อัลบูมินสมาร์ทเทส: อุปกรณ์ต้นแบบรุ่นที่ 2 สำหรับตรวจวัดปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะ ด้วยแอพพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

ALBUMIN SMART TEST: A PROTOTYPE VERSION II FOR QUANTITATIVE ANALYSIS OF URINARY ALBUMIN USING APPLICATION ON SMART MOBILE PHONE

จุฑามาส ด้วงอุส่าห์
เพ็ญนภา ทับทิม
อติรัตน์ ศรีเพชรภูมิ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อัลบูมินสมาร์ทเทส: อุปกรณ์ต้นแบบรุ่นที่ 2 สำหรับตรวจวัดปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะ ด้วยแอพพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

ALBUMIN SMART TEST: A PROTOTYPE VERSION II FOR QUANTITATIVE ANALYSIS OF URINARY ALBUMIN USING APPLICATION ON SMART MOBILE PHONE

T149501

จุฑามาส ด้วงอุส่าห์
เพ็ญนภา ทับทิม
อติรัตน์ ศรีเพชรภูมิ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่ 149501
เลขทะเบียน
วัน เดือน ปี - 8 มี.ค. 2561

b.12884467
i.

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ALBUMIN SMART TEST: A PROTOTYPE VERSION II FOR QUANTITATIVE ANALYSIS OF URINARY ALBUMIN USING APPLICATION ON SMART MOBILE PHONE

Chuthamat Doung-usa
Phennapa Thubtim
Atirat Sripetchpoom

A SPECIAL PROJECT SUBMITTIED IN PARTIAL FULFILLMENT
THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (INDUSTRIAL CHEMISTRY)
DEPARTMENT OF CHEMISTRY, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADRABANG
ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	อัลบูมินสมาร์ทเทส: อุปกรณ์ต้นแบบรุ่นที่ 2 สำหรับตรวจวัดปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะด้วยแอพพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ ALBUMIN SMART TEST: A PROTOTYPE VERSION II FOR QUANTITATIVE ANALYSIS OF URINARY ALBUMIN USING APPLICATION ON SMART MOBILE PHONE
ชื่อนักศึกษา	นางสาวจุฑามาส ด้วงอุส่าห์ รหัสนักศึกษา 56050469 นางสาวเพ็ญนภา ทับทิม รหัสนักศึกษา 56050557 นางสาวอติรัตน์ ศรีเพชรภูมิ รหัสนักศึกษา 56050646
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ เชิงชั้น

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2559

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

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	อัลบูมินสมาร์ทเทส: อุปกรณ์ต้นแบบรุ่นที่ 2 สำหรับตรวจวัดปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะด้วยแอพพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ
ชื่อนักศึกษา	นางสาวจุฑามาส ด้วงอุส่าห์ รหัสนักศึกษา 56050469
	นางสาวเพ็ญนภา ทับทิม รหัสนักศึกษา 56050557
	นางสาวอติรัตน์ ศรีเพชรภูมิ รหัสนักศึกษา 56050646
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชา	เคมี
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ เชิงชั้น

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนา “อัลบูมิน สมาร์ทเทส” สำหรับตรวจวัดปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะด้วยแอพพลิเคชันบนมือถือ ซึ่งเป็นงานวิจัยต่อยอดจากที่เคยพัฒนามาแล้ว เพื่อให้ตรวจวัดในช่วงความเข้มข้นได้กว้างกว่าอุปกรณ์ต้นแบบรุ่นที่แล้ว หลักการตรวจวัดอาศัยปฏิกิริยาการรวมกันระหว่างอัลบูมินกับสารละลายเททระโบรโมฟีนอล์ฟทาลีน เอทิล เอสเทอร์ ในสารละลายไทรทรอน X-100 ที่สภาวะกรด (pH 3.2) เกิดเป็นผลิตภัณฑ์สีน้ำเงิน โดยสีของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอัลบูมิน ได้ทำการพัฒนาแถบสีมาตรฐานที่เหมาะสมเพื่อนำมาสร้างเป็นแผ่นทดสอบสำหรับใช้ในการตรวจวัด จากการศึกษาพบว่า การพัฒนาช่วงการตรวจวัดปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะสามารถแบ่งช่วงความเป็นเส้นตรงได้ 2 ช่วง คือ ช่วง 1-100 mg/L (R^2 = 0.9899) และช่วง 100-500 mg/L (R^2 = 0.9932) มีช่วงความเป็นเส้นตรงที่ดี มีค่าร้อยละการวิเคราะห์คืนกลับ เท่ากับร้อยละ 106.65 และมีความเที่ยงของการตรวจวัดสูง (พิจารณาจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ที่ความเข้มข้น 30 mg/L, 100 mg/L และ 500 mg/L เท่ากับร้อยละ 4.9059, 3.8251 และ 2.7785 ตามลำดับ โดยทำการตรวจวัดซ้ำ 10 ครั้ง) นอกจากนี้จากการทดสอบความถูกต้องของแอพพลิเคชันโดยเปรียบเทียบผลวิเคราะห์กับวิธีเมื่อใช้เครื่องยูวี-วิซิเบิล เป็นเครื่องตรวจวัดด้วยวิธีเพียร์สัน พบว่าผลการวิเคราะห์มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : อัลบูมินในปัสสาวะ, แอพพลิเคชัน, สมาร์ทโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	ALBUMIN SMART TEST: A PROTOTYPE VERSION II FOR QUANTITATIVE ANALYSIS OF URINARY ALBUMIN USING APPLICATION ON SMART MOBILE PHONE
Students	Miss Chuthamat Doung-usa Student ID 56050469
	Miss Phennapa Thubtim Student ID 56050557
	Miss Atirat Sripetchpoom Student ID 56050646
Degree	Bachelor of Science (Industrial Chemistry)
Department	Industrial Chemistry
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2016
Advisor	Asst. Prof. Dr. Nathawut Choengchan

Abstract

This work presents development of "Albumin smart test (Prototype II)" for quantitative determination of urinary albumin by application on smart mobile phone. This work was developed based on the previous model in order to expand the albumin concentration range. The reaction between albumin and tetrabromophenolphthalein ethyl ester (TBPE) in the presence of Triton X-100 at pH 3.2 was employed as detection principle. The blue colored complex is developed. Color of the product is depended on the albumin concentration. The standard colorimetric strip was constructed. Two linear ranges which are 1-100 mg/L (R^2 = 0.9899) and 100-500 mg/L (R^2 = 0.9932) were obtained with high accuracy (Recovery = 106.65%) and high precision RSDs are equivalent to 4.9 % (30 mg/L), 3.8 % (100 mg/L) and 2.8 % (500 mg/L). Results were validated against the results obtained by UV-Visible spectrophotometer. By means of Pearson's test, there was no evidence of significant difference.

Keywords : Urinary albumin, Application, Smart mobile phone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาโครงงานพิเศษในหัวข้อเรื่อง “อัลบูมินสมาร์ทเทส อุปกรณ์ต้นแบบรุ่นที่ 2 สำหรับตรวจวัดปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะด้วยแอพพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ” ของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม (แขนงเคมีวิเคราะห์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ เชิงชั้น ที่ให้คำแนะนำตลอดจนได้ทำการถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ในการปฏิบัติงานที่ดีให้แก่ผู้จัดทำ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ ประธานกรรมการสอบโครงงานพิเศษ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวภาคย์ ธีราทรง กรรมการสอบโครงงานพิเศษ รวมทั้งคำแนะนำ ตรวจสอบ ชี้แนะในการแก้ไขโครงงานพิเศษให้มีความสมบูรณ์เรียบร้อยยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณหน่วยวิจัยเคมีวิเคราะห์เชิงประยุกต์ ภาควิชาเคมี รวมถึงเจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเบิกอุปกรณ์เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง รวมทั้งอำนวยความสะดวกในการใช้งานห้องปฏิบัติการต่างๆ

ขอขอบพระคุณ นายอาจณรงค์ เมธาวีสรรเสริญ นางสาวอรฉัตร เลิศอิทธิพร นางสาวพรรวี แท่นประมูล และนางสาวสุธาทิพ ทองรอด นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา หน่วยวิจัยเคมีวิเคราะห์เชิงประยุกต์ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ รวมทั้งให้ความช่วยเหลือในทุกเรื่อง

ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาของผู้จัดทำที่เป็นกำลังใจ และให้คำปรึกษาในการทำโครงงานพิเศษนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจและมิตรภาพที่ดีตลอดมา

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงงานพิเศษฉบับนี้คงจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านนี้หรือผู้ที่ต้องการศึกษาหาความรู้ในโครงงานพิเศษนี้ไม่มากก็น้อย

จุฑามาส ด้วงอุส่าห์
เพ็ญนภา ทับทิม
อติรัตน์ ศรีเพชรภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ซ

คำย่อและสัญลักษณ์ ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 1

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 โรคไต 3

2.2 อัลบูมิน 5

2.3 ปัสสาวะ 6

2.4 กระบวนการเกิดปัสสาวะ 6

2.5 ส่วนประกอบของปัสสาวะ 7

2.6 วิธีการตรวจสอบปัสสาวะ 9

2.7 การเก็บปัสสาวะ 11

2.8 มาตรฐานของสี 12

2.8.1 ระบบสี RGB 13

2.8.2 ระบบสี HSV 13

2.9 หลักการตรวจวัดในงานวิจัย 15

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 21

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ 21

3.1.1 สารเคมี 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องตรวจวัด 21

3.2 การเตรียมสารละลาย 22

3.2.1 สารละลายมาตรฐานอัลบูมินความเข้มข้น 2500 mg/L 22

3.2.2 สารละลาย Stock TBPE ความเข้มข้น 1.0×10^{-2} mol/L 22

3.2.3 สารละลาย TBPE ความเข้มข้น 2.0×10^{-4} mol/L 22

3.2.4 สารละลาย TBPE ความเข้มข้น 4.0×10^{-4} mol/ 22

3.2.5 สารละลาย TBPE ความเข้มข้น 5.0×10^{-4} mol/L 22

3.2.6 สารละลาย TBPE ความเข้มข้น 10.0×10^{-4} mol/L 22

3.2.7 สารละลายบัฟเฟอร์ (0.1 mol/L Acetic acid และ 0.1 mol/L Sodium acetate) 23

3.3 วิธีทำการทดลอง 23

3.3.1 การสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายอัลบูมิน 23

3.3.2 การศึกษาอิทธิพลที่ส่งผลต่อการตรวจวัด 23

3.3.2.1 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจวัด 23

3.3.2.2 การศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลาย TBPE 24

3.3.3 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสี (Hue) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอัลบูมิน 24

3.4 การหาค่าความเข้มสี (Hue) ด้วยโปรแกรม Image J 24

3.5 การศึกษาอัตราส่วนการเจือจางตัวอย่างปัสสาวะที่เหมาะสม 26

3.6 การเลือกแถบสีมาตรฐานที่เหมาะสม 27

3.7 การสร้างแผ่นทดสอบ 27

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 28

4.1 การศึกษาปฏิกิริยาที่ใช้ในการตรวจวัด 28

4.1.1 การสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานอัลบูมิน 29

4.2 ศึกษาอิทธิพลที่ส่งผลต่อการตรวจวัด 30

4.2.1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจวัด 30

4.2.2 ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลาย TBPE 31

4.3 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสี (Hue) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอัลบูมิน 32

4.4 การศึกษาอัตราส่วนการเจือจางตัวอย่างปัสสาวะที่เหมาะสม 33

4.5 การเลือกแถบสีมาตรฐานที่เหมาะสม 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.6 การสร้างแผ่นทดสอบ 36
4.7 การออกแบบแอพพลิเคชัน “Albumin smart test V.2” 37
4.8 การศึกษาความเที่ยงของการตรวจวัดด้วยแอพพลิเคชัน 40
4.9 การทดสอบความถูกต้องของชุดทดสอบและแอพพลิเคชัน 40
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ 42
5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย 42
5.2 ข้อเสนอแนะ 43
เอกสารอ้างอิง 44
ภาคผนวก ก. 46
ภาคผนวก ข. 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะต่อวัน 6

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของปัสสาวะ 8

ตารางที่ 2.3 แสดงเกณฑ์การวินิจฉัยความผิดปกติของไต 12

ตารางที่ 4.1 แสดงผลอัตราส่วนการเจือจางปัสสาวะที่เหมาะสม 34

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า %RSD ของการตรวจวัดปริมาณอัลบูมิน 40
โดยใช้แอพพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

ตารางที่ ข.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายอัลบูมิน 47

ตารางที่ ข.2 แสดงค่าการดูดกลืนของสารละลายอัลบูมิน 47
ความเข้มข้น TBPE เป็น 2.0 × 10-4 mg/L

ตารางที่ ข.3 แสดงค่าการดูดกลืนของสารละลายอัลบูมิน 48
ความเข้มข้น TBPE เป็น 4.0×10^{-4} mg/L

ตารางที่ ข.4 แสดงค่าการดูดกลืนของสารละลายอัลบูมิน 48
ความเข้มข้น TBPE เป็น 5.0×10^{-4} mg/L

ตารางที่ ข.5 แสดงค่าการดูดกลืนของสารละลายอัลบูมิน 48
ความเข้มข้น TBPE เป็น $10. \times 10^{-4}$ mg/L

ตารางที่ ข.6 แสดงค่าสี RGB ที่ได้จากภาพถ่ายของสารละลายอัลบูมิน 49

ตารางที่ ข.7 แสดงผลค่าความเข้มสี (Hue) กับความเข้มข้นของสารละลายอัลบูมิน 50

ตารางที่ ข.8 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างปัสสาวะ 50

ตารางที่ ข.9 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของ Spiked Solution 50

ตารางที่ ข.10 แสดงค่าปริมาณอัลบูมินที่วิเคราะห์วัดด้วยแอพพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ 51

ตารางที่ ข.11 แสดงความเข้มข้นของอัลบูมินที่วิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน 51

ตารางที่ ข.12 แสดงความเข้มข้นของอัลบูมินที่วิเคราะห์ด้วยวิธีที่พัฒนา 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการเกิดปัสสาวะ 7

รูปที่ 2.2 แสดงระบบสี RGB 13

รูปที่ 2.3 แสดงระบบสี HSV 14

รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการหาค่าความเข้มสี (Hue) 25

รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการหาค่าความเข้มสี (Hue) 25

รูปที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการหาค่าความเข้มสี (Hue) 26

รูปที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการหาค่าความเข้มสี (Hue) 26

รูปที่ 4.1 แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ 28

รูปที่ 4.2 แสดงกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้น 29
ของสารละลายมาตรฐานอัลบูมินในช่วงความเข้มข้นตั้งแต่ 1–500 mg/L

รูปที่ 4.3 แสดงกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้น 29
ของสารละลายอัลบูมินในช่วง 1-100 mg/L และ 100-500 mg/L

รูปที่ 4.4 แสดงสีของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายมาตรฐาน 30
อัลบูมินและสารละลาย TBPE ที่ pH 3.2

รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับระยะเวลาในการศึกษา 31

รูปที่ 4.6 แสดงกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้น 32
ของสารละลายอัลบูมินที่ความเข้มข้นของสารละลาย TBPE แตกต่างกัน

รูปที่ 4.7 แสดงกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสี (Hue) กับความเข้มข้น 33
ของสารละลายมาตรฐานอัลบูมิน

รูปที่ 4.8 แสดงการสร้างข้อมูลสีเพื่อนำไปเลือกแถบสีมาตรฐานที่เหมาะสม 35

รูปที่ 4.9 แสดงสีของผลิตภัณฑ์ (ภาพ ก) 35

รูปที่ 4.9 แสดงแถบสีมาตรฐาน (ภาพ ข) 35

รูปที่ 4.9 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มสี (Hue) จากสีของ 35
สารผลิตภัณฑ์และจากแถบสีมาตรฐาน (ภาพ ค)

รูปที่ 4.10 แสดงแผ่นทดสอบ 36

รูปที่ 4.11 แสดงจอ Albumin smart test V.2 37
และฟังก์ชันการใช้งานต่างๆ

รูปที่ 4.12 แสดงภาพเมื่อกดเมนู START 38

รูปที่ 4.13 แสดงภาพเมื่อกดเมนู HISTORY 38

รูปที่ 4.14 แสดงภาพเมื่อกดเมนู INFO 39

รูปที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์โดยวิธี Pearson's 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์		คำอธิบาย
HSA	=	สารละลายมาตรฐานอัลบูมิน
TBPE	=	สารละลายเททระโบรโมฟีนอล์ฟทาลีน เอทิล เอสเทอร์
Triton x-100	=	สารละลายไทรตรอนX-100
NaOH	=	สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
CH_3COOH	=	สารละลายกรดอะซิติก
g	=	Gram
M	=	Molar
% RSD	=	% Relative Standard Deviation
S.D.	=	Standard Deviation
R^2	=	Coefficient of Determination
conc.	=	Concentration
pH	=	ระดับความเป็นกรดด่าง
v/v	=	โดยปริมาตรต่อปริมาตร
%	=	เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

โรคไตเป็นปัญหาสุขภาพที่สำคัญของประเทศ มีแนวโน้มที่คนไทยจะป่วยเป็นโรคไตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยในผู้ป่วยบางรายมีอาการรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิต

การตรวจโปรตีนไข่ขาวหรืออัลบูมินในปัสสาวะ เป็นวิธีในการตรวจวินิจฉัยโรคไตวิธีหนึ่ง ในคนปกติจะตรวจไม่พบอัลบูมินในปัสสาวะหรือพบในระดับน้อยมาก ดังนั้นแล้วหากตรวจพบโปรตีนในปัสสาวะจะบ่งบอกได้ว่าเริ่มจะมีความเสี่ยงในการเกิดโรคไต แต่วิธีการตรวจปัสสาวะภายในโรงพยาบาล อาศัยหลักการอิมมูโนวิทยา ซึ่งมีความจำเพาะเจาะจงสูงมาก แต่ใช้เวลาในการตรวจวัดนาน จึงทำให้การวินิจฉัยของผู้ป่วยเป็นไปอย่างล่าช้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงพยาบาลของรัฐ ซึ่งมักจะมีตัวอย่างปัสสาวะเป็นจำนวนมาก อีกทั้งเครื่องมือมีขนาดใหญ่ ไม่สามารถเคลื่อนย้ายไปใช้นอกห้องปฏิบัติการได้ และผู้ใช้เครื่องต้องมีความชำนาญและเชี่ยวชาญเป็นพิเศษ จึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์แบบภาคสนามสำหรับการตรวจวัดปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะโดยใช้แอพพลิเคชันโทรศัพท์มือถือ คือ อัลบูมินสมาร์ทเทสท์ (Albumin smart test) ซึ่งตรวจวัดปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะได้แม่นยำและถูกต้อง มีความสะดวกรวดเร็วต่อการวิเคราะห์กว่าวิธีเดิม แต่ก็ยังมีข้อจำกัด คือ สามารถตรวจหาปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะได้ในช่วงที่แคบ 1-50 มิลลิกรัมต่อลิตร คือเฉพาะในช่วง Microalbuminuria คือ ช่วงที่เริ่มมีอาการไตอักเสบ เท่านั้น

งานวิจัยนี้ จึงได้ทำการพัฒนาต่อยอดเพื่อให้ช่วงความสามารถในการตรวจวัดปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะบ่งบอกได้ ตั้งแต่ภาวะปกติจนถึงภาวะ Macroalbuminuria คือขยายช่วงความเข้มข้นออกเป็น 1-500 มิลลิกรัมต่อลิตร พร้อมทั้งออกแบบแอพพลิเคชันใหม่ให้สวยงามและใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาอุปกรณ์การตรวจวัดและแอพพลิเคชันบนมือถือ “Albumin smart test” เพื่อให้สามารถตรวจวัดปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะในช่วงความเข้มข้น 1-500 มิลลิกรัมต่อลิตรได้

1.2.2 เพื่อประยุกต์ใช้แอพพลิเคชันกับตัวอย่างปัสสาวะ พร้อมทั้งทดสอบความถูกต้องของแอพพลิเคชันในการตรวจวัดปริมาณอัลบูมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

เริ่มจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะโดยวิธีต่างๆ แล้วจึงศึกษาหลักการตรวจวัดอัลบูมินด้วยสารละลายเททระโบรโมฟีนอล์ฟทาลีน เอธิลเอสเทอร์ โดยใช้เครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโทร-โฟโตมิเตอร์ และศึกษาอิทธิพลที่ส่งผลต่อการตรวจวัด คือ ระยะเวลาในการตรวจวัด ความเข้มข้นของสารละลาย TBPE จากนั้นศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสี (Hue) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอัลบูมิน ศึกษาอัตราส่วนการเจือจางตัวอย่างปัสสาวะที่เหมาะสม หลังจากนั้นจึงพัฒนาแถบสีมาตรฐานที่เหมาะสมเพื่อนำไปสร้างแผ่นทดสอบสำหรับใช้ในการตรวจวัด และออกแบบแอพพลิเคชัน “Albumin smart test” และศึกษาความเที่ยงของการตรวจวัดพร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของชุดทดสอบและแอพพลิเคชันด้วยวิธีเพียร์สัน แล้วนำไปประยุกต์ใช้กับตัวอย่างปัสสาวะ ขอบเขตของงานวิจัยนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังนี้

1.3.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.3.2 ศึกษาปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ในการตรวจวัดอัลบูมินด้วยสารละลายเททระโบรโมฟีนอล์ฟทาลีน เอธิลเอสเทอร์

1.3.3 ศึกษาอิทธิพลที่ส่งผลต่อการตรวจวัด

1.3.4 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสี (Hue) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอัลบูมิน

1.3.5 ศึกษาอัตราส่วนการเจือจางตัวอย่างปัสสาวะที่เหมาะสม

1.3.6 เลือกแถบสีมาตรฐานที่เหมาะสม เพื่อนำไปสร้างแผ่นทดสอบ

1.3.7 ออกแบบแอพพลิเคชัน “Albumin smart test”

1.3.8 ศึกษาความเที่ยงของการตรวจวัดด้วยแอพพลิเคชัน

1.3.9 ทดสอบความถูกต้องของชุดทดสอบและแอพพลิเคชันด้วยวิธีเพียร์สัน

1.3.10 นำไปประยุกต์ใช้จริงกับตัวอย่างปัสสาวะ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้

1.4.1 สามารถพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดร่วมกับการใช้แอพพลิเคชัน “Albumin smart test” ให้ตรวจวัดปริมาณอัลบูมินในช่วงความเข้มข้น 1-500 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้เป็นผลสำเร็จ

1.4.2 สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างปัสสาวะได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรคไต

โรคไต [1] หมายถึง โรคชนิดหนึ่งที่เกิดจากความผิดปกติของพยาธิสภาพของไตในการเพื่อขับของเสียออกจากร่างกายและรักษาความสมดุลของเกลือและน้ำในร่างกายมนุษย์ โรคไตมีหลายประเภทดังนี้

- โรคไตวายฉับพลันจากเหตุต่างๆ
- โรคไตวายเรื้อรังเกิดตามหลังโรคเบาหวาน โรคไตอักเสบ โรคความดันโลหิตสูง โรคเก๊าท์
- โรคไตอักเสบเนโฟรติก
- โรคไตอักเสบจากภาวะภูมิคุ้มกันสับสน (โรค เอส.แอล.อี.)
- โรคติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ
- โรคถุงน้ำที่ไต (Polycystic Kidney Disease)

2.1.1 สาเหตุของการเกิดโรคไต [2]

1. เป็นมาแต่กำเนิด (Congenital) เช่น มีไตข้างเดียว หรือไตมีขนาดไม่เท่ากัน โรคไตเป็นถุงน้ำ (Polycystic kidney disease) เป็นต้น

2. เกิดจากการอักเสบ (Inflammation) เช่น โรคของกลุ่มเลือดฝอยของไตอักเสบ (glomerulonephritis)

3. เกิดจากการติดเชื้อ (Infection) เกิดจากเชื้อแบคทีเรียเป็นส่วนใหญ่ เช่น กรวยไตอักเสบ ไตเป็นหนอง กระเพาะปัสสาวะอักเสบ (จากเชื้อโรค) เป็นต้น

4. เกิดจากการอุดตัน (Obstruction) เช่นจากนิ่ว ต่อมลูกหมากโต มะเร็งมดลูกไปกดท่อไต เป็นต้น

5. เกิดจากโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และโรคเกาต์

6. การกินอาหารรสจัด เช่น กินเค็มมาก หวานมาก เป็นต้น

2.1.2 อาการ [3]

สามารถสังเกตอาการของโรคไตได้ ดังต่อไปนี้

1. ปัสสาวะ มีกลิ่นฉุนมากหรือไม่ ปกติปัสสาวะใหม่ของคนปกติจะมีกลิ่นอ่อนๆ หากเมื่อไรมีกลิ่นฉุนมาก และเป็นต่อเนื่องหลายวัน ต้องไปพบแพทย์ ถ้าฉุนเพราะกินอาหารผ่านไปวันสองวันก็จะหาย การสังเกตจากลักษณะทางกายภาพของปัสสาวะ สามารถพิจารณาในรายละเอียด ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1. สี ขาวใส หรือขุ่นเข้ม ปกติตอนเช้าปัสสาวะจะต้องมีสีเข้ม เพราะกลางคืนดื่มน้ำน้อย พอสายๆ จะใสหรือมีสีเหลืองน้อยๆ ถ้าปัสสาวะบ่อยแล้วขาวใสมากตลอดเวลา แสดงว่าไตกรองของเสียออกไม่ได้ ออกแต่น้ำ

1.2. จำนวนครั้งในการปัสสาวะมากหรือน้อย คนปกติจะขับถ่ายปัสสาวะเวลา กลางวัน 4-8 ครั้ง กลางคืน 1-2 ครั้ง ถ้า 10-15 ครั้งขึ้นไป หรือถ้า 3 ครั้งขึ้นไปในตอนกลางคืน ต้องไปพบแพทย์ เพราะถ้าปัสสาวะบ่อยครั้ง สะท้อนถึงว่าหน่วยกรองไตได้รับความเสียหาย โดยปกติแล้วเมื่อหน่วยไตกรองออกมา ท่อไตจะจัดแบ่ง ดูดเก็บของดีกลับคืนไป ส่วนของเสียจะส่งเข้าสู่กรวยไตให้ส่งต่อไปยังกระเพาะปัสสาวะ แต่เมื่อหน่วยไตเสียหาย ควบคุมปัสสาวะไม่อยู่ จึงปัสสาวะบ่อย

1.3. ปัสสาวะปริมาณมากหรือน้อย ปกติปัสสาวะแต่ละวันต้องมีประมาณวันละ 1500 ซีซี ดื่มน้ำเท่าไรควรออกมาเท่านั้น ดังนั้น วันหนึ่งต้องมีปัสสาวะไม่ต่ำกว่า 400 ซีซี จึงจะสามารถขับพิษที่ร่างกายไม่ต้องการออกไปจากร่างกายได้

1.4. ปัสสาวะมีเม็ดเลือดแดง อาจมาจากไตอักเสบ นิ่วในไต เนื้องอกในไต กระเพาะปัสสาวะอักเสบเฉียบพลัน หรือให้เลือดผิด เม็ดเลือดแตก อุดตันหน่วยไตและท่อไต

2. ปัสสาวะมีโปรตีนรั่ว ในคนปกติมีโปรตีนในปัสสาวะเพียงเล็กน้อย จึงตรวจไม่พบ แต่หากตรวจพบมีโปรตีนรั่วในปัสสาวะ คือมีความผิดปกติ ที่เกิดจากโรคและเกิดจากความเปลี่ยนแปลงทางสรีระ โดยทั่วไปหากมีโปรตีนในปัสสาวะมักจะเป็นข้อบ่งชี้ว่าเกิด 'โรคไต' ต้องตรวจเพิ่มให้ละเอียดและทำการรักษาในระยะแรกๆ

3. การปวดท้องอย่างรุนแรง (colicky pain) ร่วมกับการมีปัสสาวะเป็นเลือด ปัสสาวะขุ่นหรือมีกรวดทราย แสดงว่าเป็นนิ่วในไต และทางเดินปัสสาวะ

4. การมีก้อนบริเวณไต หรือบริเวณบั้นเอวทั้ง 2 ข้าง อาจเป็นโรคไต เป็นถุงน้ำการอุดตันของไต หรือเนื้องอกของไต

5. การปวดหลัง ในกรณีที่เป็นกรวยไตอักเสบ จะมีอาการไข้หนาวสั่น และปวดหลังบริเวณไต คือ บริเวณสันหลังใต้ซี่โครงซีกสุดท้าย

6. อาการบวม โดยเฉพาะการบวมที่บริเวณหนังตาในตอนเช้าหรือหน้าบวม ซึ่งถ้าเป็นมากจะมีอาการบวมทั่วตัว อาจเกิดได้ในโรคไตหลายชนิด แต่ที่พบได้บ่อย โรคไตอักเสบชนิดเนฟโฟรติคซินโดรม (Nephrotic Syndrome)

7. ความดันโลหิตสูง เนื่องจากไตสร้างสารควบคุมความดันโลหิต ประกอบกับไต มีหน้าที่รักษาสมดุลของน้ำ และเกลือแร่ในร่างกาย เพราะฉะนั้นความดันโลหิต สูงอาจเป็นจากโรคไตโดยตรง หรือในระยะไตวายมากๆ ความดันโลหิตก็จะสูงได้

8. ซีดหรือโลหิตจาง เช่นเดียวกับความดันโลหิตสูง สาเหตุของโลหิตจางมีได้ หลายชนิด แต่สาเหตุที่เกี่ยวกับโรคไตก็คือ โรคไตวายเรื้อรัง (Chronic renal failure) เนื่องจากปกติไตจะสร้างสารอีริโธรโปอีติน (Erythopoietin) เพื่อไปกระตุ้นให้ไขกระดูก สร้างเม็ดเลือดแดง เมื่อเกิดไตวายเรื้อรัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไตจะไม่สามารถสร้างสารอีริโธรโปอีติน (Erythopoietin) ไปกระตุ้นไขกระดูก ทำให้ซีด หรือโลหิตจาง มีอาการอ่อนเพลีย เหนื่อยง่าย หน้ามืด เป็นลมบ่อยๆ

2.1.3 วิธีการรักษา

อาจแบ่งได้เป็น 4 วิธีหลักๆ ด้วยกัน คือ

1. การตรวจค้นหาและการวินิจฉัยโรคไตที่เหมาะสม การตรวจค้นหาหรือวินิจฉัยโรคที่ถูกต้องได้ในระยะต้นๆของโรคย่อมมีโอกาสได้รับผลการรักษาดีกว่าการเข้าวินิจฉัยล่าช้า

2. การรักษาที่สาเหตุของโรคไต เช่น การรักษานิ่วไต การหยุดยาซึ่งเป็นพิษต่อไต การควบคุมโรคเบาหวาน และความดันโลหิตสูง ให้ดีอย่างสม่ำเสมอ การใช้ยาที่เหมาะสม กับโรคเนื้อไตอักเสบแต่ละชนิด เป็นต้น

3. การรักษาเพื่อชะลอความเสื่อมของไต แม้แพทย์จะรักษาสาเหตุของโรคไตแล้วแต่ผู้ป่วยจำนวนมากอาจมีการทำงานของไตที่เสื่อมลงกว่าปกติ เพราะเนื้อไตบางส่วนถูกทำลายไปไตส่วนที่ดีซึ่งเหลืออยู่จะต้องทำงานหนักขึ้นทำให้ไตเสื่อมการทำงานมากขึ้นตามระยะเวลาและมักเกิดไตวายในที่สุด ดังนั้นการชะลอการเสื่อมของไต อันได้แก่ การควบคุมอาหารให้เหมาะกับการทำงานของไตที่เหลืออยู่ การใช้ยาเพื่อช่วยปรับสารต่างๆที่เป็นพิษต่อไต การควบคุมความดันโลหิตให้ดี เป็นต้น ยาที่มีผลชะลอไตเสื่อม ได้แก่ ยากลุ่ม ACEI Inhibitors(Angiotensin Converting Enzyme Inhibitors) ซึ่งได้แก่ยา Enalapril Captopril Lisinopril และ Ramipril

4. การรักษาทดแทนการทำงานของไต (การล้างไตและการผ่าตัดปลูกถ่ายไต) เมื่อไตวายมากขึ้นจนเข้าระยะสุดท้าย ผู้ป่วยจะได้รับการรักษาด้วยการล้างไตหรือการผ่าตัดปลูกถ่ายไต

2.2 อัลบูมิน

อัลบูมิน [4] เป็นโปรตีนชนิดหนึ่งพบได้ในไข่ขาว สังเคราะห์มาจากตับ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำเหลืองของเลือด เป็นโปรตีนที่มีมากที่สุดในเลือดของมนุษย์ ระดับ albumin เป็นการบ่งบอกความสมดุลของการสร้างที่ตับและการขับ albumin ออกทางไต พบว่า albumin จะเป็นสัดส่วนประมาณ 60 ของโปรตีนทั้งหมด อัลบูมินทำหน้าที่สร้างความเข้มข้นขึ้นในหลอดเลือดทำให้เกิดความดันออสโมติค (osmotic pressure) รักษาสมดุลของของเหลวในร่างกายและสร้างแอนติบอดี ป้องกันสารอาหารไม่ให้รั่วซึมออกมาภายนอกหลอดเลือด สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการทำงานของไต นอกจากนี้ อัลบูมินยังมีบทบาทที่สำคัญ ได้แก่ การทำหน้าที่เป็นพาหนะขนส่งฮอร์โมน เอนไซม์ แร่ธาตุ หรือแม้แต่ยารักษาโรค โดยในสภาวะปกติร่างกายจะไม่มีการขับอัลบูมินออกมาทางปัสสาวะ แต่ในสภาวะที่ไตเริ่มมีการทำงานที่เสื่อมประสิทธิภาพจะมีการตรวจพบอัลบูมินในปัสสาวะ หรือเรียกว่า ภาวะไมโครอัลบูมินูเรีย ซึ่งจะตรวจพบปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะตั้งแต่ 30 ถึง 300 มิลลิกรัม พยาธิสภาพของไตสามารถแสดงได้ ดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะต่อวัน [5]

พยาธิสภาพของไต	ปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะต่อวัน (mg/24 hr)
ปกติ	<30
เสื่อมเริ่มแรก	30-299
ผิดปกติรุนแรง	>300

2.3 ปัสสาวะ

ปัสสาวะ [6] เป็นของเสียในรูปของเหลวที่ร่างกายขับถ่ายออกมาผ่านการกรองจากไต ด้วยกระบวนการกรองจากเลือด เป็นผลจากกระบวนการสร้างและสลายในระดับเซลล์ (cellular metabolism) แล้วทำให้เกิดสารประกอบไนโตรเจนที่เป็นของเสียจำนวนมาก ซึ่งจำเป็นต้องกำจัดออกจากกระแสเลือด โดยการขับถ่ายผ่านระบบทางเดินปัสสาวะ คือ จากไตสู่ท่อไต สู่กระเพาะปัสสาวะ ท่อปัสสาวะและขับออกจากร่างกายในที่สุด

2.4 กระบวนการเกิดปัสสาวะ [7]

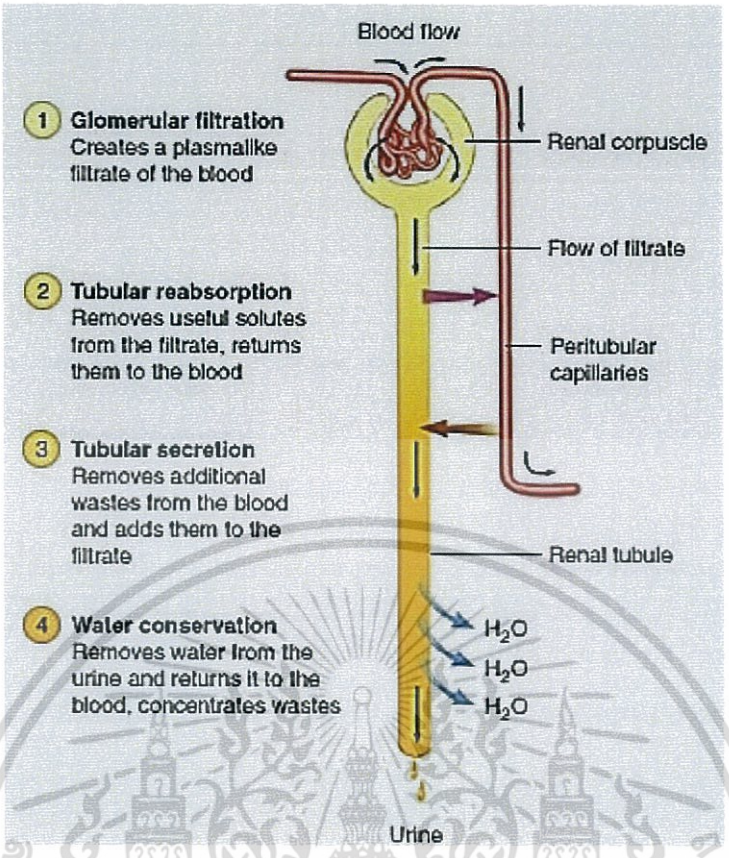
กระบวนการเกิดปัสสาวะ เกิดจากไต โดยผ่านกระบวนการพื้นฐานที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ

1. Ultrafiltration (การกรอง) เป็นขั้นแรกในการทำให้เกิดปัสสาวะขึ้นที่ glomerulus โดยการกรองทุกอย่างที่มีอยู่ในพลาสมา ยกเว้นโปรตีนและเม็ดเลือดจาก glomerulus ลงไปยัง Bowman's capsule ต่อจากนั้นของเหลวก็จะไหลผ่านไปยังท่อไตส่วนต่างๆ ขณะที่ผ่านไปในท่อไตของเหลวที่ถูกกรองมาจาก glomerulus ซึ่งเรียกว่า filtrate จะถูกทำให้องค์ประกอบเปลี่ยนแปลงไปโดยกระบวนการอีก 2 อย่าง คือการดูดกลับและการขับออกของสารบางอย่างโดยท่อไต

2. Tubular reabsorption (การดูดกลับ) คือ สารบางตัวที่เป็นประโยชน์จะถูกดูดกลับจากท่อไตกลับเข้าเส้นเลือด เช่น glucose และ Na^+ เป็นต้น

3. Tubular secretion (การขับออก) คือ การขนถ่ายสารจากเลือดเข้าไปท่อไตกระบวนการนี้เป็น Selective process หมายความว่า ไม่ใช่สารทุกตัวในเลือดจะถูกขับออกมาในท่อไตหมด จะมีเฉพาะบางตัวเท่านั้น เช่น PAH (p-aminohippuric acid) และ H^+ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการเกิดปัสสาวะ

ที่มา : http://www.scimath.org/socialnetwork/groups/viewbulletin/ (16 มิถุนายน 2560)

2.5 ส่วนประกอบของปัสสาวะ [8]

ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญในปัสสาวะพบว่า 95% เป็นน้ำ 2 % เป็นยูเรีย อีก 3 % เป็นสารอื่นๆ ถ้าแยกส่วนประกอบที่เป็นมิลลิกรัมออกมาในน้ำปัสสาวะ 100 ซีซี จะพบว่ามีส่วนประกอบต่างๆ ดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของปัสสาวะ

ส่วนประกอบของปัสสาวะ	ปริมาณ (มิลลิกรัม)
Urea Nitrogen	682
Urea	1,459
Creatinin Nitrogen	36
Creatinin	97
Uric acid nitrogen	12.3
Uric acid	36.9
Amino nitrogen	9.7
Ammonia nit	57
Sodium	212
Potassium	137
Calcium	19.5
Magnesium	11.3
Chloride	314
Total sulphate	91
Inorganic sulphate	83
Inorganic phosphate	127

นอกจากนี้ยังมีสารอื่นๆอีก ซึ่งมีดังนี้

1. เอนไซม์ ได้แก่

    1.1 Amylase (diastase)

    1.2 Lactic dyhydrogenate (LDH)

    1.3 Leucine amino-peptdase (LAP)

    1.4 Urokinase เป็นสารละลายลิ่มเลือด รักษาเส้นเลือดอุดตัน

2. ฮอร์โมน ได้แก่

    2.1 Catecholamines

    2.2 17-Catosteroids

    2.3 Hydroxysteroids

    2.4 Erytropoietine สารกระตุ้นไขกระดูกให้สร้างเม็ดเลือดแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 Adenylate cyclase ประสานการทำงานของฮอร์โมนหลายชนิดในร่างกาย โดยผ่านการทำงานของสาร cyclic AMP

2.6 Prostaglandin เป็นสารประจำถิ่นในเนื้อเยื่อหลายชนิด ควบคุมการอักเสบ การรับรู้ความเจ็บปวด การจับตัวของลิ่มเลือด รักษาเส้นเลือดอุดตัน

3. ฮอร์โมนเพศ ช่วยสร้างความกระชุ่มกระชวย ผิวพรรณดี ลดรอยย่นและความหย่อนย่าน สร้างสุขภาพจิตที่ดี ลดคลอเรสเตอรอลในเลือด ป้องกันกระดูกผุ

4. อินซูลิน คนที่เป็นเบาหวานจะได้อินซูลินเข้าไปช่วยเสริมสร้างการเจริญอาหาร

5. Melatonin พบในปัสสาวะตอนเช้า สารนี้ช่วยให้จิตใจสงบ ลดความกระวนกระวาย หลับสบาย

2.6 วิธีการตรวจปัสสาวะ [9]

การตรวจปัสสาวะเป็นการตรวจคัดกรองโรคบางชนิด ช่วยในการวินิจฉัยโรคร่วมกับการตรวจอย่างอื่น ช่วยในการแยกชนิดของโรคระบบทางเดินปัสสาวะจากโรคอื่นๆ การตรวจปัสสาวะโดยทั่วไปประกอบด้วย การตรวจทางกายภาพ เคมี และตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์

2.6.1 การตรวจทางกายภาพ

การตรวจคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ตรวจหาปริมาตร สี กลิ่น ความขุ่น และความถ่วงจำเพาะ

1. สี ปัสสาวะปกติจะมีสีเหลืองอำพัน แต่จะมีความอ่อน–แก่ของสีแตกต่างกันได้ตามความเข้มข้นของปัสสาวะ หากปัสสาวะที่ถ่ายออกมามีสีอื่น เช่น แดง น้ำตาล ฯลฯ อาจเกิดจากปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ อาหาร ยา สารสีต่างๆ หรือผลิตผลจากระบบเผาผลาญของร่างกาย การดูสีปัสสาวะจึงเป็นเครื่องบ่งชี้ข้อแรกสำหรับโรคไต และภาวะผิดปกติของระบบเผาผลาญอาหาร

2. ความขุ่น ปัสสาวะที่ถ่ายใหม่ๆ ปกติแล้วมักจะใส อาจขุ่นได้เมื่อตั้งทิ้งไว้หรือเก็บในตู้เย็น การรายงานความขุ่นนิยมรายงานเป็น ใส ขุ่นเล็กน้อย หรือขุ่น ตั้งแต่น้อยไปถึงขุ่นมาก ความขุ่นของปัสสาวะที่เกิดจากความผิดปกติ อาจเกิดจากเม็ดเลือดขาว แบคทีเรีย ไขมัน เป็นจำนวนมากได้

3. ความถ่วงจำเพาะ ค่าปกติ 1.005-1.030 ความถ่วงจำเพาะเป็นการวัดความสามารถของไตในการควบคุมความเข้มข้นและส่วนประกอบของของเหลวในร่างกายให้คงที่ อาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ดื่มเข้าไป อุณหภูมิและการออกกำลังกาย ความถ่วงจำเพาะที่สูงเกินไป อาจจะเกิดจากร่างกายขาดน้ำ เช่นดื่มน้ำน้อย ท้องร่วงรุนแรง หรือในเด็กเป็นไข้เลือดออกที่กำลังช็อค และได้น้ำชดเชยน้อยเกินไปทำให้ขาดน้ำในกระแสเลือด จะทำให้ปัสสาวะเข้มข้น ถ้าความถ่วงจำเพาะต่ำไปอาจจะเกิดจาก กินน้ำมากเกิน ร่างกายจึงกำจัดน้ำออกมาทางปัสสาวะเยอะ หรือเป็นโรคที่ทำให้มีปัสสาวะมีน้ำออกมามากผิดปกติ เช่น โรคเบาจืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การตรวจทางเคมี

การตรวจคุณสมบัติทางเคมีเป็นการตรวจความเป็นกรด-ด่าง และสารเคมีต่างๆ เช่น โปรตีน กลูโคส คีโตน และยูโรบิริโนเจน เป็นต้น

1. ความเป็นกรดด่าง ในคนปกติ ความเป็นกรดด่างของปัสสาวะจะมีค่าระหว่าง 5 - 8 ซึ่งความเป็นกรดด่าง บ่งบอกความสามารถของไตในการควบคุมสมดุลกรดด่างของร่างกาย เปลี่ยนแปลงไปตามกระบวนการเผาผลาญอาหาร ชนิดของอาหาร โรคและการใช้ยา

2. โปรตีนในปัสสาวะ โดยปกติจะต้องไม่มีหรือมีเล็กน้อย อาจพบโปรตีนมากในบุคคลที่มีไข้สูง โรคหัวใจ โรคที่มีพยาธิสภาพภายในไต ไตอักเสบเรื้อรังและเฉียบพลัน กระเพาะปัสสาวะอักเสบ ท่อปัสสาวะอักเสบ ในบุคคลที่ทำงานในสถานประกอบกิจการที่สัมผัสสารโลหะหนักบางชนิด เช่น ปรอท แคดเมียม มีฤทธิ์ในการทำลายเนื้อไต มีผลทำให้โปรตีนออกมาในปัสสาวะจำนวนมาก ในคนปกติ อาจพบว่ามีโปรตีนออกมาในปัสสาวะได้จากการนั่งหรือยืนนานๆ การออกกำลังกายหักโหม การตั้งครรภ์ระยะท้ายๆ เครียด หรือมีไข้ เป็นต้น

3. น้ำตาลในปัสสาวะ หยดใส่ปัสสาวะหรือวิธีใช้กระดาษทดสอบเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสี จะพบเป็นผลลบ (สีน้ำเงินหรือเขียว) การตรวจพบว่ามีน้ำตาลกลูโคสออกมาในปัสสาวะอาจมีสาเหตุมาจากโรคไต การตั้งครรภ์ ได้รับสารพิษหรือมีระดับน้ำตาลในเลือดสูง การรายงานผลเช่นเดียวกับการรายงานโปรตีนในปัสสาวะ คือ trace, 1+, 2+, 3+ และ 4+ ตามลำดับ

2.6.3 การตรวจตะกอนปัสสาวะทางกล้องจุลทรรศน์

1. เพื่อช่วยบ่งชี้ให้แน่ชัดถึงภาวะที่ผิดปกติหรือโรคที่สงสัย ในบางครั้งการตรวจทางกายภาพและเคมีอาจไม่พบสิ่งผิดปกติ แต่เมื่อตรวจตะกอนก็อาจจะพบสิ่งผิดปกติได้ ซึ่งสามารถช่วยแพทย์ในการวินิจฉัยโรคได้เป็นอย่างดี สิ่งที่สามารถพบได้ในตะกอนปัสสาวะ เช่น เซลล์ต่างๆ เม็ดเลือดขาว เม็ดเลือดแดง แบคทีเรีย เชื้อรา พยาธิ ผลึกต่างๆ แท่งโปรตีน เป็นต้น

2. การตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ เป็นวิธีที่สำคัญมากในการวินิจฉัยโรค โดยการนำตะกอนปัสสาวะ มาตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อหาดูเซลล์ต่างๆ เช่น เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว เซลล์เยื่อบุ ซึ่งมีความสำคัญในการวินิจฉัยโรคไต การตรวจหาผลึกต่างๆ เช่น แคลเซียมออกซาเลต ยูริกแอซิด เป็นต้น การตรวจปัสสาวะด้วยกล้องจุลทรรศน์นั้นสามารถช่วยในการวินิจฉัยโรคเช่น การพบเม็ดเลือดแดง ย่อมชี้บ่งว่าน่าจะเป็นโรคไตเฉียบพลัน และยังมีประโยชน์ในการติดตามการรักษาโรคว่าดีขึ้นหรือแย่ลง

3. ในคนปกติ ไม่ควรมีเม็ดเลือดขาวในปัสสาวะเลยถ้ามีเม็ดเลือดขาวออกมามากในปัสสาวะแสดงว่ามีการอักเสบติดเชื้อในทางเดินปัสสาวะ เช่น กระเพาะปัสสาวะอักเสบ หรือกรวยไตอักเสบ ปกติจะรายงานเป็นจำนวนเซลที่พบต่อพื้นที่ที่มองเห็นด้วยหัวกล้อง ขนาด x40

4. เม็ดเลือดแดงก็เช่นเดียวกับเม็ดเลือดขาว คนปกติไม่ควรพบเม็ดเลือดแดงในปัสสาวะ ถ้าพบแสดงว่ามีเลือดออกในทางเดินปัสสาวะ อาจจะจากอุบัติเหตุ ในกรณีที่มีประวัติบ่งชี้ว่าได้รับการกระแทกที่ทางเดินปัสสาวะ หรือมีเนื้องอกในทางเดินปัสสาวะ หรือมีนิ่วในทางเดินปัสสาวะ การติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อบางครั้งก็ทำให้มีเม็ดเลือดแดงออกมา ในปัสสาวะได้แต่มักจะมีเม็ดเลือดขาวมากกว่า สาเหตุที่พบบ่อยสุดที่ทำให้พบเม็ดเลือดแดงจำนวนมากในปัสสาวะคือนิ่ว

5. อาจพบเซลเยื่อบุทางเดินปัสสาวะในส่วนต่างๆ เมื่อมีการอักเสบหรือความผิดปกติของทางเดินปัสสาวะ

6. อาจพบผลึกของสารต่างๆ ที่ปนมากับปัสสาวะ เช่น calcium oxalate หรือ urate crystal ซึ่งพวกนี้อาจจะตกตะกอนเป็นนิ่วต่อไปได้

2.7 การเก็บปัสสาวะ [10]

2.7.1 ชนิดของการเก็บมีหลายชนิด คือ

1. Random specimens คือ การเก็บปัสสาวะแบบทั่วไป การปัสสาวะครั้งแรกในช่วงเช้าจะได้ปัสสาวะที่เข้มข้น ได้ผลตรวจที่แม่นยำ

2. Clean-catch or midstream specimens คือ การเก็บปัสสาวะช่วงกลาง (Midstream urine) โดยก่อนเก็บปัสสาวะ ให้ทำความสะอาดอวัยวะสืบพันธุ์ก่อน ให้ผู้ป่วยถ่ายปัสสาวะช่วงแรกทิ้ง แล้วเก็บปัสสาวะในภาชนะรองรับ ปิดฝาและส่งห้องปฏิบัติการทันที (อาจเก็บไว้ในตู้เย็นไม่เกิน 24 ชม.)

3. Double voided specimens เป็นการตรวจหา Glucose, Ketone ในปัสสาวะให้ผู้ป่วยปัสสาวะทิ้งในครั้งแรก เว้นช่วงประมาณ 30 นาที แล้วปัสสาวะใหม่ เก็บในภาชนะที่สะอาด แล้วนำส่งห้องปฏิบัติการทันที

4. Timed specimens คือ การเก็บปัสสาวะทั้งหมดในช่วงเวลาที่กำหนด เพื่อดูจำนวนของสารที่ถูกขับออกมา นิยมตรวจในกลุ่มผู้ป่วยโรคไต เวลาที่กำหนด ตั้งแต่ 2 - 24 ชม. ปัสสาวะที่ได้จะเก็บในตู้เย็นหรือใส่สารกันบูด การเก็บจะปัสสาวะครั้งแรกทิ้งก่อน แล้วเริ่มจับเวลาจนครบที่กำหนด หากในช่วงเวลาที่เก็บมีการถ่ายปัสสาวะทิ้งแม้เพียงครั้งเดียว ต้องเริ่มต้นเก็บใหม่ และรายงานให้แพทย์ทราบ

2.7.2 การเก็บตัวอย่างปัสสาวะเพื่อนำไปวิเคราะห์อัลบูมิน สามารถทำได้ 3 วิธี ดังนี้

1. การเก็บแบบ 24 ชั่วโมง (24-hour urine collection) เป็นการนำปัสสาวะที่ถ่ายแต่ละครั้งในหนึ่งวันมารวมกันแล้วจึงนำไปวิเคราะห์ การเก็บตัวอย่างในลักษณะนี้ ให้ผลวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีมาตรฐาน (Gold standard) ปริมาณอัลบูมินที่วิเคราะห์ได้จะว่า ค่าอัลบูมินในปัสสาวะ 24 ชั่วโมง (24-hour urinary albumin excretion, UAE) อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ ไม่สะดวกต่อผู้ป่วย อีกทั้งการเก็บปัสสาวะไว้เป็นเวลานาน อาจทำให้แบคทีเรียที่มีเอนไซม์ยูรีเอส (Urease) ย่อยยูเรียในปัสสาวะกลายเป็นแอมโมเนีย ทำให้ปัสสาวะเป็นด่างมากขึ้น และทำให้สารบางอย่างตกตะกอน ซึ่งอาจรบกวนการวิเคราะห์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเก็บเพียงครั้งเดียว ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง (Spot urine collection) เป็นการเก็บปัสสาวะที่ถ่ายในเวลาใดก็ได้ แล้วนำมาตรวจวัดวิธีนี้ทำได้สะดวกเพราะจะเก็บตัวอย่างเพียงครั้งเดียวเท่านั้น จึงเป็นวิธีที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาล อย่างไรก็ตาม มีข้อเสีย คืออาจให้ผลวิเคราะห์คลาดเคลื่อนเนื่องจากในแต่ละเวลา ผู้ป่วยอาจถ่ายปัสสาวะในปริมาตรที่แตกต่างกัน อัลบูมินจึงถูกเจือจางไม่เท่ากันทั้งนี้ หากต้องการเก็บตัวอย่างปัสสาวะแบบนี้ ต้องหาปริมาณ “ครีอะตินิน” (Creatinine) ควบคู่กับการหาปริมาณอัลบูมินด้วย แล้วจึงประเมินในรูปอัตราส่วนความเข้มข้น อัลบูมินต่อครีอะตินิน (Albuminto-creatinine ratio, ACR)

ครีอะตินินเป็นโปรตีนที่เปลี่ยนมาจาก “ครีเอติน” (Creatine) และถูกขับออกทางปัสสาวะในปริมาณที่คงที่ดังนั้น การหาปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะที่เก็บแบบสุ่มเพียงครั้งเดียว แล้วเทียบกับปริมาณครีอะตินิน จะช่วยแก้ไขความคลาดเคลื่อนจากอิทธิพลของการเจือจางของปัสสาวะที่ไม่เท่ากันได้จากการศึกษาของ วีระศักดิ์ ไทยธไนศวรรย์ และคณะซึ่งได้เปรียบเทียบค่า ACR และ ค่า UAE ของตัวอย่างปัสสาวะจำนวน 42 ตัวอย่าง โดยใช้วิธีทางสถิติ คือ การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) พบว่า ค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์สอดคล้องกันเป็นอย่างดีโดยมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) เท่ากับ 0.952

3. การเก็บปัสสาวะในช่วงเวลาเฉพาะ (Timed-urine collection) เป็นการเก็บปัสสาวะในช่วงเวลาหนึ่งๆ แต่ไม่ครบ 24 ชั่วโมง เช่น เก็บ 12 ชั่วโมง เพื่อคำนวณหาอัตราการขับอัลบูมินต่อ 1 หน่วยเวลา (Albumin excretion rate)

ตารางที่ 2.3 แสดงเกณฑ์การวินิจฉัยความผิดปกติของไต เมื่อเก็บตัวอย่างปัสสาวะด้วยวิธีที่ต่างกัน

เกณฑ์การวินิจฉัย	ปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะ		
	เก็บแบบ 24 ชั่วโมง (มิลลิกรัม/วัน)	เก็บแบบสุ่มเพียงครั้งเดียว (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมครีอะตินิน)	เก็บในช่วงเวลาเฉพาะ (ไมโครกรัมต่อนาที)
ภาวะปกติ	<30	<30	<20
ภาวะไมโครอัลบูมินูเรีย	30-299	30-299	20-199
ภาวะแมคโครอัลบูมินูเรีย	>300	>300	>200

2.8 มาตรฐานของสี [11]

มาตรฐานของสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายระบบด้วยกัน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ แต่โดยทั่วไปแล้วทุกมาตรฐานจะมีแนวคิดเดียวกันคือ การแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายในสเปส 3 มิติ โดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในสเปสซึ่งแต่ละแกนจะมีความเป็นอิสระต่อกัน ตัวอย่างเช่นในระบบ RGB จะมีแกนสีคือ แกนสีแดง เขียว และน้ำเงินในระบบ HSV จะมีแกนเป็น ค่าสี (hue) ความสว่าง (lightness) และความบริสุทธิ์ของสี (saturation) ตัวอย่างระบบสีที่นิยมใช้กันได้แก่ ระบบ RGB HSV (Hue Saturation Value) และ HLS (Hue Lightness Saturation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 ระบบสี RGB [12]

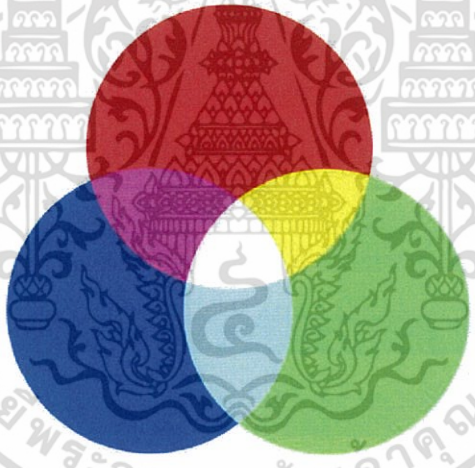
ระบบสี RGB ย่อมาจาก red green และ blue เป็นกระบวนการผสมสีจากแม่สี 3 สี คือสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน การใช้สัดส่วนของสี 3 สีนี้ต่างกัน จะทำให้เกิดสีต่างๆ ได้อีกมากมายเป็นระบบสีที่เกิดจากการรวมกันของแสงสีแดง เขียวและน้ำเงินโดยมีการรวมกันแบบ Additive ซึ่งโดยปกติจะนำไปใช้ในจอภาพแบบ CRT (Cathode ray tube) ในการใช้งานระบบสีRGB ยังมีการสร้างมาตรฐานที่แตกต่างกันออกไปที่นิยมใช้งานได้แต่ RGBCIE และ RGBNTSC

2.8.1.1 ระบบสีแบบ RGB ของ CIE

เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นโดย CIE (Commission International 1 'Eclairage) ซึ่งอ้างอิงสีด้วยสีแดงที่ 700 nm สีเขียวเท่ากับ 546.1 nm และสีน้ำเงิน 435.8 nm

2.8.1.2 ระบบสีแบบ RGB ของ NTSC

เป็นระบบที่พัฒนาโดย NTSC (National Television System Committee) เพื่อใช้สำหรับการแสดงภาพของจอภาพแบบ CRT เป็นมาตรฐานสำหรับผู้ผลิตแบบ CRT ให้มีลักษณะเดียวกัน



รูปที่ 2.2 แสดงระบบสี RGB

ที่มา : http://www.mindphp.com/A3/2172-rgb-.html (16 มิถุนายน 2560)

2.8.2 ระบบสี HSV [13]

ระบบสี HSV (Hue Saturation Value) เป็นการพิจารณาสีโดยใช้ Hue Saturation และ Value ซึ่ง Hue คือค่าสีของสีหลัก(แดง เขียวและน้ำเงิน)ในทางปฏิบัติจะอยู่ระหว่าง 0 และ 255 ซึ่งถ้า Hue มีค่าเท่ากับ 0 จะแทนสีแดงและเมื่อ Hue มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สีก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามสเปกตรัมของสีจนถึง 256 จึงจะกลับมาเป็นสีแดงอีกครั้ง ซึ่งสามารถแทนให้อยู่ในรูปขององศาได้ดังนี้คือ สีแดง = 0 องศา สีเขียวเท่ากับ 120 องศา สีน้ำเงินเท่ากับ 240 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hue สามารถคำนวณได้จากระบบสี RGB ได้ดังนี้

$$R' = \frac{R}{255}$$

$$G' = \frac{G}{255}$$

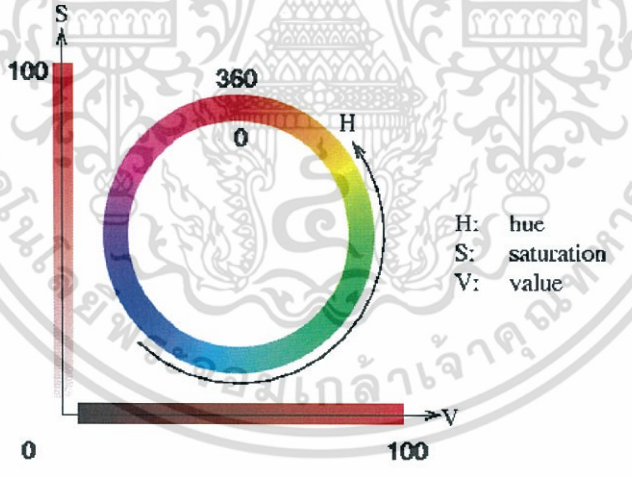
$$B' = \frac{B}{255}$$

$$C_{max} = \max(R', B', C')$$

$$C_{min} = \min(R', B', C')$$

$$\Delta = C_{max} - C_{min}$$

$$H = \begin{cases} 60 \times \left(\frac{G' - B'}{\Delta} \bmod 6 \right), C_{max} = R' \\ 60 \times \left(\frac{B' - R'}{\Delta} \bmod 6 \right), C_{max} = G' \\ 60 \times \left(\frac{R' - G'}{\Delta} \bmod 6 \right), C_{max} = B' \end{cases}$$



รูปที่ 2.3 แสดงระบบสี HSV
ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/HSL_and_HSV (16 มิถุนายน 2560)

จากลักษณะโมเดลของระบบ Hue พบว่าจะมีค่าอย่างน้อยหนึ่งค่าที่จะเท่ากับ 0 แต่ถ้ามีสองค่าเท่ากับ 0 แล้ว hue จะเป็นมุมของสี(ค่าสี)มีค่าเป็นไปตามสี่ที่สามและถ้าทั้งสามสีมีค่าเท่ากับ 0 แล้วจะทำให้ไม่มีค่าของ Hue หรือสีที่ได้จะมีค่าเท่ากับสีขาวนั่นเอง ตัวอย่างเช่น จอภาพขาว-ดำ ถ้าเกิดมีสีใดสีหนึ่งมีค่าเท่ากับ 0 จะทำให้ค่าสีที่ได้เป็นไปตามสีที่เหลือ การให้น้ำหนักในการพิจารณาเมื่อสีแดงมีค่าเท่ากับ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{(240 \times \text{blue}_h) + (120 \times \text{green}_h)}{\text{blue}_h + \text{green}_h}$$

Saturation คือความบริสุทธิ์ของสีซึ่งถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 0 แล้วสีที่ได้จะไม่มี Hue ซึ่งจะเป็นสีขาวล้วนแต่ถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 255 แสดงว่าจะไม่มีแสงสีขาวผสมอยู่เลย

Saturation สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{saturation} = \frac{\max(\text{red}, \text{green}, \text{blue}) - \min(\text{red}, \text{green}, \text{blue})}{\max(\text{red}, \text{green}, \text{blue})}$$

Value คือความสว่างของสี ซึ่งสามารถวัดได้โดยค่าความเข้มของความสว่างของแต่ละสีที่ประกอบกันสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{value} = \max(\text{red}, \text{green}, \text{blue})$$

2.9 หลักการตรวจวัดในงานวิจัย [14]

หลักการตรวจวัดอัลบูมิน ในการวิเคราะห์หาปริมาณอัลบูมิน เกิดจากสารประกอบเชิงซ้อนของ อัลบูมินกับ TBPE ใน สารละลาย Triton X-100 pH 3.2

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

T. Sakai และคณะ [15] ได้เสนอระบบ Flow Injection Analysis ซึ่งเป็นการตรวจวัดแบบ Spectrofluorometry ที่ได้รับการพัฒนาสำหรับการตรวจวัดโปรตีนในปัสสาวะ.การตรวจวัดโปรตีนจะอาศัยการรวมตัวของไอออนของโปรตีนและ Tetraiodofluorescein (TIF) ในสารละลาย Triton X-100 ที่ pH 3.2 สารประกอบที่เกิดจากการรวมไอออนของโปรตีนและTIF จะได้เป็นสารประกอบสีแดง. ตรวจวัดค่าการเรืองแสงของสารที่เกิดขึ้นที่ 560 nm. (เกิดการ Excitation ที่ 313 nm). การ Quenching เป็นการประยุกต์ใช้สำหรับการตรวจวัดโปรตีน ช่วงความเป็นเส้นตรงของ BSA ที่ได้ เริ่มตั้งแต่ 10 mg/L และ R^2 = 0.999 ขีดจำกัดการตรวจวัด เป็น 0.6 mg/L (S/N = 3) มีค่า %RSD = 0.134% (n = 4) ระบบ FI สามารถใช้ในการวินิจฉัยโรคเบาหวานได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Y. Fujita และคณะ [16] ได้นำเสนอการตรวจวัดโปรตีนด้วย Chromazurol B / Beryllium (II) ด้วย spectrophotometry ในวิธีการ manual spectrophotometric และวิธี Flow Injection. สำหรับวิธีการทาง Manual procedure ตรวจวัดค่าความยาวคลื่นที่ 625 นาโนเมตร ในสารละลาย HSA ที่ 75 µg/10 ml จะมีค่า % RSD เท่ากับ 0.93 % (n = 10) ในวิธี flow-injection ใช้ระบบท่อในการไหลแบบช่องทางเดียว ได้กราฟมาตรฐานที่มีความเป็นเส้นตรงของ HSA ในช่วงตั้งแต่ 0.1-1 µg/10 µl. มีค่า % RSD เท่ากับ 1.38 % (n = 10) ผลการทดลองที่ได้พบว่าการตรวจวัดโปรตีนในปัสสาวะด้วยวิธี manual และวิธี Flow-injection Analysis ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ.

T. Sakai และคณะ [17] เสนอการตรวจวัดโปรตีนในปัสสาวะโดยวิธีวิเคราะห์ทาง Spectrophotometry แบบอาศัยการไหลของของเหลว (Flow injection analysis) โดยใช้ Tetrabromophenolphthalein ethyl ester (TBPE-H) และ Triton X-100 ซึ่งการตรวจวัดโปรตีนในปัสสาวะของผู้ป่วยโดยอาศัยเทคนิคการไหลของของเหลว (Flow injection analysis) เป็นวิธีที่มีความไว รวดเร็วและมีความถูกต้อง โดยการใช้ Tetrabromophenolphthalein ethyl ester (TBPE•H) และ Triton X-100 ที่ pH 3.0 ระบบการตรวจวัดจะอาศัยปฏิกิริยาการรวมตัวกันระหว่าง HSA กับ TBPE•H ใน micelle ที่เกิดจาก Triton X-100 พบว่ากราฟมาตรฐานที่ได้ของ HSA มีความเป็นเส้นตรงในช่วง 0.15-12 mg/dL และมีความเป็นเส้นตรงเท่ากับ 0.998 ขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดด้วยวิธี FIA เท่ากับ 0.05 mg/dL ที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ในการวิเคราะห์ HSA ของความเข้มข้น 3.0 mg/dL เท่ากับ 1.2 % และความสามารถในการนำสารเข้าสู่ระบบการตรวจวัดเป็น 30 ตัวอย่างต่อชั่วโมง

K. Watla-iad และคณะ [16] ได้เสนอการหาปริมาณโปรตีนและกลูโคสในปัสสาวะ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทาง Spectrophotometric แบบอาศัยการไหลของของเหลวอย่างเป็นระบบ (sequential injection method) โดยได้พัฒนาระบบการตรวจวัดแบบ Spectrophotometry ร่วมกับระบบการไหลของของเหลวอย่างต่อเนื่อง (sequential injection method) เพื่อการตรวจวัดโปรตีนและกลูโคส การตรวจวัดโปรตีนอาศัยปฏิกิริยาการรวมกันของโปรตีนกับ TBPE ที่มี TritonX-100 ผสมอยู่ที่ pH 3.2 ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมีสีน้ำเงิน ซึ่งทำการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 607 นาโนเมตร พบว่าช่วงความเป็นเส้นตรงของการตรวจวัด HSA มีค่าตั้งแต่ 10 mg/dL เป็นต้นไป และขีดจำกัดต่ำสุดในการตรวจวัดเป็น 0.3 mg/dL ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวิเคราะห์เป็น 2.7 % และ 2.5 % (สำหรับ HSA ที่ความเข้มข้น 1 mg/dLและ5 mg/dL ตามลำดับ) ความสามารถในการนำสารเข้าสู่ระบบการตรวจวัดเป็น 6 ตัวอย่างต่อชั่วโมง ระบบการตรวจวัดแบบอัตโนมัติแสดงให้เห็นถึงการวิเคราะห์อย่างต่อเนื่องในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในตัวอย่างปัสสาวะที่ได้มาจากผู้ป่วยโรคเบาหวาน ซึ่งวิธีนี้มีข้อดีมากกว่าวิธีอื่นๆ ระบบการไหลของของเหลวอย่างต่อเนื่อง(sequential injection method) ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นนี้เหมาะแก่การใช้ในการคัดกรองผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงเป็นโรคเบาหวาน

A. F. Coskun และคณะ [17] ได้เสนอการตรวจวัดอัลบูมินในปัสสาวะโดยใช้โทรศัพท์มือถือซึ่งมีอุปกรณ์ตรวจจับแบบดิจิตอล อาศัยการถ่ายภาพจากโทรศัพท์มือถือและการตรวจวัดการเรืองแสงของสารตัวอย่าง โดยมีเลเซอร์ไดโอดในการให้แสงกระตุ้นกับสารตัวอย่าง ซึ่งจะมีหลอดทดลองและหลอดสำหรับควบคุมที่สังเคราะห์ขึ้นมาเอง เพื่อความจำเพาะเจาะจงในการตรวจวัด โดยจะทำงานถ่ายภาพสารตัวอย่างและหลอดควบคุม และจะถูกประมวลผลแบบดิจิตอลภายในหนึ่งวินาที สำหรับในการทดลองจะใช้เวลาในการเตรียมตัวอย่าง 5 นาทีต่อการทดสอบ ซึ่งในงานวิจัยนี้มีขีดจำกัดในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตรวจวัดต่ำสุดเป็น 5 - 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งเครื่องมือในการตรวจวัดอัลบูมินในปัสสาวะนี้มีประโยชน์ต่อการวินิจฉัยในช่วงต้นของโรคไตหรือการตรวจสอบผู้ป่วยเรื้อรังโดยเฉพาะผู้ที่เป็นโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูงหรือโรคหัวใจและหลอดเลือด

A. Mathaweesansurn และคณะ [18] เสนอการใช้โทรศัพท์มือถือสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะโดยใช้วิธีเทียบมาตรฐานภายในมือถือ บทความนี้แสดงให้เห็นถึงการใช้โทรศัพท์มือถือแบบ Android ที่มีการติดตั้งโปรแกรมที่เรียกว่า “Albumin smart test” เป็นการตรวจวัดหาปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะ หลักการตรวจวัดจะอาศัยปฏิกิริยาระหว่างอัลบูมินกับ TBPE ที่มี TritonX-100 อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับโทรศัพท์มือถือที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย ตลับพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่างและกระดาษทดสอบ ตลับพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่างประกอบด้วย 2 หลุมสำหรับการควบคุมและการทดสอบตัวอย่าง กระดาษทดสอบถูกออกแบบมาเพื่อเป็นแถบสีมาตรฐานและเป็นที่วางของตลับพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่าง ภาพที่เกิดขึ้นของแถบสีมาตรฐานและสารตัวอย่างจะถูกถ่ายภาพไว้พร้อมกันในกล้องดิจิตอลของโทรศัพท์และจะถูกประเมินผลแบบดิจิตอล ข้อดีของการเทียบมาตรฐานในมือถือได้เองนั่นคือการทดสอบอัลบูมินด้วยโทรศัพท์มือถือสามารถดำเนินการโดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมแสงมาช่วย ข้อดีอื่นๆคือ มีความสะดวกในการพกพาไปได้ทุกที่และสามารถทำการวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว (3 นาที) มีความแม่นยำสูง (ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์เท่ากับ 2.5 %) และความถูกต้องสูง (ความสามารถในการคืนกลับเป็น 98.7 % ± 1.6)

ผลการทบทวนวรรณกรรม สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

149501

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Title	Sample	Technique	Condition	Characteristics	Reference
1 .Flow Injection Determination of Urinary Protein Using Fluorescence Quenching of Tetraiodofluorescein	Bovine serum albumin (BAS)	-Flow Injection Analysis (FIA)	- Absorbance was measured at 560 nm (Excitation : 313 nm) - pH of buffer was 3.2	- **Linearity range** was up to 10 mg/L - R^2 = 0.999 - **Detection limit** = 0.6 mg/L (S/N = 3) - **RSD** = 0.134 % (n = 4)	Tadao Sakai, Norio Teshima, Toshiyuki Kato, Shuji Katoh, Weena Siangproh, J. Flow Injection Anal., Vol. 28, No. 2 (2011) 120–123
2. Spectrophotometric Determination of protein with Chromazurol B - Beryllium(II) Complex by Manual and Flow-Injection Methods	Human serum albumin (HSA)	-Flow Injection Analysis (FIA)	- Absorbance was measured at 625 nm - pH of buffer was 4.5	- **Linearity range** from 0.1 - 1µg/ 10µl - **RSD** was 1.38 % (n = 10)	Yoshikazu Fujita, Itsuo Mori and Minako Toyoda , Analytical Science JUNE 1992, VOL. 8

Title	Sample	Technique	Condition	Characteristics	Reference
3. Spectrophotometric Flow Injection Analysis of Protein in Urine Using Tetrabromophenolphthalein Ethyl Ester and Triton X-100	Human serum albumin (HSA)	-Flow Injection Analysis (FIA)	- Absorbance was measured at 610 nm - pH of buffer was 3.0	- **Linear range** = 0.15 – 12 mg/dL - R^2 = 0.998 - **Detection limit** = 0.05 mg/dL - **RSD** of 3.0 mg/dL HSA was 1.2%	Tadao Sakai, Yoshikazu Kito, Norio Teshima, Shuji Katoh, Kanchana Watla-lad and Kate Grudpan, J. Flow Injection Anal., Vol. 24, No. 1 (2007), 23–26
4. Successive determination of urinary protein and glucose using spectrophotometric sequential injection method	Human serum albumin (HSA) and glucose	-Sequential Injection (SI)	- Absorbance was measured at 607 nm - pH of buffer was 3.2	- **Linear range** were up to 10 mg/dL - **Detection limit** = 0.3 mg/dL - **RSD** were 2.7% and 2.5% (for 1mg/dL and5 mg/dL)	Kanchana Watla-iad, Tadao Sakai, Norio Teshima, Shuji Katoh, Kate Grudpan, Analytica Chimica Acta 604 (2007) 139-146

Title	Sample	Technique	Condition	Characteristics	Reference
5. Albumin testing in urine using a smart-phone	Human serum albumin (HSA)	- Fluorescence Spectroscopy	-Lyophilized dye reagent -Laser diode.was excitation beam	- **Linear range** =0 - 200 mg/mL **-Detection limit** = 5–10 μg/ mL	Ahmet F. Coskun, Richie Nagi, Kayvon Sadeghi, Stephen Phillips and Aydogan Ozcan, The Royal Society of Chemistry, 2013
6. A mobile phone-based analyzer for quantitative determination of urinary albumin using self-calibration approach	Human serum albumin (HSA)	- Self-calibration approach	- Absorbance was measured at 605 nm - pH of buffer was 3.1	- **Linear range** = 1-50 mg/L - **RSD** ≤ 2.5% **-Recovery** = 98.7% ± 1.6	Arjnarong Mathaweesansurn, Noppadol Maneerat, Nathawut Choengchan, 2017, Sensors and Actuators B 242 (2017) 476–483

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

3.1.1 สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานอัลบูมิน (Human serum albumin) – Aldrich,USA
2. สารละลายเททระโบรโมฟีนอล์ฟทาลีน เอทิล เอสเทอร์ (Tetrabromophenolphthaline ethyl ester (TBPE)) –Aldrich,USA
3. สารละลายไทรทรอน X-100 (Triton X-100) –Aldrich,USA
4. สารละลายเอทานอล (Ethanol) –Mallinckrodt
5. สารละลายกรดแอซิติก (Acetic acid) –Mallinckrodt
6. โซเดียมอะซิเตต (Sodium Acetate) –Rankem
7. น้ำปราศจากไอออน (Deionized-distilled water)

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องตรวจวัด

1. ขวดวัดปริมาตร
2. บีกเกอร์
3. ไมโครปิเปต
4. หลอดหยด
5. หลอดทดลอง
6. แท่งคนสาร
7. ช้อนตักสาร
8. นาฬิกาจับเวลา
9. กระจกนาฬิกา
10. กล่องสำหรับถ่ายรูป
11. กระดาษยี่ห้อไฮ-เจ็ท ฟรุ๊ตซีรีย์ แลปโฟโต้ หนา 270 แกรม ชนิดกระดาษเคลือบพิเศษ ผิวกึ่งมันกึ่งด้าน สำหรับเครื่องพิมพ์ระบบพ่นหมึก (ink-jet)
12. เครื่องเขย่าสาร Vortex- Genie Z, USA
13. เครื่องวัด pH-Metrohm ® 827 pH Lab meter, USA
14. เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ - Jasco V630, USA
15. โทรศัพท์มือถือ รุ่น Sumsung galaxy S5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. ชุดทดสอบร่วมกับแอพพลิเคชันโทรศัพท์มือถือ ซึ่งประกอบด้วย

16.1 ขวดพลาสติกสำหรับบรรจุปัสสาวะ จำนวน 1 ขวด

16.2 ขวดพลาสติกสำหรับเจือจางปัสสาวะ จำนวน 1 ขวด

16.3 น้ำยาทดสอบ จำนวน 2 ขวด

16.4 กระบอกดูดของเหลว จำนวน 5 กระบอก

16.5 ตลับสำหรับผสมสารละลาย

16.6 แถบสีมาตรฐานสำหรับใช้ถ่ายรูป

16.7 คู่มือการใช้งาน

3.2 การเตรียมสารละลาย

3.2.1 สารละลายมาตรฐานอัลบูมินความเข้มข้น 2500 mg/L

ละลายอัลบูมิน 0.2500 กรัม ในน้ำกลั่นปราศจากไอออน แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนให้เป็น 100.00 มิลลิลิตร

3.2.2 สารละลาย Stock TBPE ความเข้มข้น 1.0×10^{-2} mol/L

ละลาย TBPE 0.3500 กรัม ในสารละลาย Triton X-100 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเอทานอลให้ถึงขีดบอกปริมาตร ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร

3.2.3 สารละลาย TBPE ความเข้มข้น 2.0×10^{-4} mol/L

ละลาย TBPE 0.0070 กรัม ในสารละลาย Triton X-100 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเอทานอลให้ถึงขีดบอกปริมาตร ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร

3.2.4 สารละลาย TBPE ความเข้มข้น 4.0×10^{-4} mol/L

ปิเปตสารละลาย Stock TBPE มา 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเอทานอลให้ถึงขีดบอกปริมาตร ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร

3.2.5 สารละลาย TBPE ความเข้มข้น 5.0×10^{-4} mol/L

ปิเปตสารละลาย Stock TBPE มา 2.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเอทานอลให้ถึงขีดบอกปริมาตร ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร

3.2.6 สารละลาย TBPE ความเข้มข้น 10.0×10^{-4} mol/L

ปิเปตสารละลาย Stock TBPE มา 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเอทานอลให้ถึงขีดบอกปริมาตร ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 สารละลายบัฟเฟอร์ (0.1 mol/L Acetic acid และ 0.1 mol/L Sodium acetate)

เตรียมสารละลาย 0.1 mol/L Sodium acetate โดยชั่งมา 0.6804 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50.00 มิลลิลิตร

เตรียมสารละลาย 0.1 mol/L Acetic acid โดยปิเปตจาก Stock acetic acid 99.8 % มา 1.43 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 250.00 มิลลิลิตร

จากนั้นนำมาผสมกันโดยใช้ 0.1 mol/L Acetic acid 243.25 มิลลิลิตรกับ 0.1 mol/L Sodium acetate 6.75 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้ได้ประมาณ 3.2

3.3 วิธีทำการทดลอง

3.3.1 การสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายอัลบูมิน

1) เตรียมสารละลายมาตรฐานอัลบูมินเข้มข้น 1, 30, 50, 100, 300 และ 500 mg/L โดยปิเปตจากสารละลายมาตรฐานอัลบูมินเข้มข้น 2500 mg/L มา 0.02, 0.06, 1.00, 2.00 และ 6.00 มิลลิลิตรใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน จะได้สารละลายมาตรฐานอัลบูมินเข้มข้น 5, 150, 250, 500, 1500 mg/L ตามลำดับ

2) ปิเปตสารละลายมาตรฐานอัลบูมินเข้มข้น 5 mg/L มา 1.00 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย TBPE 2.0×10^{-4} mol/L ลงไป 1.00 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 10 วินาที จากนั้นเติมสารละลายบัฟเฟอร์ลงไป 3.00 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 90 วินาที เทสารละลายใส่ Cuvette ทำการตรวจวัดที่เวลา 2 นาที โดยตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

3) ทำซ้ำข้อ 1-2 โดยเปลี่ยนความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานอัลบูมินเป็น 150, 250, 500, 1500, 2500 mg/L ตามลำดับ โดยแต่ละความเข้มข้นทำซ้ำ 2 ครั้ง

3.3.2 การศึกษาอิทธิพลที่ส่งผลต่อการตรวจวัด

3.3.2.1 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจวัด

1) ปิเปตสารละลายมาตรฐานอัลบูมิน 250 mg/L มา 1.00 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย TBPE 2.0×10^{-4} mol/L ลงไป 1.00 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 10 วินาที จากนั้นเติมสารละลายบัฟเฟอร์ลงไป 3.00 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 90 วินาที เทสารละลายใส่ Cuvette ทำการตรวจวัดที่เวลา 2 นาที โดยตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

2) ติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดกลืนแสง โดยทำการตรวจวัดทุก 1 นาที จนครบ 20 นาที จากนั้นทำการตรวจวัดทุก 20 นาทีจนครบ 6 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.2 การศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลาย TBPE

1) เตรียมสารละลาย TBPE ความเข้มข้น 2.0×10^{-4} mol/L, 4.0×10^{-4} mol/L, 5.0×10^{-4} mol/L และ 10.0×10^{-4} mol/L โดยปิเปตจากสารละลาย Stock TBPE 1.0×10^{-2} mol/L มา 1, 2, 2.5 และ 5 ml ตามลำดับ ใส่ในขวดปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยเอทานอลจนถึงขีดบอกปริมาตร

2) ปิเปตสารละลายมาตรฐานอัลบูมินเข้มข้น 5 mg/L มา 1.00 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย TBPE 2.0×10^{-4} mol/L ลงไป 1.00 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 10 วินาที จากนั้นเติมสารละลายบัฟเฟอร์ลงไป 3.00 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 90 วินาที เทสารละลายใส่ Cuvette ทำการตรวจวัดที่เวลา 2 นาที โดยตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

3) ทำซ้ำข้อ 2 โดยเปลี่ยนความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานอัลบูมินเป็น 150, 250, 500, 1500, 2500 mg/L ตามลำดับ โดยแต่ละความเข้มข้นทำซ้ำ 2 ครั้ง

4) ทำซ้ำข้อ 2 โดยเปลี่ยนความเข้มข้นสารละลาย TBPE เป็น 4.0×10^{-4} mol/L 5.0×10^{-4} mol/L และ 10.0×10^{-4} mol/L

3.3.3 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสี (Hue) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอัลบูมิน

1) ปิเปตสารละลายมาตรฐานอัลบูมินเข้มข้น 5 mg/L มา 1.00 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย TBPE 2.0×10^{-4} mol/L ลงไป 1.00 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 10 วินาที จากนั้นเติมสารละลายบัฟเฟอร์ลงไป 3.00 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 90 วินาที

2)ปิเปตสารละลายที่เตรียมได้ลงในถาดหลุมปริมาตร 3.00 มิลลิลิตร จากนั้นนำลงในกล่องสำหรับถ่ายรูปสีของสารละลาย

3) ทำซ้ำข้อ 1-2 โดยเปลี่ยนความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานอัลบูมินเป็น 150, 250, 500, 1500, 2500 mg/L ตามลำดับ

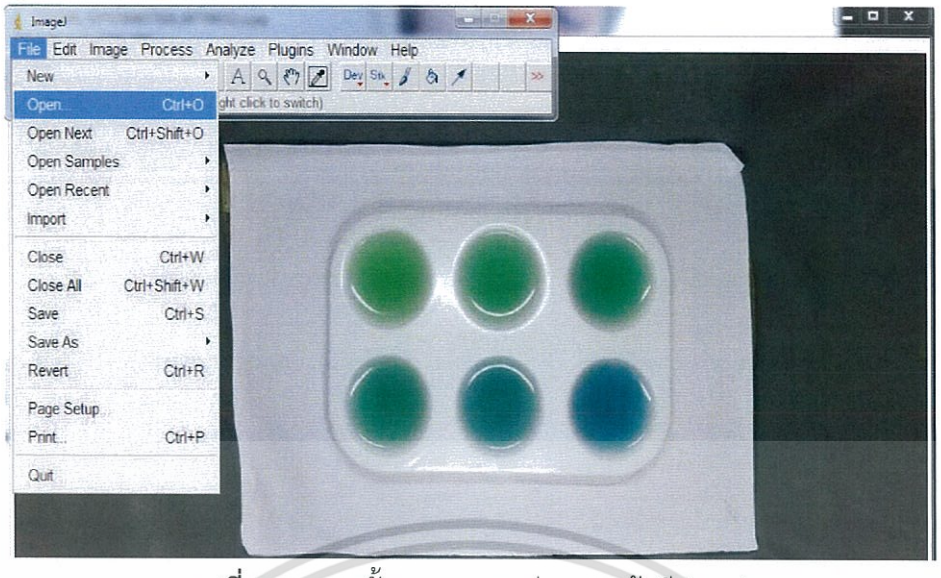
4) นำภาพที่ถ่ายได้มาหาค่า RGB โดยโปรแกรม Image J โดยแต่ละความเข้มข้นหาค่า RGB ซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นนำไป Convert เป็นค่า Hue

3.4 การหาค่าความเข้มสี (Hue) ด้วยโปรแกรม Image J

ขั้นตอนการหาค่าความเข้มสี (Hue) ด้วยโปรแกรม Image J มีดังนี้

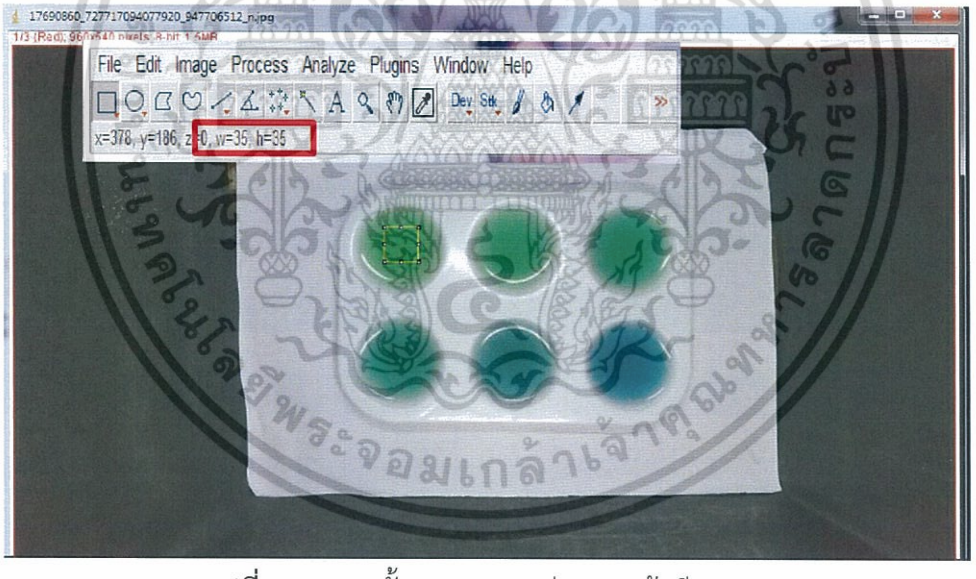
1) เปิดโปรแกรม Image J เลือกภาพที่ต้องการจะหาค่าเฉลี่ยสี RGB (รูปที่ 3.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการหาค่าความเข้มสี (Hue)

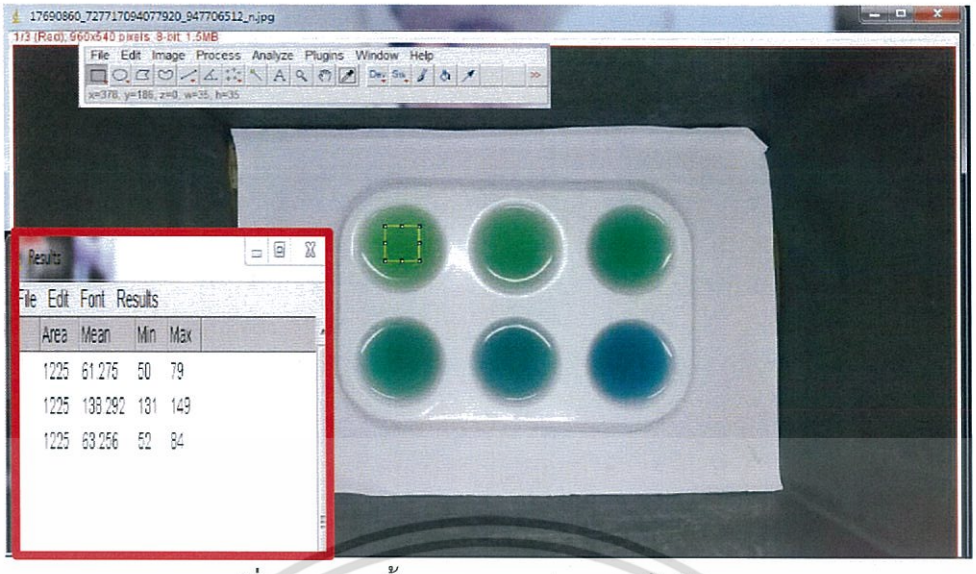
2) สร้างกรอบให้สารละลายแต่ละความเข้มข้น โดยเลือกบริเวณที่ไม่มีการรบกวนจากแสงและเงา และกำหนดขนาดของความกว้าง (w) และความสูง (h) ของกรอบที่สร้างขึ้นให้มีขนาดที่เท่ากัน (รูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการหาค่าความเข้มสี (Hue)

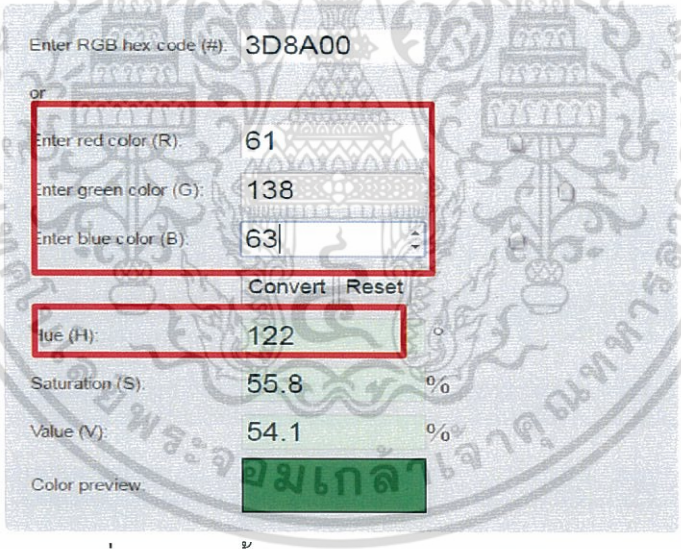
3) หาค่าเฉลี่ยสี RGB ของสารละลาย ในแต่ละความเข้มข้น จะปรากฏตารางที่แสดงผลค่าเฉลี่ยสี RGB ขึ้นมาดังภาพ (รูปที่ 3.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการหาค่าความเข้มสี (Hue)

4) นำค่าเฉลี่ยสี RGB ที่ได้มา ไป Converted เป็นค่าความเข้มสี (Hue) โดยการใส่ค่าเฉลี่ยสี RGB จะใส่เป็นเลขจำนวนเต็มเท่านั้น และจะแสดงค่าความเข้มสี (Hue) ดังภาพ (รูปที่ 3.4)



รูปที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการหาค่าความเข้มสี (Hue)

3.5 การศึกษาอัตราส่วนการเจือจางตัวอย่างปัสสาวะที่เหมาะสม

1) ปิเปตตัวอย่างปัสสาวะ 9.4, 1, 0.2 และ 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน จะได้สารตัวอย่างที่ ไม่เจือจาง, เจือจาง 10 เท่า, เจือจาง 50 เท่า และเจือจาง 100 เท่า ตามลำดับ

2) ปิเปตสารตัวอย่างที่ไม่เจือจาง 1.00 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย TBPE 2.0×10^{-4} mol/L ลงไป 1 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 10 วินาที จากนั้นเติมสารละลายบัฟเฟอร์ลงไป 3.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 90 วินาที เทสารละลายใส่ Cuvette ทำการตรวจวัดที่เวลา 2 นาที โดยตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

3) ทำการทดลองเช่นเดียวกัน โดยเปลี่ยนสารตัวอย่างเป็น เจือจาง 10 เท่า, เจือจาง 50 เท่า และเจือจาง 100 เท่า

4) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะ

3.6 การเลือกแถบสีมาตรฐานที่เหมาะสม

1) เก็บภาพสารละลายผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลอง

2) อ่านค่าสี RGB ของภาพสารละลาย โดยใช้โปรแกรม Image J

3) นำค่าสีที่อ่านได้ ไปแปลงเป็นค่าความเข้มสี (Hue)

4) สร้างข้อมูลค่าความเข้มสี (Hue) ที่ใกล้เคียงกับความเข้มสี (Hue) ของผลิตภัณฑ์เพื่อนำมาเป็นตัวเลือกในการเลือกแถบสีที่เหมาะสม

5) พิมพ์แถบสีที่สร้างขึ้นมานี้ และหาค่าความเข้มสี (Hue) ของแถบสีที่พิมพ์ออกมาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องจากการพิมพ์

6) เลือกแถบสีจากผลของค่าความเข้มสี (Hue) ที่ใกล้เคียงกับค่าสีของผลิตภัณฑ์มากที่สุด

7) ตรวจสอบความถูกต้อง โดยการสร้างกราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มสี (Hue) จากสีของสารผลิตภัณฑ์และจากแถบสีมาตรฐาน

3.7 การสร้างแผ่นทดสอบ

1) เมื่อได้ข้อมูลจากการเลือกแถบสีมาตรฐานที่เหมาะสมแล้ว นำมาสร้างเป็นแผ่นทดสอบ โดยกำหนดความกว้างของแผ่นทดสอบ 10 เซนติเมตร และความสูง 16 เซนติเมตร โดยใช้กระดาษยี่ห้อไฮ-เจ็ท ฟรุ๊ตซีรีย์ แลปโฟโต้ ความหนา 270 แกรม ชนิดกระดาษเคลือบพิเศษ ผิวกึ่งมันกึ่งด้าน สำหรับเครื่องพิมพ์ระบบพ่นหมึก (ink-jet)

2) สร้างแถบสีมาตรฐานโดยอยู่ส่วนบนของแผ่นทดสอบ และส่วนล่างเป็นพื้นที่สำหรับวางภาชนะใส่สารตัวอย่างและสารที่ใช้ควบคุมการตรวจวัด

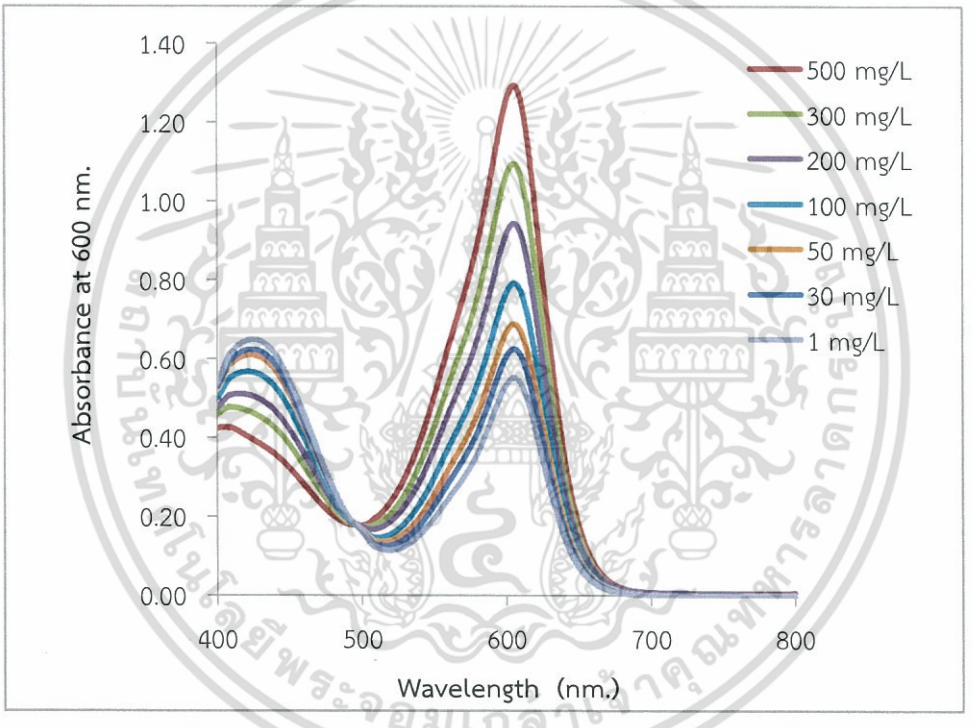
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การศึกษาปฏิกิริยาที่ใช้ในการตรวจวัด

การศึกษาปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสามารถทำได้โดยการเตรียมสารละลาย TBPE ใน Triton X-100 จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับสารละลายอัลบูมินที่สภาวะกรด pH 3.2 โดยได้ทำการศึกษาในช่วงความเข้มข้นของสารละลายอัลบูมินตั้งแต่ 1-500 mg/L ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.1



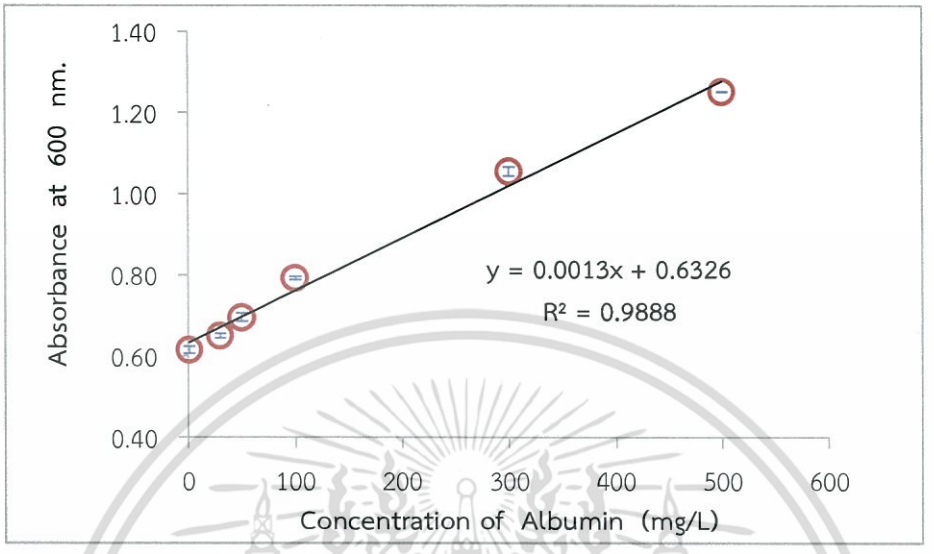
รูปที่ 4.1 แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย TBPE กับสารละลายอัลบูมินที่ความเข้มข้น 1, 30, 50, 100, 300, และ 500 mg/L

จากสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในรูปที่ 4.1 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลายมาตรฐานอัลบูมินและสารละลาย TBPE ใน Triton X-100 ในสภาวะกรด pH 3.2 สามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุดได้ที่ความยาวคลื่นเท่ากับ 600 นาโนเมตร และเมื่อความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอัลบูมินเพิ่มขึ้น ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร จะแปรผันตามความเข้มข้นของสารละลายอัลบูมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

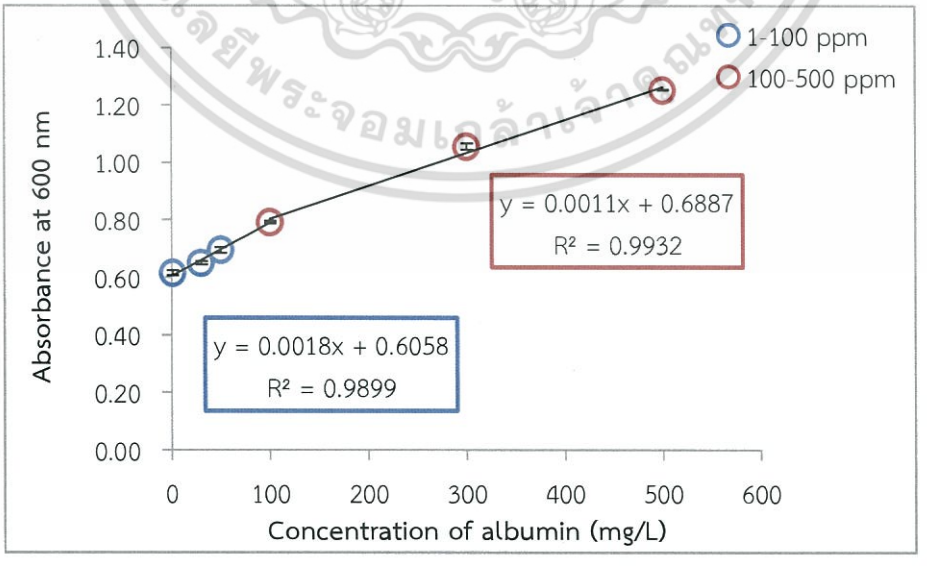
4.1.1 การสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานอัลบูมิน

ได้ทำการสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานอัลบูมิน ในช่วงความเข้มข้น 1-500 mg/L พบว่าได้กราฟแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอัลบูมินในช่วงความเข้มข้นตั้งแต่ 1–500 mg/L

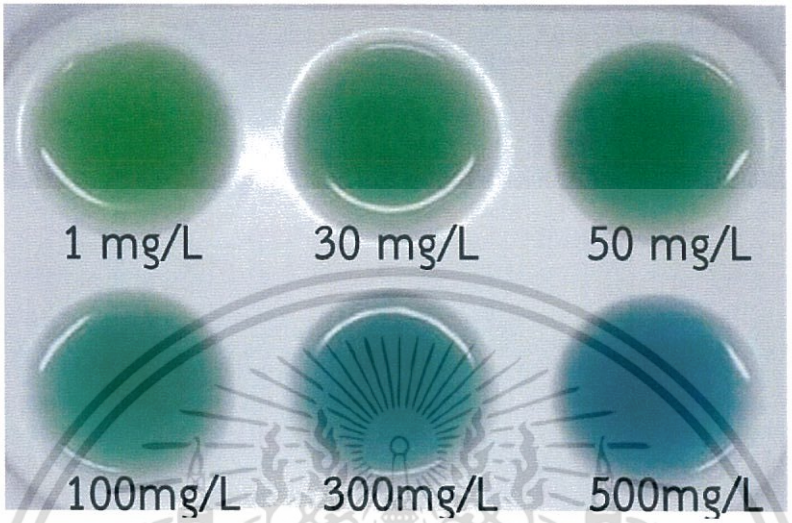
จากกราฟมาตรฐานในรูปที่ 4.2 พบว่ามีช่วงความเป็นเส้นตรงของสารละลายอัลบูมินเท่ากับ 1-500 mg/L มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination) เท่ากับ 0.9888 แสดงว่ามีความเป็นเส้นตรงในระดับพอใช้ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากกราฟมาตรฐานข้างต้นจะเห็นได้ว่าช่วงความเป็นเส้นตรงของสารละลายอัลบูมินสามารถแบ่งได้เป็น 2 ช่วง ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายอัลบูมินในช่วง 1-100 mg/L และ 100-500 mg/L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟมาตรฐานในรูปที่ 4.3 พบว่าช่วงความเป็นเส้นตรงของสารละลายอัลบูมินช่วงที่หนึ่ง คือ ช่วง 1-100 mg/L และช่วงที่สอง คือ ช่วง 100-500 mg/L มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination) ที่ดีขึ้น คือเท่ากับ 0.9899 และ 0.9932 ตามลำดับ โดยสีของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในช่วงความเข้มข้น 1-500 mg/L แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงสีของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายมาตรฐานอัลบูมินและสารละลาย TBPE ที่ pH 3.2

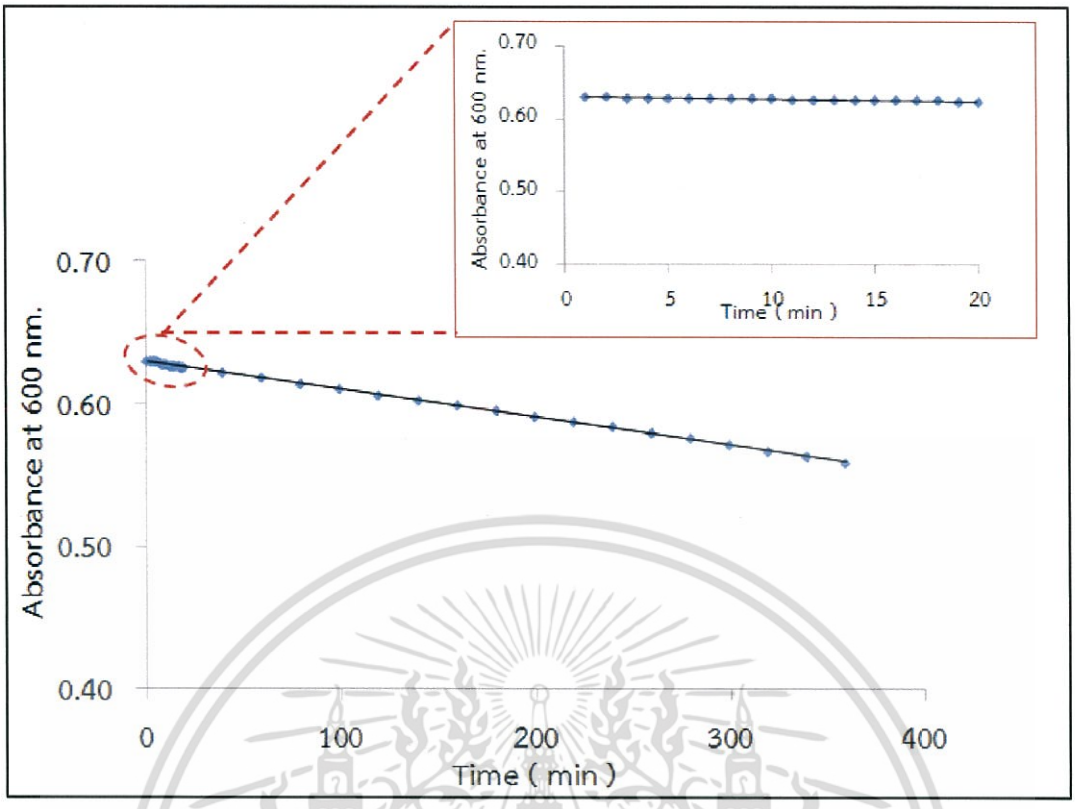
จากรูปที่ 4.4 พบว่าสีของผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มข้นของสารละลายอัลบูมิน เมื่อดูจากรูปที่ 4.4 เมื่อความเข้มข้นของสารละลายอัลบูมินเท่ากับ 1 mg/L จะเห็นได้ว่าสีของผลิตภัณฑ์เป็นสีเขียวอ่อน และเมื่อความเข้มข้นของสารละลายอัลบูมินเท่ากับ 300 และ 500 mg/L สีของผลิตภัณฑ์จะเป็นสีน้ำเงิน ผลที่ได้สอดคล้องกับสเปกตรัมการดูดกลืนแสง ซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงมากที่สุดที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงการดูดกลืนแสงของสารละลายสีน้ำเงิน

4.2 ศึกษาอิทธิพลที่ส่งผลต่อการตรวจวัด

4.2.1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจวัด

การศึกษาในหัวข้อนี้ มีวัตถุประสงค์ คือ ต้องการทราบว่าเมื่อผสมตัวอย่างปัสสาวะกับสารละลายเคมีต่างๆแล้ว สีของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมีความเสถียรอยู่ได้นานเท่าใด เพื่อประเมินว่าหลังจากผสมสารตัวอย่างปัสสาวะและสารเคมีแล้วต้องถ่ายรูปภายในระยะเวลาเท่าใด การทดลองทำได้โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลายอัลบูมินและ TBPE ใน Triton X-100 ที่ pH 3.2 โดยทำการตรวจวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร โดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่เมื่อเทสารละลายใส่ Cuvette โดยจับเวลา 360 นาที แสดงผลการทดลองดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



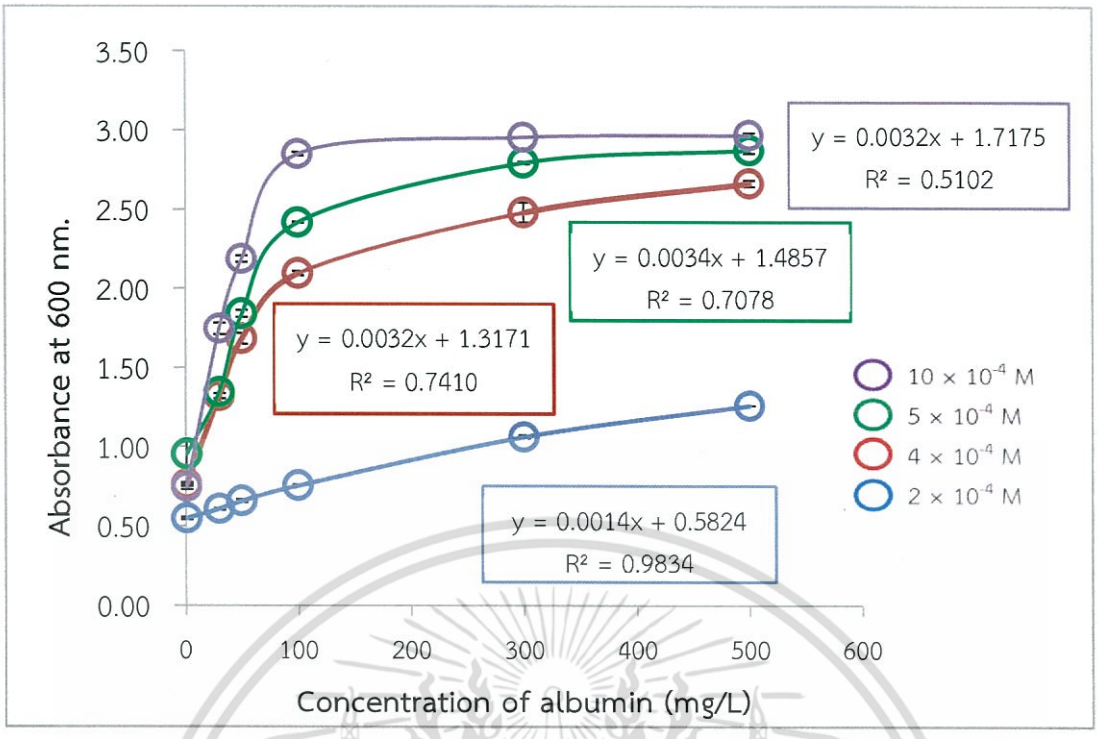
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับระยะเวลาในการศึกษา

จากผลการทดลอง เมื่อทำการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นระยะเวลา 360 นาที พบว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์มีความเสถียรในช่วงเวลา 20 นาทีแรก หลังจากนั้นค่าการดูดกลืนแสงจะค่อยๆลดลงอย่างช้าๆ จึงสามารถกล่าวได้ว่าหลังจากผสมสารตัวอย่างปัสสาวะกับสารละลายเคมีแล้ว จะมีเวลาถึง 20 นาที สำหรับการถ่ายรูป โดยที่สีของผลิตภัณฑ์ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลง

4.2.2 ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลาย TBPE

เตรียมสารละลาย TBPE ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 2×10^{-4} M, 4×10^{-4} M, 5×10^{-4} M และ 10×10^{-4} M จากนั้นนำมาทำปฏิกิริยากับสารละลายอัลบูมิน ที่สภาวะกรด pH 3.2 แสดงผลการทดลองดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



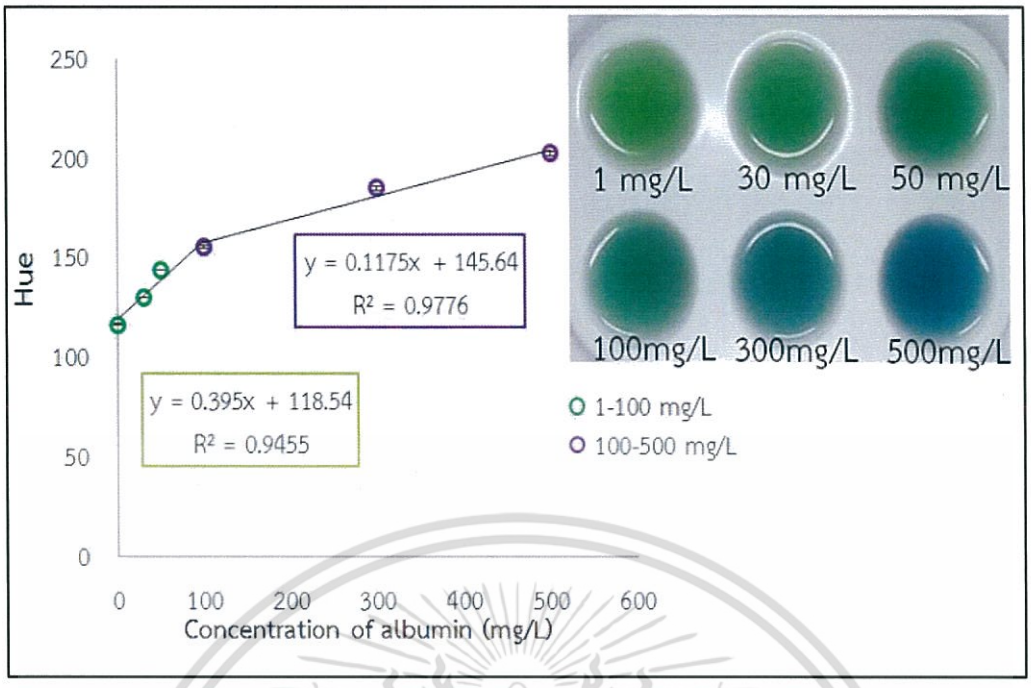
รูปที่ 4.6 แสดงกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายอัลบูมินที่ความเข้มข้นของสารละลาย TBPE แตกต่างกัน โดย ( ) คือ TBPE 2×10^{-4} M, ( ) คือ 4×10^{-4} M, ( ) คือ 5×10^{-4} M, ( ) คือ 10×10^{-4} M

จากการทดลอง ทำให้ทราบได้ว่าความเข้มข้นของสารละลาย TBPE มีอิทธิพลต่อการทำปฏิกิริยากับสารละลายอัลบูมิน ซึ่งความเข้มข้นของสารละลาย TBPE ที่พอดีจะทำให้การจับตัวกันกับสารละลายอัลบูมินเกิดขึ้นอย่างเพียงพอ แต่หากความเข้มข้นของสารละลาย TBPE มากเกินไป จะทำให้การตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์เกิดการผิดพลาดขึ้นได้ เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลาย TBPE ที่มากเกินไป จะทำให้สีของสารผลิตภัณฑ์มีสีเข้มเกือบทึบแสง ทำให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจวัด ซึ่งจากรูป 4.6 พบว่าเมื่อสารละลายอัลบูมินทำปฏิกิริยากับสารละลาย TBPE ที่ความเข้มข้น 2×10^{-4} M มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ดีที่สุด (R^2 = 0.9834) จึงเลือกใช้ความเข้มข้นนี้ในการศึกษาหัวข้ออื่นๆต่อไป

4.3 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสี (Hue) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอัลบูมิน

ทำการหาค่าความเข้มสี (Hue) ของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น โดยเริ่มจากการหาค่า RGB ที่ได้จากภาพถ่ายด้วยโปรแกรม Image J และนำค่า RGB ที่ได้ไปแปลงเป็นค่าความเข้มสี (Hue) แสดงผลการทดลองดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสี (Hue) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอัลบูมิน โดยที่ (○) คือความเข้มข้น 1-100 mg/L และ (○) คือความเข้มข้น 100-500 mg/L

จากกราฟมาตรฐานในรูปที่ 4.7 พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายอัลบูมินเพิ่มมากขึ้น ค่าความเข้มสี (Hue) ก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน และสามารถยืนยันด้วยสีของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น และจากกราฟมาตรฐานจะเห็นได้ว่ามีช่วงความเป็นเส้นตรง 2 ช่วง ได้แก่ 1-100 mg/L และ 100-500 mg/L ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination) เท่ากับ 0.9455 และ 0.9776 ซึ่งถือว่าความเป็นเส้นตรงยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ สอดคล้องกับกราฟมาตรฐานที่ได้จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer แต่จะเห็นได้ว่ากราฟมาตรฐานเมื่อพล็อตเป็นค่าความเข้มสี (Hue) จะเห็นช่วงความเป็นเส้นตรง แบ่งเป็น 2 ช่วง ชัดเจนกว่าเมื่อพล็อตด้วยค่าการดูดกลืนแสง

4.4 การศึกษาอัตราส่วนการเจือจางตัวอย่างปัสสาวะที่เหมาะสม

เนื่องจากพบว่าหากไม่เจือจางตัวอย่าง ค่าร้อยละของการวิเคราะห์คืนกลับ (Recovery) จะมีค่าสูงเกิน 100 ซึ่งเป็นผลมาจากองค์ประกอบในตัวอย่างปัสสาวะรบกวนการวิเคราะห์ ผู้วิจัยจึงแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยการเจือจางตัวอย่างปัสสาวะ โดยต้องทำการศึกษาอัตราส่วนการเจือจางตัวอย่างปัสสาวะที่เหมาะสมต่อการตรวจวัด ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลอัตราส่วนการเจือจางปัสสาวะที่เหมาะสม

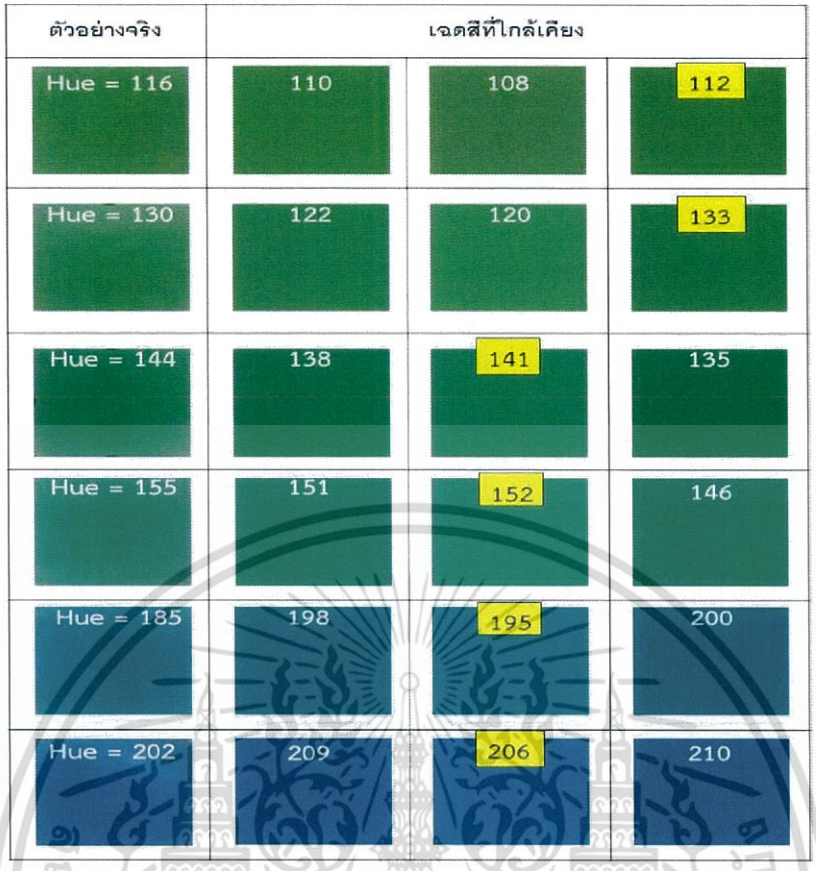
อัตราส่วนการเจือจาง	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอัลบูมิน (mg/L)			Recovery (%)
	ดั้งเดิม	ที่เติมลงไป	ที่วิเคราะห์ได้	
ไม่เจือจาง	136.80	42.33	151.70	35.20
เจือจาง 10 เท่า	20.25	42.33	37.15	39.92
เจือจาง 50 เท่า	14.70	42.33	51.95	87.99
เจือจาง 100 เท่า	2.30	42.33	47.45	106.65

จากการทดลองการหาอัตราส่วนการเจือจางปัสสาวะที่เหมาะสม จะพบว่าการเจือจางตัวอย่าง 100 เท่า จะให้ค่า % Recovery ที่ดีที่สุด คือใกล้เคียง 100 มากที่สุด เนื่องจากตัวรบกวนในตัวอย่างปัสสาวะถูกเจือจางลงไปมาก การตรวจวัดจึงมีความถูกต้องสูง ดังนั้นจึงเลือกเจือจางตัวอย่างปัสสาวะ 100 เท่า ก่อนทำการวิเคราะห์ต่อไป

4.5 การเลือกแถบสีมาตรฐานที่เหมาะสม

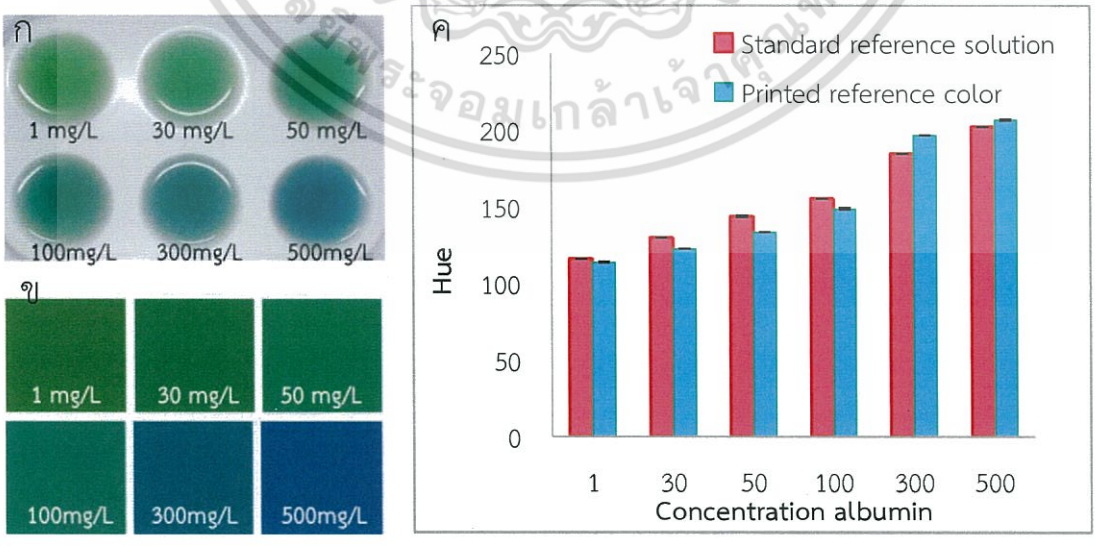
แถบสีมาตรฐานที่จัดทำขึ้นนี้ เป็นแถบสีที่ได้มาจากการถ่ายรูปสีของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของสารละลายอัลบูมินกับสารละลาย TBPE ที่ pH 3.2 ซึ่งจะทำการสร้างข้อมูลจากภาพถ่ายสีของผลิตภัณฑ์ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับเฉดสีต่างๆ เพื่อทำการวิเคราะห์หาค่าความเข้มสี (Hue) ของเฉดสีที่ใกล้เคียงกับความค่าเข้มสี (Hue) ของผลิตภัณฑ์เพื่อเลือกแถบสีที่เหมาะสมและนำไปสร้างเป็นแถบสีมาตรฐานต่อไป ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงการสร้างข้อมูลสีเพื่อนำไปเลือกแถบสีมาตรฐานที่เหมาะสม

จากรูปที่ 4.8 จะได้ตัวเลือกที่มีค่าความเข้มสี (Hue) ใกล้เคียงกับค่าความเข้มสีของผลิตภัณฑ์มากที่สุด (ค่าที่เลือกแสดงตัวเลขในกรอบสีเหลือง) และเมื่อสร้างแถบสีมาตรฐานที่เหมาะสมแล้ว จึงได้ทำการทดสอบความถูกต้องของแถบสีมาตรฐานที่สร้างขึ้น แสดงผลการทดสอบดังรูปที่ 4.9



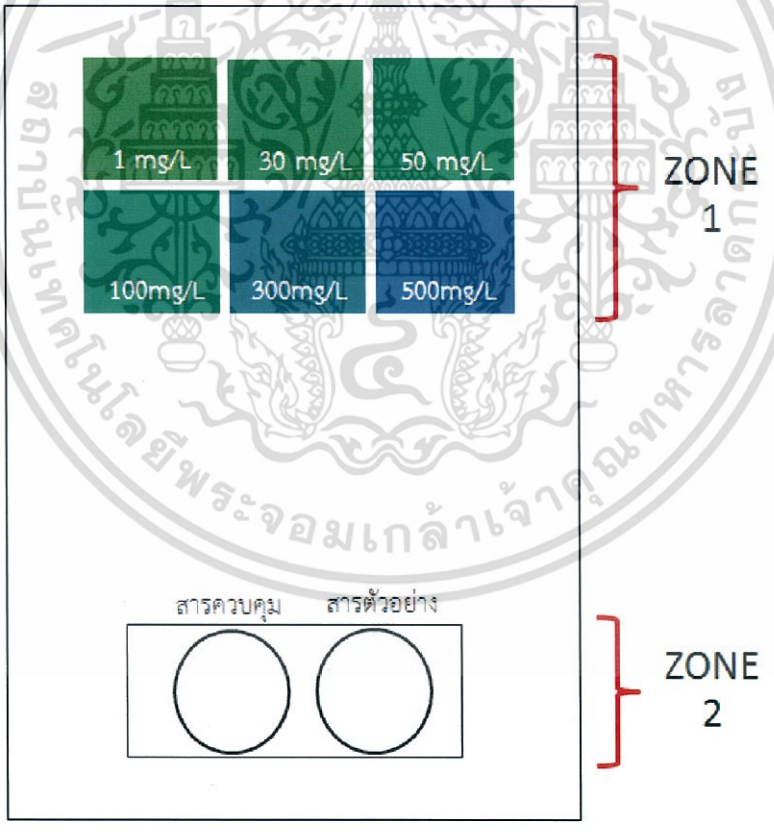
รูปที่ 4.9 แสดงสีของผลิตภัณฑ์ (ภาพ ก), แสดงแถบสีมาตรฐาน (ภาพ ข), แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มสี (Hue) จากสีของสารผลิตภัณฑ์และจากแถบสีมาตรฐาน (ภาพ ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 เมื่อพิจารณาด้วยตาเปล่า ภาพ ก และ ภาพ ข พบว่าสีของผลิตภัณฑ์และสีจากแถบสีมาตรฐานมีความใกล้เคียงกัน และเมื่อทำการสร้างกราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มสี (Hue) ระหว่างสีของผลิตภัณฑ์และสีจากแถบสีมาตรฐาน (ภาพ ค) พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มสี (Hue) จากแถบสีมาตรฐานมีความสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยความเข้มสี (Hue) ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาของสารละลายมาตรฐานอัลบูมิน จึงกล่าวได้ว่าแถบสีมาตรฐานที่ได้เลือกมานี้มีความถูกต้องสามารถนำไปสร้างแผ่นทดสอบต่อไปได้

4.6 การสร้างแผ่นทดสอบ

เมื่อทำการเลือกแถบสีที่เหมาะสมแล้ว นำมาสร้างแผ่นทดสอบสำหรับการตรวจวัด โดยแผ่นทดสอบที่จัดทำขึ้นนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เป็นส่วนของแถบสีมาตรฐานที่ได้จากการทดลองดังกล่าวมาแล้วข้างต้นในหัวข้อ 4.5 และส่วนที่ 2 เป็นส่วนของพื้นที่สำหรับวางภาชนะบรรจุสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงแผ่นทดสอบ โดยมี ZONE 1 เป็นส่วนของแถบสีมาตรฐาน และ ZONE 2 เป็นพื้นที่สำหรับวางภาชนะใส่สารตัวอย่างและสารที่ใช้ควบคุมการตรวจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าแผ่นทดสอบได้มีการออกแบบให้มีแถบสีมาตรฐานและพื้นที่สำหรับวางตัวอย่างให้อยู่ภายในแผ่นเดียวกัน เนื่องจากผู้วิจัยต้องการออกแบบให้สามารถถ่ายภาพของสารตัวอย่างและแถบสีมาตรฐานไปพร้อมกัน (Self-calibration configuration) เพื่อลดข้อผิดพลาดจากแสงภายนอกที่ไม่เท่ากันในระหว่างถ่ายภาพ ซึ่งอาจทำให้การวิเคราะห์ผลคลาดเคลื่อนได้

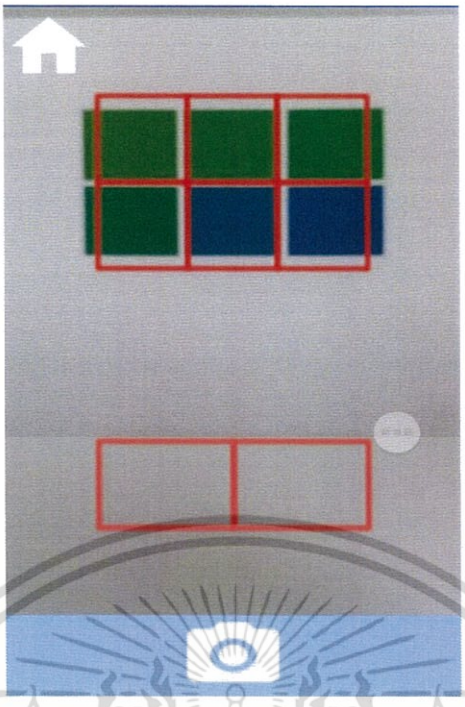
4.7 การออกแบบแอพพลิเคชัน “Albumin smart test V.2”

แอพพลิเคชัน “Albumin smart test V.2” ได้ออกแบบมาง่ายต่อการใช้งานและสวยงามมากขึ้นกว่ารุ่นเดิม ซึ่งจะประกอบไปด้วยเมนูหลัก 6 เมนู ได้แก่ START, HOW TO, HISTORY, EXIT, INFO และเมนูสำหรับเลือกภาษา ดังรูปที่ 4.11

รูปที่ 4.11 แสดงหน้าจอ Albumin smart test V.2 และฟังก์ชันการใช้งานต่างๆ

โดยเมนู START จะเป็นเมนูสำหรับการถ่ายภาพเพื่อการวิเคราะห์ ดังรูปที่ 4.12, เมนู HOW TO จะเป็นเมนูที่บอกวิธีการใช้งานของแอพพลิเคชัน, เมนู HISTORY จะแสดงข้อมูลบันทึกผลของการตรวจวัดตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.13, เมนู EXIT เป็นเมนูสำหรับเมื่อต้องการปิดการใช้งานแอพพลิเคชัน และเมนู INFO เป็นเมนูที่จะแสดงอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการตรวจวัดตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.14, และผู้ใช้งานสามารถเลือกภาษาได้ 2 ภาษา คือ ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงภาพเมื่อกดเมนู START

จากรูปที่ 4.12 เมื่อกดเมนู START จะแสดงหน้าจอเป็นกล้องถ่ายภาพสำหรับถ่ายภาพตัวอย่าง เมื่อต้องการเริ่มการตรวจวัดปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะ โดยการถ่ายภาพนั้นจำเป็นจะต้องควบคุมกล้องให้แถบสีมาตรฐานและสารตัวอย่างอยู่ในกรอบสีแดงที่กำหนด เพื่อการประมวลผลที่ถูกต้องและแม่นยำ

รูปที่ 4.13 แสดงภาพเมื่อกดเมนู HISTORY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.13 เมื่อกดเมนู HISTORY จะแสดงข้อมูลการตรวจวัดที่ถูกบันทึกไว้ โดยจะประกอบไปด้วย ปริมาณของอัลบูมินที่ตรวจพบในตัวอย่างในหน่วยมิลลิกรัม และข้อมูลของเวลาและวันที่ทำการตรวจวัดตัวอย่าง เพื่อสะดวกต่อการตรวจสอบข้อมูลย้อนหลัง

รูปที่ 4.14 แสดงภาพเมื่อกดเมนู INFO

จากภาพที่ 4.14 เมื่อกดเมนู INFO จะแสดงอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการตรวจวัดด้วยแอพพลิเคชัน ซึ่งประกอบไปด้วย

1. ชุดสารเคมีและอุปกรณ์ สำหรับการตรวจวัดอัลบูมินในปัสสาวะ
2. กล่องสำหรับใส่สารตัวอย่าง ใส่ตัวอย่างปัสสาวะที่จะนำมาตรวจวัด
3. แถบสีมาตรฐาน อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับการถ่ายภาพของสารตัวอย่าง เพื่อการประมวลผลจากการถ่ายภาพในการตรวจวัด
4. ตลับสำหรับใส่สารควบคุมและสารตัวอย่าง มีลักษณะเป็น 2 หลุมไว้สำหรับใส่สารควบคุมและสารตัวอย่างในการตรวจวัด
5. คู่มือสำหรับการใช้งานแอพพลิเคชัน เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานแอพพลิคัชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 การศึกษาความเที่ยงของการตรวจวัดด้วยแอพพลิเคชัน

ความเที่ยงของการตรวจวัด สามารถพิจารณาได้จากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ โดยได้ทำการตรวจวัดปริมาณอัลบูมินด้วยแอพพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ ซึ่งใช้ความเข้มข้นของสารละลายอัลบูมิน 30 mg/L, 100 mg/L และ 500 mg/L ในการศึกษา โดยได้ทำการตรวจวัดซ้ำ 10 ครั้ง

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า %RSD ของการตรวจวัดปริมาณอัลบูมินโดยใช้แอพพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

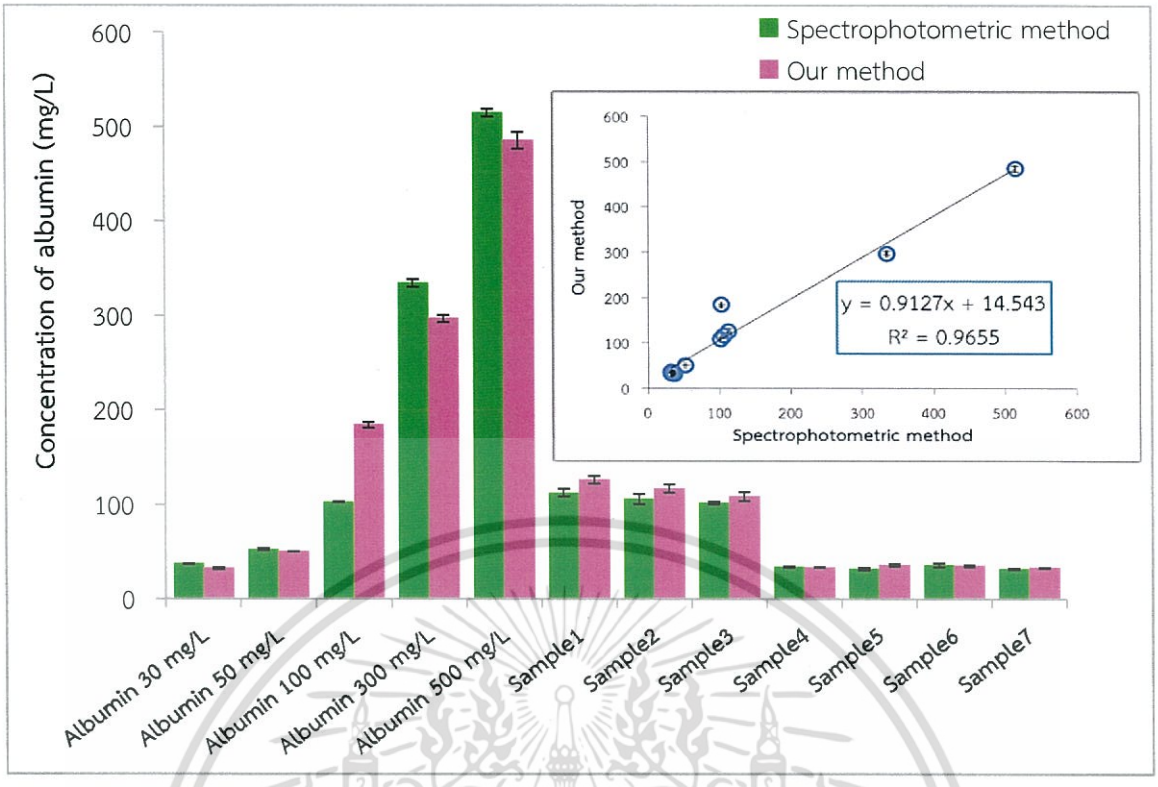
ความเข้มข้นของสารละลาย (mg/L)	ค่าเฉลี่ยปริมาณอัลบูมินที่วิเคราะห์ได้ (mg/L)	S.D.	% RSD
30	33.87	1.66	4.91
100	103.12	3.52	3.83
500	470.03	13.06	2.78

จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า การอ่านค่าความเข้มข้นของสารละลายอัลบูมินโดยใช้แอพพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือที่พัฒนาขึ้นนี้มีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นจริงของสารละลายอัลบูมิน และเมื่อตรวจสอบความเที่ยงของการตรวจวัดด้วยแอพพลิเคชัน โดยตรวจสอบค่า %RSD พบว่าทุกค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า แอพพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือที่พัฒนาขึ้นมีความเที่ยง

4.9 การทดสอบความถูกต้องของชุดทดสอบและแอพพลิเคชัน

ตรวจสอบความถูกต้องของแอพพลิเคชัน โดยเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ที่ได้จากวิธีที่ใช้เครื่องยูวี-วิซิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ และวิธีที่ใช้แอพพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือในการตรวจวัด และเนื่องจากในงานวิจัยนี้ มีความกระจายตัวของข้อมูลที่มาก จึงต้องใช้การตรวจสอบความถูกต้องด้วยวิธี Pearson's ดังรูปที่ 4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์โดยวิธี Pearson's

จากการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์โดยวิธี Pearson's ในรูปที่ 4.15 จะเห็นได้ว่าวิธีวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธี คือ วิธีวิเคราะห์ที่ตรวจวัดด้วยเครื่องยูวี-วิซิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์กับวิธีวิเคราะห์ที่ตรวจวัดด้วยแอพพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ พบว่าให้ผลการวิเคราะห์ที่มีค่าใกล้เคียงกัน โดยดูจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination) มีค่าเท่ากับ 0.9655 แสดงว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นให้ผลการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐาน ดังนั้นสามารถใช้แอพพลิเคชันบนโทรศัพท์ตรวจวัดปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะแทนการใช้เครื่องยูวี-วิซิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาวิจัย

โครงงานพิเศษนี้เป็นการพัฒนาต่อยอดเพื่อขยายความสามารถในการตรวจวัดปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะด้วยแอพพลิเคชันบนมือถือให้ตรวจวัดในช่วงกว้างขึ้นกว่าเดิม (เดิม 1-50 mg/L) ซึ่งการหาปริมาณอัลบูมินสามารถทำโดยการสร้างกราฟมาตรฐานได้ช่วงความเป็นเส้นตรง 2 ช่วง คือ 1-100 mg/L และ 100-500 mg/L โดยได้สมการเชิงเส้น คือ $y = 0.0018x + 0.6058$ และ $y = 0.0011x + 0.6887$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.9899 และ 0.9932 ตามลำดับ และทำการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจวัด โดยทำการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายอัลบูมินกับสารละลาย TBPE ที่ pH 3.2 เป็นเวลา 360 นาที ปรากฏว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์มีความเสถียรในช่วงเวลา 20 นาทีแรก หลังจากนั้นค่าการดูดกลืนแสงจะค่อยๆลดลงอย่างช้าๆ จากนั้นศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลาย TBPE โดยการเตรียมสารละลาย TBPE ที่ความเข้มข้น 2.0×10^{-4} M, 4.0×10^{-4} M, 5.0×10^{-4} M และ 10.0×10^{-4} M จากการศึกษาทำให้ทราบว่าความเข้มข้นของสารละลาย TBPE ที่พอดีจะทำให้การจับตัวกันกับสารละลายอัลบูมินเกิดขึ้นอย่างเพียงพอ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเมื่อสารละลายอัลบูมินทำปฏิกิริยากับสารละลาย TBPE ที่ความเข้มข้น 2.0×10^{-4} M มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ดีที่สุด (R^2=0.9834)

การพัฒนาช่วงความสามารถในการตรวจวัดปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะ ได้ทำการพัฒนาแอพพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือเพื่อทำการประมวลผล และแสดงเป็นค่าความเข้มข้นของอัลบูมินออกมาในหน่วย mg/L โดยมีการทำแถบสีมาตรฐานขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนสีของสารละลายมาตรฐานอัลบูมิน และนำมาใช้ถ่ายรูปพร้อมกับสารละลายที่ได้จากการทำปฏิกิริยาเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะ

จากนั้นศึกษาอัตราส่วนการเจือจางปัสสาวะ เนื่องจากหากไม่เจือจางตัวอย่างปัสสาวะอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจวัดเนื่องจากองค์ประกอบอื่นๆในตัวอย่างปัสสาวะที่เป็นตัวรบกวนได้ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าที่การเจือจาง 100 เท่าจะให้ค่าร้อยละการคืนกลับ เท่ากับ 106.65 ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงเลือกเจือจางตัวอย่างปัสสาวะ 100 เท่า ก่อนทำการวิเคราะห์ และศึกษาความเที่ยงของการตรวจวัดด้วยแอพพลิเคชัน พบว่ามีความเที่ยงของการตรวจวัดสูง โดยพิจารณาจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ที่ความเข้มข้น 30 mg/L, 100 mg/L และ 500 mg/L ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 4.9059, 3.8251 และ 2.7785 ตามลำดับ โดยทำการตรวจวัดซ้ำ 10 ครั้ง นอกจากนี้ได้ทดสอบความถูกต้องของแอพพลิเคชันโดยเปรียบเทียบผลวิเคราะห์จากวิธีเมื่อใช้แอพพลิเคชันกับวิธีเมื่อใช้เครื่องยูวี-วิซิเบิล เป็นเครื่องตรวจวัดด้วยวิธีเพียร์สัน พบว่าผลการวิเคราะห์มีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีที่พัฒนาขึ้นให้ผลการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐาน ดังนั้นสามารถใช้แอพพลิเคชันบนโทรศัพท์ตรวจวัดปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะแทนการใช้เครื่องยูวี-วิซิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรตรวจเช็คการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายให้ถูกต้อง เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายส่งผลต่อค่าการดูดกลืนแสงและสีของสารละลาย

2. เนื่องจากสารละลาย TBPE เป็นสารที่ระเหยได้ง่าย ในระหว่างทำการทดลองจึงควรปิดสารละลาย TBPE ด้วยกระจกนาฬิกาตลอดการทดลอง

3. การเตรียมสารละลาย Buffer ควรเตรียมให้อยู่ในช่วง pH 3.2 เพราะค่า pH มีผลต่อสีของสารละลายที่เกิดขึ้น และยังมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายอัลบูมินกับสารละลาย TBPE

4. หากต้องการใช้สารละลาย Reagent ซ้ำ ควรตรวจวัดค่าการดูดกลืนของสารละลายก่อนเพื่อตรวจดูว่าค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วงที่สามารถนำมาใช้งานได้หรือไม่ หากค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วงที่ไม่สามารถใช้งานได้ ควรเตรียมสารละลายใหม่เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดที่เกิดจากสารละลาย Reagent

5. การถ่ายภาพสารละลายโดยใช้แอพพลิเคชันบนมือถือ ควรถ่ายในตำแหน่งที่กำหนดไว้ในแอพพลิเคชัน และควรถ่ายภาพในสภาวะที่มีแสงมากพอ และไม่ควรให้มีเงามืดหรือเงาจากแหล่งแสงในระหว่างถ่ายภาพ เนื่องจากอาจส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการประมวลผลของแอพพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] โรคไต [online]. Available: https://th.wikipedia.org/wiki/โรคไต Search: 5 March 2017.

[2] สาเหตุของการเกิดโรคไต [online]. Available: http://www.yourhealthyguide.com/article/ak-kidney-4.html Search: 5 March 2017.

[3] อาการของโรคไต [online]. Available: http://www.thaihealth.or.th/Content/28457-A3.html Search: 16 June 2017

[4] โปรตีนอัลบูมิน [online]. http://www.albumingoodsplus.com/article/1/albumin-คืออะไร Search: 5 March 2017.

[5] ปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะต่อวัน [online]. Available: http://siamhealth.net/public_html/Health/Lab_interprete/proteinuria.html Search: 5 March 2017.

[6] ปัสสาวะ [online]. Available: http://haamor.com/th/ Search: 16 June 2017

[7] กระบวนการเกิดปัสสาวะ [online]. Available: https://yuonanong.wordpress.com/2013/02/24/การสร้างน้ำปัสสาวะของไต Search: 5 March 2017.

[8] ส่วนประกอบของปัสสาวะ [online]. Available: http://www.thaigoodview.com/node/16574 Search: 16 June 2017

[9] การตรวจปัสสาวะ [online]. Available: http://www.thaihealth.or.th/Content/9723-รู้จัก%20."การตรวจปัสสาวะ"%20ถูกวิธี.html Search: 5 March 2017.

[10] การเก็บปัสสาวะ [online]. Available: http://www.teacher.ssru.ac.th/chiraprapa_sr/pluginfile.php/232/block_html/content/การเก็บตัวอย่างส่งตรวจ.pdf. Search 16 June 2017.

[11] มาตรฐานของสี [online]. Available: http://fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/Teaching/image/chap1.htm Search: 5 March 2017.

[12] ระบบสี RGB [online]. Available:https://xn--12cf0dj0aaufkr9l0ai2m6ab4p.blogspot.com/2014/06/rgb.html Search: 16 June 2017.

[13] ระบบสี HSV [online]. Available: https://www.algorithmtut.com/designart-munsell-color-system-/ Search: 16 June 2017.

[14] หลักการตรวจวัดในงานวิจัย. Successive determination of urinary protein and glucose using spectrophotometric sequential injection method, 2007, Analytica Chimica Acta, 604, 139-146.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[15] T. Sakai, N. Teshima, T. Kato, S. Katoh, W. Siangproh, Flow Injection Determination of Urinary Protein Using Fluorescence Quenching of Tetraiodo-fluorescein, J. Flow Injection Anal., Vol. 28, No. 2 (2011) 120–123

[16] Y. Fujita, I. Mori and M. Toyoda , Spectrophotometric Determination of protein with Chromazurol B - Beryllium(II) Complex by Manual and Flow-Injection Methods, Analytical Science JUNE 1992, VOL. 8

[17] T. Sakai, Y. Kito, N. Teshima, S. Katoh, K. Watla-Iad and K. Grudpan, Spectrophotometric Flow Injection Analysis of Protein in Urine Using Tetrabromophenolphthalein Ethyl Ester and Triton X-100, 2007, J. Flow Injection Anal., Vol. 24, No. 1, 23–26

[18] W. Kanchaya, T. Sakai, N. Teshima, S. Katoh and K. Grudpan, Successive determination of urinary protein and glucose using spectrophotometric sequential injection method, 2007, Analytica Chimica Acta, 604, 139-146.

[19] A. F. Coskun, R. Nagi K. Sadeghi, S. Phillips and A. Ozcan, Albumin testing in urine using a smart-phone, 2013, The Royal Society of Chemistry·

[20] A. Mathaweesansurn, N. Maneerat, N. Choengchan, A mobile phone-based analyzer for quantitative determination ofurinary albumin using self-calibration approach,2017, Sensors and Actuators B 242, 476–483

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

1.การคำนวณหาจำนวนกรัมของสารเคมี

$$\frac{g}{MW} = \frac{CV}{1000}$$

เมื่อ g คือ จำนวนกรัมของสารเคมี (g)

C คือ ความเข้มข้น (mol/L)

V คือ ปริมาตรสารละลาย (ml)

MW คือ มวลโมเลกุลของตัวถูกละลาย (g/mol)

2.การคำนวณหา SD

การหาค่า SD คือค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

เมื่อ $\overline{X}$ คือ ความเข้มข้นเฉลี่ย

x_i คือ ความเข้มข้นที่หาได้

n คือ จำนวนครั้งในการทำซ้ำ

3.การคำนวณหา %RSD

การหาค่า %RSD คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation)

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

เมื่อ SD คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\overline{X}$ คือ ความเข้มข้นเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

1.การศึกษาปฏิกิริยาที่ใช้ในการตรวจวัด

ตารางที่ ข.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายอัลบูมินในช่วงความเข้มข้น 1- 500 mg/L ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

Albumin (mg/L)	Absorbance at.600 nm.			Mean± S.D.	%RSD
	1	2	3		
1	0.6267	0.6147	0.6051	0.6155 ± 0.01	1.4356
30	0.6431	0.6552	0.6537	0.6507 ± 0.01	0.8277
50	0.6823	0.6990	0.7060	0.6958 ± 0.01	1.4289
100	0.7906	0.7990	0.7880	0.7925 ± 0.01	0.5923
300	1.0408	1.0670	1.0574	1.0551 ± 0.01	1.0258
500	1.2505	1.2522	1.2529	1.2519 ± 0.00	0.0805

2. การศึกษาความเข้มข้นของสารละลาย TBPE ที่เหมาะสม

ตารางที่ ข.2 แสดงค่าการดูดกลืนของสารละลายอัลบูมินความเข้มข้น TBPE เป็น 2.0×10^{-4} mg/L

Albumin (mg/L)	Absorbance at.600 nm.			Mean± S.D.	%RSD
	1	2	3		
1	0.5352	0.5404	0.5687	0.5481 ± 0.02	2.6857
30	0.6066	0.6112	0.6073	0.6084 ± 0.00	0.3327
50	0.6685	0.6553	0.6550	0.6596 ± 0.06	0.9543
100	0.7689	0.7417	0.7625	0.7577 ± 0.01	1.5325
300	1.0652	1.0612	1.0629	1.0631 ± 0.00	0.1542
500	1.2571	1.2649	1.2593	1.2604 ± 0.00	0.2605

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 แสดงค่าการดูดกลืนของสารละลายอัลบูมินความเข้มข้น TBPE เป็น 4.0×10^{-4} mg/L

Albumin (mg/L)	Absorbance at.600 nm.			Mean ± S.D.	%RSD
	1	2	3		
1	0.7581	0.7531	0.7800	0.7637 ± 0.01	1.5296
30	1.2972	1.3247	1.3392	1.3204 ± 0.02	1.3192
50	1.6537	1.7293	1.6638	1.6823 ± 0.03	1.9921
100	2.0892	2.0808	2.1173	2.0958 ± 0.02	0.7447
300	2.5118	2.3913	2.5365	2.4799 ± 0.06	2.5579
500	2.6407	2.6901	2.6627	2.6645 ± 0.02	0.7584

ตารางที่ ข.4 แสดงค่าการดูดกลืนของสารละลายอัลบูมินความเข้มข้น TBPE เป็น 5.0×10^{-4} mg/L

Albumin (mg/L)	Absorbance at.600 nm.			Mean ± S.D.	%RSD
	1	2	3		
1	1.0325	0.8516	0.9797	0.9546 ± 0.07	7.9567
30	1.4315	1.2839	1.3188	1.3447 ± 0.06	4.6839
50	1.8219	1.8698	1.8315	1.8411 ± 0.02	1.1239
100	2.4126	2.4177	2.4215	2.4173 ± 0.00	0.1508
300	2.7833	2.7944	2.8049	2.7942 ± 0.01	0.3156
500	2.8532	2.8713	2.9011	2.8752 ± 0.02	0.6869

ตารางที่ ข.5 แสดงค่าการดูดกลืนของสารละลายอัลบูมินความเข้มข้น TBPE เป็น 10.0×10^{-4} mg/L

Albumin (mg/L)	Absorbance at.600 nm.			Mean ± S.D.	%RSD
	1	2	3		
1	0.7627	0.7446	0.7298	0.7457 ± 0.01	1.8042
30	1.7939	1.7086	1.7360	1.7462 ± 0.04	2.0363
50	2.1670	2.1758	2.2166	2.1865 ± 0.02	0.9883
100	2.8663	2.8490	2.8337	2.8497 ± 0.01	0.4673
300	2.9517	2.9567	2.9570	2.9551 ± 0.00	0.0823
500	2.9845	2.9745	2.9512	2.9701 ± 0.01	0.4697

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสี (Hue)กับความเข้มข้นของสารละลายอัลบูมิน

ตารางที่ ข.6 แสดงค่าสี RGB ที่ได้จากภาพถ่ายของสารละลายอัลบูมิน

Albumin (mg/L)	Red				
	1	2	3	Mean ± S.D.	RSD%
1	63.11	63.61	63.12	63.28 ± 0.23	0.37
30	59.04	59.29	59.18	59.17 ± 0.10	0.17
50	35.54	35.78	35.51	35.61 ± 0.12	0.34
100	32.68	33.24	32.47	32.80 ± 0.32	0.99
300	11.74	11.31	11.09	11.38 ± 0.27	2.36
500	12.58	11.28	11.80	11.89 ± 0.53	4.49
Albumin (mg/L)	Green				
	1	2	3	Mean ± S.D.	RSD%
1	129.65	129.93	128.25	129.28 ± 0.74	0.57
30	130.80	130.17	130.20	130.39 ± 0.29	0.22
50	116.37	116.65	116.65	116.56 ± 0.13	0.11
100	118.49	119.22	118.52	118.74 ± 0.34	0.28
300	104.36	104.25	104.38	104.33 ± 0.06	0.06
500	83.38	82.65	82.81	82.95 ± 0.31	0.37
Albumin (mg/L)	Blue				
	1	2	3	Mean ± S.D.	RSD%
1	58.37	58.88	59.13	58.79 ± 0.32	0.54
30	71.40	70.62	70.51	70.84 ± 0.04	0.56
50	67.52	67.95	67.67	67.71 ± 0.18	0.26
100	83.32	84.18	83.29	83.60 ± 0.41	0.49
300	113.30	113.08	113.13	113.17 ± 0.09	0.08
500	125.35	124.46	124.79	124.87 ± 0.37	0.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.7 แสดงผลค่าความเข้มสี (Hue) กับความเข้มข้นของสารละลายอัลบูมิน

Albumin (mg/L)	Hue			Mean ± S.D.	%RSD
	1	2	3		
1	116	116	117	116 ± 0.47	0.41
30	130	130	130	130 ± 0.00	0.00
50	144	144	144	144 ± 0.00	0.00
100	155	156	155	155 ± 0.47	0.30
300	185	185	185	185 ± 0.00	0.00
500	203	202	202	202 ± 0.47	0.23

4. การศึกษาอัตราส่วนการเจือจางปัสสาวะที่เหมาะสม

ตารางที่ ข.8 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างปัสสาวะ

Dilute Factor	Abs.(600 nm.)				mean-สี	Mean ± S.D.	RSD%
	1	2	3	Mean			
ไม่เจือจาง	0.8795	0.8905	0.8941	0.8880	0.7716	0.7716 ± 0.05	5.8948
10 เท่า	0.5434	0.5553	0.5713	0.5567	0.5385	0.5385 ± 0.01	2.0535
50 เท่า	0.5080	0.5204	0.5590	0.5291	0.5274	0.5274 ± 0.02	4.1043
100 เท่า	0.5072	0.5006	0.4994	0.5024	0.5026	0.5024 ± 0.00	0.6826

ตารางที่ ข.9 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของ Spiked Solution

Dilute Factor	Abs.(600 nm.)				mean-สี	Mean ± S.D.	RSD%
	1	2	3	mean			
ไม่เจือจาง	0.8747	0.9543	0.9243	0.9178	0.8014	0.8014 ±0.03	3.5764
10 เท่า	0.6030	0.5785	0.5901	0.5905	0.5723	0.5723 ±0.01	1.6945
50 เท่า	0.6078	0.5832	0.6199	0.6036	0.6019	0.6019 ±0.02	2.5296
100 เท่า	0.5996	0.5900	0.5884	0.5927	0.5929	0.5929± 0.01	0.8345

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การศึกษาความเที่ยงของการตรวจวัดด้วยแอพพลิเคชัน

ตารางที่ ข.10 แสดงค่าปริมาณอัลบูมินที่วิเคราะห์วัดด้วยแอพพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

ความเข้มข้นของสารละลาย (mg/L)	ครั้งที่				
	1	2	3	4	5
30	34.83	30.01	35.13	33.39	35.98
100	98.18	98.37	108.20	104.96	109.19
500	456.53	448.91	462.01	493.23	464.58

ความเข้มข้นของสารละลาย (mg/L)	ครั้งที่				
	6	7	8	9	10
30	33.31	32.42	35.43	34.60	33.59
100	107.71	100.81	99.58	101.23	102.96
500	468.79	473.45	469.26	472.91	490.60

ความเข้มข้นของสารละลาย (mg/L)	ค่าเฉลี่ยปริมาณอัลบูมินที่วิเคราะห์ได้ (mg/L)	S.D.	% RSD
30	33.87	1.66	4.91
100	103.12	3.52	3.83
500	470.03	13.06	2.78

6. การทดสอบความถูกต้องของชุดทดสอบและแอพพลิเคชัน

ตารางที่ ข.11 แสดงความเข้มข้นของอัลบูมินที่วิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของอัลบูมิน			Mean	S.D.	%RSD
Albumin 30 mg/L	37.33	37.08	36.43	36.94	0.38	1.03
Albumin 50 mg/L	51.85	51.30	53.68	52.28	1.02	1.94
Albumin 100 mg/L	103.23	102.40	102.13	102.58	0.47	0.46
Albumin 300 mg/L	341.00	337.40	331.30	334.35	4.15	1.24
Albumin 500 mg/L	519.90	514.30	510.10	514.77	4.01	0.78
Sample1	113.90	107.40	117.30	112.35	4.12	3.66
Sample2	109.50	109.30	98.50	105.77	5.14	4.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample3	103.28	100.20	100.93	101.47	1.31	1.29
Sample4	34.00	33.35	34.20	33.85	0.36	1.07
Sample5	32.45	32.80	30.13	31.79	1.19	3.73
Sample6	38.20	36.03	33.28	35.83	2.02	5.62
Sample7	31.60	31.45	32.33	31.79	0.38	1.20

ตารางที่ ข.12 แสดงความเข้มข้นของอัลบูมินที่วิเคราะห์ด้วยวิธีที่พัฒนา

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของอัลบูมิน			mean	S.D.	%RSD
Albumin 30 mg/L	31.24	31.84	33.77	32.28	1.08	3.35
Albumin 50 mg/L	50.14	50.49	50.14	50.26	0.17	0.33
Albumin 100 mg/L	179.54	187.46	185.40	184.13	3.35	1.82
Albumin 300 mg/L	302.02	295.18	293.62	296.94	3.65	1.23
Albumin 500 mg/L	493.23	473.45	490.60	485.76	8.77	1.81
Sample1	120.60	126.54	130.56	125.90	4.09	3.25
Sample2	111.33	122.67	116.57	116.86	4.63	3.97
Sample3	103.77	114.44	107.28	108.50	4.44	4.09
Sample4	34.14	32.78	33.39	33.43	0.55	1.66
Sample5	34.83	37.49	35.13	35.82	1.19	3.32
Sample6	33.31	35.43	36.03	34.92	1.17	3.34
Sample7	33.31	33.40	32.42	33.04	0.44	1.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง