การเตรียมจุดรีเอเจนต์บนกระดาษสำหรับการวิเคราะห์คลอไรด์

PREPARING OF REAGENT-SPOT ON PAPER FOR DETERMINATION OF CHLORIDE

ภัทรศยา บรรเทิงจิตต์
ภัทรานิษฐ์ มะโน
ภาณุวิชญ์ ถวิล

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเตรียมจุดรีเอเจนต์บนกระดาษสำหรับการวิเคราะห์คลอไรด์

PREPARING OF REAGENT-SPOT ON PAPER FOR DETERMINATION OF CHLORIDE

ภัทรศยา บรรเทิงจิตต์
ภัทรานิษฐ์ มะโน
ภาณุวิชญ์ ถวิล

หมู่.....
เลขทะเบียน 149457
วัน เดือน ปี 8 ส.ค. 2561
b 12884509
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PREPARING OF REAGENT-SPOT ON PAPER FOR DETERMINATION OF CHLORIDE

PATSAYA BANTHOENGCHIT
PHATTRANIS MANO
PHANUWIT THAVAL

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (INDUSTRIAL CHEMISTRY)
DEPARTMENT OF CHEMISTRY FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การเตรียมจุดรีเอเจนต์บนกระดาษสำหรับการวิเคราะห์คลอไรด์ Preparing of Reagent-Spot on Paper for Determination of Chloride
ชื่อนักศึกษา	นางสาวภัทรศยา บรรเทิงจิตต์ รหัสนักศึกษา 56050566 นางสาวภัทรานิษฐ์ มะโน รหัสนักศึกษา 56050567 นายภาณุวิชญ์ ถวิล รหัสนักศึกษา 56050568
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2559

คณะกรรมการสอบ	**ลายมือชื่อ**
ผศ.ดร.เอกรัฐ เดชศรี ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.เสาวภาคย์ ธีราทรง กรรมการ	
ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การเตรียมจุดรีเอเจนต์บนกระดาษสำหรับการวิเคราะห์คลอไรด์
ชื่อนักศึกษา นางสาวภัทรศยา บรรเทิงจิตต์ รหัสนักศึกษา 56050566
นางสาวภัทรานิษฐ์ มะโน รหัสนักศึกษา 56050567
นายภาณุวิชญ์ ถวิล รหัสนักศึกษา 56050568
ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชา เคมี
คณะ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา 2559
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาวิธีการเตรียมจุดรีเอเจนต์บนกระดาษกรอง สำหรับการวิเคราะห์คลอไรด์ โดยสภาวะที่ใช้ในการศึกษาในงานวิจัยนี้คือ วิธีการเตรียมจุดรีเอเจนต์บนกระดาษ แล้วเก็บรักษาไว้แบบไม่สัมผัสอากาศ (ในถุงพลาสติก) กับสัมผัสอากาศ และสภาวะโดนแสงกับเก็บในที่มืด ทำการเตรียมจุดทดสอบทั้งหมดสี่แบบ ได้แก่ แบบสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตบนกระดาษกรอง แบบโซล-เจลเงือซิลเวอร์ไนเตรตบนกระดาษกรอง แบบใช้กาวแท่งยึดติดซิลเวอร์ไนเตรตบนกระดาษกรอง และแบบใช้เทปกาวยึดติดซิลเวอร์ไนเตรตบนกระดาษกรอง ทำการเก็บข้อมูลของชุดทดสอบหลังจากหยดสารละลายมาตรฐานโซเดียมคลอไรด์แล้วเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน บันทึกภาพจุดสีด้วยเครื่องสแกนและแปรผลด้วยโปรแกรมอิมเมจ เจ และนำค่า RGB ที่ได้ไปคำนวณค่าความแตกต่างของความเข้มแสง (ED) พลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า ED กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมคลอไรด์ พบว่าสภาวะที่ดีที่สุดในการทดลองนี้สำหรับการเตรียมจุดรีเอเจนต์สำหรับวิเคราะห์คลอไรด์ คือแบบใช้กาวแท่งยึดติดซิลเวอร์ไนเตรตบนกระดาษกรองและเก็บรักษาไว้แบบสัมผัสอากาศและโดนแสง ได้สมการเส้นตรง คือ $ED = 3.2085[Cl^-] - 36.147$ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.9617 ซึ่งในอนาคตยังต้องมีการปรับปรุงวิธีการเตรียมจุดรีเอเจนต์ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้นกว่านี้อีก

คำสำคัญ : คลอไรด์, โซล-เจล, จุดรีเอเจนต์, กาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Preparing of Reagent-Spot on Paper for Determination of Chloride		
Students	Miss Patsaya	Banthoengchit	Student ID 56050566
	Miss Phattranis	Mano	Student ID 56050567
	Mr. Phanuwit	Thaval	Student ID 56050568
Degree	Bachelor of Science (Industrial Chemistry)		
Department	Chemistry		
Faculty	Science		
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)		
Academic Year	2016		
Advisor	Asst.Prof.Dr.Wiboon Praditweangkum		

Abstract

This research investigates methods for preparing of reagent–spot on filter paper for determination of chloride. The studied conditions in this research are the methods for preparing of reagent-spot on paper and conditions for keeping them with air protect (in plastic bag) or non-air protect and in daylight or dark place. The reagent spots are prepared by 4 methods: silver nitrate solution dropped on filter paper, sol-gel doped silver nitrate dropped on filter paper, silver nitrate adhesived by glue sticks on filter paper and silver nitrate adhesived by two-sided tape on filter paper. After sodium chloride standard solutions are dropped on reagent-spots, the data of tested-spots are collected at 1 hour, 1 day, 2 day and 3 day. The color of tested-spots are recorded by a scanner. The Image J program is applied for RGB values and Euclidean Distance (ED) can be calculated. The relation between ED and concentration of sodium chloride standard solution is also plotted. The best condition in this experiment for preparing of reagent-spot for determination of chloride is prepared by silver nitrate adhesived by glue sticks on filter paper, keeped in plastic bag with non-air protect and placed in daylight. The linear equation with ED = 3.2085[Cl^-] – 36.147 and the coefficient of determination (R^2) of 0.9617 are obtained. The future experiments for preparing of reagent-spot must be tried to improve more efficient method.

Keywords: chloride, Sol-Gel, reagent-spot, glue

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้อย่างดี เนื่องจากคำแนะนำและคำปรึกษา จาก ผศ.ดร. วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ กลุ่มผู้วิจัยซาบซึ้งในความกรุณาอนุเคราะห์ และได้ให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์อย่างมาก จึงขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง และขอขอบคุณ คุณสุภัทร บานเย็น คุณสุรินทร์ เหล่าพระจันทร์ คุณกัญญา มงคลโภชน์ และคุณทองสุข ภู่ร้อย บุคคลากรของภาควิชาเคมีที่คอยให้คำแนะนำและดูแลเรื่องการยืม-คืนอุปกรณ์การทำโครงงานพิเศษมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร เอกรัฐ เดชศรี และ ผศ.ดร เสาวภาคย์ ธีราทรง กรรมการสอบโครงงานพิเศษ ที่กรุณาให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ อีกทั้งยังตรวจสอบรายละเอียดต่าง ให้โครงงานพิเศษฉบับนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณ บิดา มารดา และเพื่อนๆ ทุกๆ คน ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือกันแก้ปัญหาจนโครงงานนี้สำเร็จในที่สุด

โครงงานพิเศษฉบับนี้หากมีประโยชน์ต่อผู้นำไปศึกษาต่อ คณะผู้จัดทำขอมอบความดีนั้นให้กับอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน หากมีความบกพร่องประการใดที่เกิดขึ้นในโครงงานพิเศษฉบับนี้ ผู้จัดทำขอน้อมรับและขออภัยมา ณ โอกาสนี้

ภัทรศยา บรรเทิงจิตต์
ภัทรานิษฐ์ มะโน
ภาณุวิชญ์ ถวิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขต 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 มาตรฐานคลอไรด์ในน้ำประปา 3

2.1.1 คลอไรด์ 3

2.1.2 วิธีการกำจัดคลอไรด์ 4

2.2 ชุดทดสอบภาคสนาม 4

2.3 กระบวนการโซล-เจล 4

2.4 กาว 8

2.4.1 กาวคืออะไร 8

2.4.2 กาวแท่ง 8

2.4.3 เทปกาวสองหน้า 8

2.5 กรดซิตริก 9

2.5.1 ข้อจำกัดในการผลิตกรดซิตริกเชิงอุตสาหกรรม 11

2.6 เครื่องสแกน 11

2.6.1 ประเภทของเครื่องสแกน 11

2.6.2 ส่วนประกอบของเครื่องสแกน 12

2.6.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสแกนภาพ 13

2.6.4 การทำงานของเครื่องสแกน 13

2.6.5 ประเภทของภาพที่เกิดจากการสแกน 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.7 ระบบสี 14
2.7.1 ระบบสีแบบ RGB 14
2.7.2 ระบบสีแบบ CYMK 15
2.7.3 ระบบสีแบบ HSB 15
2.7.4 ระบบสีแบบ Lab 16
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 20
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี 20
3.1.1 สารเคมี 20
3.1.2 อุปกรณ์ 20
3.2 การเตรียมสารละลาย 20
3.2.1 สำหรับวิธีการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท 20
3.2.2 สำหรับวิธีการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท 21
3.2.3 สำหรับวิธีการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็ง ซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวและกาวแท่งเป็นตัวยึดติด 21
3.2.4 สารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 21
3.3 การทดลอง 21
3.3.1 สำหรับวิธีการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท 21
3.3.2 สำหรับวิธีการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท 22
3.3.3 สำหรับวิธีการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็ง ซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวและกาวแท่งเป็นตัวยึดติด 22
3.3.4 การใช้ชุดทดสอบ เพื่อใช้สร้างกราฟมาตรฐาน 22
3.3.5 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อชุดทดสอบ 23
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 27
4.1 เตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท 28
4.1.1 การศึกษาจุดรีเอเจนต์ที่เตรียมเก็บไว้ 28
4.1.2 การทดสอบคลอไรด์บนจุดรีเอเจนต์ 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.2 เตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท 35
4.2.1 การศึกษาจุดรีเอเจนต์ที่เตรียมเก็บไว้ 36
4.2.2 การทดสอบคลอไรด์บนจุดรีเอเจนต์ 37
4.3 เตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด 43
4.3.1 การศึกษาจุดรีเอเจนต์ที่เตรียมเก็บไว้ 44
4.3.2 การทดสอบคลอไรด์บนจุดรีเอเจนต์ 44
4.4 เตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด 51
4.4.1 การศึกษาจุดรีเอเจนต์ที่เตรียมเก็บไว้ 51
4.4.2 การทดสอบคลอไรด์บนจุดรีเอเจนต์ 52
4.4.3 ระยะเวลาในการใช้ชุดทดสอบ 62
4.4.4 การทดสอบตัวอย่างน้ำ 64
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 65
5.1 สรุปผลการทดลอง 65
5.2 ข้อเสนอแนะ 66
เอกสารอ้างอิง 67
ภาคผนวก 69
ภาคผนวก ก 70
ภาคผนวก ข 73
ภาคผนวก ค 77
ภาคผนวก ง 80
ภาคผนวก จ 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 มาตรฐานน้ำบริโภค 3

2.2 องค์ประกอบของกาวแท่ง 9

2.3 คุณสมบัติทางเคมีของกรดซิตริก 10

3.1 ตารางแสดงสภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์บนกระดาษโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท 23

3.2 ตารางแสดงสภาวะที่ใช้ในการติดตามสีบนจุดทดสอบหลังจากหยดคลอไรด์แล้ว 24

3.3 ตารางแสดงสภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์บนกระดาษโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท 24

3.4 ตารางแสดงสภาวะที่ใช้ในการติดตามสีบนจุดทดสอบหลังจากหยดคลอไรด์แล้ว 25

3.5 ตารางแสดงสภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์บนกระดาษโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวและกาวแท่งเป็นตัวยึดติด 26

3.6 ตารางแสดงสภาวะที่ใช้ในการติดตามสีบนจุดทดสอบหลังจากหยดคลอไรด์แล้ว 26

4.1 ตารางแสดงสภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์ และสภาวะที่ใช้ในการติดตามสีของจุดทดสอบบนกระดาษ 27

4.2 ผลการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท 28

4.3 ตารางแสดงสภาวะที่ใช้ในการติดตามสีบนจุดทดสอบหลังจากหยดคลอไรด์แล้ว 28

4.4 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm 29

4.5 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm 30

4.6 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm 31

4.7 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm 32

4.8 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm 33

4.9 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm 34

4.10 การเปรียบเทียบขนาดของจุดรีเอเจนต์ชนิดสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท กับจุดรีเอเจนต์ชนิดสารละลายโซล-เจลเจือซิลเวอร์ไนเตรท 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.11 ผลการเตรียมและเก็บรักษาจุดทดสอบบนกระดาษที่ระยะเวลาต่างๆ 36

4.12 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm 37

4.13 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm 38

4.14 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm 39

4.15 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm 40

4.16 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm 41

4.17 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm 42

4.18 ผลการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด 44

4.19 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm 44

4.20 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm 45

4.21 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm 46

4.22 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm 47

4.23 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm 48

4.24 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm 49

4.25 ผลการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.26 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm 52
4.27 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm 53
4.28 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm 54
4.29 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm 55
4.30 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm 56
4.31 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm 57
4.32 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 3 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm 58
4.33 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 3 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm 59
4.34 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 3 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm 60
4.35 ค่า ED หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลาต่างๆ 62
4.36 แสดงค่าความแตกต่างความเข้มแสงที่คำนวณได้ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 กระบวนการผลิตโซล-เจลในรูปแบบต่างๆ 5
2.2 กลไกการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เมื่อใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของ TEOS 7
2.3 กลไกการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เมื่อใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของ TEOS 7
2.4 แผนภาพแสดงการผลิตกรดซิตริกผ่านวิถีไกลโคไลซีสของจุลินทรีย์ 10
2.5 กรดซิตริกในรูปผลึก Monohydrate 11
2.6 ประเภทของเครื่องแสกน 12
2.7 ระบบสีของ RGB 15
2.8 ระบบสีของ CMYK 15
2.9 ระบบสีของ HSB 16
2.10 ระบบสีของ Lab 17
4.1 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm 29
4.2 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm 30
4.3 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm 31
4.4 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm 32
4.5 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm 33
4.6 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm 34
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ED กับความเข้มข้นคลอไรด์ สำหรับการเตรียมจุดรีเอเจนต์ โดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท 35
4.8 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm 37
4.9 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm 38
4.10 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.11 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm 40

4.12 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm 41

4.13 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm 42

4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ED กับความเข้มข้นคลอไรด์ สำหรับการเตรียมจุดรีเอเจนต์ โดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท 43

4.15 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm 45

4.16 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm 46

4.17 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm 47

4.18 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm 48

4.19 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm 49

4.20 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm 50

4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ED กับความเข้มข้นคลอไรด์ สำหรับการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.22 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm 53
4.23 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm 54
4.24 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm 55
4.25 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm 56
4.26 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm 57
4.27 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm 58
4.28 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 3 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm 59
4.29 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm 60
4.30 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 3 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm 61
4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ED กับความเข้มข้นคลอไรด์ สำหรับการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด..... 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างความเข้มสี
กับค่าความเข้มข้นคลอไรด์ในสารละลายมาตรฐาน (ชุดที่1) 63
4.33 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างความเข้มสี
กับค่าความเข้มข้นคลอไรด์ในสารละลายมาตรฐาน (ชุดที่2) 63
4.34 กราฟมาตรฐานของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ในช่วงความเข้มข้น
15-60 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่สภาวะกาวแท่งซิปไม่โดนแสง+แสง 64
ก.1 หน้าต่างโปรแกรม Image J™ และการเรียกวัดหน้าต่างความเข้มแสง 70
ก.2 หน้าต่างโปรแกรม Image J™ และการปรับค่าความเข้มแสง 71
ก.3 หน้าต่างโปรแกรม Image J™ และเลือกจุดที่ต้องการวิเคราะห์ 72
ก.4 หน้าต่างโปรแกรม Image J™ และการแสดงค่า Red Green และ Blue 72
ข.1 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 ชั่วโมง 73
ข.2 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 วัน 73
ข.3 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 2 วัน 74
ข.4 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 3 วัน 74
ข.5 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 ชั่วโมง 75
ข.6 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 วัน 75
ข.7 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 2 วัน 75
ข.8 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 3 วัน 76
ค.1 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 ชั่วโมง 77
ค.2 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 วัน 77
ค.3 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 2 วัน 77
ค.4 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 3 วัน 78
ค.5 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 ชั่วโมง 78
ค.6 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 วัน 78
ค.7 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 2 วัน 78
ค.8 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 3 วัน 79
ง.1 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 ชั่วโมง 79
ง.2 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 วัน 79
ง.3 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 2 วัน 81
ง.4 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 3 วัน 81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ง.5 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 ชั่วโมง	81
ง.6 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 วัน	82
ง.7 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 2 วัน	82
ง.8 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 3 วัน	83
จ.1 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 ชั่วโมง	84
จ.2 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 วัน	85
จ.3 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 2 วัน	85
จ.4 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 3 วัน	85
จ.5 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 ชั่วโมง	85
จ.6 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 วัน	86
จ.7 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 2 วัน	86
จ.8 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 3 วัน	87
จ.9 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 3 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 ชั่วโมง	87
จ.10 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 3 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 วัน	88
จ.11 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 3 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 2 วัน	88
จ.12 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 3 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 3 วัน	88
จ.13 ระยะเวลาในการใช้ชุดทดสอบ (ชุดที่1)	89
จ.14 ระยะเวลาในการใช้ชุดทดสอบ (ชุดที่2)	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

น้ำเป็นสารประกอบที่พบมากถึง 3 ใน 4 ส่วนของพื้นโลก โดยส่วนใหญ่อยู่ในสภาพน้ำเค็มในทะเลและมหาสมุทรประมาณ 97 เปอร์เซ็นต์ เป็นน้ำแข็งตามขั้วโลกประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ และเป็นน้ำจืดตามแม่น้ำลำคลองต่างๆ ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ถ้าโลกเราปราศจากน้ำ สิ่งมีชีวิตต่างๆ บนโลกก็จะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

น้ำที่ประชาชนนิยมเลือกใช้ในการอุปโภคและบริโภค จะต้องเป็นน้ำที่มีความใส สะอาดและไม่มีกลิ่น โดยเฉพาะน้ำที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้คลอลีนในระบบผลิตน้ำประปาขนาดเล็ก ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ระบบบำบัดน้ำเสีย การฆ่าเชื้อในท่อน้ำ อาจทำให้น้ำมีปริมาณของคลอไรด์สูง จนกลายเป็นน้ำที่มีความกระด้างถาวร มีรสกร่อยค่อนข้างเค็ม ส่งผลต่อความนิยมในการอุปโภคและบริโภคน้ำ นอกจากนี้ปริมาณของคลอไรด์ในน้ำยังเพิ่มขึ้นได้จากหลายแหล่งทางธรรมชาติ เช่น คลอไรด์จากผิวดิน น้ำเสียของอาคารบ้านเรือน น้ำทะเล น้ำใต้ดินบริเวณที่มีเกลือสินเธาว์ และน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทที่มีคลอไรด์ เช่น โรงงานปลาป่น เป็นต้น ทั้งนี้ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค จากกรมควบคุมมลพิษ กำหนดให้น้ำจะต้องมีปริมาณคลอไรด์สูงสุดไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

สำหรับวิธีมาตรฐานที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในน้ำ คือ วิธีมาตรฐานไทเทรต ซึ่งเป็นวิธีที่ยังคงต้องใช้เวลา ผู้เชี่ยวชาญในการทำการวิเคราะห์ สารเคมีและตัวอย่างน้ำเป็นจำนวนมาก เกิดความสิ้นเปลือง ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในน้ำ เพื่อให้เป็นไปด้วยความประหยัด สะดวก และรวดเร็ว ทำให้เกิดความคุ้มค่าในการวิเคราะห์มากขึ้น

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการพัฒนาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในน้ำ โดยศึกษาและนำวิธีการทดสอบบนกระดาษแบบจุดมาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในน้ำ เทียบกับวิธีมาตรฐานไทเทรต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาการเตรียมชุดทดสอบแบบจุดรีเอเจนต์บนกระดาษ สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในน้ำ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาและสืบค้นแหล่งข้อมูลต่างๆ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 วางแผนการปฏิบัติการทดลอง โดยการออกแบบการทดลอง การดำเนินการจัดหาอุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือที่ใช้ และการเก็บผลการทดลอง

1.3.3 ดำเนินการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมและการใช้ชุดทดสอบบนกระดาษแบบจุดรีเอเจนต์โดยใช้ซิลเวอร์ไนเตรท สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ โดยแบ่งชุดทดสอบออกเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้

1.3.3.1 ชุดทดสอบบนกระดาษแบบจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท

1.3.3.2 ชุดทดสอบบนกระดาษแบบจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท

1.3.3.3 ชุดทดสอบบนกระดาษแบบจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด

1.3.3.4 ชุดทดสอบบนกระดาษแบบจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถนำวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในน้ำที่พัฒนาขึ้น ไปใช้ได้จริง อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4.2 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในน้ำ มีความสะดวกและรวดเร็วในการวิเคราะห์มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มาตรฐานคลอไรด์ในน้ำประปา [1]

2.1.1 คลอไรด์ (Chloride)

เป็นสารอนินทรีย์ที่พบมาก โดยจะอยู่ในรูปของสารประกอบ ของแคลเซียม แมกนีเซียม หรือ โซเดียม โดยเกลือของคลอไรด์จะละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 10 มก./ลิตร ถึง 100 มก./ลิตร ปริมาณความเข้มข้นแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับพื้นดินหรือชั้นดินที่มีปริมาณคลอไรด์แตกต่างกัน น้ำทะเลมีปริมาณคลอไรด์มากกว่า 30,000 มก./ลิตร บริเวณชายหาดจะพบคลอไรด์ในบ่อที่มีน้ำชะดินจากแหล่งน้ำกร่อยเข้ามา น้ำธรรมชาติรับคลอไรด์จากหลายทาง เช่น มาจากสิ่งปฏิกูล โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ถ้าคลอไรด์ที่เจือปนอยู่ในน้ำประปามีปริมาณสูง จะทำให้น้ำประปามีความเค็ม ไม่เหมาะสำหรับการอุปโภคและบริโภค มีผลกระทบต่อคุณภาพการผลิตสินค้าบางประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ ซึ่งจำเป็นต้องควบคุมปริมาณคลอไรด์ในน้ำประปาให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 0.25 g/l) เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำทุกกลุ่ม โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์กัดกร่อนท่อส่งน้ำที่ทำจากโลหะ ส่งผลให้ปริมาณของเหล็กที่ละลายอยู่ในน้ำสูงขึ้นด้วย ต่อไปเป็นตารางแสดงมาตรฐานน้ำที่ใช้บริโภค

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานน้ำบริโภค [2-3]

ชนิดของน้ำ	คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	มาตรฐาน	
				เกณฑ์กำหนดสูงสุด	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค	ทางเคมี	คลอไรด์ (Cl^-)	มก./ล.	250	600
น้ำบาดาลที่ใช้บริโภค	ทางเคมี	คลอไรด์ (Cl^-)	มก./ล.	250	600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 วิธีการกำจัดคลอไรด์

วิธีการกำจัดคลอไรด์ในน้ำ ต้องใช้ระบบรีเวิร์สออสโมซิส (ระบบ R.O.) หรือวิธีแลกเปลี่ยนอิออน (ion exchange) โดยระบบกรองปกติไม่สามารถกำจัดคลอไรด์ได้ เนื่องจากคลอไรด์เมื่ออยู่ในน้ำจะอยู่ในสภาพสารละลาย ซึ่งมีขนาดเล็กมากจนระบบกรองปกติ (กรองสารแขวนลอย : อนุภาคตะกอน) ไม่สามารถกรองออกไปได้

2.2 ชุดทดสอบภาคสนาม (test kit) [4]

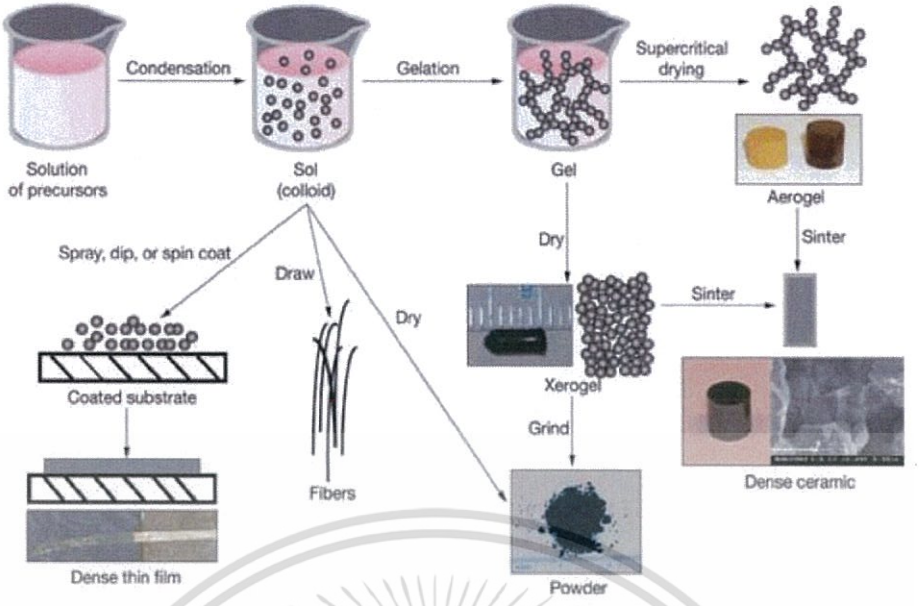
โดยทั่วไปมีจุดประสงค์เพื่อใช้สำหรับการทดสอบหรือการวิเคราะห์ภาคสนามอย่างง่าย และรวดเร็วสำหรับผู้ที่ใช้ทำการสำรวจวิจัยในภาคสนามชุดทดสอบภาคสนามอย่างง่ายจึงต้องมีสมบัติต่างๆ ที่เป็นข้อดีคือ ใช้ในการทดสอบสารอย่างรวดเร็วในภาคสนาม เพื่อให้ได้ผลทดสอบทันที เพื่อลดการทดสอบตัวอย่างจำนวนมาก เพื่อให้สามารถทดสอบในสภาวะจริง เนื่องจากการทดสอบที่ทำในห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องมีการเก็บตัวอย่างและเติมสารคงตัว (Preservative) ตามความจำเป็น จึงไม่ใช่การทดสอบสภาวะจริง ชุดทดสอบภาคสนามอย่างง่ายส่วนใหญ่มีไว้สำหรับใช้ในการคัดกรอง (Screening) และไม่สามารถใช้ในการทดสอบที่ต้องการความแม่นยำสูง เพราะชุดทดสอบสามารถทำได้เพียงการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative analysis) ไม่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ในเชิงปริมาณได้ (Quantitative analysis) จึงทำให้ชุดทดสอบมีข้อเสีย

เนื่องจากชุดทดสอบสารภาคสนามอย่างง่ายนั้นมีทั้งข้อดีและข้อเสียจึงควรใช้ชุดทดสอบชนิดนี้ตามความเหมาะสมลักษณะของงานและความถูกต้องแม่นยำที่ต้องการ

2.3 กระบวนการโซล-เจล [5]

กระบวนการโซล-เจล หมายถึง การสังเคราะห์โครงสร้างร่างแหอนินทรีย์ โดยปฏิกิริยาเคมีในสารละลาย ณ อุณหภูมิต่ำ ซึ่งคำว่ากระบวนการโซล-เจล เป็นการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวที่เรียกว่า โซล (Sol) ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคของแข็งเล็กๆ จำนวนมากแขวนลอยอย่างเสถียรในสารละลายที่มีขนาดอนุภาคประมาณ 0.1-1 ไมครอน เป็นของแข็งที่เรียกว่าเจล (Gel) โดยการนำสารละลายต่างๆ มาทำปฏิกิริยา ซึ่งสารละลายที่เกิดขึ้นจะอยู่ในลักษณะของโซล (Sol) เมื่อโซลเกาะตัวกันเป็นร่างแหอย่างไม่เป็นระเบียบด้วยพันธะโควาเลนซ์ แรงแวนเดอร์วาลส์ หรือพันธะไฮโดรเจน จะทำให้เกิดเป็นเจล ในกระบวนการผลิตทั้งสภาวะที่เป็นโซลและเจล เมื่อเข้าสู่กระบวนการทำให้แห้งหรือเผาที่อุณหภูมิต่ำจะได้ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆ เช่น การเคลือบฟิล์ม เส้นใย แอโรเจล ซีโรเจล อนุภาคผง สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับในอุตสาหกรรมอื่นๆ ต่อไปเป็นกระบวนการผลิตโซล-เจลในรูปแบบต่างๆ ในรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตโซล-เจลในรูปแบบต่างๆ [5]

นอกจากนี้กระบวนการโซล-เจล สามารถเตรียมร่วมกับกระบวนการตกตะกอนได้ โดยกระบวนการตกตะกอนจะไม่เกิดขั้นตอนการเกิดเจล แต่อนุภาคที่เกิดขึ้นจะเกิดการแยกตัวออกจากสารละลายเกิดเป็นเฟสของไฮดรอกไซด์ของโลหะหรือออกไซด์ของโลหะ

ปฏิกิริยาที่สำคัญในกระบวนการโซล-เจล มีสามปฏิกิริยา คือ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ควบแน่นด้วยน้ำ และการควบแน่นด้วยแอลกอฮอล์ โดยปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา คือ pH ตัวเร่งปฏิกิริยา อัตราส่วนของน้ำกับโลหะ และอุณหภูมิ ดังนั้นการควบคุมปัจจัยเหล่านี้ในสภาวะที่ต่างกันจึงทำให้เกิดเป็นโซลและเจลที่มีสมบัติและโครงสร้างต่างกัน ปฏิกิริยาที่สำคัญในกระบวนการโซล-เจล มีดังนี้

Hydrolysis: $M-O-R+H_2O \rightarrow M-OH+R-OH$

Water Condensation: $M-OH+HO-M \rightarrow M-O-M+H_2O$

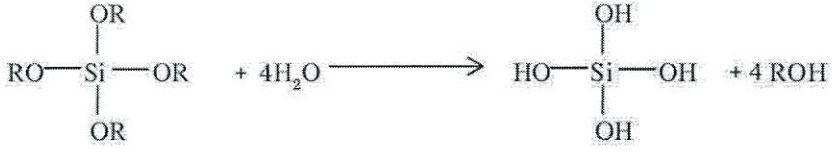
Alcohol Condensation: $M-O-R+HO-M \rightarrow M-O-M+R-OH$

เมื่อ M แทนโลหะ ได้แก่ Ti, Si, Zr, Al, Sn, Ce **และ OR แทนกลุ่มอัลคอกซิล**

ขั้นตอนแรกในการเตรียมโซล-เจล คือ การผสมสารตั้งต้นกับน้ำ สารตั้งต้นที่นิยมใช้ในกระบวนการโซล–เจล เป็นสารประกอบโลหะและกึ่งโลหะที่ล้อมรอบด้วยลิแกนด์ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา เช่น Metal alkoxide เป็นสารตั้งต้นที่ได้รับความนิยมสูง เนื่องจากทำปฏิกิริยากับน้ำได้ดี เช่น Tetraethylorthosilicate (TEOS) และ Tetramethylorthosilicate (TMOS) ส่วนอัลคอก

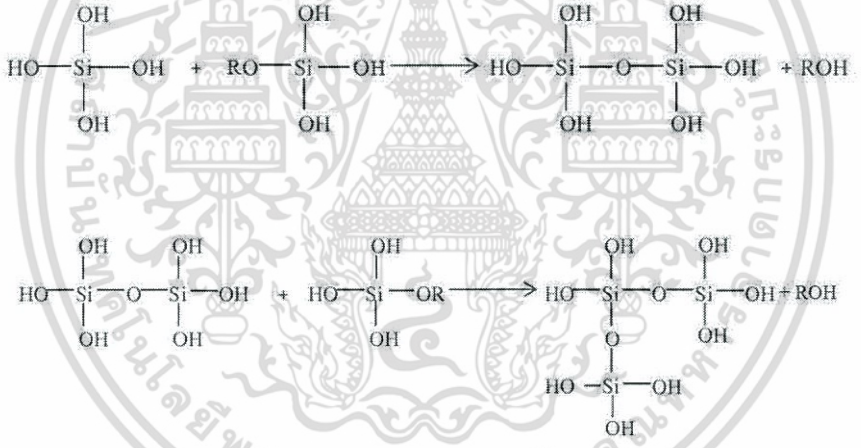
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไซด์ชนิดอื่น เช่น อะลูมิเนต ไทเทเนต และบอร์เรต มีใช้กันแพร่หลายและมักใช้ร่วมกับ TEOS เช่น $Si(OR)_4$ ซึ่ง R คือ CH_3(TMOS) C_2H_5(TEOS) หรือ C_3H_7 จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับน้ำ ดังสมการ



และในขณะเดียวกันจะเกิดปฏิกิริยาการควบแน่นด้วยน้ำ ดังนี้

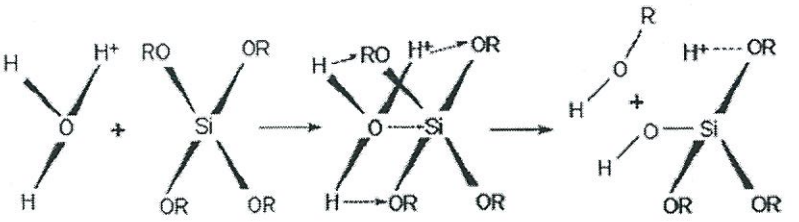
หรือการควบแน่นด้วยแอลกอฮอลล์ ดังนี้



สารประกอบที่เกิดขึ้นจะเกิดปฏิกิริยาควบแน่นต่อไปจนกลายเป็นโครงตาข่ายซิลิกาอยู่ในสภาวะที่เรียกว่า เจล จึงเรียกปฏิกิริยาที่เรียกว่า Condensation ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการเตรียมโซล-เจล สามารถเตรียมโดยการใช้กรดหรือเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งทั้งสองสภาวะส่งผลต่อการเกิดเจลที่แตกต่างกันดังนี้

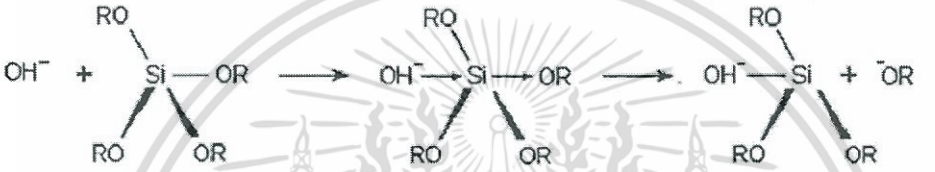
1. การใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา มีกลไกการเกิดปฏิกิริยาดังรูปที่ 2.2 อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและการควบแน่นก่อให้เกิดการขยายตัวของพอลิเมอร์แบบสายโซ่ตรงและแบบสายโซ่กิ่ง ในการเกิดเจลเมื่อพอลิเมอร์ขยายตัวมาพันกันและเกิดพันธะข้ามระหว่างสายโซ่ อีกทั้งกรดยังทำให้อนุภาคของโลหะอัลคอกไซด์มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอซึ่งกรดที่นิยมนำมาใช้ทำเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) และกรดไนตริก (HNO_3) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 กลไกการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เมื่อใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของ TEOS [5]

2. การใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเกิดช้ากว่าปฏิกิริยาการควบแน่น ทำให้เกิดเป็นพอลิเมอร์ที่เป็นสายโซ่กิ่ง (Branched polymeric cluster) ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กลไกการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เมื่อใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของ TEOS [5]

เจลที่เกิดขึ้นจะมีการเชื่อมต่อกันระหว่างกลุ่มพอลิเมอร์ ซึ่งเบสที่นิยมนำมาใช้ทำตัวเร่งปฏิกิริยาได้แก่ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH)

อัตราการเกิดไฮโดรไลซิสและการควบแน่น เป็นปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของผลผลิตสุดท้าย การควบคุมให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและการควบแน่นอย่างช้าๆ ทำให้อนุภาคเล็กลง รูพรุนมีการกระจายตัวสม่ำเสมอและมีพื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้น กระบวนการโซล-เจล มีข้อดีหลายประการ ได้แก่

- ทำให้เกิดพันธะบางๆ ระหว่างวัสดุฐานกับตัวสารเคลือบ
- สามารถเคลือบให้มีความหนาเพื่อป้องกันการกัดกร่อนได้
- สามารถเคลือบได้ทั้งวัสดุที่มีรูปร่างง่ายๆ และซับซ้อน
- ทำได้ง่าย ราคาถูก และเป็นวิธีที่เป็นประสิทธิภาพในการเคลือบสูง
- มีความบริสุทธิ์
- มีความเป็นเนื้อเดียวกัน
- สภาวะที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เตรียมได้ที่อุณหภูมิต่ำ

แนวโน้มการนำเทคโนโลยีโซล-เจล มาใช้ในเชิงพาณิชย์มีความเป็นไปได้สูง เนื่องจากกระบวนการโซล-เจล สามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น ผงละเอียด ฟิล์มบาง เส้นใย และวัสดุก้อน เป็นต้น ซึ่งใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิต ผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น แก้วซิลิกา สารเคลือบป้องกันการสึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กร่อน การสะท้อนแสง และการเกาะติดผิวของน้ำ เป็นต้น กระบวนการโซล-เจล เป็นเทคโนโลยีการผลิตที่ทำได้ที่อุณหภูมิห้อง ผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์สูง เนื่องจากเป็นการเตรียมสารหรือวัสดุในระดับโมเลกุล สามารถกำหนดสมบัติต่างๆ ที่ต้องการได้ง่าย และทำได้ตั้งแต่ระดับห้องปฏิบัติการจนถึงระดับอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการสูงสุดของผู้บริโภคได้จริง จึงนับเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมหลายประเภท

2.4 กาว

2.4.1 กาวคืออะไร [6]

กาวเป็นสารที่ใช้ในการเชื่อมผิววัสดุเข้าด้วยกัน อาจเป็นสารอินทรีย์ หรืออนินทรีย์ก็ได้ โดยอาศัยแรงภายใน (internal strength) แรงตึงผิว (surface adhesion) เป็นต้น กาวมีหลายชนิดตามสารที่นำมาใช้เป็นเนื้อกาว โดยสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่คือ กาวที่มาจากการสังเคราะห์กับกาวที่มาจากธรรมชาติ โดยกาวจากธรรมชาติจะมีอายุการใช้งานสั้นกว่ากาวสังเคราะห์ สำหรับวัตถุดิบที่ใช้ทำกาว ได้แก่ โปรตีน เซลลูโลส อีเทอร์ หรือ เซลลูโลสอีเทอร์ น้ำยาง ยางสังเคราะห์ เรซินฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นต้น

2.4.2 กาวแท่ง [7]

โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) สามารถละลายน้ำได้ สังเคราะห์จากพอลิเมอร์ มีคุณสมบัติคือ ทนต่อน้ำมัน ตัวทำละลาย ไม่มีกลิ่นและไม่มีพิษ มีแรงดึงสูง และมีความยืดหยุ่นสูง อย่างไรก็ตามคุณสมบัติเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับความชื้น ในบริเวณที่มีความชื้นสูง น้ำจะถูกดูดซึม ซึ่งน้ำทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดความต้านทานแรงตึง แต่เพิ่มการยืดตัวและเพิ่มความแข็งแรง โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ยังสามารถละลายได้ดีและรวดเร็ว กาวประเภทนี้ต้องรอให้ตัวทำละลายแห้งออกไปหมดเสียก่อนจึงจะแข็งและยึดติดกับวัสดุได้ กาวประเภทนี้มีจุดเด่นคือ ราคาถูก ใช้งานง่าย แต่มีจุดอ่อนคือ ไม่แข็งแรงมากนัก ไม่ทนต่อความร้อน และเมื่อโดนสารละลาย หรือเมื่อได้รับความร้อนก็จะเยิ้มกลับมาใหม่ กาวแท่งมีองค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 2.2

2.4.3 เทปกาวสองหน้า [8]

เทปกาวสองหน้าผลิตขึ้นจากฟิล์มโพลีเอสเตอร์บางๆ ที่เคลือบผิวด้วย acrylic coated ที่มีคุณสมบัติในการยึดติดกับผิวของวัตถุชนิดอื่นๆ เทปกาวสองหน้าสามารถยึดเข้ากับพื้นผิวของวัตถุทั้งสองด้าน เพื่อให้วัตถุทั้งสองชิ้นนั้นติดเข้าด้วยกัน สามารถใช้ได้กับพื้นผิวหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็น ไม้ โลหะ พลาสติก ผ้า และกระดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของกาวแท่ง [9]

Name	% Content	Purpose
Water	40%	Evaporates to allow glue to dry
Acrylic polymer	40%	Polymerizes to solidify dried glue
Sodium stearate	10%	This soap helps emulsify the acrylic, and lubricates the glue to apply smoothly
Polyethylene glycol	3%	Keeps dried glue somewhat moist and flexible
Polyoxyethylene monooctyl phenyl ether	2%	Emulsifier
N-Vinyl pyrolidone polymer	2%	Polymerizes as glue dries
2-amino isobutanol	2%	pH buffer, to neutralize acid
Sodium hydroxide	0.3%	Alkali, to keep stick pH above 10

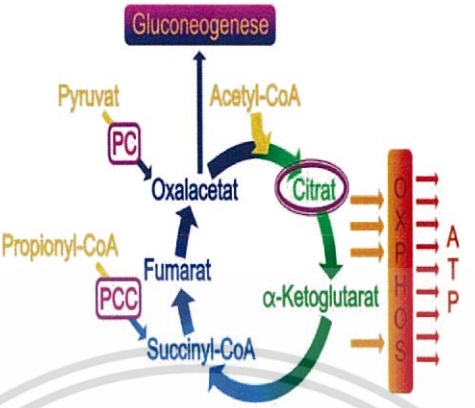
เทปกาวสองหน้าผลิตขึ้นจาก Polyester จึงมีความทนทานต่อการฉีกขาดสูง รวมถึงมีความสามารถทนทานต่อการทิ่มทะลุ มีแรงยึดติดกับพื้นผิวได้อย่างดีโดยเฉพาะพื้นผิวที่เป็นโลหะ เทปกาวสองหน้ามีความหนาอยู่ด้วยกันหลายขนาดตั้งแต่ 0.048 มิลลิเมตร ไปจนถึง 0.19 มิลลิเมตร มีตั้งแต่สีขาวธรรมดา แบบโปร่งแสง และแบบใส เพื่อให้เหมาะกับการใช้งานในแต่ละรูปแบบ เทปกาวสองหน้าสามารถทนต่อความร้อนได้สูงถึง 120 – 200 องศาเซลเซียส แล้วแต่ชนิดของเทปกาว ทนต่อรังสี UVความชื้น และสารละลายต่างๆ ได้ดี รับน้ำหนักได้มาก และง่ายต่อการทำไดคัท

2.5 กรดซิตริก [10]

กรดซิตริกเป็นกรดอ่อน สามารถย่อยสลายได้ง่ายและไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม พบได้ตามธรรมชาติโดยทั่วไปในผักและผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว โดยเฉพาะพืชตระกูลมะนาว สับปะรด และส้ม ซึ่งมีสัดส่วนกรดซิตริกเป็นองค์ประกอบสูง ประมาณร้อยละ 7-9 แต่ในปัจจุบันมีโรงงานผลิตกรดซิตริกจำนวนไม่น้อยกว่า 100 โรงงานทั่วโลก ซึ่งนิยมผลิตด้วยวิธีการสังเคราะห์กรดซิตริกจากน้ำตาลกลูโคสผ่านวิถีไกลโคไลซีส (Glycolysis Pathway) ได้เป็นสารออกซาโลอะซิเตท (Oxaloacetate) แล้วสะสมเป็นกรดซิตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในการผลิตแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ เชื้อรา Aspergillus Niger และยีสต์ Cadida Lypolitica การผลิตกรดซิตริกผ่านวิถีไกลโคไลซิสของจุลินทรีย์ แสดงดังภาพในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แผนภาพแสดงการผลิตกรดซิตริกผ่านวิถีไกลโคไลซิสของจุลินทรีย์ [10]

กรดซิตริกที่ผลิตในปัจจุบันอยู่ในรูปผลึก Monohydrate ($C_6H_8O_7.H_2O$) ซึ่งมีน้ำประกอบอยู่ 1 โมเลกุล มีสีใส ไม่มีกลิ่น มีรสเปรี้ยว มีความสามารถละลายในน้ำเย็น (133 g/mL) มากกว่าการละลายในน้ำร้อน ราคากรดซิตริกในตลาดปัจจุบัน มีราคาอยู่ที่ระดับ 150-200 บาท/กิโลกรัม ไม่รวมค่าขนส่ง โดยกรดซิตริกมีคุณสมบัติทางเคมีดัง แสดงในตารางที่ 2.3 และลักษณะของกรดซิตริกในรูปผลึกแสดงในรูปที่ 2.5

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางเคมีของกรดซิตริก [10]

รายละเอียด	Anhydrous	Monohydrate
Molecular Weight	192.12	210.14
Specific Gravity	1.665	1.542
Melting Point	153°c	70-75°c
Boiling Point	310°c	175°c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 กรดซิตริกในรูปผลึก Monohydrate [10]

กรดซิตริกมีคุณสมบัติที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในหลายทาง นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม เพื่อเป็นสารให้กลิ่น รส ในผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป นอกจากนั้นยังใช้เป็นสารลดความฝาด ลดการตกผลึกของน้ำผลไม้และสามารถควบคุมระดับค่า pH ในผลิตภัณฑ์อาหารทำให้จุลินทรีย์ที่เป็นโทษไม่สามารถเติบโตได้ จึงเป็นที่นิยมใช้เพื่อการถนอมอาหารและเครื่องดื่ม กรดซิตริกยังมีคุณสมบัติแก้น้ำกระด้าง โดยกรดซิตริกจะจับกับโลหะหนักในน้ำโดยกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนกลายเป็นตะกอน Citric Complex ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว จึงนิยมนำมาใช้ในการทำสบู่ และน้ำยาล้างจาน และกรดซิตริกยังมีคุณสมบัติในการขัดคราบสนิม และคราบสกปรกที่พื้นและผนัง จึงนิยมนำมาใช้ขัดสนิมในอุปกรณ์วัสดุเหล็กในภาคอุตสาหกรรมต่างๆ ด้วย

2.5.1 ข้อจำกัดในการผลิตกรดซิตริกเชิงอุตสาหกรรม

การผลิตกรดซิตริกเชิงอุตสาหกรรมมีข้อจำกัดเนื่องจากตลาดที่มีอยู่ในปัจจุบันมีผู้ผลิตผูกขาดน้อยรายที่มีประสิทธิภาพการผลิตสูง และยังมีการเก็บรักษาเทคโนโลยีของตนเองไว้เพื่อกันไม่ให้มีผู้ประกอบการใหม่เข้ามาร่วมตลาด แต่อย่างไรก็ตามประเทศที่กำลังพัฒนาที่มีแหล่งกากน้ำตาลราคาต่ำ การผลิตกรดซิตริกจะเป็นทางเลือกเพื่อสนับสนุนให้ตลาดและการผลิตในภาคอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม ขนม และยา ของประเทศมีการพัฒนาได้ ซึ่งการผลิตกรดซิตริกด้วยกำลังการผลิตที่มากกว่าจุดคุ้มทุน จะก่อให้เกิดความประหยัดทางขนาด ซึ่งอาจทำได้ในเชิงอุตสาหกรรม

2.6 เครื่องสแกน [11]

หน้าที่หลักของเครื่องสแกน คือการแปลงสัญญาณภาพให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า โดยการสแกนภาพหรือตัวอักษรที่อยู่ในเอกสาร เสร็จแล้วบันทึกเป็นข้อมูลทางดิจิตอลลงในสื่อบันทึกของเครื่องคอมพิวเตอร์

2.6.1 ประเภทของเครื่องสแกน

1. เครื่องสแกนมือถือ (Hand-Held Scanner) มีขนาดเล็ก ราคาไม่แพง เก็บภาพขนาดเล็กๆ ซึ่งไม่ต้องการความละเอียดมากได้ เช่น โลโก้ ลายเซ็น เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องสแกนดึงกระดาษ (Sheet-Fed Scanner) เป็นเครื่องสแกนที่ใหญ่กว่าสแกนเครื่องมือถือ ใช้หลักการดึงกระดาษขึ้นมาสแกนทีละแผ่น แต่มีข้อจำกัดคือ ถ้าต้องการสแกนภาพจากหนังสือที่เป็นรูปเล่ม ต้องฉีกกระดาษออกมาทีละแผ่น ทำให้ไม่สะดวกในการสแกน คุณภาพที่ได้จากเครื่องสแกนจะอยู่ในระดับปานกลาง

3. เครื่องสแกนเนอร์แท่นเรียบ (Flatbed Scanner) เป็นเครื่องสแกนที่มีกระจกใสไว้สำหรับวางภาพที่จะสแกน เหมือนเครื่องถ่ายเอกสาร คุณภาพของงานสแกนประเภทนี้จะดีกว่าเครื่องสแกนแบบมือถือ หรือสแกนเนอร์แบบดึงกระดาษแต่ราคาสูงกว่ากัน ปัจจุบันเครื่องสแกนรุ่นใหม่ๆ มีขีดความสามารถในการใช้งานมากขึ้น ทั้งในเรื่องของความเร็ว และความละเอียดของภาพที่ได้จากการสแกน นอกจากนี้ยังสามารถสแกนจากวัตถุอื่นๆ ที่ไม่ใช่กระดาษเพียงอย่างเดียว เช่น วัตถุ 3 มิติที่มีขนาดและน้ำหนักที่ไม่มากจนเกินไป หรือแม้กระทั่งฟิล์มและสไลด์ของภาพต้นฉบับเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ได้เลย โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องไปอัดขยายเป็นภาพถ่ายปกติเหมือนในอดีต เครื่องสแกนประเภทต่างๆ แสดงในรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 ประเภทของเครื่องสแกน [10]

2.6.2 ส่วนประกอบของเครื่องสแกน

1. แผ่นปิด (Document Cover) เป็นส่วนที่มีความสำคัญ เพราะใช้สำหรับป้องกันแสงจากภายนอกที่อาจจะเข้าไปรบกวนในขณะที่เครื่องสแกนทำงาน ดังนั้นเมื่อสแกนภาพทุกครั้งจะต้องปิดแผ่นปิดเสมอ แต่บางครั้งอาจจะถอดฝาดังกล่าวออกได้หากเอกสารที่นำมาสแกนมีความหนาและสามารถที่ปิดกระจกวางได้สนิท

2. แผ่นกระจกวางรูป (Document Table) เป็นบริเวณที่นำภาพมาวางขณะสแกนภาพ

3. คาร์เรียจ (Carriage) เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดสำหรับการสแกนภาพ ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักๆ อยู่ 2 ประเภท คือ ตัวตรวจจับแสง (Optical Sensor) และหลอดฟลูออเรสเซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แผงหน้าปัทม์ควบคุม ใช้สำหรับกำหนดและควบคุมการทำงานของเครื่องสแกน ในเรื่องของความละเอียด ความสว่าง (Brightness) สัดส่วนขนาดของภาพ และการเลือกพิมพ์จากภาพสแกน

5. ดิพสวิตซ์ ใช้สำหรับบอกลักษณะการติดต่อระหว่างเครื่องสแกนกับคอมพิวเตอร์

2.6.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสแกนภาพ

1.เครื่องสแกน

2.สาย SCSI หรือ USB (Universal Serial BUS) สำหรับต่อสายจากเครื่องสแกนกับไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์

3.ซอฟต์แวร์สำหรับการสแกนภาพ ซึ่งทำหน้าที่สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องสแกนให้สแกนภาพได้ตามที่กำหนด

4.ซอฟต์แวร์สำหรับการแก้ไขภาพที่สแกนมาแล้วเช่น Photoshop Image Scan II หรือกรณีที่ต้องการสแกนเอกสารเก็บไว้เป็นไฟล์ที่นำกลับมาแก้ไขได้ อาจจะมีซอฟต์แวร์ที่สนับสนุนการทำงานด้านOCR

5.จอภาพที่เหมาะสมสำหรับการแสดงภาพที่สแกนมาจากเครื่องสแกน

6.เครื่องมือสำหรับแสดงพิมพ์ภาพที่สแกนออกมา เช่น เครื่องพิมพ์ หรือ สไลด์โปรเจคเตอร์

2.6.4 การทำงานของเครื่องสแกน

การจับภาพของเครื่องสแกนทำโดยฉายแสงบนเอกสารที่จะสแกน แสงจะผ่านกลับไปมาและภาพจะถูกจับโดยเซลล์ที่ไวต่อแสง เรียกว่า charge-couple device หรือ CCD ซึ่งโดยปกติพื้นที่มืดบนกระดาษจะสะท้อนแสงได้น้อยและพื้นที่ที่สว่างบนกระดาษจะสะท้อนแสงได้มากกว่า CCD จะสืบหาปริมาณแสงที่สะท้อนกลับจากแต่ละพื้นที่ของภาพนั้น และเปลี่ยนคลื่นของแสงที่สะท้อนกลับมาเป็นข้อมูลดิจิตอล หลังจากนั้นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการสแกนภาพก็จะแปลงเอาสัญญาณเหล่านั้นกลับมาเป็นภาพบนคอมพิวเตอร์อีกทีหนึ่ง

2.6.5 ประเภทของภาพที่เกิดจากการสแกน

1. ภาพ Single-Bit เป็นภาพที่มีความหยาบมากที่สุดใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลน้อยที่สุดและนำมาใช้ประโยชน์อะไรไม่ค่อยได้ แต่ข้อดีของภาพประเภทนี้คือ ใช้ทรัพยากรของเครื่องน้อยที่สุด ใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลน้อยที่สุด ใช้ระยะเวลาในการสแกนภาพน้อยที่สุด Single-bit แบ่งออกได้สองประเภทคือ

- Line Art ได้แก่ภาพที่มีส่วนประกอบเป็นภาพขาวดำ ตัวอย่างของภาพพวกนี้ได้แก่ ภาพที่ได้จากการสเก็ต

- Halftone ภาพพวกนี้จะให้สีที่เป็นโทนสีเทามากกว่า แต่โดยทั่วไปยังถูกจัดว่าเป็นภาพประเภท Single-bit เนื่องจากเป็นภาพหยาบๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ภาพ Gray-Scale เป็นภาพที่มีส่วนประกอบมากกว่าภาพขาวดำ โดยจะประกอบด้วยเฉดสีเทาเป็นลำดับขั้น ทำให้เห็นรายละเอียดด้านแสง-เงา ความชัดลึกมากขึ้นกว่าเดิม ภาพพวกนี้แต่ละพิกเซลหรือแต่ละจุดของภาพ อาจประกอบด้วยจำนวนบิตมากกว่า ต้องการพื้นที่เก็บข้อมูลมากขึ้น

3. ภาพสี หนึ่งพิกเซลของภาพสีนั้นประกอบด้วยจำนวนบิตมหาศาล และใช้พื้นที่เก็บข้อมูลมาก ความสามารถในการสแกนภาพออกมาได้ละเอียดขนาดไหนนั้น ขึ้นอยู่กับขนาดความละเอียดของเครื่องสแกน

4. ตัวหนังสือ ตัวหนังสือในที่นี้ ได้แก่ เอกสารต่างๆ เช่น ต้องการเก็บเอกสารโดยไม่ต้องพิมพ์ลงในแฟ้มเอกสารของเวิร์ดโปรเซสเซอร์ ก็สามารถใช้สแกนเนอร์สแกนเอกสารดังกล่าว และเก็บไว้เป็นแฟ้มเอกสารได้ นอกจากนี้ด้วยเทคโนโลยีปัจจุบันสามารถใช้โปรแกรมที่สนับสนุน OCR (Optical Characters Reconize) มาแปลงแฟ้มภาพเป็นเอกสารดังกล่าวออกมาเป็นแฟ้มข้อมูลที่สามารถแก้ไขได้

2.7 ระบบสี [12]

โดยทั่วไปสีในธรรมชาติและสีที่สร้างขึ้น จะมีรูปแบบการมองเห็นของสีที่แตกต่างกัน ซึ่งรูปแบบการมองเห็นสีที่ใช้ในงานด้านกราฟิกทั่วไปนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายระบบ เช่น

1. ระบบสีแบบ RGB ตามหลักการแสดงสีของเครื่องคอมพิวเตอร์
2. ระบบสีแบบ CMYK ตามหลักการแสดงสีของเครื่องพิมพ์
3. ระบบสีแบบ HSB ตามหลักการมองเห็นสีของสายตามนุษย์
4. ระบบสีแบบ Lab ตามมาตรฐานของ CIE ซึ่งไม่ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ใดๆ

2.7.1 ระบบสีแบบ RGB

เป็นระบบสีที่ประกอบด้วยแม่สี 3 สีคือ แดง (Red) เขียว (Green) และ น้ำเงิน (Blue) ในสัดส่วนความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาผสมกันทำให้เกิดสีต่างๆ บนจอคอมพิวเตอร์ได้มากถึง 16.7 ล้านสี ซึ่งใกล้เคียงกับสีที่ตาเรามองเห็นได้โดยปกติ และจุดที่สีทั้งสามสีรวมกันจะกลายเป็นสีขาว นิยมเรียกการผสมสีแบบนี้ว่าแบบ “Additive” หรือการผสมสีแบบบวก ซึ่งเป็นการผสมสีขั้นที่ 1 หรือถ้านำเอา Red Green Blue มาผสมครั้งละ 2 สี ก็จะทำให้เกิดสีใหม่ เช่น

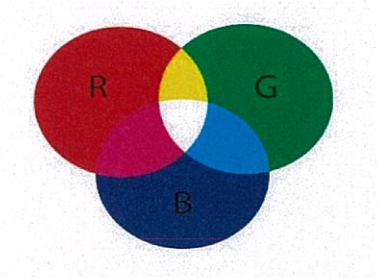
Blue + Green = Cyan

Red + Blue = Magenta

Red + Green = Yellow

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงสี RGB มักจะถูกใช้สำหรับการส่องสว่างทั้งบนจอทีวีและจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งสร้างจากการให้กำเนิดแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ทำให้สีดูสว่างกว่าความเป็นจริง ระบบสีของ RGB แสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ระบบสีของ RGB [13]

2.7.2 ระบบสีแบบ CYMK

เป็นระบบสีที่ใช้กับเครื่องพิมพ์ที่พิมพ์ออกทางกระดาษ ซึ่งประกอบด้วยสีพื้นฐาน คือ สีฟ้า (Cyan) สีม่วงแดง (Magenta) สีเหลือง (Yellow) และเมื่อนำสีทั้ง 3 สีมาผสมกันจะเกิดเป็นสีดำ (Black) แต่จะไม่ดำสนิทเนื่องจากหมึกพิมพ์มีความไม่บริสุทธิ์ โดยเรียกการผสมสีทั้ง 3 สีข้างต้นว่า “Subtractive Color” หรือการผสมสีแบบลบ หลักการเกิดสีของระบบนี้คือ หมึกสีหนึ่งจะดูดกลืนสีจากสีหนึ่งแล้วสะท้อนกลับออกมาเป็นสีต่างๆ เช่น สีฟ้าดูดกลืนสีม่วงแล้วสะท้อนออกมาเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งจะสังเกตได้ว่าสีที่สะท้อนออกมาจะเป็นสีหลักของระบบ RGB การเกิดสีนี้ในระบบนี้จึงตรงข้ามกับการเกิดสีในระบบ RGB ระบบสีของ CMYK แสดงในรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 ระบบสีของ CMYK [13]

2.7.3 ระบบสีแบบ HSB

ระบบสี HSB แสดงในรูปที่ 2.9 เป็นระบบสีพื้นฐานในการมองเห็นสีด้วยสายตาของมนุษย์ ประกอบด้วยลักษณะของสี 3 ลักษณะ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Hue คือ สีต่างๆ ที่สะท้อนออกมาจากวัตถุเข้ามายังตาของเรา ทำให้เราสามารถมองเห็นวัตถุเป็นสีต่างๆ ได้ ซึ่งแต่ละสีจะแตกต่างกันตามความยาวของคลื่นแสงที่มากระทบวัตถุและสะท้อนกลับที่ตาของเรา Hue ถูกวัดโดยตำแหน่งการแสดงสีบน Standard Color Wheel ซึ่งถูกแทนด้วยองศา 0 ถึง 360 องศา แต่โดยทั่วๆ ไปแล้วมักจะเรียกการแสดงสีนั้นๆ เป็นชื่อของสีเลย เช่น สีแดง สีม่วง สีเหลือง

2. Saturation คือ ความสดของสี โดยค่าความสดของสีจะเริ่มที่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนด Saturation ที่ 0 สีจะมีความสดน้อย แต่ถ้ากำหนดที่ 100 สีจะมีความสดมาก ถ้าถูกวัดโดยตำแหน่งบน Standard Color Wheel ค่า Saturation จะเพิ่มขึ้นจากจุดกึ่งกลางจนถึงเส้นขอบ โดยค่าที่เส้นขอบจะมีสีที่ชัดเจนและอิ่มตัวที่สุด

3. Brightness คือ ระดับความสว่างและความมืดของสี โดยค่าความสว่างของสีจะเริ่มที่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนดที่ 0 ความสว่างจะน้อยซึ่งจะเป็นสีดำ แต่ถ้ากำหนดที่ 100 สีจะมีความสว่างมากที่สุด ยิ่งมีค่า Brightness มากจะทำให้สีนั้นสว่างมากขึ้น

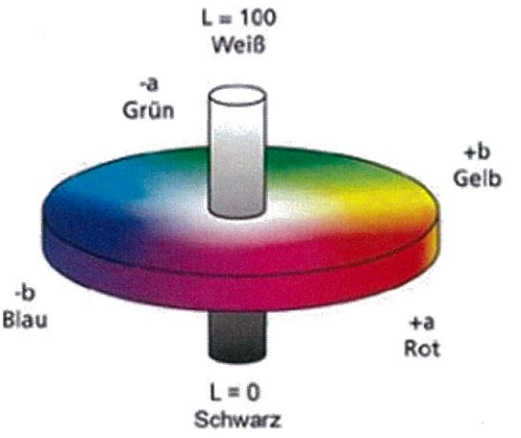
รูปที่ 2.9 ระบบสีของ HSB [14]

2.7.4 ระบบสีแบบ Lab

ระบบสีแบบ Lab เป็นค่าสีที่ถูกกำหนดขึ้นโดย CIE (Commission International d' Eclarirage) เพื่อให้เป็นสีมาตรฐานกลางของการวัดสีทุกรูปแบบ ครอบคลุมทุกสีใน RGB และ CMYK และใช้ได้กับสีที่เกิดจากอุปกรณ์ทุกอย่างไม่ว่าจะเป็นจอคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ เครื่องสแกน และอื่นส่วนประกอบของโหมดสีนี้ได้แก่ L หรือ Luminance เป็นการกำหนดความสว่างซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนดที่ 0 จะกลายเป็นสีดำ แต่ถ้ากำหนดที่ 100 จะกลายเป็นสีขาว A เป็นค่าของสีที่ไล่จากสีเขียวไปสีแดง B เป็นค่าของสีที่ไล่จากสีน้ำเงินไปสีเหลือง ระบบสีของ Lab แสดงในรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.10 ระบบสีของ Lab [15]

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เชาวน์ ศรีเพชรดี [16] ศึกษาการเตรียมซิลิกาเจลที่มีรูพรุนโดยกระบวนการโซลเจล ซึ่งกระบวนการโซลเจลนี้เกิดพร้อมกับการจับตัวเป็นก้อนของเนื้อยางในน้ำยางธรรมชาติ ยางแห้งที่ได้จะมีการเสริมแรงด้วยซิลิกาเจลซึ่งอยู่ในลักษณะของยางธรรมชาติที่แทรกตัวอยู่ในโครงสร้างของซิลิกาเจล ผลคือยางที่ได้จะมีสมบัติพิเศษในเรื่องคุณสมบัติเชิงกล และเชิงความร้อนที่สูงขึ้น นอกจากนี้ยังศึกษาในส่วนของการนำยางที่มีการเสริมแรงด้วยซิลิกาเจลมาทำการเติมสารเริมแรงร่วมอีก 2 ชนิดคือ ซิลิกาแบบตกตะกอนและแบบเถ้าลอย ปริมาณสารคู่ควบไซเลนที่มากเกินพอจะถูกใช้เป็นสารปรับปรุงพื้นผิวแก่ซิลิกาแบบตกตะกอนและเถ้าลอย เอกลักษณ์การบ่ม สมบัติเชิงกล โครงสร้างสัณฐานวิทยา และสมบัติทางกายภาพ จะถูกศึกษาในงานวิจัยนี้ พบว่าสก็อช เวลาในการบ่ม แรงบิดต่ำสุดและสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณซิลิกาเพิ่มขึ้น ส่วนกรณีที่เติมเถ้าลอยพบว่าเวลาสก็อช เวลาในการบ่ม แรงบิดต่ำสุดและสูงสุดมีค่าลดลง ค่ามอดูลัสที่ 100 และ 200 เปอร์เซ็นต์ การดึงยืดของทั้งสองระบบมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานแรงดึงและแรงฉีกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณซิลิกาแบบตกตะกอนที่ปรับปรุงพื้นผิวเพิ่มขึ้น ส่วนในกรณีของการเติมเถ้าลอยที่ปรับปรุงผิวพบว่าค่าความต้านทานแรงดึงมีค่าลดลง ส่วนค่าความต้านทานต่อแรงฉีกมีค่าเพิ่มขึ้นที่ปริมาณเถ้าลอยเป็น 10 phr อย่างไรก็ตามค่าความยาว ณ จุดขาดมีค่าลดลงเนื่องมาจากผลของปริมาณซิลิกาและเถ้าลอย ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศอิเล็กตรอนแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวที่ดีของซิลิกาในเมตริกซ์ของยางและความเข้ากันกับเมตริกซ์ยางของเถ้าลอยที่ได้รับการปรับปรุงผิว

อภิรมย์ แดงจันที [17] ได้ทำการพัฒนาชุดทดสอบสำหรับหาปริมาณคลอไรด์ในน้ำ โดยใช้หลักการไทเทรตแบบตกตะกอน (วิธีของโมฮร์) ใช้ซิลเวอร์ไนเตรทเป็นตัวไทแทรนต์ และใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

149457

โพแทสเซียมโครเมตเป็นอินดิเคเตอร์ ที่จุดยุติได้ตะกอนสีแดงอิฐของซิลเวอร์โครเมต ได้ทำการศึกษาหาความเข้มข้นของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท และปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่เหมาะสม พบว่าความเข้มข้นของซิลเวอร์ไนเตรทที่เหมาะสมเท่ากับ 0.01 โมลาร์ และปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ใช้เท่ากับ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวนหยดของซิลเวอร์ไนเตรทเข้มข้น 0.01 โมลาร์ ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารมาตรฐานคลอไรด์ 50, 100, 150, 200 และ 250 พีพีเอ็ม เท่ากับ 5, 10, 15, 20 และ 25 หยด ตามลำดับ จากการศึกษาหาอายุการใช้งานและอุณหภูมิในการเก็บรักษาชุดทดสอบ พบว่าชุดทดสอบสามารถเก็บได้นานกว่า 60 วัน และอุณหภูมิที่ใช้เก็บชุดทดสอบไม่ทำให้ผลการทดสอบเปลี่ยนแปลง ผลการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างด้วยชุดทดสอบเปรียบเทียบกับเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี พบว่าช่วงปริมาณคลอไรด์ที่ตรวจพบในน้ำตัวอย่างโดยใช้ชุดทดสอบตรงกับปริมาณคลอไรด์ที่ตรวจพบด้วยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี

อัครวัต ศิริสุข [18] ทำการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีโซล-เจล และเตรียมฟิล์มบางของไทเทเนียมไดออกไซด์จากไทเทเนียมไดออกไซด์โซลที่สังเคราะห์ได้ด้วยการจุ่มเคลือบหรือพ่นเคลือบ ฟิล์มบางของไทเทเนียมไดออกไซด์ถูกนำไปประยุกต์ใช้ใน 2 รูปแบบ คือเป็นชั้นเคลือบบนกระจกที่ทำความสะอาดตัวเองได้ และเป็นขั้วอิเล็กโทรดสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง ทำการศึกษาสมบัติความชอบน้ำของฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เตรียมภายใต้สภาวะการเผาต่างๆ อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาและบรรยากาศในการเผาล้วนมีผลต่อความชอบน้ำของฟิล์ม อุณหภูมิในการเผาที่สูงและบรรยากาศไฮโดรเจนทำให้ฟิล์มมีความชอบน้ำสูงสุด (โดยพิจารณาจากมุมสัมผัสของหยดน้ำ) เราสามารถปรับปรุงสมบัติความชอบน้ำของฟิล์มได้อีกเมื่อนำฟิล์มไปผ่านการเผาแบบ 2 ขั้นตอน แทนที่จะเป็นแบบ 1 ขั้นตอน การเติมโลหะออกไซด์ตัวที่สองลงไปในไทเทเนียมไดออกไซด์นั้นก็สามารถปรับปรุงสมบัติความชอบน้ำของมันได้เช่นกัน การเติมซิงค์ออกไซด์หรือเซอร์โคเนียมออกไซด์ลงในไทเทเนียมไดออกไซด์ช่วยเพิ่มความเป็นกรดและปริมาณความบกพร่องของผลึกบนพื้นผิว ซึ่งส่งผลให้สมบัติความชอบน้ำของฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์ดีขึ้น นอกจากนั้นฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์ถูกใช้เป็นขั้วอิเล็กโทรดของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง อุณหภูมิในการเผาที่เหมาะคือ 400 องศาเซลเซียส เพราะจะให้ขนาดของรูพรุนที่พอเหมาะและความเป็นผลึกของอะนาเทสที่สูง

Surender Duhan, Sunita Devi และ M Srivastava [19] ศึกษาการเตรียมวัสดุผสมระดับนาโนซิลเวอร์-ซิลิกา โดยกระบวนการโซลเจล หลังจากทิ้งให้แห้งในอากาศที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 30 นาที ตัวอย่างถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 150, 300 และ 500 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์โดยใช้ ยูวี-วิสิเบิล (UV-VIS-NIR) เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffraction) ดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลอริมิเตอร์ (differential scanning calorimeter) ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์ (Fourier Transform Infrared Spectrometer) การศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scaning Electron Microscope) โดยศึกษากลไกของการเกิดโครงสร้างซิลเวอร์ที่อยู่ในซิลิกาเมื่อถูกกระทำด้วยความร้อน

Y.L. Li, F. Li และ C.Y. Wu [20] ศึกษาการเตรียมซิลเวอร์เจือด้วยซิลิกา สังเคราะห์ด้วย 2 ขั้นตอนด้วยวิธีโซล-เจลที่อุณหภูมิห้อง โดยให้ซิลเวอร์ไนเตรทเป็นแกนกลางของซิลเวอร์ เตตระเอทิลออโทซิลิเกต (Tetraethyl orthosilicate) เป็นสารตั้งต้นของซิลิกอน และ 3-เมอร์แคปโทโพรพิลไตรเมททอกไซเลน (3-mercaptopropyltrimeThoxysilane) เป็นคีเลทเตอร์ของซิลเวอร์ หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการโซลเจล ซิลเวอร์ไอออนถูกรีดิวซ์โดยฟอร์มัลดีไฮด์ ซิลเวอร์ที่เจือด้วยผงซิลิกา อนุภาคคอลลอยด์ของซิลิกา และอนุภาคซิลเวอร์/ซิลเวอร์/ซิลิกา แบบไตรเลเยอร์ ถูกเตรียมโดยการเปลี่ยนสภาวะการทดลอง สัณฐานวิทยาของวัสดุสามารถสังเกตได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) และใช้อุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน (Energy dispersive spectroscope) ศึกษาชนิดของวัสดุ และปริมาณของซัลเฟอร์ ซิลิกา ซิลเวอร์ คาร์บอน ออกซิเจนที่มีอยู่ วิธีนี้เป็นวิธีที่ถูกและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมสำหรับการสร้างวัสดุที่เป็นซิลเวอร์เจือด้วยซิลิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 สารเคมี

1. ซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) เกรดคุณภาพวิเคราะห์ บริษัท Fisher ประเทศอังกฤษ
2. น้ำปราศจากไอออน
3. เอทานอลปราศจากน้ำ (C_2H_6O) เกรดคุณภาพวิเคราะห์ บริษัท Carlo ประเทศอังกฤษ
4. กรดอะซิติก (CH_3COOH) เกรดคุณภาพวิเคราะห์
5. เตตระเอทิล ออโธซิลิเกต เกรดคุณภาพวิเคราะห์ บริษัท Aldrich ประเทศเยอรมัน
6. ไตรตัน เอ็ก100® เกรดคุณภาพวิเคราะห์ บริษัท Fluka Analytical ประเทศฝรั่งเศส
7. กรดซิตริก ($C_6H_8O_7$) เกรดคุณภาพวิเคราะห์ บริษัท Carlo ประเทศอังกฤษ
8. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เกรดคุณภาพวิเคราะห์ บริษัท Fisher ประเทศอังกฤษ

3.1.2 อุปกรณ์

1. ไมโครปิเปต ขนาด 10.00 ไมโครลิตร บริษัท Thermo scientific ประเทศฟินแลนด์
2. เครื่องกวนแม่เหล็ก พร้อมแท่งกวน รุ่น MS-115 บริษัท Harikul ประเทศไทย
3. กระดาษกรอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร บริษัท Whatman ประเทศอังกฤษ
4. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น AC 201 S บริษัท Sartorius ประเทศเยอรมัน
5. เครื่องสแกน รุ่น LiDE 210 บริษัท Cannon ประเทศเวียดนาม
6. กาวแท่ง ยี่ห้อ Amos ประเทศเกาหลีใต้
7. เทปกาวสองหน้า ยี่ห้อ Gumtree ประเทศไทย
8. เครื่องแก้ว

3.2 การเตรียมสารละลาย

3.2.1 การเตรียมสารละลายสำหรับวิธีการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท

3.2.1.1 สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท เข้มข้น 0.0176 โมลาร์

ชั่งซิลเวอร์ไนเตรท 0.0150 กรัม เทใส่ขวดวัดปริมาตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 5 มิลลิลิตร จะได้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท เข้มข้น 0.0176 โมลาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การเตรียมสารละลายสำหรับวิธีการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท

3.2.2.1. สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท เข้มข้นร้อยละ 0.30 (w/v)

ชั่งซิลเวอร์ไนเตรท 0.0150 กรัม ลงในบีกเกอร์พลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปละลายด้วยเอทานอลปราศจากน้ำ 2.00 มิลลิลิตร แล้วปิเปตสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.10 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร และเตตระเอทิล ออโธซิลิเกต 2.00 มิลลิลิตร เติมลงในบีกเกอร์ จากนั้นหยดไตรตัน เอ็กซ์100® 7 หยดลงในบีกเกอร์เดิม แล้วปั่นกวนจนกระทั่งสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ใช้เวลาประมาณ 60 นาที จะได้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรทเข้มข้นร้อยละ 0.30 (w/v)

3.2.3 การเตรียมสารประกอบสำหรับวิธีการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวและกาวแท่งเป็นตัวยึดติด

3.2.3.1 สารรีเอเจนต์ในรูปของแข็ง

ชั่งซิลเวอร์ไนเตรท 0.0150 กรัม และชั่งกรดซิตริก 4.9850 กรัม จากนั้นนำไปผสมและบดในโกร่งบดสารจนสารละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน

3.2.4 การเตรียมสารละลายมาตรฐานคลอไรด์

3.2.4.1. สารละลายมาตรฐานคลอไรด์เข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร

ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 0.0824 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออนจนหมด จากนั้นเทลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนถึงขีดปริมาตร เขย่าจนเป็นเนื้อเดียวกัน

3.2.4.2. สารละลายมาตรฐานคลอไรด์เข้มข้น 0, 15, 30, 45, 60, 75 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปิเปตสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ในข้อ 3.2.4.1 มา 0.00, 1.50, 3.00, 4.50, 6.00, 7.50 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนถึงขีดปริมาตร เขย่าจนเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้สารละลายมาตรฐานคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 0, 15, 30, 45, 60, 75 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

3.3 การทดลอง

3.3.1 การเตรียมชุดทดสอบสำหรับวิธีการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท

1. หยดสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท เข้มข้น 0.0176 โมลาร์ ลงบนกระดาษกรอง ด้วยปริมาตร 10.00 ไมโครลิตร
2. ทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 60 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การเตรียมชุดทดสอบสำหรับวิธีการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท

1. หยดสารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท เข้มข้นร้อยละ 0.30 (w/v) ลงบนกระดาษกรอง ด้วยปริมาตร 10.00 ไมโครลิตร

2. ทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 60 นาที

3.3.3 การเตรียมชุดทดสอบสำหรับวิธีการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวและกาวแท่งเป็นตัวยึดติด

1. ทากาวแท่งโดยทาวนเป็นวงกลมลงบนกระดาษกรอง ให้มีขนาดกว้างกว่าหน้าตัดของแท่งกาวเล็กน้อย (สำหรับการใช้กาวแท่งเป็นตัวยึดติด)

2. ติดเทปกาวลงบนกระดาษกรอง โดยให้มีขนาดกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 2 เซนติเมตร (สำหรับการใช้เทปกาวเป็นตัวยึดติด)

3. ตักสารรีเอเจนต์ในรูปของแข็งมาทาลงบนกาว ใช้ช้อนปาดและกดให้สารรีเอเจนต์ติดแน่นอย่างสม่ำเสมอกัน

3.3.4 การใช้ชุดทดสอบ เพื่อใช้สร้างกราฟมาตรฐาน

นำชุดทดสอบในข้อ 3.3.1,3.3.2 และ 3.3.3 มาหยดด้วยสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ในข้อ 3.2.4.2 ปริมาตร 10.00 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 60 นาที บันทึกภาพด้วยเครื่องแสกน โดยใช้ความละเอียด 600 dpi จากนั้นนำภาพที่ได้ปรับค่าความสว่างให้ลดลง 60 แล้วบันทึกค่าความเข้มสี (RGB) ด้วยโปรแกรม image J™ คำนวณหาค่าความแตกต่างความเข้มแสง นำมาพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ ซึ่งค่าความแตกต่างความเข้มแสง (Euclidean distance; ED) คำนวณจากสมการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$ED = \sqrt{(\Delta I_R)^2 + (\Delta I_G)^2 + (\Delta I_B)^2}$$

โดยที่ Δ คือ ผลต่างของแสงที่จุด Blank กับค่าความเข้มแสง ณ จุดที่เกิดปฏิกิริยาที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน

I_R คือ ค่าความเข้มสีแดง

I_G คือ ค่าความเข้มสีแดง

I_B คือ ค่าความเข้มสีแดง

หมายเหตุ แสงสีขาวจะประกอบด้วย แสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่งค่าความเข้มแสงสูงสุดเท่ากับ 255, 255, 255 (R,G,B) และแสงสีดำ จะมีค่าความเข้มแสงต่ำสุดเท่ากับ 0, 0, 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อชุดทดสอบ

3.3.5.1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลสำหรับวิธีการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท

ปัจจัยที่คาดว่ามีผลต่อสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทคือ ระยะเวลา แสง และสภาพอากาศ จึงต้องทำการควบคุมปัจจัยต่างๆ โดยควบคุมปัจจัยด้านต่างๆ ดังนี้

1. ควบคุมปัจจัยด้านระยะเวลา ด้วยการเตรียมและเก็บรักษาในระยะเวลาต่างๆ คือ 1 ชั่วโมง, 1 วัน, 2 วัน และ 3 วัน

2. ควบคุมปัจจัยด้านแสง ด้วยการเก็บรักษาในสภาวะของแสงแบบต่างๆ คือ แบบโดนแสง และแบบเก็บในที่มืด

3. ควบคุมปัจจัยด้านสภาพอากาศ ด้วยการเก็บรักษาในสภาพอากาศแบบต่างๆ คือ แบบไม่สัมผัสอากาศ (โดยใส่ชุดทดสอบในถุงพลาสติกแบบมีซิปล็อค) และสัมผัสอากาศ (โดยไม่ใส่ชุดทดสอบในถุงพลาสติก)

สำหรับสภาวะการทดลองในการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์ที่เตรียมไว้ใช้งาน แบ่งออกเป็น 4 สภาวะ คือ ไม่สัมผัสอากาศและโดนแสง, ไม่สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด, สัมผัสอากาศและโดนแสง, สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงสภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์บนกระดาษโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท

สภาวะ	การควบคุมอากาศ	การควบคุมแสง
1	ไม่สัมผัสอากาศ	โดนแสง
2	ไม่สัมผัสอากาศ	เก็บในทีมืด
3	สัมผัสอากาศ	โดนแสง
4	สัมผัสอากาศ	เก็บในที่มืด

สำหรับสภาวะการทดลองในการติดตามสีบนจุดทดสอบหลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ แบ่งออกเป็น 4 สภาวะคือ ไม่สัมผัสอากาศและโดนแสง, ไม่สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด, สัมผัสอากาศและโดนแสง, สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงสภาวะที่ใช้ในการติดตามสีบนจุดทดสอบหลังจากหยดคลอไรด์แล้ว

สภาวะ	การควบคุมอากาศ	การควบคุมแสง
A	ไม่สัมผัสอากาศ	โดนแสง
B	ไม่สัมผัสอากาศ	เก็บในที่มืด
C	สัมผัสอากาศ	โดนแสง
D	สัมผัสอากาศ	เก็บในที่มืด

3.3.5.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลสำหรับวิธีการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท

ปัจจัยที่คาดว่ามีผลต่อสารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรทคือ ระยะเวลา แสง และสภาพอากาศ จึงต้องทำการควบคุมปัจจัยต่างๆ โดยควบคุมปัจจัยด้านต่างๆด้วยวิธีการดังนี้

1. ควบคุมปัจจัยด้านระยะเวลา ด้วยการเตรียมและเก็บรักษาในระยะเวลาต่างๆ คือ 1 ชั่วโมง, 1 วัน, 2 วัน และ 3 วัน

2. ควบคุมปัจจัยด้านแสง ด้วยการเก็บรักษาในสภาวะของแสงแบบต่างๆ คือ แบบโดนแสง และแบบเก็บในที่มืด

3. ควบคุมปัจจัยด้านสภาพอากาศ ด้วยการเก็บรักษาในสภาพอากาศแบบต่างๆ คือ แบบไม่สัมผัสอากาศ (โดยใส่ชุดทดสอบในถุงพลาสติกแบบมีซิปล็อค) และสัมผัสอากาศ (โดยไม่ใส่ชุดทดสอบในถุงพลาสติก)

สำหรับสภาวะการทดลองในการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์ที่เตรียมไว้ใช้งาน แบ่งออกเป็น 4 สภาวะ คือ ไม่สัมผัสอากาศและโดนแสง, ไม่สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด, สัมผัสอากาศและโดนแสง, สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงสภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์บนกระดาษโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท

สภาวะ	การควบคุมอากาศ	การควบคุมแสง
1	ไม่สัมผัสอากาศ	โดนแสง
2	ไม่สัมผัสอากาศ	เก็บในที่มืด
3	สัมผัสอากาศ	โดนแสง
4	สัมผัสอากาศ	เก็บในที่มืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับสภาวะการทดลองในการติดตามสีบนจุดทดสอบหลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ แบ่งออกเป็น 4 สภาวะคือ ไม่สัมผัสอากาศและโดนแสง, ไม่สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด, สัมผัสอากาศและโดนแสง, สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงสภาวะที่ใช้ในการติดตามสีบนจุดทดสอบหลังจากหยดคลอไรด์แล้ว

สภาวะ	การควบคุมอากาศ	การควบคุมแสง
A	ไม่สัมผัสอากาศ	โดนแสง
B	ไม่สัมผัสอากาศ	เก็บในที่มืด
C	สัมผัสอากาศ	โดนแสง
D	สัมผัสอากาศ	เก็บในที่มืด

3.3.5.3 การศึกษาปัจจัยที่มีผลสำหรับวิธีการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวและกาวแท่งเป็นตัวยึดติด

ปัจจัยที่คาดว่ามีผลต่อสารรีเอเจนต์ซิลเวอร์ไนเตรทในรูปของแข็งคือ ชนิดของกาว ระยะเวลา แสง และสภาพอากาศ จึงต้องทำการควบคุมปัจจัยต่างๆ โดยควบคุมปัจจัยด้านต่างๆด้วยวิธีการดังนี้

1. ควบคุมปัจจัยด้านระยะเวลา ด้วยการเตรียมและเก็บรักษาในระยะเวลาต่างๆ คือ 1 ชั่วโมง, 1 วัน, 2 วัน และ 3 วัน

2. ควบคุมปัจจัยด้านแสง ด้วยการเก็บรักษาในสภาวะของแสงแบบต่างๆ คือ แบบโดนแสง และแบบเก็บในที่มืด

3. ควบคุมปัจจัยด้านสภาพอากาศ ด้วยการเก็บรักษาในสภาพอากาศแบบต่างๆ คือ ไม่สัมผัสอากาศและโดนแสง, ไม่สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด, สัมผัสอากาศและโดนแสง, สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด

สำหรับสภาวะการทดลองในการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์ที่เตรียมไว้ใช้งานแบ่งออกเป็น 4 สภาวะ คือ ไม่สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด, ไม่สัมผัสอากาศและโดนแสง, สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด, สัมผัสอากาศและโดนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงสภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์บนกระดาษโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวและกาวแห่งเป็นตัวยึดติด

สภาวะ	การควบคุมอากาศ	การควบคุมแสง
1	ไม่สัมผัสอากาศ	โดนแสง
2	ไม่สัมผัสอากาศ	เก็บในที่มืด
3	สัมผัสอากาศ	โดนแสง
4	สัมผัสอากาศ	เก็บในที่มืด

สำหรับสภาวะการทดลองในการติดตามสีบนจุดทดสอบหลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ แบ่งออกเป็น 4 สภาวะคือ ไม่สัมผัสอากาศและโดนแสง, ไม่สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด, สัมผัสอากาศและโดนแสง, สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด

ตารางที่ 3.6 ตารางแสดงสภาวะที่ใช้ในการติดตามสีบนจุดทดสอบหลังจากหยดคลอไรด์แล้ว

สภาวะ	การควบคุมอากาศ	การควบคุมแสง
A	ไม่สัมผัสอากาศ	โดนแสง
B	ไม่สัมผัสอากาศ	เก็บในที่มืด
C	สัมผัสอากาศ	โดนแสง
D	สัมผัสอากาศ	เก็บในที่มืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมจุดทดสอบที่มีซิลเวอร์ไนเตรทเป็นรีเอเจนต์ในรูปแบบต่างๆ จากสมมติฐานที่ว่า เวลา แสง และอากาศ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อซิลเวอร์ไนเตรทที่ใช้ในการทดสอบ จึงเลือกทำการทดลองในสภาวะต่างๆในการเตรียมจุดรีเอเจนต์ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงสภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์ และสภาวะที่ใช้การติดตามสีของจุดทดสอบบนกระดาษ

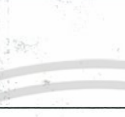
สภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์		
สภาวะ	**การควบคุมอากาศ**	**การควบคุมแสง**
1	ไม่สัมผัสอากาศ	โดนแสง
2	ไม่สัมผัสอากาศ	เก็บในที่มืด
3	สัมผัสอากาศ	โดนแสง
4	สัมผัสอากาศ	เก็บในที่มืด
สภาวะที่ใช้ในติดตามสีบนจุดทดสอบ		
สภาวะ	**การควบคุมอากาศ**	**การควบคุมแสง**
A	ไม่สัมผัสอากศ	โดนแสง
B	ไม่สัมผัสอากาศ	เก็บในที่มืด
C	สัมผัสอากาศ	โดนแสง
D	สัมผัสอากาศ	เก็บในที่มืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 เตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท

4.1.1 การศึกษาจุดรีเอเจนต์ที่เตรียมเก็บไว้

ตารางที่ 4.2 ผลการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท

เวลา	สภาวะที่ใช้ในเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์			
	1	2	3	4
1 ชั่วโมง				
1 วัน				
2 วัน				
3 วัน				

จากตารางที่ 4.2 พบว่า การควบคุมจุดรีเอเจนต์ เก็บไว้ในที่มืด ช่วยในการคงสภาพของซิลเวอร์ไอออน เห็นได้จากจุดรีเอเจนต์ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีอย่างรวดเร็ว แต่การควบคุมจุดรีเอเจนต์ให้สัมผัสอากาศหรือไม่สัมผัสอากาศยังให้ผลที่แตกต่างกันอย่างไม่ชัดเจน จึงเลือกทำการทดลอง ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงสภาวะที่ใช้ในการติดตามสีบนจุดทดสอบหลังจากหยดคลอไรด์แล้ว

สภาวะ	ก่อนหยดคลอไรด์		สภาวะ	หลังหยดคลอไรด์	
	การควบคุมอากาศ	การควบคุมแสง		การควบคุมอากาศ	การควบคุมแสง
2	ไม่สัมผัสอากาศ	เก็บในที่มืด	A	ไม่สัมผัสอากาศ	โดนแสง
4	สัมผัสอากาศ	เก็บในที่มืด	C	สัมผัสอากาศ	โดนแสง

บันทึกผลการทดลองหลังเตรียมและใช้จุดรีเอเจนต์ทดสอบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ,1 วัน ,2 วัน และ 3 วัน ได้ผลการทดลองดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การทดสอบคลอไรด์บนจุดรีเอเจนต์

4.1.2.1 หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ 1 วัน

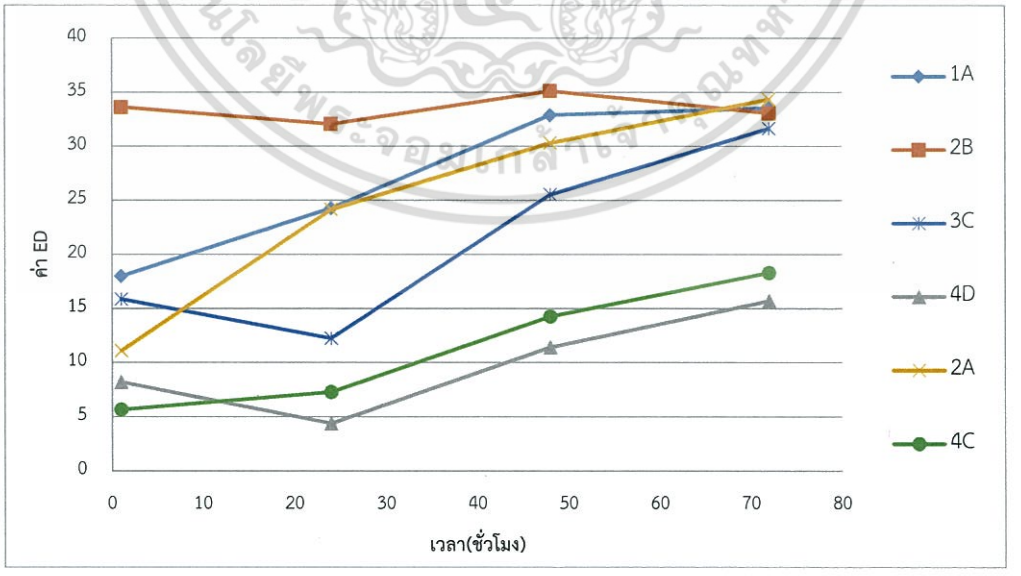
เตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 1 วัน แล้วทดสอบคลอไรด์และบันทึกค่า ED ที่เวลาต่างๆ กัน ให้ผลดังนี้

- ความเข้มข้นคลอไรด์ 30 ppm

ตารางที่ 4.4 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วันแล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	17.98	24.28	32.88	33.53
2	B	33.62	32.07	35.12	33.07
3	C	15.86	12.23	25.54	31.65
4	D	8.19	4.38	11.41	15.69
2	A	11.09	24.14	30.31	34.34
4	C	5.65	7.27	14.25	18.29

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm

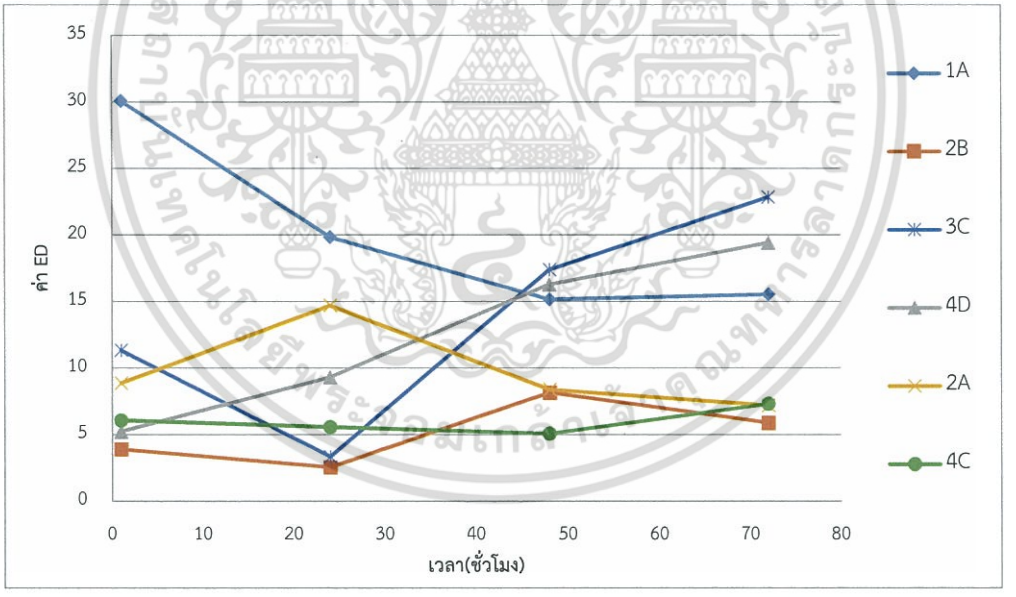
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเข้มข้นคลอไรด์ 45 ppm

ตารางที่ 4.5 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วันแล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	30.06	19.83	15.16	15.53
2	B	3.88	2.53	8.15	5.88
3	C	11.32	3.34	17.38	22.84
4	D	5.23	9.31	16.27	19.41
2	A	8.85	14.70	8.39	7.19
4	C	6.06	5.57	5.07	7.31

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm

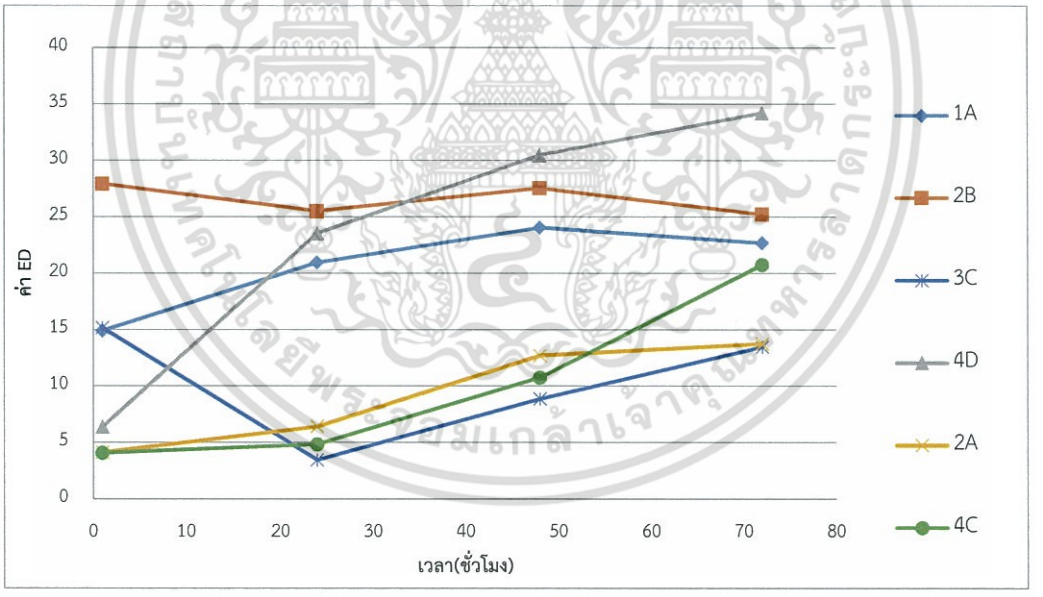
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเข้มข้นคลอไรด์ 60 ppm

ตารางที่ 4.6 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วันแล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	14.90	20.94	24.04	22.67
2	B	27.92	25.50	27.54	25.21
3	C	15.16	3.45	8.87	13.46
4	D	6.37	23.52	30.47	34.21
2	A	4.13	6.42	12.69	13.73
4	C	4.07	4.82	10.74	20.73

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ 2 วัน

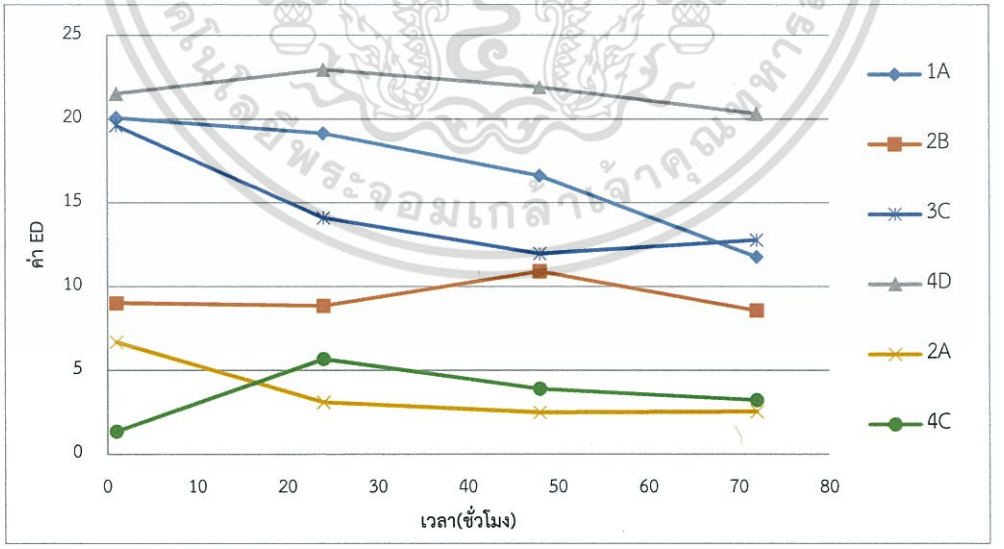
เตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 2 วัน แล้วทดสอบคลอไรด์และบันทึกค่า ED ที่เวลาต่างๆกัน ให้ผลดังนี้

- ความเข้มข้นคลอไรด์ 30 ppm

ตารางที่ 4.7 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	20.06	19.14	16.62	11.77
2	B	9.00	8.84	10.91	8.57
3	C	19.59	14.10	11.96	12.78
4	D	21.52	22.96	21.90	20.31
2	A	6.68	3.09	2.48	2.54
4	C	1.35	5.67	3.91	3.23

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm

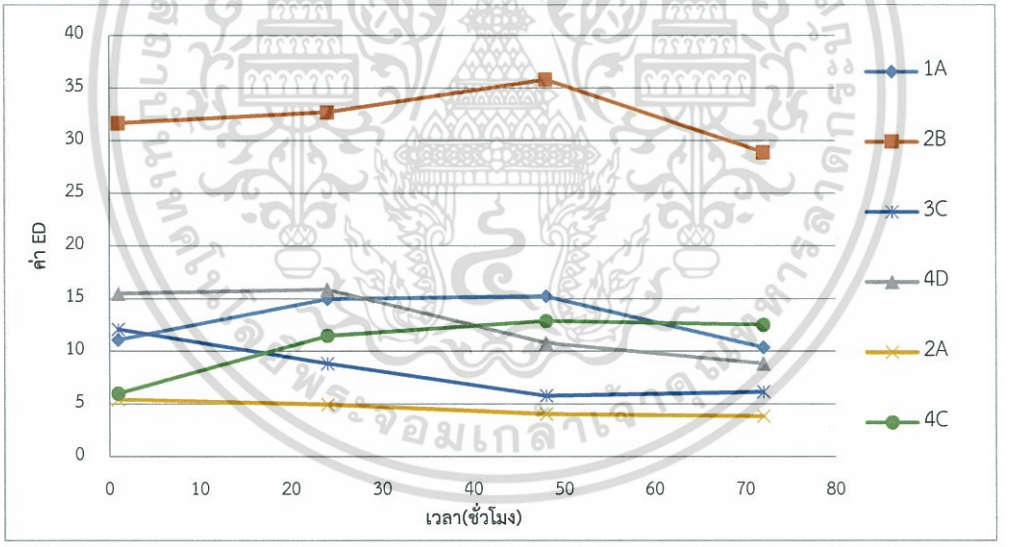
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเข้มข้นคลอไรด์ 45 ppm

ตารางที่ 4.8 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	11.08	14.95	15.21	10.36
2	B	31.65	32.69	35.79	28.89
3	C	12.08	8.84	5.77	6.13
4	D	15.47	15.85	10.78	8.84
2	A	5.41	4.93	4.04	3.83
4	C	5.99	11.47	12.87	12.51

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm

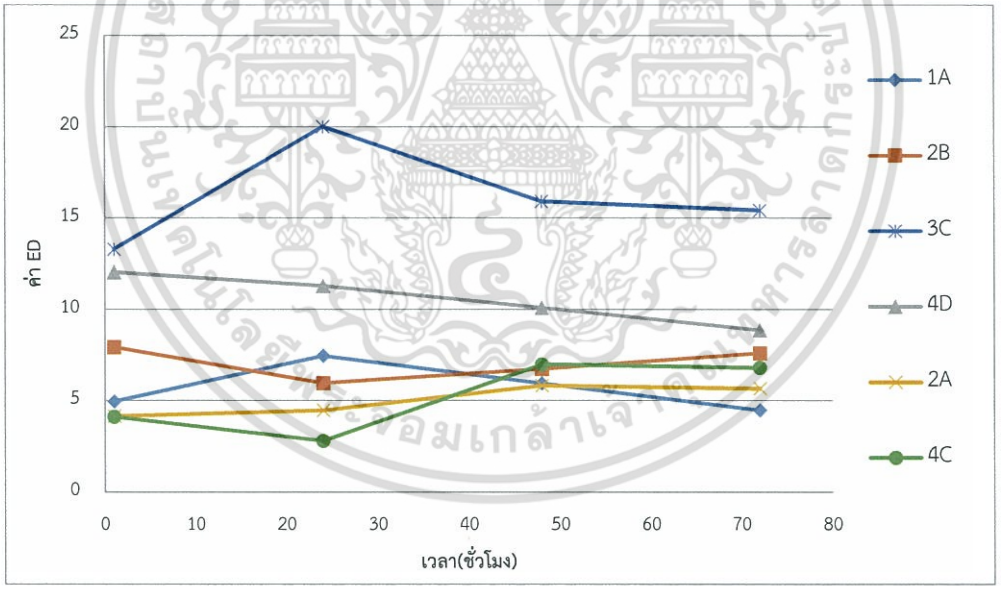
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเข้มข้นคลอไรด์ 60 ppm

ตารางที่ 4.9 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	4.95	7.45	5.94	4.47
2	B	7.92	5.95	6.72	7.59
3	C	13.28	20.00	15.90	15.41
4	D	12.03	11.278	10.09	8.86
2	A	4.15	4.47	5.82	5.65
4	C	4.12	2.80	6.98	6.79

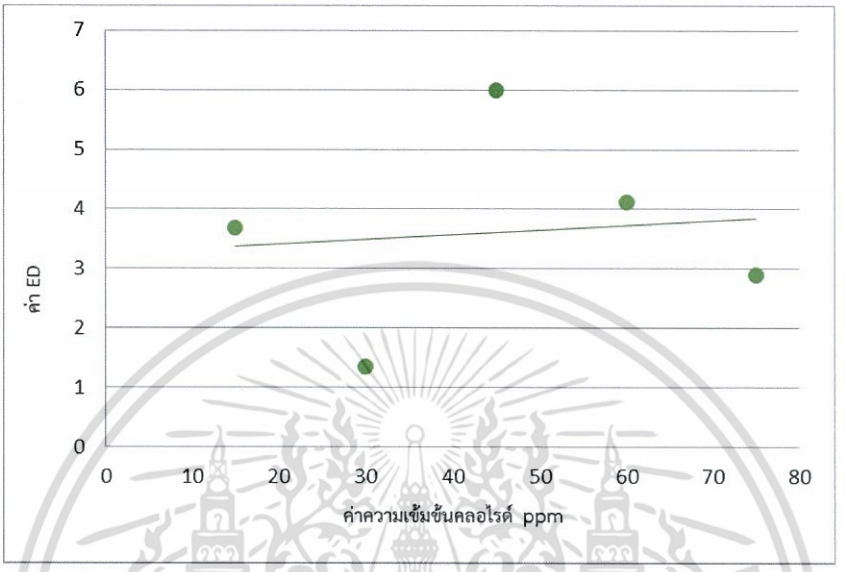
จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลอง สำหรับการเตรียมจุดรีเอเจนต์ โดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรทบนกระดาษกรอง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์ คือไม่สัมผัสอากาศและเก็บไว้ในที่มืด เตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 2 วัน หลังจากเกิดปฏิกิริยาแล้ว เก็บในสภาวะสัมผัสอากาศและโดนแสง บันทึกผลต่อค่า ED หลังทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ED กับความเข้มข้นคลอไรด์ สำหรับการเตรียมจุดรีเอเจนต์ โดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท

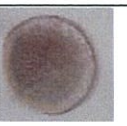
จากรูปที่ 4.7 ความชันของกราฟมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เป็นไปได้ว่าการติดตามสีค่า ED จากจุดทดสอบในส่วนที่เป็นของสีม่วง ซึ่งเป็นสีของซิลเวอร์ไอออน (Ag^+) ที่ทำปฏิกิริยากับคลอไรด์ ซึ่งจะได้กราฟแบบเพิ่มขึ้น เพราะว่าความเข้มสีของสีม่วงจะเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นของคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้น

4.2 เตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท

จากผลการทดลองในข้อ 4.1 สังเกตได้ว่า จุดรีเอเจนต์ชนิดสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทละลายน้ำ มีขนาดจุดรีเอเจนต์ที่แผ่กว้างกว่าจุดรีเอเจนต์ชนิดสารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท จึงเลือกใช้จุดรีเอเจนต์ชนิดสารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท เพื่อควบคุมพื้นที่ที่จะเกิดปฏิกิริยาให้มีความแคบของจุดลดลง ทำให้เราอาจมองเห็นความเข้มสีได้ชัดเจนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

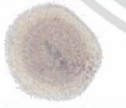
ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบขนาดของจุดรีเอเจนต์ชนิดสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทกับจุดรีเอเจนต์ชนิดสารละลายโซล-เจลเจือซิลเวอร์ไนเตรท

จุดรีเอเจนต์ชนิดสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทละลายน้ำ	จุดรีเอเจนต์ชนิดสารละลายโซล-เจลเจือซิลเวอร์ไนเตรท
	

จากสมมติฐานที่ว่า เวลา แสง และอากาศ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการคงสภาพของโซล-เจล เจือด้วยซิลเวอร์ไนเตรท จึงเลือกทำการทดลองในสภาวะดังตารางที่ 4.1 โดยบันทึกผลการทดลองหลังเตรียมและใช้ชุดทดสอบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง, 1 วัน, 2 วัน และ 3 วัน ได้ผลการทดลองดังนี้

4.2.1 การศึกษาจุดรีเอเจนต์ที่เตรียมเก็บไว้

ตารางที่ 4.11 ผลการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท

เวลา	สภาวะที่ใช้ในการเตรียมและเก็บรักษาจุดทดสอบ			
	1	2	3	4
1 ชั่วโมง				
1 วัน				
2 วัน				
3 วัน				

จากตารางที่ 4.11 สามารถสังเกตได้ว่า โซล-เจล จะเกิดการเปลี่ยนสีเมื่อเวลาผ่านไป 1 วัน โดยเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีม่วง จากนั้นสีจะเข้มขึ้นเรื่อยๆ ขณะที่ผลของสภาวะการควบคุมจุดรีเอเจนต์ให้สัมผัสอากาศหรือไม่สัมผัสอากาศ มีข้อแตกต่างกันคือ แบบไม่สัมผัสอากาศ เมื่อเกิดสีขึ้นแล้วนั้น ลักษณะหยดจะเกิดขอบขึ้น ส่วนแบบสัมผัสอากาศนั้นจะเป็นเต็มวงไม่มีขอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดสอบคลอไรด์บนจุดรีเอเจนต์

4.2.2.1 หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ 1วัน.

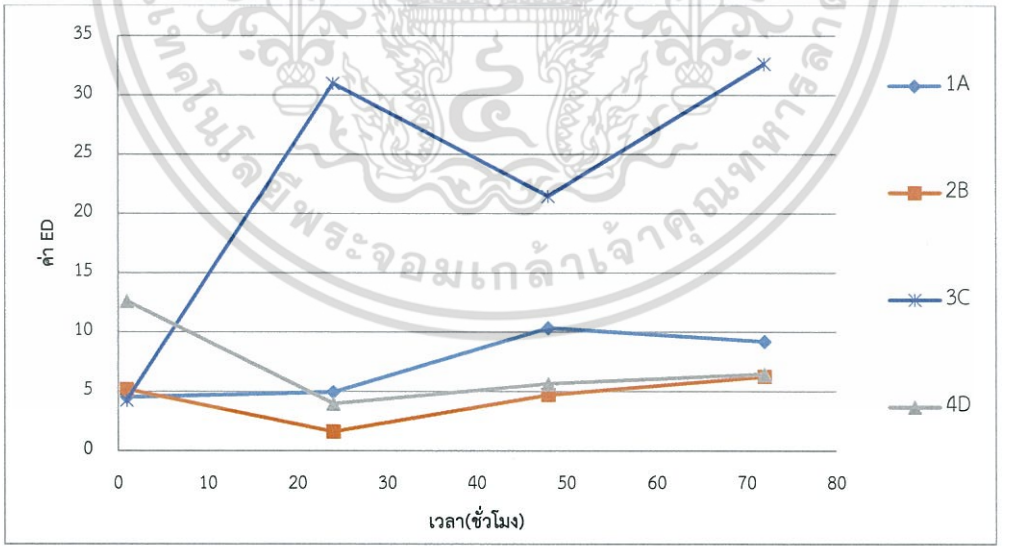
เตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 1 วัน แล้วทดสอบคลอไรด์และบันทึกค่า ED ที่เวลาต่างๆกัน ให้ผลดังนี้

- ความเข้มข้นคลอไรด์ 30 ppm

ตารางที่ 4.12 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	4.52	4.96	10.34	9.21
2	B	5.19	1.63	4.72	6.27
3	C	4.26	30.98	21.46	32.64
4	D	12.62	3.98	5.65	6.46

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm

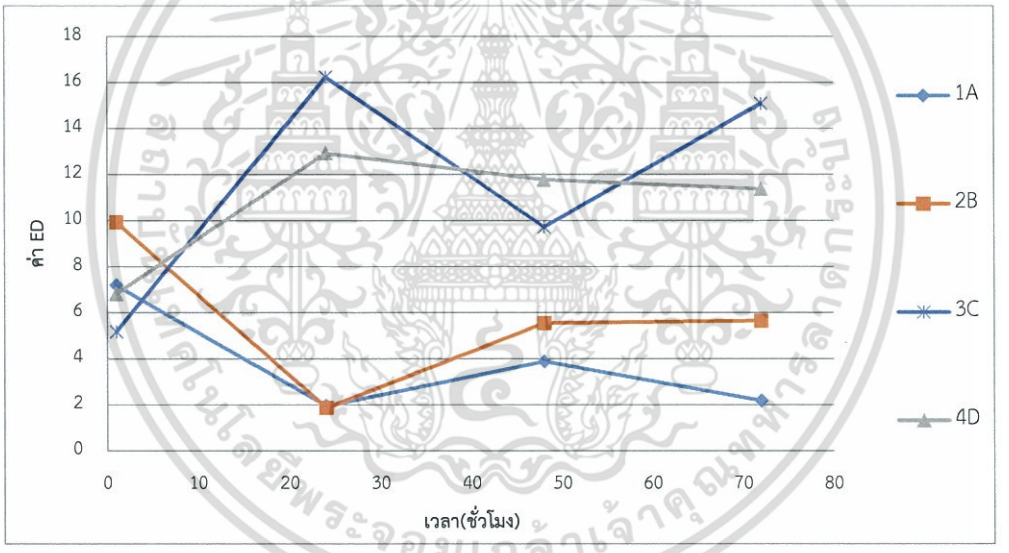
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเข้มข้นคลอไรด์ 45 ppm

ตารางที่ 4.13 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วันแล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	7.19	1.95	3.88	2.18
2	B	9.92	1.86	5.54	5.64
3	C	5.16	16.22	9.72	15.07
4	D	6.81	12.92	11.77	11.37

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm

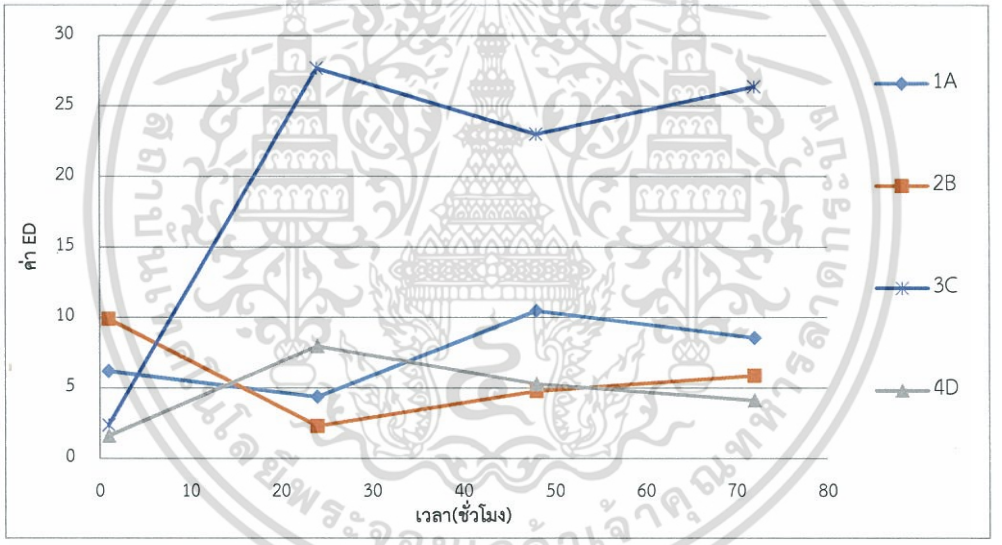
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเข้มข้นคลอไรด์ 60 ppm

ตารางที่ 4.14 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วันแล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	6.20	4.38	10.46	8.544
2	B	9.89	2.31	4.77	5.88
3	C	2.37	27.67	22.99	26.36
4	D	1.60	7.97	5.28	4.13

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ 2วัน

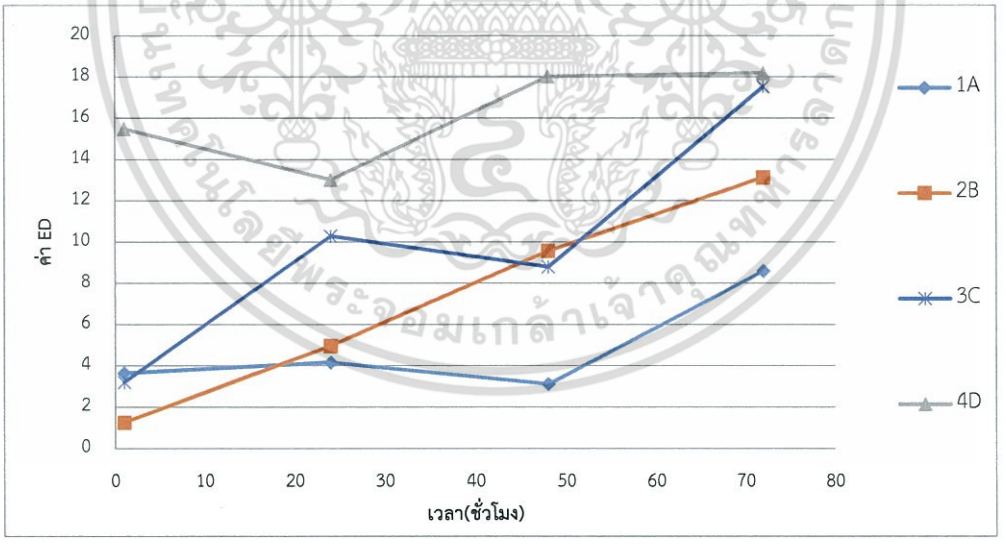
เตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 2 วัน แล้วทดสอบคลอไรด์และบันทึกค่า ED ที่เวลาต่างๆกัน ให้ผลดังนี้

- ความเข้มข้นคลอไรด์ 30 ppm

ตารางที่ 4.15 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	**หลังหยดคลอไรด์**	**1 ชั่วโมง**	**1 วัน**	**2 วัน**	**3 วัน**
1	A	3.64	4.17	3.12	8.60
2	B	1.26	4.97	9.58	13.13
3	C	3.20	10.28	8.80	17.53
4	D	15.48	13.01	18.02	18.18

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm

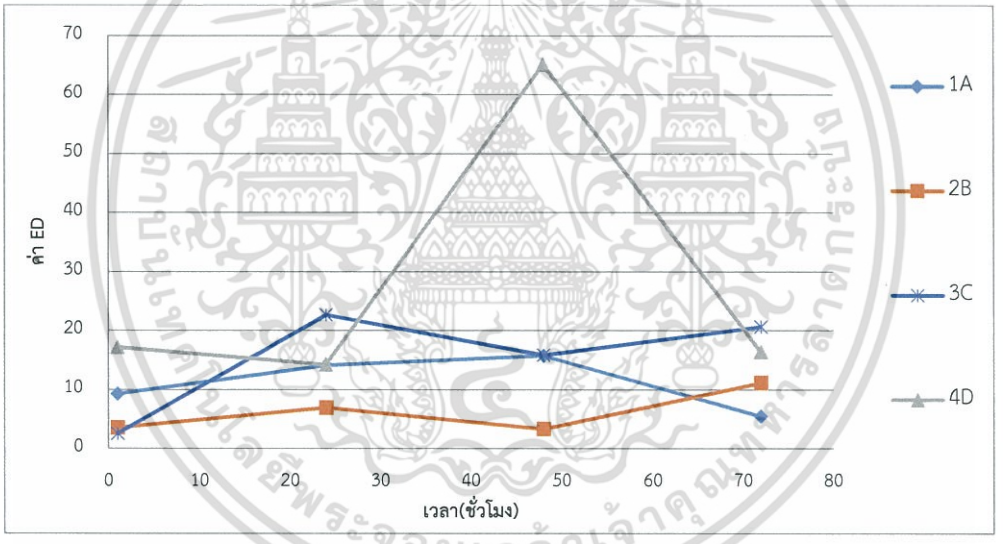
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเข้มข้นคลอไรด์ 45 ppm

ตารางที่ 4.16 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	9.25	14.10	15.69	5.47
2	B	3.55	6.92	3.29	11.12
3	C	2.51	22.64	15.80	20.64
4	D	17.16	14.24	65.15	16.41

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm

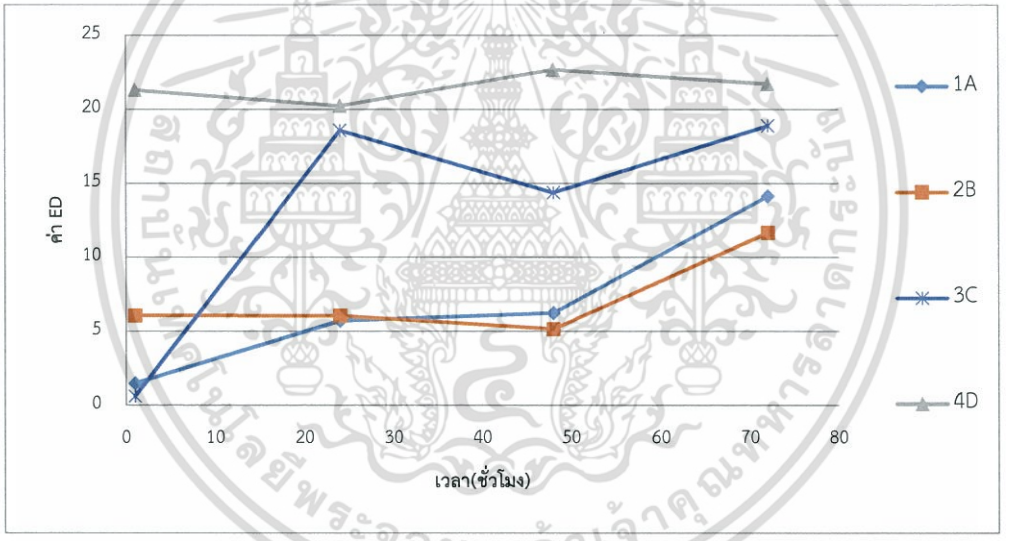
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเข้มข้นคลอไรด์ 60 ppm

ตารางที่ 4.17 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	1.48	5.71	6.23	14.11
2	B	6.05	6.04	5.14	11.65
3	C	0.61	18.56	14.36	18.88
4	D	21.30	20.24	22.68	21.71

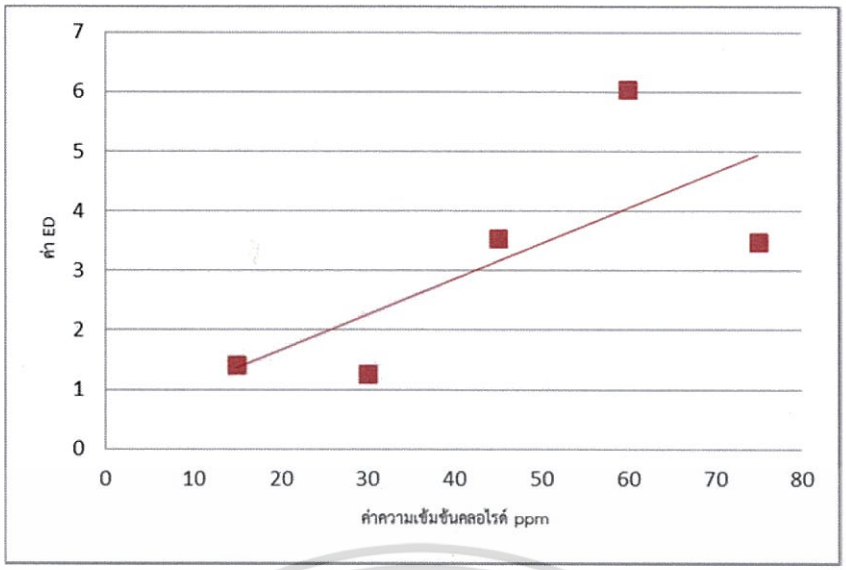
จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท ทิ้งไว้ 1 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm

จากผลการทดลอง สำหรับการเตรียมจุดรีเอเจนต์ โดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรทบนกระดาษกรอง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์ คือไม่สัมผัสอากาศและเก็บไว้ในที่มืด เตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 2 วัน หลังจากเกิดปฏิกิริยาแล้ว เก็บในสภาวะไม่สัมผัสอากาศและเก็บไว้ในที่มืด บันทึกผลต่อค่า ED หลังทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ED กับความเข้มข้นคลอไรด์ สำหรับการเตรียมจุดรีเอเจนต์ โดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท

จากรูปที่ 4.14 ความชันของกราฟมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เป็นไปได้ว่าการติดตามสีค่า ED จากจุดทดสอบในส่วนที่เป็นของสีม่วง ซึ่งเป็นสีของซิลเวอร์ไอออน (Ag^+) ที่ทำปฏิกิริยากับคลอไรด์ ซึ่งจะได้กราฟแบบเพิ่มขึ้น เพราะว่าความเข้มสีของสีม่วงจะเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นของคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้น

4.3 เตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด

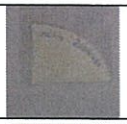
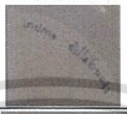
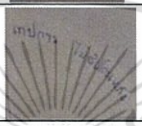
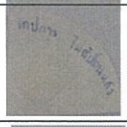
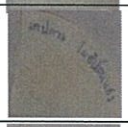
ในการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท พบว่า ไม่สามารถเก็บรักษาไว้ใช้งานภายหลังที่ระยะเวลานานได้ จึงทำการเปลี่ยนมาเตรียมจุดรีเอเจนต์ชนิดสารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทแทน

จากสมมติฐานที่ว่าเวลา แสง และอากาศ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการคงสภาพของสารที่อยู่ในรูปของแข็ง จึงเลือกทำการทดลองในสภาวะดังตารางที่ 4.1 โดยบันทึกผลการทดลองหลังเตรียมและใช้ชุดทดสอบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง, 1 วัน, 2 วัน และ 3 วัน และทำการทดลองในสภาวะดังตารางที่ 4.3 โดยบันทึกผลการทดลองหลังเตรียมและใช้ชุดทดสอบเป็นเวลา 1 วัน, 2 วัน และ 3 วัน ได้ผลการทดลองดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 การศึกษาจุดรีเอเจนต์ที่เตรียมเก็บไว้

ตารางที่ 4.18 ผลการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด

สภาวะ	ระยะเวลา (นาที)			
	30	60	120	180
1				
2				
3				
4				

จากตารางที่ 4.18 สามารถสังเกตได้ว่า ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเกิดขึ้น

4.3.2 การทดสอบคลอไรด์บนจุดรีเอเจนต์

4.3.2.1 หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ 1วัน.

เตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 1 วัน แล้วทดสอบคลอไรด์และบันทึกค่าED ที่เวลาต่างๆกัน ให้ผลดังนี้

- ความเข้มข้นคลอไรด์ 30 ppm

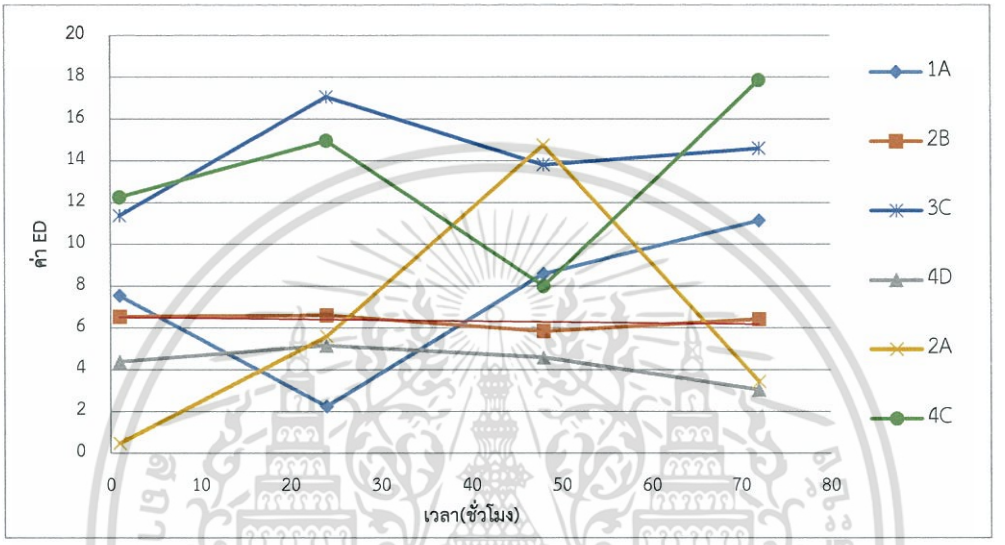
ตารางที่ 4.19 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	7.54	2.23	8.59	11.14
2	B	6.53	6.60	5.84	6.41
3	C	11.38	17.06	13.81	14.59
4	D	4.37	5.15	4.58	3.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะการทดลอง (ต่อ)		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว (ต่อ)			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
2	A	4.37	5.15	4.58	3.04
4	C	0.47	5.59	14.75	3.42

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm

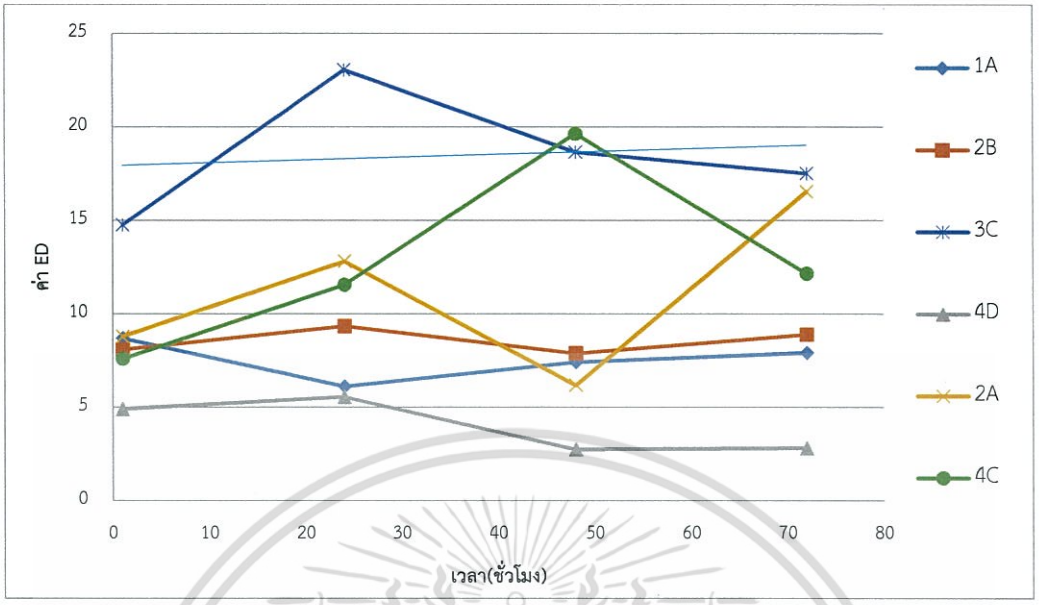
- ความเข้มข้นคลอไรด์ 45 ppm

ตารางที่ 4.20 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	8.68	6.10	7.41	7.91
2	B	8.08	9.33	7.88	8.89
3	C	14.74	23.04	18.64	17.51
4	D	4.90	5.54	2.74	2.81
2	A	8.77	12.80	6.17	16.54
4	C	7.59	11.55	19.63	12.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm

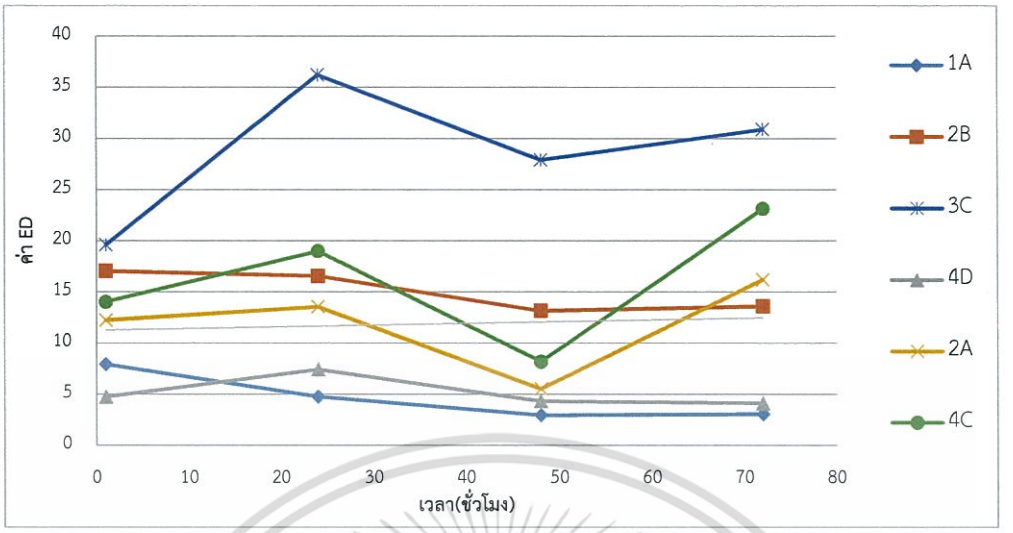
- ความเข้มข้นคลอไรด์ 60 ppm

ตารางที่ 4.21 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	**หลังหยดคลอไรด์**	**1 ชั่วโมง**	**1 วัน**	**2 วัน**	**3 วัน**
1	A	7.12	2.49	4.84	2.60
2	B	4.59	7.00	4.84	4.84
3	C	14.73	22.20	16.75	16.44
4	D	5.98	8.34	2.97	3.39
2	A	12.24	13.54	5.52	16.19
4	C	14.03	18.98	8.17	23.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm

4.3.2.2 หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ 2วัน

เตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 2 วัน แล้วทดสอบคลอไรด์และบันทึกค่า ED ที่เวลาต่างๆกัน ให้ผลดังนี้

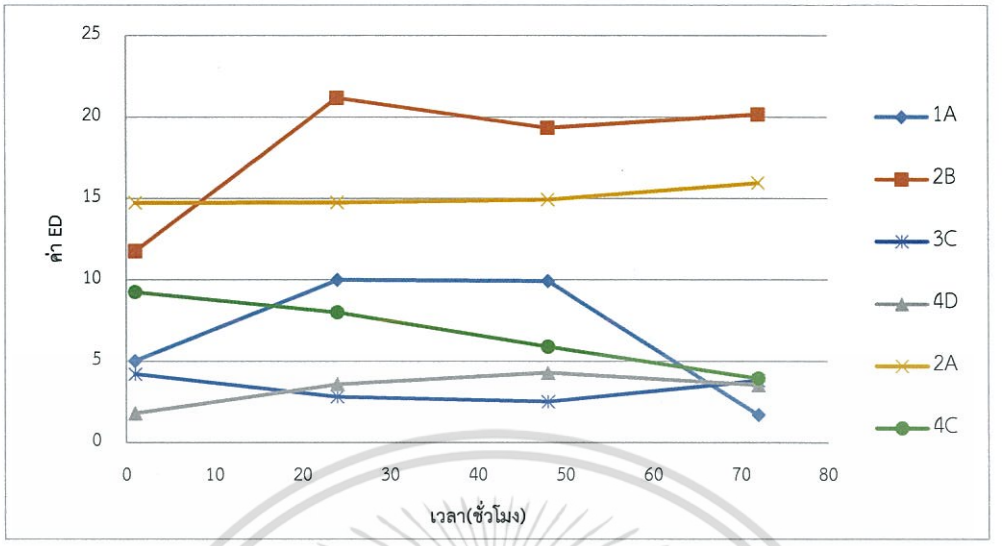
- ความเข้มข้นคลอไรด์ 30 ppm

ตารางที่ 4.22 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	5.01	10.00	9.92	1.68
2	B	11.76	21.17	19.33	20.15
3	C	4.20	2.81	2.50	3.80
4	D	1.80	3.59	4.29	3.53
2	A	14.73	14.75	14.92	15.94
4	C	9.25	8.00	5.88	3.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm

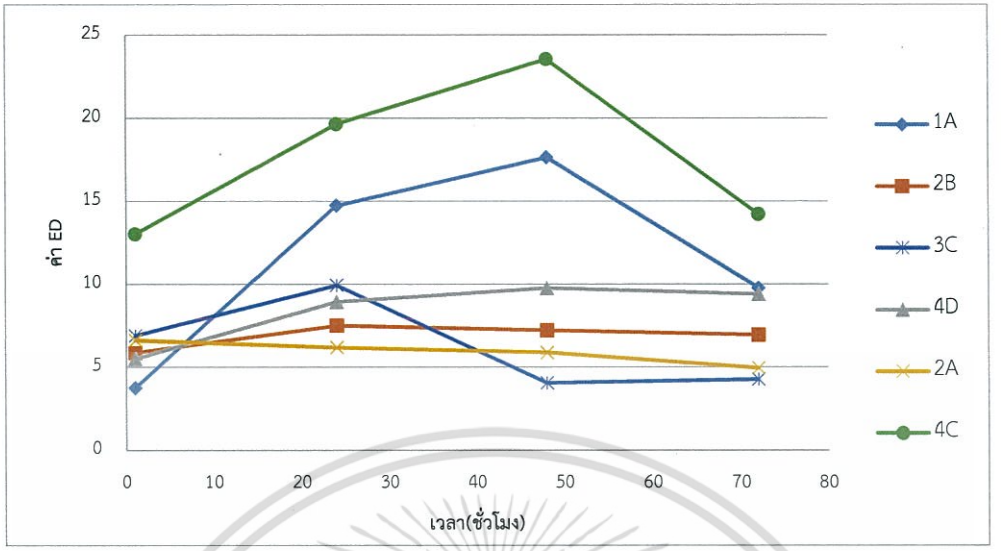
- ความเข้มข้นคลอไรด์ 45 ppm

ตารางที่ 4.23 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	9.25	14.10	15.69	5.47
2	B	3.55	6.92	3.29	11.12
3	C	2.51	22.64	15.80	20.64
4	D	17.16	14.24	65.15	16.41
2	A	6.60	6.17	5.87	4.95
4	C	13.01	19.63	23.54	14.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm

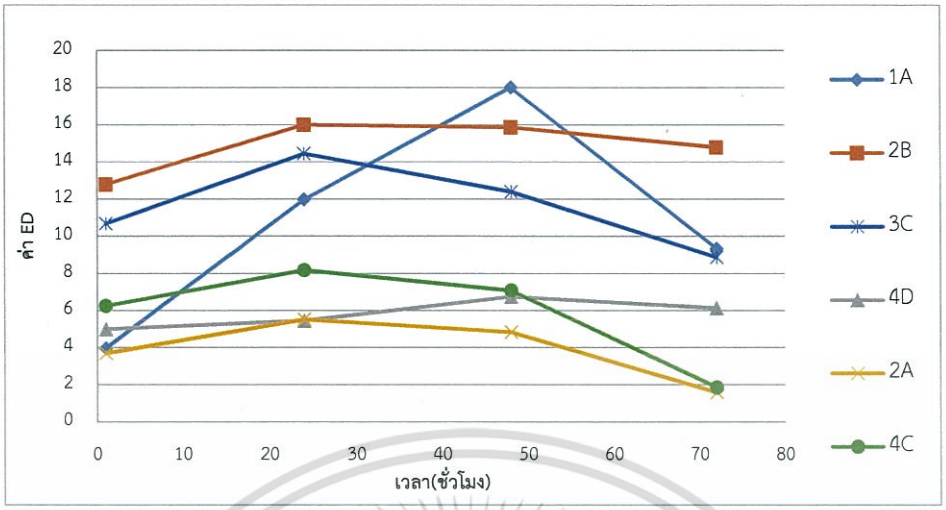
- ความเข้มข้นคลอไรด์ 60 ppm

ตารางที่ 4.24 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	3.75	14.73	17.63	9.77
2	B	5.85	7.50	7.22	6.95
3	C	6.88	9.92	4.05	4.27
4	D	5.51	8.94	9.77	9.40
2	A	3.69	5.52	4.83	1.57
4	C	6.24	8.17	7.07	1.85

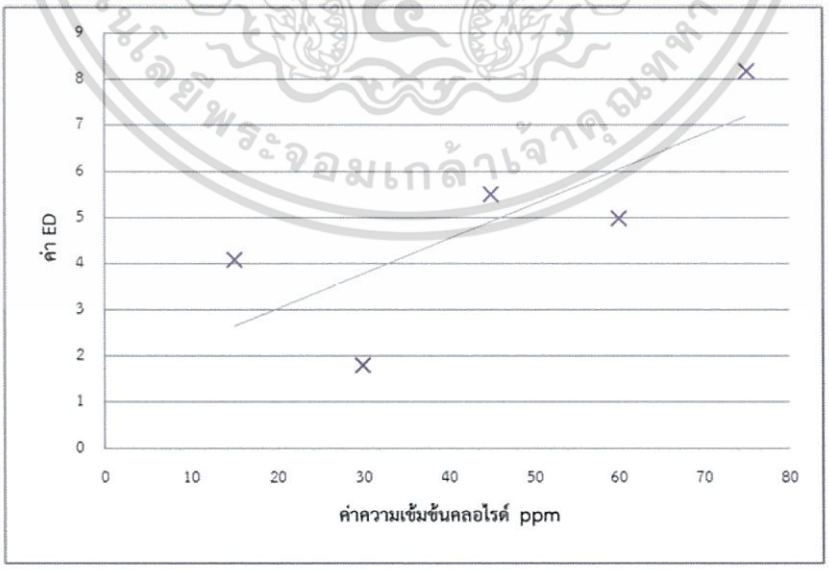
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm

จากผลการทดลอง สำหรับการเตรียมจุดรีเอเจนต์ โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติดบนกระดาษกรอง พบว่า ทุกสภาวะเหมาะสมในการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์ เตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 2 วัน หลังจากเกิดปฏิกิริยาแล้ว เก็บในสภาวะสัมผัสอากาศและเก็บไว้ในที่มืด บันทึกผลต่อค่า ED หลังทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ED กับความเข้มข้นคลอไรด์ สำหรับการเตรียมจุดรีเอเจนต์ โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

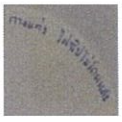
จากรูปที่ 4.21 ความชันของกราฟมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เป็นไปได้ว่าการติดตามสีค่า ED จากจุดทดสอบในส่วนที่เป็นของสีม่วง ซึ่งเป็นสีของซิลเวอร์ไอออน (Ag^+) ที่ทำปฏิกิริยากับคลอไรด์ ซึ่งจะได้กราฟแบบเพิ่มขึ้น เพราะว่าความเข้มสีของสีม่วงจะเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นของคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้น

4.4 เตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด

จากสมมติฐานที่ว่าเวลา แสง และอากาศ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการคงสภาพของสารที่อยู่ในรูปของแข็ง จึงเลือกทำการทดลองในสภาวะดังตารางที่ 4.1 โดยบันทึกผลการทดลองหลังเตรียมและใช้ชุดทดสอบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง, 1 วัน, 2 วัน และ 3 วัน และทำการทดลองในสภาวะดังตารางที่ 4.3 โดยบันทึกผลการทดลองหลังเตรียมและใช้ชุดทดสอบเป็นเวลา 1 วัน, 2 วัน และ 3 วัน ได้ผลการทดลองดังนี้

4.4.1. การศึกษาจุดรีเอเจนต์ที่เตรียมเก็บไว้

ตารางที่ 4.25 ผลการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด

สภาวะ	ระยะเวลา (นาที)			
	30	60	120	180
1				
2				
3				
4				

จากตารางที่ 4.25 กาวแท่งที่โดนแสงนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีได้เร็วกว่าแบบที่ไม่โดนแสง โดยแบบที่โดนแสงนั้นจะเริ่มเกิดสีขึ้นที่เวลา 30 นาที จากนั้นสีจะเริ่มเข้มขึ้นเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับเวลา ส่วนแบบไม่โดนแสงนั้นใช้เวลาที่ 120 นาที ถึงจะเริ่มปรากฏสี จากนั้นสีจะเริ่มเข้มขึ้นเรื่อยๆ ตามลำดับเวลา

4.4.2 การทดสอบคลอไรด์บนจุดรีเอเจนต์

4.4.2.1 หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ 1วัน.

เตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 1 วัน แล้วทดสอบคลอไรด์และบันทึกค่า ED ที่เวลาต่างๆกัน ให้ผลดังนี้

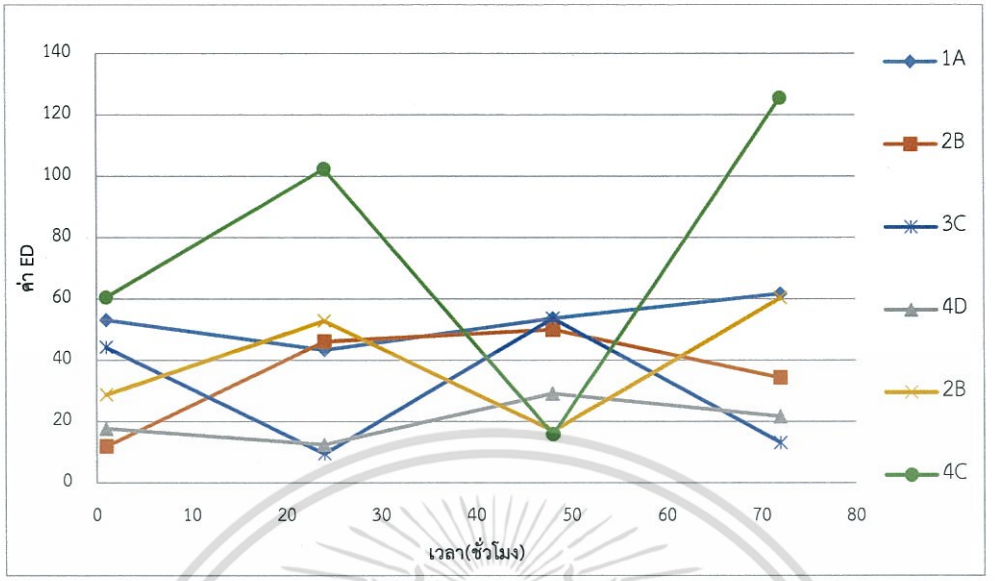
- ความเข้มข้นคลอไรด์ 30 ppm

ตารางที่ 4.26 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	53.11	43.24	53.60	61.71
2	B	11.88	46.03	49.96	34.31
3	C	44.21	9.44	53.60	13.06
4	D	17.65	12.41	29.14	21.70
2	A	28.69	52.77	16.97	60.35
4	C	60.46	102.32	15.83	125.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm

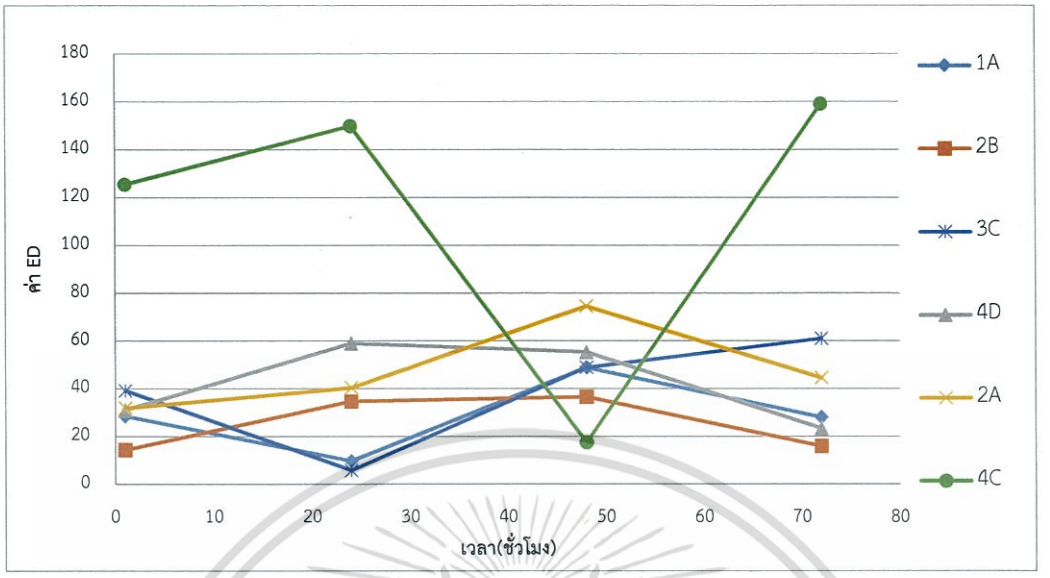
- ความเข้มข้นคลอไรด์ 45 ppm

ตารางที่ 4.27 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	28.57	9.68	48.79	27.98
2	B	14.40	34.61	36.53	15.82
3	C	39.16	5.71	48.79	60.90
4	D	30.94	58.94	55.31	23.40
2	A	31.91	40.29	74.43	44.43
4	C	125.34	149.75	17.49	158.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm

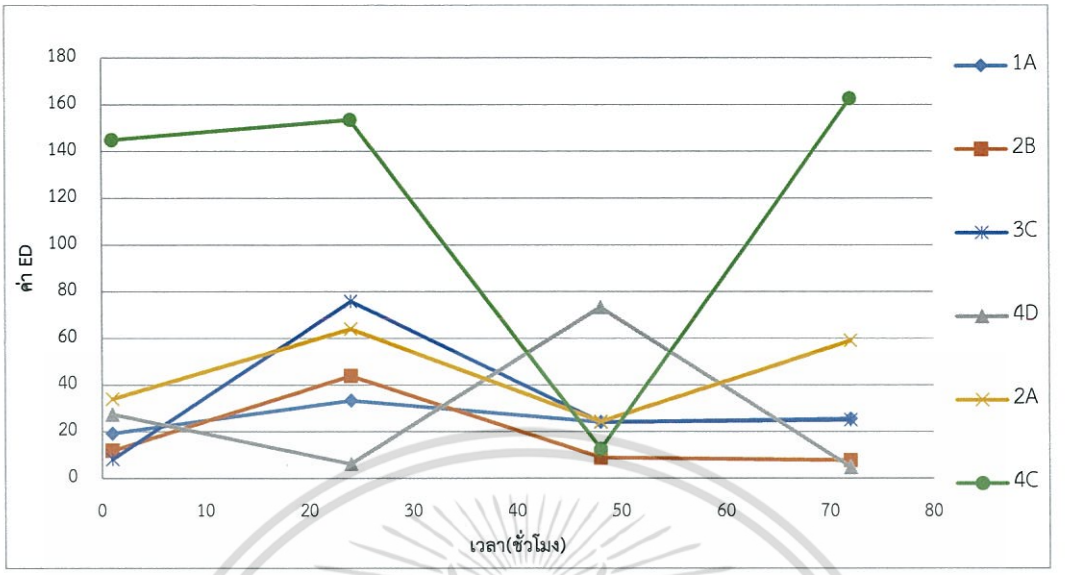
- ความเข้มข้นคลอไรด์ 60 ppm

ตารางที่ 4.28 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	19.22	33.34	24.08	25.51
2	B	11.88	43.93	8.90	7.72
3	C	8.19	75.81	24.08	24.99
4	D	30.94	58.94	55.31	23.40
2	A	27.40	6.26	73.32	4.78
4	C	144.84	153.45	12.57	162.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 1 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm

4.4.2.2 หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ 2วัน

เตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 2 วัน แล้วทดสอบคลอไรด์และบันทึกค่าED ที่เวลาต่างๆกัน ให้ผลดังนี้

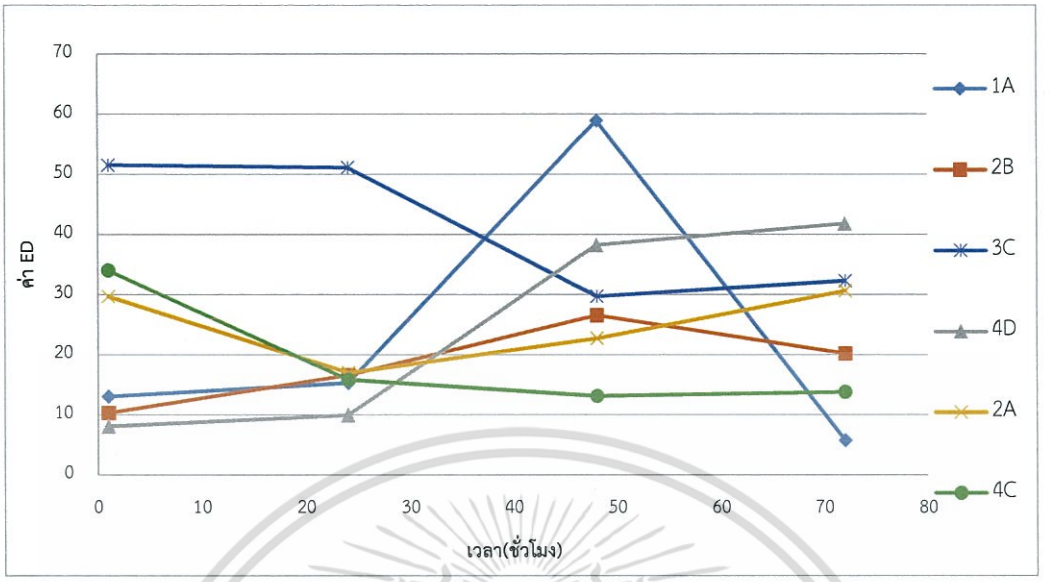
- ความเข้มข้นคลอไรด์ 30 ppm

ตารางที่ 4.29 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	13.03	15.29	58.93	5.73
2	B	10.32	16.60	26.53	20.18
3	C	51.49	51.10	29.70	32.25
4	D	8.07	9.94	38.21	41.82
2	A	29.65	16.97	22.69	30.63
4	C	34.00	15.83	13.12	13.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm

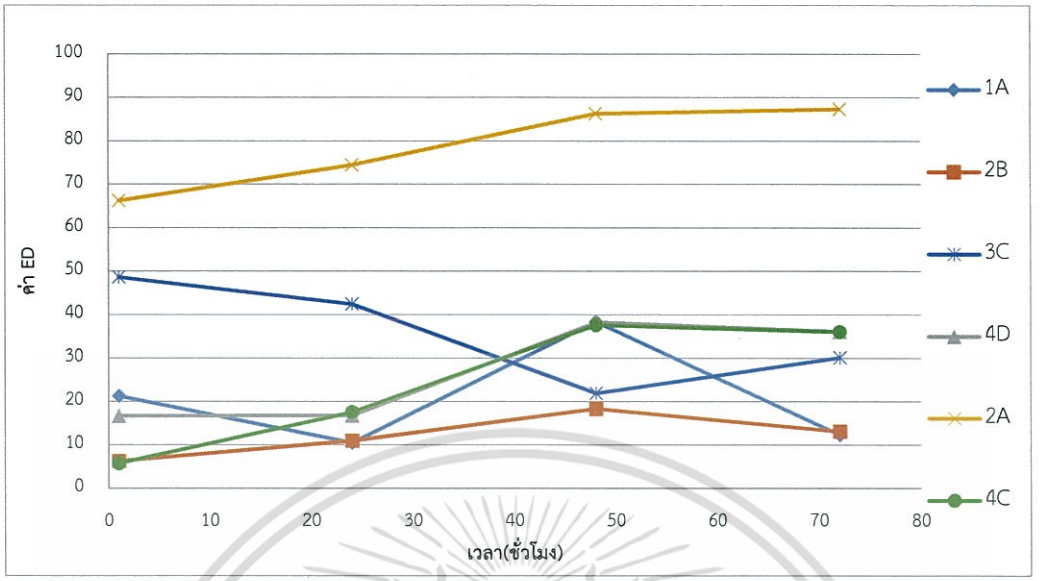
- ความเข้มข้นคลอไรด์ 45 ppm

ตารางที่ 4.30 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	21.27	10.48	38.40	12.29
2	B	6.21	10.93	18.30	13.09
3	C	48.60	42.43	21.84	30.04
4	D	16.67	16.76	38.24	36.09
2	A	66.22	74.43	86.25	87.29
4	C	5.74	17.49	37.61	36.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm

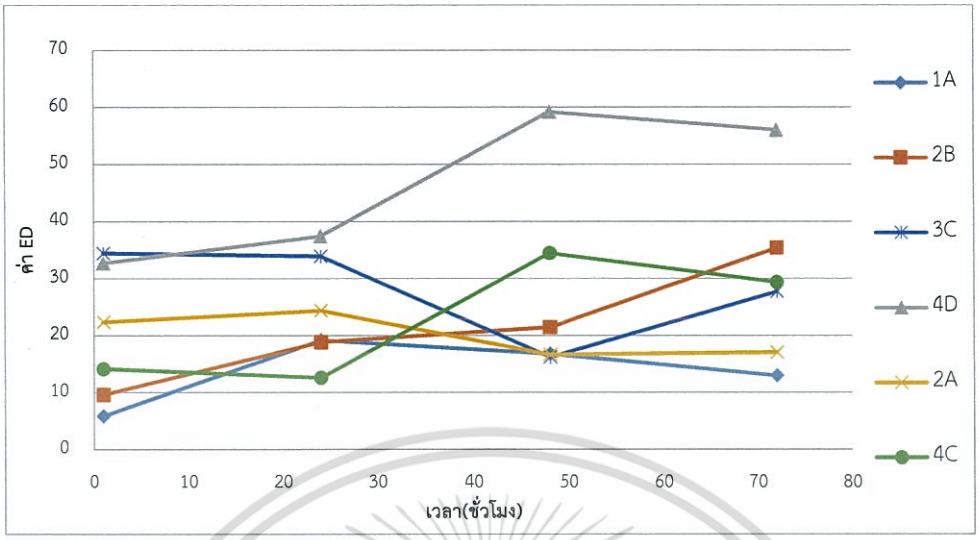
- ความเข้มข้นคลอไรด์ 60 ppm

ตารางที่ 4.31 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	5.83	19.15	16.76	12.99
2	B	9.57	18.82	21.43	35.40
3	C	34.36	33.85	16.17	27.72
4	D	32.69	37.43	59.20	56.02
2	A	22.30	24.34	16.62	17.05
4	C	14.08	12.57	34.44	29.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 2 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm

4.4.2.3 หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ 3วัน

เตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 3 วัน แล้วทดสอบคลอไรด์และบันทึกค่า ED ที่เวลาต่างๆกัน ให้ผลดังนี้

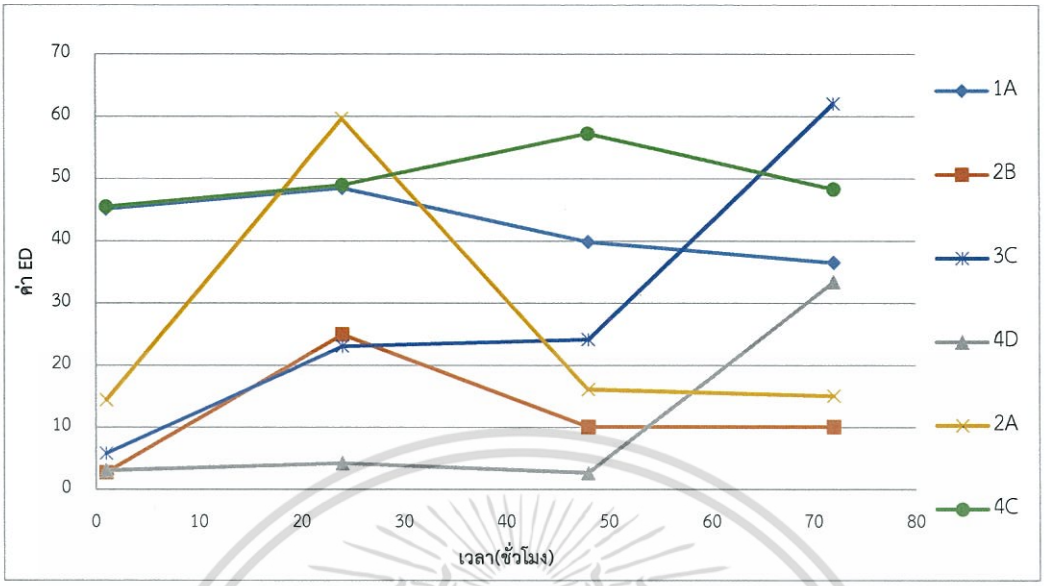
- ความเข้มข้นคลอไรด์ 30 ppm

ตารางที่ 4.32 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 3 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	45.14	48.49	39.82	36.49
2	B	2.77	24.95	10.07	10.07
3	c	5.82	23.03	24.12	62.00
4	D	3.04	4.24	2.70	33.37
2	A	14.40	59.64	16.10	15.02
4	C	45.50	48.97	57.22	48.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 3 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 30 ppm

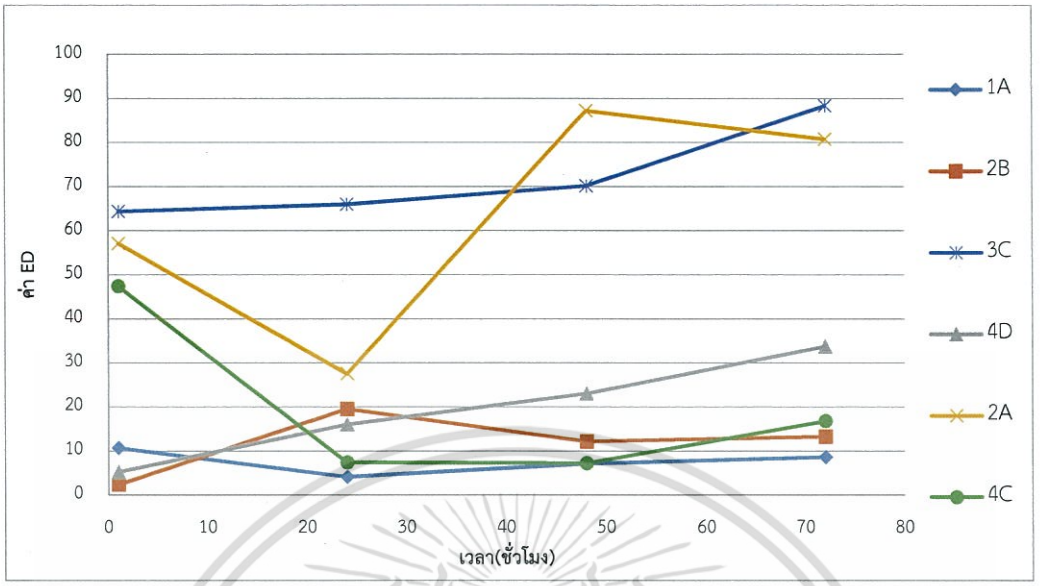
- ความเข้มข้นคลอไรด์ 45 ppm

ตารางที่ 4.33 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 3 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 45 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	**หลังหยดคลอไรด์**	**1 ชั่วโมง**	**1 วัน**	**2 วัน**	**3 วัน**
1	A	10.66	4.11	7.07	8.58
2	B	2.34	19.50	12.16	13.26
3	C	64.32	65.96	70.14	88.33
4	D	5.24	16.05	23.06	33.73
2	A	57.07	27.51	87.22	80.74
4	C	47.37	7.37	7.20	16.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 3 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 45ppm

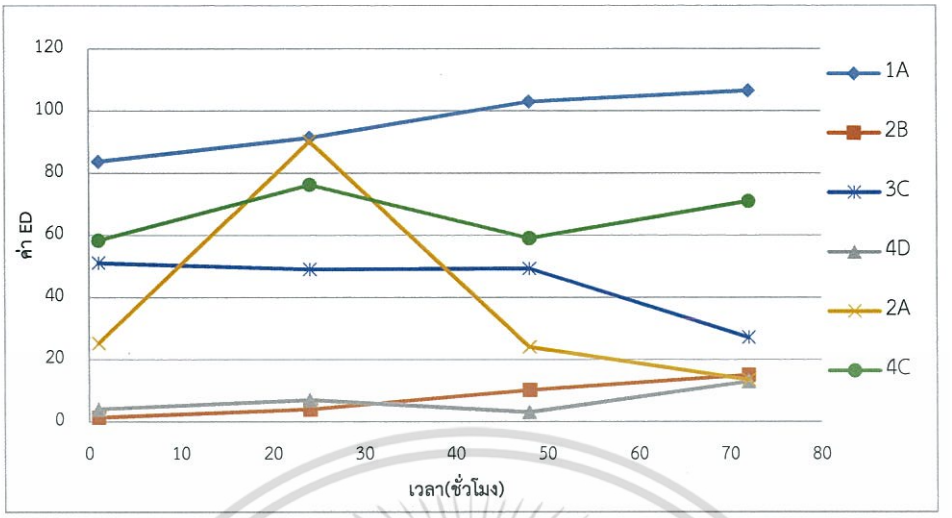
- ความเข้มข้นคลอไรด์ 60 ppm

ตารางที่ 4.34 ค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 3 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้น 60 ppm

สภาวะการทดลอง		ค่า ED ที่บันทึกได้หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว			
ก่อนหยดคลอไรด์	หลังหยดคลอไรด์	1 ชั่วโมง	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	A	83.63	91.32	102.94	106.51
2	B	1.28	3.91	10.17	15.01
3	C	51.04	49.00	49.26	27.09
4	D	4.00	7.03	3.11	12.98
2	A	25.20	90.17	2399	13.45
4	C	58.28	76.21	59.03	70.96

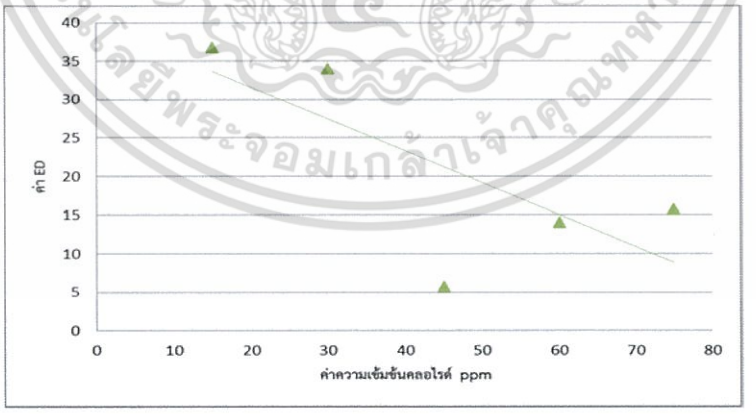
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงค่า ED สำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด ทิ้งไว้ 3 วันแล้วเกิดปฏิกิริยากับคลอไรด์เข้มข้น 60ppm

จากผลการทดลอง สำหรับการเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติดคือ สัมผัสอากาศและเก็บไว้ในที่มืด หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 2 วัน หลังจากทำปฏิกิริยากับคลอไรด์แล้ว เก็บในสภาวะสัมผัสอากาศและโดนแสง บันทึกผลกับค่า ED หลังทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ED กับความเข้มข้นคลอไรด์ สำหรับการเตรียมจุดรีเอเจนต์ โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรทที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด

จากรูปที่ 4.31 ความชันของกราฟแนวโน้มลดลง เป็นไปได้ว่าการติดตามสีค่า ED จากจุดทดสอบในส่วนที่เป็นสีน้ำตาล ซึ่งเป็นสีของซิลเวอร์ไอออน (Ag^+) ที่เหลืออยู่จากการทำปฏิกิริยากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลอไรด์ ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่เหลืออยู่ในอากาศเปลี่ยนไปเป็นซิลเวอร์ออกไซด์(Ag_2O) และถูกรีดิวซ์ด้วยอากาศในสภาวะที่มีแสง ไปเป็นซิลเวอร์ (Ag^0) ซึ่งจะได้กราฟแบบลดลง เพราะว่าปริมาณซิลเวอร์ไอออน (Ag^+) ที่เหลืออยู่ จะมีปริมาณลดลงตามความเข้มข้นของคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้น

แต่เนื่องจากกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างความเข้มสี กับค่าความเข้มข้นคลอไรด์ของการเตรียมและใช้จุดรีเอเจนต์ โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติดแบบ ไม่สัมผัสอากาศและเก็บไว้ในที่มืด หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 1 วัน หลังจากทำปฏิกิริยากับคลอไรด์แล้ว เก็บในสภาวะสัมผัสอากาศและโดนแสง มีค่าความเป็นเส้นตรงสูงกว่า ดังรูปที่ 4.34 ซึ่งเหมาะแก่การใช้เป็นกราฟมาตรฐานมากกว่า จึงเลือกสภาวะนี้แทน

4.4.3 ระยะเวลาในการใช้ชุดทดสอบ

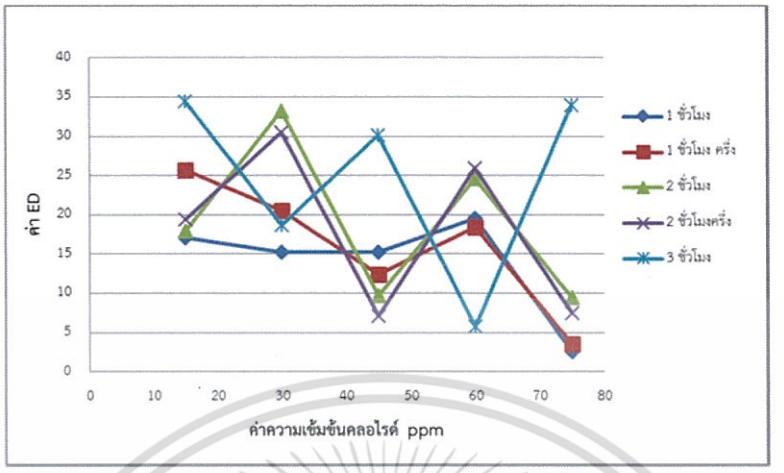
ทำการศึกษาโดยใช้สภาวะที่เลือกได้จากข้อ 4.4.2 มาทำการสังเกตหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการใช้วิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ จากการใช้ชุดทดสอบสำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไน เตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด แบบสัมผัสอากาศและเก็บไว้ในที่มืด หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 1 วัน หลังจากทำปฏิกิริยากับคลอไรด์แล้ว เก็บในสภาวะสัมผัสอากาศและโดนแสง โดยกำหนดช่วงเวลาคือ หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 ชั่วโมง, 1ชั่วโมง 30นาที, 2ชั่วโมง, 2ชั่วโมง 30นาที และ 3ชั่วโมง ได้ผลเป็นดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.35 ค่า ED หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์เข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลาต่างๆ

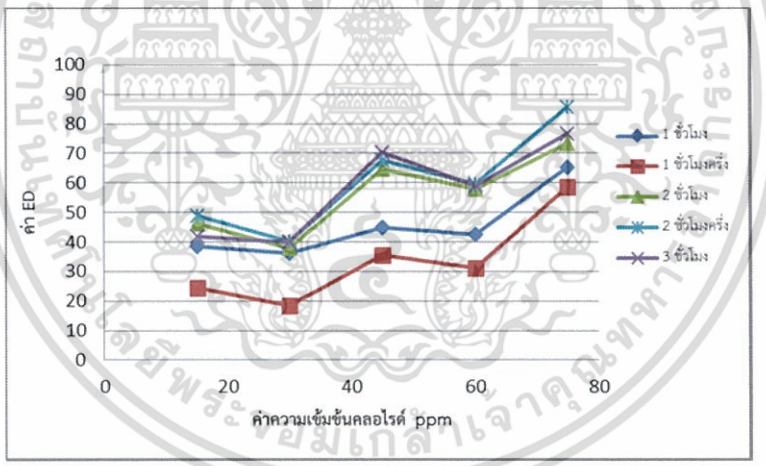
	ค่าED หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 1 วัน แล้วทดสอบด้วยคลอไรด์					
	ความเข้มข้น (ppm)	1 ชั่วโมง	1ชั่วโมงครึ่ง	2 ชั่วโมง	2 ชั่วโมงครึ่ง	3 ชั่วโมง
ชุดที่ 1	15	17.08	8.00	17.90	19.44	34.46
	30	15.19	28.74	33.24	30.46	18.71
	45	15.25	13.34	9.65	7.12	30.18
	60	19.57	19.95	24.62	26.02	5.73
	75	2.49	7.91	9.50	7.54	33.92
ชุดที่ 2	15	38.58	29.79	46.34	48.75	41.90
	30	36.20	18.43	37.88	40.25	39.98
	45	44.86	34.78	64.68	67.77	70.37
	60	42.64	29.98	57.98	56.65	58.88
	75	65.41	55.44	73.33	86.83	76.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.35 สามารถนำมาวิเคราะห์หาค่าความเข้มสีและคำนวณออกมาเป็นค่าความแตกต่างความเข้มสีได้ ดังรูปที่ 4.32 และ รูปที่ 4.33



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างความเข้มสีกับความเข้มข้นของคลอไรด์ในสารละลายมาตรฐาน (ชุดที่ 1)



รูปที่ 4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างความเข้มสีกับความเข้มข้นของคลอไรด์ในสารละลายมาตรฐาน (ชุดที่ 2)

จากผลการทดลองเป็นกราฟเปรียบเทียบผลของชุดทดสอบสำหรับรีเอเจนต์ที่เตรียมโดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด แบบไม่สัมผัสอากาศและเก็บไว้ในที่มืด หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ไว้ 1 วัน หลังจากทำปฏิกิริยากับคลอไรด์แล้ว เก็บในสภาวะสัมผัสอากาศและโดนแสง เมื่อทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง จะเห็นได้ว่าที่เวลา 1 ชั่วโมงครึ่งของทั้ง 2 กราฟ นั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงเลือกเวลาที่ 1 ชั่วโมงครึ่งเป็นสภาวะของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

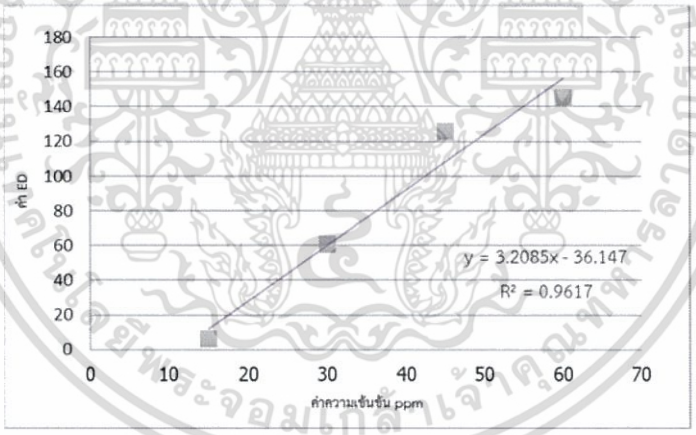
4.4.4 การทดสอบตัวอย่างน้ำ

4.4.4.1 การสร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration curve)

ทำการทดสอบสารมาตรฐานคลอไรด์ ในช่วงความเข้มข้น 15, 30, 45, 60 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยหยดสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 10 ไมโครลิตร ลงบนจุดรีเอเจนต์ เมื่อทิ้งไว้จะเกิดการแลกเปลี่ยนของซิลเวอร์ไอออนจับกับคลอไรด์ไอออน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากสีขาวเป็นสีม่วง โดยคำนวณหาค่าความแตกต่างความเข้มแสง (Euclidean distance, ED) ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.36 แสดงค่าความแตกต่างความเข้มแสง ที่คำนวณได้ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าความแตกต่างความเข้มแสง
15	54.1730
30	102.3193
45	149.7491
60	153.4498



รูปที่ 4.34 กราฟมาตรฐานของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ในช่วงความเข้มข้น 15-60 มิลลิกรัมต่อลิตร ของชุดทดสอบ

เมื่อนำค่าความแตกต่างความเข้มแสง ED ที่คำนวณได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานโดยพลอตระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมคลอไรด์ (แกน X) และค่าความแตกต่างความเข้มแสง (แกน Y) และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination, R^2) ได้กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานโซเดียมคลอไรด์ ในช่วงความเข้มข้น 15-60 ppm ที่มีสมการเส้นตรงคือ $y = 3.2085x–36.147$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ(R^2) เท่ากับ 0.9617 แสดงในรูป 4.34 ซึ่งยังไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้วิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในตัวอย่างน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. สำหรับชุดการทดสอบบนกระดาษแบบจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท พบว่า เมื่อทำการหยดสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทลงบนกระดาษแล้วจะเกิดการเปลี่ยนสีภายในเวลา10-15 นาที ซึ่งจากการศึกษาจุดรีเอเจนต์ที่เก็บไว้ จะได้สภาวะที่ดีที่สุดในการเก็บรักษาจุดรีเอเจนต์คือ ไม่สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด และเมื่อนำมาทดสอบด้วยสารละลายมาตรฐานคลอไรด์แล้วพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการตรวจวัดคลอไรด์คือ คือ สัมผัสอากาศและโดนแสง หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ 2 วัน แต่เนื่องจากขนาดของจุดรีเอเจนต์มีขนาดไม่แน่นอน จึงสรุปได้ว่าไม่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นชุดทดสอบเพื่อหาปริมาณคลอไรด์ได้

2. สำหรับชุดการทดสอบบนกระดาษแบบจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท พบว่า จากการศึกษาจุดรีเอเจนต์ที่เก็บไว้ สภาวะที่ดีที่สุดคือ คือ ไม่สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด และเมื่อทำการทดสอบคลอไรด์บนจุดรีเอเจนต์ สามารถสรุปได้ว่า สภาวะที่เหมาะสมในการตรวจวัดคลอไรด์คือ คือ ไม่สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ 2 วัน แต่เนื่องจากสีของจุดรีเอเจนต์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เกิดสีม่วงแม้ยังไม่ได้หยดสารละลายมาตฐานคลอไรด์ จึงสรุปได้ว่าไม่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นชุดทดสอบเพื่อหาปริมาณคลอไรด์ได้

3. สำหรับชุดการทดสอบบนกระดาษแบบจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด พบว่า จากการศึกษาจุดรีเอเจนต์ที่เก็บไว้ ทุกสภาวะไม่มีการเปลี่ยนแปลง และเมื่อทำการทดสอบคลอไรด์บนจุดรีเอเจนต์ สามารถสรุปได้ว่า สภาวะที่เหมาะสมในการตรวจวัดคลอไรด์คือ สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ 2 วัน แต่ใช้เวลาในการตรวจวัดนานเนื่องจากเป็นแผ่นพลาสติกทำให้ส่วนของน้ำนั้นแห้งช้า นอกจากนี้สีที่ได้จากการทดลองยังสังเกตได้ยากและไม่ชัดเจน เนื่องจากสีของจุดรีเอเจนต์มีการกระจายตัว ไม่เป็นจุดที่ชัดเจนและแน่นอน จึงสรุปได้ว่าไม่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นชุดทดสอบเพื่อหาปริมาณคลอไรด์ได้

4. สำหรับชุดการทดลองบนกระดาษแบบจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด พบว่า จากการศึกษาจุดรีเอเจนต์ที่เก็บไว้ สภาวะที่ดีที่สุดคือ คือ ไม่สัมผัสอากาศและเก็บในที่มืด และเมื่อทำการทดสอบคลอไรด์บนจุดรีเอเจนต์ สามารถสรุปได้ว่า สภาวะที่เหมาะสมในการตรวจวัดคลอไรด์คือ สัมผัสอากาศและโดนแสง หลังเตรียมจุดรีเอเจนต์ 1 วัน แต่เนื่องจากอาจมีตัวแปรอื่นที่รบกวนชุดทดสอบ อีกทั้งเมื่อนำไปทดสอบกับตัวอย่างน้ำ พบว่าค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นของตัวอย่างน้ำในแต่ละจุดทดสอบมีความแตกต่างกันเป็นอย่างมาก จึงสรุปได้ว่าไม่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นชุดทดสอบเพื่อหาปริมาณคลอไรด์ได้

5. จากผลการทดลองทั้งหมดสรุปได้ว่า สาเหตุที่ผลการทดลองนี้ยังไม่เสถียรเนื่องจากในกรณีสารที่อยู่ในรูปของแข็งอาจมีการกระจายตัวและปริมาณของซิลเวอร์ไนเตรทในแต่ละจุดไม่เท่ากัน เนื่องจากไม่สามารถควบคุมปริมาณได้เหมือนสารละลาย และคาดว่าขั้นตอนในการเกิดปฏิกิริยาคือ ซิลเวอร์ไนเตรทถูกละลายเป็นซิลเวอร์ไอออน (ประจุบวก) เพื่อทำปฏิกิริยากับคลอไรด์ไอออน (ประจุลบ) เกิดเป็นตะกอนสีขาวของซิลเวอร์คลอไรด์ และเกิดการเปลี่ยนสีจากสีขาวเป็นสีม่วง ส่วนซิลเวอร์ไอออน (ประจุบวก) ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาจะเกิดการออกซิเดชันโดยเปลี่ยนจากประจุบวกเป็นไม่มีประจุ ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจนดำ หลังจากนั้นซิลเวอร์คลอไรด์บางส่วนจะเกิดการสลายตัวเป็นซิลเวอร์ไอออน (ประจุบวก)อีกครั้ง แล้วเกิดการออกซิเดชันเป็นน้ำตาลจนดำตามไปด้วย ซึ่งไม่สามารถทราบระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงที่แน่นอนได้ ส่งผลให้ค่าความเข้มสีที่ตรวจวัดได้แปรปรวน อีกทั้งปริมาณแสงที่ใช้ในการเร่งปฏิกิริยาในแต่ละวันมีปริมาณไม่เท่ากัน ส่งผลให้การเกิดปฏิกิริยาในการทำการทดลองแต่ละครั้งไม่เท่ากัน ทำให้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างความเข้มสีกับความเข้มข้นของคลอไรด์ในสารละลายมาตรฐานที่ได้มีลักษณะแตกต่างกัน คือมีแนวโน้มของเส้นกราฟในทิศทางทั้งขึ้นและลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การเตรียมชุดทดสอบแบบจุดรีเอเจนต์ทุกชนิด จำเป็นที่จะต้องระมัดระวังไม่ให้ชุดทดสอบโดนแสง เพราะจะทำให้ค่าความแตกต่างความเข้มแสงที่ได้จากผลการทดลองมีความผิดพลาด เนื่องจากซิลเวอร์ไนเตรทสามารถทำปฏิกิริยากับแสงและอากาศได้อย่างรวดเร็ว

2. ในชุดทดสอบบนกระดาษแบบจุดรีเอเจนต์ โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด หากทากาวแท่งหนาหรือบางเกินไป จะส่งผลให้ผลการทดลองมีค่าไม่เท่ากัน

3. ในการเตรียมชุดทดสอบบนกระดาษแบบจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด จะต้องเก็บรักษาในบริเวณที่ไม่มีความร้อนและความชื้นด้วยเนื่องจากความร้อนและความชื้นจะส่งผลให้กาวละลายและสารในรูปของแข็งจะละลายตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ผุสดี มุหะหมัด, 2553. **"ปริมาณคลอไรด์ในน้ำ"** [Online]. Available: https://www.gotoknow.org/posts/332595; Search: 16 May 2017.

[2] ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 332 (พ.ศ. 2521) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 **เรื่องกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา** เล่ม 95 ตอนที่ 68 ลงวันที่ 4 กรกฎาคม 2521

[3] ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม **เรื่องกำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุข และการป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ** พ.ศ. 2551 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 125 ตอนพิเศษ 85 ง ลงวันที่ 21 พฤษภาคม 2552

[4] **"ชุดทดสอบภาคสนาม"** [Online]. Available: http://www.sc.mahidol.ac.th/tha/research/webteskit/when_front.htm. ; Search: 22 May 2017.

[5] หทัยทิพย์ พันฤทธิ์ดำ,2556. **"กระบวนการโซล-เจล"**[Online]. Available: http:// kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2010/9307/1/375494.pdf; Search: 2 May 2017

[6] **"ความรู้เรื่องกาวAdhesive"** [Online]. Available: https://docs.google.com/document/d/1159fnCFMeveKZlAmCIjadhFIpjmqyjAgj2nKklm5TW/edit; Search 30 May 2017.

[7] **"โพลีไวนิลแอลกอฮอล์"** [Online]. Available: http://www.manufacturingterms.com/Thai/PVOH.html

[8] admin,2559. **"เทปกาวสองหน้า"** [Online]. Available: http://www.zaeteaw.net/2016/02/double-sided-tape/; Search: 27 May 2017.

[9] Wikipedia **The Free Encyclopedia. Glue stick** [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Glue_stick; Search: 30 May 2017.

[10] **"กรดซิตริก"** [Online]. Available: http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/146-6034.pdf; Search: 2 May 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[11] จรัส บุณยธรรมา, 2553. **"เครื่องสแกนเนอร์"** [Online]. Available: http://www.rmutphysics.com/CHARUD/howstuffwork/scanner/scannerthai.htm; Search: 5 May 2017.

[12] ปุญญิศา โพธิ์ศรีรัตน์, **"ระบบสี"** [Online]. Available: http://www.punyisa.com/photoshop/graphic/graphic4.html; Search: 2 May 2017.

[13] **"ระบบสี RGB"** [Online]. Available: http://tonchabubchanthaburi.blogspot.com/2014/10/rgb-cmyk.html

[14] **"ระบบสี HSB"** [Online]. Available: http://lprusofteng.blogspot.com/2012/04/blog-post_04.html

[15] **"ระบบสี Lab"** [Online]. Available: http://lprusofteng.blogspot.com/2012/04/blog-post_04.html

[16] เชาวน์ ศรีเพชรดี **"การศึกษาการใช้ซิลิกาขนาดนาโนชนิดมีรูพรุน ที่สังเคราะห์จากเถ้าแกลบเพื่อเสริมแรงในยางธรรมชาติ โดยกระบวนการโซลเจล"** [Online]. Available: http://www.thapra.lib.su.ac.th/objects/thesis/fulltext/snamcn/Chao_Sripethdee/fulltext.pdf

[17] อัครวัต ศิริสุข **"การสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีโซล-เจล"** [Online]. Available: http://elibrary.trf.or.th/fullP/MRG5080320//MRG5080320_abstract.pdf; Search: 2 June 2017.

[18] อภิรมย์ แดงจันที **"การพัฒนาชุดทดสอบสำหรับหาปริมาณคลอไรด์ในน้ำและตรวจสอบความแม่นโดยใช้เทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี"** [Online]. Available: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:G5G2AdCx6SEJ:research.psru.ac.th/; Search: 2 June 2017.

[19] Surender Duhan,Sunita Devi and M Srivastava **"Characterization of nanocrystalline Ag/SiO_2 nanocomposites and synthesis by wet chemical method"** Indian Journal of Pure & Applied Physics 48 (2010): 271-275

[20] Y.L. Li,F. Li and C.Y. Wu **"Preparation of Silver-Doped Silica Powder and Paticles by Sol-Gel"** Asian Journal of Chemistry 24 (2012): 985-988

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

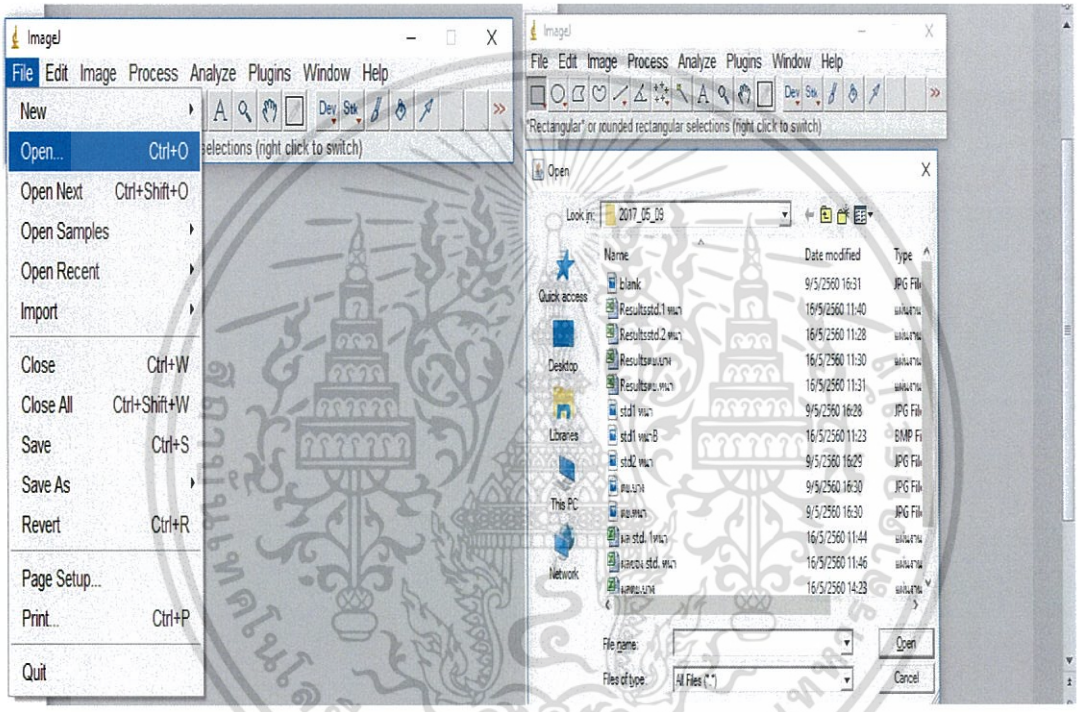
ภาคผนวก ก

การบันทึกค่าความเข้มแสงจากโปรแกรม Image J™

ขั้นตอนและวิธีการใช้งานโปรแกรม

1.ลงโปรแกรม Image J™

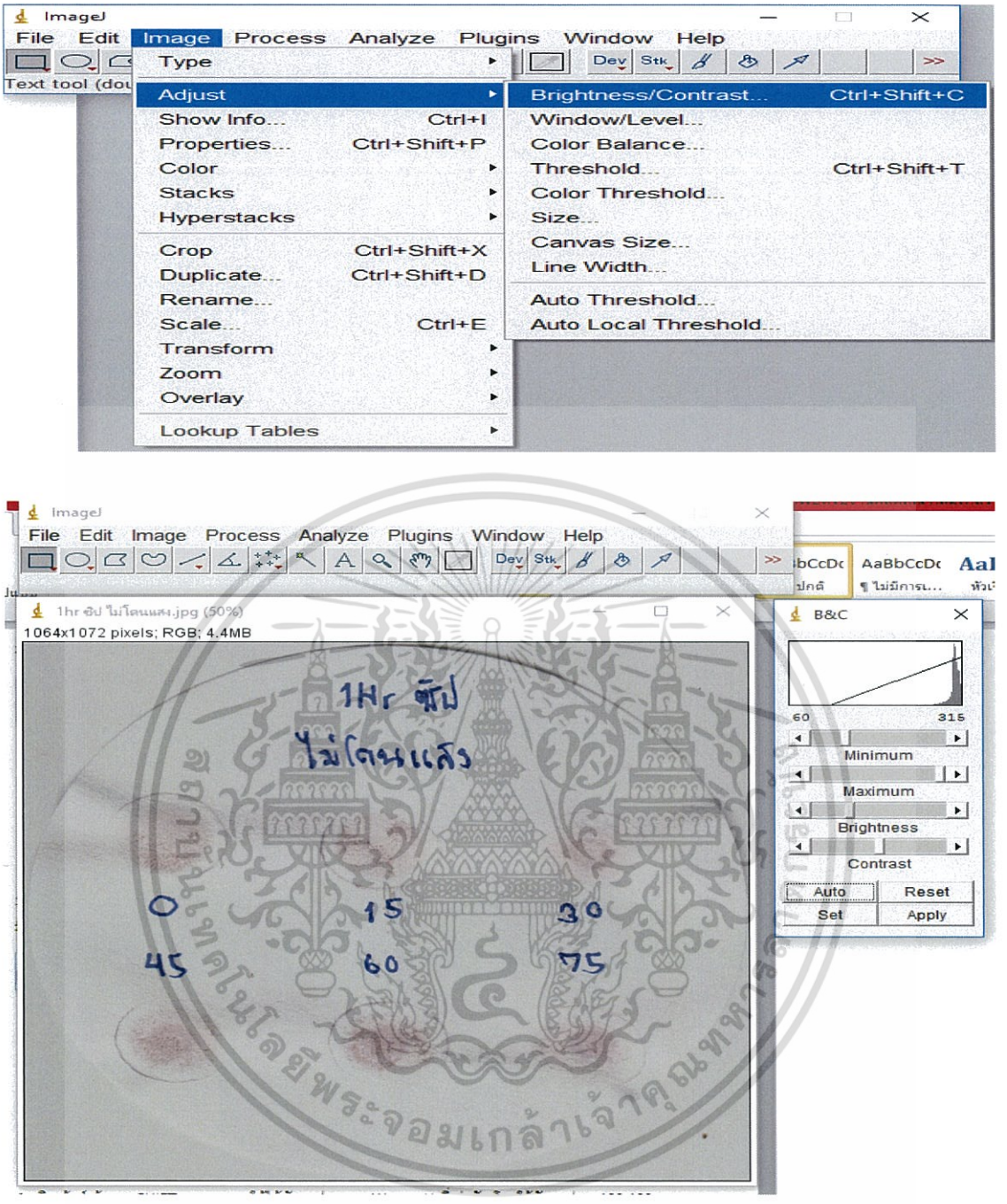
2.เปิดโปรแกรม Image J™ จากนั้นเข้าไปที่ File ⟶ Open หรือ CTRL + O เพื่อเปิดรูปภาพที่ต้องการ



รูปที่ ก.1 หน้าต่างโปรแกรม Image J™ และการเรียกวัดหน้าต่างความเข้มแสง

3.ปรับลดค่าความเข้มแสงที่ได้จากการแสกนลงโดยกด CTRL + SHIFT +C จากนั้นปรับค่า Brightness ลงให้มีค่าเท่ากับ60

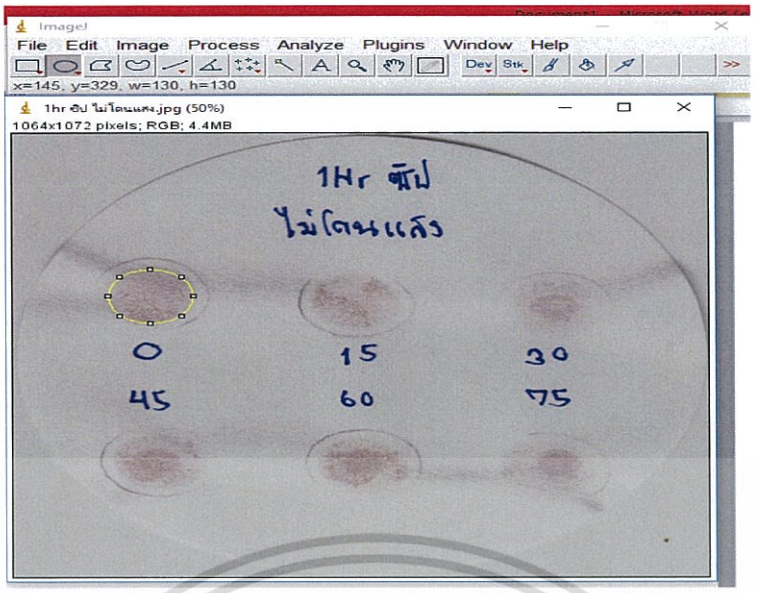
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.2 หน้าต่างโปรแกรม Image J™ และการปรับค่าความเข้มแสง

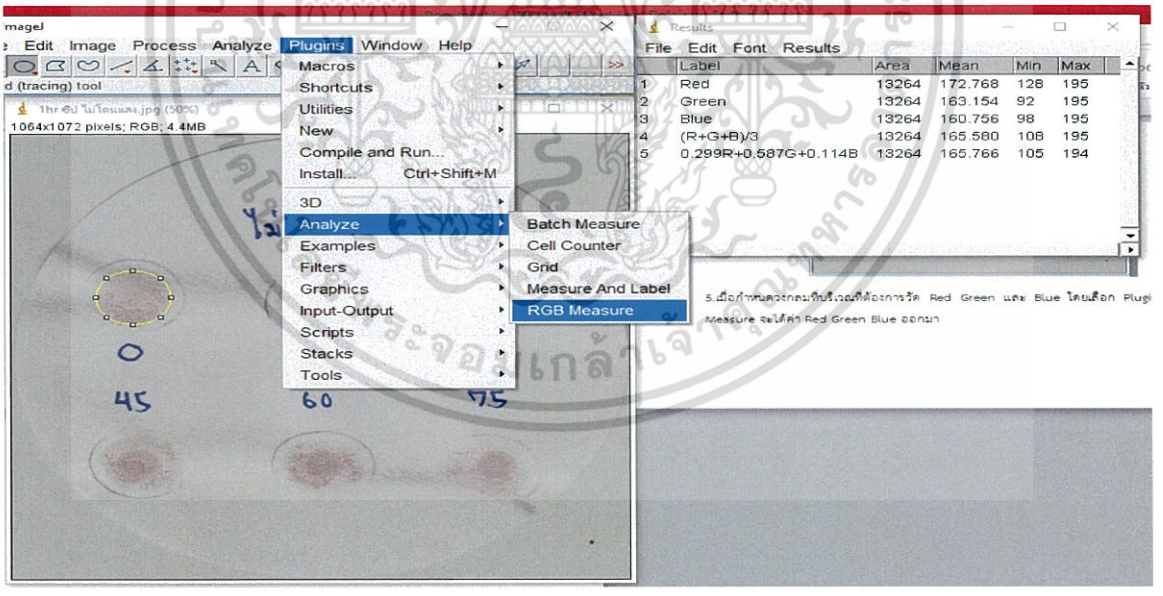
4.คลิกเม้าส์ ซ้าย + SHIFT ลากวงกลมให้ได้อัตราส่วนของ W และ H ที่เท่ากัน โดยใช้อัตราส่วน 130:130 ครอบจุดที่ต้องการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 หน้าต่างโปรแกรม Image J™ และเลือกจุดที่ต้องการวิเคราะห์

5.เมื่อกำหนดวงกลมที่บริเวณที่ต้องการวัด Red Green และ Blue โดยเลือก Plugins Analyze RGB Measure จะได้ค่า Red Green Blue ออกมา



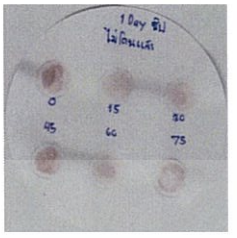
รูปที่ ก.4 หน้าต่างโปรแกรม Image J™ และการแสดงค่า Red Green และ Blue

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

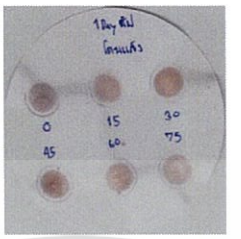
ภาคผนวก ข

แสดงผลการทดลอง อ้างอิงจากหัวข้อที่ 4.1 การเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท

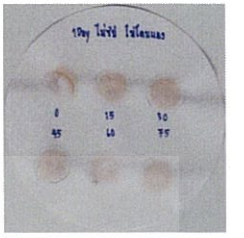
รูปที่ ข.1 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 ชั่วโมง



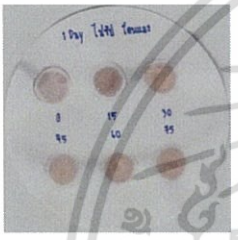
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



ใส่ซิปล็อคโดนแสง



ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง

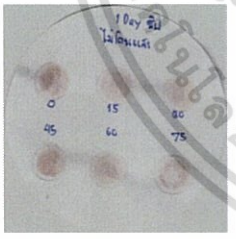


ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

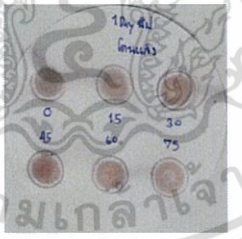
ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

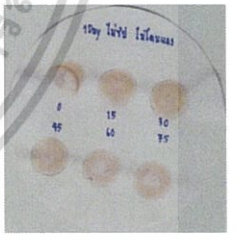
รูปที่ ข.2 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1วัน



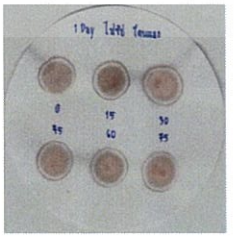
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



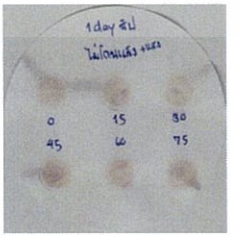
ใส่ซิปล็อคโดนแสง



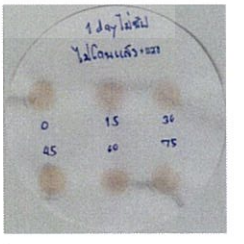
ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง



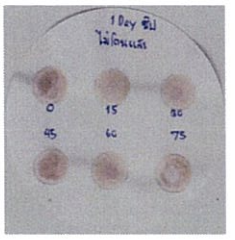
ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง



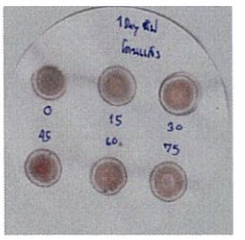
ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

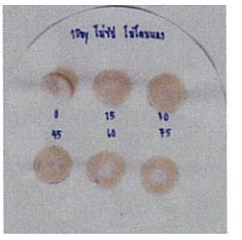
รูปที่ ข.3 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 2วัน



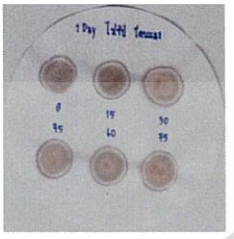
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



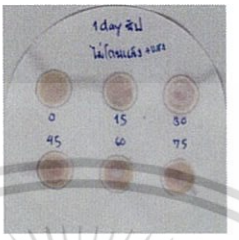
ใส่ซิปล็อคโดนแสง



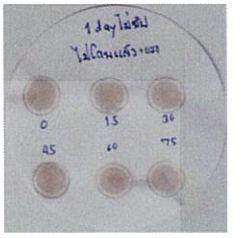
ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

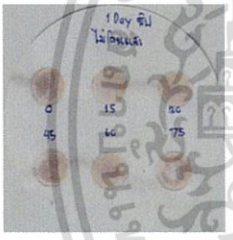


ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

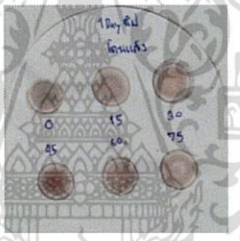


ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

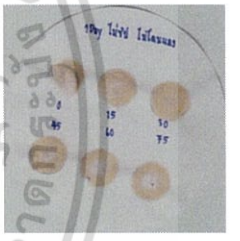
รูปที่ ข.4 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 3 วัน



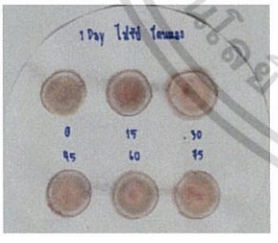
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



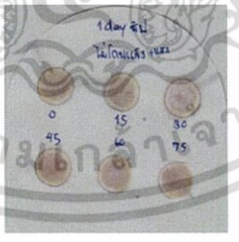
ใส่ซิปล็อคโดนแสง



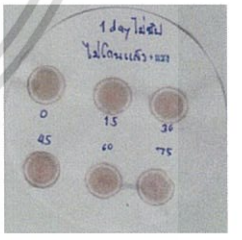
ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

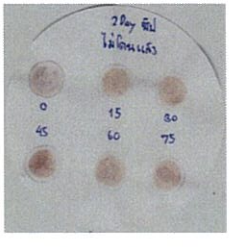


ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

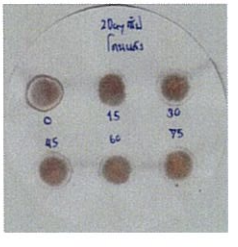


ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

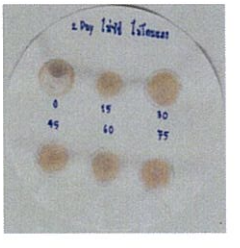
รูปที่ ข.5 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1ชั่วโมง



ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง

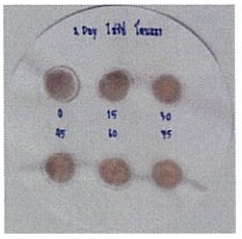
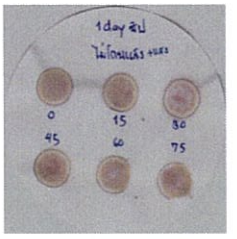
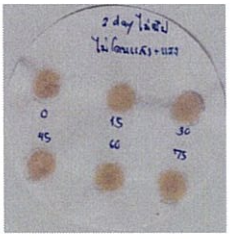


ใส่ซิปล็อคโดนแสง



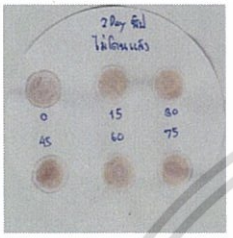
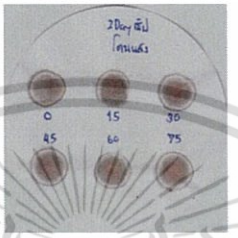
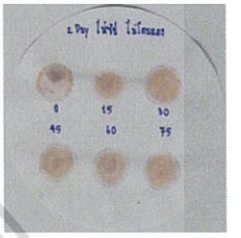
ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

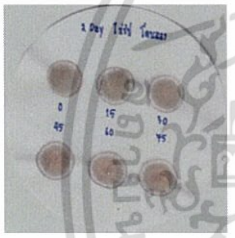




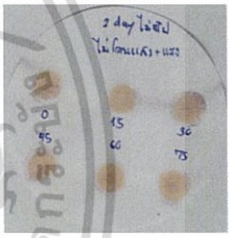
ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

รูปที่ ข.6 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 วัน

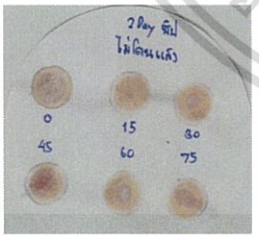
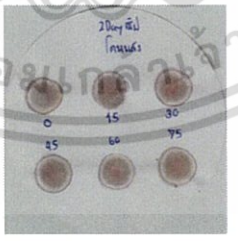
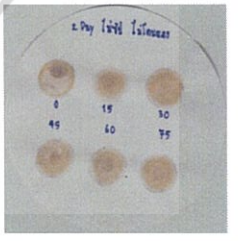
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง ใส่ซิปล็อคโดนแสง ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



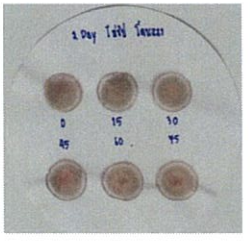
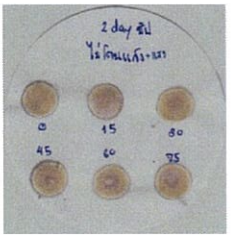
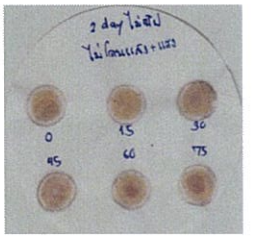


ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

รูปที่ ข.7 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 2 วัน

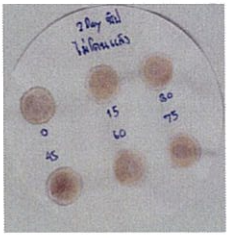
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง ใส่ซิปล็อคโดนแสง ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง

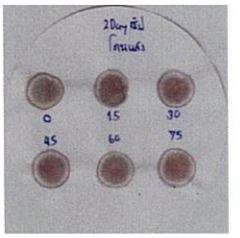
ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

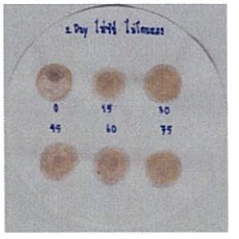
รูปที่ ข.8 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 3 วัน



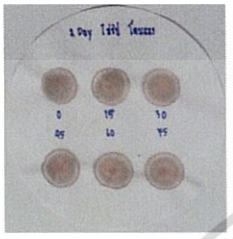
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



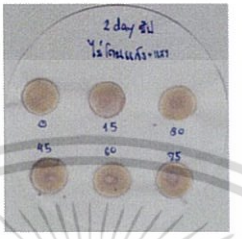
ใส่ซิปล็อคโดนแสง



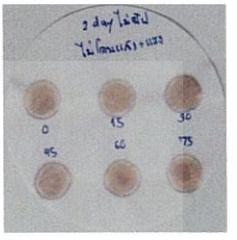
ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง



ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง



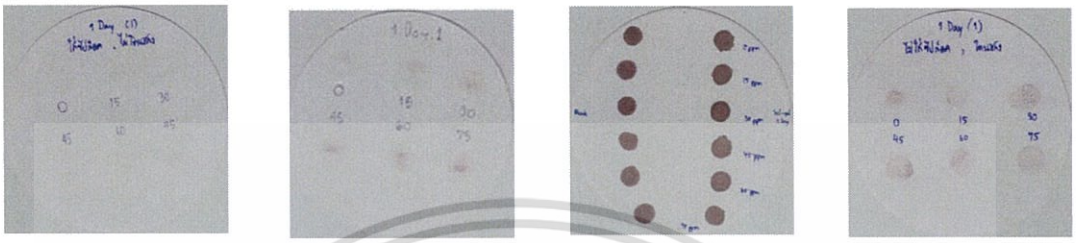
ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

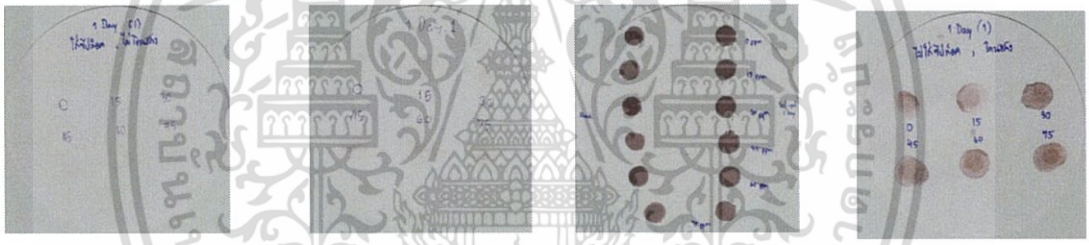
แสดงผลการทดลอง อ้างอิงจากหัวข้อที่ 4.2 การเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารละลายโซล-เจล เจือซิลเวอร์ไนเตรท

รูปที่ ค.1 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 ชั่วโมง



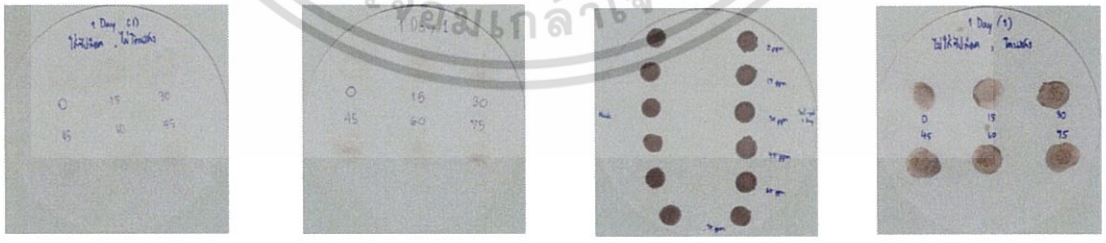
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง ใส่ซิปล็อคโดนแสง ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

รูปที่ ค.2 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 วัน



ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง ใส่ซิปล็อคโดนแสง ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

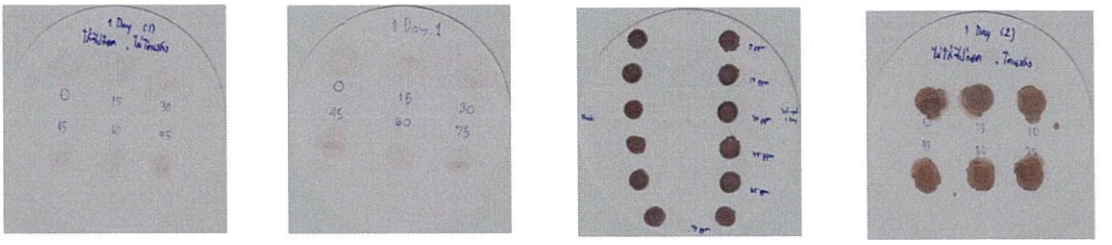
รูปที่ ค.3 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 2 วัน



ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง ใส่ซิปล็อคโดนแสง ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

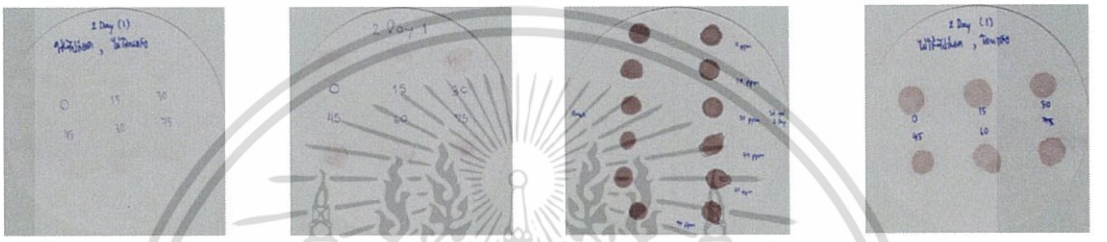
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.4 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 3 วัน



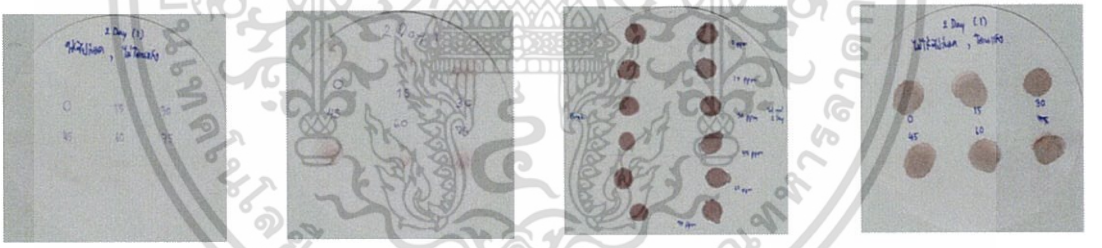
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง ใส่ซิปล็อคโดนแสง ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

รูปที่ ค.5 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 ชั่วโมง



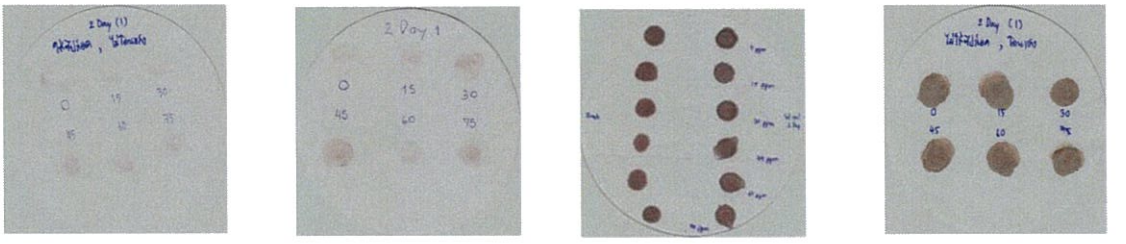
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง ใส่ซิปล็อคโดนแสง ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

รูปที่ ค.6 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 วัน



ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง ใส่ซิปล็อคโดนแสง ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

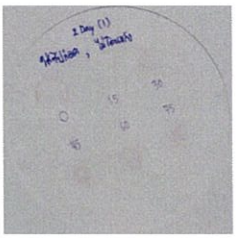
รูปที่ ค.7 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 2 วัน



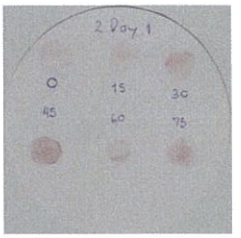
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง ใส่ซิปล็อคโดนแสง ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

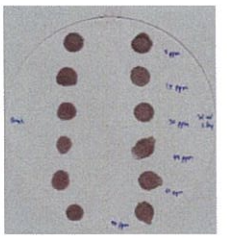
รูปที่ ค.8 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 3 วัน



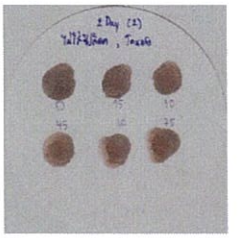
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



ใส่ซิปล็อคโดนแสง



ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



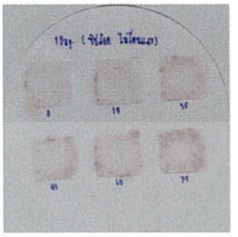
ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

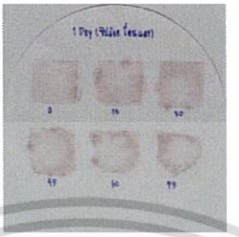
ภาคผนวก ง

แสดงผลการทดลอง อ้างอิงจากหัวข้อที่ 4.3 การเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีเทปกาวเป็นตัวยึดติด

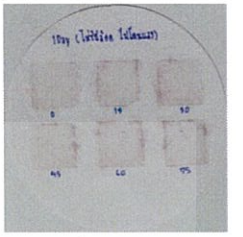
รูปที่ ง.1 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 ชั่วโมง



ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



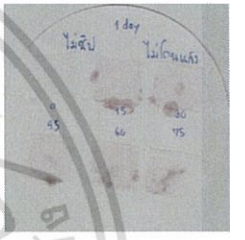
ใส่ซิปล็อคโดนแสง



ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง

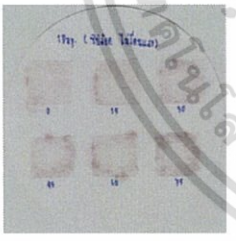
ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง+แสง

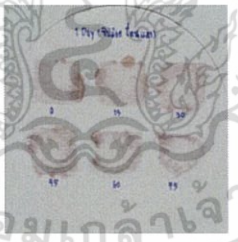


ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง+แสง

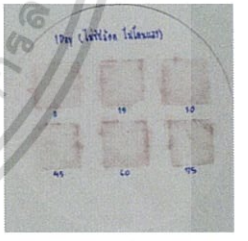
รูปที่ ง.2 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 วัน



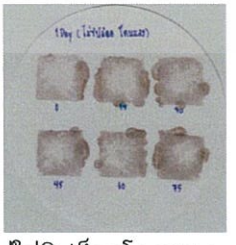
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



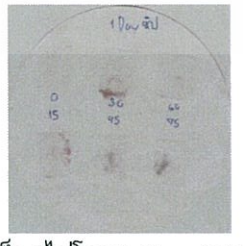
ใส่ซิปล็อคโดนแสง



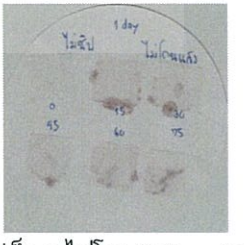
ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง



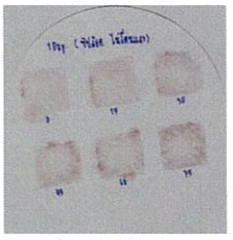
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง



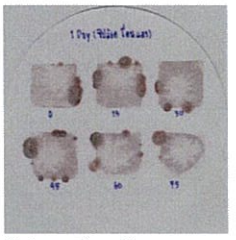
ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

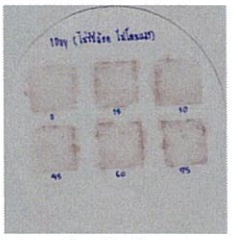
รูปที่ ง.3 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 2 วัน



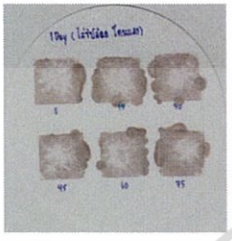
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



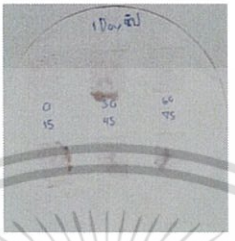
ใส่ซิปล็อคโดนแสง



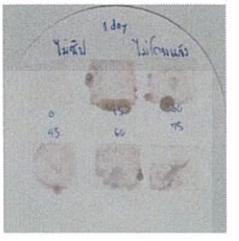
ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

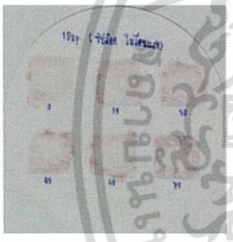


ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง

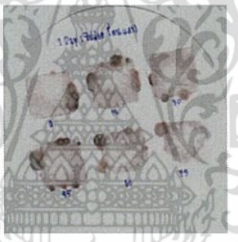


ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

รูปที่ ง.4 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 3 วัน

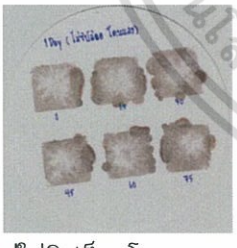


ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง

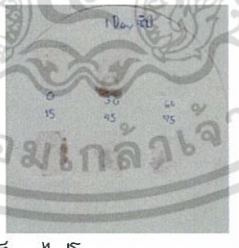


ใส่ซิปล็อคโดนแสง

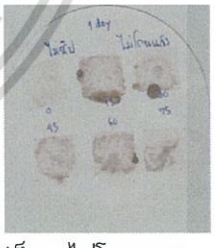
ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

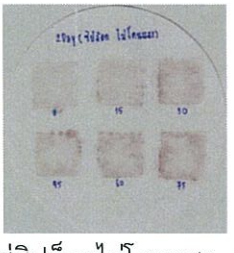


ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง

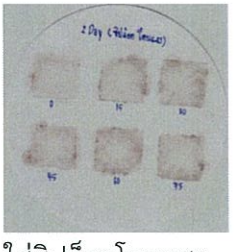


ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

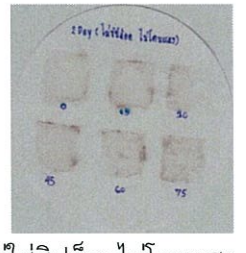
รูปที่ ง.5 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 ชั่วโมง



ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง

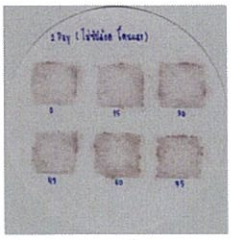


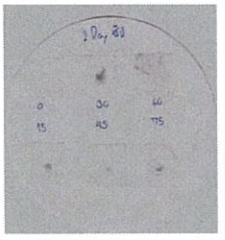
ใส่ซิปล็อคโดนแสง

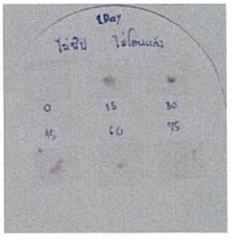


ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง

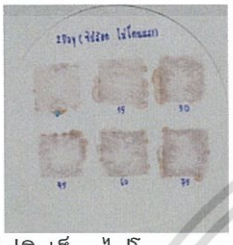
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

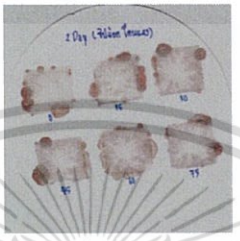

ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

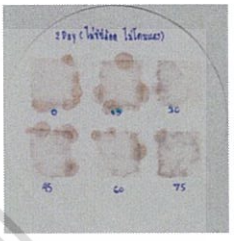

ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง

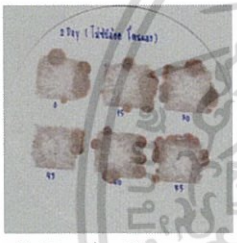

ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

รูปที่ ง.6 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 วัน

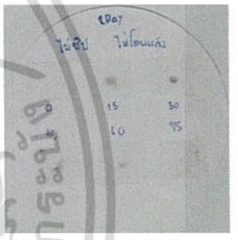

ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง


ใส่ซิปล็อคโดนแสง

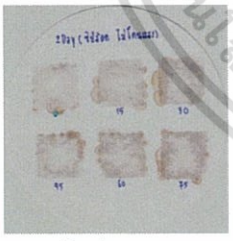

ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง


ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง

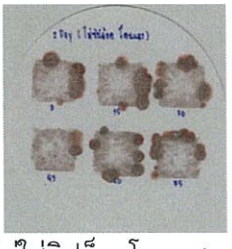

ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

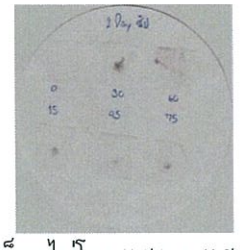
รูปที่ ง.7 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 2 วัน

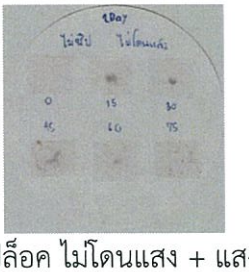

ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง

ใส่ซิปล็อคโดนแสง

ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง

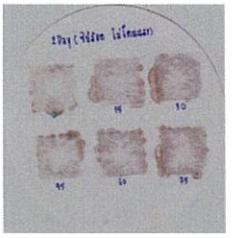

ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง


ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง

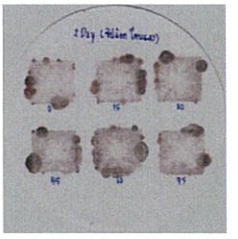

ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

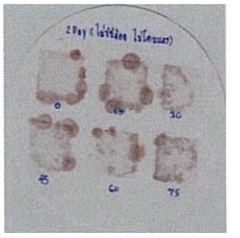
รูปที่ ง.8 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 3 วัน



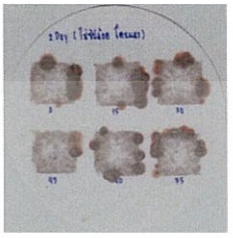
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



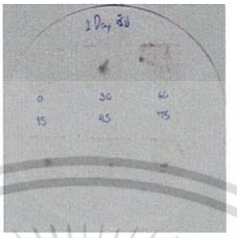
ใส่ซิปล็อคโดนแสง



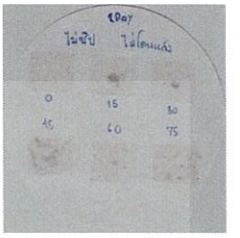
ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง



ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง



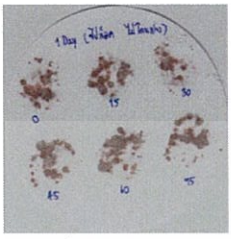
ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

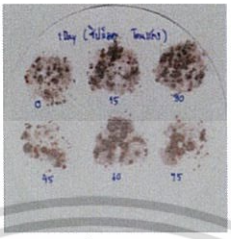
ภาคผนวก จ

แสดงผลการทดลอง อ้างอิงจากหัวข้อที่ 4.4 การเตรียมจุดรีเอเจนต์โดยใช้สารประกอบในรูปของแข็งซิลเวอร์ไนเตรท ที่มีกาวแท่งเป็นตัวยึดติด

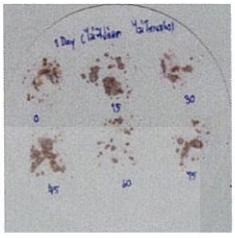
รูปที่ จ.1 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 ชั่วโมง



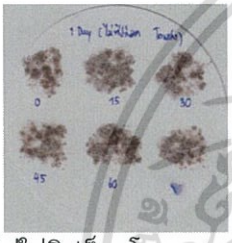
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



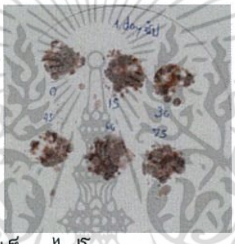
ใส่ซิปล็อคโดนแสง



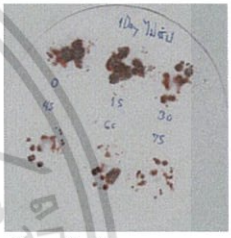
ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

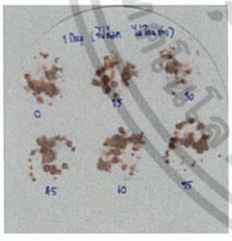


ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง

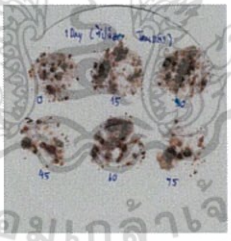


ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

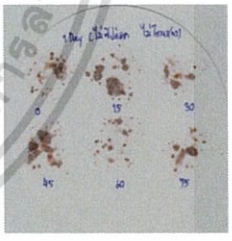
รูปที่ จ.2 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 วัน



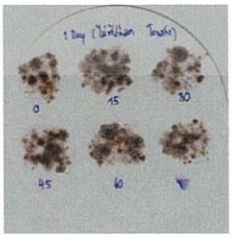
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



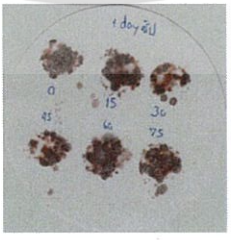
ใส่ซิปล็อคโดนแสง



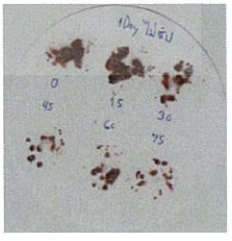
ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง



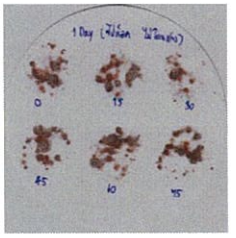
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง



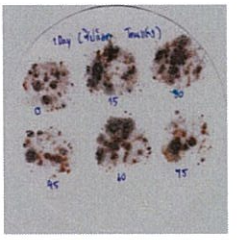
ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

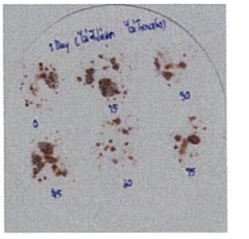
รูปที่ จ.3 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 2 วัน



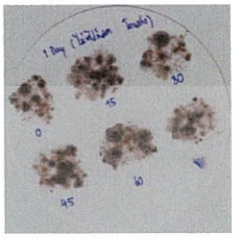
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



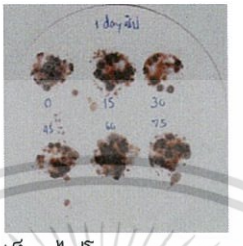
ใส่ซิปล็อคโดนแสง



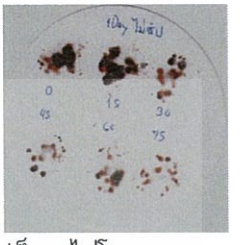
ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

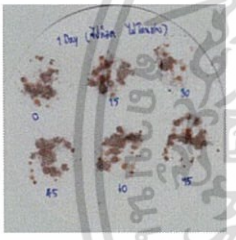


ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง



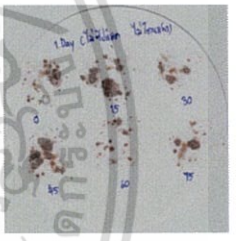
ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

รูปที่ จ.4 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 1 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 3 วัน

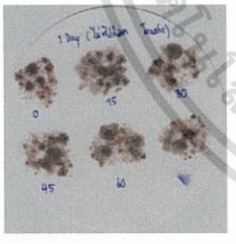


ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง

ใส่ซิปล็อคโดนแสง

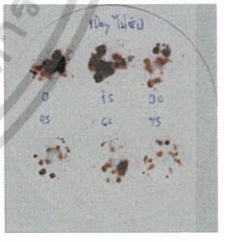


ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

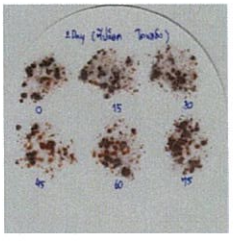
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง



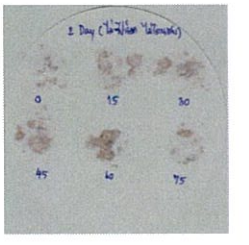
ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

รูปที่ จ.5 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 ชั่วโมง

ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง

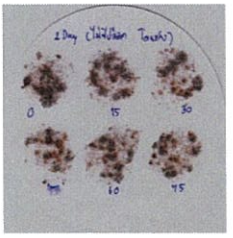


ใส่ซิปล็อคโดนแสง

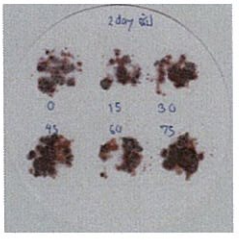


ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง

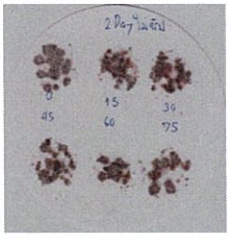
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง



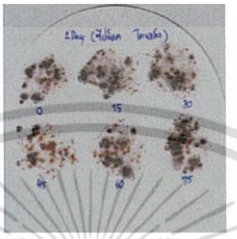
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง



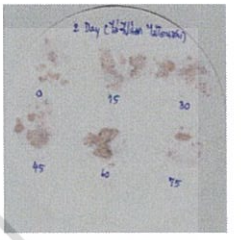
ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

รูปที่ จ.6 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 วัน

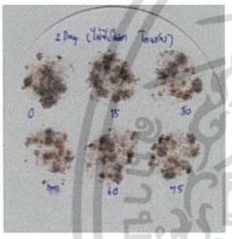
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



ใส่ซิปล็อคโดนแสง

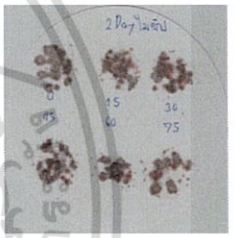


ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



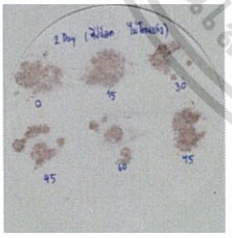
ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง

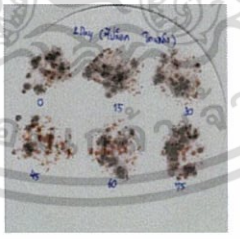


ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

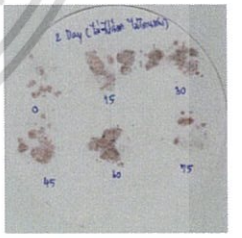
รูปที่ จ.7 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 2 วัน



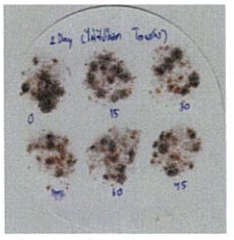
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



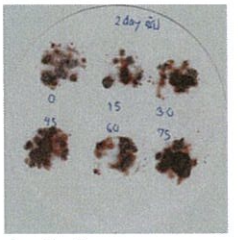
ใส่ซิปล็อคโดนแสง



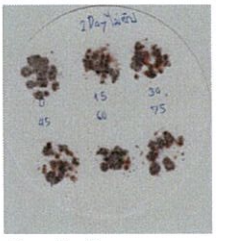
ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง



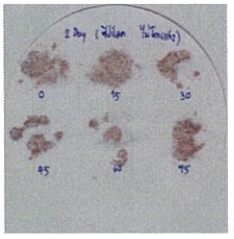
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง



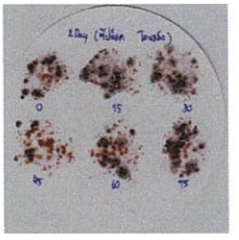
ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

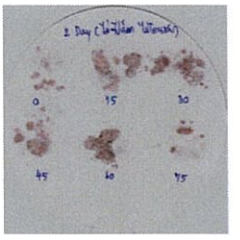
รูปที่ จ.8 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 2 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 3 วัน



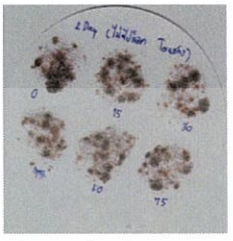
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



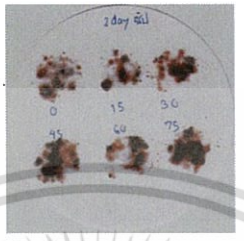
ใส่ซิปล็อคโดนแสง



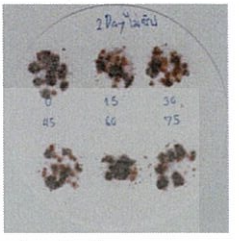
ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

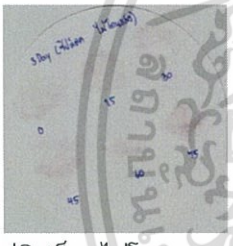


ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง

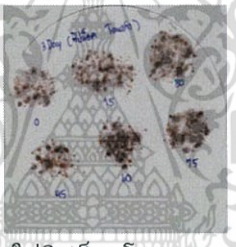


ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

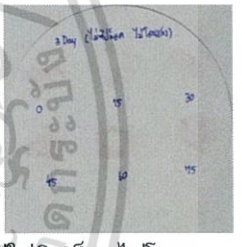
รูปที่ จ.9 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 3 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 ชั่วโมง



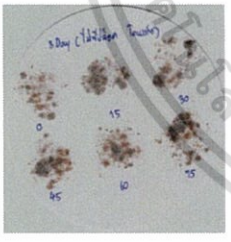
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



ใส่ซิปล็อคโดนแสง

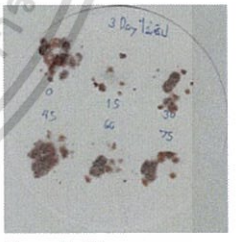


ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง



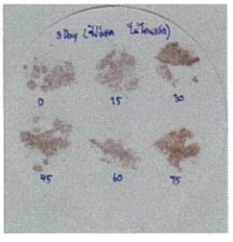
ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง

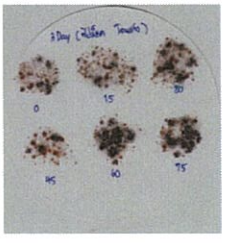


ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

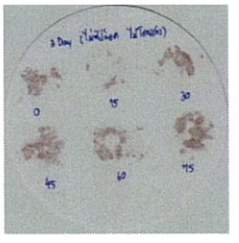
รูปที่ จ.10 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 3 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 1 วัน



ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง

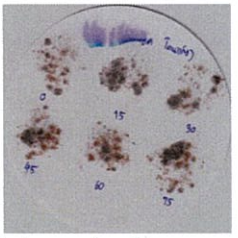


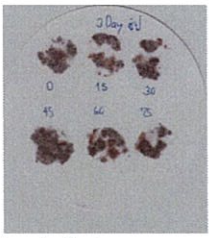
ใส่ซิปล็อคโดนแสง

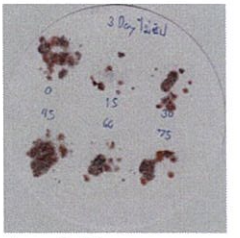


ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง

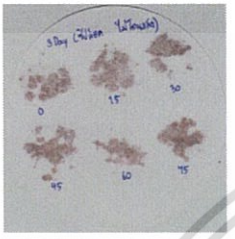
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

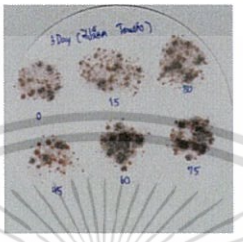

ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

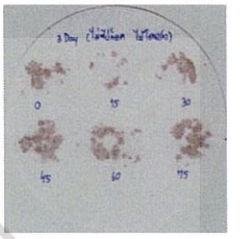

ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง

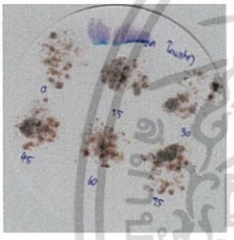

ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

รูปที่ จ.11 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 3 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 2 วัน

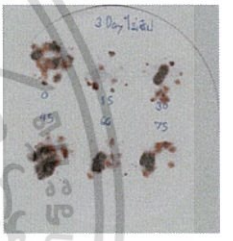

ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง


ใส่ซิปล็อคโดนแสง

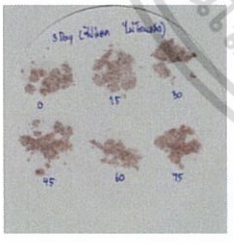

ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง

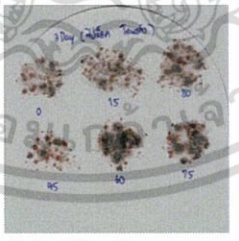

ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

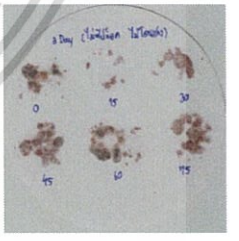
ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง

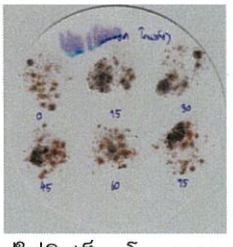

ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

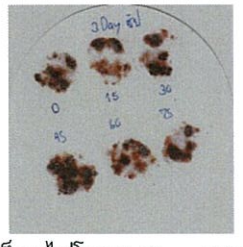
รูปที่ จ.12 ชุดทดสอบที่เตรียมทิ้งไว้ 3 วัน หลังหยดสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 3 วัน

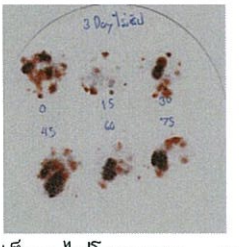

ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง


ใส่ซิปล็อคโดนแสง


ไม่ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง


ไม่ใส่ซิปล็อคโดนแสง

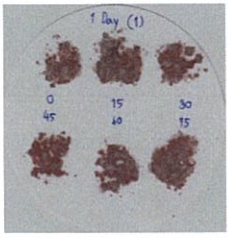

ใส่ซิปล็อคไม่โดนแสง + แสง


ไม่ใส่ซิปล็อค ไม่โดนแสง + แสง

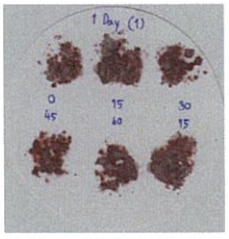
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ้างอิงจากหัวข้อที่ 4.4.3 ระยะเวลาในการใช้ชุดทดสอบ

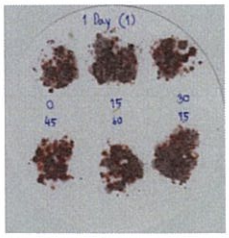
รูปที่ จ.13 ระยะเวลาในการใช้ชุดทดสอบ (ชุดที่1)



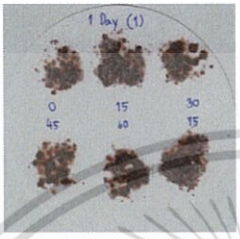
1ชั่วโมง



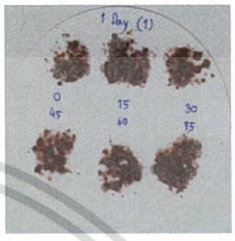
1ชั่วโมง 30นาที



2ชั่วโมง

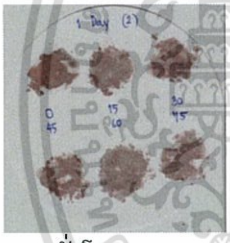


2ชั่วโมง 30นาที

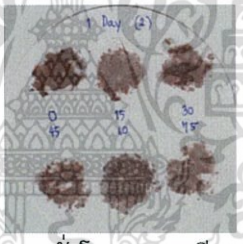


3ชั่วโมง

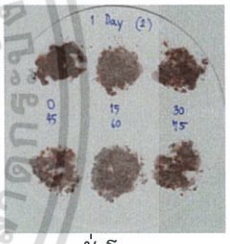
รูปที่ จ.14 ระยะเวลาในการใช้ชุดทดสอบ (ชุดที่2)



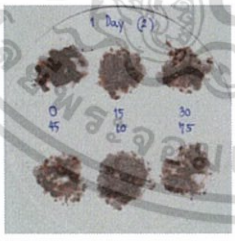
1ชั่วโมง



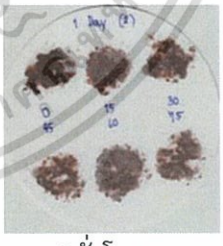
1ชั่วโมง 30นาที



2ชั่วโมง



2ชั่วโมง 30นาที



3ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง