# 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)**

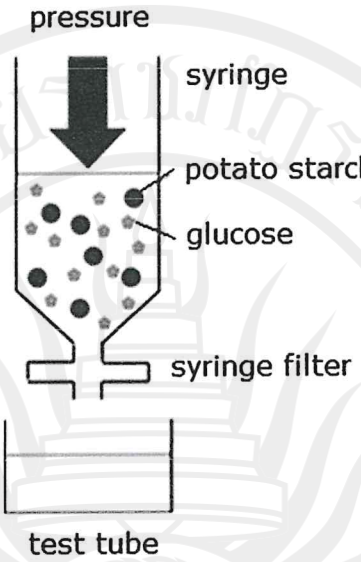
ศึกษาทดลองและหาค่ามาตรฐานประสิทธิภาพของชุดจำลองการกรองของหน่วยไตที่ใช้หัวกรองสำเร็จรูป (ชุดควบคุม) ตามขั้นตอนการทดลองของยุน, ลี และคิม (2560) ดังนี้

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

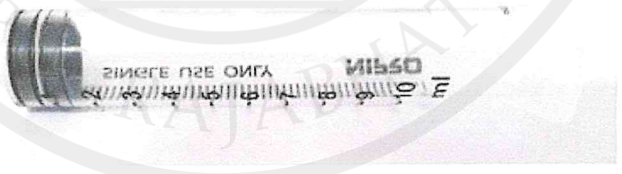
**ภาพประกอบ 14** การวางชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

**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