



Developing Scientific Problem-Solving Competency in Pre-Service Science Teachers through Problem-Based Learning Activities on Chemical Safety

Dussadeeporn Hirun^{1,*} and Surawut Sudha¹

¹*Education program, Major in General Science, Faculty of Education and Human Development,
Chaiyaphum Rajabhat University*

**Email: dussadeeporn.hirun@gmail.com*

Received <29 Dec. 2025>; Revised <17 Jun. 2026>; Accepted <18 Jun. 2026>

Abstract

This research aimed to: 1) compare the learning achievement of undergraduate students on chemical safety through problem-based learning activities; 2) examine the integrated science process skills; 3) investigate student satisfaction with chemical safety learning activities; 4) compare students' scientific problem-solving ability; and 5) analyze the outcomes of problem-based learning implementation. The sample consisted of 49 undergraduate students enrolled in the Bachelor of Education program, majoring in General Science Education, Faculty of Education and Human Development, who registered for the Science Laboratory in Schools course during the first semester of the 2024 academic year, selected by means of purposive sampling. The research instruments comprised: 1) a science learning achievement test; 2) a scientific problem-solving ability test; 3) an integrated science process skills assessment form; and 4) a learning satisfaction assessment form. Data were analyzed using percentage, mean, standard deviation, and dependent samples t-test. The findings revealed that: 1) students' post-test learning achievement scores were significantly higher than pre-test scores at the 0.05 level of significance; 2) the mean score of integrated science process skills following the implementation of the activities was 77.80%; 3) students expressed the highest level of satisfaction with problem-based learning regarding activity organization, practical application, and perceived value and benefits; 4) students' post-test scientific problem-solving ability scores were significantly higher than pre-test scores at the 0.05 level of significance; and 5) among all measured outcomes, including learning achievement, integrated science process skills, and satisfaction, student satisfaction yielded the highest score at 85.60%.

Keywords: Competency; Problem-solving ability; Problem-Based Learning; Chemical safety

การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาปริญญาตรี ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี

ดุษฎิพร หิรัญ^{1,*} และ สุรวุฒิ สุดหา¹

¹สาขาวิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์และการพัฒนามนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

*Email: dussadeeporn.hirun@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องความปลอดภัยทางเคมี ของนักศึกษาปริญญาตรี ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 2) ศึกษาการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และ 3) ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนรู้เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี 4) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักศึกษา 5) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์และการพัฒนามนุษย์ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 49 คน แบบวิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ 1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 2) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ 3) แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ และ 4) แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติทดสอบค่าทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน ผลการวิจัย พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังการใช้รูปแบบการเรียนการสอน มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 2) ประเมินผลทักษะขั้นบูรณาการหลังจากใช้กิจกรรม พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 77.80 3) ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานอยู่ในระดับมากที่สุด ในด้านการจัดกิจกรรม ด้านการนำไปใช้และด้านคุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับ 4) ความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 5) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและความพึงพอใจ พบว่าความพึงพอใจมีคะแนนสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 85.60

คำสำคัญ: สมรรถนะ; ความสามารถในการแก้ปัญหา; การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน; ความปลอดภัยทางเคมี

บทนำ

การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (scientific problem-solving competency) ถือเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งสอดคล้องกับกรอบแนวคิดการจัดการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับอุดมศึกษาขององค์การ UNESCO (Liu *et al.*, 2022) ระบุว่า หลักสูตรการศึกษาในยุคปัจจุบันควรมุ่งส่งเสริมการเรียนรู้แบบสหวิทยาการ เพื่อพัฒนาสมรรถนะหลักในการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหาจริง กระบวนการพัฒนาสมรรถนะดังกล่าวจำเป็นต้องเริ่มต้นจากการเตรียมความพร้อมนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ให้สามารถผสมผสานทัศนคติ ทักษะ และความรู้ไปสู่การปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในสถานการณ์จริง การจัดการเรียนรูปแบบคอนสตรัคติวิซึม (constructivism) จึงเน้นการสร้างองค์ความรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และการเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่เข้ากับความรู้เดิมของผู้เรียน โดยสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ของครูถือเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพที่ส่งผลโดยตรงต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียน (Urdanivia Alarcon *et al.*, 2023) อย่างไรก็ตาม หลักฐานเชิงประจักษ์จากการศึกษาวิจัยในด้านการผลิตครูวิทยาศาสตร์เผยให้เห็นถึงข้อจำกัดเชิงระบบที่น่ากังวล กล่าวคือ นักศึกษาครูส่วนใหญ่ยังขาดประสบการณ์ตรงในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะในด้านการกำหนดสมมติฐาน การวิเคราะห์หลักฐาน และการประเมินผลลัพธ์ (Price *et al.*, 2021) รวมทั้งยังพบข้อจำกัดในการเชื่อมโยงความรู้เชิงทฤษฎีกับการปฏิบัติในสถานการณ์ซับซ้อน นอกจากนี้ เมื่อสำเร็จการศึกษาและเข้าสู่วิชาชีพ ครูวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่มักประสบความยากลำบากในการถ่ายทอดแนวคิดการสอนแบบสืบเสาะสู่การปฏิบัติในชั้นเรียนจริง อันเป็นผลจากข้อจำกัดด้านการจัดการชั้นเรียน แรงกดดันจากหลักสูตร และการขาดประสบการณ์ในการรับมือกับสถานการณ์ที่ไม่คาดคิด (Ngema, James and Sibanda, 2024; Sturrock, Woods-McConney and Maor, 2025) ข้อค้นพบเหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูได้อย่างเป็นรูปธรรมในระหว่างการศึกษาในระดับปริญญาตรี

การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสูงในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา การคิดเชิงวิพากษ์ และการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดย PBL มีลักษณะสำคัญคือการนำเสนอปัญหาที่มีความซับซ้อนและเปิดกว้างในบริบทที่ใกล้เคียงความเป็นจริง ซึ่งกำหนดให้ผู้เรียนต้องทำงานร่วมกันในการสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์สาเหตุ และพัฒนาแนวทางแก้ไขอย่างเป็นระบบ ขณะที่ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) แทนการถ่ายทอดความรู้โดยตรง สอดคล้องกับ Pozuelo-Muñoz *et al.* (2023) ยังพบว่านักศึกษาที่เรียนผ่าน PBL สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีนัยสำคัญ ผ่านการตั้งคำถามวิจัย การกำหนดสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง และการสรุปผลในบริบทที่ใกล้เคียงชีวิตจริง

ความปลอดภัยทางเคมี (Chemical Safety) ถือเป็นประเด็นหลักที่ครูวิทยาศาสตร์ทุกคนจำเป็นต้องมีเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ Wu, Yang and Xu (2023) รายงานผลการศึกษานักศึกษาจำนวน 335 คน พบว่าร้อยละ 63.58 ยังขาดความตระหนักรู้ด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการอย่างเพียงพอ โดยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำในด้านการอ่านสัญลักษณ์ GHS และการรับมือกับเหตุฉุกเฉิน สอดคล้องกับ Akkuzu Guven and Uyulgan (2022) ที่พบว่านักศึกษาครูที่ทำงานในห้องปฏิบัติการ โดยขาดความรู้ด้านการจัดการความเสี่ยง มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดอุบัติเหตุ อาทิ การหกของสารเคมี การระเบิด และการสัมผัสสารเป็นพิษ ทั้งนี้ การนำประเด็นความปลอดภัยทางเคมีมาเป็นบริบทของกิจกรรม PBL มีความเหมาะสมเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่มีความซับซ้อน สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง และบูรณาการความรู้หลายสาขาได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ Höper, Jegstad and Remmen (2022) ยังพบว่า PBL เชิงสืบเสาะที่ใช้ปรากฏการณ์ทางเคมีในสภาพแวดล้อมจริงเป็นบริบท ช่วยให้นักศึกษาครูพัฒนาทักษะการสืบเสาะและความเข้าใจด้านความปลอดภัยในเชิงบูรณาการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากเหตุผลดังกล่าว การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาปริญญาตรี ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี จึงมีความสำคัญและความเหมาะสม คือ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์จะได้รับประสบการณ์ตรงในฐานะผู้เรียนที่ผ่านกระบวนการ PBL ทำให้เกิดความเข้าใจ ในรูปแบบและวิธีการจัดการเรียนรู้ อันเป็นพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการออกแบบและการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพให้แก่นักเรียนในอนาคต อีกทั้งการใช้บริบทเรื่องความปลอดภัยทางเคมี ยังช่วยพัฒนาสมรรถนะเฉพาะด้านที่ครูวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมี ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ปลอดภัย และถูกต้อง (Akkuzu Guven and Uyulgan, 2022; Wu, Yang and Xu, 2023) กล่าวคือ ความสามารถในการประเมินความเสี่ยง วางแผนป้องกันอุบัติเหตุ และจัดการสถานการณ์ฉุกเฉินในห้องปฏิบัติการอย่างมีประสิทธิภาพ และการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรม PBL เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สำคัญต่อการเตรียมความพร้อมนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ เพราะนักศึกษาจะได้รับประสบการณ์ตรงในฐานะผู้เรียนที่ผ่านกระบวนการ PBL ด้วยตนเอง ทำให้เกิดความเข้าใจ

รูปแบบของวิธีการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการออกแบบและการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนในอนาคต สอดคล้องกับ Strat, Henriksen and Jegstad (2024) ที่พบว่า การที่นักศึกษาครูได้เรียนรู้ผ่านการสืบเสาะในฐานะผู้เรียน โดยตรง ส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาสมรรถนะการสอนวิทยาศาสตร์ ทักษคติเชิงบวก และความเชื่อมั่นในตนเองในการนำวิธีการ สืบเสาะไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะเดียวกัน การที่นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ได้พัฒนาสมรรถนะในการวิเคราะห์และ แก้ปัญหาด้านความปลอดภัยทางเคมีผ่านกระบวนการ PBL ที่เป็นระบบจึงช่วยให้สามารถประเมินความเสี่ยง วางแผนป้องกัน อุบัติเหตุ และจัดการสถานการณ์ฉุกเฉินในท้องปฏิบัติการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อออกไปประกอบวิชาชีพ นอกจากนี้ การพัฒนา สมรรถนะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ยังช่วยให้นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์เป็นแบบอย่างที่ดี (role model) ในการใช้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาให้นักเรียน ดังที่ Perera *et al.* (2022) อ้างใน Ribeirinha and Correia (2025) ยืนยันว่าครูวิทยาศาสตร์ที่มีความเชื่อมั่นในตนเองสูงมีความสัมพันธ์เชิงบวกโดยตรงกับการใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะ ความพึง พอใจและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ยิ่งไปกว่านั้น การฝึกฝนการแก้ปัญหาเชิงซับซ้อนในบริบทจริงผ่าน PBL ยังช่วย สร้างความเชื่อมั่นในตนเอง (self-efficacy) ส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกัน การสื่อสารและการเรียนรู้ด้วยตนเอง อันเป็น องค์ประกอบสำคัญของสมรรถนะทางวิชาชีพครูที่สอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพ โดยเฉพาะในด้านการพัฒนาตนเองอย่าง ต่อเนื่อง (continuous professional development) Zhou *et al.* (2023) อย่างไรก็ตาม สมรรถนะการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์มีลักษณะพหุมิติ ครอบคลุมทั้งมิติความรู้ ทักษะ และเจตคติในเวลาเดียวกัน การอุดมศึกษาจึงต้องเผชิญกับความท้าทายในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้และการสร้างเครื่องมือประเมินสมรรถนะที่มีโครงสร้างชัดเจนและสะท้อนสมรรถนะที่ แท้จริง ดังที่ Garay-Rondero *et al.* (2024) ชี้ให้เห็นว่าการสร้างวิธีการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนอย่างเป็น ระบบถือเป็นประเด็นความท้าทายแรกที่สำคัญของการจัดการศึกษาในระดับอุดมศึกษาปัจจุบัน ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงศึกษาการ พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาปริญญาตรี ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี เพื่อสร้างองค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนในสถาบันผลิตครู เพื่อสร้างแนวทางในการ เตรียมความพร้อมให้กับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ เสริมสร้างความสามารถจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพและปลอดภัยใน โรงเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี ของนักศึกษาปริญญาตรี ด้วยการจัดการ เรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
2. เพื่อศึกษาการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนรู้เรื่องความปลอดภัยทางเคมี
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษา
5. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Method Research) โดยวิเคราะห์จากข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative) และเชิงคุณภาพ (Qualitative) เพื่อศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี

ตัวอย่างการวิจัย

ตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา เป็น นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 49 คน วิธีการ เลือกแบบเจาะจง (purposive sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

สมรรถนะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะและเจตคติ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ 1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ และแบบทดสอบอัตนัยชนิดเขียนตอบจำนวน 10 ข้อ 2) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ แบบทดสอบอัตนัยชนิดเขียนตอบ

สถานการณ์ปัญหาจำนวน 3 ข้อ ผลการตรวจสอบความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความเหมาะสมสอดคล้องเฉลี่ย 4.20 – 5.00 ซึ่งอยู่ในระดับเหมาะสมมาก 3) แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ แบบประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ ตามเกณฑ์การประเมิน (Scoring Rubrics) โดยมีประเด็นในการประเมินตามทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน 5 ทักษะ ประกอบด้วย ทักษะด้านการออกแบบการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล ทักษะการสร้างแบบจำลอง ทักษะการตั้งสมมติฐาน และทักษะด้านการสื่อสารและ 4) แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้านความปลอดภัยทางเคมี ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีประเด็นในการประเมินด้านการจัดกิจกรรม ด้านเนื้อหา ด้านคุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับและด้านการนำไปใช้ ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของข้อคำถามกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ของแบบสอบถาม นำมาหาค่า IOC โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67- 1.00 คะแนน

การเก็บรวบรวมข้อมูล การดำเนินการและการเก็บรวบรวมข้อมูล มี 4 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพปัญหาและข้อมูลพื้นฐาน

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาสภาพปัญหาและวิเคราะห์เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า นักศึกษาร้อยละ 63.58 ยังขาดความตระหนักรู้ด้านความปลอดภัยทางเคมีในระดับที่เพียงพอ และจากการศึกษาผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าครูวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่ยังขาดประสบการณ์ในการรับมือกับสถานการณ์ที่ไม่คาดคิดในการจัดการเรียนการสอน ข้อค้นพบดังกล่าวนำไปสู่การพิจารณารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะและเจตคติ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับอุดมศึกษาขององค์การ UNESCO ที่มุ่งส่งเสริมการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง ผลการศึกษาในระยะนี้จึงแนวทางในการกำหนดรูปแบบกิจกรรมและสมรรถนะสำหรับการออกแบบการจัดการเรียนรู้ในระยะถัดไป ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบวิเคราะห์เอกสารที่สร้างขึ้นและผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67–1.00

ระยะที่ 2 ออกแบบและสร้างการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี

ชุดกิจกรรมเรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ร่วมกับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งชุดกิจกรรมเรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี จัดทำเป็นรูปเล่มประกอบด้วย เนื้อหาในชุดกิจกรรมแบ่งเป็น 3 บทที่ 1 ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมี เนื้อหาประกอบด้วย ความสำคัญของความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ กฎระเบียบและข้อบังคับพื้นฐาน บทที่ 2 ความปลอดภัยและอุปกรณ์ส่วนบุคคลในห้องปฏิบัติการ เนื้อหาประกอบด้วย ชนิดของอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment) วิธีการสวมใส่การเลือกและดูแลรักษาอุปกรณ์ บทที่ 3 การจัดการสารเคมีและการป้องกัน เนื้อหาประกอบด้วย ป้ายสัญลักษณ์และป้ายเตือนอันตรายบนภาชนะ การจำแนกประเภทสารเคมี วิธีการจัดเก็บสารเคมีที่ถูกต้อง การปฐมพยาบาลเบื้องต้นและการป้องกันสารเคมี

กิจกรรมการทดลองพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับรายวิชาปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยใช้เหตุการณ์อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริงในประเทศไทยหรือสถานการณ์กรณีศึกษาที่เกิดขึ้นจริงในสังคม อาทิ สถานการณ์ปัญหาหลัก: “เหตุการณ์รั่วไหลสารเคมีในโรงงาน” โดยมีประเด็นการหาข้อมูลและอภิปรายกิจกรรมที่ 1 การแก้ปัญหาจากเหตุการณ์อันตรายจากสารเคมีที่เกิดขึ้นจริงในประเทศไทย หรือสถานการณ์กรณีศึกษาที่เกิดขึ้นจริงในสังคม โดยแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 8-9 คน (6 กลุ่ม) ทำงานโดยออกแบบให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มศึกษาอันตรายจากสารเคมีในประเทศไทย ตามความสนใจของแต่ละกลุ่ม โดยให้แต่ละกลุ่มศึกษาและค้นคว้า ตามประเด็นที่กำหนด กิจกรรมที่ 2 ปฏิบัติการพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมปัญหาเป็นฐาน ได้ออกแบบสถานการณ์จำลอง (Problem Scenario) “ข้าวด่วน: วิกฤตอาหารปนเปื้อนในเขตมหาวิทยาลัย ...ร้านอาหารใกล้มหาวิทยาลัยหลายแห่งได้รับรายงานว่ามีผู้บริโภคเกิดอาการท้องเสียและอาเจียนหลังรับประทานอาหาร จึงขอให้ทีมนักวิทยาศาสตร์จากมหาวิทยาลัย (นักศึกษา) ช่วยตรวจสอบและวิเคราะห์หาสาเหตุ” แบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลอง คือ การตรวจสอบสารปนเปื้อนในอาหาร ได้แก่ 1) การตรวจหาฟอर्मาลีนในอาหาร 2) การตรวจสารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ 3) การตรวจหาปริมาณคลอรีนในน้ำ และ 4) การหาสารปนเปื้อนโลหะหนัก โดยแต่ละกลุ่มหลังจากปฏิบัติการทดลองแล้วบันทึกผลการทดลองลงในแบบบันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง กิจกรรมที่ 3 กิจกรรมปัญหาเป็นฐาน เป็นกิจกรรมกลุ่มให้แต่ละกลุ่มจับสลากหัวข้อที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ ดังนี้ 1) อันตรายจากสารเคมี 2) อันตรายจากการจัดการห้องปฏิบัติการ 3) อันตรายจากสารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม 4) อันตรายจากขยะอันตราย 5) อันตรายจากโลหะหนัก 6) ข้อควรปฏิบัติในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 7) ความปลอดภัยทางด้านสารเคมี 8) อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคลในห้องปฏิบัติการ 9) สถานการณ์ข่าว: อันตรายจากสารเคมีที่

เกิดขึ้นในประเทศไทย โดยแต่ละกลุ่มระบุปัญหา วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ออกแบบและเสนอแนวทางการแก้ปัญหา จัดทำรายงานและนำเสนอผลงาน ออกแบบสื่อและสื่อสารแนวคิด โดยใช้สื่อประกอบสร้างเป็น คลิปวีดีโอ (VDO Clip) (Koocharoenpisal, 2019) โดยผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ของแบบสอบถาม นำมาหาค่า IOC โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67- 1.00 คะแนน

ระยะที่ 3 ตรวจสอบและประเมินคุณภาพเครื่องมือในการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ และปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ของกิจกรรมและตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการและแบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ หลังจากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้มีความถูกต้องเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

ระยะที่ 4 ดำเนินจัดการจัดการเรียนรู้กับนักศึกษาในกลุ่มเป้าหมายและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative data) โดยใช้สถิติ คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t-test for dependent samples ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative data) ใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) และสรุปประเด็นสำคัญ

ผลการวิจัย

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาปริญญาตรี ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี มีผลการวิจัยดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี

ผลศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียน แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งพบว่า คะแนนเฉลี่ย เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี ของผู้เรียน มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (40.90 ± 3.77) สูงกว่าก่อนเรียน (22.08 ± 3.00) และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มศึกษา	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig
ก่อนเรียน	49	50	22.08	3.00	42.86 *	p < .001
หลังเรียน	49	50	40.90	3.77		

2. การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ผลประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการผสมผสาน 5 ทักษะ ซึ่งได้จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่า ผู้เรียนมีทักษะด้านการออกแบบการทดลอง และทักษะด้านการสื่อสาร โดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 80 ทักษะการตั้งสมมติฐาน มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 79 และทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูลและทักษะการสร้างแบบจำลอง โดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 75 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยรวมทุกทักษะเท่ากับ 77.80

ตารางที่ 2 ผลการประเมินทักษะทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ทักษะทางวิทยาศาสตร์	ร้อยละ
ทักษะด้านการออกแบบการทดลอง	80
ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล	75
ทักษะการสร้างแบบจำลอง	75
ทักษะการตั้งสมมติฐาน	79
ทักษะด้านการสื่อสาร	80

3. ความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนรู้เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี

ผลประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการเรียนรู้และการจัดกิจกรรมเรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี ดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่า ความพึงพอใจมีค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน ในระดับมากที่สุด เท่ากับ 4.28 ± 0.22 สามารถเรียงลำดับหัวข้อในการประเมินในแต่ละด้าน โดยเรียงผลลำดับการประเมินจากมากไปหาน้อย ได้แก่ ด้านการนำไปใช้ ด้านคุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับและด้านการจัดกิจกรรม ในระดับมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 4.50 ± 0.10 , 4.31 ± 0.20 , 4.27 ± 0.16 ตามลำดับและด้านเนื้อหาในระดับมาก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.04 ± 0.16

ตารางที่ 3 ผลการประเมินพึงพอใจของผู้เรียนต่อการเรียนรู้เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

หัวข้อในการประเมิน	ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.D.	แปลผล
ด้านการจัดกิจกรรม	4.27 ± 0.16	มากที่สุด
ด้านเนื้อหา	4.04 ± 0.16	มาก
ด้านคุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับ	4.31 ± 0.20	มากที่สุด
ด้านการนำไปใช้	4.50 ± 0.10	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน	4.28 ± 0.22	มากที่สุด

4. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียน ดังตารางที่ 4 ซึ่งพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 18.57 (S.D = 2.66) และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 31.14 (S.D = 3.27) จากคะแนนเต็ม 50 คะแนนและเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า คะแนนเฉลี่ยของหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มศึกษา	n	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	S.D.	t	Sig
ก่อนเรียน	49	50	18.57	2.66	26.43 *	p < .001
หลังเรียน	49	50	31.14	3.27		

5. ผลการจัดการเรียนรู้เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ผลการจัดการเรียนรู้แต่ละกิจกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลคะแนนจากการจัดการเรียนรู้เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

รายละเอียด	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
กิจกรรมระหว่างเรียน	210	166.09	79.09
- กิจกรรม 1 การแก้ปัญหาจากเหตุการณ์อันตรายจากสารเคมี/สถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในประเทศไทย	20	15.51	77.55
- กิจกรรม 2 ปฏิบัติการ: การทดลองในห้องปฏิบัติการ	40	31.73	79.33
- กิจกรรม 3 กิจกรรมนำเสนอ safety in life	30	25.49	84.97
- ทักษะทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	120	93.36	77.80
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	50	40.90	81.80
ความสามารถในการแก้ปัญหา	50	31.14	62.28
ความพึงพอใจ	5	4.28	85.60
รวม	525	408.50	77.81

จากตารางที่ 5 พบว่า ผลการจัดการเรียนรู้ในระหว่างเรียนและหลังเรียน พบว่า คะแนนรวมทุกกิจกรรม เท่ากับ 525 คะแนน คิดเป็นค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 408.50 และคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 77.81 โดยในด้านกิจกรรมระหว่างเรียน มีคะแนนรวมเท่ากับ 210 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 166.09 และคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 79.09 ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.90 คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 81.80 ด้านความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.14 คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 62.28 และด้านความพึงพอใจ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.28 คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 85.60



ภาพที่ 1 กิจกรรมกลุ่มศึกษาอันตรายจากสารเคมี (ก) และจัดทำและนำเสนอคลิปวิดีโอ (ข)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาศมรรถนะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Problem-Solving Competency) ในการวิจัยครั้งนี้ พัฒนาศมรรถนะผู้เรียนประกอบด้วยการศึกษาด้านความรู้ ทักษะและเจตคติ ดังผลการอภิปรายดังต่อไปนี้

1. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี ของผู้เรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถส่งเสริมการเรียนรู้และความเข้าใจเชิงลึกของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาเชิงสถานการณ์ ผลการวิจัยดังกล่าว สอดคล้องกับแนวโน้มของงานวิจัยก่อนหน้านี้ ที่ชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เผชิญกับปัญหาจริง ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ งานวิจัยของ Klongklaw and Tiemsaree (2020) สนับสนุนผลการวิจัยครั้งนี้ในประเด็นที่ว่า การออกแบบการจัดการเรียนรู้บนฐานแนวคิดด้านพัฒนาการทางสติปัญญาเอื้อต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ของผู้เรียน ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่สอดคล้องกับหลักการของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน นอกจากนี้ผลการวิจัยยัง สอดคล้องกับการศึกษาของ Thongkam (2022) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่บูรณาการกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถอธิบายได้ว่ากระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด วิเคราะห์และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เป็นปัจจัยสำคัญที่สนับสนุนการเรียนรู้เชิงลึก ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ในทำนองเดียวกันผลการวิจัยยังเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานของ Damrimungkit (2023) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการออกแบบรายวิชาที่มุ่งเน้นการพัฒนาศมรรถนะของนักศึกษาวิชาชีพครู สามารถส่งเสริมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติได้อย่างเป็นระบบ ผลดังกล่าวสนับสนุนผลของการวิจัยครั้งนี้ว่า การจัดการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาศมรรถนะของผู้เรียนมีส่วนช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและศักยภาพในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

2. ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ และความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนรู้เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี ผลการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการของนักศึกษาหลังการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี พบว่า ผู้เรียนมีทักษะด้านการออกแบบการทดลองและทักษะด้านการสื่อสารในระดับสูงสุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 รองลงมาคือทักษะการตั้งสมมติฐาน มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 79 และทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป รวมทั้งทักษะการสร้างแบบจำลอง มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ตามลำดับ ผลการวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า สามารถสะท้อนพฤติกรรมของผู้เรียนในการจัดกิจกรรม ทักษะด้านการออกแบบการทดลอง และทักษะด้านการสื่อสาร สามารถสะท้อนถึงพฤติกรรมของผู้เรียน คือ ในกิจกรรมผู้เรียนได้รับสถานการณ์จำลองที่มีบริบทใกล้เคียงกับชีวิตจริง ส่งผลให้เกิดแรงจูงใจในการออกแบบการทดลอง ซึ่งแสดงถึงการวางแผนการคิดให้เป็นระบบและวางแผนขั้นตอน เสนอแนวคิดและการรับฟังมุมมองที่หลากหลายในการแก้ปัญหาร่วมกัน และในกิจกรรมที่มีการนำเสนอข้อมูลเป็นกิจกรรมที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คัดเลือกข้อมูล วางแผนการลำดับการนำเสนอและการถ่ายทอดข้อมูล ซึ่งในทุกกิจกรรมได้สะท้อนให้เห็นว่า

ผู้เรียนแสดงพฤติกรรม “ลงมือทำ” และ “นำเสนอ” ได้คล่องตัวกว่าการศึกษาทฤษฎีเพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของผู้เรียนที่เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติ (Experiential Learning) ซึ่งความสอดคล้องกับลักษณะสำคัญของ PBL ที่กำหนดให้ผู้เรียนต้องวางแผนการสืบเสาะ ออกแบบขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน และควบคุมตัวแปรอย่างเป็นระบบในบริบทของสถานการณ์ปัญหาที่ซับซ้อน สอดคล้องกับการศึกษาของ Smith *et al.* (2022) ที่ระบุว่าหลักการสำคัญของ PBL ในการศึกษา STEM ประกอบด้วย การท้าทายด้วยปัญหาแท้จริง การให้อิสระในการแก้ปัญหา และการเน้นกระบวนการสืบเสาะ ซึ่งกระตุ้นให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการวางแผนและการตัดสินใจอย่างมีหลักฐาน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Kurniawan, Lestariani and Krismayanti (2025) ที่พบว่า PBL ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลลัพธ์การเรียนรู้เชิงความรู้ความเข้าใจของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในมิติของการออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ปัญหา และผลงานวิจัยของ (Chaphithak and Chaipichit, 2021) พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 84.23 ของคะแนนเต็ม แสดงให้เห็นว่า PBL สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหาเกี่ยวกับความปลอดภัยทางเคมี ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องกำหนดตัวแปรควบคุมสภาวะการทดลอง และออกแบบวิธีการที่เหมาะสมในการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของทักษะการออกแบบการทดลอง ในขณะที่ตัวชี้วัดทักษะการสื่อสารที่มีคะแนนสูงเท่ากับทักษะการออกแบบการทดลอง (ร้อยละ 80) สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการเรียนรู้แบบกลุ่มใน PBL ที่กำหนดให้ผู้เรียนต้องอธิบาย แลกเปลี่ยนข้อมูล และนำเสนอผลการศึกษามีเหตุผล ผลดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Ningsih *et al.* (2025) ที่พบว่า PBL ช่วยพัฒนาทักษะการสื่อสารและการทำงานร่วมกันของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากนักเรียนได้ฝึกฝนการถ่ายทอดแนวคิดและการรับฟังมุมมองที่หลากหลายในการแก้ปัญหาาร่วมกัน ทั้งนี้ บริบทเรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี ซึ่งมีลักษณะสหวิทยาการและเกี่ยวข้องกับชีวิตจริง ยังเป็นปัจจัยเสริมที่ช่วยให้ผู้เรียนเห็นความหมายและความจำเป็นของการสื่อสารที่ชัดเจนและถูกต้อง นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Jatmaneejungaroen and Boontum, 2021) การพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม เชื่อมโยงความรู้เดิมที่มีอยู่แล้วกับการได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อฝึกการทำงานเป็นทีม เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ปัญหาด้วยตนเองจากสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา และสามารถวางแผนในการแก้ไขปัญหาได้ ทักษะการตั้งสมมติฐานที่ผู้เรียนแสดงออกในระดับสูง (ร้อยละ 79) สะท้อนให้เห็นถึงพฤติกรรมของผู้เรียน ในกิจกรรมศึกษาเหตุการณ์อุบัติเหตุจริงในประเทศไทย ทำให้เกิดพฤติกรรม “การคาดเดาสาเหตุ” อย่างมีเหตุผลและกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างจริงจัง เพราะเป็นเหตุการณ์ที่เกิดในสถานการณ์จริง ทั้งยังเป็นการสร้างความตระหนักให้ผู้เรียนคำนึงถึงความปลอดภัยทางเคมีมากยิ่งขึ้น ซึ่งความสามารถในการคิดเชิงสมมติฐาน ซึ่งเป็นทักษะสำคัญของนักวิทยาศาสตร์ ตามที่ Lawson (2010) อธิบายว่า การตั้งสมมติฐาน การใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ การให้ข้อโต้แย้ง อาศัยความรู้พื้นฐาน ประสบการณ์และในบริบทของการเรียนรู้เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี ผู้เรียนต้องวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา เชื่อมโยงกับความรู้ทางเคมีที่มีอยู่และสร้างข้อคาดการณ์ที่สามารถทดสอบได้ ซึ่งกระบวนการนี้สอดคล้องกับหลักการของ PBL ที่ส่งเสริมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ สอดคล้องกับ Urdanivia Alarcon *et al.* (2023) ที่พบว่า การเรียนรู้แบบสืบเสาะส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถาม การให้เหตุผลและการสร้างข้อคาดการณ์ที่สามารถทดสอบได้ โดยอาศัยการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสถานการณ์ปัญหาใหม่ ในบริบทของความปลอดภัยทางเคมี ผู้เรียนต้องวิเคราะห์สาเหตุและกลไกของอันตรายทางเคมี สร้างข้อคาดการณ์เกี่ยวกับผลที่อาจเกิดขึ้น และออกแบบวิธีการทดสอบหรือป้องกัน กระบวนการนี้ช่วยพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐานได้อย่างเป็นธรรมชาติและมีความหมาย สำหรับทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป รวมทั้งทักษะการสร้างแบบจำลอง ที่มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 แม้จะอยู่ในระดับดีตามเกณฑ์มาตรฐาน แต่ยังคงต่ำกว่าทักษะอื่น ๆ เล็กน้อย ซึ่งสะท้อนถึงพฤติกรรมของผู้เรียน มีการบันทึกผลลงในแบบบันทึกหลังการปฏิบัติการช่วยฝึกพฤติกรรมการจัดระเบียบข้อมูลและผู้เรียนยังมีพฤติกรรม ลงข้อสรุปตามความคาดหวังมากกว่าตามหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการทดลองจริงและยังไม่สามารถสร้างแบบจำลองได้ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับ Derilo (2019) ที่พบว่า นักเรียนระดับมัธยมต้นมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการอยู่ในระดับต่ำ สะท้อนให้เห็นว่าทักษะดังกล่าวต้องการการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ อีกทั้งการสร้างแบบจำลองต้องอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษาในการศึกษามากกว่านี้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Susilawati, Harjono and Firdaus (2024) และ Kurniawan, Lestariani and Krismayanti (2025) ระบุว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ โดยเฉพาะการตีความข้อมูลและการสร้างแบบจำลอง เป็นทักษะที่มีความซับซ้อนสูงและต้องอาศัยการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากต้องการความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ การจับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและการนำเสนอใน

รูปแบบนามธรรม ทักษะดังกล่าวเป็นองค์ประกอบสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการตามกรอบของ Burns, Okey and Wise (1985) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Schwarz *et al.* (2009) พบว่า การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองต้องอาศัยความเข้าใจเชิงลึกในเนื้อหาวิชา ความสามารถในการคิดและทักษะการแสดงออกในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งเป็นทักษะที่ซับซ้อนและต้องการการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจำแนกทักษะเหล่านี้ว่าเป็นทักษะระดับสูงที่ต้องการการฝึกฝนอย่างเป็นระบบ ในการศึกษาครั้งนี้มีทักษะการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับดี (ร้อยละ 75) จึงถือว่าเป็นผลลัพธ์ที่น่าพอใจและแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการพัฒนาต่อไป

นอกจากนี้ ผลการศึกษายังสอดคล้องกับกรอบแนวคิดของ National Research Council (2012) ที่เสนอไว้ใน A Framework for K-12 Science Education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควรได้รับการพัฒนาผ่านการปฏิบัติจริง โดย PBL ในเรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี ให้โอกาสผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะเหล่านั้นในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานจริง ซึ่งช่วยเสริมสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งและความสามารถในการนำไปประยุกต์ใช้ การที่ทักษะทั้งหมดมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับดีถึงดีมาก (ร้อยละ 75-80) สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ของ Liu and Pasztor (2022) ที่สรุปว่า PBL มีขนาดอิทธิพลสูงต่อการพัฒนาการคิดเชิงวิพากษ์และทักษะกระบวนการที่ต้องการ การบูรณาการความรู้หลายด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสาขาวิทยาศาสตร์ การที่ทักษะทั้งหมดมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 75-80 แสดงให้เห็นว่า PBL เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการได้อย่างรอบด้านและสมดุล อย่างไรก็ตามยังมีความจำเป็นต้องพัฒนาทักษะการตีความข้อมูลและการสร้างแบบจำลองให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนมีความพร้อมในการนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยสรุป ผลการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี สามารถส่งเสริมการพัฒนาทักษะที่สำคัญทั้งหมดของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะทักษะการออกแบบการทดลอง ทักษะการสื่อสารและทักษะการตั้งสมมติฐาน ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการเป็นนักวิทยาศาสตร์และปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ในอนาคต อย่างไรก็ตาม จำเป็นที่จะต้องพัฒนาทักษะการตีความข้อมูลและการสร้างแบบจำลองให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนรู้เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี พบว่า หลังการใช้กิจกรรมเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ไขปัญหาและพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนนั้น ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี ผ่านกิจกรรมเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ไขปัญหาและพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (4.28 ± 0.22) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญและส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก ผลการศึกษาดังกล่าว สอดคล้องกับแนวคิดของ Kolb (1984) เกี่ยวกับการเรียนรู้จากประสบการณ์ ที่เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้อย่างแข็งขัน ส่งผลให้เกิดความพึงพอใจและการเรียนรู้ที่มีความหมาย เมื่อพิจารณาความพึงพอใจในแต่ละด้าน พบว่า ด้านการนำไปใช้ มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด (4.50 ± 0.10) แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนตระหนักถึงความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะที่ได้รับในบริบทการเรียนการสอนจริง การศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chaowakeratipong (2021) ที่พบว่านักศึกษาครู วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สามารถพัฒนาความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น และมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำความรู้ไปพัฒนาการออกแบบการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก เช่นเดียวกับ Nasaree *et al.* (2019) ที่พบว่า นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพรุสาขาวิทยาศาสตร์ มีความต้องการพัฒนาความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนจริง ด้านคุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับ มีคะแนนเฉลี่ยสูงเป็นอันดับสอง (4.31 ± 0.20) แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้สามารถสร้างคุณค่าและตอบสนองความต้องการของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี และผลการศึกษาของ (Koocharoenpisal, 2019) พบว่า ผู้เรียนเห็นความสำคัญและประโยชน์ของการเรียนรู้เรื่อง ความปลอดภัยด้านสารเคมี ได้ตระหนักถึงปัญหาหรืออันตรายของสารเคมีและได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหา รู้วิธีป้องกันและวิธีปฏิบัติเมื่อได้รับอันตรายจากสารเคมี รู้แนวทางการสร้างความปลอดภัยด้านสารเคมีที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ด้านการจัดกิจกรรม มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (4.27 ± 0.16) สะท้อนให้เห็นว่ากระบวนการจัดกิจกรรมมีความเหมาะสมและส่งเสริมการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ (Koocharoenpisal, 2019) พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานอยู่ในระดับมาก มีความรู้ความเข้าใจมากขึ้นและมีความพึงพอใจในการทำกิจกรรมกลุ่มที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Klomim (2016) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู สามารถพัฒนาทักษะการจัดการเรียนรู้และความพึงพอใจของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี และพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะและสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคมปัจจุบัน และความก้าวหน้าในศตวรรษที่

21 และด้านเนื้อหา มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (4.04 ± 0.16) ซึ่งแม้จะมีคะแนนต่ำกว่าด้านอื่น แต่ก็ยังอยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าเนื้อหาเรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี มีความเหมาะสมและตรงกับความต้องการของผู้เรียน อย่างไรก็ตาม คะแนนที่ต่ำกว่าด้านอื่นอาจสะท้อนถึงความซับซ้อนหรือความท้าทายของเนื้อหา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Hanprasert and Inmuong (2021) ที่พบว่า นักศึกษามีความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง และยังขาดความรู้เกี่ยวกับการใช้สารเคมีอย่างปลอดภัย รวมทั้งผลการศึกษาของ Chaowakeratipong (2021) ที่เน้นความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาการคิดของผู้เรียน

4. ความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนหลังการใช้รูปแบบการเรียนการสอนเรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) เรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดพื้นฐานของ Barrows and Tamblyn (1980) ที่ชี้ให้เห็นว่า การเรียนรู้ผ่านกระบวนการแก้ปัญหามีประสิทธิภาพเหนือกว่าการเรียนรู้แบบท่องจำในการสร้างองค์ความรู้ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในอนาคต โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะการแก้ปัญหาซึ่งถือเป็นทักษะสำคัญยิ่งสำหรับการปฏิบัติงานในสถานการณ์จริง นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับแนวคิดตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ซึ่งเป็นรากฐานทางทฤษฎีของ PBL (Baviskar, Hartle and Whitney, 2009) อธิบายว่า ผู้เรียนสร้างความรู้ของตนเองผ่านประสบการณ์และการสะท้อนคิดจากประสบการณ์เหล่านั้น ด้วยการบูรณาการข้อมูลใหม่เข้ากับความรู้เดิมที่มีอยู่ ในบริบทของการวิจัยครั้งนี้ การที่ผู้เรียนได้เผชิญกับปัญหาจริงหรือสถานการณ์จำลองเกี่ยวกับความปลอดภัยทางเคมี ส่งผลให้ผู้เรียนต้องใช้ความรู้พื้นฐานที่มีอยู่มาวิเคราะห์สถานการณ์ ค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมและสร้างความเข้าใจใหม่ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การออกแบบการจัดการเรียนรู้ ในการศึกษาครั้งนี้มีลักษณะเป็นการทำงานเป็นกลุ่มเล็ก ซึ่งเป็นกระบวนการ PBL ที่ส่งเสริมการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative Learning) และการเรียนรู้ทางสังคม (Social Learning) ตามที่ (Almulla, 2020; Yew and Goh, 2016) ได้ชี้แจงไว้ว่า นักศึกษาได้มีโอกาสดูแลเปลี่ยนความคิดเห็น ได้แย้งเชิงสร้างสรรค์และสร้างความรู้ร่วมกัน กระบวนการดังกล่าวช่วยขยายมุมมองในการมองปัญหา พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และเสริมสร้างทักษะการสื่อสารที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน ผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษา (Thongkam, 2022) ที่พัฒนารูปแบบการเรียนการสอน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์และทักษะทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย (1) การตั้งคำถาม (Questioning) (2) การวางแผน (Planning) (3) การหาคำตอบ (Finding) (4) การเชื่อมโยงความรู้ (Connecting) และ (5) การสะท้อนผลและการสื่อสาร (Reflecting and Communicating) โดยพบว่า ปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ส่งผลต่อความสำเร็จและประสิทธิภาพของการเรียนการสอนคือ การกำหนดสถานการณ์หรือกรณีศึกษาที่สอดคล้องกับเนื้อหาที่สอนและใกล้เคียงกับบริบทการปฏิบัติงานจริง ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบสถานการณ์การเรียนรู้ที่มีความหมายและเหมาะสมกับผู้เรียน โดยสรุป ความสำเร็จในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่อง ความปลอดภัยทางเคมี นี้เป็นผลมาจากการบูรณาการทฤษฎีการเรียนรู้ที่เหมาะสม การออกแบบกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการทำงานร่วมกันและการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ

5. จากการเปรียบเทียบร้อยละของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและความพึงพอใจตามสมรรถนะ พบว่า ความพึงพอใจมีคะแนนร้อยละสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 85.60 รองลงมาคือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 81.80 อย่างไรก็ตาม ทักษะทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการได้คะแนนร้อยละน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 77.80 ทั้งนี้เนื่องจาก ความพึงพอใจที่มีคะแนนสูงที่สุดสะท้อนถึงธรรมชาติของด้านจิตพิสัย ตามกรอบอนุกรมวิธานของ Bloom *et al.* (1956) ที่ผู้เรียนสามารถแสดงออกได้ในระดับสูงกว่าด้านที่ต้องอาศัยการฝึกทักษะเชิงปฏิบัติ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Okyere *et al.* (2023) ที่พบว่านักศึกษามีความพึงพอใจต่อ PBL ในระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญ โดยปัจจัยหลักได้แก่ การมีส่วนร่วมอย่างแข็งขันในกระบวนการแก้ปัญหา บทบาทของผู้อำนวยความสะดวกและความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา กับสถานการณ์จริง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่อยู่ในลำดับรองลงมาสอดคล้องกับข้อค้นพบของ Aktamis and Ergin. (2008) ที่ยืนยันว่าการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการที่มีคะแนนต่ำสุดในกลุ่ม แม้จะยังอยู่ในเกณฑ์ดี เป็นผลจากความซับซ้อนโดยธรรมชาติของทักษะดังกล่าว ซึ่งครอบคลุมการกำหนดตัวแปร การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลองและการแปลความหมายข้อมูล ทักษะเหล่านี้ต้องอาศัยกระบวนการคิดขั้นสูงและการฝึกฝนในหลากหลายบริบทอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kamarudin, Wahida and Ahrari (2022) ที่พบว่า นักศึกษาระดับอุดมศึกษามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการต่ำกว่าทักษะขั้นพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญ และมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ Jardinico and Linaugo (2023) ที่ยืนยันว่าทักษะขั้นบูรณาการมักได้

คะแนนต่ำกว่าทักษะขั้นพื้นฐานในกลุ่มนักเรียนระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษา อย่างไรก็ตาม การที่คะแนนทุกด้านสูงกว่าร้อยละ 75 ยืนยันว่าการอบรมระยะที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผู้เรียนได้อย่างครบถ้วนทั้งสามมิติ ได้แก่ ความรู้ ทักษะและเจตคติ

จริยธรรมการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการของจริยธรรมในมนุษย์ หมายเลข HE-67-2-020 จากมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ โดยการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการปฏิบัติตามข้อปฏิบัติสำหรับผู้วิจัยในโครงการที่ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ที่ระบุไว้อย่างเคร่งครัด

การใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ เพื่อสนับสนุนกระบวนการสืบค้นและรวบรวมเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในครั้งนี้ เครื่องมือใช้เพื่อค้นหาแหล่งข้อมูลวิชาการที่น่าเชื่อถือ บทความวิจัยที่เผยแพร่ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ และเอกสารอ้างอิงที่มีความเกี่ยวข้องกับประเด็นการศึกษา การใช้ AI ในการวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตจำกัดเพียงการเป็นเครื่องมือช่วยในการสืบค้นข้อมูลเท่านั้น ไม่ได้ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล การตีความผล หรือการสร้างเนื้อหาทางวิชาการ และ ผู้วิจัยขอรับรองว่าได้ดำเนินการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมบูรณ์ และความเหมาะสมของข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือ AI อย่างเป็นระบบและรอบคอบก่อนนำมาใช้ในงานวิจัย มีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลทั้งหมดได้รับการพิจารณาด้วยหลักเกณฑ์ทางวิชาการที่เข้มงวด และได้ปฏิบัติตามหลักจริยธรรมการวิจัยอย่างเคร่งครัด โดยไม่ได้ใช้เครื่องมือ เพื่อสร้างข้อมูลเท็จ ข้อมูลที่บิดเบือน หรือข้อมูลที่ชี้นำในทางที่ผิด รวมถึงไม่ได้ใช้ในการปลอมแปลงหรือสร้างข้อมูลเชิงวิจัยใดๆ เนื้อหาทั้งหมดที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ เป็นผลจากการดำเนินการวิจัยที่แท้จริงและได้รับการตรวจสอบความถูกต้องตามมาตรฐานทางวิชาการ การใช้เครื่องมือ AI จึงเป็นเพียงส่วนเสริมในกระบวนการวิจัยที่ผู้วิจัยยังคงมีบทบาทสำคัญในการควบคุมคุณภาพและรับประกันความน่าเชื่อถือทางวิชาการของงานวิจัยทั้งหมด

References

- Aktamis, H. and Ergin, Ö. (2008). The effect of scientific process skills education on students' scientific creativity, science attitudes and academic achievements. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 9(1), 1-21.
- Akkuzu Guven, N. and Uyulgan, M. A. (2022). Thinking about the chemical substances through real-life incidents: A case study on pre-service teachers' knowledge on various dimensions of laboratory safety. *Educational Policy Analysis and Strategic Research*, 17(3), 263–291.
- Almulla, M. A. (2020). The effectiveness of the project-based learning (PBL) approach as a way to engage students in learning. *SAGE Open*, 10(3), 2158244020938702.
- Barrows, H. S. and Tamblyn, R. M. (1980). *Problem-based learning: An approach to medical education*. Springer Publishing Company.
- Baviskar, S. N., Hartle, R. T. and Whitney, T. (2009). Essential criteria to characterize constructivist teaching: Derived from a review of the literature and applied to five constructivist-teaching method articles. *International Journal of Science Education*, 31(4), 541-550.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H. and Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. New York: Longman
- Burns, J. C., Okey, J. R. and Wise, K. C. (1985). Development of an integrated process skill test: TIPS II. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(2), 169–177.
- Chaowakeratipong, N. (2021). The development of ability in designing activities to enhance learner's capabilities in constructing scientific explanations of student teachers majoring in science education, school of education studies, Sukhothai Thammathirat Open University (in Thai). *Journal of Kasetsart Education Review*, 35(2), 1-14.

- Chaphithak, R. and Chaipichit, D. (2021). Development of grade 3 student's scientific process skill and learning achievement through problem-based learning activities (in Thai). **Journal of Roi Kaensarn Academi**, 6(6), 215-232.
- Damrimungkit, A. (2023). The development of science methods course secondary competencies of science pre-service teachers (in Thai). **Doctoral Dissertation**. Phitsanulok: Naresuan University.
- Derilo, R. C. (2019). Basic and integrated science process skills acquisition and science achievement of seventh-grade learners. **European Journal of Education Studies**, 6(3).281-294.
- Garay-Rondero, C. L., Castillo-Paz, A., Gijón-Rivera, C., Domínguez-Ramírez, G., Rosales-Torres, C. and Oliart-Ros, A. (2024). Competency-based assessment tools for engineering higher education: A case study on complex problem-solving. **Cogent Education**, 11(1), 2392424.
- Hanprasert, T. and Inmuong, U. (2021). Laboratory safety behavior and management among students at Sirindhorn College of Public Health Khon Kaen (in Thai). **Journal of Health Science and Community Public Health**, 4(2), 134 – 144.
- Höper, J., Jegstad, K. M. and Remmen, K. B. (2022). Student teachers' problem-based investigations of chemical phenomena in the nearby outdoor environment. **Chemistry Education Research and Practice**, 23(2), 361–372.
- Jardinico, E. C. and Linaugo, J. D. (2023). Acquired basic and integrated science process skills and academic performance in Earth Science of Grade 11 students in a Philippine public high school. **Philippine Social Science Journal**, 6(1), 63–73.
- Jatmaneejungaroen, S. and Boontum, P. (2021). Development of grade 5 student's problem solving skills in science of students through STEM education (in Thai). **Journal of Education Mahasarakham University**, 18(1), 138 – 152
- Kamarudin, N., Wahida, M. and Ahrari, S. (2022). Exploring basic and integrated science process skills and their impact on science achievement among university students. **Journal of Public Administration and Governance**, 12(4), 74–79.
- Kolb, D. A. (1984). **Experiential learning: Experience as the source of learning and development**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Klomim, K. (2016). Learning management based on stem education for student teachers (in Thai). **Journal of Education Naresuan University**, 18(4), 334 – 348.
- Klongklaw, R. and Teamsaree, S. (2020). The development of problem-solving abilities of private university undergraduate students based on instructional development theory (in Thai). Retrieved 26 Oct 2025, from Rangsit University National Conference Proceedings : <https://rsucon.rsu.ac.th/files/proceedings/nation2020/NA20-036.pdf>
- Koocharoenpisal, N. (2019). Learning achievement and scientific problem solving ability of the undergraduate students through the problem-based learning activity on chemical safety (in Thai). **Journal of education Mahasarakham**, 13(1), 154-169.
- Kurniawan, M., Lestariani, N. and Krismayanti. L. (2025). Unveiling the impact of problem-based learning on students' science process skills and cognitive outcomes. **Bioeduca: Journal of Biology Education**, 7(1), 1–14.
- Lawson, A. E. (2010). Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. **Science Education**, 94(2), 336-364.
- Liu, Y., and Pasztor, A. (2022). Effects of problem-based learning instructional intervention on critical thinking in higher education: A meta-analysis. **Thinking Skills and Creativity**, 45, 101069.
- Liu, Y., Xu, H., Chen, Q., and Zhan, P. (2022). The measurement of problem-solving competence using process data. **Advances in Psychological Science**, 30(3), 522–538.

- Nasaree, N., Buosonte, R., Teeraputon, D. and Vibulrangson, S. (2019). A needs assessment of pre-service teacher in science for developing assessment literacy (in Thai). **Silpakorn University Journal**, 40(2), 78-98.
- National Research Council. (2012). **A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas**. The National Academies Press.
- Ngema, S., James, A. and Sibanda, D. (2024). The role of novice physical sciences teachers' goals in the implementation of inquiry-based instruction. **Cogent Education**, 11(1), 2429364.
- Ningsih, T. Z., Aman, A., Nasrullo, A., Ofianto, O., Erniwati, E., Asri, Z., Judijanto, L. and Firza, F. (2025). Enhancing communication and collaboration skills through discovery, cooperative and problem-based learning models in Social Studies education. **Cogent Education**, 12(1), 2500110.
- Okyere, G. A., Saah, A. A., Oduro, W., Achamfour, J. B. and Amoako, S. (2023). Students' satisfaction of blended problem-based learning: An academic experience at Kwame Nkrumah University of Science and Technology. **Education Research International**, 2023(1), 6005752.
- Perera, H. N., Maghsoudlou A., Miller, C. J., McIlveen P., Barber D., Part R. and Reyes, A. L. (2022). Relations of science teaching self-efficacy with instructional practices, student achievement and support, and teacher job satisfaction. **Contemporary Educational Psychology**. 69,102041.
- Price, A. M., Kim, C. J., Burkholder, E. W., Fritz, A. V. and Wieman, C. E. (2021). A detailed characterization of the expert problem-solving process in science and engineering: Guidance for teaching and assessment. **CBE—Life Sciences Education**, 20(3), 1-15.
- Pozuelo-Muñoz, J., Calvo-Zueco, E., Sánchez-Sánchez, E. and Cascarosa-Salillas, E. (2023). Science skills development through problem-based learning in secondary education. **Education Sciences**, 13(11), 1096.
- Ribeirinha, T. and Correia, M. (2025). Enhancing pre-service teachers' science teaching efficacy beliefs and attitudes toward science using the flipped classroom model. **Frontiers in Education**, 10, 1512320.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B. and Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. **Journal of Research in Science Teaching**, 46(6), 632-654.
- Smith, K., Maynard, N., Berry, A., Stephenson, T., Spiteri, T., Corrigan, D., Mansfield, J., Ellerton, P. and Smith, T. (2022). Principles of problem-based learning (PBL) in STEM education: Using expert wisdom and research to frame educational practice. **Education Sciences**, 12(10), 728.
- Strat, T. T. S., Henriksen, E. K. and Jegstad, K. M. (2024). Inquiry-based science education in science teacher education: a systematic review. **Studies in Science Education**, 60(2), 191-249.
- Sturrock, K., Woods-McConney, A. and Maor, D. (2025). Science inquiry instruction and direct instruction in authentic primary and secondary classroom contexts. **International Journal of Science Education**, 1-23.
- Susilawati, Harjono, A. and Firdaus, F. (2024). Improving students' science process skills through project based learning models: A systematic review. **Jurnal Penelitian Pendidikan IPA**, 10(10), 721-730.
- Thongkam, S. (2022). The development of science instructional model by using blended learning with inquiry-based learning to enhanced solving problem ability and integrated science process skills for undergraduate student (in Thai). **Doctoral Dissertation**. Bangkok: Silpakorn University.
- Urdanivia Alarcon, D. A., Talavera-Mendoza, F., Rucano Paucar, F. H., Cayani Caceres, K. S. and Machaca Viza, R. (2023). Science and inquiry-based teaching and learning: A systematic review. **Frontiers in Education**, 8, 1170487.
- Wu, G., Yang, Y. and Xu, C. (2023). Determination of university students' laboratory safety awareness: A cross-sectional study. **Journal of Chemical Education**, 100(9), 3402–3409.

- Yew, E. H. J. and Goh, K. (2016). Problem-based learning: An overview of its process and impact on learning. **Health Professions Education**, 2(2), 75-79.
- Zhou X., Shu L., Xu Z. and Padrón Y. (2023). The effect of professional development on in-service STEM teachers' self-efficacy: a meta-analysis of experimental studies. **International Journal of STEM Education**, 10(1), 37.