วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต
Journal of Rangsit University: Teaching & Learning
ISSN 1905-7881 (Print)/ ISSN 2651-1584 (Online)
Available online at https://jrtl.rsu.ac.th

ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2565
Vol.16 No.1 January – June 2022

การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาชีววิทยาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยีของนักศึกษาครูชีววิทยา ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง

Development of Biology Student Teachers' Technological Pedagogical Biology Content Knowledge ($TPAC_{BIO}K$) Using The Case Method Learning Model

อรอุมา พันธ์เกตุ[1] นันทรัตน์ เครืออินทร์[2] และทัศตริน วรรณเกตุศิริ[2*]
Onuma Phankhat[1] Nantarat Kruea-In[2] and Tussatrin Wannagatesiri[2]

[1] สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
[2] คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
[1] Science Education, Department of Teacher Education, Faculty of Education and Development Sciences, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom
[2] Department of Teacher Education, Faculty of Education and Development Sciences, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom
**Corresponding Author, E-mail: tussatrin.k@ku.th, โทร. 086-8666757*
วันที่ส่งบทความ 28 ตุลาคม 2563 วันที่แก้ไขครั้งสุดท้าย 26 พฤศจิกายน 2563
วันที่ตอบรับบทความ 26 พฤศจิกายน 2563 วันที่เผยแพร่ออนไลน์ 7 มกราคม 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มุ่งพัฒนาความรู้ในเนื้อหาชีววิทยาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยี ($TPAC_{BIO}K$) ของนักศึกษาครูชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง กำหนดวัตถุประสงค์วิจัยดังนี้ 1) เพื่อศึกษาสภาพการการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง 2) เพื่อเปรียบเทียบระดับความรู้ในเนื้อหาชีววิทยาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยีของนักศึกษาครูชีววิทยาก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง และ 3) เพื่อเปรียบเทียบระดับความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ ของนักศึกษาครูชีววิทยาก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง ในระยะเวลา 1 ภาคการศึกษา กลุ่มเป้าหมาย คือ นักศึกษาครูชีววิทยา จำนวน 13 คน รูปแบบการพัฒนาความรู้ $TPAC_{BIO}K$ ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้ 1) กรณีตัวอย่างที่มีข้อมูลแผนการจัดการเรียนรู้และการสอนแบบจุลภาค 2) กระบวนการใช้กรณีตัวอย่าง และ 3) กระบวนการประยุกต์ใช้กรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบประเมินความรู้ $TPAC_{BIO}K$ จากแผนการจัดการเรียนรู้และการสอนแบบจุลภาค ตรวจสอบความเที่ยงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 15 ท่าน (IOC อยู่ในช่วง 0.73-1.00) ความเชื่อมั่นของเกณฑ์ประเมินโดยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคมีค่า 0.99 2) แบบประเมินความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ และ 3) การสังเกตแบบมีส่วนร่วม และการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ข้อมูลวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติที่ใช้ทดสอบคือ Paired Sample t-Test และการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

ผลการวิจัยพบว่า ในระหว่างการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง นักศึกษาครูชีววิทยาสามารถพัฒนาความเข้าใจในกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ และสามารถนำกรอบแนวคิดไปใช้วิเคราะห์จุดเด่น และจุดควรพัฒนาของกรณีตัวอย่างแต่ละกรณีได้ด้วยตนเอง ข้อมูลแบบประเมินความรู้ $TPAC_{BIO}K$ แสดงให้เห็นว่า หลังการเรียนรู้นักศึกษาครูชีววิทยามีระดับความรู้ $TPAC_{BIO}K$ อยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียนอยู่สองระดับในภาพรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

.05 ระดับความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ ของนักศึกษาครูชีววิทยาอยู่ในระดับมากทั้งก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง

คำสำคัญ: *รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง; ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยีและชีววิทยา*

Abstract

This research focused on developing biology student teachers' Technological Pedagogical Biology Content Knowledge ($TPAC_{BIO}K$) by using the case method learning model. The research objectives were to 1) investigate learning situation during implementation of the case method learning model, 2) compare the student teachers' understanding of $TPAC_{BIO}K$ before and after using the model and 3) compare the teachers' self confidence level in $TPAC_{BIO}K$, before and after using the model for 1 semester. The research participants were 13 biology student teachers. The development of $TPAC_{BIO}K$ through the case method learning model consisted of 3 components which were; 1) cases; providing lesson plan and micro teaching information, 2) case method process and 3) applying $TPAC_{BIO}K$ conceptual framework process. The research instruments consisted of 1) a $TPAC_{BIO}K$ understanding assessment form based on the lesson plan and micro-teaching performances, validated the content by 15 science education experts (IOC = 0.73-1.00) with Cronbach's alpha reliability coefficient of the criteria at 0.99, 2) a self-confidence assessment in $TPAC_{BIO}K$ and 3) participant classroom observations and informal interviews. The data were analyzed by using mean, standard deviation, paired sample t-test and content analysis.

The results of this research were as follows: during implementation of case method learning, the biology student teachers were able to establish their own understanding of $TPAC_{BIO}K$ and using as a framework to analyze the strengths and weaknesses of the 4 cases by themselves. The data from the $TPAC_{BIO}K$ understanding assessment form revealed that the biology student teachers' $TPAC_{BIO}K$ was at the highest level after using the model, with the statistically significant level of .05. In overall, it was two level higher then before using the model. Their self-confidence assessment in $TPAC_{BIO}K$ was at very high level both before and after using the case method learning model.

Keywords: *case method learning model; technological pedagogical content knowledge and biology*

บทนำ

ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอน (Pedagogical Content Knowledge: PCK) เป็นองค์ความรู้ที่จำเป็นสำหรับผู้สอนเพื่อให้จัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Shulman, 1986) และถือเป็นแนวคิดที่ได้รับการยอมรับสามารถนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน PCK ประกอบด้วยความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge: CK) คือความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่สอน และความรู้ด้านวิธีการสอน (Pedagogical

Knowledge: PK) คือความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการสอน เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ผู้สอนควรมีเพื่อการปฏิบัติงานสอนในเนื้อหาแต่ละวิชา หรือเนื้อหาการสอนแต่ละเรื่อง เช่น ผู้สอนชีววิทยาต้องมีความรู้ในเนื้อหาชีววิทยา และมีความรู้ว่าวิธีการสอนใดบ้างที่สอดคล้องกับเนื้อหาชีววิทยาที่ตนเองสอน เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจว่าจะจัดกระทำ หรือนำเสนอหัวข้อที่จำเพาะอย่างไรให้ผู้เรียนที่มีความสนใจและมีความสามารถแตกต่างกันเข้าใจ และเป็นความรู้ที่ใช้บ่งชี้และบ่งบอกความแตกต่างระหว่างผู้สอนเนื้อหากับผู้เชี่ยวชาญในด้านเนื้อหา (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2555)

ปัจจุบันกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยี (Technological Pedagogical Content Knowledge: TPCK หรือ TPACK) ซึ่งพัฒนาแนวคิดต่อยอดมาจากแนวคิด PCK เสนอว่า ความรู้ที่จำเป็นอีกส่วนหนึ่งสำหรับผู้สอนคือ การผนวกเทคโนโลยีที่เหมาะสมและหลากหลายกับวิธีการสอนในเนื้อหาที่ตนเองสอน ส่งผลให้เกิดการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ใหม่ในเนื้อหาที่สอนด้วยการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม (Koehler & Mishra, 2009; Koehler,Mishra, & Cain, 2013; Mishra & Koehler, 2006; Tsai, 2015) ประกอบด้วย 7 ด้าน ได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อหา (CK) ความรู้ด้านวิธีการสอน (PK) ความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technological Knowledge: TK) คือความรู้ความเข้าใจและความสามารถของผู้สอนเกี่ยวกับวิธีการใช้ และประโยชน์ของเทคโนโลยีในการสนับสนุนการสอน เช่น การติดตั้งโปรแกรม การใช้งานโปรแกรม Word Processors Spreadsheets การใช้ Web 2.0 และอินเทอร์เน็ต เป็นต้น (Cetin-Dindar, Boz, Sonmez, & Celep, 2018; Graham, Burgoyne, Cantrell, Smith, Clair & Haris, 2009) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอน (PCK) คือความรู้ความเข้าใจและความสามารถของผู้สอนในการนำวิธีการสอนมาผนวกกับเนื้อหาเพื่อการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น ผู้สอนเคมีต้องหาวิธีการสอนที่ดีที่สุดในการสอนมโนทัศน์ เรื่อง กัมมันตภาพรังสี หรือการประยุกต์กลยุทธ์ในการสอน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี เป็นต้น (Cetin-Dindar et al., 2018) ความรู้ในวิธีการสอนผนวกเทคโนโลยี (Technological Pedagogical Knowledge: TPK) คือความรู้ความเข้าใจและความสามารถของผู้สอนในการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในกระบวนสอนเพื่อการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น การสร้างวิธีการเรียนแบบออนไลน์ การสร้างห้องเรียนบนคลาวด์ การใช้กระดานอัจฉริยะ และการใช้แอนิเมชัน (Cetin-Dindar et al., 2018; Saltan, 2017) ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (Technological Content Knowledge: TCK) คือความรู้ความเข้าใจและความสามารถของผู้สอนในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการจัดการเนื้อหา การแสวงหาความรู้ การนำความรู้บนคลาวด์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ การใช้อุปกรณ์เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น ผู้สอนเคมีต้องมีความรู้ในการประยุกต์เทคโนโลยีเพื่อการสอนเนื้อหาจำเพาะ การใช้การจำลองสถานการณ์ในการสอนเนื้อหาเคมี เรื่อง แก๊ส ทำให้ผู้เรียนเข้าใจปัจจัยการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นต้น (Cetin-Dindar et al., 2018) และความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยี (TPACK) คือความรู้ความเข้าใจและความสามารถของผู้สอนในการผนวกเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ กับเนื้อหาและวิธีการสอน เพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนของตนเองให้มีประสิทธิภาพ ลดระยะเวลาการเรียนรู้ และผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้มากขึ้น เช่น ผู้สอนเคมีต้องมีความรู้ในเนื้อหาเคมีมีความรู้ว่าวิธีการสอนใดที่สอดคล้องกับเนื้อหาเคมีนั้น และมีความรู้ความเข้าใจและสามารถใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาที่สอนมาใช้สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนเคมีให้เกิดประสิทธิภาพ เช่น การใช้ Flash และ Virtual Chemistry Lab ในการสอนเนื้อหาเคมีจำเพาะ (Deng, Chai, So, Qian & Chen, 2017) การใช้เทคโนโลยีวัดและประเมินผลการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี และการใช้การจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสอน เรื่อง กรด-เบส (Cetin-Dindar et al., 2018) และการนำกระดานอัจฉริยะมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา ช่วยพัฒนาแรงจูงใจและประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนมากกว่าการสอนแบบเดิม

เนื่องจากผู้สอนสามารถเขียนและอธิบายมโนทัศน์เมื่อผู้เรียนเกิดปัญหาไม่เข้าใจได้ และยังเป็นช่องทางการติดต่อสื่อสารปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนได้ทันที (Jang, 2010)

การวิจัยครั้งนี้มุ่งส่งเสริมนักศึกษาครูชีววิทยาให้มีการพัฒนาความรู้ $TPAC_{BIO}K$ โดยพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง (Case Method Learning) โดยกรณีตัวอย่างเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในห้องเรียนวิชาชีววิทยาเพื่อกระตุ้นให้นักศึกษาครูชีววิทยาเรียนรู้และทำความเข้าใจความรู้ $TPAC_{BIO}K$ ในกระบวนการวิเคราะห์กรณีตัวอย่างและนำประสบการณ์ที่เกิดขึ้นไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้และปฏิบัติการสอนแบบจุลภาคอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป ทั้งนี้การเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่างเป็นวิธีการสอนที่นำมาใช้ทั้งในสาขากฎหมาย และธุรกิจ ในส่วนสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่างถูกใช้เป็นตัวแทนของสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชั้นเรียน มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษาครู (Harrington,1995; Merseth, 1996; Shulman, 1992) ผู้เรียนเป็นผู้ค้นพบความรู้ด้วยตัวเองผ่านการเตรียมด้วยตัวเอง (Self-Preparation) (Darling-Hammond & Hammerness, 2002) และการอภิปรายเป็นกลุ่ม (Bareiss & Griss, 2008) เป็นการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์จริง ประสบการณ์ และสถานการณ์ จัดเป็นกระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ให้ผู้เรียนศึกษาเรื่องจริงที่เกิดขึ้น (Dunne & Brooks, 2004) และตอบประเด็นคำถามเกี่ยวกับเรื่องนั้น แล้วนำคำตอบและเหตุผลที่มาของคำตอบนั้นมาใช้เป็นข้อมูลในการอภิปรายเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ (ทิศนา แขมมณี, 2560) เป็นการกระตุ้นและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรม (Kulak & Newton, 2015)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง เพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาชีววิทยาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยี ($TPAC_{BIO}K$) ของนักศึกษาครูชีววิทยา
2. เพื่อเปรียบเทียบระดับความรู้ในเนื้อหาชีววิทยาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยี ($TPAC_{BIO}K$) ของนักศึกษาครูชีววิทยาก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง
3. เพื่อเปรียบเทียบระดับความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ ของนักศึกษาครูชีววิทยาก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้กำหนดรูปแบบการพัฒนา $TPAC_{BIO}K$ ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง มุ่งให้นักศึกษาครูชีววิทยาเรียนรู้วิธีการใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ที่สามารถส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ เป็นการนำเทคโนโลยีมาเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ที่ตนเองคุ้นเคยอยู่แล้ว รวมถึงการพัฒนาความเข้าใจและความสามารถในการใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาจำเพาะที่สอน (Koehler et al., 2014) ตามองค์ประกอบของเกณฑ์ความรู้ $TPAC_{BIO}K$ จำนวน 7 ด้าน (อรอุมา พันธ์เกตุ, นันทรัตน์ เครืออินทร์, และทัศตริน วรรณเกตุศิริ, 2563) ดังตารางที่ 1

