

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้สารสกัดจากใบฝรั่งเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์
ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาว

**GUAVA LEAF EXTRACT FOR THE DETERMINATION OF
HYPOCHLOITE IN BLEACHING PRODUCT**



T108569

นางสาวชนิชา ทอมจันทร์
นางสาวน้ำเพชร หลิมอยู่

รฟ.
8149ก
2551

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 108569
วัน,เดือน,ปี. - 5 ก.ค. 2553

b. 12224923
i.

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**GUAVA LEAF EXTRACT FOR THE DETERMINATION OF
HYPOCHLOITE IN BLEACHING PRODUCT**



**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN INDUSTRIAL CHEMISTRY – ANALYTICAL INSTRUMENTATION
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2008**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

การใช้สารสกัดจากใบฝรั่งเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไฮโป
คลอไรต์ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาว

Guava Leaf Extract for the Determination of Hypochlorite
in Bleaching Product

ชื่อนักศึกษา

นางสาวชนิชา หอมจันทร์

นางสาวน้ำเพชร หลิมอยู่

ปริญญา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต

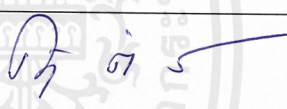

สาขาวิชา

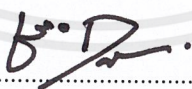
เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงการพิเศษ
นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์
ประจำปีการศึกษา 2551

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
รศ. คณิตา ตั้งคณานุกรักษ์	
ดร. ณัฐวุฒิ เขิงชั้น	
ดร. วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ	วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ



(ผศ.ดร. ชลอ จารุสุทธีร์รักษ์)

ปฏิบัติหน้าที่ประธานสาขาวิชา

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การใช้สารสกัดจากใบฝรั่งเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ ไฮโปคลอไรต์ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาว Guava Leaf Extract for the Determination of Hypochlorite in Bleaching Product
ชื่อนักศึกษา	นางสาวชนิชา หอมจันทร์ นางสาวน้ำเพชร หล้ามอยู่
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์
ปีการศึกษา	2551
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้ได้ศึกษาการใช้สารสกัดจากใบฝรั่งเพื่อเป็นรีเอเจนต์สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาว โดยไฮโปคลอไรต์ทำให้เกิดการออกซิเดชันของเหล็ก (II) ไปเป็นเหล็ก (III) และตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารเชิงซ้อนที่เกิดระหว่างเหล็กกับสารสกัดจากใบฝรั่ง ด้วยเทคนิควิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมทรี สภาวะที่เหมาะสมของการวิเคราะห์ได้ทำการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร ใช้ความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟตที่ 100 ppm ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่ 0.10 M ความเข้มข้นของสารสกัดจากใบฝรั่งที่ 4% w/v (ใช้อะซิเตตบัฟเฟอร์ pH4.8 เป็นตัวทำละลาย) และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาคือ 5 นาที ความเที่ยงของวิธีการทดลองและความเที่ยงของการวัดค่าการดูดกลืนแสงคือ 8.11-13.95 %RSD และ 2.29-9.92 %RSD ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาวด้วยวิธีที่พัฒนาขึ้นนี้เปรียบเทียบกับวิธีการไทเทรตแบบไอโอโดเมทรีซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน พบว่าให้ค่า t-test มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Title	Guava Leaf Extract for the Determination of Hypochlorite in Bleaching Product
Students	Miss Chanicha Homjan Miss Numphet Limyoo
Degree	Bachelor of Science
Major	Industrial Chemistry-Analytical Instrument
Academic Year	2008
Advisor	Dr. Wiboon Praditweangkum

ABSTRACT

This special project is purposed to use guava leaf extract as reagent for the determination of hypochlorite in bleaching product. The reaction is based on redox reaction, Fe (II) is oxidized to Fe (III) by hypochlorite. Absorbance of the complex formed between iron and guava leaf extract is measured using visible – spectrophotometry. Measuring absorbance of complex in solution was optimized at 580 nm. Concentration of Fe (II) sulfate solution , sulfuric acid solution and guava leaf extract solution (in acetate buffer pH 4.8 as solvent) was optimized at 100 ppm , 0.10 M and 4%w/v, respectively. The absorbance was measured after reaction time reached at 5 minute. The precision of this developed method and precision of absorbance measuring were 8.11-13.95 %RSD and 2.29-9.92 %RSD, respectively. The t-test result compared between this developed method and iodometric titration (standard method) showed significant difference at 95% confidence level.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดเวลา ดูแลเอาใจใส่ ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีในการทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ รศ. คณิดา ตังคณานุรักษ์ และ ดร.ณัฐวุฒิ เจริงชั้น กรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดทำให้โครงการพิเศษนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณ คุณสุพจน์ สีวาคม และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมี ตีกีวิทย์(เก่า) ทุกคนที่ให้ความสะดวกต่อการทำโครงการพิเศษนี้เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ คุณปราณี บุญวัฒน์ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีตึกจุฬารณวลัยลักษณ์ 1 ที่ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านอย่างเต็มที่

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากโครงการพิเศษเล่มนี้ ขอมอบให้บิดา มารดาซึ่งเป็นที่เคารพรักรยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้ ซึ่งมีค่าอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตในอนาคต

นางสาวชนิชา หอมจันทร์
นางสาวน้ำเพชร หล่มอยู่

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาของโครงการพิเศษ	1
วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ	1
ขอบเขตของโครงการพิเศษ	2
ขั้นตอนการทำวิจัยและการดำเนินงาน	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ผลិតภัณฑ์ฟอกผ้าขาว	3
2.2 ฟร้ง	5
2.3 อัสตราไวโอเลตและวีลบีเอสเปกโทรสโกปี	9

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.1 การดูคลื่นรังสีของสาร	9
2.3.2 กฎของเบียร์และแลมเบิร์ต	9
2.4 เครื่องยิว-วิติเบตาเปกโทรโฟโตมิเตอร์ 11	11
2.5 ไอโอโดเมทรี	13
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	21
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	21
3.2 การเตรียมสารละลายเคมี	22
3.2.1 สารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟตเข้มข้น 100 ppm	22
3.2.2 สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1.0 M	23
3.2.3 สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตเข้มข้น 0.10 M	23
3.2.4 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดตเข้มข้น 0.17 M	23
3.2.5 สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์เข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร	23
3.2.6 0.20 M Acetate Buffer	24
3.2.6.1 Acetic acid 0.2 M	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.6.2 Sodium acetate 0.20 M	24
3.2.6.3 สารละลาย Sodium acetate buffer pH 4.8	24
3.2.7 สารสกัดจากใบฝรั่งเข้มข้น 4% w/v	24
3.2.8 น้ำแข็ง	24
3.3 วิธีดำเนินการทดลอง	25
3.3.1 การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ โดยใช้สารสกัดจากใบฝรั่งเป็นรีเอเจนต์	25
3.3.1.1 การหาค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสม	25
3.3.1.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต	25
3.3.1.3 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารสกัดจากใบฝรั่ง	26
3.3.1.4 การศึกษาผลของการเตรียมสารสกัดจากใบฝรั่ง เข้มข้น 4% w/v	27
3.3.1.5 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลาย กรดซัลฟูริก	27
3.3.1.6 การศึกษาผลของระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา	28
3.3.2 การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์ หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ด้วยเทคนิควิเบิลสเปกโตรโฟโตเมทรีที่ พัฒนาขึ้น	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.2.1 ช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน	29
3.3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในสารตัวอย่าง	29
3.3.3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ด้วยวิธีมาตรฐาน ด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี	29
3.3.3.1.1 ความเที่ยงของวิธีการวิเคราะห์	30
3.3.3.1.2 ความเที่ยงของการวัด	31
3.3.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ด้วยวิธีมาตรฐาน การไทเทรตแบบไอโอโดเมทรี	31
3.3.3.3 ความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์	32
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	34
4.1 การศึกษาหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัด	34
4.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต	35
4.3 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารสกัดจากใบฝรั่ง	37
4.4 การศึกษาผลของการเตรียมสารสกัดจากใบฝรั่ง	40
4.5 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก	43
4.6 การศึกษาผลของระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา	45
4.7 การศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน	48
4.8 การศึกษาความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์	49
4.9 การศึกษาความเที่ยงของการวัด	52
4.10 การวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ด้วยวิธีมาตรฐานการ ไทเทรตแบบไอโอโดเมทรี	53
4.11 การศึกษาความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์	55

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	56
5.1 สรุป	56
5.2 ข้อเสนอแนะ	58
เอกสารอ้างอิง	59
ภาคผนวก	60



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ เมื่อใช้สารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟตที่มีความเข้มข้นต่างกัน	35
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ เมื่อใช้สารสกัดจากใบฝรั่งที่มีความเข้มข้นต่างกัน	38
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ เมื่อใช้ตัวทำละลายต่างกันในการสกัดสารจากใบฝรั่ง	40
ตารางที่ 4.4 แสดงสีของสารสกัดจากใบฝรั่งและสีของสารเชิงซ้อนที่ได้ เมื่อใช้ตัวทำละลายต่างกันในการสกัดสารจากใบฝรั่ง	41
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ เมื่อใช้สารละลายกรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้นต่างกัน	43
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ เมื่อเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาต่างกัน	46
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์	48
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง	50
ตารางที่ 4.9 แสดงปริมาณไฮโปคลอไรต์ของสารละลายตัวอย่าง และความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์	51
ตารางที่ 4.10 แสดงปริมาณไฮโปคลอไรต์ของสารละลายตัวอย่าง	52
ตารางที่ 4.11 แสดงปริมาณของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ ในวิธีไทเทรตแบบไอโอโดเมทรี	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.12 แสดงปริมาณไฮโปคลอไรต์ของสารละลายตัวอย่าง เมื่อใช้วิธีไทเทรตแบบไอโอโคเมทรี	54
ตารางที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากวิธีที่พัฒนาขึ้น กับวิธีมาตรฐานโดยใช้วิธี t-test	55
ตารางที่ ผ.1 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานและค่าศักย์ไฟฟ้าฟอร์มอลของ ขั้วไฟฟ้าบางชนิดที่ 25°C	60
ตารางที่ ผ.2 แสดงปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการ ไทเทรตเพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต	60
ตารางที่ ผ.3 แสดงปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ใน การไทเทรตเพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์	61
ตารางที่ ผ.4 แสดงการคำนวณค่า t-test	66

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของฝรั่ง	5
รูปที่ 2.2 แสดง โครงสร้างของสารแทนนิน (tannin)	8
รูปที่ 2.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอนใน โมเลกุล	9
รูปที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบสำคัญของเครื่องยิว-วิถีเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์	11
รูปที่ 4.1 แสดงสเปกตรัมของสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ เมื่อใช้สารสกัดจากใบฝรั่งเป็นรีเอเจนต์	34
รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนใจ กับค่าความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก(II) ซัลเฟต	36
รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนใจ กับค่าความเข้มข้น ของสารสกัดจากใบฝรั่ง	37
รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนใจ กับค่าความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก	39
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนใจ กับเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา	39
รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของ สารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ กับค่าการดูดกลืนแสง	42
รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนใจ กับค่า pH ของตัวทำละลาย	42
รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง กับค่าความเข้มข้นของสารละลาย กรดซัลฟูริก	44

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ การตัดสินใจกับความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก	45
รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง กับระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา	47
รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ กับเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา	47
รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง กับความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์	49



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ

ในปัจจุบันตามบ้านเรือนที่อยู่อาศัยนิยมใช้ผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาวมากขึ้นเนื่องจากช่วยทำให้ผ้าขาวมากขึ้น ช่วยกำจัดสิ่งสกปรก และฆ่าเชื้อแบคทีเรีย รวมทั้งไวรัสได้ โดยสารฟอกขาวที่นิยมใช้กันมากคือ ไฮโปคลอไรต์ (OCI) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดการระคายเคืองได้ง่ายแม้จะใช้ในปริมาณน้อยก็ตามด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการควบคุมคุณภาพและปริมาณที่ใช้ เพื่อไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค

ดังนั้นในการทำโครงการพิเศษนี้จึงทำการพัฒนาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาว ด้วยการนำคุณสมบัติของไฮโปคลอไรต์ที่เป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรงมาประยุกต์ใช้แล้วทำการเปรียบเทียบผลที่วิเคราะห์ได้กับวิธีไอโอโดเมทรีซึ่งเป็นมาตรฐานมาตรฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ปริมาณไฮโปคลอไรต์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาวโดยอาศัยปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างไฮโปคลอไรต์กับเหล็ก(II) ใช้สารสกัดจากใบฝรั่งเป็นรีเอเจนต์เพื่อให้เกิดสารเชิงซ้อนกับเหล็ก และตรวจวัดด้วยเทคนิควิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมทรี

1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1. ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ด้วยเทคนิควิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมทรี ที่ทำการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารเชิงซ้อนที่เกิดจากเหล็กกับสารสกัดจากใบฝรั่งโดยพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบคือ ความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต ความเข้มข้นของสารสกัดจากใบฝรั่ง ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดใบฝรั่ง ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก และระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา

2. เปรียบเทียบผลการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ของวิธีการที่พัฒนาขึ้น กับผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการไทเทรตด้วยวิธีไอโอโดเมทรีซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน
3. นำวิธีการวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาว

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน

1. สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบการทดลอง
3. จัดหาอุปกรณ์และสารเคมีดำเนินการทดลองโดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ขั้นตอนคือ
 - 3.1 ทำการทดลองเพื่อหาสถานะที่เหมาะสมและตรวจสอบความถูกต้องของวิธีสำหรับการใช้สารสกัดจากใบฝรั่ง เพื่อการวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ด้วยเทคนิควิธีเบิลสเปกโตรโฟโตเมทรี
 - 3.2 ทำการวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาว และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับวิธีไทเทรตแบบไอโอโดเมทรีซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน
4. รวบรวมและวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้ โดยใช้หลักทางสถิติในการประมวลผล
5. สรุปผลและรายงานผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงสถานะที่เหมาะสมสำหรับการใช้สารสกัดจากใบฝรั่งเป็นรีเอเจนต์สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ด้วยเทคนิค วิธีเบิลสเปกโตรโฟโตเมทรี
2. สามารถนำวิธีการวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อหาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาว

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 ผลิตภัณฑ์ฟอกผ้าขาว

ผลิตภัณฑ์ฟอกผ้าขาว ผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้อโรคและกำจัดกลิ่นในสระว่ายน้ำ ประกอบไปด้วยสารเคมีหลายชนิด ขึ้นอยู่กับรูปแบบของผลิตภัณฑ์และวัตถุประสงค์การใช้ อย่างไรก็ตามตามสารที่ใช้มานานและปัจจุบันยังนิยมใช้คือ ไฮโปคลอไรต์ (hypochlorite) ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite)

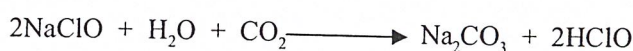
โซเดียมไฮโปคลอไรต์ผลิตได้โดยการดูดซึมของแก๊สคลอรีนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) ที่เย็น ดังสมการ

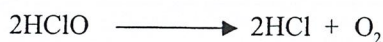


โซเดียมไฮโปคลอไรต์อยู่ในรูปของสารละลายในน้ำเป็นของเหลว สีเขียวเหลือง มีกลิ่นฉุนคล้ายคลอรีน ในการฟอกผ้าขาวมักใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 3-6 % เป็นสารฟอกขาวประเภท “chlorine bleach” เนื่องจากให้คลอรีนเป็นตัวออกซิไดซ์ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นถ้าใช้ที่ความเข้มข้นสูงจะมีฤทธิ์กัดกร่อน ทำให้ผิวหนังไหม้พอง และระคายเคืองต่อตาได้ ไม่ควรใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์ภายในบ้านชนิดอื่นๆ เช่นผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรดเพราะจะทำให้เกิดแก๊สคลอรีน หรือผลิตภัณฑ์ที่มีแอมโมเนียเพราะจะทำให้เกิดคลอรามิน ซึ่งสารทั้งสองชนิดเป็นพิษมาก นอกจากนี้จะเกิดปฏิกิริยารุนแรงกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide)

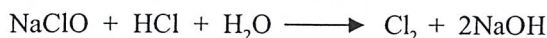
กลไกการเกิดพิษ

เมื่อสัมผัสกับเยื่อผิว โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaClO) จะทำปฏิกิริยาได้เป็นกรดไฮโปคลอรัส (HClO) ซึ่งมีฤทธิ์ระคายเคือง และกรดไฮโปคลอรัสถูกเปลี่ยนต่อไปเป็นกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนมากขึ้น ดังสมการ





นอกจากนี้ไฮโปคลอไรต์จะทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกในกระเพาะอาหารได้เป็นแก๊สคลอรีน (Cl_2) ซึ่งนอกจากจะทำให้เกิดอาการระคายต่อเนื้อเยื่อต่าง ๆ แล้วอาจทำให้เกิด chemical pneumonitis ได้



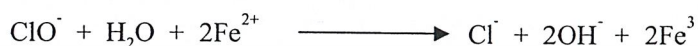
การหายใจเข้าไปทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อเมือกทางเดินหายใจ สัมผัสถูกผิวหนังเกิดการระคายเคืองปานกลาง เกิดผื่นแดงบนผิวหนัง การกลืนหรือการกินเข้าไปเกิดการระคายเคืองต่อเยื่อที่ปากและลำคอ เกิดอาการปวดท้องและแผลเปื่อย การสัมผัสถูกตาจะระคายเคืองอย่างรุนแรง โซเดียมไฮโปคลอไรต์มีผลทำลายปอด ทรวงอก ระบบหายใจ และผิวหนัง

ดังนั้นกระทรวงอุตสาหกรรมจึงประกาศให้โซเดียมไฮโปคลอไรต์เป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 1 (วัตถุอันตรายที่การผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครองต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดด้วย) ตามบัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 5) พ.ศ. 2549 และในมาตรฐานอุตสาหกรรมได้กำหนดให้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์มีอะเวละเบิลคลอรีนในชั้นคุณภาพที่ 1 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก และชั้นคุณภาพที่ 2 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก

นอกจากการนำโซเดียมไฮโปคลอไรต์ไปใช้ในอุตสาหกรรมฟอกผ้าขาวที่ใช้ตามบ้านเรือนแล้วยังสามารถนำไปใช้ในงานอื่น ๆ อีก เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ ใช้บำบัดน้ำใช้ฆ่าเชื้อโรคน้ำ เช่น น้ำประปา น้ำในสระว่ายน้ำ ใช้แซ่วัสคูล์ที่เป็นเลือดของผู้ป่วยที่คาดว่าติดเชื้อไวรัส

หลักการที่ใช้ในการตรวจวัด

การหาปริมาณไฮโปคลอไรต์โดยวิธีที่พัฒนาขึ้น โดยให้ไฮโปคลอไรต์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเหล็ก (II) ที่มีสีเขียวเปลี่ยนไปเป็นเหล็ก (III) ที่มีสีเหลือง และทำการตรวจวัดค่าดูดกลืนแสงของเหล็ก (III) ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตรด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรเมทรี ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้



2.2 ฝรั่ง [1]



รูปที่ 2.1 ใบบและผลฝรั่ง

ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์	
ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Psidium guajava</i> Linn.
ชื่อวงศ์	Myrtaceae
ชื่ออังกฤษ	Guava

ลักษณะของพืช

ฝรั่งเป็นผลไม้เขตร้อน มีถิ่นกำเนิดมาจากอเมริกากลาง และอเมริกาใต้ เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กที่สูงได้ถึง 10 เมตร เปลือกต้นเรียบสีน้ำตาลเทา ล่อนได้ง่าย กิ่งอ่อนจะเป็นสีเขียว ยออ่อนมีขนสั้นๆ ใบเดี่ยวออกตรงกันข้าม สีเขียว รูปใบรี ปลายใบมน หรือมีกึ่งแหลม โคนใบมน ออกดอกเป็นช่อ ช่อละ 2-3 ดอก ดอกย่อยมีสีขาว มีเกสรตัวผู้มากเป็นฝอย ผลดิบมีสีเขียวใบไม้ เมื่อสุกจะเป็นสีเขียวอ่อนปนเหลือง เนื้อในเป็นสีขาวมีกลิ่นเฉพาะ มีเมล็ดมาก

ใบฝรั่ง

สารสกัดจากใบด้วยแอลกอฮอล์ มีฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้เล็กของหนู สารสำคัญในการออกฤทธิ์แก้อาการท้องเสีย สารที่พบคือ Quercetin และ Quercetin-3arabinoside ลดการบีบตัวของลำไส้ โดยยับยั้ง Acetylcholing จึงทำให้หยุดถ่าย ฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียสาเหตุท้องเสีย สารสกัดจากใบด้วยน้ำ สามารถต้านเชื้อ *Shigella dysenteriae* การทดลองทางคลินิกใช้รักษาอาการท้องเสีย มีรายงานการรักษา โดยใช้แคปซูลใบฝรั่งแห้งบดเป็นผง กับคนไข้อุจจาระร่วง 122 คน ชาย 64 คน หญิง 58 คน โดยรับประทาน 2 แคปซูล ๆ ละ 250 มิลลิกรัม ทุก 3 ชั่วโมง 3 วัน พบว่าได้ผลดีกว่า Tetracycline และไม่พบอาการข้างเคียง ใบฝรั่งมีสารแทนนิน (tannin) ซึ่งแทนนินเป็นกลุ่มสารที่พบได้ทั่วไปในพืชเกือบทุกชนิด เป็นสารจำพวก polyphenolic compounds ที่มีโมเลกุลใหญ่ และมีโครงสร้างสลับซับซ้อน แยกให้บริสุทธิ์ได้ยากเพราะไม่ตกผลึก ส่วนใหญ่จะพบในรูปของ glycoside

ชนิดของแทนนิน

แทนนินสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ true tannin มีน้ำหนักโมเลกุล 1000-5000 และ pseudotannin ซึ่งมีโมเลกุลเล็กกว่า แต่มีสมบัติบางอย่างคล้าย true tannin ตัวอย่างของ pseudotannin ได้แก่ gallic acid, catechin, chlorogenic acid และ ipecacuanhic acid

true tannin แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1. Hydrolysable tannin เป็นสารที่ถูกย่อย (hydrolyse) ได้โดยกรดหรือ enzyme tannase สารในกลุ่มนี้มีลักษณะเป็น amorphous สีเหลือง-น้ำตาล ละลายในน้ำร้อนได้เป็น colloidal dispersions มีรสฝาด

2. Condensed tannins เป็นสารที่ไม่ถูกย่อยแต่เมื่อถูกกรด หรือ enzyme จะให้สารสีแดงที่ไม่ละลายน้ำ เรียกสารดังกล่าวว่า phlobaphenes

คุณสมบัติของแทนนิน

1. แทนนินละลายได้ในน้ำ สารละลายต่างเจือจาง แอลกอฮอล์ อะซีโตน แต่ละลายได้

น้อยในตัวทำละลายชนิดอื่นๆ

2. สารละลายของแทนนิน สามารถตกตะกอนโลหะหนัก แอลคาลอยด์ กลัยโคไซด์ โพรตีน และเจลาตินได้

3. เมื่อทำปฏิกิริยากับเกลือของ ferric เช่น ferric chloride จะให้ตะกอนสีน้ำเงิน-ดำกับ hydrolysable tannin ส่วน condensed tannin จะตกตะกอนสีน้ำตาล-เขียว

ในพืชชนิดต่างๆ จะพบแทนนินหลายชนิด พืชบางชนิดพบทั้ง hydrolyable และ condensed tannin

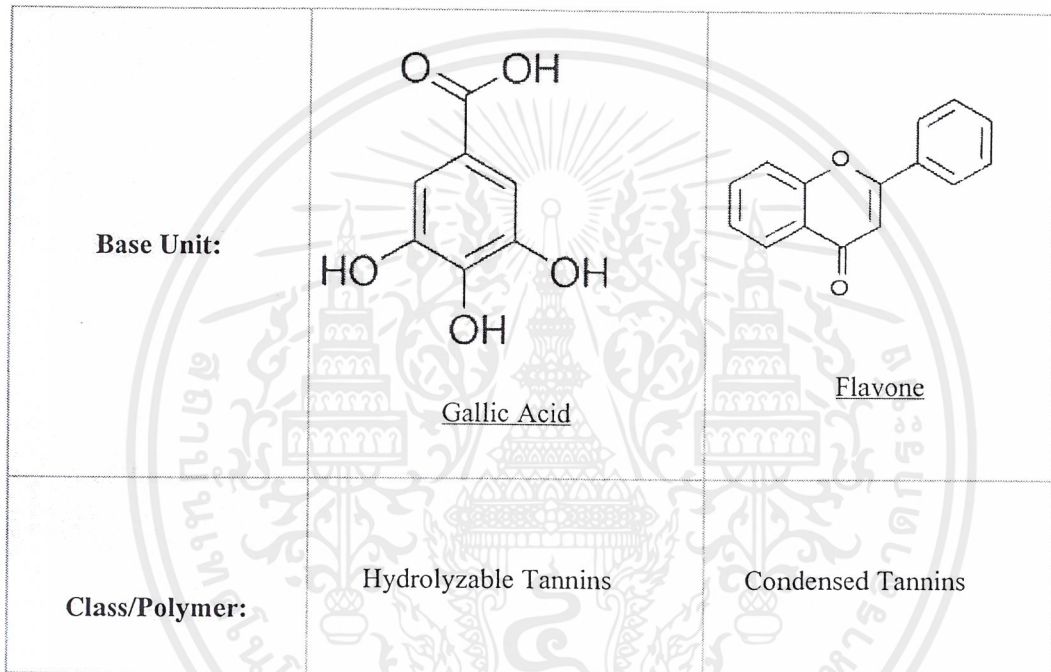
-hydrolyable tannin พบได้ใน เปลือกอบเชย กลิบกฤษณา เปลือกผลและเปลือกต้นทับทิม ใบยูคาลิปตัส เป็นต้น

-condensed tannin พบได้ในเปลือกอบเชย, เมล็ดหมาก, ใบชา และในเปลือกสีเสียด เป็นต้น

-pseudotannins เช่น catechins พบในเปลือกสีเสียด, chlorogenic acid พบในเมล็ดกาแฟ เมล็ดเสลดงใจ เป็นต้น

สารสกัดจากใบฝรั่ง

สารที่สกัดได้จากใบฝรั่งจะมีสารแทนนิน (tannin) อยู่ด้วย ซึ่งสารแทนนินนี้จะเป็นรีเอเจนต์ในการเกิดสารเชิงซ้อนกับเหล็กได้สารละลายที่มีสีม่วง และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเทคนิควิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมทรี



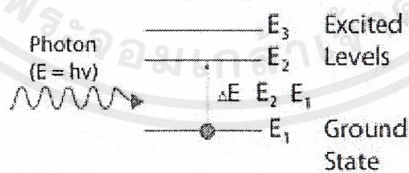
รูปที่ 2.2 แสดงรูปโครงสร้างของสารแทนนิน

2.3 อัลตราไวโอเลตและวิธีเบิลสเปกโทรสโกปี [2]

การดูดกลืนแสงหรือรังสีที่อยู่ในช่วงอัลตราไวโอเลตและวิธีเบิลซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีความยาวคลื่นในช่วงประมาณ 190-800 นาโนเมตร ของสารนั้น ส่วนใหญ่ได้แก่ สารอินทรีย์ (Organic compound) สารเชิงซ้อน (Complex ion) หรือสารอนินทรีย์ (Inorganic compound) สมบัติของสารดังกล่าวนี้ได้นำมาใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณอย่างกว้างขวาง เพราะวิธีนี้ให้ความถูกต้องแม่นยำดีและมีสภาพไว (Sensitivity) สูง ด้วยอาจทำการวิเคราะห์ที่อยู่ในรูปของโมเลกุลหรือไอออนก็ได้ และวิธีวิเคราะห์นี้มีหลักการพื้นฐานตามกฎของเบียร์และแลมเบิร์ต

การดูดกลืนรังสีของสาร[3]

การดูดกลืนรังสีของสารจะเกิดขึ้นเมื่อพลังงานของรังสีที่ได้รับเท่ากับพลังงานที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในโมเลกุลนั้น ๆ การดูดกลืนรังสีนี้เรียกกันว่า การเร้าอิเล็กตรอน และทำให้อิเล็กตรอนตัวหนึ่งไปอยู่ในระดับพลังงานที่สูงกว่าเดิมในทางเคมีอินทรีย์ การเร้าอิเล็กตรอนที่สำคัญที่สุด ได้แก่ การย้ายอิเล็กตรอนจากออร์บิทัลของโมเลกุลที่มีพลังงานสูงสุดและมีอิเล็กตรอนอยู่ไปสู่ออร์บิทัลของโมเลกุลที่ว่างและมีพลังงานต่ำสุด และเนื่องจากโมเลกุลต่าง ๆ ไม่อยู่นิ่งจะสั่นและหมุนอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นการเปลี่ยนสถานะของอิเล็กตรอนทุกครั้งจะต้องทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของการสั่นและการหมุนด้วยเสมอ



รูปที่ 2.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอนใน โมเลกุลนั้นๆ

กฎของเบียร์ และแลมเบิร์ต (Beer and Lambert's Law)

กฎของแลมเบิร์ตมีใจความว่า “เมื่อแสงสีเดียวซึ่งคือแสงความยาวคลื่นเดียวผ่านตัวกลางเนื้อเดียวสัดส่วนของความเข้มของแสงที่ถูกตัวกลางนั้นดูดกลืนไว้ไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงที่ตกกระทบตัวกลางนั้น และความเข้มของแสงจะถูกลดระดับลงตามระดับของตัวกลางดูดกลืนไว้ในสัดส่วนที่เท่ากัน” ซึ่งคือหากให้ลำแสงความยาวคลื่นเดียวผ่านตัวกลางหนึ่งที่เป็นเนื้อเดียวกันแล้ว ความเข้มของลำแสงนั้นจะลดลงเป็นแบบ Exponential กับความหนาของตัวกลาง

กฎของเบียร์มีใจความว่า “เมื่อแสงสีเดียวซึ่งคือแสงความยาวคลื่นเดียวผ่านตัวกลางเนื้อเดียวสัดส่วนของความเข้มของแสงที่ถูกตัวกลางนั้นดูดกลืนไว้จะแปรโดยตรงกับปริมาณของตัวกลางที่ดูดกลืนแสงนั้น “ ซึ่งคือในกรณีที่โมเลกุลของสารต่างก็เป็นอิสระแก่กัน และอิทธิพลของตัวทำละลายคงที่เมื่อความเข้มข้นเปลี่ยนแปลงไป แต่ละโมเลกุลของสารจะดูดกลืนความเข้มของแสงที่ได้รับเป็นสัดส่วนที่เท่ากัน

เมื่อวัดการดูดกลืนแสงของสารละลาย ปริมาณความเข้มของแสงที่ถูกดูดกลืนจะขึ้นอยู่กับทั้งความเข้มข้นของสารละลายและความหนาของสารละลายที่ลำแสงต้องผ่าน จึงจำเป็นต้องรวมกฎของแลมเบิร์ตและกฎของเบียร์เข้าด้วยกันเรียกเป็นกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต และเขียนรูปสมการได้คือ

$$A = \epsilon bc$$

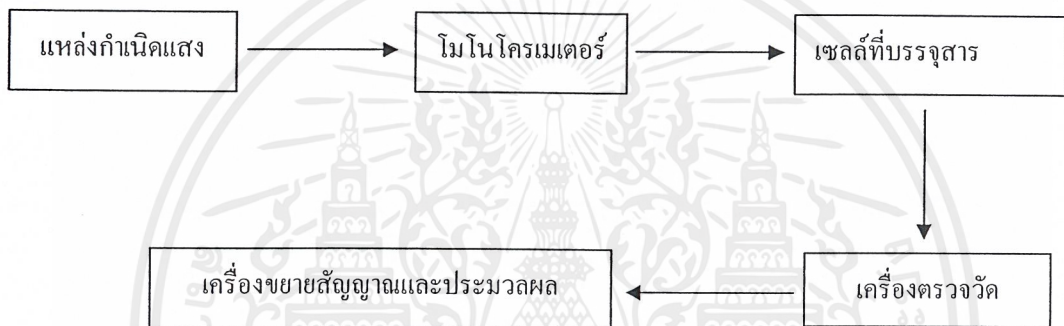
- เมื่อ
- A เป็น ค่าการดูดกลืนแสง
 - ϵ เป็น molar absorptivity
 - b เป็น ความหนาของสารละลายในหน่วยเซนติเมตร
 - c เป็น ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมล/ลิตร

ดังนั้นเทคนิคอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี คือ เทคนิคที่ศึกษาการดูดกลืนแสงของโมเลกุลหรือไอออนที่เกี่ยวข้องกับการทรานสิชันของอิเล็กตรอน โดยทำการวัดปริมาณของแสงที่ผ่านมาจากสารเทียบกับแสงจากแหล่งกำเนิดที่ความยาวคลื่นค่าต่างๆ ตาม

กฎของเบียร์-แลมเบิร์ตคือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารจะแปรผันกับจำนวน โมเลกุลที่มีการดูดกลืนแสง จึงทำให้สามารถระบุชนิดและปริมาณของสารที่มีอยู่ในตัวอย่างได้

2.4 เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ [4]

เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่นำเทคนิคอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโกปีมาใช้งาน โดยทำหน้าที่ในการตรวจวัดความเข้มแสงในช่วงอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลที่ถูกดูดกลืนด้วยตัวอย่างเปรียบเทียบกับความเข้มแสงจากแหล่งกำเนิด



รูปที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบสำคัญของเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโต

1. แหล่งกำเนิดรังสี (source) ที่นิยมใช้มีดังนี้

-หลอดไฮโดรเจนและหลอดควิที่เรียมความดันต่ำ เป็นแหล่งกำเนิดรังสีต่อเนื่องที่ดีที่สุดตั้งแต่ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 160-360 นาโนเมตร ซึ่งเกิดจากการคายพลังงานของไฮโดรเจนหรือควิที่เรียมอะตอมที่อยู่ในสถานะกระตุ้น

-หลอดทังสเตน ประกอบด้วยหลอดทังสเตนอยู่ในหลอดสุญญากาศซึ่งให้รังสีที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ช่วงUV จนถึงช่วง IR

โดยแหล่งกำเนิดรังสีควรมีลักษณะดังต่อไปนี้ ให้ลำแสงที่มีกำลังเพียงพอ ต้องแผ่รังสี (Radiation) ออกมาในช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการและคงที่ตลอดเวลา มิฉะนั้นแล้วผลการวิเคราะห์ที่ได้จะไม่มี ความแม่นยำ

2. โมโนโครเมเตอร์ (Monochromater)

โมโนโครเมเตอร์เป็นชิ้นส่วนสำคัญในการกำหนดคุณภาพของสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่แยกลำรังสีที่มีความยาวคลื่นต่อเนื่องออกเป็นลำรังสีความยาวคลื่นเดียว ในช่วงแสงที่แลเห็นได้อาจใช้ปริซึมแก้ว ส่วนในช่วงยูวี จำเป็นต้องใช้ปริซึมที่ทำด้วยควอตซ์ สำหรับสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่มีราคาแพงมักใช้โมโนโครเมเตอร์แบบ Diffraction grating ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีร่องเป็นจำนวนมากและความกว้างของร่องใกล้เคียงกับความยาวคลื่นของรังสี

3. เซลล์ที่บรรจุสารตัวอย่าง

เซลล์ที่บรรจุสารตัวอย่างหรือคิวเวทท์ (cuvettes) ที่นิยมใช้มีดังนี้

-เซลล์ที่ทำด้วยแก้วใช้งานได้ในช่วงวิสิเบิล ไม่สามารถใช้ในช่วงยูวีได้เนื่องจากแก้วธรรมดาดูดกลืนแสงในช่วงยูวีได้

-เซลล์ที่ทำด้วยซิลิกา (Silica) และควอตซ์ (Quartz) ใช้ได้ทั้งในช่วงยูวีและวิสิเบิล

4. เครื่องตรวจวัด (Detector)

เครื่องตรวจวัดทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ ใช้ได้ในช่วงความยาวคลื่นกว้างๆ ว่องไวต่อแสงที่มีความเข้มต่ำ มี Response time ที่เร็ว

สัญญาณไฟฟ้าที่ออกมาสามารถขยายได้ง่าย สัญญาณที่ได้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับพลังงานแสงที่ตกกระทบ และที่นิยมใช้มีดังนี้

-Phototube เป็นหลอดที่ทำด้วยแก้วหรือซิลิกา ภายในหลอดเกือบเป็นสุญญากาศ ที่ขั้วแคโทดฉาบด้วยสารที่สามารถให้อิเล็กตรอนเมื่อถูกแสง แล้วอิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังขั้วแอโนด จากนั้นวัดกระแสไฟฟ้าที่ได้

-Photomultiplier tube เป็นหลอดที่ขั้วแคโทดฉาบด้วยสารที่สามารถให้อิเล็กตรอนได้เมื่อถูกแสง โดยจะทำการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง จากนั้นสัญญาณจะถูกขยายให้มากขึ้น ซึ่งเหมาะแก่การวัดแสงที่มีกำลังต่ำ

5. เครื่องขยายสัญญาณและประมวลผล (Signal Processors and Data Read Out)

สัญญาณที่ได้จากเครื่องตรวจวัดจะเข้าสู่กระบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ คือ ขยายสัญญาณให้มากขึ้น หรืออาจเปลี่ยนสัญญาณ D.C. เป็น A.C. หรือ A.C. เป็น D.C. อาจมีการกรองสัญญาณที่ไม่ต้องการออกไป และทำการประมวลผลให้ข้อมูลออกมาในรูปของสเปกตรัมหรือตัวเลข

2.4 ไอโอดิเมทรี (iodometry) [5]

ไอโอดิเมทรี (iodometry) คือการไทเทรตไอโอดีนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างสารที่สนใจไปออกซิไดส์สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ และปริมาณของไอโอดีนที่เกิดขึ้นนำมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต เนื่องจากมีสารน้อยชนิดที่สามารถรีดิวส์ไอโอดีนได้ ในกรณีที่ต้องการวิเคราะห์ปริมาณไอโอไดด์ไอออน จะเติมสารที่เป็นออกซิไดส์จำนวนมากเกินพอลงในสารละลายไอโอไดด์ในสภาวะกรด แล้วไทเทรตไอโอดีนที่เกิดขึ้นด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต โดยใช้น้ำเป้งเป็นอินดิเคเตอร์ ส่วนในกรณีหาปริมาณสารที่เป็นตัวออกซิไดส์ก็จะเติมสารละลายไอโอไดด์จำนวนมากเกินพอลงในตัวอย่าง แล้วทำการไทเทรตหาปริมาณไอโอดีนที่เกิดขึ้นด้วยสารละลายมาตรฐานไทโอซัลเฟต

ความผิดพลาดที่มีอิทธิพลต่อการไทเทรตไอโอโดเมทรีมี 2 แหล่ง คือ

1. การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับอากาศของสารละลายไอโอไดค์ในกรด แก๊ซโดยการเติม โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate) ที่มากเกินไป
2. ไอโอดีนจะสูญหายไปเนื่องจากการระเหิด ดังนั้นจึงต้องรีบไทเทรตทันทีที่เกิดไอโอดีนขึ้น และควรมีจุกปิดระหว่างการไทเทรต

อินดิเคเตอร์และจุดยุติ

ไอโอดีนในสารละลายไอโอไดค์ไอออนในน้ำ มีสีเหลืองเข้มจนถึงน้ำตาลสารละลายไอโอดีนที่เข้มข้น 1.0×10^{-5} N จะมีสีเหลืองอ่อน ดังนั้นสารละลายที่ปราศจากสี สามารถใช้ไอโอดีนเป็นตัวชี้บอกจุดยุติเองได้ สำหรับน้ำแข็งได้รับการยอมรับให้เป็นอินดิเคเตอร์เนื่องจากให้สีที่จุดยุติได้ชัดเจน ในบางครั้งอาจใช้วิธีการสกัดไอโอดีนด้วยตัวทำละลายอินทรีย์บางชนิด เช่น คาร์บอนเตตระคลอไรด์ ซึ่งปรากฏสีของไอโอดีนในชั้นของสารอินทรีย์ดังกล่าวมีสีเข้มกว่าในชั้นน้ำ แต่วิธีนี้ใช้เวลานานกว่าการใช้น้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์ เพราะต้องรอให้ไอโอดีนละลายเข้าสู่ชั้นของสารอินทรีย์

แป้งทำปฏิกิริยากับไอโอดีนเมื่อมีไอโอไดค์ไอออนให้สารเชิงซ้อนสีน้ำเงินเข้มเนื่องจากไอโอดีนสอดซบบนผิวของคอลลอยด์ของแป้ง และจะกลายเป็นไม่มีสีเมื่อไอโอดีนถูกรีดิวส์เป็นไอโอไดค์ไอออน ความไวของการปรากฏสีน้ำเงินจะเกิดขึ้นเมื่อปริมาณไอโอดีนเป็น 2×10^{-5} M และความเข้มข้นของไอโอไดค์มีค่ามากกว่า 4×10^{-5} M ที่ 20°C และสีจะจางลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ไม่สามารถใช้น้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์ในภาวะความเข้มข้นของกรดสูง ๆ เนื่องจากแป้งจะเกิดการไฮโดรลิซิส

น้ำแข็งที่เตรียมโดยปราศจากสารกันบูดจะสามารถเก็บไว้ได้นาน 2-3 วัน การเติมสารกันบูดจะช่วยยับยั้งแบคทีเรีย และสามารถเก็บไว้ได้นานหลายสัปดาห์หรือเป็นเดือน วิธีการเก็บรักษาน้ำแข็งเลือกทำได้โดยวิธีใดวิธีหนึ่ง ดังนี้ (1) เดิมเมอร์คิวริกไอโอไดค์ (2)

เติมกรดบอริก (boric acid) จำนวน 1 กรัมต่อน้ำแข็ง 100 ml (3) เติมกรดฟลูออริก (fluoric acid) 0.1 กรัมต่อสารละลาย 100 mL หรือ (4) ทำให้อิมัลชันด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์

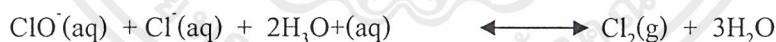
การหาปริมาณคลอรีนที่ได้ในผงฟอกสี (Available chlorine in bleaching powder)

ความแรงของสารฟอกสีมีมากน้อยเพียงใด สามารถพิจารณาได้จาก ปริมาณคลอรีนที่ได้ (Available chlorine) ผงฟอกสีในทางการค้า เป็นของผสมระหว่างแคลเซียมไฮโปคลอไรด์ $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ และเบซิกคลอไรด์ของแคลเซียม $\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ หมู่ที่มีสมบัติในการฟอกสีและมีพลังในการกำจัดความสกปรกทำให้ผ้าขาวขึ้น ได้แก่ หมู่ไฮโปคลอไรต์ (ClO^-) สำหรับสารฟอกสีที่เป็นของเหลวจะมีสารหลัก คือ โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) ประมาณ 5.2 %w/w มีความหนาแน่น ~1.084 g/ml

ปริมาณคลอรีนที่ได้จากผงฟอกสี หมายถึง แก๊สคลอรีนอิสระซึ่งเกิดเนื่องจากนำผงฟอกสีทำปฏิกิริยากับกรดที่เจือจาง ปกติจะรายงานเป็นร้อยละโดยน้ำหนักของกรดคลอรีน (Cl_2) ที่เกิดจากผงฟอกสีนั้น ซึ่งเป็นเครื่องชี้บอกความแรงของการเป็นสารออกซิไดส์ของสารฟอกสี โดยไฮโปคลอไรต์ (ClO^-) จะทำหน้าที่เป็นสารออกซิไดส์ ดังสมการ



สารที่มีประสิทธิภาพในการฟอกสี คือ ไฮโปคลอไรต์ เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดที่เจือจางลงจะทำให้เกิดแก๊สคลอรีน ดังสมการ



ในการหาปริมาณคลอรีนที่ได้จากผงฟอกสีด้วยวิธีไอโอโดเมทรี ทำโดยนำผงฟอกสีหรือผงคลอรีนมาผสมกับน้ำให้เป็นสารละลายหรือสารแขวนลอย แล้วให้ทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่มีจำนวนมากเกินพอและมีกรดแอสซิดิกอยู่ด้วย



จากสมการทั้งสองข้างบนจะเห็นว่าถ้าผงฟอกสีทำให้เกิดไอโอดีน 1 โมล ผงฟอกสีนั้นจะประกอบด้วยคลอรีน(Cl_2) 1 โมล (2×35.453 กรัม)

ไอโอดีนที่เกิดขึ้นในสารละลายที่มีไอโอดัดจะอยู่ในรูปไตรไอโอดัด (I_3^-) ซึ่งหาปริมาณโดยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานไทโธซัลเฟตดังสมการ



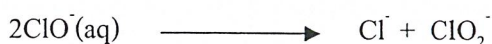
เมื่อรวมสมการทั้งสอง ได้ผลดังนี้คือ



การรายงานปริมาณคลอรีนที่ได้ในสารฟอกสี โดยคิดเป็นปริมาณคลอรีนอิสระที่เข้าทำปฏิกิริยากับไอโอดัดไอออนแล้วให้ไอโอดีน ซึ่งทำปฏิกิริยากับสารละลายมาตรฐานไทโธซัลเฟต ดังสมการ

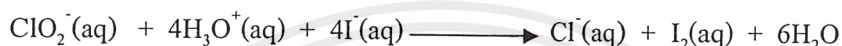


นั่นคือ คลอรีนที่ได้ 1 โมล หรือ ClO^- 1 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 2 โมล ผงฟอกสีที่ขึ้นหรือเก็บไว้เป็นเวลานาน ๆ ไฮโปคลอไรต์จะค่อยๆเปลี่ยนไปเป็นคลอไรต์และคลอเรตเล็กน้อย





คลอไรต์มีสมบัติเป็นตัวออกซิไดส์เหมือนกัน เมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์และกรดแอสซิติคให้ได้ไอโอดีนเกิดขึ้นอย่างช้า สำหรับคลอไรต์จะไม่ทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไอโอไดด์ในกรดแอสซิติค นอกจากสารละลายนั้นจะมี H_3O^+ ที่มีความเข้มข้นสูง



ดังนั้นในการหาปริมาณของคลอรีนอิสระในผงฟอกสีที่ขึ้น ๆ เป็นเวลานาน ๆ โดยให้ทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ในกรดแอสซิติค ที่จุดยุติสีน้ำเงินของไอโอดีนกับน้ำแป้งจะเข้มข้นเมื่อตั้งทิ้งไว้สักครู่ เนื่องจากการทำปฏิกิริยาที่ช้าของคลอไรต์ในสารละลายกรดแอสซิติค แต่ถ้าเราใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก 3.0 M แทนกรดแอสซิติคทั้งไฮโปคลอไรต์และคลอไรต์ จะทำปฏิกิริยาหมด

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

A.P. Soldatkin, D.V. Gorchkov, C. Martelet และ N. Jaffrezic- Renault [6] ได้ทำการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ความเข้มข้นของไฮโปคลอไรต์ (HOCl/OCl^-) ในสารละลายน้ำโดยใช้วิธีที่เกี่ยวกับทางชีวเคมีซึ่ง Acetylcholine ไวต่อ sensitive enzyme sensor based on ion sensitive field effect transistors (ENFET) สามารถเตรียมได้โดยเชื่อมพันธะระหว่าง acetylcholinesterase (AChE) กับ albumin ซึ่งเป็นเลือดที่อยู่ในสัตว์จำพวกวัวใน glutaraldehyde ที่อิมมัลชันมีสถานะเป็นไอออนบนแผ่น sensor ชิดจำกัดในการตรวจวัดของ HOCl/OCl^- น้อยที่สุดคือ 10^{-5} M และที่ pH 6.0 – 6.5 ไฮโปคลอไรต์ 90-100% อยู่ในรูปของกรดไฮโปคลอรัส โดย sensitivity ของ biosensor ที่ได้พัฒนาเพื่อตรวจวัดสารจำพวกไฮโป

คลอไรด์ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ acetylcholine และเวลาที่ให้หยุดปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยานี้สามารถช่วยเพิ่ม sensitivity ของ pyridine-2-aldoxime methylodide (PAM-2) ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าเป็นสารที่ทำให้ HOCl/OCl⁻ เป็นกลไกที่เกี่ยวข้องมากกว่าการหยุดปฏิกิริยาเคมีในกรณีของ organophosphorous pesticides

A. Sakai, D.G. Hendrickson และ W.H. Hendrickson [7] ทำการศึกษากลไกของปฏิกิริยาออกซิเดชันของปฏิกิริยาการแทนที่ในตำแหน่ง para ของ 1-phenylethanol กับไฮโดรเจนไฮโปคลอไรต์ในกรดแอซิดิก โดยค่า -1.8 เป็นค่า ρ ของปฏิกิริยาออกซิเดชันนี้ซึ่ง ketone ที่เกิดขึ้นนั้นได้มาจากแอลกอฮอล์ที่สูญเสียไฮโดรเจนค่า kinetic isotope effect คือ 3.0 เมื่อตัวออกซิเดนต์ หายไปตามด้วยการไทเทรตแบบไอโอโดเมทรี 5-nonanol ถูกออกซิไดซ์ประมาณ 20 ครั้งซึ่งเร็วกว่าการสลายตัวของ 1-butylpentyl hypochlorite อย่างไรก็ตามเมื่อเติมไฮโดรเจนคลอไรด์ลงใน alkyl hypochlorite อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะประมาณนี้เหมือนกัน

D. Kuakpetoon และ Y.J. Wang [8] ได้ทำการศึกษากลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไฮโปคลอไรต์ในแป้งซึ่งเป็นเรื่องทั่วไป แต่ถูกจำกัดด้วยข้อมูลของการกระจายตำแหน่งของการออกซิเดชันภายใน granule ของแป้ง ในงานวิจัยนี้ทำการหาตำแหน่งซึ่งเกิดการออกซิเดชันภายใน granule ของแป้งข้าวโพดโดยแปรผันไปตามจำนวนของ amylase ซึ่งรวมไปถึงแป้งข้าวโพดที่มีลักษณะขี้ผึ้ง (WC), แป้งข้าวโพดธรรมดา (CC), และแป้งข้าวโพดที่มีปริมาณ amylase สูงถึง 50% และ 70% (AWC) แป้งข้าวโพดที่ถูกออกซิไดซ์ทำให้ผิวหน้าเป็นเจลาตินโดยใช้ 13 M LiCl ในปริมาณที่ต่างกัน (10%, 20%, 30% และ 40%) ผิวหน้าที่เป็นเจลาติน ที่มี granule อยู่ด้วยนั้นจะถูกแยกและศึกษาคุณสมบัติของโครงสร้างรวมถึงจำนวน carboxyl, amylase การแบ่งความยาวสายโซ่ของ amylopectin คุณสมบัติทางความร้อนและคุณสมบัติการบวมน้ำ การออกซิเดชันเกิดที่ lamellae ที่มีรูปร่างไม่แน่นอนเป็นส่วนใหญ่ หมู่ carboxyl จำนวนมากถูกพบที่ periphery มากกว่าที่แกนกลางของ granule ของแป้งซึ่งพบว่าเป็นของแป้งข้าวโพดที่มีปริมาณ amylase ถึง 70% (AWC) เป็นส่วนใหญ่

amylase ส่วนมากเกิด depolymerization จากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นที่ periphery ของ CC สำหรับ WC และ CC amylopectin สายโซ่ยาว ($> DP36$) มีแนวโน้มที่จะ depolymerization โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันคุณสมบัติที่เป็นวุ้นนั้นถูกวัดโดย scanning calorimetry โดยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างใน amylopectin จากปฏิกิริยาออกซิเดชันแบ่งที่ ถูกออกซิไดซ์จะมีขนาดมากกว่าอันที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่ระดับของการเอาผิวหน้าออกไป งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นตำแหน่งของการออกซิเดชันและการจัดเรียงตัวของโมเลกุลภายใน granule ของแป้ง ซึ่งมีผลกับคุณสมบัติทางเคมีกายภาพกับแป้งที่ถูกออกซิไดซ์

H. Ohura, T. Imato และ S. Yamasaki [9] ได้ทำการพัฒนาวิธีวิเคราะห์สปีชีส์ของ oxychlorine พร้อมกัน เช่น $ClO_3^- - ClO_2^-$ และ $ClO_3^- - HClO$ โดยใช้วิธี rapid potentiometric flow injection โดยใช้ทั้ง redox electrode detector และสารละลายบัฟเฟอร์ Fe(III)-Fe(II) ที่มีคลอไรด์อยู่ด้วย พื้นฐานของวิธีวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับ การตรวจวัดประจุที่เป็น transient potential จำนวนมากของ redox electrode เนื่องจากคลอไรด์ที่เกิดโดยผ่านปฏิกิริยาของสปีชีส์ oxychlorine กับคลอไรด์ในสารละลายบัฟเฟอร์ ความไวของ HClO และ ClO_2^- ที่ได้จากประจุที่เป็น transient potential ที่เพิ่มขึ้น 700-800 ซึ่งมากกว่าการใช้ equilibrium potential ชีดจำกัดของการตรวจวัดของวิธีนี้สำหรับ HClO และ ClO_2^- นั้นต่ำเท่ากับ 5×10^{-8} M กับการใช้สารละลายบัฟเฟอร์ 5×10^{-4} M Fe(III)- 1×10^{-3} M Fe(II) ที่มี 0.3 M KCl และ 0.5 M H_2SO_4 ในทางตรงข้ามความไวของ ClO_3^- นั้นต่ำเมื่อใช้สารละลายบัฟเฟอร์ที่มี 0.5 M H_2SO_4 แต่จะเพิ่มขึ้นมากเมื่อเพิ่มความเป็นกรดของสารละลายบัฟเฟอร์ชีดจำกัดของการตรวจวัดสำหรับ ClO_3^- คือ 2×10^{-6} M กับการใช้สารละลายบัฟเฟอร์ 5×10^{-4} M Fe(III)- 1×10^{-3} M Fe(II) ที่มี 0.3 M KCl และ 9 M H_2SO_4 การใช้ประโยชน์ความแตกต่างในการเกิดปฏิกิริยาของสปีชีส์ oxychlorine กับสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีคลอไรด์ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ไปพร้อมกันที่ พัฒนาขึ้นเพื่อที่จะตรวจวัดสารละลายผสมของ $ClO_3^- - ClO_2^-$ และ $ClO_3^- - HClO$ ประจุที่เป็น transient potential กับการใช้สารละลายบัฟเฟอร์ที่มีความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่แตกต่างกันในช่วงความเข้มข้นของการวิเคราะห์สปีชีส์ของ oxychlorine คือ $2 \times 10^{-5} - 2 \times 10^{-4}$ M สำหรับ

ClO_3^- และ $1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ สำหรับ HClO และ ClO_2^- reproducibility ของวิธีนี้อยู่ในช่วง 1.5 – 2.3 % กลไกปฏิกิริยาสำหรับประจุที่เป็น transient potential ของวิธีนี้ก็ได้รับการอธิบายไว้ด้วยเหมือนกันซึ่งขึ้นอยู่กับผลการทดลองในแต่ละครั้ง การใช้วิธีนี้เพื่อจะหาปริมาณของสปีชีส์ oxychlorine ในสารตัวอย่างที่เป็นน้ำ และการค้นพบวิธีนี้เพื่อที่จะให้ผลของการวิเคราะห์ของ HClO นั้นดีกับที่ได้โดยวิธี O-tolidine และเพื่อที่จะให้ค่า recovery ของ ClO_3^- นั้นดีเมื่อเติมลงในสารตัวอย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

1. เหล็ก (II) ซัลเฟต, FeSO_4 เกรดวิเคราะห์, บริษัท CARLO ERBA REAGENTI
2. กรดซัลฟูริก, H_2SO_4 , เกรดวิเคราะห์, บริษัท BDH Laboratory Supplies
3. โซเดียมไฮโปคลอไรต์ 7%±0.2%, NaClO , เกรดวิเคราะห์, บริษัท CARLO ERBA REAGENTI
4. โซเดียมไทโอซัลเฟต, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, เกรดวิเคราะห์, บริษัท Ajax Finechem
5. โซเดียมคาร์บอเนต, Na_2CO_3 , เกรดวิเคราะห์, บริษัท CARLO ERBA REAGENTI
6. โพแทสเซียมไอโอเดต, KIO_3 , เกรดวิเคราะห์, บริษัท CARLO ERBA REAGENTI
7. แป้ง, starch soluble, เกรดวิเคราะห์, บริษัท CARLO ERBA REAGENTI
8. กรดแอสซิติค, CH_3COOH , เกรดวิเคราะห์, บริษัท Mallinckrodt Baker, Inc.
9. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาว

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร
2. ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร
3. ขวดวัดปริมาตร ขนาด 1000 มิลลิลิตร
4. กรวยกรอง
5. แท่งคนสาร

6. กระบอกรน้ำกลั่น
7. ซ้อนตักสาร
8. หลอดหยด
9. ขวดสีน้ำตาล
10. เต้าไฟฟ้า
11. บีเปต ขนาด 25 มิลลิลิตร
12. บีเปต ขนาด 5 มิลลิลิตร
13. บีเปต ขนาด 2 มิลลิลิตร
14. ขวดรูปกรวย ขนาด 250 มิลลิลิตร
15. บิวเรต

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น UV-160 บริษัท Shimadzu

เครื่องชั่ง รุ่น A2105 บริษัท Sartorius

3.2 การเตรียมสารละลายเคมี

3.2.1 สารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟตเข้มข้น 100 ppm

เตรียมได้โดยชั่งเหล็ก (II) ซัลเฟต ให้ได้น้ำหนักใกล้เคียง 1.40 กรัม โดยใช้เครื่องชั่งที่มีทศนิยม 4 ตำแหน่ง ละลายในน้ำกลั่น และทำให้สารละลายมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตรคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย

3.2.2 สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1.0 M

เตรียมได้โดยตวงสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc.H₂SO₄) ปริมาตร 5.50 มิลลิลิตรด้วยกระบอกตวงแล้วเทใส่ในบีกเกอร์ที่มีน้ำกลั่นบรรจุอยู่ 95 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนสารละลายให้เข้ากันปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3.2.3 สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตเข้มข้น 0.10 M

เตรียมได้โดยละลาย 25 กรัมของโซเดียมไทโอซัลเฟต (Na₂S₂O₃·5H₂O) ในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดแล้ว และทำให้เย็นใหม่ ๆ เติม 0.10 กรัม โซเดียมคาร์บอเนตลงไป แล้วปรับให้ปริมาตรของสารละลายเป็น 1 ลิตร ในขวดวัดปริมาตรเก็บสารละลายนี้ในขวดสีน้ำตาล สารละลายนี้ควรไทเทรตหาความเข้มข้นก่อนใช้ทุกวัน

3.2.4 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดตเข้มข้น 0.17 M

นำโพแทสเซียมไอโอเดต (KIO₃) ไปทำให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 120° C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำมาทำให้เย็นในเดสซิเคเตอร์ ชั่งโพแทสเซียมไอโอเดตที่ได้ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนและใกล้เคียงกับ 0.356 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและทำให้สารละลายมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายนี้

3.2.5 สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์เข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

เตรียมได้โดยละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์(KI) ชนิดรีเอเจนต์เกรด 10 กรัมในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

3.2.6 0.20 M Acetate Buffer

3.2.6.1 Acetic acid 0.2 M

ตวงกรดแอสซิติค 11.55 มิลลิลิตร โดยใช้กระบอกตวงเทใส่ในบีกเกอร์ที่มีน้ำกลั่นบรรจุอยู่ประมาณ 1000 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนสารละลายให้เข้ากัน ทำการปรับปริมาตร

3.2.6.2 Sodium acetate 0.20 M

ชั่ง Sodium acetate หนัก 1.60 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรจนครบ 1000 มิลลิลิตร

3.2.6.3 สารละลาย Sodium acetate buffer pH 4.8

ผสม Acetic acid 0.20 M และ Sodium acetate 0.20 M ในอัตราส่วน 20:30 โดยปริมาตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร วัดค่า pH ให้ได้ pH 4.8

3.2.7 สารสกัดจากใบฝรั่งเข้มข้น 4% w/v

เตรียมได้โดยชั่งใบฝรั่งสดที่ล้างสะอาดจำนวน 10 กรัม เติม 0.20 M acetate buffer ปริมาตร 150 มิลลิลิตร นำไปปั่นนาน 5 นาที แล้วกรองผ่านกระดาษกรอง what man เบอร์ 2 ด้วยเครื่องกรองลดความดัน นำสารที่กรองได้ 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย 0.20 M acetate buffer จนถึงขีดบอกริมาตร

3.2.8 น้ำแป้ง

เตรียมได้โดยนำ 1 กรัมของแป้งที่ละลายน้ำได้ (soluble starch) มาละลายในน้ำเล็กน้อย คนให้แป้งเปียกในบีกเกอร์ เทน้ำร้อนที่เดือด 100 มิลลิลิตร ลงไปแล้วคนให้แป้ง

ละลาย ต้มสารละลายที่ได้ 1 นาที แล้วทำสารละลายให้เย็น เติม 2 กรัม โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) คนสารละลายให้ผสมกันแล้วเก็บไว้ในขวดที่มีจุกปิด

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

3.3.1 การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ โดยใช้สารสกัดจากใบฝรั่งเป็นรีเอเจนต์

3.3.1.1 การหาค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสม

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ โดยปีเปตสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ที่มีความเข้มข้น 0.1637 M มา 2.40 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร

2. ปีเปตสารละลายมาตรฐานที่เตรียมได้ในข้อ 1 ปริมาตร 0.10, 0.50, 1.00, 1.50, และ 2.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตรแต่ละใบ ปีเปตสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต เข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปีเปตสารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.10 M ปริมาตร 0.50 มิลลิลิตร และปีเปตสารสกัดจากใบฝรั่งเข้มข้น 4%w/v ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรแต่ละใบ และเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

3. นำสารละลายที่เตรียมขึ้นมาสแกนสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 400-800 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

3.3.1.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ โดยปีเปตสารละลายไฮโปคลอไรต์ เข้มข้น 0.1637 M มา 2.40 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

2. ปิเปตสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ที่เตรียมได้จากข้อ 1 ปริมาตร 0.10, 0.50, 1.00, 1.50, และ 2.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตรแต่ละใบ ปิเปตสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต เข้มข้น 50 ppm ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.010 M ปริมาตร 0.50 มิลลิลิตร และสารสกัดจากใบฝรั่งเข้มข้น 4%w/v ปริมาตร 5 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดวัดปริมาตรแต่ละใบ และเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกริมาตร

3. นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร

4. ทำการทดลองซ้ำข้อ 2-3 โดยเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต เป็น 100, 150 และ 200 ppm ตามลำดับ

3.3.1.3 การศึกษาผลของความเข้มข้นของ สารสกัดจากใบฝรั่ง

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ โดยปิเปตสารละลายไฮโปคลอไรต์ เข้มข้น 0.1637 M มา 2.40 มิลลิลิตรใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกริมาตร

2. ปิเปตสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ที่เตรียมได้จากข้อ 1 ปริมาตร 0.10, 0.50, 1.00, 1.50, และ 2.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตรแต่ละใบ ปิเปตสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต เข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.010 M ปริมาตร 0.50 มิลลิลิตร และสารสกัดจากใบฝรั่งเข้มข้น 2%w/v ปริมาตร 5 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดวัดปริมาตรแต่ละใบ และเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกริมาตร

3. นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร

4. ทำการทดลองซ้ำข้อ 2-3 โดยเปลี่ยนความเข้มข้นของสารสกัดจากใบฝรั่งเป็น 4, 6 และ 8%w/v ตามลำดับ

3.3.1.4 การศึกษาผลของการเตรียมสารสกัดจากใบฝรั่งเข้มข้น 4% w/v

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ โดยปีเปตสารละลายไฮโปคลอไรต์เข้มข้น 0.1637 M มา 2.40 มิลลิลิตรใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

2. ปีเปตสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ที่เตรียมได้จากข้อ 1 ปริมาตร 0.10, 0.50, 1.00, 1.50, และ 2.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตรแต่ละใบ ปีเปตสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต เข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปีเปตสารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.10 M ปริมาตร 0.50 มิลลิลิตร และสารสกัดจากใบฝรั่งเข้มข้น 4%w/v ที่เตรียมจากน้ำ ปริมาตร 5 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดวัดปริมาตรแต่ละใบ และเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

3. นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร

4. ทำการทดลองซ้ำข้อ 2-3 โดยเปลี่ยนสารสกัดจากใบฝรั่งที่เตรียมจาก Acetate buffer pH 4.8, กรด pH1, pH3, เบส pH9 และ pH11 ตามลำดับ

3.3.1.5 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ โดยปีเปตสารละลายไฮโปคลอไรต์เข้มข้น 0.1637 M มา 2.40 มิลลิลิตรใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

2. ปิเปตสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ที่เตรียมได้จากข้อ 1 ปริมาตร 0.10, 0.50, 1.00, 1.50, และ 2.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตรแต่ละใบ ปิเปตสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต เข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.01 M ปริมาตร 0.50 มิลลิลิตร และสารสกัดจากใบฝรั่งเข้มข้น 4%w/v ที่เตรียมจาก Acetate buffer pH 4.8 ปริมาตร 5 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดวัดปริมาตรแต่ละใบ และเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

3. นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร

4. ทำการทดลองซ้ำข้อ 2-3 โดยเปลี่ยนความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกเป็น 0.02, 0.04, 0.08, 0.10, 0.50, 1.00, และ 2.00 M ตามลำดับ

3.3.1.6 การศึกษาผลของระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ โดยปิเปตสารละลายไฮโปคลอไรต์ เข้มข้น 0.1637 M มา 2.40 มิลลิลิตรใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

2. ปิเปตสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ที่เตรียมได้จากข้อ 1 ปริมาตร 0.10, 0.50, 1.00, 1.50, และ 2.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตรแต่ละใบ ปิเปตสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต เข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.10 M ปริมาตร 0.50 มิลลิลิตร และสารสกัดจากใบฝรั่งเข้มข้น 4%w/v ที่เตรียมจาก Acetate buffer pH 4.8 ปริมาตร 5 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดวัดปริมาตรแต่ละใบ และเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร จับเวลา 5 นาที

3. นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร

4. ทำการทดลองซ้ำข้อ 2-3 โดยเปลี่ยนเวลาเป็น 10, 20 และ 30 นาที ตามลำดับ

3.3.2 การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ด้วยเทคนิควิลิเบิลสเปกโตรโฟโตเมทรีที่พัฒนาขึ้น

3.3.2.1 ช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ โดยปีเปตสารละลายไฮโปคลอไรต์เข้มข้น 0.1637 M มา 2.40 มิลลิลิตรใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร
2. ปีเปตสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ที่เตรียมได้จากข้อ 1 ปริมาตร 0.10, 0.50, 1.00, 1.50, และ 2.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตรแต่ละใบ ปีเปตสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟตเข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปีเปตสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.10 M ปริมาตร 0.50 มิลลิลิตร และสารสกัดจากใบฝรั่งเข้มข้น 4%w/v ที่เตรียมจาก Acetate buffer pH 4.8 ปริมาตร 5 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดวัดปริมาตรแต่ละใบ และเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร
3. นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร ที่เวลา 5 นาที
4. ทำการสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายไฮโปคลอไรต์

3.3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในสารตัวอย่าง

3.3.3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรีที่พัฒนาขึ้น

1. ปีเปตผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาวตัวอย่างที่ 1 มา 0.50 มิลลิลิตรใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร
2. ปีเปตสารละลายที่เตรียมได้จากข้อมา 1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตรทั้งหมด 7 ขวด ปีเปตสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟตเข้มข้น 100

ppm ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.10 M ปริมาตร 0.50 มิลลิลิตร และสารสกัดจากใบฝรั่งเข้มข้น 4%w/v ที่เตรียมจาก Acetate buffer pH 4.8 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรแต่ละใบ และเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

3. นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร ที่เวลาการเกิดปฏิกิริยา 5 นาที

4. ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-3 โดยเปลี่ยนสารตัวอย่างเป็นผลิตภัณฑ์ซักรีดผ้าขาว ตัวอย่างที่ 2 และตัวอย่างที่ 3 ตามลำดับ

5. คำนวณหาค่า %RSD

3.3.3.1.1 ความเที่ยงของวิธีการวิเคราะห์

1. ปิเปตผลิตภัณฑ์ซักรีดผ้าขาวตัวอย่างที่ 1 มา 0.50 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

2. ปิเปตสารละลายที่เตรียมได้จากข้อ 1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ทั้งหมด 7 ขวด ปิเปตสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต เข้มข้น 100ppm ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.10 M ปริมาตร 0.50 มิลลิลิตร และสารสกัดจากใบฝรั่งเข้มข้น 4%w/v ที่เตรียมจาก Acetate buffer pH 4.8 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรแต่ละใบ และเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

3. นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร ที่เวลาในการเกิดปฏิกิริยา 5 นาที

4. ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-3 โดยเปลี่ยนสารตัวอย่างเป็นผลิตภัณฑ์ซักรีดผ้าขาว ตัวอย่างที่ 2 และตัวอย่างที่ 3 ตามลำดับ

5. คำนวณหาค่า %RSD

3.3.3.1.2 ความเที่ยงของการวัด

1. ปิเปตผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาวตัวอย่างที่ 1 มา 0.50 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร
2. ปิเปตสารละลายที่เตรียมได้จากข้อ 1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ทั้งหมด 3 ขวด ปิเปตสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต เข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.10 M ปริมาตร 0.50 มิลลิลิตร และสารสกัดจากใบฝรั่งเข้มข้น 4%w/v ที่เตรียมจาก Acetate buffer pH 4.8 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรแต่ละใบ และเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร
3. นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร ที่เวลาการเกิดปฏิกิริยา 5 นาที
4. ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-3 โดยเปลี่ยนสารตัวอย่างเป็นผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาวตัวอย่างที่ 2 และตัวอย่างที่ 3 ตามลำดับ
5. คำนวณหาค่า %RSD

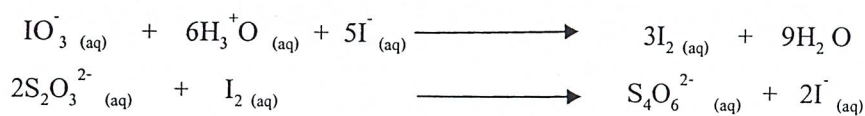
3.3.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ด้วยวิธีมาตรฐานการไทเทรตแบบไอโอดิเมทรี

ตอนที่ 1 หาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต

1. ปิเปตสารละลายโพแทสเซียมไอโอดेटมา 25 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติม 10 มิลลิลิตรของสารละลายโพแทสเซียมไอโอดेटเข้มข้นร้อยละ 10 และ 5 มิลลิลิตรของสารละลาย 1.0 M H_2SO_4
3. นำสารละลายที่ได้มาไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตจากบิวเรตจนสารละลายที่ได้มีสีชาอ่อน แล้วจึงเติมน้ำเป้ง 2 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีน้ำเงิน

4. นำไปไทเทรตต่อจนสีน้ำเงินจางหายไป ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งผลที่ได้ ปริมาตรไม่ควรแตกต่างกันเกิน 0.10 มิลลิลิตร

5. กำหนดหาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตจากสมการข้างล่าง



ตอนที่ 2 การหาปริมาณคลอรีนอิสระในผงฟอกขาว

1. ปิเปตสารตัวอย่างมา 10 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับ ปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร

2. ปิเปตสารละลายตัวอย่างมา 6 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร และ สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์เข้มข้นร้อยละ 10 จำนวน 20 มิลลิลิตร ให้ทำการไทเทรต ทันที โดยเติมสารละลายกรดแกลูเซิลแอซีติก 10 มิลลิลิตรเขย่าสารละลายให้เข้ากัน

3. นำสารละลายที่ได้ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไทโอซัลเฟตจาก บิวเรตจนได้สารละลายสีจางอ่อน แล้วจึงเติมน้ำแข็ง 2 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีน้ำเงิน นำไป ไทเทรตต่อจนสีน้ำเงินหายไป

4. ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง กำหนดหาน้ำหนักร้อยละของคลอรีนอิสระ

3.3.3.3 ความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์

1. ปิเปตผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาวตัวอย่างที่ 1 มา 0.50 มิลลิลิตรใส่ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกรปริมาตร

2. ปิเปตสารละลายที่เตรียมได้จากข้อมา 1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัด ปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตรทั้งหมด 3 ขวด ปิเปตสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต เข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.10 M ปริมาตร 0.50

มิลลิลิตร และสารสกัดจากใบฝรั่งเข้มข้น 4%w/v ที่เตรียมจาก Acetate buffer pH 4.8 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรแต่ละใบ และเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

3. นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร ด้วยเวลาการเกิดปฏิกิริยา 5 นาที

4. ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-3 โดยเปลี่ยนสารตัวอย่างเป็นผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาว ตัวอย่างที่ 2 และตัวอย่างที่ 3 ตามลำดับ

5. เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้ของวิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นกับวิธีมาตรฐานการไทเทรตแบบไอโอไอเมทรีโดยพิจารณาจากค่า t-test

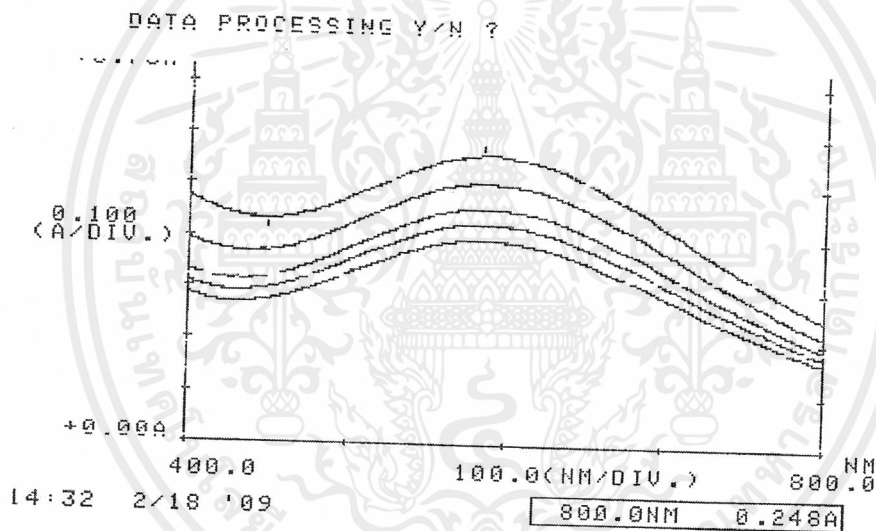


บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปราย

4.1 การศึกษาหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัด

สเปกตรัมที่ได้จากการดูดกลืนแสงของสารเชิงซ้อนที่เกิดระหว่างสารสกัดจากใบฝรั่งกับเหล็ก โดยความเข้มข้นของไฮโปคลอไรต์ต่าง ๆ กัน แสดงดังรูปที่ 4.1 จากสเปกตรัมการดูดกลืนแสงที่สแกนในช่วงความยาวคลื่น 400-800 นาโนเมตร พบว่าค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร จึงเลือกความยาวคลื่นที่ 580 นาโนเมตรนี้ เพื่อทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ต่อไป



รูปที่ 4.1 แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารเชิงซ้อนระหว่างสารสกัดจากใบฝรั่งกับเหล็กที่ความเข้มข้นของไฮโปคลอไรต์ในช่วง 0.0175-0.0276 %w/v (ความเข้มข้นของไฮโปคลอไรต์เพิ่มขึ้นจากล่างขึ้นบน)

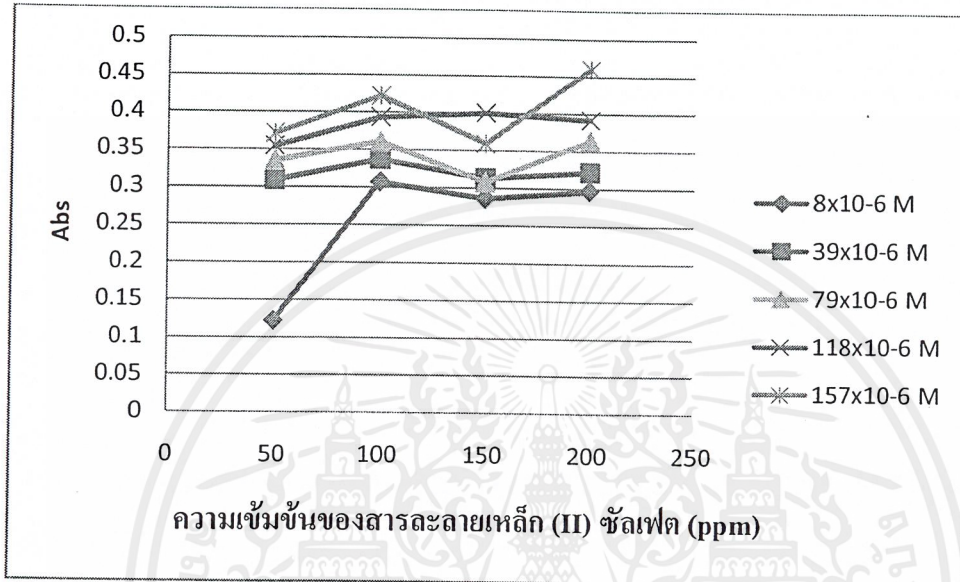
4.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต

การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต ทำโดยการปรับความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต ให้มีความเข้มข้นเป็น 50, 100, 150 และ 200 ppm ผลการทดลองแสดงค่าการดูดกลืนแสงสมการเส้นตรงและสัมประสิทธิ์การตัดสิ้นใจ (r^2) แสดงดังตารางที่ 4.1 จากการทดลองพบว่าเมื่อความเข้มข้นของเหล็ก (II) ซัลเฟตเพิ่มขึ้นจาก 50ppm เป็น 100 ppm ค่าการดูดกลืนแสงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟตมากกว่า 100 ppm จะได้ค่าการดูดกลืนแสงมีแนวโน้มเริ่มที่จะคงที่ไม่เพิ่มตามความเข้มข้น ดังผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.2 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การตัดสิ้นใจ (r^2) กับความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟตแสดงดังรูปที่ 4.3 พบว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) เป็น 100 ppm จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ตัดสิ้นใจ (r^2) สูงที่สุด จากผลการทดลองศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต จะเลือกใช้สารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 100 ppm เพื่อศึกษาปัจจัยอื่นต่อไป

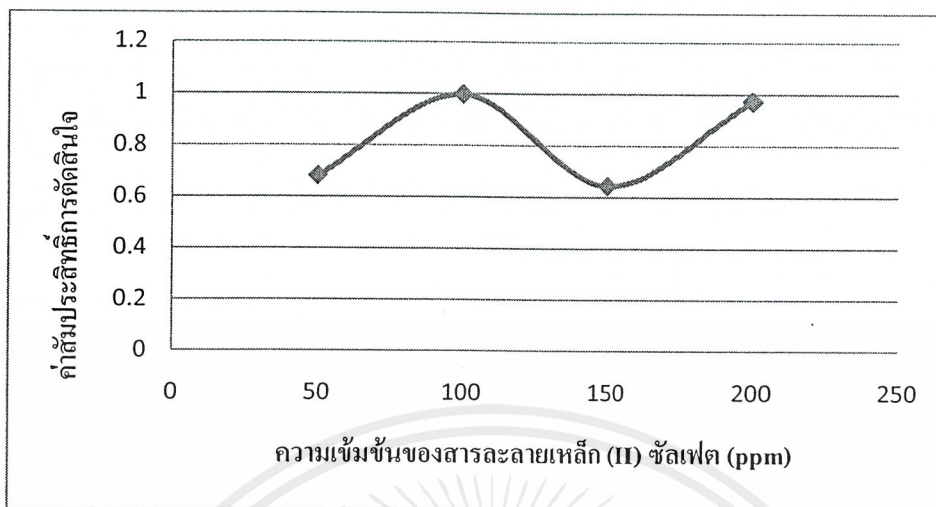
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ เมื่อ สารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟตที่มีความเข้มข้นต่างกัน

ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ (M)	ค่าการดูดกลืนแสง			
	ความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต (ppm)			
	50	100	150	200
8×10^{-6}	0.122	0.307	0.286	0.297
39×10^{-6}	0.309	0.337	0.313	0.322
79×10^{-6}	0.335	0.361	0.308	0.364
118×10^{-6}	0.354	0.393	0.400	0.392
157×10^{-6}	0.371	0.422	0.359	0.460

สมการเส้นตรง	$y=212.1x+0.186$	$y=114.7x+0.303$	$y=93.42x+0.283$	$y=115.4x+0.295$
r^2	0.682	0.997	0.644	0.972



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การหักเหกับความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต

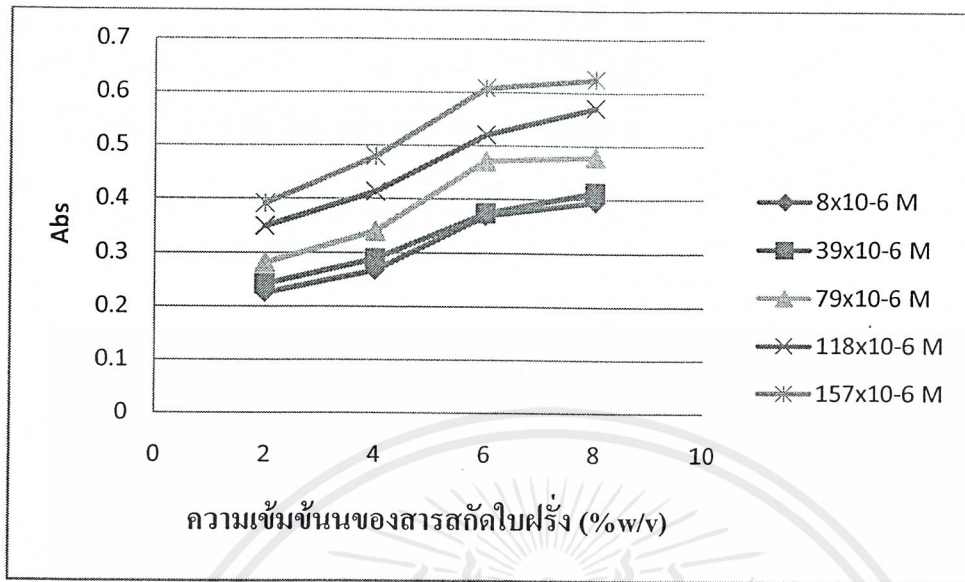
4.3 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารสกัดจากใบฝรั่ง

การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารสกัดจากใบฝรั่ง ทำโดยปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารสกัดจากใบฝรั่ง (ใช้ Acetate buffer pH 4.8 เป็นตัวทำละลาย) เป็น 2%, 4%, 6% และ 8% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ให้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2 รูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5 รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารสกัดจากใบฝรั่งที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน พบว่าเมื่อใช้สารสกัดจากใบฝรั่งที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะให้ค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นด้วย และจากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์การหักเหมีค่าสูงที่สุดเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารสกัดจากใบฝรั่งเป็น 4%w/v จากผลการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารสกัดจากใบฝรั่งนี้ จะเลือกใช้ความเข้มข้นของสารสกัดจากใบฝรั่งที่ความเข้มข้น 4%w/v ในการศึกษาต่อไป

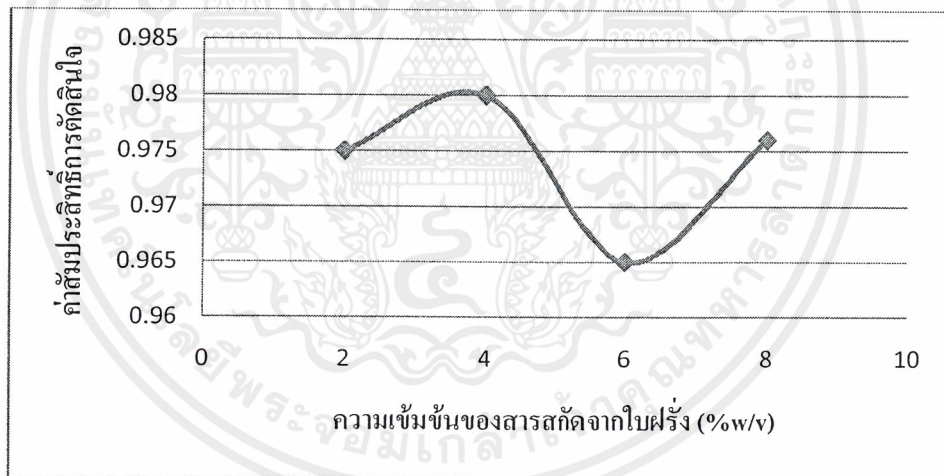
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ เมื่อใช้สารสกัดจากใบฝรั่งที่มีความเข้มข้นต่างกัน

ความเข้มข้น สารละลาย มาตรฐานไฮโป คลอไรต์ (M)	ค่าการดูดกลืนแสง			
	ความเข้มข้นของสารสกัดจากใบฝรั่ง (%w/v)			
	2	4	6	8
8×10^{-6}	0.225	0.267	0.369	0.395
39×10^{-6}	0.242	0.289	0.374	0.413
79×10^{-6}	0.281	0.340	0.471	0.479
118×10^{-6}	0.349	0.413	0.520	0.571
157×10^{-6}	0.391	0.479	0.608	0.625
สมการเส้นตรง	$y=192.9x+0.205$	$y=170.2x+0.258$	$y=296.4x+0.349$	$y=235.1x+0.346$
r^2	0.975	0.980	0.965	0.976

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารสกัดจากใบฝรั่ง



รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การหักเหกับความเข้มข้นของสารสกัดจากใบฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การศึกษาผลของการเตรียมสารสกัดจากใบฝรั่ง

การศึกษาผลของการเตรียมสารสกัดจากใบฝรั่ง ทำโดยปรับเปลี่ยนตัวทำละลายในการสกัดสารจากใบฝรั่งเป็น น้ำ (pH7), Acetate buffer pH 4.8 , กรด pH1, กรด pH3, เบส pH9 และ เบส pH11 ให้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 รูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7 รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับค่า pH ของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด พบว่าเมื่อใช้ตัวทำละลายที่เป็น Acetate buffer pH4.8 จะให้ค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น และจากรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าสูงที่สุดเมื่อใช้ตัวทำละลายเป็น Acetate buffer pH 4.8 จากผลการทดลองเพื่อศึกษาผลของการเตรียมสารสกัดจากใบฝรั่งนี้ จะเลือกใช้ตัวทำละลายที่เป็น Acetate buffer pH 4.8 ในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์เมื่อใช้ตัวทำละลายต่างกันในการสกัดสารจากใบฝรั่ง

ความเข้มข้น ของ สารละลาย มาตรฐาน ไฮโปคลอ ไรต์ (M)	ค่าการดูดกลืนแสง					
	การเตรียมสารสกัดจากใบฝรั่ง					
	น้ำ (pH7)	Acetate buffer 4.8	pH1	pH3	pH9	pH11
8×10^{-6}	0.107	0.271	0.012	0.083	0.078	0.081
39×10^{-6}	0.132	0.266	0.012	0.085	0.079	0.085
79×10^{-6}	0.154	0.351	0.017	0.110	0.095	0.109
118×10^{-6}	0.159	0.413	0.022	0.122	0.120	0.120
157×10^{-6}	0.176	0.457	0.024	0.161	0.130	0.186

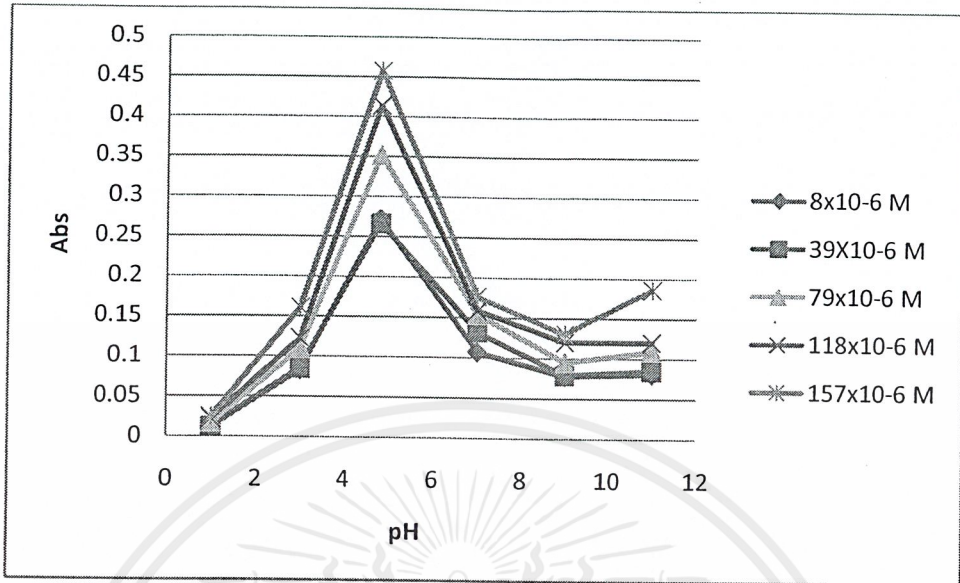
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการ เส้นตรง	$y=70.34x+$	$y=210.1x+$	$y=13.75x+$	$y=78.21x+$	$y=58.72x+$	$y=99.44x+$
	0.107	0.240	0.010	0.070	0.069	0.063
r^2	0.918	0.954	0.952	0.931	0.950	0.857

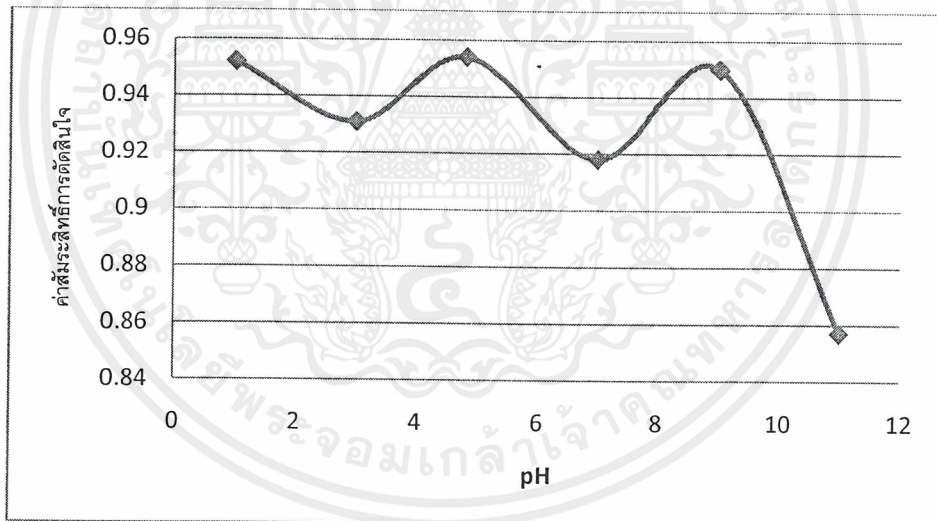
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงสีของสารสกัดจากใบฝรั่งและสีของสารเชิงซ้อนที่ได้ เมื่อใช้ตัวทำละลายต่างกันในการสกัดสารจากใบฝรั่ง

ตัวทำละลาย	สีของสารสกัดจาก ใบฝรั่ง	สีของสารเชิงซ้อน
น้ำ	เขียวอ่อน	คราม
Buffer 4.8	เขียวอ่อน	ม่วง
pH1	เหลือง	คราม
pH3	เขียวอ่อน	คราม
pH9	เขียวอ่อน	ใส
pH11	เขียวอ่อน	ใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับค่า pH ของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด



รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การหักเหกับค่า pH ของตัวทำละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

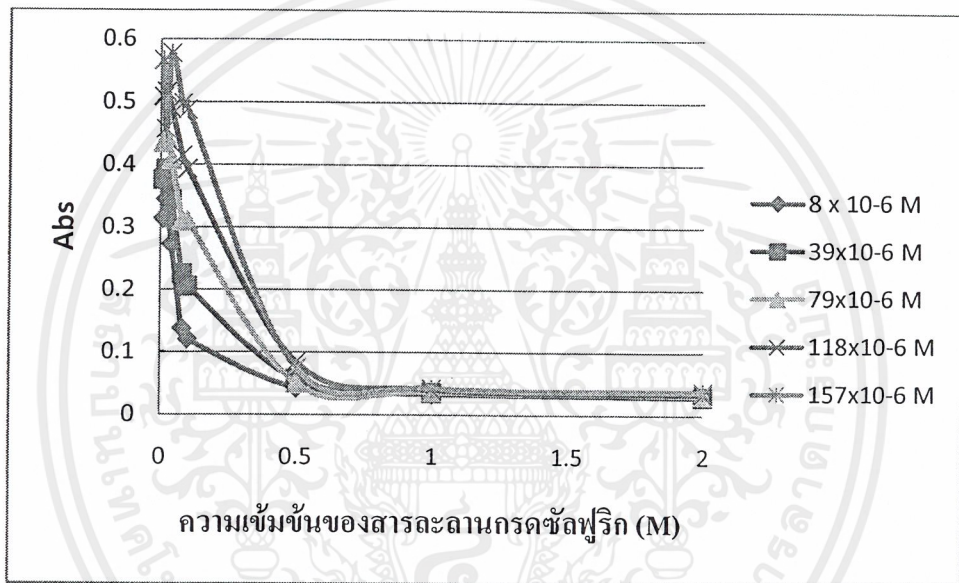
4.5 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก

การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก ทำโดยการปรับความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริกให้มีความเข้มข้นเป็น 0.01, 0.02, 0.04, 0.08, 0.10, 0.50, 1.00 และ 2 M ผลการทดลองแสดงค่าการดูดกลืนแสงสมการเส้นตรงและสัมประสิทธิ์การตัดสิ้นใจ (r^2) แสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่าเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นค่าการดูดกลืนแสงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริกมากกว่า 0.10 M จะได้ค่าการดูดกลืนแสงมีแนวโน้มลดลง ดังผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.8 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การตัดสิ้นใจ (r^2) กับความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริกแสดงดังรูปที่ 4.9 พบว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริกเป็น 0.10 M จะให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสิ้นใจสูงที่สุด และมีสมการเส้นตรงที่มีค่าความชันสูงสุดด้วย จากผลการทดลองศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริกนี้จะเลือกใช้สารละลายกรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้น 0.10 M ในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ เมื่อใช้สารละลายกรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้นต่างกัน

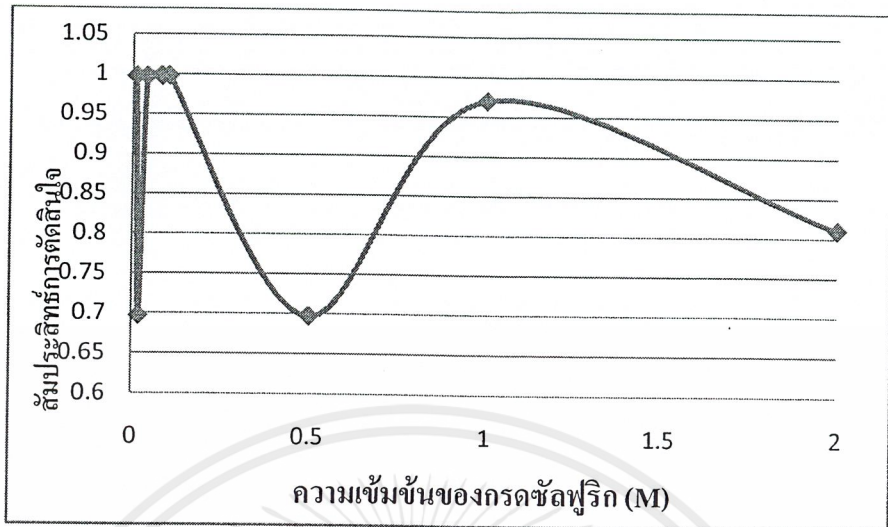
ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ (M)	ค่าการดูดกลืนแสง							
	ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก (M)							
	0.01	0.02	0.04	0.08	0.10	0.50	1.0	2.0
8×10^{-6}	0.314	0.344	0.272	0.137	0.120	0.043	0.033	0.031
39×10^{-6}	0.376	0.393	0.344	0.225	0.205	0.057	0.035	0.029
79×10^{-6}	0.435	0.444	0.408	0.310	0.309	0.050	0.036	0.032

118×10^{-6}	0.508	0.516	0.489	0.414	0.393	0.084	0.040	0.034
157×10^{-6}	0.566	0.457	0.577	0.498	0.488	0.075	0.042	0.037
สมการ เส้นตรง	$y=255.2x+0.04$	$y=138.57x+0.3$	$y=303.57x+0.2$	$y=365.23x+0.1$	$y=370.06x+0.1$	$y=36.45x+0.0$	$y=9.26x+0.03$	$y=6.97x+0.02$
r^2	0.998	0.697	0.997	0.998	0.998	0.697	0.970	0.810



รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การตัดสีใจกับความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก

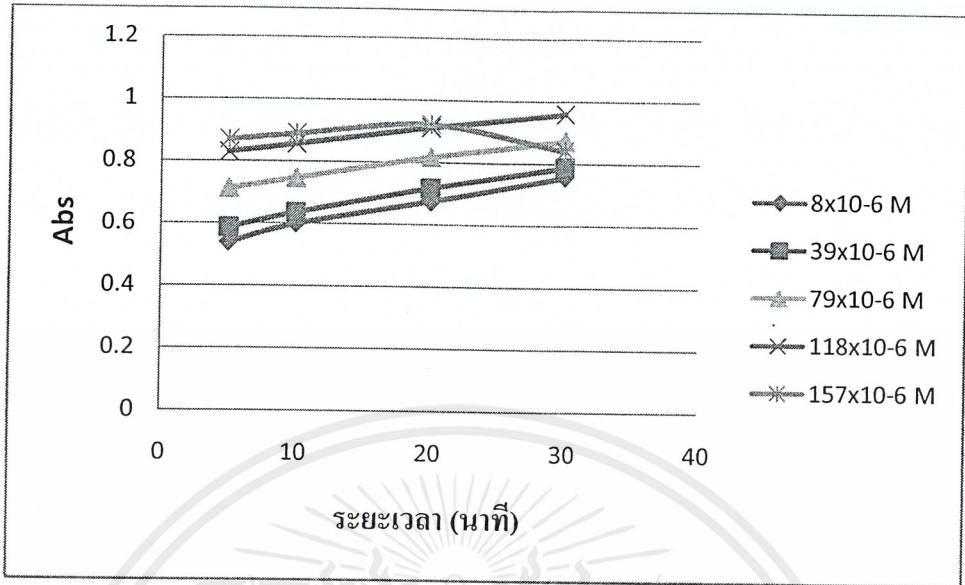
4.6 การศึกษาผลของระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา

การศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา ทำโดยปรับเปลี่ยนเวลาในการเกิดปฏิกิริยาเป็น 5, 10, 20 และ 30 นาที ผลการทดลองแสดงค่าการดูดกลืนแสง สมการเส้นตรง และสัมประสิทธิ์การตัดสีใจ (r^2) แสดงดังตารางที่ 4.6 เมื่อใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นค่าการดูดกลืนแสงจากช่วงเวลา 5 นาทีและ 10 นาที มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ที่เวลาในการเกิดปฏิกิริยามากกว่า 10 นาที สารจะเกิดการตกตะกอนและทำให้ค่าการดูดกลืนแสงลดลงด้วยดังผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.10 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การตัดสีใจ (r^2) กับเวลาในการเกิดปฏิกิริยาแสดงดังรูปที่ 4.11 พบว่าเมื่อใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยา 5 นาทีจะให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสีใจสูงสุด จากผลการทดลองศึกษาเวลาในการเกิดปฏิกิริยานี้จะเลือกใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่ 5 นาที เพื่อศึกษาปัจจัยอื่นต่อไป

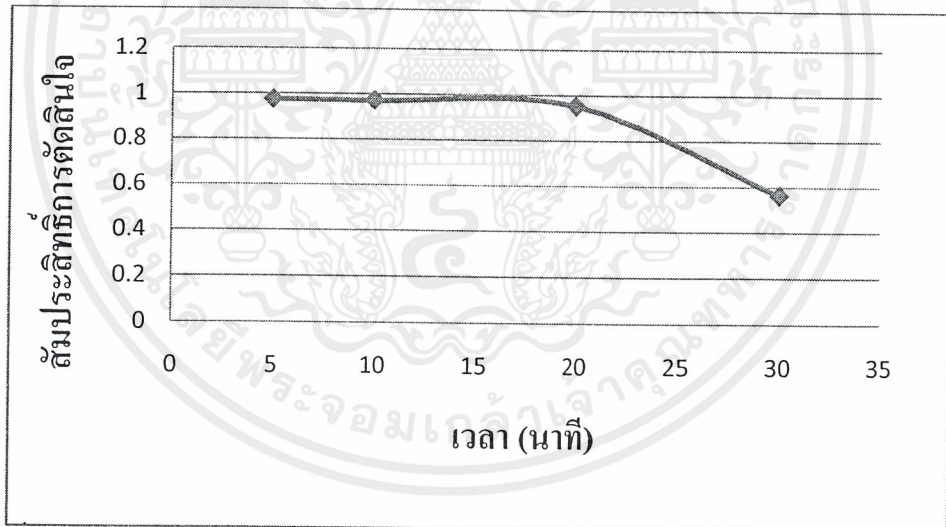
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์เมื่อเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาต่างกัน

ความเข้มข้น สารละลาย มาตรฐานไฮ โปคลอไรต์ (M)	ค่าการดูดกลืนแสง			
	ระยะเวลา (นาที)			
	5	10	20	30
8×10^{-6}	0.538	0.599	0.675	0.757
39×10^{-6}	0.587	0.636	0.718	0.789
79×10^{-6}	0.712	0.747	0.817	0.873
118×10^{-6}	0.829	0.856	0.912	0.960
157×10^{-6}	0.869	0.889	0.922	0.842
สมการ เส้นตรง	$y=212.1x+0.186$	$y=114.7x+0.303$	$y=93.42x+0.283$	$y=115.4x+0.295$
r^2	0.975	0.971	0.953	0.564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา



รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจกับเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา

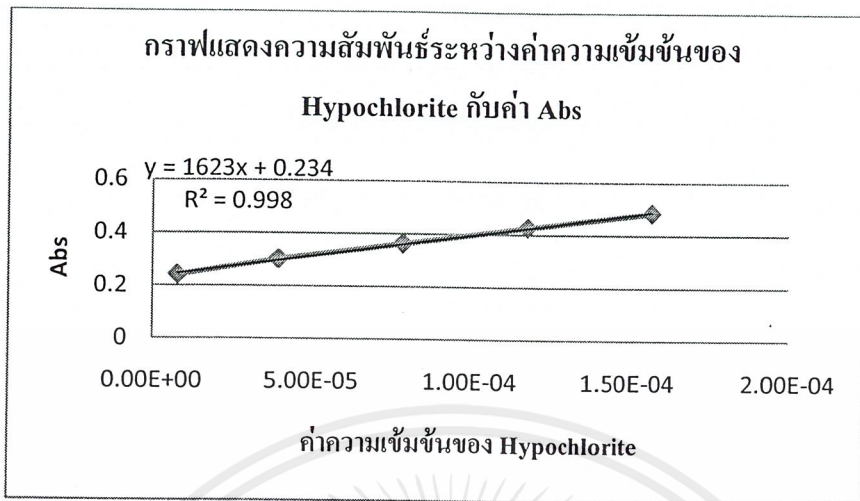
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน

การศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน ทำโดยเลือกสถานะที่ใช้ซึ่งได้จากการศึกษามาครั้งนี้ ความยาวคลื่นที่ใช้ 580 นาโนเมตร ความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟตเข้มข้น 100 ppm ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกคือ 0.10 M สารสกัดจากใบฝรั่งเข้มข้น 4 %w/v (ที่เตรียมจาก Acetate buffer pH4.8) และใช้เวลา 5 นาที ผลการทดลองแสดงค่าการดูดกลืนแสง สมการเส้นตรง และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสิ้นใจ (r^2) ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.12 จะเห็นว่าเมื่อนำค่าดังกล่าวไปสร้างกราฟมาตรฐาน สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสิ้นใจ (R^2) ได้เท่ากับ 0.998 และสมการเส้นตรงคือ $y=1623x+0.234$ ดังนั้นช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานอยู่ในช่วงความเข้มข้น 8×10^{-6} M ถึง 157×10^{-6} M

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ (M)	ค่าการดูดกลืนแสง
8×10^{-6}	0.242
39×10^{-6}	0.302
79×10^{-6}	0.364
118×10^{-6}	0.427
157×10^{-6}	0.486
สมการเส้นตรง	$y=1623x+0.234$
r^2	0.998



รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์

4.8 การศึกษาความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์

จากการศึกษาวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาว สภาวะที่เลือกใช้ ดังต่อไปนี้ ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 5 นาที ปริมาณของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต เข้มข้น 100 ppm ที่ปริมาตร 20 ml ปริมาณของสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.10 M ที่ปริมาตร 0.50 ml ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 4.8 สามารถหาค่าเฉลี่ยปริมาณไฮโปคลอไรต์ของตัวอย่างที่ 1 ตัวอย่างที่ 2 และตัวอย่างที่ 3 อยู่ในช่วง 2.45-3.09%w/w , 4.47-4.92%w/w และ 2.87-3.49 %w/w ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวอย่างที่ 1 ตัวอย่างที่ 2 และตัวอย่างที่ 3 อยู่ในช่วง $\pm 0.29-0.31$, $\pm 0.56-0.64$ และ $\pm 0.34-0.40$ ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ของตัวอย่างที่ 1 ตัวอย่างที่ 2 และตัวอย่างที่ 3 อยู่ในช่วง 8.11-12.12%RSD, 11.29-13.24%RSD และ 9.79-13.95 %RSD ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ขวดที่	ค่าการดูดกลืนแสง						
		วัดครั้งที่						
		1	2	3	4	5	6	7
1	1	0.287	0.292	0.294	0.297	0.302	0.302	0.304
	2	0.300	0.303	0.305	0.308	0.309	0.310	0.313
	3	0.303	0.306	0.308	0.312	0.314	0.315	0.318
2	1	0.359	0.364	0.368	0.369	0.370	0.373	0.374
	2	0.354	0.356	0.359	0.360	0.363	0.363	0.365
	3	0.332	0.334	0.337	0.339	0.341	0.342	0.344
3	1	0.310	0.312	0.315	0.319	0.320	0.323	0.325
	2	0.293	0.297	0.30	0.303	0.305	0.308	0.310
	3	0.310	0.312	0.317	0.319	0.320	0.322	0.324

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงปริมาณไฮโปคลอไรต์ของสารละลายตัวอย่างและความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์

ตัวอย่าง	ขวดที่	ปริมาณไฮโปคลอไรต์ (%w/w)						
		วัดครั้งที่						
		1	2	3	4	5	6	7
1	1	2.12	2.31	2.39	2.51	2.70	2.70	2.74
	2	2.62	2.74	2.82	2.94	2.98	3.02	3.14
	3	2.62	2.86	2.94	3.10	3.19	3.22	3.34
ค่าเฉลี่ย		2.45	2.64	2.72	2.85	2.96	2.99	3.09
SD		0.29	0.29	0.29	0.31	0.24	0.26	0.28
%RSD		12.17	11.11	10.78	10.83	8.11	9.02	9.14
2	1	4.88	5.08	5.23	5.31	5.43	5.47	5.35
	2	4.67	4.77	4.88	5.04	5.04	5.04	5.12
	3	3.81	3.91	4.02	4.10	4.18	4.22	4.29
ค่าเฉลี่ย		4.47	4.58	4.71	4.8173	4.88	4.91	4.92
SD		0.56	0.61	0.62	0.350	0.64	0.63	0.56
%RSD		12.56	13.24	13.21	13.18	13.09	12.94	11.29
3	1	3.10	3.18	3.31	3.47	3.51	3.63	3.71
	2	2.41	2.57	2.69	2.82	2.89	3.02	3.10
	3	3.10	3.18	3.84	3.47	3.51	3.59	3.67
ค่าเฉลี่ย		2.87	2.98	3.13	3.25	3.31	3.41	3.49
SD		0.40	0.35	0.38	0.38	0.35	0.34	0.34
%RSD		13.95	11.86	12.12	11.59	10.69	10.02	9.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 การศึกษาความเที่ยงของการวัด

จากการศึกษาวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาว สภาวะที่เลือกใช้ดังต่อไปนี้ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 5 นาที ปริมาณของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต 100 ppm ที่ปริมาตร 20 ml ปริมาณของสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.10 M ที่ปริมาตร 0.50 ml ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 4.8 สามารถหาค่าเฉลี่ยของปริมาณไฮโปคลอไรต์ของตัวอย่างที่ 1 ตัวอย่างที่ 2 และตัวอย่างที่ 3 มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.49-3.04%w/w, 4.08-5.25%w/w และ 2.78-3.42%w/w ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อยู่ในช่วง $\pm 0.18-0.23$, $\pm 0.16-0.21$ และ $\pm 0.21-0.25$ ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) อยู่ในช่วง 6.11-9.92 %RSD, 2.29-4.17 %RSD และ 6.12-8.85%RSD ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงปริมาณไฮโปคลอไรต์ของสารละลายตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ขวด ที่	ปริมาณไฮโปคลอไรต์ (%w/w)							ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		วัดครั้งที่									
		1	2	3	4	5	6	7			
1	1	2.11	2.31	2.39	2.51	2.70	2.70	2.78	2.49	0.25	9.92
	2	2.62	2.74	2.82	2.94	2.98	3.02	3.14	2.89	0.18	6.11
	3	2.62	2.86	2.94	3.10	3.18	3.22	3.34	3.04	0.25	8.06
2	1	4.88	5.08	5.23	5.31	5.43	5.47	5.35	5.25	0.21	3.96
	2	4.69	4.77	4.88	5.04	5.04	5.04	5.12	4.94	0.16	2.29
	3	3.83	3.91	4.02	4.10	4.18	4.22	4.29	4.08	0.17	4.17
3	1	3.10	3.18	3.31	3.47	3.51	3.63	3.71	3.42	0.23	6.67
	2	2.42	2.57	2.69	2.82	2.89	3.02	3.10	2.79	0.25	8.85
	3	3.10	3.18	3.39	3.47	3.51	3.59	3.67	3.42	0.21	6.12

4.10 การวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ด้วยวิธีมาตรฐานการไทเทรตแบบไอโอโดเมทรี
 การวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในสารตัวอย่างด้วยวิธีมาตรฐานการไทเทรตแบบไอโอโดเมทรี ไทเทรตโดยใช้สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตเป็นไทแตรนต์ ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 4.11 สามารถหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ของปริมาณไฮโปคลอไรต์ของตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.11 แสดงปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในวิธีวิธีไทเทรตแบบไอโอโดเมทรี

ตัวอย่าง	ขวด ที่	ปริมาณของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไป (ml)						
		ไทเทรตครั้งที่						
		1	2	3	4	5	6	7
1	1	4.30	4.40	4.30	4.20	4.30	4.30	4.50
	2	4.10	4.40	4.30	4.10	4.20	4.20	4.10
	3	4.20	4.10	4.30	4.20	4.20	4.40	4.20
2	1	7.00	7.00	7.20	7.10	7.00	7.00	7.20
	2	7.00	6.90	7.00	7.10	7.00	7.10	7.10
	3	7.20	7.30	7.20	7.00	7.30	7.30	7.10
3	1	5.00	4.90	5.00	4.80	5.00	5.10	5.00
	2	4.90	5.00	5.00	5.10	4.90	5.10	5.00
	3	5.00	4.90	5.10	5.00	5.10	5.00	5.00

ตารางที่ 4.12 แสดงปริมาณไฮโปคลอไรต์ของสารละลายตัวอย่างเมื่อใช้วิธีไทเทรตแบบไอโอโอเมทรี

ตัวอย่าง	ขวด ที่	ปริมาณไฮโปคลอไรต์ (%w/w)							ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ไทเทรตครั้งที่									
		1	2	3	4	5	6	7			
1	1	4.30	4.40	4.30	4.20	4.30	4.30	4.50	4.33	0.09	2.19
	2	4.10	4.40	4.30	4.10	4.20	4.20	4.10	4.20	0.12	2.75
	3	4.20	4.10	4.30	4.20	4.20	4.40	4.20	4.23	0.09	2.25
ค่าเฉลี่ย		4.20	4.30	4.30	4.17	4.23	4.30	4.27			
SD		0.10	0.17	0.00	0.058	0.058	0.10	0.21			
%RSD		2.38	3.95	0.00	1.39	1.37	2.33	4.92			
2	1	7.00	7.00	7.20	7.10	7.00	7.00	7.20	7.07	0.09	1.34
	2	7.00	6.90	7.00	7.10	7.00	7.10	7.10	7.03	0.08	1.08
	3	7.20	7.30	7.20	7.00	7.30	7.30	7.10	7.20	0.12	1.60
ค่าเฉลี่ย		7.07	7.07	7.13	7.07	7.10	7.13	7.13			
SD		0.12	0.21	0.12	0.06	0.17	0.15	0.06			
%RSD		1.69	2.97	1.68	0.85	2.39	2.10	0.84			
3	1	5.00	4.90	5.00	4.80	5.00	5.10	5.00	4.97	0.09	1.91
	2	4.90	5.00	5.00	5.10	4.90	5.10	5.00	5.00	0.08	1.63
	3	5.00	4.90	5.10	5.00	5.10	5.00	5.00	5.01	0.07	1.38
ค่าเฉลี่ย		4.97	4.93	5.03	4.97	5.00	5.07	5.00			
SD		0.06	0.06	0.06	0.15	0.10	0.06	0.00			
%RSD		1.21	1.22	1.19	3.02	2.00	1.18	0.00			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11 การศึกษาความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์

จากการศึกษาวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาวด้วยเทคนิควิธีเบิลสเปกโตรโฟโตเมทรีที่พัฒนาขึ้น ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 4.8 และ 4.10 มาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการไทเทรตแบบไอโอโดเมทรีที่แสดงในตารางที่ 4.11 และ 4.12 ด้วยวิธี t-test จะเห็นว่าค่า t-test ของตัวอย่างที่ 1 ตัวอย่างที่ 2 และตัวอย่างที่ 3 มีค่าเท่ากับ -12.66, -10.25 และ -14.57 ตามลำดับ ซึ่งค่า t-test ที่ได้นั้นมีค่ามากกว่าค่า t-test จากตารางที่ degree of freedom เท่ากับ 2 และระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.303 ดังแสดงในตารางที่ 4.13 ดังนั้นความแม่นยำของวิธีที่พัฒนาขึ้นนี้ยอมรับไม่ได้ เนื่องจากทั้ง 2 วิธีนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากวิธีที่พัฒนาขึ้นกับวิธีมาตรฐาน โดยใช้วิธี T-test

ตัวอย่าง	ขวดที่	ค่าเฉลี่ย		T-test
		วิธีที่พัฒนาขึ้น	วิธีมาตรฐาน	
1	1	2.49	4.33	-12.66
	2	2.89	4.20	
	3	3.04	4.23	
2	1	5.25	7.07	-10.25
	2	4.94	7.03	
	3	4.08	7.20	
3	1	3.42	4.97	-14.57
	2	2.79	5.00	
	3	3.46	5.01	

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ในการทดลองนี้ได้นำเอาปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็ก (II) มาวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาว ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดได้ง่าย และไม่ยุ่งยากซับซ้อนโดยศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาว สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. การศึกษาหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดปริมาณไฮโปคลอไรต์ โดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็ก (II) พบว่าความยาวคลื่นที่เหมาะสม คือ 580 นาโนเมตร
2. การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต ในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการตรวจวัดปริมาณไฮโปคลอไรต์ โดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็ก (II) ซัลเฟต พบว่าความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ซัลเฟต 100 ppm เมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐานจะให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) เท่ากับ 0.997
3. การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารสกัดจากใบฝรั่ง ในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการตรวจวัดปริมาณไฮโปคลอไรต์โดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็ก (II) ซัลเฟต พบว่า ความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสกัดจากใบฝรั่งเข้มข้น 4%w/v (ที่เตรียมจาก Acetate buffer pH 4.8) เมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐานจะให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) เท่ากับ 0.980
4. การศึกษาผลของการเตรียมสารสกัดจากใบฝรั่งเข้มข้น 4%w/v ในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการตรวจวัดปริมาณไฮโปคลอไรต์โดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็ก(II) ซัลเฟต พบว่า สารสกัดจากใบฝรั่งเข้มข้น 4%w/v ที่เตรียมจาก Acetate bufer 4.8 เมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐานจะให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) เท่ากับ 0.954

5. การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริกที่เหมาะสมในการตรวจวัดปริมาณไฮโปคลอไรต์โดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็ก (II) พบว่าความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริกเท่ากับ 0.10 M เมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐานจะให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสิ้นใจ (r^2) เท่ากับ 0.998

6. การศึกษาระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการตรวจวัดปริมาณไฮโปคลอไรต์ โดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็ก (II) พบว่า เมื่อใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 5 นาที เมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน จะให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสิ้นใจ (r^2) เท่ากับ 0.975

7. จากการศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน สำหรับการตรวจวัดปริมาณไฮโปคลอไรต์โดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็ก (II) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสิ้นใจ (r^2) เท่ากับ 0.998

8. การศึกษาเปรียบเทียบความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ สำหรับการตรวจวัดปริมาณไฮโปคลอไรต์โดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็ก (II) พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.45-4.92 %w/w ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.29-0.63 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 8.10-13.95 %RSD

9. การศึกษาความเที่ยง (Precision) ของวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาวโดยวิธีที่พัฒนาขึ้น (การตรวจวัดปริมาณไฮโปคลอไรต์โดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็ก (II)) เมื่อทำการทดลอง 3 ตัวอย่าง โดยทำซ้ำตัวอย่างละ 7 ครั้ง คำนวณหาค่า %RSD ได้อยู่ในช่วง 8.11-13.95 %RSD และศึกษาความเที่ยงของการวัดซ้ำคำนวณหาค่า %RSD อยู่ในช่วง 2.29-9.92 %RSD

10. ความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาวระหว่างวิธีที่พัฒนาขึ้น (การตรวจวัดปริมาณไฮโปคลอไรต์โดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็ก (II)) กับวิธีมาตรฐาน วิธีไอโอโดเมทรี โดยใช้ t-test พบว่าผลการวิเคราะห์หาปริมาณไฮโป

คลอไรต์ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาวทั้ง 2 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการตรวจวัดปริมาณไฮโปคลอไรต์โดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็ก (II) สามารถใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเป็น 5 นาที ถึง 10 นาที ได้ เพราะ เมื่อนำมาสร้างกราฟมาตรฐาน จะให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) ที่ดีและใกล้เคียงกัน ถ้าใช้เวลามากกว่านี้สารละลายที่ความเข้มข้นสูงจะเกิดการตกตะกอนมีผลทำให้ค่าการดูดกลืนแสงลดลง
2. ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์ และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาว ต้องทำอย่างรวดเร็ว เนื่องจากไฮโปคลอไรต์ จะเกิดการสลายตัวเป็น Cl_2 อย่างรวดเร็ว
3. การไทเทรตด้วยวิธีไอโอโดเมทรี เมื่อเติม KI ลงไปในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ซักผ้าขาวแล้ว I^- จะเปลี่ยนไปเป็น I_2 จึงควรไทเทรตอย่างรวดเร็ว
4. การเตรียมสารสกัดจากไบฟรั้งโดยเตรียมจาก Acetate buffer pH 4.8 จะมีระยะเวลาที่ใช้อยู่ในช่วง 4 ชั่วโมงจึงจะทำให้ได้ค่าการดูดกลืนแสงที่ดี ซึ่งไบอ่อนและแก่ของไบฟรั้งก็อาจมีผลต่อการทดลอง
5. ควรทำการจับเวลาตั้งแต่เริ่มใส่สารละลายเหล็ก (II) ชัลเฟตลงไปเพื่อให้แน่ใจว่าในแต่ละขวดจะเกิดเหล็ก (III) เท่ากัน
6. ในการเตรียมสารสกัดจากไบฟรั้งควรทำการระเหยตัวทำละลายออกไป ทำการสกัดคลอโรฟิลล์ออก เพราะสีของคลอโรฟิลล์อาจมีผลต่อค่าการดูดกลืนแสง แล้วทำให้กลายเป็นผง
7. ควรทำการสแกนสเปกตรัมของสารสกัดจากไบฟรั้ง และสารตัวอย่างเพียงอย่างเดียว เพื่อดูว่าช่วงความยาวคลื่นอยู่ในช่วงเดียวกันหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

- [1] ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย (2534) ยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ กรุงเทพฯ, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
Evans, W.C. (1992) Trease and Evans' Pharmacognocny 13th ed., London, Bailliere, Tindall.
- [2] ลาวัลย์ ศรีพงษ์(2534) อัลตราไวโอเลตวิสีเบิลสเปกโตรสโคปี, ภาควิชาเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
- [3] http://www.gprocurement.go.th/60_tor/uploads/22138/1/spec_UV2550chem.doc
- [4] รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล, ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 1 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [5] A.P.Soldatkin, D.V. Gorchkov, C. Martelet and N.Jaffrezic-Renault, New enzyme potentiometric sensor for hypochlorite species detection, Sensors and Actuator B chemical 43 (1997) 99-104.
- [6] A. Sakai, D.G. Hendrickson and W.H. Hendrickson, Macchanism of the oxidation of para-substituted 1-phenylethanols with sodium hypochlorite in acetic acid, Tetrahedron Lettres 41 (2000) 2759-2763.
- [7] D. Kuakpetoon and Y.J. Wang, Location of hypochlorite oxidation in corn starches varying in amylase content, Carbohydrate Research 343 (2008)90-100.
- [8] H.Ohura. T. Imato and S. Yamasaki, Simultaneous potentiometric of ClO_3^- - ClO_2^- and ClO_3^- - HClO by flow injection analysis using Fe (III) – Fe (II) potential buffer, Talanta 49 (1999) 1003-1015.

ภาคผนวก

ตารางที่ ผ.1 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานและค่าศักย์ไฟฟ้าฟอร์มอลของขั้วไฟฟ้าบางชนิดที่ 25°C

ครึ่งปฏิกิริยา	ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน (โวลต์)	ค่าศักย์ไฟฟ้าฟอร์มอล (โวลต์)
$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$ $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	- + 0.771	0.890 (1M NaOH) 0.70 (1 M HCl) 0.767 (1 M HClO ₄) 0.68 (1 M H ₂ SO ₄) 0.441 M H ₃ PO ₄)

ตารางที่ ผ.2 แสดงปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตเพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนไทโอซัลเฟต

ปริมาณของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไป (mL)							เฉลี่ย
ไทเทรตครั้งที่							
1	2	3	4	5	6	7	23.67
23.70	23.60	23.80	23.70	23.70	23.60	23.60	

$$\frac{\text{จำนวนโมลของ } \text{IO}_3^-}{\text{จำนวนโมลของ } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = \frac{1}{6}$$

$$\text{จำนวน โมลของ } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 6 \text{ เท่าของจำนวนโมลของ } \text{IO}_3^-$$

$$\frac{MV}{1000} = \frac{6MV}{1000}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{M \times 23.67}{1000} = \frac{6 \times 0.01667 \times 25}{1000}$$

$$M = 0.1056 \text{ M}$$

ตารางที่ ผ.3 แสดงปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตเพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไฮโปคลอไรต์

ปริมาณของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไป (mL)							เฉลี่ย
ไทเทรตครั้งที่							
1	2	3	4	5	6	7	
0.90	0.90	1.00	0.90	0.90	1.00	0.90	0.93

คำนวณหาความเข้มข้นของไฮโปคลอไรต์

$$\frac{\text{จำนวนโมลของ } Cl_2}{\text{จำนวนโมลของ } Na_2S_2O_3} = \frac{1}{2}$$

$$\text{จำนวนโมลของ } Cl_2 = \frac{1}{2} \text{ จำนวนโมลของ } Na_2S_2O_3$$

$$\frac{MV}{1000} = \frac{\frac{1}{2}MV}{1000}$$

$$\frac{M \times 6}{1000} = \frac{\frac{1}{2} \times 0.1056 \times 0.93}{1000}$$

$$M = 8.184 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$= 8.184 \times 10^{-3} \times 20 = 0.16368 \text{ M}$$

สารละลาย 1 L มี $0.16368 \text{ mol} \times 71 = 11.62128 \text{ g}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{สารละลาย } 100 \text{ ml} \text{ จะมีปริมาณสาร } \frac{11.621 \times 100}{1000} = 1.1621 \%w/v$$

$$\text{สารละลาย } 100 \text{ ml} \times D = 1.1621 \text{ g}$$

$$100 \text{ ml} \times 1.15 = 1.1621 \text{ g}$$

$$\text{ถ้าสาร } 100 \text{ g} \text{ คิดเป็น } \frac{1.1621 \times 100}{100 \times 1.15} = 1.010546 \%w/w$$

การคำนวณหาปริมาณไฮโปคลอไรต์จากวิธีไอโอดิเมทรี

ตัวอย่างการคำนวณ จากตารางที่ 4.11 ตัวอย่างขวดที่ 1 ไทเทรตครั้งที่ 1 ใช้สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 4.3 มิลลิลิตร

โซเดียมไทโอซัลเฟตทำปฏิกิริยากับไฮโปคลอไรต์ในอัตราส่วน 2: 1 จะได้

$$\begin{aligned} \frac{\text{โมลของ } Cl_2}{\text{โมลของ } Na_2S_2O_3} &= \frac{1}{2} \\ \text{โมลของ } Cl_2 &= \frac{1}{2} \text{ โมลของ } Na_2S_2O_3 \\ \frac{MV}{1000} &= \frac{1/2 MV}{1000} \\ \frac{M \times 6}{1000} &= \frac{1/2 \times 0.1506 \times 4.3}{1000} \\ M &= 0.03784 \text{ M} \\ &= 0.03784 \times 10 \\ &= 0.3784 \text{ M} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายตัวอย่างปริมาตร 1 ml มี ไฮโปคลอไรต์ $0.3784 \text{ ml} \times 71 = 26.8664 \text{ g}$

สารละลายตัวอย่างปริมาตร 100 ml มี ไฮโปคลอไรต์ $\frac{26.8664 \times 100}{1000} = 2.68664 \text{ \%w/v}$

สารละลายตัวอย่างปริมาตร 100 ml $\times D = 2.68664 \text{ g}$

สารละลายตัวอย่างปริมาตร 100 ml $\times 1.10 = 2.68664 \text{ g}$

ถ้าสาร 100 g คิดเป็น $\frac{2.68664 \times 100}{100 \times 1.10} = 2.4424 \text{ \%w/w}$

สำหรับการคำนวณหาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในตัวอย่างชนิดอื่นๆสามารถทำได้เช่นเดียวกันกับวิธีดังกล่าว

การหาความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์

ความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์รายงานด้วยค่า %RSD

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

เมื่อ SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

\bar{X} คือ ค่าเฉลี่ย

ตัวอย่างการคำนวณ จากตารางที่ 4.9 จากการวัดตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด ครั้งที่ 1 ที่ได้จากวิธีที่พัฒนาขึ้นมีค่า SD เท่ากับ 0.2984 และมีค่า \bar{X} เท่ากับ 2.4524

$$\begin{aligned} \%RSD &= \frac{SD}{\bar{X}} \times 100 \\ &= \frac{0.2984}{2.4524} \times 100 \\ &= 12.1677 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น %RSD ของการวัดตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด ครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 12.17 % สำหรับการคำนวณหาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในตัวอย่างชนิดอื่นๆสามารถทำได้เช่นเดียวกันกับวิธีดังกล่าว

ตัวอย่างจากการคำนวณ จากตารางที่ 4.12 จากการไทเทรตตัวอย่างทั้ง 3 ขวด ครั้งที่ 1 ที่ได้ จากวิธีการไทเทรตแบบไอโอโดเมทรี มีค่า SD เท่ากับ 0.1 มีค่า \bar{X} เท่ากับ 4.2

$$\begin{aligned}\%RSD &= \frac{SD}{\bar{X}} \times 100 \\ &= \frac{0.1}{4.2} \times 100 \\ &= 2.38\end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น %RSD ของการวัดตัวอย่างทั้ง 3 ขวด ครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 2.38 % สำหรับการคำนวณหาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในตัวอย่างขวดอื่นๆสามารถทำได้เช่นเดียวกันกับวิธีดังกล่าว

การหาความเที่ยงของการวัดซ้ำ

ความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์รายงานด้วยค่า %RSD

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

เมื่อ SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

\bar{X} คือ ค่าเฉลี่ย

ตัวอย่างการคำนวณ จากตารางที่ 4.10 จากการวัดตัวอย่างขวดที่ 1 วัดซ้ำ 7 ครั้ง ที่ได้จากวิธีที่พัฒนาขึ้นมีค่า SD เท่ากับ 0.2477 และมีค่า \bar{X} เท่ากับ 2.4997

$$\begin{aligned}\%RSD &= \frac{SD}{\bar{X}} \times 100 \\ &= \frac{0.2477}{2.4997} \times 100 \\ &= 9.9171\end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น %RSD ของการวัดตัวอย่างขวดที่ 1 ซ้ำ 7 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 9.9171 %

สำหรับการคำนวณหาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในตัวอย่างชนิดอื่นๆสามารถทำได้เช่นเดียวกันกับวิธีดังกล่าว

ตัวอย่างการคำนวณ จากตารางที่ 4.12 จากการไทเทรตตัวอย่างชนิดที่ 1 ซ้ำ 7 ครั้ง ที่ได้จากวิธีการไทเทรตแบบไอโอโดเมทรีมีค่า SD เท่ากับ 0.0951 และมีค่า \bar{X} เท่ากับ 4.3286

$$\begin{aligned}\%RSD &= \frac{SD}{\bar{X}} \times 100 \\ &= \frac{0.0951}{4.3286} \times 100 \\ &= 2.1970\end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น %RSD ของการไทเทรตตัวอย่างชนิดที่ 1 ซ้ำ 7 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 2.1970 % สำหรับการคำนวณหาปริมาณไฮโปคลอไรต์ในตัวอย่างชนิดอื่นๆสามารถทำได้เช่นเดียวกันกับวิธีดังกล่าว

การเปรียบเทียบผลของปริมาณไฮโปคลอไรต์ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิคยูวีสเปกโตรสโกปีที่พัฒนาขึ้นมา กับผลของปริมาณไฮโปคลอไรต์ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานคือ วิธีการไทเทรตแบบไอโอโดเมทรี

จากสูตร

$$t = \frac{\bar{D}}{S_d} \times \sqrt{N}$$
$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(D_i - \bar{D})^2}{N-1}}$$

D_i คือ ความแตกต่างของผลการทดลองโดยวิธีวิเคราะห์ทั้ง 2 ต่อสารตัวอย่างแต่ละชนิด (คิดเครื่องหมาย)

\bar{D} คือ ค่าเฉลี่ยของ D_i (ต้องคิดเครื่องหมายบวกลบ)

N คือ จำนวนสารตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

ตารางที่ ผ.4 แสดงการคำนวณค่า t - test

ตัวอย่าง	หมวดที่	ค่าเฉลี่ย		D_{i_i}	$D_{i_i} - \bar{D}$	$(D_{i_i} - \bar{D})^2$	SD	t
		วิธีที่ พัฒนาขึ้น	วิธี มาตรฐาน					
1	1	2.50	4.33	-1.83	-0.39	0.15	0.20	-12.66
	2	2.90	4.20	-1.30	-0.14	0.02		
	3	3.04	4.23	-1.19	-0.25	0.06		
SUM				-1.44		0.08		
2	1	5.25	7.07	-1.82	-0.52	0.27	0.40	-10.25
	2	4.94	7.03	-2.09	-0.25	0.06		
	3	4.08	7.20	-3.12	0.78	0.60		
SUM				-2.34		0.31		
3	1	3.42	4.97	-1.56	-0.23	0.05	0.21	-14.57
	2	2.79	5.00	-2.21	0.42	0.18		
	3	3.42	5.01	-1.60	-0.19	0.04		
SUM				-1.79		0.09		

ตัวอย่างการคำนวณค่า t-test ของตัวอย่างที่ 1

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{\bar{D}}{S_d} \times \sqrt{N} \\
 &= \frac{-1.4402}{0.1971} \times \sqrt{3} \\
 &= -12.6560
 \end{aligned}$$

ค่า t-test ที่ยอมรับได้จากการเปิดตารางที่ degree of freedom เท่ากับ 2 และระดับความเชื่อมั่นที่ 95% มีค่าเท่ากับ 4.303