สรุปและการวิจารณ์

การหาค่ามาตรฐานการกรองของชุดควบคุมและทดสอบชุดกรองชนิดต่าง ๆ

การพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต เป็นการวิจัยเพื่อสร้างชุดการทดลองที่สามารถนำไปช่วยในการจัดกระบวนการเรียนรู้ไตและการขับถ่ายของเสีย โดยการทดแทนหัวกรองสำเร็จรูปในชุดจำลองกระบวนการกรองของเสียของหน่วยไตของยุน, ลี และคิม (2017) ด้วยชุดกรองที่บรรจุวัสดุทดสอบที่หาได้ง่าย ราคาไม่แพง โดยสุพล มนะเกษตรธาร (2557) ได้กล่าวว่ากระดาษต่าง ๆ หรือวัสดุจากเยื่อไม้สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์อย่างง่ายได้ ผู้วิจัยจึงเลือกวัสดุทดสอบที่สามารถหาได้ในห้องปฏิบัติการของโรงเรียน ได้แก่ กระดาษกรอง กระดาษแก้วขุ่น และสำลี มาใช้ในการทดลองนี้

ชุดจำลองการกรองของหน่วยไต ออกแบบโดยใช้กระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร ดูดสารผสม ปริมาตร 7 มิลลิลิตร แล้วสวมหัวกรองสำเร็จรูปเข้าที่ปลายกระบอก ออกแรงกดให้สารผสมกรองผ่านหัวกรองลงสู่หลอดทดลอง ชุดจำลองนี้สร้างขึ้นเพื่ออธิบายการทำงานของหน่วยไต โดยใช้กระบอกฉีดยาแทนหลอดเลือดแดงที่นำเลือดเข้าสู่ไต (Renal artery) แทนเลือดด้วยสารผสม ซึ่งออกแบบให้สารละลายน้ำแป้งแทนการมีอยู่ของสารโมเลกุลใหญ่ในน้ำเลือด เช่น โปรตีน เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว เป็นต้น และให้สารละลายน้ำตาลเด็กโทรสแทนการมีอยู่ของสารโมเลกุลเล็กในน้ำเลือด เช่น ยูเรีย น้ำ น้ำตาลกลูโคส โซเดียม คลอไรด์ เป็นต้น (เกษม ศรีพงษ์. 2537, นันทนา สำเภา. 2555) หยดสารละลายไอโอดีนลงในสารผสมทำให้สารสีใสเปลี่ยนสีน้ำตาลแดงจากการทำปฏิกิริยาของโมเลกุลแป้งกับสารละลายไอโอดีน โดยพบว่าโครงสร้างอะไมโลเพคติน (Amylopectin) ในแป้งมันฝรั่งแป้งกับสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีนจะให้สีน้ำตาลแดง และสีจะเปลี่ยนไปตามชนิดของโครงสร้างแป้ง นำสารผสมสีน้ำตาลแดงไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร เพื่อใช้เป็นค่าตั้งต้นในการทดสอบประสิทธิภาพ เนื่องจากความไม่อยู่ตัวของสีที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาจึงจำเป็นต้องวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารผสมทุกชุดการทดลอง (ดุษฎี อุตภาพ. 2560) หลังจากนั้นกรองสารผสมผ่านหัวกรองสำเร็จรูปชนิดไนลอน ขนาด 0.22 ไมโครเมตร ใส่หลอดทดลองทีละ 1 มิลลิลิตร จนครบ 7 มิลลิลิตร สังเกตสีของสารที่กรองได้ โดยพบว่าสารที่ได้ในมิลลิลิตรที่ 1 มีสีค่อนข้างใส และจะเห็นสีเพิ่มขึ้นตามปริมาตรที่กรอง อธิบายได้ว่าสารละลายน้ำแป้งผ่านกรองลงสู่หลอดทดลองได้เล็กน้อยและจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามการกรองที่มากขึ้น เปรียบเหมือนการกรองของหน่วยไตที่สารโมเลกุลใหญ่ไม่สามารถกรองผ่านออกมาสู่หน่วยไตได้ แต่หากมีการใช้งานที่นานมากขึ้น ประสิทธิภาพในการกรองของโกลเมอรูลัสลดลงหรือเกิดปัญหากับหน่วยไตจะทำให้สารโมเลกุลใหญ่สามารถผ่านเข้า

ไปในหน่วยไตได้ (พเยาว์ ยินดีสุข, วิภา เกียรติธนะบำรุง และสายสวาท สถวัณณกีฎะ. 2547) หลังจากวัดค่าการดูดกลืนแสงแล้ว นำสารที่กรองได้มาทดสอบการมีอยู่ของน้ำตาลโดยหยดสารละลายเบเนดิกซ์ แล้วนำไปต้ม พบว่าเกิดตะกอนสีแดงอิฐแสดงว่าน้ำตาลเด็กโทรสที่อยู่ในสารผสมสามารถกรองผ่านชุดทดลองออกมาได้ เนื่องจากการทดสอบเบเนดิกซ์เป็นวิธีทดสอบน้ำตาลทุกชนิด ยกเว้น น้ำตาลซูโครส เมื่อต้มน้ำตาลกับสารละลายเบเนดิกซ์ในภาวะที่เป็นด่าง น้ำตาลจะใช้หมู่แอลดีไฮด์ในการรีดิวซ์คิวพริกไอออน (Cu^{2+}) ในสารละลายเบเนดิกซ์ทำให้เกิดเป็นตะกอนสีแดงอิฐของคิวพรัสออกไซด์ (Cu_2O) (บัญชา แสนทวี และคณะ. 2551 : 317-318) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าในหลอดทดลองใดที่ให้ตะกอนสีแดงอิฐ แสดงว่าสารละลายน้ำตาลเด็กซ์โทรสสามารถผ่านหัวกรองลงสู่หลอดทดลองได้ สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลองที่แทนให้สารละลายเด็กซ์โทรสแทนการมีอยู่ของสารโมเลกุลเล็กในเลือดที่สามารถกรองผ่านผนังโกลเมอรูลัสเข้าสู่โบว์แมนแคปซูลได้ (มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา. 2560)

จากการทดสอบประสิทธิภาพการกรองของชุดควบคุม พบว่าสีของสารที่กรองได้ทั้ง 7 หลอดเข้มขึ้นตามปริมาตรที่เพิ่มขึ้น และในมิลลิลิตรที่ 1 มีค่า OD_{620} เท่ากับร้อยละ 85.57 ซึ่งผู้วิจัยใช้ค่าดังกล่าวเป็นค่ามาตรฐานในการเทียบหาชุดกรองที่ดีที่สุด เพื่อนำมาทดแทนหัวกรองสำเร็จรูป ผู้วิจัยได้ออกแบบชุดจำลองสำหรับบรรจุวัสดุกรอง โดยการประยุกต์ใช้กระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร บรรจุจุกยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับกระบอกฉีดยา เจาะรูขนาด 13 มิลลิเมตร ลงไปด้านล่างสุดของกระบอก หลังจากนั้นบรรจุวัสดุทดสอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเท่ากับกระบอกฉีดยา ปิดทับบนวัสดุด้วยจุกยางเจาะรูเช่นเดียวกับด้านล่าง แล้วเติมสารผสมสำหรับทดสอบลงในชุดกรอง การทดสอบประสิทธิภาพของชุดกรองที่สร้างขึ้นทำโดยใช้แผ่นกรองชนิดไนลอน ขนาดรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร จำนวน 1 แผ่นเป็นวัสดุทดสอบ พบว่าให้ผลการทดสอบประสิทธิภาพการกรองใกล้เคียงกับชุดควบคุม จึงอธิบายได้ว่าชุดกรองที่สร้างขึ้นสามารถใช้ทดแทนหัวกรองสำเร็จรูปได้

การทดสอบชนิดของวัสดุที่เหมาะสมสำหรับใช้ทดแทนหัวกรองสำเร็จรูปในชุดจำลองการกรองของหน่วยไต โดยใช้วัสดุกรอง 3 ชนิด ได้แก่ กระดาษกรอง กระดาษแก้วขุ่น และสำลี กำหนดเป็นชุดกรองแบบต่างๆ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ใช้วัสดุกรองชนิดเดียว กลุ่มที่ใช้วัสดุกรองสองชนิด และกลุ่มที่ใช้วัสดุกรองสามชนิด นำไปทดสอบประสิทธิภาพการกรองด้วยการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของความแตกต่างระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร ก่อนและหลังการกรอง เพื่อคัดเลือกชุดกรองที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือใกล้เคียงชุดควบคุมมากที่สุด พบว่า ชุดกรองที่มีประสิทธิภาพการกรองดีที่สุด โดยใช้วัสดุกรองชนิดเดียว สองชนิด และสามชนิด ได้แก่ ชุด Cotton10 ที่บรรจุด้วยสำลีจำนวน 10 แผ่น มีประสิทธิภาพการกรองเท่ากับ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ร้อยละ 79.39 ชุด C5F5 ที่บรรจุด้วยสำลีและกระดาษกรองอย่างละ 5 แผ่น มีประสิทธิภาพการกรองเท่ากับได้ร้อยละ 72.92 และชุด FCG ที่บรรจุด้วยกระดาษกรอง สำลี และกระดาษแก้วขุ่นอย่างละ 5 แผ่น มีประสิทธิภาพการกรองเท่ากับร้อยละ 84.07 เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพของชุดกรองแต่ละชุด พบว่าชุดกรองที่ไม่มีสำลีเป็นวัสดุกรองจะให้ค่าประสิทธิภาพน้อยกว่าชุดที่มีสำลี เนื่องจากสำลีมีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์แบบโซ่ตรงของกลูโคส มีลักษณะการเชื่อมต่อคล้ายตาข่าย โดยโมเลกุลจะเกาะกันเป็นคู่ตามยาวและเรียงขนานกันเป็นกลุ่ม มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโซ่ ทำให้เกิดโครงสร้างเป็นเส้นใย มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำแต่สามารถดูดซับน้ำและสารต่าง ๆ ได้ดีจากลักษณะโครงสร้างที่เป็นรูพรุน (ดุษฎี อุตภาพ. 2560) ทำให้มีความสามารถในการดูดซับสารได้ดี อีกทั้งยังมีความหนาที่มากกว่าวัสดุทดสอบชนิดอื่น ทำให้มีพื้นที่ในการดูดซับสารได้มากกว่า (กระทรวงศึกษาธิการ. 2554) และชุดกรองที่บรรจุด้วยกระดาษแก้วขุ่นเพียงชนิดเดียวมีประสิทธิภาพการกรองต่ำ ทั้งชุด Glassin 5 และชุด Glassin 10 ซึ่งมีประสิทธิภาพการกรองเพียงร้อยละ 8.30 และ 32.13 ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากโครงสร้างของกระดาษแก้วขุ่นเป็นเยื่อกระดาษ ความชื้นผ่านได้มาก ทำให้วัสดุยอมให้ของเหลวไหลผ่านได้ง่ายกว่าวัสดุชนิดอื่น (กระทรวงศึกษาธิการ. 2557) ต่างจากกระดาษกรองมีคุณสมบัติในการดูดซับได้ดี ในการทดลองใช้กระดาษกรองที่มีขนาดรูพรุนเท่ากับ 11 ไมโครเมตร ในขณะที่โมเลกุลของเม็ดแป้งมีขนาด 10 - 30 ไมโครเมตร จึงทำให้สามารถดูดซับสารไว้ได้บ้างส่วน (พิสิฐ์พงษ์ หมื่นประเสริฐดี. 2557) อีกทั้งจากการศึกษาพบว่าลำดับในการวางวัสดุกรองส่งผลให้ประสิทธิภาพการกรองแตกต่างกัน เนื่องจากการกรอง หมายถึงการแยกอนุภาคของแข็งที่ปนอยู่ในสารละลายใดๆ ที่ไม่ต้องการออก โดยให้สารละลายผ่านตัวกลางที่ใช้ในการกรอง (บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์ และชรัตน์ รุ่งเรืองศิลป์. 2533) วัสดุกรองทำหน้าที่เป็นตัวกลางกรอง ที่ดูดซับเอาสิ่งที่ต้องการกรองไว้ที่ผิวของวัสดุหรือระหว่างช่องว่างของวัสดุกรอง ประสิทธิภาพการกรองขึ้นอยู่กับลักษณะของวัสดุที่เลือกใช้ เช่น พื้นที่ผิวสัมผัส ความเป็นรูพรุน การกรองมักทำให้วัสดุเกิดการอุดตันตามปริมาณของอนุภาคที่จับไว้ โดยลักษณะการจับอนุภาคเกิดได้ทั้งที่ผิวหน้าวัสดุกรองและดูดซับในโครงสร้าง (ฐิติรัตน์ ชาวไชย. 2551) หากบรรจุวัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดซับและดักอนุภาคได้มากไว้ด้านบนจะทำให้ชุดกรองมีประสิทธิภาพในการกรองมากขึ้นในทำนองเดียวกัน แม้ว่าวัสดุมีคุณสมบัติในการดูดซับต่ำ แต่สามารถดักจับอนุภาคไว้บนพื้นผิวได้เล็กน้อย เหล่านี้ล้วนส่งผลถึงประสิทธิภาพการกรอง ดังนั้น ชุดกรองที่มีตำแหน่งการเรียงของวัสดุกรองต่างกันย่อมส่งผลให้ประสิทธิภาพการกรองต่างกัน เมื่อนำชุดที่ดีที่สุดของแต่ละกลุ่มไปเทียบลักษณะการลดลงของสีแต่ละมิลิลิตรที่กรองได้เทียบกับชุดควบคุม พบว่าให้สีของสารที่กรองผ่านวัสดุกรองแต่ละหลอดใกล้เคียงกับสีของสารที่กรองผ่านหัวกรองสำเร็จรูปซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของยุน, ลี และคิม (2017) ที่พบว่าก่อน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

การกรองสารผสมเป็นสีน้ำตาล เมื่อผ่านการกรองสารละลายที่ได้มีสีใสและจะมีสีเข้มขึ้นเรื่อยๆตามปริมาณการกรองที่เพิ่มขึ้น โดยแทนให้สารละลายที่กรองได้เป็นสารขนาดเล็ก เช่น น้ำ น้ำตาลกลูโคส และกรดอะมิโน ส่วนสารที่ถูกกรองไว้เป็นสารโมเลกุลใหญ่ในเลือดเช่นเม็ดเลือดแดงและโปรตีนเป็นต้น อีกทั้ง ยังอธิบายเพิ่มเติมว่า หากการกรองไม่สามารถซับสีไว้ได้ อาจใช้อธิบายถึงหน่วยไตที่ทำงานผิดปกติได้ จากข้อมูลข้างต้น พบว่า ชุดกรอง FCG แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการกรองสารผสมใกล้เคียงกับชุดควบคุมมากที่สุด โดยการเรียงกันของวัสดุทดสอบ ได้แก่ กระดาษกรองที่มีคุณสมบัติในการกรองสารโมเลกุลใหญ่ทำให้อนุภาคของแป้งที่มีขนาดใหญ่สามารถผ่านกระดาษกรองลงสู่ชั้นต่อไปได้เพียงบางส่วน เมื่อสารผสมไหลผ่านสำลีซึ่งมีรูพรุนและพื้นผิวสัมผัสมาก จะถูกดูดซับอนุภาคแป้งได้มาก รวมถึงสารผสมยังถูกดูดซับเพิ่มเติมบนผิวของกระดาษแก้วขุ่นทำให้ผลการกรองมีค่าสูงกว่าชุดอื่น ๆ ทั้งนี้ปริมาณชั้นทดสอบที่มากกว่า ชุดกรองอื่น ๆ มีส่วนทำให้ประสิทธิภาพการกรองดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบสีของสารแต่ละมิลลิลิตรที่กรองได้และการทดสอบเบเนดิกซ์ พบว่าชุด FCG ให้แนวโน้มไปในทางเดียวกันกับชุดควบคุม ดังนั้น ชุดกรองที่มีประสิทธิภาพการกรองที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ทดแทนหัวกรองสำเร็จรูปในชุดจำลองการกรองของหน่วยไต ได้แก่ ชุด FCG

การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับประสิทธิภาพการกรองของชุดจำลองการกรองของหน่วยไตในด้านต่าง ๆ เปรียบเทียบระหว่างชุดควบคุมกับชุด FCG เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบและประยุกต์ใช้ชุดทดลองในการจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยการวิเคราะห์ปริมาณแป้งและน้ำตาลที่กรองได้ ทำโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงแล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแป้งคงเหลือ พบว่าชุดกรองทั้งสองชนิดมีปริมาณแป้งคงเหลือน้อยกว่า 4.0 กรัมต่อลิตร สอดคล้องกับดุษฎี อุตภาพ (2560) ที่อธิบายถึงขนาดของโมเลกุลแป้งมันฝรั่งที่มีขนาดใหญ่ (10 - 30 ไมโครเมตร) ทำให้สามารถถูกดูดซับไว้บนวัสดุกรองที่มีรูพรุนขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรได้ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลพบว่าปริมาณน้ำตาลของชุด FCG ในมิลลิลิตรที่ 1 ถึง 5 มีน้ำตาลเหลือน้อยกว่า 5 กรัมต่อลิตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณน้ำตาลใน มิลลิลิตรที่ 2 ถึง 7 ปริมาณมากกว่า 9 กรัมต่อลิตร หรือคิดเป็นร้อยละ 90 ในทุกมิลลิลิตร เนื่องจากโมเลกุลของน้ำตาลมีขนาดเล็กกว่ารูของวัสดุกรองทำให้สามารถผ่านช่องว่างของแผ่นกรองลงมาได้ โดยในชุดควบคุมมีชั้นกรองเพียงชั้นเดียวทำให้ผ่านลงมาได้ง่ายกว่า ชุด FCG ที่มีชั้นกรองมากกว่าถึง 15 ชั้น ทำให้เกิดการดูดซับได้มากกว่าแม้ว่าโมเลกุลของน้ำตาลจะมีขนาดเล็กกว่า (เกษม ศรีพงษ์. 2537)

การเปรียบเทียบผลของอัตราเร็วต่อประสิทธิภาพการกรอง โดยใช้กระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร ทดสอบการกรองด้วยอัตราเร็ว 15, 30, 45 และ 60 วินาทีต่อมิลลิลิตร พบว่าที่อัตราเร็ว 30 วินาทีต่อมิลลิลิตรเป็นต้นไป สารละลายมิลลิลิตรที่ 1 ให้ประสิทธิภาพการกรอง

มากกว่าร้อยละ 80 และประสิทธิภาพการกรองจะค่อย ๆ ลดลงที่ละน้อยแปรผันกับปริมาตรและความเร็วที่ใช้ในการกรอง ซึ่งประสิทธิภาพที่ได้ สามารถอธิบายได้ว่าความเร็วที่ใช้ในการกรองมีผลต่อการไหลผ่านของสารตามชั้นกรอง หากมีการไหลผ่านที่เร็วและแรงการดูดซับจะเกิดขึ้นได้น้อย (สุพล มนะเกษตรธาร. 2557) การศึกษาผลของแรงดันต่อประสิทธิภาพการกรอง โดยใช้กระบอกฉีดยาขนาด 5, 10, 20 และ 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ กรองด้วยความเร็ว 30 วินาทีต่อ 1 มิลลิลิตร พบว่าหลอดฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร ขึ้นไปจะให้ค่าประสิทธิภาพการกรองเพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นผลจากพื้นที่หน้าตัดที่เพิ่มขึ้นตามขนาดแรงดัน ทำให้มีพื้นที่ในการกรองเพิ่มขึ้น ค่าประสิทธิภาพในการกรองจึงเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อพื้นที่ผิวในการดูดซับเพิ่มขึ้น จะทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น (กระทรวงศึกษาธิการ. 2554) แต่เนื่องจากปริมาณที่ใช้ในการทดสอบ มีปริมาตร 7 มิลลิลิตร ดังนั้น ขนาดของกระบอกฉีดยาที่เหมาะสมกับชุดทดลองที่สุด คือ ขนาด 10 มิลลิลิตร

การศึกษาผลของชนิดแป้งต่อประสิทธิภาพการกรอง โดยเปลี่ยนชนิดแป้งที่ใช้ในการเตรียมสารละลายน้ำแป้ง ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลัง เปรียบเทียบกับแป้งมันฝรั่ง พบว่า เมื่อหยดไอโอดีนลงในสารผสมที่ใช้สารละลายน้ำแป้งต่างชนิดจะให้สีของสารผสมที่แตกต่างกัน โดยพบว่า สีของสารละลายแป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวจ้าว แป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลัง เมื่อหยดไอโอดีนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง สีน้ำเงิน สีม่วงแดง และสีม่วงแดง ตามลำดับ เนื่องจากโครงสร้างของแป้งแต่ละชนิดมีจำนวนอะไมโลสที่เป็นองค์ประกอบไม่เท่ากันทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนของอะไมโลสกับไอโอดีนที่ให้สีแตกต่างกัน ถ้าแป้งมีโครงสร้างเป็นอะไมโลสจะให้สีน้ำเงินและเป็นอะไมโลเพคตินจะให้สีม่วงแดงหรือสีน้ำตาลแดงกับสารละลายไอโอดีน (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543) ทำให้สารผสมที่ได้จากการใช้แป้งต่างชนิดมีสีแตกต่างกัน จากการกรองโดยใช้ชุด FCG สารผสมที่ใช้สารละลายแป้งมันฝรั่ง ถูกกรองดีที่สุด ที่ร้อยละ 84.08 สารละลายแป้งมันและแป้งข้าวโพดแสดงให้เห็นผลใกล้เคียงกับแป้งมันฝรั่ง คือร้อยละ 82.12 และ 81.08 ตามลำดับ ส่วนสารละลายแป้งข้าวเจ้าแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการกรองน้อยสุดที่ร้อยละ 71.29 เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก เม็ดแป้งแต่ละชนิดมีขนาด รูปร่าง และลักษณะแตกต่างกันไป โดยเม็ดแป้งมันฝรั่งมีลักษณะเป็นรูปไข่ขนาดใหญ่ที่สุด (10 - 30 ไมโครเมตร) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งอื่น ๆ ทำให้ผ่านโครงสร้างของวัสดุกรองได้ยากกว่าจึงแสดงให้เห็นผลการกรองที่ดีกว่าการใช้แป้งชนิดอื่น สำหรับผลการกรองที่ใกล้เคียงกันของแป้งมันและแป้งข้าวโพด เป็นผลมาจากขนาดของเม็ดแป้งมันสำปะหลังมีขนาดปานกลางใกล้เคียงกับเม็ดแป้งข้าวโพด (20 ไมโครเมตร) ส่วนแป้งข้าวเจ้ามีขนาดเล็ก (5 - 10 ไมโครเมตร) ทำให้ผ่านการกรองได้

ง่ายกว่าแป้งชนิดอื่น (ดุษฎี อุตภาพ. 2560) ดังนั้น ชนิดแป้งที่เหมาะสมกับชุดทดลอง คือ แป้งมันฝรั่ง โดยอาจใช้แป้งมันหรือแป้งข้าวโพดทดแทนได้

การออกแบบชุดจำลองการกรองของหน่วยไตสำหรับชั้นเรียน

ชุดจำลองการกรองของหน่วยไตสำหรับใช้ในชั้นเรียน ทำโดยประยุกต์จากขั้นตอนการกรองของยุน, ลี และคิม (2017) โดยใช้สารผสมระหว่างสารละลายน้ำตาลเด็กซ์โทรสกับสารละลายน้ำแป้งมันฝรั่ง ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เนื่องจากสารละลายน้ำแป้งมันฝรั่งส่งผลให้ประสิทธิภาพการกรองดีที่สุด แต่ในกรณีที่ไม่มีแป้งมันฝรั่ง (แป้งมันฝรั่งไม่ใช่สารเคมีที่อยู่ในปฏิบัติการโรงเรียนทั่วไป) สามารถใช้แป้งมันหรือแป้งข้าวโพดแทนได้ เนื่องจากให้ค่าประสิทธิภาพการกรองที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ชุดกรอง FCG เตรียมโดยใช้กระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร แม้ว่าในการทดสอบประสิทธิภาพจะพบว่ายิ่งเพิ่มขนาดของกระบอกฉีดยายิ่งทำให้ประสิทธิภาพการกรองดีขึ้น แต่เนื่องจากปริมาตรของสารผสมก่อน การกรองที่ใช้ในการทดสอบนี้มีเพียง 7 มิลลิลิตร อีกทั้งผลการกรองของกระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร นอกจากแสดงให้เห็นผลการกรองในมิลลิลิตรที่ 1 ใกล้เคียงกับกระบอกฉีดยาขนาด 20 และ 50 มิลลิลิตรแล้วยังแสดงให้เห็นแนวโน้มการกรองไปในทางเดียวกันกับชุดควบคุม ผู้วิจัยจึงเลือกสร้างชุดกรองทดแทนหัวกรองสำเร็จรูปในชุดจำลองการกรองของหน่วยไต ด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร นำจุกยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับกระบอกฉีดยาเจาะรูขนาด 13 มิลลิเมตรบรรจุลงไปด้านล่างสุดของกระบอก หลังจากนั้นบรรจุวัสดุทดสอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเท่ากับกระบอกฉีดยาได้แก่ กระดาษกรอง สำลี และกระดาษแก้วขุ่นอย่างละ 5 แผ่น เรียงจากบนลงล่าง ปิดทับด้านบนวัสดุด้วยจุกยางเจาะรูเช่นเดียวกับด้านล่าง เหตุที่ต้องใส่จุกยางเจาะรูทั้งด้านบนและด้านล่างวัสดุทดสอบเพื่อป้องกันการไหลผ่านขอบด้านข้างของกระบอกฉีดยา ทำให้สารไม่ได้ผ่านวัสดุกรองทั้งหมด ซึ่งอาจทำให้การทดลองคลาดเคลื่อนได้ อัตราเร็วที่เลือกใช้ในการกรองเท่ากับ 30 วินาทีต่อมิลลิลิตร เนื่องจากที่อัตราการกรอง 30 วินาทีต่อมิลลิลิตร แสดงให้เห็นผลการกรองในทำนองเดียวกันกับการกรองที่อัตราเร็ว 45 และ 60 วินาทีต่อมิลลิลิตร (ประมาณร้อยละ 80) แม้ว่าอัตราเร็วในการกรองยิ่งมากประสิทธิภาพการกรองยิ่งดี แต่หากกิจกรรมใดใช้เวลาในการดำเนินนานเกินไป ผู้เรียนจะเกิดความเบื่อหน่ายและไม่ให้ความร่วมมือได้ง่าย (ทิศนา แขมมณี. 2552, พันธ์ทิตา นิลคล้าย. 2554) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกอัตราเร็วที่น้อยที่สุดที่ให้ประสิทธิภาพการกรองในระดับเดียวกัน คือ 30 วินาทีต่อมิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การทดสอบประสิทธิภาพของชุดจำลองการกรองของหน่วยไตในชั้นเรียน

ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.50/83.95 ซึ่งเหมาะสมตามเกณฑ์ 80/80 โดยค่า 82.50 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ หาได้จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากใบงานทดลองระหว่างเรียน และค่า 83.95 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ หาได้จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (Post - test) ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมีคะแนนสูง เพราะว่านักเรียนได้ทำแบบทดสอบก่อนเรียนมาแล้ว และเมื่อผ่านกิจกรรมการจำลองการกรองของหน่วยไตช่วยให้มีความรู้ ความเข้าใจ และความจำในเนื้อหาวิชามีความแม่นยำสูง และกิจกรรมการสอนเป็นกิจกรรมที่เสร็จสิ้นในสัปดาห์เดียวทำให้ความรู้ความเข้าใจของนักเรียนยังแม่นยำ (ประเสริฐ กลมภพตระกูล. 2555) สอดคล้องกับงานวิจัยของกิ่งแก้ว บรรลุผลสกุล, นววรรณ ทองมี และปิยะพงษ์ โอฬารทิชาชาต. (2559) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองเรื่องการวัดอุณหภูมิด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง การวัดอุณหภูมิ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.48/82.78 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด รวมถึงยังสอดคล้องกับงานวิจัยของวิสิทธิ์ ลุมชะเนาว์ (2558) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ผลการวิจัย พบว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 84.62/83.20 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80/80)

จากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องระบบขับถ่าย ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยใช้ชุดจำลองการกรองของหน่วยไต ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้คะแนนทีเฉลี่ย พบว่านักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนเท่ากับ 40.68 และ 59.32 เมื่อเทียบเป็นร้อยละพบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนร้อยละ 45.81 เนื่องจากกิจกรรมการทดลองผ่านชุดจำลองการกรองของหน่วยไตเป็นตัวกลางที่ช่วยถ่ายทอดข้อมูลให้แก่ผู้เรียน ทำให้บทเรียนน่าสนใจ ช่วยให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ร่วมกัน ซึ่งชุดทดลองเป็นสื่อการเรียนการสอนที่มีลักษณะเป็นรูปธรรม ผู้เรียนสามารถมองเห็นและมีประสบการณ์ตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง สอดคล้องกับงานวิจัยของชัยชาญ รอดภัย (2559) การแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำในรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์หัวข้อเรื่องผังงาน ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจโดยใช้วิธีท่องจำ ผลการทดลองเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าคะแนนทีเฉลี่ย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังวิจัยเท่ากับ 40.84 และ59.19 มีความแตกต่างของคะแนนทีก่อนวิจัยและหลังวิจัย 18.35 คิดเป็นค่าของคะแนนทีเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 44.93

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ข้อเสนอแนะ

1. การจัดชุดจำลองโดยใช้วัสดุทดแทน สามารถใช้วัสดุอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติในการกรองและหาได้ง่ายในโรงเรียนหรือท้องถิ่นมาบรรจุลงในกระบอกฉีดยาเพื่อใช้จำลองการกรองของหน่วยไตได้ โดยคำนึงถึงผลการกรองที่จะแสดงให้เห็นสีของการกรองในช่วงแรกเป็นสีใส หรือค่อนข้างใส โดยเน้นให้นักเรียนสังเกตสีของสารผสมก่อนและหลังการกรองว่าแตกต่างกันอย่างไรและต้องใช้ปัจจัยใดบ้างช่วยในการกรอง

2. ในการประยุกต์ใช้ชุดจำลองเพื่อการสอนในห้องเรียน สามารถนำไปออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยให้นักเรียนศึกษา ออกแบบและทดลองบรรจุวัสดุกรองชนิดต่าง ๆ เอง โดยครูเป็นผู้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับวัสดุที่มีคุณสมบัติในการกรองและเปรียบเทียบกับการกรองของหน่วยไต

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี