

การเตรียมและการประเมินประสิทธิภาพของปัสสาวะเทียม เพื่อการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาเทคนิคการแพทย์

กรสิริ ไสยรส* และ คมกฤษณ์ สุขไมตรี

คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

*อีเมลของผู้ประพันธ์บรรณกิจ: Kritsa@kku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเตรียมปัสสาวะเทียมใช้ในการเรียนการสอน สำหรับนักศึกษาเทคนิคการแพทย์ และประเมินประสิทธิภาพของปัสสาวะเทียม เนื่องจากการใช้ปัสสาวะผู้ป่วยมีข้อจำกัดหลายด้าน ประกอบกับคุณภาพของปัสสาวะผู้ป่วยไม่เหมาะสมตามวัตถุประสงค์การเรียนการสอน จึงมีความต้องการพัฒนางานการเตรียมตัวอย่างปัสสาวะเทียมให้สามารถนำมาใช้สอนนักศึกษาแทนตัวอย่างจริงจากทางห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาล โดยการเตรียมปัสสาวะเทียมให้มีส่วนประกอบใกล้เคียงกับปัสสาวะจริงจากมนุษย์ ซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่มตัวอย่าง ตามค่า pH และความถ่วงจำเพาะที่ปรับให้เท่ากับ 6.0; 1.015, 7.0; 1.010 และ 8.0; 1.005 ตามลำดับ จากนั้นทำการศึกษาคุณภาพความคงตัวของปัสสาวะเทียม โดยใช้แถบทดสอบปัสสาวะตรวจ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลารวม 8 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าปัสสาวะเทียมทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่าง ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของ pH และความถ่วงจำเพาะ นอกจากนี้สารเคมีที่ใช้เตรียมตัวอย่างปัสสาวะเทียมไม่มีผลต่อแถบตรวจปัสสาวะ ได้แก่ leukocyte, nitrite, protein, glucose, ketone, urobilinogen และ bilirubin โดยให้ผล Negative ทั้ง 8 สัปดาห์ ทำการทดลองเพิ่มเติมโดยการเติมน้ำตาลกลูโคส 4 ระดับ ได้แก่ 0.15, 0.25, 0.50 และ 1.15 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ลงในปัสสาวะเทียม และตรวจวัดซ้ำ 3 ครั้ง แถบตรวจปัสสาวะให้ผลบวก ระดับ 1+ ถึง 4+ เหมือนกันทั้ง 3 ครั้ง การทดลองปรับระดับสีของปัสสาวะเทียม ทำได้โดยเติมสารละลายสีผสมอาหารสีเหลืองลงในปัสสาวะเทียมในปริมาณต่าง ๆ สามารถอ่านสีด้วยตาเปล่าได้ 3 ระดับ ได้แก่ สีเหลืองอ่อน (ใช้สีผสมอาหาร 10 ไมโครลิตร) สีเหลือง (ใช้สีผสมอาหาร 20-90 ไมโครลิตร) และสีเหลืองเข้ม (ใช้สีผสมอาหาร 100-150 ไมโครลิตร) ผลการศึกษายังพบว่าสีผสมอาหารไม่มีผลรบกวนต่อแถบทดสอบปัสสาวะ การศึกษานี้ทำให้ได้วิธีการเตรียมปัสสาวะเทียมอย่างง่าย มีคุณภาพความคงตัวนาน สามารถปรับเพิ่มเติมสารอื่นเพื่อจำลองปัสสาวะผู้ป่วยได้ และลดข้อจำกัดในการใช้ปัสสาวะผู้ป่วยในการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาเทคนิคการแพทย์ การวิจัยนี้สามารถนำไปปรับใช้ในงานทดลองทางห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และงานด้านการเรียนการสอนของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ได้

คำสำคัญ: ปัสสาวะเทียม แถบทดสอบปัสสาวะ คุณภาพความคงตัว กลูโคส

Preparation and Evaluation of Artificial Urine for Teaching of Medical Technology Students

Kornsiri Saiyaros^{*} and Komgrid Sukmaitree

Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

*Corresponding author's e-mail: Kritsa@kku.ac.th

Abstract

The purpose of this study was to prepare and evaluate artificial urine for medical technology student teaching. Moreover, the quality of patient urine was not coordinated to the teaching objectives. Therefore, the preparation of the artificial urine for teaching is needed to replace a usage of patient urine from the laboratory in hospital. The artificial urine was prepared closely related to human urine composition, which can be divided into 3 groups as the pH value and specific gravity adjusted to 6.0; 1.015, 7.0; 1.010, and 8.0; 1.005, respectively. Then the stability of artificial urine was evaluated by using urine strip test once a week for a total of eight weeks. The results showed that the artificial urine from all of 3 groups, the urinary pH and specific gravity was not changed. In addition, the chemicals used for urine preparation had no effect on the urine strip tests including leukocyte, nitrite, protein, glucose, ketone, urobilinogen and bilirubin, as showed negative results throughout 8 weeks. Moreover, four concentrations (0.15, 0.25, and 1.15 milligram/milliliter) of glucose were also added into the artificial urine. The levels of glucose were determined by using urine strip test in triplicates. The positive results in 4 levels (1+ to 4+) were showed in triplicates. For urinary color adjustment test, the different concentrations of yellow food dye were added into the artificial urine as seeing through naked eye in 3 shades in dose-dependent manner including, pale yellow (10 microliter, μ l of food dye), yellow (20-90 μ l of food dye), and deep yellow (100-150 μ l of food dye). The results also showed that the food dye had no interference on the urine strip test. This study provides an easy preparation method of artificial urine with high stability, high adaptability to mimic patient urine, and reducing the limitation of patient urine usage in teaching of medical technology students. This study can be applied to experimental science research for science laboratories and teaching of science students.

Keywords: Artificial urine, Urine strip test, Stability, Glucose

บทนำ

กลุ่มวิชาจุลทรรศน์คลินิก (Clinical Microscopy) เป็นสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน เพื่อตรวจวิเคราะห์หาความผิดปกติของระบบเลือดในร่างกาย ได้แก่ ความผิดปกติของเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด และความผิดปกติเกี่ยวกับระบบการแข็งตัวของเลือด นอกจากนี้ยังสอนเกี่ยวกับระบบขับถ่ายปัสสาวะและการตรวจหาความผิดปกติของระบบขับถ่ายปัสสาวะ และยังสอนเกี่ยวกับลักษณะของเซลล์ที่พบในภาวะปกติและผิดปกติจากสารน้ำต่าง ๆ ในร่างกาย (Department of Clinical Microscopy, 2024) ดังนั้น การเรียนการสอนทางห้องปฏิบัติการ จึงถือว่ามีความสำคัญ เพื่อช่วยสนับสนุนงานด้านวิชาการของสายผู้สอน และบทบาทหลักงานด้านการเตรียมตัวอย่างสายสนับสนุน ได้แก่ การจัดหาและจัดเตรียมตัวอย่างสิ่งส่งตรวจ (specimen) เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้ในกระบวนการตรวจวิเคราะห์จากตัวอย่างจริงหรือตัวอย่างเสมือนจริง ซึ่งจะสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประกอบวิชาชีพเทคนิคการแพทย์ได้ในอนาคต

การตรวจปัสสาวะเป็นการทดสอบทางห้องปฏิบัติการ ถือว่าเป็นงานที่ใช้วินิจฉัยทางการแพทย์มานานนับพันปี และในปัจจุบันยังใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการช่วยวินิจฉัยทางการแพทย์ ลักษณะของปัสสาวะเป็นของเหลวเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ การรวบรวม การจัดเก็บ และการจัดการเกี่ยวกับปัสสาวะจึงถือว่าสำคัญ เพื่อรักษาส่วนประกอบต่าง ๆ ในปัสสาวะให้สมบูรณ์ (Kitcharoen and Khemtonglang, 2015) การตรวจปัสสาวะอย่างสมบูรณ์ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้ การตรวจทางกายภาพ (Physical examination) ได้แก่ สี (Color) ความใส (Clearly) กลิ่น (odor) และความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) การตรวจทางเคมี (Chemical examination) ได้แก่ พีเอช (pH) ลิวโคไซด์ (Leukocyte) ไนไตรต์ (Nitrite) กลูโคส (Glucose) คีโตน (Ketone) ยูโรบิลิรูบิน (Urobilirubin) อิริโทรไซด์ (Erythrocyte) ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) และการตรวจทางกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic examination) และการตรวจในขั้นตอนสุดท้ายเกี่ยวกับการตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ซึ่งที่นักศึกษาต้องรู้คือผลึก (Crystals) คาสท์ Casts เซลล์ (Cells) และจุลชีพ (microorganisms) (Queremel Milani and Jialal, 2023) นอกจากนี้หากใช้ปัสสาวะจากผู้ป่วยจะต้องผ่านกระบวนการ ขอความอนุเคราะห์จากทางโรงพยาบาล และหน่วยงานห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้อง จากประสบการณ์การทำงานของผู้วิจัย พบว่าการเก็บตัวอย่างมีอุปสรรคหลายด้าน ได้แก่ ใช้เวลานานในการเก็บตัวอย่างและข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ปัสสาวะมีคุณภาพไม่เหมาะสมตามวัตถุประสงค์การเรียนการสอน การตรวจวิเคราะห์ปัสสาวะควรทำขณะที่ปัสสาวะยังสดใหม่ ไม่ควรทิ้งปัสสาวะไว้นานเกิน 2 ชั่วโมงหลังเก็บปัสสาวะ เพราะจะเกิดการสลายตัวของเม็ดเลือดและพบแบคทีเรียเพิ่มมากขึ้นได้ (Yaklai, 20267) จึงเป็นที่มาของการพัฒนางานการเตรียมตัวอย่างปัสสาวะเทียม เพื่อใช้ในงานห้องปฏิบัติการจุลทรรศน์คลินิก การเตรียมปัสสาวะให้ได้คุณภาพควรคำนึงถึงการประกันคุณภาพการตรวจวิเคราะห์ปัสสาวะ เริ่มตั้งแต่ปัจจัยที่เกิดขึ้นในขั้นตอนก่อนการตรวจวิเคราะห์ปัสสาวะ (Preanalytical variables in urine testing) มีหลายอย่าง อาทิ วิธีการเก็บปัสสาวะ ภาชนะที่ใช้เก็บ วิธีการนำส่ง การระบุรายละเอียด และการปิดฉลากสิ่งส่งตรวจ รวมทั้งการแบ่งปัสสาวะ และกระบวนการจัดเตรียมปัสสาวะ เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์ มีปัจจัยหลายอย่างจากผู้ป่วย เช่น อาหาร ยา ซึ่งสามารถทำให้เกิดผลกระทบกับผลการตรวจปัสสาวะได้ เช่น สี ความถ่วงจำเพาะ pH หรือ ความขุ่น ทำให้ผลการตรวจปัสสาวะเกิดความผิดพลาดได้ เช่น การกินหัวบีท (Beet root) ก้านต้นโถ้งน้ำเต้า (Rhubarb) ทำให้ปัสสาวะเกิดเป็นสีแดง หรือกรณีที่กินวิตามินซีปริมาณมากเกินไป เมื่อวิตามินซีถูกขับออกมาในปัสสาวะทำให้เกิดผลลบลงต่อการตรวจหาน้ำตาล การตรวจหาสาเหตุที่ทำให้เกิดผลบวกและผลลบลงในการตรวจวิเคราะห์สารเคมีในปัสสาวะทำได้โดยการใช้แถบทดสอบปัสสาวะ (Aniwatangkoorn, 2010)

การเก็บปัสสาวะค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ถือว่ามีความสำคัญ ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นการเตรียมปัสสาวะเทียมให้มีค่าใกล้เคียงกับปัสสาวะมนุษย์ปกติมากที่สุด การศึกษาของ Avgustin *et al.* (2017) ได้มีการตั้งสมมติฐานว่าเซลล์เม็ดเลือดแดงในปัสสาวะมีการสลายได้ในกรณีที่ค่า pH ต่ำ โดยมีการวิเคราะห์จากตัวอย่างปัสสาวะ จำนวน

843 ราย เมื่อจุ่มแถบตรวจปัสสาวะพบค่าการสลายเม็ดเลือดแดงให้ผล 1+ และ pH < 6.0 ช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% (CI) ส่วนการวัดความถ่วงจำเพาะ (Sp.gr.) ไม่มีอิทธิพลใดๆ ในการตรวจพบเม็ดเลือดแดงในปัสสาวะ การควบคุมความเป็นกรด-ด่างในร่างกายในสภาวะปกติ pH 6.0 เพศหญิงจะมีค่ามากกว่าเพศชายเล็กน้อย ซึ่งมักขึ้นอยู่กับ การเลือกรับประทานอาหารเป็นปัจจัยสำคัญ (Worcester *et al.*, 2018) ในส่วนของค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าปกติ 1.002-1.035 การเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับ การรับประทาน อาหาร สุขภาพ สภาวะการขาดน้ำ (hydration status) และการออกกำลังกาย (physical activity) (Lieberman *et al.* 2013)

