การวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ด้วยชุดทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

DETERMINATION OF NITRITE USING SPOT TEST KIT ON PAPER

นางสาวกมลชนก จันทร์เกษม

นางสาวจันทิพย์ เทสวัสดิ์

นายชนวัฒน์ ตันเจริญ

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

การวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ด้วยชุดทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

DETERMINATION OF NITRITE USING SPOT TEST KIT ON PAPER

นางสาวกมลชนก จันทร์เกษม

นางสาวจันทิพย์ เทสวัสดิ์

นายธนวัฒน์ ตันเจริญ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาเคมีอุตสาหกรรม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETERMINATION OF NITRITE USING SPOT TEST KIT ON PAPER

MISS KAMONCHANOK CHANKASEM

MISS CHANTIP TASAWAT

MR TANAWAT TANCHAROEN

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN INDUSTRIAL CHEMISTRY

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ด้วยชุดทดสอบแบบจุดบนกระดาษ Determination of Nitrite Using Spot Test Kit on Paper
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกมลชนก จันทร์เกษม 53050154 นางสาวจันทิพย์ เทสวัสดิ์ 53050186 นายธนวัฒน์ ตันเจริญ 53050239
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม ประจำปีการศึกษา 2556

คณะกรรมการสอบ	**ลายมือชื่อ**
ดร.ณัฐวุฒิ เชิงชั้น	
ดร.เสาวภาคย์ ธีราทรง	
ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ด้วยชุดทดสอบแบบจุดบนกระดาษ
ชื่อนักศึกษา	กมลชนก จันทร์เกษม
	จันทิพย์ เทสวัสดิ์
	ธนวัฒน์ ตันเจริญ
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ได้ทำการศึกษาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์โดยการเตรียมจุดรีเอเจนต์บนกระดาษด้วยวิธีโซล-เจล มีรีเอเจนต์เป็นน้ำยาเคมีผสมประกอบด้วยสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต ความเข้มข้น 0.02 โมลาร์ กรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1.4 โมลาร์ กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.3 โมลาร์ โพแทสเซียมแอนติมอร์นีทาร์เทรตความเข้มข้น 0.003 โมลาร์ และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตความเข้มข้น 50 ppm ผสมกันในอัตราส่วน 2:5:2:1:1 โดยปริมาตร เติมน้ำยาเคมีผสมนี้ลงในโซล-เจลเพื่อเตรียมจุดรีเอเจนต์บนกระดาษกรอง เมื่อหยดสารละลายมาตรฐานไนไตรท์หรือสารละลายตัวอย่างบนจุดรีเอเจนต์ไนไตรท์จะทำปฏิกิริยากับโมลิดินัมบลู ตรวจวัดสีน้ำเงินที่จางลงด้วยเครื่องสแกนเนอร์และโปรแกรม Adobe Photoshop CS5 กราฟที่ได้มีความเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้นของไนไตรท์ 0.30-2.00 mg-N/L ตามสมการ $ED = 26.60[NO_2^-] + 5.834$ ค่า $R^2 = 0.997$ วิธีที่พัฒนาขึ้นนี้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 20.00 – 24.14% และค่าร้อยละคืนกลับอยู่ในช่วง 77.45 – 104.35 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Determination of Nitrite Using Spot Test Kit on Paper
Name	Kamonchanok Chankasem
	Chantip Tasawat
	Tanawat Tancharoen
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Industrial Chemistry
Academic Year	2013
Adviser	Asst. Prof. Dr. Wiboon Praditweangkum

Abstract

This special project is purposed to study the preparation of spot test kit on paper by sol-gel technique for determination of nitrite. The mixed reagent is prepared by combinding solutions of 0.02 Mammoniummolybdate, 1.4 M sulfuric acid, 0.3 M ascorbic acid, 0.003 M potassium antimonytartrate, and 50 ppm potassium dihydrogen phosphate in 2:5:2:1:1 ratio by volume. This mixed reagent is added in sol-gel and dropped on filter paper for a reagent spot. The nitrite standard solution or sample solution is dropped on this reagent spot. Nitrite reacts with molybdenum blue and decreasing of blue colour is detected by scanner and Adobe photoshop CS5 program. The calibration graph is linear with concentration of nitrite in range 0.30 to 2.00 mg-N/L. The linear equation is $ED = 26.60[NO_2^-] + 5.834$ and $R^2 = 0.0997$. The relative standard deviation in range 20.00 – 24.14% and recovery in range 77.45 – 104.35 % are recorded for this developed method.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุลวงไปได้ด้วยดีตามวัตถุประสงค์ของโครงการเนื่องจากได้ได้รับความช่วยเหลือและความกรุณาจากทุก ๆ ท่าน ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่คอยให้คำแนะนำ และข้อคิดมาเป็นแนวทางในการปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งให้คำปรึกษามาโดยตลอด รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมีทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ในทุกด้าน และกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และบุคคลภายในครอบครัวที่ให้ความรัก ความเข้าใจ และคอยให้กำลังใจมาโดยตลอด รวมถึงขอบใจเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดการทำโครงงานพิเศษนี้

คณะผู้จัดทำสำนึกในพระคุณของทุก ๆ ท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจจนโครงงานพิเศษนี้สำเร็จได้ด้วยดี จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

นางสาวกมลชนก จันทร์เกษม

นางสาวจันทิพย์ เทสวัสดิ์

นายธนวัฒน์ ตันเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	2
1.4 ขั้นตอนการทำงานวิจัยและดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	**3**
2.1 ไนไตรท์ (Nitrite)	3
2.2 กระบวนการโซล-เจล (sol-gel Technology)	4
2.3 รีเอเจนต์ที่ใช้ในการตรวจวัด	7
2.4 เครื่องสแกนเนอร์	8
2.5 ระบบสี RGB	9
2.6 สมการเชิงเส้นแบบยูคลิด (Euclidean distance ; ED)	10
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย **13**

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 13

3.2 การเตรียมสารละลาย 15

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง 17

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล **22**

4.1การศึกษาสภาวะที่ใช้ในการทำชุดทดสอบแบบจุดบนกระดาษที่เหมาะสม 22

4.2 การวิเคราะห์ด้วยชุดทดสอบแบบจุดบนกระดาษ 33

4.3 การทดสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบด้วยชุดทดสอบแบบจุดบนกระดาษ 35

4.4 วิธีวิเคราะห์ด้วยวิธี spectrophotometry 38

บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและเสนอแนะ **40**

5.1 สรุปผลการวิจัย 40

5.2 ข้อเสนอแนะ 40

เอกสารอ้างอิง **41**

ภาคผนวก **43**

ภาคผนวก ก 43

ภาคผนวก ข 48

ภาคผนวก ค 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ (mg-n/L) กับ ค่า ED จากการศึกษาผลปริมาตรของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในน้ำยาเคมีผสม	24
4.2 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ (mg-N/L) กับ ค่า ED จากการศึกษาผลความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในน้ำยาเคมีผสม	27
4.3 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ (mg-N/L) กับ ค่า ED จากการศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิกในน้ำยาเคมีผสม	30
4.4 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ (mg-N/L) กับ ค่า ED จากการศึกษาผลของระยะเวลาของโซล-เจล	32
4.5 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรไนไตรท์ (mg-N/L) กับค่า ED จากการศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานโดยวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ	33
4.6 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของไนไตรท์ mg-N/L ในตัวอย่างผักด้วยวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ	35
4.7 ตารางแสดง %Recovery ของวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ	36
4.8 ตารางแสดงค่า RSD ของวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ	37
4.9 ตารางการทดสอบ T-test	37
4.10 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานไนไตรท์ (mg-N/L) กับ ค่าการดูดกลืนแสง (Abs.)	38
4.11 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของไนไตรท์ (mg-N/L)ในตัวอย่างผักด้วย วิธี spectrophotometry	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของ Nitrite	3
2.2 การเปลี่ยนสถานะจากโซลเป็นเจล	5
2.3 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส	5
2.4 ปฏิกิริยา Water Condensation	5
2.5 ปฏิกิริยา Alcohol Condensation	6
2.6 ปฏิกิริยาโพลีคอนเดนเซชัน	6
2.7 กระบวนการโซล-เจล	6
2.8 วงจรสีของแสงแบบแม่สีและแม่สีรอง	9
4.1 น้ำยาเคมีผสมที่มีปริมาตรโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร	22
4.2 ปริมาตรของสารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต	23
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ (mg-N/L) กับ ค่า ED	24
4.4 แสดงความเป็นโซเจลที่ลดลงเมื่อปริมาตรของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเพิ่มขึ้น	25
4.5 ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต	26
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ (mg-N/L) กับ ค่า ED	27
4.7 สารละลายกรดแอสคอร์บิก	29
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ (mg-N/L) กับ ค่า ED	30
4.9 โซล-เจล	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ (mg-N/L) กับ ค่า ED	32
4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ ที่ความเข้มข้น 0.3 – 2.0 (mg-N/L) กับค่า ED	34
4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไนไตรท์ (mg-N/L) กับค่าการดูดกลืนแสง (Abs)	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงานพิเศษ

ปัจจุบันประชาชนให้ความสำคัญต่อการบริโภคผักเนื่องจากผักมีสารอาหารหลายชนิดที่มีคุณค่าต่อร่างกาย แต่การเกษตรในปัจจุบันหันมาใช้สารเคมีในการเพาะปลูกมากขึ้น ทำเกิดอันตรายจากสารพิษตกค้างในผัก โดยเฉพาะผักที่มีผู้นิยมบริโภคและเป็นที่ต้องการของตลาด เช่น ผักบุ้งจีน และผักคะน้าเกษตรกรนิยมใช้ปุ๋ยสูตรที่มีไนโตรเจนสูงเพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพและเจริญเติบโตเร็ว แต่การใส่ปุ๋ยมากเกินไปจะทำให้เกิดการสะสมของไนเตรทและไนไตรท์ ซึ่งพืชที่มีการสะสมของไนเตรทและไนไตรท์มากจะเป็นพวกพืชกินใบและพืชกินหัวโดยเฉพาะระยะที่พืชผักถูกเก็บไว้เพื่อรอการบริโภคซึ่งผักบางชนิดอาจมีไนไตรท์สูงถึง 3.6 กรัมต่อผักแห้ง1กิโลกรัม ซึ่งถ้าหากบริโภคผักที่มีไนเตรทและไนไตรท์สะสมอยู่ในปริมาณมากอาจเกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ เพราะเมื่อเข้าสู่ร่างกายไนเตรทจะถูกรีดิวส์เป็นไนไตรท์ซึ่งไนไตรท์สามารถทำปฏิกิริยากับเอมีน(amine)ในอาหารกลายเป็นสารก่อมะเร็งที่ร้ายแรง คือ ไนโตรซามีน(nitrosamine)ที่ทำให้เกิดมะเร็งตับ กระเพาะอาหาร และหลอดอาหาร โดยเฉพาะผู้ที่มีปฏิกิริยาตอบสนองไวต่อสารนี้เป็นพิเศษจะมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องท้องร่วง อุจจาระเป็นเลือด และปวดศีรษะได้ นอกจากนี้ไนไตรท์ยังก่อให้เกิดปัญหาต่อการทำงานของต่อมไทรอยด์อีกด้วย

โดยทั่วไปในการวิเคราะห์ไนไตรท์จะใช้เทคนิคspectrophotometryซึ่งไม่สะดวกในการเก็บรีเอเจนต์ไว้ทำการวิเคราะห์งานวิจัยนี้จึงพัฒนาเทคนิคโซล-เจลขึ้นเพื่อใช้ในการเตรียมจุดรีเอเจนต์เป็นชุดทดสอบแบบจุดบนกระดาษสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์เพื่อสะดวกในการเก็บจุดรีเอเจนต์สำหรับการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดทดสอบแบบจุดบนกระดาษโดยใช้วิธีโซล-เจล ในการเตรียมชุดรีเอเจนต์สำหรับวิเคราะห์ไนไตรท์

1.3 ขอบเขตของงานโครงงานพิเศษ

1.3.1 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ด้วยชุดทดสอบแบบจุดบนกระดาษโดยใช้วิธีโซล-เจล

1.3.2 เปรียบเทียบผลการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์โดยวิธีที่พัฒนาขึ้นกับวิธีมาตรฐาน

1.3.3 ประยุกต์ใช้วิธีวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ในตัวอย่าง

1.4 ขั้นตอนการทำงานวิจัยและดำเนินการ

1.4.1 สืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูล

1.4.2 วางแผนการทดลอง

1.4.3 จัดหาอุปกรณ์ สารเคมีสารตัวอย่าง และอุปกรณ์ที่ใช้

1.4.4 ดำเนินการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์โดยใช้ชุดทดสอบแบบจุดบนกระดาษ และตรวจวัดด้วยด้วยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี

1.4.5 นำวิธีการวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้วิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ในตัวอย่างและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับวิธีมาตรฐาน

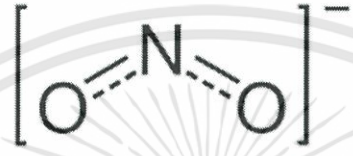
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ชุดทดสอบแบบจุดบนกระดาษ สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ในตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไนไตรท์ (Nitrite) [1]



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของ Nitrite [2]

ไนไตรท์ มีสูตรทางเคมีเป็น NO_2^- มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 46.01 $g.mol^{-1}$ โมกุลมีรูปร่างสมมาตร มีมุมระหว่างพันธะ O-N-O ประมาณ 120° เป็นอนุพันธ์ของ Nitrous acid ไนไตรท์สามารถเป็นได้ทั้งตัวออกซิไดซ์และตัวรีดิวซ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับความแรงของตัวออกซิไดซ์และตัวรีดิวซ์ ไนไตรท์เป็น ambidentate ligand ในเคมีอินทรีย์ไนไตรท์จะอยู่ในรูปเอสเทอร์ของกรดไนตรัสและสารประกอบไนโตร ไนไตรท์ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตอาหาร โดยใช้เป็นสารกันเสียในอาหารประเภทเนื้อสัตว์

ไนไตรท์ที่พบในอาหารและผัก

1.ในอาหารประเภทเนื้อสัตว์ มีการใช้ไนไตรท์ทำให้เกิดสีของเนื้อสัตว์ โดยทำให้เกิดสีแดงอมชมพูในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เช่น ไส้กรอก แฮม เบคอน แหนม กุนเชียง และเนื้อเค็ม เป็นต้น สีเกิดจากการรวมตัวของไนไตรท์กับเม็ดสีในเลือด คือไมโอโกลบิน (myoglobin) เป็นไนโตรโซฮีโมโครมเมื่อถูกความร้อนจะเปลี่ยนเป็น globin introsohemochrome ซึ่งเป็นสีชมพูที่คงตัว และการใช้ไนไตรท์เป็นสารกันเสีย โดยช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตและการสร้างสารพิษของ Clostridiumbotulinum เนื่องจากส่วนของไนไตรท์ที่ไม่แตกตัว จะรวมกับหมู่ซัลฟ์ไฮดริล (sulfhydryl group, -SH) ของกรดอะมิโน เช่น cysteine เกิดเป็น sulfhydryl complex ซึ่งทำให้แบคทีเรียนำกรดอะมิโนใช้ประโยชน์ไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ในผักที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการเพาะปลูก ซึ่งในปุ๋ยอินทรีย์มีส่วนประกอบของไนเตรทเป็นธาตุที่พืชต้องการสำหรับการเจริญเติบโต ดังนั้นหากใส่ปุ๋ยอินทรีย์มากเกินไปอาจทำให้พืชดูดไนเตรทเข้าไปเกินอัตราที่พืชนำไปใช้ส่งผลให้มีการสะสมไนไตรท์จนถึงระดับที่ไม่ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคพืชผักนั้นได้ ปริมาณการสะสมของไนไตรท์ขึ้นกับชนิดของผัก อายุพืช ฤดูกาลปลูกและชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้กับพืช อีกทั้งปุ๋ยอินทรีย์ยังมีความเสี่ยงต่อการชะล้างไนเตรทลงสู่แหล่งน้ำอีกด้วย

ปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มี ในอาหารและผัก คือ

- ไนเตรต และเกลือไนเตรตใช้ ได้ไม่เกิน 500 มก./กก. อาหาร
- ไนไตรท์ และเกลือไนไตรท์ใช้ได้ไม่เกิน 125 มก./กก. อาหาร
- ไนไตรรท์ในผักสดและผลไม้ที่จะนำมาบริโภคต้องไม่เกิน 4000 มก./กก. น้ำหนักสด

พิษจากไนไตรท์ [3]

ไนไตรท์ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค โดยเฉพาะผู้ที่มีปฏิกริยาตอบสนองไวต่อสารนี้เป็นพิเศษจะมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องท้องร่วง อุจจาระเป็นเลือด และปวดศีรษะ ไนไตรท์สามารถทำปฏิกริยากับเอมีน (amine) ในอาหารกลายเป็นสารก่อมะเร็งที่ร้ายแรง คือไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งทำให้เกิดมะเร็งตับ กระเพาะอาหาร และหลอดอาหาร เด็กทารกที่มีเม็ทฮีโมโกลบินมากจะขาดออกซิเจนเพราะขนส่งออกซิเจนไม่ได้ และถ้ามีมากกว่า 60 % ของปริมาณฮีโมโกลบินทั้งหมดในเลือดจะเสียชีวิตนอกจากนี้ไนไตรท์ยังก่อให้เกิดปัญหาต่อการทำงานของต่อมไทรอยด์อีกด้วย

2.2 กระบวนการโซล-เจล (sol-gel Technology) [4]

กระบวนการโซล-เจล เป็นกระบวนการผลิตที่มีประโยชน์หลายอย่างในการผลิตเซรามิกและแก้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุที่ต้องการความบริสุทธิ์สูง โดยทั่วไปกระบวนการโซล-เจลเป็นกระบวนการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวที่เรียกว่า “Sol” ซึ่งส่วนมากอยู่ในรูปของสารแขวนลอยที่มีขนาดอนุภาคประมาณ 0.1-1 ไมครอน เป็นของแข็งที่เรียกว่า “Gel”

ปฏิกิริยาที่สำคัญในกระบวนการโซล-เจล มี 3 ปฏิกิริยา คือ Hydrolysis, Water condensation และ Alcohol condensation ดังสมการ มีปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา คือ pH, ตัวเร่งปฏิกิริยา, อัตราส่วนโมลของน้ำต่อโลหะ และอุณหภูมิ การควบคุมปัจจัยเหล่านี้ในสภาวะที่ต่างกันจะทำให้โซลและเจลที่ได้มีโครงสร้างต่างกัน

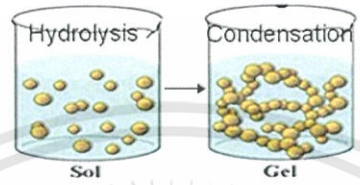
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hydrolysis : $M\text{-}O\text{-}R + HO \longrightarrow M\text{-}OH + R\text{-}OH$

Water Condensation : $M\text{-}OH + HO\text{-}M \longrightarrow M\text{-}O\text{-}M + HO$

Alcohol Condensation : $M\text{-}O\text{-}R + HO\text{-}M \longrightarrow M\text{-}O\text{-}M + R\text{-}OH$

เมื่อ M แทนโลหะ ได้แก่ Si, Zr, Ti, Al, Sn, Ceและ OR แทน Alkoxyl group

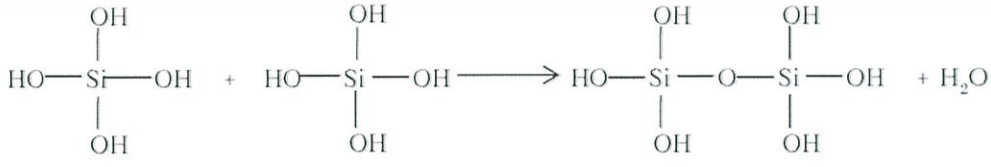


รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนสถานะจากโซลเป็นเจล [5]

ขั้นตอนแรกของการทำโซล-เจล คือการผสมสารตั้งต้นกับน้ำ สารตั้งต้นที่นิยมใช้ในกระบวนการโซล-เจล เป็นสารประกอบโลหะและกึ่งโลหะที่ล้อมรอบด้วยลิแกนด์ที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา เช่น Metal Alkoxide เป็นสารตั้งต้นที่ได้รับความนิยมสูง เนื่องจากทำปฏิกิริยากับน้ำได้ดี เช่น Tetramethoxysilane (TMOS) และ Tetraethoxysilane (TEOS) ส่วน alkoxine ชนิดอื่น เช่น Aluminate, Titanate และ Borate มีใช้กันแพร่หลายโดยมักจะใช้ร่วมกับ TEOS เช่น $Si(OR)_4$ ซึ่ง R คือ CH_3(TMOS), C_2H_5(TEOS) หรือ C_3H_7 จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ดังสมการ

รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส [6]

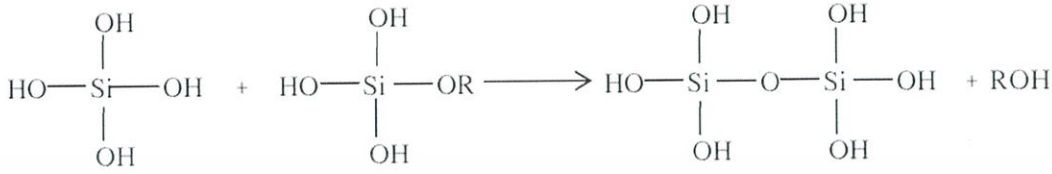
และในขณะเดียวกันก็จะเกิดปฏิกิริยาคอนเดนเซชัน : Water Condensation Reaction



รูปที่ 2.4 ปฏิกิริยา Water Condensation [7]

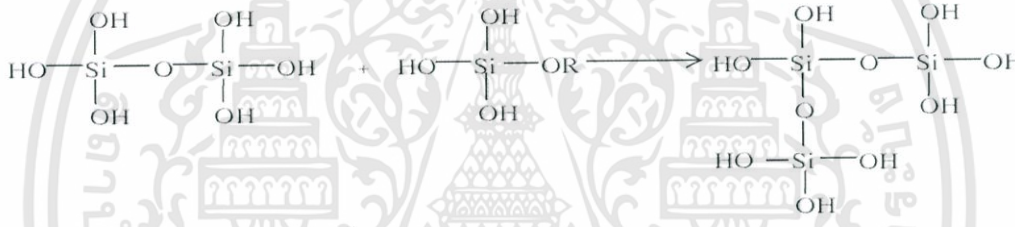
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือปฏิกิริยา Alcohol Condensation Reaction



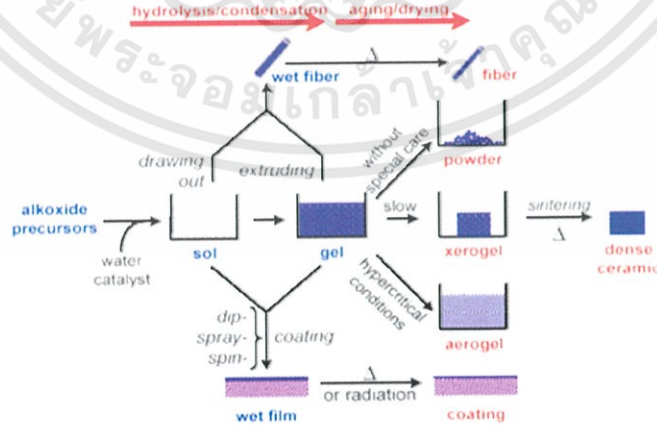
รูปที่ 2.5 ปฏิกิริยา Alcohol Condensation [8]

สารประกอบที่เกิดขึ้นจะเกิดปฏิกิริยาคอนเดนเซชันต่อไปนี้จนกลายเป็น Silica Network อยู่ในสภาวะที่เรียกว่า Gel จึงเรียกปฏิกิริยาดังกล่าวว่า ปฏิกิริยาโพลีคอนเดนเซชัน



รูปที่ 2.6 ปฏิกิริยาโพลีคอนเดนเซชัน [9]

ในกระบวนการผลิต เมื่อเข้าสู่กระบวนการทำให้แห้งจะได้ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆ เช่น fiber, aerogel, xerogel, powder และ coating film เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมอื่นๆต่อไป



รูปที่ 2.7 กระบวนการโซล-เจล [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำเทคโนโลยีโซล-เจล มาใช้ประโยชน์สามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น ผงละเอียด ฟิล์มบาง เส้นใย และวัสดุก้อน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆต่อไป เช่นแก้วซิลิกา สารเคลือบป้องกันการสึกกร่อน การสะท้อนแสง และการเกาะติดผิวของน้ำ เป็นต้น เทคโนโลยีโซล-เจลจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการผลิตสารหรือวัสดุมีสมบัติเฉพาะตัวหรือต้องการความบริสุทธิ์สูง หรือแม้แต่การผลิตสารหรือวัสดุทดแทนการใช้แร่หรือทรัพยากรธรรมชาติหายาก และมีอยู่จำกัดเป็นวัตถุดิบผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการโซล-เจลมีความบริสุทธิ์สูงเนื่องจากเป็นการเตรียมสารหรือวัสดุในระดับโมเลกุล ทำให้สามารถกำหนดสมบัติต่างๆที่ต้องการได้ง่าย นับเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมเคมี เทคโนโลยีพลังงาน อุตสาหกรรมรถยนต์ และอุตสาหกรรมเซรามิก เป็นต้น การนำเทคโนโลยี โซล-เจลมาใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม ยังต้องศึกษาในรายละเอียดเกี่ยวกับสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมและลักษณะหรือสมบัติของสารหรือวัสดุที่ต้องการ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม แนวโน้มการนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์มีความเป็นไปได้สูง เนื่องจากกระบวนการโซล-เจลเป็นเทคโนโลยีการผลิตที่ทำได้ที่อุณหภูมิห้อง สามารถทำได้ตั้งแต่ระดับห้องปฏิบัติการจนถึงระดับอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการผู้บริโภคได้จริง

2.3 รีเอเจนต์ที่ใช้ในการตรวจวัด

Phosphomolybdenum blue complex เกิดจาก phosphate ทำปฏิกิริยากับ ammonium molybdate เป็น ammonium phosphomolybdate จากนั้นรีดิวซ์สารประกอบเชิงซ้อนนี้ด้วย ascobic acid เพื่อให้ได้สารประกอบ molybdenum blue ที่มีสีน้ำเงิน ดังสมการ

$$PO_4^{-3} + 12(NH_4)_2MoO4 + 24H^+ \longrightarrow (NH_4)_3PO_4.12MoO3 + 21NH_4 + 12H_2O$$

$$(NH_4)_3PO_4.12MoO_3 + C_6H_8O_6 \longrightarrow \text{molybdenum blue} + \text{Oxidised form of ascorbic acid}$$

เมื่อหยดสารละลายไนไตรท์จะไปออกซิไดซ์ molybdenum blue ทำให้สีน้ำเงินจางลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เครื่องสแกนเนอร์ [11]

สแกนเนอร์คืออุปกรณ์เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์แบบกราฟิกที่มีหน้าที่ในการเปลี่ยนแปลงภาพต้นฉบับ (รูปถ่าย, ตัวอักษรบนหน้ากระดาษ,ภาพวาด) ให้เป็นข้อมูลเพื่อให้คอมพิวเตอร์ สามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ในการแสดงผลที่หน้าจอทำให้สามารถแก้ไข ตกแต่งเพิ่มเติม และจัดเก็บข้อมูลได้

สแกนเนอร์มีหลักการทำงาน คือเครื่องอ่านภาพจะทำการอ่านภาพโดยอาศัยการสะท้อน หรือการส่องผ่านของแสงกับภาพต้นฉบับที่ทึบแสงหรือโปร่งแสงให้ตกกระทบกับแถบของอุปกรณ์ไวแสง (Photosensitive) ซึ่งมีชื่อในทางเทคนิคว่า Charge-Couple Device (CCD) ตัว CCD จะรับแสงดังกล่าวลงไปเก็บไว้ในเส้นเล็กของเซลและจะแปลงคลื่นแสงของแต่ละเซลเล็กๆ ให้กลายเป็นคลื่นความต่างศักย์ซึ่งจะแตกต่างไปตามอัตราส่วนของระดับความเข้มของแสงแต่ละจุดตัวแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอล (AnalogtoDigitalConvertor)จะแปลงคลื่นความต่างศักย์ ให้เป็นข้อมูลในรูปแบบที่คอมพิวเตอร์เข้าใจในเวลาเดียวกันโปรแกรมในการอ่านจะควบคุมการทำงานของเครื่องอ่านภาพให้รับข้อมูลเข้าและจัดรูปแบบเป็นแฟ้มข้อมูลของภาพในระบบคอมพิวเตอร์ต่อไป

ภาพจากการสแกนจะอยู่ในคอมพิวเตอร์ซึ่งอยู่ในรูปแบบดิจิตอลขนาดของไฟล์รูปภาพจะประกอบด้วย จำนวนพิกเซลเป็นร้อยเป็นพันคอมพิวเตอร์จะบันทึกค่าความเข้มและค่าสีของพิกเซลแต่ละพิกเซลด้วยจำนวน 1 บิต หรือหลายๆ บิตจำนวนของพิกเซลจะเป็นตัวแสดงถึงความละเอียดและถ้ามีจำนวนบิตต่อพิกเซลมากสีที่ได้ก็จะมากตามไปด้วย

รูปแบบการเก็บข้อมูลมีหลายระบบ เช่น 1 บิต 8 บิต และ 24 บิต โดยถ้าเป็นข้อมูลแบบ 1 บิต จะใช้สำหรับเก็บข้อมูลต่อพิกเซล2สถานะ คือ1และ0ซึ่งจะแสดงสีได้เฉพาะขาวกับดำแต่ถ้าเป็น8 บิต จะใช้ความแตกต่างของสีถึง 256 ระดับ การรวมแม่สีมีเทคนิคที่เรียกว่า Dithering ซึ่งจะแสดงสีได้ไม่เหมือนกับความจริงที่เรามองเห็นได้ สำหรับระบบ 24 บิต จะให้ภาพที่มีสีใกล้เคียงจริงมากที่สุดเรียกว่า Photo-Realistic โดยจะแบ่ง 24 บิต เป็น 3 ส่วน คือ แดง, เขียว, น้ำเงิน ส่วนละ 8 บิต เมื่อรวมทั้ง 3 ส่วนเข้ากันแล้วจะสามารถแสดงสีได้ถึง 16.7 ล้านสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ระบบสีRGB [12]

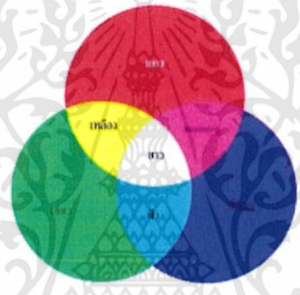
ระบบสี RGB เป็นระบบสีของแสง เกิดจากการหักเหของแสงกลายเป็นสีรุ้งด้วยกัน 7 สี ซึ่งเป็นช่วงแสงที่ตาของคนเรามองเห็นแสงสีม่วงจะมีความถี่สูงสุดเรียกว่าอุลตร้าไวโอเลตและแสงสีแดงจะมีความถี่ต่ำสุด เรียกว่าอินฟาเรท แม่สีของแสงมีด้วยกัน 3 สี นั้นก็คือ สีแดง(R), สีเขียว(G) และสีน้ำเงิน (B) แต่ละแม่สีเมื่อรวมกันก็จะได้สีดังนี้

สีแดง+สีเขียว ได้ สีเหลือง Yellow

สีเขียว+น้ำเงิน ได้ สีฟ้า Cyan

สีแดง+สีน้ำเงิน ได้ สีแดงอมชมพู่ Magenta

และถ้ารวมสีของแสงทั้งหมดก็จะได้สีขาว



รูปที่ 2.8วงจรสีของแสงแบบแม่สีและแม่สีรอง [12]

การมองเห็นของคนเรานั้นเกิดจากคลื่นแสงที่เกิดขึ้นในแหล่งแสงต่างๆวิ่งไปกระทบผิว และพื้นผิวอาจจะดูดรับบางคลื่นแล้วสะท้อนกลับมากลายเป็นสีที่ตาเรามองเห็น

ระบบสี RGB จะการแสดงผลออกมา เป็นรูปแบบการรับแสงแสดงผลด้วยแสงที่เป็นแม่สี ได้แก่ สีแดง, สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆไม่ว่าจะเป็นจอภาพ, สแกนเนอร์, กล้องดิจิตอลหรือดวงตาคนเราล้วนแต่รับและแปลผลเป็นสีต่างๆ ด้วยแสงเหล่านี้

เมื่อนำแม่สีของแสงทั้ง 3 มาผสมกัน ในปริมาณแสงสว่างเท่ากันก็จะได้เป็นแสงที่สีขาว แต่ถ้าผสมกันระหว่างแสงระดับความสว่างต่างกัน ก็จะได้ผลทีเป็นแสงสีๆ มากมายเป็นล้านสีทีเดียว

ในระบบสี RGB นั้น ไม่ได้หมายถึงสีใดสีหนึ่ง แต่เป็นการรวมกันของแม่สีทั้ง 3 ซึ่ง อธิบายถึงหลักของสี RGB โดยเป็นพื้นฐานของการนำเอาสี RGB ไปใช้ในระบบของสี sRGB หรือ Adobe RGB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 สมการเชิงเส้นแบบยูคลิด (Euclidean distance ; ED)

Euclidean distance (ED) คือความแตกต่างความเข้มแสง หาได้จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า "สมการเชิงเส้นแบบยูคลิด"

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

โดยที่ Δ คือ ผลต่างของแสงที่จุด blank กับค่าความเข้มแสง ณ จุดที่เกิดปฏิกิริยากับไนไตรท์ที่เข้มข้นต่างๆกัน

R คือ ค่าความเข้มแสงสีแดง

G คือ ค่าความเข้มแสงสีเขียว

B คือ ค่าความเข้มแสงสีน้ำเงิน

หมายเหตุ แสงสีขาวจะประกอบด้วยแสงสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน ซึ่งมีค่าความเข้มแสงสูงสุดเท่ากับ 255, 255, 255 (R,G,B) และแสงสีดำจะมีค่าความเข้มแสงต่ำสุดเท่ากับ 0, 0, 0

2.7งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหาปริมาณไนไตรท์

NidalA.Zatar[14] และคณะได้อธิบายการหาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทด้วยวิธี spectrophotometricซึ่งวิธีนี้อาศัยการรีดิวซ์ของphosphomolybdicacidไปเป็นphosphomolybdenum blue complex โดยโซเดียมซัลไฟล์ จากนั้นถูกออกซิไดซ์โดยไนไตรท์ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงลดลง ซึ่งอัตราการลดลงแปรผันตรงกับปริมาณไนไตรท์ที่เพิ่มเข้าไป phosphomolybdenumbluecomplex ดูดกลืนแสงที่ 814 นาโนเมตร โดยปัจจัยที่มีผลต่อค่าการดูดกลืนแสงขึ้นกับความเป็นกรด ความเสถียรของคอมเพล็กซ์ เวลา อุณหภูมิ ความเข้มข้นของฟอสเฟต ความเข้มข้นของโมลิดินัม ความเข้มข้นของโซเดียมซัลไฟล์ และ toleranceของไอออนจากวิธีมาตรฐานมีช่วงความเป็นเส้นตรงที่ความเข้มข้น 05-2 ppm และ absorptivity เท่ากับ $1.1x10^{-4}$ l mol^{-1} cm^{-1}สำหรับวิธีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.6% ช่วงความเป็นเส้นตรงของวิธีที่พัฒนาขึ้นอยู่ในช่วง 0.2-3.6 ppm และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 24% วิธีนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณไนไตรท์ในน้ำ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และผักได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vitor Hugo Marques Luiz [15] และคณะได้อธิบายถึงวิธีการที่ง่ายและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับการวัดไนไตรท์โดยใช้วิธีการรวมกันของจุดและการสะท้อนบนกระดาษกรอง วิธีการนี้อยู่บนพื้นฐานของปฏิกิริยา diazotiation ของ dapsone (4,4'-diamino-diphenyl, sulhone, DAP) และ (naphthyl) ethylenediamine hydrochloride (NED) กับไนไตรท์ที่มีความเป็นกรดกลางๆ ผลที่ได้จะปรากฏสารที่มีสีอยู่บนผิวของกระดาษกรอง วิธีนี้วัดการสะท้อนที่ 545 nm มีช่วงความเป็นเส้นตรงระหว่าง 0.29-5.0 mg/L^{-1} ของไนไตรท์ (R=0.997) โดยพิจารณาที่ 0.09 และ 0.29 mg/L^{-} ตามลำดับ สุดท้ายวิธีการนี้จึงเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณของไนไตรท์ในเนื้อ, ผัก และน้ำได้ดี

2.7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคโซล-เจล

ยุพเรศ แก้วพินึก และ ศิริพร บำรุงพันธ์ [16] งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการสังเคราะห์แคลเซียมซิลิเกตด้วยเทคนิคโซล-เจล (Sol-gel) โดยใช้เตตระเอทิลออโทซิลิเกต (Tetraethyl orthosilicate, $C_8H_{20}O_4Si$) และแคลเซียมไนเตรทเตตระไฮเดรท (Calciumnitratetetrahydrate, $Ca(NO_3)_2.4H_2O$) เป็นสารตั้งต้น โดยใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเอทานอลและน้ำกลั่นในอัตราส่วนเท่ากับ 275:25 250:50 150:150 และ 50:250 จากการทดลองพบว่าที่อัตราส่วนตัวทำละลายผสมเอทานอล:น้ำกลั่น เท่ากับ 275:25 จะให้สารผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนโมลของ CaO/SiO_2 เท่ากับ 1.046 ซึ่งเข้าใกล้ค่าทางทฤษฎีของ $CaSiO_3$ มากที่สุด เมื่อปริมาตรน้ำกลั่นในตัวทำละลายเพิ่มขึ้น จะเป็นผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของสารตั้งต้นเป็นไซลานอล (Silanol) มีค่าสูงกว่าปฏิกิริยาควบแน่นของไซลอกเซน (Siloxane) สารที่สังเคราะห์ได้นำไปแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 500 °C และ 900 °C พบว่าเมื่ออัตราส่วนโมลของ CaO/SiO_2 มีค่าใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎี (1.000) วัฏภาคผลึกที่ได้จะเป็น Wollastanite-2M แต่ถ้าอัตราส่วนโมลสูงกว่าค่าทางทฤษฎี (>1.000) จะพบวัฏภาคของแคลเซียมซิลิเกตชนิดอื่นร่วมอยู่ด้วย สมบัติความว่องไวทางชีวภาพของแคลเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์ได้นำไปทดสอบโดยแช่ในสารละลายจำลองของเหลวในร่างกาย (Simulated body fluid ; SBF) เป็นเวลา 1-25 วัน ภายหลังการแช่พบว่าเกิดการก่อตัวของฟิล์มไฮดรอกซีแอปาไทต์ที่พื้นผิวของแคลเซียมซิลิเกต แสดงให้เห็นแคลเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์ได้เป็นวัสดุที่มีว่องไวทางชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธิติ ไตรพัฒน์ และ ศิริชัย เทียมพันธ์ [17] ได้ศึกษาการสังเคราะห์ซิลิกอนคาร์ไบด์ โดยกระบวนการโซล-เจล ในการทดลองจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นที่ 1 เป็นขั้นพรีไฮโดรไลซีส (Prehydrolysis) ทำปฏิกิริยาโดยไฮโดรไลซีสระหว่างสารตั้งต้นฟีโนลิกเรซิน (Phenolic resin) หรือเรโซซินนอลเรซิน (Resocinol resin) และสารละลายเตตระเอทอกซีไซเลน (Tetraethoxy silane, TEOS) โดยมีกรดออกซาลิก (Oxalic acid, OA) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในขั้นที่ 2 เป็นขั้นการเกิดเจล (Gelation) นำของผสมที่ได้ในขั้นที่ 1 เติมด้วยสารละลายเฮกซะเมทิลีนเตตระมีน(Hexamethylenetetramine, HMTA) จนเกิดเป็นเจล นำเจลที่ได้ไปทำการแคลไซน์ (Calcine) ที่ 1200°C ภายใต้สภาวะบรรยากาศของไนโตรเจน โครงงานพิเศษนี้ได้ทำการศึกษาถึงผลและชนิดของปริมาณเรซิน และเวลาที่ใช้ในขั้นพรีไฮโดรไลซีสที่มีผลต่อการสังเคราะห์ ในการสังเคราะห์ที่มีเรโซซินอลเป็นสารตั้งต้นพบว่าเกิดการตกตะกอนของซิลิกา ร่วมกับการเกิดเจลของพอลิเมอร์ เนื่องจากสภาวะที่ใช้ในการสังเคราะห์มีความเป็นกรดสูง ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสสูงกว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาควบแน่น อย่างไรก็ตามเมื่อทำการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์สารผลิตภัณฑ์บางตัวพบว่า มีวัฏจภาคผลึกของซิลิกอนคาร์ไบด์เกิดขึ้นในสารผลิตภัณฑ์หลังการแคลไนซ์ ซึ่งแสดงพีกที่ 2Ø เท่ากับ 35.8 องศา ในรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ และแสดงแถบการดูดกลืนรังสีอินฟาเรดที่ 620 cm^{-1} ผลจากการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA พบว่าในการตัวอย่างที่มีฟีโนลิกเป็นสารตั้งต้น ปริมาณคาร์บอนคงตัวในสารผลิตภัณฑ์ซึ่งสลายตัวที่ช่วงอุณหภูมิ 600 -1000 °C จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณเรซิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 สารเคมี

1. โซเดียมไนไตรท์ (Sodium nitrite, $NaNO_2$) เกรดคุณภาพวิเคราะห์ จากบริษัท Carlo Erbr Reagents ประเทศฝรั่งเศส

2. ซัลฟานิลาไมด์ (Sulphanilamide, $C_6H_8N_2O_2S$) เกรดคุณภาพวิเคราะห์ ของบริษัท CARLO ERBA Reagent ประเทศฝรั่งเศส

3. แนฟทิลเอธิลีนไดอะมีนไดไฮโดรคลอไรด์ (N-(1-Naphthyl) ethylenediaminedihydro chloride, NED) เกรดคุณภาพวิเคราะห์ของบริษัท CARLO ERBA Reagent ประเทศฝรั่งเศส

4. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Potassium Dihydrogenphosphate, KH_2PO_4) เกรดคุณภาพวิเคราะห์ของบริษัท Ajax Finechem ประเทศออสเตรเลีย

5. แอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate, $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$) เกรดคุณภาพวิเคราะห์ของบริษัท CARLO ERBA Reagent ประเทศฝรั่งเศส

6. กรดซัลฟิวริก (Sulfuri Acid, H_2SO_4) เกรดคุณภาพวิเคราะห์ของบริษัท CARLO ERBA Reagent ประเทศฝรั่งเศส

7. กรดแอสคอร์บิก (L-Ascorbic Acid, $C_6H_8O_6$) เกรดคุณภาพวิเคราะห์ของบริษัท LOBA CHEMIE ประเทศอินเดีย

8. โพสแทสเซียมแอนติมอนีทาร์เทรต (Potassium antimonyl-tartrate, $K(SbO)C_4H_4O_6 .5H_2O$) เกรดคุณภาพวิเคราะห์ของบริษัท CARLO ERBA Reagent ประเทศฝรั่งเศส

9. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl) เกรดคุณภาพวิเคราะห์ของบริษัทCARLO ERBA Reagent ประเทศฝรั่งเศส

10. เตตระเอทิลออโทซิลิเกต (Tetraethyl orthosilicate, TEOS) ความบริสุทธิ์ 98% บริษัท ACROS Organics ประเทศเบลเยี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ไตรตันเอ็กซ์100(Triton X-100) บริษัทFisher ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1.เครื่องกวนแม่เหล็กพร้อมแท่งกวนบริษัทVELP Scientifica

2.กระดาษกรองเบอร์ 2 และ 42 ยี่ห้อAdvantec

3.เครื่องสแกนเนอร์

4.เครื่อง spectrophotometerรุ่น UV-160 ยี่ห้อ Shimadzu

5.เครื่องชั่งละเอียด 5 ตำแหน่ง รุ่น CPA2245 บริษัท Sartorius

6.ไมโครปิเปตขนาด 0.50-10.00ไมโครลิตรบริษัทBiohit

7.Cuvette

8.ช้อนตักสาร 2 อัน

9.ขวดวัดปริมาตร	ขนาด	25	มิลลิลิตร	6 ขวด
	ขนาด	50	มิลลิลิตร	1 ขวด
	ขนาด	250	มิลลิลิตร	4 ขวด
	ขนาด	500	มิลลิลิตร	3 ขวด
	ขนาด	1000	มิลลิลิตร	3 ขวด
10.ปิเปต	ขนาด	1	มิลลิลิตร	2 อัน
	ขนาด	2	มิลลิลิตร	2 อัน
	ขนาด	5	มิลลิลิตร	1 อัน
	ขนาด	25	มิลลิลิตร	1 อัน
11.บีกเกอร์	ขนาด	100	มิลลิลิตร	2 ใบ
	ขนาด	30	มิลลิลิตร	1 ใบ
12.บีกเกอร์พลาสติก	ขนาด	30	มิลลิลิตร	1 ใบ

13.ตู้อบสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเตรียมสารละลาย

3.2.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานไนไตรท์

1) สารละลายมาตรฐานไนไตรท์เข้มข้น 100 mg-N/L (Stock standard solution)

ละลายโซเดียมไนไตรท์ ($NaNO_2$) ที่อบแห้ง 105-110 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง 0.4928 กรัม ในน้ำกลั่นใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดสีชาแล้วแช่เย็นไว้สารละลายมีอายุการใช้งานประมาณ 1-2 เดือน

2) สารละลายมาตรฐานไนไตรท์เข้มข้น 10 mg-N/L (Intermediate standard solution)

ปิเปต Stock standard solution 50.0 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3.2.2 การเตรียมสารละลายซัลฟานิลาไมด์

ดูดกรด HCl เข้มข้น จำนวน 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีน้ำกลั่นอยู่ประมาณครึ่งขวด ชั่งซัลฟานิลาไมด์ ($C_6H_8N_2O_2S$) 2.5 กรัม ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรปรับปรับปริมาตรเป็น250 มิลลิลิตร

3.2.3 การเตรียมสารละลายเอ็นอีดี

ชั่งแนฟทิลเอธีลีนไดอะมีนไดไฮโดรคลอไรด์ 2.5 กรัม แล้วปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร

3.2.4 การเตรียมน้ำยาเคมีผสม

1) สารละลายแอมโมเนียมลิบเดต

ละลายแอมโมเนียมลิบเดต ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ $4H_2O$) 15 กรัมในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร เก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดพลาสติก และไม่ให้ถูกแสง สารละลายนี้เสถียรตลอดไป

2) สารละลายกรดซัลฟิวริก

เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4) 140 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรที่มีน้ำกลั่นอยู่ 600-700 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) สารละลายกรดแอสคอร์บิก

สารละลายกรดแอสคอร์บิก 27 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เก็บสารละลายไว้ในขวดพลาสติก นำไปแช่แข็ง สารละลายนี้เสถียรเป็นเวลาหลายเดือน หากเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องจะมีอายุการใช้งานเพียง 1 สัปดาห์

4) สารละลายโพแทสเซียมแอนติมอนีทาร์เทรต

ละลายโพแทสเซียมแอนติมอนีทาร์เทรต ($K(SbO)C_4H_4O_6\,5H_2O$) 0.34 กรัม ในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร เก็บรักษาสารละลายไว้ในขวดแก้วหรือขวดพลาสติก สารละลายนี้เสถียรเป็นเวลาหลายเดือน

5) สารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต

ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) ที่อบแห้ง 105 องศาเซลเซียส นาน 1-24 ชั่วโมง 0. 2197 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตรเก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดพลาสติก และควรเก็บไว้ในที่มืดหากต้องการเตรียมเพื่อใช้เป็นเวลานาน

6) น้ำยาเคมีผสม (mixed reagent)

ผสมสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต สารละลายกรดซัลฟิวริก สารละลายกรดแอสคอร์บิก สารละลายโพแทสเซียมแอนติมอนีทาร์เทรต และสารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเข้าด้วยกันในอัตราส่วน 2 : 5 : 2 : 1 : 1 น้ำยาเคมีผสมควรใช้ภายในเวลา 6 ชั่วโมง

3.2.5 การเตรียมสารละลายโซล-เจลเจือด้วยน้ำยาเคมีผสม

ปิเปตสารละลายเตตระเอทิลออโทซิลิเกต 2 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 10 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.10 โมลาร์ 1 มิลลิลิตร เติมน้ำยาเคมีผสม 2 มิลลิลิตร จากนั้นหยดไตรตันเอ็กซ์ 100® ลงใน บีกเกอร์เดิม 7 หยด แล้วปั่นกวนสารละลายจนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จะได้สารละลายโซล-เจลเจือด้วยน้ำยาเคมีผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

3.3.1 วิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

3.3.1.1 การศึกษาผลปริมาตรของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในน้ำยาเคมีผสม

1) เตรียมน้ำยาเคมีผสมโดยปิเปตสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต 2 มิลลิลิตร สารละลายกรดซัลฟิวริก 5 มิลลิลิตร สารละลายกรดแอสคอร์บิก 2 มิลลิลิตร สารละลายโพแทสเซียมแอนติมอนีทาร์เทรต 1 มิลลิลิตรและสารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ผสมเข้าด้วยกัน

2) ปิเปตสารละลายเตตระเอทิลออโทซิลิเกต 2 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 10 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.10 โมลาร์ 1 มิลลิลิตร เติมน้ำยาเคมีผสม 2 มิลลิลิตร

3) หยดไตรตันเอ็กซ์100® ลงใน บีกเกอร์เดิม 7 หยด แล้วปั่นกวนสารละลายจนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงจะได้สารละลายโซล-เจลเจือด้วยน้ำยาเคมีผสม

4) หยดสารละลายโซล-เจลเจือน้ำยาเคมีผสม ที่เตรียมได้ จำนวน 10 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษกรองเบอร์ 2 จากนั้นทิ้งเอาไว้ให้แห้งประมาณ 24 ชั่วโมง

3.3.1.2 การศึกษาผลความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในน้ำยาเคมีผสม

1) เตรียมสารสารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต เข้มข้น 50, 100, 150, 200 และ 250 ppm

2) เตรียมน้ำยาเคมีผสม โดยผสมสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต สารละลายกรดซัลฟิวริก สารละลายกรดแอสคอร์บิก สารละลายโพแทสเซียมแอนติมอนีทาร์เทรต และสารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 50, 100, 150, 200 และ 250 ppm เข้าด้วยกันในอัตราส่วน 2 : 5 : 2 : 1 : 1

3) ปิเปตสารละลายเตตระเอทิลออโทซิลิเกต 2 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 10 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.10 โมลาร์ 1 มิลลิลิตร เติมน้ำยาเคมีผสม 2 มิลลิลิตร

4) หยดไตรตันเอ็กซ์100® ลงใน บีกเกอร์เดิม 7 หยด แล้วปั่นกวนสารละลายจนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงจะได้สารละลายโซล-เจลเจือด้วยน้ำยาเคมีผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) หยดสารละลายโซล-เจลเจือน้ำยาเคมีผสม ที่เตรียมได้จำนวน 10 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษกรองเบอร์ 2 จากนั้นทิ้งเอาไว้ให้แห้งประมาณ 24 ชั่วโมง

3.3.1.3 การศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิกในน้ำยาเคมีผสม

1) เตรียมสารละลายกรดแอสคอร์บิกทิ้งไว้ 1, 2, 3, 4 และ 5 วัน

2) เตรียมน้ำยาเคมีผสม โดยผสมสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดตสารละลายกรดซัลฟิวริก สารละลายกรดแอสคอร์บิกวันที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 สารละลายโพแทสเซียมแอนติมอนีทาร์เทรต และสารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเข้าด้วยกันในอัตราส่วน 2 : 5 : 2 : 1 : 1

3) ปิเปตสารละลายเตตระเอทิลออโทซิลิเกต 2 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 10 มิลลิลิตร แล้วปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.10 โมลาร์ 1 มิลลิลิตร เติมน้ำยาเคมีผสม 2 มิลลิลิตร

4) หยดไตรตันเอ็กซ์ 100® ลงใน บีกเกอร์เดิม 7 หยด แล้วปั่นกวนสารละลายจนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงจะได้สารละลายโซล-เจลเจือด้วยน้ำยาเคมีผสม

5) หยดสารละลายโซล-เจลเจือน้ำยาเคมีผสม ที่เตรียมได้ จำนวน 10 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษกรองเบอร์ 2 จากนั้นทิ้งเอาไว้ให้แห้งประมาณ 24 ชั่วโมง

3.3.1.4 การศึกษาผลของระยะเวลาของโซล-เจล

1) เตรียมน้ำยาเคมีผสม โดยผสมสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดตสารละลายกรดซัลฟิวริก สารละลายกรดแอสคอร์บิก สารละลายโพแทสเซียมแอนติมอนีทาร์เทรตและสารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเข้าด้วยกันในอัตราส่วน 2 : 5 : 2 : 1 : 1

2) ปิเปตสารละลายเตตระเอทิลออโทซิลิเกต 2 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 10 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.10 โมลาร์ 1 มิลลิลิตร เติมน้ำยาเคมีผสม 2 มิลลิลิตร

3) หยดไตรตันเอ็กซ์100® ลงใน บีกเกอร์เดิม 7 หยด แล้วปั่นกวนสารละลายจนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงจะได้สารละลายโซล-เจลเจือด้วยน้ำยาเคมีผสม

4) หยดสารละลายโซล-เจลเจือน้ำยาเคมีผสมที่เตรียมได้จำนวน 10 ไมโครลิตรลงบกระดาษกรองเบอร์ 2 จากนั้นทิ้งเอาไว้ให้แห้ง 1, 2, 3, 4 และ 5 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.5 การศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานโดยวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

1) หยดสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ ความเข้มข้น 0.3, 0.6, 1.0, 1.3, 1.6 และ2.0 mg-N/L จำนวน 5 ไมโครลิตร ลงบนบริเวณที่หยดสารละลายโซล-เจลเอาไว้ ทิ้งเอาไว้ประมาณ 1 นาที บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงสีของชุดทดสอบบนกระดาษแบบจุด

2) ใช้เครื่องแสกนเนอร์และนำภาพที่ได้มาบันทึกค่าความเข้มแสง (RGB) ด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop CS2™

3) นำค่าความเข้มแสงดังกล่าว มาพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไนไตรท์กับความแตกต่างความเข้มแสง (Euclidean distance; ED)

3.3.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างผัก

1) ล้างทำความสะอาดตัวอย่างผักแล้วนำตัวอย่างผักมาปั่นย่อยให้ละเอียด จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2) นำตัวอย่างผักที่อบแห้งแล้วไปบดให้ละเอียดอีกครั้ง

3) ชั่งตัวอย่างผักประมาณ 2 กรัม เติมน้ำกลั่น 60 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนที่อุณภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที

4) กรองสารละลายด้วยเครื่องกรองลดความดัน โดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 42

5) นำสารละลายที่กรองได้ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

6) ปิเปตสารละลายตัวอย่างผัก 5 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดวัดปริมาตร 25 มิลลิลิตรแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

7) หยดสารละลายตัวอย่างผักจำนวน 5 ไมโครลิตร ลงบนบริเวณที่หยดสารละลายโซล-เจลเอาไว้ ทิ้งเอาไว้ประมาณ 1 นาที

8) บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงสีของชุดทดสอบบนกระดาษแบบจุด ใช้เครื่องแสกนเนอร์และนำภาพที่ได้มาบันทึกค่าความเข้มแสง (RGB) ด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop CS2™

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การทดสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

3.3.3.1 การศึกษาความแม่นของวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

1) ปิเปตสารละลายตัวอย่างผัก 5 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดวัดปริมาตร 25 มิลลิลิตรจำนวน 4 ขวด เติมโซเดียมไนไตรท์ที่ความเข้มข้น 1.0, 1.3 และ 1.6 mg-N/L ทั้ง 3 ขวด ตามลำดับปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

2) หยดสารละลายตัวอย่างผักจำนวน 5 ไมโครลิตร ลงบนบริเวณที่หยดสารละลายโซล-เจลเอาไว้ ทิ้งเอาไว้ประมาณ 1 นาที

3) บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงสีของชุดทดสอบบนกระดาษแบบจุด ใช้เครื่องแสกนเนอร์และนำภาพที่ได้มาบันทึกค่าความเข้มแสง (RGB) ด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop CS2™ จากนั้นนำไปคำนวณหาค่าความแม่นของวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

3.3.3.2 การศึกษาความเที่ยงของวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

1) ปิเปตสารละลายตัวอย่างผัก 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตร 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

2) หยดสารละลายตัวอย่างผักจำนวน 5 ไมโครลิตร ลงบนบริเวณที่หยดสารละลายโซล-เจลเอาไว้ ทิ้งเอาไว้ประมาณ 1 นาที

3) บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงสีของชุดทดสอบบนกระดาษแบบจุดใช้เครื่องแสกนเนอร์และนำภาพที่ได้มาบันทึกค่าความเข้มแสง (RGB) ด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop CS2™ จากนั้นนำไปคำนวณหาค่าความเที่ยงของวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.2 การศึกษา LOD และ LOQ ของวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

1) ปิเปตสารละลายตัวอย่างผัก 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตร 25 มิลลิลิตรปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

2) หยดสารละลายตัวอย่างผักจำนวน 5 ไมโครลิตร ลงบนบริเวณที่หยดสารละลายโซล-เจล เอาไว้ทิ้งเอาไว้ประมาณ 1 นาที

3) บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงสีของชุดทดสอบบนกระดาษแบบจุดใช้เครื่องแสกนเนอร์และนำภาพที่ได้มาบันทึกค่าความเข้มแสง (RGB) ด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop CS2™ จากนั้นนำไปคำนวณหาค่า LOD และ LOQ ของวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

3.3.4 วิธี spectrophotometry

3.4.4.1 การเตรียมกราฟมาตรฐาน

1) เตรียมสารละลายโซเดียมไนไตรท์เข้มข้น 0.01, 0.02, 0.04, 0.08, 0.1, 0.2, 0.4 และ 0.6 mg-N/L สำหรับแบลงค์ใช้น้ำกลั่น

2) เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 2 นาที แล้วเติม NED 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10-60 นาที

3) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ได้

3.3.4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1) นำตัวอย่างผัก 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

2) เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 2 นาที แล้วเติม NED 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10-60 นาที

3) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

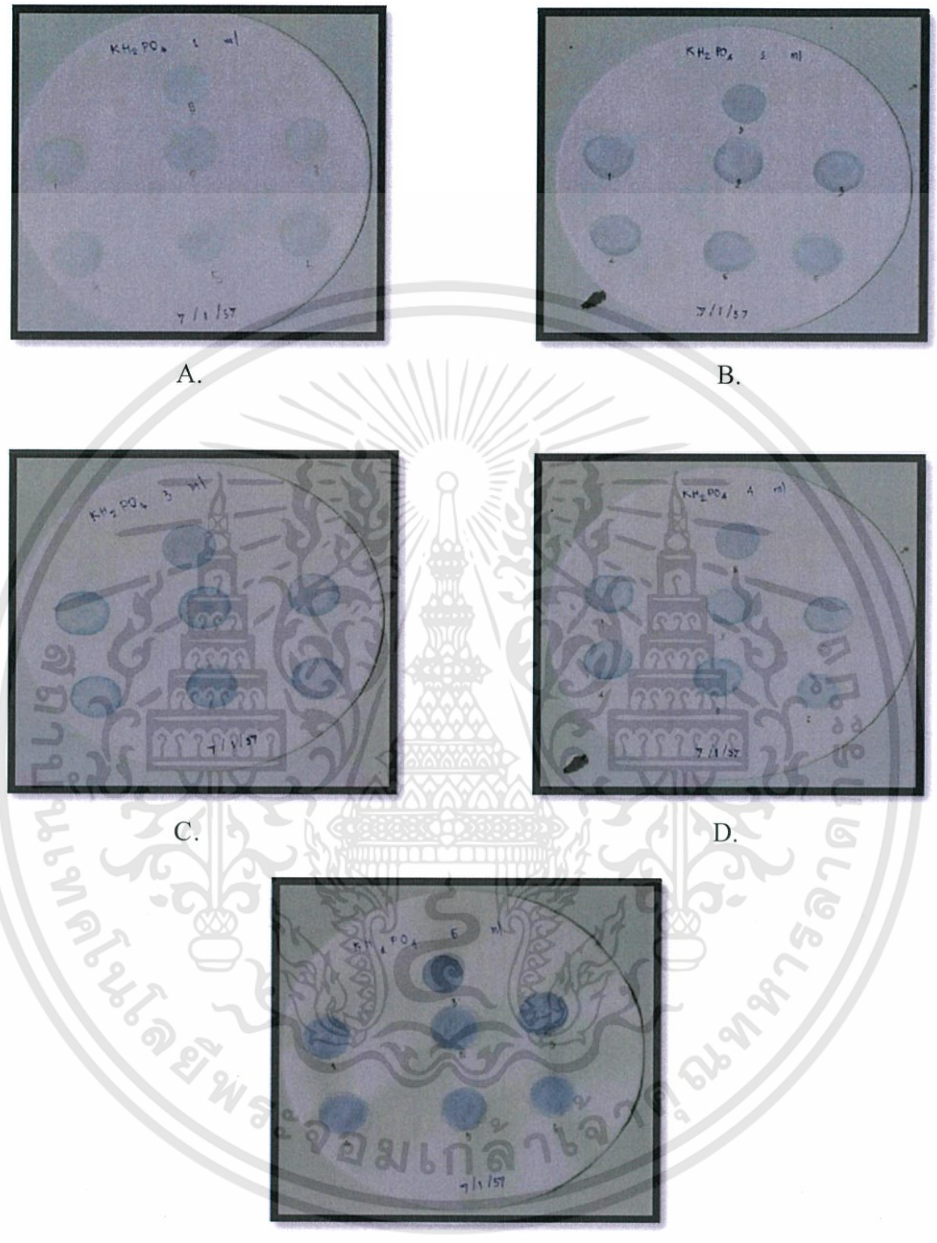
4.1 การศึกษาสภาวะที่ใช้ในการทำชุดทดสอบแบบจุดบนกระดาษที่เหมาะสม

4.1.1 การศึกษาผลปริมาตรของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในน้ำยาเคมีผสม

การศึกษาผลของปริมาตรโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่ปริมาตรต่างกันในน้ำยาเคมีผสม โดยใช้แอมโมเนียมโมลิบเดต, กรดซัลฟูริก, กรดแอสคอร์บิก, โพแทสเซียมแอนติมอร์นีทาร์เทรต และ เติมโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ตามลำดับ จากนั้นทำโซล-เจล โดยใช้สารละลายเตตระเอทิลออโทซิลิเกต, กรดไฮโดรคลอริก, น้ำยาเคมีผสม และหยดไตรตันเอ็กซ์ นำไปปั่นกวนจนเป็นโซล-เจล จากการทดลองจะพบว่าปริมาตรของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จะส่งผลให้ความเป็นโซล-เจลลดลง และความเป็นเนื้อเดียวกันของสารละลายโซล-เจลจะลดลงด้วยจึงส่งผลให้การหยดโซล-เจลลงบนกระดาษสีที่เกิดขึ้นไม่ชัดเจนและสีของจุดไม่สม่ำเสมอ

รูปที่ 4.1 น้ำยาเคมีผสมที่มีปริมาตรโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



A. B. C. D. E.

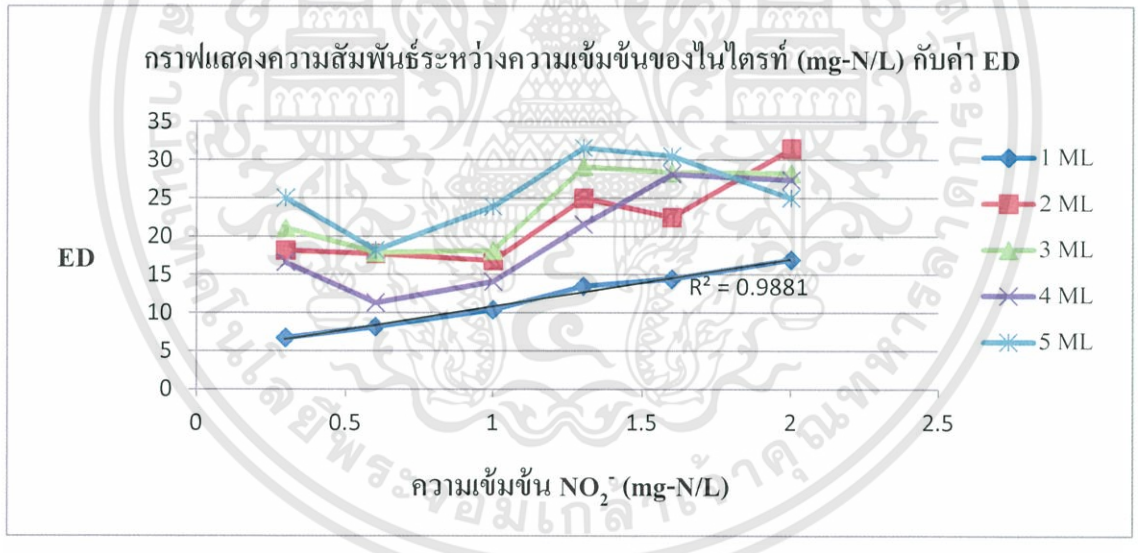
รูปที่ 4.2 ปริมาตรของสารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต

A. 1 มิลลิลิตร B. 2 มิลลิลิตร C. 3 มิลลิลิตร D. 4 มิลลิลิตร E. 5 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ (mg-N/L) กับ ค่า ED จากการศึกษาผลปริมาตรของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในน้ำยาเคมีผสม

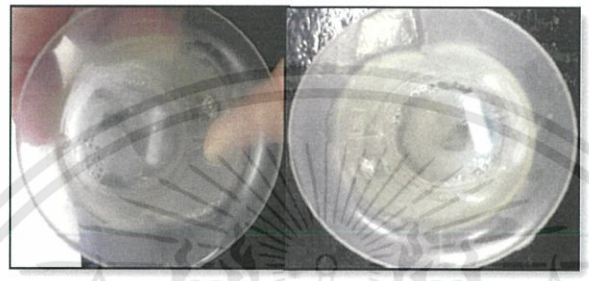
ความเข้มข้น (mg-N/L)	ค่า ED				
	1 ml	2 ml	3 ml	4 ml	5 ml
0.3	6.74	14.18	10.27	8.20	14.27
0.6	8.17	17.71	19.61	11.30	18.21
1.0	10.39	21.66	25.08	16.61	25.01
1.3	13.48	29.96	29.09	21.55	31.57
1.6	14.43	28.49	33.54	25.94	43.16
2.0	16.97	31.43	35.58	28.12	51.81



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ (mg-N/L) กับค่า ED จากการศึกษาผลของปริมาตรของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในน้ำยาเคมีผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟจะเห็นว่าปริมาตรของสารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่ 1 มิลลิลิตร มีช่วงความเป็นเส้นตรงดีที่สุด และมีค่า R^2 เข้าใกล้ 1 มากที่สุด แต่หากใส่โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตมากกว่า 1 มิลลิลิตร ความเป็นเนื้อเดียวกันของโซล-เจลจะลดลง ดังนั้นในการเตรียมน้ำยาเคมีผสมจึงใช้สารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

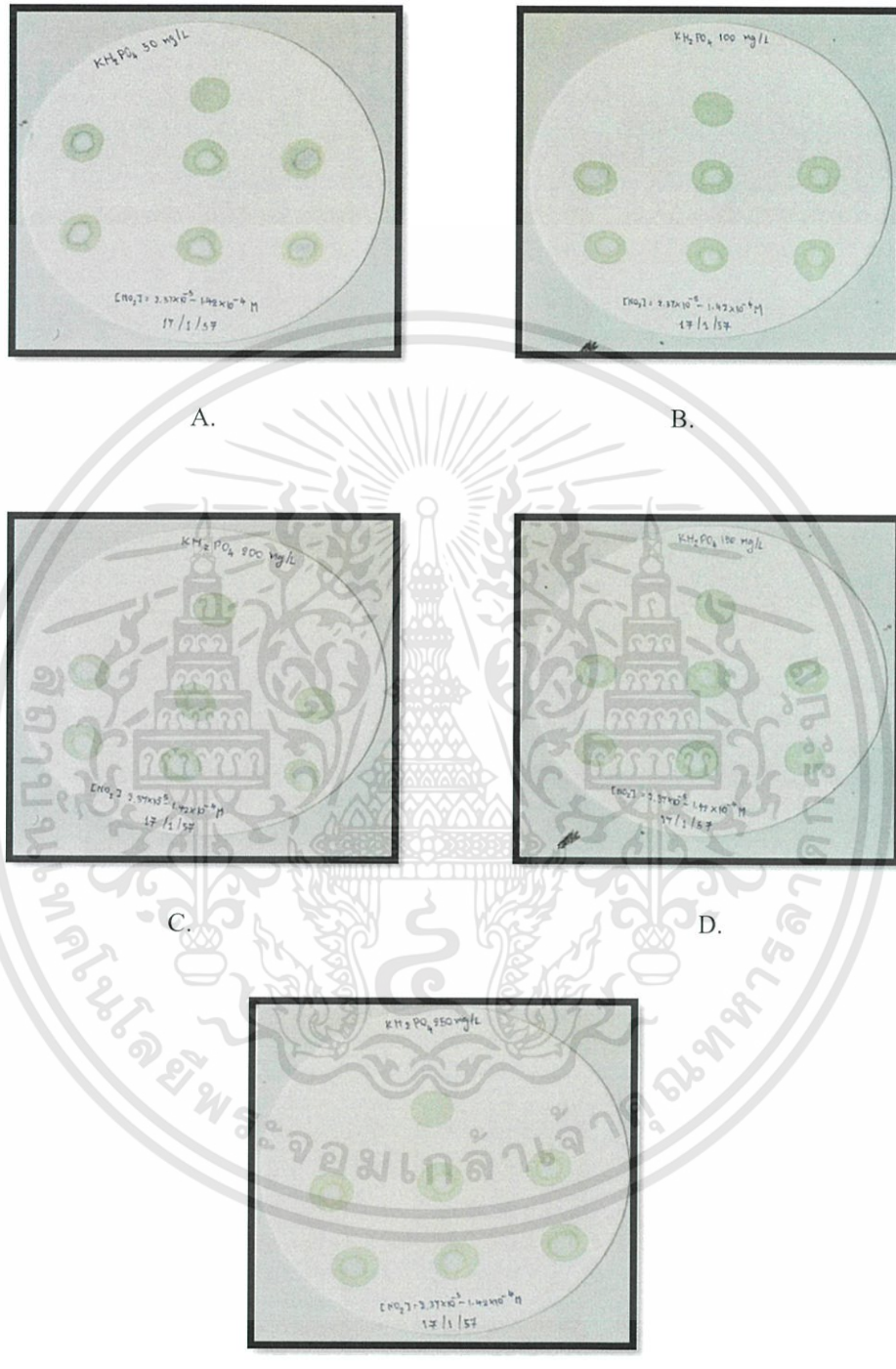


รูปที่ 4.4 แสดงความเป็นโซเจลที่ลดลงเมื่อปริมาตรของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเพิ่มขึ้น

4.1.2 การศึกษาผลความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในน้ำยาเคมีผสม

การศึกษาผลของความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่ความเข้มข้นต่างๆ ในน้ำยาเคมีผสม โดยใช้แอมโมเนียมโมลิบเดต,กรดซัลฟูริก, กรดแอสคอร์บิก, โพแทสเซียมแอนติมอร์นีทาร์เทรต และ เติมโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 1 มิลลิลิตรที่มีความเข้มข้น 50, 100, 150, 200 และ 250 ppm ตามลำดับ จากนั้นทำโซล-เจล โดยใช้สารละลายเตตระเอทิลออโทซิลิเกต, กรดไฮโดรคลอริก, น้ำยาเคมีผสม และหยดไตรตันเอ็กซ์ นำไปปั่นกวนจนเป็นโซล-เจล จากการทดลองจะพบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้นไม่ค่อยมีผลกับน้ำยาเคมีผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



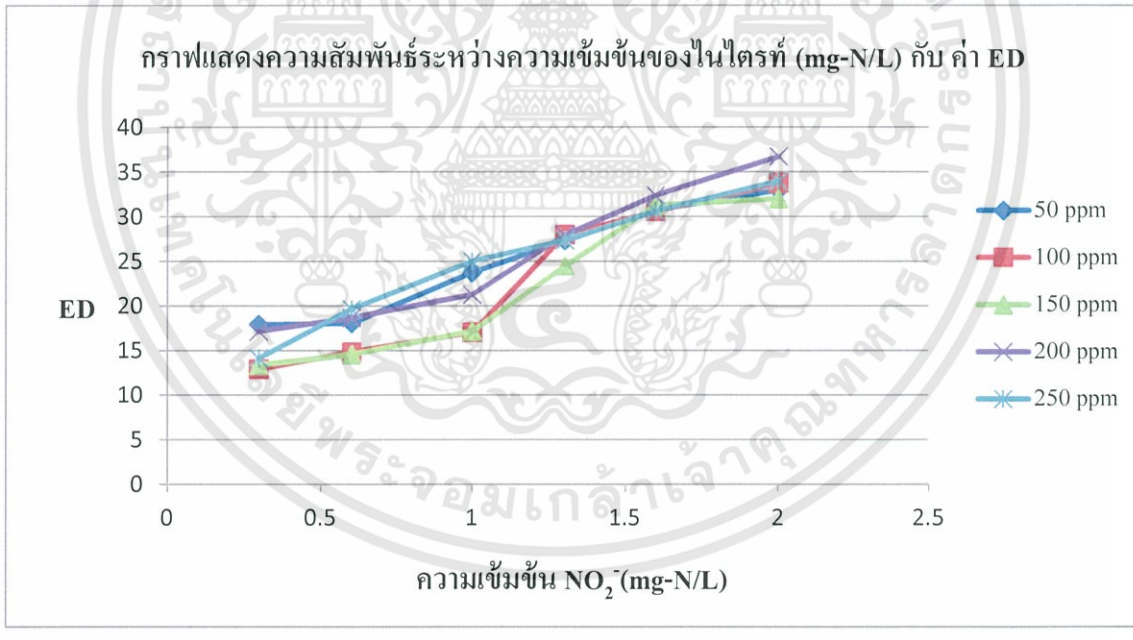
รูปที่ 4.5 ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต

A. 50 ppm B. 100 ppm C. 150 ppm D. 200 ppm E. 250 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ (mg-N/L) กับ ค่า ED จากการศึกษาผลความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในน้ำยาเคมีผสม

ความเข้มข้น (mg-N/L)	ค่า ED				
	50 ppm	100 ppm	150 ppm	200 ppm	250 ppm
0.3	17.94	12.90	13.37	17.11	14.16
0.6	18.08	14.85	14.56	18.69	19.66
1.0	23.76	17.03	17.16	21.28	25.01
1.3	17.34	28.00	24.48	27.95	27.37
1.6	30.74	30.56	31.27	32.37	30.62
2.0	32.97	33.77	32.02	36.72	33.97



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ (mg-N/L) กับ ค่า ED

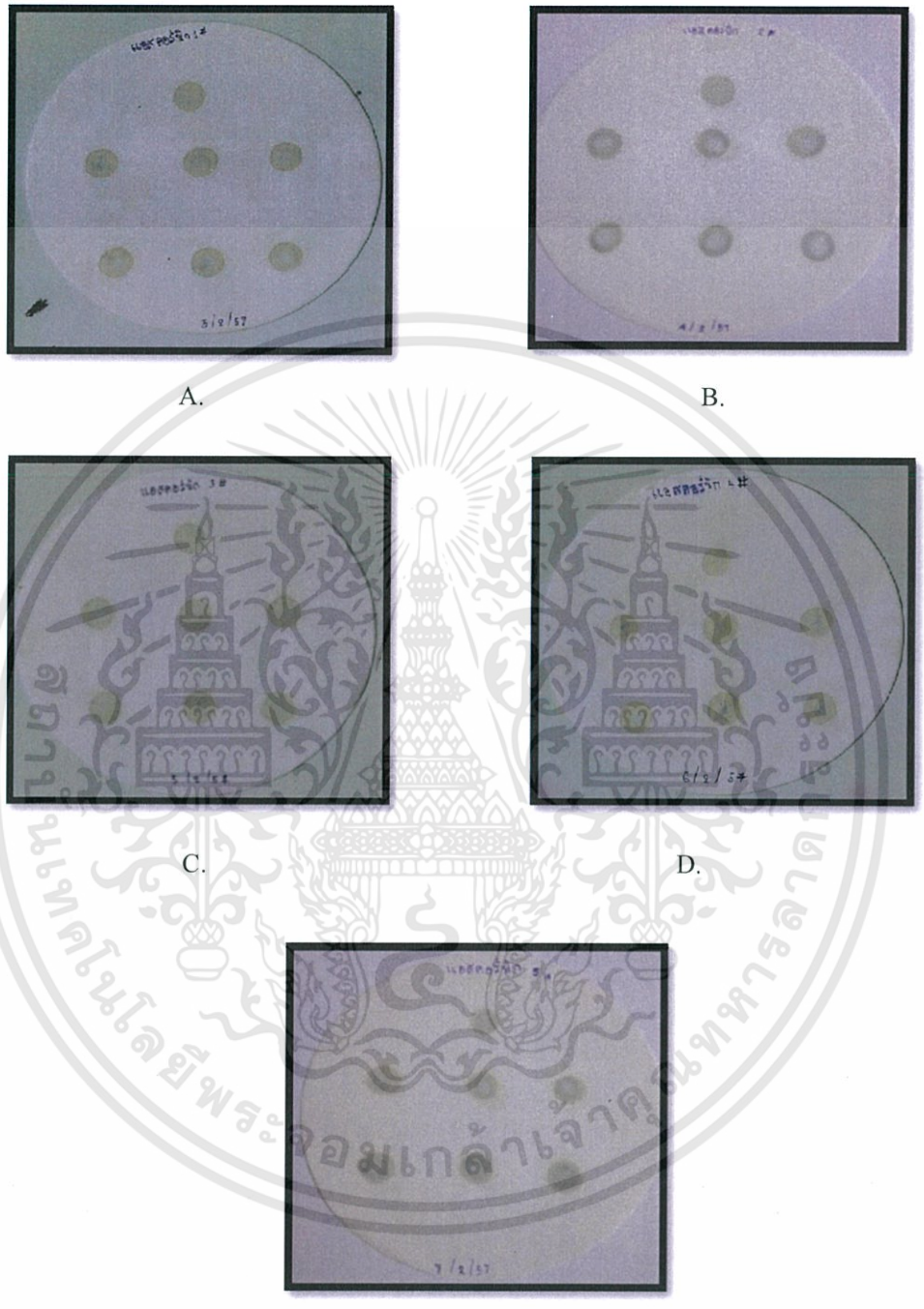
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟจะเห็นได้ว่าสมการเส้นตรงทั้งหมดมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันจึงใช้ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟตที่ 50 ppm ก็เพียงพอแล้ว ในการเตรียมน้ำยาเคมีผสม

4.1.3 การศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิกในน้ำยาเคมีผสม

การศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิกในน้ำยาเคมีผสมในการทำโซล-เจล โดยเราจะใช้กรดแอสคอร์บิกขวดเดิมที่เตรียมทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 วัน โดยในแต่ละวันนั้นจะทำโซล-เจลโดยน้ำยาเคมีผสมจะใช้แอมโมเนียมโมลิบเดต, กรดซัลฟูริก, กรดแอสคอร์บิกที่เตรียมไว้เป็นระยะเวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 วัน 2 มิลลิลิตร โพแทสเซียมแอนติมอร์นีทาร์เทรต และ เติมโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต จากนั้นทำโซล-เจลโดยใช้สารละลายเตตระเอทิลออโทซิลิเกต, กรดไฮโดรคลอริก, น้ำยาเคมีผสม และหยดไตรตันเอ็กซ์ นำไปปั่นกวนจนเป็นโซล-เจล จากการทดลองพบว่ากรดแอสคอร์บิกที่เตรียมทิ้งไว้เป็นระยะเวลานานจะไม่สามารถนำมาใช้ได้เพราะกรดแอสคอร์บิกจะสลายตัวได้ง่าย ดังนั้นกรดแอสคอร์บิกที่จะใช้ในน้ำยาเคมีผสมจึงต้องเตรียมใหม่ทุกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



A. B.

C. D.

E.

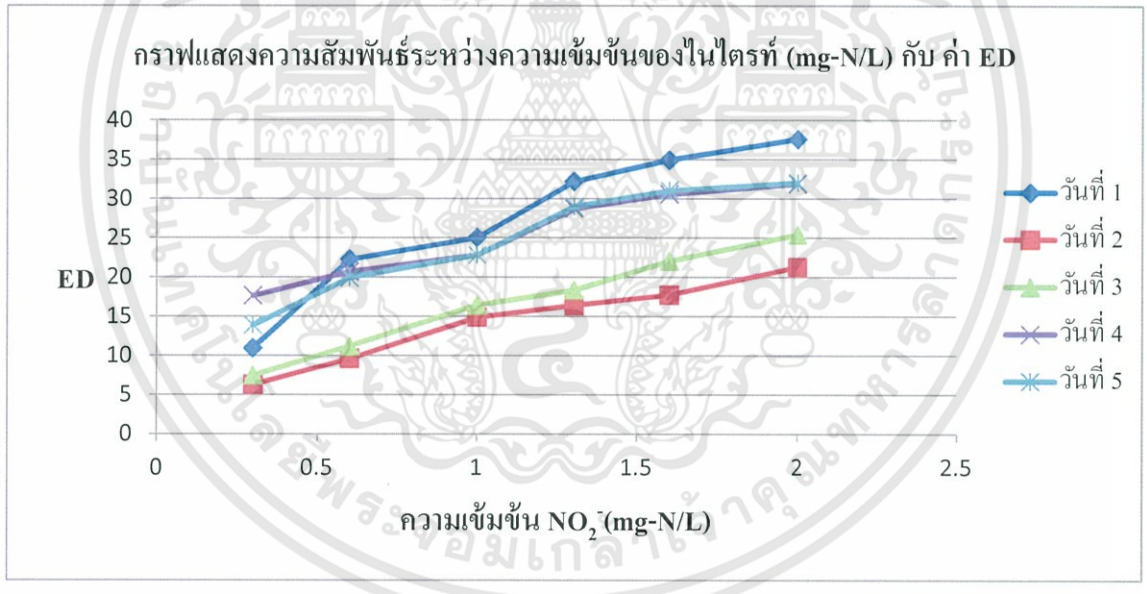
รูปที่ 4.7 สารละลายกรดแอสคอร์บิก

A. วันที่ 1 B. วันที่ 2 C. วันที่ 3 D. วันที่ 4 E.วันที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ (mg-N/L) กับ ค่า ED จากการศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิกในน้ำยาเคมีผสม

ความเข้มข้น (mg-N/L)	ค่า ED				
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
0.3	10.96	6.27	7.49	17.64	13.91
0.6	22.25	9.60	11.21	20.69	19.92
1.0	25.05	14.86	16.42	22.82	22.82
1.3	32.22	16.39	18.36	28.71	29.00
1.6	34.94	17.69	22.06	30.57	31.06
2.0	37.60	21.24	25.44	31.91	32.03



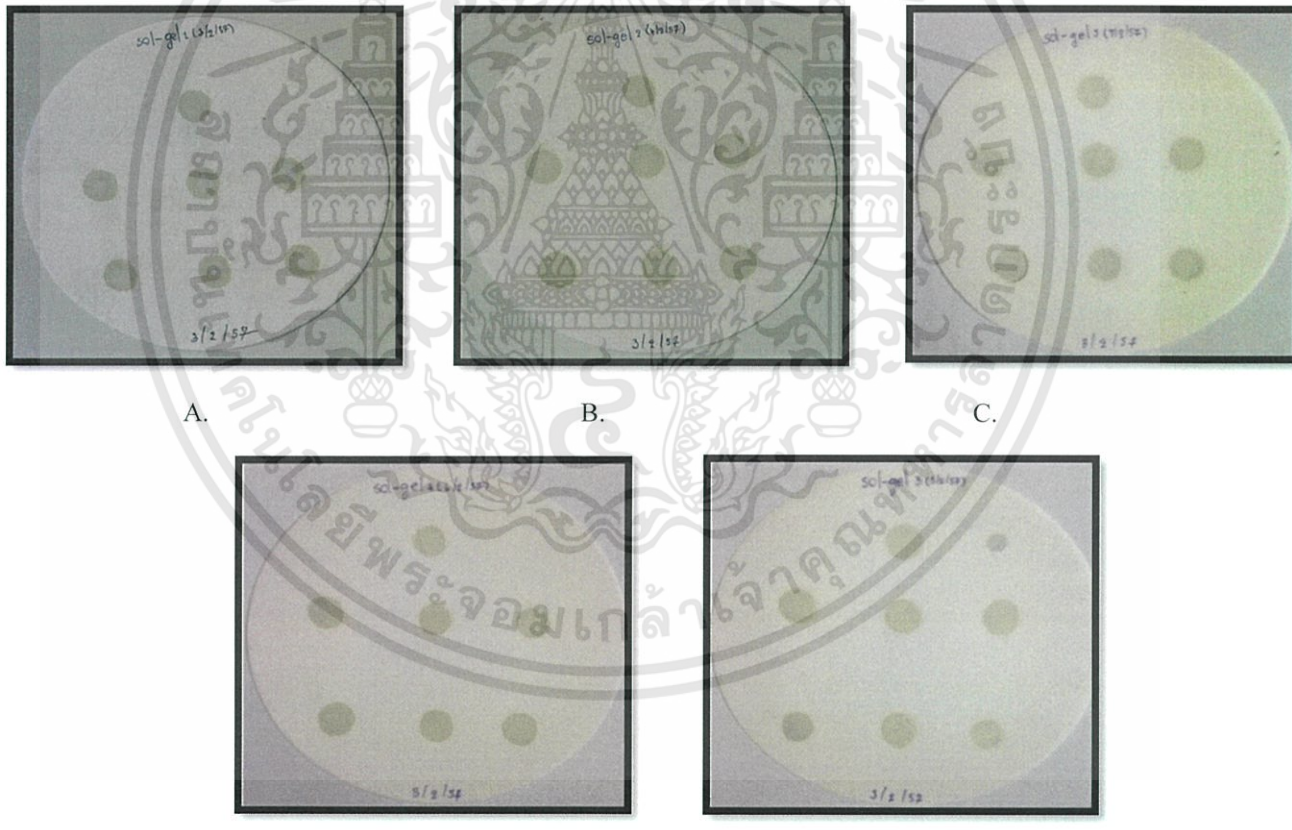
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ (mg-N/L) กับค่า ED จากการศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิกในน้ำยาเคมีผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟจะพบว่ากรดแอสคอร์บิกที่วันที่ 1 มีค่าความต่างความเข้มแสง (ED) สูงที่สุด และถ้าเก็บกรดแอสคอร์บิกไว้หลายวันกรดแอสคอร์บิกจะสลายตัว ดังนั้นจึงควรเตรียมกรดแอสคอร์บิกใหม่ทุกครั้งที่ทำการทดลอง

4.1.4 การศึกษาผลของระยะเวลาของโซล-เจล

การศึกษาผลของระยะเวลาของโซล-เจล เมื่อหยดโซล-เจลทิ้งไว้ 5 วัน ในแต่ละวันนำแผ่นที่หยดโซล-เจลไว้แล้วนำมาหยดสารละลายโซเดียมไนไตรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ จากนั้นจึงนำโซล-เจลในแต่ละวันไปหาค่า ED จากการทดลองจะพบว่าเมื่อหยดโซล-เจลทิ้งไว้ 1 วัน จะทำให้สารละลายโซเดียมไนไตรท์ที่หยดลงไปบนโซล-เจลสามารถซึมได้ดีกว่า



A. B. C.

D. E.

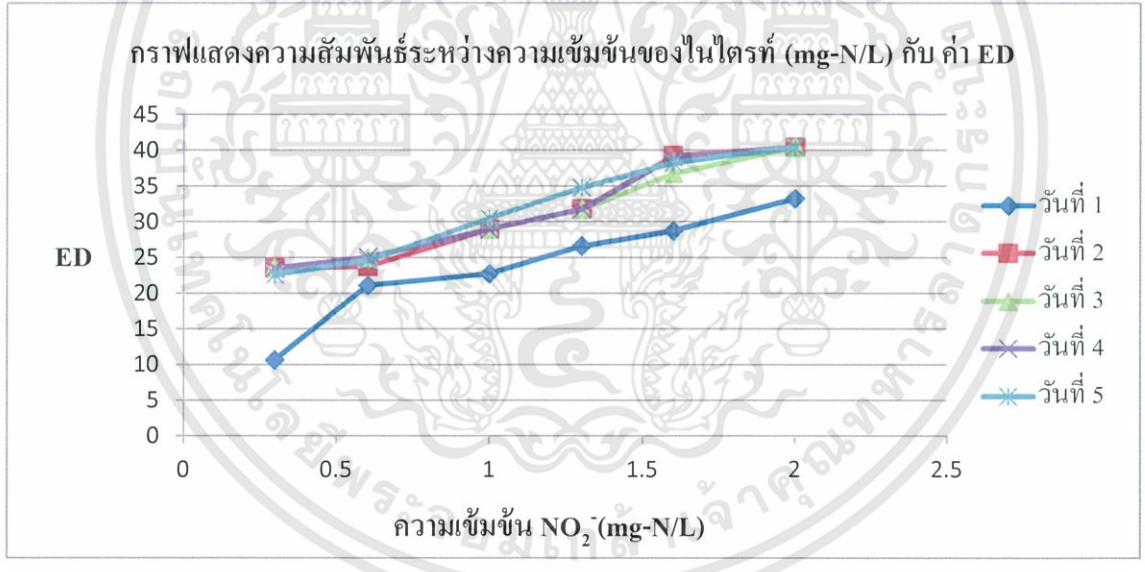
รูปที่ 4.9 โซล-เจล

A. วันที่ 1 B. วันที่ 2 C. วันที่ 3 D. วันที่ 4 E.วันที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ (mg-N/L) กับ ค่า ED จากการศึกษาผลของระยะเวลาของโซล-เจล

ความเข้มข้น (mg-N/L)	ED				
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที 4	วันที่ 5
0.3	10.65	23.50	23.50	23.50	22.62
0.6	21.12	23.73	25.04	25.04	24.59
1.0	22.73	28.94	28.94	28.94	30.47
1.3	26.60	31.76	31.76	31.76	34.75
1.6	28.74	39.25	36.75	39.08	38.24
2.0	33.24	40.44	40.44	40.44	40.44



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรไนไตรท์ (mg-N/L) กับค่า ED จากการศึกษาผลของระยะเวลาของโซล-เจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟจะพบว่าโซล-เจลในวันที่ 1 มีค่าความต่างความเข้มแสง (ED) ต่ำที่สุด ส่วนในช่วงวันที่ 2 ถึง วันที่ 5 มีแนวโน้มของค่าความต่างความเข้มแสง (ED) ที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อหยดสารละลายโซเดียมไนไตรท์พบว่า โซล-เจล ในวันที่ 2 สารละลายซึมได้ดีที่สุด ดังนั้นในการทดลองนี้จึงใช้โซล-เจลวันที่ 2

4.2 การวิเคราะห์ด้วยชุดทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

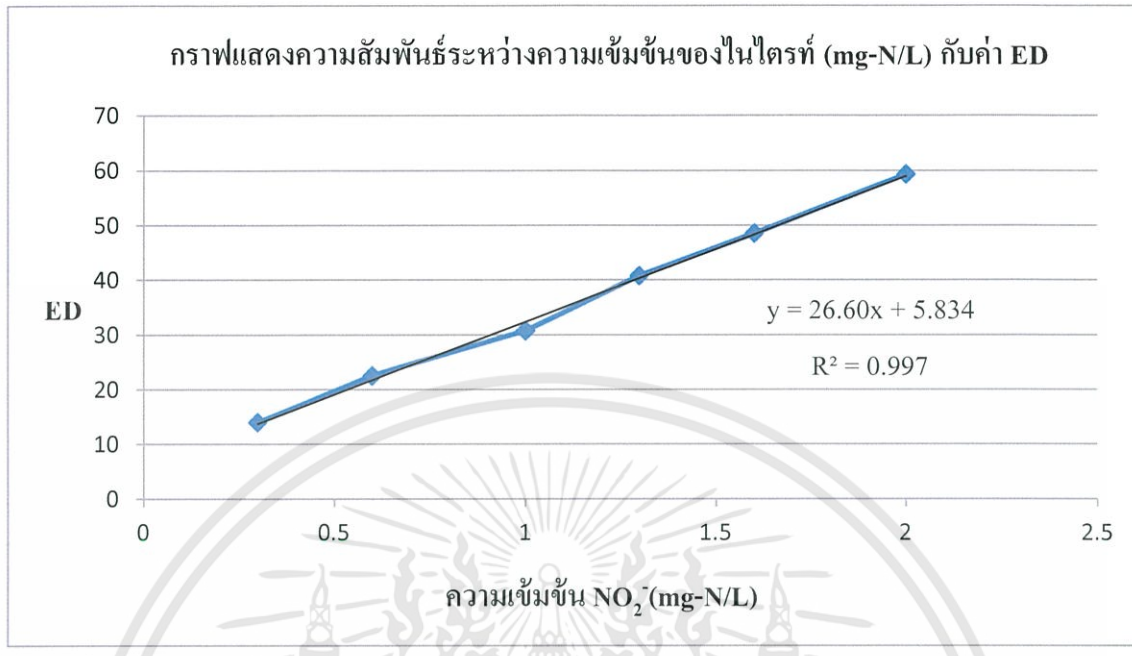
4.2.1 การศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานโดยวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

จากการศึกษาการวัดค่า ED ของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ที่มีความเข้มข้น 0.3, 0.6, 1.0,1.3, 1.6 และ 2.0 mg-N/L ตามลำดับ จะได้ค่า ED แสดงดังตาราง

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรไนไตรท์ (mg-N/L) กับค่า ED จากการศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานโดยวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

ความเข้มข้น (mg-N/L)	ค่า ED
0.3	14.01
0.6	22.54
1.0	30.74
1.3	40.79
1.6	48.55
2.0	59.29
สมการ	$y = 26.60x + 5.834$
R^2	0.997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ที่ความเข้มข้น 0.3 – 2.0 (mg-N/L) กับค่า ED

จากกราฟจะได้สมการเส้นตรง $y = 26.60x + 5.834$, $R^2 = 0.997$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างผัก

การศึกษาการหาปริมาณไนไตรท์ในตัวอย่างผัก 2 ตัวอย่าง คือ ผักบุ้งจีน และผักคะน้า โดยวิธีการทดสอบแบบจุดบนกระดาษ จะได้ค่าความเข้มข้นของไนไตรท์แสดงดังตาราง

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของไนไตรท์ mg-N/L ในตัวอย่างผักด้วยวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

ค่าความเข้มข้นของไนไตรท์(mg-N/L)		
	ผักบุ้งจีน	ผักคะน้า
ครั้งที่ 1	0.12	0.35
ครั้งที่ 2	0.18	0.22
ค่าเฉลี่ย	0.15	0.29
SD	0.03	0.07
%RSD	20.00	24.14

4.3 การทดสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

4.4.1 การศึกษาความแม่นของวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

การศึกษาความแม่นของวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษทำได้โดยเตรียมตัวอย่างผัก 5 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดวัดปริมาตรทุกขวด เติมโซเดียมไนไตรท์ที่ความเข้มข้น 0.6, 1.0,1.3 และ 1.6 mg-N/L ลงไป นำไปหยดลงบนโซล-เจล และหาค่า ED จากนั้นนำค่า ED ที่ได้มาคำนวณหาความเข้มข้นของตัวอย่าง จากสมการ y = 26.60x + 5.834 ของกราฟมาตรฐานไนไตรท์ จากนั้นนำค่าความเข้มข้นของตัวอย่างที่คำนวณได้มาหาค่า %Recovery จากสูตร

$$\text{Recovery} = \frac{\text{Spiked sample}^{1} - \text{Sample}^{2}}{\text{Standard}^{3}} x\ 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 = มีการเติม Standard ลงไปใน Sample

2 = Sample เท่านั้นไม่มีการเติม Standard ใดๆ ลงไป

3 = Standard เท่านั้น

จากการทดลองจะพบว่าค่า %Recovery ของตัวอย่างที่ 1 อยู่ในช่วง 97.10 – 104.35 % และค่า %Recovery ของตัวอย่างที่ 2 อยู่ในช่วง 77.45 –102.38 % แสดงได้ดังตาราง

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดง %Recovery ของวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ (mg-N/L)	ความเข้มข้นของตัวอย่าง (mg-N/L)	%Recovery
ผักบุ้งจีน	1.0	1.16	104.35
	1.3	1.38	97.10
	1.6	1.72	100.06
ผักคะน้า	1.0	1.35	100.68
	1.3	1.66	77.45
	1.6	1.99	102.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การศึกษาความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์

ความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ทั้งวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ ที่คำนวณได้จากค่า %RSD แสดงได้ดังตาราง

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงค่า RSD ของวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

ตัวอย่าง	%RSD
ผักบุ้งจีน	20.00
ผักคะน้า	24.14

4.3.4 T-Test

ตารางที่ 4.9 ตารางการทดสอบ T- test

ตัวอย่าง	วิธีที่พัฒนาขึ้นใหม่	วิธีมาตรฐาน	D_i	$D_i - \overline{D}$	$(D_i - \overline{D})^2$
ผักบุ้งจีน	0.1389	0.0159	0.123	-0.55775	0.311085
กวางตุ้ง	1.2505	0.0120	1.2385	0.55775	0.311085
		SUM	1.3615	$\sum (D_i - \overline{D})^2$	0.62217

$$\overline{D} = \frac{1.3615}{2} = 0.6808$$

$$S_d = \sqrt{\frac{0.62217}{2-1}}$$

$$= 0.7888$$

$$t = \frac{0.6808}{0.7888}\sqrt{3} = 1.4949$$

จากตารางที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ n = 1 ค่า t จากตาราง เท่ากับ 12.71 ดังนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างผลการวิเคราะห์ทั้งสองวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การวิเคราะห์ด้วยวิธี spectrophotometry

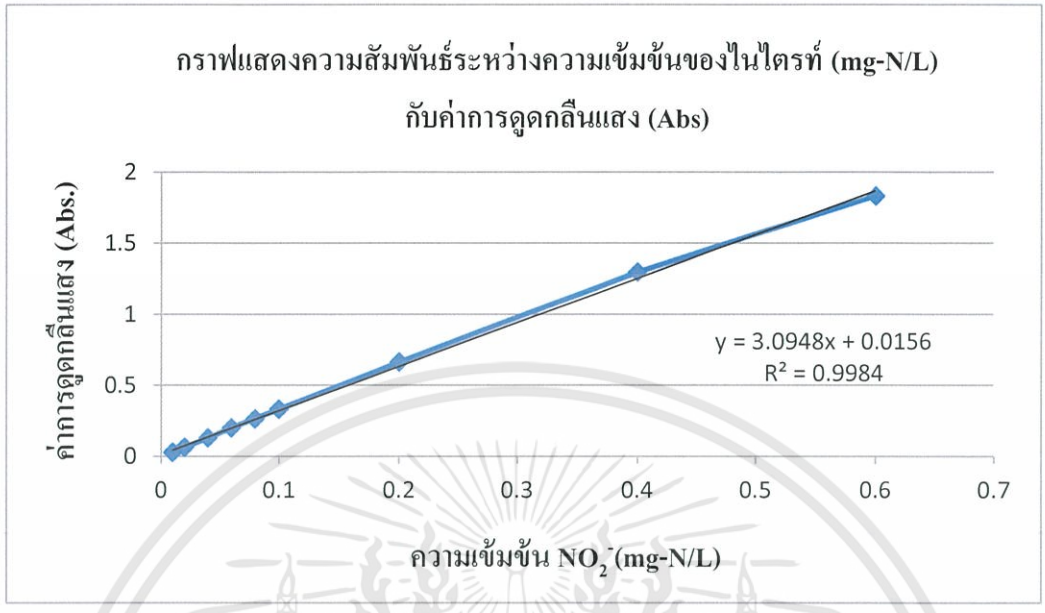
4.4.1 การเตรียมกราฟมาตรฐาน

จากการศึกษาการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานไนไตรท์ที่มีความเข้มข้น 0.01, 0.02, 0.04, 0.08, 0.1, 0.2, 0.4 และ 0.6 mg-N/L จะได้ค่าการดูดกลืนแสงแสดงได้ดังตาราง

ตารางที่ 4.10 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานไนไตรท์ (mg-N/L) กับค่าการดูดกลืนแสง (Abs.)

ความเข้มข้น(mg-N/L)	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs.)
0.01	0.0290
0.02	0.0640
0.04	0.129
0.06	0.2000
0.08	0.2650
0.1	0.3320
0.2	0.6640
0.4	1.2970
0.6	1.8340

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไนไตรท์ (mg-N/L) กับค่าการดูดกลืนแสง (Abs.)

4.4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างผัก

จากการศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ในตัวอย่างผัก 2 ตัวอย่าง คือ ผักบุ้งจีนและผักคะน้า โดยวิธี spectrophotometry จะได้ค่าความเข้มข้นของไนไตรท์แสดงได้ดังตาราง

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของไนไตรท์ (mg-N/L) ในตัวอย่างผักด้วยวิธี spectrophotometry

ค่าความเข้มข้นของไนไตรท์(mg-N/L)		
	ผักบุ้งจีน	ผักคะน้า
ครั้งที่ 1	0.13	0.26
ครั้งที่ 2	0.13	0.26
ค่าเฉลี่ย	0.13	0.26
SD	5.0×10^{-4}	5.0×10^{-4}
%RSD	0.36	0.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อหาปริมาณไนไตรท์ในตัวอย่างผัก ด้วยชุดทดสอบแบบจุดบนกระดาษและเป็นการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่างวิธีที่พัฒนาขึ้นกับวิธีมาตรฐาน ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมจุดรีเอเจนต์ คือ สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต สารละลายกรดซัลฟิวริก สารละลายกรดแอสคอร์บิก สารละลายโพแทสเซียมแอนติมอนีทาร์เทรต และสารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ผสมเข้าด้วยกันในอัตราส่วน 2 : 5 : 2 : 1: 1 ควรหยดรีเอเจนต์ทิ้งไว้ 1 วัน ก่อนนำมาใช้วิเคราะห์ ได้กราฟมาตรฐานที่มีความเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์0.30-2.00mg-N/L มีค่า R^2 = 0.997 ค่า LOD และ LOQ เท่ากับ 0.1085 mg-N/L และ 0.3444 mg-N/L ตามลำดับ มี %Recovery ของตัวอย่างอยู่ในช่วง 77.45 – 104.35% และพบปริมาณไนไตรท์ เท่ากับ ไนไตรท์เท่ากับ 17.97 มม./กก. ในผักบุ้งจีน และ 34.07 มม./กก.ในผักคะน้า

5.2 ข้อเสนอแนะ

1.ความเข้มข้นที่ใช้ในการทดสอบหาไนไตรท์ในตัวอย่างผัก โดยเทคนิคแบบจุดบนกระดาษ ควรมีความเข้มข้นมากพอสมควร

2.ควรมีการศึกษาสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทดสอบโดยเทคนิคแบบจุดบนกระดาษ

3.สัดส่วนที่ใช้ในการทำชุดทดสอบแบบจุดบนกระดาษควรเป็นสัดส่วนที่เหมาะเพราะถ้าสัดส่วนมากหรือน้อยเกินไปความเป็นโซเจลก็จะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] **ไนไตรท์** ค้นข้อมูล 17 ตุลาคม 2556, จาก http://www.foodnetworksolution.com

[2] **Nitrite** ค้นข้อมูล 17 ตุลาคม 2556, จาก http://www.wikipredia.org/wiki/Nitrite

[3] **ผลกระทบของปุ๋ยต่อปริมาณไนไตรท์** ค้นข้อมูล 17 ตุลาคม, จาก http://www.thaiworm33.igetwab.com

[4] **เทคนิคโซเจล (sol-gel)** ค้นข้อมูล 9 พฤศจิกายน 2556, จาก http://www.dpim.go.th

[5] **การเปลี่ยนสถานะจากโซลเป็นเจล** ค้นข้อมูล 9 พฤศจิกายน 2556, จาก http://pamelanorris.wordpress.com/research/aerogel-lab

[6] **ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส** ค้นข้อมูล 9 พฤศจิกายน 2556, จาก http://pamelanorris.wordpress.com/research/aerogel-lab

[7] **ปฏิกิริยา Water Condensation** ค้นข้อมูล 9 พฤศจิกายน 2556, จาก http://pamelanorris.wordpress.com/research/aerogel-lab

[8] **ปฏิกิริยา Alcohol Condensation** ค้นข้อมูล 9 พฤศจิกายน 2556, จาก http://pamelanorris.wordpress.com/research/aerogel-lab

[9] **ปฏิกิริยาโพลีคอนเดนเซชัน** ค้นข้อมูล 9 พฤศจิกายน 2556, จาก http://pamelanorris.wordpress.com/research/aerogel-lab

[10] **กระบวนการโซล-เจล** ค้นข้อมูล 9 พฤศจิกายน 2556, จาก http://phy.suwon.ac.kr/-jgyoon/lab/sogel.htm

[11] **เครื่องสแกนเนอร์** ค้นข้อมูล 5 มกราคม 2557, จาก http://blog.eduzones.com/banny

[12] **ระบบสี RGB** ค้นข้อมูล 5 มกราคม 2557, จาก http://www.klongdigital.com/photoshop/photoshop12

[13] **ระบบสี RGB** ค้นข้อมูล 5 มกราคม 2557, จาก http://www.klongdigital.com/photoshop/photoshop12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[14] Nidal A. Zatar ,**Spectrophometric determination of nitrite and nitrate using phosphomolybdenum blue complex**.Talata, Pages 819–826

[15] Vitor Hugo MarquesLuiz, **Dertermination of nitrite in meat products and water using dapsone with combined spot test/diffuse reflectance on fllter paper**. Food Chemistry, 2546-2551

[16] ยุพเรศ แก้วพินึกและศิริพร บำรุงพันธ์, **"การสังเคราะห์แคลซียมซิลิเกตโดยเทคนิคโซล-เจล",**กรุงเทพ;สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2545.

[17] ธิติ ไตรพัฒน์ และ ศิริชัย เทียมพันธ์, **"การสังเคราะห์ซิลิกอนคาร์ไบด์โดยกระบวนการโซล-เจล",**กรุงเทพ;สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2545.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์โดยวิธีทดสอบแบบจุดบนกระดาษ

ตารางที่ ก-1ตารางค่า RGB และค่า ED ของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของไนไตรท์ (mg-N/L)		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่า ED
0	R	86	84	85	85	
	G	97	97	98	97.33	
	B	89	90	91	90	
0.3	R	85	91	95	90.33	14.02
	G	96	110	114	106.67	
	B	97	113	87	99	
0.6	R	102	101	103	102	22.54
	G	105	102	108	105	
	B	101	105	102	102.67	
1.0	R	109	105	112	108.67	30.74
	G	102	106	105	104.33	
	B	112	102	111	108.33	
1.3	R	108	114	112	111.33	40.79
	G	121	125	123	123	
	B	104	112	107	107.67	
1.6	R	114	125	115	118	48.55
	G	125	129	125	126.33	
	B	110	113	109	110.67	
2.0	R	123	119	121	121	59.29
	G	128	125	129	127.33	
	B	124	129	126	126.33	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีคำนวณหาค่าความแตกต่างความเข้มแสง(Euclidean distance; ED)

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

โดยที่ Δ คือ ผลต่างของแสงที่จุด blank กับค่าความเข้มแสง ณ จุดที่เกิดปฏิกิริยากับไนไตรท์ที่เข้มข้นต่างๆกัน

R คือ ค่าความเข้มแสงสีแดง

G คือ ค่าความเข้มแสงสีเขียว

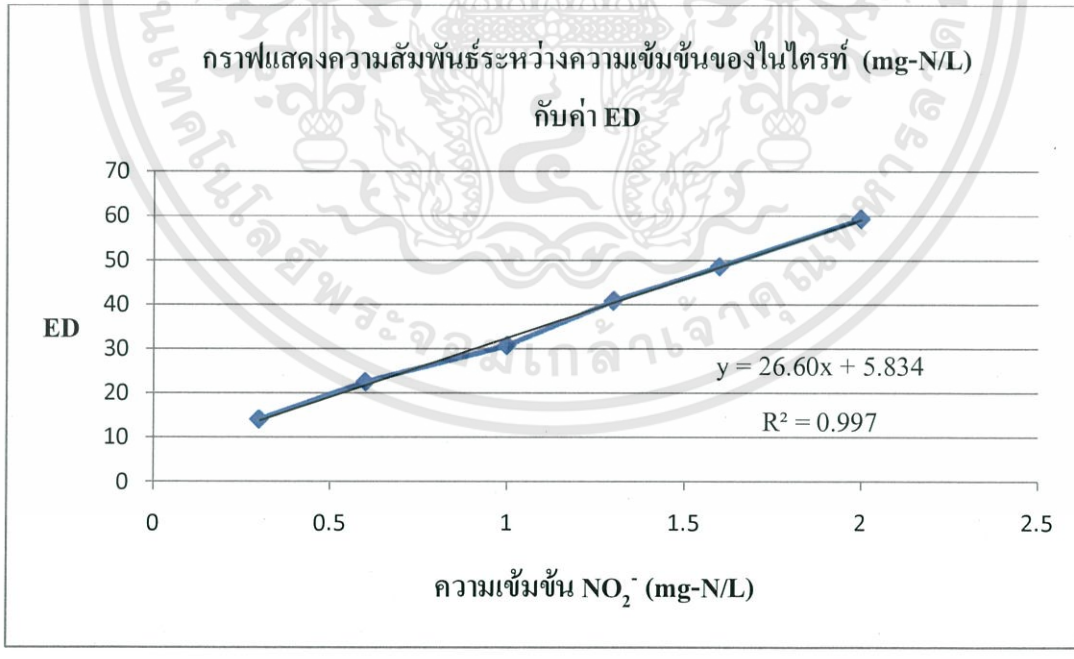
B คือ ค่าความเข้มแสงสีน้ำเงิน

ตัวอย่างการคำนวณค่า ED ของไนไตรท์ที่ความเข้มข้น 0.3 mg-N/L

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

$= \sqrt{(90.3333 - 85)^2 + (106.6667 - 97.3333)^2 + (99-90)^2}$

$= 14.02$



รูปที่ ก-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไนไตรท์ (mg-N/L) กับค่า ED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-2 ตารางแสดงค่า ED ของสารละลายตัวอย่าง

ตัวอย่างผัก	ED	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
ผักบุ้งจีน	9.15	10.62
คะน้า	15.21	11.83

วิธีการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง

จากสมการ $y = 26.60x + 5.834$

โดยที่ y คือ ค่าความแตกต่างความเข้มแสง (Euclidean distance; ED)

x คือ ความเข้มข้น

ตัวอย่างการคำนวณความเข้มข้นของตัวอย่างผักบุ้งจีน

ค่า ED ของตัวอย่างผักบุ้งจีน เท่ากับ 25.3990

จากสมการ $y = 26.60x + 5.834$

$9.15 = 26.60x + 5.834$

$x = 0.12$ mg-N/L

จากขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างโดยการกรองสารละลายตัวอย่าง แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายตัวอย่างมา 5 มิลลิลิตรใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตรหาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างเริ่มต้นได้จากสมการ $C_1V_1 = C_2V_2$

จะได้ $C_1(5) = (0.12)(25)$

ดังนั้น สารละลายตัวอย่างเริ่มต้นมีความเข้มข้น = 0.62 mg-N/L

ตารางที่ ก-3 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง

ตัวอย่างผัก	ความเข้มข้น (mg-N/L)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
ผักบุ้งจีน	0.62	0.90
คะน้า	1.76	1.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น

จากสมการ $\%\ \text{ความชื้น} = \frac{(w_1 - w_2)x\ 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$

โดยที่ w_1 คือ น้ำหนักของจาน และตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

w_2 คือ น้ำหนักของจาน และตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

ตารางที่ ก-4 ตารางแสดงน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ

ตัวอย่าง	น้ำหนักจาน	น้ำหนักจาน + ผัก (ก่อนอบ)	น้ำหนักจาน + ผัก (หลังอบ)
ผักบุ้งจีน	50.1524	66.3510	51.5532
คะน้า	46.9474	65.1645	48.2909

ตัวอย่างการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น

จากสมการ $\%\ \text{ความชื้น} = \frac{(w_1 - w_2)x\ 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$

$= \frac{(66.3510 - 51.5532)x\ 100}{66.3510 - 50.1524}$

$= 91.35\ \%$

$\%\ \text{วัตถุแห้} = 100 - 91.35$

$= 8.65\ \%$

ตารางที่ ก-5 ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้น

ตัวอย่าง	% ความชื้น	% วัตถุแห้ง
ผักบุ้งจีน	91.35	8.65
คะน้า	86.97	13.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการคำนวณหาปริมาณไนไตรท์ในสารละลายตัวอย่าง

จากสารละลายตัวอย่าง 1000 มิลลิลิตร จะมีปริมาณไนไตรท์ = 0.6240 มิลลิกรัม

ถ้า สารละลายตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร จะมีปริมาณไนไตรท์ $= \frac{0.62 \times 50}{1000}$

$= 0.03$มิลลิกรัม

จากน้ำหนักตัวอย่างผักบุ้งจีนอบแห้ง 2.1191กรัม มีปริมาณไนไตรท์ = 0.03มิลลิกรัม

ถ้า ในตัวอย่างผักบุ้งจีนแห้ง 1 กิโลกรัมจะมีปริมาณไนไตรท์ $= \frac{0.03 \times 1000}{2.1191}$

= 14.72 มิลลิกรัม

ตารางที่ ก-6 ตารางแสดงปริมาณไนไตรท์ (mg) ที่มีในตัวอย่างผักอบแห้ง 1 kg

ตัวอย่างผัก	ปริมาณไนไตรท์ (mg) ในตัวอย่างผักอบแห้ง1 kg		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
ผักบุ้งจีน	14.72	21.24	17.98
คะน้า	41.57	26.57	34.07

จากน้ำหนักตัวอย่างผักบุ้งจีนสด 16.1986 กรัม มีปริมาณไนไตรท์ = 0.03 มิลลิกรัม

ถ้า ในตัวอย่างผักบุ้งจีนสด1 กิโลกรัมจะมีปริมาณไนไตรท์ $= \frac{0.03 \times 1000}{16.1986}$

= 1.93 มิลลิกรัม

ตารางที่ ก-7 ตารางแสดงปริมาณไนไตรท์ (mg) ที่มีในตัวอย่างผักสด 1 kg

ตัวอย่างผัก	ปริมาณไนไตรท์ (mg) ในตัวอย่างผักสด 1 kg		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
ผักบุ้งจีน	1.93	2.78	2.35
คะน้า	5.44	3.48	4.46

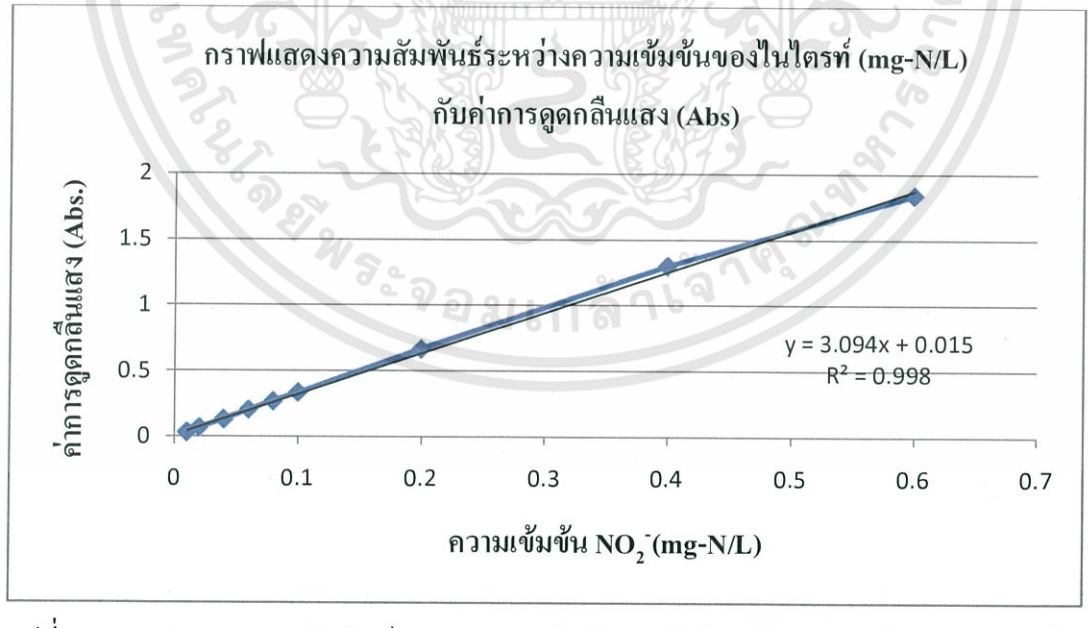
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์โดยวิธี spectrophotometry

ตารางที่ ข-1 ตารางแสดงค่าการดูดกลืนแสงของไนไตรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้น(mg-N/L)	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs.)
0.01	0.0290
0.02	0.0640
0.04	0.129
0.06	0.2000
0.08	0.2650
0.1	0.3320
0.2	0.6640
0.4	1.2970
0.6	1.8340



รูปที่ ข-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไนไตรท์(mg-N/L) กับ ค่าการดูดกลืนแสง (Abs.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 ตารางแสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง (Abs.)

	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs.)		
	ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**เฉลี่ย**
ผักบุ้งจีน	0.065	0.063	0.064
คะน้า	0.054	0.050	0.052

วิธีการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง

จากสมการ $y = 3.094x - 0.015$

โดยที่ y คือ ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance)

x คือ ความเข้มข้น

ตัวอย่างการคำนวณความเข้มข้นของตัวอย่างผักบุ้งจีน

ค่าการดูดกลืนแสงของผักบุ้งจีน เท่ากับ 0.065

จากสมการ $y = 3.094x + 0.015$

$0.065 = 3.094x + 0.015$

$x = 0.016$

ในการทดลองเตรียมตัวอย่างโดยการกรองสารละลายตัวอย่าง แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 25 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายตัวอย่างมา 5มิลลิลิตรใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 25มิลลิลิตร หาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างเริ่มต้นได้จากสมการ $C_1V_1 = C_2V_2$

จะได้ $C_1(5) = (0.016)(25)$

ดังนั้น สารละลายตัวอย่างเริ่มต้นมีความเข้มข้น = 0.08 mg-N/L

ตารางที่ ข-3 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง

	ค่าความเข้มข้น (mg-N/L)		
	ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**เฉลี่ย**
ผักบุ้งจีน	0.08	0.08	0.08
คะน้า	0.06	0.07	0.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น

จากสมการ $\%\ \text{ความชื้น} = \frac{(w_1 - w_2)\text{x } 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$

โดยที่ w_1 คือ น้ำหนักของจาน และตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

w_2 คือ น้ำหนักของจาน และตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

ตารางที่ ข-4 ตารางแสดงน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ

ตัวอย่าง	น้ำหนักจาน	น้ำหนักจาน + ผัก (ก่อนอบ)	น้ำหนักจาน + ผัก (หลังอบ)
ผักบุ้งจีน	50.1524	66.3510	51.5532
คะน้า	46.9474	65.1645	48.2909

ตัวอย่างการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น

จากสมการ% ความชื้น $= \frac{(w_1 - w_2)\text{x } 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$

$= \frac{(66.3510 - 51.5532)\text{x } 100}{66.3510 - 50.1524}$

$= 91.35\ \%$

% วัตถุแห้ง $= 100 - 91.35$

$= 8.65\ \%$

ตารางที่ ข-5 ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้น

ตัวอย่าง	% ความชื้น	% วัตถุแห้ง
ผักบุ้งจีน	91.35	8.65
คะน้า	86.97	13.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการคำนวณหาปริมาณไนไตรท์ในสารละลายตัวอย่าง

จากสารละลายตัวอย่าง 1000 มิลลิลิตร จะมีปริมาณไนไตรท์ = 0.08 มิลลิกรัม

ถ้า สารละลายตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร จะมีปริมาณไนไตรท์ $= \frac{0.08 \times 50}{1000}$

$= 0.004$ มิลลิกรัม

จากน้ำหนักตัวอย่างผักบุ้งจีนอบแห้ง 2.1191 กรัม มีปริมาณไนไตรท์ = 0.004 มิลลิกรัม

ถ้า ในตัวอย่างผักบุ้งจีนแห้ง 1 กิโลกรัมจะมีปริมาณไนไตรท์ $= \frac{0.004 \times 1000}{2.1191}$

$= 1.93$ มิลลิกรัม

ตารางที่ ข-6 ตารางแสดงปริมาณไนไตรท์ (mg) ที่มีในตัวอย่างผักอบแห้ง 1 kg

ตัวอย่างผัก	ปริมาณไนไตรท์ (mg) ในตัวอย่างผักอบแห้ง1 kg		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
ผักบุ้งจีน	1.93	1.84	1.89
คะน้า	1.51	1.56	1.53

จากน้ำหนักตัวอย่างผักบุ้งจีนสด 16.1986 กรัม มีปริมาณไนไตรท์ = 0.004 มิลลิกรัม

ถ้า ในตัวอย่างผักบุ้งจีนสด1 กิโลกรัมจะมีปริมาณไนไตรท์ $= \frac{0.004 \times 1000}{16.1986}$

$= 0.25$ มิลลิกรัม

ตารางที่ ข-7 ตารางแสดงปริมาณไนไตรท์ (mg) ที่มีในตัวอย่างผักสด 1 kg

ตัวอย่างผัก	ปริมาณไนไตรท์ (mg) ในตัวอย่างผักสด 1 kg		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
ผักบุ้งจีน	0.25	0.24	0.25
คะน้า	0.20	0.20	0.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (T-test)

ตารางที่ ค-1 ตาราง t-test

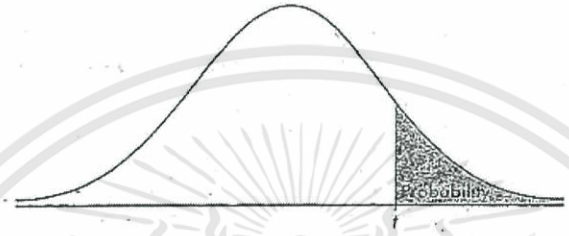


TABLE B: *t*-DISTRIBUTION CRITICAL VALUES

	Tail probability *p*											
df	.25	.20	.15	.10	.05	.025	.02	.01	.005	.0025	.001	.0005
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	15.89	31.82	63.66	127.3	318.3	636.6
2	.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	4.849	6.965	9.925	14.09	22.33	31.60
3	.765	.978	1.250	1.638	2.353	3.182	3.482	4.541	5.841	7.453	10.21	12.92
4	.741	.941	1.190	1.533	2.132	2.776	2.999	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	.727	.920	1.156	1.476	2.015	2.571	2.757	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	.718	.906	1.134	1.440	1.943	2.447	2.612	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	.711	.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.517	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	.706	.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.449	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	.703	.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.398	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	.700	.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.359	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	.697	.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.328	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	.695	.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.303	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	.694	.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.282	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	.692	.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.264	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	.691	.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.249	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	.690	.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.235	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	.689	.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.224	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	.688	.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.214	2.552	2.878	3.197	3.611	3.922
19	.688	.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.205	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	.687	.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.197	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	.686	.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.189	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	.686	.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.183	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	.685	.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.177	2.500	2.807	3.104	3.485	3.768
24	.685	.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.172	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	.684	.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.167	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	.684	.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.162	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	.684	.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.158	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	.683	.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.154	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	.683	.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.150	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	.683	.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.147	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	.681	.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.123	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
50	.679	.849	1.047	1.299	1.676	2.009	2.109	2.403	2.678	2.937	3.261	3.496
60	.679	.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.099	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
80	.678	.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.088	2.374	2.639	2.887	3.195	3.416
100	.677	.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.081	2.364	2.626	2.871	3.174	3.390
1000	.675	.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.056	2.330	2.581	2.813	3.098	3.300
∞	.674	.841	1.036	1.282	1.645	1.960	2.054	2.326	2.576	2.807	3.091	3.291
	50%	60%	70%	80%	90%	95%	96%	98%	99%	99.5%	99.8%	99.9%
	Confidence level *C*											

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้