การวิเคราะห์แอมโมเนียในน้ำ ด้วยฟิล์มสีแอนโทไซยานินบนกระดาษ

AMMONIA ANALYSIS IN WATER SAMPLES WITH ANTHOCYANIN FILM ON PAPER

ขวัญจิรา โขวัฒนชัย
ดุษฎี บัวสาย
ปฏิพัทธ์ เจริญสิทธิกุล

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การวิเคราะห์แอมโมเนียในน้ำ
ด้วยฟิล์มสีแอนโทไซยานินบนกระดาษ

AMMONIA ANALYSIS IN WATER SAMPLES WITH ANTHOCYANIN FILM ON PAPER

ขวัญจิรา โขวัฒนชัย

ดุษฎี บัวสาย

ปฏิพัทธ์ เจริญสิทธิกุล

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AMMONIA ANALYSIS IN WATER SAMPLES WITH ANTHOCYANIN FILM ON PAPER

KWANJIRA KOWATTANACHAI

DUTSADEE BUASAI

PATIPAT CHAROENSITTIKUL

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIALFULF 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 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การวิเคราะห์แอมโมเนียในน้ำด้วยฟิล์มสีแอนโทไซยานินบนกระดาษ Ammonia Analysis in Water Samples with Anthocyanin Film on Paper
ชื่อนักศึกษา	นางสาวขวัญจิรา โขวัฒนชัย รหัสนักศึกษา 57050383 นางสาวดุษฎี บัวสาย รหัสนักศึกษา 57050417 นายปฏิพัทธ์ เจริญสิทธิกุล รหัสนักศึกษา 57050449
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.เสาวภาคย์ ธีราทรง ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ เชิงชั้น กรรมการ	
ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การวิเคราะห์แอมโมเนียในน้ำด้วยฟิล์มสีแอนโทไซยานินบนกระดาษ

ชื่อนักศึกษา นางสาวขวัญจิรา โชวัฒนชัย รหัสนักศึกษา 57050383

นางสาวดุษฎี บัวสาย รหัสนักศึกษา 57050417

นายปฏิพัทธ์ เจริญสิทธิกุล รหัสนักศึกษา 57050449

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)

ภาควิชา เคมี

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)

ปีการศึกษา 2560

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ได้ทำการพัฒนาชุดทดสอบบนกระดาษสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียในน้ำ การทดลองนี้ใช้กระดาษกรองเป็นซับสเตรทเคลือบด้วยฟิล์มจากสารละลายแอนโท-ไซยานินเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร การตรวจวัดแอมโมเนียอาศัยการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ กับสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เมื่อผสมสารละลายทั้งสองเข้าด้วยกันจะเกิดแก๊สแอมโมเนียขึ้น จากนั้นแก๊สแอมโมเนียที่ระเหยจะทำปฏิกิริยากับฟิล์มสีแอนโทไซยานินที่เคลือบอยู่บนกระดาษกรอง โดยสีของฟิล์มเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสีชมพูไปเป็นสีเหลืองอ่อน บันทึกภาพสีที่เปลี่ยนแปลงไปบนกระดาษกรองด้วยเครื่องสแกน และใช้โปรแกรม Image J™ วัดและบันทึกค่าความเข้มแสง (RGB) คำนวณหาค่าความแตกต่างความเข้มแสง นำไปสร้างกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ช่วงความเข้มข้น 200 - 800 ppm มีสมการเชิงเส้นคือ $y = 0.0072x + 30.994$ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) เท่ากับ 0.9766 ขีดจำกัดของการตรวจพบ (LOD) เท่ากับ 25.92 ppm และขีดจำกัดของการตรวจวัดเชิงปริมาณ (LOQ) เท่ากับ 86.42 ppm การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียในตัวอย่างน้ำประปา น้ำดื่ม และน้ำแร่ ได้ค่าร้อยละคืนกลับอยู่ในช่วง 98.36 – 103.93% 100.23 – 105.14% และ 100.23 – 105.14% ตามลำดับ

คำสำคัญ : ฟิล์มสี แอนโทไซยานิน แอมโมเนีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Ammonia Analysis in Water Samples with Anthocyanin Film on Paper
Student	Miss. Kwanjira Kowattanachai Student ID 57050383
	Miss. Dutsadee Buasai Student ID 57050417
	Mr. Patipat Charoensittikul Student ID 57050449
Degree	Bacherlor of Science (Industrial Chemistry)
Department	Chemistry
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2017
Advisor	Asst. Prof. Dr. Wiboon Praditweangkum

Abstract

This paper-based test kit for ammonia analysis in water has been developed. The filter paper is used as a substrate which is coated with film form 10% (v/v) solution of anthocyanin. The ammonia detection is based on the reaction between 2.0 M sodium hydroxide solution (NaOH) and ammonium chloride standard solution (NH_4Cl) at various concentrations. When both solutions are combined, ammonia gas is emitted. Then the evaporated ammonia can be attracted the anthocyanin film coated on filter paper. The color of the film is changed from pink to light yellow. This changed color can be recorded by a scanner. The Image J™ program is used to analyze the RGB light intensity and the Euclidean Distance is consequently calculated. The calibration curve can be obtained by plotting the relationship between Euclidean Distance (ED) and concentration of ammonium chloride solution in range of 200 – 800 ppm. This calibration curve is linear with equation $y = 0.0072x + 30.994$ and coefficient of determination (r^2) = 0.9766. The limit of detection (LOD) is 25.92 ppm and the limit of quantitation (LOQ) is 86.42 ppm. The recovery of ammonia detection in tap water, drinking water and mineral water can be obtained in range 98.36 – 103.93%, 100.23 – 105.14% and 100.23 – 105.14%, respectively.

Keyword : colorimetric film, anthocyanin, ammonia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้ศึกษาเกี่ยวกับการเคลือบสารละลายฟิล์มสีแอนโทไซยานินลงบนกระดาษกรองสำหรับการตรวจวัดแอมโมเนียในตัวอย่างน้ำ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม แขนงเคมีวิเคราะห์

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีตามวัตถุประสงค์ของโครงงานเนื่องจากได้รับความกรุณาจาก ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็น เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง ตลอดจนการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน ขอขอบคุณ ผศ.ดร.เสาวภาคย์ ธีราทรง และ ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ เชิงชั้น กรรมการสอบโครงงานพิเศษที่กรุณาตรวจสอบและแก้ไขโครงงานพิเศษนี้ให้ถูกต้องมากขึ้น นอกจากนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี ชั้น 5 อาคารวิทยาศาสตร์ ทุกท่านที่ช่วยเหลือทั้งในเรื่องอุปกรณ์ สารเคมีต่าง ๆ และขอบคุณเพื่อน ๆ สาขาเคมีอุตสาหกรรม แขนงเคมีวิเคราะห์ทุกคน ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการทำโครงงานพิเศษเล่มนี้

ขวัญจิรา โชวัฒนชัย
ดุษฎี บัวสาย
ปฏิพัทธ์ เจริญสิทธิกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ซ
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 แอนโทไซยานิน (Anthocyanin).....3
2.2 แอมโมเนีย (Ammonia).....6
2.3 เครื่องสแกน.....9
2.4 ระบบสี RGB.....11
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....12
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย.....15
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์.....15
3.1.1 สารเคมี.....15
3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์.....15
3.2 การเตรียมสารละลาย.....16
3.2.1 สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์.....16
3.2.2 การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์.....17
3.2.3 การเตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต.....17
3.2.4 การสกัดแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบแดง.....17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง..... 18
3.3.1 การเตรียมสารละลายฟิล์มสีที่ความเข้มข้นแอนโทไซยานิน 10, 20 และ 30 %(v/v)..... 18
3.3.2 ศึกษาการทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์..... 18
3.3.2.1 ศึกษาความเข้มข้นของแอนโทไซยานิน..... 18
3.3.2.2 ศึกษาเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา..... 19
3.3.2.3 ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์..... 19
3.3.2.4 ศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตรวจวัด..... 20
3.3.2.4.1 สภาวะการตรวจวัดแบบเปียกและแบบแห้ง..... 20
3.3.2.4.2 สภาวะการตรวจวัดแบบแห้งปิดฝา..... 21
3.3.3 ศึกษาการทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต..... 22
3.3.3.1 ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต..... 22
3.3.3.2 ศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตรวจวัด..... 22
3.3.3.2.1 สภาวะการตรวจวัดแบบเปียกและแบบแห้ง..... 23
3.3.3.2.2 สภาวะการตรวจวัดแบบแห้งปิดฝา..... 23
3.3.4 การสร้างกราฟมาตรฐาน..... 24
3.3.4.1 ความเที่ยง..... 24
3.3.4.2 ขีดจำกัดของการตรวจพบ..... 25
3.3.4.3 ขีดจำกัดของการวิเคราะห์..... 25
3.3.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ..... 26
3.3.6 ศึกษาค่าร้อยละการคืนกลับ..... 26
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล..... 28
4.1 ผลการศึกษาการทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์..... 29
4.1.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นของแอนโทไซยานิน..... 29
4.1.2 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา..... 30
4.1.3 ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์..... 31
4.1.4 ผลการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตรวจวัด..... 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 ผลการศึกษาการทำปฏิกิริยากับโซเดียมคาร์บอเนต....33
4.2.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต....33
4.2.2 ผลการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตรวจวัด....34
4.2.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมระหว่างสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต....35
4.3 การสร้างกราฟมาตรฐาน....37
4.3.1 ความเที่ยง....38
4.3.2 ขีดจำกัดของการตรวจพบ....39
4.3.3 ขีดจำกัดของการวิเคราะห์....40
4.4 ค่าร้อยละการคืนกลับ....40
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ....40
5.1 สรุปผลการทดลอง....42
5.2 ข้อเสนอแนะ....42
เอกสารอ้างอิง....43
ภาคผนวก....45
ภาคผนวก ก....46
คำรับรองเล่มโครงงานพิเศษ....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 แสดงค่า Euclidean Distance ของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 200 - 800 ppm.....39

4.2 แสดงค่า yi, $\hat{y}_i$และ (yi - $\hat{y}_i$) ในการคำนวณขีดจำกัดของการตรวจพบ.....40

4.3 ตารางแสดงผลของการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและค่าร้อยละการคืนกลับ.....42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างแอนโทไซยานิน....4
2.2 โครงสร้างของแอนโทไซยานิน....5
2.3 ปฏิกิริยาการสลายตัวของ Pelargonidin-3- glucoside และ cyanidin 3-glucoside.... 6
2.4 โครงสร้างของแอมโมเนีย.... 7
2.5 ภาพวงจรสีของแสงแบบแม่สีหลักและแม่สีรอง....13
4.1 การเปลี่ยนแปลงสีของชุดทดสอบบนกระดาษที่เคลือบด้วยฟิล์มสีแอนโทไซยานิน.... 29
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับความเข้มข้นของสารละลายแอนโทไซยานิน %(v/v)....30
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับ เวลา (นาที)....31
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (โมลาร์)....32
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับสภาวะที่ใช้ในการตรวจวัด.... 33
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (โมลาร์).... 35
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับสภาวะที่ใช้ตรวจวัด.....36
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างความเข้มแสง (ED) ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.0 โมลาร์ และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 3.0 โมลาร์....37
4.9 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์.... 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันนี้ธุรกิจและกิจการทางด้านอุสาหกรรมมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จึงทำให้มีการก่อตั้งโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งบางอุตสาหกรรมมีการใช้งานแอมโมเนียเป็นวัตถุดิบในการผลิตต่าง ๆ ตัวอย่างของการนำแอมโมเนียไปใช้งานในอุตสาหกรรม อาทิ เช่น การนำแอมโมเนียมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรตและปุ๋ยยูเรียในโรงงานผลิตปุ๋ย การใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็นในอุตสาหกรรมห้องเย็น การใช้แอมโมเนียเป็นสารตั้งต้นในการทำกรดไนตริก การใช้แอมโมเนียในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบางชนิดและช่วยป้องกันการแข็งตัวของน้ำยางในอุตสาหกรรมน้ำยาง เป็นต้น ทั้งนี้ในอุตสาหกรรมที่มีการใช้งานแอมโมเนียอาจมีการทิ้งของเสียที่เกิดจากการผลิตลงสู่แม่น้ำ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของผู้อยู่อาศัยที่อาศัยติดอยู่กับแม่น้ำ แอมโมเนียเป็นแก๊สพิษที่ไม่มีสีแต่มีกลิ่นฉุนรุนแรง อีกทั้งยังสามารถละลายน้ำได้ดี หากร่างกายของมนุษย์ได้รับแอมโมเนียจากการสูดดมหรือการบริโภคแอมโมเนียที่สามารถละลายน้ำได้ดีนั้น เมื่อแอมโมเนียสัมผัสกับน้ำที่หล่อเลี้ยงเยื่อบุส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น เยื่อบุตา เยื่อบุจมูก เยื่อบุทางเดินหายใจ เป็นต้น แอมโมเนียจะทำปฏิกิริยากับน้ำที่หล่อเลี้ยงเยื่อบุและได้สารที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งจะกัดกร่อนและทำลายเนื้อเยื่ออ่อนของร่างกายได้ ในการวิเคราะห์แอมโมเนียนั้นสามารถวิเคราะห์ได้หลากหลายวิธี เช่น การวิเคราะห์แอมโมเนียโดยใช้วิธี Flow Injection Analysis (FIA) [1] การวิเคราะห์แอมโมเนียโดยใช้วิธี Gas phase molecular absorption spectrometer (GPMAS) [2] เป็นต้น ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีดังกล่าวอาจต้องมีการเตรียมตัวอย่างก่อนทำการทดสอบ ทำให้การทดสอบมีการใช้อุปกรณ์เครื่องมือที่ยุ่งยาก มีราคาแพง และผู้ทำการทดลองจำเป็นต้องมีความชำนาญในการใช้อุปกรณ์เหล่านั้น จึงไม่เหมาะสำหรับการวิเคราะห์แบบภาคสนามที่ต้องการทั้งความรวดเร็ว ความง่ายในการใช้งานและได้ผลการวิเคราะห์ที่แม่นยำ

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงคิดค้นและพัฒนาชุดทดสอบแอมโมเนียสำหรับการวิเคราะห์แบบภาคสนามที่สามารถระบุความเข้มข้นของสารตัวอย่างได้ด้วยการใช้ซับสเตรตที่ไม่ซับซ้อน คือ กระดาษกรอง โดยมีเป้าหมายของงานวิจัยคือ เพื่อศึกษาและพัฒนาชุดทดสอบบนกระดาษสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียและนำชุดทดสอบบนกระดาษที่พัฒนาขึ้นมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาแอมโมเนียในตัวอย่างน้ำ โดยใช้การเกิดปฏิกิริยาของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อตรวจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาแอมโมเนีย ทำการตรวจวัดโดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มที่เคลือบลงบนกระดาษกรอง โดยจะนำไปอังไว้บนปากขวดแก้วขนาดเล็กที่บรรจุสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ เมื่อสารทั้ง 2 ทำปฏิกิริยากันจะค่อย ๆ เกิดแก๊สแอมโมเนียขึ้นและระเหยขึ้นมากระทบกับกระดาษกรองที่เคลือบด้วยฟิล์มสี สีของฟิล์มจะค่อย ๆ เกิดการเปลี่ยนแปลงจากสีชมพูเป็นสีเหลืองอ่อน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาและพัฒนาชุดทดสอบบนกระดาษสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียและนำชุดทดสอบบนกระดาษที่พัฒนาขึ้นมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาแอมโมเนียในตัวอย่างน้ำ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมชุดทดสอบบนกระดาษกรองที่ถูกเคลือบด้วยฟิล์มสี สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนีย

1.3.2. ประเมินคุณลักษณะของวิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้น

1.3.3. ทดสอบวิธีวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียที่พัฒนาขึ้น โดยประยุกต์ใช้วิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียในตัวอย่างน้ำ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.4.1. สืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูล

1.4.2. วางแผนทำการทดลอง

1.4.3. จัดหาสารเคมี ตัวอย่าง อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1.4.4. ออกแบบชุดทดสอบบนกระดาษสำหรับตรวจวัดปริมาณแอมโมเนีย

1.4.5. ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมชุดทดสอบบนกระดาษ โดยใช้ฟิล์มสีเคลือบบนกระดาษกรอง สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนีย

1.4.6. ศึกษาความสามารถและประสิทธิภาพของชุดทดสอบบนกระดาษที่พัฒนาขึ้น

1.4.7. นำวิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาได้ไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียในตัวอย่างน้ำ

1.5ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ชุดทดสอบบนกระดาษเพื่อตรวจวัดปริมาณแอมโมเนียในตัวอย่างน้ำ

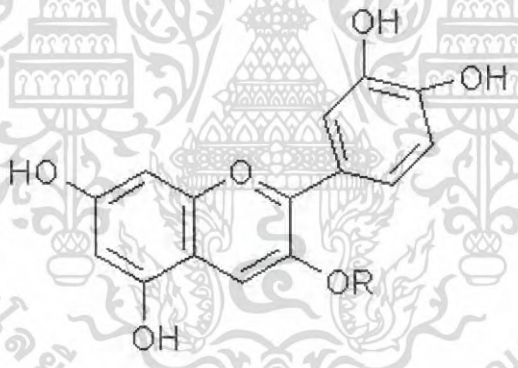
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) [3]

แอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นรงควัตถุหรือสารสี (pigment) ที่ให้สีแดง ม่วง และน้ำเงิน ใช้เป็นสารให้สี (coloring agent) ธรรมชาติในอาหาร สารสกัดแอนโทไซยานินมีสมบัติเป็นโภชนเภสัช (nutraceutical) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมอง

แอนโทไซยานิน (anthocyanin) จัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) กลุ่มพอลิฟีนอล (polyphenol) แอนโทไซยานินเป็นสารที่พบได้ทั่วไปในดอกไม้และผลไม้หลากหลายชนิดที่มีใบหรือลำต้นมีสีตั้งแต่สีแดงถึงน้ำเงินเข้มในสภาพที่เป็นกรดหรือมีค่า pH ต่ำกว่า 3 (เป็นกรดสูง) จะทำให้แอนโทไซยานินมีสีแดงในสภาพที่ค่อนข้างเป็นกลางหรือมีค่า pH ประมาณ 7-8 แอนโท-ไซยานินจะมีสีม่วงและเมื่อสภาพเป็นเบสหรือมีค่า pH มากกว่า 11 (เป็นเบสสูง) แอนโทไซยานินจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน โครงสร้างของแอนโทไซยานิน แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างแอนโทไซยานิน [4]

ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานิน

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานิน ได้แก่ โครงสร้างทางเคมีและองค์ประกอบของแอนโทไซยานิน ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ แสง และการรวมตัวกับสารอื่น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. โครงสร้างทางเคมี

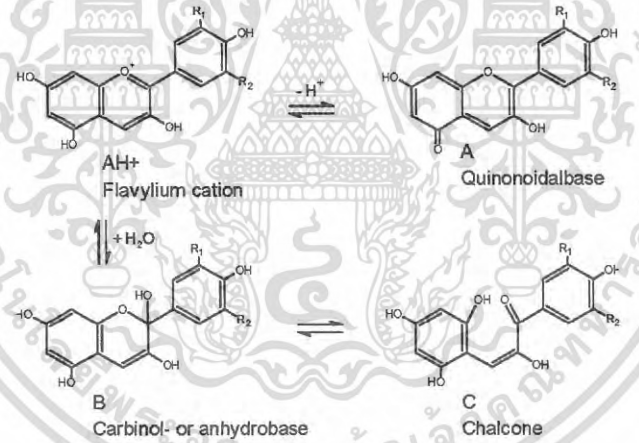
ความคงตัวของแอนโทไซยานินขึ้นอยู่กับธรรมชาติและจำนวนของน้ำตาลที่ใกล้กับฟลาวิลเลียมไอออนและจำนวนของกรดที่เชื่อมต่อกับไกลโคซิลิก รวมทั้งเกี่ยวข้องกับจำนวนและตำแหน่งในการแทนที่ฟลาวิลเลียมไอออนของไฮดรอกซิลและเมทอกซิล ตัวอย่างเช่น 3-deoxy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

anthocyanins ที่มีสีเหลืองเนื่องจากการดีไฮดรอกซีเลชัน (dehydroxylation) ของคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ทำให้มีความเสถียรมากกว่า 3-hydroxy anthocyanins ที่มีสีแดง หากโครงสร้างในส่วนของวงแหวนฟีนิลมีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลหรือหมู่เมทอกซิลเพิ่มขึ้นจะมีผลต่อแอนโทไซยานิน ยกตัวอย่างเช่น การเพิ่มหมู่ไฮดรอกซิลให้มากขึ้นจะทำให้มีสีเข้มขึ้นและสีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินมากขึ้นและการเพิ่มหมู่เมทอกซิลแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง 3' และ 5' จะทำให้มีสีแดงเพิ่มขึ้น

2. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ในสารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด เป็นกลาง และเป็นเบส โครงสร้างของแอนโทไซยานินจะมีการเปลี่ยนแปลงได้ 4 รูปแบบ คือ quinonoidal, flavylium cation, carbinol หรือ pseudobase และ chalcone (ดังรูปที่ 2.2) เมื่อ pH สูงขึ้นทำให้ความเข้มของสี และความเข้มข้นของ flavylium cation ลดลง ส่งผลให้โครงสร้างของแอนโทไซยานินเปลี่ยนจาก flavylium cation ซึ่งมีสีแดงในสารละลายที่เป็นกรดไปเป็น carbinol ซึ่งไม่มีสี และเมื่อค่า pH สูงขึ้นต่อไปอีกทำให้ carbinol เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ chalcone ซึ่งไม่มีสีส่งผลให้เกิดการเปิดออกของวงแหวน สารละลายที่มีสมบัติเป็นเบสอ่อน pH ประมาณ 9 แอนโทไซยานินจะมีสีม่วงเข้มเกือบดำ และที่ pH มากกว่าหรือเท่ากับ 11 แอนโทไซยานินมีโครงสร้างเป็นแบบ blue quinoidal ซึ่งมีสีน้ำเงิน



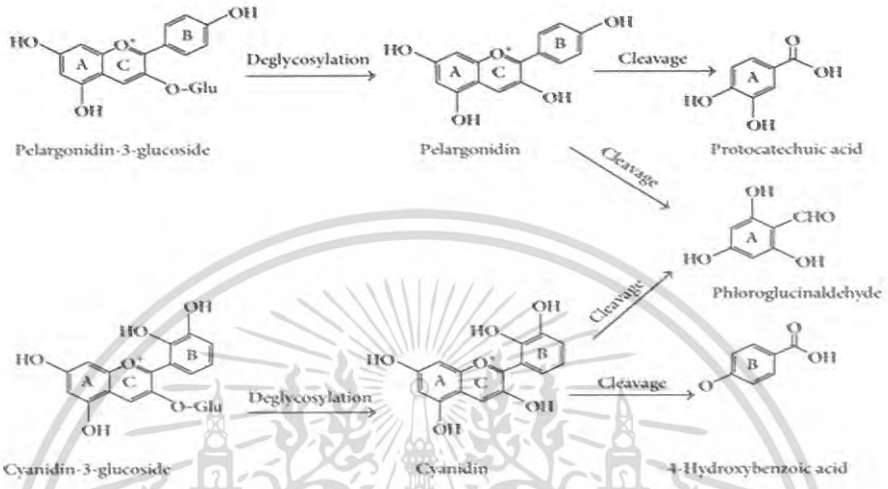
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของแอนโทไซยานิน 4 รูปแบบ [5]

3. อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินโดยอัตราการเสื่อมสลายของแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นระหว่างการะบวนการที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น และมีรายงานว่า cyanidin 3-glucoside และ cyaniding 3-rutinoside จะสลายตัวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสในสารละลายกรดอ่อน (pH 1-4) ทั้งสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน มีรายงานว่าอัตราการสลายตัวของแอนโทไซยานินในน้ำส้มคั้นที่ผลิตจากส้มพันธุ์ Moro จะเพิ่มเป็น 2 เท่าเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส และการสลายตัวของแอนโทไซยานินจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการแปรรูปสูงขึ้น ทั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการเปิดออกของวงแหวน pyrylium ในโครงสร้างของแอนโทไซยานินทำให้แอนโทไซยานินเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ chalcone และการสลายตัวของอะไกลโคน เป็นขั้นแรกของการสลายตัวของสารแอนโทไซยานิน และอาจเกิดการแตกสลายเป็นอนุพันธ์ coumarin รวมถึงอาจเกิดการสลายตัวหรือเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่น (polimerization) และเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้ ปฏิกิริยาการรวมตัวแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยาการสลายตัวของ Pelargonidin-3- glucoside และ cyanidin 3-glucoside [6]

4. แสง

การสลายตัวของแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการสัมผัสกับแสง โดยกลไกการสลายตัวของแอนโทไซยานินจะเกิดขึ้นจากเมื่อแอนโทไซยานินสัมผัสกับแสงทำให้ไอออนเข้าไปแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลของคาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ในโมเลกุลแอนโทไซยานินทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโทไซยานินและเป็นตัวเร่งให้เกิดการสลายตัวของสารแอนโทไซยานินจากความร้อน

5. ออกซิเจน

ออกซิเจนมีผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานิน โดยมีแนวโน้มในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณของก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ hydrogen peroxide ทำให้พันธะคู่ (conjugate bond; พันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว) ของวงแหวน pyrylium หายไปส่งผลให้แอนโทไซยานินไม่มีสีและเกิดเป็นอนุพันธ์ของ coumarin

6. การรวมตัวกับสารอื่น

การเกิดปฏิกิริยาของแอนโทไซยานินกับสารประกอบอื่นซึ่งไม่มีสี ส่งผลให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนขึ้น โดยสามารถเกิดได้ 4 รูปแบบ คือ การเกิดปฏิกิริยาระหว่างแอนโทไซยานินกับสารอื่น (intermolecular copicmentation) เช่น ฟลาโวนอยด์ อัลคาลอยด์ กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ นิวคลีโอไทด์ และโพลีแซคคาไรด์ โดยพันธะเคมีที่เกิดขึ้นเป็น hydrogen bonding การเกิดปฏิกิริยาขึ้นภายในโมเลกุลของแอนโทไซยานิน (intramolecular copicmentation) ระหว่างส่วนที่เป็นแอนโท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไซยานินกับกรดอินทรีย์โดยพันธะโควาเลนต์ การเกิดปฏิกิริยาของแอนโทไซยานินกับไอออนของโลหะ (metal copicmentation) และการเกิดปฏิกิริยาของแอนโทไซยานินด้วยกันในสภาวะที่มีความเข้มข้นของแอนโทไซยานินสูง (self-association) ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานินที่อยู่ในรูปของ flavylium cation และเพิ่มความคงตัวของ flavylium cation ให้มีสีแดงเข้ม

2.2 แอมโมเนีย (Ammonia) [7]

แอมโมเนีย เป็นสารเคมีชนิดหนึ่งซึ่งถือเป็นสารประกอบ ใน 1 โมเลกุลของแอมโมเนียประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน (N) 1 อะตอม และไฮโดรเจน (H) 3 อะตอม และมีสูตรทางเคมีคือ NH_3

โมเลกุลของแอมโมเนียไม่แบนราบ แต่จะมีลักษณะถูกอัดเป็นทรงสี่หน้า (tetrahedron) หรือเรียกว่าพีระมิดฐานสามเหลี่ยม ซึ่งเป็นข้อสมมติฐานของทฤษฎี VSERP รูปร่างโมเลกุลลักษณะนี้โดยรวมจะมีลักษณะเป็นไดโพล (dipole) และทำให้มันเป็นขั้ว ดังนั้นแอมโมเนียจึงละลายในน้ำได้ดีมาก อะตอมไนโตรเจนในโมเลกุลจะมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (lone electron pair) และทำให้แอมโมเนียมีฤทธิ์เป็นเบสในสารละลายน้ำ (aqueous solution) ที่เป็นกรดหรือเป็นกลาง สามารถมีพันธะกับไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) ปลดปล่อยโมเลกุลของน้ำ (H_2O) แล้วเกิดเป็นประจุบวกของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ซึ่งรูปร่างปกติทรงสี่หน้า การที่แอมโมเนียจะเกิดเป็นแอมโมเนียมไอออนจะขึ้นอยู่กับ pH ของสารละลาย โครงสร้างของแอมโมเนีย แสดงในรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 โครงสร้างของแอมโมเนีย [8]

แอมโมเนียจัดเป็นก๊าซพิษชนิดหนึ่ง ไม่มีสีแต่มีกลิ่นฉุนรุนแรง สูตรทางเคมีคือ NH_3 จุดเดือด -33.35 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลว -77.7 องศาเซลเซียส มีมวลโมเลกุล 17.03 เป็นก๊าซที่เบากว่าอากาศเนื่องจากความหนาแน่นไอเท่ากับ 0.58 เมื่อเทียบกับความหนาแน่นไอของอากาศเท่ากับ 1 เนื่องจากก๊าซชนิดนี้มีจุดเดือดที่ต่ำกระบวนการทางอุตสาหกรรมจึงนิยมนำก๊าซชนิดนี้มาใช้เป็นสารนำความเย็นในระบบทำความเย็นโดยเฉพาะโรงงานทำน้ำแข็งและอุตสาหกรรมห้องเย็น ก๊าซแอมโมเนียให้ประสิทธิภาพสูงกว่า ราคาถูกกว่า และไม่ทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศเมื่อเทียบกับสารทำความเย็นคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC) ชนิดอื่น ๆ ข้อเสียก็คือ ก๊าซแอมโมเนียจัดเป็นแก๊สมลพิษที่มีบทบาทสำคัญในการเร่งปรากฏการณ์ยูโทฟิเคชั่น (Eutrophication) ของระบบนิเวศน์ โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่นคือ ปรากฏการณ์ที่ทำให้พืชจำพวกสาหร่ายและวัชพืชเจริญเติบโตมากกว่าปกติจากการที่แหล่งน้ำได้รับธาตุอาหารจำพวกไนเตรทและฟอสเฟตมากเกินไป พืชเหล่านั้นจะปกคลุมผิวน้ำทำให้น้ำขาดออกซิเจนและในที่สุดทำให้น้ำเน่าเสียสร้างความเสียหายให้กลับระบบนิเวศน์

คุณสมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมี

1. มีฤทธิ์กัดกร่อน และเป็นด่างสูง สารละลายแอมโมเนียความเข้มข้น 1.0 N มี pH 11.6 สารละลายแอมโมเนียความเข้มข้น 0.1 N มี pH 11.1

2. สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำ เกิดแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์และให้ความร้อน (Exothermic)

3. เกิดการสลายตัวเมื่อได้รับความร้อน พร้อมเกิดละอองฟูมกัดกร่อน (Corrosive fume of ammonia) และก๊าซพิษออกไซด์ของไนโตรเจน

4. สามารถทำปฏิกิริยากัดกร่อนโลหะตะกั่ว ดีบุก ทองแดง อลูมิเนียม สังกะสี เหล็ก หรือโลหะผสมทองแดง เช่น ทองเหลือง ได้

5. สามารถทำปฏิกิริยากับสารออกซิไดซ์ เช่น เงิน ปรอท โบรอน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แคลเซียม จนทำให้เกิดการลุกไหม้ และระเบิดรุนแรง

6. สามารถติดไฟได้เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดไนตริก และระเบิดได้ในที่อับอากาศเมื่อมีการติดไฟ

7. สามารถทำปฏิกิริยารุนแรงกับเอไมด์ และกรดได้

8. แอมโมเนียทำปฏิกิริยากับยาง พลาสติก และสารเคลือบผิว ทำให้เกิดปูดบวมและหมดสภาพสารได้

พิษของแอมโมเนีย

1. พิษต่อสุขภาพ

- แอมโมเนียมีฤทธิ์กัดกร่อน และทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังที่สัมผัส
- หากสูดดมเพียงเล็กน้อยจะทำให้น้ำตาไหล
- หากสูดดมมากจะออกฤทธิ์กระตุ้นหัวใจ เสี่ยงต่อหัวใจวายได้ง่าย
- การสูดดมเข้าระบบทางเดินหายใจจะทำให้เกิดการระคายเคืองเนื้อเยื่อ มีอาการแสบร้อน
- การสัมผัสกับแอมโมเนียเข้มข้นทำให้เกิดเวียนศีรษะ ตาลาย และเกิดอาการทางระบบประสาทส่วนกลาง

ผลการสัมผัสแอมโมเนียของมนุษย์

- ความเข้มข้น 5 ppm : บางคนอาจสัมผัสกลิ่นได้
- ความเข้มข้น 25 ppm : บางคนอาจสัมผัสกลิ่นได้ สามารถทำงานได้ตลอด 8 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเข้มข้น 35 ppm : คนส่วนใหญ่อาจสัมผัสกลิ่นได้ สามารถทำงานได้ในระยะสั้น 15 นาที

- ความเข้มข้น 50 - 100 ppm : คนส่วนใหญ่อาจสัมผัสกลิ่นได้ ไม่ส่งผลกระทบร้ายแรงต่อร่างกาย ระคายเคืองเล็กน้อย ไม่อนุญาตให้สัมผัสเป็นเวลานาน

- ความเข้มข้น 400 ppm : ระคายเคืองปานกลางต่อตา จมูก และลำคอ หากสัมผัสที่ 0.5-1 ชั่วโมง ยังไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้บาดเจ็บรุนแรง

- ความเข้มข้น 1,000 - 2,000 ppm : ทำให้ระคายเคือง และไออย่างรุนแรง มีอาการแสบที่ตา จมูก และลำคอ สามารถทำลายเนื้อเยื่อตา จมูก อวัยวะในระบบทางเดินหายใจ หากสัมผัสนาน 30 นาที

- ความเข้มข้น 3,000 - 4,000 ppm : ทำให้ระคายเคือง และไออย่างรุนแรง มีอาการแสบที่ตา จมูก และลำคอ สามารถทำให้เสียชีวิตได้ใน 30 นาที

- ความเข้มข้น 5,000 - 12,000 ppm : เกิดการหดเกร็งของกล้ามเนื้อหัวใจ เกิดภาวะขาดออกซิเจนอย่างเฉียบพลัน สามารถทำให้เสียชีวิตได้ในไม่กี่นาที

2. พิษแอมโมเนียต่อสิ่งแวดล้อม

- หากลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำสูงขึ้น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ลดลง ห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศเปลี่ยนแปลง

- หากมีการปนเปื้อนในอากาศจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบกลุ่มไนโตรเจน NO_x และละอองไอแอมโมเนียมีฤทธิ์กัดกร่อนโลหะได้

3. พิษแอมโมเนียต่อสัตว์ และสัตว์น้ำ

แอมโมเนียที่พบในแหล่งน้ำจะเกิดจากการย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจน ปุ๋ย และเศษอาหาร จนกลายเป็นแอมโมเนียอิสระ (NH_3) และแอมโมเนียไอออน (NH_4^+) เรียกว่า Ammonification ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตแอมโมเนียในแหล่งน้ำ โดยปกติแอมโมเนียในน้ำ จะหมายถึง แอมโมเนียทั้งหมด (Total Ammonia) คือ ผลรวมของแอมโมเนียอิสระ (NH_3) และแอมโมเนียไอออน (NH_4^+) มีสมดุลเคมีดังนี้

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

แอมโมเนียอิสระเป็นรูปที่เป็นพิษมากกว่าแอมโมเนียไอออน ซึ่งเป็นรูปที่ไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ สัตว์น้ำส่วนใหญ่เมื่อสัมผัสกับแอมโมเนียอิสระ 1 ถึง 2 มิลลิกรัม/ลิตร นาน 1 ชั่วโมง มักทำให้สัตว์น้ำตายอย่างเฉียบพลัน เนื่องจากระดับแอมโมเนียในกระแสเลือดและเนื้อเยื่อสูงขึ้น ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในเลือดจึงสูงขึ้น ส่งผลต่อปฏิกิริยาชีวเคมีทำงานผิดปกติ ลดความสามารถในการลำเลียงออกซิเจน และทำให้เสียชีวิตในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เครื่องสแกน [9]

เครื่องสแกนเป็นอุปกรณ์นำเข้าข้อมูลประเภทที่ไม่สะดวกในการป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ทางคีย์บอร์ดได้ เช่น ภาพโลโก้ วิวทิวทัศน์ ภาพถ่ายรูปคน สัตว์ ฯลฯ เราสามารถใช้เครื่องสแกนทำการสแกนภาพเพื่อแปลงเป็นข้อมูลเข้าไปสู่เครื่องได้โดยตรง หน่วยประมวลผลจะนำข้อมูลที่ได้รับมานั้นแสดงเป็นภาพให้ปรากฏอยู่บนจอภาพ เพื่อนำมาแก้ไขสี รูปร่าง ตัดแต่ง และนำภาพไปประกอบงานพิมพ์อื่น ๆ ได้

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องสแกน คือ แหล่งกำเนิดแสงซึ่งจะทำหน้าที่ฉายแสงไปที่กระดาษที่วางอยู่บนกระจก พื้นที่สีขาวที่ฝาปิดจะช่วยให้การสะท้อนของแสงดีขึ้น เมื่อเครื่องสแกนทำงาน มอเตอร์จะขับเคลื่อนหัวสแกนผ่านใต้กระดาษ ในระหว่างที่เคลื่อนที่นี้หัวแสกนจะจับแสงที่สะท้อนมาจากแต่ละพื้นที่ของกระดาษด้วย ซึ่งพื้นที่นี้จะมีขนาดประมาณ 1/90,000 ตารางนิ้ว แสงจากกระดาษจะสะท้อนผ่านระบบกระจกเพื่อทำให้ลำแสงนั้นได้ไปในทิศทางที่เหมาะสมไปยังเลนส์ เลนส์จะรวมแสงเพื่อไปผ่านไดโอดแสง เพื่อแปลงข้อมูลแสงนี้ให้อยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้า ถ้ามีแสงผ่านไปที่ไดโอดมากปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ได้ก็จะมากขึ้น

ถ้าเป็นเครื่องสแกนแบบสี แสงที่สะท้อนนี้จะผ่านไปยังฟิลเตอร์แดง เขียว หรือน้ำเงินที่อยู่หน้าไดโอด ADC จะเก็บข้อมูลอนาล็อกแต่ละส่วนนี้ไว้ ซึ่งข้อมูลแต่ละส่วนนี้เรียกว่า พิกเซล ซึ่งในความยาวหนึ่งนิ้วจะประกอบด้วยพิกเซลประมาณ 300 - 1,200 พิกเซล

รูปแบบการเก็บข้อมูล มีหลายระบบ เช่น 1 บิต 8 บิต และ 24 บิต โดยถ้าเป็นข้อมูลแบบ 1 บิต จะใช้สำหรับเก็บข้อมูลต่อพิกเซล 2 สถานะ คือ 1 และ 0 ซึ่งจะแสดงสีได้เฉพาะขาวกับดำ แต่ถ้าเป็น 8 บิต จะใช้ความแตกต่างของสีถึง 256 ระดับ การรวมแม่สีมีเทคนิคที่เรียกว่า dithering ซึ่งจะแสดงสีได้ไม่เหมือนกับความจริงที่เรามองเห็นได้ สำหรับระบบ 24 บิต จะให้ภาพที่มีสีใกล้เคียงจริงมากที่สุด เรียกว่า photo-realistic โดยจะแบ่ง 24 บิต เป็น 3 ส่วน คือ แดง, เขียว, น้ำเงิน ส่วนละ 8 บิต เมื่อรวมทั้ง 3 ส่วนเข้ากันแล้วจะสามารถแสดงสีได้ถึง 16.7 ล้านสี

การอ่านภาพสี CCD ของเครื่องอ่านภาพ จะมีการประมวลผลโดยอาศัยโครงสร้างของแม่สี 3 สี คือ แดง เขียว และน้ำเงิน ในทางเทคนิคจะเรียกว่า RGB ในโครงสร้างสีแบบ RGB นี้แต่ละสีที่เกิดขึ้นจะประกอบด้วยแม่สีทั้ง 3 สีรวมอยู่ด้วยกันในค่าที่ต่างกันไป สีดำเกิดขึ้นจากการไม่มีแสงสีขาวในทำนองเดียวกันสีขาวก็เกิดจากแสงแม่สีทั้ง 3 อยู่ในระดับสูงสุดเท่าๆ กัน (100 เปอร์เซ็นต์ของ RGB) และระดับแสงเท่า ๆ กันของทั้ง 3 แม่สีจะเกิดแสงสีเทา (gray scale)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทของภาพที่เกิดจากการสแกน แบ่งเป็นประเภทดังนี้

1. ภาพ Single Bit

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

- Line Art ได้แก่ภาพที่มีส่วนประกอบเป็นภาพขาวดำ ตัวอย่างของภาพพวกนี้ ได้แก่ ภาพที่ได้จากการสเก็ต

- Halftone ภาพพวกนี้จะให้สีที่เป็นโทนสีเทามากกว่า แต่โดยทั่วไปยังถูกจัดว่าเป็นภาพประเภท Single-bit เนื่องจากเป็นภาพหยาบ ๆ

2. ภาพ Gray Scale

ภาพพวกนี้จะมีส่วนประกอบมากกว่าภาพขาวดำ โดยจะประกอบด้วยเฉดสีเทาเป็นลำดับขั้น ทำให้เห็นรายละเอียดด้านแสง-เงา ความชัดลึกมากขึ้นกว่าเดิมภาพพวกนี้แต่ละพิกเซลหรือแต่ละจุดของภาพอาจประกอบด้วยจำนวนบิตมากกว่า ต้องการพื้นที่เก็บข้อมูลมากขึ้น

3. ภาพสี

หนึ่งพิกเซลของภาพสีนั้นประกอบด้วยจำนวนบิตมหาศาลและใช้พื้นที่เก็บข้อมูลมาก ความสามารถในการสแกนภาพออกมาได้ละเอียดขนาดไหนนั้นขึ้นอยู่กับว่าใช้เครื่องสแกนขนาดความละเอียดเท่าไร

4. ตัวหนังสือ

ตัวหนังสือในที่นี้ ได้แก่ เอกสารต่าง ๆ เช่น ต้องการเก็บเอกสารโดยไม่ต้องพิมพ์ลงในแฟ้มเอกสารของเวิร์ดโปรเซสเซอร์ ก็สามารถใช้เครื่องสแกนทำการสแกนเอกสารดังกล่าวและเก็บไว้เป็นแฟ้มเอกสารได้ นอกจากนี้ด้วยเทคโนโลยีปัจจุบันสามารถใช้โปรแกรมที่สนับสนุน OCR (Optical Characters Recognize) มาแปลงแฟ้มภาพเป็นเอกสารดังกล่าวออกมาเป็นแฟ้มข้อมูลที่สามารถแก้ไขได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ระบบสี RGB [10]

RGB ย่อมาจาก red green และ blue คือระบบสีของแสง เกิดจากการหักเหของแสงกลายเป็นสีรุ้งด้วยกัน 7 สี ซึ่งเป็นช่วงแสงที่ตาของคนเราสามารถมองเห็นได้ แสงสีม่วงจะมีความถี่สูงสุดเรียกว่าอัลตราไวโอเลต และแสงสีแดงจะมีความถี่ต่ำสุดเรียกว่าอินฟาเรด คลื่นแสงที่มีความถี่สูงกว่าสีม่วงและต่ำกว่าสีแดงนั้น สายตาของมนุษย์ไม่สามารถรับได้ แสงสีทั้งหมดเกิดจากแสงสี 3 สี คือ สีแดง (Red) สีน้ำเงิน (Blue) และสีเขียว (Green) ทั้งสามสีถือเป็นแม่สีของแสง ซึ่งแต่ละแม่สีเมื่อรวมกันก็จะได้สี ดังนี้

สีแดง+สีเขียว ได้ สีเหลือง Yellow

สีเขียว+น้ำเงิน ได้ สีฟ้า Cyan

สีแดง+สีน้ำเงิน ได้ สีแดงอมชมพู Magenta

ระบบสีแบบ RGB เป็นระบบสีที่ประกอบด้วยแม่สี 3 สีคือ แดง (Red) เขียว (Green) และน้ำเงิน (Blue) ในสัดส่วนความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาผสมกันทำให้เกิดสีต่าง ๆ บนจอคอมพิวเตอร์ได้มากถึง 16.7 ล้านสี ซึ่งใกล้เคียงกับสีที่ตาเรามองเห็นได้โดยปกติ และจุดที่สีทั้งสามสีรวมกันจะกลายเป็นสีขาว นิยมเรียกการผสมสีแบบนี้ว่าแบบ “Additive” หรือการผสมสีแบบบวก ซึ่งเป็นการผสมสีขั้นที่ 1 หรือถ้านำเอา Red Green Blue มาผสมครั้งละ 2 สี ก็จะทำให้เกิดสีใหม่ แสงสี RGB มักจะถูกใช้สำหรับการส่องสว่างทั้งบนจอทีวีและจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งสร้างจากการให้กำเนิดแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ทำให้สีดูสว่างกว่าความเป็นจริง

ระบบสี RGB จะมีการแสดงผลออกมาเป็นรูปแบบการรับแสงและแสดงผลด้วยแสงที่เป็นแม่สี ได้แก่ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน ซึ่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นจอภาพ เครื่องสแกน กล้องดิจิตอล หรือดวงตาคนเราล้วนแต่รับและแปลผลเป็นสีต่าง ๆ ด้วยแสงเหล่านี้ ตัวอย่างการงานที่เหมาะกับการใช้ระบบสี RGB เช่น ในการออกแบบ web site, Blog เหล่า Web Design จะใช้ระบบสี RGB เพื่อให้ได้ภาพที่เมื่อแสดงผลบนหน้าจอแล้วมีความสวยงามใกล้เคียงกับสีที่ตาเรามองเห็นปกติ ส่วนในงานสิ่งพิมพ์จะนิยมใช้ระบบสี CMYK เพราะเป็นระบบสีที่ใช้กับเครื่องพิมพ์ ดังนั้นเมื่อเราต้องการพิมพ์ภาพ จึงควรตั้งค่าภาพนั้นให้เป็นระบบสี CMYK ก่อนพิมพ์เพื่อให้ภาพที่ได้สีไม่ผิดเพี้ยนไป เพราะหากเรานำภาพที่เป็นระบบสี RGB ไปพิมพ์ปกติ โดยไม่มีการแปลงให้เป็นระบบสี CMYK เสียก่อน ภาพที่ได้จะมีสีที่ผิดเพี้ยนไป วงจรสีของแสงแบบแม่สีหลักและแม่สีรองของภาพ RGB แสดงดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 ภาพวงจรสีของแสงแบบแม่สีหลักและแม่สีรอง [11]

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสกัดแอนโทไซยานิน

บุศรารัตน์ สายเชื้อ [12] ศึกษาวิธีการสกัดแอนโทไซยานินจาก กลีบกระเจี๊ยบแดง โดยการทำแห้งสารละลายสกัดแอนโทไซยานินแบบเยือกแข็ง ในขั้นตอนแรกได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแอนโทไซยานินจากกลีบกระเจี๊ยบแดง พบว่าชนิดของตัวทำละลายและ pH ที่เหมาะสมคือ น้ำ เอทานอล (1:1) ปรับ pH เป็น 2.5 ด้วยกรดไฮโดรคลอริค อัตราส่วนระหว่างปริมาณกลีบกระเจี๊ยบแดงต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 ขั้นตอนต่อมาศึกษาการทำแห้งแบบเยือกแข็งสารละลายสกัดแอนโทไซยานิน จากการศึกษาพบว่าสีแอนโทไซยานินทำแห้งแบบเยือกแข็งที่ใส่ trehalose และ maltodextrin ที่ระดับความเข้มข้น 2 และ 3% (w/v) เป็น stabilizer มีค่าร้อยละปริมาณแอนโทไซยานินคงเหลือหลังการทำแห้ง และค่า Degradation Index (DI) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม

สุวิชา ดีหะสิงห์ [13] ได้ศึกษาการสกัดสารแอนโทไซยานินในลูกหว้าโดยใช้สารละลายสกัด 3 ชนิด คือ 0.1% methanolic HCOOH, conc. HCl ในเมทานอล และ 0.5% HCl ในเมทานอล และอัตราส่วนลูกหว้าต่อสารละลายสกัดเท่ากับ 1:5 พบว่า การใช้ conc. HCl ในเมทานอล สกัดเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิห้องให้ผลการสกัดดีที่สุด และการใช้ sep-pak C18 ทำให้สารสกัดจากลูกหว้าบริสุทธิ์ยิ่งขึ้น สามารถกำจัดน้ำตาล ไขมัน และสารโพลีฟีนอลชนิดอื่น ๆ ออกไปได้ จากการตรวจสอบสารสกัดนี้ด้วย UV-VIS spectrophotometer พบว่ามีความยาวคลื่นสูงสุด (λmax) ที่ 530 nm จาก IR spectrogram แสดง functional group สอดคล้องกับ functional group ที่พบในสารแอนโทไซยานิน และจาก HPLC chromatogram พบว่ามีแอนโทไซยานินอย่างน้อย 3 ชนิด โดยมีค่า retention time ที่ 62.34, 66.23 และ 77.71 นาที ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นันทิยา วงศ์แสงตา และคณะ [14] ได้ศึกษาการสกัดแยกแอนโทไซยานินจากดอกอัญชันสีน้ำเงินโดยวัดปริมาณแอนโทไซยานินรวม ซึ่งจะใช้วิธีการของ AOAC และตรวจสอบเชิงคุณภาพโดยใช้คอลัมน์โครมาโตกราฟีเหลวและ UV-VIS spectrophotometer พบว่าสัดส่วนระหว่างปริมาณตัวอย่างกับตัวทำละลายที่ใช้สกัดมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินรวมจึงกำหนดให้คงที่ในการทดลองนี้ กลีบดอกสดให้ปริมาณแอนโทไซยานินรวม 0.24 ± 0.02 mg/g ซึ่งสูงกว่าดอกสดทั้งดอก (0.15 ± 0.04 mg/g) อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลีบดอกแห้งเมื่อเทียบน้ำหนักกับตัวอย่างแห้ง กลีบดอกแห้งที่เก็บไว้เป็นเวลา 1 ปีในภาวะป้องกันแสงอากาศและความชื้นให้ปริมาณแอนโทไซยานินรวมไม่แตกต่างจากกลีบดอกสดเมื่อเทียบน้ำหนักตัวอย่างแห้ง ($p < 0.05$) ชนิดและพีเอชของตัวทำละลายที่ใช้สกัดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเชิงคุณภาพของสารที่สกัดแอลกอฮอล์ที่มีค่าพีเอชต่ำกว่า 2 ช่วยคัดแยกแอนโทไซยานินได้ ผลการศึกษานี้เป็นส่วนช่วยในการกำหนดมาตรฐานเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของวิธีการสกัดแอนโทไซยานินจากดอกอัญชัน

X. Zhai and team [15] ได้ศึกษาและพัฒนาวิธีวิเคราะห์โดยใช้ฟิล์มสีที่พัฒนาขึ้นในการตรวจสอบความสดของปลา โดยจะใช้แป้งและโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (SPVA) ผสมกับแอนโทไซยานินที่สกัดได้จากกระเจี๊ยบแดง (RACNs) ในการตรวจสอบ ขั้นตอนแรก ทำการสกัดแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบแห้ง ขั้นตอนที่สอง เตรียมสารละลายแป้งและโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (SPVA) โดยใช้อัตราส่วน 2:1 (starch/PVA) ขั้นตอนที่สาม เตรียมฟิล์มสีโดยการเติม 30, 60 และ 120 mg RACNs/100 g starch ลงในสารละลาย SPVA จากนั้นนำสารที่ได้ไปตรวจวัดด้วย SEM เพื่อดูผลึกของโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ พบว่าผลึกมีแนวโน้มลดลงขณะเกิดกระบวนการขึ้นรูปฟิล์มและพบอีกว่าแป้งและโพลีไวนิลแอลกอฮอล์มีการเข้ากันได้ดีเนื่องจากได้มีการเติมแอนโทไซยานินลงไปทำให้เกิดการยึดตัวของฟิล์มสีที่เพิ่มขึ้น ฟิล์มสีที่มีการเติมแอนโทไซยานินความเข้มข้นต่ำพบว่ามีความไวต่อแอมโมเนียมาก งานวิจัยนี้จะทำการทดลองโดยใช้แอปพลิเคชันเพื่อตรวจสอบความสดของปลา ฟิล์มสีเหล่านี้สามารถใช้ตรวจสอบความสดของปลาได้แบบเรียลไทม์สำหรับปลาที่บรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ

2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์หาแอมโมเนียในน้ำ

K. Sasaki and y. Sawada [16] ได้ศึกษาการวิเคราะห์หาแอมโมเนียด้วยวิธี phenol-hypochlorite แอมโมเนียในสารละลายที่เป็นด่างจะทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮโปคลอไรท์และฟีนอล โดยมีโซเดียมไนโตรปรัสไซด์เป็นตัวเร่งปฏิริยาได้สารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำเงิน (indophenol blue) molar absorptivity ของอินโดฟีนอลบลูมีค่าประมาณ 20,000 ดังนั้นแอมโมเนียความเข้มข้น 0.035 mg-N/L เมื่อวัดด้วยคิวเวทท์กว้าง 1 เซนติเมตร จึงมีค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.045 วิธีนี้มี ขีดจำกัดการตรวจวัดประมาณ 0.0014 mg-N/L และสามารถวิเคราะห์หาแอมโมเนียได้สูงสุดถึง 2.1 mg-N/L แต่จากกฎของ Beer-Lambert วัดความเข้มข้นของแอมโมเนียได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงสุดเพียง 0.56 mg-N/L (มีค่าการดูดกลืนแสง 0.80 เมื่อวัดด้วยคิวเวทท์ 1 เซนติเมตร) ค่าแอมโมเนียที่วิเคราะห์ได้จะรวมทั้งในรูปที่มีประจุและไม่มีประจุ (NH_4^+ และ NH_3)

Y.D. Cho and team [17] ได้ศึกษาและพัฒนาวิธีวิเคราะห์หาแอมโมเนียในแหล่งน้ำเพื่อช่วยรักษาคุณภาพน้ำและรักษาสิ่งแวดล้อม ถึงแม้ว่าจะมีหลายวิธีที่สามารถใช้วิเคราะห์หาแอมโมเนียได้ เช่น การใช้เครื่อง spectrophotometry แต่การใช้เครื่องมือนั้นต้องมีการเตรียมสารตัวอย่างที่ซับซ้อนและต้องมีความชำนาญในการใช้ ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาหาวิธีวิเคราะห์แบบใหม่สำหรับการหาปริมาณแอมโมเนียในตัวอย่างน้ำ ซึ่งใช้หลักการการระเหยของแอมโมเนียในการตรวจวัด โดยจะใช้วิธีการตรวจวัดด้วยสีในการตรวจหาแก๊สแอมโมเนีย ทำได้โดยการสร้างสี blue indophenol บนกระดาษที่มีรูพรุน การใช้งานจะใช้ภายใต้สภาวะที่มีความชื้นสูง โดยจะเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างรีเอเจนต์ Berthelot และแอมโมเนีย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีของกระดาษนี้จะเปลี่ยนแปลงภายใน 10 นาทีและสามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าสำหรับสารละลายแอมโมเนียปริมาตร 10 mg/L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
การดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

3.1.1 สารเคมี

1. กระเจี๊ยบแดงแห้ง (ตลาดหัวตะเข้, กรุงเทพมหานคร)
2. เอทานอล (95%Ethanol (C_2H_5OH); A.R. grade – Carlo erba, Canada)
3. น้ำปราศจากไอออน (Deionzed water (H_2O) – Milli Q)
4. แป้งมันสำปะหลัง (ตลาดหัวตะเข้, กรุงเทพมหานคร)
5. พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl Alcohol $(C_2H_4O)_x$; A.R. grade – Carlo erba, Canada)
6. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide (NaOH); A.R. grade – Carlo erba, Canada)
7. โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate (Na_2CO_3); A.R. grade – Carlo erba, Canada)
8. แอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium chloride (NH_4Cl); A.R. grade – Carlo erba, Canada)
9. ตัวอย่างน้ำประปา
10. ตัวอย่างน้ำดื่ม
11. ตัวอย่างน้ำแร่

3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. โกร่งบดสาร
2. ขวดวัดปริมาตรขนาด 25, 100 และ 1000 mL
3. แท่งแก้วคนสาร
4. บีกเกอร์ขนาด 25, 50, 100 และ 250 mL
5. ปิเปตขนาด 1, 2, ,5, 10, และ 25 mL
6. ลูกยางดูดปิเปต
7. เครื่องปั่นเหวี่ยง (S2 3657 F000 - Shimadzu, BARA SCIENTIFIC CO., LTD, Thailand)
8. ตู้อบลมร้อน (R029232 – Lap companion, Jeiotech, Korea)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เครื่องปั่นกวนแม่เหล็กพร้อมแท่งกวน (HL instruments – MS115, Thailand)

10. กระบอกตวง 10, 50 mL

11. ขวดแก้วเล็กขนาด 5 mL

12. กระดาษกรองเบอร์ 5 (Advantec – Toyo Roshi Kaisha, Japan)

13. เครื่องสแกนเนอร์ (Canoscan – LiDE 210, USA)

14. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง (Sartorius – CPA2245, Canada)

3.2 การเตรียมสารละลาย

3.2.1 สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์

1.) สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5000 ppm (แอมโมเนีย 1588 ppm)

ชั่งแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 5.0000 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน จากนั้นเทลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 1000 มิลลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนถึงขีดปรับปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน

2.) สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 800 ppm (แอมโมเนีย 254 ppm)

ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5000 ppm ปริมาตร 16.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนถึงขีดปรับปรับมาตร เขย่าให้เข้ากัน

3.) สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 600 ppm (แอมโมเนีย 191 ppm)

ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5000 ppm ปริมาตร 12.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนถึงขีดปรับปรับมาตร เขย่าให้เข้ากัน

4.) สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 400 ppm (แอมโมเนีย 127 ppm)

ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5000 ppm ปริมาตร 8.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนถึงขีดปรับปรับมาตร เขย่าให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.) สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 200 ppm (แอมโมเนีย 64 ppm) ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5000 ppm ปริมาตร 4.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนถึงขีดปรับปรับมาตร เขย่าให้เข้ากัน

3.2.2 การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

3.2.2.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.0 โมลาร์

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.80 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 20 มิลลิลิตร

3.2.2.2 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1.60 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 20 มิลลิลิตร

3.2.2.3 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 3.0 โมลาร์

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 2.40 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 20 มิลลิลิตร

3.2.3 การเตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต

3.2.3.1 สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 1 โมลาร์

ชั่งโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 2.12 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 20 มิลลิลิตร

3.2.3.2 สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 2 โมลาร์

ชั่งโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 4.23 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 20 มิลลิลิตร

3.2.3.3 สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 3 โมลาร์

ชั่งโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 6.35 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 20 มิลลิลิตร

3.2.4 การสกัดแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบแดง [12]

นำกระเจี๊ยบแดงแห้งไปอบเพื่อไล่ความชื้นในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทำการบดกระเจี๊ยบแดงที่แห้งแล้วในโกร่งบดสาร ชั่งผงกระเจี๊ยบ 5.00 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ปิเปตน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 25.00 มิลลิลิตร และเอทานอลปริมาตร 25.00 มิลลิลิตร (อัตราส่วนของผงกระเจี๊ยบต่อสารละลาย 1:10) ทำการปั่นกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำสารละลายที่ได้ใส่ลงไปหลอดเซนติฟิวขนาด 15.00 มิลลิลิตร จำนวน 4 หลอด โดยแต่ละหลอดจะใส่สารละลายปริมาตร 12.00 มิลลิลิตร ทำการปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 8000 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 20 นาที แยกเก็บสารละลายซึ่งมีแอนโทไซยานินนำไปทดลองต่อไป

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

3.3.1 การเตรียมสารละลายฟิล์มสีที่ความเข้มข้นแอนโทไซยานิน 10, 20 และ 30 %(v/v)

1.) ชั่งแป้งมันสำปะหลัง 2.0 กรัม และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 1.0 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 90 มิลลิลิตร จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พร้อมกับคนสารให้ละลายจนหมด และตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายเย็นตัวลง

2.) เติมสารละลายแอนโทไซยานินจากขั้นตอนการสกัดข้อ 3.2.4 มาปริมาตร 10.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลายฟิล์มที่เย็นตัวแล้ว จากนั้นทำการคนสารให้เข้ากัน

3.) ทำซ้ำข้อ 1 และ 2 โดยปรับเปลี่ยนปริมาณของสารละลายในข้อ 1 เป็น 80 และ 70 มิลลิลิตร และปรับเปลี่ยนปริมาตรของสารละลายแอนโทไซยานินที่เติมลงไปในข้อ 2 เป็น 20.00 และ 30.00 มิลลิลิตร ตามลำดับ จะได้สารละลายฟิล์มสีที่มีความเข้มข้นของแอนโทไซยานิ 10, 20 และ 30 %(v/v) ตามลำดับ

3.3.2 ศึกษาการทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

3.3.2.1 ศึกษาความเข้มข้นของแอนโทไซยานิน

1. ตัดกระดาษกรองเบอร์ 5 ให้มีขนาด 2 x 2 เซนติเมตร นำไปแช่ในสารละลายฟิล์มสีที่มีปริมาณแอนโทไซยานินความเข้มข้น 10 %(v/v) เป็นเวลา 10 นาที และนำขึ้นมาพักทิ้งไว้อีกเป็นเวลา 10 นาที

2. ปิเปตสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก

3. ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200 ppm ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร เติมลงในขวดแก้วขนาดเล็กที่มีสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.0 โมลาร์อยู่ จากนั้นนำกระดาษที่ถูกเคลือบด้วยสารละลายฟิล์มสีที่เตรียมไว้ในข้อ 1 ไปอังไว้บนปากขวดทันที เป็นเวลา 30 นาที

4. ทำการทดลองเหมือนข้อ 3 โดยปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เป็น 400 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 – 4 โดยปรับเปลี่ยนสารละลายฟิล์มสีที่มีปริมาณแอนโทไซยานินเป็นความเข้มข้น 20 และ 30 %(v/v) ตามลำดับ

6. ทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ซ้ำ

7. นำกระดาษกรองที่ทำการทดลองแล้วไปบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกน

8. ทำการตรวจวัดความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J™ และคำนวณหาค่าความแตกต่างความเข้มแสง (ED)

3.3.2.2 ศึกษาเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา

1. ตัดกระดาษกรองเบอร์ 5 ให้มีขนาด 2 x 2 เซนติเมตร นำไปแช่ในสารละลายฟิล์มสีที่มีปริมาณแอนโทไซยานินความเข้มข้น 10 %(v/v) เป็นเวลา 10 นาที และนำขึ้นมาพักทิ้งไว้อีกเป็นเวลา 10 นาที

2. ปิเปตสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก

3. ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200 ppm ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร เติมลงในขวดแก้วขนาดเล็กที่มีสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.0 โมลาร์อยู่ จากนั้นนำกระดาษที่ถูกเคลือบด้วยสารละลายฟิล์มสีที่เตรียมไว้ในข้อ 1 ไปอังไว้บนปากขวดทันที และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีเป็นเวลา 10 นาที

4. ทำการทดลองเหมือนข้อ 3 โดยปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เป็น 400 และ 600 ppm ตามลำดับ

5.ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 – 4 โดยปรับเปลี่ยนเวลาที่ใช้ในการทดลองเป็น 20 และ 30 นาที ตามลำดับ

6. ทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ซ้ำ

7. นำกระดาษกรองที่ทำการทดลองแล้วไปบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกน

8. ทำการตรวจวัดความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J™ และคำนวณหาค่าความแตกต่างความเข้มแสง (ED)

3.3.2.3 ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

1. ตัดกระดาษกรองเบอร์ 5 ให้มีขนาด 2 x 2 เซนติเมตร นำไปแช่ในสารละลายฟิล์มสีที่มีปริมาณแอนโทไซยานินความเข้มข้น 10 %(v/v) เป็นเวลา 10 นาที และนำขึ้นมาพักทิ้งไว้อีกเป็นเวลา 10 นาที

2. ปิเปตสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200 ppm ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร เติมลงในขวดแก้วขนาดเล็กที่มีสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 โมลาร์อยู่ จากนั้นนำกระดาษที่ถูกเคลือบด้วยสารละลายฟิล์มสีที่เตรียมไว้ในข้อ 1 ไปอังไว้บนปากขวดทันที เป็นเวลา 30 นาที

4. ทำการทดลองเหมือนข้อ 3 โดยปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เป็น 400 และ 600 ppm ตามลำดับ

5. ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 – 4 โดยปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็น 2.0 และ 3.0 โมลาร์

6. ทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ซ้ำ

7. นำกระดาษกรองที่ทำการทดลองแล้วไปบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกน

8. ทำการตรวจวัดความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J™ และคำนวณหาค่าความแตกต่างความเข้มแสง (ED)

3.3.2.4 ศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตรวจวัด

เป็นการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตรวจวัดของสารละลายฟิล์มสีบนกระดาษกรอง โดยจะแบ่งสภาวะที่ใช้ในการตรวจวัดเป็น 2 ลักษณะ คือ การตรวจวัดแบบเปียกและการตรวจวัดแบบแห้ง และการตรวจวัดแบบแห้งนั้นจะสามารถแบ่งได้เป็นอีกหนึ่งลักษณะ คือ การตรวจวัดแบบแห้งปิดฝา ซึ่งการตรวจวัดแบบเปียกนั้นเมื่อนำกระดาษกรองแช่ในสารละลายฟิล์มสีเป็นเวลา 10 นาที จะนำขึ้นมาพักทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปทำการทดลองต่อไป ซึ่งจะต่างจากการตรวจวัดแบบแห้งคือเมื่อแช่กระดาษกรองในสารละลายฟิล์มสีเป็นเวลา 10 นาทีแล้วนั้น จะนำขึ้นมาพักทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปทำการทดลองต่อ

3.3.2.4.1 สภาวะที่ใช้ในการตรวจวัดแบบเปียกและแบบแห้ง

1. ตัดกระดาษกรองเบอร์ 5 ให้มีขนาด 2 x 2 เซนติเมตร นำไปแช่ในสารละลายฟิล์มสีที่มีปริมาณแอนโทไซยานินความเข้มข้น 10 %(v/v) เป็นเวลา 10 นาที และนำขึ้นมาพักทิ้งไว้อีกเป็นเวลา 10 นาที

2. ปิเปตสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก

3. ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200 ppm ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร เติมลงในขวดแก้วขนาดเล็กที่มีสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.0 โมลาร์อยู่ จากนั้นนำกระดาษที่ถูกเคลือบด้วยสารละลายฟิล์มสีที่เตรียมไว้ในข้อ 1 ไปอังไว้บนปากขวดทันที เป็นเวลา 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำการทดลองเหมือนข้อ 3 โดยปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เป็น 400 และ 600 ppm ตามลำดับ

5. ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 – 4 โดยปรับเปลี่ยนเวลาที่ใช้ในการพักกระดาษกรองเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากแช่ในสารละลายฟิล์มสี

6. ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำ

7. นำกระดาษกรองที่ทำการทดลองแล้วไปบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกน

8. ทำการตรวจวัดความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J™ และคำนวณหาค่าความแตกต่างความเข้มแสง (ED)

3.3.2.4.2 สภาวะที่ใช้ในการตรวจวัดแบบแห้งปิดฝา

1. ตัดกระดาษกรองเบอร์ 5 ให้มีขนาด 1 x 1 เซนติเมตร นำไปแช่ในสารละลายฟิล์มสีที่มีปริมาณแอนโทไซยานินความเข้มข้น 10 %(v/v) เป็นเวลา 10 นาที และนำขึ้นมาพักทิ้งไว้อีกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2. ปิเปตสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก

3. ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200 ppm ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร เติมลงในขวดแก้วขนาดเล็กที่มีสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.0 โมลาร์อยู่ จากนั้นนำกระดาษที่ถูกเคลือบด้วยฟิล์มสีที่เตรียมไว้ในข้อ 1 ไปอังไว้บนปากขวดและปิดฝาขวดทันที ทำการทดลองเป็นเวลา 30 นาที

4. ทำการทดลองเหมือนข้อ 3 โดยปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เป็น 400 และ 600 ppm ตามลำดับ

5. ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำ

6. นำกระดาษกรองที่ทำการทดลองแล้วไปบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกน

7. ทำการตรวจวัดความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J™ และคำนวณหาค่าความแตกต่างความเข้มแสง (ED)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ศึกษาการทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต

3.3.3.1 ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต

1. ตัดกระดาษกรองเบอร์ 5 ให้มีขนาด 2 x 2 เซนติเมตร นำไปแช่ในสารละลายฟิล์มสีที่มีปริมาณแอนโทไซยานินความเข้มข้น 10 %(v/v) เป็นเวลา 10 นาที และนำขึ้นมาพักทิ้งไว้อีกเป็นเวลา 10 นาที

2. ปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 1.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก

3. ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200 ppm ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร เติมลงในขวดแก้วขนาดเล็กที่มีสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 1.0 โมลาร์อยู่ จากนั้นนำกระดาษที่ถูกเคลือบด้วยสารละลายฟิล์มสีที่เตรียมไว้ในข้อ 1 ไปอังไว้บนปากขวดทันที เป็นเวลา 30 นาที

4. ทำการทดลองเหมือนข้อ 3 โดยปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เป็น 400 และ 600 ppm ตามลำดับ

5. ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 – 4 โดยปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเป็น 2.0 และ 3.0 โมลาร์

6. ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำ

7. นำกระดาษกรองที่ทำการทดลองแล้วไปบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกน

8. ทำการตรวจวัดความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J™ และคำนวณหาค่าความแตกต่างความเข้มแสง (ED)

3.3.3.2 ศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตรวจวัด

เป็นการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตรวจวัดของสารละลายฟิล์มสีบนกระดาษกรอง โดยจะแบ่งสภาวะที่ใช้ในการตรวจวัดเป็น 2 ลักษณะ คือ การตรวจวัดแบบเปียกและการตรวจวัดแบบแห้ง และการตรวจวัดแบบแห้งนั้นจะสามารถแบ่งได้เป็นอีกหนึ่งลักษณะ คือ การตรวจวัดแบบแห้งปิดฝา ซึ่งการตรวจวัดแบบเปียกนั้นเมื่อนำกระดาษกรองแช่ในสารละลายฟิล์มสีเป็นเวลา 10 นาที จะนำขึ้นมาพักทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาทีแล้วนำไปทำการทดลองต่อไป ซึ่งจะต่างจากการตรวจวัดแบบแห้งคือเมื่อแช่กระดาษกรองในสารละลายฟิล์มสีเป็นเวลา 10 นาทีแล้วนั้น จะนำขึ้นมาพักทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปทำการทดลองต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.2.1 สภาวะที่ใช้ในการตรวจวัดแบบเปียกและแบบแห้ง

1. ตัดกระดาษกรองเบอร์ 5 ให้มีขนาด 2 x 2 เซนติเมตร นำไปแช่ในสารละลายฟิล์มสีที่มีปริมาณแอนโทไซยานินความเข้มข้น 10 %(v/v) เป็นเวลา 10 นาที และนำขึ้นมาพักทิ้งไว้อีกเป็นเวลา 10 นาที

2. ปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 3.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก

3. ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200 ppm ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร เติมลงในขวดแก้วขนาดเล็กที่มีสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 3.0 โมลาร์อยู่ จากนั้นนำกระดาษที่ถูกเคลือบด้วยสารละลายฟิล์มสีที่เตรียมไว้ในข้อ 1 ไปอังไว้บนปากขวดทันที เป็นเวลา 30 นาที

4. ทำการทดลองเหมือนข้อ 3 โดยปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เป็น 400 และ 600 ppm ตามลำดับ

5. ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3ซ้ำ

6. นำกระดาษกรองที่ทำการทดลองแล้วไปบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกน

7. ทำการตรวจวัดความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J™ และคำนวณหาค่าความแตกต่างความเข้มแสง (ED)

3.3.3.2.2 สภาวะที่ใช้ในการเคลือบของฟิล์มสีบนกระดาษกรองแบบแห้งปิดฝา

1. ตัดกระดาษกรองเบอร์ 5 ให้มีขนาด 1 x 1 เซนติเมตร นำไปแช่ในสารละลายฟิล์มสีที่มีปริมาณแอนโทไซยานินความเข้มข้น 10 %(v/v) เป็นเวลา 10 นาที และนำขึ้นมาพักทิ้งไว้อีกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2. ปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 3.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก

3. ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 400 ppm ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร เติมลงในขวดแก้วขนาดเล็กที่มีสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 3.0 โมลาร์อยู่ จากนั้นนำกระดาษที่ถูกเคลือบด้วยสารละลายฟิล์มสีที่เตรียมไว้ในข้อ 1 ไปอังไว้บนปากขวดและปิดฝาขวดทันที เป็นเวลา 30 นาที

4. ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำ

5. นำกระดาษกรองที่ทำการทดลองแล้วไปบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำการตรวจวัดความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J™ และคำนวณหาค่าความแตกต่างความเข้มแสง (ED)

3.3.4 การสร้างกราฟมาตรฐาน

การสร้างกราฟมาตรฐานสามารถทำได้โดย

การทดสอบกับสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ ช่วงความเข้มข้น 200 – 800 ppm

1. ตัดกระดาษกรองเบอร์ 5 ให้มีขนาด 2 x 2 เซนติเมตร นำไปแช่ในสารละลายฟิล์มสีที่มีปริมาณแอนโทไซยานินความเข้มข้น 10 %(v/v) เป็นเวลา 10 นาที และนำขึ้นมาพักทิ้งไว้อีกเป็นเวลา 10 นาที

2. ปิเปตสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก

3. ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200 ppm ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร เติมลงในขวดแก้วขนาด จากนั้นนำกระดาษที่ถูกเคลือบด้วยสารละลายฟิล์มสีที่เตรียมไว้ในข้อ 1 ไปอังไว้บนปากขวดทันที โดยอังทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที

4. ทำการทดลองเหมือนข้อ 3 โดยปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เป็น 400, 600 และ 800 ppm ตามลำดับ

5. ทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ซ้ำ

6. นำกระดาษกรองที่ทำการทดลองแล้วไปบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกน

7. ทำการตรวจวัดความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J™ และคำนวณหาค่าความแตกต่างความเข้มแสง (ED)

3.3.4.1 ความเที่ยง (Precision)

ความเที่ยงเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถของการวิเคราะห์ให้มีค่าที่ใกล้เคียงกันกับข้อมูลที่ได้จากการทำลองซ้ำ ๆ หลายครั้ง (repeatability) ภายใต้สภาวะที่กำหนดเดียวกัน โดยระบุในรูปของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพันธ์ (relative standard deviation : RSD) ซึ่งแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีที่เกิดขึ้น โดยนิยมแสดงเป็นค่าร้อยละ

$$\%RSD = \frac{SD}{\bar{x}}\ x\ 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD)

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์ (mean)

3.3.4.2 ขีดจำกัดของการตรวจพบ (Limit of Detection, LOD)

ขีดจำกัดของการตรวจพบ คือ ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างที่สามารถตรวจวัดได้

สามารถหาได้จากกราฟมาตรฐาน โดยใช้สูตร

$$LOD = Y_B + 3S_B$$

เมื่อ Y_B คือ y-intercept

S_B คือ Random error in y-intercept : ค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกน y หาได้จากสูตร

$$S_B = \sqrt{\frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-2}}$$

เมื่อ y_i คือ ค่าจริงที่ได้จากเครื่อง

$\hat{y}_i$ คือ ค่าที่ได้จากการแทนค่า x ในสมการเส้นตรง

3.3.4.3 ขีดจำกัดของการวิเคราะห์ (Limit of quantitation, LOQ)

ขีดจำกัดของการวิเคราะห์ คือ ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างที่สามารถหาปริมาณหรือรายงานผลโดยมี accuracy และ precision ที่ยอมรับได้

สามารถหาได้จากกราฟมาตรฐาน โดยใช้สูตร

$$LOQ = Y_B + 10S_B$$

เมื่อ Y_B คือ y-intercept

S_B คือ Random error in y-intercept : ค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกน y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

1. ตัดกระดาษกรองเบอร์ 5 ให้มีขนาด 2 x 2 เซนติเมตร นำไปแช่ในสารละลายฟิล์มที่มีปริมาณแอนโทไซยานินความเข้มข้น 5 %(v/v) เป็นเวลา 10 นาที และนำขึ้นมาพักทิ้งไว้อีกเป็นเวลา 10 นาที

2. ปิเปตสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก แล้วปิเปตตัวอย่างน้ำ (น้ำประปา น้ำดื่ม หรือน้ำแร่) ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก

3. นำกระดาษกรองที่เตรียมไว้ในข้อ 1 ไปอังไว้บนปากขวดทันที เป็นเวลา 30 นาที

4. ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำ

5. นำกระดาษกรองที่ทำการทดลองแล้วไปบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกน

6. ทำการตรวจวัดความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J™ และคำนวณหาค่าความแตกต่างความเข้มแสง (ED)

7. คำนวณความเข้มข้นของตัวอย่างน้ำ โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานใหม่ในข้อ 3.3.4

3.3.6 ศึกษาค่าร้อยละการคืนกลับ

3.3.6.1 ความแม่น (Accuracy)

ความแม่นของวิธีเคราะห์สามารถแสดงค่าที่วัดได้เข้าใกล้ค่าจริงหรือร้อยละคืนกลับ (% Recovery) ถ้าค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียง 100% แสดงว่าวิธีวิเคราะห์มีความแม่นสูง สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\%Recovery = \frac{C_1 - C_2}{C_3} \times 100$$

เมื่อ C_1 คือ ความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่เติมสารละลายมาตรฐาน

C_2 คือ ความเข้มข้นของสารตัวอย่าง

C_3 คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เติมลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบความแม่นของวิธีวิเคราะห์สามารถทำได้โดย

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำ (น้ำประปา น้ำดื่ม หรือน้ำแร่) มาอย่างละ 80 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จำนวน 5 ขวด

2. ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5000 ppm ปริมาตร 0.00, 4.00, 8.00, 12.00 และ 16.00 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรที่มีตัวอย่างน้ำอยู่ตามลำดับ ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนถึงขีดปรับปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลายตัวอย่างน้ำที่เติมสารสะลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0, 200, 400, 600 และ 800 ppm

3. ตัดกระดาษกรองเบอร์ 5 ให้มีขนาด 2 *x* 2 เซนติเมตร นำไปแช่ในสารละลายฟิล์มที่มีปริมาณแอนโทไซยานินความเข้มข้น 5 %(v/v) เป็นเวลา 10 นาที และนำขึ้นมาพักทิ้งไว้อีกเป็นเวลา 10 นาที

4. ปิเปตสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก แล้วปิเปตตัวอย่างน้ำที่เตรียมได้ในข้อ 2 แต่ละขวด ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร เติมเพิ่มลงในขวดแก้วขนาดเล็ก

5. นำกระดาษกรองที่เตรียมไว้ในข้อ 3 ไปอังไว้บนปากขวดทันที เป็นเวลา 30 นาที

6. ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำ

7. นำกระดาษกรองที่ทำการทดลองแล้วไปบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกน

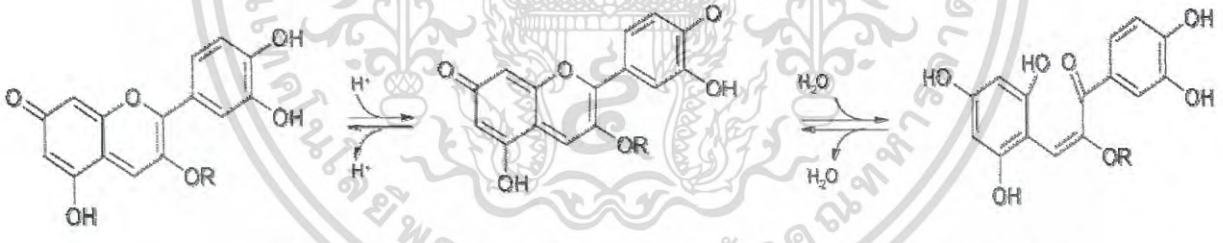
8. ทำการตรวจวัดความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J™ และคำนวณหาค่าความแตกต่างความเข้มแสง (ED)

9. คำนวณหาค่าร้อยละการคืนกลับ เพื่อแสดงความแม่นของวิธีวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

เมื่อนำกระดาษกรองเบอร์ 5 ที่เคลือบสารละลายฟิล์มสีแอนโทไซยานิน มาทำการทดลองโดยแช่กระดาษกรองลงในสารละลายฟิล์มสีแอนโทไซยานินเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำกระดาษกรองขึ้นมาพักทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที นำกระดาษกรองที่ได้ไปอังไว้บนปากขวดแก้วขนาดเล็กที่ภายในบรรจุสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร และสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200, 400, 600 และ 800 ppm ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร ทำการอังทิ้งไว้บนปากขวดเป็นเวลา 30 นาที พบว่ากระดาษกรองที่เคลือบด้วยฟิล์มสีแอนโทไซยานินนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีจากสีชมพูเป็นสีเหลืองอ่อนที่บริเวณปากขวดที่นำไปอังไว้ อันเนื่องจากแก๊สแอมโมเนียที่ระเหยขึ้นมาทำปฏิกิริยากับสารละลายฟิล์มสีแอนโทไซยานินที่เคลือบลงบนกระดาษกรองดังสมการ (1) โดยความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสีฟิล์มที่เคลือบลงบนกระดาษกรองได้รวดเร็วและชัดเจนมากขึ้นตามลำดับ จากนั้นทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงสีของชุดทดสอบบนกระดาษที่เคลือบด้วยฟิล์มสีที่มีแอนโทไซยานินด้วยเครื่องสแกน ลักษณะของสีที่เกิดขึ้นบนกระดาษทดสอบ แสดงดังรูปที่ 4.1



สีชมพู pH 6-7 สีน้ำเงิน pH 7-8 สีเหลืองอ่อน pH >8

สมการ (1) [19]

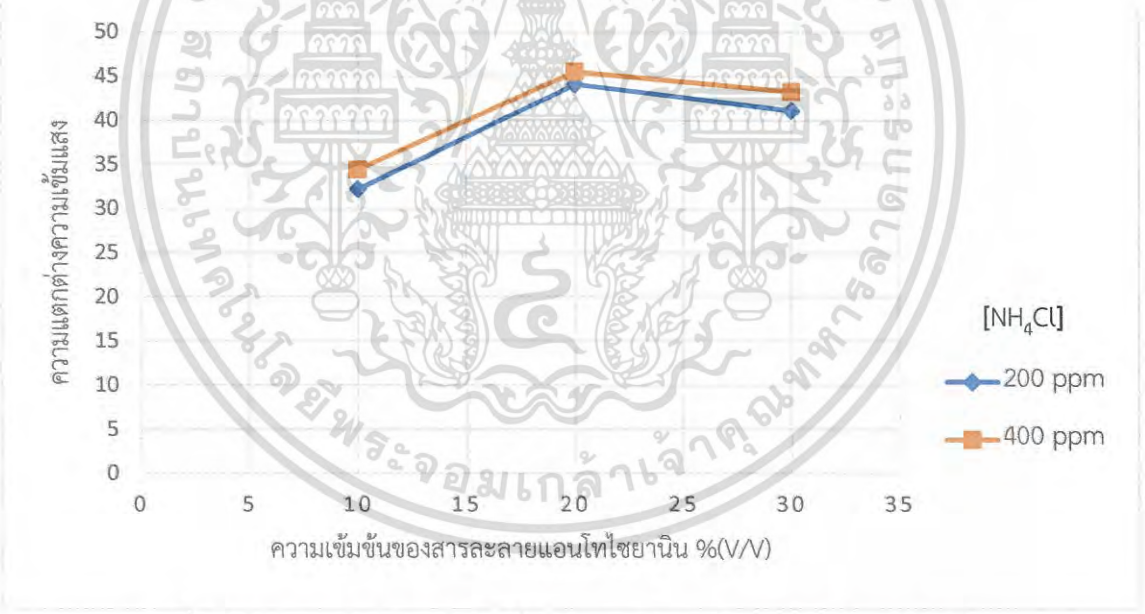
รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงสีของชุดทดสอบบนกระดาษที่เคลือบด้วยฟิล์มสีแอนโทไซยานิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ผลการศึกษาการทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

4.1.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นของแอนโทไซยานิน

ทำการเติมสารละลายแอนโทไซยานินที่สกัดได้ลงในสารละลายฟิล์มเพื่อทำให้เกิดสี โดยการเติมสารละลายแอนโทไซยานินที่ความเข้มข้น 10, 20 และ 30 %(v/v) ลงไปในฟิล์มที่เตรียมไว้ จากนั้นแช่กระดาษกรองลงในสารละลายฟิล์มสีแอนโทไซยานินเป็นเวลา 10 นาที และนำขึ้นมาพักทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที นำกระดาษกรองที่ได้ไปอังไว้บนปากขวดแก้วขนาดเล็กที่ภายในบรรจุด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร กับสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200 และ 400 ppm ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทำการบันทึกภาพการเปลี่ยนแปลงของสีด้วยเครื่องสแกนและนำภาพดังกล่าวไปหาความเข้มแสง (RGB) ด้วยโปรแกรม Image J™ นำค่าที่ได้มาพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับความเข้มข้นของสารละลายแอนโทไซยานิน %(v/v) ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับความเข้มข้นของสารละลายแอนโทไซยานิน %(v/v)

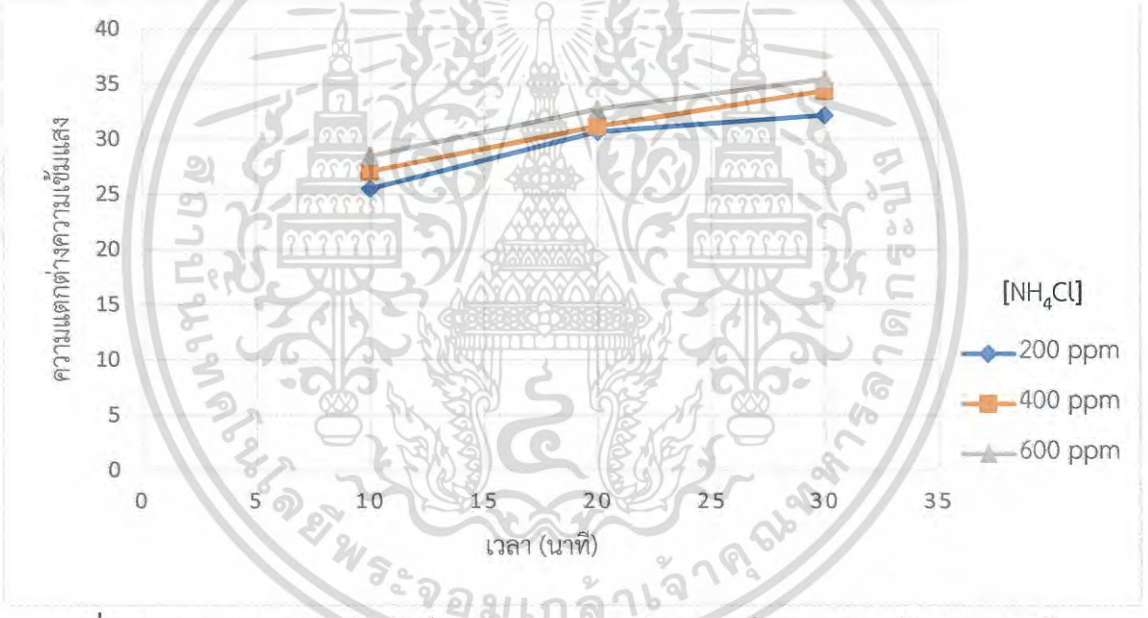
จากรูปที่ 4.2 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับความเข้มข้นของสารละลายแอนโทไซยานิน %(v/v) พบว่ามีค่าความแตกต่างของความเข้มแสงไม่ต่างกันมากนักโดยจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายแอนโทไซยานินและลดลงเล็กน้อยที่ความเข้มข้น 30 %(v/v) ทางผู้ทดลองได้เลือกใช้สารละลายแอนโทไซยานินที่ความเข้มข้น 10 %(v/v) ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองต่อไปเนื่องจากต้องการประหยัดสารเคมีที่ใช้ในการสกัดและต้องการลดการเกิดของเสียจากการสกัดให้น้อยที่สุด

4.1.2 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา

ทำการทดลองโดยใช้กระดาษกรองที่เคลือบด้วยฟิล์มสีที่มีแอนโทไซยานินความเข้มข้น 10 %(v/v) ในสภาวะเปียกมาอังไว้บนปากขวดแก้วขนาดเล็กที่บรรจุสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร กับสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 200, 400 และ 600 ppm ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร เป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที จากนั้นบันทึกภาพการเกิดปฏิกิริยาที่เวลาต่าง ๆ ด้วยเครื่องสแกนและใช้โปรแกรม Image J™ บันทึกความเข้มสีและคำนวณค่าความแตกต่างความเข้มแสง นำค่าที่ได้มาพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับเวลา (นาที) ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับ เวลา (นาที)

จากรูปที่ 4.3 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับ เวลา (นาที) พบว่าค่าความแตกต่างของความเข้มแสงมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการทดลอง คือ 10 20 และ 30 นาที ตามลำดับ และที่เวลา 30 นาทีนั้น ถึงแม้จะมีค่าความแตกต่างความเข้มแสงไม่แตกต่างกับที่เวลา 20 นาที มากนักแต่เพื่อให้การทดลองเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่สุดจึงเลือกใช้เวลาที่ 30 นาที ในการทดลองครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

การทำชุดทดสอบการเคลือบฟิล์มสีลงบนกระดาษกรองนั้นได้มีการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของแก๊สแอมโมเนียกับการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์ม โดยชุดทดสอบนี้จะทำการปิเปตสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 1.0, 2.0 และ 3.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200, 400 และ 600 ppm ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร ลงไปตามลำดับ นำกระดาษกรองที่เคลือบด้วยสารละลายฟิล์มสีแอนโทไซยานินความเข้มข้น 10 %(v/v) ที่เตรียมไว้มาอังบนปากขวดแก้วขนาดเล็กเป็นเวลา 30 นาที ทำการบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกนและใช้โปรแกรม Image J™ บันทึกความเข้มสีและคำนวณความแตกต่างความเข้มแสง นำค่าที่ได้มาพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (โมลาร์) ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (โมลาร์)

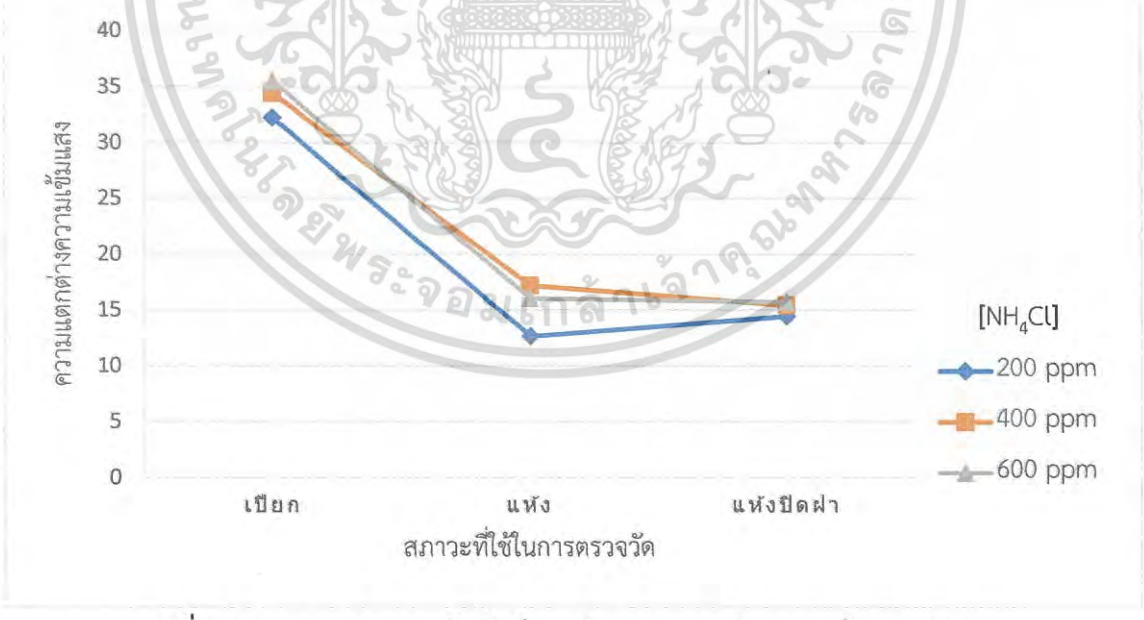
จากรูปที่ 4.4 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (โมลาร์) กับความแตกต่างความเข้มแสง (ED) พบว่าค่าความแตกต่างความเข้มแสงของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์มีค่ามากที่สุด โดยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 2.0 และ 3.0 โมลาร์นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน จึงเลือกใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ สำหรับทำการทดลองต่อไป เนื่องจากมีค่าความแตกต่างความเข้มแสงที่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มสีที่แปรผันไปตามความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ ตามลำดับ จึงเป็นไปได้ว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.0 โมลาร์ เป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทดลองต่อไป

4.1.4 ผลการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตรวจวัด

การทำชุดทดสอบการเคลือบฟิล์มสีลงบนกระดาษกรองนั้น ได้มีการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของแก๊สแอมโมเนียกับการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์ม โดยทำการปิเปตสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200, 400 และ 600 ppm ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร ลงไปตามลำดับ นำกระดาษกรองที่เคลือบด้วยฟิล์มสีที่มีแอนโทไซยานินความเข้มข้น 10 %(v/v) ที่เตรียมไว้ไปอังบนปากขวดแก้วขนาดเล็กด้วยสภาวะการตรวจวัดฟิล์มที่แตกต่างกัน คือ การตรวจวัดสภาวะแบบเปียกและการตรวจวัดสภาวะแบบแห้ง โดยสภาวะแห้งนั้นจะแบ่งได้เป็นอีกหนึ่งการทดลอง คือ การตรวจวัดแบบแห้งปิดฝา จากนั้นทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเวลา 30 นาที ทำการบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกนและใช้โปรแกรม Image J™ บันทึกความเข้มสีและคำนวณความแตกต่างความเข้มแสง นำค่าที่ได้มาพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับสภาวะที่ใช้ในการตรวจวัด ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับสภาวะที่ใช้ในการตรวจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

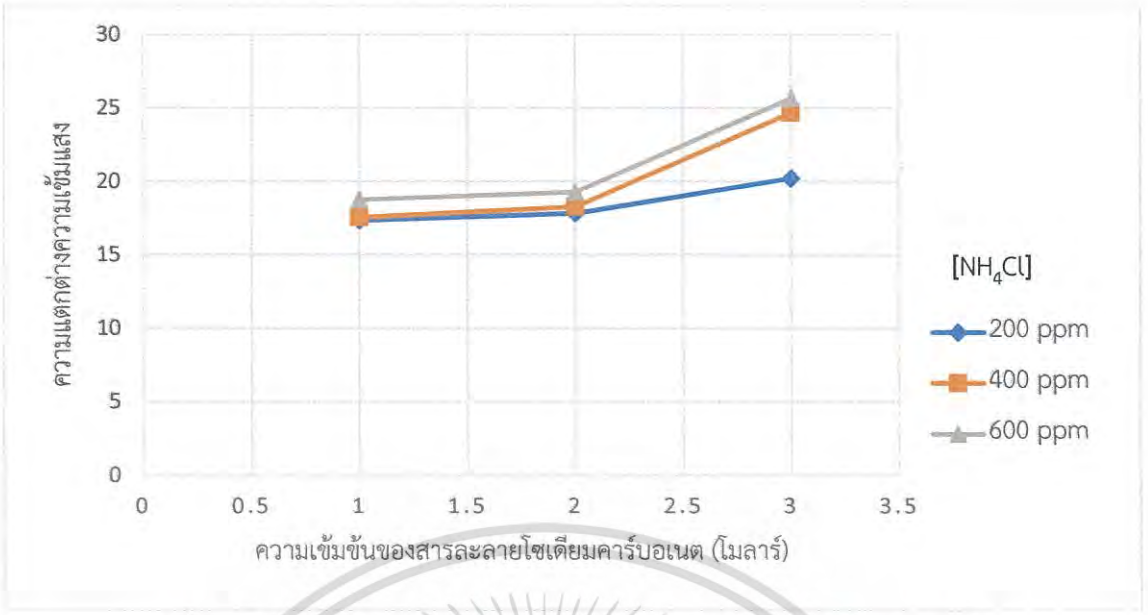
จากรูปที่ 4.5 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับสภาวะที่ใช้ในการตรวจวัด พบว่าค่าความแตกต่างความเข้มแสงของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ ในสภาวะแบบเปียกนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงและมีค่าความแตกต่างความเข้มแสงสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสภาวะที่ใช้ตรวจวัดแบบแห้งและสภาวะที่ใช้ตรวจวัดแห้งแบบปิดฝา ทางผู้ทดลองจึงเลือกใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ ในสภาวะแบบเปียก สำหรับทำการทดลองต่อไปเพราะมีค่าความแตกต่างความเข้มแสงที่สูงที่สุดและสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มได้ดีที่สุด จึงเป็นไปได้ว่าการตรวจวัดฟิล์มสีในสภาวะเปียกนั้นเหมาะสมที่สุดในการทดลองต่อไป

4.2 ผลการศึกษาการทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต

4.2.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต

การทำชุดทดสอบการเคลือบฟิล์มสีลงบนกระดาษกรองนั้นได้มีการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของแก๊สแอมโมเนียกับการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์ม โดยชุดทดสอบนี้จะทำการปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 1.0, 2.0 และ 3.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200, 400 และ 600 ppm ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร ลงไปในแต่ละขวดตามลำดับ นำกระดาษกรองที่ถูกเคลือบด้วยสารละลายฟิล์มสีแอนโทไซยานินความเข้มข้น 10 %(v/v) มาอังไว้บนปากขวดแก้วขนาดเล็กเป็นเวลา 30 นาที ทำการบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกนและใช้โปรแกรม Image J™ บันทึกความเข้มสีและคำนวณความแตกต่างความเข้มแสง นำค่าที่ได้มาพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (โมลาร์) ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (โมลาร์)

จากรูปที่ 4.6 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (โมลาร์) พบว่าค่าความแตกต่างของความเข้มแสงจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตซึ่งที่ความเข้มข้น 3.0 โมลาร์ นั้นมีค่าสูงที่สุด ผู้ทดลองจึงเลือกใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 3.0 โมลาร์ในการทดลองต่อไป เนื่องจากมีค่าความแตกต่างความเข้มแสงสูงที่สุดและเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยากับสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์

4.2.2 ผลการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตรวจวัด

การทำชุดทดสอบการเคลือบฟิล์มสีลงบนกระดาษกรองนั้น ได้มีการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของแก๊สแอมโมเนียกับการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์ม โดยชุดทดสอบนี้จะทำการปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 3.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200, 400 และ 600 ppm ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร ลงไปตามลำดับ นำกระดาษกรองที่เคลือบด้วยสารละลายฟิล์มสีแอนโทไซยานินความเข้มข้น 10 %(v/v) ที่เตรียมไว้ไปอังบนปากขวดแก้วขนาดเล็กด้วยสภาวะการตรวจวัดฟิล์มสีที่แตกต่างกัน คือ การตรวจวัดสภาวะแบบเปียกและการตรวจวัดสภาวะแบบแห้ง โดยสภาวะแบบแห้งนั้นจะแบ่งได้เป็นอีกหนึ่งการทดลอง คือ การตรวจวัดแบบแห้งปิดฝา จากนั้นทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเวลา 30 นาที ทำการบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกนและใช้โปรแกรม Image J™ บันทึกความเข้มสีและคำนวณความแตกต่างความเข้มแสง นำค่าที่ได้มาพลอตกราฟแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับสภาวะที่ใช้ในการตรวจวัด ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.7

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับสภาวะที่ใช้ตรวจวัด

จากรูปที่ 4.7 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับสภาวะที่ใช้ตรวจวัด พบว่าค่าความแตกต่างความเข้มแสงของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 3.0 โมลาร์ ในสภาวะเปียกนั้นมีค่าความแตกต่างความเข้มแสงสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการตรวจวัดในสภาวะแบบแห้งและการตรวจวัดในสภาวะแห้งแบบปิดฝา ผู้ทดลองจึงเลือกใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 3.0 โมลาร์ ในสภาวะเปียก สำหรับทำการทดลองต่อไปเพราะมีค่าความแตกต่างความเข้มแสงที่สูงและสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มได้ดีที่สุด จึงเป็นไปได้ว่าการตรวจวัดฟิล์มสีในสภาวะเปียกนั้นเหมาะสมที่สุดในการทดลองต่อไป

4.2.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมระหว่างสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต

เป็นการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยากับสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์เพื่อให้เกิดแก๊สของแอมโมเนียขึ้น โดยชุดทดสอบนี้จะทำการปิเปตระหว่างสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร เพื่อเปรียบเทียบกับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 3.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200 และ 400 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร ลงไปในแต่ละขวดตามลำดับ นำกระดาษกรองที่ถูกเคลือบด้วยสารละลายฟิล์มสีแอนโทไซยานินความเข้มข้น 10 %(v/v) ในสภาวะเปียกมาอังไว้บนปากขวดแก้วขนาดเล็กเป็นเวลา 30 นาที ทำการบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกนและใช้โปรแกรม Image J™ บันทึกความเข้มสีและคำนวณความแตกต่างความเข้มแสง นำค่าที่ได้มาพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.0 โมลาร์ และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 3.0 โมลาร์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.8

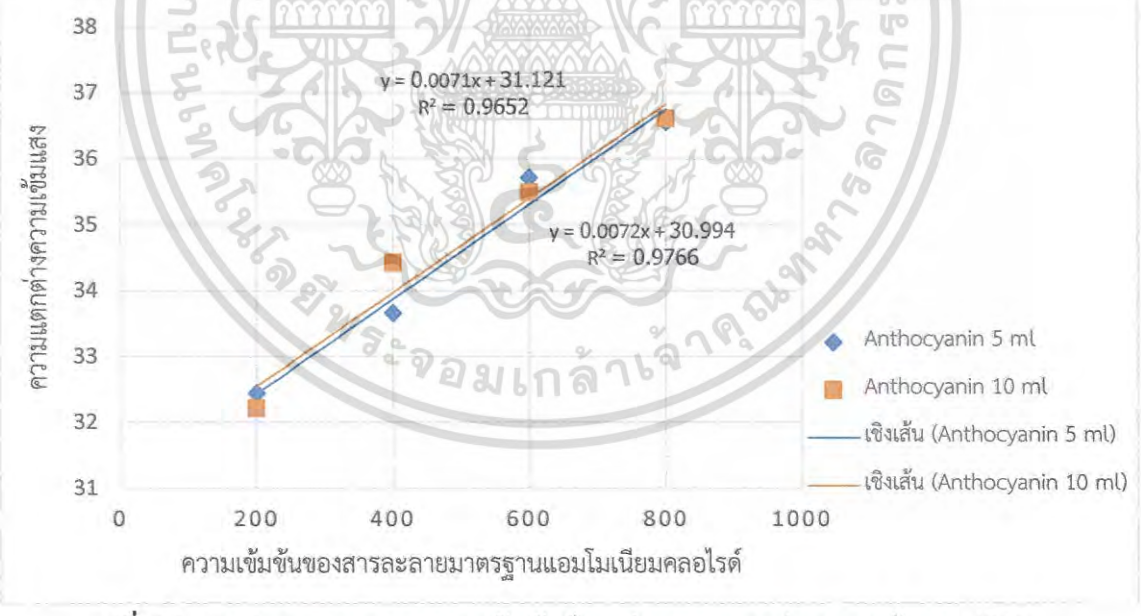
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างความเข้มแสง (ED) ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.0 โมลาร์ และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 3.0 โมลาร์

จากรูปที่ 4.8 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างความเข้มแสง (ED) ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.0 โมลาร์ และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 3.0 โมลาร์ พบว่าที่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.0 โมลาร์ นั้นมีค่าความแตกต่างความเข้มแสงที่มากกว่าสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 3.0 โมลาร์ อย่างเห็นได้ชัด ผู้ทดลองจึงเลือกใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.0 โมลาร์ ในการทำปฏิกิริยากับสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์เพราะมีค่าความแตกต่างของความเข้มแสงที่มากกว่าและสามารถเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่าใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นเบสแก่กว่าจึงทำให้เกิดปฏิกิริยากับสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การสร้างกราฟมาตรฐาน

ในการทดลองวิเคราะห์หาแอมโมเนียในตัวอย่างน้ำได้เกิดข้อผิดพลาด เนื่องจากสารละลายแอนโทไซยานินที่สกัดไว้ใช้ในการทดลองมีปริมาณไม่เพียงพอในการทดลองเพื่อใช้วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ทางผู้ทดลองจึงได้ทำการสกัดสารละลายแอนโทไซยานินขึ้นมาใหม่แต่เนื่องจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สกัดนั้นเป็นกระเจี๊ยบแดงที่ได้ทำการซื้อมาใหม่ซึ่งทำให้เมื่อสกัดสารละลายแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบแดงแล้วสีของสารละลายแอนโทไซยานินที่สกัดได้มีสีที่เข้มขึ้นจากเดิม เมื่อนำไปทำการทดลองในสภาวะที่เหมาะสมและวัดค่าความแตกต่างความเข้มแสง พบว่าค่าที่ได้มีค่าสูงกว่าค่าความแตกต่างความเข้มแสงเดิม ทางผู้ทดลองจึงได้มีการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายแอนโทไซยานินที่ใช้เติมลงไปในฟิล์มจากเดิมใช้สารละลายแอนโทไซยานินความเข้มข้น 10 %(v/v) ปรับเปลี่ยนเป็นใช้สารละลายแอนโทไซยานินความเข้มข้น 5 %(v/v) จากนั้นบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกนและใช้โปรแกรม Image J™ บันทึกความเข้มสีและคำนวณความแตกต่างความเข้มแสง นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ ทำให้สามารถหาความเป็นเส้นตรงได้และนำกราฟมาตรฐานใหม่ที่ได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐานเดิม ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความเข้มแสง (ED) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 พบว่ากราฟมาตรฐานที่ปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายแอนโทไซยานินใหม่ (5 ml) มีแนวโน้มความเป็นเส้นตรง โดยดูได้จากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.9766 และมีสมการเชิงเส้นถดถอยคือ y = 0.0072x + 30.994 ซึ่งเมื่อเทียบกราฟมาตรฐานใหม่กับกราฟมาตรฐานเดิมพบว่าค่าความแตกต่างความเข้มแสงที่ได้นั้นมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งกราฟมาตรฐานเดิมมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.9652 และมีสมการเชิงเส้นถดถอยคือ y = 0.0071x + 31.121 โดยจะใช้กราฟมาตรฐานที่ปรับเปลี่ยนความเข้มข้นสารละลายแอนโทไซยานินใหม่ (5 ml) ในการคำนวณต่อไป

4.3.1 ความเที่ยง (Precision)

สามารถหาได้จากสูตร

$$\%RSD = \frac{SD}{\bar{x}} \, x \, 100$$

เมื่อ SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD)

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์ (mean)

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า Euclidean Distance ของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 200 - 800 ppm

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์	Euclidean Distance	%RSD
200	32.44 ± 0.31	0.95
400	33.65 ± 0.92	2.73
600	35.71 ± 0.18	0.50
800	36.55 ± 0.07	0.19

จากตารางที่ 4.1 ในการศึกษาหาความเที่ยง (Precision) ของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200, 400, 600 และ 800 ppm พบว่าการคำนวณที่ได้จากตารางให้ค่าร้อยละค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) เท่ากับ 0.95, 2.73, 0.50 และ 0.19 ตามลำดับ สามารถบอกได้ว่าผลวิเคราะห์ของวิธีวิเคราะห์นี้ให้ความเที่ยงสูงมากโดยมีค่าใกล้เคียงหรือน้อยกว่า 5 (%RSD < 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ขีดจำกัดของการตรวจพบ (Limit of Detection, LOD)

สามารถหาได้จากกราฟมาตรฐาน โดยใช้สูตร

$$LOD = Y_B + 3S_B$$

เมื่อ Y_B คือ y-intercept

S_B คือ Random error in y-intercept : ค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกน y

จากกราฟมาตรฐานระหว่างค่าความแตกต่างความเข้มแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์จะได้สมการเส้นตรงคือ y = 0.0072x + 30.994

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า y_i , $\hat{y}_i$ และ $(y_i - \hat{y}_i)^2$ ในการคำนวณขีดจำกัดของการตรวจพบ

ความเข้มข้นของสารละลามาตรฐานแอมโมเนียคลอไรด์ (ppm)	y_i	$\hat{y}_i$	$y_i - \hat{y}_i$	$(y_i - \hat{y}_i)^2$
200	32.44	32.43	0.01	0.00
400	33.65	33.87	-0.22	0.04
600	35.71	35.31	0.4	0.16
800	36.55	36.75	-0.2	0.04
			รวม	0.24
			S_B	0.06

โดยใช้กราฟมาตรฐานในช่วงความเข้มข้น 200 – 800 ppm จากการคำนวณแทนค่า Y_B เท่ากับ 30.994 และ S_B เท่ากับ 0.06 จากนั้นแทนลงในสมการเส้นตรงจะได้ค่า LOD ซึ่งพบว่าวิธีนี้ได้ค่าขีดจำกัดการตรวจพบแอมโมเนียมีค่าเท่ากับ 25.92 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ขีดจำกัดของการวิเคราะห์ (Limit of quantitation, LOQ)

สามารถหาได้จากกราฟมาตรฐาน โดยใช้สูตร

$$LOQ = Y_B + 10S_B$$

เมื่อ Y_B คือ y-intercept

S_B คือ Random error in y-intercept : ค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกน y

จากกราฟมาตรฐานระหว่างค่าความแตกต่างความเข้มแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์จะได้สมการเส้นตรงคือ y = 0.0072x + 30.994 จากการคำนวณแทนค่า Y_B เท่ากับ 30.994 และ S_B เท่ากับ 0.06 จากนั้นแทนลงในสมการเส้นตรงจะได้ค่า LOQ ซึ่งพบว่าวิธีนี้ได้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดเชิงปริมาณมีค่าเท่ากับ 86.42 ppm

4.4 ค่าร้อยละการคืนกลับ

เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมของชุดทดสอบบนกระดาษแล้ว จึงทำการทดสอบหาปริมาณแอมโมเนียในกลุ่มตัวอย่างน้ำประปา น้ำดื่ม และน้ำแร่ โดยจะทำการปิเปตสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วขนาดเล็ก จากนั้นปิเปตตัวอย่างน้ำและสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์จากการเตรียมโดยวิธีการเติมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 0, 200, 400, 600 และ 800 ppm ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร ลงไปในแต่ละขวดตามลำดับ นำกระดาษกรองที่ถูกเคลือบด้วยสารละลายฟีล์มสีแอนโทไซยานินความเข้มข้น 5 %(v/v) มาอังไว้บนปากขวดแก้วขนาดเล็ก โดยใช้สภาวะการตรวจวัดแบบเปียก ทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเวลา 30 นาที ทำการบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกนและใช้โปรแกรม Image J™ บันทึกความเข้มสีและคำนวณความแตกต่างความเข้มแสงเพื่อนำค่าความแตกต่างความเข้มแสงที่ได้ไปแทนค่าในสมการเส้นตรง คือ y = 0.0072x + 30.994 เพื่อหาค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างที่มีการเติมสารละลายมาตรฐานลงไปและหาค่าร้อยละการคืนกลับจากการคำนวณ ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลของการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและค่าร้อยละการคืนกลับ

ตัวอย่างหมายเลข	ลักษณะ	ปริมาตรของแอมโมเนียมคลอไรด์ (ppm)		ร้อยละการคืนกลับ
		ที่เติมลงไป	ที่ตรวจพบ	
1	น้ำประปา	0	N/D*	-
		200	196.72 ± 0.60	98.36 ± 0.22
		400	415.74 ± 1.48	103.93 ± 0.23
		600	589.50 ± 1.58	98.25 ± 0.19
		800	811.33 ± 0.23	101.41 ± 0.10
2	น้ำดื่ม	0	N/D*	-
		200	210.29 ± 1.63	105.14 ± 1.36
		400	405.73 ± 1.34	101.43 ± 0.17
		600	615.37 ± 1.56	102.56 ± 1.35
		800	801.85 ± 0.34	100.23 ± 0.28
3	น้ำแร่	0	N/D*	-
		200	202.92 ± 0.59	101.46 ± 0.10
		400	403.05 ± 1.34	100.76 ± 0.29
		600	598.82 ± 0.62	99.80 ± 0.15
		800	812.75 ± 1.58	101.59 ± 0.24

หมายเหตุ N/D* หมายถึง Not Detected

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 สามารถสรุปได้ว่า ในตัวอย่างน้ำประปามีค่าร้อยละการคืนกลับอยู่ในช่วง 98.36 – 103.93 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างน้ำดื่มมีค่าร้อยละการคืนกลับอยู่ในช่วง 100.23 – 105.14 เปอร์เซ็นต์ และในตัวอย่างน้ำแร่มีค่าร้อยละการคืนกลับอยู่ในช่วง 100.23 – 105.14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งช่วงการยอมรับได้ของร้อยละการคืนกลับนั้นควรอยู่ในช่วง 85 – 110 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์หาแอมโมเนียในน้ำด้วยฟิล์มสีแอนโทไซยานินบนกระดาษ เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มที่เปลี่ยนแปลงไปอันเนื่องจากการทำปฏิกิริยาระหว่างแก๊สแอมโมเนียกับฟิล์มสีแอนโทไซยานิน โดยจะใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวทำปฏิกิริยากับสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์เพื่อให้เกิดแก๊สแอมโมเนียขึ้น ซึ่งจะได้สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมฟิล์มสีแอนโทไซยานิน คือ ฟิล์มสีแอนโทไซยานินความเข้มข้น 10 %(v/v) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ เวลาในการทำปฏิกิริยา 30 นาที และสภาวะที่ใช้ในการทดลองแบบเปียก ทำการบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกน คำนวณค่าความเข้มแสงที่ได้ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากการศึกษาพบว่าการใช้เครื่องสแกนบันทึกภาพจะช่วยลดข้อผิดพลาดและความสามารถควบคุมแสงได้ดีกว่าการบันทึกภาพด้วยกล้องมือถือสมาร์ทโฟน เนื่องจากการบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกนเป็นการถ่ายภาพในระบบปิดไม่มีแสงรบกวนจากแหล่งอื่น ส่วนโปรแกรมที่เหมาะในการตรวจวัดความเข้มแสงคือโปรแกรม Image J™ เนื่องจากการเก็บข้อมูลของค่าความเข้มแสงของโปรแกรมนี้ช่วยลดข้อผิดพลาดจากการเลือกพื้นที่ในการวัดค่าความเข้มแสงของผู้ทดลองเพราะโปรแกรมจะเลือกพื้นที่ทั้งหมดของจุดบนภาพ ซึ่งจะต่างจากโปรแกรม Adobe Photoshop ที่ผู้ทดลองจะทำการเลือกเฉพาะพื้นที่ของจุดเอง อีกทั้งยังลดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลได้ การวิเคราะห์แอมโมเนียในน้ำสามารถทำได้โดยสร้างกราฟมาตรฐาน ซึ่งช่วงของความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ใช้ทดสอบความเป็นเส้นตรงนั้นเป็นช่วง 200 – 800 ppm มีสมการเชิงเส้นถดถอย คือ $y = 0.0072x + 30.994$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) เท่ากับ 0.9766 มีค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจพบ (LOD) เท่ากับ 25.92 ppm ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดเชิงปริมาณ (LOQ) เท่ากับ 86.42 ppm จากผลการทดลองคำนวณหาแอมโมเนียในตัวอย่างน้ำมีค่าร้อยละคืนกลับของตัวอย่างน้ำประปา น้ำดื่ม และน้ำแร่ อยู่ในช่วง 98.36 – 103.93%, 100.23 – 105.14% และ 100.23 – 105.14% ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

เมื่อมีการเปลี่ยนกระเจี๊ยบที่ใช้ในการสกัดแอนโทไซยานินสีของสารละลายแอนโทไซยานินที่สกัดได้อาจมีความเข้มสีที่ต่างกันส่งผลให้ค่าการตรวจวัดความแตกต่างความเข้มแสงคลาดเคลื่อน ในแต่ละการทดลองควรใช้กระเจี๊ยบชุดเดียวกันในการทดลองเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Retrieved May 20, 2018, from http://www.chem.science.cmu.ac.th/userfiles

[2] Retrieved May 20, 2018, from https://en.wikipedia.org/Absorption_spectroscopy

[3] Retrieved May 20, 2018, from http://www.jsppharma.com/images/column

[4] Retrieved May 20, 2018, from http://www.foodnetworksolution.com/wiki

[5] Retrieved May 20, 2018, from http://www.kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2010

[6] Retrieved May 20, 2018, from http://www.kb.psu.ac.th/psukb/bitstream

[7] Retrieved May 20, 2018, from http://www.siamchemi.com

[8] Retrieved May 20, 2018, from https://th.wikipedia.org/wiki/แอมโมเนีย

[9] Retrieved May 23, 2018, from http://www.prakan.ac.th/Link-Data/web-it/data

[10] Retrieved May 23, 2018, from http://www.mindphp.com

[11] Retrieved May 23, 2018, from http://www.mindphp.com

[12] บุศรารัตน์ สายเชื้อ. 2545. "**แอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบแดง**" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[13] สุวิชา ดีหะสิงห์. 2550. "**การสกัดและการทำให้สารแอนโธไซยานินในลูกหว้าบริสุทธิ์**" โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[14] นันทิยา วงศ์แสงตา และคณะ. 2552. "**การสกัดแยกแอนโทไซยานินจากกลีบดอกอัญชันสีน้ำเงิน**" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเภสัชกรรมคลินิกและการบริหาร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[15] X. Zhai and team. "**Novel colorimetric films base on starch/polyvinyl alcohol incorporate with roselle anthocyanins for fish freshness monitoring**" Food Hydrocolloids 69(2017) : 308 – 317.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[16] K. Sasaki and Y. Sawada. **"Determination of ammonia in estuary"** Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 46(3)1980 : 319 - 321.

[17] Y.B. Cho and team. **"Selective colorimetric detection of dissolved ammonia in water via modified Berthelot's reaction on porous paper"** Sensors and Actuator B. 256(2018) : 167 – 175.

[18] Retrieved May 23, 2018, from http://mking-it-clear.tumblr.com/post/97382751158

[19] Retrieved May 30, 2018, from http://coursewares.mju.ac.th:81/elearning.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

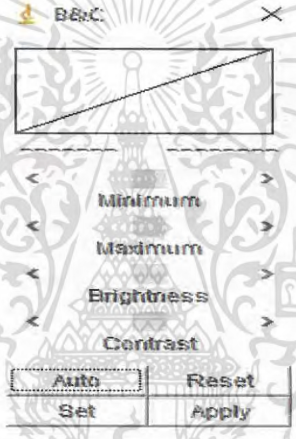
การบันทึกค่าความเข้มแสงจากโปรแกรม Image J™

ขั้นตอนและวิธีการใช้โปรแกรม

1. ลงโปรแกรม Image J™

2. เปิดโปรแกรม Image J™ จากนั้นทำการเลือกเมนู File > Open หรือกด Ctrl+O เพื่อเปิดภาพที่ต้องการ

3. ทำการปรับค่าความสว่าง (Brightness) หากภาพที่บันทึกมีความสว่างจนมองไม่เห็นขอบของจุดสี เลือกเมนู Image > Adjust > Brightness ดังรูป ก.1

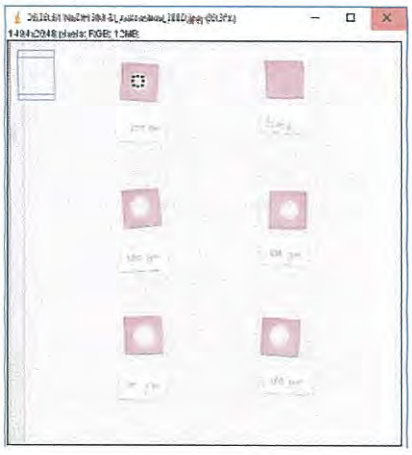


รูป ก.1 แสดงการปรับค่า Brightness

4. กำหนดพื้นที่ในการวิเคราะห์เป็นวงกลม

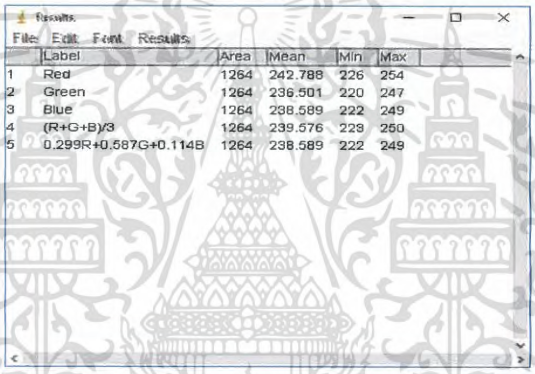
5. คลิกเมาส์และลากที่รูปภาพ เพื่อสร้างกรอบวงกลมให้ครอบคลุมขนาดวงของจุดสีที่เกิดขึ้นบนกระดาษกรอง ดังรูป ก.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.2 แสดงการเลือกพื้นที่ในการวิเคราะห์ผล

6. เมื่อเลือกพื้นที่สำเร็จแล้วทำการเปิดหน้าต่างคำนวณค่า RGB โดยเลือกเมนู Plugin > Analyze > Measure RGB จะปรากฏหน้าต่าง Result ดังรูป ก.3



Results

File Edit Font Results

	Label	Area	Mean	Min	Max
1	Red	1264	242.788	226	254
2	Green	1264	236.501	220	247
3	Blue	1264	238.589	222	249
4	(R+G+B)/3	1264	239.576	229	250
5	0.299R+0.587G+0.114B	1264	238.589	222	249

รูป ก.3 หน้าต่างแสดงการผลการคำนวณค่าความเข้มสี RGB

7. หน้าต่างคำนวณ RGB จะปรากฏขึ้น นำค่า Mean ของค่าแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน มาคำนวณค่าใน “สมการเชิงเส้นยูคลิก” เพื่อหาค่าความแตกต่างความเข้มแสง

วิธีการคำนวณค่าความแตกต่างความเข้มแสง (Euclidean Distance; ED)

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

โดยที่ Δ คือ ผลต่างของแสงที่จุด Blank กับความเข้มแสง ณ จุดที่เกิดปฏิกิริยาที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ

I_R คือ ค่าความเข้มแสงสีแดง

I_G คือ ค่าความเข้มแสงสีเขียว

I_B คือ ค่าความเข้มแสงสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คำรับรองเล่มโครงงานพิเศษ

วันที่ 20 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2561

ข้าพเจ้า นางสาวดุษฎี บัวสาย รหัสประจำตัว 57050417

นายปฏิพัทธ์ เจริญสิทธิกุล รหัสประจำตัว 57050449

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม ภาควิชา เคมี
ขอรับรองว่าโครงงานพิเศษ เรื่อง

ชื่อภาษาไทย การวิเคราะห์แอมโมเนียในน้ำด้วยฟิล์มสีแอนโทไซยานินบนกระดาษ

ชื่อภาษาอังกฤษ Ammonia Analysis in Water Samples with Anthocyanin Film on Paper

ปีการศึกษา 2560

เป็นผลงานวิจัยที่มิได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นและได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อนเรียบร้อยแล้ว และได้แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่มโครงงานพิเศษฉบับสมบูรณ์แล้ว

โปรแกรมอักขราวิสุทธิ์ 1.49 %

ลงชื่อ.....ดุษฎี บัวสาย..... ลงชื่อ.....ปฏิพัทธ์ เจริญสิทธิกุล.....

นางสาวดุษฎี บัวสาย
นักศึกษา

นายปฏิพัทธ์ เจริญสิทธิกุล
นักศึกษา

ข้าพเจ้า ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ได้ตรวจสอบโครงงานพิเศษของนักศึกษาข้างต้น แล้ว ขอรับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อหาสมบูรณ์ จึงลงชื่อไว้เป็นหลักฐาน

ลงชื่อ.....วิบูลย์.....

ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้