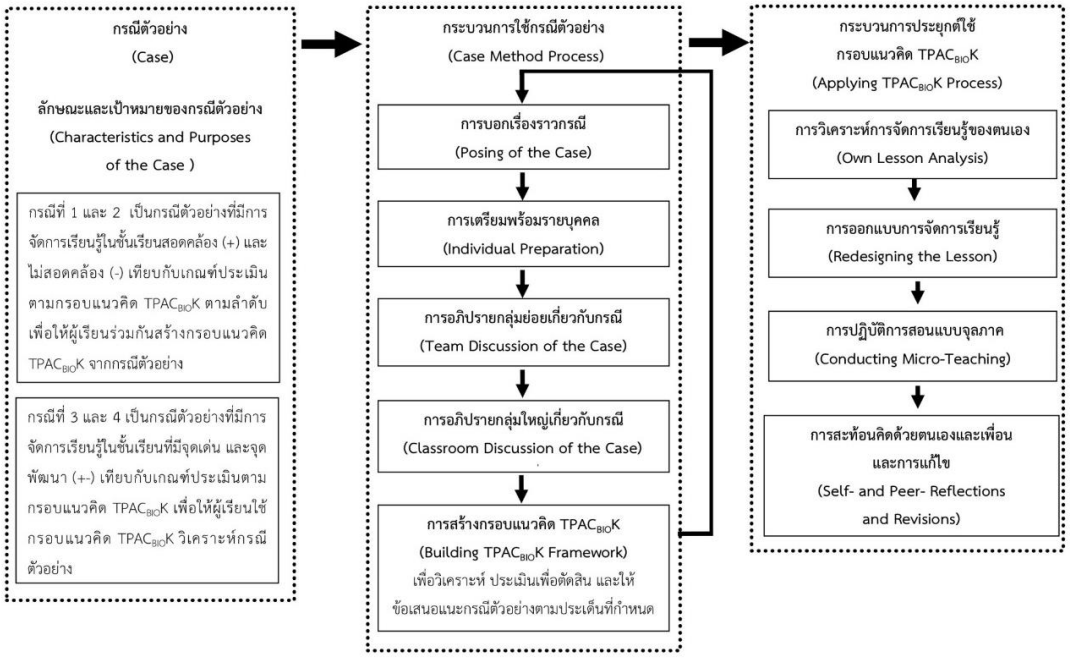
ตารางที่ 1 นิยามปฏิบัติการของ $TPAC_{BIO}K$ แยกตามองค์ประกอบ 7 ด้าน

องค์ประกอบ	นิยามปฏิบัติการ
1. ความรู้ด้านเทคโนโลยี (TK)	ความรู้ความเข้าใจ และความสามารถของครูผู้สอนโดยแสดงถึงความเข้าใจที่ชัดเจนถูกต้องเกี่ยวกับวิธีการใช้ และประโยชน์ของเทคโนโลยีเหล่านั้นในการสนับสนุนให้การปฏิบัติงานและการสื่อสารในหน้าที่ครูผู้สอนให้บรรลุผลตามจุดมุ่งหมายที่กำหนด (Liang, Chai, Koh, Yang & Tsai, 2013;

องค์ประกอบ	นิยามปฏิบัติการ
	Mishra & Koehler, 2006)
2. ความรู้ด้านเนื้อหา (CK)	ความรู้ความเข้าใจของครูผู้สอนเกี่ยวกับเนื้อหาสาระที่สอนโดยมีความรู้ความเข้าใจเชิงลึกในเนื้อหาชีววิทยา ความรู้ในเนื้อหา มโนทัศน์ที่สำคัญ หลักการ ทฤษฎี ข้อปฏิบัติ โครงสร้างและกรอบความคิดของเนื้อหาชีววิทยา ธรรมชาติขององค์ความรู้ และธรรมชาติของการสืบเสาะเพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ในเนื้อหาชีววิทยาที่จะใช้ในการสอน รวมถึงนำความรู้ทางชีววิทยาไปเชื่อมโยงในชีวิตประจำวัน มีการรับรู้ความรู้หรือข้อมูลข่าวสารใหม่ ๆ ที่ทันสมัย ตอบคำถามของผู้เรียนได้เมื่อผู้เรียนถามคำถาม และสามารถวาดรูปอธิบายเนื้อหาสาระขณะที่สอนได้ (Mishra & Koehler, 2006; Liang et al., 2013; Deng et al., 2017; Cetin-Dindar et al., 2018)
3. ความรู้ด้านวิธีการสอน (PK)	ความรู้ความเข้าใจ และความสามารถของครูผู้สอนเกี่ยวกับกระบวนการและแนวปฏิบัติการสอน วิธีในการปฏิบัติการสอนหรือเพื่อการเรียนรู้ กลยุทธ์ วิธีสอนและเทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับระดับอายุของผู้เรียนการจัดการชั้นเรียน การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ การนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปปฏิบัติจริง การวัดและประเมินผลผู้เรียน การดำเนินการสอนให้สอดคล้องและบรรลุให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ ค่านิยม และเป้าหมายของการศึกษา รวมถึงการให้คำแนะนำ การสร้างแรงจูงใจ การจัดประสบการณ์เสริมการเรียนรู้ให้ผู้เรียน (Mishra & Koehler, 2006; Koehler & Mishra, 2009; Schmidt et al., 2009; Lin et al., 2013)
4. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอน (PCK)	ความรู้ความเข้าใจ และความสามารถของครูผู้สอนในการบูรณาการ หรือผนวกความรู้ในเนื้อหาชีววิทยากับวิธีการสอนเทคนิค กลยุทธ์การสอนอย่างเหมาะสม (Koehler & Mishra, 2009; Mishra & Koehler, 2006; Schmidt, Baran, Thompson, Mishra, Koehler & Shin, 2009; Lin et al., 2013)
5. ความรู้ในวิธีการสอนผนวกเทคโนโลยี (TPK)	ความรู้ความเข้าใจ และความสามารถของครูผู้สอนในการบูรณาการ หรือผนวกความรู้ในวิธีการสอนกับความรู้ในเทคโนโลยีอย่างเหมาะสม และการใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายเพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Koehler & Mishra, 2009; Koh, Chai & Tsai, 2010; Schmidt et al., 2009; Tilya, 2003;)
6. ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (TCK)	ความรู้ความเข้าใจ และความสามารถของครูผู้สอนในการบูรณาการ หรือผนวกความรู้ในเนื้อหาชีววิทยากับความรู้ในเทคโนโลยีอย่างเหมาะสมเป็นความรู้ในการใช้เทคโนโลยีสนับสนุนเนื้อหา รวมถึงการใช้เครื่องมือเทคโนโลยีในการเปลี่ยนรูปสิ่งแสดงแทนความรู้ (knowledge representation) ให้อยู่ในรูปแบบหรือลักษณะที่เหมาะสมต่อการเรียนรู้ได้ของผู้เรียน ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจมากขึ้น และทักษะการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ทางชีววิทยา และเทคโนโลยีแบบต่าง ๆ ที่ใช้กันเป็นมาตรฐานทั้งเทคโนโลยีเก่า และเทคโนโลยีใหม่ในระบบแอนะลอก (analog system) และระบบดิจิทัล (digital system) รวมถึงความสามารถในการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อการศึกษา (Deng et al., 2017; Koehler & Mishra, 2009; Liang et al., 2013; Schmidt et al., 2009)
7. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยี (TPACK)	ความรู้ความเข้าใจ และความสามารถของครูผู้สอนในการบูรณาการ หรือผนวกเทคโนโลยีที่เหมาะสมและหลากหลายกับกระบวนการสอนในเนื้อหาชีววิทยาที่ตนเองสอน ส่งผลให้เกิดการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ ในเนื้อหาชีววิทยาที่สอนด้วยการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม (Deng et al., 2017; Koehler & Mishra, 2009; Liang et al., 2013; Mishra & Koehler, 2006)

การวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง เพื่อพัฒนาความรู้ $TPAC_{BIO}K$ ของนักศึกษาครูชีววิทยาเน้นการอภิปรายร่วมกัน การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการสะท้อนตนเองผ่านการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ที่

เป็นกรณีตัวอย่าง และการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ การสอนแบบจุลภาค และการสะท้อนตนเองของนักศึกษาครูชีววิทยา (Jang & Chen, 2010) ตามกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ ทั้ง 7 ด้าน โดยบทบาทของนักศึกษาครูชีววิทยา คือการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเสนอจุดเด่น และจุดพัฒนาตามกรณีตัวอย่างแต่ละกรณีเพื่อสะท้อนคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้นั้น ๆ ไปสู่การสร้างเกณฑ์ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ของตนเองต่อไป ดังแสดงรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปแบบการพัฒนาความรู้ $TPAC_{BIO}K$ ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง (Case Method Learning Model)

รูปแบบการพัฒนาความรู้ $TPAC_{BIO}K$ ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 กรณีตัวอย่าง (Case) ผู้วิจัยเลือกกรณีตัวอย่าง โดยการกำหนดลักษณะและเป้าหมายของการใช้กรณีตัวอย่าง จำนวน 4 กรณี เรียงลำดับการใช้งานตามเป้าประสงค์ที่แตกต่างกัน ดังแสดงตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์กรณีตัวอย่างที่มีการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนจริงเทียบกับกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ จำนวน 4 กรณี

กรณีตัวอย่าง	แนวทางการวิเคราะห์กรณีตัวอย่าง (แผนการจัดการเรียนรู้และการสอนแบบจุลภาค)
1 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของหัวใจ กรณีตัวอย่างที่มีการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$	ผู้สอนออกแบบการเรียนรู้ที่สามารถสอนมโนทัศน์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของหัวใจที่มีความยากและซับซ้อน การทำความเข้าใจต้องใช้การสังเกตโครงสร้างหัวใจและทิศทางการไหลเวียนของเลือดผ่านหัวใจด้วยตนเอง ผู้สอนเลือกใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเริ่มจากการสร้างความสนใจของผู้เรียนโดยการนำข่าว หรือบทความที่เกี่ยวข้องกับโรคหัวใจวายเฉียบพลันเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน และกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนให้ตระหนักถึงความสำคัญของหัวใจ (+PCK) ผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองจริงโดยการผ่าหัวใจหมู ส่งผลให้เกิดทักษะการใช้เครื่องมือผ่าตัดซึ่งเป็นอุปกรณ์จำเพาะทางชีววิทยา (+TCK) มีการเตรียมเนื้อหาในรูปของใบความรู้ และนำวีดิทัศน์ เรื่อง การทำงานของหัวใจมนุษย์ ในรูปของ แอพพลิเคชัน HP Reveal มาใช้ โดยให้ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมจากวีดิทัศน์ที่มีภาพประกอบ 3 มิติ เสียง และมีคำบรรยายที่ชัดเจน (+TPK) แทรกด้วย

กรณีตัวอย่าง	แนวทางการวิเคราะห์กรณีตัวอย่าง (แผนการจัดการเรียนรู้และการสอนแบบจุลภาค)
	การถามคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดเพื่อวัดและประเมินผลการเรียนรู้ควบคู่กัน รวมถึงการสืบค้นความรู้จากอินเตอร์เน็ตเกี่ยวกับสาเหตุ อาการ วิธีการดูแลรักษา และวิธีการป้องกันการเกิดโรคที่เกี่ยวกับหัวใจ แล้วจัดทำเป็นผังมโนทัศน์ และนำเสนอข้อมูลหน้าชั้นเรียน จากนั้นอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการป้องกันไม่ให้เป็นโรคหัวใจ ท้ายสุดเป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้หลังเรียนเพื่อสะท้อนผลการเรียนรู้ด้วยการทำแบบทดสอบออนไลน์ผ่านแอพพลิเคชัน Kahoot (+TPAC$_{BIO}$K)
2 เรื่อง หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต และแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งชีวิต กรณีตัวอย่างที่มีการจัดการเรียนรู้ที่ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด TPAC$_{BIO}$K	ผู้สอนออกแบบการเรียนรู้ระยะเวลา 50 นาที กำหนดสาระเรียนรู้เกี่ยวกับหลักฐานที่ บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต และแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ไม่ครบตามตัวชี้วัด ได้แก่ “อธิบายการเกิดวิวัฒนาการของมนุษย์ได้” และระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านความรู้ไปเป็นด้านทักษะกระบวนการ ได้แก่ “เปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของฌอง ลามาร์ก และทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชาร์ลดาร์วินได้อย่างถูกต้อง” (-PK) การออกแบบการเรียนรู้ไม่ครอบคลุมเนื้อหาที่สอน (-PCK) ได้แก่ ขาดประเด็นหลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตระดับโมเลกุล และหลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิต ขั้นการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนเน้นวิธีการสอนแบบบรรยายร่วมกับใช้ไฟล์นำเสนอ PowerPoint ไม่มีการนำสื่อวีดิทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่สอนมาใช้กระตุ้นความสนใจ (-TCK) และขาดการส่งเสริมให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง (-TPK)
3 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของ ลำต้น กรณีตัวอย่างที่มีการจัดการเรียนรู้ที่มีจุดเด่นและจุดพัฒนาเทียบกับกรอบแนวคิด TPAC$_{BIIO}$K (ไม่พบด้าน PK, ด้าน PCK, ด้านTCK และด้าน TPAC$_{BIO}$K)	ผู้สอนกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านความรู้ และด้านทักษะกระบวนการที่จำเป็น ไม่ครบถ้วน ได้แก่ “อธิบายหน้าที่และโครงสร้างภายในลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืช ใบเลี้ยงคู่ตามภาพตัดขวางได้อย่างถูกต้อง” และ “เตรียมสไลด์สดเพื่อศึกษาโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ได้อย่างถูกต้อง” (-PK) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ใช้การตั้งคำถามประกอบรูปภาพ โดยลักษณะของคำถามยากต่อผู้เรียนที่ยัง ไม่เคยเรียนรู้เรื่องนี้มาก่อน เช่น “นักเรียนคิดว่าโครงสร้างภายในของลำต้นของพืช ใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่มีลักษณะอย่างไร และประกอบด้วยอะไรบ้าง” (-PCK) ผู้สอนจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนศึกษาใบความรู้จากแอพพลิเคชัน HP Reveal แล้วตอบคำถามในใบกิจกรรม โดยผู้เรียนตรวจคำตอบและประเมินตนเองด้วยการสแกนคำตอบจาก QR code (+TPK) ผู้สอนไม่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนลงมือทำสไลด์สดของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ แล้วศึกษาโครงสร้างภายในโดยการใช้กล้องจุลทรรศน์ (-TCK) เพื่อนำไปสู่การเปรียบเทียบข้อมูลแลกเปลี่ยนเรียนรู้แทนการบรรยายเนื้อหาของผู้สอน การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ไม่ตรงกับจุดมุ่งหมายของการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนาผู้เรียน โดยผู้สอนใช้การเปิดข้อคำถามจากไฟล์นำเสนอ PowerPoint แล้วให้ผู้เรียนตอบคำถามพร้อมกันทั้งชั้นเรียน (-TPAC$_{BIO}$K)
4 เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ กรณีตัวอย่างที่มีการจัดการเรียนรู้ที่มีจุดเด่นและจุดพัฒนาเทียบกับกรอบแนวคิด TPAC$_{BIO}$K (ไม่พบด้าน PK, ด้าน TCK และด้าน TPAC$_{BIO}$K ด้าน PCK ไม่เหมาะสม)	ผู้สอนกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ไม่ครอบคลุมด้านเนื้อหาและทักษะกระบวนการ ได้แก่ “เขียนแผนผังสรุปการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์” และ “ใช้เครื่องมือผ่าตัดในกิจกรรมการทดลองได้ถูกต้องและปลอดภัย” (-PK) การจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนสืบค้นและอภิปรายข้อมูลตามหัวข้อที่กำหนด เช่น “โรคที่เกี่ยวข้องกับหัวใจ 2 โรค ระบุสาเหตุ และวิธีรักษา” และ “โรคที่เกี่ยวข้องกับหลอดเลือด 2 โรค โดยระบุสาเหตุ และวิธีรักษา” เป็นต้น (+TPK) ผู้สอนระบุว่าออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนว Constructionism แต่กิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบไม่ได้ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมหรือออกแบบชิ้นงานหรือกระบวนการใด เช่น การผ่าหัวใจหมูโดยใช้เครื่องมือผ่าตัด ซึ่งเป็นเครื่องมือทางชีววิทยา (-TCK) ไม่ตระหนักถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการเรียนรู้ ดังนี้ ผู้สอนจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนศึกษามโนทัศน์ที่สำคัญ และสรุปการเรียนรู้ด้วยตนเองจากการศึกษาเนื้อหาจากใบความรู้ผ่านแอพพลิเคชัน HP Reveal ร่วมกับการ

กรณีตัวอย่าง	แนวทางการวิเคราะห์กรณีตัวอย่าง (แผนการจัดการเรียนรู้และการสอนแบบจุลภาค)
	สืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต แล้วให้ผู้เรียนตอบคำถามลงใบกิจกรรม (-PCK) และไม่นำสื่อวีดิทัศน์ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับการหมุนเวียนของเลือดผ่านหัวใจที่ง่ายต่อการสร้างความเข้าใจมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนเลือกใช้รูปภาพโครงสร้างภายในหัวใจมาใช้ประกอบการอธิบาย ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถมองเห็นทิศทางการไหลเวียนเลือดผ่านหัวใจได้ ในภาพรวม การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การบรรยายเนื้อหาประกอบการใช้รูปภาพเป็นสื่อการเรียนรู้ ขาดการลงมือปฏิบัติและเรียนรู้จากของจริงหรือเสมือนจริง ทำให้ยากต่อการเข้าใจการทำงานของระบบการหมุนเวียนเลือด (-$TPAC_{BIO}K$)

ส่วนที่ 2 กระบวนการใช้กรณีตัวอย่าง (Case Method Process) ผู้วิจัยออกแบบกระบวนการใช้กรณีตัวอย่าง จากการปรับงานวิจัยของ Mostert (2007) ดังนี้

1. การบอกเรื่องราวกรณี (posing of the case) ผู้วิจัยนำเสนอกรณีตัวอย่างที่มีการนำ $TPAC_{BIO}K$ มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาในชั้นเรียนจริง จำนวน 4 กรณี จากการศึกษาแผนการจัดการเรียนรู้ และวีดิทัศน์บันทึกการสอนแบบจุลภาค

2. การเตรียมพร้อมรายบุคคล (individual preparation) นักศึกษาครูชีววิทยาทำการศึกษากรณีตัวอย่างแต่ละกรณีด้วยตนเอง ทำการตรวจสอบข้อมูล และคิดวิเคราะห์ประเด็นจุดเด่น และจุดพัฒนาของแต่ละกรณี แล้วนำเสนอข้อมูล และข้อเสนอแนะของตนเองในประเด็นที่ผู้วิจัยกำหนด

3. การอภิปรายกลุ่มย่อยเกี่ยวกับกรณี (team discussion of the case) แบ่งนักศึกษาครูชีววิทยาเป็นกลุ่ม แต่ละกลุ่มมีสมาชิก 4-5 คน ดำเนินการอภิปรายข้อมูลร่วมกันในประเด็นต่าง ๆ ช่วยให้เกิดความเข้าใจในประเด็นอื่น ๆ มากยิ่งขึ้น จากนั้นร่วมกันการแนวทางที่ดีที่สุดในแต่ละกรณี และนำเสนอข้อมูล

4. การอภิปรายกลุ่มใหญ่เกี่ยวกับกรณี (classroom discussion of the case) นักศึกษาครูชีววิทยาทุกคนร่วมกันอภิปรายข้อมูลแต่ละกรณีในเชิงลึก และประเด็นที่หลากหลายแง่มุม ดำเนินการภายใต้การอำนวยความสะดวกของผู้วิจัย ซึ่งมีบทบาทเป็นผู้ส่งเสริม สนับสนุน ท้าทาย และกระตุ้นให้เกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในชั้นเรียน จากนั้นผู้วิจัยเป็นผู้สรุปการอภิปรายกับการเรียนรู้ในชั้นเรียน

5. การสร้างกรอบแนวคิด (building $TPAC_{BIO}K$ framework) เพื่อวิเคราะห์ ประเมินเพื่อตัดสิน และให้ข้อเสนอแนะกรณีตัวอย่างตามประเด็นที่กำหนด

ส่วนที่ 3 กระบวนการประยุกต์ใช้กรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ (Applying $TPAC_{BIO}K$ Process) เน้นการลงมือปฏิบัติ และสะท้อนตนเองระหว่างการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ และปฏิบัติการสอนแบบจุลภาค มีขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้ของตนเอง (own lesson process) เพื่อสะท้อนจุดเด่น และจุดพัฒนาของตนเอง โดยยึดกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการใช้กรณีตัวอย่างจากส่วนที่ 2 (Flyvbjerg, 2011)

2. การออกแบบการจัดการเรียนรู้ (redesigning the lesson) นักศึกษาครูชีววิทยาเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ของตนเองที่สอดคล้องตามเกณฑ์ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ กำหนดเวลาสอน 50 นาที

3. การปฏิบัติการสอนแบบจุลภาค (conducting micro teaching) นักศึกษาครูชีววิทยาฝึกปฏิบัติการสอนแบบจุลภาคตามที่ตนเองออกแบบ พร้อมทั้งบันทึกภาพวีดิทัศน์ขณะปฏิบัติงานสอนของตนเอง

4. การสะท้อนตัวตนด้วยตนเองและเพื่อน และการแก้ไข (self and peer-reflections and revisions) นักศึกษาครูชีววิทยาทำการสะท้อนตนเองและเพื่อน เพื่อนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแผนการเรียนรู้และการสอนแบบจุลภาคอีกครั้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (pre–experimental Research) ดำเนินการวิจัยตามแบบแผนการวิจัย One Group Pretest–Posttest Design โดยผู้วิจัยมุ่งส่งเสริมนักศึกษาครูชีววิทยาให้มีการพัฒนาความรู้ $TPAC_{BIO}K$ ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชั้นเรียนที่มีการจัดการเรียนรู้ทั้งที่สอดคล้อง และไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ ผู้วิจัยได้ดำเนินการขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์กับคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยโครงการวิจัยได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์แบบรวดเร็ว (expedited review) เลขที่เอกสารรับรองโครงการวิจัย: COA No. COA62/039

กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักศึกษาครู สาขาการสอนชีววิทยาชั้นปีที่ 4 จำนวน 13 คน (เพศชาย 2 คน และเพศหญิง 11 คน) ในหลักสูตรครู 5 ปี ที่ผ่านการเรียนรายวิชาพฤติกรรมการสอนชีววิทยา (Teaching Behavior in Biology) อายุระหว่าง 20-60 ปี โดยการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) เป็นนักศึกษาครูชีววิทยาที่ต้องฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในโรงเรียนมัธยมศึกษาในภาคเรียนถัดไป และเข้าร่วมวิจัยด้วยความสมัครใจ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. แบบประเมินความรู้ $TPAC_{BIO}K$ จากแผนการจัดการเรียนรู้และการสอนแบบจุลภาค เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (จาก 1 = น้อยที่สุด ถึง 5 = มากที่สุด) ที่ใช้กรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ ก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง จำนวน 60 ข้อ (ด้าน TK 8 ข้อ, CK 7 ข้อ, PK 10 ข้อ, PCK 9 ข้อ, TPK 10 ข้อ, TCK 6 ข้อ และ $TPAC_{BIO}K$ 10 ข้อ) คุณภาพของเกณฑ์ประเมินสะท้อนจากการตรวจสอบความเที่ยงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 15 คน (ICO อยู่ในช่วง 0.73-1.00) หาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค มีค่าเป็น 0.99 ผลการประเมินนำเสนอในรูปค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบระดับความรู้ $TPAC_{BIO}K$ ก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง สถิติที่ใช้ทดสอบคือ Paired Sample t-Test ผู้วิจัยในฐานะผู้สอนในรายวิชาเป็นผู้ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้และการสอนแบบจุลภาคของนักศึกษาครูชีววิทยา จำนวน 13 คน เป็นรายบุคคล ผู้วิจัยใช้กระบวนการตรวจสอบโดยเพื่อนที่เป็นนักวิจัยในสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา (peer debriefing) จำนวน 2 คน มีประสบการณ์เกี่ยวกับการสอนและการนิเทศการสอนนักศึกษาครูชีววิทยา ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างผลการตรวจสอบรายการของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเป็น 0.85 ทั้งนี้ความหมายของค่าเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายของ Aquino (2015) กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง ผู้รับการประเมินออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ และมีการสอนแบบจุลภาคสอดคล้องกับกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ ระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง ผู้รับการประเมินออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ และมีการสอนแบบจุลภาคสอดคล้องกับกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ ระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง ผู้รับการประเมินออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ และมีการสอนแบบจุลภาคสอดคล้องกับกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ ระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง ผู้รับการประเมินออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ และมีการสอนแบบจุลภาคสอดคล้องกับกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ ระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง ผู้รับการประเมินออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ และมีการสอนแบบจุลภาคสอดคล้องกับกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ ระดับน้อยที่สุด

2. แบบประเมินความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (จาก 1 = น้อยที่สุด ถึง 5 = มากที่สุด) จำนวน 60 ข้อ (ใช้เวลาในการทำ 30 นาที) สร้างตามองค์ประกอบของเกณฑ์ความรู้ $TPAC_{BIO}K$ จำนวน 7 ด้าน จากงานวิจัยของ อรอุมา พันธ์เกตุ และคณะ (2563) ซึ่งปรับจากแนวคิดของ Mishra & Koehler (2006), Koehler & Mishra (2009), Koehler et al. (2013) และ Tsai (2015) ค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของ ครอนบาคมีค่าเป็น 0.99 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบระดับความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ ก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง สถิติที่ใช้ทดสอบคือ Paired Sample t-Test ความหมายของค่าเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายของ Aquino (2015) กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง ผู้ตอบแบบประเมินมีความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ ระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง ผู้ตอบแบบประเมินมีความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ ระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง ผู้ตอบแบบประเมินมีความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ ระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง ผู้ตอบแบบประเมินมีความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ ระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง ผู้ตอบแบบประเมินมีความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ ระดับน้อยที่สุด

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลภาคสนาม บันทึกวีดิทัศน์ระหว่างการเรียนรู้ การสังเกตแบบมีส่วนร่วม และการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ นำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) และนำเสนอข้อมูลในเชิงคุณภาพ ได้แก่ การบรรยายสถานการณ์ และการตีความ (Erickson, 1986; Neuman, 2014) โดยกำหนดการลงรหัสข้อมูล (Coding) ตามองค์ประกอบย่อยรายด้านของ $TPAC_{BIO}K$ แสดงดังตารางที่ 3 เพื่อสะท้อนภาพการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง เพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาชีววิทยาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยี ($TPAC_{BIO}K$) ของนักศึกษาครูชีววิทยา

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการลงรหัสข้อมูลตามองค์ประกอบย่อยรายด้านของ $TPAC_{BIO}K$

การลงรหัสข้อมูลตามองค์ประกอบย่อย รายด้านของ $TPAC_{BIO}K$	**ข้อมูลระหว่างการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ หรือ การสอนแบบจุลภาค**
TK 5 การใช้โปรแกรมนำเสนองาน (เช่น MS-PowerPoint)	การใช้โปรแกรม MS-PowerPoint สร้างไฟล์งานนำเสนอที่มีรูปภาพประกอบคำอธิบายตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้
CK 7 การนำความรู้ทางชีววิทยาไปเชื่อมโยงในชีวิตประจำวัน	การนำข่าว บทความ และรูปภาพที่เกี่ยวข้องกับการนำความรู้ทางชีววิทยาไปเชื่อมโยงในชีวิตประจำวัน เช่น การนำข่าวค่าฝุ่นละอองเกินมาตรฐาน (PM 2.5) ในกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงและส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์มาเชื่อมโยงเนื้อหา เรื่อง ระบบหายใจ
PK 7 การประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย	การประเมินการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ โดยการสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน การถาม-ตอบ, ใบกิจกรรม และการทำแบบทดสอบออนไลน์
PCK 9 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียน	การทดลองสังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส และแบบไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้

การลงรหัสข้อมูลตามองค์ประกอบย่อย รายด้านของ $TPAC_{BIO}K$	**ข้อมูลระหว่างการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ หรือ การสอนแบบจุลภาค**
ได้ลงมือปฏิบัติ หรือแก้ปัญหาเพื่อเข้าใจในเนื้อหาชีววิทยา	กล้องจุลทรรศน์, การสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต การสร้างแบบจำลองการแบ่งนิวเคลียส และการทดลองวัดปริมาตรของอากาศ
TPK 3 การเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน	การศึกษาเนื้อหาจากใบความรู้ผ่านแอพพลิเคชัน HP Reveal แล้วตอบคำถามในใบกิจกรรม และตรวจคำตอบจากการสแกน QR Code
TCK 6 การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือทางชีววิทยา	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ โดยให้ผู้เรียนสังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส และแบบไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์
$TPAC_{BIO}K$ 9 การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศต่าง ๆ ประกอบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ชีววิทยาของผู้เรียน	การใช้แบบทดสอบออนไลน์โดยใช้แอพพลิเคชัน Kahoot, Plickers, Quizizz และ Socrative เพื่อวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

ผลการศึกษา

1. ผลการศึกษาสภาพการการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง เพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาชีววิทยาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยี ($TPAC_{BIO}K$) ของนักศึกษาครูชีววิทยา

กระบวนการใช้กรณีตัวอย่างที่มุ่งให้นักศึกษาครูชีววิทยาสร้างกรอบแนวคิดความรู้ $TPAC_{BIO}K$ โดยการวิเคราะห์กรณีตัวอย่างร่วมกันในชั้นเรียน จำนวน 4 กรณี พบว่า นักศึกษาครูชีววิทยาสามารถกำหนดตัวบ่งชี้ที่แสดงให้เห็นว่ากรณีตัวอย่างนั้น ๆ มีจุดเด่น และจุดที่ต้องพัฒนาที่แตกต่างกัน ตามที่เสนอข้อมูลในตารางที่ 1 ได้อย่างสอดคล้องกับการวิเคราะห์ของผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิเคราะห์กรณีตัวอย่างที่ 1 พบว่านักศึกษาครูชีววิทยาทั้ง 13 คน สามารถสร้างกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ ตามองค์ประกอบรายด้านขาดเพียงบางประเด็น ได้แก่ ด้าน CK เกี่ยวกับการเชื่อมโยงเนื้อหาชีววิทยาไปสู่เนื้อหาอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันได้ และด้าน PCK เกี่ยวกับการใช้คำถามที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจ และเกิดกระบวนการคิดเกี่ยวกับเนื้อหาชีววิทยา ในขณะที่การวิเคราะห์กรณีตัวอย่างที่ 2 พบว่านักศึกษาครูชีววิทยาเติมเต็มเกณฑ์ประเมินตามกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ ได้ครบทุกองค์ประกอบ นอกจากนี้นักศึกษาครูชีววิทยาได้แสดงความคิดเห็นที่แตกต่างจากเกณฑ์ประเมินตามกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ ที่กำหนดในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

“การใช้งานแอพพลิเคชันที่หลากหลาย” (TPK) (ความคิดเห็นของนศ. จำนวน 9 คน)

“มีการรับรู้ความรู้ หรือข้อมูลข่าวสารที่ทันสมัย” (CK) (ความคิดเห็นของนศ. จำนวน 9 คน)

“การใช้เทคโนโลยีกระตุ้นให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลเนื้อหาชีววิทยาเพิ่มเติมได้” ($TPAC_{BIO}K$) (ความคิดเห็นของ นศ. จำนวน 13 คน)

“มีความหลากหลายในการใช้เทคโนโลยี และวิธีการสอนเพื่อเร้าความสนใจของผู้เรียนให้เข้าถึงเนื้อหาชีววิทยาได้ง่ายขึ้น” (TPK) (ความคิดเห็นของนศ. จำนวน 5 คน)

จากความสามารถของนักศึกษาครูชีววิทยาทั้ง 13 คน ในการวิเคราะห์กรณีตัวอย่างที่ 1 และ 2 แล้วระบุตัวชี้วัดที่มีความคล้ายคลึงกับกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ ที่กำหนดในงานวิจัยครั้งนี้ รวมถึงการเพิ่มเติมประเด็นต่าง ๆ ที่กล่าวมา จากนั้นนักศึกษาครูชีววิทยานำเกณฑ์ประเมินที่สร้างมาใช้สะท้อนจุดเด่นและจุดพัฒนาในการวิเคราะห์กรณีตัวอย่างที่ 3 และกรณีตัวอย่างที่ 4 ได้อย่างหลายหลากประเด็น (สอดคล้องกับการวิเคราะห์กรณีตัวอย่างที่ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญคาดหวังไว้) สะท้อนให้เห็นว่านักศึกษาครูชีววิทยามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ อยู่ในระดับที่พร้อมนำไปใช้ต่อไป

กระบวนการประยุกต์ใช้กรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ นักศึกษาครูชีววิทยาได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ตนเองเคยออกแบบมาสะท้อนตนเองเพื่อปรับปรุงก่อนจะนำไปปฏิบัติการสอนแบบจุลภาค ผู้วิจัยนำเสนอกรณีศึกษา 3 คน เพื่อสะท้อน ให้เห็นการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ และการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการสอนที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการดังนี้

นิดา (นามสมมติ) เป็นนักศึกษาครูชีววิทยาที่มีความรู้ความเข้าใจและสามารถจัดการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ ทุกองค์ประกอบอยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้าน PK กับ PCK และด้าน $TPAC_{BIO}K$ มีประสิทธิภาพการสอนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอยู่สองระดับ และสามระดับ ตามลำดับ นิดาระบุระดับความเชื่อมั่นในตนเองหลังการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง พบว่าด้าน TK, TPK และ TCK อยู่ในระดับมากที่สุด ด้าน TK, PK, PCK, TPK, TCK และ $TPAC_{BIO}K$ มีระดับความเชื่อมั่นในตนเองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอยู่หนึ่งระดับ ก่อนการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง นิดาออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ไม่ครบถ้วน (-PK) ข้อที่ระบุว่า “นักเรียนสามารถสังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส และไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์” จึงส่งผลให้การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ไม่ครอบคลุมกับเป้าหมายและเนื้อหาชีววิทยาที่สอนได้ถูกต้อง นิดาใช้วิธีการสอนแบบบรรยายในการสอนมโนทัศน์ เรื่อง การแบ่งเซลล์ มีการใช้คำถามประกอบการบรรยายแต่เป็นคำถามที่ไม่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด และเป็นคำถามที่มีคำตอบเป็นความรู้ความจำเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่สอนเท่านั้น เช่น “การแบ่งเซลล์มีกี่ขั้นตอน อะไรบ้าง” เป็นต้น (-PCK) หลังการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง นิดาปรับแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วีดิทัศน์ร่วมกับการใช้คำถามกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนในขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (+PCK) มีการใช้เทคโนโลยีช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหา และวีดิทัศน์ เรื่อง การแบ่งเซลล์ ผ่านแอพพลิเคชัน HP Reveal ร่วมกับการสืบค้นข้อมูลด้วยตนเองจากอินเตอร์เน็ต (+TPK) กระตุ้นให้ผู้เรียนอภิปรายร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อสร้างผังมโนทัศน์ เรื่อง การแบ่งเซลล์ แล้วส่งตัวแทนออกมานำเสนอมโนทัศน์ที่สำคัญหน้าชั้นเรียน จากนั้นนิดาและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายมโนทัศน์ที่สำคัญ และใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของผู้เรียนร่วมด้วย เช่น “จำนวนโครโมโซมของการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ และการแบ่งเซลล์ร่างกายเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร” เป็นต้น นิดาออกแบบการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาชีววิทยาจำเพาะเพื่อจัดประสบการณ์จริงให้ผู้เรียน (+$TPAC_{BIO}K$) ผ่านการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือทางชีววิทยา โดยให้ผู้เรียนสังเกตการแบ่งนิวเคลียสจากตัวอย่างสไลด์ถาวรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (+TCK) และใช้เทคโนโลยีประกอบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ โดยให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบออนไลน์ผ่านแอพพลิเคชัน Quizizz ร่วมกับการตอบคำถามในใบกิจกรรม และการเขียนผังมโนมัศน์ เรื่อง การแบ่งเซลล์ (+$TPAC_{BIO}K$) กระบวนการเรียนรู้ที่ออกแบบสะท้อนว่า นิดามีความรู้ความเข้าใจในการผนวกเนื้อหาชีววิทยากับวิธีการสอนโดยใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ธารา (นามสมมติ) เป็นนักศึกษาครูชีววิทยาที่มีความรู้ความเข้าใจและสามารถจัดการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ ทุกองค์ประกอบอยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้าน TK และ TCK มีประสิทธิภาพการสอนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอยู่สี่ระดับ ด้าน PK, PCK และ TPK มีประสิทธิภาพการสอนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอยู่สามระดับ และด้าน CK มีประสิทธิภาพการสอนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอยู่สองระดับ ธาราระบุระดับความเชื่อมั่นใจในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ หลังการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่างทุกองค์ประกอบอยู่ในระดับมาก และสูงกว่าก่อนเรียนทุกองค์ประกอบ ก่อนการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง ธาราออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ แต่ขาดการระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ ข้อที่ระบุว่า “นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับประเภทและหน้าที่ของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน” (-PK) จึงส่งผลให้การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ไม่ครอบคลุมกับ

เป้าหมายและเนื้อหาชีววิทยาที่สอนได้ถูกต้อง (-PCK) ธาราออกแบบการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนศึกษาวีดิทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายและลงข้อสรุป แล้วออกมานำเสนอแนวคิดหน้าชั้นเรียน หลังการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง ธาราปรับวิธีการสอนเป็นการใช้รูปภาพเด็กที่มีความสูงมากที่สุดในโลกและเด็กแคระร่วมกับการใช้คำถามกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนในขั้นนำเข้าสู่บทเรียน แล้วใช้วีดิทัศน์เกี่ยวกับฮอร์โมนและการทำงานของฮอร์โมน (+TCK) ร่วมกับการใช้คำถามทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับต่อมไร้ท่อ และเนื้อเยื่อที่สำคัญในการสร้างฮอร์โมนและหลั่งฮอร์โมนในมนุษย์ (+PCK) จากนั้นให้ผู้เรียนสืบค้นเกี่ยวกับหน้าที่และการจำแนกฮอร์โมน (+TPK) แล้วกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายและเขียนผังมโนทัศน์เกี่ยวกับหน้าที่ของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน ธาราอธิบายเพิ่มเติมสรุปมโนทัศน์ที่สำคัญโดยใช้ไฟล์นำเสนอ PowerPoint ร่วมกับการใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของผู้เรียน (+TPAC$_{BIO}$K) โดยธาราอธิบายว่ามโนทัศน์ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ เป็นมโนทัศน์ที่ไม่สามารถให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการทดลองได้ จึงออกแบบการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูล แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นมาอภิปรายร่วมกันเป็นกลุ่มร่วมกับการใช้เทคโนโลยีกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน แทนการบรรยายเนื้อหา ธาราเดิมถือเป็นผู้ที่สามารถผนวกวิธีการสอนที่สอดคล้องกับเนื้อหาชีววิทยาที่ตนเองสอนได้ หลังการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง ธาราสามารถนำเทคโนโลยีมาใช้เป็นเครื่องมือในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น (+PCK สู่ +TPAC$_{BIO}$K)

โยธิน (นามสมมติ) เป็นนักศึกษาครูชีววิทยาที่ระบุระดับความเชื่อมั่นในตนเองก่อนการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง ด้าน TCK และ PK อยู่ในระดับน้อย และมากที่สุด ตามลำดับ และด้านอื่น ๆ อยู่ในระดับมาก และระดับความเชื่อมั่นในตนเองหลังการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่างด้าน TCK และ TPAC$_{BIO}$K หลังเรียนต่ำกว่าก่อนเรียนอยู่สองระดับ และหนึ่งระดับ ตามลำดับ ในขณะที่การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ และการสอนแบบจุลภาค พบว่า โยธินสามารถจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนสอดคล้องกับกรอบแนวคิด TPAC$_{BIO}$K หลังผ่านการเรียนรู้ด้วยกรณีตัวอย่างสูงกว่าก่อนเรียนทุกองค์ประกอบ โดยด้าน CK, PK, PCK, TCK และ TPAC$_{BIO}$K มีประสิทธิภาพการสอนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอยู่สามระดับ ก่อนการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง โยธินออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหายใจของมนุษย์ โดยใช้วิธีการสอนแบบบรรยายประกอบการใช้ไฟล์นำเสนอ PowerPoint (-PCK) และไม่มีการใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนเนื้อหาที่ตนเองสอน (-TCK) หลังการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง โยธินใช้ข่าวเกี่ยวกับค่าฝุ่นละอองเกินมาตรฐานร่วมกับการใช้คำถามกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนในขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (+PCK) แล้วให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูล และอภิปรายเกี่ยวกับโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ (+TPK) จากนั้นโยธินอธิบายมโนทัศน์ที่สำคัญโดยใช้รูปภาพ และไฟล์นำเสนอ PowerPoint ร่วมกับการใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของผู้เรียน (+TCK) โยธินอธิบายเพิ่มเติมมโนทัศน์การแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์โดยใช้วีดิทัศน์ รูปภาพ แบบจำลองการทำงานของปอด และการใช้อุปกรณ์ปอดเทียม จากนั้นออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการทดลอง เรื่อง การวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์ แล้วให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบออนไลน์ผ่านแอพพลิเคชัน Quizizz (+TPAC$_{BIO}$K)

จากกรณีศึกษา 3 คน สะท้อนให้เห็นว่านักศึกษาครูชีววิทยามีจุดที่ต้องพัฒนาแตกต่างกัน กระบวนการประยุกต์ใช้กรอบแนวคิด TPAC$_{BIO}$K สามารถช่วยส่งเสริมให้เกิดการนำความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยีมาใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่เพื่อบรรลุเกณฑ์ดังกล่าวให้มากที่สุด แสดงดังตารางที่ 3 สอดคล้องกับการสะท้อนตนเอง พบว่านักศึกษาครูชีววิทยาแต่ละคนระบุจุดที่ตนเองต้องการพัฒนาแตกต่างกัน ดังนี้

“การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ให้สอดคล้องกับตัวชี้วัด (PK) ซึ่งจะเป็นแนวทางในการกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของเนื้อหาชีววิทยาที่สอนได้ถูกต้อง รวมถึงการเลือกวิธีการสอนได้เหมาะสมกับเนื้อหาชีววิทยาที่สอนอีกด้วย (PCK)” (ความคิดเห็นของนิดา)

"การนำเทคโนโลยีมาใช้สนับสนุนเนื้อหาที่ตนเองสอนอย่างเหมาะสม เช่น การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล การใช้วีดิทัศน์ และการใช้โปสเตอร์มัลติมิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่สอน เป็นต้น (TCK)" (ความคิดเห็นของธารา)

"การใช้วีดิทัศน์ที่มีเนื้อหาเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมองเห็นได้จริงร่วมกับการจัดประสบการณ์จริงแก่ผู้เรียน เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงโดยทำการทดลอง เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (TCK)" (ความคิดเห็นของโยธิน)

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาครูชีววิทยาส่วนใหญ่มีการพัฒนาความรู้ความเข้าใจด้าน PCK ก่อนโดยสะท้อนการปรับเปลี่ยนที่เริ่มต้นจากปรับวิธีการสอนให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่สอน หลังจากนั้นจึงเลือกใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ที่สามารถส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกันอย่างเป็นลำดับ เรียกกระบวนการพัฒนานี้ว่า กระบวนการพัฒนาความรู้ความเข้าใจและความสามารถในการใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาชีววิทยาจำเพาะที่สอน (PCK สู่ TPACK)

นอกจากนี้ผู้วิจัยพบว่าการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้บางเนื้อหา ตัวอย่างเช่น เรื่อง กฎของเมนเดล และเรื่อง การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ เป็นมโนทัศน์ที่ผู้สอนต้องใช้วิธีการสอนบรรยายเนื้อหาประกอบการใช้สื่อเทคโนโลยีเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน จากการสังเกตการสอนแบบจุลภาคของนักศึกษาครูชีววิทยาพบว่า นักศึกษาครูชีววิทยาเน้นการบรรยายเนื้อหาประกอบการใช้ไฟล์นำเสนอ PowerPoint ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย ไม่สนใจในการเรียน ดังนั้นระหว่างการบรรยายเนื้อหา ควรใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของผู้เรียน และควรเรียกชื่อผู้เรียนให้ตอบคำตอบทีละคน เพื่อเป็นการตรวจสอบการเรียนรู้ของผู้เรียนว่ามีความเข้าใจในเนื้อหาหรือไม่ และยังทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนอีกด้วย สำหรับการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การคำนวณโอกาสในการเกิดฟีโนไทป์ และจีโนไทป์แบบต่าง ๆ ของรุ่น F1 และ F2 และเรื่อง การคำนวณหมู่เลือด พบว่านักศึกษาครูชีววิทยาใช้วิธีการสอนแบบบรรยายเนื้อหาร่วมกับการใช้ไฟล์นำเสนอ PowerPoint ซึ่งมโนทัศน์ดังกล่าวเป็นเนื้อหาที่ยากและมีการคำนวณร่วมด้วย ดังนั้นนักศึกษาครูชีววิทยาควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยอธิบายหลักการ และแสดงวิธีการคำนวณบนกระดานร่วมกับผู้เรียนทั้งชั้นเรียน ระหว่างแสดงวิธีทำควรใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจ และตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนร่วมด้วย อีกทั้งควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงวิธีทำและลงมือคำนวณด้วยตนเอง

2. ผลการเปรียบเทียบระดับความรู้ในเนื้อหาชีววิทยาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยี ($TPAC_{BIO}K$) ของนักศึกษาครูชีววิทยาก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง ข้อมูลจากแบบประเมินความรู้ $TPAC_{BIO}K$ จากแผนการจัดการเรียนรู้และการสอนแบบจุลภาคหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่างของนักศึกษาครูชีววิทยา จำนวน 13 คน ในภาพรวม พบว่านักศึกษาครูชีววิทยามีระดับความรู้ $TPAC_{BIO}K$ อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 ± SD .32) และสูงกว่าก่อนเรียนที่อยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.52 ± SD .21) มีระดับความรู้ด้าน TK, CK, PK, PCK, TPK และ TCK อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.96 ± SD .06, 4.58 ± SD .29, 4.57 ± SD .19, 4.54 ± SD .11, 4.57 ± SD .27 และ 4.57 ± SD .30 ตามลำดับ) และสูงกว่าก่อนเรียนที่อยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.47 ± SD .79, 3.50 ± SD .32, 3.10 ± SD .49, 2.96 ± SD .31, 3.49 ± SD .38 และ 3.07 ± SD .59 ตามลำดับ) และผลการเปรียบเทียบระดับความรู้ $TPAC_{BIO}K$ ของนักศึกษาครูชีววิทยาทั้ง 13 คน ในภาพรวมพบว่า หลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่างนักศึกษาครูชีววิทยามีระดับความรู้ $TPAC_{BIO}K$ ทุกองค์ประกอบสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงตารางที่ 4 และรูปภาพที่ 2 (ผลการประเมินรายข้อในภาคผนวก ดังแสดงตารางที่ 5

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบระดับความรู้ $TPAC_{BIO}K$ และระดับความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ ของนักศึกษาครูชีววิทยา จำนวน 13 คน ก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง

องค์ประกอบของ $TPAC_{BIO}K$	ระดับความเชื่อมั่น						แผน +การสอนแบบจุลภาค					
	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	*p*-value	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	*p*-value
	Mean	SD	Mean	SD			Mean	SD	Mean	SD		
1. ด้าน TK	3.83	.82	4.06	.72	-2.28	.06	3.47	.79	4.96	.06	-4.94*	.00
2. ด้าน CK	3.80	.24	4.00	.13	-1.93	.10	3.50	.32	4.58	.29	-9.09*	.00
3. ด้าน PK	4.02	.30	4.12	.31	-1.52	.16	3.10	.49	4.57	.19	-9.68*	.00
4. ด้าน PCK	3.82	.45	4.05	.31	-2.68*	.03	2.96	.31	4.54	.11	-14.44*	.00
5. ด้าน TPK	3.92	.42	4.16	.15	-2.27	.05	3.49	.38	4.57	.27	-7.71*	.00
6. ด้าน TCK	3.31	.67	3.30	.81	.13	.90	3.07	.59	4.57	.30	-3.29*	.02
7. ด้าน TPACK	4.01	.28	4.19	.21	-2.48*	.04	2.52	.21	4.51	.32	-14.30*	.00

p < .05

3. ผลการเปรียบเทียบระดับความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ ของนักศึกษาครูชีววิทยาก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง จากการศึกษาระดับความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ ของนักศึกษาครูชีววิทยา จำนวน 13 คน ในภาพรวม พบว่าทั้งก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่างมีระดับความเชื่อมั่นในตนเองอยู่ในระดับมาก ผลการเปรียบเทียบระดับความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ ของนักศึกษาครูชีววิทยาทั้ง 13 คน พบว่ามีระดับความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ ตามองค์ประกอบด้าน PCK และด้าน $TPAC_{BIO}K$ หลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่างสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงตารางที่ 4 และรูปภาพที่ 2 (ผลการประเมินรายข้อในภาคผนวกดังแสดงตารางที่ 5) นักศึกษาครูชีววิทยาระบุระดับความเชื่อมั่นในตนเองด้าน TCK อยู่ในระดับปานกลาง ทั้งก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.31 ± SD .67 และ 3.30 ± SD .81 ตามลำดับ) โดยเฉพาะการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือทางชีววิทยา ได้แก่ การใช้เครื่องวัดความจุปอด และการใช้เครื่องวัดอัตราการหายใจมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบด้านอื่น นักศึกษาครูชีววิทยาระบุว่า อุปกรณ์และเครื่องมือทางชีววิทยาดังกล่าวมีขั้นตอนการใช้งานที่มีความยุ่งยาก และมีข้อจำกัดในการใช้งาน เช่น การใช้เครื่องวัดอัตราการหายใจต้องใช้หนูเป็นสัตว์ทดลองจึงทำให้ไม่สะดวกในการทำการทดลอง เป็นต้น และนักศึกษาครูชีววิทยาระบุระดับความเชื่อมั่นในตนเองด้าน $TPAC_{BIO}K$ อยู่ในระดับมากเช่นเดียวกับด้านอื่น ๆ ผลการเปรียบเทียบระดับความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$

ตารางที่ 5 การประเมินระดับความรู้ $TPAC_{BIO}K$ จากแผนการจัดการเรียนรู้และการสอนแบบจุลภาค และระดับความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ ของนักศึกษาครูชีววิทยา จำนวน 13 คน ก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง

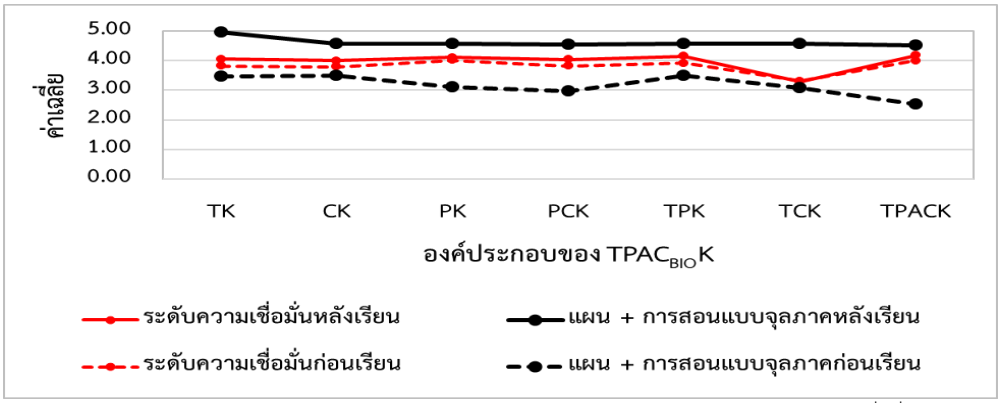
องค์ประกอบของ $TPAC_{BIO}K$	ก่อนเรียน						หลังเรียน					
	ระดับความเชื่อมั่น			แผน+การสอนแบบจุลภาค			ระดับความเชื่อมั่น			แผน+การสอนแบบจุลภาค		
	Mean	SD	แปลผล	Mean	SD	แปลผล	Mean	SD	แปลผล	Mean	SD	แปลผล
1. ความรู้ด้านเทคโนโลยี (TK)	3.83	.82	มาก	3.47	.79	ปานกลาง	4.06	.72	มาก	4.96	.06	มากที่สุด
1. การใช้โปรแกรม Word-Processor	4.38	.77	มาก	4.46	.88	มาก	4.54	.66	มากที่สุด	5.00	.00	มากที่สุด
2. การใช้โปรแกรม Electronic Spreadsheet	3.08	.95	ปานกลาง	2.62	1.33	ปานกลาง	3.38	.65	มาก	-	-	-
3. การสื่อสารผ่านอินเตอร์เน็ต (เช่น E-mail, Skype, Line, Messenger, WhatsApp)	4.38	.65	มาก	3.54	1.33	มาก	4.80	.44	มากที่สุด	5.00	.00	มากที่สุด
4. การใช้โปรแกรมแก้ไขภาพ (เช่น Photoshop)	3.31	.86	ปานกลาง	3.00	1.53	ปานกลาง	3.31	1.03	ปานกลาง	4.85	.38	มากที่สุด
5. การใช้โปรแกรมนำเสนองาน (เช่น MS-PowerPoint)	4.46	.78	มาก	4.08	.95	มาก	4.23	.93	มาก	5.00	.00	มากที่สุด
6. การค้นหาข้อมูล เนื้อหาสาระจากเว็บไซต์	4.54	.52	มากที่สุด	4.38	1.26	มาก	4.62	.65	มากที่สุด	4.92	.28	มากที่สุด
7. การใช้งาน Web 2.0 (เช่น Facebook, Blog, Wikis)	4.15	.69	มาก	3.31	1.44	ปานกลาง	4.62	.65	มากที่สุด	5.00	.00	มากที่สุด
8. การใช้งานระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ LMS (เช่น Moodle)	2.31	1.38	น้อย	2.38	1.50	น้อย	3.00	1.15	ปานกลาง	-	-	-
2. ความรู้ด้านเนื้อหา (CK)	3.80	.24	มาก	3.50	.32	ปานกลาง	4.00	.13	มาก	4.58	.29	มากที่สุด
1. ความรู้ความเข้าใจมโนทัศน์ที่สำคัญ หลักการ ทฤษฎี ข้อปฏิบัติในเนื้อหาชีววิทยาที่ถูกต้อง	4.23	.73	มาก	3.15	.99	ปานกลาง	4.08	.64	มาก	4.77	.44	มาก
2. มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตั้งคำถามและสมมติฐาน ทดลอง และลงข้อสรุปได้	4.00	1.16	มาก	3.62	1.12	มาก	3.92	.76	มาก	4.57	.53	มากที่สุด
3. การอธิบายปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์ที่สอดคล้องตามแนวคิดทางชีววิทยาได้อย่างสมเหตุผล	3.62	1.19	มาก	3.31	1.18	ปานกลาง	3.85	.90	มาก	4.00	.00	มาก
4. การเชื่อมโยงเนื้อหาชีววิทยาไปสู่เนื้อหาอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันได้	3.62	.87	มาก	3.23	1.01	ปานกลาง	3.92	.76	มาก	4.50	.58	มาก
5. การตอบคำถามผู้เรียนได้เมื่อผู้เรียนถามคำถามทางชีววิทยา	3.85	1.35	มาก	3.38	1.26	ปานกลาง	3.92	.86	มาก	4.62	.65	มากที่สุด
6. การบันทึกข้อมูลหรือแผนภาพ หรือวาดรูปอธิบายเพื่อสรุปหรืออธิบายเนื้อหาชีววิทยาได้	3.69	.95	มาก	3.92	1.44	มาก	4.08	.65	มาก	4.85	.38	มากที่สุด
7. การนำความรู้ทางชีววิทยาไปเชื่อมโยงในชีวิตประจำวัน	3.62	1.04	มาก	3.92	1.04	มาก	4.23	.73	มาก	4.78	.44	มากที่สุด
3. ความรู้ด้านวิธีการสอน (PK)	4.02	.30	มาก	3.10	.49	ปานกลาง	4.12	.31	มาก	4.57	.19	มากที่สุด
1. การเลือกมาตรฐานและตัวชี้วัด และกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ถูกต้อง	4.54	.66	มากที่สุด	3.54	1.05	มาก	4.69	.48	มากที่สุด	4.54	.52	มากที่สุด
2. การออกแบบการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับตัวชี้วัด	4.23	.73	มาก	2.54	.66	ปานกลาง	4.38	.51	มาก	4.31	.63	มาก
3. การใช้วิธีการเรียนรู้ในห้องเรียนที่หลากหลายเหมาะสมกับผู้เรียน	3.92	.95	มาก	2.46	.88	น้อย	3.84	.80	มาก	4.23	.60	มาก

องค์ประกอบของ $TPAC_{BIO}K$	ก่อนเรียน						หลังเรียน					
	ระดับความเชื่อมั่น			แผน+การสอนแบบจุลภาค			ระดับความเชื่อมั่น			แผน+การสอนแบบจุลภาค		
	Mean	SD	แปลผล	Mean	SD	แปลผล	Mean	SD	แปลผล	Mean	SD	แปลผล
4. การบริหารจัดการชั้นเรียน	3.77	.83	มาก	3.46	.97	ปานกลาง	3.62	.77	มาก	4.46	.88	มาก
5. การจัดระเบียบและรักษาระเบียบในห้องเรียน	3.46	.97	ปานกลาง	3.23	.93	ปานกลาง	3.92	.76	มาก	4.54	.78	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัด	4.23	.73	มาก	2.77	1.17	ปานกลาง	4.31	.63	มาก	4.69	.48	มากที่สุด
7. การประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย	4.15	.80	มาก	2.46	.97	น้อย	4.00	.71	มาก	4.85	.38	มากที่สุด
8. การใช้วิธีการที่ช่วยให้ผู้เรียนประเมินการเรียนรู้ของตนเองได้	3.85	.90	มาก	3.31	1.03	ปานกลาง	4.00	.91	มาก	4.75	.62	มากที่สุด
9. การกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเป็นกลุ่มได้	4.15	.80	มาก	3.69	.95	มาก	4.15	.80	มาก	4.69	.48	มากที่สุด
10. ความเข้าใจเกี่ยวกับความหลากหลาย และความแตกต่างของผู้เรียน	3.92	1.04	มาก	3.54	1.20	มาก	4.31	.48	มาก	4.62	.77	มากที่สุด
4. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอน (PCK)	3.82	.45	มาก	2.96	.31	ปานกลาง	4.05	.31	มาก	4.54	.11	มากที่สุด
1. การกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของเนื้อหาชีววิทยาที่สอนได้ถูกต้อง	4.46	.66	มาก	3.00	.91	ปานกลาง	4.54	.52	มากที่สุด	4.69	.48	มากที่สุด
2. การเลือกใช้วิธีการสอนได้เหมาะสมกับเนื้อหาชีววิทยาที่สอนได้	3.92	.64	มาก	2.69	.75	ปานกลาง	4.38	.65	มาก	4.38	.65	มาก
3. การใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจ และเกิดกระบวนการคิดเกี่ยวกับเนื้อหาชีววิทยา	3.92	.86	มาก	3.00	1.08	ปานกลาง	3.85	.80	มาก	4.62	.65	มากที่สุด
4. การทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียนเกี่ยวกับเนื้อหาชีววิทยาที่สอน	3.62	1.33	มาก	3.23	1.24	ปานกลาง	3.92	.65	มาก	4.42	.51	มาก
5. เลือกใช้วิธีการสอนเพื่อแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางชีววิทยาของผู้เรียนได้	3.54	1.20	มาก	2.85	1.41	ปานกลาง	3.69	.85	มาก	4.54	.78	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนได้สอดคล้องกับตัวชี้วัด	4.38	.51	มาก	2.38	1.04	น้อย	4.38	.51	มาก	4.62	.51	มากที่สุด
7. การพัฒนาแบบทดสอบ หรือแบบสำรวจอื่น ๆ เพื่อประเมินผลในเนื้อหาชีววิทยาอย่างหลากหลาย	3.15	1.28	ปานกลาง	2.92	1.32	ปานกลาง	3.80	.60	มาก	4.54	.52	มากที่สุด
8. การจัดการเรียนรู้ที่เน้นประยุกต์ใช้เนื้อหาชีววิทยาในการแก้ปัญหาในห้องเรียนและในชีวิตประจำวัน	3.31	1.18	ปานกลาง	3.08	1.19	ปานกลาง	3.80	.60	มาก	4.40	.89	มาก
9. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติหรือแก้ปัญหาเพื่อเข้าใจในเนื้อหาชีววิทยา	4.08	.86	มาก	3.46	1.05	ปานกลาง	4.08	.64	มาก	4.63	.52	มากที่สุด
5. ความรู้ในวิธีการสอนผนวกเทคโนโลยี (TPK)	3.92	.42	มาก	3.49	.38	ปานกลาง	4.16	.15	มาก	4.57	.27	มากที่สุด
1. การเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอนของตนเอง	4.31	.48	มาก	3.77	.93	มาก	4.46	.66	มาก	4.62	.65	มากที่สุด
2. การเลือกเทคโนโลยีที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้เหมาะสม	4.31	.63	มาก	3.62	.96	มาก	4.23	.60	มาก	4.46	.78	มาก

องค์ประกอบของ $TPAC_{BIO}K$	ก่อนเรียน						หลังเรียน					
	ระดับความเชื่อมั่น			แผน+การสอนแบบจุลภาค			ระดับความเชื่อมั่น			แผน+การสอนแบบจุลภาค		
	Mean	SD	แปลผล	Mean	SD	แปลผล	Mean	SD	แปลผล	Mean	SD	แปลผล
3. การเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมสอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน	4.31	.75	มาก	3.69	1.03	มาก	4.23	.60	มาก	4.31	.75	มาก
4. การใช้เทคโนโลยีกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	4.00	1.00	มาก	3.69	.95	มาก	4.15	.70	มาก	4.54	.66	มากที่สุด
5. การใช้เทคโนโลยี สื่อทางคอมพิวเตอร์ และข้อมูลสารสนเทศเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด	3.85	1.14	มาก	3.38	1.19	ปานกลาง	4.15	.80	มาก	4.54	.52	มากที่สุด
6. การช่วยให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเพื่อสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง	4.15	.69	มาก	4.15	1.21	มาก	4.23	.73	มาก	5.00	.00	มากที่สุด
7. การใช้เทคโนโลยีเพื่อการทำงานร่วมกัน และการสื่อสารระหว่างผู้เรียนและผู้สอนทั้งในและนอกชั้นเรียน	3.16	1.39	ปานกลาง	3.00	1.58	ปานกลาง	4.08	.95	มาก	4.86	.38	มากที่สุด
8. การใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน	4.15	.80	มาก	3.31	1.25	ปานกลาง	4.15	.69	มาก	4.83	.58	มากที่สุด
9. การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเป็นช่องทางในการรับหรือส่งข้อมูลระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน หรือผู้เรียนด้วยกัน	3.69	.86	มาก	3.46	1.27	ปานกลาง	3.92	.76	มาก	4.08	.64	มาก
10. การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเป็นช่องทางในการรับหรือส่งข้อมูลระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน หรือผู้เรียนด้วยกัน	3.31	1.18	ปานกลาง	2.85	1.46	ปานกลาง	4.00	.81	มาก	4.50	.53	มาก
6. ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (TCK)	3.31	.67	ปานกลาง	3.07	.59	ปานกลาง	3.30	.81	ปานกลาง	4.57	.30	มากที่สุด
1. การใช้เทคโนโลยีช่วยในการสืบค้นเนื้อหา หรือข้อมูลทางชีววิทยาในการสนับสนุนความสมบูรณ์และครบถ้วนของเนื้อหา	4.38	.65	มาก	4.23	1.17	มาก	4.62	.65	มากที่สุด	4.62	.51	มากที่สุด
2. การเลือกรูปภาพ วีดิทัศน์ สื่อแอนิเมชัน แบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่สอดคล้องกับเนื้อหาชีววิทยาที่สอน	4.31	.86	มาก	4.15	1.07	มาก	4.62	.51	มากที่สุด	4.62	.51	มากที่สุด
3. การเลือกใช้ซอฟแวร์ หรือเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาชีววิทยา	4.15	.69	มาก	3.85	1.07	มาก	4.23	.73	มาก	4.69	.63	มากที่สุด
4. การใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการจัดการและการสื่อสารข้อมูลของเนื้อหาชีววิทยา	4.15	.69	มาก	3.92	1.12	มาก	4.31	.48	มาก	4.31	.75	มาก
5. การสืบค้นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาชีววิทยาผ่านอินเตอร์เน็ต	4.23	.93	มาก	3.46	1.66	ปานกลาง	4.33	1.17	มาก	4.15	.69	มาก
6. การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือทางชีววิทยา -การใช้กล้องจุลทรรศน์	3.77	1.42	มาก	3.15	1.41	ปานกลาง	4.08	1.19	มาก	5.00	.00	มากที่สุด
-การเก็บรักษาตัวอย่างพืช	2.77	1.24	ปานกลาง	2.69	1.31	ปานกลาง	2.77	1.64	ปานกลาง	-	-	-
-การเก็บรักษาตัวอย่างสัตว์	2.69	1.18	ปานกลาง	2.62	1.26	ปานกลาง	2.61	1.71	ปานกลาง	-	-	-

องค์ประกอบของ $TPAC_{BIO}K$	ก่อนเรียน						หลังเรียน					
	ระดับความเชื่อมั่น			แผน+การสอนแบบจุลภาค			ระดับความเชื่อมั่น			แผน+การสอนแบบจุลภาค		
	Mean	SD	แปลผล	Mean	SD	แปลผล	Mean	SD	แปลผล	Mean	SD	แปลผล
-การใช้อุปกรณ์การแพร่แบบออสโมซิส	2.77	1.01	ปานกลาง	2.62	1.19	ปานกลาง	2.92	1.61	ปานกลาง	-	-	-
-การใช้อุปกรณ์ทดลองปัจจัยที่จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	3.00	1.23	ปานกลาง	2.85	1.41	ปานกลาง	3.15	1.51	ปานกลาง	-	-	-
-การใช้เครื่องมือผ่าตัด	3.23	1.48	ปานกลาง	2.92	1.55	ปานกลาง	2.69	1.49	ปานกลาง	-	-	-
-การเตรียมสไลด์สด	3.77	1.54	มาก	3.38	1.76	ปานกลาง	3.69	1.44	มาก	-	-	-
-การใช้อุปกรณ์เพื่อทดลองเรื่องระบบนิเวศ	3.38	1.39	ปานกลาง	3.15	1.63	ปานกลาง	3.38	1.33	ปานกลาง	-	-	-
-การใช้เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง	2.85	1.14	ปานกลาง	2.62	1.33	ปานกลาง	2.69	1.44	ปานกลาง	-	-	-
-การใช้เครื่องวัดความจุปอด	2.69	1.11	ปานกลาง	2.62	1.39	ปานกลาง	2.46	1.45	น้อย	-	-	-
-การใช้เครื่องวัดอัตราการหายใจ	2.77	1.17	ปานกลาง	2.62	1.33	ปานกลาง	2.46	1.45	น้อย	-	-	-
-การใช้เครื่องวัดการคายน้ำ	2.69	1.11	ปานกลาง	2.62	1.26	ปานกลาง	2.54	1.45	ปานกลาง	-	-	-
-การใช้อุปกรณ์ปอดเทียม	2.69	1.03	ปานกลาง	2.46	1.20	น้อย	2.62	1.50	ปานกลาง	-	-	-
-การใช้อุปกรณ์การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน	2.62	1.04	ปานกลาง	2.46	1.20	น้อย	2.62	1.33	ปานกลาง	-	-	-
7. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยี (TPACK)	4.01	.28	มาก	2.52	.21	ปานกลาง	4.19	.21	มาก	4.51	.32	มากที่สุด
1. การใช้เครื่องมือเทคโนโลยีเพื่อสร้างแนวปฏิบัติการสอนที่อยู่บนพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน และสอดคล้องเป็นไปตามทฤษฎีที่เกี่ยวกับความรู้เนื้อหาชีววิทยา	4.23	.73	มาก	2.38	.51	น้อย	4.23	.73	มาก	4.18	.40	มาก
2. การปรับ หรือประยุกต์เทคโนโลยีที่มีอยู่ให้สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสมกับบริบทของโรงเรียน หรือผู้เรียน และสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.31	.75	มาก	2.54	.52	ปานกลาง	4.31	.75	มาก	4.31	.63	มาก
3. การเลือกใช้วิธีการสอนและสื่อเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาชีววิทยาในแต่ละหัวข้อเพื่อช่วยให้เรียนรู้ได้ง่ายขึ้น	4.31	.63	มาก	2.92	.95	ปานกลาง	4.23	.73	มาก	4.31	.63	มาก
4. การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาชีววิทยาในแต่ละหัวข้อเพื่อจัดประสบการณ์จริงแก่ผู้เรียน	3.92	1.12	มาก	2.31	.75	น้อย	4.38	.65	มาก	4.50	.93	มาก
5. การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ทั้งในรูปแบบจำลอง วีดิทัศน์เสมือนจริงที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาชีววิทยาในแต่ละหัวข้อ เพื่อช่วยให้เรียนรู้ในสิ่งที่ไม่ สามารถมองเห็นได้จริง	3.85	.99	มาก	2.62	.87	ปานกลาง	4.23	.73	มาก	4.83	.41	มากที่สุด
6. การออกแบบวิธีการสอน หรือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบการใช้รูปภาพ สื่อแอนิเมชัน วีดิทัศน์ แบบจำลอง	3.92	.86	มาก	2.69	.63	ปานกลาง	4.46	.66	มาก	4.23	.60	มาก

องค์ประกอบของ TPAC$_{BIO}$K	ก่อนเรียน						หลังเรียน					
	ระดับความเชื่อมั่น			แผน+การสอนแบบจุลภาค			ระดับความเชื่อมั่น			แผน+การสอนแบบจุลภาค		
	Mean	SD	แปลผล	Mean	SD	แปลผล	Mean	SD	แปลผล	Mean	SD	แปลผล
คอมพิวเตอร์ที่สอดคล้องกับเนื้อหาชีววิทยาที่สอน												
7. การใช้เครื่องมือเทคโนโลยีเพื่อช่วยลดความยุ่งยากของการปฏิบัติงานสอนชีววิทยา	4.15	.56	มาก	2.62	.77	ปานกลาง	4.31	.48	มาก	4.23	.60	มาก
8. การใช้การสื่อสารผ่านอินเตอร์เน็ตกับผู้เรียนเพื่อสร้างความเข้าใจในเนื้อหาชีววิทยา	3.38	1.19	ปานกลาง	2.23	.44	น้อย	3.77	.83	มาก	5.00	.00	มากที่สุด
9. การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศต่าง ๆ ประกอบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ชีววิทยาของผู้เรียน	4.00	.72	มาก	2.54	.78	ปานกลาง	3.92	.76	มาก	5.00	.00	มากที่สุด
10. การใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ช่วยในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการประยุกต์ใช้เนื้อหาชีววิทยาในการแก้ปัญหาในห้องเรียนและในชีวิตประจำวัน	4.00	.91	มาก	2.31	.63	น้อย	4.08	.76	มาก	4.50	.58	มาก



รูปที่ 2 ผลประเมินระดับความรู้ TPAC$_{BIO}$K จากแผนการจัดการเรียนรู้และการสอนแบบจุลภาค และระดับความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ TPAC$_{BIO}$K ของนักศึกษาครูชีววิทยา จำนวน 13 คน ก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง

จากข้อมูลการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการของนักศึกษาครูชีววิทยาทั้ง 13 คน พบว่านักศึกษาครูชีววิทยาจำนวน 9 คน ระบุว่าตนเองมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ TPAC$_{BIO}$K ตามองค์ประกอบรายด้าน แต่ยังไม่เคยประยุกต์ใช้กรอบแนวคิด TPAC$_{BIO}$K ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนจริง ดังนั้นการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่างหลายกรณี ทำให้ตนเองและเพื่อนได้ร่วมกันคิดวิเคราะห์ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น นำเสนอความคิดเห็น และอภิปรายความคิดเห็นร่วมกันเป็นกลุ่ม และร่วมกันทั้งชั้นเรียนในประเด็นจุดเด่น และจุดพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของกรณีตัวอย่างแต่ละกรณีเทียบกับกรอบแนวคิด TPAC$_{BIO}$K และการสะท้อนตนเองเพื่อนำข้อมูลไปปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของตนเองต่อไป

อภิปรายผลการศึกษา

รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่างสามารถส่งเสริมความรู้ความเข้าใจ TPAC$_{BIO}$K ของนักศึกษาครูชีววิทยาได้อย่างเป็นลำดับ โดยกระบวนการใช้กรณีตัวอย่างที่มีจุดเด่นและจุดพัฒนากระบวนการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน ส่งเสริมให้นักศึกษาครูชีววิทยาสร้างความเข้าใจและกำหนดกรอบแนวคิดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นสอดคล้องตามกรอบแนวคิด TPAC$_{BIO}$K ที่งานวิจัยกำหนดไว้ รวมถึงเสนอแนวคิดการปรับปรุงกรณีศึกษาเหล่านั้นให้ดีขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง (case method) ที่เน้นการเรียนรู้จากสถานการณ์จริงเพื่อเข้าใจปัญหาเป็นองค์รวมและหาวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (Mostert, 2007) หลังการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่างนักศึกษาครูชีววิทยาสามารถออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ และปฏิบัติการสอนแบบจุลภาคได้สอดคล้องกับกรอบแนวคิด TPAC$_{BIO}$K ทุกองค์ประกอบอยู่ในระดับมากที่สุด สะท้อนให้เห็นว่า การใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่างเป็นการให้โอกาสที่หลากหลายกับนักศึกษาครูชีววิทยาได้เรียนรู้ และฝึกการใช้เครื่องมือเทคโนโลยีที่หลากหลายในการฝึกปฏิบัติการสอนแบบจุลภาคของตนเอง (Guzey & Roehrig, 2009; Han, Eom, & Shin, 2013)

กรอบแนวคิด TPAC$_{BIO}$K ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก เพราะเป็นตัวขับเคลื่อนให้นักศึกษาครูชีววิทยาวิเคราะห์กรณีตัวอย่าง และใช้กรอบแนวคิด TPAC$_{BIO}$K เทียบเพื่อปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ของตนเอง รวมถึงสะท้อนความคิดเห็นให้เพื่อนร่วมชั้นทั้งในเชิงปริมาณโดยการตรวจสอบรายการประเมิน และในเชิงคุณภาพที่เน้นความสอดคล้องทั้งเนื้อหา วิธีการสอน และเทคโนโลยีที่เลือกใช้อย่างสมเหตุสมผล สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีการนำองค์ประกอบและเกณฑ์ประเมินความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอน (PCK) มาใช้เพื่อให้ผู้สอนวิทยาศาสตร์วิเคราะห์สื่อการเรียนรู้ และรูปแบบการสอนเพื่อสร้างความเข้าใจและประยุกต์ใช้แนวคิด PCK พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง (Beyer & Davis,

2012) ผลการศึกษาข้อมูลเชิงคุณภาพของนักศึกษาครูชีววิทยาเป็นรายบุคคล สะท้อนให้เห็นว่า การพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ นั้นมีลักษณะที่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน นักศึกษาครูชีววิทยามีการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ และการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการสอนแบบจุลภาคสอดคล้องกับกรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ โดยการพัฒนาความรู้ความเข้าใจด้าน PCK ให้โดดเด่นก่อน เริ่มต้นจากปรับวิธีการสอนให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่สอนหลังจากนั้นจึงเลือกใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ที่สามารถส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้จำเพาะ (Jang & Chen, 2010; Koehler et al., 2013; Pusparini, Riandi & Sriyati, 2017) ทั้งนี้นักศึกษาครูชีววิทยาที่มีพื้นฐานการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลอยู่แล้วนั้น สามารถช่วยผู้สอนให้นำเทคโนโลยีไปใช้ในการสอนของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นสิ่งที่สนับสนุนได้ไม่ยาก (Bilici, Guzey, & Yamak, 2016; Jang & Chen, 2010)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

กรอบแนวคิด $TPAC_{BIO}K$ ที่ใช้ในการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่างครั้งนี้มีจำนวนรายการประเมินที่ละเอียดและครอบคลุมในแง่มุมต่าง ๆ ของ $TPAC_{BIO}K$ และจำเพาะในเนื้อหาชีววิทยา ในการนำเกณฑ์นี้ไปใช้กับนักศึกษาครูชีววิทยาต้องสร้างความเข้าใจว่า กรอบแนวคิดในแต่ละองค์ประกอบเป็นสิ่งที่ช่วยสะท้อนองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ควรปรากฏในการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด แต่ไม่จำเป็นที่แผนการจัดการเรียนรู้นั้นจะต้องปรากฏทุกองค์ประกอบของ $TPAC_{BIO}K$ ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับธรรมชาติของเนื้อหาที่จะสอน ไม่เช่นนั้นจะทำให้การสอนมีความยุ่งยากและกิจกรรมมากเกินความจำเป็น ตัวอย่างเช่น การใช้งานระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ LMS การบริหารจัดการชั้นเรียน การจัดการชั้นเรียนขณะที่มีการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน และการใช้เทคโนโลยีเพื่อการทำงานร่วมกัน และการสื่อสารระหว่างผู้เรียนและผู้สอนทั้งในและนอกชั้นเรียน อาจไม่ปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นต้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ข้อมูลวิจัยที่สะท้อนว่าทั้งก่อนและหลังการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่าง นักศึกษาครูชีววิทยามีระดับความเชื่อมั่นในตนเองเกี่ยวกับ $TPAC_{BIO}K$ อยู่ในระดับมาก การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับความเชื่อมั่นจึงเป็นประเด็นที่ต้องการการอธิบาย รวมถึงการศึกษาระดับความเชื่อมั่นในตัวเองที่อาจส่งผลต่อการพัฒนา $TPAC_{BIO}K$ ของนักศึกษาครูชีววิทยา เพื่อนำมาปรับปรุงรูปแบบการใช้รูปแบบการเรียนรู้ผ่านกรณีตัวอย่างที่ยกระดับความเชื่อมั่นควบคู่ไปกับการพัฒนา $TPAC_{BIO}K$ ในทิศทางเดียวกันต่อไป

บรรณานุกรม

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2555). ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนเพื่อสอนครูวิทยาศาสตร์: ประเด็นปัจจุบันที่ครูของครูวิทยาศาสตร์ ควรทราบ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, *23*(2), 1-19.

ทิศนา แขมมณี. (2560). *14 วิธีสอนสำหรับครูมืออาชีพ* (พิมพ์ครั้งที่ 13). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรอุมา พันธ์เกตุ, นันทรัตน์ เครืออินทร์ และทัศตริน วรรณเกตุศิริ. (อยู่ระหว่างการตีพิมพ์). การพัฒนาเกณฑ์การประเมินความรู้ในเนื้อหาชีววิทยาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยีสำหรับนักศึกษาครูชีววิทยา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.*

Aquino, A. B. (2015). Self-efficacy on technological, pedagogical and content knowledge (TPACK) of

biological science pre-service teachers. *Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research, 3*(4), 151-157.

Bareiss, R., & Griss, M. (2008). A story-centered, learn-by-doing approach to software engineering education. *SIGCSE Bull, 40*(1), 221-225.

Beyer, C. J. & Davis, E. A. (2012). Science curriculum materials: Examining the development of preservice elementary teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education, 96*(1), 130–157.

Bilici, S. C., Guzey, S. S. & Yamak, H. (2016). Assessing pre-service science teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK) through observations and lesson plans. *Research in Science & Technological Education*, *34*(21), 237-251. doi: 10.1080/02635143.2016.1144050

Cetin-Dindar, A., Boz, Y., Sonmez, D. Y., & Celep, N. D. (2018). Development of pre-service chemistry teachers' technological pedagogical content knowledge. *Chemistry Education Research and Practice, 19*(1), 167-183.

Darling-Hammond, L. & Hammerness, K. (2002). Toward a pedagogy of cases in teacher education. *Teaching Education*, *13*(2), 125-135.

Deng, F., Chai, C. S., So, H-J., Qian, Y., & Chen, L. (2017). Examining the validity of the technological pedagogical content knowledge (TPACK) framework for preservice chemistry teachers. *Australasian Journal of Educational Technology, 33*(3), 1-14.

Dunne, D. & Brooks, K. (2004). *Teaching with cases, Green Guide No. 5*. Halifax: NS: Society for Teaching and Learning in Higher Education.

Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In M. Wittrock (Ed.), *Handbook of Research on Teaching* (pp. 119-161). New York: MacMillan.

Flyvbjerg, B. (2011). Case study. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *The Sage Handbook of Qualitative Research* (p. 307). Thousand Oaks: CA: Sage.

Graham, C. R., Burgoyne, N., Cantrell, P., Smith, L., Clair, L. St., & Haris, R. (2009). Measuring the TPACK condence of inservice science teachers. *TechTrends, 53*(5), 70-79.

Guzey, S. S., & Roehrig, G. H. (2009). Teaching science with technology: Case studies of science teachers' development of technology, pedagogy, and content knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, *9*(1), 25-45

Han, I., Eom, M., & Shin, W. S. (2013). Multimedia case-based learning to enhance pre-service teachers' knowledge integration for teaching with technologies. *Teaching and Teacher Education*, *34*, 122-129.

Harrington, H. L. (1995). Fostering reasoned decisions: A case-based pedagogy and the professional development of teachers. *Teaching and Teacher Education, 11*(3), 203-214.

Jang, S-J. (2010). Integrating the interactive whiteboard and peer coaching to develop the TPACK of

secondary science teachers. *Computers & Education, 55*(4), 1744-1751.

Jang, S-J., & Chen, K-C. (2010). From PCK to TPACK: Developing a transformative model for pre-service science teachers. *Journal of Science Education and Technology, 19*(6), 553-564.

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)?. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.

Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)?. *Journal of Education, 193*(3), 13-19.

Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S., & Graham, C. R. (2014). The technological pedagogical content knowledge framwork. In J.M. Spector et al. (Eds.), *Handbook of Research on Education Communication and Technology* (pp. 106-107). New York: Springer.

Koh, J. H. L., Chai, C. S. & Tsai, C. C. (2010). Examing the teachnological pedagogical content knowledge of Singapore pre-service teachers with a large-scale survey. *Journal of Computer Assited Learning, 26*(6), 563-573.

Kulak, V., & Newton, G. (2015). An investigation of the pedagogical impact of using case-based learning in an undergraduate biochemistry course. *International Journal of Higher Education*, *4*(4), 13-24.

Liang, J. C., Chai, C. S., Koh, J. H. L., Yang, C-J., & Tsai, C-C. (2013). Surveying in-service preschool teachers' technological pedagogical content knowledge. *Australasian Journal of Educational Technology, 29*(4), 581-94.

Lin, T-C., Tsai, C-C., Chai, C. S., & Lee, M-H. (2013). Identifying science teachers' perceptions of technological pedagogical and content knowledge (TPACK). *Journal of Science Education and Technology, 22*(3), 325-336.

Merseth, K. (1996). Cases and Case Methods in Teacher Education. In J. Sikula (Ed.). *Handbook of Research on Teacher education* (pp. 722-744). New York: MacMillan.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating teachology in teacher knowledge. *Teachers College Record, 108*(6),1017-1054.

Mostert, M. P. (2007). Challenges of case-based teaching. *The Behavior Analyst Today*, *8*(4), 434-442.

Neuman, W. L. (2014). *Social research methods: Qualitative and quantitative approaches* (pp.483-486). Harlow: Pearson Education Limited.

Pusparini, F., Riandi, R., & Sriyati, S. (2017) Developing technological pedagogical content knowledge (TPACK) in animal Physiology. *Journal of Physics: Conference Series, 895*. doi :10.1088/1742-6596/895/1/012052

Saltan, F. (2017). Online case-based learning design for facilitating classroom teachers' development of technological, pedagogical, and content knowledge. *European Journal of Contemporary Education, 6*(2), 308-316.

Schmidt, D. A., Baran, A. D., Thompson, A. D. P., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK): The development and validation of an Assessment instrument for preservice teacher. *Journal of Research on Teachnology in Education, 42*(2), 123-149.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Education Research, 15*(2), 4-14.

Shulman, L. S. (1992). Toward a Pedagogy of Case. In J. H. Shulman (Ed.), *Case Method in Teacher Education* (pp. 1-30). New York: NY Teacher College Press.

Tilya, F. (2003). *Teacher support for the use of MBL in activity-based physics teaching in Tanzania.* (Doctoral dissertation). Enschede: University of Twente.

Tsai, H. C. (2015). A senior teacher's implementation of technology integration. *International Education Studies*, *8*(6), 151-161.

Translated Thai Reference

Chatree, F. (2012). Pedagogical content knowledge for teaching science teachers: Current issues for science teacher educators. *Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus*, *23*(2), 1-19. [in Thai]

Onuma, P., Nantarat, K., & Tussatrin, W. (2020). Development of technological pedagogical biology content knowledge ($TPAC_{BIO}K$) criteria of biology student teachers. *Journal of Eduaction Prince of Songkla University, Pattani Campus, 31*(3), 15-28. [in Thai]

Tisana, K. (2017). *14 Teaching Methods for Professional Teachers* (13^{th} ed). Bangkok: Chulalongkorn University Press. [in Thai]