# วิธีสเปกโทรโฟโตเมทรีสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนโดยใช้อินดิโกคาร์มีนเป็นรีเอเจนต์

# SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF IODATE IN IODIZED SALT USING INDIGO CARMINE AS REAGENT


นางสาวมุกดา อึ่มใจ

นางสาววีรียา โสภณธรรมวินิต

นางสาวอาภารี ไม้ทอม


โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

# วิธีสเปกโทรโฟโตเมทรีสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนโดยใช้อินดิโกคาร์มีนเป็นรีเอเจนต์

# SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF IODATE IN IODIZED SALT USING INDIGO CARMINE AS REAGENT


นางสาว มุกดา อิ่มใจ

นางสาว วีรียา โสภณธรรมวินิต

นางสาว อาจารี ไม้หอม


โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF IODATE IN IODIZED SALT USING INDIGO CARMINE AS REAGENT

MISS MUKDA IMJAI

MISS WIRIYA SOPONTAMMAWINIT

MISS ACHAREE MAIHOM

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

| | | |
|---|---|---|
| **โครงงานพิเศษ** | วิธีสเปกโทรโฟโตเมทรีสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนโดยใช้อินดิโกคาร์มีนเป็นรีเอเจนต์ | |
| **ชื่อนักศึกษา** | นางสาวมุกดา อิ่มใจ | 53050314 |
| | นางสาววีรียา โสภณธรรมวินิต | 53050349 |
| | นางสาวอาจารี ไม้หอม | 53050396 |
| **ปริญญา** | วิทยาศาสตรบัณฑิต | |
| **สาขาวิชา** | เคมีอุตสาหกรรม | |
| **ปีการศึกษา** | 2556 | |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ | |

## บทคัดย่อ


โครงงานพิเศษนี้ได้ศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนโดยใช้อินดิโกคาร์มีนเป็นรีเอเจนต์ด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี ปฏิกิริยาระหว่างไอโอเดตกับอินดิโกคาร์มีนในสภาวะกรดทำให้ได้สารละลายสีฟ้าที่มีค่าการดูดกลืนแสงแปรผกผันกับความเข้มข้นของไอโอเดตโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร พบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ไอโอเดต คือใช้กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 8.0 M สารละลายอินดิโกคาร์มีนความเข้มข้น 0.01% (W/V) และตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงเมื่อเวลาผ่านไป 40 นาที กราฟมาตรฐานที่ได้มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงของไอโอเดตในช่วงความเข้มข้น 1-5 μM ได้สมการเส้นตรงคือ $A_{610\,nm} = - 0.0229[IO_3^-] + 0.1941$ มีค่าสัมประสิทธ์การตัดสินใจ ($R^2$) เท่ากับ 0.9979 มีความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์และความเที่ยงของการวัดค่าดูดกลืนแสงแสดงด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 0 -12.70% และ 2.57 – 11.25% ตามลำดับ ความแม่นของวิธีวิเคราะห์ประเมินจากค่าร้อยละการวิเคราะห์คืนกลับอยู่ในช่วง 75.11-112.67%



**คำสำคัญ :** ไอโอเดต, อินดิโกคาร์มีน, สเปกโทรโฟโตเมทรี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **Special Project Title** | Spectrophotometric Determination of Iodate in Iodized Salt using Indigo Carmine as Reagent |
| **Name** | Miss Mukda Imjai |
| | Miss Wiriya Sopontammawinit |
| | Miss Acharee Maihom |
| **Degree** | Bachelor of Science |
| **Program** | Industrial Chemistry |
| **Academic Year** | 2013 |
| **Special Project Advisor** | Asst.Prof.Dr. Wiboon Praditweangkum |


## ABSTRACT

This special project is aimed to study the determination of iodate in iodized salt using indigo carmine as reagent by spectrophotometric technique. The reaction between iodate and indigo carmine in acidic condition gained the blue solution with absorbance inversely proportional to concentration of iodate. The absorbance is measured at wavelength of 610 nm. The condition for determination of iodate is optimized when concentration of hydrochloric acid solution is 8.0 M, concentration of indigo carmine solution is 0.01%(W/V) and absorbance is measured at 40 minutes. The calibration curve is linear for iodate in concentration range of 1-5 μM. The linear equation is $A_{610\ nm} = -0.0229\ [IO_3^-] + 0.1941$ and the coefficient of determination ($R^2$) is 0.9979. The precision of this method and reproducibility of absorbance measurement can be shown by relative standard deviation in range from 0 - 12.70% and 2.57 -11.25%, respectively. Accuracy of the method is evaluated by recovery ranged from 75.11 – 112.67%.



**Keywords :** iodate, indigo carmine, spectrophotometry



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดีในครั้งนี้ สืบเนื่องมาจากความร่วมมือและความกรุณาของทุก ๆ ท่าน ทั้งอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ รวมทั้งท่านคณะกรรมการที่กรุณาติดตาม ตรวจสอบดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีจนโครงงานพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเคมี รวมทั้งแม่บ้านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในทุก ๆ ด้าน

ขอขอบพระคุณ เพื่อน ๆ และรุ่นพี่ทุก ๆ คนที่ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านจนโครงงานพิเศษนี้สำเร็จในที่สุด

นางสาวมุกดา อิ่มใจ
นางสาววีรียา โสภณธรรมวินิต
นางสาวอาจารี ไม้หอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VI |
| สารบัญรูป | VII |
| คำย่อและสัญลักษณ์ | VIII |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| 1.1 **ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงานพิเศษ** | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ | 1 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ | 1 |
| 1.4 ขั้นตอนการทำวิจัยและการดำเนินงาน | 2 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| **บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | 3 |
| 2.1 ต่อมไทรอยด์ ( thyroid gland ) | 3 |
| 2.2 โรคคอพอก | 4 |
| 2.3 เกลือบริโภคเสริมไอโอดีน | 6 |
| 2.4 ไอโอดีน | 8 |
| 2.5 อินดิโกคาร์มีน | 10 |
| 2.6 เทคนิคยูวี – วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี | 11 |
| 2.7 ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้อง | 16 |
| 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 17 |
| **บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย** | 20 |
| 3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ | 20 |
| 3.2 การเตรียมสารละลาย | 21 |
| 3.3 วิธีดำเนินการทดลอง | 22 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| **บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล** | 26 |
| 4.1 การหาค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ | 27 |
| 4.2 การศึกษาผลของชนิดของสารละลายกรด | 27 |
| 4.3 การศึกษาผลความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก | 29 |
| 4.4 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายอินดิโกคาร์มีน | 31 |
| 4.5 การศึกษาผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม | 32 |
| 4.6 การศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน | 34 |
| 4.7 การศึกษาความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ | 36 |
| 4.8 การศึกษาความเที่ยงของการวัด | 38 |
| 4.9 การศึกษาความแม่นของวิธีการวิเคราะห์ | 39 |
| 4.10 การหาปริมาณไอโอเดตและการเปรียบเทียบหาปริมาณไอโอดีนในตัวอย่างเกลือบริโภคเสริมไอโอดีน | 41 |
| **บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง** | 42 |
| 5.1 สรุป | 42 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 42 |
| **เอกสารอ้างอิง** | 43 |
| **ภาคผนวก** | 45 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 แสดงคำแนะนำการบริโภคไอโอดีนต่อวัน (Recommended Daily intake, RDI) ตามช่วงอายุ | 9 |
| 2.2 แสดงอาหารที่พบไอโอดีน | 10 |
| 4.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสง สมการเส้นตรง และ $R^2$ของสารละลายผสม เมื่อสารละลายกรดต่างชนิดกัน | 28 |
| 4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสง สมการเส้นตรง และ $R^2$ ของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ที่ความเข้มข้นต่างกัน | 29 |
| 4.3 แสดงค่าการดูดกลืนแสง สมการเส้นตรง และ $R^2$ ของสารละลายผสม เมื่อใช้สารละลายอินดิโกคาร์มีนที่ความเข้มข้นต่างกัน | 31 |
| 4.4 แสดงค่าการดูดกลืนแสง สมการเส้นตรง และ $R^2$ ของสารละลายผสม เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน | 33 |
| 4.5 ตารางแสดงความเข้มข้นและปริมาณของสารต่างๆที่ใช้ | 34 |
| 4.6 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของไอโอเดต | 35 |
| 4.7 ตารางแสดงค่าการดูดกลืน | 36 |
| 4.8 แสดงความเข้มข้นของไอโอเดตในสารละลายตัวอย่าง, ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ %RSD | 37 |
| 4.9 แสดงความเข้มข้นของไอโอเดตในสารละลายตัวอย่าง, ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ %RSD | 38 |
| 4.10 แสดงการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง, ความเข้มข้นของไอโอเดต, % recovery | 40 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 แสดงภาพตำแหน่งของต่อมไทรอยด์ | 3 |
| 2.2 ภาพแสดงโครงสร้างของ Indigo | 11 |
| 2.3 แผนภาพแสดงเมื่อได้รับพลังงานเพียงพอ อิเล็กตรอนภายในโมเลกุล มีการเปลี่ยนระดับชั้นพลังงาน | 12 |
| 2.4 ภาพแสดงการดูดกลืนแสงตามกฎของแลมเบิร์ต (lambert's law) | 12 |
| 2.5 ภาพแสดงเครื่อง UV-Vis spectrophotometer | 13 |
| 2.6 ภาพตัดขวางของหลอด PMT, ลักษณะหลอด PMT ในสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ | 14 |
| 2.7 สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่มีไดโอดอาร์เรย์เป็นตัวตรวจจับสัญญาณ | 15 |
| 2.8 ภาพแสดงองค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงแบบ single beam | 15 |
| 2.9 ภาพแสดงองค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงแบบ double beam | 16 |
| 2.10 ภาพแสดงปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่าง Indigo Carmine กับ N-Sodio-Bromo toluenesulfonamide ในสภาวะกรด | 17 |
| 4.1 ภาพแสดงปฏิกิริยาระหว่างไอโอเดตกับสารละลายอินดิโกคาร์มีน | 26 |
| 4.2 แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม | 27 |
| 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของไอโอเดต | 28 |
| 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไอโอเดตกับค่าการดูดกลืนแสง | 30 |
| 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของไอโอเดตกับค่าการดูดกลืนแสง | 32 |
| 4.6 กราฟแสดงสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา | 34 |
| 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของไอโอเดต | 35 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# คำย่อและสัญลักษณ์

| | |
|---|---|
| %W/V | ร้อยละโดยมวล |
| $R^2$ | สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ |
| %RSD | ร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพันธ์ |
| mg/L | มิลลิกรัมต่อลิตร |
| ppm | Part per million |
| µg/L | ไมโครกรัมต่อลิตร |
| mv | มิลลิโวลต์ |
| nm | นาโนเมตร |
| M | โมลาร์ |
| Abs | ค่าการดูดกลืนแสง |
| µM | ไมโครโมลาร์ |
| Conc | ความเข้มข้น |
| mL | มิลลิลิตร |
| IC | อินดิโกคาร์มีน |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงานพิเศษ

ไอโอดีนเป็นแร่ธาตุชนิดหนึ่งที่จำเป็นต่อการสร้างฮอร์โมนไทรอกซินในต่อมไทรอยด์ที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการเจริญเติบโตของสมอง ระบบประสาทและเนื้อเยื่อของร่างกายซึ่งร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ไอโอดีนได้เองจำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น ถ้าร่างกายได้รับสารไอโอดีนไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายก็จะทำให้ต่อมไทรอยด์โตขึ้นเรียกว่า คอพอก ส่งผลให้สมองทึบ เหนื่อยง่ายและร่างกายเจริญเติบโตช้า โดยทั่วไปไอโอดีนจะอยู่ในรูปของเกลือไอโอไดด์และเกลือไอโอเดตพบได้น้อยในอาหารทั่วไปแต่จะพบมากในอาหารทะเล การขาดไอโอดีนนั้นเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคคอพอกและโรคปัญญาอ่อนในเด็กถือว่าเป็นปัญหาที่สำคัญ ซึ่งอาจจะเกิดมาจากผู้บริโภคไม่นิยมปรุงอาหารผสมไอโอดีนหรือเกลือไอโอดีนที่ใช้อาจมีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน จากปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขเกลือที่มีคุณภาพต่ำกว่ามาตารฐานโดยการเสริมไอโอดีนในเกลือ ส่วนสารประกอบอนินทรีย์ที่ใช้เป็นแหล่งไอโอดีนในเกลือเสริมไอโอดีนคือ โพแทสเซียมไอโอเดต โพแทสเซียมไอโอไดด์ โซเดียมไอโอเดต โซเดียมไอโอไดด์ ในประเทศไทยนิยมเติมไอโอดีนในรูปโพแทสเซียมไอโอเดต งานวิจัยนี้จึงสนใจพัฒนาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีน โดยใช้สารละลายอินดิโกคาร์มีนเป็นรีเอเจนต์และตรวจวัดด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในตัวอย่างเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนโดยใช้สารละลายอินดิโกคาร์มีนเป็นรีเอเจนต์และตรวจวัดด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี

## 1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

1. ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการใช้สารละลายอินดิโกคาร์มีนเป็นรีเอเจนต์ สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี
2. ประยุกต์วิธีที่พัฒนาขึ้นสำหรับหาปริมาณไอโอเดตในตัวอย่างเกลือบริโภคเสริมไอโอดีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 ขั้นตอนการทำวิจัยและการดำเนินงาน

1. สืบค้นแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงงานพิเศษ

2. วางแผนการทดลอง โดยการจัดหาอุปกรณ์ สารเคมี สารตัวอย่าง และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

3. ดำเนินการทดลองโดยศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนโดยใช้เทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี

4. ทดสอบความใช้ได้ของวิธีหาปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนที่พัฒนาขึ้น

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

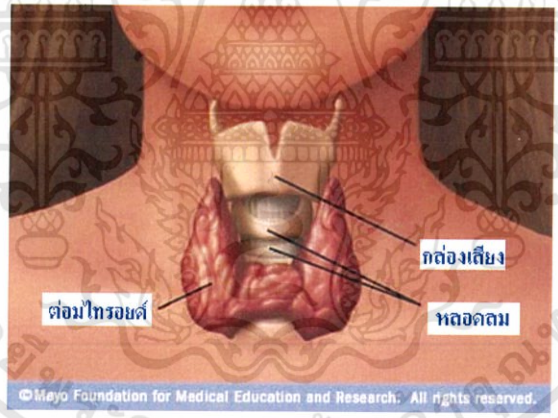
ได้วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนโดยใช้สารละลายอินดิโกคาร์มีนเป็นรีเอเจนต์และตรวจวัดด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ต่อมไทรอยด์ (Thyroid gland) [ 1 ]

เป็นต่อมไร้ท่อซึ่งอยู่บริเวณลำคอ อยู่ด้านหน้าของกล่องเสียง ติดกับฐานของคอหอยเป็นต่อมไร้ท่อที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ในคนปกติมีน้ำหนักประมาณ 25 กรัม แบ่งออกเป็น 2 พูและเชื่อมกันตรงกลางด้วยส่วนที่เรียกว่า คอคอดหรืออิสมัส (Isthmus) ต่อมไทรอยด์สร้างฮอร์โมนที่สามารถดึงไอโอดีนจากกระแสเลือดเข้าสู่เซลล์ได้ ต่อมไทรอยด์จะประกอบด้วยถุงหุ้มที่เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเรียกว่า ไทรอยด์ฟอลลิเคิล (Thyroid follicle) ซึ่งเป็นที่สร้างและหลั่งฮอร์โมนไทรอกซิน (Thyroxine) ซึ่งมีไอโอดีนเป็นส่วนประกอบ แล้วเก็บไว้ในของเหลวที่อยู่ตรงกลางเรียกว่า คอลลอยด์ (Colloid cell) นอกจากนั้นในต่อมไทรอยด์ ยังพบกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า เซลล์ซี (C-cell) หรือ เซลล์พาราฟอลลิคูลาร์ (Parafollicular cell) เป็นเซลล์ที่แทรกอยู่ ในระหว่างไทรอยด์ฟอลลิเคิลของต่อมไทรอยด์ซึ่งสร้าง ฮอร์โมนแคลซิโทนิน (Calcitonin)




**รูปที่ 2.1** แสดงภาพตำแหน่งของต่อมไทรอยด์ [ 2 ]

**ฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไทรอยด์ ได้แก่**

1. ฮอร์โมนไทรอกซิน

แหล่งที่สร้าง : สร้างจากไทรอยด์ฟอลลิเคิล

อวัยวะเป้าหมาย : อวัยวะร่างกายทั่วไป

หน้าที่ : ควบคุมเมแทบบอลิซึมต่างๆของร่างกาย เช่น ที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต, การใช้พลังงานและการสังเคราะห์สาร เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ฮอร์โมนแคลซิโทนิน

แหล่งที่สร้าง : สร้างจากเซลล์พาราฟอลลิคิวลาร์หรือเซลล์ซี

อวัยวะเป้าหมาย : กระดูก, ท่อหน่วยไต และ ลำไส้เล็ก

หน้าที่ : ลดระดับแคลเซียมในเลือดให้ต่ำลงถ้าในเลือดมีระดับแคลเซียมสูงกว่าปกติ

**ความผิดปกติเกี่ยวกับฮอร์โมนไทรอกซิน**

ถ้าขาดฮอร์โมนไทรอกซิน

เด็ก : ในทารกแรกเกิดมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตมากโดย เฉพาะการเจริญเติบโตของสมองพัฒนาการทาง ด้านสติปัญญาด้อยมาก ปัญญาอ่อน แขน ขาสั้น หน้าและมือบวมผิวหยาบแห้ง ผมบาง ไม่เจริญเติบโต รูปร่างเตี้ยแคระซึ่งแตกต่างจากเด็กที่ขาดโกรทฮอร์โมนเรียกกลุ่มอาการนี้ว่า โรคเอ๋อหรือเครทินิซึม (Cretinism) ซึ่งถ้าสามารถค้นพบปัญหานี้ได้อย่างรวดเร็วและให้ไทรอยด์ฮอร์โมนทดแทนได้อย่างรวดเร็วตั้งแต่แรกเกิดพัฒนาการสามารถเป็นปกติได้ การขาดฮอร์โมนในช่วงปีแรกจะทำให้สมองถูกทำลายอย่างถาวร

ผู้ใหญ่ : ส่งผลให้อัตราเมแทบอลิซึมลดน้อยลง เช่น อ่อนเพลีย เหนื่อยง่าย เซื่องซึม เคลื่อนไหวช้า กล้ามเนื้ออ่อนแรง ร่างกายอ่อนแอ ติดเชื้อได้ง่าย หัวใจเต้นช้า ทนหนาวไม่ได้ มีคอเลสเตอรอลสูง ผิวหนังบวมน้ำ หน้าบวม อ้วน ทำให้น้ำหนักเพิ่ม ผมและผิวแห้ง สมองจะทำงานช้าลง ปฏิกิริยาโต้ตอบช้าหรือถึงขั้นความจำเสื่อม ประจำเดือนผิดปกติ เรียกกลุ่มอาการดังกล่าวนี้ว่า มิกซีดีมา (Myxedema) ถ้าร่างกายได้รับไอโอดีนไม่เพียงพอจะส่งผลให้มีการผลิตไทรอกซินได้น้อย (Hypothyroidism) ทำให้ต่อมใต้สมองส่วนหน้าหลั่งไทรอยด์สติมิวเลติงฮอร์โมน (TSH) เพิ่มมากขึ้นเพื่อไปกระตุ้นต่อมไทรอยด์ให้สร้างฮอร์โมนไทรอกซินเพิ่มมากขึ้นจนต่อมไทรอยด์ทำงานมากเกินไป ต่อมจะขยายขนาดโตขึ้นทำให้เกิดเป็น โรคคอพอก (Simple goiter)

## 2.2 โรคคอพอก [ 3 ]

ความเป็นจริงแล้วโรคคอพอก คือ โรคต่อมไทรอยด์โตผิดปกติจนมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าทั้งนี้สาเหตุเกิดได้ทั้งทางร่างกายขาดเกลือแร่ไอโอดีนจากโรคต่อมไทรอยด์ทำงานเกินและจากโรคขาดฮอร์โมนไทรอยด์ การโตของต่อมไทรอยด์อาจเพียงเล็กน้อยหรือมีขนาดใหญ่ได้ถึง 10 เซนติเมตรหรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับการเรื้อรังของโรค

ลักษณะการโตของต่อมไทรอยด์ อาจโตเพียงต่อมไทรอยด์กลีบเดียวหรือทั้งสองกลีบซึ่งแบบนี้พบได้บ่อยกว่า อาจโตเรียบทั่วทั้งกลีบ หรือโตเป็นก้อน เป็นปุ่มก้อนเนื้อเล็กๆ ใหญ่ๆ กระจายทั่วทั้งกลีบซึ่งขึ้นอยู่กับสาเหตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรคคอพอกเป็นโรคที่พบบ่อยโรคหนึ่ง เฉลี่ยประมาณร้อยละ 5 – 7 ของประชากรทั้งโลกซึ่งอาจพบเป็นโรคประจำท้องถิ่นได้ ถ้าถิ่นนั้นเป็นถิ่นพื้นดินที่มีเกลือแร่ไอโอดีนต่ำซึ่งจะทำให้พืชต่างๆ มีเกลือแร่ไอโอดีนต่ำ นอกจากนั้นยังอยู่ห่างไกลทะเล จึงขาดเกลือแร่ไอโอดีนทั้งจากพืชอาหารทะเล และจากเกลือทะเลด้วย ดังเช่นที่เคยเกิดขึ้นในอดีตตามภาคต่างๆ ในประเทศไทย

โรคคอพอกพบได้ทุกอายุ ทั้งชายและหญิง และทุกเชื้อชาติ โดยพบสูงในผู้ที่มีอายุ 40 ปีขึ้นไป พบในผู้หญิงสูงกว่าผู้ชายถึงประมาณ 4 เท่า ซึ่งก็ยังไม่ทราบสาเหตุแน่ชัดว่า เพราะอะไรแต่แพทย์เชื่อว่าน่าจะเกี่ยวข้องกับเรื่องของฮอร์โมนเพศ แหล่งเกลือไอโอดีนที่สำคัญตามธรรมชาติ ได้แก่ ชนิดพื้นดินที่ใช้เพาะปลูก อาหารทะเล เกลือทะเล เป็นต้น

**สาเหตุที่ทำให้เกิดโรคคอพอก**

1.ขาดเกลือแร่ไอโอดีน

สาเหตุโรคคอกพอกจากการขาดเกลือแร่ไอโอดีน จะทำให้ต่อมไทรอยด์โต คอพอกลักษณะเป็นปุ่มก้อนเนื้อหลายๆ ปุ่ม ทั้งปุ่มเล็กและใหญ่ ทั่วต่อมทั้งสองกลีบ มักเกิดจากการบริโภคอาหารมีเกลือแร่ไอโอดีนต่ำ ซึ่งเกิดได้จากพื้นดินในถิ่นนั้นขาดเกลือแร่ไอโอดีน พืชที่ปลูกจึงมีเกลือแร่ไอโอดีนต่ำ และจากการขาดการบริโภคอาหารทะเล เกลือทะเล และน้ำปลาหมักจากเกลือทะเล อาหารที่มีเกลือแร่ไอโอดีนสูง เช่น เกลือทะเล เกลือเพิ่มไอโอดีน อาหารทะเล น้ำมันตับปลา ไข่แดง นม ผลิตภัณฑ์จากนมทุกชนิด ผักที่สีแดงหรือม่วง ขนมและอาหารที่ใส่เกลือทะเล เช่น ขนมเค้ก สาหร่ายทะเล ขนมขบเคี้ยว อาหารกระป๋อง อาหารแช่แข็ง อาหารแปรรูป อาหารหมักดอง เนื้อเค็ม ไส้กรอก แฮม เบคอน และวิตามินเกลือแร่เสริมอาหารชนิดมีไอโอดีน อาหารที่มีเกลือแร่ไอโอดีนต่ำ เช่น ผักผลไม้ต่างๆ ที่ไม่มีสีแดง สีม่วง เนื้อสัตว์ปีก สมุนไพร พริกไทย เครื่องเทศ น้ำส้มสายชูมัสตาร์ด ซึ่งโดยทั่วไป ความต้องการเกลือแร่ไอโอดีนของร่างกายจะสูงขึ้นตามอายุ หมายความว่าเด็กจะต้องการน้อยกว่าผู้ใหญ่ ในวัยรุ่น เมื่อตั้งครรภ์ และในช่วงให้นมบุตรตามลำดับ

2.โรคไทรอยด์ทำงานเกิน

สาเหตุโรคคอพอกจากต่อมไทรอยด์ทำงานเกิน คอพอกชนิดนี้เกิดกับต่อมไทรอยด์ทั้งสองกลีบ และมักมีลักษณะโตเรียบ เกิดจากเซลล์ต่อมไทรอยด์ทำงานมากกว่าปกติ ขนาดต่อมไทรอยด์จึงโตขึ้น โดยอาจเกิดจากโรคต่อมใต้สมองสร้างฮอร์โมนกระตุ้นต่อมไทรอยด์สูงกว่าปกติจากโรคต่อมไทรอยด์ทำงานเกินหรือโรคไทรอยด์เป็นพิษ ชนิดเรคเกรฟส์ ภาวะทางอารมณ์และจิตใจ

3.โรคขาดฮอร์โมนไทรอยด์

สาเหตุโรคคอพอกจากโรคขาดฮอร์โมนไทรอยด์ ซึ่งต่อมไทรอยด์มักโตเรียบทั่วทั้งสองกลีบ เช่น จากโรคภูมิแพ้ตนเองบางชนิด ซึ่งส่งผลถึงการทำงานต่ำของต่อมไทรอยด์หรือจากการบริโภคยาบางชนิด ซึ่งกดการจับกินเกลือแร่ไอโอดีนของเซลล์ต่อมไทรอยด์ให้ลดต่ำลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคคอพอกที่พบบ่อย**

1. กินอาหารที่มีเกลือแร่ไอโอดีนต่ำ ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญที่สุด จนถึงขั้นเป็นปัญหาสาธารณสุขได้ บางประเทศกำหนดให้ต้องใส่เกลือแร่ไอโอดีนในน้ำประปาหรือในเกลือ

2. ผู้หญิงเพราะผู้หญิงเกิดโรคคอพอกได้สูงกว่าผู้ชายประมาณ 4 เท่า

3. อายุ ยิ่งอายุมาก โอกาสเกิดโรคคอพอกก็ยิ่งสูงขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะเมื่ออายุประมาณ 40 – 50 ปีขึ้นไป

4. พันธุกรรม เพราะพบโรคคอพอกสูงกว่าในคนที่ครอบครัวเป็นโรคคอพอก หรือเป็นโรคอื่น

5. ผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ตนเองของต่อมไทรอยด์

6. จากยาบางชนิดที่กดการจับกินแร่ไอโอดีนของต่อมไทรอยด์จึงกระตุ้นให้ต่อมไทรอยด์ทำงานเพิ่ม ต่อมไทรอยด์จึงมีขนาดโตขึ้น เช่น ยากดภูมิคุ้มกัน ภูมิต้านทานโรค ยาต้านไวรัสบางชนิด และยารักษาโรคทางจิตเวชบางชนิด

**อาการของโรคคอพอกที่พบบ่อยคือ**

1. ต่อมไทรอยด์โต มองเห็น และคลำได้

2. เมื่อต่อมไทรอยด์โตมาก อาจกดหลอดอาหาร ซึ่งหลอดอาหารอยู่ใต้ต่อมไทรอยด์ทั้งสองกลีบ ทำให้กลืนอาหารแล้วรู้สึกติดคอ กลืนได้ยาก หรือกดประสาทกล่องเสียง ซึ่งอยู่ด้านข้างต่อมไทรอยด์ทั้งสองกลีบ ทำให้เสียงแหบหรือกดหลอดลมซึ่งต่อมไทรอยด์อยู่ติดด้านข้างของหลอดลม ด้วยก่อให้เกิดการระคายเคืองหลอดลมจึงไอเรื้อรังหรือหายใจไม่สะดวก

3. อาการจากปริมาณฮอร์โมนไทรอยด์ผิดปกติ เช่น การขาดฮอร์โมนไทรอยด์ หรือฮอร์โมนไทรอยด์สูงเกินปกติ

**การวินิจฉัยโรค**

แพทย์วินิจฉัยโรคคอพอกได้จากประวัติอาการ ประวัติการเจ็บป่วย ประวัติการบริโภคยา ประวัติการเจ็บป่วยในครอบครัว การตรวจร่างกาย การตรวจคลำต่อมไทรอยด์ การตรวจเลือดเพื่อดูค่าต่างๆ เช่น การทำงานของต่อมไทรอยด์ สารภูมิคุ้มกันโรคต่อมไทรอยด์ ฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง ฮอร์โมนจากสมองส่วนไฮโปทาลามัส ทั้งนี้ขึ้นกับว่าแพทย์สงสัยว่าเกิดจากสาเหตุใด ตรวจภาพต่อมไทรอยด์ด้วยการอัลตร้าซาวน์ เอกซเรย์ หรือจากการสแกนภาพด้วยน้ำยาแร่รังสี การดูดเจาะเซลล์จากต่อมไทรอยด์ตรวจทางเซลล์วิทยา หรือการตัดชิ้นเนื้อเพื่อตรวจพยาธิวิทยา

## 2.3 เกลือบริโภคเสริมไอโอดีน [ 4 ]

เกลือบริโภค (table salt) คือเกลือโซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride) ที่เป็นผงละเอียดสีขาวใช้สำหรับปรุงอาหารเสริมไอโอดีนเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ป้องกันการเกิดโรคคอพอกและมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนผสมของสารที่ให้ไอโอดีนคงตัว (stabilizers for the iodine) และ anticaking agent เพื่อป้องกันการดูดน้ำทำให้เทง่าย ไม่จับตัวกันเป็นก้อนสารเคมีที่ใช้ผสมเกลือเพื่อให้ได้เกลือเสริมไอโอดีนมีหลายชนิด เช่นโซเดียมไอโอไดด์ (NaI) โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) และโพแทสเซียมไอโอเดต ($KIO_3$)

**เกลือเสริมไอโอดีน** [ 5 ]

เพื่อให้ประชาชนได้สารไอโดดีนอย่างเพียงพอและทั่วถึงกระทรวงสาธารณสุขจึงได้ออกประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 153 (พ.ศ.2537) เรื่อง เกลือบริโภคเป็นอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานโดยจะต้องมีปริมาณไอโอดีนไม่น้อยกว่า 30 มิลลิกรัมต่อเกลือบริโภค 1 กิโลกรัม ดังนั้นในการปรุงอาหารควรใช้เกลือเสริมไอโอดีนทุกครั้งจะได้ไม่เป็นโรคขาดสารไอโอดีน

**การเลือกซื้อเกลือบริโภค**

ในการเลือกซื้อเกลือบริโภคควรเลือกซื้อเกลือที่เสริมไอโอดีน และดูฉลากต้องมีข้อความดังนี้

1. ชื่ออาหาร
2. ชื่อและที่ตั้งของผู้ผลิต หรือของผู้แบ่งบรรจุเพื่อจำหน่าย แล้วแต่กรณี
3. เดือนและปีที่ผลิต โดยมีข้อความว่า'ผลิต' กำกับไว้
4. เดือนและปีที่อาหารยังมีคุณภาพหรือมาตรฐานดี โดยมีข้อความว่า 'ควรบริโภคก่อน' กำกับไว้ด้วย
5. น้ำหนักสุทธิเป็นระบบเมตริก
6. ข้อความว่า 'ควรเก็บในที่ร่มและแห้ง' เพื่อป้องกันตัวคุณและคนที่คุณรักให้ปลอดภัยจากโรคขาดสารไอโอดีนควรหันมา บริโภคเกลือเสริมไอโอดีน โดยซื้อเกลือเสริมไอโอดีนมาใช้ปรุงอาหารในครัวเรือนและก่อนซื้อควรดูฉลากว่ามีชื่ออาหาร ชื่อที่ตั้งผู้ผลิต เดือนปีที่ผลิต และเดือนปีที่อาหารยังมีคุณภาพมาตรฐานดี ท่านก็จะได้เกลือบริโภคที่ถูกสุขอนามัย

**ประกาศกระทรวงสาธารณสุข** [ 6 ]

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง เกลือบริโภค

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง เกลือบริโภคอาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 และมาตรา 6 (3) (4) (6) (7) และ (10) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 อันเป็นกฎหมายที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 33 มาตรา 41 มาตรา 43 และมาตรา 45 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมายรัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิกประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง เกลือบริโภค ลงวันที่ 27 กันยายน พ.ศ. 2553

ข้อ 2 ให้เกลือบริโภคเป็นอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อ 3 เกลือบริโภค หมายความว่า เกลือแกงที่ใช้เป็นอาหารหรือใช้เป็นส่วนผสมหรือเป็นส่วนประกอบของอาหาร

ข้อ 4 เกลือบริโภคต้องมีปริมาณไอโอดีนไม่น้อยกว่า 20 มิลลิกรัม และไม่เกิน 40 มิลลิกรัมต่อเกลือบริโภค 1 กิโลกรัม

ข้อ 5 การใช้ภาชนะบรรจุเกลือบริโภค ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานภาชนะบรรจุ

ข้อ 6 ผู้ผลิตเกลือบริโภคเพื่อจำหน่ายต้องปฏิบัติตามสุขลักษณะที่กำหนดไว้ในข้อ 4 ของกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2522) ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522และมีการควบคุมกระบวนการเติมหรือผสมไอโอดีนในการผลิต เพื่อให้มีการกระจายตัวของไอโอดีนอย่างสม่ำเสมอผู้นำเข้าเกลือบริโภคเพื่อจำหน่ายต้องจัดให้มีใบรับรองการผลิตว่ามีการปฏิบัติเป็นไปตามวรรคหนึ่ง

ข้อ 7 การแสดงฉลากของเกลือบริโภค ให้ได้รับการยกเว้นไม่ต้องปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องฉลาก แต่ต้องมีข้อความเป็นภาษาไทยโดยจะมีภาษาต่างประเทศด้วยก็ได้ และอย่างน้อยต้องมีข้อความแสดงรายละเอียด ดังต่อไปนี้

(1) ชื่ออาหาร (ถ้ามี)

(2) ข้อความว่า "เกลือบริโภคเสริมไอโอดีน" ด้วยตัวอักษรขนาดความสูงไม่น้อยกว่า 5 มิลลิเมตรและอ่านได้ชัดเจน กำกับชื่ออาหาร

(3) เลขสารบบอาหาร

## 2.4 ไอโอดีน [ 7 ]

ไอโอดีนเป็นแร่ธาตุที่มีอยู่ในธรรมชาติ และเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต ปกติจะมีอยู่ในอาหารที่เรารับประทานทั่วไป ในอากาศที่เราหายใจหรือน้ำที่เราดื่ม ในร่างกายมนุษย์มีต่อมไทรอยด์เป็นต่อมที่มีรูปร่างเหมือนผีเสื้อบริเวณคอหอยต้องการธาตุไอโอดีนเพื่อสร้างไทรอยด์ฮอร์โมนซึ่งเป็นส่วนสำคัญสำหรับกระบวนการเผาผลาญทางเคมีให้เป็นพลังงานในร่างกายคน (Human metabolism) โดยเฉพาะเด็กที่อยู่ในครรภ์ ไทรอยด์ฮอร์โมนจะช่วยในการสร้างและพัฒนาโครงสร้างของสมองให้มีประสิทธิภาพ

**สำหรับกลุ่มเสี่ยงที่ต้องเร่งทำการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับไอโอดีน มีด้วยกัน 3 กลุ่ม ดังนี้** [ 8 ]

**กลุ่มที่** 1 หญิงตั้งครรภ์

หากหญิงตั้งครรภ์ขาดไอโอดีน ลูกที่คลอดออกมามีโอกาสเสี่ยงพิการหรือปัญญาอ่อน การที่ได้รับไอโอดีนจากแม่สู่ลูกเริ่มจาก

1. แม่ได้รับไอโอดีนจากอาหารจะถูกนำไปสร้างสารฮอร์โมนไทรอยด์

2. ผ่านทางรกไปสู่ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ลูกได้รับฮอร์โมนจากแม่จะนำไปพัฒนาสมอง และการเจริญเติบโต

**กลุ่มที่ 2** ทารกแรกเกิด

จะต้องตรวจเลือดทุกคนเพื่อดูระดับไทรอยด์ฮอร์โมน ซึ่งจะมีผลต่อความเฉลียวฉลาดและการเจริญเติบโตของเด็ก หากพบว่าไทรอยด์ฮอร์โมนต่ำให้รีบรักษาทันที

**กลุ่มที่ 3** กลุ่มเด็กเล็กจนถึงประชาชนทั่วไป

เนื่องจากไอโอดีนมีความจำเป็นสำหรับคนทุกเพศทุกวัย

ร่างกายเราต้องการไอโอดีนต่อวันตามช่วงอายุ ดังสรุปไว้ในตารางที่ 2.1

**ตารางที่ 2.1** แสดงคำแนะนำการบริโภคไอโอดีนต่อวัน (Recommended Daily intake, RDI) ตามช่วงอายุ [ 9 ]

| | | |
|---|---|---|
| เด็กเล็ก อายุ 1-8 ปี | ควรบริโภคไอโอดีน | 90 ไมโครกรัมต่อวัน |
| เด็กโต อายุ 9-13 ปี | ควรบริโภคไอโอดีน | 120 ไมโครกรัมต่อวัน |
| รุ่นอายุ 14-18 ปี | ควรบริโภคไอโอดีน | 150 ไมโครกรัมต่อวัน |
| ผู้ใหญ่ (ชาย) | ควรบริโภคไอโอดีน | 150 ไมโครกรัมต่อวัน |
| ผู้ใหญ่ (หญิง) | ควรบริโภคไอโอดีน | 150 ไมโครกรัมต่อวัน |
| | กำลังตั้งครรภ์ควรบริโภคไอโอดีน | 220 ไมโครกรัมต่อวัน |
| | ระยะให้นม (Brest feeding) | 270 ไมโครกรัมต่อวัน |

ไอโอดีนมีในอาหารหลายชนิดแต่อาจมีปริมาณน้อย จึงก่อให้เกิดปัญหาการขาดสารไอโอดีนในประชากรทั่วไป จากการศึกษาปริมาณไอโอดีนในอาหารของ Food Standards Australia New Zealand 2010 ดังสรุปไว้ในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.2** แสดงอาหารที่พบไอโอดีน [ 10 ]

| อาหาร | สารไอโอดีน (ไมโครกรัม ) |
|---|---|
| **ธัญพืช** | |
| ข้าวสาลี | 22 |
| ข้าวหอมมะลิซ้อมมือ | 16 |
| **ผัก** | |
| สาหร่ายแห้ง | 350 |
| สาหร่ายผมนางสด | 24-30 |
| **ผลไม้** | |
| กล้วยน้ำหว้า | 12 |
| กล้วยหอม | 12 |
| **เนื้อสัตว์** | |
| กุ้งทะเล | 59 |
| ปลาทูนึ่ง | 48 |

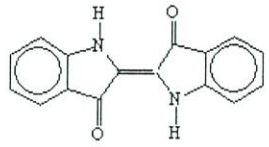
จากการศึกษาพบว่าสามารถเติมเกลือไอโอดีนลงในอาหารได้โดยตรงเพื่อแทนเกลือทั่วไปและลดการขาดสารไอโอดีนได้ซึ่งเกลือไอโอดีนได้มาจากสารโพแทสเซียมหรือโซเดียมไอโอเดตหรือไอโอไดด์ซึ่งได้จากการทำเหมืองแร่เกลือดังกล่าวและทำให้บริสุทธิ์เพื่อการบริโภค

## 2.5 อินดิโกคาร์มีน [ 11 ]

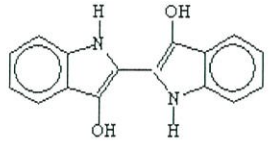
สีครามมีชื่อเคมี 2-(1,3- Dihydro-3-oxo-2H-indol-2-ylid-ene)-1,2-dihydro-3H-indol-3-one ชื่อทั่วไป Indigo blue หรือ Indigotin เป็นผลึกรูปเข็มสีม่วงหรือสีน้ำเงินระเหิดที่ 107 องศาเซลเซียส มีสมบัติไม่ละลายในน้ำ แอลกอฮอล์ อีเทอร์ และกรดเจือจางแต่ละลายได้ดีมากในสารละลายอะนิลีนและพิริดีนขณะเดือดละลายได้ดีพอควรในกรดแอซิติก แคลเซียลต้มเดือด ถ้าละลายในตัวทำละลายไม่มีขั้วจะปรากฏสีม่วงแดง แต่ถ้าละลายในตัวทำละลายมีขั้วจะปรากฏสีน้ำเงิน ถ้าให้ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกเย็นจะเกิดกรด Disulphoinc ซึ่งทำให้อยู่ในรูปของเกลือโซเดียมได้ง่าย เรียกว่า Indigo carmine มีสีน้ำเงินเข้ม ใช้ย้อมติดสีดีจัดเป็นสีแอซิด (Acid dye) มีกระบวนการย้อมต่างจากการย้อมครามซึ่งเป็นสีแวต Indigo blue ถูกรีดิวส์ในสารละลายด่างกลายเป็นสารไม่มีสี เรียกว่า Indigo white ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

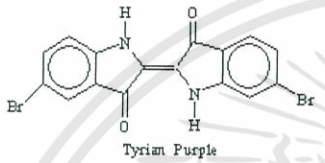
ตัวรีดิวส์และด่างมีหลายคู่ ได้แก่ ไฮโดซัลไฟกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ฝุ่นผงสังกะสีในน้ำปูนใส อุ่นไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส หรือน้ำขี้เถ้าในน้ำปูนใส ส่วน Indigo white ถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายมากด้วยออกซิเจนในอากาศกลับไปเป็น Indigo blue



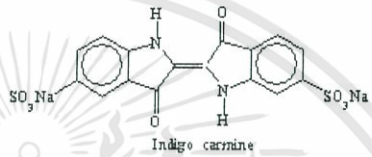
Indigo blue



Indigo white



Tyrian Purple



Indigo carmine

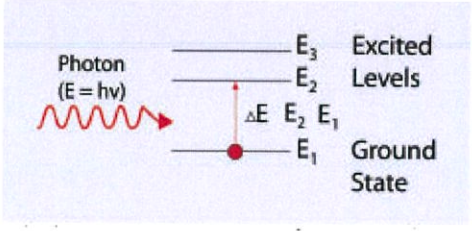
**รูปที่ 2.2** ภาพแสดงโครงสร้างของ Indigo [ 12 ]

## 2.6 เทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี [ 13 ]

UV-Vis spectrophotometer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณแสง ในช่วงรังสียูวีและช่วงแสงขาวที่ทะลุผ่านหรือถูกดูดกลืนโดยตัวอย่างที่วางอยู่ในเครื่องมือความยาวคลื่นแสงจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณและชนิดของสารที่มีอยู่ในตัวอย่างซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์สารประกอบเชิงซ้อนและสารอนินทรีย์ที่สามารถดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นเหล่านี้ได้เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ในปัจจุบันได้รับการพัฒนาให้มีขนาดที่เล็กลงมีความไวมากขึ้นให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้นรวมไปถึงการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ควบคู่กันกับเครื่องมือในการวิเคราะห์และการพ่วงต่อด้วยเทคนิคอื่นๆ ทำให้สามารถนำไปใช้งานได้กว้างขึ้น

ในการดูดกลืนแสงของสารเมื่อโมเลกุลของตัวอย่างถูกฉายด้วยแสงในช่วงรังสียูวีหรือแสงขาวที่มีพลังงานเหมาะสมจะทำให้อิเล็กตรอนภายในอะตอมเกิดการดูดกลืนแสงแล้ว เปลี่ยนสถานะไปอยู่ในชั้นที่มีระดับพลังงานสูงกว่า เมื่อทำการวัดปริมาณของแสงที่ผ่านหรือสะท้อนมาจากตัวอย่างเทียบกับแสงจากแหล่งกำเนิดที่ความยาวคลื่นค่าต่างๆตามกฎของ Beer-Lambert ค่าการดูดกลืนแสงหรือค่า absorbance ของสารจะแปรผันกับจำนวนโมเลกุลที่มีการดูดกลืนแสง ดังนั้นจึงสามารถระบุชนิดและปริมาณของสารที่มีอยู่ในตัวอย่างได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

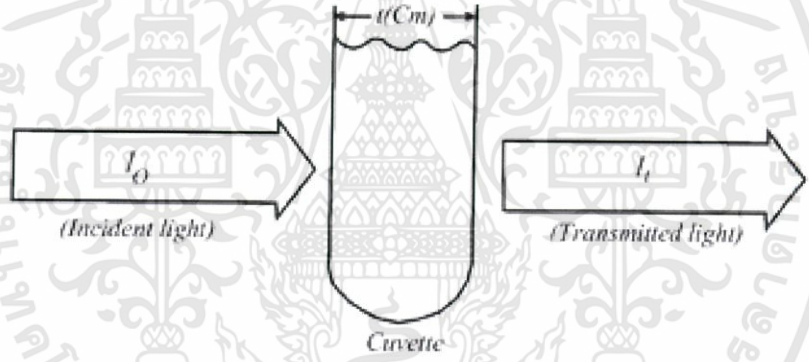



**รูปที่ 2.3** แผนภาพแสดงเมื่อได้รับพลังงานเพียงพอ อิเล็กตรอนภายในโมเลกุล มีการเปลี่ยนระดับชั้นพลังงาน [ 14 ]

**กฎการดูดกลืนแสง**

1. กฎของแลมเบิร์ต (ค.ศ.1760) กล่าวว่า แสงที่ถูกดูดกลืนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนาของตัวกลางที่แสงผ่าน

$$I_t = I_o \times 10^{-kt} \text{----------(1)}$$




**รูปที่ 2.4** ภาพแสดงการดูดกลืนแสงตามกฎของแลมเบิร์ต (lambert's law) [ 15 ]

2. กฎของเบียร์ (Beer's law) กฎของเบียร์ (ค.ศ.1852) กล่าวว่า แสงที่ถูกดูดกลืนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารในของเหลว ซึ่งเมื่อคำนวณเช่นเดียวกับกฎของแลมเบิร์ต จะได้สมการ

$$I_t = I_o \times 10^{-kc} \text{----------(2)}$$

เมื่อรวมกฎทั้งสองเข้าด้วยกัน(Beer-Lambert's law) โดยการบวกสมการที่ (1) และสมการที่ (2) จะได้สมการใหม่ดังนี้

$$I_t = I_o \times 10^{-\varepsilon ct} \text{----------(3)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่แสงส่องผ่าน (transmittance, T) มีค่าเท่ากับ $I_t/I_o$ และแสงที่ถูกดูดกลืน (absorbance, A หรือ optical density, OD) มีค่าเท่ากับ $\log (I_o/I_t)$ ดังนั้น

$$A = \varepsilon ct \text{ ----------(4)}$$

$$A = -\log T \text{ ----------(5)}$$

$\varepsilon$ = molar absorptivity สารแต่ละชนิดมีค่า $\varepsilon$ คงที่ในแต่ละช่วงคลื่นมีหน่วยเป็น $mole^{-1}cm^{-1}$

c = ความเข้มข้นของสารในหน่วย mole/L

t = ความหนาของสารละลายในหน่วย ซม.

**ส่วนประกอบที่สำคัญของ UV-Vis spectrophotometer มีดังนี้**

**รูปที่ 2.5** ภาพแสดงเครื่อง UV-Vis spectrophotometer [ 16 ]

**1. แหล่งกำเนิดแสง (Source)** คือ แหล่งกำเนิดแสงในสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่นิยมใช้กันแพร่หลายมีดังนี้

1.1 หลอดดิวทีเรียม เป็นหลอดที่ทำงานได้ดีที่สุดในช่วงความยาวคลื่นต่ำกว่า 300 นาโนเมตร โดยปกติแล้วหลอดนี้จะให้แสงที่ต่อเนื่องและสม่ำเสมอในช่วง 180 – 400 นาโนเมตร ส่วนที่ครอบของหลอดนี้จะทำจาก Quartz เช่นกัน

1.2 หลอดทังสเตนนำมาใช้ในช่วง visible โดยหลอดชนิดนี้ให้พลังงาน ตั้งแต่ 300 – 2000 นาโนเมตร ปกติแล้วหลอดนี้มี Filament ที่ทำจากทังสเตนครอบด้วย Quartz ก๊าซภายในเป็นพวกกลุ่ม Halogen เช่น ไอโอดีน เป็นต้น หลอดชนิดนี้มีข้อดีในด้านให้พลังงานสูงโดยเฉพาะในช่วงความยาวคลื่น 300 – 400 นาโนเมตร

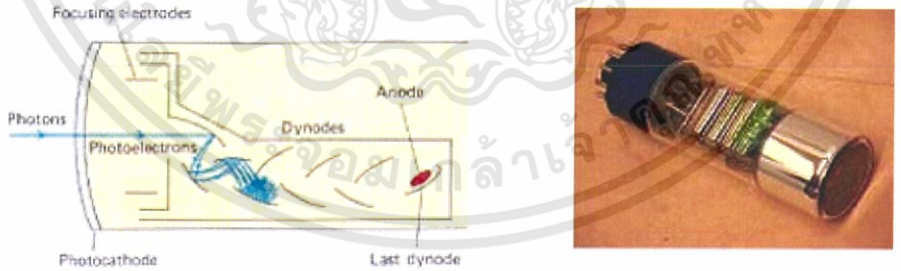
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2. โนโนโครเมเตอร์ (Monochromator)** ส่วนประกอบนี้เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมแสงโดยจะทำให้แสงที่ออกมาจากต้นกำเนิดแสง ซึ่งเป็นพอลิโครเมติก ให้เป็นแสงโมโนโครเมติก ซึ่งเป็นแถบแสงแคบๆ หรือมีความยาวคลื่นเดียวใช้ฟิลเตอร์ (กระจกสี) ปริซึม (prism) หรือ เกรตติ้ง (grating)

**3. ภาชนะใส่สารตัวอย่าง (cell หรือ cuvette)** ภาชนะใส่สารตัวอย่างสำหรับสเปกโทรโฟโตมิเตอร์จะเรียกว่า เซลล์หรือคิวเวทท์ (cuvette) มีหลายแบบหลายขนาดด้วยกันขึ้นกับการใช้งาน หลักสำคัญในการเลือกใช้ก็คือการวัดในช่วงแสงอัลตราไวโอเลตจะต้องใช้เซลล์ที่ทำจากควอตซ์ (quartz)เท่านั้น เนื่องจากแก้วสามารถดูดกลืนแสงในช่วงอัลตราไวโอเลตได้ ส่วนเซลล์ที่ทำจากแก้วจะใช้วัดในช่วงแสงที่มองเห็นได้ นั่นหมายความว่าถ้าเราต้องการวัดสารในช่วงแสงที่มองเห็นได้ก็ควรจะใช้เซลล์ที่ทำจากแก้ว การใช้เซลล์ควอตซ์ไม่ได้มีผลให้การวัดแสงดีขึ้นแต่จะสิ้นเปลืองเปล่าประโยชน์เพราะควอตซ์ราคาแพงกว่าแก้วมาก

**4. ตัวตรวจจับสัญญาณ (detector)** เครื่องตรวจจับสัญญาณที่ดีต้องมีสภาพไวสูง คือแม้ปริมาณแสงจะเปลี่ยนไปเล็กน้อยก็สามารถตรวจจับสัญญาณความแตกต่างได้ปัจจุบันเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ส่วนใหญ่นิยมใช้ตัวตรวจจับสัญญาณ 2 ชนิดคือ

4.1 หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (photomultiplier tube; PMT) หลอด PMT ประกอบไปด้วยแคโทด (cathode) ที่ฉาบผิวด้วยสารที่สามารถให้อิเล็กตรอนได้เมื่อถูกแสงจำนวน 9 ชุด เรียกว่าไดโนด (dynode) แต่ละไดโนดจะมีศักย์ไฟฟ้าสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อแสงตกกระทบกับไดโนดตัวที่หนึ่งสารที่ฉาบผิวจะเกิดอิเล็กตรอนขึ้นแล้ววิ่งไปกระทบไดโนดที่สอง สาม สี่ จนครบทั้งเก้าตัวดังนั้นปริมาณอิเล็กตรอนจะเพิ่มขึ้นถึง $10^6$-$10^7$ เท่า แล้วจึงชนแอโนดให้กระแสไฟฟ้าออกมาเข้าเครื่องขยายสัญญาณต่อไป

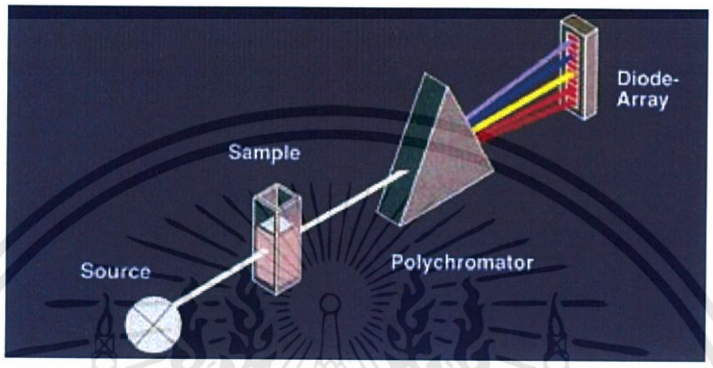



**รูปที่ 2.6** (ซ้าย) ภาพตัดขวางของหลอด PMT(ขวา) ลักษณะหลอด PMT ในสเปกโทรโฟโตมิเตอร์[ 17 ]

4.2 โฟโตไดโอดอาร์เรย์ (photodiode arrays; PDA) ตัวตรวจจับสัญญาณชนิดนี้สามารถจับสัญญาณได้ครอบคลุมทั้งสเปกตรัมโดยใช้ไดโอดนี้มาเรียงต่อกันเป็นแถว ซึ่งสามารถวัดครอบคลุมสเปกตรัมได้ตั้งแต่ 200 -1100 nm ตัวตรวจจับสัญญาณนี้ประกอบไปด้วยโฟโตไดโอดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

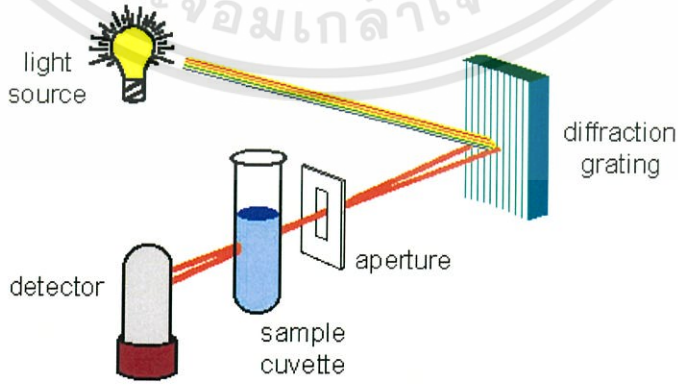
ตัวเก็บประจุ (capacitor)ประมาณ 200 – 4000 ตัวเรียงต่อกันเป็นแถว หลักการเริ่มต้นด้วยการให้ประจุผ่านผิวหน้าไดโอด ซึ่งไดโอดก็จะเก็บประจุไว้ที่ตัวเก็บประจุเมื่อแสงตกลงบนไดโอดจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าไปทำลายประจุที่เก็บไว้ที่ตัวเก็บประจุทำให้ต้องใส่ประจุเพิ่มเข้าไปใหม่ซึ่งเป็นช่วงของการสแกนแต่ละครั้งนั่นเอง ปริมาณของประจุที่ต้องใส่เข้าไปใหม่จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มแสงที่วัดได้ของแต่ละไดโอด ดังนั้นจากการวัดปริมาณแสงที่แตกต่างกันตลอดช่วงความยาวคลื่นจะได้เป็นสเปกตรัมการดูดกลืนของสารนั้นออกมา




**รูปที่ 2.7** สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่มีไดโอดอาร์เรย์เป็นตัวตรวจจับสัญญาณ [ 18 ]

**ชนิดของเครื่อง UV-Vis spectrophotometer มี 2 ชนิด ดังนี้**

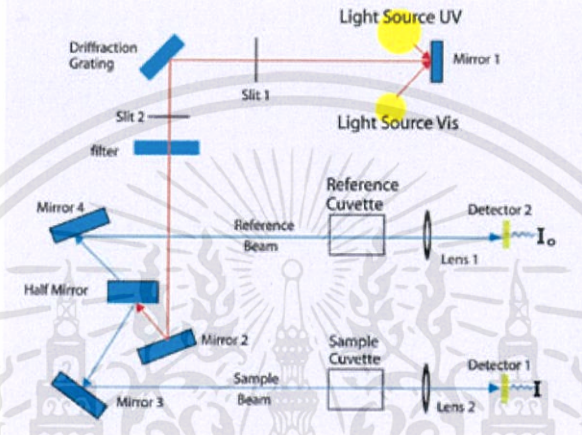
**1.ชนิดลำแสงเดี่ยว (single beam type)** ใช้ลำแสงลำเดียวกันสำหรับวัดสารอ้างอิง (reference หรือ blank) และสารตัวอย่าง (sample) การวัดความเข้มแสงกระทำโดยปรับ 0%T แล้วปรับ 0A หรือ 100%T ด้วยสารอ้างอิง หลังจากนั้นวัดค่าของสารตัวอย่างในหน่วย A หรือ %T ชนิดลำแสงเดี่ยวมีข้อดีตรงที่มีองค์ประกอบน้อย และมีแสงผ่านไปยังสารตัวอย่างมากกว่าแบบอื่นๆ แต่มีข้อเสียตรงที่มีเสถียรภาพในการอ่านค่าต่ำและค่าเปลี่ยนแปลงได้ง่าย นอกจากนี้ยังไม่สามารถกวาด (scan) ดูการดูดกลืนของแสงต่างๆ อย่างต่อเนื่องได้




**รูปที่ 2.8** ภาพแสดงองค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงแบบ single beam [ 19 ]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

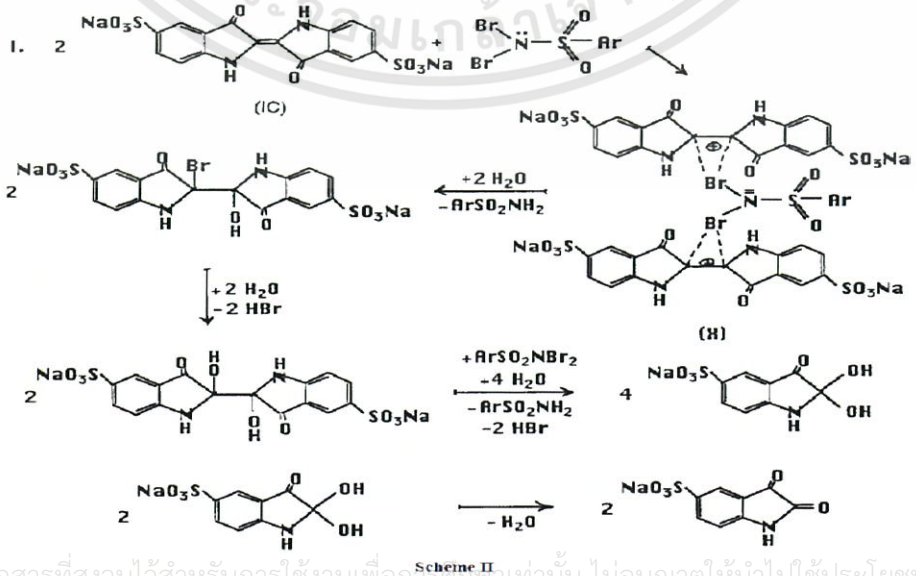
**2. ชนิดลำแสงคู่ ( double beam type)** วัดความเข้มของแสงโดยการสะท้อนแสงที่ผ่านออกมาจากตัวแยกแสงให้ผ่านสารอ้างอิงและสารตัวอย่างสลับกัน ทำให้ความเข้มแสงที่ผ่านตัวอย่างลดลงครึ่งหนึ่งวงจรจะขยายสัญญาณที่ได้จากการเปรียบเทียบสัญลักษณ์ที่ได้รับจากสารตัวอย่างกับสารอ้างอิงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงมีเสถียรภาพในการวัดความเข้มของแสงดีมากแต่เครื่องวัดชนิดนี้มีองค์ประกอบซับซ้อน เนื่องจากใช้ตัวไวแสงอันเดียวจึงต้องมีวงจรเลือกวัดสัญญาณ และใช้หลอดไฟฟ้ากำเนิดแสงมีกำลังส่องสว่างสูงจึงทำให้มีราคาแพงกว่าเครื่องมือชนิดลำแสงเดี่ยว




**รูปที่ 2.9** ภาพแสดงองค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงแบบ double beam [ 20 ]

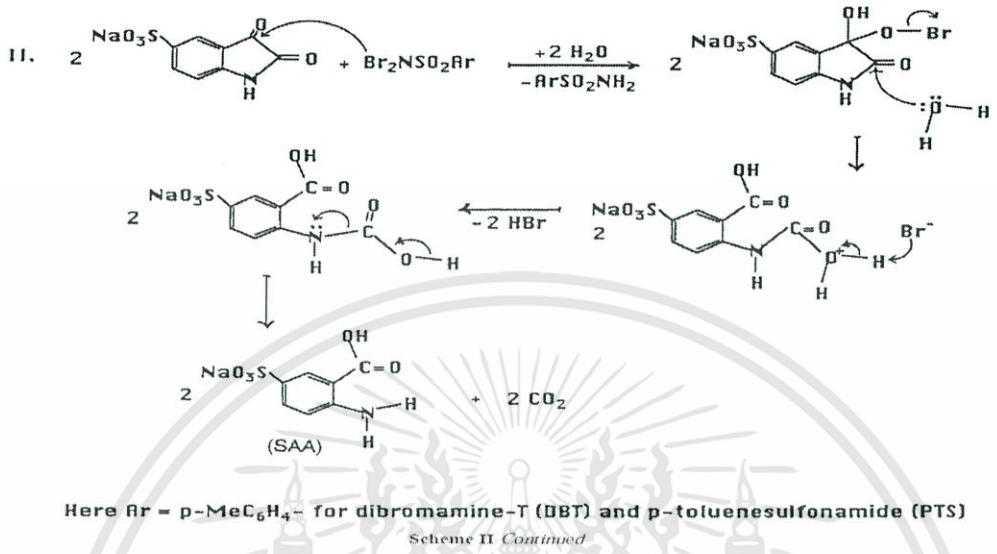
## 2.7 ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้อง

ปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างอินดิโกคาร์มีนกับ N-Sodio-N-Bromotoluenesulfonamide ในสภาวะบัฟเฟอร์ที่เป็นกรด ดังรูปที่ 2.10




Scheme II

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.10** ภาพแสดงปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่าง Indigo Carmine กับ N-Sodio-N-Bromo toluenesulfonamide ในสภาวะกรด [ 21 ]

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ali Mohammad Haji Shabani [ 22 ] และคณะ ได้ศึกษาการหาปริมาณของไอโอเดตในเกลือเสริมไอโอดีนด้วยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรีโดยวิเคราะห์ด้วยโฟลว์อินเจ็คชัน วิธีนี้ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาของไอโอเดต (iodate) กับไฮดรอกซิลามีน (hydroxylamine) ในสารละลายกรดซัลฟานิลาไมด์เป็นปฏิกิริยาไดอะโซไทด์เริ่มจากไนไตรท์และไอออนของไดอะโซเนียมทำปฏิกิริยากับ N-(1naphthyl)ethyenediamine hydeochloride (NED) ในกรดไฮโดรคลอริกได้สีย้อมเอโซและนำไปตรวจวัดด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโทรเมทรี กราฟมาตรฐานของไอโอเดตมีความเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วง 0.1 - 30 mg/l ที่มีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ 0.9992 ขีดจำกัดของการตรวจวัดและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ คือ 0.02 mg/L และ 1.2% (5 mg/L, n=8) วิธีการนี้ได้นำไปใช้ในการหาปริมาณของไอโดเดตในเกลือแกงและความแม่นได้ประเมินโดยค่าการวิเคราะห์คืนกลับและการวิเคราะห์โดยการไทเทรตแบบธรรมดา

Babulal Rebary และคณะ [ 23 ] ได้ศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอไดด์และไอโอเดตในเกลือบริโภคโดยใช้ไอออนโครมาโทกราฟีด้วยการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น (แอมเพอโรเมทริก) โดยองค์ประกอบของเกลือเสริมไอโอดีนผสมโพแทสเซียมไอโอเดต มักจะมีไอโอเดตอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sodium disulphite มากเกินพอติดตามโดยการประเมินจากไอโอไดด์ไม่มีการปรับสภาพอื่นในการประมาณ สำหรับการประมาณไอโอเดตให้อยู่ในช่วงความเข้มข้นที่น่าสนใจสำหรับเกลือเสริมไอโอดีน การวิเคราะห์เชิงปริมาณเป็นไปได้ที่จะมีความเข้มข้นของไอโอเดตในเกลือ $\geq 5$ ppm เกลือเสริมไอโอดีนที่มีไอโอไดด์และไอโอเดตวิเคราะห์ร่วมกันโดยจะถูกแยกออกเป็น 2 องค์ประกอบ สิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดการรบกวนที่มีอยู่ในเกลือก็คือสิ่งเจือปนที่มีอยู่ตามปกติ ประโยชน์ที่สำคัญของวิธีก็คือ จะช่วยลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเจือปนที่อาจเกิดขึ้นซึ่งสามารถทดสอบความเป็นบวกของไอโอโดเมทริกในขณะเดียวกันกระบวนการวิเคราะห์ก็ง่าย

S.D. Kumar และคณะ [ 24 ] ได้ศึกษาการหาปริมาณไอโอเดตและซัลเฟตในเกลือเสริมไอโอดีนทั่วไปโดยวิธีไอออนโครมาโทกราฟีการตรวจวัดด้วยการนำไฟฟ้า ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย รวดเร็วและถูกต้องสำหรับหาปริมาณไอโอเดตในเกลือเสริมไอโอดีนทั่วไปได้รับการพัฒนาการวิเคราะห์หาปริมาณของไอโอเดตที่ประสบความสำเร็จโดย anion exchange chomatograhpy โดยตรวจวัดด้วยการนำไฟฟ้า วิธีการนี้ต้องปรับสภาพตัวอย่างในการกำจัดคลอไรด์ที่มีขนาดใหญ่มากเกินพอออกจาก sample matrix เงิน (Ag) ถูกค้นพบในการศึกษามากที่สุดสำหรับวัตถุประสงค์นี้ ข้อมูลซัลเฟตในเกลือถูกหาปริมาณไปพร้อมกัน ขีดจำกัดต่ำสุดสำหรับการหาปริมาณของไอโอเดตและซัลเฟตในสารละลายคือ 0.5 และ 0.05 µg/L ตามลำดับ การวิเคราะห์ค่า recovery ศึกษาจาก anions ในตัวอย่างสังเคราะห์และการรบกวนจาก cation และ anion วิธีนี้ประสบผลสำเร็จในการนำมาใช้หาปริมาณของไอโอเดตและซัลเฟตในเกลือเชิงพาณิชย์ความเข้มข้นของไอโอเดตวัดโดยวิธีที่ตกลงกันดีแล้วกับผู้อ้างสิทธิโดยผู้ผลิต

Jaroon Jakmunee และ Kate Grudpan [ 25 ] ได้ศึกษาระบบโฟลว์อินเจ็คชันแบบวัดกระแสไฟฟ้าสำหรับการหาปริมาณของไอโอเดตในเกลือเสริมไอโอดีน ระบบโฟลว์อินเจ็คชันแบบวัดกระแสไฟฟ้า (amperometric) สำหรับการหาปริมาณของไอโอเดตได้รับการพัฒนา วงจร Voltammetry ถูกนำมาใช้เพื่อการศึกษาปฏิกิริยาของไอโอเดต, ไอโอไดด์และไอโอดีนบนขั้วไฟฟ้าคาร์บอนคล้ายแก้ว ระบบท่อเดี่ยวของการไหลประกอบด้วยพัลส์ที่ปราศจากการขับเคลื่อนรีเอเจนต์โดยใช้ขวด mariotte อย่างง่าย วาล์วหัวฉีดที่ทำขึ้นและ cross flow เซลล์ไฟฟ้าเคมีด้วยโพเทนซิออสแตทสำหรับการควบคุมศักย์ไฟฟ้าของขั้วทำงานคาร์บอนคล้ายแก้วที่ +200 mv เมื่อเทียบกับขั้ว Ag/AgCl การใช้สารละลายของ 0.1%w/v NaCl, 0.02% KI และ 0.1 M HCl เป็นรีเอเจนต์และอัตราการไหล 2 ml/min ความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานจนถึง 25 mg/L $IO_3^-$ กับขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัด 0.5 mg/L $IO_3^-$ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์สำหรับการฉีด 10 ฉีดของ 10 mg/L $IO_3^-$ solution เป็น 1.7% การส่งผ่านตัวอย่าง 35 การฉีดต่อชั่วโมงก็ประสบผลสำเร็จ ระบบนี้ถูกนำมาใช้ได้สำเร็จในการหาปริมาณไอโอเดตในเกลือเสริมไอโอดีน การทดสอบความใช้ได้ของวิธีโดย AOAC titrimetric

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zhihai Xie และ Jingchan Zhao [ 26 ] ได้ศึกษาการหาปริมาณของไอโอเดตและไอโอไดด์ในเกลือด้วยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรีในระบบโฟลว์อินเจ็คชันแบบรีเวอร์สซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและว่องไว อธิบายการหาปริมาณของไอโอเดตและไอโอไดด์ ไอโอเดตทำปฏิกิริยากับไอโอไดด์ที่มากเกินพอในกรดได้ไตรไอโอไดด์ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ด้วยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรีที่ 351 nm และค่าการดูดกลืนแสงจะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของไอโอเดตในตัวอย่าง การหาปริมาณของไอโอไดด์จะขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาออกซิเดชันไอโอไดด์ไปเป็นไอโอเดต กราฟมาตรฐานมีความเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วง 0.02 - 3.0 g/ mLI กับ $R^2$ เท่ากับ 0.9998 และขีดจำกัดของการตรวจวัดคือ 0.0008 μg/mL สารเคมีและตัวแปรของโฟลว์อินเจ็คชันได้ศึกษาและปรับให้เหมาะสมเพื่อให้ขั้นตอนที่เหมาะสมสำหรับการหาปริมาณไอโอเดตและไอโอไดด์ในเกลือสามารถแสดงให้เห็นในการวิเคราะห์ด้วยวิธีโฟลว์อินเจ็คชันแบบรีเวอร์สสามารถปรับปรุงความว่องไวและความเที่ยงให้มากขึ้นสำหรับการหาปริมาณของไอโอเดต ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์คือ 0.9% การวิเคราะห์จะสมบูรณ์ทั้งการเก็บตัวอย่างและการล้างสามารถดำเนินการในเวลา 35 วินาที กระบวนการนี้นำมาใช้ได้สำเร็จกับการหาปริมาณไอโอเดตและไอโอไดด์ในเกลือและผลที่ได้นำเปรียบเทียบทางสถิติกับผลที่หาปริมาณโดยวิธีมาตรฐานไอโอโดเมทรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินงานวิจัย

## 3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

### 3.1.1 สารเคมี

3.1.1.1 กรดไฮโดรคลอริก (HCl 37 %) AR GRADE ,CARLO ERBA REAGENTS, CARLO ERBA REACTIFS SA

3.1.1.2 โพแทสเซียมไอโอเดต ($KIO_3$) AR GRADE ,CARLO ERBA REAGENTS, CARLO ERBA REACTIFS SA

3.1.1.3 สารละลายอินดิโกคาร์มีน ( Indigo carmine ) HIGH PURITY BIOLOGICAL STAIN , ITALMAR (THAILAND) CO., LTD

3.1.1.4 น้ำกลั่น

### 3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3.1.2.1 บีกเกอร์ | ขนาด | 50 | มิลลิลิตร |
| | ขนาด | 100 | มิลลิลิตร |
| | ขนาด | 250 | มิลลิลิตร |
| 3.1.2.2 ปิเปต | ขนาด | 5 | มิลลิลิตร |
| | ขนาด | 10 | มิลลิลิตร |
| | ขนาด | 25 | มิลลิลิตร |
| 3.1.2.3 ขวดวัดปริมาตร | ขนาด | 50 | มิลลิลิตร |
| | ขนาด | 100 | มิลลิลิตร |
| | ขนาด | 250 | มิลลิลิตร |

3.1.2.4 หลอดหยด

3.1.2.5 ช้อนตักสาร

3.1.2.6 แท่งแก้วคนสาร

3.1.2.7 กรวยกรอง

3.1.2.8 จุกยาง

3.1.2.9 กระบอกน้ำกลั่น

3.1.2.10 กระบอกตวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.11 เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 4 ตำแหน่ง CPA2245,Sartorius, บริษัท ไซแอนติฟิค โปรโมชั่น จำกัด

3.1.2.12 เครื่อง UV-visible spectrophotometer UV-160, Shimazu

## 3.2 การเตรียมสารละลาย

**3.2.1 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดต ความเข้มข้น $0.5 \times 10^{-2}$ M**

ชั่งโพแทสเซียมไอโอเดตมา 0.0535 g นำมาละลายด้วยน้ำกลั่น ถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

**3.2.2 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดต ความเข้มข้น $0.5 \times 10^{-4}$ M**

ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมความเข้มข้น $0.5 \times 10^{-2}$ M มา 1 mL ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

**3.2.3 สารละลายอินดิโกคาร์มีน 0.1% (W/V)**

ชั่งสารละลายอินดิโกคาร์มีน 0.100 g ละลายด้วยน้ำกลั่น ถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

**3.2.4 สารละลายอินดิโกคาร์มีน 0.01% (W/V)**

ปิเปตสารละลายอินดิโกคาร์มีน 0.1% (W/V) มา 10 mL ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

**3.2.5 สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1.0 M**

ตวงสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นปริมาณ 8 mL ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 mL ที่มีน้ำกลั่นอยู่ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

**3.2.6 สารละลายกรดไนตริกความเข้มข้น 8.0 M**

ตวงสารละลายกรดไนตริกเข้มข้นปริมาณ 53 mL ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 mL ที่มีน้ำกลั่นอยู่ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

**3.2.7 สารละลายกรดเปอร์คลอริกความเข้มข้น 8.0 M**

ตวงสารละลายกรดเปอร์คลอริกเข้มข้นปริมาณ 67 mL ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 mL ที่มีน้ำกลั่นอยู่ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

**3.2.8 สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 8.0 M**

ตวงสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาณ 44 mL ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 mL ที่มีน้ำกลั่นอยู่ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

### 3.3.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนโดยวิธีการใช้อินอิโกคาร์มีนเป็นรีเอเจนต์

#### 3.3.1.1 การศึกษาหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์

1) ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดตความเข้มข้น $0.5 \times 10^{-4}$ M มา 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 mLตามลำดับ ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบ

2) ปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1.0 M ปริมาณ 5.0 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบ

3) ปิเปตสารละลายอินดิโกคาร์มีนความเข้มข้น 0.01% (W/V) ปริมาณ 3.0 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

4) นำสารละลายที่เตรียมได้ไปสแกนสเปกตรัมด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ในช่วงความยาวคลื่น 400 – 800 นาโนเมตร

#### 3.3.1.2 การศึกษาผลของชนิดของสารละลายกรด

1) เตรียมสารละลายกรดไนตริก กรดไฮโดรคลอริก กรดซัลฟิวริก และกรดเปอร์คลอริกความเข้มข้น 8.0 M

2) ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดตความเข้มข้น $0.5 \times 10^{-4}$ M มา 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 mL ตามลำดับ ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบ

3) ปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 8.0 M ปริมาณ 5.0 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบ

4) ปิเปตสารละลายอินดิโกคาร์มีนความเข้มข้น 0.01% (W/V) ปริมาณ 3.0 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

5) นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร

6)ทำการทดลองซ้ำข้อที่ 1–5 โดยทำการปรับเปลี่ยนสารละลายกรดเป็นสารละลายกรดไนตริก กรดซัลฟิวริก และกรดเปอร์คลอริก ตามลำดับ โดยที่กรดไนตริกใช้ปริมาณเพียง 2 mL เท่านั้น

#### 3.3.1.3 การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

1) เตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 8.0 และ 12.0 M

2) ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดตความเข้มข้น $0.5 \times 10^{-4}$ M มา 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ5.0 mL ตามลำดับ ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 1.0 M ปริมาณ 5.0 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบ

4) ปิเปตสารละลายอินดิโกคาร์มีนความเข้มข้น 0.01% (W/V) ปริมาณ 3.0 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

5) นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร

6) ทำการทดลองซ้ำข้อที่ 1–5 โดยทำการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเป็นความเข้มข้น 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 8.0 และ12.0 M ตามลำดับ

**3.3.1.4 การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายอินดิโกคาร์มีน**

1) เตรียมสารละลายอินดิโกคาร์มีนความเข้มข้น 0.1%, 0.02%, 0.01%, และ 0.005% (W/V)

2) ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดตความเข้มข้น $0.5 \times 10^{-4}$ M มา 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ5.0 mLตามลำดับ ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบ

3) ปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1.0 M ปริมาณ 5.0 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบ

4) ปิเปตสารละลายอินดิโกคาร์มีนความเข้มข้น 0.01% (W/V) ปริมาณ 3.0 mLลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

5) นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร

6) ทำการทดลองซ้ำข้อที่ 1 – 5 โดยทำการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายอินดิโกคาร์มีนเป็นความเข้มข้น 0.02%, 0.01%, และ0.005% (W/V) ตามลำดับ

**3.3.1.5 การศึกษาผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการตรวจวัด**

1) ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดตความเข้มข้น $0.5 \times 10^{-4}$ M มา 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ5.0 mLตามลำดับ ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบ

2) ปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1.0 M ปริมาณ 5.0 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบ

3) ปิเปตสารละลายอินดิโกคาร์มีนความเข้มข้น 0.01% (W/V) ปริมาณ 3.0 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

4) นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร โดยทำการตรวจวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาทีตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.3.2 การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนโดยใช้อินดิโกคาร์มีนเป็นรีเอเจนต์**

**3.3.2.1 ช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน**

1) ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดตความเข้มข้น $0.5 \times 10^{-4}$ M มา 1.0 , 2.0 , 3.0 , 4.0 และ5.0 mLตามลำดับ ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบ

2) ปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 8.0 M ปริมาณ 5.0 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบ

3) ปิเปตสารละลายอินดิโกคาร์มีนความเข้มข้น 0.01% (W/V) ปริมาณ 3.0 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 40 นาที

4) นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร

5) ทำกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของไอโอเดต

**3.3.3.2 ความเที่ยงของวิธีการวิเคราะห์**

1) ชั่งตัวอย่างเกลือ 10.00xx g อย่างละเอียด ละลายด้วยน้ำกลั่น ถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

2) ปิเปตสารละลายตัวอย่างเกลือมา 5.0 mL ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบจำนวน 3 ใบ

3) ปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 8.0 M ปริมาณ 5.0 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบ

4) ปิเปตสารละลายอินดิโกคาร์มีนความเข้มข้น 0.01% (W/V) ปริมาณ 3.0 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 40 นาที

5) นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร โดยแต่ละขวดจะทำการวัดซ้ำ 7 ครั้ง

6) ทำการทดลองซ้ำข้อที่ 1- 5 ซ้ำอีก 3 ตัวอย่าง

7) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปประเมินความเที่ยงของวิธีการวิเคราะห์จากการคำนวณค่า %RSD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.3.3.3 ความเที่ยงของการวัดค่าการดูดกลืนแสง**

1) ชั่งตัวอย่างเกลือ 10.00xx g อย่างละเอียด ละลายด้วยน้ำกลั่น ถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

2) ปิเปตสารละลายตัวอย่างเกลือมา 5.0 mL ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบจำนวน 3 ใบ

3) ปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริกตวามเข้มข้น 8.0 M ปริมาณ 5.0 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบ

4) ปิเปตสารละลายอินดิโกคาร์มีนความเข้มข้น 0.01% (W/V) ปริมาณ 3.0 mLลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 40 นาที

5) นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร โดยแต่ละขวดจะทำการวัดซ้ำ 7 ครั้ง

6) ทำการทดลองซ้ำข้อที่ 1- 5 ซ้ำอีก 3 ตัวอย่าง

7) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปประเมินความเที่ยงของการวัดค่าการดูดกลืนแสงจากการคำนวณค่า %RSD

**3.3.3.4 ความแม่นของวิธีการวิเคราะห์**

1) ชั่งตัวอย่างเกลือ 10.00xx g อย่างละเอียด ละลายด้วยน้ำกลั่น ถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

2) ปิเปตสารละลายตัวอย่างเกลือมา 5.0 mL ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบจำนวน 6 ใบ

3) ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดตความเข้มข้น $0.5 \times 10^{-4}$ M มา 2.0, 3.0 และ 4.0 ตามลำดับ ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบ

4) ปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 8.0 M ปริมาณ 5.0 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบ

5) ปิเปตสารละลายอินดิโกคาร์มีนความเข้มข้น 0.01%(W/V) ปริมาณ 3.0 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แต่ละใบปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 40 นาที

6) นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร

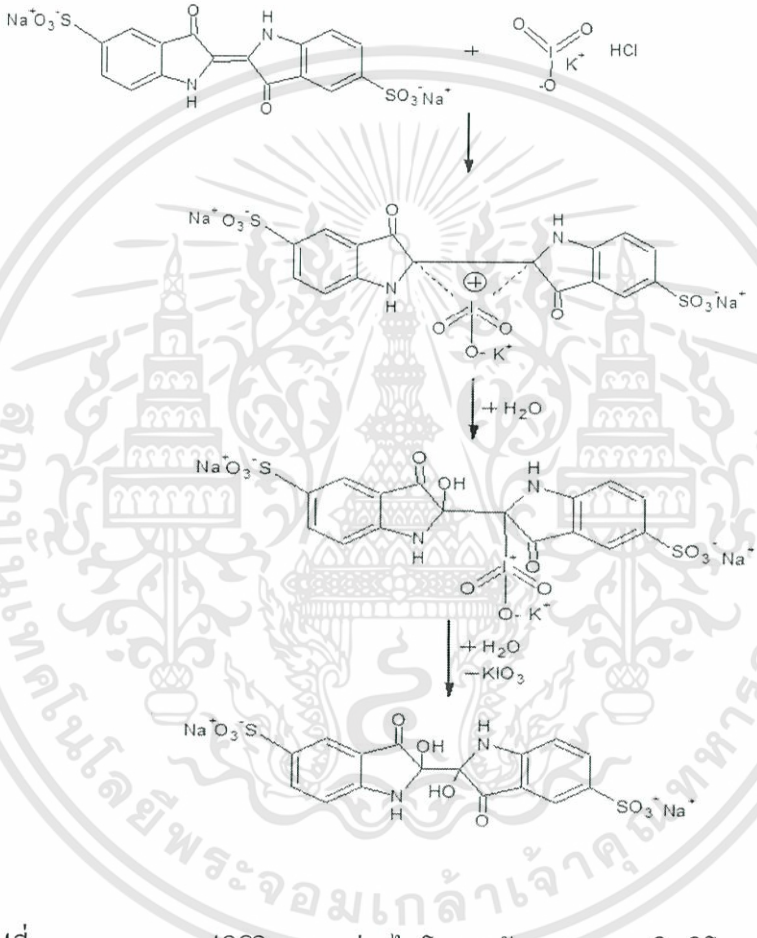
7) ทำการทดลองซ้ำข้อที่ 1- 6 ซ้ำอีก 3 ตัวอย่าง

8) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปประเมินความแม่นจากการคำนวณค่า %recovery

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการศึกษาปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาระหว่างไอโอเดตกับสารละลายอินดิโกคาร์มีนในสภาวะกรดจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในการละลายน้ำที่ดี ดังรูปที่ 4.1



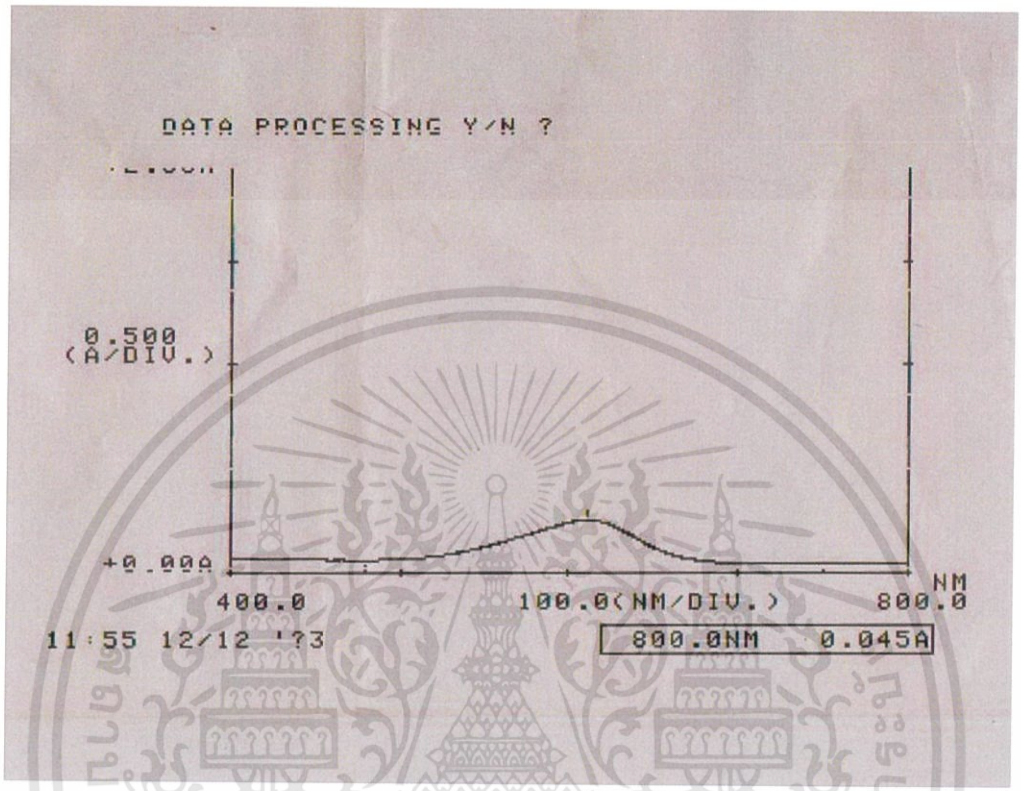
**รูปที่ 4.1** ภาพแสดงปฏิกิริยาระหว่างไอโอเดตกับสารละลายอินดิโกคาร์มีน

จากการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนโดยใช้อินดิโกคาร์มีนเป็นรีเอเจนต์ โดยการศึกษาปัจจัยต่างๆที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการหาปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนโดยใช้อินดิโกคาร์มีนเป็นรีเอเจนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.1 การหาค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์**

เมื่อให้ไอโอเดตทำปฏิกิริยากับสารละลายอินดิโกคาร์มีนในสภาวะกรดได้สารละลายสีฟ้าเมื่อสแกนสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 400 – 800 นาโนเมตรจะได้ดังรูปที่ 4.2




**รูปที่ 4.2** แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของไอโอเดตทำปฏิกิริยากับสารละลายอินดิโกคาร์มีนในสภาวะกรด

จากสเปกตรัมในรูปที่ 4.2 ค่าการดูดกลืนแสงที่เหมาะสมอยู่ที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร ดังนั้นจึงเลือกความยาวคลื่นที่ 610 นาโนเมตร เพื่อทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

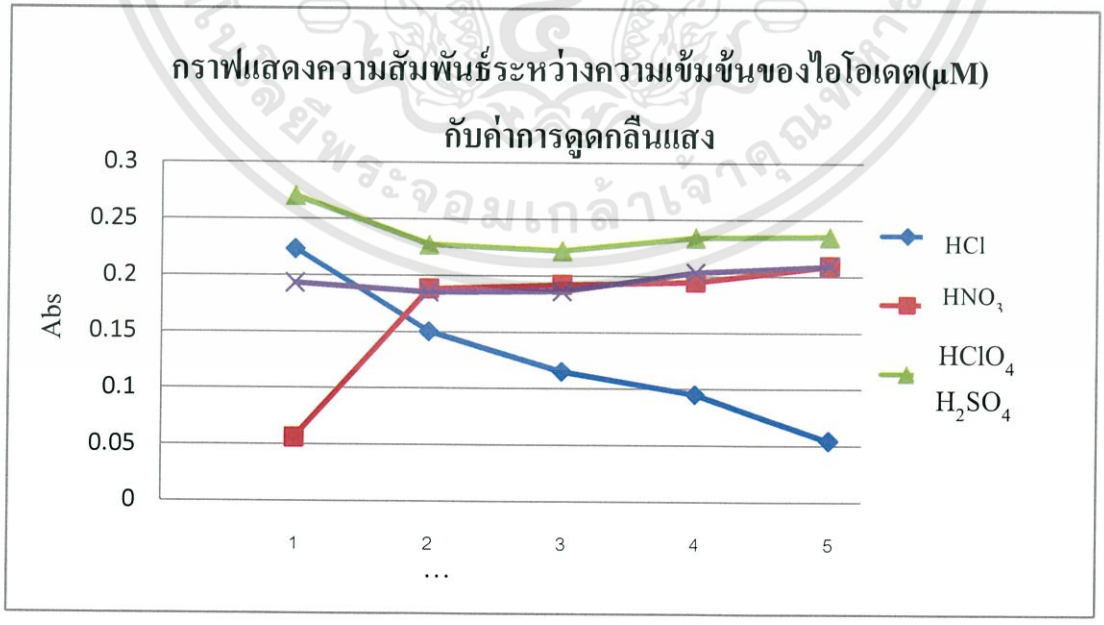
**4.2 การศึกษาผลของชนิดของสารละลายกรด**

การศึกษาผลของชนิดของสารละลายกรดทำโดยการปรับเปลี่ยนชนิดของสารละลายกรดเป็นกรดไฮโดรคลอริก (HCl), กรดไนตริก ($HNO_3$), กรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$), และกรดซัลฟิวริก ($H_2SO_4$) ความเข้มข้น 8.0 M ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงค่าการดูดกลืนแสง สมการเส้นตรง และ $R^2$ แสดงดังตารางที่ 4.1 จากการทดสอบพบว่ากรดไฮโดรคลอริก, กรดเปอร์คลอริก, และกรดซัลฟิวริกจะได้ค่าการดูดกลืนแสงที่มีแนวโน้มลดลง แต่กรดไนตริกนั้นจะได้ค่าการดูดกลืนแสงที่มีแนวเพิ่มขึ้นซึ่งกรดไฮโดรคลอรกิจะมีแนวโน้มในการเกิดปฏิกิริยาที่ดีที่สุด ดังรูปที่ 4.3 ดังนั้นจึงเลือกใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก เพื่อศึกษาปัจจัยอื่นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.1** แสดงค่าการดูดกลืนแสง สมการเส้นตรง และ $R^2$ ของสารละลายผสมเมื่อสารละลายกรดต่างชนิดกัน

| Abs. | ความเข้มข้นของ $IO_3^-$ (μM) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ชนิดของกรด (M) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | สมการเส้นตรง | $R^2$ |
| HCl | 0.223 | 0.150 | 0.115 | 0.095 | 0.054 | y = -0.0393X + 0.2453 | 0.9510 |
| $HNO_3$ | 0.056 | 0.188 | 0.192 | 0.195 | 0.209 | y =0.0313X + 0.0741 | 0.615 |
| $HClO_4$ | 0.270 | 0.227 | 0.222 | 0.234 | 0.235 | y = -0.0063X + 0.2565 | 0.2785 |
| $H_2SO_4$ | 0.193 | 0.185 | 0.186 | 0.203 | 0.209 | y = -0.005X + 0.1802 | 0.5621 |




**รูปที่ 4.3** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของไอโอเดต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.3 การศึกษาผลความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก**

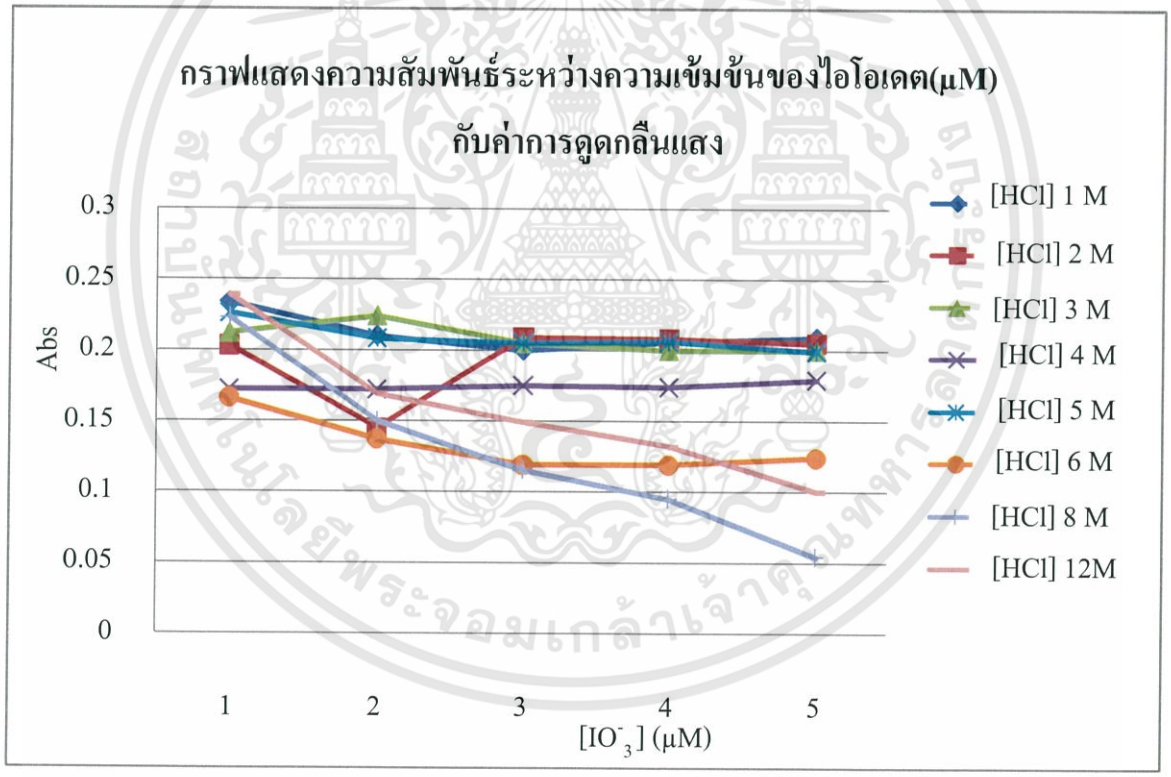
การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ทำโดยการปรับความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเป็น 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 8.0 และ12.0 M ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงค่าการดูดกลืน แสงสมการเส้นตรง และ $R^2$ แสดงในตารางที่ 4.2 จากการทดลองพบว่าความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกทุกความเข้มข้น จะมีแนวโน้มของค่าการดูดกลืนแสงลดลงเมื่อความความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอโอเดตเพิ่มขึ้นและพบว่าเมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 8.0 M จะให้แนวโน้มในการเกิดปฏิกิริยาที่ดีที่สุดดังรูปที่ 4.4 ดังนั้นจึงเลือกใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 8.0 M เพื่อศึกษาปัจจัยอื่นต่อไป

**ตารางที่ 4.2** แสดงค่าการดูดกลืนแสง สมการเส้นตรง และ $R^2$ ของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้นต่างกัน

| Abs. / Conc. HCl (M) | ความเข้มข้นของ $IO_3^-$ (μM) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | สมการเส้นตรง | $R^2$ |
| 1 | 0.234 | 0.210 | 0.200 | 0.206 | 0.209 | y = -0.054X + 0.228 | 0.4305 |
| 2 | 0.203 | 0.145 | 0.209 | 0.208 | 0.205 | y = -0.0067X + 0.1739 | 0.1484 |
| 3 | 0.212 | 0.224 | 0.205 | 0.200 | 0.200 | y = -0.0048X + 0.2226 | 0.1484 |
| 4 | 0.172 | 0.172 | 0.175 | 0.174 | 0.179 | y = -0.0016X + 0.1696 | 0.7711 |
| 5 | 0.226 | 0.208 | 0.205 | 0.206 | 0.199 | y = -0.0056X + 0.2256 | 0.6023 |
| 6 | 0.166 | 0.137 | 0.119 | 0.119 | 0.124 | y = -0.0102X + 0.1636 | 0.6595 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Abs. Conc. HCl (M) | ความเข้มข้นของ $IO_3^-$ (μM) 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | สมการเส้นตรง | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 0.223 | 0.150 | 0.115 | 0.095 | 0.054 | y = -0.0393X + 0.2453 | 0.9510 |
| 12 | 0.239 | 0.169 | 0.149 | 0.132 | 0.100 | y = -0.0315X + 0.2523 | 0.9185 |




**รูปที่ 4.4** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไอโอเดตกับค่าการดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

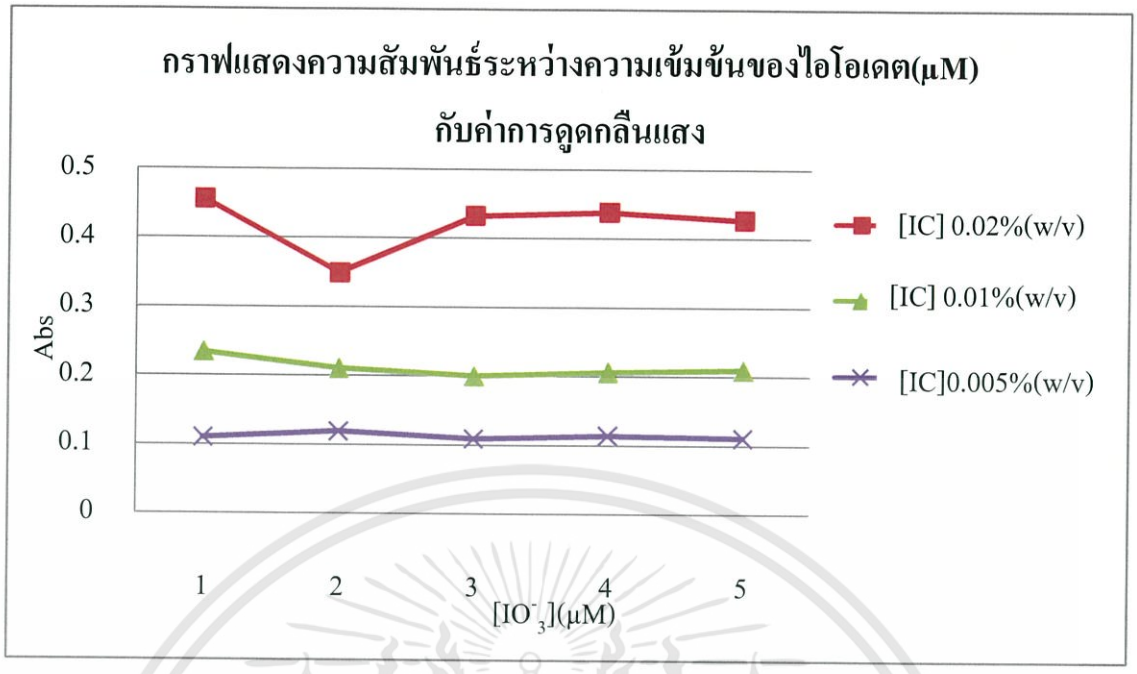
### 4.4 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายอินดิโกคาร์มีน

การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายอินดิโกคาร์มีนทำโดยการปรับความเข้มข้นของสารละลายอินดิโกคาร์มีนเป็น 0.1%, 0.02%, 0.01%, และ0.005%(W/V) ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงค่าการดูดกลืนแสง สมการเส้นตรง และ $R^2$ แสดงดังตารางที่ 4.3 จากการทดลองพบว่าความเข้มข้นของสารละลายอินดิโกคาร์มีนทุกความเข้มข้นโดยส่วนใหญ่ค่าการดูดกลืนแสงมีแนวโน้มลดลง โดยสารละลายอินดิโกคาร์มีนความเข้มข้น 0.1%(W/V) ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่สูงเกินไปแต่เมื่อใช้สารละลาย อินดิโกคาร์มีนความเข้มข้น 0.01%(W/V) จะมีแนวโน้มในการเกิดปฏิกิริยาที่ดีที่สุดและเมื่อพิจารณาจาก ค่า $R^2$ สารละลายอินดิโกคาร์มีนความเข้มข้น 0.01%(W/V) จะมีค่า $R^2$ สูงกว่าที่ความเข้มข้นอื่นดังรูปที่ 4.5 ดังนั้นจึงเลือกใช้สารละลายอินดิโกคาร์มีนความเข้มข้น 0.01%(W/V) เพื่อศึกษาปัจจัยอื่นต่อไป

**ตารางที่ 4.3** แสดงค่าการดูดกลืนแสง สมการเส้นตรง และ $R^2$ ของสารละลายผสมเมื่อใช้สารละลายอินดิโกคาร์มีนที่ความเข้มข้นต่างกัน

| Abs. / Conc. IC (M) | ความเข้มข้นของ $IO_3^-$ (μM) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | สมการเส้นตรง | $R^2$ |
| 0.1 | 2.000 | 1.965 | 2.006 | 2.049 | 2.010 | y = -0.0099X + 1.9758 | 0.3090 |
| 0.02 | 0.456 | 0.188 | 0.433 | 0.438 | 0.427 | y = -0.0031X + 0.4413 | 0.0140 |
| 0.01 | 0.234 | 0.210 | 0.200 | 0.206 | 0.209 | y = -0.0054X + 0.228 | 0.4309 |
| 0.005 | 0.110 | 0.110 | 0.109 | 0.114 | 0.111 | y = -0.0003X + 0.1135 | 0.0138 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.5** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของไอโอเดตกับค่าการดูดกลืนแสง

### 4.5 การศึกษาผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม

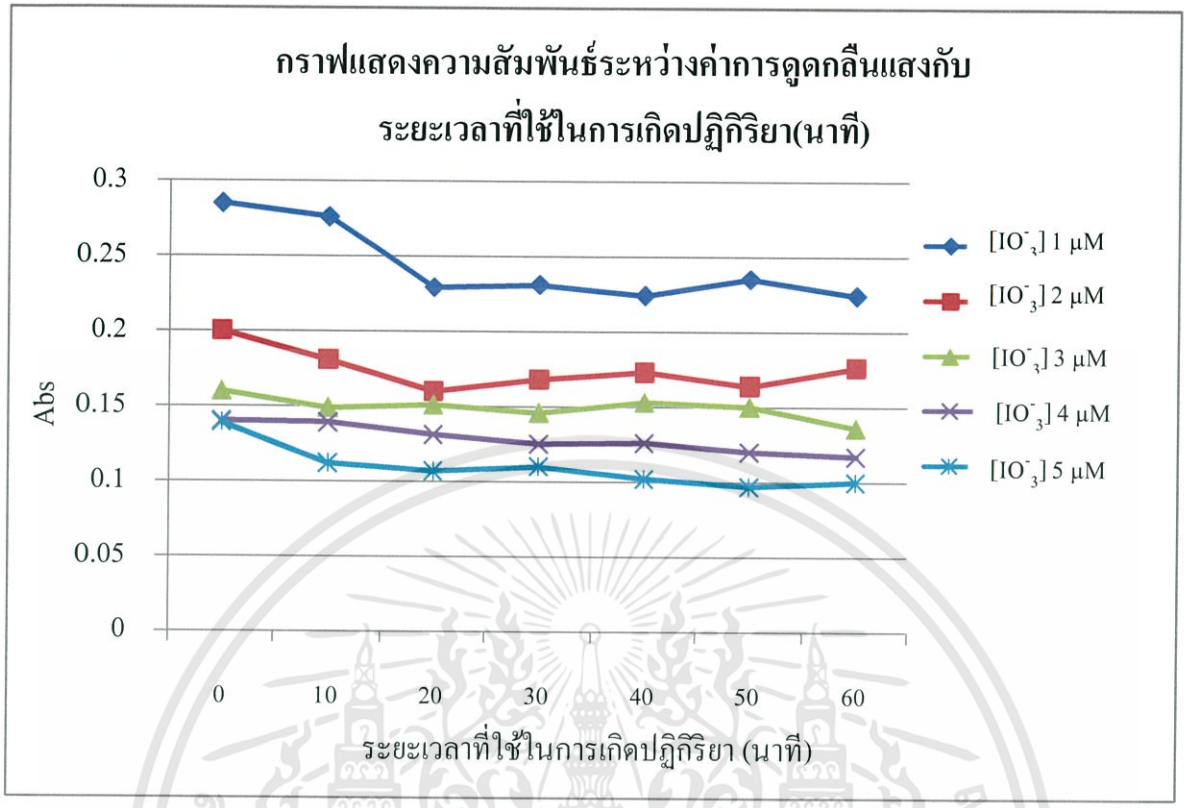
การศึกษาผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมระหว่างไอโอเดตกับสารละลายอินดิโกคาร์มีนในสภาวะกรด ทำโดยการปรับเวลาเป็น 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ60 นาทีตามลำดับ ผลการทดลองแสดงค่าการดูดกลืนแสง สมการเส้นตรง และ $R^2$ แสดงในตารางที่ 4.4 จากการทดลองพบว่าค่าการดูดกลืนแสงตั้งแต่เวลา 0 ถึงเวลาที่ 60 มีแนวโน้มลดลง เมื่อให้ไอโอเดตทำปฏิกิริยากับสารละลายอินดิโกคาร์มีนในสภาวะกรดที่เวลา 20 นาทีจะให้ค่าการดูดกลืนแสงที่คงที่ แต่เมื่อพิจารณาที่ค่า $R^2$ พบว่า ที่เวลา 40 นาทีจะมีค่า $R^2$ ที่สูงกว่าที่เวลาอื่น ดังรูปที่ 4.6 ดังนั้นจึงเลือกใช้เวลาที่ 40 นาที เพื่อศึกษาปัจจัยอื่นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.4** แสดงค่าการดูดกลืนแสง สมการเส้นตรง และ $R^2$ ของสารละลายผสม เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน

| Abs / เวลาที่ (นาที) | ความเข้มข้นของ $IO_3^-$ (μM) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | สมการเส้นตรง | $R^2$ |
| 0 | 0.285 | 0.200 | 0.160 | 0.140 | 0.139 | y = -0.0352X + 0.2904 | 0.8265 |
| 10 | 0.276 | 0.181 | 0.149 | 0.139 | 0.112 | y = -0.0370X + 0.2824 | 0.8496 |
| 20 | 0.229 | 0.160 | 0.151 | 0.131 | 0.107 | y = -0.0273X + 0.2375 | 0.8878 |
| 30 | 0.231 | 0.168 | 0.146 | 0.125 | 0.110 | y = -0.0285X + 0.2415 | 0.9079 |
| 40 | 0.224 | 0.173 | 0.153 | 0.126 | 0.102 | y = -0.0291X + 0.2429 | 0.9692 |
| 50 | 0.235 | 0.164 | 0.150 | 0.120 | 0.097 | y = -0.0320X + 0.2492 | 0.9243 |
| 60 | 0.224 | 0.176 | 0.136 | 0.097 | 0.100 | y = -0.0307X + 0.2423 | 0.9486 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.6** กราฟแสดงสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา

**4.6 การศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน**

จากการศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีน โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดต 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ5.0 mLจะได้ความเข้มข้นของไอโอเดตเป็น 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ5.0 µM ตามลำดับ จากนั้นปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและเติมสารละลายอินดิโกคาร์มีนจะได้สารละลายสีฟ้า แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร โดยจะใช้ปริมาตรและความเข้มข้นของสารละลายต่างๆ ดังตารางที่ 4.5

**ตารางที่ 4.5** ตารางแสดงความเข้มข้นและปริมาณของสารต่างๆที่ใช้

| สาร | ความเข้มข้น | ปริมาตร (mL) |
|---|---|---|
| สารละลายกรดไฮโดรคลอริก | 8.0 M | 5.0 |
| สารละลายอินดิโกคาร์มีน | 0.01 %(W/V) | 3.0 |

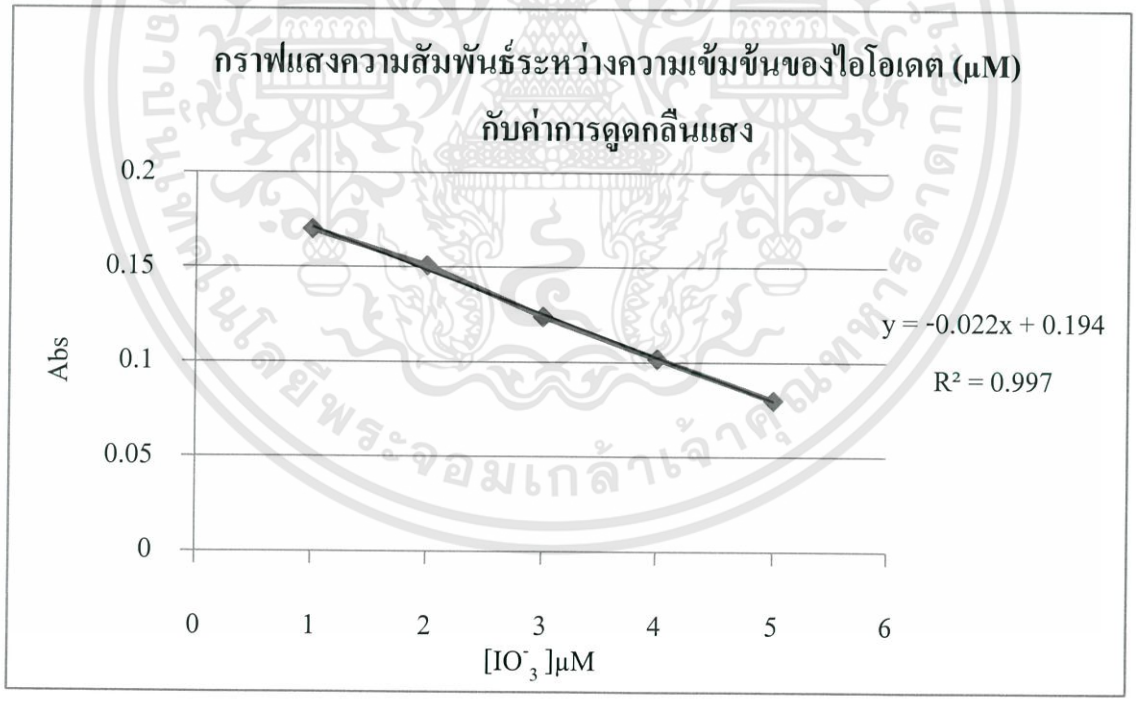
ผลการทดลองแสดงค่าการดูดกลืนแสง สมการเส้นตรง และ $R^2$ ดังแสดงในตารางที่ 4.6 เมื่อนำค่าดังกล่าวไปสร้างกราฟมาตรฐานสามารถหาค่า $R^2$ ได้เท่ากับ 0.9979 และได้สมการเส้นตรงคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

y = -0.0229x + 0.2941 ดังนั้นช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานอยู่ในช่วงความเข้มข้น 1 - 5 μM ดังแสดงในรูปที่ 4.7

**ตารางที่ 4.6** แสดงค่าการดูดกลืนแสงของไอโอเดต

| ความเข้นข้นของไอโอเดต (μM) | ค่าการดูดกลืนแสง |
|---|---|
| 1.0 | 0.170 |
| 2.0 | 0.1512 |
| 3.0 | 0.1242 |
| 4.0 | 0.1024 |
| 5.0 | 0.080 |
| สมการเส้นตรง | y = -0.0229x + 0.1941 |
| $R^2$ | 0.9979 |




**รูปที่ 4.7** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของไอโอเดต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.7 การศึกษาความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์**

การศึกษาความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในตัวอย่างเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนที่พัฒนาขึ้นโดยปิเปตสารละลายตัวอย่างเกลือมา 5 mL เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกจากนั้นเติมสารละลายอินดิโกคาร์มีน จะได้สารละลายสีฟ้า ตั้งทิ้งไว้ 40 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร โดยใช้ปริมาตรและความเข้มข้นของสารละลายต่างๆ ดังตารางที่ 4.5 วิเคราะห์ซ้ำ 4 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ขวด จะแสดงค่าการดูดกลืนแสง ดังตารางที่ 4.7 นำค่าที่ได้มาคำนวณหาความเข้มข้นของไอโอเดตที่มีในตัวอย่าง จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้มาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าร้อยละเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ของแต่ละความเข้มข้น

**ตารางที่ 4.7** ตารางแสดงค่าการดูดกลืน

| ตัวอย่าง | ขวดที่ | ค่าการดูดกลืนแสง วัดครั้งที่ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 1 | 0.156 | 0.159 | 0.161 | 0.162 | 0.161 | 0.162 | 0.159 |
| | 2 | 0.160 | 0.160 | 0.159 | 0.156 | 0.160 | 0.165 | 0.159 |
| | 3 | 0.157 | 0.161 | 0.157 | 0.157 | 0.155 | 0.158 | 0.153 |
| 2 | 1 | 0.151 | 0.144 | 0.144 | 0.146 | 0.144 | 0.151 | 0.149 |
| | 2 | 0.147 | 0.149 | 0.145 | 0.145 | 0.149 | 0.148 | 0.147 |
| | 3 | 0.151 | 0.154 | 0.156 | 0.156 | 0.151 | 0.155 | 0.152 |
| 3 | 1 | 0.160 | 0.161 | 0.161 | 0.158 | 0.161 | 0.162 | 0.159 |
| | 2 | 0.163 | 0.161 | 0.161 | 0.159 | 0.165 | 0.161 | 0.160 |
| | 3 | 0.160 | 0.161 | 0.161 | 0.159 | 0.162 | 0.161 | 0.161 |
| 4 | 1 | 0.153 | 0.152 | 0.153 | 0.149 | 0.151 | 0.149 | 0.153 |
| | 2 | 0.146 | 0.149 | 0.148 | 0.148 | 0.147 | 0.145 | 0.143 |
| | 3 | 0.147 | 0.146 | 0.147 | 0.144 | 0.144 | 0.145 | 0.145 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.8** แสดงความเข้มข้นของไอโอเดตในสารละลายตัวอย่าง, ค่าเฉลี่ย, ค่ามาตรฐาน และ%RSD

| ตัวอย่าง | ขวดที่ | ความเข้มข้นของไอโอเดต (μM) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | วัดครั้งที่ | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 1 | 1.66 | 1.53 | 1.45 | 1.40 | 1.45 | 1.40 | 1.53 |
| | 2 | 1.49 | 1.49 | 1.53 | 1.66 | 1.49 | 1.27 | 1.53 |
| | 3 | 1.62 | 1.45 | 1.62 | 1.62 | 1.71 | 1.58 | 1.79 |
| $\bar{X}$ | | 1.59 | 1.39 | 1.53 | 1.56 | 1.55 | 1.42 | 1.62 |
| SD | | 0.09 | 0.18 | 0.09 | 0.14 | 0.14 | 0.16 | 0.15 |
| %RSD | | 5.59 | 12.70 | 5.55 | 8.97 | 9.03 | 10.99 | 9.29 |
| 2 | 1 | 1.88 | 2.19 | 2.19 | 2.10 | 2.10 | 1.88 | 1.97 |
| | 2 | 2.06 | 1.97 | 2.14 | 1.97 | 1.97 | 2.01 | 2.06 |
| | 3 | 1.88 | 1.75 | 1.93 | 1.88 | 1.88 | 1.71 | 1.84 |
| $\bar{X}$ | | 1.94 | 1.97 | 2.09 | 1.98 | 1.98 | 1.87 | 1.95 |
| SD | | 0.10 | 0.22 | 0.14 | 0.11 | 0.11 | 0.15 | 0.19 |
| %RSD | | 5.36 | 11.47 | 6.11 | 5.58 | 5.58 | 8.06 | 5.64 |
| 3 | 1 | 1.49 | 1.44 | 1.44 | 1.58 | 1.58 | 1.40 | 1.53 |
| | 2 | 1.36 | 1.44 | 1.44 | 1.53 | 1.53 | 1.44 | 1.49 |
| | 3 | 1.49 | 1.44 | 1.44 | 1.53 | 1.53 | 1.44 | 1.44 |
| $\bar{X}$ | | 1.45 | 1.45 | 1.45 | 1.55 | 1.55 | 1.43 | 1.47 |
| SD | | 0.08 | 0 | 0 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 |
| %RSD | | 5.19 | 0 | 0 | 1.87 | 1.87 | 2.01 | 2.68 |
| 4 | 1 | 1.79 | 1.84 | 1.79 | 1.97 | 1.88 | 1.97 | 1.79 |
| | 2 | 2.10 | 1.97 | 2.01 | 2.01 | 2.06 | 2.14 | 2.23 |
| | 3 | 2.06 | 2.10 | 2.06 | 2.19 | 2.19 | 2.19 | 2.14 |
| $\bar{X}$ | | 1.98 | 1.97 | 1.95 | 2.06 | 2.04 | 2.10 | 2.05 |
| SD | | 0.17 | 0.13 | 0.14 | 0.12 | 0.16 | 0.12 | 0.23 |
| %RSD | | 8.50 | 6.60 | 7.35 | 5.70 | 7.62 | 5.57 | 11.32 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.8 จะเห็นว่าการวิเคราะห์ตัวอย่างเกลือตัวอย่างเดียวกันโดยทำซ้ำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ จำนวณ 4 ตัวอย่างให้ค่าร้อยละส่วนเบี่ยเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) อยู่ในช่วง 0 – 12.70% แสดงให้เห็นว่าวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในตัวอย่างเกลือบริโภคเสริมไอโอดีน โดยใช้อินดิโกคาร์มีนเป็นรีเอเจนต์ที่ตรวจวัดด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรีนั้นต้องมีการปรับปรุงและพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นเนื่องจากระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่คงที่ทำให้ผลที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อน

**4.8 การศึกษาความเที่ยงของการวัดค่าการดูดกลืนแสง**

การศึกษาความเที่ยงของการวัดค่าการดูดกลืนแสงเพื่อหาปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไออีนที่พัฒนาขึ้น โดยปิเปตตัวอย่างเกลือมา 5.0 ml เติมสารละลายกรดไฮโรคลอริก จากนั้นเติมสารละลายอินดิโกคาร์มีนจะได้สารละลายสีฟ้าตั้งทิ้งไว้ 40 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตรโดยใช้ปริมาตรและความเข้มข้นของสารละลายต่างๆ ดังตารางที่ 4.5 วิเคราะห์ 4 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ขวด แต่ละขวดวัดค่าการดูดกลืนแสงซ้ำจำนวน 7 ครั้ง นำค่าที่คำนวณได้จากตารางที่ 4.9 มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$), ส่วนเบี่งเบนมาตรฐาน (SD) และค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ของแต่ละความเข้มข้น

**ตารางที่ 4.9** แสดงความเข้มข้นของไอเดตในสารละลายตัวอย่าง, ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ % RSD

| ตัวอย่าง | ขวดที่ | ความเข้มข้นของไอโอเดต (μM) วัดครั้งที่ 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | $\overline{X}$ | SD | %RSD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1.66 | 1.53 | 1.45 | 1.40 | 1.45 | 1.40 | 1.53 | 1.49 | 0.09 | 6.22 |
| | 2 | 1.49 | 1.49 | 1.53 | 1.66 | 1.49 | 1.27 | 1.53 | 1.45 | 0.16 | 11.25 |
| | 1 | 1.62 | 1.45 | 1.62 | 1.62 | 1.71 | 1.58 | 1.79 | 1.63 | 0.11 | 6.08 |
| 2 | 1 | 1.88 | 2.19 | 2.19 | 2.10 | 2.10 | 1.88 | 1.97 | 2.04 | 0.14 | 6.62 |
| | 2 | 2.06 | 1.97 | 2.14 | 1.97 | 1.97 | 2.01 | 2.06 | 2.03 | 0.06 | 3.18 |
| | 3 | 1.88 | 1.75 | 1.93 | 1.88 | 1.88 | 1.71 | 1.84 | 1.84 | 0.48 | 4.32 |
| 3 | 1 | 1.49 | 1.45 | 1.45 | 1.58 | 1.58 | 1.40 | 1.53 | 1.50 | 0.07 | 4.62 |
| | 2 | 1.36 | 1.45 | 1.45 | 1.53 | 1.53 | 1.45 | 1.49 | 1.47 | 0.06 | 4.01 |
| | 3 | 1.49 | 1.45 | 1.45 | 1.53 | 1.53 | 1.45 | 1.45 | 1.48 | 0.04 | 2.57 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ตัวอย่าง | ขวดที่ | ความเข้มข้นของไอโอเดต (μM) วัดครั้งที่ | | | | | | | $\overline{X}$ | SD | %RSD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | |
| 4 | 1 | 1.79 | 1.84 | 1.79 | 1.97 | 1.88 | 1.97 | 1.79 | 1.86 | 0.08 | 4.37 |
| | 2 | 2.10 | 1.97 | 2.01 | 2.01 | 2.06 | 2.14 | 2.23 | 2.08 | 0.09 | 4.40 |
| | 3 | 2.06 | 2.10 | 2.06 | 2.19 | 2.19 | 2.19 | 2.14 | 2.13 | 0.06 | 2.81 |

จากตารางที่ 4.9 จะเห็นว่าการวิเคราะห์ตัวอย่างเกลือตัวอย่างเดียวกันโดยทำซ้ำตัวอย่างละ 3 ขวด แต่ละขวดวัดซ้ำจำนวน 7 ครั้ง ทั้งหมด 4 ตัวอย่าง ให้ค่าร้อยละเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD ) อยู่ในช่วง 2.57 – 11.25% แสดงให้เห็นว่าวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในตัวอย่างเกลือบริโภคเสริมไอโอดีน โดยใช้อินดิโกคาร์มีนเป็นรีเอเจนต์ที่ตรวจวัดด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรีนั้นต้องมีการปรับปรุงและพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่คงที่ทำให้ผลที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อน

**4.9 การศึกษาความแม่นของวิธีการวิเคราะห์**

การศึกษาความแม่นของวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนที่พัฒนาขึ้นนี้ โดยปิเปตตัวอย่างสารละลายเกลือมา 5.0 ml เติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดตความเข้มข้น 0.5 x $10^{-4}$ M มา 2.0 , 3.0 และ4.0 ml ตามลำดับ เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก จากนั้นเติมสารละลายอินดิโกคาร์มีน จะได้สารละลายสีฟ้าตั้งทิ้งไว้ 40 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร โดยใช้ปริมาตรและความเข้มข้นของสารละลายต่างๆดังตารางที่ 4.5 โดยวิเคราะห์ทั้งหมด 4 ตัวอย่าง แสดงค่าการดูดกลืนแสง ดังตารางที่ 4.10 นำค่าที่ได้มาคำนวณหาความเข้มข้นของไอโอเดตในสารละลายและ % recovery เพื่อประเมินความแม่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.10** แสดงการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง, ความเข้มข้นของไอโอเดต, % recovery

| ความเข้มข้นของไอโอเดต (μM) ที่เติมลงไปในตัวอย่าง | ตัวอย่างที่ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | | | 2 | | |
| | Abs | ความเข้มข้นของไอโอเดต (μM) | % recovery | Abs | ความเข้มข้นของไอโอเดต (μM) | % recovery |
| 0 | 0.163 | 1.38 | - | 0.159 | 1.53 | - |
| 2 | 0.113 | 3.53 | 107.87 | 0.115 | 3.45 | 96.07 |
| 3 | 0.104 | 3.94 | 85.30 | 0.096 | 4.28 | 91.41 |
| 4 | 0.093 | 4.38 | 75.11 | 0.088 | 4.62 | 77.30 |

| ความเข้มข้นของไอโอเดต (μM) ที่เติมลงไปในตัวอย่าง | ตัวอย่างที่ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | | | 4 | | |
| | Abs | ความเข้มข้นของไอโอเดต (μM) | % recovery | Abs | ความเข้มข้นของไอโอเดต (μM) | % recovery |
| 0 | 0.176 | 0.81 | - | 0.163 | 1.34 | - |
| 2 | 0.126 | 2.97 | 107.87 | 0.112 | 3.59 | 112.67 |
| 3 | 0.105 | 3.87 | 102.19 | 0.097 | 4.26 | 97.23 |
| 4 | 0.094 | 4.36 | 88.87 | 0.072 | 5.32 | 99.56 |

จากตารางที่ 4.10 จะเห็นว่าการวิเคราะห์ความแม่นของวิธีจาก%recovery อยู่ในช่วง 75.11 – 112.67% แสดงให้เห็นว่าวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนโดยใช้อินดิโกคาร์มีนเป็นรีเอเจนต์ที่ตรวจวัดด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรีนั้นต้องมีการปรับปรุงและพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.10 การหาปริมาณไอโอเดตและการเปรียบเทียบหาปริมาณไอโอดีนในตัวอย่างเกลือบริโภคเสริมไอโอดีน**

จากการศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนโดยนำสารละลายตัวอย่างเกลือ 4 ตัวอย่างทำปฏิกิริยากับสารละลายอินดิโกคาร์มีนในสภาวะกรด ตั้งทิ้งไว้ 40 นาที จากนั้นนำไปตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร ตามลำดับ สามารถคำนวณหาปริมาณ ไอโอเดตในตัวอย่างเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนได้เท่ากับ 2.44, 2.69, 1.41 และ 2.35 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และทำการเปรียบเทียบหาปริมาณไอโอดีนได้เท่ากับ 1.77, 1.95, 1.02 และ1.70 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งปริมาณไอโอดีนที่คำนวณได้นั้นจะมีค่าต่ำกว่าที่กระทรวงสาธารณสุขได้ประกาศไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลอง

## 5.1 สรุป

จากการทดลองเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนโดยใช้อินดิโกคาร์มีนเป็นรีเอเจนต์และตรวจวัดด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี จากปฏิกิริยาระหว่างโพแทสเซียมไอโอเดตกับอินดิโกคาร์มีนในสภาวะกรด จะได้สารละลายสีฟ้าที่มีค่าการดูดกลืนแสงแปรผกผันกับความเข้มข้นของไอโอเดตโดยทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร พบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทดลองใช้กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 8.0 M สารละลายอินดิโกคาร์มีนความเข้มข้น 0.01% (W/V) และเวลาในการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสง คือ 40 นาที ได้กราฟมาตรฐานที่มีค่า $R^2$ เท่ากับ 0.9979 และช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานอยู่ในช่วงความเข้มข้น 1.0 - 5.0 μM มีความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์และความเที่ยงของการวัด โดยคำนวณจากค่า %RSD จะอยู่ในช่วง 0 – 12.70% และ 2.57 – 11.25% ตามลำดับ ส่วนความแม่นของวิธีวิเคราะห์ โดยคำนวณจากค่า %recovery จะอยู่ในช่วง 75.11 - 112.67% และหาปริมาณไอโอเดตในตัวอย่างเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนได้เท่ากับ 2.44 , 2.68 , 1.41 และ 2.35 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ จากนั้นทำการเปรียบเทียบหาปริมาณไอโอดีนได้เท่ากับ 1.77, 1.95 , 1.02 และ1.70 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งปริมาณไอโอดีนที่คำนวณได้นั้นจะมีค่าต่ำกว่ากระทรวงสาธารณสุขได้ประกาศไว้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาหาปริมาณไอโอเดตในตัวอย่างเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนโดยใช้อินดิโกคาร์มีนเป็นรีเอเจนต์ในสภาวะกรดสามารถปรับเปลี่ยนมาใช้กรดไนตริกได้ ซึ่งกรดไนตริกนั้นจะให้ค่าการดูดกลืนแสงแปรผันตรงกับความเข้มข้นของไอโอเดต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

[ 1 ] **ต่อมไทรอยด์ (Thyroid gland).** ค้นข้อมูล 4 ตุลาคม 2556, จาก http://www.pibul.ac.th

[ 2 ] **แสดงภาพตำแหน่งของต่อมไทรอยด์.**ค้นข้อมูล 4 ตุลาคม 2556, จาก http://www.pibul.ac.th

[ 3 ] **โรคคอพอก.** ค้นข้อมูล 4 ตุลาคม 2556, จาก http://www.healthkonthai.com

[ 4 ] **เกลือบริโภคเสริมไอโอดีน.**ค้นข้อมูล 11 ตุลาคม 2556, http://www.foodnetworksolution.com

[ 5 ] **เกลือเสริมไอโอดีน.**ค้นข้อมูล 11 ตุลาคม 2556, จาก http://newsser.fda.go.th

[ 6 ] **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข.**ค้นข้อมูล 11 ตุลาคม 2556, จาก http://newsser.fda.moph.go.th

[ 7 ] **ไอโอดีน.** ค้นข้อมูล 4 ตุลาคม 2556, จาก http://www.centrallabthai.com

[ 8 ] **สำหรับกลุ่มเสี่ยงที่ต้องเร่งทำการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับไอโอดีน.**ค้นข้อมูล 4 ตุลาคม 2556, จาก http://www.oknation.net

[ 9 ] **แสดงคำแนะนำการบริโภคไอโอดีนต่อวัน (Recommended Daily intake, RDI) ตามช่วงอายุ.** ค้นข้อมูล 4 ตุลาคม 2556, จาก http://www.foodsafety-lcfa.com

[ 10 ] **แสดงอาหารที่พบไอโอดีน.** ค้นข้อมูล 4 ตุลาคม 2556, จาก http://archive.lib.cmu.ac.th

[ 11 ] **อินดิโกคาร์มีน.** ค้นข้อมูล 4 ตุลาคม 2556, จาก http://pineapple-eyes.snru.ac.th

[ 12 ] **ภาพแสดงโครงสร้างของ Indigo.**ค้นข้อมูล 4 ตุลาคม 2556,จาก http://pineapple-eyes.snru.ac.th

[ 13 ] **เทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี.** ค้นข้อมูล 4 ตุลาคม 2556, จาก http://glasswarechemical.com,http://www.mwit.ac.th , http://www.aquatoyou.com , http://share.psu.ac.th, http://www.atom.rmutphysics.com , http://www.aquatoyou.com

[ 14 ] **แผนภาพแสดงเมื่อได้รับพลังงานเพียงพอ อิเล็กตรอนภายในโมเลกุลมีการเปลี่ยนระดับชั้นพลังงาน.**ค้นข้อมูล 4 ตุลาคม 2556, จาก http://www.mwit.ac.th

[ 15 ] **ภาพแสดงการดูดกลืนแสงตามกฎของแลมเบิร์ต (lambert's law).**ค้นข้อมูล 4 ตุลาคม 2556, จาก http://www.aquatoyou.com

[ 16 ] **ภาพแสดงเครื่อง UV-Vis spectrophotometer.**ค้นข้อมูล 4 ตุลาคม 2556, จาก http://cste.sut.ac.th

[ 17 ] **ภาพตัดขวางของหลอด PMT, ลักษณะหลอด PMT ในสเปกโทรโฟโตมิเตอร์.**ค้นข้อมูล 4 ตุลาคม 2556, จาก http://www.atom.rmutphysics.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[ 18 ] **สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่มีไดโอดอาร์เรย์เป็นตัวตรวจจับสัญญาณ.**ค้นข้อมูล 4 ตุลาคม 2556, จาก http://www.atom.rmutphysics.com

[ 19 ] **ภาพแสดงองค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงแบบ single beam.**ค้นข้อมูล 4 ตุลาคม 2556, จาก http://www.aquatoyou.com

[ 20 ] **ภาพแสดงองค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงแบบ double beam.**ค้นข้อมูล 4 ตุลาคม 2556, จาก http://www.aquatoyou.com

[ 21 ] S. Ananda, M.B. Jagadeesha, B.M. Venkatesha, N.M.M. Gowda.(1997). **Kinetics of Oxidation of Indigo Carmine by *N*-Sodio-*N* Bromotoluenesulfonamidein Acidic Buffer Medium**.Int J Chem Kinet, 29, 453–459.

[ 22 ] A.M.H. Shabani, P.S. Ellis, I.D. Mckelive.(2011).**Spectrophotometric determination of iodate in iodised salt by flow injection analysis**. Food Chemistry, 129 ,704-707.

[ 23 ] B. Rebary,P. Paul, P.K. Ghosh.(2010).**Determination of iodide and iodate in edible salt by ion chromatography with integrated amperometric detection**. Food Chemistry, 123,529-534.

[ 24 ] S.D. Kumar, B. Maiti, P.K. Mathur .(2001). **Determination of iodate and sulphate in iodized commonsalt by ion chromatography with conductivity detection.(2001).** AnalyticaChimica Acta. 438, 299–304.

[ 25 ] J. Jakmunee, K. Grudpan.(2001). **Flow injection amperometry for the determination of iodate in iodized table salt**. Analytica Chimica Acta, 438, 299–304.

[ 26 ] Z. Xie, J. Zhao.(2004). **Reverse flow injection spectrophotometric determination of iodate and iodide in table salt**. Talanta , 63, 339–343.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

**1. การหาความเที่ยงของวิธีการวิเคราะห์และความเที่ยงของการวัด**

1.1 การหาค่าความเข้มข้นของไอโอเดตในสารละลายตัวอย่าง

**ตารางที่ 1** แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

| ตัวอย่าง | ขวดที่ | ค่าการดูดกลืนแสง | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | วัดครั้งที่ | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 1 | 0.156 | 0.159 | 0.161 | 0.162 | 0.161 | 0.162 | 0.159 |
| | 2 | 0.160 | 0.160 | 0.159 | 0.156 | 0.160 | 0.165 | 0.159 |
| | 3 | 0.157 | 0.161 | 0.157 | 0.157 | 0.155 | 0.158 | 0.153 |
| 2 | 1 | 0.151 | 0.144 | 0.144 | 0.146 | 0.144 | 0.151 | 0.149 |
| | 2 | 0.147 | 0.149 | 0.145 | 0.145 | 0.149 | 0.148 | 0.147 |
| | 3 | 0.151 | 0.154 | 0.156 | 0.156 | 0.151 | 0.155 | 0.152 |
| 3 | 1 | 0.160 | 0.161 | 0.161 | 0.158 | 0.161 | 0.162 | 0.159 |
| | 2 | 0.163 | 0.161 | 0.161 | 0.159 | 0.165 | 0.161 | 0.160 |
| | 3 | 0.160 | 0.161 | 0.161 | 0.159 | 0.162 | 0.161 | 0.161 |
| 4 | 1 | 0.153 | 0.152 | 0.153 | 0.149 | 0.151 | 0.149 | 0.153 |
| | 2 | 0.146 | 0.149 | 0.148 | 0.148 | 0.147 | 0.145 | 0.143 |
| | 3 | 0.147 | 0.146 | 0.147 | 0.144 | 0.144 | 0.145 | 0.145 |

จากรูปที่ 1 จะได้สมการเส้นตรง คือ $y = -0.229X + 0.1941$

แทนค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ลงในสมการ $X = \frac{0.156 - 0.1941}{-0.0229}$

$= 1.66\ \mu M$

* หมายเหตุ : คำนวณเช่นนี้ที่ค่าการดูดกลืนแสงอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 คำนวณความเที่ยงของวิธีการวิเคราะห์

ความเที่ยงของวิธีการวิเคราะห์รายงานด้วยค่า % RSD

$$\% \text{ RSD} = \frac{\text{SD}}{\bar{X}} \text{ X } 100$$

เมื่อ SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

**ตารางที่ 2** แสดงความเข้มข้นของไอโอเดตที่คำนวณได้, ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ%RSD

| ตัวอย่าง | ขวดที่ | ความเข้มข้นของไอโอเดต (μM) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | วัดครั้งที่ | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 1 | 1.66 | 1.53 | 1.45 | 1.40 | 1.45 | 1.40 | 1.53 |
| | 2 | 1.49 | 1.49 | 1.53 | 1.66 | 1.49 | 1.27 | 1.53 |
| | 3 | 1.62 | 1.45 | 1.62 | 1.62 | 1.71 | 1.58 | 1.79 |
| $\bar{X}$ | | 1.59 | 1.39 | 1.53 | 1.56 | 1.55 | 1.42 | 1.62 |
| SD | | 0.09 | 0.18 | 0.09 | 0.14 | 0.14 | 0.16 | 0.15 |
| %RSD | | 5.59 | 12.70 | 5.55 | 8.97 | 9.03 | 10.99 | 9.29 |
| 2 | 1 | 1.88 | 2.19 | 2.19 | 2.10 | 2.10 | 1.88 | 1.97 |
| | 2 | 2.06 | 1.97 | 2.14 | 1.97 | 1.97 | 2.01 | 2.06 |
| | 3 | 1.88 | 1.75 | 1.93 | 1.88 | 1.88 | 1.71 | 1.84 |
| $\bar{X}$ | | 1.94 | 1.97 | 2.09 | 1.98 | 1.98 | 1.87 | 1.95 |
| SD | | 0.10 | 0.22 | 0.14 | 0.11 | 0.11 | 0.15 | 0.19 |
| %RSD | | 5.36 | 11.47 | 6.11 | 5.58 | 5.58 | 8.06 | 5.64 |
| 3 | 1 | 1.49 | 1.44 | 1.44 | 1.58 | 1.58 | 1.40 | 1.53 |
| | 2 | 1.36 | 1.44 | 1.44 | 1.53 | 1.53 | 1.44 | 1.49 |
| | 3 | 1.49 | 1.44 | 1.44 | 1.53 | 1.53 | 1.44 | 1.44 |
| $\bar{X}$ | | 1.45 | 1.45 | 1.45 | 1.55 | 1.55 | 1.43 | 1.47 |
| SD | | 0.08 | 0 | 0 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 |
| %RSD | | 5.19 | 0 | 0 | 1.87 | 1.87 | 2.01 | 2.68 |
| 4 | 1 | 1.79 | 1.84 | 1.79 | 1.97 | 1.88 | 1.97 | 1.79 |
| | 2 | 2.10 | 1.97 | 2.01 | 2.01 | 2.06 | 2.14 | 2.23 |
| | 3 | 2.06 | 2.10 | 2.06 | 2.19 | 2.19 | 2.19 | 2.14 |
| $\bar{X}$ | | 1.98 | 1.97 | 1.95 | 2.06 | 2.04 | 2.10 | 2.05 |
| SD | | 0.17 | 0.13 | 0.14 | 0.12 | 0.16 | 0.12 | 0.23 |
| %RSD | | 8.50 | 6.60 | 7.35 | 5.70 | 7.62 | 5.57 | 11.32 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2 นำค่าความเข้มข้นที่คำนวณได้มาหาค่าเฉลี่ยได้ดังนี้

จากสูตร $\overline{X} = \sum_{i=1}^{n} \frac{Xi}{n}$

เมื่อ $X_i$ คือ ค่าความเข้มข้นที่คำนวณได้

n คือ จำนวนครั้งในการทำซ้ำ

จะได้ $\overline{X} = \frac{1.66+1.49+1.62}{3}$

$= 1.59$

จากสูตร $SD = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(Xi-\overline{X})^2}{n-1}}$

$= \sqrt{\frac{(1.66-1.59)^2+(1.49-1.59)^2+(1.62-1.59)^2}{3-1}}$

$= 0.09$

จากนั้นนำไปหาค่า %RSD

$\% \text{ RSD} = \frac{SD}{\overline{X}} \text{x}100$

$= \frac{0.09}{1.59} \text{x}100$

$= 5.59\%$

เพราะฉะนั้น %RSD ของการวัดตัวอย่าง 3 ขวดครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 5.59% สำหรับการคำนวณ %RSD ในขวดอื่นๆสามารถทำได้เช่นเดียวกับวิธีดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 คำนวณความเที่ยงของการวัดค่าการดูดกลืนแสง

ความเที่ยงของการวัดค่าการดูดกลืนแสงรายงานด้วยค่า %RSD จากการวัดซ้ำ

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u> จากตารางที่ 2 นำค่าความเข้มข้นที่คำนวณได้มาหาค่าเฉลี่ยได้ดังนี้

$$\text{จากสูตร } \bar{X} = \sum_{i=1}^{n} \frac{Xi}{n}$$

เมื่อ $X_i$ คือ ค่าความเข้มข้นที่คำนวณได้

n คือ จำนวนครั้งในการทำซ้ำ

$$\text{จะได้ } \bar{X} = \frac{1.66+1.53+\cdots+1.53}{7}$$

$$= 1.49$$

$$\text{จากสูตร } SD = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(Xi-\bar{X})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(1.66-1.49)^2+(1.53-1.49)^2+\cdots+(1.53-1.49)^2}{7-1}}$$

$$= 0.09$$

จากนั้นนำไปหาค่า %RSD

$$\%\ RSD = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100$$

$$= \frac{0.0943}{1.4890} \times 100$$

$$= 6.22\%$$

เพราะฉะนั้น %RSD ของการวัดตัวอย่าง ขวดที่ 1 วัดซ้ำ 7 ครั้งมีค่าเท่ากับ 6.22% หรับการคำนวณ %RSD ในขวดอื่นๆสามารถทำได้เช่นเดียวกับวิธีดังกล่าว

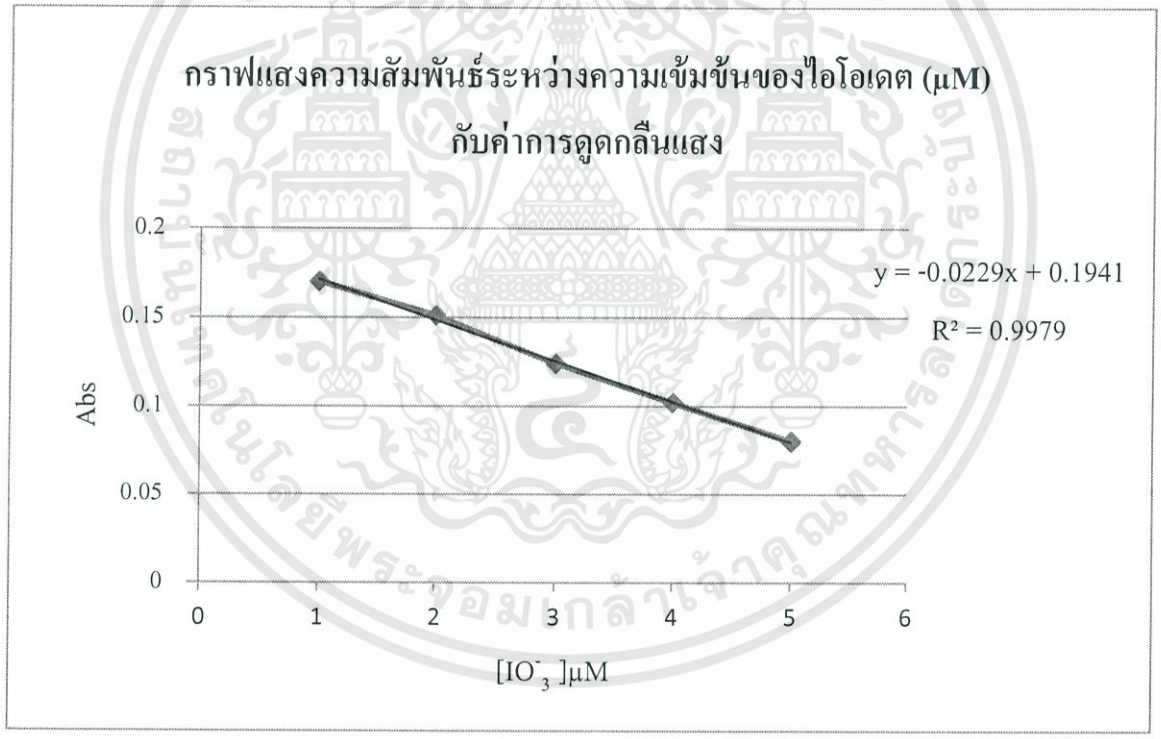
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2. การหาความแม่นของวิธีการวิเคราะห์**

2.1 การหาความเข้มข้นของไอโอเดตในสารตัวอย่าง

**ตารางที่ 3** แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย

| ความเข้มข้นของ$KIO_3$ (μM) ที่เติมลงไปในตัวอย่าง | ค่าการดูดกลืนแสง ตัวอย่างที่ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | 0.163 | 0.159 | 0.176 | 0.163 |
| 2 | 0.113 | 0.115 | 0.126 | 0.112 |
| 3 | 0.104 | 0.096 | 0.105 | 0.097 |
| 4 | 0.094 | 0.088 | 0.094 | 0.072 |




**รูปที่ 1** กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของไอโอเดต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟมาตรฐานจะได้สมการเส้นตรง คือ $y = -0.229X + 0.1941$

แทนค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ลงในสมการ $X = \frac{0.163-0.1941}{-0.0229}$

$= 1.38\ \mu M$

* หมายเหตุ : คำนวณเช่นนี้ที่ค่าการดูดกลืนอื่นๆ

2.2 คำนวณค่าความแม่นของวิธีวิเคราะห์

$$\text{จากสมการ } \%\ \text{Recovery} = \frac{[\text{Spike}]-[\text{Sample}]}{[\text{Standard}]} \text{x}100$$

แทนค่าที่คำนวณได้ลงในสมการ

$$\%\ \text{Recovery} = \frac{[3.53]-[1.38]}{[2]} \text{x}100$$

$$= 107.87\%$$

∴ ร้อยละค่าการวิเคราะห์คืนกลับ (% Recovery) ของการเติมสารละลายมาตรฐาน $KIO_3$ ลงไป 2 ml มีค่าเท่ากับ 107.87% สำหรับการคำนวณ % Recovery ในขวดอื่นๆสามารถทำได้เช่นเดียวกับวิธีดังกล่าว

**3. การคำนวณหาปริมาณไอโอเดตและเปรียบเทียบหาปริมาณไอโอดีนในตัวอย่างเกลือเสริมไอโอดีน**

จากการทดลองเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดตในตัวอย่างเกลือเสริมไอโอดีน โดยการปิเปตสารละลายตัวอย่างเกลือมา 5 ml เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก จากนั้นเติมสารละลายอินดิโกคาร์มีน จะได้สารละลายสีฟ้า ตั้งทิ้งไว้ 40 นาที แล้วนำไปตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร ซึ่งสามารถคำนวณหาปริมาณไอโอเดตในเกลือได้ดังนี้

<u>จากตัวอย่างที่ 1</u> : วัดค่าการดูดกลืนแสงได้ 0.1626

ความเข้มข้น : จาก $y = -0.0229X + 0.1941$

$$X = \frac{0.163-0.1941}{-0.0229}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$= 1.38\ \mu M$

ปิเปตสารละลายตัวอย่างมา 5 ml มีความเข้มข้น $IO_3^-$ 1.38 μM

ดังนั้นสารละลาย 1000 ml มี $IO_3^- = 1.38\ \mu mol$

$$\text{สารละลาย 5 ml มี } IO_3^- = \frac{5\ ml \times 1.38\ \mu mol}{1000\ ml}$$

$$= 6.88 \times 10^{-3}\ \mu M$$

$$\text{ถ้าปริมาตร 100 ml มี } IO_3^- = \frac{100\ ml \times 6.88 \times 10^{-3}\ \mu mol}{5\ ml}$$

$$= 0.14\ \mu mol$$

ตัวอย่างเกลือ 10.0230 g มีปริมาณ $IO_3^-$ 0.14 μmol

$$\text{ตัวอย่างเกลือ 1000 g มีปริมาณ } IO_3^- = \frac{1000g \times 0.14\mu mol}{10.0230\ g}$$

$$= 13.96\ \mu mol$$

คิดเป็นกรัมตัวอย่างเกลือ 1000 g มี $IO_3^-$ $13.97 \times 10^{-6}$ mol x 175

$$= 2.44 \times 10^{-3}\ g$$

$$= 2.44\ mg\ IO_3^-$$

ดังนั้นจะได้ว่า $175\ mg\ IO_3^- = 127\ mgI$

$$\therefore \text{ เกลือ 1000 g มี 2.4025 mg } IO_3^- = \frac{2.44\ mg\ IO_3^- \times 127\ mgI}{175\ mg\ IO_3^-}$$

$$= 1.77\ mgI$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้