การศึกษาของ Sarigul *et al.* (2019) ได้เตรียมปัสสาวะเทียม เพื่อทำการศึกษาในด้านการตรวจวินิจฉัย ใน การศึกษานี้ได้มีการกำหนดสูตรการเตรียมปัสสาวะเทียม โดยมีการเลียนแบบปัสสาวะของคนปกติและกำหนดเกณฑ์ เปรียบเทียบกับปัสสาวะคนสุขภาพดีจำนวน 28 ราย และตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือสเปกโตรมิเตอร์อินฟราเรด เปรียบเทียบสารที่เป็นสารประกอบในปัสสาวะเทียมที่มีลักษณะคล้ายปัสสาวะคนปกติ ซึ่งมีสารที่ถูกนำมาตรวจวัด 9 ชนิด จากทั้งหมด 13 ชนิด ที่เป็นส่วนประกอบของปัสสาวะเทียม ซึ่งคุณสมบัติของปัสสาวะเทียมที่เตรียมขึ้น มีค่า ความเป็นกรด-ด่าง อยู่ที่ pH 6-7 และมีความถ่วงจำเพาะ 1.005 - 1.020 จากงานศึกษาของ Khan *et al.* (2017) ได้ มีการพัฒนาตัวอย่างปัสสาวะเทียม เพื่อใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงป้องกันอันตรายจากการสัมผัสกับ ปัสสาวะจากผู้ป่วย โดยการศึกษาพบว่ามีการเตรียมที่หลากหลายขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ ปัสสาวะ เทียมถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย สำหรับในการศึกษาเซลล์ในหลอดทดลอง (*in vitro*) เพื่อการจำลองสภาพทาง สรีรวิทยาระบบทางเดินปัสสาวะของไตภาวะปกติ องค์ประกอบในสูตรของปัสสาวะเทียมมีมากกว่าในระบบทางเดิน ปัสสาวะ ดังนั้น การตรวจปัสสาวะทางห้องปฏิบัติการในงานประจำวัน (routine urinalysis) มีบทบาทสำคัญช่วยใน การวินิจฉัยและรักษาโรคทางเดินปัสสาวะและโรคไต การเตรียมปัสสาวะจึงมีการสร้างสูตรการเตรียมปัสสาวะขึ้นมา ใหม่ จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาตัวอย่างปัสสาวะเทียม (artificial urine) เพื่อใช้ในการเรียนการสอน เพื่อ ช่วยลดความเสี่ยงป้องกันอันตรายจากการสัมผัสกับสิ่งส่งตรวจจริงจากผู้ป่วย โดยมีวิธีเตรียมหลากหลายขึ้นกับ วัตถุประสงค์ของการนำไปใช้

จากการศึกษาของ Khan *et al.* (2017) ได้ทำการศึกษาการเตรียมปัสสาวะเทียม เพื่อให้ได้องค์ประกอบที่ เหมาะสมต่อการเรียนการสอน เนื่องจากการใช้ปัสสาวะจริงมีข้อจำกัดจากตัวผู้ป่วย รวมทั้งเกี่ยวข้องกับจริยธรรมการ วิจัยในมนุษย์ รวมถึงการป้องกันจากโรคติดต่อทางสิ่งส่งตรวจได้ จึงได้มีการจำลองปัสสาวะเทียมขึ้น และการศึกษา ของ Sueksakit and Thongboonkerd (2021) มีการเตรียมปัสสาวะเทียมจากสารเคมีทั้งหมด 14 ชนิด ปัสสาวะ เทียมมีข้อดีทางด้านงานวิจัยและด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์สุขภาพ โดยการเตรียมปัสสาวะเทียมให้มีความคล้ายคลึง ปัสสาวะจากมนุษย์ อย่างไรก็ตาม ขณะนี้ยังไม่มีวิธีใดที่พิสูจน์ความคล้ายคลึงกันในแง่ขององค์ประกอบทางเคมีใน ปัสสาวะเทียม Sarigul *et al.* (2019)

วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเตรียมปัสสาวะเทียมใช้ในการเรียนการสอน สำหรับนักศึกษาเทคนิค การแพทย์ และประเมินประสิทธิภาพของปัสสาวะเทียม

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับการพิจารณาจากศูนย์จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยผ่านการพิจารณายืนยันกรณีโครงการไม่ เข้าข่ายการวิจัยในมนุษย์ เนื่องจากเป็นงานวิจัยการเตรียมตัวอย่างชีวภาพโดยกระบวนการทางเคมี ไม่เกี่ยวข้องกับ การใช้ตัวอย่างชีวภาพจากมนุษย์ ตามเอกสารเลขที่ 660301.8.2.2/29 วันที่ 25 ธันวาคม 2566 จาก มหาวิทยาลัยขอนแก่น

1.วิธีการเตรียมปัสสาวะเทียม

1.1 เตรียมปัสสาวะเทียมให้มีส่วนประกอบเหมือนกับปัสสาวะปกติจากมนุษย์ด้วยการเติมสารเคมีโดยดัดแปลงจากวิธีของ Sarigul *et al.* (2019) ประกอบด้วยสารเคมีทั้งหมด 13 ชนิด ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 การเตรียมส่วนประกอบสารเคมีในปัสสาวะเทียม

Chemicals	Molarity (mM)	Quantity (g/100 ml)
Sodium sulfate (Na_2SO_4)	11.965	0.1700
Uric Acid ($\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$)	1.487	0.0250
Trisodium citrate dihydrate ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	2.450	0.0720
Creatinine ($\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{O}$)	7.791	0.0881
Urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$)	249.750	1.5000
Potassium chloride (KCl)	30.953	0.2308
Sodium chloride (NaCl)	30.053	0.1756
Calcium chloride (CaCl_2)	1.663	0.0185
Ammonium chloride (NH_4Cl)	23.667	0.1266
Potassium oxalate monohydrate ($\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	0.19	0.0035
Magnesium sulfate heptahydrate ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	4.389	0.1082
Sodium dihydrogen phosphate dihydrate ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	18.667	0.2912
Sodium phosphate dibasic dihydrate ($\text{Na}_5\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	4.667	0.0831

1.2 เติมน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ (sterile distilled water) ให้ได้ปริมาตรทั้งหมด 100 มิลลิลิตร

1.3 ละลายสารเคมีให้เข้ากันด้วย โดยใช้เครื่องกวนสารเคมีให้ความร้อน (Hotplate magnetic stirrer) ที่มีความเร็วรอบ 300 rpm. อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

1.4 จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 2 (Whatman™)

1.5 ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยสารละลาย 2 N NaOH และ 2 N HCl แบ่งออกเป็น 3 ตัวอย่างที่มี pH ต่างกัน ได้แก่ pH 6.0, 7.0 และ 8.0 โดยใช้ด้วยเครื่องเครื่องปรับค่า pH (METTLER TOLEDO 320 pH meter)

1.6 เก็บสารละลายปัสสาวะเทียมที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2 การประเมินประสิทธิภาพปัสสาวะเทียมจากเครื่องมือการวัดค่า pH โดยการเทียบเครื่องมือวัด 3 ชนิด

เครื่องมือวัดค่า pH	pH 6.0	pH 7.0	pH 8.0
METTLER TOLEDO 320 pH meter	6.0	7.0	8.0
กระดาษลิตมัส	6.0	7.0	8.0
แถบทดสอบปัสสาวะ	6.0	7.0	8.0

การทดสอบคุณภาพความคงตัวของปัสสาวะเทียม

การวัดคุณภาพความคงตัวของปัสสาวะเทียมด้วยการวัดค่า pH ด้วยเครื่องมือวัดค่า pH ทั้ง 3 ชนิด มีค่าความคงตัวตามสภาวะของ pH และวัดด้วยแถบทดสอบปัสสาวะ (Combur 10-Test UX urine test strip, Roche) สัปดาห์ละ 1 ครั้ง รวมระยะเวลา 8 สัปดาห์

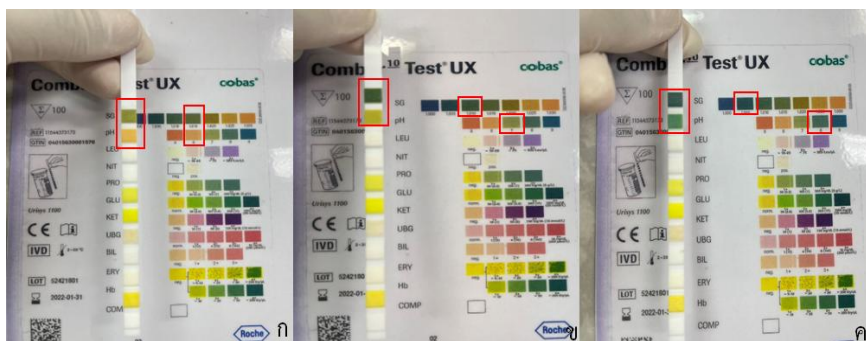
การทดลองเพิ่มเติม

การทดลองเติมน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้นที่ 0.15, 0.25, 0.50 และ 1.15 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในปัสสาวะเทียม กลุ่มค่าความเป็นกรด-ด่าง pH 6.0 และตรวจด้วยแถบทดสอบปัสสาวะซ้ำ จำนวน 3 ครั้ง

การทดลองปรับสีปัสสาวะเทียมด้วยสารละลายสีผสมอาหารสีเหลืองไข่ (Best Odour Egg Yellow Food Color) ด้วยปริมาตร 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140 และ 150 ไมโครลิตร และบันทึกลักษณะสีด้วยตาเปล่า

ผลการวิจัย

จากการศึกษาคุณภาพความคงตัวของปัสสาวะเทียมที่เตรียมจากสารเคมี จำนวน 3 ตัวอย่าง ทดสอบด้วยแถบทดสอบปัสสาวะ ดังภาพที่ 1 โดยทดสอบสัปดาห์ละ 1 ครั้ง รวมระยะเวลา 8 สัปดาห์ ให้ผลไม่เปลี่ยนแปลง ดังตารางที่ 1 สารเคมีที่ใช้เตรียมตัวอย่างปัสสาวะเทียมไม่มีผลต่อแถบตรวจปัสสาวะ ได้แก่ leukocyte, nitrite, protein, glucose, ketone, urobilinogen และ bilirubin ซึ่งให้ผล Negative ทั้ง 8 สัปดาห์



ภาพที่ 1 การทดสอบปัสสาวะเทียมด้วยแถบทดสอบปัสสาวะ (ก) pH 6.0: SG 1.015, (ข) pH 7.0: SG 1.010 และ (ค) pH 8.0: SG 1.005

ตารางที่ 3 ผลทดสอบคุณภาพความคงตัวของปัสสาวะเทียม

สัปดาห์	ปัสสาวะเทียม	แถบตรวจปัสสาวะ								
		pH	SG	LEU	NIT	PRO	GLU	KET	UBG	BIL
0	กลุ่ม 1	6.0	1.015	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	กลุ่ม 2	7.0	1.010	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	กลุ่ม 3	8.0	1.005	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
1	กลุ่ม 1	6.0	1.015	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg

สัปดาห์	ปัสสาวะ	แถบตรวจปัสสาวะ								
	เทียม	pH	SG	LEU	NIT	PRO	GLU	KET	UBG	BIL
	กลุ่ม 2	7.0	1.010	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	กลุ่ม 3	8.0	1.005	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	กลุ่ม 1	6.0	1.015	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
2	กลุ่ม 2	7.0	1.010	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	กลุ่ม 3	8.0	1.005	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	กลุ่ม 1	6.0	1.015	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
3	กลุ่ม 2	7.0	1.010	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	กลุ่ม 3	8.0	1.005	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	กลุ่ม 1	6.0	1.015	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
4	กลุ่ม 2	7.0	1.010	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	กลุ่ม 3	8.0	1.005	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	กลุ่ม 1	6.0	1.015	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
5	กลุ่ม 2	7.0	1.010	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	กลุ่ม 3	8.0	1.005	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	กลุ่ม 1	6.0	1.015	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
6	กลุ่ม 2	7.0	1.010	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	กลุ่ม 3	8.0	1.005	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	กลุ่ม 1	6.0	1.015	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
7	กลุ่ม 2	7.0	1.010	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	กลุ่ม 3	8.0	1.005	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	กลุ่ม 1	6.0	1.015	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
8	กลุ่ม 2	7.0	1.010	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	กลุ่ม 3	8.0	1.005	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	กลุ่ม 1	6.0	1.015	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg

หมายเหตุ

Neg: Negative, SG: ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity), pH: ค่าความเป็นกรด-ด่าง, LEU: Leukocyte, NIT: Nitrite, PRO: Protein, GLU: Glucose, KET: Ketone, UBG: Urobilinogen และ BIL: Bilirubin

จากการทดลองเติมน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้นที่ 0.15, 0.25, 0.50 และ 1.15 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในปัสสาวะเทียม กลุ่มที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง และตรวจด้วยแถบทดสอบปัสสาวะซ้ำ จำนวน 3 ครั้ง ให้ผล 1+, 2+, 3+ และ 4+ ตามลำดับ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ผลการทดสอบแถบน้ำตาลกลูโคสในปัสสาวะเทียม (ก) Negative, (ข) 1+, (ค) 2+, (ง) 3+ และ (จ) 4+

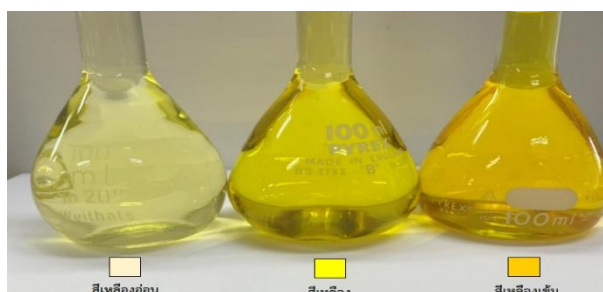
จากการทดลองปรับสีปัสสาวะเทียมด้วยสารละลายสีผสมอาหารสีเหลืองไข่ (Best Odour Egg Yellow Food Color) ปริมาตร 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140 และ 150 ไมโครลิตร ในกลุ่มตัวอย่างที่มี pH 6.0 และบันทึกลักษณะสีด้วยตาเปล่า พบว่า ปัสสาวะเทียมให้สีแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ตามความเข้มข้นของสารละลายสีผสมอาหาร ได้แก่ สีเหลืองอ่อน ใช้สีปริมาตร 10 ไมโครลิตร สีเหลือง ใช้สีปริมาตร 20-90 ไมโครลิตร และสีเหลืองเข้ม ใช้สีปริมาตร 100-150 ไมโครลิตร ดังตารางที่ 2 และ ภาพที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณสีผสมอาหารและการแบ่งระดับสีปัสสาวะเทียมด้วยตาเปล่า

ปริมาณสีผสมอาหาร (ไมโครลิตร/100 มิลลิลิตร)	สีปัสสาวะเทียม*
10	เหลืองอ่อน
20 - 90	เหลือง
100 - 150	เหลืองเข้ม

หมายเหตุ

* ทดสอบจำนวน 3 ซ้ำ



ภาพที่ 3 สีปัสสาวะเทียม ได้แก่ สีเหลืองอ่อน สีเหลือง และสีเหลืองเข้ม

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เห็นผลการทดลองด้านคุณภาพความคงตัวของปัสสาวะเทียมที่เตรียมจากสารเคมี จำนวน 3 ตัวอย่าง ด้วยแถบทดสอบปัสสาวะ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง รวมระยะเวลา 8 สัปดาห์ ให้ผล Negative ทั้งหมด ได้แก่ leukocyte, nitrite, protein, glucose, ketone, urobilinogen และ bilirubin ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมปัสสาวะเทียมมีการคงตัวที่ดีและไม่เกิดปฏิกิริยาต่อแถบตรวจปัสสาวะอื่น ๆ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาบนแถบปัสสาวะต่าง ๆ จะเกิดจากปฏิกิริยาที่จำเพาะกับสารชนิดนั้น ๆ เท่านั้น นอกจากนี้การทดลองได้ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยพบว่า 8 สัปดาห์ผ่านไป ผล pH และความถ่วงจำเพาะไม่เปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นถึงความคงตัวที่ดีเช่นกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารเคมีชนิดต่าง ๆ ที่เติมลงปัสสาวะเทียมไม่มีผลทำให้ pH และความถ่วงจำเพาะเปลี่ยนแปลงไป จึงสามารถทำให้มีความคงตัวอย่างน้อย 8 สัปดาห์ ค่า pH ของปัสสาวะและความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วงเหมือนปัสสาวะจริงจากมนุษย์ปกติ ซึ่งยังไม่เคยศึกษาถึงคุณภาพความคงตัวของ pH และความถ่วงจำเพาะอย่างไรก็ตามปัสสาวะเทียมอาจมีความคงตัวนานมากกว่า 8 สัปดาห์ หากมีการทดสอบด้วยแถบทดสอบปัสสาวะต่อไป และปัสสาวะเทียมสามารถพัฒนาเป็นสารควบคุมคุณภาพปัสสาวะ (Quality control urine) ให้ผลคุณภาพภายใน Negative control ได้

การทดลองเติมน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้นที่ 0.15, 0.25, 0.50 และ 1.15 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในปัสสาวะเทียมกลุ่มค่าความเป็นกรด-ด่าง pH 6.0 ความถ่วงจำเพาะ 1.015 และตรวจด้วยแถบทดสอบปัสสาวะซ้ำ จำนวน 3 ครั้ง แถบ GLU (Glucose) ให้ผล 1+, 2+, 3+ และ 4+ ตามลำดับ ทั้ง 3 ครั้ง แสดงให้เห็นว่าปัสสาวะเทียมสามารถปรับเพิ่มหรือเติมน้ำตาลอื่น เพื่อให้มีคุณสมบัติเหมือนปัสสาวะผิดปกติจากมนุษย์ได้ หากมีการทดสอบคุณภาพความคงตัว ปัสสาวะเทียมสามารถพัฒนาเป็นสารควบคุมคุณภาพภายในให้ผล Positive control ได้เช่นกัน

การทดลองปรับสีปัสสาวะเทียมด้วยสารละลายสีผสมอาหารสีเหลืองไข่ด้วยปริมาตร 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140 และ 150 ไมโครลิตร ในกลุ่มตัวอย่างที่มี pH 6.0 ความถ่วงจำเพาะ 1.015 บันทึกลักษณะสีด้วยตาเปล่า พบว่าปัสสาวะเทียมให้สีแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ตามความเข้มข้นของสารละลายสีผสมอาหาร ได้แก่ สีเหลืองอ่อน ใช้สีปริมาตร 10 ไมโครลิตร สีเหลือง ใช้สีปริมาตร 20-90 ไมโครลิตร และสีเหลืองเข้ม ใช้สีปริมาตร 100-150 ไมโครลิตร แสดงว่าปัสสาวะเทียมสามารถปรับสีได้หลายระดับเพื่อให้มีสีคล้ายกับปัสสาวะจริงได้ สีของปัสสาวะเทียมอาจเติมน้ำผสมอาหารสีอื่นได้ เพื่อเพิ่มความหลากหลายของสีให้เหมือนปัสสาวะจากผู้ป่วย

การเตรียมปัสสาวะเทียมจากสูตรนี้สามารถนำไปปรับใช้ในห้องปฏิบัติการได้ และการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตสำหรับปัสสาวะเทียม อาจเติมน้ำตาลอื่น เซลล์ หรือตะกอนปัสสาวะอื่นๆ ที่สามารถตรวจพบได้ในผู้ป่วยและศึกษาคุณภาพความคงตัวต่อไป เพื่อให้ได้ปัสสาวะเทียมที่มีคุณสมบัติเหมือนปัสสาวะจริงทั้งแบบปกติและผิดปกติ

จากการศึกษาพบว่าเราสามารถปรับความเหมาะสมของปัสสาวะเทียมได้ตาม pH ที่เราต้องการได้ โดยมีการควบคุมด้วยเทคนิคการตรวจวัด pH ด้วย 3 เทคนิค ดังกล่าว รวมถึงสูตรของการนำไปใช้เราสามารถปรับเปลี่ยนได้

จากข้อมูลการศึกษากการเตรียมปัสสาวะเทียม ทำให้ได้องค์ความรู้ใหม่หลายด้าน เช่น การจำลองการเตรียมปัสสาวะเทียมสามารถปรับเปลี่ยนสารเคมีตามความเหมาะสม หรือปรับตามวัตถุประสงค์การใช้งานจริงได้ เมื่อนำมาใช้งานสามารถเก็บได้ทั้งในอุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องได้ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

สรุปผลการวิจัย

การเตรียมปัสสาวะเทียมจากสารเคมี เตรียมได้ง่าย รวดเร็ว และมีความคงตัวนาน สามารถนำมาใช้ในงานด้านการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาเทคนิคการแพทย์ได้อย่างเหมาะสม ปัสสาวะเทียมมีส่วนประกอบใกล้เคียงกับปัสสาวะจากมนุษย์ปกติ แต่สามารถเก็บไว้ได้นานกว่าถึง 8 สัปดาห์ โดยผลการตรวจจากแถบทดสอบปัสสาวะไม่พบการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังสามารถเติมสารเคมีอื่น ๆ เพื่อปรับทั้งสีของปัสสาวะและระดับน้ำตาลกลูโคสในปัสสาวะได้ โดยไม่มีผลต่อแถบทดสอบปัสสาวะอื่น จึงเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะพัฒนาต่อเนื่อง สำหรับการเตรียมปัสสาวะเทียมที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับปัสสาวะของผู้ป่วย เพื่อนำไปใช้ในการจำลองสิ่งส่งตรวจจากปัสสาวะผู้ป่วยในงานด้านการเรียนการสอนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Aniwatangkoorn, Y. (2010). *Quality assurance in urinalysis: From theory to practice*. Phitsanulokdotcom.
- Department of Clinical Microscopy. (2567). *Department introduction*. Retrieved from <https://ams.kku.ac.th/webpage/microscopy/data/about/about.html>
- Khan, L. B., Read, H. M., Ritchie, S. R., & Proft, T. (2017). Artificial urine for teaching urinalysis concepts and diagnosis of urinary tract infection in the medical microbiology laboratory. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 18(2), 10-1128.
- Kitcharoen, S., & Khemtonglang, N. (2015). *Atlas of urinary sediments*. Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kaen.
- Lieberman, D. E., Kistner, T. M., Richard, D., Lee, I. M., & Baggish, A. L. (2021). The active grandparent hypothesis: physical activity and the evolution of extended human healthspans and lifespans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(50), e2107621118.
- Queremel Milani, D. A., & Jialal, I. (2023, May 1). Urinalysis. In *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. PMID: 32491617.
- Sarigul, N., Korkmaz, F., & Kurultak, İ. (2019). A new artificial urine protocol to better imitate human urine. *Scientific Reports*, 9(1), 20159.
- Sueksakit, K., & Thongboonkerd, V. (2021). Optimization of artificial urine formula for in vitro cellular study compared with native urine. *International Journal of Medical Sciences*, 18(14), 3271-3279.
- Worcester, E. M., Bergsland, K. J., Gillen, D. L., & Coe, F. L. (2018). Mechanism for higher urine pH in normal women compared with men. *American Journal of Physiology-Renal Physiology*, 314(4), F623-F629.
- Yaklai, K. (2567). *Urinalysis*. Retrieved from <https://sriphat.med.cmu.ac.th/th/knowledge-543>