

บทความวิจัย

การพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตชั้นปีที่ 3 ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ภัทริกา เจริญสุข¹ จารุวัส หนูทอง² ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ¹ และ
ปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต^{1*}

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และศึกษาประสิทธิผลทางการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตชั้นปีที่ 3 ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชั้นปีที่ 3 สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเคมีวิเคราะห์ 2 (คม 390) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 46 คน โดยใช้กลุ่มเป็นหน่วยการสุ่มอย่างง่ายได้ 2 กลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน และกลุ่มทดลอง จำนวน 22 คน เครื่องมือวิจัย คือ 1) การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร 2) แบบทดสอบระหว่างการเรียนรู้ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 4) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ สถิติที่ใช้หาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือนด้วยค่า E_1/E_2 ตามเกณฑ์ 80/80 สถิติ t-test และสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย พบว่า การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีประสิทธิภาพ 80.26/80.44 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .000$) และนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: การทดลองเสมือน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคนิคการแยกสาร

¹ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

² วิทยาลัยนวัตกรรมการสื่อสารสังคม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน, email: piyarats@swu.ac.th

The Development of Virtual Experiment in Separation Techniques to Investigate Scientific Process Skill for the Third Year Chemistry Students at Srinakharinwirot University

Pattarika Charoensuk¹, Jaruwat Noothong², Piyada Jittangprasert¹
and Piyarat Dornbuindit^{1*}

ABSTRACT

The aim of this research was to develop the virtual experiment in separation techniques on the purpose of investigating scientific process skills of the third year chemistry students, Faculty of science, Srinakharinwirot University. The sample group consisted of 46 students who enrolled into analytical chemistry laboratory II course (CH 390) in semester 1, academic year 2013. They were then separated into 2 groups by using the simple random sampling technique-24 students in the controlled group and 22 students in the experimental group. The research tools consisted of 1) the virtual experiment in separation techniques, 2) a test during learning, 3) an achievement test, and 4) a scientific process skill test. The data were then analyzed to find the effectiveness of the virtual experiment using E_1/E_2 which corresponded to the 80/80 criteria with t-test, and descriptive statistics-percentage, mean, and standard deviation.

The study results revealed that the virtual experiment in separation techniques gained the effectiveness rate of 80.26/80.44 which reached the standard criteria. Students who studied by using the virtual experiment had significantly higher scientific process skills than before studying via this method at the significant level of .05 ($p < .000$). Likewise, students who studied by using the virtual experiment education had no significant different of scientific process skills from those who did by the regular education.

Keywords: virtual laboratory, scientific process skill, separation techniques

¹Department of Chemistry, Faculty of Science, Srinakharinwirot University

²College of Social Communication Innovation, Srinakharinwirot University

*Corresponding author, email: piyarats@swu.ac.th

บทนำ

การศึกษาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน พบว่า ผู้เรียนมีโอกาสน้อยมากที่จะได้ทำการศึกษาวิจัยหรือทดลองด้วยตนเอง ฉะนั้น ความอยากรู้อยากเห็นอันเกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ และจิตใจที่ใฝ่รู้ของผู้เรียนจึงถูกกดทับไว้โดยปริยาย ภายใต้ระบบการศึกษาในปัจจุบันจึงเป็นเรื่องยากที่การศึกษาไทยจะก้าวล้ำไปสู่ความเป็นสากล [1] เนื่องจากกระบวนการสอนแบบท่องจำขัดแย้งกับธรรมชาติของศาสตร์ทางด้านวิทยาศาสตร์อย่างสิ้นเชิง ด้วยเหตุนี้การเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในยุคใหม่ ยุคแห่งการก้าวเข้าสู่ประชาคมโลกจึงควรมีการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับหลักการหรือธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดหลักสูตรให้เชื่อมโยงความรู้และกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เข้าด้วยกัน [2] สำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์นั้นสิ่งสำคัญที่สุด คือ การสร้างความเข้าใจในเชิงบวกกับทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะให้แก่ผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนต้องทราบและเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เป็นสภาพหรือข้อเท็จจริงของความรู้ หรือวิทยาศาสตร์จัดเป็นความรู้ที่เป็นระบบซึ่งได้จากการสังเกต ศึกษาและทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนรู้ธรรมชาติหรือหลักเกณฑ์ธรรมชาติของการศึกษาดังกล่าว

โดยสาเหตุหลักที่ทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่ขาดคุณสมบัติทางด้านวิทยาศาสตร์ นอกจากกระบวนการสอนแบบให้ท่องจำแล้ว ยังอาจเกิดจากข้อจำกัดทางการศึกษา ในเรื่องของความพร้อมของสถานศึกษา ความรู้ ความชำนาญของครูในศาสตร์นั้นๆ รวมถึงข้อจำกัดในเรื่องของงบประมาณ เช่น ในรายวิชาเคมีอาจมีข้อจำกัดในเรื่องของค่าใช้จ่ายและอุปกรณ์ เนื่องจากสารเคมีและอุปกรณ์ส่วนใหญ่มีราคาแพง และมีความจำเป็นในการใช้งาน อีกทั้งในการทดลองครั้งหนึ่งจำเป็นต้องใช้เวลานาน จึงอาจจะทำให้เกิดอุปสรรคต่อการปฏิบัติจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทดลองเรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่ผู้เรียนไม่สามารถสังเกตเห็นกลไกการแยกได้อย่างชัดเจน การทดลองใช้เวลานาน และสารเคมีที่ใช้มีราคาแพง เป็นต้น ด้วยปัจจัยต่างๆ เหล่านี้จึงได้มีการคิดและประดิษฐ์สื่อการสอนหรือสื่อการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ขึ้นมาช่วยแก้ไขข้อบกพร่องทางการศึกษา ซึ่งสื่อการศึกษาที่เข้ามามีบทบาทช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันนั้นมีหลากหลายรูปแบบด้วยกัน และจะเน้นไปทางด้านบทเรียนคอมพิวเตอร์เพื่อให้สอดคล้องกับยุคแห่งการเป็นมนุษย์โลกาภิวัตน์ โดยในการนำสื่อการศึกษามาใช้เป็นเครื่องกระตุ้นความสนใจ และสร้างประสบการณ์จำลองให้แก่ผู้เรียนนั้น พบว่า ผู้เรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นในการเรียนเป็นอย่างดี และผู้เรียนส่วนใหญ่รู้สึกพึงพอใจในการเรียนการสอนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ [3]

จากปัจจัยทั้งหลายเหล่านี้ คณะผู้วิจัยจึงเห็นว่า การนำสื่อมัลติมีเดียประเภทการทดลองเสมือนมาใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์จะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้น รวมถึงจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถสังเกตเห็นกระบวนการต่างๆ ได้อย่างชัดเจน เรียกได้ว่าเป็นการสร้างมโนทัศน์ให้แก่ผู้เรียนนั่นเอง โดยเฉพาะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทั้ง 3 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งเป็นทักษะที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการปฏิบัติการ เนื่องจากผู้เรียนจำเป็นต้องทราบว่าตัวแปรใดส่งผลต่อการศึกษา ต้องออกแบบกระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบอย่างไร และเมื่อได้ข้อมูลหรือผลการทดลองจะต้องแปลความหมาย สรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหลายอย่างไรนั่นเอง [4] นอกจากนี้บทเรียนคอมพิวเตอร์เสมือนยังเป็นเทคโนโลยีมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบ (Interactive multimedia) ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกร่วมของการมีส่วนร่วมในสถานการณ์ที่ไม่มีอยู่จริง

ที่สร้างขึ้นโดยคอมพิวเตอร์ ความเป็นจริงเสมือนจะทำให้ผู้เรียนสามารถค้นหาและเชื่อมโยงไปยังสิ่งต่างๆ ได้เสมือนกำลังกระทำสิ่งนั้นอยู่จริง [5] สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนด้วยการทดลองเสมือนที่ต้องการนำเสนอแนวทางสำหรับการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ที่ใช้ “เทคโนโลยี” เป็นเครื่องมือ

คณะผู้วิจัยคาดว่า การจัดการศึกษาแบบการทดลองเสมือนนี้จัดเป็นนวัตกรรมการศึกษาอย่างหนึ่งที่มีคุณค่า [6] เนื่องจากรูปแบบการเรียนการสอนในลักษณะนี้เอื้อประโยชน์มากมายให้แก่ผู้เรียน อาทิ การไร้ข้อจำกัดทางด้านเวลา สถานที่ และความแตกต่างระหว่างบุคคล เพราะผู้เรียนสามารถเลือกเวลาเรียน สถานที่เรียน ความสนใจและความถนัดได้ เป็นต้น รวมถึงการจัดการเรียนการสอนลักษณะนี้ยังเป็นการสนับสนุนนโยบายทางการปฏิรูปการศึกษาในเรื่องการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติในเรื่องของการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการศึกษาก็อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนิสิตชั้นปีที่ 3 ระดับปริญญาตรี ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80
2. เพื่อศึกษาประสิทธิผลด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เมื่อนิสิตได้รับการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติ

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นิสิตชั้นปีที่ 3 สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 (คม 390) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 68 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นิสิตชั้นปีที่ 3 สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 (คม 390) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ที่สุ่มจากประชากรโดยมีกลุ่มเป็นหน่วยการสุ่มอย่างง่าย ได้ 2 กลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 22 คน และกลุ่มควบคุม 24 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ : การจัดการเรียนรู้โดยใช้การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

ตัวแปรตาม : 1. ประสิทธิภาพทางการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เมื่อนิสิตได้รับการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
2. การเปรียบเทียบประสิทธิผลด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติ

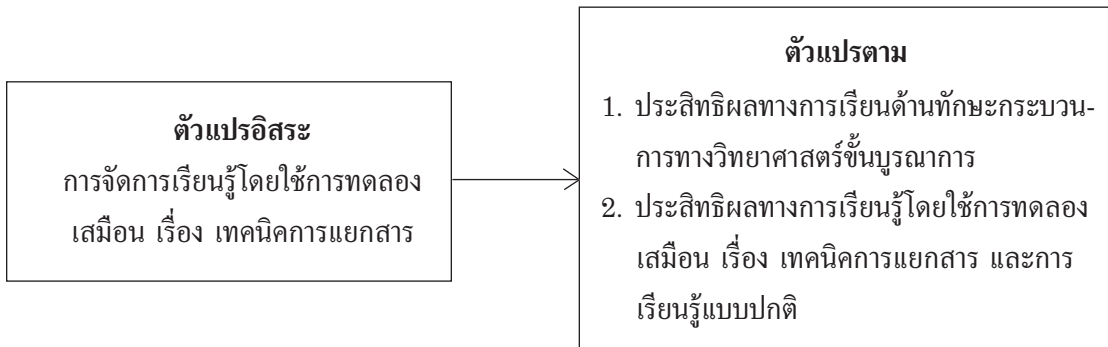
สมมติฐานงานวิจัย

1. การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ 80/80

2. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีประสิทธิผลด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีประสิทธิผลด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการศึกษา

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ซึ่งดำเนินการวิจัยแบบ Randomized Pretest-Posttest Design ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงแบบแผนการวิจัยแบบ Randomized Pretest-Posttest Design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
RE	T ₁	X	T ₂
RC	T ₁	~X	T ₂

เมื่อ	E	แทน	กลุ่มทดลอง
	C	แทน	กลุ่มควบคุม
	R	แทน	การกำหนดตัวอย่างแบบสุ่ม
	X	แทน	การเรียนรู้โดยใช้การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
	~X	แทน	การเรียนรู้แบบปกติโดยมีครูเป็นผู้ถ่ายทอดสาระการเรียนรู้ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
	T ₁	แทน	การทดสอบก่อนเรียน
	T ₂	แทน	การทดสอบหลังเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย

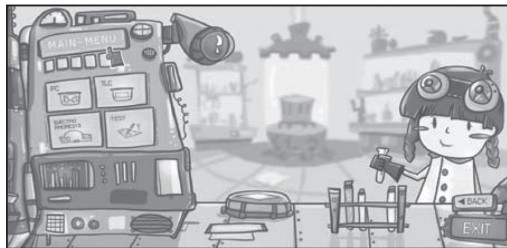
1. การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ซึ่งประกอบด้วย 3 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 การแยกกรังควัตถุในใบผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี การทดลองที่ 2 การแยกกวัตถุกันเสียดด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ การทดลองที่ 3 การสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสำหรับการแยกสารผสม ซึ่งแต่ละการทดลองประกอบด้วย 1) เกมกระตุ้นความสนใจ 2) หลักการ/ทฤษฎี 3) การทดลองเสมือน 4) วิดีทัศน์ 5) แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง ดังรูปที่ 2 โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 ชั่วโมงต่อการทดลอง ดังนี้ เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนใช้เวลา 1 ชั่วโมง และทำการทดลองจริง 2 ชั่วโมง



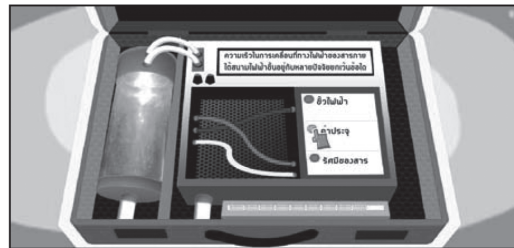
หน้าแรกของการทดลองเสมือน



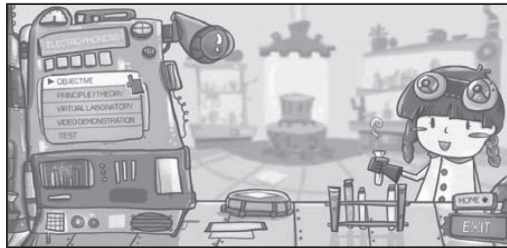
วิดีโอที่แสดงวิธีการใช้งาน



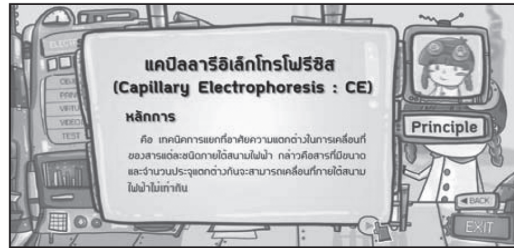
เมนูหลัก



ตัวอย่างเกมกระตุ้นความสนใจ



เมนูรองของแต่ละการทดลอง



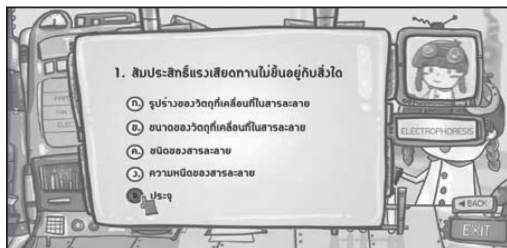
หลักการ/ทฤษฎี



การทดลองเสมือน



วิดีโอที่สาธิตวิธีการทดลองจริง



แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง



การรายงานผลของคะแนน และการเฉลยคำตอบ

รูปที่ 2 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของการทดลองเสมือน

การทดลองเสมือนนี้ได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน คือ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเคมีวิเคราะห์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีการศึกษา พบว่าความเหมาะสมของการทดลองเสมือน มีค่าเฉลี่ย 4.64 แสดงว่า องค์ประกอบต่างๆ ของการทดลองเสมือนมีความเหมาะสมในระดับดีมาก มีค่าดัชนีความสอดคล้องด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้นำการทดลองเสมือนไปหาประสิทธิภาพกับนิสิตชั้นปีที่ 4 (กศ.บ.เคมี) สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 30 คน พบว่า การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 80.26/80.44 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

2. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ประกอบด้วย 3 ทักษะ คือ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นนี้จะเป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัย จำนวน 15 ข้อ โดยแบบทดสอบนี้ได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเคมีวิเคราะห์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีการศึกษา พบว่า แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป และเมื่อนำไปทดลองใช้กับนิสิตที่เคยผ่านการเรียนมาแล้ว จำนวน 30 คน พบว่า มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.48-0.79 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.25 ขึ้นไป และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งหมด (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ 0.52 ซึ่งมีตัวอย่างข้อสอบ ดังนี้

ตัวอย่างข้อสอบ :

- ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

1. จากสมมติฐานการทดลองที่ว่า “สภาพขั้วของสารตัวอย่างจะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาทางการเคลื่อนที่ของสาร” จงระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตามของสมมติฐานข้อนี้

.....

- ทักษะการทดลอง

2. จงบอกขั้นตอนและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมวัฏภาคเคลื่อนที่ คือ คลอโรฟอร์ม : อะซิโตน อัตราส่วน 7:3 ปริมาตร 15 ml โดยปริมาตร

.....

- ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

3. จากการทดลองแยกวัตถุกันเลียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ พบว่า สารแต่ละชนิดสามารถเคลื่อนที่ได้ดังตารางที่แสดง

ชนิดของสาร	ระยะทางในการเคลื่อนที่ (ซม.)	
	วัฏภาคเคลื่อนที่	สารตัวอย่าง
กรดเบนโซอิก	6.00	1.74
กรดซาลิไซลิก	6.00	1.23
เบนโซฟีโนน	6.00	5.46
กรดพาราไฮดรอกซีเบนโซอิก	6.00	4.10

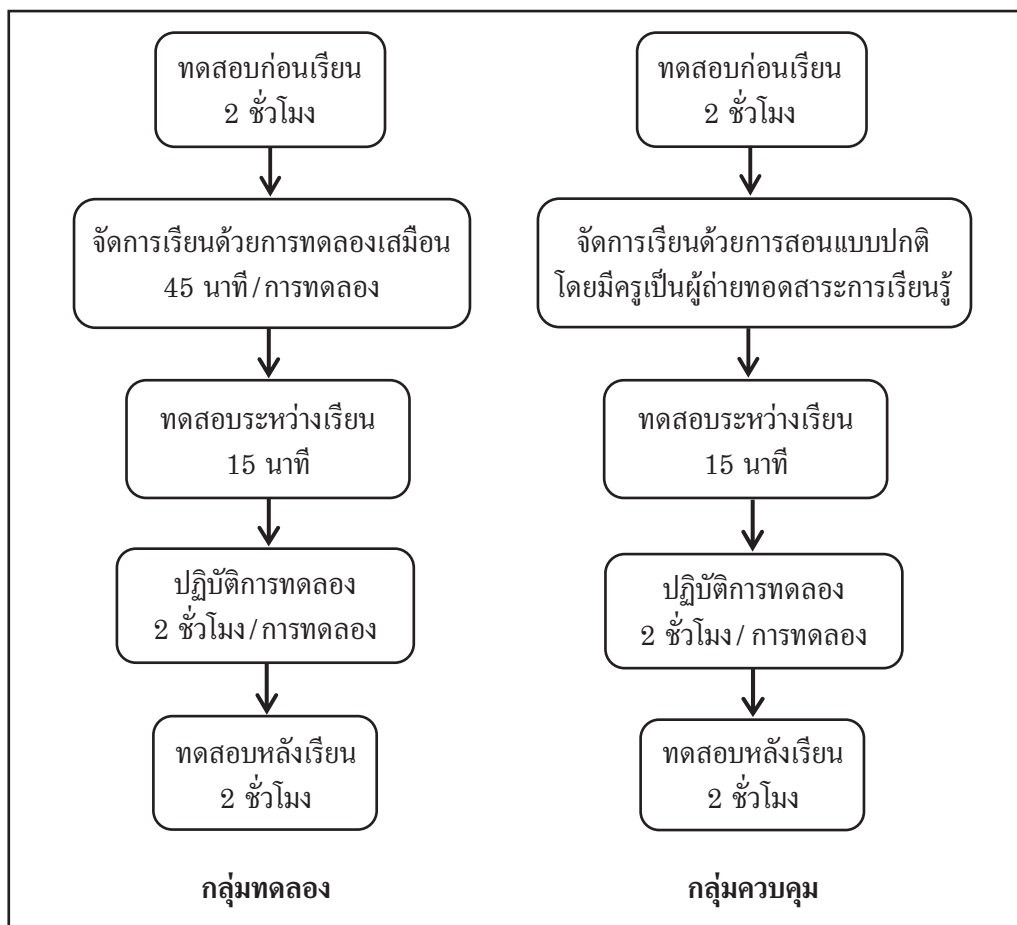
จากข้อมูล จงสรุปผลที่ได้จากการทดลองข้างต้น

.....

.....

การเก็บข้อมูล

ขั้นตอนการเก็บข้อมูลแต่ละขั้นสามารถดำเนินการได้ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร จากสูตร E_1/E_2 [7]
2. เปรียบเทียบคะแนนวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t-test for dependent samples [8]
3. เปรียบเทียบผลต่างของคะแนนวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t-test for independent samples [8]

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การหาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร พบว่า คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน (E_1) ของนิสิตมีค่าเท่ากับ 30.50 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.26 และคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (E_2) ของนิสิตมีค่าเท่ากับ 24.13 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.44 ดังนั้น ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 80.26/80.44 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

รายการ	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	ร้อยละ
คะแนนทดสอบระหว่างเรียน (E_1)	38	30.50	5.95	80.26
คะแนนทดสอบหลังเรียน (E_2)	30	24.13	1.43	80.44

2. การเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน พบว่า คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนิสิตมีคะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 14.73 และ 5.19 ตามลำดับ จากนั้น เมื่อจัดการเรียนรู้โดยใช้การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร แล้วจึงวัดคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนิสิต พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 47.05 และ 7.58 ตามลำดับ สถิติทดสอบ t-test มีค่าเท่ากับ -22.18 และมีเลขนัยสำคัญที่ระดับ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงว่า นิสิตมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	t	sig
หลังเรียน	62	47.05	7.58	-22.18*	.000
ก่อนเรียน	62	14.73	5.19		

หมายเหตุ: *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากนั้น คณะผู้วิจัยได้ศึกษาเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนเป็นรายทักษะ พบว่า ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร นิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ 6.68 และ 8.73 ตามลำดับ ทักษะการทดลอง นิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ 3.50 และ 14.73 ตามลำดับ และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป นิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ 4.55 และ 23.59 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนทั้ง 3 ทักษะของนิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

ทักษะ	คะแนนเต็ม	\bar{X} คะแนนก่อนเรียน	\bar{X} คะแนนหลังเรียน
ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	12	6.68	8.73
ทักษะการทดลอง	20	3.50	14.73
ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	30	4.55	23.59
รวม	62	14.73	47.05

3. การเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติ พบว่า ผลต่างของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน มีผลต่างของคะแนนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 32.32 และ 6.83 ตามลำดับ ส่วนนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติ มีคะแนนเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 32.04 และ 8.20 ตามลำดับ สถิติทดสอบ t-test มีค่าเท่ากับ $-.127$ และมีเลขนัยสำคัญที่ระดับ $.902$ ซึ่งมากกว่า $.05$ แสดงว่า นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า นิสิตทั้ง 2 กลุ่ม มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการไม่แตกต่าง ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	n	\bar{X}	S.D.	t	sig
กลุ่มทดลอง	22	32.32	6.83	-.127*	.902
กลุ่มควบคุม	24	32.04	8.20		

หมายเหตุ: *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $.05$

นอกจากนั้น คณะผู้วิจัยได้ศึกษาเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ทักษะของนิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติ พบว่า ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร นิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนและนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 8.73 และ 7.79 ตามลำดับ ทักษะการทดลอง นิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนและนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 14.73 และ 12.21 ตามลำดับ และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป นิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนและนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 23.59 และ 21.79 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ทักษะของนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติ

ทักษะ	คะแนนเต็ม	\bar{X} นิสิตกลุ่มทดลอง	\bar{X} นิสิตกลุ่มควบคุม
ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	12	8.73	7.79
ทักษะการทดลอง	20	14.73	12.21
ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	30	23.59	21.79
รวม	62	47.05	41.79

สรุป วิจารณ์ผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสารมีประสิทธิภาพ 80.26/80.44 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้
2. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .000$)
3. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร กับนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า นิสิตทั้ง 2 กลุ่มนี้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่าง

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตชั้นปีที่ 3 สาขาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สามารถอภิปรายผล ได้ดังนี้

1. การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีประสิทธิภาพ 80.26/80.44 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้สืบเนื่องมาจาก

1) การทดลองเสมือนที่พัฒนาขึ้นได้มีการดำเนินการวิจัยและพัฒนาตามหลัก R & D cycle ของบอร์กและกอลด์ [9] ตั้งแต่การค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล วางแผนการวิจัย การพัฒนา การทดลองใช้ การปรับปรุง และการนำไปใช้ โดยในขั้นตอนการพัฒนาได้มีการเขียนสคริปต์และกรอบแสดงเรื่องราว เพื่อจำลองสิ่งต่างๆ ที่จะปรากฏบนจอแสดงผลตามหลักการออกแบบสื่อของพัลลภ พิริยะวงศ์ [10] ซึ่งได้มีจำลองลักษณะของตัวอักษร ภาพนิ่ง เสียง ภาพเคลื่อนไหว การเชื่อมโยงแบบปฏิสัมพันธ์ และวีดิทัศน์ ให้สอดคล้องกับเนื้อหาและวัยของผู้เรียน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงข้อแตกต่างระหว่างห้องเรียนเสมือนและห้องเรียนปกติ [11] เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการพัฒนาการทดลองเสมือนให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น และครอบคลุมประโยชน์ทางการใช้งาน

2) การทดลองเสมือนที่พัฒนาขึ้นได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเคมีวิเคราะห์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีการศึกษา ทำให้การทดลองเสมือนที่พัฒนาขึ้นได้มีการตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ นอกจากนี้ในขั้นตอนการทดลองใช้ เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องและประสิทธิภาพของบทเรียนตามแนวคิดของเอสบิช และวิลเลียมส์ [12] เพื่อให้การทดลองเสมือนที่พัฒนาขึ้นมีความสมบูรณ์ เหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน และมีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

3) การทดลองเสมือนที่พัฒนาขึ้นได้ดำเนินการออกแบบรูปลักษณะ และฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมตามค่านิยมของผู้เรียนในเจนเนอเรชันวายที่มีรูปแบบการใช้ชีวิตที่ได้รับอิทธิพลจากเทคโนโลยีที่ทันสมัย ใช้คอมพิวเตอร์เป็นตั้งแต่ประถม และรู้วิธีการสืบหาข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธรรมรัตน์ อยู่พรต [13] จากข้อมูลดังกล่าว พบว่า ผู้เรียนกลุ่มนี้มีความรู้สึกผูกพันและคุ้นเคยกับเทคโนโลยี เพราะเติบโตมาพร้อมกับการดูและวิดีโอเกม ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการทดลองเสมือนให้สอดคล้องกับค่านิยมของผู้เรียน และนำเกมที่ผู้เรียนมีความคุ้นเคยมาใช้กระตุ้นความสนใจ ซึ่ง

จากการทดลอง พบว่า นิสิตรู้สึกตื่นเต้นและเกิดความประทับใจตั้งแต่แรกเห็นกับรูปแบบของโปรแกรมที่เป็นแนวการ์ตูน เนื่องจากไม่เคยเห็นสื่อการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะดังกล่าวมาก่อน อีกทั้งการนำเกมมาช่วยกระตุ้นความสนใจ ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนุกสนาน อยากรู้อยากเห็น และเกิดการแข่งขัน เพื่อต้องการเป็นผู้ชนะ ดังนั้นเมื่อเข้าสู่การเรียนรู้ในส่วนของเนื้อหา การทดลองเสมือน และวีดิทัศน์ ผู้เรียนจึงกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้มากขึ้น เพื่อจะนำความรู้ที่ได้กลับไปเล่นเกมและทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองนั่นเอง นอกจากนี้ผู้เรียนยังรู้สึกว่าการเรียนรู้ด้วยสื่อที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น และสื่อทำให้ผู้เรียนมีความพร้อมก่อนการทดลองจริง ส่งผลให้การทดลองมีความถูกต้อง แม่นยำ ประหยัดเวลา เป็นต้น

จากผลการวิจัย พบว่า การทดลองเสมือน มีประสิทธิภาพ 80.26/80.44 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของหลายท่านที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ [14, 15]

2. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้สืบเนื่องมาจาก การจัดการเรียนรู้โดยใช้การทดลองเสมือน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ได้จำลองหลักการ/ทฤษฎี และกระบวนการทดลองมานำเสนอในรูปแบบของภาพเคลื่อนไหวควบคู่กับวีดิทัศน์ โดยจุดประสงค์หลักนั้นต้องการนำภาพเคลื่อนไหวเข้ามาช่วยอธิบายหลักการ/ทฤษฎี และกระบวนการทดลองให้แก่ผู้เรียนได้เห็นในเชิงประจักษ์ควบคู่ไปกับการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามความหมายที่จิรพรรณ ทะเชียว [16] ได้กล่าวไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถในการเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการปฏิบัติและฝึกฝนอย่างมีระบบจนเกิดความคล่องแคล่วชำนาญ สามารถเลือกใช้กิจกรรมต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

จากการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป สอดคล้องกับผลการวิจัยที่พบว่า คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยของนิสิตหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั่นเอง

3. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า นิสิตทั้ง 2 กลุ่ม มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานงานวิจัยที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับทิภพ เลาหิพบูลย์ [17] ได้กล่าวไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ พฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝน โดยการลงมือปฏิบัติผ่านการทดลองเสมือนนั้นจะเป็นการลงมือคลิกเมาส์ควบคุมบทเรียนนั่นเอง ดังนั้นสภาพแวดล้อมทางการเรียนจึงเปลี่ยนไปตามลักษณะของผู้เรียนตามจุดมุ่งหมายของห้องเรียนเสมือนที่สุรพล บุญลือ [18] ได้กล่าวไว้ซึ่งสภาพแวดล้อมทางการเรียนจะเริ่มตั้งแต่ผู้เรียนกำหนดหัวข้อที่จะเรียน สถานที่ และเวลาดำเนินการ โดยผู้เรียนสามารถเลือกเรียนหัวข้อใดก่อนหลัง เลือกเรียนที่ไหน เวลาใด และเรียนซ้ำกี่ครั้งก็ได้ ตามความสะดวกและศักยภาพตนเอง [11, 18] ดังนั้น การเรียนรู้ผ่านการทดลองเสมือนจึงช่วยเสริมสร้างรูปแบบการ

เรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งตรงกับลักษณะการเรียนรู้ในระดับปริญญาตรีที่ผู้เรียนต้องอาศัยการเรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้น นอกจากนี้ การปฏิวัติระบบความคิดแบบท่องจำจากตัวหนังสือให้กลายเป็นการจดจำจากความจริงเสมือนที่เป็นเทคโนโลยีมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบ ทำให้ผู้เรียนรู้สึกเหมือนกระทำสิ่งนั้นอยู่จริง [5] ส่งผลให้การทดลองมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของหลายท่านที่ได้นำการทดลองเสมือนมาใช้ในการเรียนการสอน [19-22] เพื่อช่วยเพิ่มความเข้าใจและฝึกทักษะการปฏิบัติให้แก่ผู้เรียน

นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ผ่านการทดลองเสมือนได้มีการนำเทคโนโลยีมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบเข้ามาช่วยในการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนการสอนให้เหมือนการเรียนแบบปกติ โดยจำลองสถานการณ์ของห้องปฏิบัติการ สารเคมี เครื่องมือและอุปกรณ์ที่จะเป็นทุกอย่างมาไว้ใน การทดลองเสมือน จึงทำให้ผู้เรียนมีความรู้สึกเหมือนอยู่ในห้องปฏิบัติการจริง และผู้เรียนสามารถศึกษากระบวนการทดลองหรือวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ได้อย่างทั่วถึง

จากผลการวิจัย เปรียบเทียบความสามารถในการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนกับการเรียนรู้แบบปกติ พบว่า นิสิตทั้ง 2 กลุ่มนี้มีความสามารถทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า นิสิตทั้ง 2 กลุ่ม มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของหลายท่านที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบความสามารถทางการเรียนรู้ระหว่างการเรียนด้วยสื่อและการเรียนแบบปกติ [14, 15] โดยจากผลการวิจัยจะเห็นว่านิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการไม่แตกต่างกับนิสิตที่เรียนแบบปกติ แสดงว่า การเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการเรียนรู้แบบปกติที่มีครูเป็นผู้สอน จึงอาจกล่าวได้ว่า การทดลองเสมือนเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ครูสามารถนำมาใช้ประกอบการสอนหรือใช้แทนการสอนแบบปกติได้ นอกจากนี้การทดลองเสมือนยังเป็นอีกเส้นทางที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ทุกที่ ทุกเวลา เพียงเท่านี้เราก็สามารถก้าวข้ามข้อจำกัดในเรื่องของเวลาได้

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการสร้างสื่อที่มีความหลากหลาย เช่น สื่อที่มีเสียงประกอบ เพื่อให้ นิสิตได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง และการที่นิสิตได้ฝึกฝนปฏิบัติการทดลองจากการทดลองเสมือนจะเป็นการช่วยเตรียมความพร้อมให้แก่ นิสิตก่อนลงมือปฏิบัติจริง ทำให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง แม่นยำขึ้น อีกทั้งยังช่วยประหยัดเวลา ประหยัดสารเคมี และช่วยป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการทดลองได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งคณาจารย์และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ช่วยให้การดำเนินการวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. ลิปปนันท์ เกตุทัต. 2541. แนวคิดเกี่ยวกับทิศทางและนโยบายด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษาของประเทศไทย. ได้จาก http://www.dpu.ac.th/laic/upload/content/file/pdf_file/1_5_2541_vk.pdf. 24 เมษายน 2555.
2. ยงยุทธ ยุทธวงศ์. 2554. วิทยาศาสตร์เพื่ออะไร?. ปทุมธานี. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. หน้า 107.
3. จันทิรา จินะวงศ์. 2549. การพัฒนาคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่องการแยกสาร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3. สารนิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
4. วรณทิพา รอดแรงคำ และ พิมพพันธ์ เดชะคุปต์. 2551. การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ. พัฒนาคุณภาพวิชาการ. หน้า 3-6.
5. กิดานันท์ มลิทอง. 2548. ไอซีทีเพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ. อรุณการพิมพ์. หน้า 204.
6. อุทธิชัย อ่อนมิ่ง. 2547. การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย. กรุงเทพฯ. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. หน้า 72-73.
7. เสาวณีย์ ลิกขาบัณฑิต. 2528. เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. หน้า 294-295.
8. ชูศรี วงศ์วัฒน์. 2553. เทคนิคการเขียนเค้าโครงการวิจัย: แนวทางสู่ความสำเร็จ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 86-87, 108-109.
9. Borg, R. W., and Gall, M. D. 1989. Educational Research: An Introduction. 5th Edition. New York. Longman. p. 784-785.
10. พัลลภ พิริยะวงศ์. 2541. มัลติมีเดียเพื่อการเรียนการสอน. *วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา* 11(28): 9-15.
11. ธวัชชัย อติเทพสถิต. 2546. E-Learning กับห้องเรียนเสมือนจริง. *วารสารวิทยบริการ* 2: 65.
12. Espich, J. E., and Bill W. 1976. Developing Programmed Instructional Materials. New York. Lear Siegler Inc.
13. ธรรมรัตน์ อยู่พรต. 2556. คำนิยมในการทำงานที่ส่งผลต่อพฤติกรรมความเป็นสมาชิกที่ดีขององค์กรของเจนเนอเรชั่นต่างๆ. *วารสารบริหารธุรกิจ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*. ได้จาก <http://www.jba.tbs.tu.ac.th/files/Jba138/Article/JBA138Thammarat.pdf>. 5 พฤศจิกายน 2556.
14. สุปรียา ศิริพัฒนกุลขจร. 2547. การพัฒนารูปแบบห้องเรียนเสมือนจริงแบบจำลองสถานการณ์ร่วมกับการฝึกปฏิบัติ เรื่อง การผลิตรายการโทรทัศน์. ปรียญานิพนธ์กศ.ด. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
15. สุรศักดิ์ มณีขำ. 2551. ผลการใช้ทัศนศึกษาเสมือนจริงผ่านห้องเรียนเสมือน สาระที่ 4: ประวัติศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3. ปรียญานิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

16. จิรพรรณ ทะเขียว. 2543. การเปรียบเทียบทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู. ปรียญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
17. ภพ เลหาไฟบูลย์. 2537. แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ. ไทยวัฒนาพานิช. หน้า 14.
18. สุรพล บุญลือ. 2550. การพัฒนารูปแบบการสอนโดยใช้ห้องเรียนเสมือนจริง แบบใช้ปัญหาเป็นหลักในระดับอุดมศึกษา. ปรียญานิพนธ์ กศ.ด. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
19. Coleman, F. W., and Fedosky, W. E. 2006. A Gel Permeation Chromatography Simulator. JCE WebWare. *Journal of Chemical Education* 83(10): 1567-1568.
20. Haddad, R. Paul., Shaw, M. J., Madden, J. E., and Dicinoski, G. W. 2004. A Computer-Based Undergraduate Exercise Using Internet-Accessible Simulation Software for the Study of Retention Behavior and Optimization of Separation Conditions in Ion Chromatography. *Journal of Chemical Education* 81(9): 1293-1298.
21. Tatli, Z., and Ayas, A. 2010. Virtual Laboratory Applications in Chemistry Education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 9: 938-942.
22. Usher, C. K., and Barrette-Ng, H. I. 2012. Web-Based Applet Is a Learning Tool that Simulates Ion-Exchange Chromatography Purification of Overexpressed Proteins from *Escherichia coli* Cell Lysate. *Journal of Chemical Education* 89: 555-556.

ได้รับบทความวันที่ 10 มกราคม 2557

ยอมรับตีพิมพ์วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2557

