep Lilac | 162 | 99 | 188 | 282 | 47 | 74 | Violet |
| | 9.79 | Amethyst | 166 | 106 | 191 | 282 | 45 | 75 | Violet |
| | 9.90 | Deep Lilac | 161 | 99 | 187 | 282 | 47 | 73 | Violet |

7. น้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นของค่าแคลเซียม เท่ากับ 1,200 ppm

ตารางที่ ข.83 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,200 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อิตีทีเอ 0.00824M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Mulberry | 210 | 84 | 151 | 328 | 60 | 82 | Violet:Pink |
| | 14.49 | Violet Blue | 169 | 76 | 161 | 305 | 55 | 66 | Violet:Pink |
| | 14.52 | Violet Blue | 168 | 77 | 167 | 301 | 54 | 66 | Violet:Pink |
| | 14.55 | Violet Blue | 159 | 75 | 167 | 295 | 55 | 65 | Violet |
| | 14.58 | Deep Lilac | 153 | 75 | 169 | 290 | 56 | 66 | Violet |
| | 14.61 | Deep Lilac | 155 | 80 | 181 | 285 | 56 | 71 | Violet |
| | 14.64 | Deep Lilac | 152 | 79 | 177 | 285 | 55 | 69 | Violet |
| | 14.67 | Deep Lilac | 147 | 78 | 171 | 285 | 54 | 67 | Violet |
| | 14.70 | Deep Lilac | 149 | 80 | 173 | 285 | 54 | 68 | Violet |
| | 14.73 | Deep Lilac | 149 | 80 | 172 | 285 | 53 | 67 | Violet |
| | 14.76 | Deep Lilac | 148 | 79 | 171 | 285 | 54 | 67 | Violet |
| | 14.90 | Deep Lilac | 149 | 82 | 172 | 285 | 52 | 67 | Violet |

ตารางที่ ข.84 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1,200 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อิตีทีเอ 0.00824M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Hopbush | 202 | 92 | 146 | 331 | 54 | 79 | Violet:Pink |
| | 14.49 | Fuchsia | 182 | 97 | 174 | 306 | 47 | 71 | Violet:Pink |
| | 14.52 | Violet Blue | 173 | 90 | 169 | 303 | 48 | 68 | Violet:Pink |
| | 14.55 | Violet Blue | 174 | 93 | 175 | 299 | 47 | 69 | Violet:Pink |
| | 14.58 | Deep Lilac | 167 | 84 | 175 | 295 | 52 | 69 | Violet |
| | 14.61 | Deep Lilac | 159 | 82 | 179 | 288 | 54 | 70 | Violet |
| | 14.64 | Deep Lilac | 153 | 78 | 177 | 285 | 56 | 69 | Violet |
| | 14.67 | Deep Lilac | 159 | 83 | 184 | 285 | 55 | 72 | Violet |
| | 14.70 | Deep Lilac | 158 | 84 | 183 | 285 | 54 | 72 | Violet |
| | 14.73 | Deep Lilac | 159 | 86 | 183 | 285 | 53 | 72 | Violet |
| | 14.76 | Deep Lilac | 159 | 85 | 183 | 285 | 54 | 72 | Violet |
| | 14.90 | Deep Lilac | 159 | 88 | 183 | 285 | 52 | 72 | Violet |

8. น้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นของค่าแคลเซียม เท่ากับ 2,000 ppm

ตารางที่ ข.85 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 2,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อีดีทีเอ 0.00824M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Hopbush | 206 | 90 | 148 | 330 | 56 | 81 | Violet:Pink |
| | 24.90 | Violet Blue | 173 | 78 | 162 | 307 | 55 | 68 | Violet:Pink |
| | 24.93 | Violet Blue | 174 | 80 | 166 | 305 | 54 | 68 | Violet:Pink |
| | 24.96 | Violet Blue | 171 | 81 | 173 | 299 | 53 | 68 | Violet:Pink |
| | 24.99 | Deep Lilac | 165 | 81 | 174 | 294 | 53 | 68 | Violet |
| | 25.02 | Deep Lilac | 161 | 81 | 177 | 290 | 54 | 69 | Violet |
| | 25.05 | Deep Lilac | 159 | 83 | 182 | 286 | 54 | 71 | Violet |
| | 25.08 | Deep Lilac | 157 | 83 | 182 | 285 | 54 | 71 | Violet |
| | 25.11 | Deep Lilac | 161 | 86 | 185 | 285 | 54 | 73 | Violet |
| | 25.14 | Deep Lilac | 161 | 87 | 185 | 285 | 53 | 73 | Violet |
| | 25.17 | Deep Lilac | 162 | 89 | 187 | 285 | 52 | 73 | Violet |
| 25.30 | Deep Lilac | 159 | 87 | 184 | 285 | 53 | 72 | Violet | |

ตารางที่ ข.86 ค่าดัชนีของสีของน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 2,000 ppm เมื่อใช้ความเข้มข้นของ
อีดีทีเอ 0.00824M และปริมาตรอินดิเคเตอร์ 92 μg ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV ($^{\circ}$,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|----------------------|-------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Mulberry | 202 | 82 | 141 | 331 | 59 | 79 | Violet:Pink |
| | 24.90 | Mulberry | 181 | 73 | 148 | 318 | 60 | 71 | Violet:Pink |
| | 24.93 | Violet Blue | 169 | 70 | 154 | 309 | 59 | 66 | Violet:Pink |
| | 24.96 | Violet Blue | 169 | 72 | 160 | 306 | 57 | 66 | Violet:Pink |
| | 24.99 | Violet Blue | 166 | 73 | 163 | 302 | 56 | 65 | Violet:Pink |
| | 25.02 | Violet Blue | 161 | 72 | 164 | 298 | 56 | 64 | Violet:Pink |
| | 25.05 | Deep Lilac | 157 | 73 | 170 | 292 | 57 | 67 | Violet |
| | 25.08 | Deep Lilac | 155 | 78 | 177 | 287 | 56 | 69 | Violet |
| | 25.11 | Deep Lilac | 157 | 79 | 179 | 287 | 56 | 70 | Violet |
| | 25.14 | Deep Lilac | 158 | 81 | 180 | 287 | 55 | 71 | Violet |
| | 25.17 | Deep Lilac | 157 | 81 | 179 | 287 | 55 | 70 | Violet |
| 25.30 | Deep Lilac | 154 | 81 | 174 | 287 | 53 | 68 | Violet | |

9. น้ำหล่อเย็น A มีค่าความขุ่น เท่ากับ 1.83 NTU

ตารางที่ ข.87 ค่าดัชนีของสีของน้ำหล่อเย็น A มีค่าความขุ่น 1.83 ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|---------------|-----------|----------|------------|-------------|-----------|-------------|--------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Cardinal | 169 | 14 | 60 | 342 | 92 | 66 | Pink:Red |
| | 7.20 | Jazzberry Jam | 153 | 9 | 81 | 330 | 94 | 60 | Dark Violet:Pink |
| | 7.77 | Tyrian Purple | 94 | 2 | 97 | 298 | 98 | 38 | Dark Violet:Pink |
| | 7.86 | Indigo | 87 | 2 | 111 | 287 | 98 | 44 | Dark Violet |
| | 7.95 | Indigo | 74 | 2 | 117 | 278 | 98 | 46 | Dark Violet |
| | 7.98 | Indigo | 80 | 2 | 129 | 277 | 98 | 51 | Dark Violet |
| | 8.02 | Indigo | 79 | 1 | 138 | 274 | 99 | 54 | Dark Violet |
| | 8.06 | Indigo | 78 | 3 | 149 | 271 | 98 | 58 | Dark Violet |
| | 8.09 | Indigo | 69 | 2 | 133 | 271 | 98 | 52 | Dark Violet |
| | 8.12 | Indigo | 71 | 2 | 138 | 270 | 99 | 54 | Dark Violet |
| | 8.15 | Indigo | 78 | 3 | 149 | 271 | 98 | 58 | Dark Violet |
| | 8.18 | Indigo | 78 | 2 | 148 | 271 | 99 | 58 | Dark Violet |
| 8.90 | Indigo | 78 | 2 | 148 | 271 | 99 | 58 | Dark Violet | |

ตารางที่ ข.88 ค่าดัชนีของสีของน้ำหล่อเย็น A มีค่าความขุ่น 1.83 ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|---------------|-----------|----------|------------|-------------|-----------|-------------|--------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Cardinal | 188 | 17 | 65 | 343 | 91 | 74 | Pink:Red |
| | 7.20 | Jazzberry Jam | 162 | 10 | 85 | 330 | 94 | 64 | Dark Violet:Pink |
| | 7.77 | Purple | 106 | 3 | 101 | 303 | 97 | 42 | Dark Violet:Pink |
| | 7.86 | Purple | 103 | 3 | 119 | 292 | 97 | 47 | Dark Violet |
| | 7.95 | Indigo | 91 | 2 | 133 | 281 | 98 | 52 | Dark Violet |
| | 7.98 | Indigo | 83 | 3 | 127 | 279 | 98 | 50 | Dark Violet |
| | 8.02 | Indigo | 83 | 3 | 146 | 274 | 98 | 57 | Dark Violet |
| | 8.06 | Indigo | 81 | 4 | 141 | 274 | 97 | 55 | Dark Violet |
| | 8.09 | Indigo | 77 | 3 | 134 | 274 | 98 | 53 | Dark Violet |
| | 8.12 | Indigo | 81 | 4 | 141 | 274 | 97 | 55 | Dark Violet |
| | 8.15 | Indigo | 90 | 2 | 155 | 275 | 99 | 61 | Dark Violet |
| | 8.18 | Indigo | 83 | 3 | 146 | 274 | 98 | 57 | Dark Violet |
| 8.90 | Indigo | 84 | 3 | 148 | 274 | 98 | 58 | Dark Violet | |

10. น้ำหล่อเย็น A มีค่าความขุ่น เท่ากับ 0.91 NTU

ตารางที่ ข.89 ค่าดัชนีของสีของน้ำหล่อเย็น A มีค่าความขุ่น 0.91 ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|---------------|-----------|----------|------------|-------------|-----------|-------------|--------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Cardinal | 181 | 14 | 62 | 343 | 92 | 71 | Pink:Red |
| | 7.20 | Jazzberry Jam | 141 | 6 | 71 | 331 | 96 | 55 | Dark Violet:Pink |
| | 7.77 | Indigo | 95 | 1 | 99 | 298 | 99 | 39 | Dark Violet:Pink |
| | 7.86 | Indigo | 87 | 0 | 112 | 287 | 100 | 44 | Dark Violet |
| | 7.95 | Indigo | 75 | 0 | 121 | 277 | 100 | 47 | Dark Violet |
| | 7.98 | Indigo | 72 | 1 | 136 | 272 | 99 | 53 | Dark Violet |
| | 8.02 | Indigo | 75 | 1 | 141 | 272 | 99 | 55 | Dark Violet |
| | 8.06 | Indigo | 72 | 0 | 137 | 272 | 100 | 54 | Dark Violet |
| | 8.09 | Indigo | 72 | 1 | 136 | 272 | 99 | 53 | Dark Violet |
| | 8.12 | Indigo | 75 | 1 | 141 | 272 | 99 | 55 | Dark Violet |
| | 8.15 | Indigo | 76 | 0 | 145 | 271 | 100 | 57 | Dark Violet |
| | 8.18 | Indigo | 73 | 1 | 140 | 271 | 99 | 55 | Dark Violet |
| 8.90 | Indigo | 72 | 0 | 137 | 272 | 100 | 54 | Dark Violet | |

ตารางที่ ข.90 ค่าดัชนีของสีของน้ำหล่อเย็น A มีค่าความขุ่น 0.91 ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|---------------|-----------|----------|------------|-------------|------------|-------------|--------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Cardinal | 174 | 11 | 61 | 342 | 94 | 68 | Pink:Red |
| | 7.20 | Eggplant | 141 | 5 | 80 | 327 | 96 | 55 | Dark Violet:Pink |
| | 7.77 | Purple | 101 | 1 | 109 | 296 | 99 | 43 | Dark Violet:Pink |
| | 7.86 | Indigo | 91 | 0 | 123 | 284 | 100 | 48 | Dark Violet |
| | 7.95 | Indigo | 77 | 0 | 132 | 275 | 100 | 52 | Dark Violet |
| | 7.98 | Indigo | 81 | 0 | 144 | 274 | 100 | 56 | Dark Violet |
| | 8.02 | Indigo | 81 | 0 | 159 | 271 | 100 | 62 | Dark Violet |
| | 8.06 | Indigo | 78 | 0 | 150 | 271 | 100 | 59 | Dark Violet |
| | 8.09 | Indigo | 81 | 0 | 158 | 271 | 100 | 62 | Dark Violet |
| | 8.12 | Indigo | 80 | 0 | 156 | 271 | 100 | 61 | Dark Violet |
| | 8.15 | Indigo | 81 | 0 | 159 | 271 | 100 | 62 | Dark Violet |
| | 8.18 | Indigo | 82 | 0 | 160 | 271 | 100 | 63 | Dark Violet |
| 8.90 | Indigo | 83 | 0 | 161 | 271 | 100 | 63 | Dark Violet | |

11. น้ำหล่อเย็น B มีค่าความขุ่น เท่ากับ 4.74 NTU

ตารางที่ ข.91 ค่าดัชนีของสีของน้ำหล่อเย็น B มีค่าความขุ่น 4.74 ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|---------------|-----------|----------|------------|-------------|-----------|-------------|--------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Carmin | 167 | 5 | 56 | 341 | 97 | 65 | Dark Pink:Red |
| | 10.51 | Tyrian Purple | 125 | 1 | 74 | 325 | 99 | 49 | Dark Violet:Pink |
| | 10.90 | Tyrian Purple | 84 | 0 | 93 | 294 | 100 | 36 | Dark Violet |
| | 10.96 | Indigo | 81 | 0 | 103 | 287 | 100 | 40 | Dark Violet |
| | 10.98 | Indigo | 83 | 0 | 109 | 286 | 100 | 43 | Dark Violet |
| | 11.01 | Indigo | 80 | 0 | 112 | 283 | 100 | 44 | Dark Violet |
| | 11.06 | Indigo | 96 | 1 | 152 | 278 | 99 | 60 | Dark Violet |
| | 11.08 | Indigo | 81 | 0 | 127 | 278 | 100 | 50 | Dark Violet |
| | 11.11 | Indigo | 84 | 0 | 134 | 278 | 100 | 53 | Dark Violet |
| | 11.14 | Indigo | 96 | 1 | 152 | 278 | 99 | 60 | Dark Violet |
| | 11.17 | Indigo | 78 | 0 | 119 | 279 | 100 | 47 | Dark Violet |
| 11.30 | Indigo | 84 | 0 | 134 | 278 | 100 | 53 | Dark Violet | |

ตารางที่ ข.92 ค่าดัชนีของสีของน้ำหล่อเย็น B มีค่าความขุ่น 4.74 ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|----------------|-----------|----------|------------|-------------|-----------|-------------|--------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Cardinal | 193 | 11 | 72 | 340 | 94 | 76 | Pink:Red |
| | 10.51 | Tyrian Purple | 116 | 2 | 66 | 326 | 98 | 45 | Dark Violet:Pink |
| | 10.90 | Tyrian Purple | 84 | 0 | 88 | 297 | 100 | 35 | Black Violet:Pink |
| | 10.96 | Indigo | 78 | 0 | 96 | 289 | 100 | 38 | Dark Violet |
| | 10.98 | Indigo | 84 | 0 | 104 | 288 | 100 | 41 | Dark Violet |
| | 11.01 | Christalle | 65 | 0 | 84 | 286 | 100 | 33 | Black Violet |
| | 11.06 | Indigo | 69 | 0 | 102 | 281 | 100 | 40 | Dark Violet |
| | 11.08 | Indigo | 77 | 1 | 116 | 280 | 99 | 45 | Dark Violet |
| | 11.11 | Indigo | 75 | 2 | 124 | 276 | 99 | 48 | Dark Violet |
| | 11.14 | Indigo | 76 | 1 | 125 | 276 | 99 | 49 | Dark Violet |
| | 11.17 | Persian Indigo | 62 | 1 | 104 | 276 | 99 | 41 | Dark Violet |
| 11.30 | Persian Indigo | 62 | 1 | 104 | 276 | 99 | 41 | Dark Violet | |

12. น้ำหล่อเย็น B มีค่าความขุ่น เท่ากับ 0.72 NTU

ตารางที่ ข.93 ค่าดัชนีของสีของน้ำหล่อเย็น B มีค่าความขุ่น 0.72 ทำการทดลองครั้งที่ 1

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|-----------------------|-----------|----------|------------|-------------|-----------|-------------|--------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 1 | 0.00 | Cardinal | 179 | 11 | 63 | 341 | 94 | 70 | Pink:Red |
| | 10.51 | Tyrian Purple | 90 | 2 | 51 | 327 | 98 | 35 | Dark Violet:Pink |
| | 10.90 | Blackcurrant | 66 | 0 | 77 | 291 | 100 | 30 | Black Violet |
| | 10.96 | Blackcurrant | 59 | 1 | 80 | 284 | 99 | 31 | Black Violet |
| | 10.98 | Christalle | 59 | 1 | 86 | 281 | 99 | 34 | Black Violet |
| | 11.01 | Christalle | 55 | 0 | 85 | 279 | 100 | 33 | Black Violet |
| | 11.06 | Persian Indigo | 56 | 1 | 101 | 273 | 99 | 40 | Dark Violet |
| | 11.08 | Persian Indigo | 56 | 1 | 102 | 273 | 99 | 40 | Dark Violet |
| | 11.11 | Persian Indigo | 55 | 1 | 98 | 273 | 99 | 38 | Dark Violet |
| | 11.14 | Persian Indigo | 56 | 1 | 101 | 273 | 99 | 40 | Dark Violet |
| | 11.17 | Persian Indigo | 56 | 1 | 102 | 273 | 99 | 40 | Dark Violet |
| 11.30 | Persian Indigo | 55 | 1 | 98 | 273 | 99 | 38 | Dark Violet | |

ตารางที่ ข.94 ค่าดัชนีของสีของน้ำหล่อเย็น B มีค่าความขุ่น 0.72 ทำการทดลองครั้งที่ 2

| ครั้งที่ | ปริมาตร EDTA (ml) | สี | RGB | | | HSV (°,%,%) | | | เฉดสี |
|----------|-------------------|---------------|-----------|----------|------------|-------------|------------|-------------|--------------------|
| | | | R | G | B | H | S | V | |
| 2 | 0.00 | Cardinal | 199 | 8 | 73 | 340 | 96 | 78 | Pink:Red |
| | 10.51 | Eggplant | 132 | 1 | 79 | 324 | 99 | 52 | Dark Violet:Pink |
| | 10.90 | Purple | 101 | 0 | 111 | 295 | 100 | 44 | Dark Violet |
| | 10.96 | Indigo | 92 | 0 | 116 | 288 | 100 | 45 | Dark Violet |
| | 10.98 | Indigo | 92 | 0 | 122 | 285 | 100 | 48 | Dark Violet |
| | 11.01 | Indigo | 88 | 0 | 127 | 282 | 100 | 50 | Dark Violet |
| | 11.06 | Indigo | 80 | 0 | 135 | 276 | 100 | 53 | Dark Violet |
| | 11.08 | Indigo | 81 | 0 | 136 | 276 | 100 | 53 | Dark Violet |
| | 11.11 | Indigo | 95 | 1 | 154 | 277 | 99 | 60 | Dark Violet |
| | 11.14 | Indigo | 80 | 0 | 135 | 276 | 100 | 53 | Dark Violet |
| | 11.17 | Indigo | 96 | 1 | 160 | 276 | 99 | 63 | Dark Violet |
| 11.30 | Indigo | 96 | 1 | 160 | 276 | 99 | 63 | Dark Violet | |

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการแปลงหน่วย g ของอินดิเคเตอร์ให้เป็นหน่วย ml

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่างการแปลงหน่วย g ของอินดิเคเตอร์ให้เป็นหน่วย ml

สูตรการคำนวณ

$$V(ml) = \frac{In \times 10^{-6}}{C}$$

เมื่อ V = ปริมาตรอินดิเคเตอร์ (ml), In = ปริมาณอินดิเคเตอร์ (μg) และ C = ความเข้มข้นของอินดิเคเตอร์ (g/ml)

ตารางที่ ค.1 ตัวอย่างการแปลงหน่วย g ของอินดิเคเตอร์ให้เป็นหน่วย ml เมื่อความเข้มข้นของอินดิเคเตอร์ เท่ากับ 0.00031 g/ml

| ปริมาณอินดิเคเตอร์ (μg) | ความเข้มข้นของอินดิเคเตอร์ 0.00031 g/ml |
|--------------------------------------|---|
| | ปริมาตรอินดิเคเตอร์ (ml) |
| 31 | 0.1 |
| 92 | 0.3 |
| 153 | 0.5 |
| 459 | 1.5 |
| 765 | 2.5 |
| 1071 | 3.5 |
| 1377 | 4.4 |
| 1683 | 5.4 |
| 2295 | 7.4 |

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุพิชญา มหิทธิหาญ เกิดเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2534 สำเร็จการศึกษา
ระดับปริญญาตรี วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปีการศึกษา 2556 และเข้า
ศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาห
การ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2558

