การพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

DEVELOPMENT OF RENAL FILTRATION UNIT MODEL

วิทยานิพนธ์

ของ

อัจฉรา เจริญรูป

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สิงหาคม 2561

การพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

DEVELOPMENT OF RENAL FILTRATION UNIT MODEL

วิทยานิพนธ์

ของ

อัจฉรา เจริญรูป

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สิงหาคม 2561

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

Development of Renal Filtration Unit Model

อัจฉรา เจริญรูป

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานสอบวิทยานิพนธ์

(อาจารย์ ดร.อมรรัตน์ สุวรรณโพธิ์ศรี)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรภัทร จันทมาลี)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาภาพร บุญมี)

..... กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(อาจารย์ ดร.สรศักดิ์ นาคเอี่ยม)

ได้รับอนุมัติจากมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ชีววิทยา)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

..... ผู้ช่วยอธิการบดี

(อาจารย์ ดร.วิวัฒน์ เพชรศรี)

วันที่ 2 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2561

อัจฉรา เจริญรูป. (2561). **การพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต.** วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). จันทบุรี : มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิรภัทร จันทมาลี วท.ด. (จุลชีววิทยา) ประธานกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อาภาพร บุญมี วท.ด. (เคมี) กรรมการ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต โดยใช้ชุดกรองที่บรรจุกระดาษกรอง สำลี และกระดาษแก้วขุ่นทดแทนหัวกรองสำเร็จรูป สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองตามเกณฑ์ 80/80 โดยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างในวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านคลองพร้าว อำเภอเกาะช้าง จังหวัดตราด จำนวน 24 คน จากการเลือกแบบสุ่มเจาะจง เครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยชุดจำลองการกรองของหน่วยไตและแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลการวิจัยพบว่า ชุดกรองที่บรรจุกระดาษกรอง สำลี และกระดาษไข อย่างละ 5 แผ่น เรียงตามลำดับจากบนลงล่าง (ชุด FCG) สามารถใช้ทดแทนหัวกรองสำเร็จรูปทางการค้าที่มีขนาดรูกรอง 0.22 ไมครอน ในชุดจำลองการกรองของหน่วยไตได้ โดยมีประสิทธิภาพการกรองร้อยละ 84.07 ซึ่งใกล้เคียงกับชุดควบคุมที่ใช้หัวกรองสำเร็จรูป (ร้อยละ 85.57) ผลทดสอบการใช้ชุดทดลอง FCG กับกลุ่มตัวอย่าง พบว่าชุดทดลองมีประสิทธิภาพทางการศึกษาเท่ากับ 82.50/83.95 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 นักเรียนที่เรียนเรื่องระบบการกรองของหน่วยไตโดยใช้ชุดการกรอง FCG ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ มีคะแนนทีเฉลี่ย (Average T- score) เท่ากับ 59.32 ซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 45.81 เมื่อเทียบกับก่อนเรียน (40.68) จากผลการวิจัยข้างต้น แสดงให้เห็นว่าชุดการกรอง FCG ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ได้จริง สร้างจากวัสดุราคาถูก สามารถจัดหาและใช้งานได้ง่าย ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับใช้ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องไตและระบบขับถ่ายในโรงเรียนที่มีอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนในหัวข้ออื่นต่อไป

คำสำคัญ : ชุดจำลอง การกรองของหน่วยไต ประสิทธิภาพทางการศึกษา

Atchara Jareonroop. (2018). **Development of Renal Filtration Unit Model.** Thesis M.S. (Science Education). Chanthaburi: Rambhai Barni Rajabhat University.

Thesis Advisors

Jirapat Chanthamalee Ph.D. (Microbiology) Chairman

Apaporn Boonmee Ph.D. (Chemistry) Member

Abstract

This work aimed at developing a FCG pack of filter, cotton and glassine to replace syringe filters in renal filtration unit model for students in Matthayom 2. The device efficiency was evaluated by comparing achievement tests from students before and after using the proposed model with the statistical standard value of 80/80. The sample group was 24 students (in Matthayom 2 from Ban Klongprao School, Koh Chang distict, Trat), and was selected by purposive sampling. The learning tools consisted of the renal filtration unit model and the achievement tests.

The filtration model was top-to-bottom packed using 5 each of: filter paper, cotton wool, and opaque glassine papers, respectively (FCG). This order of packing could be used instead of the commercial syringe filter with a pore size of 0.22 μm. Filtration efficiency was found to be 84.07 %, which is close to that of a commercial syringe filter (85.57%). The results from 24 students showed that the education efficiency of the FCG filter experiment was 82.50/83.95, which was higher than the standard value of 80/80. Students, who learnt how to use the renal filtration unit using the developed FCG instructional model, improved average T - score (59.32) up to 45.81% relative to before educated (40.68). According to this improvement, the proposed FCG filter set is effective, low-cost, accessible, and easy to use. This innovation provided an alternative teaching - learning model for the lesson of renal filtration in remote schools, which normally lack modern laboratory equipment. Additionally, this device could be applied for other instructional media for other lessons.

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Key words: Model, Renal filtration unit, Education efficiency

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือให้คำแนะนำอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิรภัทร จันทมาลี ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาภาพร บุญมี กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการทำวิจัยตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องตลอดมา

ขอขอบพระคุณ ดร.อมรรัตน์ สุวรรณโพธิ์ศรี ที่ได้ให้เกียรติเป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร.สรศักดิ์ นาคเอี่ยม ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณอาจารย์วิญญู ภักดี หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาที่ให้คำปรึกษาข้อเสนอแนะและสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึง คุณกาญจนา ราชสุวรรณ นักวิทยาศาสตร์ระดับปฏิบัติการภาควิชาชีววิทยา ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกตลอดการวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไวกูณฑ์ ทองอร่าม อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี และ ดร.วิวัฒน์ เพชรศรี รักษาการคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยทุกท่านที่ช่วยติดต่อประสานงานและอำนวยความสะดวกด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน รวมถึงทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ นายสังคม จิตนาวสาร ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านคลองพร้าว อำเภอเกาะช้าง จังหวัดตราด ที่อนุญาตให้ใช้ข้อมูลและสถานที่สำหรับดำเนินการภายในโรงเรียน รวมถึงนักเรียนชมรมวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อประจวบ เจริญรูป และคุณแม่เตือนใจ เจริญรูป ซึ่งเป็นผู้อบรมเลี้ยงดู สนับสนุนการศึกษา เป็นกำลังใจและคอยให้ความช่วยเหลือผู้วิจัยตลอดมา ส่งผลให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จ หากประโยชน์ใด ๆ อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบูชาแด่บิดา มารดา คณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

อัจฉรา เจริญรูป

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(5)
บทนำ	1
ความเป็นมา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ประโยชน์ของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
สมมุติฐานในการวิจัย	5
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	6
การจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนบ้านคลองพร้าว	7
ระบบขับถ่ายของมนุษย์ รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2	10
ไตและการกรองของหน่วยไต	11
กิจกรรมการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้เรื่องไตและการกรองของหน่วยไต	15
การประยุกต์ใช้และพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต	19
การทดสอบประสิทธิภาพทางการศึกษาชุดทดลอง	21
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
อุปกรณ์และวิธีการ	27
อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	27
วิธีการดำเนินการวิจัย	28
ผลการวิจัย	37
สรุปและการวิจารณ์	50
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	58

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	64
ภาคผนวก ก สูตรสารเคมี และกราฟมาตรฐาน	65
ภาคผนวก ข ตารางบันทึกผลการทดลองการพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต	70
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพทางการศึกษาในงานวิจัย	76
ภาคผนวก ง ผลการทดสอบประสิทธิภาพทางการเรียนของชุดทดลองการกรองของหน่วยไต นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2	89
ภาคผนวก จ ภาพประกอบการทำกิจกรรมชุดทดลองการกรองของหน่วยไต ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2	94
ประวัติย่อผู้วิจัย	97

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ชุดกรองที่ใช้ทดสอบความเหมาะสมสำหรับทดแทนหัวกรองสำเร็จรูป 18 ชุดทดสอบ	31
2	ผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองการกรองของหน่วยไตของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 24 คน	48
3	คะแนนทีเฉลี่ย Average T Score ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หน่วยไตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยใช้ชุดจำลองการกรองของหน่วยไต	48
4	ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแป้งความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร	67
5	ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร	69
6	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตรของสารที่กรองได้ และประสิทธิภาพการกรองของชุดควบคุม	71
7	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโมเมตรของสารที่กรองได้ และประสิทธิภาพการกรองของชุดทดสอบที่บรรจุแผ่นกรองชนิดไนลอน	71
8	ประสิทธิภาพการกรองของสารที่กรองได้เทียบกับสารตั้งต้นของชุดกรอง	72
9	ค่าการดูดกลืนแสงของสารผสมที่กรองได้และปริมาณน้ำตาลคงเหลือหลังผ่านการกรอง	73
10	ค่าการดูดกลืนแสงของสารผสมที่กรองได้และปริมาณน้ำตาลคงเหลือหลังผ่านการกรอง	73
11	ผลร้อยละของอัตราเร็วต่อประสิทธิภาพการกรองของชุดกรอง	74
12	ผลร้อยละของขนาดกระบอกฉีดยาต่อประสิทธิภาพการกรองของชุดกรอง	74
13	ผลของชนิดแป้งที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกรองของชุดกรอง	75
14	ผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองการกรองของหน่วยไต โดยใช้กับนักเรียนชุมนุมวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 12 คน	90

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

15 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ไตและระบบขับถ่าย ของนักเรียนชุมนุมวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 12 คน ก่อนเรียนและหลังเรียน..... 90

16 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองการกรองของหน่วยไต โดยใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 12 คน..... 91

17 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ไตและระบบขับถ่าย นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 12 คน ก่อนเรียนและหลังเรียน..... 92

18 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ไตและระบบขับถ่าย นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 12 คน ก่อนเรียนและหลังเรียน..... 92

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ **หน้า**

1 แผนภูมิแสดงผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) รายวิชาวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนบ้านคลองพร้าว ปีการศึกษา 2558 - 2560 8

2 แผนภูมิเปรียบเทียบผลการประเมินรายมาตรฐานการเรียนรู้ ในสาระที่ 1ด้วยข้อสอบมาตรฐานกลางโดยสทศ. ปีการศึกษา 2560 9

3 แผนภูมิแสดงคะแนนรายหัวข้อของหน่วยการเรียนรู้ระบบร่างกาย รายวิชาวิทยาศาสตร์ 3 ปีการศึกษา 2560 10

4 ไตและส่วนประกอบของไต(ก) ไตทั้งสองข้าง (ข) ภาคตัดยาวของไต (ค) หน่วยไต (ง) ส่วนประกอบของหน่วยไต 12

5 หน่วยไตและหลอดเลือดที่เกี่ยวข้อง 13

6 การสร้างปัสสาวะของหน่วยไต 14

7 การทำงานของไต 14

8 กิจกรรมการศึกษาการกรองของเสีย 16

9 การทำงานของหน่วยไต 17

10 แบบจำลองการกรองของหน่วยไต (ก) การจัดอุปกรณ์ในชุดจำลองการการกรองของหน่วยไต (ข) การอธิบายถึงลักษณะการกรองของหน่วยไตเทียบกับชุดจำลอง 18

11 คุณสมบัติของกระดาษกรองยี่ห้อวอทแมน 20

12 โครงสร้างของสำลี 20

13 ชุดจำลองการกรองของหน่วยไต 29

14 การวางชุดจำลองการกรองของหน่วยไต 29

15 ชุดกรองสำหรับบรรจุวัสดุทดสอบเพื่อใช้แทนหัวกรองสำเร็จรูป 30

16 ชุดกรองสำหรับบรรจุวัสดุทดสอบชนิดไนลอนเพื่อใช้แทนหัวกรองสำเร็จรูป 30

17 ประสิทธิภาพการกรองของชุดควบคุมและชุดกรองแผ่นไนลอน 37

18 การลดลงของความเข้มสีในสารที่ได้จากการกรอง (ก) ชุดควบคุม (ข) ชุดกรองแผ่นไนลอน 38

19 ผลการทดสอบน้ำตาลในสารที่ได้จากการกรอง (ก) ชุดควบคุม (ข) ชุดกรองแผ่นไนลอน 38

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

20 ประสิทธิภาพการกรองสารผสมแต่ละมิลลิลิตรของชุดกรองแต่ละกลุ่ม (ก) กลุ่มที่ใช้วัสดุกรองชนิดเดียว (ข) กลุ่มที่ใช้วัสดุกรองสองชนิด (ค) กลุ่มที่ใช้วัสดุกรองสามชนิด (ง) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกรองของชุดที่ดีที่สุดของแต่ละกลุ่ม..... 40
21 ลักษณะสารที่ได้จากการกรอง (ก) และผลการทดสอบน้ำตาล (ข) ของชุดกรองที่ดีที่สุดในกลุ่มที่ใช้วัสดุกรองชนิดเดียว..... 41
22 ลักษณะสารที่ได้จากการกรองและผลการทดสอบน้ำตาลของชุดกรองที่ดีที่สุดในกลุ่มที่ใช้วัสดุกรองสองชนิด..... 41
23 ลักษณะสารที่ได้จากการกรอง (ก) และผลการทดสอบน้ำตาล (ข) ของชุดกรองที่ดีที่สุดในกลุ่มที่ใช้วัสดุกรองสามชนิด..... 42
24 ปริมาณแป้ง (ก) และน้ำตาล (ข) ของสารที่กรองได้จากชุดควบคุมและชุด FCG..... 43
25 ผลของอัตราเร็วในการกรองต่อประสิทธิภาพการกรองของชุดควบคุม (ก) และชุด FCG (ข)..... 43
26 ผลของแรงดันของกระบอกฉีดยาต่อประสิทธิภาพการกรองของชุดควบคุม (ก) และชุด FCG (ข)..... 44
27 ชนิดของแป้งที่ใช้ในการเตรียมสารละลายน้ำแป้งต่อประสิทธิภาพการกรองของชุดควบคุม (ก) และชุด FCG (ข)..... 45
28 ลักษณะชุดกรอง FCG ที่ใช้ทดแทนหัวกรองสำเร็จรูป..... 46
29 กราฟมาตรฐานแป้งสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณแป้งด้วยวิธีไอโอดีน..... 67
30 กราฟมาตรฐานน้ำตาลสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลด้วยวิธีดีเอ็นเอส..... 69
31 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเตรียมอุปกรณ์สำหรับทำกิจกรรม..... 95
32 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำกิจกรรมการกรองของไต..... 95
33 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำกิจกรรมการจำลองการกรองของหน่วยไต..... 96
34 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำกิจกรรมการจำลองการกรองของหน่วยไต..... 96

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทนำ

ความเป็นมา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของมนุษย์และการพัฒนาประเทศทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และอุตสาหกรรม ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. 2551 : 1 - 2) การพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต้องเริ่มจากการวางรากฐานทางการศึกษาที่มีคุณภาพให้กับผู้เรียน (ชาญชัย คำสะอาด. 2553 : 9) พฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญา หรือความรู้ความคิดในรายวิชาสามารถวัดได้จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หากผลการเรียนต่ำอาจเป็นผลจากการขาดความรู้ความเข้าใจ การฝึกฝนและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ไม่สามารถนำไปปรับใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ (มิรันตี โทผาวงษ์ และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา. 2557 : 1)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบ้านคลองพร้าว อำเภอเกาะช้าง จังหวัดตราด ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามที่กระทรวงศึกษาธิการกำหนดไว้ 8 สาระ 13 มาตรฐาน ได้แก่ สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 พลังงาน สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ และสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551 : 10 - 18) จากข้อมูลผลทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O - NET) ของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) (สทศ.) ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบ้านคลองพร้าว ปีการศึกษา 2558 - 2560 พบว่า รายวิชาวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าระดับประเทศ ซึ่งสาระที่โรงเรียนควรเร่งพัฒนา คือ สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตและกระบวนการดำรงชีวิต เนื่องจากมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าระดับประเทศทุกปีการศึกษา (โรงเรียนบ้านคลองพร้าว. 2558 : 5; 2559 : 5; 2560 : 4) ผลการทดสอบด้วยข้อสอบมาตรฐานกลางโดย สทศ. ปีการศึกษา 2560 ทำให้ทราบว่าในสาระที่ 1 ควรเร่งพัฒนาการเรียนการสอนหน่วยการเรียนรู้ระบบร่างกายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในมาตรฐาน 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต เนื่องจากมีคะแนนในระดับปรับปรุงมากสุด (ร้อยละ 48.78) เมื่อนำคะแนนรายหัวข้อจากผู้สอนในหน่วยการเรียนรู้ระบบร่างกาย ประกอบด้วย เรื่องระบบย่อยอาหาร ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบหายใจ ระบบขับถ่าย ระบบประสาทและการแสดงพฤติกรรม และระบบสืบพันธุ์มาพิจารณา พบว่าเรื่องระบบขับถ่ายมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำที่สุด (3.30 คะแนน) อาจเกิดจากการขาดบทปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับ

การทำงานของอวัยวะในระบบดังกล่าว เนื่องจากผู้วิจัยสังเกตว่าเรื่องที่มีปฏิบัติการเกี่ยวกับการทำงานของอวัยวะในระบบนั้นๆ แทรกในการจัดกระบวนการเรียนรู้ เช่น ระบบหมุนเวียนเลือดและระบบหายใจ นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ดีกว่าเรื่องที่ไม่มีการทดลอง (6.36 และ 4.5 คะแนน ตามลำดับ) จึงเป็นไปได้ว่าการขาดบทปฏิบัติเกี่ยวกับระบบขับถ่าย อาจส่งผลให้ผู้เรียนเกิดปัญหาในการเรียน เนื่องจากขาดนวัตกรรมหรือสื่อการเรียนที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น (พรพีระ สังข์กระแสร์. 2548) จึงจำเป็นต้องรีบแก้ไขหรือพัฒนานวัตกรรม สื่อการสอน เรื่องการทำงานของอวัยวะในระบบขับถ่ายซึ่งอาจช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น

การส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนสามารถสร้างได้โดยการสังเกตและการปฏิบัติทดลอง ทำให้เกิดทักษะจากการลงมือปฏิบัติจริง (กริ่งแก้ว นวลศรี. 2551 : 1 - 2) การสอนโดยใช้การทดลองเป็นวิธีที่มุ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แบบประจักษ์จากการคิดและการกระทำของตนเอง ทำให้การเรียนรู้ตรงกับความเป็นจริง มีความหมายสำหรับผู้เรียนและจำได้นาน จึงเป็นอีกหนึ่งกระบวนการที่ผู้สอนสามารถใช้ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด (ขนิษฐา ทองดี. 2553) จากข้อมูลข้างต้น เป็นไปได้ว่าการใช้กิจกรรมการทดลองสามารถช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับบทเรียนแก่ผู้เรียนโรงเรียนบ้านคลองพร้าว ดังนั้น การพัฒนานวัตกรรมสื่อการสอน เรื่อง การทำงานของอวัยวะในระบบขับถ่าย จึงเป็นแนวทางการแก้ปัญหาที่น่าจะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาการเรียนเรื่องระบบขับถ่ายได้ดีมากขึ้น

จากการศึกษาข้อมูลกิจกรรมการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้เรื่องระบบขับถ่าย พบว่ากิจกรรมของยุน, ลี และคิม (2017) ได้พัฒนาแบบจำลองการกรองเลือดของหน่วยไต โดยใช้กระบอกฉีดยาบรรจุสารผสมแล้วกรองผ่านหัวกรองสำเร็จรูปลงในหลอดทดลอง ซึ่งใช้อธิบายถึงเลือดที่ไหลเข้าสู่หน่วยไต โดยกรองผ่านผนังของกลุ่มเส้นเลือดฝอยที่เรียกว่า โกลเมอรูลัส (Glomerulus) เข้าสู่หน่วยไตบริเวณโบว์แมนแคปซูล (Bowman's capsule) การทดลองนี้สามารถอธิบายถึงการทำงานของหน่วยไตได้ดี สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดกระบวนการเรียนรู้เรื่องระบบขับถ่ายได้ แต่เนื่องจากหัวกรองสำเร็จรูปสำหรับกระบอกฉีดยาตามการทดลองข้างต้นหาได้ยาก ราคาสูง อีกทั้งยังไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ แนวทางในการแก้ ปัญหาคือการสร้างชุดกรองโดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย ราคาไม่แพง เพื่อทดแทนหัวกรองสำเร็จรูปสำหรับใช้ในชุดจำลองดังกล่าว จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการวิจัยพัฒนา ชุดจำลองการกรองของหน่วยไตเพื่อนำไปพัฒนาเป็นชุดการสอนเรื่องไตและระบบขับถ่ายสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านคลองพร้าว ปีการศึกษา 2561 ในลำดับต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต
2. เพื่อหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองตามเกณฑ์ 80/80 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้ชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

ประโยชน์ของการวิจัย

1. ได้ชุดการทดลอง เรื่อง แบบจำลองการกรองของหน่วยไต
2. ผลของการวิจัยในครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลและเป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนเรื่อง ไตและระบบขับถ่าย เพื่อเพิ่มความเข้าใจในการเรียน และพัฒนาศักยภาพของนักเรียนให้ดีขึ้นต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตของการดำเนินการ 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 พัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

1. หาค่ามาตรฐานประสิทธิภาพของชุดจำลองการกรองของหน่วยไตที่ใช้หัวกรองสำเร็จรูป (ชุดควบคุม)
2. สร้างและทดสอบความเหมาะสมของชุดกรองที่พัฒนาเพื่อทดแทนหัวกรองสำเร็จรูป
3. ทดสอบประสิทธิภาพการกรองของชุดกรองเพื่อศึกษาชนิดและจำนวนที่เหมาะสม โดยมีตัวแปรที่ศึกษา ดังนี้
   3.1 ตัวแปรต้น คือ ชนิดและจำนวนของวัสดุทดสอบ
   3.2 ตัวแปรตาม คือ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของสารที่กรองได้
   3.3 ตัวแปรควบคุม คือ ความเข้มข้นของสารผสม ขนาดของกระบอกฉีดยา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุกรอง
4. เลือกชุดกรองที่มีประสิทธิภาพการกรองดีที่สุดเพื่อใช้ทดแทนหัวกรองสำเร็จรูป
5. การศึกษาเปรียบเทียบผลการกรองของชุดควบคุมและชุดทดลอง
   5.1 วิเคราะห์ปริมาณแป้งและน้ำตาลของสารที่กรองได้
   5.2 ผลของอัตราเร็วในการกรองต่อประสิทธิภาพการกรอง
   5.3 ผลของขนาดแรงดันของกระบอกฉีดยาต่อประสิทธิภาพการกรอง
   5.4 ชนิดของแป้งที่ใช้เตรียมสารละลายน้ำแป้งต่อประสิทธิภาพการกรอง
6. การออกแบบชุดจำลองการกรองของหน่วยไตสำหรับชั้นเรียน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตอนที่ 2 การทดลองใช้ชุดจำลองการกรองของหน่วยไตกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านคลองพร้าว อำเภอเกาะช้าง จังหวัดตราด

1. หาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองการกรองของหน่วยไตในชั้นเรียน
2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยใช้ชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านคลองพร้าว อำเภอเกาะช้าง จังหวัดตราด ปีการศึกษา 2561 จำนวน 24 คน โดยการเลือกแบบสุ่มเจาะจง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดจำลองการกรองของหน่วยไต
2. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไตและระบบขับถ่าย จำนวน 20 ข้อ

นิยามศัพท์เฉพาะ

หัวกรองสำเร็จรูป หมายถึง หัวกรองสำหรับกระบอกฉีดยา (Syringe filter) แบบสำเร็จรูป ชนิดไนลอน (Nylon) โดยมีช่องว่าง (Pore size) ขนาด 0.22 ไมโครเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 13 มิลลิเมตร

ชุดควบคุม หมายถึง ชุดจำลองการกรองของหน่วยไตตามปฏิบัติการของยุน, ลี และคิม (2017) ที่ใช้หัวกรองสำเร็จรูปในการทดลอง

ชุดกรอง หมายถึง ชุดกระบอกฉีดยาที่บรรจุวัสดุทดสอบแบบต่างๆ แทนหัวกรองสำเร็จรูป

ประสิทธิภาพการกรอง หมายถึง ค่าร้อยละความแตกต่างระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร (OD_{620}) ของสารที่กรองได้แต่ละมิลลิลิตร (OD_{mix}) กับสารผสมที่ยังไม่ผ่านการกรอง ($OD_{Control}$)

ชุดทดลอง หมายถึง ชุดจำลองที่ใช้ชุดกรองที่ดีที่สุดแทนหัวกรองสำเร็จรูป

สารผสม หมายถึง สารตั้งต้นที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการกรอง เตรียมโดยผสมสารละลายน้ำตาลเด็กซ์โทรส (Dextrose) และน้ำแป้ง ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อย่างละ 10 มิลลิลิตร หลังจากนั้นหยดสารละลายไอโอดีนลงไป จำนวน 10 หยด

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สมมุติฐานในการวิจัย

ชุดกรองที่ใช้วัสดุทดแทนในชุดจำลองการกรองของหน่วยไตมีประสิทธิภาพการกรองเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับการใช้หัวกรองสำเร็จรูป

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความเป็นมา

ในการวิจัยครั้งนี้ศึกษาเพื่อพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต เพื่อหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองตามเกณฑ์ 80/80 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้ชุดจำลองการกรองของหน่วยไตของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยแสดงรายละเอียดแต่ละหัวข้อดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. การจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนบ้านคลองพร้าว
3. ระบบขับถ่ายของมนุษย์ รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2
4. ไตและการกรองของหน่วยไต
5. กิจกรรมการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้เรื่องการกรองของหน่วยไต
6. การประยุกต์ใช้และพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต
7. การทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลอง
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เนื่องจากเครื่องอำนวยความสะดวกในชีวิตต่างๆ ล้วนเป็นผลมาจากความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั้งสิ้น (จินตวีร์ โยสีดา. 2554 : 1) วิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดการพัฒนาวิธีคิด การค้นคว้าหาข้อมูล และการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการที่หลากหลาย มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551 : 1 - 2) ครูผู้สอนมีบทบาทในการออกแบบการเรียนรู้ จัดการเรียนรู้ และเลือกใช้สื่อที่เหมาะสมกับกิจกรรม ผู้เรียนจึงจะเกิดการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของตนเองอย่างต่อเนื่อง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญจำเป็นต้องใช้หลักการส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน (บัญชา แสนทวี และคณะ. 2551 : 3) ผู้เรียนจะต้องอาศัยกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายเป็นเครื่องมือที่จะนำพาตนไปสู่

เป้าหมายของหลักสูตร กระบวนการเรียนรู้ที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน อาทิ กระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการ กระบวนการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง กระบวนการปฏิบัติการหรือการ ลงมือทำ เป็นต้น

หลักสูตรแกนกลางสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งเน้นให้เลือกใช้สื่อตามความเหมาะสมกับระดับพัฒนาการของผู้เรียน ผู้เรียนผู้สอนสามารถจัดหา จัดทำ และพัฒนาสื่อการเรียนรู้ขึ้นเอง หรือปรับปรุงเลือกใช้จากสื่อต่างๆ ที่มีอยู่รอบตัว สื่อการเรียนรู้เป็นเครื่องมือส่งเสริมสนับสนุนกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเข้าถึงความรู้ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะตามมาตรฐานของหลักสูตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ สื่อการเรียนรู้มีหลายประเภท เช่น สื่อธรรมชาติ สื่อสิ่งพิมพ์ สื่อเทคโนโลยี รวมถึงชุดปฏิบัติการ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551 : 9 - 13) สื่อที่สนับสนุนการเรียนรู้แบบได้ลงมือทำ อันได้แก่ การเรียนรู้จากประสบการณ์จริง และการจำลองสถานการณ์ การอภิปรายกลุ่มจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจมากยิ่งขึ้น เพราะการได้ลงมือทำปฏิบัติการจะทำให้นักเรียนเห็นภาพ พัฒนาทักษะในการแก้ปัญหา ทำความเข้าใจด้วยตนเอง และสามารถสรุปอภิปรายผลภายในกลุ่มได้ (สุภศิลป์ เฟื่องฟุ้ง และอภิชาต พองพลา. 2557 : 14 - 17)

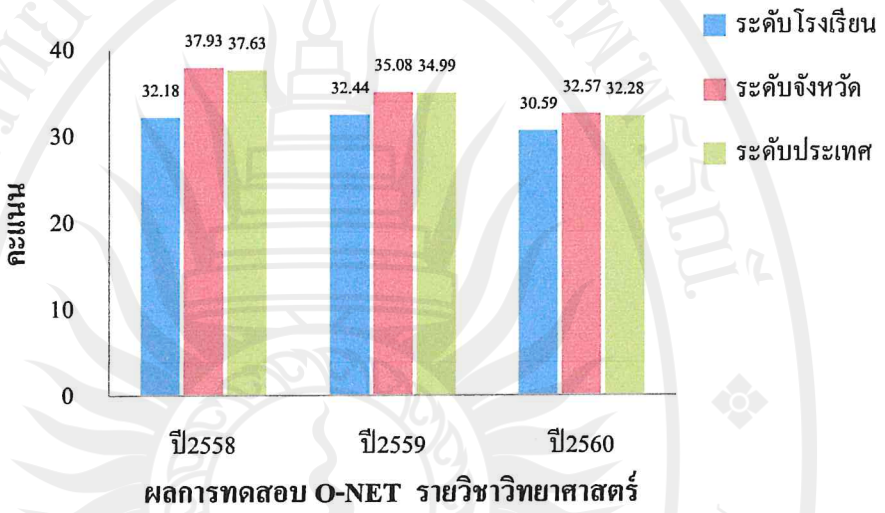
การสอนโดยใช้การทดลองปฏิบัติการเป็นกระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แนวประจักษ์ ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง ผ่านกระบวนการพิสูจน์ ทดสอบและเห็นผลประจักษ์ด้วยตนเอง จึงเกิดการเรียนรู้ได้ดี มีความเข้าใจ และจดจำการเรียนรู้นั้นได้นาน อีกทั้งยังเป็นวิธีสอนที่ผู้เรียนมีโอกาสได้เรียนรู้และพัฒนาทักษะกระบวนการต่าง ๆ จำนวนมาก เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการแสวงหาความรู้ ทักษะกระบวนการคิด และทักษะกระบวนการกลุ่ม ทั้งได้พัฒนานิสัยใฝ่รู้ หากผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมมาก จะทำให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ (ทิศนา แขมมณี. 2552 : 1 - 5)

การจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนบ้านคลองพร้าว

การจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบ้านคลองพร้าว อำเภอเกาะช้าง จังหวัดตราด ดำเนินการโดยยึดวิธีปฏิบัติตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกระทรวงศึกษาธิการ และเข้ารับการประเมินผลการทดสอบเพื่อวัดความรู้และความคิดของนักเรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้ในหลักสูตรอย่างสม่ำเสมอผ่านการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) โดยผลการทดสอบของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านคลองพร้าว ปีการศึกษา 2558 - 2560 (ภาพประกอบ 1) พบว่าคะแนนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.18, 32.44 และ 32.18 ซึ่งน้อยกว่าระดับประเทศร้อยละ 14.48, 7.28 และ 5.23 โดยโรงเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในสาระการเรียนรู้ที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิตต่ำกว่าระดับประเทศร้อยละ 17.62, 2.22

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และ 4.83 นับเป็นสาระที่โรงเรียนควรเร่งพัฒนาเป็นอันดับที่ 2, 5 และ 3 ตามลำดับ (โรงเรียนบ้านคลองพร้าว. 2558 : 5; 2559 : 5; 2560 : 4) จากข้อมูลผลการทดสอบข้างต้น จึงสามารถสรุปได้ว่าสาระการเรียนรู้ที่ 1 สิ่งมีชีวิตและกระบวนการดำรงชีวิต เป็นอีกสาระหนึ่งที่ควรเร่งพัฒนามากที่สุด

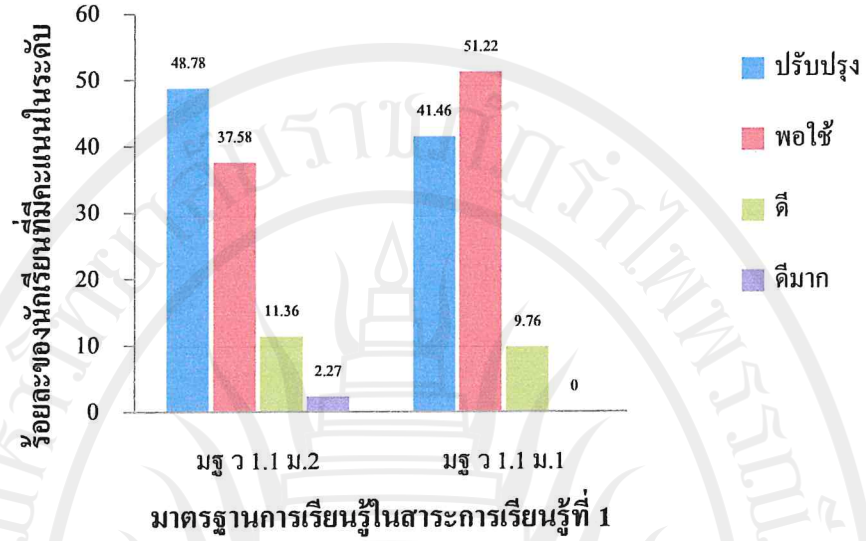


ภาพประกอบ 1 แผนภูมิแสดงผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) รายวิชาวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนบ้านคลองพร้าว ปีการศึกษา 2558 - 2560

ที่มา : โรงเรียนบ้านคลองพร้าว. 2558 : 5; 2559 : 5; 2560 : 4.

เมื่อพิจารณาการประเมินผลการเรียนรู้รายมาตรฐานตามกำหนดของกระทรวงศึกษาธิการด้วยข้อสอบมาตรฐานกลางโดย สทศ. รายวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นปีการศึกษา 2560 (ภาพประกอบ 2) เพื่อหาข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของมาตรฐานที่ควรปรับปรุงแก้ไขในสาระการเรียนรู้ที่ 1 พบว่า คะแนนมาตรฐานการเรียนรู้ที่ 1.1 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ระบบร่างกาย มีผลคะแนนในระดับปรับปรุงมากที่สุด (ร้อยละ 48.78) จึงควรเร่งพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบร่างกาย ก่อนเป็นอันดับแรก (กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. 2560)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

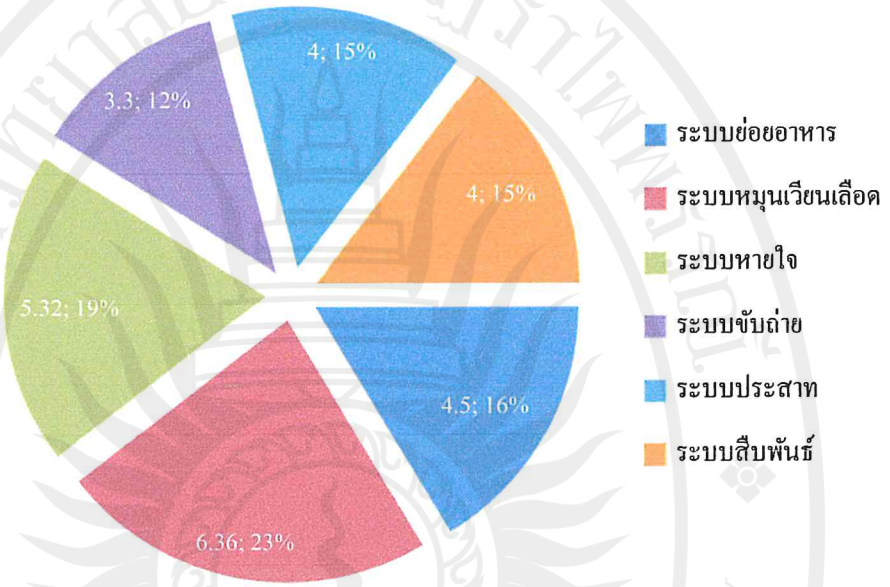


ภาพประกอบ 2 แผนภูมิเปรียบเทียบผลการประเมินรายมาตรฐานการเรียนรู้ ในสาระที่ 1 ด้วยข้อสอบมาตรฐานกลางโดยสทศ. ปีการศึกษา 2560

ที่มา : กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. 2560

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากครูผู้สอนระดับมัธยมศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบ้านคลองพร้าว โดยใช้คะแนนเฉลี่ยรายหัวข้อของหน่วยการเรียนรู้ระบบร่างกาย รายวิชาวิทยาศาสตร์ จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบคะแนนแต่ละระบบ ได้แก่ ระบบย่อยอาหาร (4.50 คะแนน) ระบบหมุนเวียนเลือด (6.36 คะแนน) ระบบหายใจ (5.32 คะแนน) ระบบขับถ่าย (3.30 คะแนน) ระบบประสาทและการแสดงพฤติกรรม (4.00 คะแนน) และระบบสืบพันธุ์ (4.00 คะแนน) (ภาพประกอบ 3) พบว่า ระบบขับถ่ายมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำที่สุด คือ 3.30 คะแนน โดยระบบขับถ่ายมีขอบเขตเนื้อหาเกี่ยวกับการขับถ่าย ไตและการทำงานของไต ซึ่งมีรายละเอียดของเนื้อหาค่อนข้างมาก และอีกทั้งมีเพียงบทปฏิบัติการการศึกษาโครงสร้างของไต หรือปฏิบัติการกรองอย่างง่าย อาจส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่ขาดความเข้าใจและเกิดมีเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียนเนื้อหาดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่กล่าวว่าหากเนื้อหาในการเรียนมีรายละเอียดมาก ต้องท่องจำ และขาดนวัตกรรมหรือสื่อการเรียนที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น จะส่งผลให้เกิดปัญหาในการสอนวิทยาศาสตร์ (พรพีระ สังข์กระแสร์. 2548 :1) จึงจำเป็นที่จะต้องรีบแก้ไขหรือพัฒนานวัตกรรม สื่อการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น การพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต เป็นอีกแนวทางแก้ปัญหาอีกทางหนึ่งที่น่าจะส่งเสริมการเรียนรู้

และช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาการเรียนได้ดีมากขึ้น ทั้งยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนให้เกิดสัมฤทธิผลมากยิ่งขึ้น



ภาพประกอบ 3 คะแนนเฉลี่ยรายหัวข้อ หน่วยการเรียนรู้ระบบร่างกาย รายวิชาวิทยาศาสตร์ 3 ปีการศึกษา 2560

ที่มา : กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. 2560.

ระบบขับถ่ายของมนุษย์ รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2

ระบบการขับถ่าย คือ การกำจัดของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมในเซลล์ เนื่องจากร่างกายของมนุษย์มีกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้นในเซลล์ เรียกว่า กระบวนการเมแทบอลิซึม ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้ หากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์จะถูกเก็บไว้ใช้งาน แต่ผลิตภัณฑ์ชนิดใดที่ร่างกายไม่ต้องการ ร่างกายจำเป็นต้องกำจัดออกหรือเปลี่ยนเป็นสารที่มีอันตรายน้อยกว่าและกำจัดออกนอกร่างกายเพื่อรักษาภาวะธำรงดุลของร่างกาย (มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา (สอวน.). 2560)

สารที่ร่างกายต้องการกำจัดออกมี 2 ประเภท ได้แก่ สารที่เป็นพิษต่อร่างกาย เช่น สารประกอบไนโตรเจนที่เกิดจากการสลายโปรตีน เช่น แอมโมเนีย ยูเรีย ยูริก และสารที่มีมากเกินไป เช่น น้ำ เกลือแร่ อวัยวะที่ร่างกายมนุษย์ใช้ทำหน้าที่กรองและขับสารที่ไม่ต้องการเหล่านี้ คือ ไต ซึ่งจะขับถ่ายของเสียที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในรูปของยูเรียทางปัสสาวะ การกำจัด

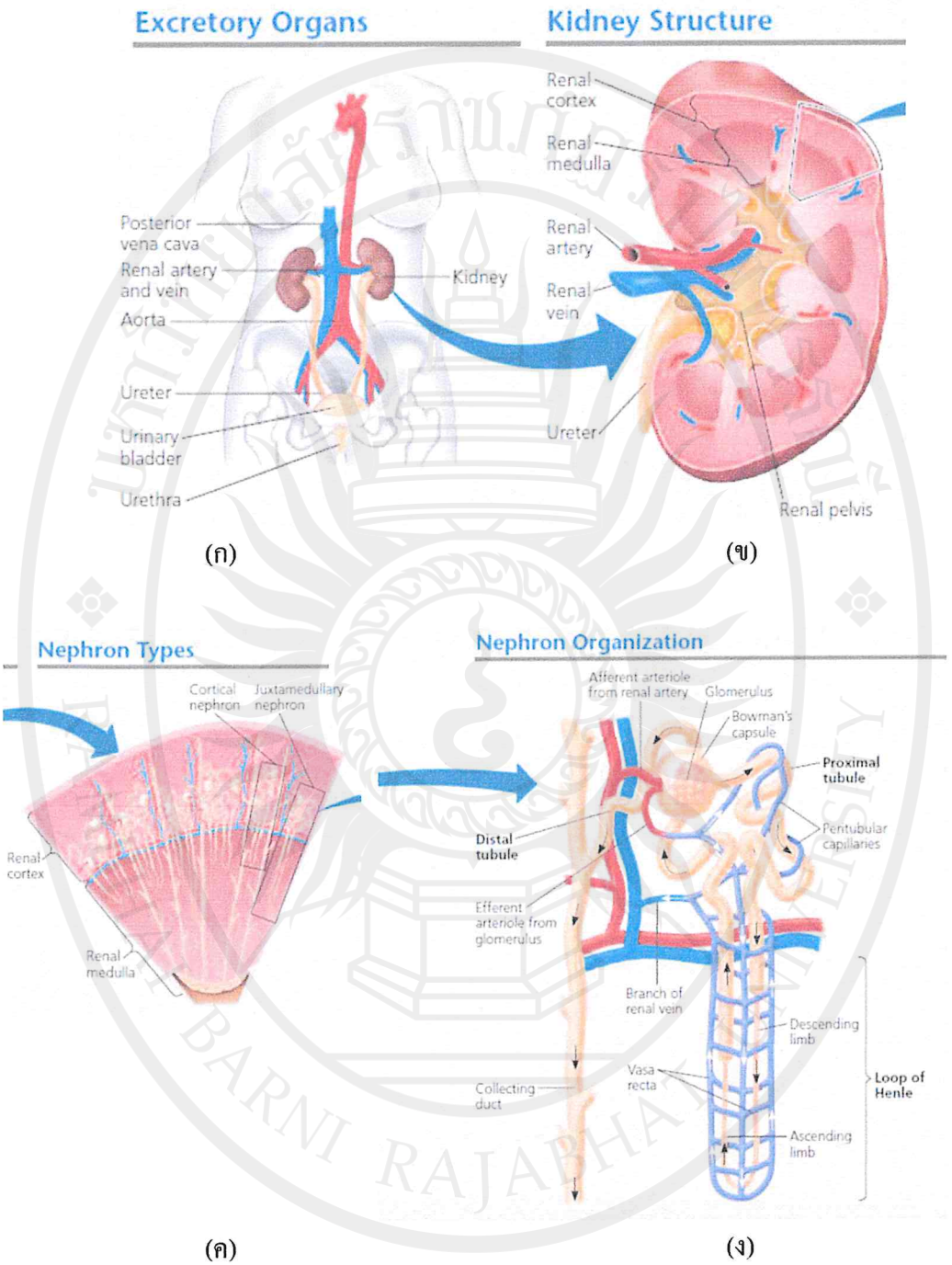
ของเสียในร่างกายเกิดขึ้นได้หลายทาง เช่น ทางไต ทางผิวหนัง ทางปอด ทางลำไส้ใหญ่ เป็นต้น ไตทำหน้าที่กรองของเสียออกจากเลือดที่ไหลผ่านไตที่บริเวณท่อของหน่วยไตจะมีการดูดซึมสารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น แร่ธาตุ น้ำตาลกลูโคส กรดอะมิโนรวมทั้งน้ำกลับคืนสู่หลอดเลือดฝอยและเข้าสู่หลอดเลือดดำ (เมลดา ยมจินดา, สุภาพร ส่งสกุล และอภิญญา กวดแก้ว. 2558; อภิระดี แสงสุริยันต์. 2556)

ไตและการกรองของหน่วยไต

มนุษย์มีไต 2 ข้าง รูปร่างคล้ายเมล็ดถั่ว อยู่เหนือเอว หลังกระเพาะอาหาร ใกล้กับกระดูกสันหลัง ไตแต่ละข้างจะต่อไปยังท่อไต แล้วไปยังกระเพาะปัสสาวะ ซึ่งเป็นถุงกล้ามเนื้อเรียบทำหน้าที่เก็บปัสสาวะและออกทางท่อปัสสาวะ (ภาพประกอบ 4 ก) ซึ่งเปิดออกใกล้ช่องคลอดในเพศหญิง และออกทางองคชาติในเพศชาย ถ้าผ่าไตตามยาวจะพบว่าไตประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น คือ เปลือกไตชั้นนอกกับเปลือกไตชั้นใน (ภาพประกอบ 4 ข) มีขนาดยาวประมาณ 10 เซนติเมตร กว้าง 6 เซนติเมตร หนา 3 เซนติเมตร บริเวณตรงกลางของไตมีส่วนเว้าเป็นกรวยไต มีหลอดไตต่อไปยังกระเพาะปัสสาวะ ไตประกอบด้วยส่วนประกอบ ดังนี้

1. หน่วยไต (Nephron) ไตแต่ละข้างประกอบด้วยหน่วยไตข้างละประมาณล้านหน่วย ขดไปมา (ภาพประกอบ 4 ค) ซึ่งทำหน้าที่กรองของเสียออกจากเลือดและสร้างเป็นปัสสาวะ หน่วยไตประกอบด้วยหลอดไต (ภาพประกอบ 4 ง) หน่วยไตแต่ละหน่วยจะสร้างปัสสาวะได้ ดังนั้น ถ้าผู้ใดมีไตข้างเดียวและทำงานได้เป็นปกติก็สามารถจะดำรงชีพอยู่ได้
2. ท่อไต (Ureter) เป็นท่อ 2 ข้างที่นำน้ำปัสสาวะออกมาจากไตไปสู่กระเพาะปัสสาวะ
3. ท่อปัสสาวะ (Urethra) เป็นท่อที่นำปัสสาวะจากกระเพาะปัสสาวะออกจากร่างกาย
4. กระเพาะปัสสาวะ (Urinary bladder) เป็นถุงสะสมน้ำปัสสาวะ ผิวด้านในมีรอยย่นสามารถขยายออกได้ กระเพาะปัสสาวะปกติมีความจุได้ประมาณ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อมีปัสสาวะประมาณ 210 - 300 มิลลิลิตรจะรู้สึกปวดอยากถ่ายปัสสาวะ เนื่องจาก ปัสสาวะไปกระตุ้นปลายประสาทที่ผนังกระเพาะปัสสาวะ ทำให้กระเพาะปัสสาวะหดและบีบตัวเอาปัสสาวะออกมาทางท่อปัสสาวะเพื่อขับออกนอกร่างกาย ผู้ใหญ่ปรกติจะถ่ายปัสสาวะ 600 - 1,600 มิลลิลิตรต่อวัน ส่วนในเด็กไม่สามารถกลั้นปัสสาวะได้เพราะระบบประสาทยังไม่สมบูรณ์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 4 ไตและส่วนประกอบของไต

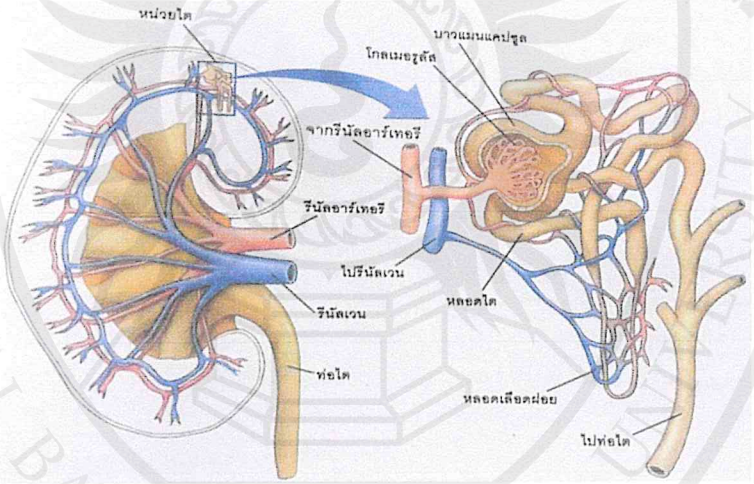
(ก) ไตทั้งสองข้าง (ข) ภาคตัดยาวของไต

(ค) หน่วยไต (ง) ส่วนประกอบของหน่วยไต

ที่มา : Campbell, Reece and others. 2009 : 962 - 963.

การทำงานของไต หน่วยไตทำหน้าที่กรองของเสียออกจากเลือด และกำจัดออกเป็นน้ำปัสสาวะ ซึ่งกระบวนการเกิดน้ำปัสสาวะ มีขั้นตอนดังนี้ (ภาพประกอบ 7)

1. การกรองที่โกลเมอรูลัส (Glomerulus filtration) เกิดขึ้นโดย หลอดเลือดที่นำเลือดเข้าสู่ไตที่เรียกว่า รีนัลอาร์เทอรี (Renal artery) รับของเสียที่เกิดจากเมแทบอลิซึมของเซลล์ทั่วร่างกายปะปนมาด้วย เมื่อหลอดเลือดนี้เข้าไตจะแตกแขนงเป็นหลอดเลือดฝอยซึ่งแต่ละเส้นจะขดเป็นโกลเมอรูลัส (Glomerulus) อยู่ในโบว์แมนส์แคปซูล (Bowman's capsule) เลือดในโกลเมอรูลัสจะถูกกรองโดยใช้ผนังหลอดเลือดฝอยทำหน้าที่เป็นเยื่อกรอง โดยมีแรงดันเลือดและประสิทธิภาพของหลอดเลือดฝอยเป็นตัวทำให้เกิดการกรอง ทำให้ของเหลวหลายชนิดออกมาสู่โบว์แมนส์แคปซูลได้ ของเหลวและสารโมเลกุลเล็กๆ ที่ละลายในพลาสมาผ่านออกมาได้ ได้แก่ น้ำ กลูโคส กรดอะมิโน วิตามิน เกลือแร่ เช่น โซเดียม โพแทสเซียม คลอไรด์ไบคาร์บอเนต และยูเรีย แต่ไม่ยอมให้สารโมเลกุลใหญ่ เช่น โปรตีน ไขมัน และเม็ดเลือดผ่านออกมาได้ (ภาพประกอบ 5)



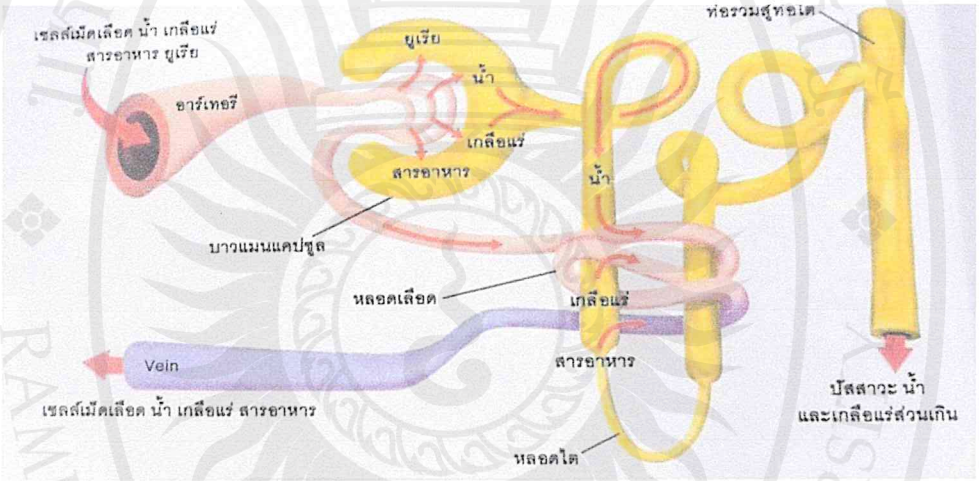
ภาพประกอบ 5 หน่วยไตและหลอดเลือดที่เกี่ยวข้อง

ที่มา : มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา. 2560 : 93.

2. การดูดกลับ (Reabsorption) เป็นการดูดกลับสารที่บริเวณไตชั้นนอกซึ่งเป็นสารที่มีประโยชน์ เมื่อของเหลวผ่านไปตามหลอดไต น้ำ เกลือแร่ กรดอะมิโน และกลูโคสจะถูกดูดกลับเข้าสู่หลอดเลือดฝอยที่อยู่รอบๆ หลอดไต การดูดกลับสารเหล่านี้ทำให้ร่างกายรักษาน้ำและเกลือแร่ให้อยู่ในภาวะธำรงดุล การดูดกลับมีทั้งแบบแอกทีฟทรานสปอร์ต (Active transport) ส่วนน้ำ โพแทสเซียมไอออน และคาร์บอเนตไอออนจะดูดกลับแบบพาสซีฟทรานสปอร์ต (Passive

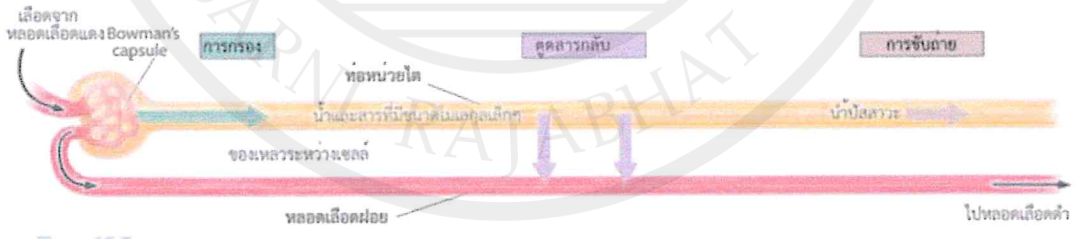
transport) หลังการดูดกลับสารต่างๆ แล้ว ภายในหลอดไตจะมีน้ำ โมเลกุลของของเสีย และเกลือแร่ส่วนเกินเข้าสู่ท่อรวมแล้วต่อไปยังกรวยไต (ภาพประกอบ 6)

3. การขับถ่าย (Excretion) หลังการดูดกลับสารต่าง ๆ แล้ว ภายในหลอดไตจะมีน้ำ โมเลกุลของของเสีย และเกลือแร่ส่วนเกินเข้าสู่ท่อรวมแล้วต่อไปยังกรวยไต (ภาพประกอบ 7) เพื่อส่งต่อไปยังท่อไตในรูปของปัสสาวะ ไตสร้างปัสสาวะได้ประมาณวันละ 2 ลิตร ซึ่งปัสสาวะนี้ออกจากไต ผ่านท่อไตไปเก็บที่กระเพาะปัสสาวะและขับออกทางท่อปัสสาวะ (มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา. 2560)



ภาพประกอบ 6 การสร้างปัสสาวะของหน่วยไต

ที่มา : มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา. 2560 : 94.



ภาพประกอบ 7 การทำงานของไต

ที่มา : รวีวรรณ โชคชัยชีวากร. 2556.

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ปัสสาวะ (Urine) ประกอบด้วยน้ำ โซดียม โพแทสเซียม คลอรีน ฟอสเฟต แอมโมเนีย ยูเรีย กรดยูริก และครีเอทินิน คิดเป็นร้อยละ 95, 0.35, 0.15, 0.6, 0.15, 0.04, 2.0, 0.05 และ 0.75 ตามลำดับ น้ำปัสสาวะจะประกอบไปด้วยน้ำและยูเรียเป็นส่วนใหญ่ ส่วนแร่ธาตุมีอยู่เล็กน้อย หากมีการตกตะกอนของแร่ธาตุไปอุดตันทางเดินท่อปัสสาวะ จะทำให้ปัสสาวะลำบากเรียกลักษณะอาการอย่างนี้ว่า โรคนิ่ว เมื่อไตผิดปกติจะทำให้สารบางชนิดปนออกมากับน้ำปัสสาวะ เช่น เม็ดเลือดแดง กรดอะมิโน น้ำตาลกลูโคส เป็นต้น ปัจจุบันแพทย์มีการใช้ไตเทียมหรือการปลูกไตให้กับผู้ป่วยที่ไตไม่สามารถทำงานได้ โดยไตเทียม เป็นเครื่องมือที่อยู่ภายนอกร่างกาย และการปลูกไตเป็นการนำไตของผู้อื่นมาใส่ให้กับผู้ป่วย (พเยาว์ ยินดีสุข, วิภา เกียรติธนะบำรุง และสายสวาทสถวัณณกีฏะ. 2547)

ของเสียที่ออกมาทางไต จะเป็นสารที่มีไนโตรเจนที่ได้จากการสลายโปรตีนของเซลล์ ได้แก่พวกแอมโมเนียและยูเรีย ซึ่งเป็นพิษต่อร่างกายจึงต้องขับออกตลอดเวลา นอกจากการกำจัดของเสียแล้ว ไตยังทำหน้าที่รักษาสมดุลน้ำและเกลือแร่ในร่างกาย เช่น โซเดียม และรักษาความเป็นกรด - ด่างของเลือดด้วย ในคนปกติกลูโคสในเลือดจะมีปริมาณค่อนข้างคงที่ นอกจากคนที่เป็นโรคเบาหวานจะมีปริมาณน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติ ซึ่งอาจจะออกมากับปัสสาวะ ทำให้ปัสสาวะมีน้ำตาล จึงเรียกว่าโรคเบาหวาน (เกษม ศรีพงษ์. 2537 ; พเยาว์ ยินดีสุข, วิภา เกียรติธนะบำรุง และสายสวาท สถวัณณกีฏะ. 2547)

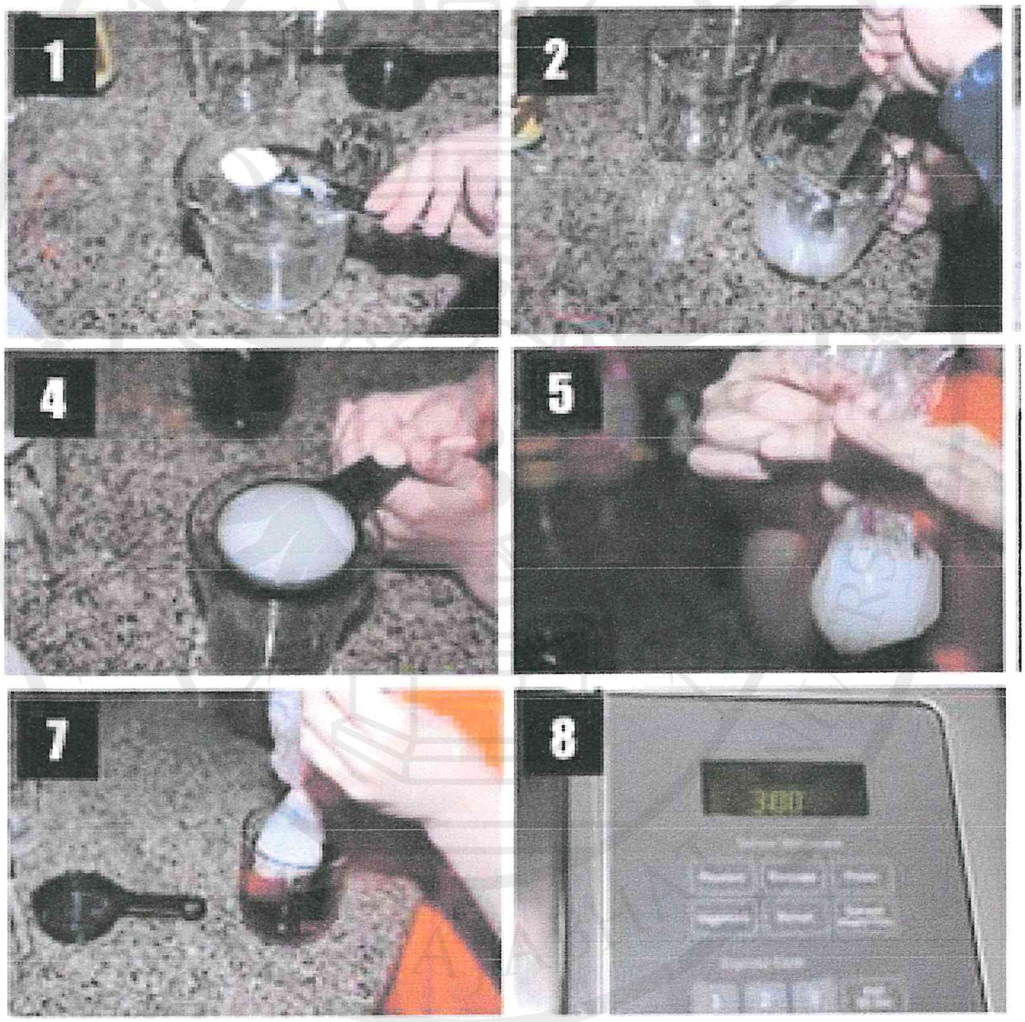
กิจกรรมการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้เรื่องไตและการกรองของหน่วยไต

1. กิจกรรมการศึกษาโครงสร้างของไต ขั้นตอนการศึกษาโครงสร้างภายนอกของไตหมูหรือไตวัว ทำโดยใช้มีดผ่าครึ่งไตตามยาว แล้วใช้แว่นขยายส่องดูลักษณะโครงสร้างภายในของไต วาดภาพ หรือถ่ายภาพ พร้อมชี้ส่วนประกอบที่สำคัญ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). 2554)

2. กิจกรรมการศึกษาการกรองของไต ขั้นตอนการศึกษาการกรองของไต ทำโดยใช้กรวดขนาดต่าง ๆ รองกรวยสำหรับกรองน้ำที่มีสีขุ่น เมื่อผ่านการกรองสองครั้งจากน้ำที่มีสีขุ่น สังเกตว่าน้ำใสสะอาดขึ้น ในการกรองแบบหยาบ อนุภาคที่มีขนาดใหญ่จะถูกกรองไว้ส่วนอนุภาคเล็กที่มีขนาดเล็กจะถูกกรองไว้โดยใช้กรวยขนาดเล็กเป็นการกรองแบบละเอียด เมื่อทดสอบแล้วอธิบายเปรียบเทียบการทำงานของไต (พเยาว์ ยินดีสุข, วิภา เกียรติธนะบำรุง และสายสวาท สถวัณณกีฏะ. 2547)

3. กิจกรรมการศึกษาการกรองของเสียและการทำงานของหน่วยไต ขั้นตอนการศึกษาการกรองของเสียของไต ทำโดยละลายแป้งข้าวโพดแล้วบรรจุลงในถุงกระดาษเซลโลเฟน

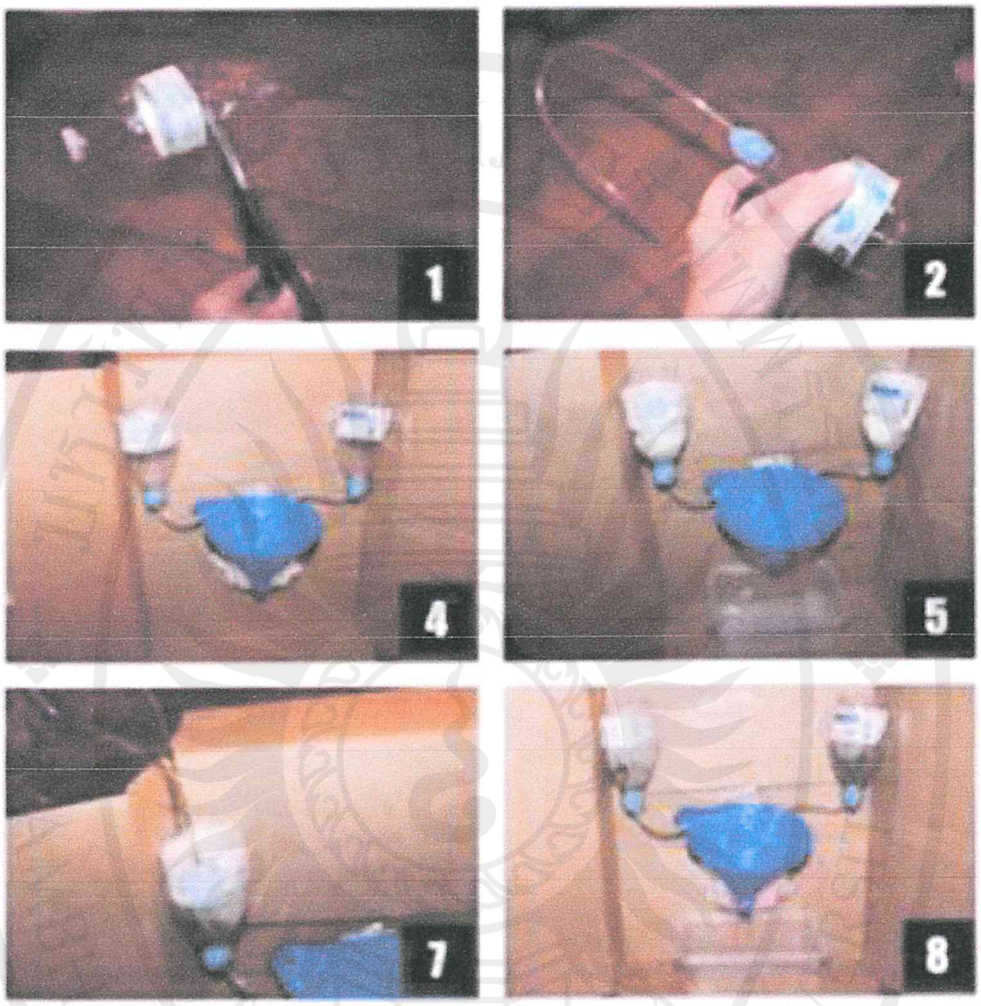
หลังจากนั้นนำไปแช่ในน้ำกลั่นที่ผสมสารละลายไอโอดีน ทิ้งไว้แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงภายในถุง (ภาพประกอบ 8) และการทำงานของไต ทำโดยการละลายกาแฟในน้ำสะอาด นำกรวย สายยาง และถุงกรองกาแฟ ประกอบอุปกรณ์ให้มีลักษณะคล้ายไต นำถุงกรองกาแฟบรรจุลงในกรวยแต่ละข้าง หลังจากนั้นเทน้ำกาแฟลงในกรวย นำภาชนะรองรับการสารที่กรองไต สังเกตผล (ภาพประกอบ 9)



ภาพประกอบ 8 กิจกรรมการศึกษาการกรองของเสีย

ที่มา : Ferrell. 2014.

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพประกอบ 9 การทำงานของหน่วยไต

ที่มา : Ferrell. 2014.

4. กิจกรรมการจำลองกระบวนการกรองของเสียของหน่วยไต ถูกพัฒนาขึ้นโดย ยุน, ลี และคิม (2017) เนื่องจากนักเรียนมีความเข้าใจเพียงเล็กน้อยเกี่ยวกับกระบวนการกรองของเสียของหน่วยไต ทำให้เกิดการพัฒนากิจกรรมการจำลองการทำงานของเสียของหน่วยไตสำหรับนักเรียน โดยแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแบบจำลองการกรองของเสียของหน่วยไต หลังจากนั้น ให้นักเรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับการกรองของเสียของหน่วยไตโดยผ่านการจำลองการกรองของเสียของหน่วยไตโดยใช้การกรองผ่านหัวกรองสำเร็จรูปสำหรับหลอดฉีดยา และให้นักเรียนอภิปรายผล โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงจากแบบจำลองในขั้นแรกและทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้

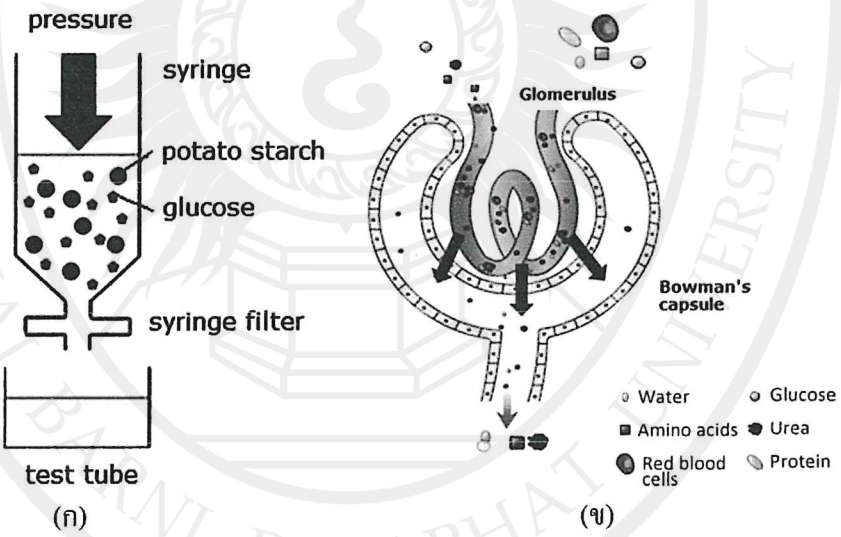
ขั้นตอนการจำลองการกรองของเสียจากน้ำเลือดโดยใช้หัวกรองสำเร็จรูป ตามวิธีการของ ยุน, ลี และคิม (2017) มีขั้นตอนดังนี้

1. ดูดสารละลายน้ำแป้งและสารละลายน้ำตาลเด็กซ์โทรสร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อย่างละ 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากัน

2. หยดสารละลายไอโอดีนโพแทสเซียมไอโอไดด์ (Iodine - potassium iodide solution) ลงในสารผสม

3. ดูดสารผสมด้วยกระบอกฉีดยาปริมาตร 7 มิลลิลิตร แล้วต่อหัวกรองสำเร็จรูปเข้ากับกระบอกฉีดยา กรองสารใส่หลอดทดลอง ดังภาพประกอบ 10 ก สังเกตสีของสารในกระบอก ฉีดยา และหลอดทดลอง

4. อภิปรายผลที่เกิดขึ้น โดยศึกษาข้อมูลที่กำหนดให้และเปรียบเทียบว่าสารละลายน้ำแป้งและสารละลายน้ำตาลที่ใส่ในกิจกรรมแทนสารชนิดใดในกระบวนการกรองของหน่วยไต ภาพประกอบ 10 ข



ภาพประกอบ 10 แบบจำลองการกรองของหน่วยไต

(ก) การจัดอุปกรณ์ในชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

(ข) การอธิบายถึงลักษณะการกรองของหน่วยไตเทียบกับชุดจำลอง

ที่มา : Yun, Lee and Kim. 2017 : 776.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

การประยุกต์ใช้และพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

การจำลองการกรองของเสียของหน่วยไตของยุน, ลี และคิม (2017) เป็นการทดลองที่ผู้วิจัยสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่องระบบขับถ่ายได้ แต่เนื่องจากโรงเรียนอยู่ในพื้นที่ที่ไม่สะดวกในการจัดหาอุปกรณ์ตามการทดลอง รวมถึงหัวกรองสำเร็จรูปมีราคาสูงและอาจไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ ผู้วิจัยจึงเกิดแนวทางในการแก้ปัญหา โดยการหาวัสดุที่เหมาะสมในสร้างชุดกรองทดแทนหัวกรองสำเร็จรูป เน้นวัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายราคาไม่แพง พัฒนาให้เหมาะสำหรับการปฏิบัติการในชั้นเรียน รวมถึงศึกษาปัจจัยที่อาจมีผลกับประสิทธิภาพการกรองของชุดการจำลองการกรองของหน่วยไต ซึ่งวัสดุทดแทนหัวกรองสำเร็จรูปที่ผู้วิจัยสนใจ ได้แก่ กระดาษกรอง กระดาษแก้วขุ่น และสำลี ซึ่งมีคุณสมบัติเบื้องต้น ดังนี้

1. กระดาษกรอง (Filter paper) เป็นกระดาษที่มีคุณสมบัติที่คัดเลือกอนุภาค หรือสิ่งที่เจือปนออกจากสารละลาย หรืออากาศโดยการวางแบบตั้งฉากกับทิศทางการไหลของสารละลายที่ต้องการกรอง คุณสมบัติที่สำคัญของกระดาษกรองประกอบด้วย ความคงทนเมื่อเปียก ขนาดของช่องว่าง ความสามารถในการกรองอนุภาค อัตราการไหลของสารที่ต้องการกรอง ประสิทธิภาพและความจุ กลไกที่สำคัญในการกรองด้วยกระดาษกรองจะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ ปริมาตรและผิวโดยแบบปริมาตร อนุภาคจะถูกดักไว้ชั้นในหรือในตัวของกระดาษกรอง ส่วนแบบผิวอนุภาคจะถูกดักไว้ที่ผิวของกระดาษกรอง กระดาษกรองจะยอมให้อนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10^{-4} เซนติเมตร เท่านั้นจึงจะผ่านไปได้

กระดาษกรองที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการได้แก่ กระดาษกรองของยี่ห้อวอทแมน (Whatman) นิยมใช้กันจะมีอยู่ 2 ระดับ คือ ระดับมาตรฐาน (Standard grade) ทำจากเซลลูโลสบริสุทธิ์ ไม่มีการปนเปื้อนของสารเคมีหรือโลหะหนัก และระดับแอชเลส (Ashless grade) ใช้สำหรับตัวอย่างกรองที่จะนำไปเผาต่อเพื่อหาปริมาณของแข็งหรือเถ้าที่คงเหลือ รูพรุนของกระดาษกรองยี่ห้อวอทแมนนั้น จะอยู่ในช่วง 2.5 - 25 ไมโครเมตร ดังแสดงรายละเอียดในภาพประกอบ 11 ซึ่งขนาดของรูพรุนย่อมมีผลต่ออัตราเร็วการกรอง (Filtration speed) ความหนาของกระดาษกรองอาจมีผลต่อการทนทานในการใช้งาน โดยรูพรุนที่เล็กที่สุด คือ เบอร์ 5 ซึ่งมีขนาด 2.5 ไมโครเมตร ส่วนเบอร์ที่กว้างที่สุดคือ เบอร์ 4 คือมีขนาด 20-25 ไมโครเมตร (พิสิฐ์พงษ์ หมื่นประเสริฐดี. 2557)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Grade	Nominal particle retention in liquid (µm)	Filtration speed (approx) Herzberg (s)	Typical thickness (µm)	Basis weight (g/m²)	Grade for pre pleated version	Flow – aspect
Standard qualitative cellulose filter papers						
1	11	150	180	88		Medium
2	8	240	190	103	2V	Medium
3	6	325	390	187		Medium-thick
4	20-25	37	205	96		Very fast
5	2.5	1420	200	98	5V	Slow

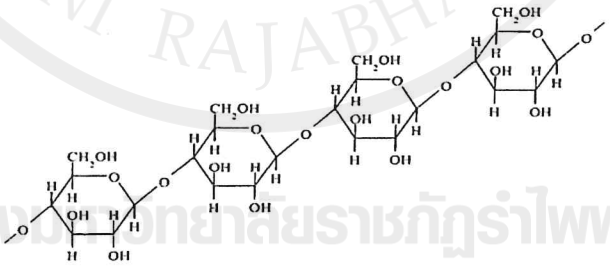
Quantitative filter papers

Grade	Nominal particle retention in liquid (µm)	Filtration speed (approx)	Typical thickness (µm)	Basis weight (g/m²)	Ash content	Flow – aspect
Ashless quantitative cellulose filter papers						
40	8	340	210	95	0.007%	Medium
41	20	54	220	85		Fast
42	2.5	1870	200	100		Slow
43	16	155	220	95		Medium to fast

ภาพประกอบ 11 คุณสมบัติของกระดาษกรองยี่ห้อวอทแมน
ที่มา : บริษัทไซเทรดเดอร์ จำกัด. 2556.

2. กระดาษแก้วขุ่น (Opaque glassine paper) เป็นวัสดุที่ทำจากเซลลูโลส (Cellulose) ในไม้หรือพืชเส้นใยอื่น ๆ เช่นเดียวกับกระดาษเซลโลเฟน โครงสร้างทางเคมีเป็นกระดาษ แต่รูปร่างลักษณะจัดเป็นพลาสติก เป็นวัสดุโปร่งแสงและใส ความชื้นผ่านได้มาก อากาศผ่านได้น้อย กระดาษแก้วมีหลายชนิด ทั้งชนิดที่ใช้สำหรับการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และใช้ทั่วไป (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551)

3. สำลี (Cotton wool) เป็นเซลลูโลสชนิดหนึ่ง มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำแต่สามารถดูดซับน้ำได้ประกอบด้วยกลูโคสจำนวนมากเชื่อมต่อกันเป็นพอลิเมอร์แบบโซ่ตรงเช่นเดียวกับอะไมโลส แต่ลักษณะการเชื่อมต่อของกลูโคสต่างกัน (Nokkon. 2009) ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 โครงสร้างของสำลี
ที่มา : Nokkon. 2009.

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การทดสอบประสิทธิภาพทางการศึกษาชุดทดลอง

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) ได้เสนอแนวคิดและหลักปฏิบัติไว้ว่า เมื่อได้ผลิตสื่อหรือชุดการสอนแล้ว ก่อนนำไปใช้จริงจะต้องนำสื่อที่ผลิตขึ้นไปทดสอบประสิทธิภาพเพื่อดูว่าสื่อนั้นทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่ มีประสิทธิภาพในการช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด ดังนั้น ผู้ผลิตสื่อการสอนจำเป็นจะต้องนำสื่อหรือชุดการสอนไปหาคุณภาพ เรียกว่า การทดสอบประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพ หมายถึง การนำสื่อ ชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอนคือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try out) และทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อ โดยจำเป็นต้องกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ เพื่อใช้เกณฑ์เป็นขีดกำหนดที่จะยอมรับว่าสิ่งใดมีคุณภาพและหรือปริมาณที่จะรับได้ การตั้งเกณฑ์ต้องตั้งไว้ครั้งแรกครั้งเดียวเพื่อจะปรับปรุงคุณภาพให้ถึงเกณฑ์ขั้นต่ำที่ตั้งไว้ หากได้ค่าต่ำกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ต้องปรับปรุงและทดสอบประสิทธิภาพใหม่จนได้ค่าถึงเกณฑ์ที่กำหนด การกำหนดเกณฑ์ทำโดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภทคือ พฤติกรรมต่อเนื่อง(กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E1 = Efficiency of process (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E2 = Efficient of product (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

1. ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional behavior) คือ ประสิทธิผลต่อเนื่องประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยของผู้เรียน เรียกว่า “กระบวนการ” (Process) ที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม งานที่มอบหมาย และกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2. ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ (Product) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียน

ประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ ที่ผู้สอนคาดหมายว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้ผลเฉลี่ยคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมด ต่อร้อยละของผลการประเมินหลังเรียนทั้งหมด นั่นคือ E1/E2 = ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ตัวอย่าง 80/80 หมายความว่า เมื่อเรียนจากสื่อหรือชุดการสอนแล้ว ผู้เรียนจะสามารถทำแบบฝึกปฏิบัติ หรืองานได้ผลเฉลี่ยร้อยละ 80 และประเมินหลังเรียนและงานสุดท้ายได้ผลเฉลี่ยร้อยละ 80 การกำหนดเกณฑ์ E1/E2 ผู้สอนเป็นผู้พิจารณาตามความพอใจ โดยพิจารณาพิสัยการเรียนที่จำแนกเป็นวิทยพิสัย (Cognitive domain) จิตพิสัย (Affective domain) และทักษะพิสัย (Skill domain)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ สามารถใช้วิธีการคำนวณธรรมดาหาค่า E1 และ E2 ได้ โดย E1 คือ ค่าประสิทธิภาพของงานและแบบฝึกปฏิบัติได้ ด้วยการนำคะแนนงานทุกชิ้นของนักเรียนในแต่ละกิจกรรม แต่ละคนมารวมกัน แล้วหาค่าเฉลี่ยและเทียบส่วนโดยเป็นร้อยละและค่า E2 คือ ประสิทธิภาพผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียนของแต่ละสื่อหรือชุดการสอน จากคะแนนการสอบหลังเรียนและคะแนนจากงานสุดท้ายของนักเรียนทั้งหมดรวมกันหาค่าเฉลี่ยแล้วเทียบส่วนร้อยเพื่อหาค่าร้อยละ

ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ เมื่อผลิตสื่อหรือชุดการสอนขึ้นเป็นต้นแบบแล้ว ต้องนำชุดการสอนไปหาประสิทธิภาพตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อ หรือชุดการสอนกับผู้เรียน 1 - 3 คน โดยใช้เด็กอ่อน ปานกลาง และเด็กเก่ง ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนประเมินการเรียนจากกระบวนการ คือ กิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำและทดสอบหลังเรียน นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระกิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยวนี้จะได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาก E1/E2 ที่ได้จะมีค่าประมาณ 60/60

2. การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1:10) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คนทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียน 6 - 10 คน (คละผู้เรียนที่เก่ง ปานกลางกับอ่อน) ทำการทดสอบเช่นเดิม ปกติคะแนนของผู้เรียนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อีกเกือบเท่าเกณฑ์โดยเฉลี่ยจะห่างจากเกณฑ์ประมาณร้อยละ 10 นั่นคือ E1/E2 ที่ได้จะมีค่าประมาณ 70/70

3. การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1:100) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับนักเรียนทั้งชั้น (ปกติให้ใช้กับผู้เรียน 30 คน แต่ในโรงเรียนขนาดเล็กอนุโลมให้ใช้กับนักเรียน 15 คน ขึ้นไป) ทดสอบเช่นเดิม หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น แล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำกับนักเรียนต่างกลุ่ม อาจทดสอบประสิทธิภาพ 2 - 3 ครั้ง จนได้ค่าประสิทธิภาพถึงเกณฑ์ขั้นต่ำ

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามควรใกล้เคียงกันเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากต่ำจากเกณฑ์ไม่เกินร้อยละ 2.5 ก็ให้ยอมรับว่า สื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากค่าที่ได้ต่ำกว่าเกณฑ์มากกว่า -2.5 ให้ปรับปรุงและทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำจนกว่าจะถึงเกณฑ์ หากสูงกว่าเกณฑ์ไม่เกิน +2.5 สามารถยอมรับว่า สื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพตาม

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากค่าได้สูงกว่าเกณฑ์เกิน +2.5 ให้ปรับเกณฑ์ขึ้นไปอีกขั้นหนึ่ง เช่นตั้งไว้ 80/80 ก็ให้ปรับขึ้นเป็น 85/85 หรือ 90/90 ตามค่าประสิทธิภาพได้

ข้อควรคำนึงในการทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนเพื่อให้การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนได้ผลเหมาะสม

1. ผู้เข้าร่วมการทดสอบประสิทธิภาพต้องเลือกนักเรียนที่เป็นตัวแทนของนักเรียนที่ใช้สื่อหรือชุดการสอน ตามแนวทางการสุ่มตัวอย่างที่ถูกต้อง

2. การเลือกเวลาและสถานที่ทดสอบประสิทธิภาพ ควรหาสถานที่และเวลาที่ปราศจากเสียงรบกวน ไม่ร้อนอบอ้าว และควรทดสอบประสิทธิภาพในเวลาที่นักเรียนไม่หิวกระหายไม่รีบร้อนกลับบ้าน หรือไม่ต้องพะวักพะวนไปเข้าเรียนในชั้นอื่น

3. การชี้แจงวัตถุประสงค์และวิธีการ ต้องชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงวัตถุประสงค์ของการทดสอบประสิทธิภาพ สื่อหรือชุดการสอน

4. การรักษาสถานการณ์ตามความเป็นจริง สำหรับการทดสอบ ให้เหมือนที่เป็นอยู่ในห้องเรียนทั่วไป

5. ดำเนินการสอนตามขั้นตอน ไม่ว่าจะเป็นการลงแบบเดี่ยว แบบกลุ่มและภาคสนาม หลังจากชี้แจงให้นักเรียนทราบเกี่ยวกับสื่อ ชุดการสอนและวิธีการสอนแล้ว ครูจะต้องดำเนินการสอนตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ โดยรายวิชาวิทยาศาสตร์ได้ดำเนินตามขั้นตอน 5 ขั้น คือ สอบก่อนเรียน นำเข้าสู่บทเรียน นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่ม สรุปบทเรียน และสอบหลังเรียน

การยอมรับหรือไม่ยอมรับประสิทธิภาพ เมื่อทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนภาคสนามแล้ว เทียบค่า E1/E2 ที่หาได้จากสื่อหรือชุดการสอนกับ E1/E2 ที่ตั้งเกณฑ์ไว้ ให้ถือค่าแปรปรวนร้อยละ 25 - 5 การยอมรับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนมี 3 ระดับ คือ (1) สูงกว่าเกณฑ์ (2) เท่าเกณฑ์ (3) ต่ำกว่าเกณฑ์ แต่ยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ

โดยในการทดสอบประสิทธิภาพของชุดจำลองการกรองของหน่วยไต ใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพที่ 80/80 กับกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านคลองพร้าว ปีการศึกษา 2560 จำนวน 24 คน ด้วยการสุ่มแบบเจาะจง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

กิ่งแก้ว บรรลุผลสกุล, นวววรรณ ทองมี และปิยะพงษ์ โอฬารทิชาชาต. (2559 : 226 - 233) ได้พัฒนาชุดทดลองเรื่องการวัดอุณหภูมิด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ โดยทำการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองเรื่องการวัดอุณหภูมิโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้แบบเจาะจง จำนวน 27 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ ชุดทดลองเรื่องการวัดอุณหภูมิ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง การวัดอุณหภูมิ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.48/82.78 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดทดลอง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กนกอร ฉิชกุล (2555) วิจัยเรื่องการพัฒนาชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง ร่างกายของเรา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีจุดประสงค์เพื่อการพัฒนาชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องร่างกายของเรา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังการใช้ชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องร่างกายของเรา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ประชากรที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนสตรีสิริเกศ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 6 ห้องเรียน จำนวน 293 คน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/5 โดยการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและพัฒนาครั้งนี้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง ร่างกายของเรา ใช้เวลา 13 ชั่วโมง ชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ร่างกายของเรา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ร่างกายของเรา ที่สร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก สรุปผลการวิจัยพบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง ร่างกายของเรา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์และสามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้บรรลุผลตามมาตรฐาน ตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้สามารถเพิ่มพูนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นและทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนรู้มากขึ้น

เรวดี มานุ้ย (2556) พัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์พร้อมคู่มือการใช้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองกลศาสตร์ตามเกณฑ์ 80/80 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียนโดยใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทย์ - คณิตของโรงเรียนพัทลุง ปีการศึกษา 2556 จำนวน 30 คน ด้วยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พร้อมคู่มือการใช้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพทางการศึกษา และสถิติที่ใช้ทดสอบสมมุติฐาน (t-test dependent) ผลการวิจัยพบว่า ชุดทดลองกลศาสตร์พร้อมคู่มือการใช้มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

โดยชุดทดลองกลศาสตร์มีประสิทธิภาพทางการศึกษา 80.33/81.11 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังนั้นชุดทดลองกลศาสตร์นี้สามารถนำไปใช้ในโรงเรียนต่าง ๆ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้นได้

สุดี คม ประพันธ์ (2547) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาและหาคุณภาพของชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต และศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ การพัฒนาชุดกิจกรรมดำเนินการ 2 ขั้นตอน คือ การพัฒนาและประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์จากผู้เชี่ยวชาญและนำชุดกิจกรรมไปทดลองสอนกับกลุ่มนักเรียนจำนวน 3 และ 9 คน ตามลำดับ และ การนำชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยการสุ่ม ผลการวิจัยพบว่าเมื่อนำชุดกิจกรรมไปทดลองสอนพบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยผลการเรียนรู้หลังเรียนได้คะแนนร้อยละ 66.20 ซึ่งสูงกว่าระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 65) เจตคติต่อชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากเรียนด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูงกว่าระดับดี

ชัยชาญ รอตภัย (2559) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำในรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์หัวข้อเรื่องผังงาน ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจโดยใช้วิธีท่องจำ เพื่อแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำในรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์หัวข้อเรื่อง ผังงาน ของนักศึกษาระดับ ปวส. สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจโดยใช้วิธีท่องจำสัญลักษณ์และความหมายเกี่ยวกับเรื่อง ผังงาน สำหรับนักศึกษาระดับ ปวส.2 แผนกวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ภาคเรียนที่ 1/2559 วิทยาลัยเทคโนโลยีเบญจ จำนวน 9 คน เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย แบบทดสอบเรื่อง ผังงาน ผลการวิจัยพบว่า คะแนนทีเฉลี่ย (Average T-score) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังวิจัยเท่ากับ 40.84 และ 59.19 ตามลำดับ มีความแตกต่างของคะแนนทีก่อนวิจัยและหลังวิจัย 18.35 คิดเป็นค่าร้อยละของคะแนนทีเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น 44.93

ยุน, ลี และคิม (2017) ได้สร้างแบบจำลองกิจกรรมการกรองเลือดของหน่วยไต เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจในการกรองเลือดของหน่วยไตค่อนข้างน้อย คณะวิจัยจึงได้พัฒนาแบบจำลองกิจกรรมการกรองเลือดของหน่วยไตสำหรับนักเรียน โดยให้นักเรียนเลือกชุดรูปแบบการกรองที่เป็นตัวแทนการกรองเลือดของหน่วยไตตามความเข้าใจพร้อมให้เหตุผล หลังจากนั้นจำลองการกรองสารในเลือดโดยชุดทดลองที่ใช้หัวกรองสำเร็จรูป สรุปข้อมูล

ที่ได้จากการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากกิจกรรม ซึ่งนักเรียนสามารถสร้างฐานความรู้เกี่ยวกับหลักการสำคัญของการขับถ่ายได้

จากการศึกษาข้อมูลกับกิจกรรมการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้เรื่องไตและการกรองของหน่วยไต พบว่ากิจกรรมของยุน, ลี และคิม (2017) ใช้อธิบายถึงการทำงานของหน่วยไตได้ดี แต่มีข้อจำกัดในการนำไปใช้สำหรับผู้วิจัย คือ หัวกรองสำเร็จรูปสำหรับกระบอกฉีดยา ตามการทดลองข้างต้นหาได้ยาก ราคาสูง อีกทั้งยังไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการแก้ปัญหา คือ การสร้างชุดกรองโดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย ราคาไม่แพง เพื่อทดแทนหัวกรองสำเร็จรูปสำหรับใช้ในชุดจำลองดังกล่าว จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการวิจัยพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต เพื่อนำไปข้อมูลที่ได้ไปประยุกต์ใช้จัดกระบวนการเรียนรู้เรื่องไตและระบบขับถ่าย สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านคลองพร้าว ปีการศึกษา 2561 โดยศึกษาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองตามเกณฑ์ 80/80 และความแตกต่างระหว่างผลการเรียนก่อนและหลังเรียน โดยใช้คะแนนทีเฉลี่ย ในลำดับต่อไป

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

1. กระบอกฉีดยา ขนาด 5, 10, 20 และ 50 มิลลิลิตร
2. หัวกรองสารสำหรับกระบอกฉีดยา ชนิดไนลอน ช่องว่างขนาด 0.20 ไมโครเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 13 มิลลิเมตร
3. หลอดทดลอง ขนาด (16 × 100) มิลลิเมตร
4. บีกเกอร์ ขนาด 50, 100 และ 250 มิลลิลิตร
5. ที่ตั้งหลอดทดลอง
6. แท่งแก้วคนสาร
7. คิวเวทท์พลาสติก
8. หลอดหยด
9. เตาไฟฟ้า
10. กระบอกตวง
11. แผ่นกรองชนิดไนลอน ช่องว่างขนาด 0.20 ไมโครเมตร
12. กระดาษกรอง ยี่ห้อวอทแมน เบอร์ 1
13. กระดาษแก้วขุ่น
14. สำลี

สารเคมี

1. แป้งมันฝรั่ง
2. น้ำตาลเด็กซ์โทรส
3. สารละลายไอโอดีน
4. สารละลายเบเนดิกต์ (Benedict's solution)
5. ไดโซเดียมฟอสเฟต (Disodium phosphate)
6. กรดเบนโซอิก (Benzoic acid)
7. โพแทสเซียมไอโอไดด์ (Potassium iodide)
8. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)
9. กรดไดไนโตรซาลิไซลิก (3,5- dinitrosalycylic acid)
10. โซเดียมโพแทสเซียม ทาร์เทรต (Sodium potassium tartate)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

11. ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Disodium hydrogen phosphate)

12. แป้งมันสำปะหลัง

13. แป้งข้าวโพด

14. แป้งข้าวเจ้า

เครื่องมือ

1. เครื่องชั่งสาร 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Precisa รุ่น MS16025

2. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ยี่ห้อ Optizen รุ่น OPTIZEN POP NanoBio

วิธีการดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 การพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

การหาค่ามาตรฐานประสิทธิภาพของชุดจำลองการกรองของหน่วยไตที่ใช้หัวกรองสำเร็จรูป (ชุดควบคุม)

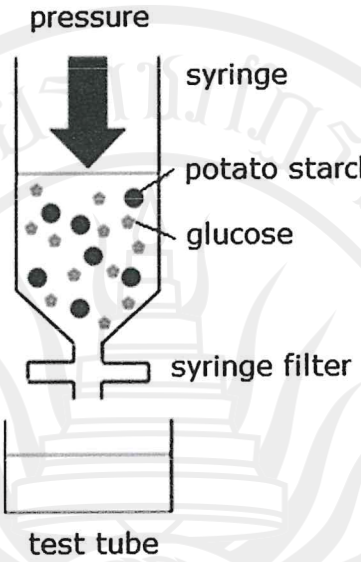
ศึกษาทดลองและหาค่ามาตรฐานประสิทธิภาพของชุดจำลองการกรองของหน่วยไตที่ใช้หัวกรองสำเร็จรูป (ชุดควบคุม) ตามขั้นตอนการทดลองของยุน, ลี และคิม (2560) ดังนี้

1. เตรียมสารผสมสำหรับใช้เป็นสารทดสอบประสิทธิภาพการกรอง โดยผสมสารละลายน้ำแป้ง (แป้งมันฝรั่ง) และสารละลายน้ำตาลเด็กซ์โทรส ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อย่างละ 10 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วหยดสารละลายไอโอดีนจำนวน 10 หยด ผสมให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร

2. ดูดสารผสมปริมาตร 7 มิลลิลิตร ด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร ต่อหัวกรองสำเร็จรูปเข้ากับปลายกระบอกฉีดยา รองรับสารที่กรองได้ด้วยหลอดทดลองขนาด 16 × 100 มิลลิลิตร กรองด้วยอัตราเร็ว 30 วินาทีต่อ 1 มิลลิลิตร ดังภาพประกอบ 13 และ14 โดยรองรับสารที่กรองได้หลอดละ 1 มิลลิลิตร จนครบ 7 มิลลิลิตร นำสารละลายที่กรองได้ทั้ง 7 หลอด ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร บันทึกค่า OD_{620} แล้วนำไปหาประสิทธิภาพการกรองจากร้อยละความแตกต่างระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของสารที่กรองได้แต่ละมิลลิลิตร (OD_{mlX}) กับสารผสมที่ยังไม่ผ่านการกรอง ($OD_{Control}$)

หลังจากนั้นหยดสารละลายเบเนดิกต์ลงในสารที่กรองได้แต่ละหลอด นำไปต้มเป็นเวลา 3 นาที สังเกตการเกิดตะกอนสีแดงอิฐ บันทึกผลการทดลอง โดยแต่ละการทดสอบทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี



ภาพประกอบ 13 ชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

ที่มา : Yun, Lee and Kim. 2017 : 776.

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

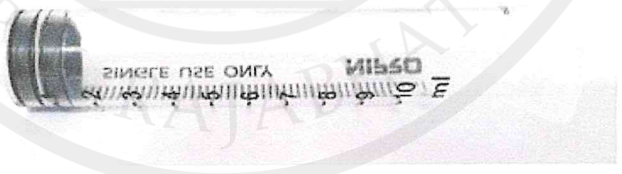
ภาพประกอบ 14 การวางชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

การสร้างและทดสอบความเหมาะสมของชุดกรองที่พัฒนาเพื่อทดแทนหัวกรองสำเร็จรูปในชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

การออกแบบและสร้างชุดกรองสำหรับบรรจุวัสดุกรอง ทำโดยการประยุกต์ใช้กระบอกฉีดยา ขนาด 10 มิลลิลิตร นำจุกยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับกระบอกฉีดยาเจาะรูขนาด 13 มิลลิเมตร บรรจุลงไปด้านล่างสุดของกระบอก หลังจากนั้นบรรจุวัสดุทดสอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเท่ากับกระบอกฉีดยา ปิดทับด้านบนวัสดุด้วยจุกยางเจาะรูเช่นเดียวกับด้านล่าง (ภาพประกอบ 15) เติมสารผสมสำหรับทดสอบลงในชุดกรอง

ภาพประกอบ 15 ชุดกรองสำหรับบรรจุวัสดุทดสอบเพื่อใช้แทนหัวกรองสำเร็จรูป

การทดสอบความเป็นไปได้ในการใช้ชุดกรองที่ออกแบบขึ้น ทำโดยบรรจุแผ่นกรองชนิดไนลอน ตัดให้มีขนาดเท่าเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกฉีดยา จำนวน 1 แผ่น ลงไปในชุดกรอง (ภาพประกอบ 16) ทดสอบประสิทธิภาพการกรองเช่นเดียวกับชุดควบคุม



ภาพประกอบ 16 ชุดกรองสำหรับบรรจุวัสดุทดสอบชนิดไนลอนเพื่อใช้แทนหัวกรองสำเร็จรูป

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

การทดสอบประสิทธิภาพการกรองของชุดกรองเพื่อศึกษาชนิดและจำนวนที่เหมาะสมสำหรับทดแทนหัวกรองสำเร็จรูป

การทดสอบชนิดของวัสดุที่เหมาะสมสำหรับใช้ทดแทนหัวกรองสำเร็จรูปในชุดจำลองการกรองของหน่วยไต โดยใช้วัสดุกรอง 3 ชนิด ได้แก่ กระดาษกรอง กระดาษแก้วขุ่น และสำลี กำหนดเป็นชุดกรองแบบต่างๆ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ใช้วัสดุกรองชนิดเดียว กลุ่มที่ใช้วัสดุกรองสองชนิด และกลุ่มที่ใช้วัสดุกรองสามชนิด ดังตาราง 1 ทำการทดสอบประสิทธิภาพการกรองเช่นเดียวกับชุดควบคุม

ตาราง 1 ชุดกรองที่ใช้ทดสอบความเหมาะสมสำหรับทดแทนหัวกรองสำเร็จรูป 18 ชุดทดสอบ

ชุดกรอง	ลักษณะการบรรจุวัสดุทดสอบ
<u>ชุดควบคุม</u>	
Nyl 0.22 μm	ชุดกรองสำเร็จรูป ชนิดไนลอน (Nylon) ช่องว่างขนาด 0.20 ไมโครเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 13 มิลลิเมตร
<u>กลุ่มที่ใช้วัสดุกรองชนิดเดียว</u>	
Cotton10	บรรจุสำลี 10 ชั้น
Glassin10	บรรจุกระดาษแก้วขุ่น 10 ชั้น
Filter10	บรรจุกระดาษกรอง 10 ชั้น
Cotton5	บรรจุสำลี 5 ชั้น
Glassin5	บรรจุกระดาษแก้วขุ่น 5 ชั้น
Filter5	บรรจุกระดาษเซลโลเฟน 5 ชั้น
<u>กลุ่มที่ใช้วัสดุกรองสองชนิด</u>	
C5F5	บรรจุสำลี 5 ชั้นด้านบนและกระดาษกรอง 5 ชั้นด้านล่าง
F5C5	บรรจุกระดาษกรอง 5 ชั้นด้านบนและสำลี 5 ชั้นด้านล่าง
G5C5	บรรจุกระดาษแก้วขุ่น 5 ชั้นด้านบนและสำลี 5 ชั้นด้านล่าง
C5G5	บรรจุสำลี 5 ชั้นด้านบนและกระดาษแก้วขุ่น 5 ชั้นด้านล่าง
G5F5	บรรจุกระดาษแก้วขุ่น 5 ชั้นด้านบนและกระดาษกรอง 5 ชั้นด้านล่าง
F5G5	บรรจุกระดาษกรอง 5 ชั้นด้านบนและกระดาษแก้วขุ่น 5 ชั้นด้านล่าง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

ตาราง 1 (ต่อ)

ชุดกรอง	ลักษณะการบรรจุวัสดุทดสอบ
<u>กลุ่มที่ใช้วัสดุกรองสามชนิด</u>	
FCG	บรรจุกระดาษกรองด้านบน สำลีชั้นกลาง และกระดาษแก้วขุ่นด้านล่าง อย่างละ 5 ชั้น
CFG	บรรจุสำลีด้านบน กระดาษกรองชั้นกลาง และกระดาษแก้วขุ่นด้านล่าง อย่างละ 5 ชั้น
CGF	บรรจุสำลีด้านบน กระดาษแก้วขุ่นชั้นกลาง และกระดาษกรองด้านล่าง อย่างละ 5 ชั้น
FGC	บรรจุกระดาษกรองด้านบน กระดาษแก้วขุ่นชั้นกลาง และสำลีด้านล่าง อย่างละ 5 ชั้น
GFC	บรรจุกระดาษแก้วขุ่นด้านบน กระดาษกรองชั้นกลาง และสำลีด้านล่าง อย่างละ 5 ชั้น
GCF	บรรจุกระดาษแก้วขุ่นด้านบน สำลีชั้นกลาง และกระดาษกรองด้านล่าง อย่างละ 5 ชั้น

คัดเลือกชุดกรองที่มีประสิทธิภาพการกรองดีที่สุดเพื่อใช้ทดแทนหัวกรองสำเร็จรูป

นำผลการทดสอบประสิทธิภาพการกรองของชุดกรองที่ดีที่สุดของแต่ละกลุ่ม มาเปรียบเทียบกับค่าประสิทธิภาพการกรองของชุดควบคุม รวมถึงพิจารณาลักษณะสีของสารที่กรองได้ในแต่ละมิลลิลิตรและสีของการเปลี่ยนแปลงสารละลายเบเนดิกซ์ เลือกชุดกรองที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือใกล้เคียงชุดควบคุมมากที่สุดเพื่อใช้เป็นชุดทดลองในขั้นต่อไป

การศึกษาเปรียบเทียบผลการกรองของชุดควบคุมและชุดทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ มีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับประสิทธิภาพการกรองของชุดจำลองการกรองของหน่วยไตในด้านต่างๆ ได้แก่ การวิเคราะห์ปริมาณแป้งและน้ำตาลจากสารที่กรองได้ ผลของอัตราเร็วในการกรอง แรงดันของขนาดกระบอกฉีดยา และชนิดของแป้งที่ใช้ในการเตรียมสารละลายต่อประสิทธิภาพการกรองของชุดทดลอง โดยเปรียบเทียบระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลอง เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบและประยุกต์ใช้ชุดทดลองในการจัดกระบวนการเรียนรู้ต่อไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. วิเคราะห์ปริมาณแป้งและน้ำตาลคงเหลือในสารที่ได้จากกรอง

1.1 การวิเคราะห์ปริมาณแป้งด้วยวิธีไอโอดีน (ดัดแปลงจากปิยวรรณ บัวใหญ่. 2555) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเทียบค่าในกราฟมาตรฐาน

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี 3, 5 ไดไนโตรซาลิไซลิก (DNS method) (ดัดแปลงจากปิยวรรณ บัวใหญ่. 2555) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเทียบค่าในกราฟมาตรฐาน

2 เปรียบเทียบผลของอัตราเร็วต่อประสิทธิภาพการกรอง โดยใช้กระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร ทดสอบการกรองด้วยอัตราเร็ว 15, 30, 45 และ 60 วินาทีต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ บันทึกค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละการทดสอบ

3 เปรียบเทียบผลของแรงดันต่อประสิทธิภาพการกรอง ทดสอบโดยการเปลี่ยนขนาดกระบอกฉีดยาที่ใช้ในชุดทดลอง โดยใช้กระบอกฉีดยาขนาด 5, 10, 20 และ 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ กรองด้วยอัตราเร็ว 30 วินาทีต่อ 1 มิลลิลิตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละการทดสอบ

4 เปรียบเทียบผลของชนิดแป้งต่อประสิทธิภาพการกรอง โดยเปลี่ยนชนิดแป้งที่ใช้ในการเตรียมสารละลายน้ำแป้งก่อนนำไปใช้เป็นสารผสม ได้แก่ แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง บันทึกค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละการทดสอบ

การออกแบบชุดจำลองการกรองของหน่วยไตสำหรับชั้นเรียน

นำผลการทดสอบประสิทธิภาพที่ได้ มาออกแบบชุดจำลองการกรองของหน่วยไตที่เหมาะสำหรับนำไปใช้ในชั้นเรียน โดยประยุกต์ใช้ขั้นตอนการปฏิบัติบางส่วนของยุน, ลี และคิม (2017) กับชุดทดลองสำหรับทดแทนหัวกรองสำเร็จรูปในกิจกรรม และออกแบบปฏิบัติการจำลองการกรองของหน่วยไตสำหรับใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านคลองพร้าว อำเภอเกาะช้าง จังหวัดตราด ปีการศึกษา 2561

ตอนที่ 2 การทดลองใช้ชุดจำลองการกรองของหน่วยไตกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านคลองพร้าว อำเภอเกาะช้าง จังหวัดตราด

การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองการกรองของหน่วยไตในชั้นเรียน

1. การใช้ชุดทดลองในชั้นเรียนทำเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองการกรองของหน่วยไตในชั้นเรียน ดำเนินการโดยใช้นักเรียน 3 กลุ่ม ตามลำดับต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1.1 ทดลองใช้ชุดจำลองการกรองของหน่วยไต กับนักเรียนชุมนุมวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน บันทึกข้อเสนอแนะ นำข้อบกพร่องต่างๆ มาปรับปรุงแก้ไข

1.2 นำชุดทดลองที่ปรับปรุงแล้วตามข้อ 1 ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมว่าเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

1.3 นำชุดทดลองที่มีค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ไปใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านคลองพร้าว อำเภอเกาะช้าง จังหวัดตราด จำนวน 24 คน ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จากการสุ่มแบบเจาะจง เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามเกณฑ์ 80/80

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองการกรองของหน่วยไตในชั้นเรียน สำหรับนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม โดยดำเนินตามขั้นตอนต่อไปนี้

2.1 ชี้แจงวัตถุประสงค์และวิธีการเรียนด้วยชุดทดลองแก่นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง และให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง ไตและการกรองของหน่วยไต จำนวน 20 ข้อ

2.2 สอนกลุ่มตัวอย่างด้วยชุดจำลองการกรองของหน่วยไต โดยแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อยกลุ่มละ 4 คน ใช้เวลาในการสอนทั้งหมด 3 ชั่วโมง โดยสังเกตพฤติกรรมขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมการทดลอง การให้ความร่วมมือในการทดลอง ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นขณะทำการทดลอง ในระหว่างกิจกรรมครูชักนำให้นักเรียนทำการทดลองและตอบคำถามในแต่ละใบงานจนครบทุกเนื้อหาการทดลอง

2.3 หลังจากดำเนินการตามกิจกรรม ให้นักเรียนตอบคำถามท้ายการทดลอง และแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง ไตและการกรองของหน่วยไต จำนวน 20 ข้อ บันทึกคะแนน นำมาวิเคราะห์ผลข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยใช้ชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยใช้คะแนนทีเฉลี่ยในการหาผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน (กัมปนาท สุขสงวน. 2554)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกรองของชุดจำลองการกรองของหน่วยไต เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพการกรองของแต่ละการทดลองนี้ ทำโดย การหาค่าร้อยละความแตกต่างระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของสารที่กรองได้แต่ละมิลลิลิตร (OD_{mlX}) กับสารผสมที่ยังไม่ผ่านการกรอง ($OD_{Control}$) โดยใช้สูตร

$$\text{ประสิทธิภาพการกรอง (ร้อยละ)} = \frac{(OD_{Control} - OD_{mlX})}{OD_{Control}} \times 100$$

เมื่อ $OD_{Control}$ แทน ค่าการดูดกลืนแสงของสารผสมก่อนการกรอง

OD_{mlX} แทน ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่กรองได้แต่ละมิลลิลิตร โดยที่ X แทน มิลลิลิตรที่กรอง เช่น OD_{ml2} หมายถึง ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่กรองได้มิลลิลิตรที่ 2

2. การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองการกรองของหน่วยไตในชั้นเรียน เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง หาจากค่าเฉลี่ยระหว่างคะแนนที่ได้จากการตอบคำถามระหว่างการทดลอง กับคะแนนที่ได้ จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน คิดเป็นร้อยละของนักเรียนทั้งกลุ่ม จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบและหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556) และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยใช้ชุดจำลองการกรองของหน่วยไต คำนวณโดยใช้คะแนนทีเฉลี่ย ในการหาผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าเฉลี่ย (Mean) เป็นการวัดค่ากลาง (ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2552)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum$ แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมดในกลุ่ม

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เป็นการวัดการกระจายที่นิยมใช้กันมาก เขียนแทนด้วย SD

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(\overline{X}-X)^2}{n-1}}$$

เมื่อ SD แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X แทน ค่าคะแนน

n แทน จำนวนข้อมูลในแต่ละกลุ่ม

$\sum$ แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมดในกลุ่ม

3. การคำนวณหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง (Education efficiency) สามารถใช้วิธีการคำนวณธรรมดาหาค่า E1 และ E2 ได้ โดย

E1 แทน ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนค่า

E2 แทน ค่าร้อยละของคะแนนการสอบหลังเรียน

นำค่าที่ได้จากการคำนวณมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556)

4. คะแนนทีเฉลี่ย (Average T- score) เป็นสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูล 2 ชุด ในวิจัยนี้ใช้เพื่อหาผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดทดลอง มีขั้นตอนดังนี้

4.1 นำคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนทุกคนมาเรียงต่อกันให้เป็นคะแนนชุดเดียวกัน แล้วนำคะแนนมาบวกกันหาผลรวม

4.2 นำคะแนนจากข้อที่ 4.1 มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

4.3 นำค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากข้อ 4.2 มาคำนวณหาค่ามาตรฐานซี (Z - score) โดยใช้สูตร

$$Z = \frac{(X-\overline{X})}{SD}$$

4.4 นำคะแนนมาตรฐานซี มาหาคะแนนที (T - score) โดยใช้สูตร

$$T - score = 50 + 10Z$$

4.5 นำคะแนนทีมาแยกเป็นคะแนน 2 ชุด ได้แก่ ชุดคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

4.6 คำนวณหาค่าความแตกต่างของคะแนนทีชุดคะแนนก่อนเรียนและชุดคะแนนหลังเรียน และนำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าร้อยละ (กัมปนาท สุขสงวน. 2554)

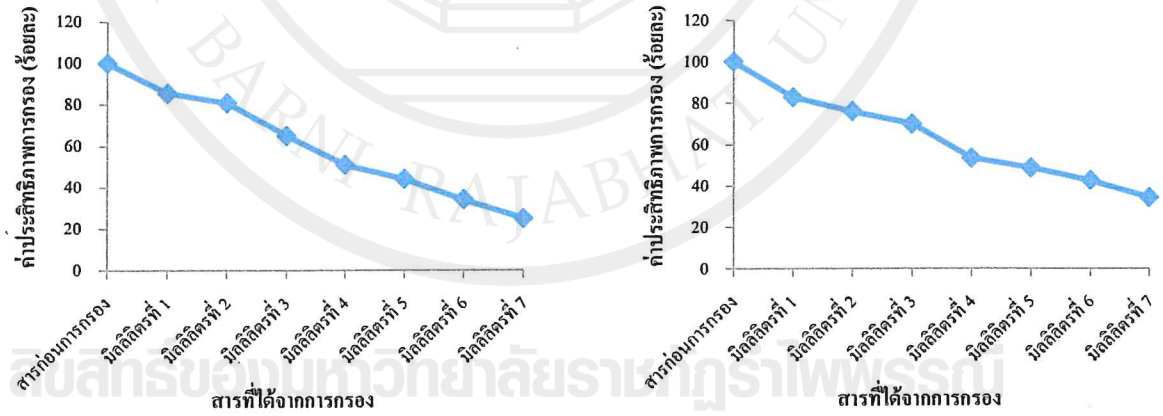
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

ผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยและพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต เพื่อนำไปพัฒนาเป็นชุดการสอนเรื่องไตและระบบขับถ่าย สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านคลองพร้าว ปีการศึกษา 2561 ด้วยการใช้กระบอกฉีดยาบรรจุสารผสมแล้วกรองผ่านหัวกรองลงในหลอดทดลอง ได้ผลการวิจัยดังนี้

ค่ามาตรฐานการกรองของชุดควบคุมและทดสอบประสิทธิภาพของชุดกรองที่สร้างขึ้น

ผลการหาค่ามาตรฐานประสิทธิภาพการกรองของชุดควบคุม (ชุดจำลองการกรองของหน่วยไตที่ใช้หัวกรองสำเร็จรูป) และทดสอบชุดกรองที่สร้างขึ้นโดยใช้แผ่นกรองชนิดไนลอน 1 แผ่น เป็นวัสดุกรองตามขั้นตอนการทดลองของยุน ลี และคิม (2017) โดยนำสารที่ได้จากการกรองสารผสมที่ประกอบด้วยสารละลายน้ำแป้งและน้ำตาลเด็กซ์โทรส ตั้งแต่มิลลิลิตรที่ 1 ถึงมิลลิลิตรที่ 7 ส่วนละ 1 มิลลิลิตร ไปวัดค่า OD_{620} พบว่าค่าประสิทธิภาพการกรองสารมิลลิลิตรที่ 1 ของชุดควบคุมและชุดกรองไนลอน มีค่าเป็นร้อยละ 85.57 (ภาพประกอบ 17 ก) และ 82.82 (ภาพประกอบ 17 ข) ตามลำดับ ชุดกรองไนลอนให้ค่าต่างจากชุดควบคุมเพียงร้อยละ 2.75 อีกทั้งประสิทธิภาพการกรองมีแนวโน้มลดลงตามปริมาตรการกรองที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับความเข้มสีที่เข้มขึ้นตามปริมาตรที่เพิ่มขึ้นของสารที่กรองได้ (ภาพประกอบ 18) เมื่อนำสารที่กรองได้ไปหยดสารละลายเบเนดิกต์แล้วนำไปต้ม พบว่า เกิดตะกอนสีแดงอิฐทุกหลอดทดลอง (ภาพประกอบ 19) ซึ่งชุดกรองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพการกรองเช่นเดียวกับชุดควบคุม จึงสรุปได้ว่าชุดกรองที่ออกแบบขึ้นสามารถใช้บรรจุวัสดุกรองเพื่อทดแทนหัวกรองสำเร็จรูปได้ตามสมมติฐานที่ตั้งขึ้น



(ก) (ข)

ภาพประกอบ 17 ประสิทธิภาพการกรองของชุดควบคุม (ก) และชุดกรองแผ่นไนลอน (ข)

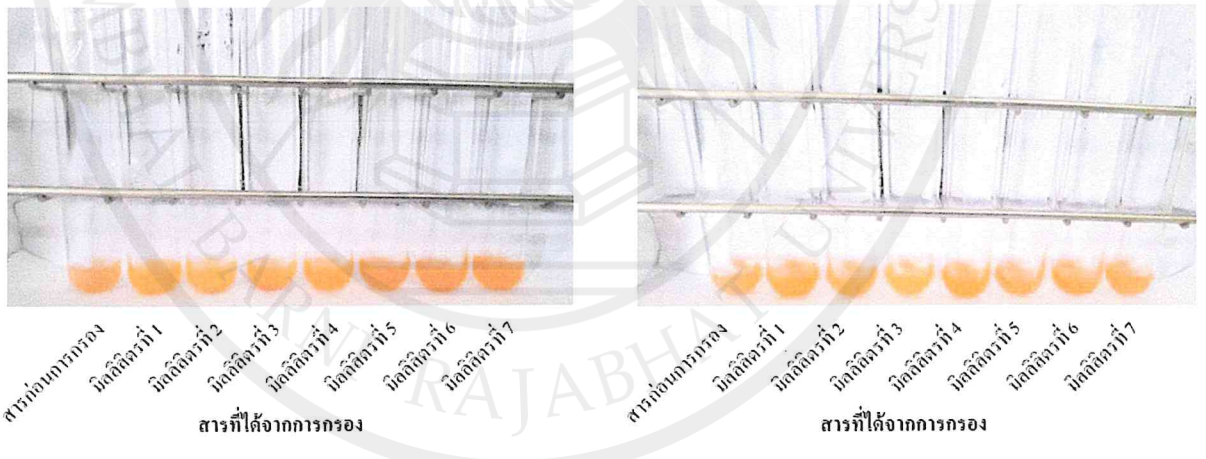
สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

(ก) (ข)

ภาพประกอบ 18 การลดลงของความเข้มสีในสารที่ได้จากการกรอง

(ก) ชุดควบคุม

(ข) ชุดกรองแผ่นไนลอน



(ก) (ข)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 19 ผลการทดสอบน้ำตาลในสารที่ได้จากการกรอง

(ก) ชุดควบคุม

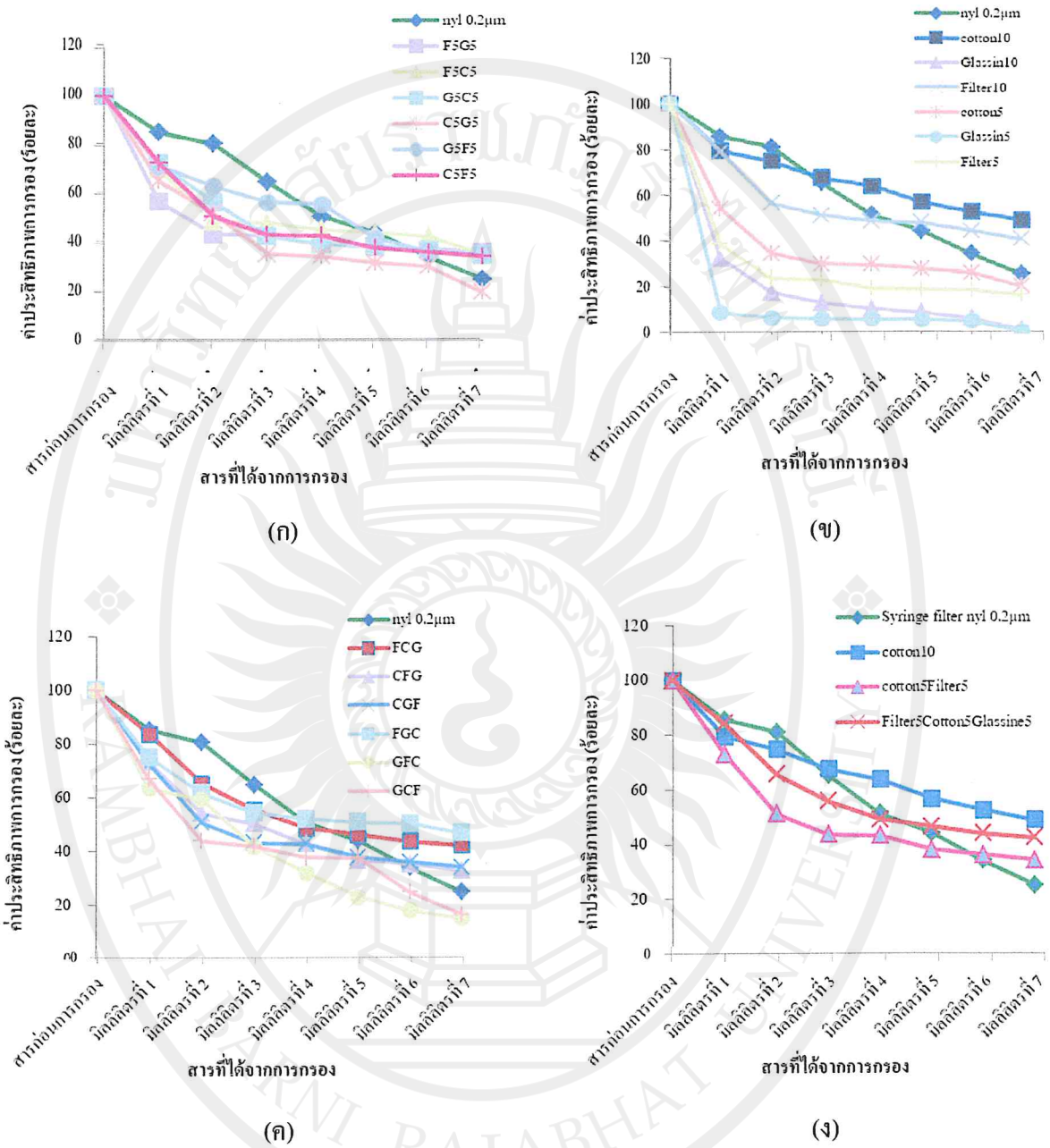
(ข) ชุดกรองแผ่นไนลอน

การทดสอบประสิทธิภาพการกรองของชุดกรองชนิดต่าง ๆ

ชุดกรองที่สร้างขึ้นแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ชุดกรองที่บรรจุวัสดุทดสอบชนิดเดียว สองชนิด และสามชนิด รวมทั้งหมด 18 ชุดทดสอบ นำไปทดสอบประสิทธิภาพการกรองเพื่อคัดเลือกชุดกรองที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือใกล้เคียงชุดควบคุมมากที่สุด จากผลการทดสอบพบว่า ในการศึกษาชุดกรองที่ใส่วัสดุทดสอบชนิดเดียวชุด Cotton 10 ให้ประสิทธิภาพการกรองสารมิลลิลิตรที่ 1 เท่ากับร้อยละ 79.39 (ภาพประกอบ 20 ก) ส่วนชุดกรองที่ใส่วัสดุทดสอบสองชนิด ชนิดละ 5 แผ่น โดยกำหนดตำแหน่งการวางวัสดุกรอง ผลการทดสอบพบว่าชุด C5F5 ให้ประสิทธิภาพการกรองสารมิลลิลิตรที่ 1 ดีที่สุดเท่ากับร้อยละ 72.92 (ภาพประกอบ 20 ข) และชุดกรองที่ใส่วัสดุกรองสามชนิด ชนิดละ 5 แผ่น พบว่า ชุด FCG มีประสิทธิภาพการกรองสารมิลลิลิตรที่ 1 ดีที่สุดที่ร้อยละ 84.07 (ภาพประกอบ 20ค) เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพของชุดกรองแต่ละชุด พบว่าชุดกรองใดที่ไม่มีสำลีเป็นวัสดุกรองจะให้ค่าประสิทธิภาพน้อยกว่าชุดที่มีสำลี และชุดกรองที่บรรจุด้วยกระดาษแก้วขุ่นเพียงชนิดเดียวมีประสิทธิภาพการกรองต่ำ ทั้งชุด Glassin 5 และชุด Glassin 10 ซึ่งมีประสิทธิภาพการกรองเพียงร้อยละ 8.30 และ 32.13 ตามลำดับ

ผลการเปรียบเทียบชุดกรองเพื่อใช้ทดแทนหัวกรองสำเร็จรูป โดยดูจากประสิทธิภาพการกรองสารผสมที่ดีที่สุดของแต่ละกลุ่ม ดังภาพประกอบ 20ง และลักษณะของสารที่กรองได้ (ภาพประกอบ 21 - 23) พบว่า ชุด FCG ให้ประสิทธิภาพการกรองดีที่สุดที่ร้อยละ 84.07 เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจมาจากการมีจำนวนชั้นกรองมากที่สุดและมีการเรียงของชั้นกรองที่เหมาะสม ทำให้มีประสิทธิภาพในการกรองที่ดีกว่าชุดกรองอื่นๆ และแสดงให้เห็นลักษณะสีของสารที่กรองได้ไปในแนวทางเดียวกับชุดควบคุม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ชุด FCG ในการนำไปทดแทนหัวกรองสำเร็จรูปในชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพประกอบ 20 ประสิทธิภาพการกรองสารผสมแต่ละมิลลิลิตรของชุดกรองแต่ละกลุ่ม

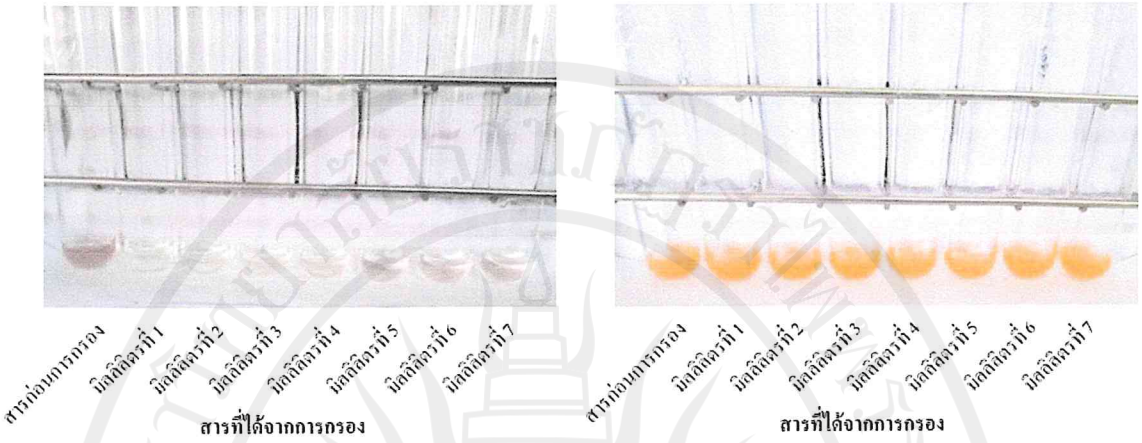
(ก) กลุ่มที่ใช้วัสดุกรองชนิดเดียว

(ข) กลุ่มที่ใช้วัสดุกรองสองชนิด

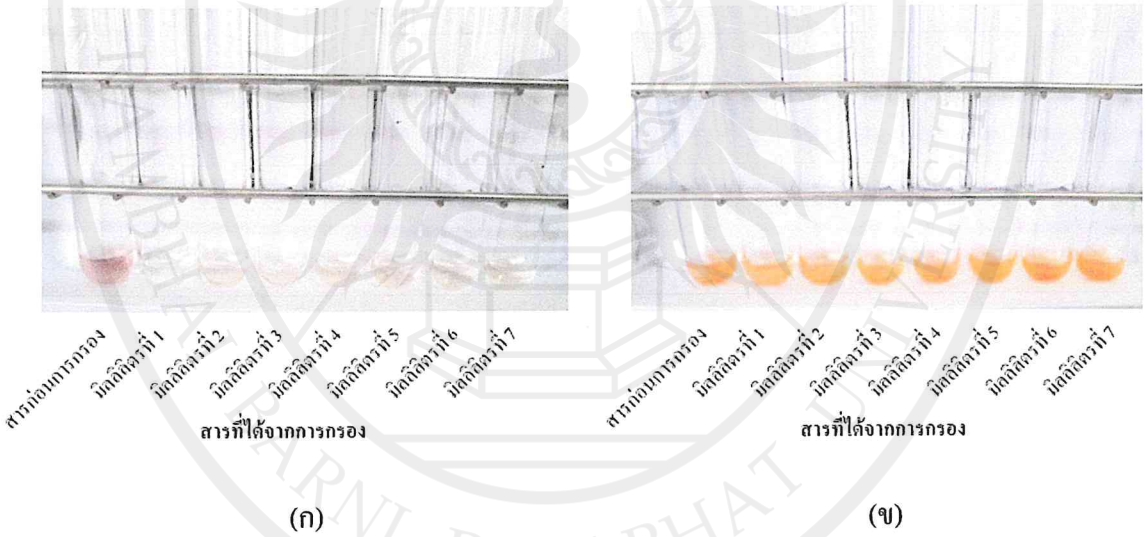
(ค) กลุ่มที่ใช้วัสดุกรองสามชนิด

(ง) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกรองของชุดที่ดีที่สุดของแต่ละกลุ่ม

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

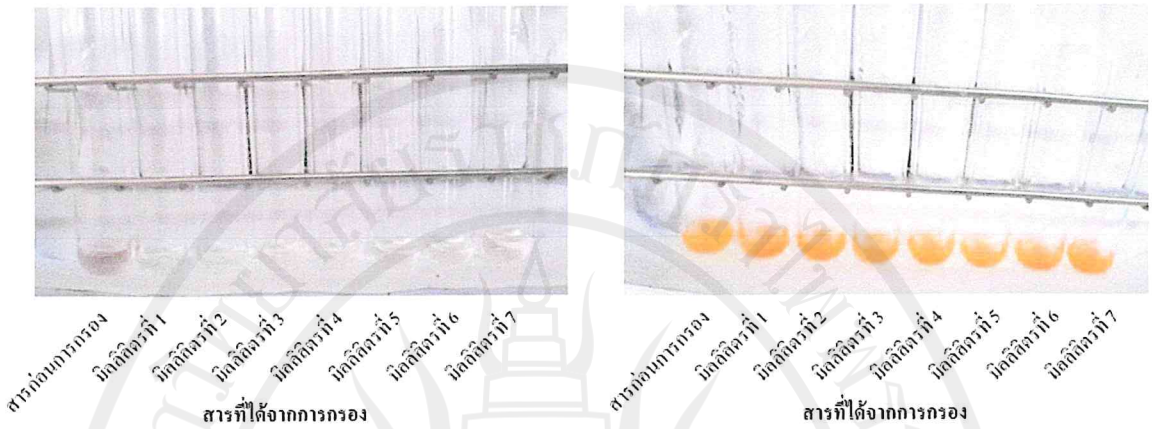


ภาพประกอบ 21 ลักษณะสารที่ได้จากการกรอง (ก) และผลการทดสอบน้ำตาล (ข) ของชุดกรองที่ดีที่สุดในกลุ่มที่ใช้วัสดุกรองชนิดเดียว



ภาพประกอบ 22 ลักษณะสารที่ได้จากการกรอง (ก) และผลการทดสอบน้ำตาล (ข) ของชุดกรองที่ดีที่สุดในกลุ่มที่ใช้วัสดุกรองสองชนิด

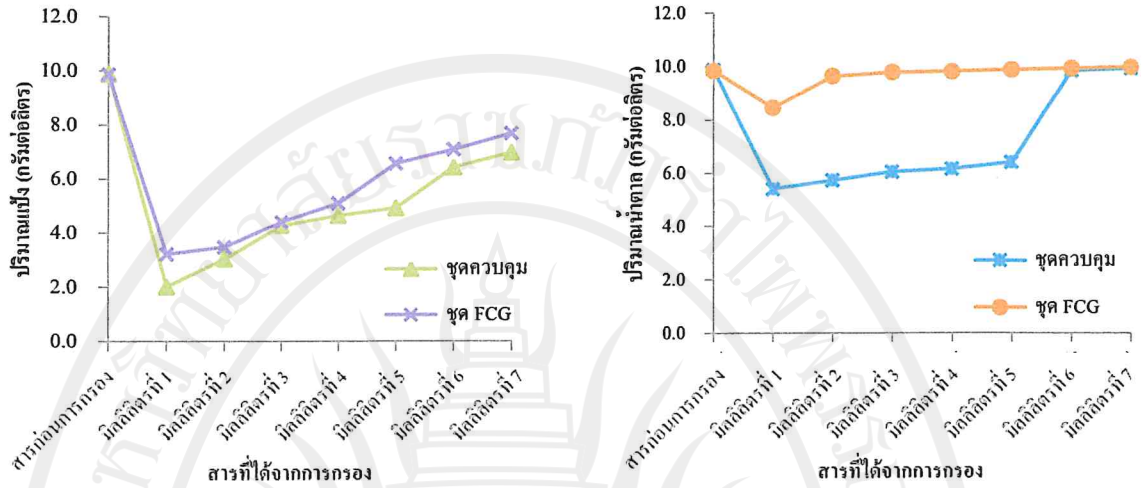
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพประกอบ 23 ลักษณะสารที่ได้จากการกรอง (ก) และผลการทดสอบน้ำตาล (ข) ของชุดกรองที่ดีที่สุดในกลุ่มที่ใช้วัสดุกรองสามชนิด

ในการทดลองครั้งนี้ มีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับประสิทธิภาพการกรองของชุดจำลองการกรองของหน่วยไตในด้านต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบและประยุกต์ใช้ชุดทดลองในการจัดกระบวนการเรียนรู้ต่อไป โดยเปรียบเทียบผลระหว่างชุดควบคุมกับชุดกรอง FCG ที่พัฒนาขึ้นเพื่อทดแทนหัวกรองสำเร็จรูป พบว่า จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงเพื่อหาปริมาณแป้งและน้ำตาลคงเหลือหลังการกรองของชุดกรอง FCG เทียบกับชุดควบคุม มีปริมาณแป้งคงเหลือ (ภาพประกอบ 24 ก) ทั้งชุดควบคุมและชุด FCG มีปริมาณแป้งคงเหลือ น้อยกว่า 4.0 กรัมต่อลิตร เป็นไปได้ว่าวัสดุกรองสามารถดูดซับแป้งไว้ได้มาก โดยพบว่าในมิลลิลิตรที่ 1 - 3 มีปริมาณแป้งที่หายไปมากกว่า 50 กรัมต่อลิตร แสดงว่าแป้งถูกซับไว้บนวัสดุกรอง จึงตรวจวัดปริมาณได้น้อยลง และผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลของชุดควบคุม ก่อนการกรองสารผสมพบว่ามีปริมาณน้ำตาลเท่ากับ 9.88 กรัม หลังการกรองพบว่าปริมาณน้ำตาลของสารมิลลิลิตรที่ 1 ในชุดควบคุมมีปริมาณน้ำตาลลดลงจาก 10.0 กรัมเป็น 5.41 กรัม คิดเป็นปริมาณน้ำตาลที่ลดลงร้อยละ 45.90 ส่วนชุด FCG มีปริมาณน้ำตาลคงเหลือในสารที่กรองได้อยู่ในช่วง 8.0 - 10.0 กรัมต่อลิตร แสดงว่าวัสดุกรองดูดซับน้ำตาลไว้ได้น้อยมาก (ภาพประกอบ 24 ข)

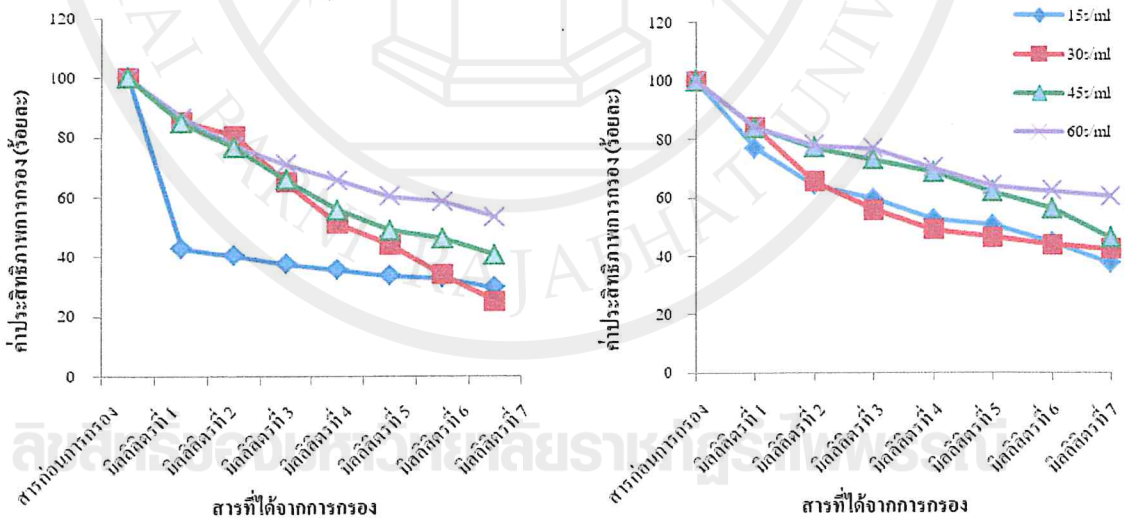
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



(ก) (ข)

ภาพประกอบ 24 ปริมาณแป้ง (ก) และน้ำตาล (ข) ของสารที่กรองได้จากชุดควบคุมและชุด FCG

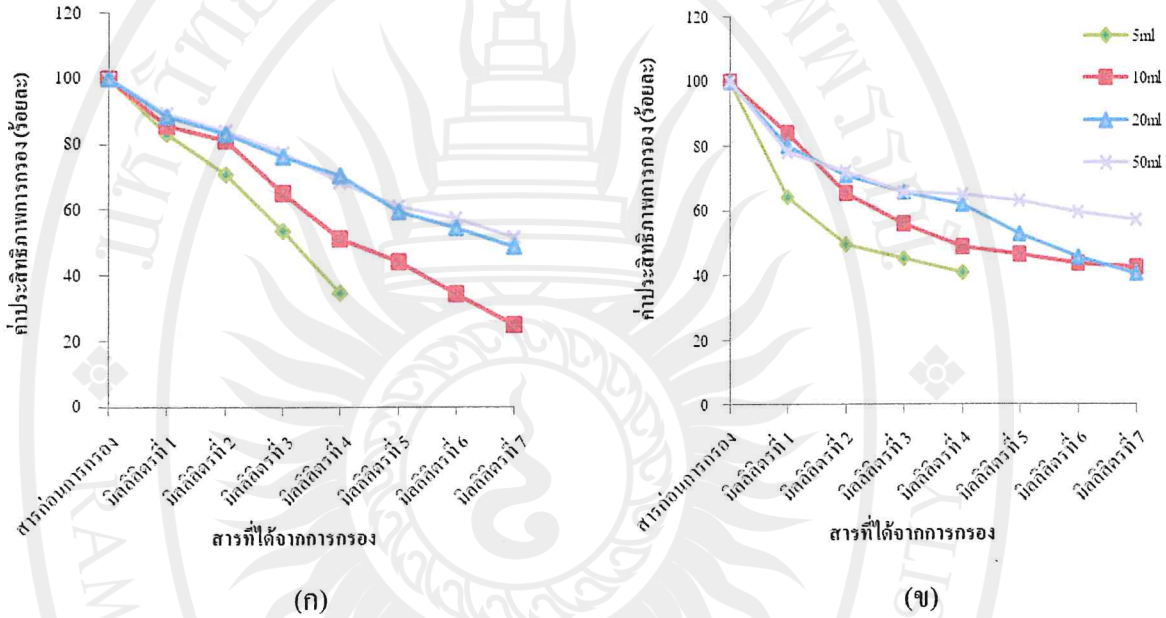
จากการเปรียบเทียบผลของอัตราเร็วต่อประสิทธิภาพการกรอง โดยใช้กระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร แปรผันความเร็วของการกรองในช่วง 15 - 60 วินาทีต่อมิลลิลิตร พบว่าผลการกรองสารผสมด้วยชุดควบคุมและชุดกรอง FCG ที่อัตราเร็วในช่วง 30 - 60 วินาทีต่อมิลลิลิตร ให้ค่าประสิทธิภาพการกรองสารมิลลิลิตรที่ 1 และมิลลิลิตรที่ 2 ใกล้เคียงกันที่ช่วงร้อยละ 80 - 90 (ภาพประกอบ 25 ก และ 25 ข)



(ก) (ข)

ภาพประกอบ 25 ผลของอัตราเร็วในการกรองต่อประสิทธิภาพการกรองของชุดควบคุม (ก) และชุด FCG (ข)

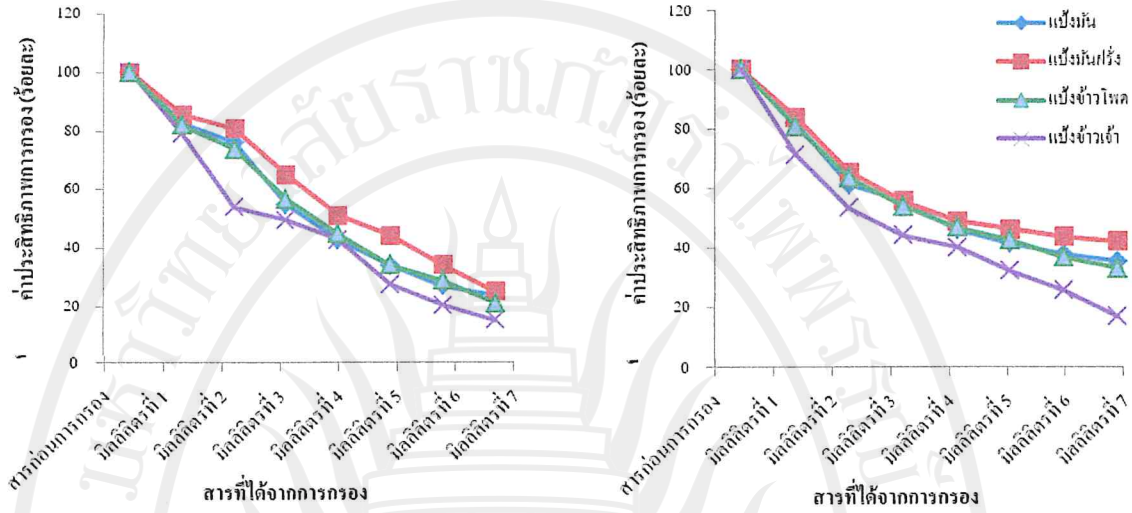
การกรองสารผสมโดยใช้แรงดันของกระบอกฉีดยาในช่วงขนาด 10 - 50 มิลลิลิตรของชุดควบคุมและชุด FCG มีค่าประสิทธิภาพการกรองสาร มิลลิลิตรที่ 1 และ มิลลิลิตรที่ 2 ใกล้เคียงกันที่ร้อยละ ช่วง 60 - 80 (ภาพประกอบ 26 ก และ 26 ข)



(ก) (ข)

ภาพประกอบ 26 ผลของแรงดันของกระบอกฉีดยาต่อประสิทธิภาพการกรองของชุดควบคุม (ก) และชุด FCG (ข)

การศึกษาผลของชนิดแป้งที่ใช้เตรียมสารละลายน้ำแป้งที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกรอง โดยเปลี่ยนชนิดแป้งที่ใช้จากแป้งมันฝรั่ง เป็นแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง เมื่อหยดสารละลายไอโอดีนลงในสารผสมที่ใช้สารละลายแป้งแต่ละชนิด พบว่าสีของสารผสมเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง สีน้ำเงิน สีม่วงแดง และสีม่วงแดง ตามลำดับ และพบว่าการกรองของสารผสมที่เตรียมด้วยแป้งมันฝรั่งถูกกรองผ่านชุดควบคุมและชุด FCG ให้ค่าประสิทธิภาพการกรองที่ มิลลิลิตรที่ 1 ดีที่สุดเท่ากับร้อยละ 85.58 และ 84.07 ตามลำดับ เมื่อเปลี่ยนสารละลายแป้งในสารผสมเป็นแป้งข้าวโพดและแป้งมันสามารถใช้ทดแทนแป้งมันฝรั่งได้ เนื่องจาก เมื่อกรองผ่านชุดควบคุมและชุด FCG ให้ค่าประสิทธิภาพการกรองที่ใกล้เคียงกันทั้งในชุดควบคุมและชุด FCG (ภาพประกอบ 27)



(ก) (ข)

ภาพประกอบ 27 ชนิดของแป้งที่ใช้ในการเตรียมสารละลายน้ำแป้งต่อประสิทธิภาพการกรองของชุดควบคุม (ก) และชุด FCG (ข)

การออกแบบชุดจำลองการกรองของหน่วยไตสำหรับใช้ในชั้นเรียน

จากผลการวิจัยและความเหมาะสมในการจัดชุดกิจกรรม ผู้วิจัยได้เลือกตัวแปรต่างๆ ในการออกแบบชุดจำลองการกรองของหน่วยไตสำหรับชั้นเรียน ดังต่อไปนี้ สารละลายน้ำแป้งที่ใช้ในการเตรียมสารผสมระหว่างสารละลายน้ำตาลเด็กซ์โทรส ได้แก่สารละลายน้ำแป้งมันฝรั่ง เนื่องจากสารละลายน้ำแป้งมันฝรั่งส่งผลให้ประสิทธิภาพการกรองดีที่สุด ขนาดของกระบอกฉีดยาที่ใช้เตรียมชุดกรอง FCG เลือกใช้ขนาด 10 มิลลิลิตร แม้ว่าในการทดสอบประสิทธิภาพจะพบว่ายิ่งเพิ่มขนาดของกระบอกฉีดยายิ่งทำให้ประสิทธิภาพการกรองดีขึ้น แต่เนื่องจากปริมาตรของสารผสมก่อนการกรองที่ใช้ในการทดสอบนี้มีเพียง 7 มิลลิลิตร อีกทั้งผลการกรองของกระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร นอกจากแสดงให้เห็นผลการกรองในมิลลิลิตรที่ 1 ใกล้เคียงกับกระบอกฉีดยาขนาด 20 และ 50 มิลลิลิตร แล้วยังแสดงให้เห็นแนวโน้มการกรองไปในทางเดียวกันกับชุดควบคุม ผู้วิจัยจึงเลือกสร้างชุดกรองทดแทนหัวกรองสำเร็จรูปในชุดจำลองการกรองของหน่วยไต ด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร สร้างโดยนำจุกยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับกระบอกฉีดยาเจาะรูขนาด 13 มิลลิเมตรบรรจุลงไปด้านล่างสุดของกระบอก หลังจากนั้นบรรจุวัสดุทดสอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเท่ากับกระบอกฉีดยาได้แก่ กระดาษกรอง สำลี และกระดาษแก้วขุ่นอย่างละ 5 แผ่น เรียงจากบนลงล่าง ปิดทับด้านบนวัสดุด้วยจุกยางเจาะรูเช่นเดียวกับด้านล่าง สาเหตุที่ต้องใส่จุกยาง

เจาะรูวางทั้งด้านบนและด้านล่างวัสดุทดสอบเพื่อป้องกันการไหลผ่านขอบด้านข้างของกระบอกฉีดยา อาจทำให้สารไม่ได้ผ่านวัสดุกรองทั้งหมด ส่งผลให้การทดลองคลาดเคลื่อนได้ และอัตราเร็วที่ใช้เท่ากับ 30 วินาทีต่อมิลลิลิตร จากการทดสอบพบว่าอัตราเร็วในการกรองยิ่งมากประสิทธิภาพการกรองยิ่งดี โดยพบว่าการกรองที่ใช้เวลา 60 วินาทีต่อมิลลิลิตร แสดงให้เห็นแนวโน้มของผลการกรองคล้ายกับที่อัตราเร็ว 30 วินาทีต่อมิลลิลิตร (ให้ประสิทธิภาพการกรองที่มิลลิลิตรที่ 1 ประมาณร้อยละ 80) ผู้วิจัยจึงเลือกอัตราเร็วที่น้อยที่สุดที่ให้ประสิทธิภาพการกรองในระดับเดียวกัน คือ 30 วินาทีต่อมิลลิลิตร รวมถึงเพื่อป้องไม่ให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายใช้เวลาในการทดลองนานเกินไป

ดังนั้น ชุดจำลองการกรองของหน่วยไตสำหรับใช้ในชั้นเรียนสำหรับงานวิจัยนี้ ประยุกต์จากขั้นตอนการกรองของยุน, ลี และคิม (2017) โดยใช้สารผสมระหว่างสารละลายน้ำตาลเด็กซ์โทรสกับสารละลายน้ำแป้งมันฝรั่ง ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อย่างละ 10 มิลลิลิตร หยดสารละลายไอโอดีนจำนวน 10 หยดเขย่าให้เข้ากัน เตรียมชุดกรอง FCG โดยใช้กระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร นำจุกยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับกระบอกฉีดยาเจาะรูขนาด 13 มิลลิเมตร บรรจุลงไปด้านล่างสุดของกระบอก หลังจากนั้นบรรจุวัสดุทดสอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเท่ากับกระบอกฉีดยา ได้แก่ กระดาษกรอง สำลี และกระดาษแก้วขุ่นอย่างละ 5 แผ่น เรียงจากบนลงล่าง ปิดทับด้านบนวัสดุด้วยจุกยางเจาะรูเช่นเดียวกับด้านล่าง เติมสารผสมสำหรับทดสอบลงในชุดกรองปริมาตร 7 มิลลิลิตร กรองใส่หลอดทดลองหลอดละ 1 มิลลิลิตร ด้วยอัตราเร็ว 30 วินาทีต่อมิลลิลิตร สังเกตสีของสารละลายที่กรองได้ หลังจากนั้นหยดสารละลายเบเนดิกซ์ลงในหลอดทดลองแต่ละหลอด นำไปต้มในน้ำเดือด 3 นาที สังเกตผลการเปลี่ยนแปลง

ภาพประกอบ 28 ลักษณะชุดกรอง FCG ที่ใช้ทดแทนหัวกรองสำเร็จรูป

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดจำลองการกรองของหน่วยไตในชั้นเรียน

แบบชุดจำลองการกรองของหน่วยไต สร้างเพื่อให้นักเรียนรู้ว่าไตซึ่งเป็นอวัยวะในระบบขับถ่ายมีโครงสร้างและการทำงานอย่างไร ตามตัวชี้วัดของมาตรฐานการเรียนรู้ ว 1.1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. 2551) การจัดให้มีบทปฏิบัติการและสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสม ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสนใจใฝ่รู้และมีความเข้าใจที่คงทนมากขึ้น (วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2529) การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองการกรองของหน่วยไตในชั้นเรียนอธิบาย ทำโดยนำชุดจำลองการกรองของหน่วยไต ตามปฏิบัติการของยุน, ลี และคิม (2017) ไปทดลองใช้กับนักเรียนในชุมนุมวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน โดยให้นักเรียนสังเกตผลการทดลองโดย การดูชุดสีที่กรองได้ จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน พบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำการปฏิบัติการ ปัญหาที่พบ คือ นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจถึงความสำคัญของการวางจุกยางเจาะรูและขนาดของวัสดุกรองที่ควรพอดีกับเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกฉีดยา เนื่องจากมีผลต่อการกรองของวัสดุกรอง ทำให้บางกลุ่มพบการรั่วของสารผสมในระหว่างการกรอง แต่นักเรียนทุกกลุ่มสามารถทำการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดและตอบคำถามระหว่างการทดลองได้ โดยพบว่าชุดทดลองมีประสิทธิภาพเท่ากับ 69.44/68.75 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80 ดังนั้น ควรเพิ่มเติม ข้อควรระวังในการสร้างชุดกรองลงในบทปฏิบัติการ (ภาคผนวก ค)

หลังจากปรับปรุงแก้ไขวิธีการสอนตามการทดลองที่ 1 แล้วนำชุดจำลองการกรองของหน่วยไตไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ซึ่งมีความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจกระบวนการทดลอง และเกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของหน่วยไต เมื่อวิเคราะห์ผลพบว่าชุดทดลองให้ผลประสิทธิภาพเท่ากับ 82.50/84.58 ให้ผลการทดสอบตามเกณฑ์ 80/80 (ภาคผนวก ค)

จากการทดสอบกับนักเรียนกลุ่มที่ 2 พบว่า ชุดทดลองให้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด จึงนำชุดทดลองที่ทดสอบประสิทธิภาพแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านคลองพร้าว อำเภอเกาะช้าง จังหวัดตราด จำนวน 24 คน ที่ได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจง เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามเกณฑ์ 80/80 (ตาราง 2) พบว่า คะแนนเฉลี่ยใบงานทดลองระหว่างเรียนมีค่าเท่ากับ 24.75 ± 1.45 คิดเป็นร้อยละ 82.50 และส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 16.79 ± 1.67 คิดเป็นร้อยละ 83.95 สรุปได้ว่าชุดจำลองการกรองของหน่วยไตที่ใช้กับกลุ่มตัวอย่างมีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 82.50/83.95 เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80

ตาราง 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองการกรองของหน่วยไตของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 24 คน

แบบทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	SD	ประสิทธิภาพ
ใบงานทดลองระหว่างเรียน (E1)	24	30	24.75	1.45	82.50
แบบทดสอบหลังเรียน (E2)	24	20	16.79	1.67	83.95

หมายเหตุ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนในกลุ่มตัวอย่าง
SD แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดสอบ

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องระบบขับถ่าย ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยใช้ชุดจำลองการกรองของหน่วยไต ก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิเคราะห์คะแนนค่าทีเฉลี่ย (Average T- score) พบว่า ผลของคะแนนทีเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 40.68 และคะแนนทีเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 59.32 ดังนั้น ค่าคะแนนทีเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 18.64 คิดเป็นคะแนนทีเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 45.81 ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดทดลองทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้มากขึ้น มีการให้ความช่วยเหลือ การทำงานเป็นกลุ่ม รวมถึงมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน จึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น (ตารางที่ 3)

ตาราง 3 คะแนนทีเฉลี่ย Average T-Score ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องหน่วยไตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยใช้ชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

	คะแนนก่อนเรียน			คะแนนหลังเรียน		
คนที่	คะแนน (20)	ค่า Z - Score	ค่า T - Score	คะแนน (20)	ค่า Z - Score	ค่า T - Score
1	10	-0.1933	48.0673	18	1.1320	61.3200
2	9	-0.3589	46.4107	16	0.8007	58.0068
3	3	-1.3529	36.4713	17	0.9663	59.6634
4	5	-1.0216	39.7844	17	0.9663	59.6634
5	6	-0.8559	41.4410	18	1.1320	61.3200
6	6	-0.8559	41.4410	16	0.8007	58.0068

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏธำไพรวรณี

ตาราง 3 (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน			คะแนนหลังเรียน		
	คะแนน (20)	ค่า Z Score	ค่า T Score	คะแนน (20)	ค่า Z Score	ค่า T Score
7	8	-0.5246	44.7542	17	0.9663	59.6634
8	3	-1.3529	36.4713	16	0.8007	58.0068
9	4	-1.1872	38.1278	18	1.1320	61.3200
10	9	-0.3589	46.4107	17	0.9663	59.6634
11	9	-0.3589	46.4107	16	0.8007	58.0068
12	9	-0.3589	46.4107	19	1.2977	62.9765
13	5	-1.0216	39.7844	16	0.8007	58.0068
14	2	-1.5185	34.8147	14	0.4694	54.6936
15	3	-1.3529	36.4713	19	1.2977	62.9765
16	5	-1.0216	39.7844	18	1.1320	61.3200
17	4	-1.1872	38.1278	15	0.6350	56.3502
18	3	-1.3529	36.4713	20	1.4633	64.6331
19	5	-1.0216	39.7844	16	0.8007	58.0068
20	3	-1.3529	36.4713	16	0.8007	58.0068
21	4	-1.1872	38.1278	13	0.3037	53.0371
22	6	-0.8559	41.4410	17	0.9663	59.6634
23	5	-1.0216	39.7844	15	0.6350	56.3502
24	7	-0.6902	43.0976	19	1.2977	62.9765

คะแนนเฉลี่ยของคะแนนก่อนและหลังเรียน	11.17
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล	6.04
คะแนนทีเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ	40.68
คะแนนทีเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ	59.32
ค่าคะแนนทีเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ	(59.32 – 40.68) = 18.64
คะแนนทีเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ	45.81

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

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

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กนกอร ฉิชกุล. (2555). **การพัฒนาชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง ร่างกายของเรา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.** ศรีษะเกษ: โรงเรียนสตรีสิริเกศ. สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 28.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.

_____. (2554). **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 1.** กรุงเทพฯ : สกสค. ลาดพร้าว.

_____. (2557). **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1.** กรุงเทพฯ : สกสค. ลาดพร้าว.

กิ่งแก้ว บรรลุผลสกุล, นววรรณ ทองมี และปิยะพงษ์ โอฬารทิชาชาต. (2559). "การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการวัดอุณหภูมิด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์." **การประชุมสัมมนาวิชาการและนาเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 16 และการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 3** "งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น". เพชรบูรณ์ : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

กริ่งแก้ว นวลศรี. (2551). **การส่งเสริมทักษะการทดลองและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ด้วยกิจกรรมการทดลองในชุมนุมวิทยาศาสตร์.** วิทยานิพนธ์ วท.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา). อุบลราชธานี : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลับอุบลราชธานี.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. (2543). **เทคโนโลยีของแป้ง.** 2. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. (2560). **รายงานผลการประเมินด้วยข้อสอบมาตรฐานกลาง ปีการศึกษา 2560 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษา. (เอกสารรายงานผลการทดสอบด้านวิชาการ).** ตราด : กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบ้านคลองพร้าว.

กัมปนาท สุขสงวน. (2554). **การหาคะแนนทีเฉลี่ย Average T Score ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.(เอกสารแนบท้าย).** ศรีสะเกษ : สพป.ศรีสะเกษ เขต 1.

เกษม ศรีพงษ์. (2537). **คู่มือเตรียมสอบ ชีววิทยา ม.5 เล่ม 4 ว0410.** กรุงเทพมหานคร : บริษัท ภูมิบัณฑิตการพิมพ์ จำกัด.

ขนิษฐา ทองดี. (2553). **วิธีสอนโดยใช้การทดลอง.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.l3nr.org/posts/398755. 1 พฤศจิกายน 2560.

ชัยชาญ รอดภัย. (2559). **การแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำในรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หัวข้อเรื่องผังงาน ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ โดยใช้วิธีท่องจำ.** (รายงานวิจัย). บุรีรัมย์ : วิทยาลัยเทคโนโลยีเบญจ.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. **วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย.** 5(1) (มกราคม - มิถุนายน 2556) : 7-20

ชาญชัย คำสะอาด. (2553). "การใช้เทคนิค POE เพื่อเพิ่มความเข้าใจเรื่องไฟฟ้าและแม่เหล็กไฟฟ้า." **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภาคเหนือ.** 3(3) : 9-15.

ฐิติรัตน์ ชาวไชย. (2551). **การแยกน้ำเหล้าสาโทโดยเชิงกล.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรม). กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

นันทนา สำเภา. (2555). **การขับถ่าย.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.nana-bio.com/Medium/text/excretion.pdf. 2 พฤศจิกายน 2560.

ทิศนา แขมมณี. (2552). **14 วิธีสอนสำหรับครูมืออาชีพ.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2552). **การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร : บิสซิเนสอาร์แอนด์ดี.

ดุษฎี อุตภาพ. (2560). **เทคโนโลยีของคาร์โบไฮเดรต.** (เอกสารประกอบการสอน). กรุงเทพมหานคร : คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

บริษัทไซ เทรดเดอร์ จำกัด. (2556). **เลือกซื้อกระดาษกรอง (Filter Paper).** (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.xn--42cg6bh3chdf6amw3ac7eb1a9bd8ntg1d.com/%E0B8% 81E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%94%E0%B8%B2%E0%B8%A9%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%AD%E0%B8%87/. 26 กรกฎาคม 2556.

บัญชา แสนทวี และคณะ. (2551). **หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต ม.4-6.** กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.

บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์ และชรัตน์ รุ่งเรืองศิลป์. (2533). "ผลกระทบของการทำเหมืองแร่ดีบุกต่อสมบัติของดิน". **วารสารวนศาสตร์,** 9 (2) ,73-82

ประเสริฐ กลมภพตระกูล. (2555). **การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18f458.** วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมกล้าธนบุรี.

ปิยวรรณ บัวใหญ่. (2555). **การคัดเลือกยีสต์สะสมไขมันที่ทนอุณหภูมิสูงจากของเหลือทิ้งทางอุตสาหกรรมเกษตร เพื่อผลิตน้ำมันเซลล์เดียว.** วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีชีวภาพ). ข่อนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พันธ์ฑิตา นิลคล้าย. (2554). **หลักการสอน.** (เอกสารประกอบการเรียน). กำแพงเพชร : มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

วัลลภ จันทร์ตระกูล. (2529). **สื่อการเรียนการสอน.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมกล้าพระนครเหนือ. 40 - 42.

วิสิทธิ์ ลุมชะเนาว์. (2558). "การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง." **วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.** (5)2 : 11 - 25.

พเยาว์ ยินดีสุข, วิภา เกียรติธนะบำรุง และสายสวาท สถวัณณกีฎะ. (2547). **หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน ชีววิทยา มัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544.** กรุงเทพมหานคร : บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ จำกัด.

พรพีระ สังข์กระแสร์. (2548). **การศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางการเรียนกับแผนการเรียนของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ที่เรียนด้วยชุดสื่อประสมวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) เรื่องการเคลื่อนที่แบบต่างๆ.** วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พิสิฐ์พงษ์ หมื่นประเสริฐดี. (2557). **กระดาษกรอง Whatman: ราคา และ ขนาดรูพรุน.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://share.psu.ac.th/blog/sat-instcent/33369 . 8 เมษายน 2557.

มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา (สอวน.). (2560). **ชีววิทยา 1 (มัธยมศึกษาตอนต้น).** 2. กรุงเทพมหานคร : บริษัทด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.

มิรันตี โทผาวงษ์ และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา. (2557). "ความก้าวหน้าทางการเรียนและทักษะการทดลองในการเรียนเรื่อง ปฏิกิริยาเคมีด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย - สังเกต - อธิบาย," **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้.**5(1) : 57 - 65.

เมลดา ยมจินดา, สุภาพร ส่งสกุล และอภิญญา กวดแก้ว. (2558). **ระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์และสัตว์.** (เอกสารประกอบการสอน). ชลบุรี : โรงเรียนจุฬาภรณ์ราชวิทยาลัย.

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

รวีวรรณ โชคชัยชีวากร. (2556). ระบบขับถ่าย. **ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชา วิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์และสัตว์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.** เพชรบูรณ์ : โรงเรียนนิยมศิลป์อนุสรณ์.

เรวดี มานุ้ย. (2556). **การพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สาหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง.** วิทยานิพนธ์ ค.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา). สงขลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

โรงเรียนบ้านคลองพร้าว. (2558). **รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2558 - ค่าสถิติสำหรับโรงเรียนแยกตามสาระ โรงเรียนบ้านคลองพร้าว.** (เอกสารรายงานผลการทดสอบด้านวิชาการ). ตราด : โรงเรียนบ้านคลองพร้าว.

_____. (2559). **รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2559 - ค่าสถิติสำหรับโรงเรียนแยกตามสาระ โรงเรียนบ้านคลองพร้าว.** (เอกสารรายงานผลการทดสอบด้านวิชาการ). ตราด : โรงเรียนบ้านคลองพร้าว.

_____. (2560). **รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2560 - ค่าสถิติสำหรับโรงเรียนแยกตามสาระ โรงเรียนบ้านคลองพร้าว.** (เอกสารรายงานผลการทดสอบด้านวิชาการ). ตราด : โรงเรียนบ้านคลองพร้าว.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2551). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551.** กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). 2554. **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สุพล มนะเกษตรธาร. (2557). **ประโยชน์ที่อาจคาดไม่ถึงของกระดาษในการวิเคราะห์.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://science.skru.ac.th/knlMain.php?k_id=8. 2 กันยายน 2554.

สุดี คมประพันธ์. (2547). **การพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิตสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3.** ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

อภิระดี แสงสุริยันต์. (2556). **ระบบขับถ่าย.** ชุดการสอน ชุดที่ 4 ระบบขับถ่าย. กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. สงขลา: โรงเรียนมหาวชิราวุธ.

ศุภศิลป์ เฟื่องฟุ้ง และอภิชาต พองพลา. (2557). **การสร้างชุดทดลองเรื่องไฟฟ้ากระแสสลับแบบลงมือปฏิบัติ.** (รายงานการวิจัย). กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล.

Campbell, A. N., Reece B. J. and others. (2009). **Campbell biology**. 9th ed. the United States of America : Benjamin Cummings.

Ferrell, B. (2014). **Anatomy Experiments: Kidney Filtration & Kidney Model.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา https://www.halfahundredacrewood.com/2014/11/anatomy-experiments-kidney-model/. 15 November 2014.

Miller, G. L. (1959). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugars. **Anal Chem** V. 31: 426-429.

Nokkon, K. (2009). **Carbohydrate.** (ออนไลน์). แหล่งที่มาhttp://www.vcharkarn.com /lesson/1468. 24 กรกฎาคม 2552.

Yun, S.M., Lee, S. and Kim, H. (November/December 2017). "Modeling Activity on Blood Filtration in the Nephron," **The American Biology Teacher.** 9(79) : 774 - 777.

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาคผนวก ก

วิธีการเตรียมสารเคมี และกราฟมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1. สารละลายไอโอดีน

ไอโอดีน	5	กรัม
โพแทสเซียมไอโอไดด์	10	กรัม

การเตรียม Stock Iodine ทำโดยผสมสารเคมีในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันเก็บไว้ในขวดสีชา

2. สารละลายดีเอ็นเอส (Miller. 1959)

โซเดียมไฮดรอกไซด์	1.6	กรัม
กรด 3, 5 ไดไนโตรซาลิไซลิก	0.9	กรัม
โซเดียมโพแทสเซียม ทาร์เทรต	28.22	กรัม

การเตรียมสารละลายดีเอ็นเอสทำโดยละลายสารเคมีทั้งสามชนิดในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันเก็บไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิห้อง

3. การวิเคราะห์ปริมาณแป้งด้วยวิธีไอโอดีน (ดัดแปลงจากปิยวรรณ บัวใหญ่. 2555)

3.1 สารละลายแป้งมาตรฐาน

ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต	1.33	กรัม
กรดเบนโซอิก	0.43	กรัม
สารละลายแป้ง	0.1	กรัม

เตรียมสารละลายแป้งมาตรฐาน โดยผสมไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตกับกรดเบนโซอิกในน้ำกลั่นปริมาตร 60 มิลลิลิตร นำไปต้มเดือด จากนั้นละลายแป้งมันฝรั่ง 0.1 กรัม ในน้ำเย็น 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วปรับปริมาณให้ได้ 100 มิลลิลิตร ได้สารละลายมาตรฐานแป้งที่มีความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร หรือ 0.1 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร จากนั้นเจือจางสารละลายให้ได้ความเข้มข้น 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 และ1.0 กรัมต่อลิตร

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณแป้ง

3.2.1 เตรียมสารละลายไอโอดีนโดยเจือจาง Stock Iodine กับน้ำกลั่น ในอัตราส่วน 1 ต่อ 9

3.2.2 เจือจางสารที่ได้จากการกรองโดยการดูดสารที่ได้ 0.1 มิลลิลิตร เติมน้ำ 0.9 มิลลิลิตร จะได้สารตัวอย่างที่มีความเจือจาง 0.1 เท่า

3.2.3 ดูดตัวอย่างที่เจือจางแล้วมา 0.1 มิลลิลิตร

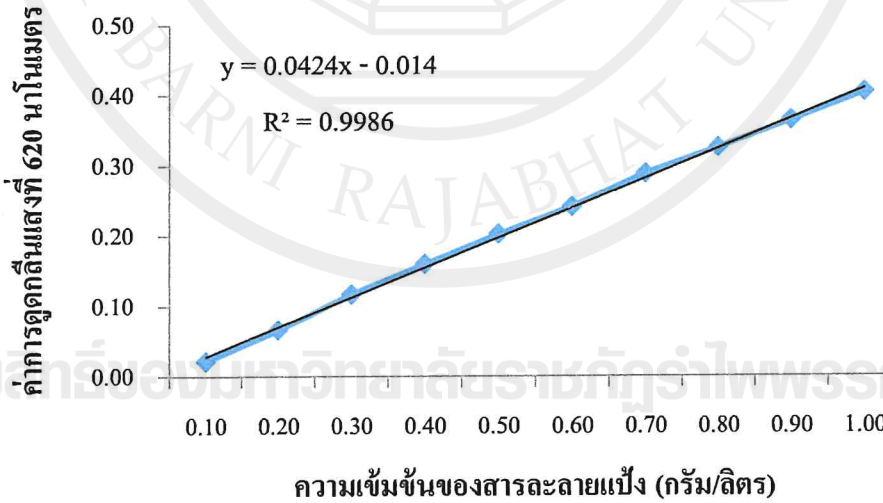
3.2.4 เติมสารละลายไอโอดีน 2.4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

3.2.5 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างมาเทียบกับค่าในกราฟมาตรฐานที่แปรผันความเข้มข้นของแป้งระหว่าง 0.1 - 1 กรัมต่อลิตร

ตารางที่ 4 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแป้งความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร

หลอดที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย OD_{620}
1	0.021	0.019	0.025	0.022
2	0.061	0.065	0.072	0.066
3	0.115	0.124	0.112	0.117
4	0.159	0.160	0.161	0.160
5	0.201	0.221	0.185	0.202
6	0.234	0.246	0.244	0.241
7	0.284	0.288	0.294	0.289
8	0.334	0.329	0.312	0.325
9	0.354	0.364	0.374	0.364
10	0.399	0.411	0.401	0.404
Blank	0	0	0	0



ภาพประกอบ 29 กราฟมาตรฐานแป้งสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณแป้งด้วยวิธีไอโอดีน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลด้วยดีเอ็นเอส (ดัดแปลงจากปิยวรรณ บัวใหญ่. 2555)

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล

4.2.1 เจือจางสารที่ได้จากการกรองโดยการดูดสารที่ได้ 0.1 มิลลิลิตร เติมน้ำ 0.9 มิลลิลิตร จะได้สารตัวอย่างที่มีความเจือจาง 0.1 เท่า

4.2.2 ดูดตัวอย่างที่เจือจางแล้วมา 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย DNS 0.5 มิลลิลิตร ต้มในน้ำเดือด 10 นาที และหยุดปฏิกิริยาโดยจุ่มน้ำเย็นทันที

4.2.3 เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

4.2.4 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างมาเทียบกับค่าในกราฟมาตรฐานที่แปรผันความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเด็กโทรสระหว่าง 0.1 - 1 กรัมต่อลิตร

ตาราง 5 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร

หลอดที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย OD_{520}
1	0.105	0.121	0.138	0.121
2	0.195	0.201	0.196	0.197
3	0.264	0.261	0.262	0.262
4	0.354	0.348	0.336	0.346
5	0.416	0.420	0.419	0.418
6	0.519	0.525	0.523	0.522
7	0.607	0.592	0.613	0.604
8	0.678	0.684	0.692	0.685
9	0.746	0.761	0.776	0.761
10	0.819	0.813	0.825	0.819
Blank	0	0	0	0

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

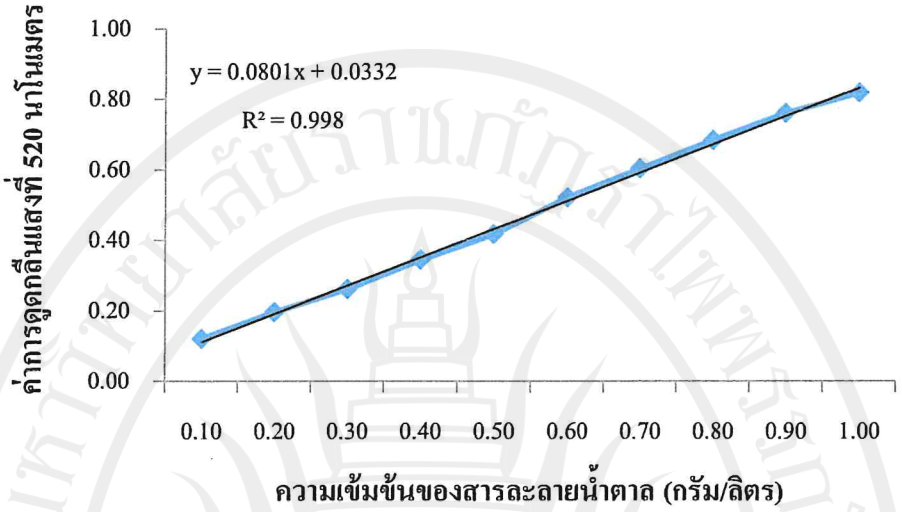
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพประกอบ 30 กราฟมาตรฐานน้ำตาลสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลด้วยวิธีดีเอ็นเอส

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาคผนวก ข

ตารางบันทึกผลการทดลองการพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 6 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร ของสารที่กรองได้ และประสิทธิภาพการกรองของชุดควบคุม

Nyl 0.2 µm	OD_{620}	ประสิทธิภาพการกรอง (ร้อยละ)
สารผสม	0.319	100.00
มิลลิลิตรที่ 1	0.046	85.57
มิลลิลิตรที่ 2	0.061	80.86
มิลลิลิตรที่ 3	0.111	65.17
มิลลิลิตรที่ 4	0.156	51.05
มิลลิลิตรที่ 5	0.178	44.15
มิลลิลิตรที่ 6	0.210	34.11
มิลลิลิตรที่ 7	0.239	25.01

ตาราง 7 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโมเมตรของสารที่กรองได้ และประสิทธิภาพการกรองของชุดทดสอบที่บรรจุแผ่นกรองชนิดไนลอน

Nyl 0.2 µm	OD_{620}	ประสิทธิภาพการกรอง (ร้อยละ)
สารผสม	0.326	100.00
มิลลิลิตรที่ 1	0.056	82.82
มิลลิลิตรที่ 2	0.078	76.07
มิลลิลิตรที่ 3	0.098	69.94
มิลลิลิตรที่ 4	0.152	53.37
มิลลิลิตรที่ 5	0.167	48.77
มิลลิลิตรที่ 6	0.187	42.64
มิลลิลิตรที่ 7	0.214	34.36

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

ตาราง 8 ประสิทธิภาพการกรองของสารที่กรองได้เทียบกับสารตั้งต้นของชุดกรอง

ชุดกรอง	ผลต่างค่า OD_{620} ของสารที่กรองได้แต่ละมิลลิลิตรเทียบกับสารตั้งต้น (ร้อยละ)						
	มิลลิลิตรที่ 1	มิลลิลิตรที่ 2	มิลลิลิตรที่ 3	มิลลิลิตรที่ 4	มิลลิลิตรที่ 5	มิลลิลิตรที่ 6	มิลลิลิตรที่ 7
ชุดควบคุม							
Nyl 0.2 μm	85.560	80.861	65.173	51.054	44.151	34.111	25.012
กลุ่มที่ใช้วัสดุกรองชนิดเดียว							
Cotton10	79.389	74.656	67.481	63.664	56.641	52.366	48.855
Glassin10	32.128	17.149	12.500	9.814	8.368	5.785	0.723
Filter10	78.727	56.281	50.921	48.409	47.739	44.054	40.369
Cotton5	53.909	34.294	29.630	29.218	27.298	25.652	19.890
Glassin5	8.300	6.024	5.489	5.355	5.221	4.552	0.000
Filter5	38.308	23.231	22.615	18.923	18.462	18.308	16.000
กลุ่มที่ใช้วัสดุกรองสองชนิด							
C5F5	72.919	51.054	43.507	43.174	38.069	36.071	34.295
F5C5	70.549	48.824	48.376	45.577	44.233	42.777	35.498
G5C5	72.837	56.851	42.788	39.423	38.702	37.019	34.615
C5G5	65.532	52.470	35.565	34.687	31.833	30.406	19.759
G5F5	71.727	63.422	56.898	56.150	42.139	36.364	35.508
F5G5	57.063	43.834	42.825	39.574	38.117	37.444	36.547
กลุ่มที่ใช้วัสดุกรองสามชนิด							
FCG	84.071	65.588	55.752	48.968	46.313	43.805	42.330
CFG	73.678	54.490	50.554	43.050	36.900	35.424	32.964
CGF	72.919	51.054	43.507	43.174	38.069	36.071	34.295
FGC	75.266	61.968	54.521	52.394	50.931	50.532	46.941
GFC	63.844	59.725	42.220	32.380	23.227	18.192	15.217
GCF	67.303	44.275	42.366	37.913	37.786	24.936	16.412

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 9 ค่าการดูดกลืนแสงของสารผสมที่กรองได้และปริมาณน้ำตาลคงเหลือหลังผ่านการกรอง

	ชุด Nyl 0.2 µm		ชุดกรอง FCG	
	ค่า OD_{520}	ปริมาณน้ำตาล (กรัมต่อลิตร)	ค่าเฉลี่ย OD_{520}	ปริมาณน้ำตาล (กรัมต่อลิตร))
สารผสม	0.789	9.87	0.787	9.84
มิลลิลิตรที่ 1	0.433	5.41	0.676	8.45
มิลลิลิตรที่ 2	0.458	5.73	0.771	9.64
มิลลิลิตรที่ 3	0.484	6.05	0.782	9.78
มิลลิลิตรที่ 4	0.492	6.15	0.785	9.81
มิลลิลิตรที่ 5	0.512	6.40	0.790	9.88
มิลลิลิตรที่ 6	0.787	9.84	0.794	9.93
มิลลิลิตรที่ 7	0.795	9.93	0.798	9.98

ตาราง 10 ค่าการดูดกลืนแสงของสารผสมที่กรองได้และปริมาณน้ำตาลคงเหลือหลังผ่านการกรอง

	ชุด Nyl 0.2 µm		ชุดกรอง FCG	
	ค่า OD_{520}	ปริมาณแป้ง (กรัมต่อลิตร)	ค่าเฉลี่ย OD_{520}	ปริมาณแป้ง (กรัมต่อลิตร)
สารผสม	0.395	9.88	0.395	9.87
มิลลิลิตรที่ 1	0.081	2.02	0.129	3.23
มิลลิลิตรที่ 2	0.121	3.04	0.139	3.48
มิลลิลิตรที่ 3	0.171	4.28	0.176	4.41
มิลลิลิตรที่ 4	0.186	4.65	0.204	5.10
มิลลิลิตรที่ 5	0.197	4.93	0.263	6.57
มิลลิลิตรที่ 6	0.257	6.42	0.283	7.08
มิลลิลิตรที่ 7	0.279	6.97	0.307	7.68

สถาบันวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 11 ผลร้อยละของอัตราเร็วต่อประสิทธิภาพการกรองของชุดกรอง

ร้อยละ	ชุด Nyl 0.2 µm				ชุดกรอง FCG			
	15s/ml	30s/ml	45s/ml	60s/ml	15s/ml	30s/ml	45s/ml	60s/ml
สารผสม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
มิลลิลิตรที่ 1	42.80	85.58	85.08	86.80	76.84	84.07	84.01	84.17
มิลลิลิตรที่ 2	40.37	80.88	76.92	77.18	64.30	65.59	77.01	78.00
มิลลิลิตรที่ 3	37.73	65.20	65.97	71.14	59.50	55.75	72.99	76.60
มิลลิลิตรที่ 4	35.70	51.10	55.71	65.77	52.53	48.97	68.60	69.97
มิลลิลิตรที่ 5	33.67	44.20	48.95	60.40	50.51	46.31	61.85	63.80
มิลลิลิตรที่ 6	32.86	34.17	46.15	58.61	44.56	43.81	56.28	62.17
มิลลิลิตรที่ 7	29.82	25.08	40.56	53.47	37.47	42.33	46.09	60.30

ตาราง 12 ผลร้อยละของขนาดกระบอกฉีดยาต่อประสิทธิภาพการกรองของชุดกรอง

ร้อยละ	ชุด Nyl 0.2 µm				ชุดกรอง FCG			
	5 มิลลิลิตร	10 มิลลิลิตร	20 มิลลิลิตร	50 มิลลิลิตร	5 มิลลิลิตร	10 มิลลิลิตร	20 มิลลิลิตร	50 มิลลิลิตร
สารผสม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
มิลลิลิตรที่ 1	83.00	85.58	88.53	89.23	64.40	84.07	79.88	78.14
มิลลิลิตรที่ 2	70.71	80.88	83.15	84.12	49.40	65.59	71.17	71.95
มิลลิลิตรที่ 3	53.70	65.20	76.34	77.37	45.40	55.75	65.74	65.96
มิลลิลิตรที่ 4	34.85	51.10	70.43	68.25	40.80	48.97	61.75	65.18
มิลลิลิตรที่ 5	-	44.20	59.14	60.95	-	46.31	52.79	62.86
มิลลิลิตรที่ 6	-	34.17	54.30	57.48	-	43.81	45.82	59.57
มิลลิลิตรที่ 7	-	25.07	48.74	51.64	-	42.33	40.43	57.06

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 13 ผลร้อยละของชนิดแป้งที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกรองของชุดกรอง

ร้อยละ	ชุด Nyl 0.2 µm				ชุดกรอง FCG			
	แป้งมัน	แป้งมันฝรั่ง	แป้งข้าวโพด	แป้งข้าวเจ้า	แป้งมัน	แป้งมันฝรั่ง	แป้งข้าวโพด	แป้งข้าวเจ้า
สารผสม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
มิลลิลิตรที่ 1	82.74	85.58	82.04	79.20	82.12	84.07	81.08	71.289
มิลลิลิตรที่ 2	76.14	80.88	73.94	54.00	61.37	65.59	63.71	53.47
มิลลิลิตรที่ 3	54.82	65.20	56.69	49.60	55.63	55.75	54.05	44.22
มิลลิลิตรที่ 4	42.64	51.10	44.72	42.80	46.14	48.97	46.91	40.26
มิลลิลิตรที่ 5	34.01	44.20	34.16	27.60	41.50	46.31	42.66	32.34
มิลลิลิตรที่ 6	26.90	34.17	28.87	20.40	37.97	43.81	36.87	25.74
มิลลิลิตรที่ 7	23.86	25.08	21.13	15.20	35.54	42.33	33.21	16.83

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพทางการศึกษาในงานวิจัย

ได้แก่ 1. แบบทดสอบก่อนเรียน

2. ชุดกิจกรรม เรื่อง การจำลองการกรองของหน่วยไต

3 แบบทดสอบหลังเรียน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ระบบร่างกาย เรื่อง ไตและระบบขับถ่าย
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชา วิทยาศาสตร์ 3 (ว 22101) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
จำนวน 20 ข้อ คะแนนเต็ม 20 คะแนน เวลา 30 นาที ครูผู้สอน นางสาวอัจฉรา เจริญรูป

ตอนที่ 1 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวโดยทำเครื่องหมาย ☒ ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดไม่ใช่อวัยวะขับถ่ายทั้งหมด

1. ท่อมัลพิเกียน *2. เนฟริเดียม* *3. เฟลมเซลล์* *4. ผิวหนัง*
5. ตับอ่อน *6. ปอด* *7. ไต* *8. ลำไส้ใหญ่*

ก. 1, 2, 6, 7 ข. 2, 3, 4, 6
ค. 2, 4, 5, 8 ง. 2, 4, 6, 7

2. ข้อใดไม่จัดเป็นของเสียจากระบบขับถ่าย

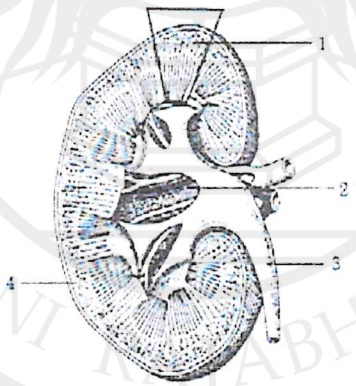
ก. ยูเรีย ข. กากอาหาร
ค. กรดยูริก ง. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

3. หลอดเลือดใดที่นำเลือดเข้ามายังหน่วยไต

ก. เส้นเลือดดำ (vein) ข. เส้นเลือดแดง (Artery)
ค. เส้นเลือดฝอย (Capillaries) ง. ก, ค

4. เลือดที่ไหลเข้าสู่ไต ทาง renal artery เป็นจริงตามข้อใด

ก. เป็นเลือดที่มี CO_2 มาก ค. เป็นเลือดที่มี CO_2 น้อย O_2 มาก และยูเรียมาก
ข. เป็นเลือดที่มี CO_2 น้อย ง. เป็นเลือดที่มี CO_2 มาก O_2 มาก และยูเรียมาก



5. อวัยวะที่กรองของเสียของไต คือหมายเลขใด

ก. 1 ข. 2
ค. 3 ง. 4

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

6. **การกรองสารจากเลือดจะเกิดขึ้นที่โครงสร้างใดมากที่สุด**

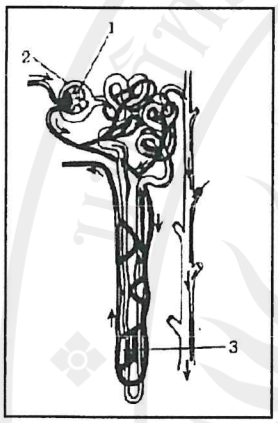
ก. เปลือกไตชั้นนอก ข. เปลือกไตชั้นใน

ค. กรวยไต ง. กระเพาะปัสสาวะ

7. **หน่วยไตกรองสารออกจากเลือดได้ต้องอาศัยสิ่งใด**

ก. ความดันเลือด ข. ปริมาณน้ำเลือด

ค. แรงโน้มถ่วงของโลก ง. สารที่หลั่งมากระตุ้นการทำงานของไต



จากรูป ตอบคำถามข้อที่ 7 - 8

8. **เมื่อเส้นเลือดที่ออกจากหัวใจนำเลือดดีเข้าสู่ไต สารที่ไม่มีประโยชน์จะกำจัดออก ณ หมายเลขใด**

ก. 1 ข. 2

ค. 3 ง. 1, 2

9. **กระบวนการดูดสารที่มีประโยชน์กลับสู่เลือดเกิดขึ้นที่หมายเลขใด**

ก. 1 ข. 2

ค. 3 ง. 1, 2

10. **การดูดสารมีประโยชน์กลับคืนเกิดขึ้นที่โครงสร้างใดมากที่สุด**

ก. เปลือกไตชั้นนอก ข. เปลือกไตชั้นใน

ค. กรวยไต ง. หลอดไต

11. **ห่วงเฮนเล เป็นบริเวณที่**

ก. สร้างฮอร์โมนบางชนิดได้ ข. มีการดูดน้ำกลับมากที่สุด

ค. มีการดูดสารต่างๆกลับมากที่สุด ง. มีการสร้างสารบางอย่างปล่อยลงสู่หลอดไต

12. **สารอาหารและน้ำจะถูกดูดกลับเข้าสู่หลอดเลือดเมื่อผ่านส่วนใด**

ก. โกลเมอรูลัส ข. ท่อของหน่วยไต

ค. โบว์แมนแคปซูล ง. หลอดไต

13. **สารในข้อใดที่ท่อของหน่วยไตไม่สามารถดูดกลับคืนได้**

ก. น้ำ ข. เกลือแร่

ค. ยูเรีย ง. น้ำตาลกลูโคส

14. **ยูเรียที่อยู่ในน้ำปัสสาวะ เกิดจากการสลายสารอาหารประเภทใด**

ก. คาร์โบไฮเดรต ข. ไขมัน

ค. โปรตีน ง. เกลือแร่และน้ำ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

15. ในส่วนใดที่มีของเสียมากที่สุด

ก. ท่อปัสสาวะ ข. กระเพาะปัสสาวะ

ค. หลอดไต ง. กรวยไต

16. ในปัสสาวะของคนปกติไม่ควรพบสารต่อไปนี้

ก. น้ำ กับ โปรตีน ข. คลอไรด์ กับ โซเดียม

ค. กลูโคส กับ ซัลเฟต ง. โปรตีน กับ กลูโคส

17. ปัสสาวะของคนเราปกติจะมีสมบัติอย่างไร

ก. เบส ข. กรด

ค. กลาง ง. หวานเล็กน้อย

18. ร่างกายขับปัสสาวะออกมาประมาณวันละ 1.5 ลิตร ซึ่งเกิดจากเลือดไหลผ่านเข้าไปกรองที่หน่วยไต ประมาณวันละกี่ลิตร

ก. 15 ข. 30

ค. 45 ง. 120

19. ณเดชน์ทำการทดสอบหาน้ำตาลในปัสสาวะ โดยใส่สารละลายเบเนดิกต์ 5 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง เติมน้ำปัสสาวะลงไป 10 หยด เขย่าหลอดเบาๆ ให้สารละลายกับน้ำปัสสาวะเข้ากันแล้วนำไปต้ม ถ้าณเดชน์เป็นโรคเบาหวานจะได้ผลในข้อใด

ก. สารละลายเปลี่ยนเป็นสารสีม่วงอมน้ำเงินหรือสีน้ำตาลแดง

ข. สารละลายเปลี่ยนเป็นตะกอนสีน้ำเงินแกมเขียวหรือสีเขียวแกมเหลือง

ค. สารละลายเปลี่ยนเป็นตะกอนสีส้มหรือสีแดงอิฐ

ง. สารละลายไม่ให้ตะกอนสีใด เห็นแต่สีฟ้าของสารละลายเบเนดิกต์

20. ข้อความในข้อใดบ่งบอกว่าไตทำงานผิดปกติ

ก. ตรวจพบยูเรียในน้ำปัสสาวะ

ข. ตรวจพบว่ามีปริมาณน้ำมากกว่ายูเรียในน้ำปัสสาวะ

ค. ตรวจพบแร่ธาตุบางชนิดในน้ำปัสสาวะ เช่น เกลือโซเดียม

ง. ตรวจพบน้ำตาลและโปรตีนบางชนิดในน้ำปัสสาวะ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ระบบร่างกาย เรื่อง ไตและระบบขับถ่าย
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชา วิทยาศาสตร์ 3 (ว 22101) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
จำนวน 20 ข้อ คะแนนเต็ม 20 คะแนน เวลา 30 นาที ครูผู้สอน นางสาวอัจฉรา เจริญรูป

ข้อ	เฉลย	ข้อ	เฉลย
1	ค	11	ข
2	ข	12	ข
3	ข	13	ค
4	ข	14	ง
5	ง	15	ข
6	ก	16	ง
7	ก	17	ข
8	ก	18	ค
9	ค	19	ค
10	ก	20	ง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ใบงาน

กิจกรรม

วันที่ _____/_____/_____

เรื่อง การจำลองการกรองของหน่วยไต

ได้คะแนน .....
คะแนนเต็ม 30 คะแนน

ชื่อ _____ ชั้น_____ เลขที่ _____

คำชี้แจง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติ ดังนี้

1. อ่านวิธีทำกิจกรรมการทดลองให้เข้าใจ
2. ตอบคำถามก่อนทำกิจกรรม
3. ทำกิจกรรมและบันทึกผล
4. ตอบคำถามหลังทำกิจกรรม

กิจกรรม

วัสดุอุปกรณ์

1. บีกเกอร์ขนาด 250 และ 50 มิลลิลิตร อย่างละ	2	ใบ
2. สารละลายน้ำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 1 (มวลต่อปริมาตร)	10	มิลลิลิตร
3. สารละลายน้ำตาลเด็กโทรสความเข้มข้นร้อยละ 1 (มวลต่อปริมาตร)	10	มิลลิลิตร
4. กระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร	4	ชุด
5. สารละลายไอโอดีน	1	ขวด
6. สารละลายเบเนดิกซ์	1	ขวด
7. หลอดทดลอง 18 x 100	8	หลอด
8. กรวด	20	กรัม
9. ทรายหยาบ	20	กรัม
10. ทรายละเอียด	20	กรัม
11. แผ่นตะแกรงลวด	1	ชิ้น
12. กรวย	1	ชิ้น
13. กระดาษกรอง	2	แผ่น
14. สำลีแผ่น	3	แผ่น
15. กระดาษแก้วขุ่น	1	แผ่น
16. ที่วางหลอดทดลอง	1	ชุด
17. ชุดทดเกียงแอลกอฮอล์	1	ชุด
18. น้ำกลั่น		

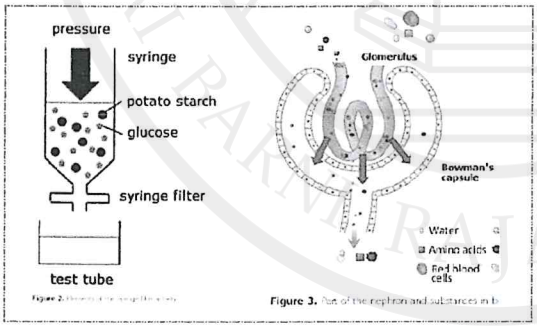


Figure 3.

วิธีการทดลอง

ขั้นที่ 1 การกรองของไต

1. นักเรียนผสมทราย กรวด เติมน้ำลงในบีกเกอร์
2. กรองผ่านตะแกรงลวด และกระดาษกรองลงในบีกเกอร์ สังเกตการกรองผ่านของแข็งในตาข่าย ขนาดของแข็งที่ไม่ผ่านตาข่ายลงมาข้างล่าง เปรียบเทียบว่าเป็นส่วนประกอบใดของเลือด เลือดมีสีแดงแต่ทำไมปัสสาวะจึงใส หรือมีสีเหลือง บันทึกสิ่งที่สังเกตได้

ขั้นที่ 2 การจำลองการกรองของหน่วยไต

1. ผสมสารละลายน้ำแป้งและน้ำตาลเข้าด้วยกัน หยดสารละลายไอโอดีนลงไป 10 หยด
2. เตรียมชุดกรองด้วยการเจาะรูจุกยางของกระบอกฉีดยา 2 ชั้น บรรจุลงในกระบอกฉีดยา โดยวางชั้นที่ 1 ไว้ด้านล่าง หลังจากนั้นวางกระดาษกรองไว้ด้านบน ล้าสี และกระดาษแก้วขุ่นด้านล่างอย่างละ 5 ชั้น โดยตัดให้มีขนาดเท่าเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกฉีดยา
3. ใช้กระบอกฉีดยาดูดสารละลายในข้อ 1 ปริมาตร 7 ml บรรจุในชุดกรองข้อ 2 ทำการกรองโดยกรองสารละลายลงในหลอดทดลองหลอดละ 1 ml จนสารหมด สังเกต
   - การกรองเปรียบเทียบระหว่างการออกและไม่ออกแรงดัน
   - สังเกตสีที่ได้จากการกรองแต่ละหลอด

เปรียบเทียบว่าชุดกรองดังกล่าวแทนการทำงานของหน่วยไตอย่างไร

3. หยดสารละลายเบเนดิกซ์ลงในสารที่กรองได้แต่ละหลอด นำไปต้มในน้ำเดือด 3 นาที บันทึกสิ่งที่สังเกตได้

ลักษณะการกรองของชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

คำถามก่อนทำกิจกรรม : **สนใจใคร่รู้**

ปัญหา ถ้าร่างกายไม่มีไตหรือน้ำปัสสาวะจะเกิดอะไรขึ้น?? ไตสำคัญต่อร่างกายมากเพราะเป็นระบบที่กรองของเสียจากเลือดออกมาในรูปของน้ำปัสสาวะ ซึ่งน้ำปัสสาวะจะประกอบด้วย น้ำ เกลือแร่ สารที่ร่างกายไม่ต้องการ โดยไตทำหน้าที่กรองสิ่งเหล่านี้ออกมาจากเลือด แสดงว่าเลือดนำของเสียนี้ออกมาจากเซลล์

ไตกรองของเสียออกจากเลือดกลายเป็นน้ำปัสสาวะได้อย่างไร

เครื่องไตเทียม ที่ถูกออกแบบและสร้างโดยวิศวกร มีหลักการทำงานเหมือนไตหรือไม่

เครื่องกรองน้ำ ใช้หลักการกรองสารเหมือนไตหรือไม่

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

คำถามระหว่างการทำกิจกรรม

ปัญหา

ในการทดลองต้องควบคุมปริมาณใดบ้าง.....
สามารถเปลี่ยนวัสดุจากทราย กรวด น้ำ เป็น.....
เพราะ .....

จากขั้นที่ 1 การจำลองการกรองของไต เปรียบเทียบว่าทรายละเอียด ทรายหยาบ กรวด เป็นส่วนประกอบใดของเลือด

จากขั้นตอนที่ 1 ตะแกรงลวดและกระดาษกรองแทนได้กับสิ่งใด

จากการกรอง อธิบายได้หรือไม่ว่าเลือดมีสีแดงแต่ทำไมปัสสาวะจึงใสหรือมีสีเหลือง

สรุปผลการทำกิจกรรมขั้นที่ 1

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

คำถามระหว่างการทำกิจกรรม

ขั้นที่ ๒

ในการทดลองต้องควบคุมปริมาณใดบ้าง.....

สารในเลือดที่ จำลองด้วยน้ำแป้ง ได้แก่.....

สารในเลือดที่ จำลองด้วยน้ำตาล ได้แก่.....

สารผสมระหว่างน้ำแป้งและน้ำตาลผสมไอโอดีนแทนได้กับสิ่งใดในร่างกาย

_____

_____

_____

เพราะเหตุใดสีของสารก่อนและหลังกรองจึงแตกต่างกัน เปรียบได้กับสถานการณ์ใดในหน่วยไต

_____

_____

_____

การออกแรงกดกระบอกฉีดยามีความสำคัญกับกระบวนการกรองอย่างไร แทนได้กับสิ่งใดในการกรองของหน่วยไต

_____

_____

_____

ชุดจำลองที่สร้างขึ้นอธิบายถึงการทำหน้าที่ของหน่วยไตอย่างไร

_____

_____

_____

_____

สารใดในเลือดที่จะไม่พบในน้ำปัสสาวะ

_____

_____

_____

_____

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ระบบร่างกาย เรื่อง ไตและระบบขับถ่าย
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชา วิทยาศาสตร์ 3 (ว 22101) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
จำนวน 20 ข้อ คะแนนเต็ม 20 คะแนน เวลา 30 นาที ครูผู้สอน นางสาวอัจฉรา เจริญรูป

ตอนที่ 1 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวโดยทำเครื่องหมาย ☒ ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดเป็นอวัยวะขับถ่ายทั้งหมด

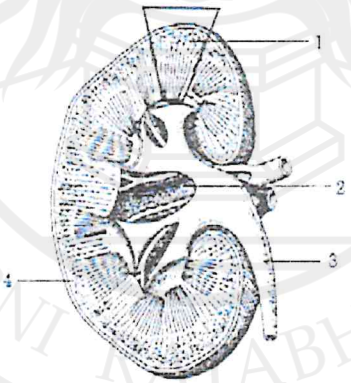
1. เฟลมเซลล์	*2. เนฟริเดียม*	*3.ท่อมัลพิเกียน*	*4. ผิวหนัง*
5. ปอด	*6. ตับอ่อน*	*7.ไต*	*8. ลำไส้ใหญ่*

ก. 1, 2, 3, 4, 5, 7
ข. 1, 2, 3, 4, 6, 7
ค.1, 2, 4, 6, 7, 8
ง. 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8

2. ข้อใดไม่จัดเป็นของเสียจากระบบขับถ่าย
ก. ยูเรีย
ข. กรดยูริก
ค. กากอาหาร
ง. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

3. หลอดเลือดใดที่นำเลือดเข้ามายังหน่วยไต
ก. เส้นเลือดแดง (Artery)
ข. เส้นเลือดฝอย (Capillaries)
ค. เส้นเลือดดำ (vein)
ง. ก, ค

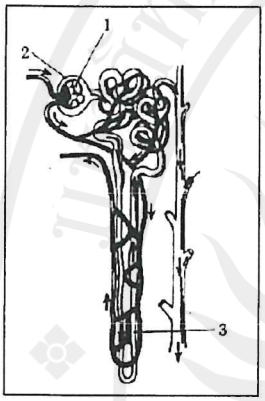
4. เลือดที่ไหลเข้าสู่ไต ทาง renal artery เป็นจริงตามข้อใด
ก. เป็นเลือดที่มี O_2 มาก
ข. เป็นเลือดที่มี O_2 น้อย
ค. เป็นเลือดที่มี O_2 มาก CO_2 มาก และยูเรียมาก
ง. เป็นเลือดที่มี O_2 มาก CO_2 น้อย และยูเรียมาก



5. หน่วยไตอยู่บริเวณหมายเลขใด
ก. 1
ข. 2
ค. 3
ง. 4

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

6. การกรองสารจากเลือดจะเกิดขึ้นที่โครงสร้างใดมากที่สุด
   ก. เปลือกไตชั้นใน ข. เปลือกไตชั้นนอก
   ค. กรวยไต ง. กระเพาะปัสสาวะ
7. หน่วยไตกรองสารออกจากเลือดได้ต้องอาศัยสิ่งใด
   ก. ปริมาณน้ำเลือด ข. แรงโน้มถ่วงของโลก
   ค. ความดันเลือด ง. สารที่หลั่งมากระตุ้นการทำงานของไต



จากรูป ตอบคำถามข้อที่ 7 - 8

8. เมื่อเส้นเลือดที่ออกจากหัวใจนำเลือดดีเข้าสู่ไต สารที่ไม่มีประโยชน์ไหลเข้าสู่ ณ หมายเลขใด
   ก. 1 ข. 2
   ค. 3 ง. 1, 2
9. กระบวนการดูดน้ำและเกลือแร่กลับสู่เลือดเกิดขึ้นที่หมายเลขใด
   ก. 1 ข. 2
   ค. 3 ง. 1, 2
10. การดูดสารมีประโยชน์กลับคืนเกิดขึ้นที่โครงสร้างใดมากที่สุด
   ก. เปลือกไตชั้นใน ข. เปลือกไตชั้นนอก
   ค. กรวยไต ง. หลอดไต
11. ห่วงเฮนเล เป็นบริเวณที่
   ก. มีการดูดน้ำกลับมากที่สุด ข. สร้างฮอร์โมนบางชนิดได้
   ค. มีการดูดสารต่างๆกลับมากที่สุด ง. มีการสร้างสารบางอย่างปล่อยลงสู่หลอดไต
12. สารอาหารและน้ำจะถูกดูดกลับเข้าสู่หลอดเลือดเมื่อผ่านส่วนใด
   ก. หลอดไต ข. ท่อของหน่วยไต
   ค. โกลเมอรูลัส ง. โบว์แมนแคปซูล
13. สารในข้อใดที่ท่อของหน่วยไตไม่สามารถดูดกลับคืนได้
   ก. น้ำ ข. น้ำตาลกลูโคส
   ค. เกลือแร่ ง. ยูเรีย
14. ยูเรียที่อยู่ในน้ำปัสสาวะ เกิดจากการสลายสารอาหารประเภทใด
   ก. โปรตีน ข. ไขมัน
   ค. คาร์โบไฮเดรต ง. เกลือแร่และน้ำ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

15. ส่วนใดที่มีของเสียมากที่สุด

ก. ท่อปัสสาวะ ข. กรวยไต

ค. หลอดไต ง. กระเพาะปัสสาวะ

16. ในปัสสาวะของคนปกติไม่ควรพบสารต่อไปนี้

ก. น้ำ กับ โปรตีน ข. โปรตีน กับ กลูโคส

ค. กลูโคส กับ ซัลเฟต ง. คลอไรด์ กับ โซเดียม

17. ปัสสาวะของคนเราปกติจะมีสมบัติอย่างไร

ก. กรด ข. กลาง

ค. เบส ง. หวานเล็กน้อย

18. ร่างกายขับปัสสาวะออกมาประมาณวันละ 1.5 ลิตร ซึ่งเกิดจากเลือดไหลผ่านเข้าไปกรองที่หน่วยไต ประมาณวันละกี่ลิตร

ก. 30 ข. 45

ค. 75 ง. 120

19. ณเดชน์ทำการทดสอบหาน้ำตาลในปัสสาวะ โดยใส่สารละลายเบเนดิกต์ 5 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง เติมน้ำปัสสาวะลงไป 10 หยด เขย่าหลอดเบาๆ ให้สารละลายกับน้ำปัสสาวะเข้ากันแล้วนำไปต้ม ถ้าณเดชน์เป็นโรคเบาหวานจะได้ผลในข้อใด

ก. สารละลายเปลี่ยนเป็นตะกอนสีส้มหรือสีแดงอิฐ

ข. สารละลายเปลี่ยนเป็นตะกอนสีน้ำเงินแกมเขียวหรือสีเขียวแกมเหลือง

ค. สารละลายเปลี่ยนเป็นสารสีม่วงอมน้ำเงินหรือสีน้ำตาลแดง

ง. สารละลายไม่ให้ตะกอนสีใด เห็นแต่สีฟ้าของสารละลายเบเนดิกต์

20. ข้อความในข้อใดบ่งบอกว่าไตทำงานผิดปกติ

ก. ตรวจพบยูเรียในน้ำปัสสาวะ

ข. ตรวจพบว่ามีปริมาณน้ำมากกว่ายูเรียในน้ำปัสสาวะ

ค. ตรวจพบน้ำตาลและโปรตีนบางชนิดในน้ำปัสสาวะ

ง. ตรวจพบแร่ธาตุบางชนิดในน้ำปัสสาวะ เช่น เกลือโซเดียม

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ระบบร่างกาย เรื่อง ไตและระบบขับถ่าย
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชา วิทยาศาสตร์ 3 (ว 22101) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
จำนวน 20 ข้อ คะแนนเต็ม 20 คะแนน เวลา 30 นาที ครูผู้สอน นางสาวอัจฉรา เจริญรูป

ข้อ	เฉลย	ข้อ	เฉลย
1	ข	11	ก
2	ค	12	ข
3	ก	13	ง
4	ง	14	ก
5	ก	15	ง
6	ข	16	ข
7	ค	17	ก
8	ข	18	ข
9	ค	19	ก
10	ข	20	ค

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาคผนวก ง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพทางการเรียนของชุดทดลองการกรองของหน่วยไต นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผลการทดสอบประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองการกรองของหน่วยไตของนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

1. การทดลองใช้ชุดจำลองการกรองของหน่วยไตกับนักเรียนชุมนุมวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน ผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองแสดงผลดังตาราง 14 ข้อเสนอแนะหลังการทดสอบที่ 1 คือ เพิ่มการอธิบายถึงความสำคัญของการวางจุกยางเจาะรูและขนาดของวัสดุกรองที่ควรพอดีกับเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกฉีดยา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนเรื่องไตและระบบขับถ่าย เป็นดังตารางที่ 15

ตาราง 14 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองการกรองของหน่วยไต โดยใช้กับนักเรียนชุมนุมวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 12 คน

แบบทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	SD	ประสิทธิภาพ
ใบงานทดลองระหว่างเรียน (E1)	12	30	20.83	3.21	69.44
แบบทดสอบหลังเรียน (E2)	12	20	13.75	1.71	68.75

หมายเหตุ N แทน จำนวนนักเรียนที่เข้าทดสอบ
$\overline{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดในกลุ่ม
SD แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 15 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ไตและระบบขับถ่าย ของนักเรียนชุมนุมวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 12 คน ก่อนเรียนและหลังเรียน

คนที่	คะแนนสอบก่อนเรียน (20)	คะแนนสอบก่อนเรียน (20)
1	9	15
2	6	12
3	9	16
4	8	14
5	7	14
6	5	12
7	6	13

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

คนที่	คะแนนสอบก่อนเรียน (20)	คะแนนสอบก่อนเรียน (20)
8	9	15
9	8	15
10	12	16
11	7	12
12	5	11
คะแนนเฉลี่ย	8	13.75
ค่า SD	2	1.71

2. การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองการกรองของหน่วยไตในชั้นเรียน ทำโดยนำชุดทดลองที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ซึ่งมีความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองตามเกณฑ์ 80/80 ดังตาราง 16 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไตและระบบขับถ่ายก่อนและหลังเรียน ดังตารางที่ 17

ตาราง 16 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองการกรองของหน่วยไต โดยใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 12 คน

แบบทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	S.D.	ประสิทธิภาพ
ใบงานทดลองระหว่างเรียน (E1)	12	30	24.75	2.63	82.50
แบบทดสอบหลังเรียน (E2)	12	20	16.92	2.57	84.58

หมายเหตุ N แทน จำนวนนักเรียนที่เข้าทดสอบ
$\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดในกลุ่ม
SD แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 17 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ไตและระบบขับถ่าย นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 12 คน ก่อนเรียนและหลังเรียน

คนที่	คะแนนสอบก่อนเรียน (20)	คะแนนสอบก่อนเรียน (20)
1	9	18
2	3	13
3	12	19
4	7	18
5	10	19
6	5	15
7	7	17
8	11	19
9	9	18
10	3	12
11	7	15
12	13	20
คะแนนเฉลี่ย	8	16.92
ค่า SD	3	2.57

2. การทดสอบประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองการกรองของหน่วยไตในชั้นเรียน โดยนำชุดทดลองที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 24 คน แสดงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไตและระบบขับถ่ายก่อนและหลังเรียน ดังตารางที่ 18

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 18 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการกรองของหน่วยไตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยใช้ชุดจำลองการกรองของหน่วยไต ก่อนเรียนและหลังเรียน

คนที่	คะแนนสอบก่อนเรียน (20)	คะแนนสอบก่อนเรียน (20)
1	10	18
2	9	16
3	3	17
4	5	17
5	6	18
6	6	16
7	8	17
8	3	16
9	4	18
10	9	17
11	9	16
12	9	19
13	5	16
14	2	14
15	3	19
16	5	18
17	4	15
18	3	20
19	5	16
20	3	16
21	4	13
22	6	17
23	5	15
24	7	19
คะแนนเฉลี่ย	5.54	16.79
ค่า SD	2.38	1.67

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาคผนวก จ

ภาพประกอบการทำกิจกรรมชุดทดลองการกรองของหน่วยไต ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 31 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเตรียมอุปกรณ์สำหรับทำกิจกรรม

ภาพประกอบ 32 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำกิจกรรมการกรองของไต

ภาพประกอบ 33 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำกิจกรรมการจำลองการกรองของหน่วยไต

ภาพประกอบ 34 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำกิจกรรมการจำลองการกรองของหน่วยไต

ประวัติย่อผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล	นางสาวอัจฉรา เจริญรูป
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 11 มิถุนายน พ.ศ. 2530
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	24/2 หมู่ 1 ตำบลจันทนิมิต อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	รับราชการครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนบ้านคลองพร้าว อำเภอเกาะช้าง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาตราด

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2544	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนลาซาลจันทบุรี (มารดาพิทักษ์) จังหวัดจันทบุรี
พ.ศ. 2547	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนลาซาลจันทบุรี (มารดาพิทักษ์) จังหวัดจันทบุรี
พ.ศ. 2552	วิทยาศาสตรบัณฑิต วท.บ. (ชีววิทยาประยุกต์ – จุลชีววิทยา) มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี
พ.ศ. 2554	ประกาศนียบัตรบัณฑิต (วิชาชีพครู) มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี
พ.ศ. 2561	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วท.ม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี