

การตรวจวัดหาปริมาณกรดยูริกในปัสสาวะด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง

แบบพกพา

DETERMINATION OF URIC ACID IN URINE BY PORTABLE
ABSORBANCE MEASUREMENT DEVICE.



นายณัฐพงศ์

ศุภวัฒน์วชิราภ

นางสาวณัฐวิไล

ศุภวัฒน์วชิราภ

นางสาวณัฐวิไล

นายณัฐพงศ์

โครงการที่เสนอเป็นวิทยานิพนธ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

การตรวจวัดหาปริมาณกรดยูริกในปัสสาวะด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง
แบบพกพา

DETERMINATION OF URIC ACID IN URINE BY PORTABLE
ABSORBANCE MEASUREMENT DEVICE.



คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานปีการศึกษา 2556 นี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การตรวจวัดหาปริมาณกรดยูริกในปัสสาวะด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา

Determination of uric acid in urine by portable absorbance measurement device.

ชื่อนักศึกษา นาย ณัฐพล สุรพันธ์วรเวช 53050223

นางสาว ตีรรัตน์ ตรงเจริญทรัพย์ 53050227



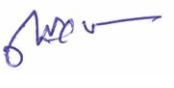
นางสาว นกัศพร ชาทะปัทมะ 53050246

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ณัฐวุฒิ เจริญชัย

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม ประจำปีการศึกษา 2556

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ	
ดร.เสาวภาคย์ ธีราทรง	
ดร.ณัฐวุฒิ เจริญชัย	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแบบลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การวิเคราะห์หาปริมาณกรดยูริกในปัสสาวะโดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา		
ชื่อนักศึกษา	นายณัฐพล	สุรพันธ์วรเวช	53050223
	นางสาวตรีรัตน์	ตรงเจริญทรัพย์	53050227
	นางสาวนภัสพร	ชาตะปัทมะ	53050246
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต		
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม		
ปีการศึกษา	2556		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ณัฐวุฒิ เจริงชั้น		

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ กล่าวถึงการวิเคราะห์หาปริมาณกรดยูริกในปัสสาวะโดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพาเป็นเครื่องตรวจวัด หลักการตรวจวัดอาศัยปฏิกิริยาระหว่างยูริกกับกรดฟอสโฟทังสติก ในสถานะที่มีโซเดียมคาร์บอเนต โดยทำการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์สีน้ำเงินที่เกิดขึ้นด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ชนิด LED ซึ่งมีขนาดดังนี้: 9 x 13 x 4.5 ซม. (กว้าง x ยาว x สูง) หลอดกำเนิดแสง ของเครื่อง LED ได้แก่ หลอด LED เพียงหนึ่งหลอดที่สามารถเลือกให้เปล่งแสงสีแดง เขียว หรือ น้ำเงิน ได้ ตัวยับแสงทำจากวัสดุประเภทโฟโตไดโอด

ได้ทำการหาสถานะที่เหมาะสมโดยใช้เครื่อง ยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์เป็นเครื่องตรวจวัด แล้วจึงนำสถานะที่เหมาะสมไปประยุกต์ใช้กับเครื่อง LED จากการศึกษาพบว่า ได้ช่วงใช้งานที่ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดยูริกตั้งแต่ 4.46 ถึง 62.44 mg/dl โดยมีความเป็นเส้นตรงอยู่ในเกณฑ์ดี ($R^2 = 0.9975$) วิธีดังกล่าวนี้ยังมีความเที่ยงสูง ($RSD = 2.89$ to 5.69 %) และมีค่าร้อยละของการวิเคราะห์คืนกลับอยู่ในช่วง ร้อยละ 88 ถึง 95 มีค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัด ($y_B + 3S_b$) และของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ($y_B + 10S_b$) เท่ากับ 2.33 และ 7.38 mg/dl ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม พบว่าเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ชนิด LED มีความไวในการวิเคราะห์ (ความชันของสมการกราฟมาตรฐาน = 0.0115) ต่ำกว่าเมื่อใช้เครื่อง ยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (ความชันของสมการกราฟมาตรฐาน = 0.0158) ประมาณ 1.4 เท่า นั่น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ประยุกต์ใช้วิธีที่พัฒนาขึ้นกับตัวอย่างปัสสาวะของอาสาสมัครซึ่งเป็นคนปกติ แล้วเปรียบเทียบกับผลวิเคราะห์ทางสถิติกับผลที่ได้เมื่อใช้เครื่อง ยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

โดยใช้ปฏิริยาเดียวกันในการตรวจวัด พบว่าทั้งสองเครื่องให้ผลวิเคราะห์ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($t_{stat} = 2.08$, $t_{cri.} = 2.15$) จากผลการศึกษาทั้งหมด จึงกล่าวได้ว่าวิธีการตรวจวัดกรดยูริกในปัสสาวะด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพานี้มีความแม่นยำและความเที่ยงสูง

คำสำคัญ: กรดยูริก, ปัสสาวะ, การskปริมาณ, เครื่องสเปคโตรมิเตอร์ชนิด LED



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Determination of uric acid in urine by portable absorbance measurement device.	
Students	Mr. Natthaphon Suraphanwarawat	53050223
	Miss. Treerat Torngjreansup	53050227
	Miss. Napasorn Chatapadma	53050246
Degree	Bachelor of Science	
Major Program	Industrial Chemistry	
Academic Year	2013	
Advisor	Dr. Nathawut Choengchan	

Abstract

This work describes the method for determination of uric acid in urine by using a portable absorbance measurement. Detection principle is based on the phosphotungstate method where uric reacts with phosphotungstic acid in the presence of sodium carbonate. Blue-colored product was formed and the absorbance reading was monitored by the light emitting diode (LED) spectrometer. Dimension of the LED spectrometer is: 9 x 13 x 4.5 cm (width x length x height). Light source of the device is single LED in which can be selected for emission of red, green or blue light. Detector is photodiode.

The method optimization was carried out by using UV-visible spectrophotometer. The optimal conditions were then adapted to be the detection method by the LED device. Linear working range from 4.46 to 62.44 mg/dl uric acid was observed with good linearity ($R^2 = 0.9975$). The method offered good precision (RSD = 2.89 to 5.69 %). Recovery was between 88 to 95 %. Limit of detection ($y_B + 3S_b$) and limit of quantitation ($y_B + 10S_b$) were found at 2.33 and 7.38 mg/dl uric, respectively. However, it was observed that sensitivity of the LED detector (slope of calibration = 0.0115) is lower than the sensitivity of the spectrophotometer (slope of calibration = 0.0158) around 1.4 times.

The method was applied to urine of normal volunteers. The results were statistical compared to the results obtained by using UV-Visible spectrophotometer under the same detection reaction. There was not significantly different between the two detectors at 95 % confidence level ($t_{stat} = 2.08$, $t_{cri.} = 2.15$).

These results implied that the method with LED detector provided high accuracy and precision for the uric acid determination.

Keywords : Uric acid, Urine, Determination, LED spectrometer

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้เกิดขึ้นและสามารถดำเนินการจนสำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์อย่างสูงจาก ดร.ณัฐวุฒิ เจริญชัย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของกลุ่มงานวิจัยนี้ ที่ให้คำปรึกษาขอเสนอแนะเพิ่มเติมทำให้งานวิจัยฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง และขอขอบคุณที่ปรึกษาทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาช่วยเหลือในการทำงานวิจัยฉบับนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ และ ดร.เสาวภาคย์ ชีราทรง กรรมการการสอบงานวิจัย ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการเป็นกรรมการพิจารณางานวิจัย พร้อมกับให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ตลอดจนการช่วยตรวจรายละเอียดต่างๆในงานวิจัยฉบับนี้ให้เป็นอย่างถูกต้องและสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และหน่วยวิจัยเคมีวิเคราะห์เชิงประยุกต์ ที่ช่วยแนะนำเทคนิคการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ รวมถึงความอนุเคราะห์สารเคมี เครื่องมือและสถานที่สำหรับการทำการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยฉบับนี้ กลุ่มผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ณัฐพล สุรพันธ์วรเวช
ตรีรัตน์ ตรงเจริญทรัพย์
นภัศพร ชาตะปัทมะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเนื้อหา

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญเนื้อหา	V
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
คำย่อและสัญลักษณ์	IIIX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับกรดยูริก	3
2.1.1 แหล่งที่พบตามธรรมชาติและการนำมาใช้ประโยชน์	3
2.1.2 แคแทบอลิซึมของพิวรีน	3
2.1.3 สาเหตุของกรดยูริกสูง	4
2.1.4 การวินิจฉัยแยกชนิดของกรดยูริกสูง	5
2.1.5 การรักษาภาวะกรดยูริกสูง (hyperuricemia)	6
2.1.6 โรคเก๊าท์ (Gout)	6
2.1.7 เกณฑ์มาตรฐานของกรดยูริก)	11
2.2 ปัสสาวะ	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเนื้อหา (ต่อ)

	หน้า
2.2.1 ส่วนประกอบของปัสสาวะ	12
2.2.2 การตรวจวิเคราะห์ปัสสาวะ	13
2.3 สเปกโทรโฟโตเมทรี (Spectrophotometry)	17
2.3.1 แสง สีและการดูดกลืนแสงของสาร	17
2.3.2 กฎของแลมเบิร์ต (Lambert's law)	18
2.3.3 กฎของเบียร์ (Beer's law)	19
2.3.4 ส่วนประกอบของเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์	20
2.4 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแบบพกพา	21
2.5 ส่วนประกอบเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแบบพกพา	22
2.5.1 คู่มือการใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแบบพกพา	29
2.6 Beer's law	30
2.7 Enzymatic colorimetric method	37
2.8 Phosphotungstic acid method ของ caraway	37
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	34
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์	34
3.1.1. สารเคมี	34
3.1.2. อุปกรณ์และเครื่องตรวจวัด	34
3.2 การเตรียมสารละลาย	34
3.2.1 การเตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณยูริก	34
3.2.2 การเตรียมสารตัวอย่าง	35
3.3 ศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมของการวิเคราะห์	35
3.3.1 ศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นกรดฟอสโฟทังสติกต่อค่าการดูดกลืนแสง	35
3.3.2 ศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นโซเดียมคาร์บอเนตต่อค่าการดูดกลืนแสง	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3	ศึกษาอิทธิพลของค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่มีผลต่อค่าการดูดกลืนแสง	35
3.3.4	ศึกษาจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยา	36
3.4	ศึกษาคุณลักษณะของวิธีวิเคราะห์ปริมาณกรดยูริกด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา	36
3.4.1	การศึกษาความเป็นเส้นตรง (Linearity)	36
3.4.2	การศึกษาความเที่ยง (Precision)	36
3.4.3	การศึกษาความแม่นยำ (%recovery)	36
3.4.4	การศึกษาขีดจำกัดของการตรวจวัด(limit of detection) และขีดจำกัดของการวิเคราะห์(limit of quantitation)	36
3.5	ศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้หลักการกับตัวอย่างปัสสาวะ	37
3.5.1	การสร้างกราฟมาตรฐาน	37
3.5.2	การวิเคราะห์ตัวอย่างปัสสาวะ	37
3.6	คู่มือการใช้งานเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแบบพกพา	37
บทที่ 4	ผลการวิจัยและอภิปรายผล	39
4.1	ศึกษาสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น	39
4.2	ศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมของการวิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบพกพา	39
4.2.1	ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดฟอสโฟทังสติกที่เหมาะสม	39
4.2.2	ศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นโซเดียมคาร์บอเนตต่อค่าการดูดกลืนแสง	40
4.2.3	ศึกษาจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยา	41
4.3	ศึกษาการประยุกต์วิธีวิเคราะห์หาปริมาณกรดยูริกด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา	42
4.4	ศึกษาคุณลักษณะของวิธีวิเคราะห์ปริมาณกรดยูริกด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา	43
4.4.1	ศึกษาความเป็นเส้นตรง (Linearity)	43
4.4.2	ศึกษาความเที่ยง (Precision)	44
4.4.3	ศึกษาค่าร้อยละของการวิเคราะห์การคืนกลับ (recovery)	45
4.4.4	ศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (Limit of Detection ; LOD) และขีดจำกัดต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้โดยมีความถูกต้องและความเที่ยงที่ยอมรับได้ (Limit of Quantitation ; LOQ)	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเนื้อหา (ต่อ)

	หน้า
4.5 ศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้หลักการกับตัวอย่างปีศาจ	52
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	54
5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	54
5.2 ข้อเสนอแนะ	55
เอกสารอ้างอิง	56
ภาคผนวก	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 โรคที่เกิดจากความผิดปกติของพิวรีนเมแทบอลิซึม	9
2.2 แสดงสีและสีตรงกันข้ามของสเปกตรัมช่วงคลื่นที่ตามองเห็น	19
4.1 แสดงค่าร้อยละของการเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (n=6)	50
4.2 แสดงค่าร้อยละของการคืนกลับได้ (%Recovery)	50
4.3 แสดงผลการทดลองในการหาปริมาณกรดยูริกในตัวอย่างปัสสาวะ ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา (LED detector) และ เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrometer)	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 เป็นขั้นตอนการสลายกรดยูริกให้เป็นแอมโมเนีย	5
2.2 โครงสร้างของ Allopurinol	8
2.3 เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคเก๊าท์	8
2.4 ส่วนประกอบต่างๆของเครื่อง UV-VIS Spectrometer	21
2.5 สเปกตรัมของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า	24
2.6 การเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอน	24
2.7 กราฟสเปกตรัมการดูดกลืนแสง	25
2.8 การดูดกลืนแสงของสาร	25
2.9 กราฟระหว่าง Absorbance กับ c จะได้กราฟเส้นตรง	26
2.10 การทำงานของเครื่อง'DIY' spectrophotometer	27
2.11 Microcontroller PIC16F877/874	28
2.12 โครงสร้างอปแอมป์	29
2.13 แผนผังการทำงานของเรีกูเลเตอร์แบบขนาน	30
2.14 แผนผังการทำงานของเรีกูเลเตอร์แบบอนุกรม	31
2.15 แผนผังวงจรพื้นฐานของเรีกูเลเตอร์แบบอนุกรม	31
2.16 การต่อไอซีเรีกูเลเตอร์ใช้งานแบบง่าย	32
2.17 ตำแหน่งขาของ IC Regulator เบอร์ 78xx และ 79xx	33
2.18 สัญลักษณ์ และการไบอัสใช้งาน	33
2.19 ตัวอย่างโฟโตไดโอด	33
2.20 การจ่ายไบอัสกลับให้โฟโตไดโอด	34
2.21 จอ LCD 1602	34
4.1 กราฟแสดงสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดยูริกที่ความเข้มข้นต่างๆ	45
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับค่าความเข้มข้นกรดฟอสโฟทังสติก ที่ความเข้มข้นต่างๆที่ความยาวคลื่น 740 nm	46
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับค่าความเข้มข้น โซเดียมคาร์บอเนต ที่ความเข้มข้นต่างๆ	47

สารบัญญรูป (ต่อ)

	หน้า
4.4 กราฟเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงระหว่างเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์กับเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา	48
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดยูริกกับความเข้มข้นต่างๆที่ตรวจวัดด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา	49



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญลักษณ์

mg/dL	มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร
% w/v	หน่วยความเข้มข้นร้อยละน้ำหนักต่อปริมาตร (Weight by Volume)
R ²	ค่าความเป็นเส้นตรง (Relative coefficient)
%Recovery	ค่าร้อยละของการคืนกลับ
nm	นาโนเมตร
mmol/dl	มิลลิโมลต่อเดซิลิตร
mmol/ml	มิลลิโมลต่อมิลลิลิตร
mg	มิลลิกรัม
mg/24hours	มิลลิกรัมต่อ24ชั่วโมง
cm	เซนติเมตร
g	กรัม
M	โมลาร์
ml	มิลลิลิตร
%RSD	ร้อยละของการเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (% Relative Standard Deviation)
SD	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

โรคเก๊าท์ เป็นโรคข้ออักเสบที่เกิดจากการสะสมของผลึกของกรดยูริก (monosodium urate) ในข้อและเนื้อเยื่อต่างๆของร่างกาย เป็นผลสืบเนื่องจากการมีระดับกรดยูริกในเลือดสูง (hyperuricemia) อยู่เป็นเวลานานนับสิบปี ซึ่งในปัจจุบันเป็นโรคที่พบมากขึ้นในคนไทย โดยเฉพาะผู้ชายที่เริ่มมีอายุมากขึ้น อันตรายของโรคเก๊าท์ คือเป็นโรคข้ออักเสบรุนแรงที่เรื้อรัง เมื่อเป็นต่อเนืองจะหายยากและยังนำไปสู่โรคร้ายแรงอื่นๆอีกด้วย

กรดยูริกคือ กรดชนิดหนึ่งในร่างกาย เกิดจากการย่อยสลายของสารพิวรีน โดยปกติแล้วร่างกายจะได้สารพิวรีนมาจาก 2 แหล่งคือ จากการกินอาหารบางชนิด และจากที่ร่างกายสร้างเอง โดยการสลายตัวของเซลล์ตามอวัยวะต่าง ๆ โดยกรดยูริกเป็นของเสียที่ร่างกายต้องขับออกทางปัสสาวะ ถ้าขับถ่ายออกได้น้อยหรือมีการสร้างสารพิวรีนมากเกินไป ก็จะทำให้กรดยูริกในเลือดเพิ่มสูงได้ง่าย ซึ่งโดยทั่วไปค่าปกติของกรดยูริกในเลือดของผู้ชาย จะไม่เกิน 7 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ในและในผู้หญิงไม่เกิน 6 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

การตรวจวัดกรดยูริกในปัจจุบันอาศัยการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดยูริกกับเอนไซม์ยูริเคส (uricase) แล้วทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสี แล้วตรวจวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer วิธีนี้ได้รับการยอมรับว่าให้ความถูกต้องแม่นยำสูง อย่างไรก็ตามวิธีการใช้เอนไซม์ยูริเคส (uricase) นั้นมีความยุ่งยากในการเก็บรักษาเอนไซม์ที่เสื่อมสภาพง่ายและมีราคาแพง อีกทั้งเครื่อง UV-Visible spectrophotometer นั้นมีขนาดใหญ่จึงทำให้ไม่สะดวกในการเคลื่อนที่

ดังนั้นเพื่อเป็นการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ให้ง่าย สะดวก ค่าใช้จ่ายไม่สูงมากและมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ ในงานวิจัยนี้จึงได้มีการศึกษาและพัฒนาวิธีการวิเคราะห์กรดยูริกขึ้นใหม่ โดยอาศัยหลักการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดยูริกกับกรดฟอสโฟทังสติกทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน แล้วทำการตรวจวัดด้วยเครื่องดูดกลืนแสงแบบพกพาที่พัฒนาโดยกลุ่มวิจัยซึ่งจะทำให้วิธีการตรวจวัดนี้ใช้งานง่าย สะดวก สามารถเคลื่อนย้ายเครื่องมือตรวจวัดได้ ซึ่งเป็นประโยชน์ในทางบริการทางการแพทย์เคลื่อนที่และหน่วยสาธารณสุขตามชนบท

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาวิธีการตรวจวัดกรดยูริก โดยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา
2. เพื่อศึกษาการหาปริมาณกรดยูริกในปัสสาวะ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

เริ่มจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดกรดดยริก ที่เน้นการใช้เทคนิคการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง UV-Visible spectrophotometer จากนั้นทำการศึกษาเทคนิคการตรวจวัดกรดดยริกที่ประยุกต์ใช้กับเครื่องมือดูดกลืนแสงแบบพกพา แล้วทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทั้งทางเคมีและทางกายภาพ เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมแล้วจึงประเมินค่าความถูกต้องของเครื่องมือดูดกลืนแสงแบบพกพาเทียบกับเครื่อง UV-Visible spectrophotometer จากนั้นจึงนำวิธีที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบกับตัวอย่างปัสสาวะ

สามารถสรุปเป็นขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังนี้

1.3.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.3.2 ศึกษาการตรวจวัดปริมาณกรดดยริกในสารละลายมาตรฐาน โดยใช้เครื่อง UV-Visible spectrophotometer

1.3.3 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการตรวจวัดกรดดยริก

1.3.4 ประเมินค่าความถูกต้องของเครื่องมือดูดกลืนแสงแบบพกพาเทียบกับเครื่อง UV-Visible spectrophotometer

1.3.5 จึงนำวิธีที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบกับตัวอย่างปัสสาวะ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถหาปริมาณกรดดยริกในปัสสาวะได้สำเร็จ
2. สามารถนำวิธีการตรวจวัดที่พัฒนาขึ้นมาไปใช้ได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับกรดยูริก [1-3]

2.1.1 แหล่งที่พบตามธรรมชาติและการนำมาใช้ประโยชน์

กรดยูริกในร่างกาย เกิดจากการสร้างขึ้น ประมาณ 80% โดยมีต้นกำเนิดจากการแตกสลายของเซลล์และการสลายตัวของอนุพันธ์พิวรีน นอกจากนี้กรดยูริกมาจากอาหารที่รับประทานเข้าไป 20% โดยจะถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะ ประมาณ 67% และทางอุจจาระประมาณ 33%

การที่มีกรดยูริกในเลือดสูง เกิดจากร่างกายมีการสร้างกรดยูริกมากกว่าปกติเช่นผู้ใหญ่ที่มีวัยตั้งแต่ 40 ปีขึ้นไปก็จะมีแต่การสลายของเซลล์ซึ่งเกิดกรดยูริกในเลือดสูงได้ง่ายซึ่งจะไม่พบปัญหาในเด็กหรือในวัยรุ่นซึ่งเป็นช่วงที่ยังมีการเจริญเติบโตร่างกายจึงมีความต้องการกรดยูริก หรือรับประทานอาหารที่มีสารพิวรีนสูงเช่น เครื่องในสัตว์ ปลาแอนโชวี ปลาซาร์ดีน พืชตระกูลถั่วและเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ซึ่งสารนี้จะเปลี่ยนเป็นกรดยูริกในเลือด ทำให้มีระดับกรดยูริกในเลือดสูงผิดปกติ

แหล่งกำเนิดของกรดยูริก

1. ภายนอกในร่างกาย (Exogenous sources)

ได้จากแคแทบอลิซึมของอาหารพวกนิวคลีโอโปรตีนที่กินเข้าไป ซึ่งภายหลังการย่อยเป็นโปรตีนและกรดนิวคลีอิกแล้ว เกือบทั้งหมดของกรดนิวคลีอิกจะถูกสลายต่อไปได้

2. ภายในร่างกาย (Endogenous sources)

2.1 ได้จากแคแทบอลิซึมของกรดนิวคลีอิกในเนื้อเยื่อ

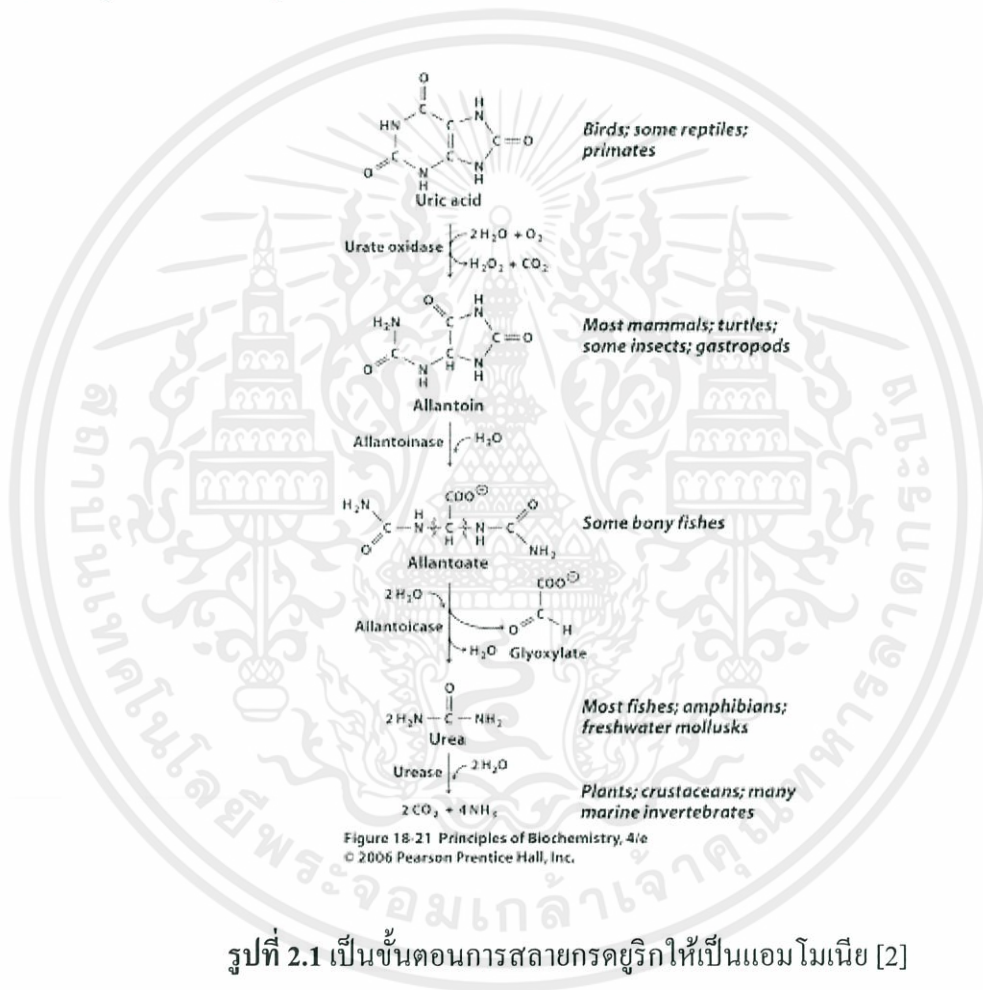
2.2 จากการเปลี่ยนแปลงโดยตรงขณะที่มีการสังเคราะห์พิวรีนนิวคลีโอไทด์ในร่างกาย กรดยูริกส่วนใหญ่ถูกขับถ่ายทางไต 70-80% ส่วนที่เหลือ 20-30% จะขับถ่ายออกทางเดินอาหาร ในกรณีที่ไตเสื่อมหน้าที่ ร่างกายสามารถปรับการขับกรดยูริกทางลำไส้ให้เพิ่มขึ้นเพื่อไม่ให้มีกรด ยูริกคั่งมากในร่างกาย

2.1.2 แคแทบอลิซึมของพิวรีน

การสลายของพิวรีน จะเริ่มจากการกำจัดหมู่อะมิโนจาก AMP โดยอาศัยเอนไซม์ AMP deaminase กลายเป็น IMP หรือ adenosine หลังจากนั้น adenosine จะถูก deaminase โดย adenosine deaminase (ADA) กลายเป็นอิโนซีนทั้งอิโนซีนและกัวโนซีนจะถูกเปลี่ยนเป็นไฮโป

แชนทีและกัวนีน โดยเอนไซม์ purinenucleosidephosphorylase(PNP) กัวนีนจะถูก deaminase ให้กลายเป็นแชนทีน โดย guaninedeaminase ส่วนไฮโปแชนที จะถูกเปลี่ยนเป็นแชนทีนและกรดยูริก โดย xanthine oxidase ผลผลิตที่ได้ตัวสุดท้ายคือ กรดยูริก

ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและไพรเมท ผลผลิตสุดท้ายที่ได้จะเป็นกรดยูริค ที่ขับออกมาพร้อมปัสสาวะ แต่มีสัตว์บางชนิดที่ต้องรักษาน้ำ และอาจมีการเปลี่ยนการขับกรดยูริกให้เป็นแอลแลนโทอินหรือ กรดแอลแลนโทิก เช่น พวกปลา teleost และมีปลาบางชนิด cartilaginous fish และ amphibia จะเปลี่ยน allantoinic acid ให้เป็น urea แล้วค่อยขับทิ้ง หรือถ้าเป็น marine invertebrates จะเปลี่ยนยูเรียให้เป็น NH_4^+ ก่อนค่อยขับทิ้ง



รูปที่ 2.1 เป็นขั้นตอนการสลายกรดยูริกให้เป็นแอมโมเนีย [2]

2.1.3 สาเหตุของกรดยูริกสูง

1. ขับกรดยูริกออกได้น้อย (Under-excretor)

อาจเกิดจาก (1) ไม่ทราบสาเหตุ (2) เป็นกรรมพันธุ์ที่เป็นตั้งแต่วัยหนุ่มสาว (3) ไตวาย ซึ่งเอกสารนี้เป็นจะมีกรดยูริกคั่งก็ต่อเมื่ออัตราเลือดไหลผ่านตัวกรองของไต(GFR) ต่ำกว่า $20 \text{ ml}^2/\text{min}$ หรือเป็นไม่ว่ากรณีใด ระยะที่ 4 แล้ว (4) เมตาบอลิกซินโดรม ซึ่งเป็นความผิดปกติหลายอย่างร่วมกันคือความดันเลือดสูง อ้วน ไขมันในเลือดสูง เป็นเบาหวานแบบคือต่ออินซูลิน และกรดยูริกสูงแบบที่ไตขับกรดยูริกทิ้งได้

น้อยลง (5) ขยายตัวก็ทำให้กรดยูริกสูง เช่น ยาขับปัสสาวะ แอสไพริน ยารักษาวัณโรค ยากดภูมิคุ้มกัน เป็นต้น (6) ความดันเลือดสูง (7) ภาวะที่ร่างกายมีความเป็นกรดสูง (acidosis) จากกรดแลคติกคั่ง หรือจากเบาหวาน หรือจากอดอาหาร (8) โรคความดันเลือดสูงในคนตั้งครรภ์ (9) ฮอร์โมนต่อมไทรอยด์ต่ำ (10) ฮอร์โมนต่อมพาราไทรอยด์สูง (11) โรคซาร์คอยโดซิส (sarcoidosis) ซึ่งมีการอักเสบขึ้นในหลายระบบของร่างกายโดยไม่ทราบสาเหตุ (12) การได้รับพิษตะกั่วเรื้อรัง เช่นทำงานในโรงงานแบตเตอรี่หรือโรงงานสี

2. สร้างกรดยูริกมากกว่าปกติ (Over-producer)

เช่น (1) กรรมพันธุ์ขาดเอ็นไซม์ที่ใช้สารพิวรีน (purine) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของกรดยูริก (2) รับประทานอาหารที่มีสารพิวรีนสูง เช่น เนื้อสัตว์ เครื่องในสัตว์ แอลกอฮอล์ และถั่ว (3) เป็นโรคที่มีการสลายเอากรดนิวคลีอิกออกมา มากพบในกรณีเม็ดเลือดแตกในโรคมะเร็งทางโลหิตวิทยา เช่น มะเร็งต่อมน้ำเหลือง มะเร็งเม็ดเลือดขาว (4) ภาวะก้อนเนื้อออกสลาย (tumor lysis syndrome) (5) โรคกรรมพันธุ์ที่ทำให้มีการสลายเอากล้ามเนื้อมาสะสมเป็นไกลโคเจน (glycogenosis)

3. ทั้งสร้างมากและขับออกน้อยเกิดพร้อมกัน (Combination)

เช่น (1) ดื่มแอลกอฮอล์ เพราะแอลกอฮอล์ไปเพิ่มการสลายอะเดนิน นิวคลีโอไทด์ซึ่งเป็นสารตั้งต้นกรดยูริก พร้อมกับไปลดการขับกรดยูริกทางไต (2) การออกกำลังกาย ซึ่งอาจมีผลให้เกิดการสลายเนื้อเยื่อควบคู่ไปกับการที่ไตลดการขับของเสียลงเนื่องจากภาวะขาดน้ำ (3) กรรมพันธุ์

2.1.4 การวินิจฉัยแยกชนิดของกรดยูริกสูง

การวินิจฉัยแยกสาเหตุนี้ มักทำเมื่อ (1) ผู้ป่วยอายุน้อย หรือ (2) ระดับกรดยูริกสูงกว่า 11 mg/dl หรือ (3) เป็นโรคเก๊าท์แล้ว (มีข้ออักเสบ)

วิธีทำคือเก็บปัสสาวะ 24 ชม.ขณะรับประทานอาหารและดื่มน้ำในระดัเดิมที่เคยดื่ม แล้วตรวจหาครีอาตินินและกรดยูริกทั้งในเลือดและในปัสสาวะ หลังจากนั้นให้รับประทานอาหารที่มีพิวรีนต่ำและงดแอลกอฮอล์นาน 6 วัน แล้วเก็บปัสสาวะ 24 ชั่วโมงตรวจแบบเดิมอีก แล้ววินิจฉัยว่าเป็นผู้ป่วยกลุ่มใดในสามกลุ่ม ดังตารางต่อไปนี้

ชนิดของกรดยูริกคั่ง (hyperuricemia)	prediet urine uric a.	prediet urine uric a.
กินสารพิวรีนมาก (High purine intake)	>6 mmol/dl	<4 mmol/ml
สร้างกรดยูริกมาก (Over-producer)	>6 mmol/dl	<4.5 mmol/ml
ขับกรดยูริกได้น้อย (Under-excretor)	>6 mmol/dl	<2 mmol/ml

เอกสารนี้เป็นของสงวนลิขสิทธิ์ การศึกษาและเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ทำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

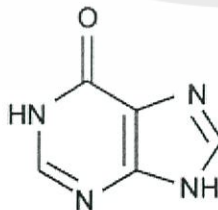
ในกรณีที่ตรวจปัสสาวะ 24 ชม. ไม่ได้ อาจใช้วิธีตรวจ spot urine หาสัดส่วนระหว่างกรดยูริกกับครีอาตินินในปัสสาวะ ถ้าสัดส่วนสูงกว่า 0.9 แสดงว่าเป็นกรดยูริกสูงแล้วทำให้ไตเสียการทำงาน (uric acid nephropathy) ถ้าต่ำกว่า 0.7 แสดงว่าเป็นโรไตวายเรื้อรังแล้วทำให้กรดยูริกสูง (hyperuricemia secondary to CRF)

2.1.5 การรักษาภาวะกรดยูริกสูง (hyperuricemia)

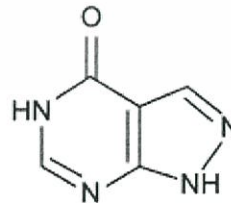
ผู้ป่วยกรดยูริกสูง (hyperuricemia) ไม่ได้หมายความว่าจะเป็นโรไตวายเรื้อรังทุกคน ผู้ป่วยกรดยูริกสูงเกือบทั้งหมดไม่ได้กลายเป็นโรไตวายเรื้อรังและไม่เกิดนิ่วในไต จึงไม่จำเป็นต้องรักษา เพราะไม่คุ้มกับอันตรายจากการแพ้ยาลดกรดยูริกซึ่งแพ้แล้วถึงตายได้ จะยกเว้นก็เฉพาะกรณีได้ยาเคมีบำบัด ซึ่งการให้ยาลดระดับกรดยูริกเพื่อป้องกันการเกิดนิ่วในไตอาจจะมีประโยชน์ เนื่องจากกรดยูริกสูงส่วนใหญ่ (90%) เกิดจากกลไกการขับกรดยูริกที่ทำได้น้อยกว่าปกติ (under-excretor) ไม่เกี่ยวกับการรับประทานอาหารที่มีพิวรีนมาก การรักษาภาวะกรดยูริกสูงด้วยวิธีจำกัดอาหารที่มีพิวรีนสูง เช่น เนื้อสัตว์ เครื่องในสัตว์จึงไม่ค่อยมีประโยชน์ ควรทำเฉพาะในรายที่วินิจฉัยได้แน่ชัดว่าเป็นพวกกรดยูริกสูงจากได้อาหารพิวรีนสูง (high purine intake) เท่านั้น ซึ่งเป็นผู้ป่วยจำนวนน้อยมาก ไม่ใช่ผู้ป่วยส่วนใหญ่

2.1.6 โรไตวายเรื้อรัง (Gout)

โรไตวายเรื้อรังจะมี กรดยูริก สูงในสารคัดหลั่งของร่างกาย มักมีอาการปวดบวมที่ข้อต่อ ซึ่งอาการปวดมาจากการสะสมของผลึกโซเดียมยูเรทในข้อต่อต่าง ๆ ในร่างกายมักจะเกิดที่ข้อนิ้วเท้าก่อน และอุบัติการณ์จะเกิดโรไตวายเรื้อรังในผู้ชายมากกว่าผู้หญิง โดยสาเหตุของโรไตวายเรื้อรังคือ อาจเกิดได้จากความผิดปกติของการขับยูเรีย หรือการขาดเอนไซม์บางชนิด เช่น ขาด HGPRT หรือ มีแอกติวิตีของเอนไซม์ PRPP synthetase มากเกินไป ทำให้เกิดการไม่ไวต่อการควบคุมวิถีเมแทบอลิซึมของพิวรีน นิวคลีโอไทด์นอกจากนี้ยังเกิดได้จากมิวเตชันของเอนไซม์ PRPP amidotransferase โรไตวายเรื้อรังรักษาได้โดยยา Allopurinol (รูปที่ 35) ซึ่งเป็น xanthine oxidase inhibitor โดยทั่วไปพบว่ามี 3 กลไกที่ทำให้เกิดโรไตวายเรื้อรัง (รูปที่ 2.2)



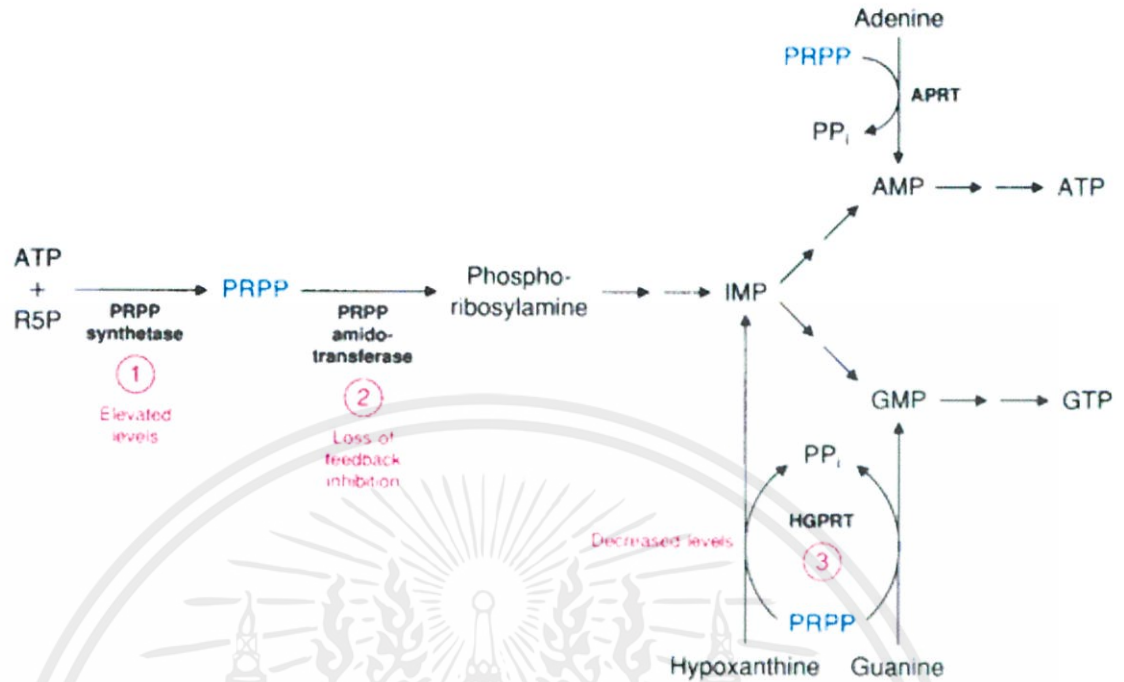
Hypoxanthine



Allopurinol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 โครงสร้างของ Allopurinol[3]



รูปที่ 2.3 เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคเก๊าท์[3]

จากความผิดปกติของโรคเก๊าท์อาจจะนำไปสู่โรคทางพันธุกรรมอื่น ๆ ในกรณีที่คนไข้เป็นโรคเก๊าท์จากการขาดเอนไซม์ HGPRT ซึ่งจะพบว่า ในกระแสเลือดมีระดับของเอนไซม์ลดลง แต่ยังมีเอนไซม์ที่สามารถทำงานได้ ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่าการเกิดมิวเตชันของเอนไซม์จะทำให้บริเวณเร่งปฏิกิริยาเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่เอนไซม์ยังสามารถทำงานได้ ซึ่งจะพบว่าถ้าเกิด “null mutation” ซึ่งไม่มีการสร้างเอนไซม์เลย ซึ่งพบโดย Michael-Lesch และคณะ William Nyhan ซึ่งพบว่าโรค Lesch-Nyhan syndrome เป็นโรคพันธุกรรมที่ถ่ายทอดผ่าน sex link trait (chromosome X) คนไข้จะมีอาการรุนแรงของเก๊าท์ นอกจากนี้ยังมีอาการทางระบบประสาท (malfunction of nerve system) มีพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป เรียนรู้ได้น้อย ในบางรายของคนไข้จะมีการกัดเล็บ กัดฟัน ซึ่งการเกิดอาการเช่นนี้ ยังไม่สามารถอธิบายได้ ในปัจจุบันโรคนี้ยังไม่มีทางรักษา แต่ก็สามารถวินิจฉัยได้ในตอนตั้งครรภ์จากการตรวจน้ำคร่ำ โดยพบว่าเซลล์จากคนไข้ Lesch-Nyhan จะไม่สามารถนำเอาไฮโปแซนทีน ที่ถูกติดฉลากด้วยสารรังสีที่เข้าไปใช้ในการสร้างกรดนิวคลีอิก นอกจากนี้ยังมีโรคอื่นที่อาจเกิดจากการผิดปกติของ พิวรีนเมแทบอลิซึม (ตารางที่ 3) ในมนุษย์มีการศึกษาพิวรีนเมแทบอลิซึมอย่างละเอียด ในปี ค.ศ. 1972 จากการศึกษาคนไข้ที่เป็นโรคที่เรียก severe combined immunodeficiency syndrome คนไข้กลุ่มนี้มักจะตายจากการเป็นโรคติดเชื้อเพราะระบบภูมิคุ้มกันไม่ตอบสนองต่อแอนติเจน โดยพบว่าระบบภูมิคุ้มกันมีปัญหาทั้ง B และ T lymphocyte นอกจากนี้ยังพบว่าคนไข้อาจขาดเอนไซม์ adenosine deaminase (ADA) ซึ่งจากความสัมพันธ์จะพบว่า ADA จะทำปฏิกิริยากับดีออกซีอะดีโนซีน ซึ่งเป็นผลจากการสลายของดีเอ็นเอ

เอ นอกจากนี้เม็ดเลือดขาวของคนไข้กุ่มนี้จะมี salvage เอนไซม์มากโดยเฉพาะเอนไซม์ nucleoside kinase ซึ่งจะทำให้มีการเปลี่ยนอะดีโนซีนและดีออกซี อะดีโนซีน ไปเป็นนิวคลีโอไทด์ ซึ่งก็คือ dATP ซึ่งถือได้ว่าเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญของ DNA replication เพราะ dATP จะยับยั้งการสังเคราะห์ ดีออกซินิวคลีโอไทด์จาก ไรโบนิวคลีโอไทด์ ซึ่งจะทำให้เซลล์เม็ดเลือดขาว ไม่สามารถเกิด proliferate ได้สารพวกแอนติบอดีได้ ล่าสุดในปี 1997 มีนักวิทยาศาสตร์พบว่า dATP เป็นสัญญาณ ที่จะไปกระตุ้นให้เกิด apoptosis ในปี 1995 มีการรักษาโรค adenosine deaminase deficiency โดย gene therapy โดยการ clone gene adenosine deaminase เข้าไปใน viral vector นำเข้าสู่เซลล์เจ้าบ้านเพื่อให้เกิดการสร้างเอนไซม์ได้มากขึ้น โดยทำในคนไข้เด็กผู้หญิง 2 คน พบว่าทำให้คนไข้อมีอาการดีขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 โรคที่เกิดจากความผิดปกติของพิวรีนเมแทบอลิซึม

โรค/ความผิดปกติ	การเสียหาย	Nature of Defect	Comments
Gout	PRPP synthetase	increased enzyme activity due to elevated Vmax	hyperuricemia
Gout	PRPP synthetase	enzyme is resistant to feed-back inhibition	hyperuricemia
Gout	PRPP synthetase	enzyme has increased affinity for ribose-5-phosphate (lowered Km)	hyperuricemia
Gout	PRPP amidotransferase	loss of feed-back inhibition of enzyme	hyperuricemia
Gout	HGPRTa	Partially defective enzyme	hyperuricemia
Lesch-Nyhan syndrome	HGPRT	lack of enzyme	see above
SCID	ADAb	lack of enzyme	see above
Immunodeficiency	PNPc	lack of enzyme	see above
Renal lithiasis	APRTd	lack of enzyme	2,8-dihydroxyadenine renal lithiasis
Xanthinuria	Xanthine oxidase	lack of enzyme	hypouricemia and xanthine renal lithiasis
von Gierke's	disease</TD Glucose-6-phosphatase	enzyme deficiency	see above

โรคเก๊าท์ คือภาวะข้ออักเสบที่เกิดจากมีผลึกของกรดยูริก (monosodium urate - MSU) ไปเกาะตามเนื้ออ่อนรอบข้อ มักเป็นข้อเดียวก่อน เช่นที่หัวแม่เท้า ขณะอักเสบจะมีอาการมากจนทำอะไรไม่ได้ หากไม่ได้รับการรักษามักทำให้เกิดการอักเสบซ้ำซากของข้อ แล้วลามไปเป็นหลายข้อแล้วเป็นปุ่ม (tophus) ไปทั่ว ถ้าปล่อยให้อักเสบเรื้อรังก็ทำให้ข้อเสียหาย ผลึกของกรดยูริกที่ไปเกาะที่ใดก็ทำให้ได้เสียการทำงาน

ก่อนหน้าที่จะเป็นโรคเก๊าท์ กรดยูริกในเลือดจะสูงผิดปกติล่วงหน้าก่อนที่จะมีอาการโรคเก๊าท์นานกว่า 20 ปีเสมอจนถึงเป็นกฎได้ ส่วนปุ่มปมรอบข้อจะเกิดขึ้นหลังจากมีอาการของเก๊าท์แล้ว

การจะวินิจฉัยว่าเป็นเก๊าท์จริงแท้หรือไม่ ต้องเจาะน้ำไขข้อ (synovial fluid) ขณะที่ข้อกำลังอักเสบมาตรวจพิสูจน์ว่ามีผลึกของกรดยูริกอยู่จริงขณะที่มีอาการอักเสบ ทั้งนี้ต้องเข้าใจก่อนว่าผลึกของกรดยูริกอาจอยู่ในน้ำไขข้อได้โดยไม่ทำให้ข้ออักเสบ (ไม่เป็นเก๊าท์) ได้เหมือนกัน

การรักษาโรคเก๊าท์

ระยะที่ 1. การยุติข้ออักเสบ

ใช้ยาแก้ข้ออักเสบเช่น Colchicine ซึ่งมีฤทธิ์ระงับการทำงานของเม็ดเลือดขาวได้ดีแต่ก็มีอาการปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสียมาก โดยเฉพาะถ้าให้แบบคลาสสิกคือ 0.6 มก. ทุกหนึ่งชั่วโมงจนหมดอาการหรือครบสิบโดส วิธีที่ดีกว่าคือให้แบบทุก 4 ชั่วโมง หรือวันละ 4 เม็ด จะทนยาได้ดีกว่า หรืออาจใช้ Indomethacin หรือ NSAID ตัวอื่น โดยให้ยานหยุดข้ออักเสบไปแล้ว 3-4 วัน

ระยะที่ 2. การลดกรดยูริกเพื่อป้องกันการกลับเป็นใหม่

มียาให้ใช้ 2 กลุ่ม

2.1 ยาขับกรดยูริก (Uricosuric) ขับยูริกออกทางปัสสาวะ เช่น probenecid ซึ่งออกฤทธิ์ระงับ tubular reabsorption เริ่มให้ 250 mg วันละสองครั้ง ให้ได้เต็มทีวันละ 3 กรัม เหมาะกับพวก underexcretor คือ ขับกรดยูริก 24 ชม. ได้ต่ำกว่า 800 มก. ที่ไตดีและไม่มีนิ่ว

2.2 ยาลดการสร้างกรดยูริก (Xanthine oxidase inhibitor) เช่น Allupurinol เหมาะกับพวก over producer หรือไตไม่ดี หรือมีนิ่ว ให้วันละ 200-300 มก. วันละครั้ง ต้องปรับขนาดถ้าไตไม่ดี ยานี้อาจแพ้ถึงตายได้ กรณีมีนิ่วอาจ alkalinize urine ด้วย โซเดียมซิเตรท และ โซเดียมไบคาร์บอเนตหรือ acetazolamide ร่วมกับการให้ได้รับน้ำเพียงพอ เนื่องจากภาวะกรดยูริกสูงส่วนใหญ่ (ประมาณ 90%) เกิดจากกลไกการขับทิ้งกรดยูริกที่ร่างกายสร้างขึ้นทำได้น้อยกว่าปกติ (underexcretor) ไม่เกี่ยวกับการรับประทานอาหารที่มีพิวรีนมาก การรักษาภาวะกรดยูริกสูงด้วยวิธีจำกัดอาหารที่มีพิวรีนสูง เช่น เนื้อสัตว์ เครื่องในสัตว์จึงไม่ค่อยมีประโยชน์ ควรทำเฉพาะในรายที่วินิจฉัยได้แน่ชัดว่าเป็นพวกกรดยูริกสูงจากได้อาหารพิวรีนสูง (high purine intake) หรือผู้ป่วยมีอาการปวดข้อกำเริบหลังจากรับประทานอาหารบางชนิดเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 เกณฑ์มาตรฐานของกรดยูริก

ค่าปกติของ Uric acid ในปัสสาวะ

ค่าปกติโดยทั่วไป คือ 250-750 mg/24hours

ช่วงค่าปกติอาจจะแตกต่างกันเล็กน้อยในห้องปฏิบัติการที่แตกต่างกัน พุคคุยกับแพทย์ของคุณเกี่ยวกับความหมายของผลการทดสอบที่เฉพาะเจาะจงของคุณ

ค่าวิกฤติของ Uric acid ในปัสสาวะ

ระดับกรดยูริกสูงในปัสสาวะอาจจะเป็นเนื่อง

- จากร่างกายไม่สามารถที่จะดำเนินการ purine (Lesch-Nyhan ซิน โดรัม)
- โรคมะเร็งที่มีการแพร่กระจาย (แพร่กระจาย)
- โรคที่ส่งผลให้รายละเอียดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (rhabdomyolysis)
- ความผิดปกติที่มีผลต่อไขกระดูก (โรค myeloproliferative)
- ซิน โดรัม (Fanconi)
- เกาต์
- อาหารสูง purine

ระดับกรดยูริกต่ำในปัสสาวะอาจจะเป็นเนื่องจาก

- ไตจะไม่สามารถที่จะกำจัดของกรดยูริกซึ่งสามารถนำไปสู่โรคเกาต์หรือความเสียหายของไต
- ไตไม่สามารถกรองของเสียและfluids (อัสเสบเรื้อรัง)
- อาการพิษตะกั่ว
- ระยะยาว (เรื้อรัง) การใช้เครื่องคัมแอลกอฮอล์

2.2 ปัสสาวะ [4-5]

ปัสสาวะเป็นสิ่งที่ร่างกายไม่ต้องการ และขับถ่ายออกมา แต่ในทางการแพทย์ถือเป็นสิ่งที่มีประโยชน์มากมายในการช่วยวินิจฉัยและรักษาโรคได้ ทั้งนี้เพราะไตทำหน้าที่ขับของเสียออกจากเลือด ดังนั้นการตรวจปัสสาวะสามารถบอกหน้าที่ของไต และ การทำงานของระบบอื่น ในปัสสาวะมีสารเคมีมากมายที่ร่างกายขับออกมา ถ้านำมาตรวจหาชนิด และ ปริมาณที่ขับออกมาในแต่ละวัน จะสามารถบอกพยาธิสภาพบางโรคได้อย่างแม่นยำ ทำให้สามารถช่วยด้านการแพทย์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีเมลนี้ยังไม่ได้ผ่านการตรวจสอบ ดังนั้นจึงอาจมีข้อผิดพลาดในเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เป็นการตรวจคัดกรองโรคบางชนิด (Screening test)
2. ช่วยในการวินิจฉัยโรคร่วมกับอาการและการตรวจอย่างอื่น

3. ช่วยในการแยกชนิดของโรคไต โรคทางเดินปัสสาวะ จากโรคอื่นๆ
4. มีประโยชน์ในการพยากรณ์โรค
5. ติดตามการดำเนินของโรค

2.2.1 ส่วนประกอบของปัสสาวะ

นักชีวเคมีได้วิจัยสารต่างๆ ในปัสสาวะพบว่า 95% เป็นน้ำ 2.5 % เป็นยูเรีย อีก 2.5% เป็นสารอื่นๆ ถ้าแยกส่วนประกอบที่เป็นมิลลิกรัมออกมาในน้ำปัสสาวะ 100 ซีซี (ลูกบาศก์ เซนติเมตร) จะพบว่ามี

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (มิลลิกรัม)
1. Urea Nitrogen	682
2. Urea	1,459
3. Creatinin Nitrogen	36
4. Creatinin	97
5. Uric acid nitrogen	12.30
6. Uric acid	36.90
7. Amino nitrogen	9.70
8. Ammonia nit	57
9. Sodium	212
10. Potassium	137
11. Calcium	19.50
12. Magnesium	11.30
13. Chloride	314
14. Total sulphate	91
15. Inorganic sulphate	83
16. Inorganic phosphate	127

นอกจากนี้ยังมีสารอื่นๆ อีก ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 1. เอนไซม์ ได้แก่
 1.1 Amylase(diastase)

1.2 Lactic dyhydrogenate(LDH)

1.3 Leucine amino-peptidase(LAP)

1.4 Urokinase เป็นสารละลายลิ่มเลือด รักษาเส้นเลือดอุดตัน

2. ฮอร์โมน ได้แก่

2.1 Catecholamines

2.2 17-Catosteroids

2.3 Hydroxysteroids

2.4 Erythropoietine สารกระตุ้นไขกระดูกให้สร้างเม็ดเลือดแดง

2.5 Adenylate cyclase ประสานการทำงานของฮอร์โมนหลายชนิดในร่างกาย โดยผ่านการทำงานของสาร cyclic AMP

2.6 Prostaglandin เป็นสารประจำถิ่นในเนื้อเยื่อหลายชนิด ควบคุมการอักเสบ การรับรู้ความปวด การจับตัวของลิ่มเลือด ช่วยการทำงานของมดลูก

3. ฮอร์โมนเพศ ช่วยสร้างความกระชุ่มกระชวย ผิวพรรณดี ลดรอยย่นและความหย่อนยาน สร้างสุขภาพจิตที่ดี ลดคอเลสเตอรอลในเลือด ป้องกันกระดูก

4. อินซูลิน คนที่เป็นเบาหวานจะได้อินซูลินเข้าไปช่วยเสริมสร้างการเจริญอาหาร

5. ฮอร์โมนเมลาโทนิน (Melatonin) พบในปัสสาวะตอนเช้า สารนี้ช่วยให้จิตใจสงบ ลดความกระวนกระวาย หลับสบาย

2.2.2 การตรวจวิเคราะห์ปัสสาวะ

1. การตรวจคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical examination) ได้แก่

1.1 สี (Color) ค่าปกติสีเหลืองอ่อนและใส (Yellow Clear) แต่จะมีความอ่อน - แก่ของสีแตกต่างกันได้ตามความเข้มข้นของปัสสาวะ หากปัสสาวะที่ถ่ายออกมาสีอื่นเช่น แดง น้ำตาล ฯลฯ อาจเกิดจากปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ อาหาร ยา สารสีต่าง ๆ หรือ ผลผลิตจากระบบเผาผลาญของร่างกายการดูสีปัสสาวะจึงเป็นเครื่องบ่งชี้ข้อแรกสำหรับโรคไตและภาวะผิดปกติของระบบเผาผลาญอาหาร

- สีฟางข้าว (straw) ความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.010
- สีเหลืองอ่อน (pale yellow) มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.011 – 1.019
- สีอำพัน (amber) มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.020

ปัสสาวะที่มีสีผิดปกติ เช่น

- สีแดงใส เกิดจากภาวะที่ปัสสาวะมีสีของฮีโมโกลบินจากเม็ดเลือดแดงที่แตกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้ศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามนำสีเหลืองอมน้ำตาล หรือเหลืองอมเขียว เนื่องจากมีน้ำตาลในปัสสาวะ การนำไปใช้

1.2 ความขุ่น (Turbidity) ค่าปกติใส (clear) ปัสสาวะอาจจะขุ่นได้แต่ไม่พบสิ่งผิดปกติซึ่งอาจเกิดจากแบคทีเรียในปัสสาวะที่ตั้งทิ้งไว้ อาหารและยาบางชนิดที่รับประทาน เช่น amorphous ของฟอสเฟต ยูเรต และคาร์บอเนต เป็นต้น การรายงานความขุ่นนิยมรายงานเป็นใสขุ่นเล็กน้อยหรือขุ่น ตั้งแต่เล็กน้อย (1+) ไปถึงขุ่นมาก (4+)

- ปัสสาวะขุ่นที่มีความผิดปกติ เช่น พบเซลล์เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และแบคทีเรียในผู้ที่มี การอักเสบของทางเดินปัสสาวะ

1.3 ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ค่าปกติ 1.003 – 1.030 เป็นการวัดความสามารถของไตในการควบคุมความเข้มข้นและส่วนประกอบของของเหลวในร่างกายให้คงที่อาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ดื่มเข้าไป อุณหภูมิและการออกกำลังกาย

- ถ้าสูงเกินไป อาจเกิดจากร่างกายขาดน้ำเช่น ดื่มน้ำน้อย ท้องร่วงรุนแรง และ ได้น้ำชดเชยน้อยเกินไปทำให้ขาดน้ำในกระแสเลือด ปัสสาวะจึงเข้มข้น
- ถ้าต่ำไป อาจเกิดจากการดื่มน้ำมากเกินไป ร่างกายจึงกำจัดน้ำออกมาทางปัสสาวะมาก หรือ เป็นโรคที่ทำให้มีปัสสาวะออกมามากผิดปกติ เช่น โรคเบาจัด

2. การตรวจคุณสมบัติทางเคมี (Chemical examination) ได้แก่

2.1 ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ค่าปกติ 4.6 - 8.0 เป็นการบอกความสามารถของไตในการควบคุมสมดุลกรด - ด่างของร่างกายเปลี่ยนแปลงไปตามกระบวนการเผาผลาญอาหาร ชนิดของอาหาร โรค และการใช้ยาค่าความเป็นกรด และด่างของปัสสาวะมีผลต่อการออกฤทธิ์ของยาบางอย่างและการตกตะกอนของสารบางอย่างในปัสสาวะทำให้เกิดนิ่วได้

- ปัสสาวะเป็นกรด พบในภาวะอดอาหาร รับประทานโปรตีนมากเกินไป การติดเชื้อ ยาบางชนิด
- ปัสสาวะเป็นด่าง พบในภาวะกินเจ ยาบางชนิด

2.2 โปรตีน (Protein) ค่าปกติไม่มี (Negative) การตรวจพบโปรตีนในปัสสาวะหมายถึงการที่มีโปรตีนมากกว่าปกติในปัสสาวะอาจเป็น เครื่องบ่งชี้ที่สำคัญอย่างหนึ่งของโรคที่มีพยาธิสภาพภายในไต ไตอักเสบเรื้อรังและเฉียบพลัน กระเพาะปัสสาวะอักเสบ ท่อปัสสาวะอักเสบ การสัมผัสสารโลหะหนักบางชนิด เช่น พรอท แคดเมียม มีฤทธิ์ในการทำลายเนื้อไต มีผลทำให้โปรตีนออกมาในปัสสาวะจำนวนมาก โรคเบาหวานที่เริ่มมีโรคแทรกซ้อน การตั้งครรภ์ระยะท้ายๆ มีไข้

- การตรวจพบโปรตีนในปัสสาวะเป็นช่วงๆ ชั่วครั้ง ชั่วคราวนั้น มักจะเกิดจากภาวะการทำงานของร่างกายมากกว่าที่จะเป็นโรคไต เช่น มีการออกกำลังกายหักโหมเกินไป ยืนเดินนานๆ อยู่ในภาวะเครียดวิตกกังวล การเก็บปัสสาวะในขณะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการแจ้งตัวของอวัยวะเพศในเพศชาย การเก็บปัสสาวะในขณะที่มีรอบเดือน เป็นไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามต้นคัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การรายงานผลจะรายงานเป็น Trace , 1+ , 2+ , 3+ และ 4+ หมายถึง พบโปรตีนในปริมาณน้อยๆ ไปจนถึงปริมาณมากตามลำดับ

2.3 น้ำตาล (Glucose) ค่าปกติไม่มี (Negative) การตรวจพบกลูโคสในปัสสาวะจะสงสัยว่า อาจจะเป็นเบาหวาน ควรจะงดอาหารไม่น้อยกว่า 6 ชั่วโมงแล้วจะเลือด ดูน้ำตาลในเลือดเพื่อยืนยันโรคเบาหวานต่อไป

- ถ้าตรวจพบกลูโคสในปัสสาวะ ในขณะที่ระดับน้ำตาลในเลือดปกติ อาจเกิดจาก หลอดเลือดฝอยในไตมีความสามารถในการดูดซึมกลูโคสกลับได้น้อยกว่าปกติ กรณีที่พบกลูโคสในปัสสาวะได้ เช่น หลังรับประทานอาหารหนัก หรือ เกิดความกดดันทางอารมณ์
- การรายงานผลจะรายงานเป็น Trace , 1+ , 2+ , 3+ และ 4+ หมายถึง พบน้ำตาลในปริมาณน้อยๆ ไปจนถึงปริมาณมากตามลำดับ

2.4 คีโตน (Ketone) ค่าปกติไม่มี (Negative) การตรวจพบสารคีโตนในปัสสาวะอาจพบว่ามี เกิดจากการจำกัดอาหารประเภท คาร์โบไฮเดรต ทำให้ร่างกายมีการเผาผลาญอาหารประเภท ไขมันเพิ่มขึ้นเพื่อใช้เป็นพลังงาน จะพบได้ใน โรคเบาหวาน หรือ มีการจำกัดอาหารประเภท คาร์โบไฮเดรต เป็นต้น

2.5 เม็ดเลือด (Occult blood) ค่าปกติไม่มี (Negative) ใช้ตรวจสอบฮีโมโกลบินซึ่งมีอยู่ในเม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดแดงในปัสสาวะ มักพบในภาวะไตอักเสบเฉียบพลัน เลือดคั่งในไต นิ่ว มะเร็งที่ไต วัณโรคที่ไต

2.6 บิลิรูบิน (Bilirubin) ค่าปกติไม่มี (Negative) การตรวจพบ bilirubin ในปัสสาวะแสดงถึงโรคที่เกิดจากเซลล์ตับ หรือมีการอุดตันของทางเดินน้ำดี การตรวจนี้จึงมีความสำคัญและจำเป็นในการวินิจฉัยโรค

2.7 ยูโรบิลิโนเจน (Urobilinogen) ค่าปกติไม่มี (Negative) โดยทั่วๆ ไปโรคใดที่ทำให้ bilirubin เพิ่มขึ้นจะทำให้ urobilinogen เพิ่มขึ้นด้วย โรคชนิดใดที่ทำให้ตับไม่สามารถกำจัด urobilinogen ได้ จะทำให้มี urobilinogen ในปัสสาวะเพิ่มขึ้น รวมทั้งในภาวะที่มีการทำลายของเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้น เช่น hemolytic anaemia เป็นต้น จะเห็นได้ว่าการตรวจ urobilinogen ในปัสสาวะมีประโยชน์มากเพราะจะช่วยในการแยกชนิด โรคตับ, hemolytic disease, และ การอุดตันของท่อน้ำดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าทำการตรวจเป็นระยะๆ จะติดตามการดำเนินของโรคและดูการตอบสนองต่อการรักษา

2.8 เลือด (Blood) ค่าปกติไม่มี (Negative) การพบเลือดแสดงว่ามีเลือดออกในทางเดิน

เอกสารนี้เป็นปัสสาวะ เช่น นิ่ว เนื่องจาก ภาวะปัสสาวะอักเสบ เป็นต้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 2.9 ไนไตรท์ (Nitrite) ค่าปกติไม่มี (Negative) ตรวจเพื่อใช้เป็นเครื่องบ่งชี้การอักเสบของ

ทางเดินปัสสาวะเนื่องจากแบคทีเรีย ดังนั้นจึงควรทำการตรวจภายใน 1 ชั่วโมง หลังเก็บปัสสาวะ

2.10 เม็ดเลือดขาว (Leukocytes) ค่าปกติไม่มี (Negative) การพบเม็ดเลือดขาวแสดงว่ามี การติดเชื้อในทางเดินปัสสาวะ เช่น กระเพาะปัสสาวะอักเสบกรวยไตอักเสบ

3. การตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic examination). ได้แก่

3.1 เซลล์ (Cells) เซลล์ต่างๆ เหล่านี้ คือ

3.1.1 จุลชีพ (Microorganism) ค่าปกติ ไม่มี (Negative) ได้แก่

- แบคทีเรีย (Bacteria) เช่น Cocci , Bacilli
- เชื้อรา (Fungi) เช่น Yeast , Budding , Pseudo , Hyphae
- อสุจิ (Spermatozoa)

3.1.2 เม็ดเลือดแดง (Red Blood Cells) ค่าปกติ ไม่มี (Negative) แสดงว่ามีเลือดออกใน ทางเดินปัสสาวะ อาจจะถูกอุบัติเหตุและมีประวัติบ่งชี้ว่า ได้รับการกระทบทางเดินปัสสาวะ หรือมีเนื้องอกในทางเดินปัสสาวะ หรือมีนิ่วในทางเดินปัสสาวะการติดเชื้อบางครั้งก็ทำให้มีเม็ด เลือดแดงออกมาในปัสสาวะได้ แต่มักจะมีเม็ดเลือดขาวมากกว่า สาเหตุที่พบบ่อยสุดที่ทำให้พบเม็ด เลือดแดงจำนวนมากในปัสสาวะ คือ นิ่ว

- ถ้ามีประจำเดือน ไม่ควรเก็บปัสสาวะตรวจ เพราะเลือดจากประจำเดือนจะลงไปปนกับปัสสาวะ ทำให้ พบเม็ดเลือดแดงจำนวนมากในปัสสาวะได้

3.1.3 เม็ดเลือดขาว (White Blood Cells) ค่าปกติ ไม่มี (Negative) แสดงว่ามี การอักเสบ ติดเชื้อในทางเดินปัสสาวะ เช่นกระเพาะปัสสาวะอักเสบหรือ กรวยไตอักเสบ

- ถ้าพบเม็ดเลือดขาวเล็กน้อย เช่น 1-2 Cell/ HDF อาจจะไม่สำคัญเท่าไรนัก อาจ จะเกิดจากการเก็บปัสสาวะตรวจไม่ถูกวิธี แต่ถ้ามีการติดเชื้ออาจจะพบหลายสิบตัว หรือเป็นร้อยๆ ซึ่งจะรายงานว่ามีจำนวนมาก (Numerous)

3.1.4 เซลล์เยื่อทางเดินปัสสาวะในส่วนต่างๆ (Epithelial Cells) ค่าปกติ ไม่มีหรือมีน้อย มาก (Negative) อาจพบได้เมื่อมีการอักเสบหรือความผิดปกติของทางเดินปัสสาวะ

3.2 คาสท์ (Casts) ค่าปกติ ไม่มี (Negative) มีหลายชนิด ได้แก่

Hyaline casts จะพบในคนที่ออกกำลังกาย มีไข้ และมีโปรตีนในปัสสาวะ ไม่ใช่ตัวบ่งบอกถึง ความผิดปกติของไต ชนิด intrinsic แต่บ่งบอกถึง ปัญหาทาง prerenal ซึ่งได้แก่ CHF ภาวะขาดน้ำ เป็นต้น

- Cellular casts พบได้ในภาวะไตวายชนิด intrinsic
- Granular และ waxy casts พบประจำในภาวะ acute tubular necrosis
- Broad casts เป็นคาสท์ขนาดใหญ่ชนิดใดก็ได้ พบในภาวะไตวายแบบเฉียบพลัน หรือรุนแรงแบบเรื้อรัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 3.3 ผลึก (Crystal) ค่าปกติ ไม่มี (Negative) ผลึกในปัสสาวะปกติเกิดขึ้นได้เมื่อปัสสาวะเย็น น้ำไม่ขุ่นใส ชนิดและปริมาณของผลึกต่างๆ ในปัสสาวะขึ้นกับ pH เช่น ในปัสสาวะที่เป็นกรด จะพบผลึก ยูเรต ในปัสสาวะที่เป็นด่างจะพบผลึกฟอสเฟตและ จะพบผลึกทั้งสองชนิดนี้ในปัสสาวะปกติได้

เช่นกันนอกจากนี้อาจจะมีรายงานผลึกของสารต่างๆ ที่ปนมากับปัสสาวะ เช่น Calcium Oxalate หรือ Urate Crystal ซึ่งสารเหล่านี้อาจจะตกตะกอนเป็นนิ่วต่อไปได้

3.4 ออสัณฐาน (Amorphous) ค่าปกติ ไม่มี (Negative)

ค่าผลการตรวจปัสสาวะ

รายการ	ค่าปกติ
White Blood Cells (WBC, เม็ดเลือดขาว)	Negative
Red Blood Cells (RBC, เม็ดเลือดแดง)	Negative
Epithelial Cells (Epi, เซลล์เยื่อทางเดินปัสสาวะ)	Negative
Glucose (GLU, น้ำตาลในปัสสาวะ)	Negative
Bilirubin (BIL, น้ำดี)	Negative
Ketones (KET, ภาวะเป็นกรดในร่างกาย)	Negative
Specific Gravity (SG, ความถ่วงจำเพาะ)	1.003 – 1.030
Blood (BLD, เลือด)	Negative
pH (ความเป็นกรด - ด่าง)	4.6 - 8.0
Protein (PRO, โปรตีน)	Negative
Urobilinogen (UBG, สารที่ได้จากน้ำดี)	0.3-1.0 EU/dL
Nitrite (NIT, ภาวะติดเชื้อแบคทีเรีย)	Negative
รายการ	ค่าปกติ
Leukocytes (LEU, เม็ดเลือดขาว)	Negative
Color (COL, สี)	Yellow Clear

3.5 ตะกอนปัสสาวะชนิดอื่น (Miscellaneous) ได้แก่ Mucous Threads , Cyllindroid , Fat Droplets

2.3 สเปกโทรโฟโตเมทรี (Spectrophotometry) [6-7]

2.3.1 แสง สีและการดูดกลืนแสงของสาร

สารแต่ละชนิดสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่นแตกต่างกัน สารไม่มีสีส่วนใหญ่จะดูดกลืนช่วงอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งมีความยาวคลื่น 200 ถึง 300 นาโนเมตร และช่วงคลื่นสูงกว่า 780 ถึง 1000 นาโนเมตร เป็นช่วงคลื่นอินฟราเรดที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเช่นกัน ส่วนสารที่มีสีจะดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นสูงกว่า 380 ถึง 780 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงคลื่นแสงขาวที่สามารถ

มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จากสมบัติของสารดังกล่าวจึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์สารชนิดต่างๆได้

ตารางที่ 2 แสดงสีและสีตรงกันข้ามของสเปกตรัมช่วงคลื่นที่ตามองเห็น

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	สีที่ถูกดูดกลืน	สีตรงกันข้าม (complementary color) หรือสีของสารที่ตาเรามองเห็น
350 - 430	ม่วง	เหลือง
430 - 475	น้ำเงิน	ส้ม
475 - 495	เขียวแกมน้ำเงิน	ส้มแกมแดง
495 - 505	เขียวแกมน้ำเงิน	แดงแกมส้ม
505 - 555	เขียว	แดง
555 - 575	เขียวแกมเหลือง	ม่วงแดง
575 - 600	เหลือง	ม่วง
600 - 650	ส้ม	น้ำเงิน
670 - 700	แดง	เขียว

* ช่วงความยาวคลื่นที่ระบุเป็นค่าประมาณของแสงแถบสีต่างๆ

ที่มา : Pesce, Frings และ Gaudie (1996)

2.3.2 กฎของแลมเบิร์ต (Lambert's law)

กฎของแลมเบิร์ต (ค.ศ.1760) กำหนดว่าแสงที่ถูกดูดกลืนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนาของตัวกลางที่แสงผ่าน ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์โดยการคำนวณทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$dI/dt \propto I$$

$$-dI/dt = kI$$

$$-dI/I = k dt$$

$$\ln I_0/I_t = kt$$

$$I_0/I_t = e^{kt}$$

$$I_t = I_0 \times 10^{-0.4343 kt}$$

$$I_t = I_0 \times 10^{-kt} \text{ ----- (1)}$$

โดย k คือเศษส่วนของความหนาในหน่วยเซนติเมตรที่ทำให้ความเข้มของแสงลดลงจากความเข้มเดิม 10 เท่า ($I_0 = 10 I_t$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 กฎของเบียร์ (Beer's law)

กฎของเบียร์(ค.ศ. 1852) กำหนดว่าแสงที่ถูกดูดกลืนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารในของเหลว เมื่อคำนวณเช่นเดียวกับกฎของแลมเบิร์ต จะได้สมการ

$$I_t = I_0 \times 10^{-kc} \text{----- (2)}$$

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

$$I_t = I_0 \times 10^{-\epsilon ct}$$

แต่แสงส่องผ่าน(Transmittance, T) มีค่าเท่ากับ I_t/I_0 และแสงที่ถูกดูดกลืน(absorbance, A) มีค่าเท่ากับ $\log(I_0/I_t)$ ดังนั้น

$$A = \epsilon ct = -\log T = 2 - \log \%T \text{----- (3)}$$

โดย ϵ = Molar extinction coefficient ของสารแต่ละชนิดซึ่งจะมีค่าคงที่ในแต่ละความยาวคลื่น

c = ความเข้มข้นในหน่วยโมล/ลิตร

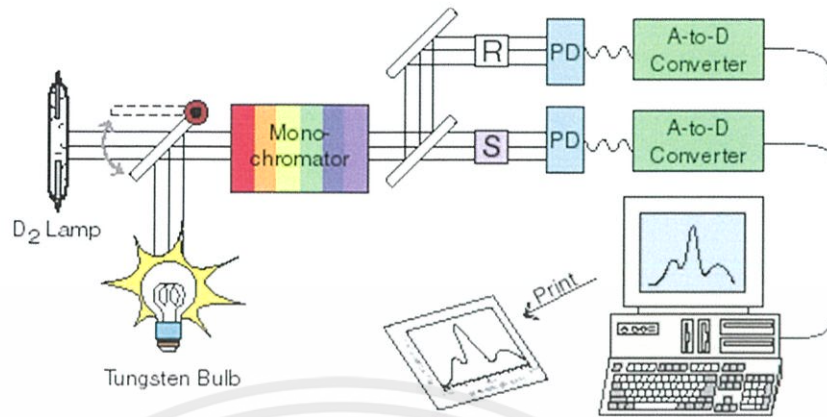
t = ระยะทางที่แสงผ่านมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

$$\%T = I_t/I_0 \times 100$$

ถ้าแทนค่าในสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง A และ T (สมการที่ 3) จะพบว่า $100\% T = 0A$, $10\% T = 1.0 A$, $1.0\% T = 2.0 A$, $0.1\% T = 3.0 A$ และ $0\% T = \infty A$ ดังนั้น % T จึงมีค่าตั้งแต่ 0-100 ส่วน A มีค่าตั้งแต่ 0 ถึงค่าอนันต์ (infinity) เมื่อลากเส้นหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นและค่าการดูดกลืนแสง พบว่ามีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง แต่ความเข้มข้นจะมีความสัมพันธ์กับค่าแสงส่องผ่านเป็นเส้นโค้งเอกซ์โพเนนเชียล (exponential) บนกระดาษกราฟธรรมดา แต่จะเป็นเส้นตรง ถ้าใช้กระดาษเซมิล็อก (semilog paper) ในทางปฏิบัติจึงนิยมวัดค่าการดูดกลืนแสงเพราะมีความสะดวกในการอ่านค่าหรือคำนวณค่ามากกว่า แต่อย่างไรก็ตามถ้าแสงตกกระทบเป็นแสงหลายสี (polychromatic light) ความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงจะลดลง เมื่อเปรียบกับการใช้แสงสีเดียว (monochromatic light)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ส่วนประกอบของเครื่อง UV-VIS Spectrometer



Absorbance Spectrophotometer

รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบต่างๆของเครื่อง UV-VIS Spectrometer[4]

1. แหล่งกำเนิดแสง (light source) การวัดการดูดแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นจะใช้ดวงไฟทังสเตน (tungsten lamp) ซึ่งให้แสงในช่วงความยาวคลื่น 340-800 นาโนเมตร ส่วนการวัดการดูดแสงในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ตจะใช้ดวงไฟไฮโดรเจน (hydrogen lamp) หรือดวงไฟเดิวเทอเรียม (deuterium lamp) ซึ่งให้แสงในช่วงความยาวคลื่น 200-340 นาโนเมตร เนื่องจากดวงไฟชนิดหลังนี้มีราคาสูง เมื่อไม่มีการใช้งานในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ต ควรต้องปิดดวงไฟชนิดนี้ในเครื่องมือที่มีการติดตั้งดวงไฟทั้ง 2 ชนิดนี้ไว้ด้วยกัน

2. ตัวทำแสงเอกรงค์ (monochromator) ทำหน้าที่คัดเลือกแสงที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงให้ได้แถบแสงเอกรงค์หรือแสงความยาวคลื่นเดี่ยว (monochromatic light) ตามต้องการ โดยการใส่ปริซึม (prism) หรือเกรตติง (diffraction grating)

3. ช่องเล็กยาว (Slit) ที่ทำหน้าที่ปรับความเข้มของแสงก่อนส่งผ่านไปยังสารละลายให้มีความเข้มที่เหมาะสมกับความไวของหลอดรับแสง

4. หลอดบรรจุสารตัวอย่างหรือคิวเวต (cuvette) ทำจากแก้ว ควอทซ์ (Quartz) หรือพลาสติกเช่น โพลีเมทราคิลเลต (polymethacrylate) และพอลิสไตรีน (polystyrene) รูปทรงที่ผลิตขึ้นมีหลายแบบ แต่ที่พบบันทั่วไปเป็นแบบหลอดสี่เหลี่ยมจัตุรัสและแบบหลอดทดลอง ทุกแบบส่วนใหญ่มีระยะทางที่แสงส่องผ่านเท่ากับ 1 เซนติเมตร การวิเคราะห์ในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นใช้หลอดที่ทำจากวัสดุชนิดใดก็ได้ แต่การวิเคราะห์ในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ตต้องจำเพาะใช้แต่หลอดที่ทำจากควอทซ์เท่านั้น เนื่องจากวัสดุชนิดอื่นสามารถดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นนี้ได้ ทำให้ค่าการดูดแสงที่วัดได้ไม่ถูกต้อง

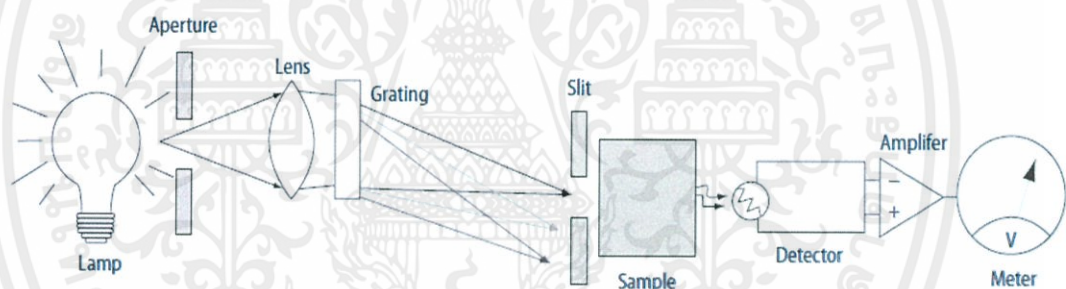
5. อุปกรณ์ตรวจวัดแสง (detector) เมื่อแสงผ่านสารตัวอย่างออกมา หลอดรับแสง (photo-multiplier tube) ทำหน้าที่วัดความเข้มของแสงที่ผ่านออกมาจากสารละลาย โดยเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า แล้วส่งสัญญาณไฟฟ้านั้นต่อไปยังมาตรหรือเครื่องบันทึกข้อมูล

6. มาตรหรือเครื่องบันทึกข้อมูล (meter หรือ recorder) เป็นหน่วยแสดงค่าที่วัดได้ เครื่องมือบางแบบ เช่น Spectronic 21 เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าที่ผ่านเข้าสู่เกลวอนมิเตอร์ให้เป็นพลังงานกลคั่นให้เข็มบนหน้าปัทม์ของเครื่องเคลื่อนไปบนสเกล แบบอื่นๆอาจต่อกับเครื่องพิมพ์ คอมพิวเตอร์พิมพ์ผลการวัดและผลวิเคราะห์ต่าง ๆ ออกมาได้ตามคำสั่ง

ช่วงค่าการดูดแสงที่ให้ค่าที่ถูกต้องและเชื่อถือได้สำหรับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ธรรมดา เช่น รุ่น Spectronic 21 อยู่ระหว่าง 0.1 – 0.9 (72 % T - 12 %T) ดังนั้นในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นสารละลายที่วัดค่าการดูดแสงได้สูงกว่านี้ควรเจือจางด้วยตัวทำละลายที่ใช้ก่อนวัดค่าใหม่อีกครั้ง หากเป็นสารละลายที่มีสีและสีนั้นเป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยา ห้ามเจือจางด้วยน้ำหรือตัวทำละลายโดยตรง เพราะอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสารประกอบที่มีสีที่เกิดขึ้น ให้นำสารละลายตัวอย่างไปเจือจางเสียก่อนแล้วจึงทำปฏิกิริยาให้เกิดสีและวัดการดูดแสงใหม่อีกครั้ง

2.4 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแบบพกพา [10]

โดยที่ Layout ของเครื่อง 'DIY' spectrophotometer แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 2.5 การทำงานของเครื่อง 'DIY' spectrophotometer[5]

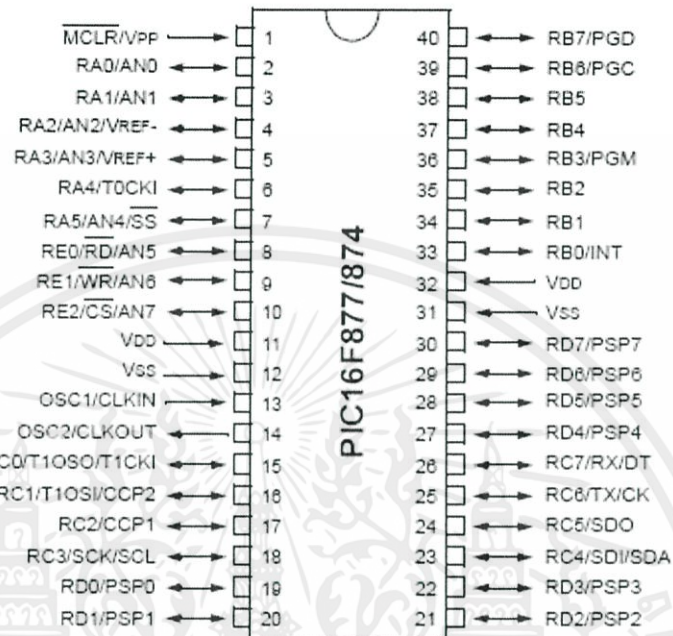
จากรูป Spectrum ถูกสร้างโดย grating ซึ่งจะฉายลงบนกระดาษกราฟ เพื่อเลือกช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการผ่าน Slit กระทบกับ Sample และผ่านไปยังส่วนของ Detector ถูกขยายและแปลสัญญาณเป็นแรงดันไฟฟ้าโดยวงจรขยายสัญญาณ (Amplifier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ส่วนประกอบเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแบบพกพา

1. Microcontroller PIC16F877

PDIP



รูปที่ 2.6 Microcontroller PIC16F877/874[6]

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ของบริษัทไมโครชิป (Microchip) โดยเฉพาะเบอร์ PIC16F877 ดังรูปที่ 2.11 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่กำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบแรกที่มีการประมวลผลแบบ RISC Processor (RISC : Reduced Instruction Set Computer) โดยใช้คำสั่งการประมวลผลเพียง 33 - 35 คำสั่งและใช้เวลาในการประมวลผลคำสั่งเพียง 1 หรือ 2 machine cycle ต่อคำสั่งเท่านั้นการประมวลผลคำสั่งเป็นลักษณะ Pipe Line คือขณะประมวลผลคำสั่งแรกจะทำการโหลดคำสั่งถัดไปมาเตรียมรอไว้ทำให้การทำงานที่รวดเร็วมากนอกจากนั้นในตัวโครงสร้างยังประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ฟังก์ชัน โมดูลสำหรับใช้งานพิเศษต่างๆมากมายได้แก่โมดูล Analog to Digital Converter, USART, Timer / Counter, SPI, Compare / Capture / PWM, I2C เป็นต้น โมดูลเหล่านี้ล้วนเพิ่มขีดความสามารถให้นำไปใช้งานได้อย่างหลากหลายประกอบกับมีเครื่องมือในการพัฒนาที่เพียงพอ

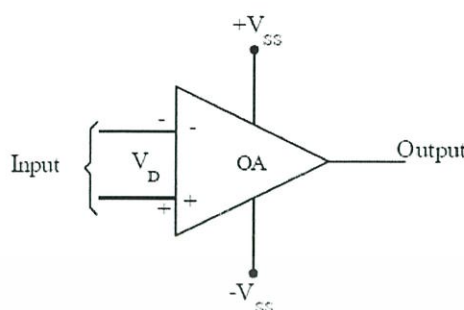
1.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

- มีคำสั่งในภาษาแอสเซมบลี 35 คำสั่ง
- ใช้ความถี่ออสซิลเลเตอร์ได้สูงสุด 20 MHz
- มีหน่วยความจำโปรแกรม Flash Memory ขนาด 8 K word (14 – bit words)

- มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ RAM 368 Bytes
- มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM 256 Byte
- มีการตอบสนองอินเทอร์รัพท์ทั้งหมด 14 แหล่ง
- สามารถเลือกระดับการป้องกันข้อมูล(Code Protection) ได้
- มีโหมดประหยัดพลังงาน (Sleep Mode)
- สามารถเลือกแหล่งสัญญาณพิก้าได้หลายโหมด XT RC และออสซิลเลเตอร์พลังงานต่ำ
- มีฟังก์ชันการรักษาเสถียรภาพการทำงานได้แก่POR , PWRT, OST, BOR และ WDT
- การโปรแกรมตัวชิปแบบ ICSP (ICSP : In-Circuit Serial Programming)
- สามารถทำงานที่ไฟเลี้ยงวงจรตั้งแต่ 2.0 V ถึง 5.5 V
- ขาพอร์ท I/O แต่ละขาสามารถรับและปล่อยกระแสได้สูงสุด 25 mA
- มีโมดูล Timer / Counter ใช้งานทั้งหมด 3 ตัว Timer 0 , Timer 1, และ Timer 2
- มีโมดูล CCP (CCP : Compare / Capture / PWM) จำนวน 2 ชุด
- มีโมดูล Analog to Digital Converter ความละเอียดขนาด 8 บิตและ 10 บิตจำนวน 8 ช่องภายในตัวชิป
- มีโมดูลสื่อสารอนุกรมแบบ USART (USART : Universal Synchronous Asynchronous Receiver / Transmitter)
- มีพอร์ท I/O จำนวน 5 พอร์ทได้แก่พอร์ทA , B , C , D , และ E มีขา I/O รวมกัน 33 ขาดังนี้คือ
 PORTA มี 5 ขา RA0 ถึง RA5
 PORTB มี 8 ขา RB0 ถึง RB7
 PORTC มี 8 ขา RC0 ถึง RC7
 PORTD มี 8 ขา RD0 ถึง RD7
 PORTE มี 3 ขา RE0 ถึง RE2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ออปแอมป์ (Op-Amp)



รูปที่ 2.7 โครงสร้างออปแอมป์ [7]

ออปแอมป์ (Op-Amp) เป็นชื่อย่อสำหรับเรียกวงจรขยายที่มาจาก Operating Amplifier เป็นวงจรถ่ายแบบต่อตรง (Direct coupled amplifier) ที่มีอัตราขยายสูงมากใช้การป้อนกลับแบบลบไปควบคุมลักษณะการทำงาน ทำให้ผลการทำงานของวงจรไม่ขึ้นกับพารามิเตอร์ภายในของออปแอมป์ โครงสร้างภายในดังรูปที่ 2.7 ประกอบด้วยวงจรถ่ายที่ต่ออนุกรมกัน ภาควิทยุคคือ วงจรถ่ายดิฟเฟอเรนเชียลด้านทางเข้า วงจรถ่ายดิฟเฟอเรนเชียลภาคที่สอง วงจรเลื่อนระดับและวงจรถ่ายกำลังด้านทางออก สัญลักษณ์ที่ใช้แทนออปแอมป์จะเป็นรูปสามเหลี่ยม ไอซีออปแอมป์เป็นไอซีที่แตกต่างไปจากลิเนียร์ไอซีต่างๆ ไปคือ ไอซีออปแอมป์มีขาอินพุต 2 ขา เรียกว่าขาเข้าไม่กลับเฟส (Non-Inverting Input) หรือ ขา + และขาเข้ากลับเฟส (Inverting Input) หรือขา - ส่วนทางด้านออกก็มีเพียงขาเดียว เมื่อสัญญาณป้อนเข้าขาไม่กลับเฟสสัญญาณทางด้านออกจะมีเฟสตรงกับทางด้านเข้า แต่ถ้าป้อนสัญญาณเข้าที่ขาเข้ากลับเฟส สัญญาณทางด้านออกจะมีเฟสต่างไป 180 องศาจากสัญญาณทางด้านเข้า

3. ไอซีเร็กกูเลเตอร์

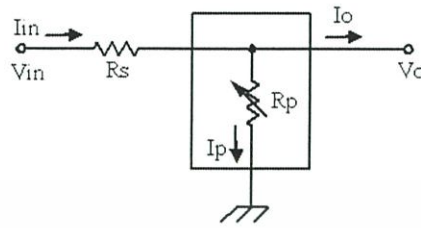
ไอซีเร็กกูเลเตอร์ คือ ไอซีที่หน้าที่รักษาแรงดันที่เอาต์พุตของแหล่งจ่ายไฟให้คงที่ไม่ว่าโหลดจะเปลี่ยนแปลงไป วงจรเร็กกูเลเตอร์แบ่งออกเป็น 3 อย่างคือ เร็กกูเลเตอร์แบบอนุกรม (Series Regulator) เร็กกูเลเตอร์แบบขนาน (Shunt Regulator) และเร็กกูเลเตอร์แบบสวิตชิง (Switching Regulator) ไอซีเร็กกูเลเตอร์ มีหลายอย่างเช่นเร็กกูเลเตอร์แรงดันค่าคงที่ เร็กกูเลเตอร์เปลี่ยนค่าได้ เร็กกูเลเตอร์ไฟบวกและไฟลบ

3.1 เร็กกูเลเตอร์แบบขนาน (Shunt Regulator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่การทำงานของวงจรเร็กกูเลเตอร์แบบขนานดังรูปที่ 2.8 มีแรงดันอินพุต V_N จ่ายให้กับวงจร มีตัวต้านทาน R_S ทำหน้าที่ในการจำกัดกระแสที่จะไหลผ่านวงจรทั้งหมด ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้

R_p จะทำการปรับค่าเองโดยอัตโนมัติเพื่อให้แรงดันที่เอาท์พุทคงที่ตลอด สมการของแรงดันเอาท์พุท ดังสมการที่ (2.3)

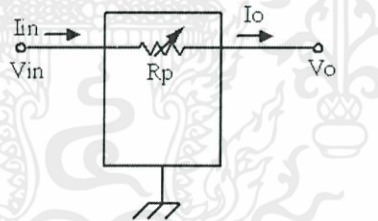
$$V_o = V_{IN} - R_s (I_o + I_p) \quad (2.3)$$



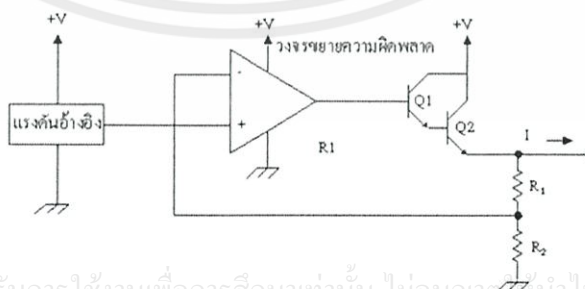
รูปที่ 2.8 แผนผังการทำงานของเร็กกูเลเตอร์แบบขนาน[8]

3.2 เร็กกูเลเตอร์แบบอนุกรม (Series Regulator)

หลักการทำงานของเร็กกูเลเตอร์แบบอนุกรมนี้ แสดงในรูปที่ 2.9 โดยมีการจ่ายแรงดันที่ยังไม่ได้มีการเร็กกูเลตไปยัง R_p โดย R_p จะปรับค่าความต้านทานของตัวเองได้อัตโนมัติ ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมที่ R_p ค่าหนึ่ง จะได้แรงดันเอาท์พุทเท่ากับ แรงดันอินพุทลบด้วยแรงดันตกคร่อมในตัวเร็กกูเลเตอร์ดังรูปที่ 2.15 ซึ่งผลของการปรับค่า R_p ที่ถูกต้อง ก็จะทำให้ได้แรงดันเอาท์พุทตามที่ต้องการ และจากหลักการทำงานของเร็กกูเลเตอร์ชนิดนี้เองที่ได้นำมาประยุกต์ทำเป็นไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ต่างๆ ทั้งเบอร์ 78XX เบอร์ 79XX และอื่นๆ อีก



รูปที่ 2.9 แผนผังการทำงานของเร็กกูเลเตอร์แบบอนุกรม[9]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.10 แผนผังวงจรพื้นฐานของเร็กกูเลเตอร์แบบอนุกรม[10]
 ไม่ว่าจะฉีดยุติทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คิดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 แผนผังวงจรพื้นฐานของเร็กกูเลเตอร์แบบอนุกรม

แผนผังวงจรพื้นฐานของเร็กกูเลเตอร์ชนิดนี้ สามารถแบ่งออกได้ 3 ภาค ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ประกอบไปด้วย

2.4.3.1 วงจรแรงดันอ้างอิง (Voltage Referent) ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นอิสระต่อทั้งอุณหภูมิ และแรงดันที่จ่ายให้กับเร็กกูเลเตอร์

2.4.3.2 วงจรขยายความผิดพลาด (Error Amplifier) ทำหน้าที่คอยเปรียบเทียบแรงดันระหว่างแรงดันอ้างอิงและสัดส่วนของแรงดันเอาต์พุต ที่ป้อนกลับมาที่ขาอินเวอร์ติงของออปแอมป์

2.4.3.3 ซีรีส์พาสซีฟทรานซิสเตอร์ (Series passive Transistor) ทำหน้าที่จ่ายกระแสเอาต์พุตให้เพียงพอกับความต้องการของโหลด

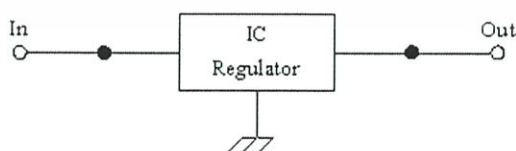
เมื่อป้อนแรงดันอินพุตให้กับ ไอซีเร็กกูเลเตอร์ แรงดันเอาต์พุตจะถูกป้อนมายังอินพุตโดย R_1 และ R_2 ทำหน้าที่เป็นวงจรแบ่งแรงดัน ซึ่งแรงดันที่ตกคร่อม R_2 จะเป็นสัดส่วนกับแรงดันที่เอาต์พุต วงจรขยายความผิดพลาดจะทำหน้าที่รักษาสัดส่วนของแรงดันอ้างอิงกับแรงดันที่ตกคร่อม R_2 ให้เท่ากัน

ถ้าแรงดัน V_{R_2} มากกว่า V_{REF} วงจรขยายความผิดพลาดจะลดระดับการขยายสัญญาณเอาต์พุต ทำให้ทรานซิสเตอร์จ่ายกระแสลดลงเป็นผลให้แรงดันเอาต์พุตที่จ่ายให้โหลดลดลงด้วย

ถ้าแรงดัน V_{R_2} น้อยกว่า V_{REF} วงจรขยายความผิดพลาดจะเพิ่มระดับการขยายสัญญาณเอาต์พุต ทำให้ทรานซิสเตอร์จ่ายกระแสเพิ่มขึ้น เป็นผลให้แรงดันเอาต์พุตที่จ่ายให้โหลดเพิ่มขึ้นด้วย

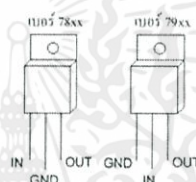
3.4 ไอซีเร็กกูเลเตอร์สามขาชนิดจ่ายแรงดันคงที่

ไอซีเร็กกูเลเตอร์ภายในประกอบด้วยวงจรเร็กกูเลเตอร์แบบอนุกรม มีขาต่อใช้งาน 3 ขา ประกอบด้วยขา อินพุต เอาต์พุต และกราวด์ ซึ่งจะจ่ายแรงดันค่าใดค่าหนึ่งโดยเฉพาะ โดยรวมเอาส่วนของวงจรป้อนกลับที่ประกอบด้วย R_1 และ R_2 เข้าไว้เป็นส่วนหนึ่งของไอซี ซึ่งจุดนี้เองที่แตกต่างไปจากไอซีเร็กกูเลเตอร์ที่ปรับค่าได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
รูปที่ 2.11 การต่อไอซีเร็กกูเลเตอร์ใช้งานแบบง่าย[11] ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดเด่นของไอซีเร็กกูเลเตอร์ค่าคงที่นี้คือ สามารถต่อวงจรได้ง่ายไม่ต้องต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมมากนัก ตัวอย่างวงจรการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 2.11 ในการต่อวงจรบางครั้งจำเป็นต้องต่อไอซีเร็กกูเลเตอร์ห่างจากแหล่งจ่ายไฟอินพุทเกิน 5 เซนติเมตร จึงควรใส่ตัวเก็บประจุอิเล็กโทรไลต์ขนาดประมาณ 10 ไมโครฟารัด สักตัวไว้ด้านอินพุท เพื่อป้องกันการเกิดออสซิลเลชันที่ความถี่สูง ซึ่งจะทำให้วงจรขาดเสถียรภาพ เอาท์พุทที่ออกจากไอซีเร็กกูเลเตอร์ จะได้แรงดันเอาท์พุทที่เรียบพอสมควรอยู่แล้ว แต่อาจจะใส่ตัวเก็บประจุที่มีค่าประมาณ 100 ไมโครฟารัด เพื่อช่วยปรับปรุงแรงดันให้เรียบขึ้น ถึงแม้ว่าแรงดันไอซีเร็กกูเลเตอร์ชนิดนี้จะให้แรงดันเอาท์พุทคงที่ มีขนาดให้เลือกแรงดันเอาท์พุทได้คงที่หลายขนาดเช่น 5 V, 5.2 V, 6V, 8V, 10V, 12V, 15V, 18V และ 24V โดยมีกระแสเอาท์พุทตั้งแต่ 10 มิลลิแอมป์ถึง 3 แอมป์ และมีให้เลือกทั้งชนิดเร็กกูเลเตอร์ไฟบวกและเร็กกูเลเตอร์ไฟลบซึ่งในการสร้างเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพาได้ใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7805 โดยมีตำแหน่งขาในการต่อดังรูปที่ 2.17



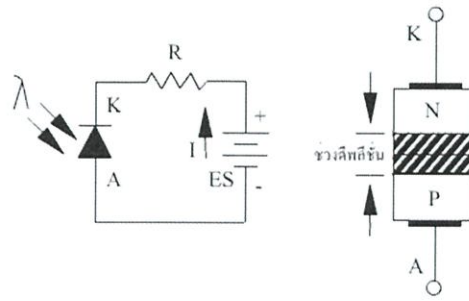
รูปที่ 2.11 ตำแหน่งขาของ IC Regulator เบอร์ 78xx และ 79xx[11]

4. โฟโตไดโอด (Photo Diode)

โฟโตไดโอด (Photo Diode) เป็นอุปกรณ์เชิงแสงชนิดหนึ่ง ที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และสารกึ่งตัวนำชนิด N ดังรูปที่ 2.14 รอยต่อจะถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุที่แสงผ่านได้ เช่น กระจกใส โฟโตไดโอดจะมีอยู่ 2 แบบ คือแบบที่ตอบสนองต่อแสงที่มองเห็น และแบบที่ตอบสนองต่อแสงในย่านอินฟราเรด ในการรับใช้งานจะต้องต่อโฟโตไดโอดในลักษณะไบอัสกลับ

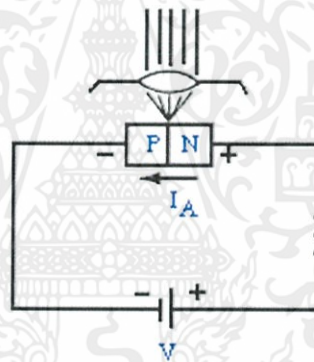
โฟโตไดโอด (Photo Diode) จะยอมให้กระแสไหลผ่านได้มากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของแสง เมื่อโฟโตไดโอดได้รับไบอัสกลับ (Reverse Bias) ด้วยแรงดันค่าหนึ่ง และมีแสงมาตกกระทบบที่บริเวณรอยต่อ ถ้าแสงที่มาตกกระทบบมีความยาวคลื่นที่เหมาะสมจะมีกระแสไหลในวงจร โดยกระแสที่ไหลในวงจร จะแปรผกผันกับความเข้มของแสงที่มาตกกระทบบ ลักษณะทั่วไปขณะไบอัสตรง (Forward Bias) จะยังคงเหมือนกับไดโอดธรรมดาที่ยอมให้กระแสไหลผ่านได้ สำหรับตัวอย่างโฟโตไดโอดที่ใช้ในการสร้างเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพาจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์ และการไบอัสใช้งาน[13]

รูปที่ 2.14 ตัวอย่าง โฟโตไดโอด[14]



รูปที่ 2.15 การจ่ายไบอัสกลับให้โฟโตไดโอด[15]

เป็นการจ่ายไบอัสกลับให้โฟโตไดโอด ดังรูปที่ 2.15 ถ้าในขณะที่ไม่มีแสงมาตกกระทบตรงรอยต่อของโฟโตไดโอด โฟโตไดโอดจะไม่นำกระแส อาจมีเพียงกระแสรั่วซึมไหลผ่านเล็กน้อย ไม่ถือว่าเป็นกระแสที่โฟโตไดโอดทำงาน เมื่อมีแสงส่องมากระทบรอยต่อ PN แสงดังกล่าวจะเปลี่ยนเป็นพลังงานโฟตอน ไปทำให้ค่าแอมเพอริสมมาตรรอยต่อ หรือ Depletion region ตรงรอยต่อลดค่าลงอย่างมากเกิดกระแสไบอัสกลับไหลผ่านรอยต่อของโฟโตไดโอดมากขึ้น กระแสไอส์กลับดังกล่าวจะไหลผ่านตัวโฟโตไดโอดได้มากขึ้นจะถูกจำกัดค่าโดยโหลด R ที่ต่อในวงจร และขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงที่มาตกกระทบโฟโตไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Basic 16x2 Character LCD 1602 Black on Green

สำหรับในส่วนของการแสดงผลจะใช้หน้าจอ LCD 1602 Black on Green หรือ 1602a ดังรูปที่ 2.16 ซึ่งเป็นหน้าจอแสดงผลที่สามารถแสดงผลได้ 2 บรรทัด จำนวน 32 ตัวอักษร ในการนำมาแสดงค่าวัดการดูดกลืนแสงที่ได้จากการทดลองจากเครื่องที่สร้างขึ้น



รูปที่ 2.16 จอ LCD 1602[16]

5.1 คุณสมบัติ Basic 16x2 Character LCD 1602 Black on Green

- แสดงผลที่ 8 บิต และ 4บิตMPU
- บันทึกข้อมูลตัวอักษรและสัญลักษณ์แสดงผลได้ 192 รูปแบบ
- ข้อมูลตัวอักษรอื่นๆสามารถแสดงผลได้โดยเครื่องกำเนิดตัวอักษร(RAM)
- กะทัดรัดสามารถใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นได้โดยง่าย
- หน้าจอเรียบง่าย มีเคอเซอร์ปกติและเคอเซอร์ เปิด/ปิดให้
- มีการแสดงผลกานอ่านและเขียนขึ้นใหม่ได้
- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์(ยกเว้นรูปแบบการวัดอุณหภูมิ)
- บริโภคพลังงานเพียงเล็กน้อย

2.5.1 คู่มือการใช้งานเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแบบพกพา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเอาไว้ใช้เท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาใดๆของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของเครื่อง

1. ที่ใส่หลอดทดลอง
2. หน้าจอแสดงผล
3. ปุ่มเปิด/ปิดเครื่อง
4. ปุ่มสีหลอด LED 3 สี แดง เขียว ฟ้า ไล่ไปตามลำดับ
5. ปุ่ม Auto Zero

2.6 Beer's law

กล่าวว่า ปริมาณของรังสีที่ถูกดูดกลืนไว้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของ Absorbing species ในสารละลาย โดย absorbance (A) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับ ความเข้มข้นของ absorbing species (c) และ path length ของ absorbing medium (l) โดยที่

$$A = -\log \frac{I}{I_0} = \epsilon cl \quad (2.1)$$

เมื่อ I_0 และ I = ความเข้มข้นของแสงก่อนและหลังผ่านสารละลายตามลำดับ

ϵ = ค่าคงที่ของการดูดแสง หรือค่า molar absorption coefficient เป็นค่าเฉพาะ สำหรับสาร
หนึ่งๆ และที่ช่วงคลื่นหนึ่งๆ

c = เป็นความเข้มข้นของสารละลาย

l = ความยาวของระยะทางที่แสงผ่านสารละลายที่จะวัดการดูดแสง
แทนความเข้มข้นแสง (I) ด้วยความต่างศักย์ (V_{out}) จากวงจรถ่วงน้ำหนักจะได้

$$A = \frac{V_{sample} - V_{zero}}{V_{solvent} - V_{zero}} \quad (2.2)$$

โดยที่ V_{zero} เป็นความต่างศักย์ (V_{out}) เมื่อยังไม่มีแสงมาตกกระทบตัว LDR ซึ่งมีค่าไม่เท่ากับ 0

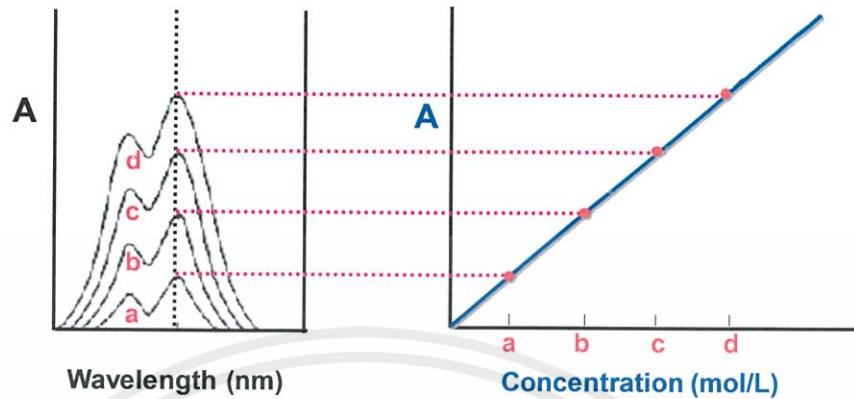
V_{sample} เป็นความต่างศักย์ (V_{out}) เมื่อมีการดูดกลืนความเข้มแสงโดยสารตัวอย่างที่ละลายอยู่ในตัวทำละลาย

$V_{solvent}$ เป็นความต่างศักย์ (V_{out}) ของตัวทำละลายในขณะที่ไม่มีสารตัวอย่างละลายอยู่ ดังนั้น
จากความสัมพันธ์จากสมการข้างต้นเมื่อสารตัวอย่างที่สนใจมีความเข้มข้นเปลี่ยนไปจะส่งผลต่อ
ความเข้มแสงที่ผ่านออกมาตกกระทบ LDR ซึ่งจะส่งผลให้ค่า V_{out} ให้เปลี่ยนตามไปด้วย ซึ่งสามารถ

เอกสารนี้เป็นจำนวนออกมาเป็นค่าการดูดกลืนแสงได้ตามสมการข้างต้นนั่นเอง เติมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าสร้างกราฟระหว่าง Absorbance กับ c จะได้กราฟเส้นตรงดังรูปที่ 2.9 เรียกว่า Calibration curve



รูปที่ 2.9 กราฟระหว่าง Absorbance กับ c จะได้กราฟเส้นตรง

2.7 Enzymatic colorimetric method [11-12]

ยูริกเอส (uricase) เป็นเอนไซม์จำเพาะที่ทำหน้าที่ oxidize กรดยูริกให้กลายเป็น allantoin ซึ่งสามารถละลายน้ำได้มากกว่ากรดยูริก 10 เท่า ทำให้สามารถขับออกทางไตได้ดีกว่า จากการที่พบว่ามนุษย์มีการขาดเอนไซม์นี้ จึงได้มีการพัฒนายาเพื่อใช้ในการรักษาโรคเก๊าท์ที่มีภาวะแทรกซ้อน และไม่สามารถรักษาด้วยยาต่าง ๆ ข้างต้นได้ ในระยะแรกได้มีการพัฒนายา rasburicase ที่ใช้ในการรักษาภาวะกรดยูริกในเลือดสูงในผู้ป่วยโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว และมะเร็งต่อมน้ำเหลือง (tumorlysis syndrome) จึงได้นำมาใช้ในการรักษาผู้ป่วยโรคเก๊าท์

หลักการ

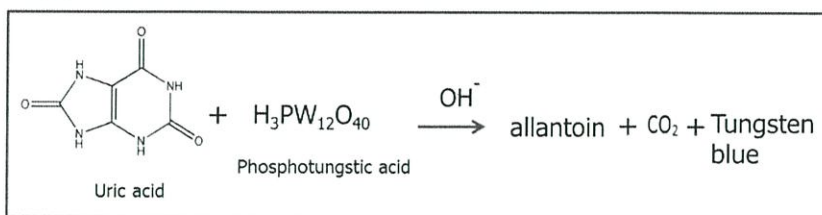


Uric acid จะถูกเปลี่ยนไปเป็น allantoin โดยเอนไซม์ uricase การเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของ uric acid ใน sample

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 Phosphotungstic acid method ของ caraway[13-14]

หลักการ



วิธีนี้ใช้กรดฟอสโฟทังสติกไปออกซิไดส์กรดยูริกในต่างคือ sodium carbonate โดยกรดฟอสโฟทังสติกจะทำหน้าที่เป็นทั้งตัวตกตะกอนโปรตีนและทำปฏิกิริยาเกิดสีในภาวะ pH มากกว่า 6 กรดฟอสโฟทังสติกจะออกซิไดส์กรดยูริกไปเป็นอะลันโทอิน (Allantoin) และคาร์บอนไดออกไซด์ ในขณะที่เดียวกันกรดฟอสโฟทังสติกจะถูกรีดิวซ์ได้สารทังสเตนบลู (Tungsten blue) ซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงที่ 700 nm

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง[14-17]

การหาปริมาณกรดยูริกโดยระบบการไหลที่มีขนาดเล็กโดยใช้ dual optical detection บทความนี้อธิบายถึงการประยุกต์ใช้ระบบที่มีขนาดเล็กกับ dual optical detection ซึ่งพัฒนามา โดยเฉพาะสำหรับการตรวจวัดความเข้มข้นของกรดยูริกในตัวอย่างทางชีวภาพมีการวิเคราะห์ 2 วิธี คือ การวัดค่าการดูดกลืนแสง และวัดค่าการคายแสง ซึ่งระบบจะทำจากโพลีเมอร์โปร่งใส (dimethylsiloxane) (PDMS) การตรวจวัดตัวอย่างมีการเปรียบเทียบผลของทั้ง 2 วิธี ทำให้ระบบดังกล่าวช่วยตรวจสอบผลของสารรบกวนที่มีอยู่ในตัวอย่างจริง

วิธีการวิเคราะห์กรดยูริกในชีววัตถุ

วิธีการสำหรับปริมาณของกรดยูริกในชีววัตถุจะขึ้นอยู่กับ ความสามารถในการรีดิวซ์ของพิวรีน (purine) ในร่างกาย กรดยูริกมีความสามารถในการรีดักทั้งแสดนในกรดฟอสโฟทังสติก เพื่อลดเวเลนซ์อิเล็กตรอนทำให้เกิดสีฟ้า เป็นหลักการเดียวกับปฏิกิริยาที่ใช้สำหรับการหาปริมาณน้ำตาล โดยเทคนิค รีดิวซ์ทองแดงและการหาปริมาณฟอสฟอรัส ซึ่งมีหลายงานวิจัยพยายามรักษาเสถียรภาพของสีที่เกิดขึ้นและป้องกันไม่ให้เกิดความขุ่น บทความนี้จะมุ่งเน้นในการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของคาร์บอนेटต้องการผลในตัวอย่างในปริมาณน้อยให้เป็นไปตามกฎของเบียร์ การพัฒนาการทำให้เกิดสีมากที่สุดและมีเสถียรภาพมากขึ้น ทำให้เหมาะสมกับงานประจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาวิธีเจนต์ สำหรับการหาปริมาณกรดยูริกในเลือด

การใช้กรดฟอสโฟทังสติก เป็นที่นิยมในห้องปฏิบัติการทางคลินิกในสหรัฐอเมริกา เพื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดยูริก ซึ่งจะเน้นค่า pH ที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของสีที่ได้จากปฏิกิริยารีดักชัน ของกรดฟอสโฟทังสติก โดยจะได้สารประกอบสีฟ้า ซึ่งจะทำให้เป็นด่างโดยใช้โซเดียมไฮยาไนด์ในวิธีการของบราวน์ ที่มีความไว (sensitivity) สูง สีที่ได้จะมีค่าการดูดกลืนแสงสูง ซึ่งมีตัวรบกวนการเกิดสี ได้แก่ กรดแอสคอร์บิกและสารอื่นๆที่เกิดปฏิกิริยารีดักต์กับริเอเจนต์ การใช้โซเดียมไฮยาไนด์มีข้อเสียคือ สารละลายแบบลงก็จะเกิดการดูดกลืนแสง กราฟมาตรฐานไม่สามารถทำซ้ำได้ และมีความเป็นพิษสูง ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่จะใช้โซเดียมคาร์บอเนตในการทำเป็นเบส ซึ่งวิธีนี้จะมี ความไว ต่ำกว่าการใช้โซเดียมไฮยาไนด์ และยังพบความขุ่นเหมือนกับการใช้โซเดียมไฮยาไนด์ ผลการทดลองไม่เป็นที่น่าพอใจเนื่องจากกราฟมาตรฐานไม่เป็นไปตามกฎของเบียร์หรือเป็นเส้นตรงได้ไม่เกินความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมของกรดยูริกต่อ 100 มิลลิตร สีที่เกิดขึ้นคงสภาพได้ไม่ดี

ในการศึกษาแสดงให้เห็นว่า วิธีที่ใช้คาร์บอเนตสามารถปรับปรุงโดยการจำกัด ความขุ่นของเกลือที่เกิดจากกรดฟอสโฟทังสติก ทำให้เกิดตะกอนซึ่งตัวรบกวนจะถูกกำจัดด้วยไตรโซเดียมฟอสเฟต (trisodiumphosphate) ซึ่งจะเพิ่มความไวและมีเสถียรภาพเพิ่มขึ้น โดยการใช้ริเอเจนต์ carbonate-urea- triethanolamine (CUTE)

ศึกษาการรบกวนของฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีต่อปฏิกิริยารีดอกซ์ของกรดยูริกกับกรดฟอสโฟทังสติก

ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้ในการเก็บรักษาสารละลายมาตรฐานกรดยูริกจะรบกวนในการวิเคราะห์หาปริมาณกรดยูริกในเลือด โดยกระบวนการ Technicon N-13b phosphotungstate โดยจะชะลอกระบวนการแยก นอกจากนี้ยังจะลดค่าการวิเคราะห์ที่คืนกลับของกรดยูริกเมื่อฟอร์มัลดีไฮด์ถูกฉีดเข้าสู่เลือด กลไกของการรบกวนสารประกอบและอาจเกี่ยวข้องกับกระบวนการแยกทั้งฟอร์มัลดีไฮด์และโปรตีน อาจทำปฏิกิริยากับกรดฟอสโฟทังสติกร่วมกับฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดยูริก ทำให้ค่าการวิเคราะห์ที่คืนกลับของกรดยูริกมีค่าที่ไม่น่าพอใจ โดยกระบวนการ ferricyanide redox-benzodiazep เมื่อสารละลายเหล่านี้ถูกเพิ่มเข้าไปในเลือด ดังนั้นเพื่อที่จะตรวจสอบว่าการรบกวนที่คล้ายกันนี้เกิดขึ้นใน วิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์กรดยูริก จะพบปัญหาเดียวกันนี้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับสถานะที่เหมาะสมของ กรดทังสติก (tungstic acid) และผลกระทบต่อค่าการวิเคราะห์ที่คืนกลับของกรดยูริกจะถูกแก้ไขโดยการแยกโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

3.1.1. สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานกรดยูริก (uric acid) -sigma,USA
 2. สารละลายมาตรฐานกรดฟอสโฟทังสติก (phosphotungstic acid)-lobachemic, india3.
- สารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate)-Quality Reagent Chemical Produc,malaysia

3.1.2. อุปกรณ์และเครื่องตรวจวัด

1. ขวดวัดปริมาตร
2. ปีกเกอร์
3. ปิเปต และ ไมโครปิเปต
4. หลอดหยด
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัด pH- Metrohm® 827 pH Lab Meter, USA
11. เครื่องเขย่าสาร - Vortex Genie 2, USA
12. เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์- Jasco V630, USA
13. เครื่องตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา

3.2 การเตรียมสารละลาย

3.2.1 การเตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณยูริก

1. สารละลายมาตรฐานกรดยูริก 100 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร
ละลายกรดยูริก 0.1000 กรัม ปิเปต โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 3 มิลลิตรแล้วใช้น้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100.00 มิลลิตร
2. สารละลายมาตรฐานกรดฟอสโฟทังสติก
ละลายกรดฟอสโฟทังสติก 4.000 กรัมแล้วใช้น้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 10.00 มิลลิตร
3. สารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 2 % (w/v)

เอกสารนี้เป็นเอกสารเชิงวิชาการสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เอกสารฉบับนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางมหาวิทยาลัย

3.2.2 การเตรียมสารตัวอย่าง

3.2.2.1 การเก็บตัวอย่างปัสสาวะ

ให้ถ่ายปัสสาวะช่วงแรกทิ้งไปก่อน แล้วนำภาชนะรองปัสสาวะช่วงกลาง (ขณะที่พุ่งเป็นสาย) ประมาณ 1 ใน 3 ประมาณ 15 มิลลิลิตร

3.2.2.2 การเก็บรักษาตัวอย่าง

การเก็บรักษาไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมงนับจากการเก็บตัวอย่างหากไม่สามารถตรวจได้ทันที ควรเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.3 ศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมของการวิเคราะห์

3.3.1 ศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นกรดฟอสโฟทังสติกต่อค่าการดูดกลืนแสง

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดยูริกเข้มข้น 100mg/dl ปริมาตร 0.25,0.5,1.5,2.5 และ 3.5 มิลลิลิตร ตามลำดับ ใส่หลอดทดลอง 5 หลอด
2. ปิเปตน้ำกลั่นปริมาตร 4.75, 4.5, 3.5, 2.5 และ 1.5 มิลลิลิตรตามลำดับ
3. ปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 14% 0.3ml ใส่ในหลอดทดลองทั้ง 4 หลอด
4. ปิเปตสารละลาย phosphotungstic acid ที่ความเข้มข้น 20% w/v 0.3ml ใส่ในหลอดทดลอง
5. นำไปวัดค่าการดูดแสง
6. ทำซ้ำข้อ 1-8 แต่เปลี่ยนความเข้มข้นของกรดฟอสโฟทังสติก เป็น 40 , 60, 80% w/v

3.3.2 ศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นโซเดียมคาร์บอเนตต่อค่าการดูดกลืนแสง

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดยูริกเข้มข้น 100 mg/dl ปริมาตร 0.25,0.5,1.5,2.5 และ 3.5 มิลลิลิตร ตามลำดับ ใส่หลอดทดลอง 5 หลอด
2. ปิเปตน้ำกลั่นปริมาตร 4.75, 4.5, 3.5, 2.5 และ 1.5 มิลลิลิตรตามลำดับ
3. ปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 14% 0.3ml ใส่ในหลอดทดลองทั้ง 5 หลอด
4. ปิเปตสารละลายกรดฟอสโฟทังสติก ที่ความเข้มข้น 40% w/v 0.3 ml ใส่ในหลอดทดลอง
5. นำไปวัดค่าการดูดแสง
6. ทำซ้ำข้อ 1-8 แต่เปลี่ยนความเข้มข้นของโซเดียมคาร์บอเนต เป็น 6 , 10, 14% w/v

3.3.3 ศึกษาอิทธิพลของความค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่มีผลต่อค่าการดูดกลืนแสง

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดยูริกเข้มข้น 100 mg/dl ปริมาตร 0.5, 1, 3, 5 และ 7 มิลลิลิตร ตามลำดับ ใส่หลอดทดลอง 5 หลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปิเปตน้ำกลั่นปริมาตร 9.5 , 9, 7, 5 และ 3 มิลลิลิตรตามลำดับ
3. ปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เข้มข้น 14% 0.3ml ใส่ในหลอดทดลองทั้ง 5 หลอด
4. นำไปวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH มิเตอร์
5. ปิเปตสารละลายกรดฟอสโฟทังสติก ที่ความเข้มข้น 40% w/v 0.3ml
6. นำไปวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH มิเตอร์

3.3.4 ศึกษาจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยา

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดยูริกเข้มข้น 100 mg/dl ปริมาตร 3.5 มิลลิลิตร ตามลำดับ ใส่หลอดทดลอง

2. ปิเปตน้ำกลั่นปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร
3. ปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เข้มข้น 2% 0.3 ml ใส่ในหลอดทดลอง
4. ปิเปตสารละลายกรดฟอสโฟทังสติก ที่ความเข้มข้น 40% w/v 0.3 ml ใส่ในหลอดทดลอง
5. นำไปวัดค่าการดูดแสง โดยทำการวัดทุกๆ 30 วินาที

3.4 ศึกษาคุณลักษณะของวิธีวิเคราะห์ปริมาณกรดยูริกด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง

แบบพกพา

3.4.1 การศึกษาความเป็นเส้นตรง

ศึกษาโดยการสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดยูริกที่ความเข้มข้น 4.46 , 8.92, 26.76, 44.6 และ 62.44 ที่เลือกใช้รีเอเจนต์โซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 2 % w/v และฟอสโฟทังสติกความเข้มข้น 40 % w/v จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าความเป็นเส้นตรง(R^2)

3.4.2 การศึกษาความเที่ยง (Precision)

ตรวจวิเคราะห์โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงประเมินจาก %RSD ซึ่งจะทำการทดลองเช่นเดียวกับการสร้างกราฟมาตรฐานแต่จะทำการวิเคราะห์ 6 ซ้ำแล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า %RSD

3.4.3 การศึกษาความแม่นยำ (Accuracy)

ตรวจวิเคราะห์โดยการทำ spiked sample ที่มีระดับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานผสมเท่ากับ 5 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงในสารละลายตัวอย่างปัสสาวะความเข้มข้นละ 6 ซ้ำแล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การวิเคราะห์คืนกลับของวิธีวิเคราะห์

3.4.4 การศึกษาขีดจำกัดของการตรวจวัด (limit of detection) และขีดจำกัดของการวิเคราะห์ (limit of quantitation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การศึกษาขีดจำกัดของการตรวจวัด (limit of detection) เป็นการศึกษาปริมาณที่ต่ำที่สุดของไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดยูริกที่ตรวจวัดได้ และขีดจำกัดของการวิเคราะห์(limit of quantitation) คือปริมาณที่ต่ำที่สุดของกรดยูริกที่สามารถวิเคราะห์ได้ โดยอาศัยข้อมูลจากการสร้างกราฟมาตรฐาน

3.5 ศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพาเพื่อหากรดยูริกในตัวอย่างปัสสาวะ

3.5.1 การสร้างกราฟมาตรฐาน

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดยูริกเข้มข้น 100mg/dl ปริมาตร 0.25,0.5,1.5,2.5 และ 3.5 มิลลิลิตร ตามลำดับ ใส่หลอดทดลอง 5 หลอด
2. ปิเปตน้ำกลั่นปริมาตร 4.75, 4.5, 3.5, 2.5 และ1.5 มิลลิลิตรตามลำดับ
3. ปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เข้มข้น 2% 0.3ml ใส่ในหลอดทดลองทั้ง 5 หลอด
4. ปิเปตสารละลายกรดฟอสโฟทังสติก ที่ความเข้มข้น 40% w/v 0.3ml ใส่ในหลอดทดลอง

5. นำไปวัดค่าการดูดแสง

3.5.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างปัสสาวะ

- 1.ปิเปตตัวอย่างปัสสาวะ 2.5มิลลิลิตร และปิเปตน้ำกลั่น 2.5มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง
- 2.ปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เข้มข้น 2% 0.3mlและสารละลายกรดฟอสโฟทังสติก ที่ความเข้มข้น 40% w/v 0.3ml
3. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง แล้วคำนวณหาความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐาน

3.6 คู่มือการใช้งานเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแบบพกพา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ตัวเครื่องมีขนาดดังนี้ กว้าง 9 ซม. ยาว 13 ซม. สูง 4.5 ซม.

ขั้นตอนการทำงาน

1. กดปุ่มเปิด/ปิดเครื่อง หน้าจอจะแสดงผลเป็น 2.000
2. ทำการเลือกสีหลอด LED ที่สามารถดูคลื่นแสงได้มากที่สุดโดยเราสามารถผสมสีได้ โดยการกด 2 ปุ่ม หรือ 3 ปุ่ม
3. นำหลอดทดลองที่ใส่ตัวทำละลายใส่ลงในที่ใส่หลอดทดลองและทำการกดปุ่มบันทึกค่า
4. เปลี่ยนสารที่มีความเข้มข้น และทำการบันทึกค่าที่ได้ (ขั้นตอนนี้ทำตามจำนวนสารที่เรามีอยู่) นำค่าที่ได้ไปหาค่า R^2



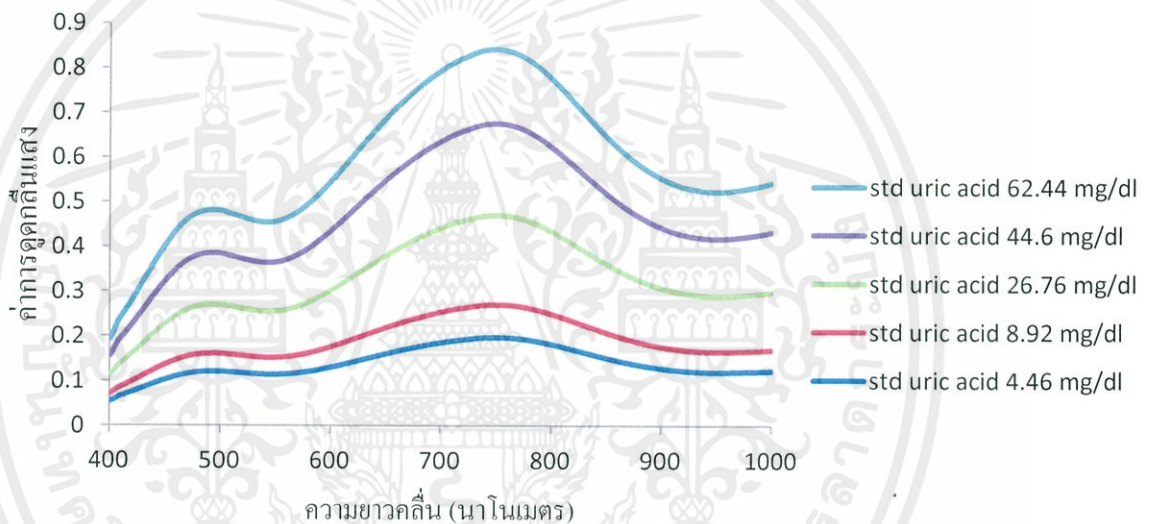
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ศึกษาสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

การศึกษาหาสเปกตรัมการดูดกลืนแสงที่เหมาะสมสำหรับการทดลอง ศึกษาโดยนำสารละลายมาตรฐานกรดยูริกที่มีความเข้มข้น 4.46, 8.92, 26.76, 44.6 และ 62.44 mg/dl ในสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 14 %w/v ทำปฏิกิริยากับสารละลายมาตรฐานกรดฟอสโฟทังสติกที่มีความเข้มข้น 40 %w/v สารละลายเบสก็คือ น้ำกลั่นปราศจากไอออน ได้ผลดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดยูริกที่มีความเข้มข้นต่างๆ

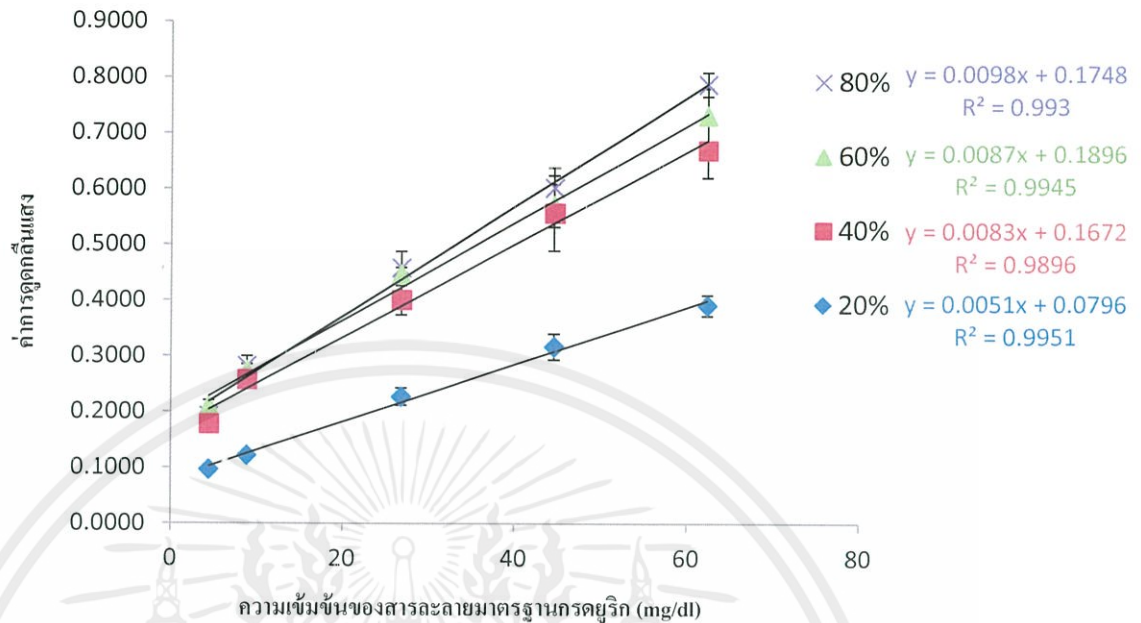
จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า ค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเมื่อสารละลายมาตรฐานกรดยูริกที่มีความเข้มข้นต่างๆ เพิ่มขึ้น โดยสามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 740 นาโนเมตรได้ดีที่สุด ดังนั้นความยาวคลื่นที่เหมาะสมที่จะใช้ติดตามค่าการดูดกลืนแสงในการทดลองหาปริมาณกรดยูริกคือ 740 นาโนเมตร

4.2 ศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมของการวิเคราะห์

4.2.1 ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดฟอสโฟทังสติกที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่การศึกษาหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดฟอสโฟทังสติกที่เหมาะสมสำหรับการทดลอง ศึกษา โดยการตรวจค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดยูริกที่มีความเข้มข้นต่างๆในสารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต 14 % w/v แล้วปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของ

สารละลายมาตรฐานกรดฟอสโฟทังสติก 20 40 60 และ 80% w/v ไปทำการทดลอง ได้ผลดังรูปที่ 4.2



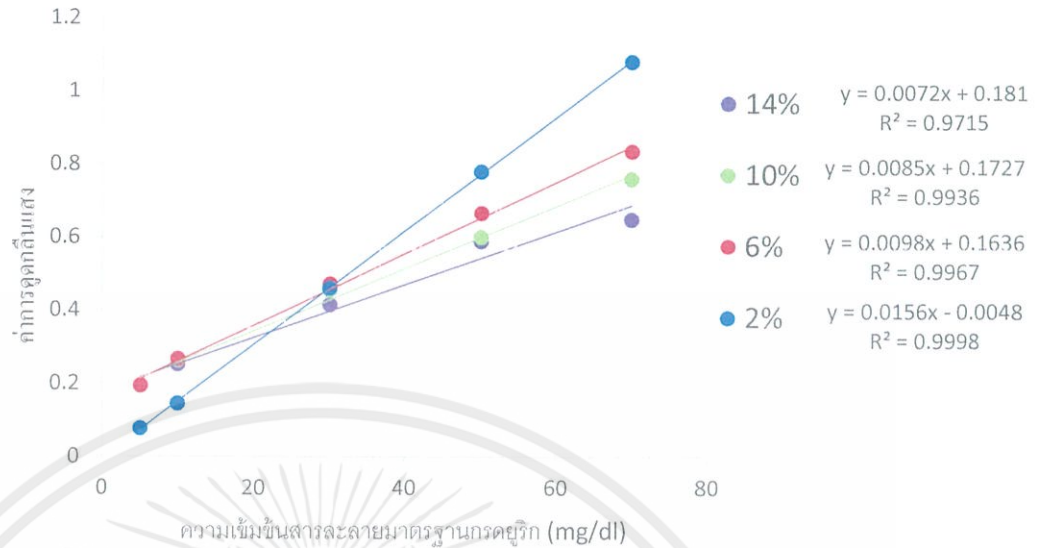
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับค่าความเข้มข้นกรดฟอสโฟทังสติกที่ความเข้มข้นต่างๆที่ความยาวคลื่น 740 nm

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดฟอสโฟทังสติกเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดฟอสโฟทังสติกเพิ่มขึ้น และสถานะความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดฟอสโฟทังสติกที่เหมาะสมในการทดลองคือ 40 % w/v เนื่องจากที่ความเข้มข้น 40, 60, 80 % w/v ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ไม่ต่างกันมากดังนั้นจึงเลือกที่ 40 % w/v เพื่อเป็นการประหยัดสารเคมีซึ่งได้สมการเส้นตรงเท่ากับ $y = 0.0083x + 0.1672$ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.9896

4.2.2 ผลการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นโซเดียมคาร์บอเนตต่อค่าการดูดกลืนแสง

การศึกษาค้นหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน โซเดียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมสำหรับการทดลอง ศึกษาโดยการตรวจค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดฟอสโฟทังสติกที่ความเข้มข้นต่างๆในสารละลายมาตรฐานกรดฟอสโฟทังสติก 40% w/v แล้วปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน โซเดียมคาร์บอเนต 2 6 10 และ 14% w/v ไปทำการทดลอง ได้ผลดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



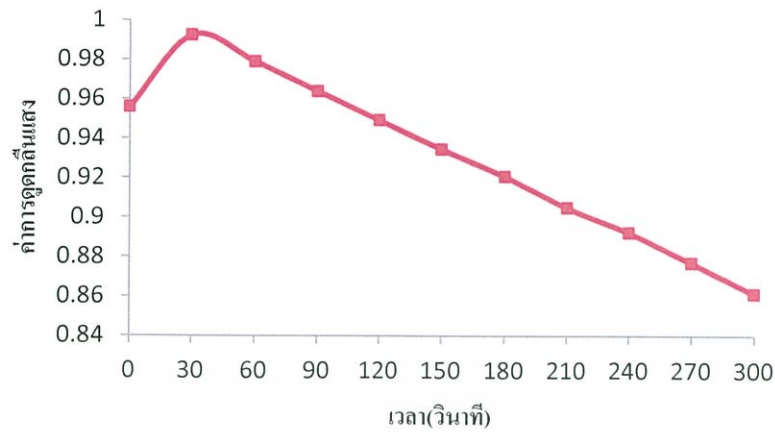
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับค่าความเข้มข้น โซเดียมคาร์บอเนต ที่ความเข้มข้นต่างๆ

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดยูริกลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน โซเดียมคาร์บอเนตเพิ่มขึ้น และสภาวะความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน โซเดียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมในการทดลองคือ 2 % w/v เนื่องจากมีค่าการดูดกลืนแสงดีที่สุด ได้สมการเส้นตรงเท่ากับ $y = 0.0156x - 0.0048$ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.9998

4.2.3 ศึกษาจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยา

จากการศึกษาจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยา โดยศึกษาที่ความเข้มข้นของกรดยูริก 70 mg/dl และใช้สารละลายมาตรฐานกรดฟอสโฟทังสติกเข้มข้น 40 % w/v กับสารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 2 % w/v และวัดค่าการดูดกลืนแสงทุกๆ 30 วินาที ได้ผลดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

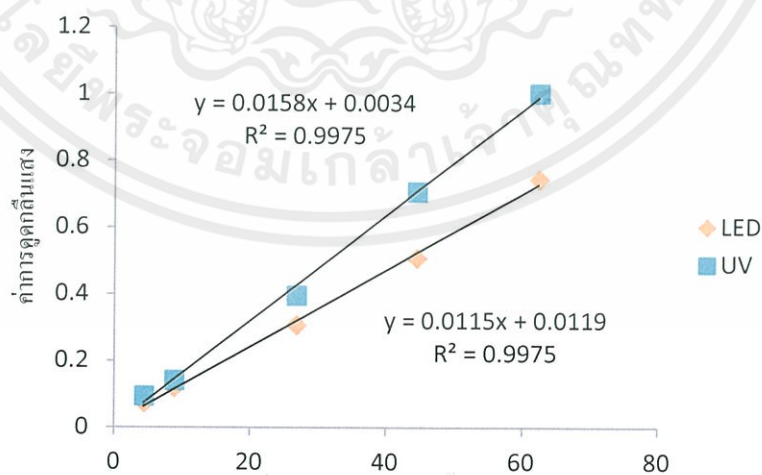


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับเวลา

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าที่เวลา 30 วินาที จะให้ค่าการดูดกลืนแสงที่สูงที่สุดจากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปจะมีค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลง ดังนั้นจึงเลือกวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 30 วินาที

4.3 ศึกษาการเปรียบเทียบความไวในการวิเคราะห์หาปริมาณกรดยูริกด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา กับ เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

จากการทดลองตามสถานะที่เหมาะสมคือ ใช้สารละลายมาตรฐานกรดฟอสโฟทังสติกเข้มข้น 40% w/v กับสารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 2 % w/v มาวิเคราะห์กับสารละลายมาตรฐานกรดยูริกในช่วงความเข้มข้น 4.46-62.44 mg/dl แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์และเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพาเปรียบเทียบกันได้ผลดังรูปที่ 4.5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานับไปจนออกให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

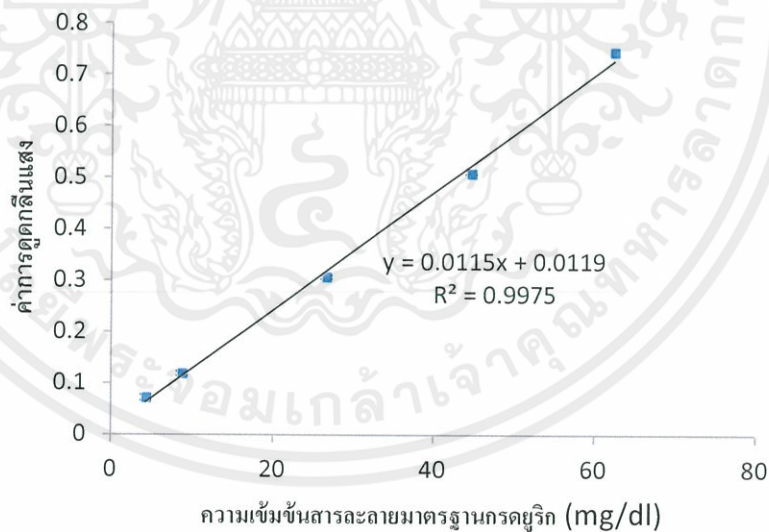
รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงระหว่างเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์กับเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าค่าการดูดกลืนแสงที่ตรวจวัดด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพาให้ค่าน้อยกว่าค่าการดูดกลืนแสงที่ตรวจวัดด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ เนื่องจากเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพามีการใช้โฟโตนิกไดโอดน้อยกว่าเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์อยู่มาก จึงส่งผลให้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพามีความไวในการวิเคราะห์ที่ต่ำกว่าแต่ทั้งนี้จากสมการเส้นตรง $y = 0.0115x + 0.0119$ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.9975 ของค่าการดูดกลืนแสงที่ตรวจวัดด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพาในช่วงที่ยอมรับได้ ดังนั้นเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพาจึงมีแนวโน้มที่จะนำไปใช้หาปริมาณของกรดยูริกได้

4.4 ศึกษาคุณลักษณะของวิธีวิเคราะห์ปริมาณกรดยูริกด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา

4.4.1 ศึกษาความเป็นเส้นตรง (Linearity)

จากรูปที่ 4.6 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดยูริกที่ทำการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา ได้สมการเส้นตรง $y = 0.0115x + 0.0119$ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.9975 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดยูริกที่ความเข้มข้นต่างๆที่ตรวจวัดด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ศึกษาความเที่ยง (Precision)

ความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ ศึกษาโดยการนำสารละลายมาตรฐานกรดยูริกที่ความเข้มข้น 4.46, 8.92, 26.76, 44.6 และ 62.44 มาทำการตรวจวัดซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำผลมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean; \bar{X}) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; SD) และร้อยละของการเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพันธ์ (% Relative Standard Deviation; %RSD) ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าร้อยละของการเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพันธ์ (n=6)

ความเข้มข้น uric acid (mg/dl)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	%RSD
4.46	0.075	0.07	0.075	0.075	0.07	0.065	0.0717	0.0041	5.70
8.92	0.124	0.119	0.119	0.113	0.13	0.119	0.1207	0.0058	4.77
26.76	0.309	0.318	0.301	0.309	0.283	0.309	0.3048	0.0120	3.93
44.6	0.508	0.527	0.481	0.508	0.508	0.508	0.5067	0.0147	2.90
62.44	0.744	0.721	0.769	0.721	0.795	0.721	0.7452	0.0310	4.16

จากตารางที่ 4.1 จะได้ว่าสารละลายมาตรฐานกรดยูริกที่ความเข้มข้น 4.46, 8.92, 26.76, 44.6 และ 62.44 mg/dl จะได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.0041, 0.0058, 0.0120, 0.0147 และ 0.0310 ตามลำดับ แล้วจากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงของกรดยูริกซึ่งทำการทดลองทั้งหมด 6 ซ้ำ สามารถคำนวณหาค่า %RSD และพบว่าได้ค่า %RSD อยู่ในช่วง 2.90 – 5.70 จึงกล่าวได้ว่าวิธีนี้มีความเที่ยงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 ศึกษาค่าร้อยละของการวิเคราะห์การคืนกลับ (recovery)

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าร้อยละของการคืนกลับได้ (%Recovery)

ตัวอย่าง ปีศาจ	ความ เข้มข้น ของยูริกที่ พบใน ตัวอย่าง (mg/dl)	ความ เข้มข้น ของ สารละลาย มาตรฐาน กรดยูริกที่ เติม (mg/dl)	ความเข้มข้นที่ตรวจพบ (mg/dl)			ความ เข้มข้น เฉลี่ย	%recovery
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	26.61	4.46	31.74	30.61	29.65	30.67	90.96
		26.76	50.52	50.52	50.52	50.52	89.35
2	26.35	4.46	30.61	30.61	29.65	30.29	88.34
		26.76	52.78	52	50.52	51.77	94.98

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าค่าร้อยละการคืนกลับ (%Recovery) ที่แสดงวิธีคำนวณไว้ในภาคผนวก ง อยู่ในช่วง 80 -95 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.4.4 ศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (Limit of Detection ; LOD) และขีดจำกัดต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้โดยมีความถูกต้องและความเที่ยงที่ยอมรับได้ (Limit of Quantitation ; LOQ)

ค่า LOD และ LOQ ศึกษาโดยการนำสารละลายมาตรฐานกรดยูริกที่ความเข้มข้น 4.46, 8.92, 26.76, 44.6 และ 62.44 มาทำการตรวจวัดซ้ำ 3 ครั้งด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา จะได้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย แล้วนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐานจะได้สมการเส้นตรง $y = 0.011x + 0.011$ จากกราฟมาคำนวณหาค่า LOD และ LOQ เมื่อ blank ไม่มีสัญญาณ ซึ่งได้ค่า LOD เท่ากับ 2.36 และค่า LOQ เท่ากับ 7.91 ดังแสดงในภาคผนวกที่ ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพาเพื่อ หากรดยูริกในตัวอย่างปัสสาวะ

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองในการหาปริมาณกรดยูริกในตัวอย่างปัสสาวะ ด้วยเครื่องวัดค่าการ
ดูดกลืนแสงแบบพกพา และเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis
spectrometer)

ตัวอย่างที่	ความเข้มข้นที่วิเคราะห์จาก เครื่อง LED detector (mg/dl)			ค่าเฉลี่ย	ความเข้มข้นที่วิเคราะห์จาก เครื่อง UV spectrometer (mg/dl)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	26	26.2	26	26	20.2	24.4	21.4	22
2	32.8	31.4	32.8	32.2	25.6	25.8	26.8	26
3	31.4	30.2	30.2	30.6	25.8	24.8	24.6	25.2
4	17.6	16.8	16.8	17.2	8.6	8.6	8.4	8.6
5	37.8	37.8	37.8	37.8	32.4	31	32.2	31.8
6	19.4	18.6	17.6	18.6	18.6	17.8	17	17.8
7	20.6	20.6	19.4	20.2	19.6	21	18.8	19.8
8	16.6	16.6	15.8	16.4	16.8	21	21	19.6
9	13.8	12.8	11.8	12.8	13.2	12	13.2	12.8
10	28	28	28	28	29.2	33.4	32.6	31.8
11	12.8	11.8	11.8	12.2	9.2	10	10	9.6
12	12.8	12.8	13.8	13.2	12.2	12	9.6	11.2
13	7.4	8.4	8.4	8	8.4	5.2	7.6	7
14	19.4	17.6	18.6	18.6	19	16.4	17.2	17.6
15	20.6	19.4	19.4	19.8	20.8	21.8	23.4	22

จากตารางการแจกแจงค่าที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ $df = 14$ ปรากฏว่าได้ค่า t

จากการเปิดตารางเท่ากับ 2.145 และค่า t_{stat} เท่ากับ 2.079 $t_{stat} < t_{critical}$ ดังนั้นผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นสมมุติฐานจึงสรุปว่าการทดสอบสมมุติฐานจะยอมรับสมมุติฐานหลักนั่นคือ ผลการตรวจวัดกรด

ไม่ว่ากรณีโดยยูริกด้วยเครื่อง LED detector เทียบกับเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ไม่แตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

โครงการพิเศษนี้ได้ทำการพัฒนาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณกรดยูริกโดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา ซึ่งสร้างขึ้นเองในกลุ่มวิจัยและประเมินค่าความถูกต้องของเครื่องมือดูดกลืนแสงแบบพกพาเทียบกับเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์และประยุกต์วิธีที่พัฒนาขึ้นเพื่อหาปริมาณกรดยูริกในปัสสาวะด้วยเครื่องมือดูดกลืนแสงแบบพกพาซึ่งสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

สถานะที่เหมาะสมที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณกรดยูริกในปัสสาวะ โดยความยาวคลื่นที่ใช้คือ 740 nm ความเข้มข้นของกรดฟอสโฟทังสติกเท่ากับ 40% w/v ทำได้โดยสร้างกราฟมาตรฐานซึ่งได้สมการเชิงเส้นเท่ากับ $y = 0.0083x + 0.1672$ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r^2) เท่ากับ 0.9896 ความเข้มข้นโซเดียมคาร์บอเนต 2 %w/v ทำได้โดยสร้างกราฟมาตรฐาน ซึ่งได้สมการเชิงเส้นเท่ากับ $y = 0.0156x - 0.0048$ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r^2) เท่ากับ 0.9998 และศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นกรด-ด่างต่อค่าการดูดกลืนแสง พบว่า ค่าพีเอชที่เหมาะสมของกรดยูริกเมื่อเติมโซเดียมคาร์บอเนต เท่ากับ 11-12 และค่าพีเอชที่เหมาะสมของกรดยูริกเมื่อเติมกรดฟอสโฟทังสติกเท่ากับ 2 - 3

ทำการลงตัวอย่าง โดยเตรียมโซเดียมคาร์บอเนต 2%w/v ซึ่งสาวมา 2 g ปรับปริมาตร 10 mL ด้วยน้ำกลั่น เตรียมกรดฟอสโฟทังสติก ซึ่งสาวมา 5 g ปรับปริมาตร 25 mL ด้วยน้ำกลั่น เตรียมกรดยูริกซึ่งสาวมา 0.1 g ปิเปตโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 mL ปรับปริมาตร 100 mL ด้วยน้ำกลั่นจากนั้นใส่ตัวอย่าง 2.5 mL H₂O 2.5 mL โซเดียมคาร์บอเนต 0.3 mL กรดฟอสโฟทังสติก 0.3 mL ลงในหลอดทดลอง แล้วนำไปตรวจวัดด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา

จากการประเมินประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์พบว่า

1. สแกนสเปกตรัมของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ได้ค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสมคือ 740 nm
2. กราฟมาตรฐานได้สมการเส้นตรง $y = 0.0115x + 0.0119$ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r^2) เท่ากับ 0.975
3. ความแม่นยำของวิธีซึ่งสามารถบอกได้ด้วยค่าร้อยละของการวิเคราะห์คืนกลับอยู่ในช่วง 88 – 95 %
4. ความเที่ยงของวิธีที่สามารถบ่งบอกได้ด้วยค่าร้อยละการเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 2.89 – 5.69 %
5. ค่าขีดจำกัดต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (LOD) มีค่าเท่ากับ 2.33 และค่าขีดการจำกัดต่ำสุดที่สามารถวัดได้โดยมีความถูกต้อง (LOD) มีค่าเท่ากับ 7.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามนำข้อมูลไปใช้

6. การทดสอบค่าเฉลี่ยด้วย t-Test ปรากฏว่าได้ค่าที่จากการเปิดตารางเท่ากับ 2.145 ดังนั้นผลการทดสอบสมมติฐานจึงสรุปว่าการทดสอบสมมติฐานจะยอมรับสมมติฐานหลัก(H0) นั่นคือ ผลการตรวจวัดครดยูริกด้วยเครื่อง LED detector เทียบกับเครื่อง UV-Vis spectrometer ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สรุป วิธีการตรวจวัดครดยูริกในปัสสาวะด้วยเครื่องมือคูคกลืนแสงแบบพกพามีประสิทธิภาพในการตรวจวัด สามารถใช้งานง่าย สะดวก สามารถเคลื่อนย้ายเครื่องมือตรวจวัดได้

ข้อเสนอแนะ

1. จากการตรวจวัดพบว่าเวลามีผลต่อค่าการคูคกลืนแสง
2. ไม่ควรเก็บครดยูริกไว้นานหลายชั่วโมง จะทำให้ครดยูริกเสื่อมสภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรดยูริกสูง และ โรคเก๊าท์[Online]. http://www.health.co.th/Journal2/14-14_Gout.html 2008;Search: 7 October 2013.
- [2] เมแทบอลิซึมของนิวคลีโอไทด์ [Online]. <http://www.champa.kku.ac.th/biochem/sompong%20webpage/book/Nucleotide%20met/NucleotideMetabolism.pdf> 2549; Search: 7 October 2013.
- [3] ระดับกรดยูริกในเลือด[Online]. <http://www.yaandyou.net/index.php/2010-09-02-08-49-20/item/538--uric-acid.html> 2012; Search: 7 October 2013.
- [4] การตรวจปัสสาวะ [Online]. <https://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&cad=rja&ved=0CEUQFjAE&url=http%3A%2F%2Fweb.sut.ac.th%2Fsutnew%2Fnews%2Fcheck02.doc&ei=3rRNUtCfB8aNrQf4k4HICw&usg=AFQjCNGaepJYldCj3Q7jA5gu325Gh4Djrw&bvm=bv.53537100,d.bmk>; Search: 8 October 2013.
- [5] การตรวจคุณสมบัติทางเคมี [Online]. http://www.siamhealth.net/public_html/Health/Lab_interprete/ua.htm#.Uk22tNiraSo; Search: 8 October 2013.
- [6] เครื่องวัดการดูดกลืนแสง [Online]. <http://home.kku.ac.th/chuare/12/spectrophotometer.pdf>; Search: 9 October 2013.
- [7] สเปกโทรสโกปี [Online]. http://www.science.mju.ac.th/chemistry/download/s_muangpil/%E0%B8%84%E0%B8%A1%20260%20Spectroscopy_1-56.pdf; Search: 9 October 2013.
- [8] Lab4 Spectrometer [Online]. http://p-chimalawong.freevar.com/doc/Lab4%20Spectrometer_CRU_Stu.pdf; Search: 10 October 2013.
- [9] สเปกโตรมิเตอร์ [Online]. <http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%AA%E0%B9%80%E0%B8%9B%E0%B8%81%E0%B9%82%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C> 2556; Search: 10 October 2013.
- [10] กนกพล เขาวนิทธิ, ณัฐวุฒิ ประสิทธิ์รัตนพร, สรณัฐ กิตติปัญญางาม, “เครื่องวัดความเข้มข้นของสารละลายแบบพกพา” [CD-ROM]. (ปริญญาานิพนธ์สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2555).

[11] ยาสลายกรดยูริก [Online].

http://siamhealth.net/public_html/Disease/rheumatoid/gout/uric_Uricase.html#.UILH1tJgcQk;
Search: 11 October 2013.

[12] Uric acid [Online]. <http://www.medtechzone.com/data/chem/uric.php>; Search: 12 October 2013.

[13] Lab_สเปคโทรสโคปีและการวิเคราะห์สารเคมีในเลือด[Online].

<http://www.scribd.com/doc/34334383/LAB-สเปคโทรสโคปีและการวิเคราะห์สารเคมีในเลือด/>;
Search: 13 October 2013.

[14] Non-enzymatic disposable uric acid detecting electrode strip, method for producing the same and its use [Online]. <http://www.google.com/patents/US6258230>; Search: 14 October 2013.

[15] Ilona Grabowska*, Michal Chudy, Artur Dybko, Zbigniew Brzozka, 2007. "Uric acid determination in a miniaturized flow system with dual optical detection" *Analytical Chemistry*, 508-513.

[16] ROBERT G. MARTINEK1, 1996. "Micromethod for the determination of uric acid in biological fluids" *Clinical Chemistry Laboratory*, 777-779.

[17] D. H. Jung and A. C. Parekh, 1970. "An Improved Reagent System for the Measurement of Serum Uric Acid" *CLINICAL CHEMISTRY*, Vol. 16, No. 3(1970): 247-250.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ก.ศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมของการวิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบพกพา
ตารางที่ ก.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้กรดฟอสโฟทังสติกที่ความเข้มข้น 20% w/v

ความเข้มข้น กรดยูริก (mg/dl)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
4.46	0.1117	0.1134	0.1234	0.1162	0.0063	5.4419
8.92	0.1436	0.1539	0.1462	0.1479	0.0054	3.6216
26.76	0.2629	0.285	0.2933	0.2804	0.0157	5.6039
44.6	0.4173	0.3949	0.371	0.3944	0.0232	5.8707
62.44	0.5096	0.4726	0.4851	0.4891	0.0188	3.8482

ตารางที่ ก.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้กรดฟอสโฟทังสติกที่ความเข้มข้น 40% w/v

ความเข้มข้น กรดยูริก (mg/dl)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
4.46	0.1844	0.1796	0.1945	0.1862	0.0076	4.0853
8.92	0.2405	0.2411	0.2527	0.2448	0.0069	2.8096
26.76	0.4054	0.4566	0.4426	0.4349	0.0265	6.085
44.6	0.6258	0.6881	0.5531	0.6223	0.0676	10.857
62.44	0.8508	0.8096	0.9074	0.8559	0.0491	5.7366

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้กรดฟอสโฟทังสติกที่ความเข้มข้น 60% w/v

ความเข้มข้น กรดยูริก (mg/dl)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
4.46	0.2	0.2187	0.2138	0.2108	0.0097	4.5992
8.92	0.2749	0.2618	0.2853	0.274	0.0118	4.2977
26.76	0.4596	0.4458	0.4356	0.447	0.012	2.6946
44.6	0.6106	0.5338	0.5665	0.5703	0.0385	6.758
62.44	0.754	0.6761	0.7654	0.7318	0.0486	6.6411

ตารางที่ ก.4 แสดงค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้กรดฟอสโฟทังสติกที่ความเข้มข้น 80% w/v

ความเข้มข้น กรดยูริก (mg/dl)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
4.46	0.1976	0.1784	0.2003	0.1921	0.0119	6.2161
8.92	0.2608	0.2931	0.2914	0.2818	0.0182	6.4513
26.76	0.4876	0.4283	0.4588	0.4582	0.0297	6.4714
44.6	0.594	0.6499	0.5822	0.6087	0.0362	5.9413
62.44	0.8118	0.7704	0.781	0.7877	0.0215	2.7301

ตารางที่ ก.5 แสดงค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้โซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 2% w/v

ความเข้มข้น uric acid (mg/dl)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
4.46	0.079	0.07166	0.0806	0.0771	0.0048	6.1843
8.92	0.139	0.1441	0.1515	0.1449	0.0063	4.3386
26.76	0.4791	0.4611	0.4422	0.4608	0.0185	4.0043
44.6	0.7774	0.8017	0.7595	0.7795	0.0212	2.7171
62.44	1.0423	1.094	1.1046	1.0803	0.0333	3.0855

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.6 แสดงค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้โซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 6% w/v

ความเข้มข้น uric acid (mg/dl)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
4.46	0.1961	0.1974	0.1894	0.1943	0.0043	2.2095
8.92	0.2527	0.2697	0.2794	0.2673	0.0135	5.0569
26.76	0.4511	0.4697	0.4971	0.4726	0.0231	4.8959
44.6	0.675	0.6746	0.647	0.6655	0.0161	2.4118
62.44	0.8404	0.8409	0.8227	0.8347	0.0104	1.2420

ตารางที่ ก.7 แสดงค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้โซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 10% w/v

ความเข้มข้น uric acid (mg/dl)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
4.46	0.198	0.1942	0.1867	0.1930	0.0058	2.9798
8.92	0.2563	0.2668	0.2698	0.2643	0.0071	2.6821
26.76	0.4772	0.4566	0.4346	0.4561	0.0213	4.6705
44.6	0.667	0.5627	0.5708	0.6002	0.0580	9.6675
62.44	0.7906	0.7908	0.6974	0.7596	0.0539	7.0915

ตารางที่ ก.8 แสดงค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้โซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 14% w/v

ความเข้มข้น uric acid (mg/dl)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
4.46	0.1985	0.1887	0.1908	0.192667	0.00516	2.678087
8.92	0.2432	0.2625	0.2527	0.2528	0.00965	3.817401
26.76	0.3856	0.4672	0.3926	0.415133	0.045227	10.8945
44.6	0.5916	0.5812	0.5946	0.589133	0.007032	1.19367
62.44	0.6409	0.6459	0.6585	0.648433	0.009069	1.398658

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับเวลา

เวลา (วินาที)	ค่าการดูดกลืน แสง
0	0.956
30	0.99251
60	0.979074
90	0.963952
120	0.949291
150	0.934535



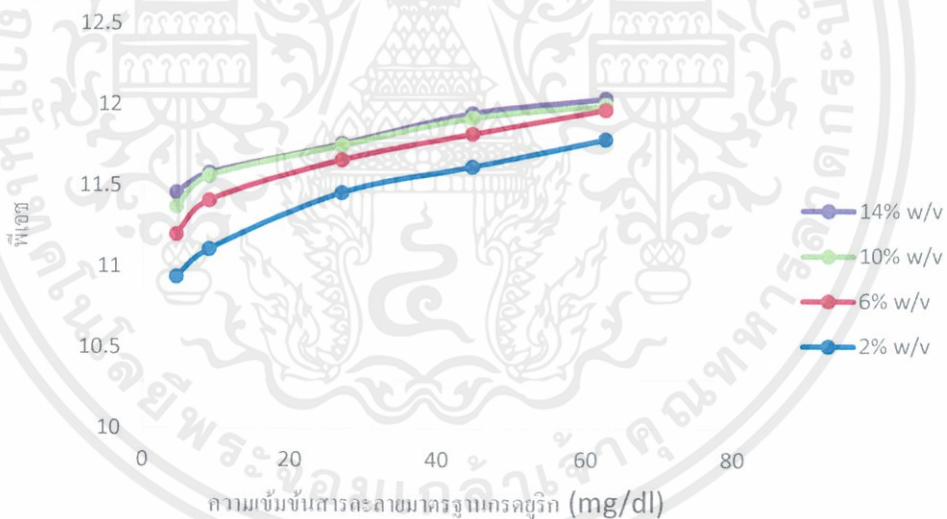
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข.ศึกษาอิทธิพลของความเป็นกรด-ด่างต่อค่าการดูดกลืนแสง

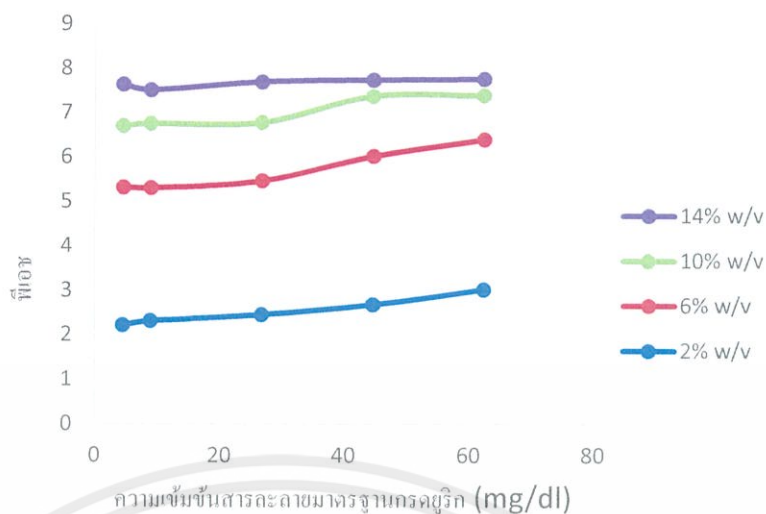
ตารางที่ ข.1 ค่าพีเอชของกรดยูริกเมื่อเติม โซเดียมคาร์บอเนตและกรดฟอสโฟทังสติก

ความเข้มข้น กรดยูริก (mg/dl)	2% w/v Sodium carbonate		6% w/v Sodium carbonate		10% w/v Sodium carbonate		14% w/v Sodium carbonate	
	ค่า pH		ค่า pH		ค่า pH		ค่า pH	
	Na ₂ CO ₃	H3PW12O	Na ₂ CO ₃	H3PW12O	Na ₂ CO ₃	H3PW12O	Na ₂ CO ₃	H3PW12O
		4	3	4		4		4
4.46	10.94	2.22	11.20	5.32	11.37	6.70	11.46	7.64
8.92	11.11	2.32	11.41	5.31	11.56	6.76	11.58	7.52
26.76	11.46	2.46	11.66	5.47	11.75	6.78	11.76	7.70
44.6	11.62	2.69	11.82	6.03	11.92	7.38	11.95	7.75
62.44	11.79	3.03	11.97	6.41	12.00	7.40	12.04	7.77



รูปที่ ข.1 กราฟแสดงค่าพีเอชของกรดยูริกเมื่อเติม โซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.2 กราฟแสดงค่าฟิโอะซของกรดยูริกเมื่อเติมโซเดียมคาร์บอเนตและกรดฟอสโฟทังสติก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ค. ศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณกรดยูริกด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา

ตารางที่ ค.1 แสดงผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดยูริกด้วยเครื่องยูวีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ความเข้มข้น uric acid (mg/dl)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
4.45	0.0972	0.0883	0.09811	0.0945	0.0054	5.7335
8.92	0.1393	0.1335	0.1516	0.1415	0.0092	6.5333
26.76	0.4127	0.3799	0.3953	0.3960	0.0164	4.1443
44.6	0.7319	0.6991	0.6892	0.7067	0.0224	3.1624
62.44	1.0178	0.9901	0.9945	1.0008	0.0149	1.4874

ตารางที่ ค.2 แสดงผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดยูริกด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา

ความเข้มข้น uric acid (mg/dl)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
4.45	0.075	0.07	0.07	0.0717	0.0029	4.0280
8.92	0.124	0.113	0.119	0.1187	0.0055	4.6412
26.76	0.309	0.301	0.309	0.3063	0.0046	1.5078
44.6	0.509	0.503	0.509	0.5070	0.0035	0.6833
62.44	0.744	0.744	0.744	0.7440	0.0000	0.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ง. ศึกษาคุณลักษณะของวิธีวิเคราะห์ปริมาณกรดยูริกด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบพกพา
ตารางที่ ง.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงในการศึกษาความเป็นเส้นตรง

ความเข้มข้น uric acid (mg/dl)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
4.45	0.06	0.065	0.065	0.0633	0.00289	4.5580
8.92	0.113	0.113	0.107	0.1110	0.00346	3.1208
26.76	0.3018	0.327	0.318	0.3156	0.0128	4.0463
44.6	0.522	0.522	0.537	0.5270	0.0087	1.6433
62.44	0.721	0.744	0.7	0.7216	0.0220	3.0495

ตารางที่ ง.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงในการศึกษาศึกษาความเที่ยง (Precision)

ความเข้มข้น uric acid (mg/dl)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
4.45	0.075	0.07	0.075	0.075	0.07	0.065	0.0717	0.0041	5.6965
8.92	0.124	0.119	0.119	0.113	0.13	0.119	0.1207	0.0058	4.7655
26.76	0.309	0.318	0.301	0.309	0.283	0.309	0.3048	0.0120	3.9279
44.6	0.508	0.527	0.481	0.508	0.508	0.508	0.5067	0.0147	2.8998
62.44	0.744	0.721	0.769	0.721	0.795	0.721	0.7452	0.0310	4.1601

การคำนวณหาค่าเฉลี่ยของการดูดกลืนแสง

$$\begin{aligned}
 \text{จาก } \bar{x} &= \frac{\sum x}{n} \\
 &= \frac{0.075 + 0.07 + 0.075 + 0.075 + 0.07 + 0.065}{6} \\
 &= 0.0717
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$SD = \sqrt{\sum_{i=0}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{((0.0033)^2 + (0.0667)^2 + (0.0083)^2 + (0.0667)^2 + (0.0033)^2 + (0.0617)^2)}{6-1}}$$

$$= 0.0041$$

การคำนวณค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์

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

$$= \frac{0.0041}{0.0717} \times 100 = 5.697$$

ตารางที่ ง.3.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงในการศึกษาค่าร้อยละของการวิเคราะห์การคืนกลับของ ตัวอย่างที่ 1 และ spiked sample ทรศยกรความเข้มข้น 4.46 mg/dl

หลอดที่	Abs.1	Abs.2	Abs.3	ค่าเฉลี่ย	conc. uric	SD	%RSD
standard	0.0650	0.0700	0.065	0.0667	4.8406	0.0029	4.3301
sample1	0.321	0.309	0.321	0.3170	26.6087	0.0069	2.1856
spiked	0.3760	0.3630	0.352	0.3637	30.6667	0.0120	3.3035

ตารางที่ ง.3.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงในการศึกษาค่าร้อยละของการวิเคราะห์การคืนกลับของ ตัวอย่างที่ 2 และ spiked sample ทรศยกรความเข้มข้น 4.46 mg/dl

หลอดที่	Abs.1	Abs.2	Abs.3	ค่าเฉลี่ย	conc. uric	SD	%RSD
standard	0.0700	0.0700	0.065	0.0683	4.9855	0.0029	4.2245
sample2	0.318	0.309	0.315	0.3140	26.3478	0.0046	1.4594
spiked	0.3630	0.3630	0.352	0.3593	30.2899	0.0064	1.7674

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3.3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงในการศึกษาค่าร้อยละของการวิเคราะห์การคืนกลับของ ตัวอย่างที่ 1 และ spiked sample กรดยูริกความเข้มข้น 26.76 mg/dl

หลอดที่	Abs.1	Abs.2	Abs.3	ค่าเฉลี่ย	conc. uric	SD	%RSD
standard	0.3180	0.3180	0.309	0.3150	26.4348	0.0052	1.6496
sample1	0.321	0.309	0.321	0.3170	26.6087	0.0069	2.1856
spiked	0.592	0.592	0.592	0.592	50.52174	0.000	0.00

ตารางที่ ง.3.4 แสดงค่าการดูดกลืนแสงในการศึกษาค่าร้อยละของการวิเคราะห์การคืนกลับของ ตัวอย่างที่ 2 และ spiked sample กรดยูริกความเข้มข้น 26.76 mg/dl

หลอดที่	Abs.1	Abs.2	Abs.3	ค่าเฉลี่ย	conc. uric	SD	%RSD
standard	0.3180	0.3180	0.309	0.3150	26.4348	0.0052	1.6496
sample2	0.318	0.309	0.315	0.3140	26.3478	0.0046	1.4594
spiked	0.617	0.609	0.592	0.606	51.7391	0.0012	2.1067

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๔.4 ตารางแสดงผลการทดลองการหาค่า LOD และ LOQ

ความเข้มข้น กรด ยูริก (mg/dl)	abs1	abs2	abs3	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
4.45	0.075	0.07	0.07	0.0717	0.0029	4.0280
8.92	0.124	0.113	0.119	0.1187	0.0055	4.6412
26.76	0.309	0.301	0.309	0.3063	0.0046	1.5078
44.6	0.509	0.503	0.509	0.5070	0.0035	0.6833
62.44	0.744	0.744	0.744	0.7440	0.0000	0.0000

การคำนวณหาค่า LOD และ LOQ

การคำนวณค่า $S_{y/x}$

X_i	y_i	\hat{y}_i	$y_i - \hat{y}_i$	$(y_i - \hat{y}_i)^2$
4.46	0.072	0.0601	1.161E-02	1.347E-04
8.92	0.119	0.1091	9.547E-03	9.115E-05
26.76	0.306	0.3054	9.730E-04	9.467E-07
44.60	0.507	0.5016	5.400E-03	2.916E-05
62.44	0.721	0.6978	2.316E-02	5.364E-04

โดยค่า y_i = ค่าจริงที่อ่านได้จากเครื่องมือ

y_i = ค่าที่ได้จากการแทนค่า x ลงในสมการเส้นตรง

เช่นที่ความเข้มข้นของกรดยูริก 4.46 mg/dl $\hat{y}_i = 0.011(4.46) + 0.011 = 0.0601$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - 2}} = \sqrt{\frac{0.000792}{5 - 2}} = 0.008651$$

$$LOD = y_B + 3S_B = 0.011 + (3)0.008651 = 0.037$$

$$LOQ = y_B + 10S_B = 0.011 + (10)0.008651 = 0.098$$

แทนค่า LOD ลงในสมการเส้นตรง $y = 0.011x + 0.011$

$$0.037 = 0.011x + 0.011$$

$$x = 2.36$$

แทนค่า LOQ ลงในสมการเส้นตรง $y = 0.011x + 0.011$

$$0.098 = 0.011x + 0.011$$

$$x = 7.91$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

จ. ศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้หลักการกับตัวอย่างปัสสาวะ

ตารางที่ จ.1 แสดงการคำนวณหาค่า pair t-test

ตัวอย่างที่	conc.LED	conc.UV	D	D ²
1	13.697	11.633	2.064	4.259
2	16.939	13.756	3.183	10.134
3	16.121	13.249	2.872	8.249
4	9.030	4.518	4.513	20.363
5	19.818	16.822	2.996	8.975
6	9.788	9.396	0.392	0.154
7	10.636	10.418	0.218	0.048
8	8.606	10.367	-1.761	3.100
9	6.788	6.749	0.039	0.002
10	15.030	16.742	-1.712	2.932
11	6.455	5.096	1.359	1.846
12	6.970	5.940	1.030	1.060
13	4.303	3.727	0.576	0.332
14	9.788	9.271	0.517	0.267
15	10.455	11.607	-1.152	1.326
รวม			15.134	63.045

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร } t &= \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N\sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}} \\
 &= \frac{15.134}{\sqrt{\frac{(15 \cdot 63.359) - (15.134 \cdot 15.134)}{15-1}}}
 \end{aligned}$$

$$t_{stat} = 2.115$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้