

แนวโน้มปัจจุบันของการผลิตและพัฒนาครูวิทยาศาสตร์

CURRENT TRENDS ON SCIENCE TEACHER DEVELOPMENT

ธนิกา วสินยานุวัฒน์¹ ธัญวรัตน์ ปิ่นทอง^{1,2} และชาตรี ฝ้ายคำตา³
Thanika Vasinayanuwatana¹, Tanwarat Pinthong^{1,2} and Chatree Faikhamta³

- ¹ นิสิตปริญญาเอก หลักสูตรวิทยาศาสตรศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัด กรุงเทพมหานคร
- ² อาจารย์ประจำหลักสูตรชีววิทยาและวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี
- ³ รองศาสตราจารย์ หลักสูตรวิทยาศาสตรศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัด กรุงเทพมหานคร
E-mail: tanwarat@vru.ac.th
-

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวโน้มการวิจัยในการผลิตและพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ ในวารสาร Journal Science Teacher Education (JSTE) ระหว่างปี 2012-2016 จำนวน 212 ฉบับ ผู้วิจัยใช้วิธีการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Systemic Review) เพื่อคัดเลือก จัดหมวดหมู่และทำการวิเคราะห์เนื้อหา ประเด็นที่ได้ทำการศึกษา ได้แก่ ประเทศของผู้วิจัย กลุ่มเป้าหมายหรือผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัย เป้าหมายที่ผู้วิจัยศึกษา ประเด็นหลักที่ผู้วิจัยทำการศึกษา รวมทั้งกลยุทธ์ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการผลิตและพัฒนาครู วิเคราะห์ผลโดยหาค่าเฉลี่ยและร้อยละของ ข้อมูล ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า ตลอดระยะเวลา 5 ปี ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศที่มีการวิจัยด้านการพัฒนาครูมากที่สุด กลุ่มเป้าหมายที่ผู้วิจัยให้ความสนใจศึกษาเป็นกลุ่มนิสิตครู โดยเป้าหมายของวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การศึกษาด้านนโยบาย หลักสูตรและบริบทอื่น ๆ รองลงมาคือ เป้าหมายเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจของครู โดยแต่ละเป้าหมายจะมีประเด็นหลักที่เน้นแตกต่างกัน และมีการใช้กลยุทธ์แบบบูรณาการเพื่อการผลิตและพัฒนาครู โดยที่พบมากที่สุด คือ การโค้ช (Coaching) และการให้คำปรึกษา (Mentoring) ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อการ การศึกษาที่ทำให้เห็นมุมมองการดำเนินงานวิจัยที่ชัดเจน เพื่อทำนวยทิศทางการวางแผนการ ในการผลิตและพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ รวมทั้งต่อยอดงานวิจัยในมุมมองที่กว้างขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ

การผลิตครู การพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ การศึกษาแนวโน้ม วิทยาศาสตร์ศึกษา

ABSTRACT

This review aims to examine current trends of research on science teacher development in Journal Science Teacher Education (JSTE) between 2012-2016. The systemic review was used to identify and categorize the content of articles. In total, 212 recent studies were selected, all referring to science teacher development. The collected data was analyzed by means of frequency. Systemic analyses showed that publications by authors from USA were most dominant. Many of studies focused on preservice teacher education. The study indicates that ultimate goal, based on policy, curriculum, context and others, was firstly highlighted. Secondly, the goal was to develop teachers' cognition. While combination of strategies was most found in the study especially coaching and mentoring. However, the implication of this study will be guidelines in both science teacher education and professional development and also predict the future research in these areas.

Keywords

Teacher Preparation, Science Teacher Development, Current Trends, Science Education

ความสำคัญของปัญหา

ครูวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญของการขับเคลื่อนการศึกษาเพื่อไปสู่เป้าหมายสุดท้าย นั่นคือ การพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ครูมีบทบาทสำคัญในการเชื่อมโยงให้เกิดลักษณะความเป็นวิทยาศาสตร์ของพลเมืองในปัจจุบันกับในอนาคต (Luft and Hewson, 2014) ดังนั้นการผลิตและพัฒนาครู (Teacher Education and Professional Development) ให้มีศักยภาพเพื่อนำไปสู่การพัฒนาผู้เรียนจึงเป็นสิ่งที่นักการศึกษาให้ความสนใจ ซึ่งการผลิตและพัฒนาครูในงานวิจัยนี้ หมายรวมถึงการพัฒนานิสิตครูในสถาบันผลิตครู (Teacher Education) และการพัฒนาวิชาชีพครู (Teacher Professional Development) (Bybee, 2014)

ในการพัฒนาครูให้มีความรู้ความสามารถและทักษะที่เหมาะสมกับการปฏิบัติงาน ให้เกิดศักยภาพตามความมุ่งหมายนั้น ครูควรได้รับการพัฒนาให้ครอบคลุมทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านบุคคล (Personal) ด้านสังคม (Social) และด้านการพัฒนาวิชาชีพ (Professional development) (Bell and Gilbert, 1996) จากการทบทวนวรรณกรรมของ van Driel, Berry & Meirink (2014) พบว่าตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาชุมชนนักวิทยาศาสตร์ศึกษาให้ความสนใจศึกษาเกี่ยวกับบทบาทของครูในหลายด้าน ประกอบด้วยด้านความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระ ด้านความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK) ด้านบุคลิกภาพของครู พฤติกรรมการสอน รวมถึงความคิด ความเชื่อของครู รวมถึงความสัมพันธ์ของความรู้ความเข้าใจของครูกับตัวแปรอื่น ๆ เช่น ความเชื่อ (Jones and Leagon, 2014) ความมั่นใจ (Confidence) (Kind, 2009) ความสามารถแห่งตน (Efficacy) (Bleicher and Lindgren, 2005) เจตคติ (Nilson and van Driel, 2010) นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับความ

เข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Faikhamta, 2013) และมีการศึกษาอื่น ๆ นอกเหนือไปจากการพัฒนาครูโดยตรง เช่น การพัฒนาโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครู (van Driel, Meirink, van Veen & Zwart, 2012) และพัฒนาครูโดยใช้การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Loucks-Horsley, Stiles, Mundry, Love & Hewson, 2010) ในขณะเดียวกัน ในระดับนโยบายที่เกิดขึ้นทั่วโลกแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นที่ครูวิทยาศาสตร์จะได้รับโอกาสในการพัฒนาวิชาชีพที่กว้างขวาง เพื่อเพิ่มพูนความรู้และปรับปรุงการปฏิบัติการสอนของตน (Bell, 2009; Eurydice, 2012; National Science Board, 2012) ดังนั้นข้อค้นพบจากงานวิจัยเหล่านี้ก่อให้เกิดการแบ่งปันความรู้ในชุมชนนักวิทยาศาสตร์ศึกษา

วารสาร Journal Science Teacher Education (JSTE) เป็นวารสารสำคัญของสมาคมวิทยาศาสตร์ครูวิทยาศาสตร์ศึกษา (The Association for Science Teacher Education [ASTE]) ตีพิมพ์ครั้งแรกในปี 1989 มีเป้าหมายเพื่อเป็นเวทีในการเผยแพร่งานวิจัยที่มีคุณภาพสูงเกี่ยวกับการศึกษาครูและการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารดังกล่าวส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับแนวทางการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนและการเรียนรู้ในชั้นเรียน การศึกษาครู และการพัฒนาวิชาชีพครูตั้งแต่ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจนถึงระดับอุดมศึกษา ดังนั้นการศึกษาแนวโน้มงานวิจัยในวารสารดังกล่าวจะทำให้เห็นภาพรวมเกี่ยวกับวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาในปัจจุบัน (Cavas, 2015) ซึ่งช่วยให้นักวิจัยคนอื่น ๆ ได้เห็นมุมมองของการวิจัยที่ชัดเจน (Lin, Lin & Tsai, 2014) เห็นทิศทางการดำเนินงานวิจัยล่าสุด ต่อยอดงานวิจัยในมุมมองที่กว้างขึ้น รวมทั้งมองเห็นแนวโน้มการวิจัยในอนาคต (Cavas, Cavas, Ozdem, Rannikmae & Ertepin, 2012)

จากการทบทวนวรรณกรรมการศึกษาแนวโน้มทางด้านการพัฒนาครูที่ผ่านมาผู้วิจัยพบการศึกษาของ Luft and Hewson (2014) เกี่ยวกับโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ ส่วนการศึกษา van Driel, Meirink, van Veen & Zwart (2012) เน้นที่การศึกษาแนวโน้มของโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูเช่นเดียวกัน แต่มีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องประเด็นที่นักการศึกษามุ่งพัฒนาครูประจำการ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงต้องการต่อยอดการศึกษาที่ผ่านมาและเพิ่มเติมประเด็นการศึกษาให้ครอบคลุมมากขึ้น กล่าวคือ การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งทำการศึกษาแนวโน้มของการผลิตและพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ ทั้งการพัฒนานิสิตครูในสถาบันผลิตครู (Teacher Education) และการพัฒนาวิชาชีพครู (Teacher Professional Development) ในประเด็นที่ครอบคลุมมากขึ้น ตั้งแต่ประเทศของผู้วิจัย เป้าหมายของการพัฒนาครู กลุ่มเป้าหมายที่ต้องการพัฒนา ประเด็นหลักที่ต้องการพัฒนาในแต่ละเป้าหมาย กลยุทธ์ในการพัฒนา เพื่อให้ผู้วิจัยหรือนักการศึกษาทั่วไปได้เห็นทิศทางและแนวโน้มการพัฒนาครูในอดีต นำไปสู่การพัฒนาในอนาคต

โจทย์วิจัย/ปัญหาวิจัย

การผลิตและพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ในระดับนานาชาติมีแนวโน้มการศึกษาวิจัยในประเด็นใด และผู้วิจัยส่วนใหญ่เลือกใช้กลยุทธ์แบบใดในการศึกษาและพัฒนาครู

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาแนวโน้มการวิจัยเพื่อพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ในวารสาร JSTE ในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้ 1) ประเทศที่มีการวิจัยด้านการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ 2) กลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยทางการพัฒนาครู 3) เป้าหมายที่ผู้วิจัยศึกษาหรือมุ่งพัฒนาครู 4) ประเด็นหลักที่ผู้วิจัยทำการศึกษา และ 5) กลยุทธ์ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการศึกษา

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาแนวโน้มปัจจุบันของการวิจัยเพื่อการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ในวารสาร JSTE ระยะเวลา 5 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2012-2016 โดยมีจำนวนงานวิจัยทั้งหมด 212 เรื่อง ใช้วิธีการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Systematic reviews) ที่พัฒนาโดย the Evidence for Policy and Practice Information and Coordinating Centre (EPPI-Centre) Institute of Education, University of London ในการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย ซึ่งมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) เลือกงานวิจัย (Article Selection)

เลือกงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาครู โดยทำการคัดกรองจากส่วนที่เป็นบทคัดย่อ

2) ระบุและสร้างหมวดหมู่ที่เป็นระบบ (Identify and Generating Systematic Categories)

ในการระบุและสร้างหมวดหมู่นั้น ผู้วิจัยใช้กรอบการวิเคราะห์จากกรอบงานวิจัยทางการศึกษา สามารถแบ่งหมวดหมู่ของงานวิจัยออกเป็น 4 หมวดหมู่ คือ 1) ประเทศของผู้วิจัย (Authors' Countries) 2) กลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยทางการพัฒนาครู (Participants) 3) วิเคราะห์เป้าหมายที่ผู้วิจัยต้องการศึกษา (Ultimate Goals of the Study) แบ่งเป็น 5 หมวดหมู่ย่อย คือ ด้านพฤติกรรมหรือการปฏิบัติการสอนของครู (Teacher Behavior/ Practice), ด้านความรู้ความเข้าใจของครู (Teacher Cognition), ด้านการบูรณาการความรู้ความเข้าใจและการปฏิบัติการสอนของครู (Integrated Teachers' Cognition and Behavior), ด้านการพัฒนาแบบองค์รวม (Holistic) และด้านนโยบายและบริบทอื่น ๆ (Policy/Context/Others) ซึ่งทั้ง 5 หมวดหมู่ย่อยประกอบด้วย ส่วนของการวิเคราะห์ประเด็นหลัก (Content Focus) ที่นักวิจัยศึกษา และหมวดหมู่สุดท้ายคือ 4) กลยุทธ์ที่ใช้ในการศึกษาและพัฒนาครู ซึ่งนำมาจาก Loucks-Horsley, Stiles, Mundry, Love & Hewson (2010) ประกอบด้วย การตรวจสอบการคิดและการทำงานของนักเรียน (Examining Student Work and Thinking), บทเรียนสาธิต (Demonstration Lessons), บทเรียนศึกษา (Lesson Study), การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research), การอภิปรายรายกรณี (Case Discussion), โค้ช (Coaching), การให้คำปรึกษา (Mentoring) และการรวมกลยุทธ์ (Combining Strategies) ซึ่งมีรายละเอียดอธิบายตามตารางที่ 1

3) การวิเคราะห์และสังเคราะห์ผลการศึกษา

ทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์เนื้อหาอย่างละเอียด เพื่อจัดหมวดหมู่ หาประเด็นและแนวโน้มของการวิจัยพัฒนาครูทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา

4) สรุปผลและอภิปรายผล

หาความถี่ ร้อยละของข้อมูลในแต่ละประเด็นที่ศึกษา เพื่อสรุปผลและอภิปรายผลการศึกษา

ตารางที่ 1 แสดงหมวดหมู่ที่ศึกษาและการให้ความหมายในแต่ละหมวดหมู่

หมวดหมู่	ความหมาย
1) ประเทศของผู้วิจัย	ระบุประเทศของผู้วิจัย ใช้วิธีการวิเคราะห์ตาม Tsai and Wen (2005) โดยเพิ่มเติมสัดส่วนคะแนน เนื่องจากบางบทความวิจัยมีจำนวนผู้วิจัยมากกว่า 5 คน
2) กลุ่มเป้าหมาย	ระบุกลุ่มเป้าหมายที่ได้รับการพัฒนา เช่น นักเรียน นิสิตครู ครูที่จบใหม่ ครูประจำการ นักการศึกษาหรืออาจารย์ในมหาวิทยาลัย
3) เป้าหมายที่ผู้วิจัยต้องการศึกษา	วิเคราะห์วัตถุประสงค์หรือเป้าหมาย และประเด็นหลักที่ผู้วิจัยใช้ในการศึกษาเพื่อพัฒนาครู
3.1 ด้านพฤติกรรมหรือการปฏิบัติการสอนของครู	ผู้วิจัยมีเป้าหมายเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงและ/หรือพัฒนาพฤติกรรมหรือการปฏิบัติการสอนของครูเพียงอย่างเดียว
3.2 ด้านความรู้ความเข้าใจของครู	ผู้วิจัยมีเป้าหมายเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลง และ/หรือพัฒนาความรู้ความเข้าใจ เจตคติและความเชื่อ หรือการรับรู้ในความสามารถแห่งตนของครู
3.3 ด้านการบูรณาการความรู้ความเข้าใจและการปฏิบัติการสอนของครู	ผู้วิจัยมีเป้าหมายเพื่อศึกษาเปลี่ยนแปลงและ/หรือพัฒนาครูทั้งในด้านความรู้ความเข้าใจและพฤติกรรมหรือการปฏิบัติการสอนของครู
3.4 ด้านการพัฒนาแบบองค์รวม	ผู้วิจัยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาครูแบบองค์รวมทั้งในด้านความรู้ความเข้าใจ พฤติกรรมหรือการปฏิบัติการสอนของครู โดยมีเป้าหมายให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งถือเป็นผลสำเร็จของการพัฒนา
3.5 ด้านนโยบายและบริบทอื่น ๆ	ผู้วิจัยมีเป้าหมายเพื่อการศึกษาและวิเคราะห์นโยบาย หลักสูตรหรือมาตรฐานหลักสูตรทั้งในระดับชาติและระดับท้องถิ่น เสนอแนะแนวทางการนำนโยบาย หลักสูตรหรือมาตรฐานหลักสูตรไปใช้ รวมทั้งการศึกษาบริบทที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาครู เช่น การพัฒนาสื่อ โปรแกรม/หลักสูตรการจัดอบรม แหล่งเรียนรู้ และเครื่องมือประเมิน เป็นต้น
4) กลยุทธ์ในการศึกษาและพัฒนาครู	กลยุทธ์ที่ใช้ในการศึกษาเพื่อพัฒนาครู โดยอ้างอิงจาก Loucks-Horsley et al. (2010)
4.1 การตรวจสอบการคิดและการทำงานของนักเรียน	เป็นลักษณะที่ครูหรือคณะครูทำการตรวจสอบการทำงานของนักเรียน (Student Work) ที่สื่อความหมายถึงการส่งเสริมเรียนรู้ของครูเองและการเรียนรู้ของนักเรียน เป็นชุมชนการเรียนรู้ร่วมกันเพื่อการพัฒนา เพื่อนำมาสู่การสะท้อนถึงประสิทธิภาพการสอนของครู

ตารางที่ 1 (ต่อ)

4.2 บทเรียนสาธิต	เป็นแนวทางการพัฒนาวิชาชีพที่ศึกษาจากการปฏิบัติการสอนในห้องเรียนจริง และเปิดโอกาสให้ครูได้ปฏิบัติและสะท้อนการปฏิบัติเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการสอนของตนเอง
4.3 บทเรียนศึกษา	เป็นนวัตกรรมในการพัฒนาวิชาชีพแนวทางหนึ่งที่กระทำโดยครูในโรงเรียนเอง โดยการที่ครูทำกิจกรรมร่วมกันอย่างน้อย 4 กิจกรรม คือ พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ จัดการเรียนรู้และสังเกตการจัดการเรียนรู้ สะท้อนผลชั้นเรียน และช่วยกันสรุปผลการเรียนรู้ของตนเอง
4.4 การวิจัยเชิงปฏิบัติการ	เป็นกระบวนการศึกษาอย่างเป็นระบบที่ครูใช้ในการการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาการเรียนการสอน หรือเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้ดีขึ้น
4.5 การอภิปรายกรณี	การอภิปรายกรณี คือ การเปิดโอกาสให้ครูสะท้อนการสอนและการเรียนรู้ของตนเกี่ยวกับโรงเรียน ห้องเรียนการเรียนการสอนหรือสถานการณ์การเรียนรู้ เป็นต้น
4.6 การโค้ช	การที่โค้ช (Coach) ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ พัฒนาและค้นหาศักยภาพครู แก้ไขปัญหา ชี้แนะแนวทาง เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะในการจัดการเรียนการสอน สามารถทำได้หลายวิธี
4.7 การให้คำปรึกษา	การให้คำปรึกษามักเกิดขึ้นระหว่างครูคนใหม่และครูที่มีประสบการณ์มากขึ้น หรือครูผู้ที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับบทบาทใหม่หรือวิธีการสอนใหม่
4.8 การรวมกลยุทธ์	เป็นการศึกษาและพัฒนาครูโดยบูรณาการกลยุทธ์ต่าง ๆ ในข้อ 4.1-4.7 ตั้งแต่ 2 กลยุทธ์ขึ้นไป

ผลการวิจัย

จากการศึกษาวารสาร JSTE ซึ่งมีบทความวิจัยด้านการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการตีพิมพ์ จำนวน 212 ฉบับ มีผลการศึกษาตามประเด็นที่กำหนดตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ประเทศที่มีการวิจัยด้านการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ (Authors' countries)

จากการศึกษาแนวโน้มของประเทศที่มีการเขียนงานวิจัยการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ ระหว่างปี ค.ศ. 2012-2016 โดยทำการวิเคราะห์ตามวิธีการของ Tsai and Wen (2005) ผลการศึกษาพบว่ามีความหลากหลายทางสัญชาติของผู้วิจัย ซึ่งมาจาก 25 ประเทศทั่วโลก ผลการจัดอันดับประเทศที่มีการตีพิมพ์มากที่สุด 5 อันดับรวมทั้ง 5 ปี พบว่า สหรัฐอเมริกาเป็นประเทศที่มีการตีพิมพ์งานวิจัยมากที่สุด (ร้อยละ 75) รองลงมาเป็นประเทศแคนาดา (ร้อยละ 3.6) ออสเตรเลีย (ร้อยละ 3.4) ตุรกี (ร้อยละ 3) และเนเธอร์แลนด์ (ร้อยละ 2) ตามลำดับ

2. กลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยทางการพัฒนาครู (Participants)

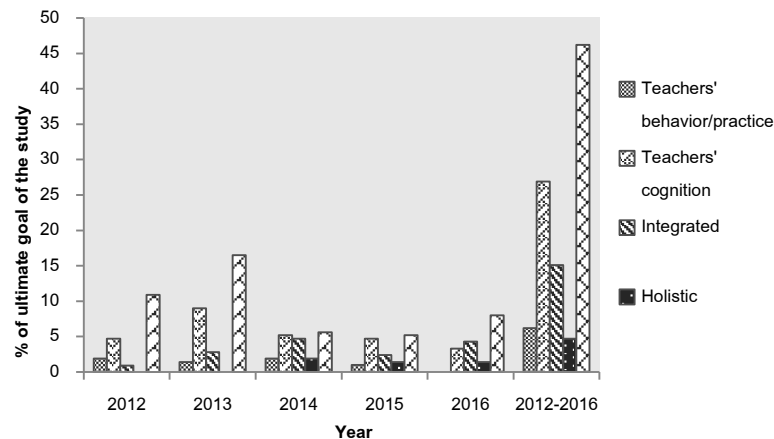
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ตลอดระยะเวลา 5 ปี นักการศึกษามีแนวโน้มที่ทำการวิจัยเพื่อพัฒนานิสิตครู (ร้อยละ 41) (เช่น Cone, 2012; Wyner, 2013; Harlow et al., 2014; Wilson et

al., 2015; Menon & Sadler, 2016 เป็นต้น) รองลงมาพบว่า ร้อยละ 39 ของงานวิจัยมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาครูประจำการ (เช่น Reinsvold and Cochran, 2012; Miranda and Damico, 2013; Lakin and Wallace, 2015; Matuk et al., 2016 เป็นต้น) ลำดับที่ 3 พบว่า ร้อยละ 6 ของงานวิจัยมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาครูใหม่ (เช่น Doney, 2013, Avraamidou, 2014; Wong and Luft, 2015 เป็นต้น) และสุดท้ายประมาณร้อยละ 2 ของงานวิจัยเกี่ยวข้องกับนักการศึกษาและนักเรียน (เช่น Eick, 2012; Seung et al., 2012; Donovan et al., 2015 เป็นต้น) ส่วนร้อยละ 11 ของงานวิจัยที่เหลือทั้งหมด คือ เป็นการวิจัยในบริบทอื่น ๆ ไม่ได้มีผู้มีส่วนร่วมของงานวิจัย (Lee et al., 2014, Bybee, 2014; Olson et al., 2015, McComas and Nouri, 2016)

3. เป้าหมายที่ผู้วิจัยศึกษาหรือมุ่งพัฒนาครู (Ultimate Goals of the Study)

เป้าหมายและประเด็นหลักที่ผู้วิจัยต้องการศึกษา แบ่งเป็น 5 หมวดหมู่ย่อย คือ ด้านพฤติกรรมหรือการปฏิบัติการสอนของครู (Teacher Behavior/ Practice) ด้านความรู้ความเข้าใจของครู (Teacher Cognition) ด้านการบูรณาการความรู้ความเข้าใจและการปฏิบัติการสอนของครู (Integrated Teachers' Cognition and Behavior) ด้านการพัฒนาแบบองค์รวม (Holistic) และด้านนโยบายและบริบทอื่น ๆ (Policy/Context/Others) ซึ่งผลการศึกษา พบว่า นักวิทยาศาสตร์ศึกษาให้ความสนใจศึกษามากที่สุดใน 3 เป้าหมายหลัก คือ ด้านนโยบาย หลักสูตร รวมถึงบริบทอื่น ๆ (ร้อยละ 46) รองลงมาเป็นการวิจัยด้านความรู้ความเข้าใจของครู (ร้อยละ 27) และด้านการวิจัยที่บูรณาการด้านความรู้ความเข้าใจและพฤติกรรมหรือการปฏิบัติของครู (ร้อยละ 15)

แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเป็นรายปี พบว่า แนวโน้มการตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยทางด้านนโยบาย หลักสูตร รวมถึงบริบทอื่น ๆ เพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงปี 2012-2013 และมีแนวโน้มลดลงในปี 2014-2016 สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความรู้ความเข้าใจของครู และด้านพฤติกรรมหรือการปฏิบัติการสอนของครูอย่างเดียวก็น่าสนใจมีแนวโน้มลดลง ยิ่งไปกว่านั้น การศึกษาด้านพฤติกรรมหรือการปฏิบัติการสอนของครูไม่ปรากฏการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร JSTE เลยในปี 2016 ขณะที่การศึกษาแบบบูรณาการความรู้ความเข้าใจกับพฤติกรรมหรือการปฏิบัติการสอนของครูก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตลอดระยะเวลา 5 ปี ยิ่งไปกว่านั้น เป้าหมายของการพัฒนาแบบองค์รวม ที่ไม่ปรากฏการตีพิมพ์เผยแพร่เลยในช่วงปี 2012-2013 กลับเริ่มปรากฏการตีพิมพ์เผยแพร่ในปี 2014 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (รายละเอียดดัง ภาพที่1)



ภาพที่ 1 แนวโน้มของเป้าหมายที่ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาครูตลอดระยะเวลา 5 ปี

4. ประเด็นหลักที่ผู้วิจัยทำการศึกษา

เมื่อพิจารณาเป็นประเด็นหลักที่ผู้วิจัยให้ความสนใจศึกษาในแต่ละหมวดหมู่ พบว่า ในด้านนโยบาย หลักสูตร ซึ่งรวมทั้งการศึกษารูปแบบที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาครู เช่น การพัฒนาสื่อโปรแกรม/หลักสูตรการจัดอบรม แหล่งเรียนรู้ และเครื่องมือประเมิน นักวิจัยให้ความสนใจมากที่สุด ใน 3 ลำดับ ต่อไปนี้ คือ 1) **การศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของโปรแกรม หรือรายวิชาวิธีวิทยาการสอนต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์** เช่น การศึกษาของ Bang and Luft (2014) เกี่ยวกับประสิทธิภาพของโปรแกรมพี่เลี้ยงออนไลน์ (Online Mentoring Program) เพื่อช่วยการพัฒนาประสิทธิภาพของการสอนวิทยาศาสตร์ของครูใหม่ สอดคล้องกับการศึกษาของ Barnett and Patricia (2015) ที่ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบครูพี่เลี้ยงต่อการพัฒนาความรู้แนวทางการสอนของนิสิตครู ขณะที่ Brown et al., (2013) ได้ศึกษาความสามารถโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพที่เรียกว่า “Scientist-teacher Partnerships” ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันของนักวิทยาศาสตร์และครูต่อการพัฒนาแนวทางการสอนของครู เป็นต้น 2) **เป็นการนำเสนอประเด็นต่าง ๆ เกี่ยวกับหลักสูตร** ผู้วิจัย พบว่า มีการนำเสนอความเห็นเกี่ยวกับรอบความคิด แนวปฏิบัติ เกี่ยวกับหลักสูตร Next generation Science Standard (NGSS) มากที่สุด เช่น ที่มาของการพัฒนาหลักสูตร มีอะไรใหม่ในหลักสูตร คุณลักษณะสำคัญ ความท้าทายที่มีในหลักสูตร (Pruitt, 2014) การนำเสนอเกี่ยวกับการปฏิบัติการสอนทางด้านวิศวกรรม (Cunningham and Carlsen, 2014) สอนอย่างไรให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ตามหลักสูตรใหม่ (Krajcik et al., 2014) การพัฒนาครูใหม่ให้เป็นไปตามกรอบของหลักสูตรใหม่ โดยเฉพาะการพัฒนาิิตครู (Bybee, 2014) เป็นต้น 3) **ด้านการออกแบบหลักสูตรและพัฒนาหลักสูตร** เช่น การออกแบบหลักสูตรวิทยาศาสตร์แบบดิจิทัลเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้และการนำหลักสูตรไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ของครู (Leary et al., 2016) หรือการศึกษาความร่วมมือหน่วยงานที่หลากหลาย (multi-institutional collaboration) ในการออกแบบหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (Donovan et al., 2015) นอกจากนี้ยังมีประเด็นที่

น่าสนใจอื่น ๆ แต่มีผู้สนใจศึกษาไม่มากนัก เช่น การวัดและประเมินผลทั้งครูและนักเรียน การตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดประเมินผล

ประเด็นด้านความรู้ความเข้าใจของครู พบว่านักวิทยาศาสตร์ศึกษาทำการศึกษามากที่สุดใน 3 อันดับ คือ **1) ความรู้ความเข้าใจที่มีต่อหลักสูตรและนโยบายใหม่** ตัวอย่างเช่น การศึกษาเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจของครูเกี่ยวกับหลักสูตรหรือ Next Generation Science Standard (NGSS) เน้นอนว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหลักสูตร ย่อมมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไรตามหลักสูตรใหม่และในฐานะครูต้องสอนอย่างไร ดังนั้นการพัฒนาครูให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ แนวทางการจัดการเรียนรู้ การออกแบบการสอน เกณฑ์มาตรฐานสำหรับนักเรียนและการประเมินครู ผลสัมฤทธิ์ที่คาดหวังของการจัดการเรียนการสอน (Achievable vision for teaching and learning) เหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งที่ครูควรได้รับการพัฒนา เพื่อให้ครูมีความเข้าใจในหลักสูตรใหม่และสามารถนำไปปฏิบัติได้ (Hanuscin and Zangori, 2016; Richmond et al., 2016) **2) การศึกษาเกี่ยวกับความเชื่อของครู ความเชื่อมั่นในความสามารถของตน ความมั่นใจ เจตคติและค่านิยมของครู** ซึ่งตัวแปรต่าง ๆ นั้นการศึกษาให้ความสนใจศึกษาเนื่องจากมีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติการสอนของครู ตัวอย่างเช่น การศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อและการปฏิบัติการสอนในห้องเรียน ผลการศึกษาพบว่า ทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ เมื่อครูมีความเชื่อเกี่ยวกับแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ครูจะมีแนวทางการปฏิบัติออกมาให้เห็นในรูปแบบที่ตนเองเชื่อ (Savasci and Berlin, 2012) นอกจากนี้ความเชื่อของครูยังมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่น ๆ เช่น การรับรู้ (Perception) ความรู้ที่เป็นบวกและเจตคติที่ดีมีผลต่อการเปลี่ยนความเชื่อของครู (Milner et al., 2012) ขณะที่ Herrington et al., (2016) พบว่าประสบการณ์การวิจัยสำหรับครูผู้สอน (Research experiences for teachers; RETs) มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความเชื่อ ทศนคติและค่านิยมในการสอนวิทยาศาสตร์ในทิศทางที่ดีขึ้น เป็นต้น และอันดับที่ **3) ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของครู** ตัวอย่างเช่น การศึกษาเรื่องการส่งเสริมความรู้ความเข้าใจของนิสิตครูเนื้อหาเกี่ยวกับสรีรวิทยาของพืช เรื่อง การสังเคราะห์แสง การหายใจระดับแสง โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผลการวิจัยพบว่า ความเข้าใจของนิสิตหลังจากที่ได้เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้นิสิตครูเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวถูกต้องมากขึ้นเมื่อเทียบกับผลการวัดก่อนและหลัง (Thompson et al., 2016; Sodervik et al., 2014) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจของครูในเนื้อหาหรือแนวคิดอื่น ๆ ได้แก่ การพัฒนาความเข้าใจในเรื่องชีวโมเลกุล ผ่านบริบทของการเรียนรู้แบบ Informal Learning (Holliday et al., 2014) ความหลากหลายทางชีวภาพ (Palmborg et al., 2015) วิวัฒนาการ (Shane et al., 2016) เป็นต้น

การศึกษาด้านการวิจัยด้านการบูรณาการความรู้ความเข้าใจกับพฤติกรรมหรือการปฏิบัติการสอนของครูมีเป้าหมายเพื่อเปลี่ยนแปลงด้านพฤติกรรมหรือการปฏิบัติของครู ผลการศึกษาพบว่าเนื้อหาที่เน้นเป็นเรื่อง **1) ความรู้ผนวกวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ (Pedagogical Content Knowledge; PCK)** ตัวอย่างเช่น Brown et al. (2013) พัฒนาความรู้ผนวกวิธีการสอนชีววิทยาของครูใหม่ โดยทำการศึกษาในเรื่องของเป้าหมายในการสอน ความรู้เกี่ยวกับผู้เรียน ความรู้เกี่ยวกับวิธีการสอน ผลที่ศึกษาพบว่า เป้าหมายสำคัญของการสอนของครู คือ การมุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้

วิทยาศาสตร์เป็นหลัก ครูทุกคนให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ของนักเรียน จึงลำดับการสอนหรือหาวิธีการสอนที่สอดคล้องกับบริบทของผู้เรียนเป็นหลัก ขณะที่ Nilsson and Loughran (2012) การสำรวจการพัฒนาความรู้ผนวกวิธีการสอนของนิสิตครูวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา ผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการใช้วิธีการแบบ CoRe (Content Representation) เพื่อสำรวจการสอนวิทยาศาสตร์ เหตุผลของผู้เข้าร่วม ความเชื่อมั่นและการรับรู้ความหมายของตนเกี่ยวกับการเรียนรู้เพื่อการสอนวิทยาศาสตร์ ด้วยวิธีการนี้ทำให้เกิดการพัฒนา PCK ของผู้เข้าร่วมได้อย่างชัดเจน เป็นต้น 2) **การพัฒนาสมรรถนะครูให้มีความพร้อมต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อและเทคโนโลยีทางการศึกษา** เช่น Chittleborough (2014) พัฒนานิสิตครูในการเรียนรู้วิธีการสอนเคมีด้วยเทคโนโลยี เนื่องจากว่าความรู้พื้นฐานความรู้ด้านเทคโนโลยีในการสอนมีความจำเป็นสำหรับการสอนเนื้อหาเคมี จากการเข้าร่วมการพัฒนาครู ผลการศึกษาพบว่านิสิตครูมีความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทของเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนและเพิ่มระดับความสามารถในเทคโนโลยีของนิสิตมากขึ้น พร้อมทั้งเสนอแนะให้มีการสอนการใช้เทคโนโลยีให้สอดคล้องกับโรงเรียนแต่ละที่ 3) **การพัฒนาครูแบบบูรณาการความรู้ผนวกวิธีการสอนร่วมกับตัวแปรอื่น ๆ** เช่น ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ขององค์ประกอบด้านความรู้ผนวกวิธีการสอนกับความเชื่อของครู (Demirdogen, 2016) การใช้การศึกษาบทเรียน (lesson study) เพื่อวางแผนการจัดการเรียนรู้บทเรียนฟิสิกส์ในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนของนิสิตฝึกสอน (Juhler, 2016)

นอกจากนี้ยังมีประเด็นหลักที่นักวิจัยมีแนวโน้มให้ความสนใจน้อยลง แต่เพื่อประโยชน์ในการทำทำความเข้าใจแนวโน้มปัจจุบัน และภาพรวมของการพัฒนาครู คณะผู้วิจัยจึงขอรายงานผลการศึกษา ดังนี้ ในด้านการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมหรือการปฏิบัติการสอนของครู พบว่ามีการศึกษาในหลายประเด็น ดังนี้ 1) **การสืบเสาะหาความรู้ของครู** เช่น Dudu and Vhurumuku (2012) ทำการศึกษาเกี่ยวกับจัดการเรียนการสอนของครูวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาเป็นแนวทางการสอน ทำการเก็บข้อมูลโดยการบันทึกวีดีโอก่อนและหลังการสอน สังเกตและสัมภาษณ์ ผลการศึกษาพบว่า ครูแต่ละคนเลือกใช้แนวทางการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ในระดับที่แตกต่างกัน เช่น บางคนใช้ Open-ended inquiry บางคนเลือกใช้แบบ Guided Inquiry เป็นต้น ขึ้นอยู่กับความสามารถและบริบทของผู้เรียน 2) **การสอนของครู** เช่น Kim and Hand (2015) การวิเคราะห์ว่าครูในระดับประถมศึกษาที่มีแนวทางการสนทนา (Teachers' discourse patterns) อย่างไร เพื่อที่จะพัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักเรียนในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ โดยวัดจาก Reformed teaching observation protocol (RTOP) scores ผลการศึกษา พบว่า ครูที่มีค่า RTOP สูงคือครูที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงข้อกล่าวอ้าง (Claim) ของตนหรือแสดงความคิดเห็น ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายด้วยตนเองมากขึ้น ลดการให้คำแนะนำและใช้เวลารอคอยสำหรับการตอบกลับของนักเรียนมากกว่าครูที่มีค่า RTOP ปานกลางหรือต่ำ

สำหรับประเด็นหลักศึกษาเพื่อมุ่งพัฒนาครูและการเรียนรู้ของนักเรียนแบบ องค์กรวม ทั้งในด้านความรู้ความเข้าใจ พฤติกรรมหรือการปฏิบัติการสอนของครู โดยมีเป้าหมายให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งถือเป็นผลสำเร็จของการพัฒนาโดยมีประเด็นที่นักวิทยาศาสตร์สนใจศึกษามากที่สุดใน 3 ประเด็น คือ 1) **การพัฒนาครูเพื่อพัฒนาผู้เรียนที่ขาดความเท่าเทียมทางการศึกษา** เช่น การศึกษาของ Brenner, Bianchini & Dwyer (2016) ที่พัฒนาความร่วมมือระหว่าง

ครูวิทยาศาสตร์และครุคณิตศาสตร์ให้ทำงานวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่ขาดความเท่าเทียมทางการศึกษา ซึ่งถึงแม้ว่าในรายงานวิจัยฉบับนี้ กลุ่มผู้วิจัยจะรายงานเฉพาะผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการและมุมมองด้านความเท่าเทียมทางการศึกษาของครู แต่แน่นอนว่าเป้าหมายสุดท้ายของงานวิจัยนี้ ซึ่งยังไม่แล้วเสร็จก็คือการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในเชิงนโยบายแบบองค์รวมเกี่ยวกับผลกระทบของการปฏิรูปการพัฒนาวิชาชีพที่มีต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียนชาวสเปนระดับประถมศึกษาในการประเมินทางวิทยาศาสตร์ของรัฐ (Johnson and Fargo, 2014) หรือ การวิเคราะห์เนื้อหา 5 ปี เพื่อเสนอแนวทางการสอนที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืนช่วยเพิ่มความสามารถทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้นในผู้เรียนทุกกลุ่ม (Marshall and Alston, 2014) **2) การพัฒนานิสิตครูเพื่อพัฒนาผู้เรียน** ซึ่งถือเป็นความท้าทายสำคัญในปัจจุบันที่นักการศึกษาวิทยาศาสตร์เผชิญ ตัวอย่างเช่น Shaw et al., (2014) ทำการพัฒนานิสิตครูให้สามารถปรับปรุงการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และการรู้ของนักเรียนที่ไม่ได้พูดภาษาอังกฤษเป็นภาษาแรก (English Language Learners; ELLs) และ **3) การปรับปรุงวิธีการสอนของครูเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน** ตัวอย่างเช่น Pruitt and Wallace (2012) พบว่าครูพัฒนาการปฏิบัติการสอนของตนเองจากการเรียนรู้ของนักเรียนในชั้นเรียน และจากการพูดคุยเกี่ยวกับผลการค้นพบของพวกเขากับครูคนอื่น ๆ ในชุมชนนักปฏิบัติ และการศึกษาล่าสุดของ Anderson et al., (2015) ที่ทำสำรวจตรวจสอบบริบทการจัดการเรียนเรียนรู้ต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการสอนของครูวิทยาศาสตร์ จำนวน 12 คน ในประเทศเคนยา โดยผลการศึกษาพบว่าพฤติกรรมการเรียนรู้และการทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่สำคัญในการเปลี่ยนแปลงของครูและการปฏิรูประบบการศึกษาที่มีคุณภาพ นอกจากนี้ Kim and Hand (2015) ทำการวิเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้ง (Argumentation) ของครูประถมศึกษาจำนวน 6 คน ที่ส่งผลต่อการทักษะการโต้แย้งของนักเรียนในห้องเรียนวิทยาศาสตร์

5. กลยุทธ์ที่ใช้ในการศึกษา

จากการศึกษาด้านกลยุทธ์ที่ใช้ในการพัฒนาครู ได้แก่ ตรวจสอบการคิดและการทำงาน of นักเรียน บทเรียนสาธิต บทเรียนศึกษา การวิจัยเชิงปฏิบัติการ การอภิปรายกรณี ไคซ์ พีเลียงและการรวมกลยุทธ์ พบว่า ตลอดระยะเวลา 5 ปี ร้อยละ 29 เป็นการพัฒนาครูโดยใช้กลยุทธ์แบบรวมหรือใช้มากกว่า 1 กลยุทธ์ นั่นคือ การบูรณาการไคซ์และการให้คำปรึกษาหรือเรียกว่าระบบพีเลียง รองลงมาร้อยละ 26 เป็นวิธีการให้คำแนะนำหรือไคซ์ ร้อยละ 9 เป็นการอภิปรายกรณี ร้อยละ 8 เป็นการสาธิตบทเรียน ร้อยละ 5 เป็นบทเรียนศึกษา ร้อยละ 3 เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ และร้อยละ 2 เป็นลักษณะของพีเลียง

อภิปรายผล

1. ประเทศที่มีการวิจัยด้านการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์

วารสาร Journal Science Teacher Education (JSTE) เป็นวารสารสำคัญของสมาคมวิทยาศาสตร์ครูวิทยาศาสตร์ศึกษา (The Association for Science Teacher Education (ASTE)) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ตีพิมพ์ครั้งแรกในปี 1989 มีเป้าหมายเพื่อเป็นเวทีในการเผยแพร่งานวิจัยที่มีคุณภาพสูงเกี่ยวกับการศึกษาครูและการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ จากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดง

ให้เห็นว่าบทความในวารสาร JSTE ในระยะเวลา 5 ปี ประกอบด้วยรายงานวิจัยจาก 25 ประเทศที่ใช้ภาษาอังกฤษและที่ไม่ใช้ภาษาอังกฤษ แต่จากผลการศึกษา พบว่า 3 ใน 5 อันดับประเทศที่มีการตีพิมพ์สูงสุดเป็นประเทศที่ใช้ภาษาอังกฤษเป็นหลัก คือ ประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา และออสเตรเลีย ซึ่งมีอัตราส่วนสูงถึงร้อยละ 82 ส่วนประเทศที่เหลือนอกจากประเทศที่ไม่ได้พูดภาษาอังกฤษ โดยมีผู้เขียนจากตุรกีและเนเธอร์แลนด์เป็นหลัก เมื่อเปรียบเทียบกับวารสารอื่น ๆ ที่เป็นวารสารที่สำคัญในด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา เช่น การศึกษาแนวโน้มการตีพิมพ์บทความวิจัยในวารสาร Science Education International (SEI) ซึ่งเป็นวารสารอย่างเป็นทางการรายไตรมาสของคณะกรรมการระหว่างประเทศของสมาคมวิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษา (ICASE) ของ Cavas (2015) ที่พบว่า บทความที่ได้รับการตีพิมพ์มากที่สุดมาจากผู้เขียนจากประเทศตุรกี ตามด้วยสหรัฐอเมริกาและออสเตรเลีย โดยการศึกษาอย่างละเอียดพบว่า ร้อยละ 38.6 มาจากผู้เขียนทั้งหมดอยู่ในประเทศที่พูดภาษาอังกฤษ เช่น สหรัฐอเมริกา และมีถึงร้อยละ 61.4 ที่มาจากประเทศที่ไม่ได้ใช้ภาษาอังกฤษเป็นภาษาหลัก คือ ผู้เขียนจากตุรกี สาธารณรัฐเกาหลีและฟินแลนด์ เป็นต้น ซึ่งตรงข้ามกับการวิเคราะห์ข้อมูลของ Lin, Lin and Tsai (2014) เกี่ยวกับบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารอเมริกัน คือ Science Education (SE), Journal of Research in Science Teaching (JRST) และวารสารของสหราชอาณาจักรคือ International Journal of Science Education (IJSE) แสดงให้เห็นว่า บทความส่วนใหญ่มาจากผู้เขียนในประเทศสหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร ออสเตรเลีย ไต้หวัน และอิสราเอล ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าในวารสารเดียวกันของ Tsai and Wen (2005) ว่า บทความส่วนใหญ่มาจากผู้เขียนในประเทศสหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย แคนาดาและสหราชอาณาจักร แต่เมื่อศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมพบว่า จากการวิเคราะห์ มีบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ใน IJSE เพียงร้อยละ 25 จากประเทศที่ไม่ใช้ภาษาอังกฤษเป็นภาษาพูด ส่วนใน SE คิดเป็นร้อยละ 14 และมีเพียงร้อยละ 11.4 ใน JRST ซึ่งอัตราส่วนการได้รับการตีพิมพ์ของผู้เขียนที่ไม่ใช้ภาษาอังกฤษในทั้ง 3 วารสารมีสัดส่วนลดลงจากการศึกษาก่อนหน้าที่พบว่า มีบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ใน IJSE ถึงร้อยละ 40 ส่วนใน SE คิดเป็นร้อยละ 27 และ JRST คิดเป็นร้อยละ 14 (Tsai and Wen, 2005) ดังนั้น ข้อความดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่า JSTE มีความใกล้เคียงกับวารสาร IJSE ที่แม้ผู้เขียนที่ใช้ภาษาอังกฤษเป็นหลักจะได้รับการพิจารณาจะได้รับการยอมรับให้ตีพิมพ์เป็นจำนวนมาก แต่วารสารก็ดึงดูดบทความจากผู้เขียนจากประเทศต่าง ๆ ที่ไม่ใช่ภาษาอังกฤษเป็นภาษาพูด โดยเฉพาะบทความจากภูมิภาคยุโรปซึ่งมีหลายภาษา

เมื่อวิเคราะห์สาเหตุของการพัฒนาศักยภาพในการเผยแพร่บทความที่พบว่า การตีพิมพ์รายงานวิจัยมากที่สุดเป็นของประเทศสหรัฐอเมริกานั้น ส่วนหนึ่งนั้นเกี่ยวข้องกับแหล่งที่มาของวารสาร เนื่องจากวารสาร JSTE เป็นวารสารที่จัดตั้งขึ้นโดยสมาคมวิทยาศาสตร์ครูวิทยาศาสตร์ศึกษาประเทศสหรัฐอเมริกา เราจึงสามารถคาดเดาได้ถึงจำนวนผลงานวิจัยของผู้เขียนจากประเทศสหรัฐอเมริกาที่หลั่งไหลมาสู่วารสาร JSTE ซึ่งเปรียบเหมือนเป็นเวทีในการเผยแพร่งานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาครูและการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ ส่วนสาเหตุอีกประการหนึ่งนั้นมาจาก ในช่วงปี 2012 เป็นช่วงของการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา จึงมีการนำเสนอการวิเคราะห์หลักสูตร แนวทางการนำหลักสูตรไปใช้และกล่าวถึงบริบทที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรใหม่เพื่อที่จะเป็นประโยชน์ต่อครูประจำการและนิสิตครูในการนำแนวทางการสอนตามหลักสูตรใหม่ไปใช้

และสนับสนุนให้ครูมีการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ตามมาตรฐานหลักสูตรใหม่ (Hayes, Lee, DiStefano, O'Connor & Seitz, 2016) จึงเป็นไปได้ว่า ในช่วงเวลาดังกล่าวนี้นี้จะมีการศึกษาด้านนโยบายมากกว่าปกติ ส่วนในบริบทของประเทศตุนีนั้นมีความเกี่ยวข้องกับการปรับปรุงนโยบายของประเทศในการปฏิรูปการศึกษาของครู ตามที่ Cavas (2015) ได้เสนอความเห็นว่าการตีพิมพ์เผยแพร่บทความวิชาการในปริมาณมากนั้นเป็นผลผลิตอันเกิดจากการลงทุนในการปฏิรูปการศึกษาของครูกว่า 177.2 ล้านเหรียญสหรัฐ ที่ให้อาจารย์และนักวิจัยทางการศึกษาไปศึกษาต่อต่างประเทศ เมื่อกลับมายังตุนี นักวิจัยเหล่านี้จึงมีทักษะการเขียนและทักษะการวิจัยในระดับสูง รวมทั้งความเข้าใจในภาษาอังกฤษ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถเหล่านี้จากปริมาณการตีพิมพ์และคุณภาพงานวิจัยที่ปรากฏในวารสารวิทยาศาสตร์ศึกษาที่ได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติ (Cavas et al., 2012)

วารสาร JSTE ทำหน้าที่สำคัญในการเป็นสื่อกลางเผยแพร่งานวิจัยที่มีคุณภาพสูงจากนักวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาไปสู่ผู้อ่านส่วนใหญ่ที่เป็นผู้ปฏิบัติงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา อันได้แก่นักการศึกษาครูและนักการพัฒนานโยบายวิทยาศาสตร์จากภูมิภาคต่าง ๆ ที่กำลังมองหาบทความที่เกี่ยวข้องกับงานของตน ดังนั้น จากผลการศึกษา กลุ่มเป้าหมายที่ได้รับความสนใจมากที่สุดจากผู้วิจัยจึงเกี่ยวข้องกับกลุ่มนิสิตครู รองลงมาเป็นครูประจำการ และกลุ่มครูใหม่ ตามลำดับ โดยพบว่าการจัดทำวารสารฉบับพิเศษที่เกี่ยวข้องภาพรวมของการดำเนินงานทางด้านการศึกษาคูทั่วโลกขึ้นในเดือนกุมภาพันธ์ปี ค.ศ. 2015 ประกอบด้วย รายงานการศึกษาคูวิทยาศาสตร์ในกลุ่มประเทศ ในอเมริกาใต้ ได้แก่ ประเทศอาร์เจนตินา โคลัมเบีย และชิลี (Cofre', Gonza'lez-Weil, Vergara, Santiba'n'ez, Ahumada, Furman, Podesta, Camacho, Gallego & Pe'rez, 2015) การศึกษาเปรียบเทียบการเตรียมความพร้อมให้กับนิสิตครูวิทยาศาสตร์ในโปรแกรมการศึกษาคูของประเทศอังกฤษ ฝรั่งเศส ฟินแลนด์และไอร์แลนด์ (Evagorou, Dillon, Viiri & Albe, 2015) ความท้าทายของโปรแกรมการศึกษาคูในบริบทของประเทศจีน (Liu, Liu, and Wang, 2015) แอฟริกา (Ogunniyi and Rollnick, 2015) อเมริกาเหนือ (Olson et al. 2015) และออสเตรเลีย (Treagust, Won, Petersen & Wynne, 2015) การให้ความสนใจดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Cavas (2015) ที่ระบุว่า "การศึกษาคู" เป็นแกนหลักของงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสาร Science Education International

2. กลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยทางด้านการพัฒนาครู

จากการวิเคราะห์ นักวิจัยให้ความสนใจต่อกลุ่มเป้าหมายข้างต้นเพิ่มขึ้นนั้นเป็นผลมาจากนโยบายทางการศึกษาและความกังวลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน (Liu et al., 2015; Luft and Hewson, 2014) ที่การอภิปรายมักเริ่มต้นจากผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างประเทศที่ผ่านมาเช่น PISA หรือ TIMSS (Evagorou et al., 2015; Treagust et al., 2015) เกิดข้อเรียกร้องหรือความคาดหวังให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางวิทยาศาสตร์ศึกษา และท้ายที่สุดจึงเกิดเป็นนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาของแต่ละประเทศที่ระบุให้เห็นถึงความจำเป็นที่จะต้องเตรียมเด็กและเยาวชนในการเป็นพลเมืองที่มีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ โดยกระตุ้นให้เกิดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ การใช้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และการปฏิบัติทางวิศวกรรม ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (เช่น Eurydice, 2012; NRC, 2011; สำนักเลขาธิการสภา

การศึกษา, 2560) รวมถึงแหล่งเงินทุนและความช่วยเหลือในการพัฒนาอาชีพครูที่เพิ่มขึ้น (Cavas, 2015) ดังนั้นสถานการณ์ดังกล่าวข้างต้นจึงมีอิทธิพลอย่างมากต่อนักวิจัยและบุคคลทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนานิสิตครู ครูใหม่ และครูประจำการ แต่การเปลี่ยนแปลงครูที่มีประสบการณ์นั้นทำได้ยาก (Borko, 2004) ดังนั้น ความมุ่งหมายของนักวิจัยจึงมีทิศทางมาสู่การพัฒนา นิสิตครูในโปรแกรมการศึกษาครู นั่นคือ การผลิตครูใหม่ที่ได้รับการสนับสนุนในกลยุทธ์การสอนที่ส่งเสริมทั้งด้านเนื้อหาและการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นอย่างดี (Kelly, 2000)

ยิ่งไปกว่านั้น ผลที่ได้จากการศึกษาแนวโน้มปัจจุบันที่ผู้วิจัยใช้เป็นเป้าหมายหลักของการทำงานวิจัยในการศึกษานี้ก็มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ข้างต้นอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ การที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษามีเป้าหมายในการทำงานวิจัยด้านนโยบายและหลักสูตรมากที่สุด รองลงมาเป็นการวิจัยที่มุ่งเน้นความรู้ความเข้าใจของครู และด้านการวิจัยด้านประเภทการบูรณาการความรู้ความเข้าใจกับพฤติกรรมการสอนหรือการปฏิบัติการสอนของครู เนื่องจาก การที่จะพัฒนาครูให้มีประสิทธิภาพและมีคุณภาพตามความคาดหวังที่ปรากฏในเอกสารนโยบายนั้น มีจำเป็นอย่างยิ่งที่นักวิจัยต้องทำความเข้าใจนโยบายอย่างลึกซึ้ง จึงเกิดงานวิจัยประเภทการวิเคราะห์หลักสูตรหรือนโยบาย ข้อเสนอแนะแนวทางการนำนโยบายไปสู่การปฏิบัติที่เป็นรูปธรรมที่ง่ายต่อการนำไปใช้ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนจากข้อค้นพบในงานวิจัยครั้งนี้ คือจำนวนงานวิจัยประเภทการวิเคราะห์นโยบายเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมากภายหลังที่สหรัฐอเมริกาประกาศใช้มาตรฐานหลักสูตรใหม่ “Next generation Science Standard (NGSS)” เมื่อปี 2012 (เช่น การศึกษาของ Pruitt, 2014; McComas and Nouri, 2016) เพื่อให้ครูมีความเข้าใจในหลักสูตรใหม่และสามารถนำไปปฏิบัติได้ (Hanuscin and Zangori, 2016; Richmond et al., 2016) หรือการประเมินนโยบายเกี่ยวข้องกับการปฏิรูประบบอุดมศึกษาในยุโรปที่เรียกว่า “กระบวนการโบโลญญา (bologna process)” ซึ่งจะสิ้นสุดเป้าหมายระยะยาวในปี 2563 นี้ (เช่น การศึกษาของ Jung and Brown, 2016; Leite et al., 2016)

3. เป้าหมายที่ผู้วิจัยศึกษาหรือมุ่งพัฒนาครู รวมถึงประเด็นหลักที่ผู้วิจัยทำการศึกษา

นักวิจัยอีกส่วนมุ่งเป้าไปที่ความรู้ความเข้าใจ และเจตคติของครู เช่น พัฒนาคำรู้ความเข้าใจในการวางแผนการสอน การจัดการเรียนการสอนและการประเมินผลตามมาตรฐานใหม่ NGSS ของครูประถมศึกษา (Hanuscin and Zangori, 2016) การศึกษาความเชื่อในการรับรู้ความสามารถและความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของนิสิตของครูระดับประถมศึกษา (Menon and Sadler, 2016) หรือการศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของครูวิทยาศาสตร์ในด้านความแตกต่างทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (Antink-Meyer and Meyer, 2016)

การพัฒนาครูนั้นไม่ได้มุ่งไปที่การพัฒนาด้านใดเพียงอย่างเดียว แต่การพัฒนาครูต้องเกิดขึ้นครบทุกด้าน (van Driel et al., 2012) ดังนั้นการพัฒนาในลักษณะนี้มีแนวโน้มจะได้รับความสนใจจากนักวิจัยมากขึ้น โดยนักวิจัยมุ่งพัฒนาครูให้สามารถบูรณาการความรู้ความเข้าใจและการพัฒนาทักษะทางวิชาชีพของครูเพื่อให้สามารถรับรู้และแก้ไขปัญหาในการเรียนรู้ของนักเรียนและเพื่อปรับปรุงผลการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งนักวิจัยมีคาดหวังว่า เมื่อครูนำความรู้ใหม่ ๆ จากการพัฒนาวิชาชีพของตนมาใช้ในการทำงานแล้ว ผลลัพธ์สูงสุดที่คาดว่าจะได้รับก็คือการเปลี่ยนแปลงในการเรียนรู้ของนักเรียน (Anderson et al., 2015; Banilower, Heck & Weiss, 2007; Bell and

Gilbert, 1996; Borko, 2004; Loucks-Horsley et al. 2010; Supovitz and Turner, 2000) เรียกได้ว่าเป็น “การพัฒนาครูแบบองค์รวม” ในขณะที่การพัฒนาครูเฉพาะในด้านใดด้านหนึ่งการศึกษามีแนวโน้มลดลง

4. กลยุทธ์ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการศึกษา

การผลิตและพัฒนาครูนั้นสิ่งที่สำคัญที่นักวิจัยควรคำนึงถึง คือ การใช้กลยุทธ์ที่เหมาะสมเพื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของครูตามความคาดหวัง กลยุทธ์ที่ใช้ในการผลิตและพัฒนาครูนั้นมีหลากหลาย การเลือกใช้จึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่ต้องการศึกษา เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านใด เช่น ด้านการปฏิบัติการสอน ด้านความรู้ความเข้าใจ ความเชื่อ เป็นต้น (Loucks-Horsley et al., 2010; Luft & Hewson, 2014) สำหรับกลยุทธ์ที่ใช้ในการผลิตและการพัฒนาครูนั้น มีทั้งการใช้ทั้งกลยุทธ์เดียวและการใช้กลยุทธ์มากกว่า 1 กลยุทธ์ แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษา พบว่า นักวิทยาศาสตร์ศึกษาส่วนใหญ่มีแนวโน้มจะใช้กลยุทธ์ในการพัฒนาครูมากกว่า 1 กลยุทธ์ ซึ่งข้อดีของการบูรณาการกลยุทธ์เสมือนเป็นการส่งเสริมประสิทธิภาพของการพัฒนาครูมากยิ่งขึ้น (Loucks-Horsley et al., 2010) โดยคณะผู้วิจัยพบว่ากลยุทธ์ที่โดดเด่นที่สุดที่นักวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจจะนำมาใช้ในการผลิตและการพัฒนาครูคือ การโค้ชและการให้คำปรึกษาหรือระบบพี่เลี้ยง (Coaching and mentoring) ซึ่งกลยุทธ์ดังกล่าวมีความสอดคล้องกับกลุ่มเป้าหมายที่เป็นกลุ่มของนิสิตครูที่ถือว่าเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ทางด้านการจัดการเรียนสอนน้อย ยังคงขาดความเชี่ยวชาญในการนำไปทฤษฎีสู่การปฏิบัติ (Minor et al. 2002) ด้วยเหตุนี้ นิสิตครูจึงต้องการการสนับสนุนหรือความช่วยเหลือ เพื่อที่ตนเองจะได้ก้าวไปสู่การเป็นครูอย่างมืออาชีพได้ (Bybee, 2014)

การศึกษาแนวโน้มปัจจุบันของการพัฒนาครูในชุมชนวิทยาศาสตร์ศึกษาระดับนานาชาติเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับนักการศึกษาในประเทศไทย เพราะนอกจากจะทำให้เห็นแนวโน้มของการพัฒนาครูและกรอบการทำงานในระดับนานาชาติแล้ว ยังช่วยให้ นักวิทยาศาสตร์ศึกษาของไทยวิเคราะห์สถานการณ์และความเป็นไปของงานวิจัยภายในประเทศในอนาคต (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2559) นอกจากนี้ยังเกิดประโยชน์ต่อนักวิจัยทางการศึกษารุ่นใหม่ในการวางแผนและออกแบบการวิจัยเพื่อพัฒนาครูและนิสิตครูไทยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น สอดคล้องกับบริบทในประเทศและทัดเทียมกับทิศทางการพัฒนาครูในระดับนานาชาติ

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากวารสารทางวิทยาศาสตร์ศึกษาที่ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตและพัฒนาครูในระดับนานาชาติในปัจจุบันมีเพียง 1 วารสาร แต่อย่างไรก็ตามควรศึกษาจากวารสารทางวิทยาศาสตร์ศึกษาอื่น ๆ ที่มีประเด็นการผลิตครูวิทยาศาสตร์ในนั้นและนำมาวิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับประเด็นและแนวโน้มได้ดียิ่งขึ้น

2. ในการศึกษาเกี่ยวกับแนวโน้มของการวิจัย เพื่อการพัฒนาครูนั้นพบว่าประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศหลักในการวิจัยด้านการพัฒนาครูในด้านต่าง ๆ แต่ในขณะเดียวกันก็มีประเทศอื่น ๆ ในทวีปยุโรป เอเชียและแอฟริกาก็มีการศึกษาเพื่อพัฒนาเช่นกัน ดังนั้นควรมีการพิจารณาแยกออกมา เพื่อศึกษาความเหมือนหรือความต่างของประเด็นที่ศึกษา

3. การวิเคราะห์แนวโน้มงานวิจัยด้านการผลิตและพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยเป็นสิ่งที่จำเป็นและน่าสนใจ หากผู้วิจัยท่านอื่นต้องการต่อยอดงานวิจัยในลักษณะการวิเคราะห์แนวโน้มประเด็นดังกล่าวช่วยในการตัดสินใจในระดับนโยบายและจะนำไปสู่แนวทางการผลิตและพัฒนาครูในอนาคต

บรรณานุกรม

- ชาติรี ฝ่ายคำตา. (2559). ประเด็นและแนวโน้มการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา. **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**, 7(1), 1-21.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). **สรุปสาระสำคัญ รายงานผลการจัดการศึกษาตามแผนการศึกษาแห่งชาติ ฉบับปรับปรุง (พ.ศ.2552-2559)**. กรุงเทพมหานคร: บริษัทพริกหวานกราฟฟิค.
- Anderson, D., Nashon, S., Namazzi, E., Okemwa, P., Ombogo, P., Ooko, S., & Beru, F. (2015). Transformations in Kenyan Science Teachers' Locus of Control: The Influence of Contextualized Science and Emancipated Student Learning. **Journal of Science Teacher Education**, 26, 599–617.
- Antink-Meyer, A. & Meyer, D. Z. (2016). Science Teachers' Misconceptions in Science and Engineering Distinctions: Reflections on Modern Research Examples. **Journal of Science Teacher Education**, 27, 625-647.
- Avraamidou, L. (2014). Developing a Reform-Minded Science Teaching Identity: The Role of Informal Science Environments. **Journal of Science Teacher Education**, 25, 823–843.
- Bang, E. J., & Luft, J. A. (2014). Exploring the Written Dialogues of Two First-Year Secondary Science Teachers in an Online Mentoring Program. **Journal of Science Teacher Education**, 25, 25–51.
- Banilower, E. R., Heck, D. J., & Weiss, I. R. (2007). Can Professional Development Make the Vision of the Standards a Reality? The Impact of the National Science Foundation's Local Systemic Change Through Teacher Enhancement Initiative. **Journal of Research in Science Teaching**, 44, 375–395.
- Barnett, E., & Friedrichsen, P. J. (2015). Educative Mentoring: How a Mentor Supported a Preservice Biology Teacher's Pedagogical Content Knowledge Development. **Journal of Science Teacher Education**, 26, 647–668.
- Bell, B. & Gilbert, J. (1996). **Teacher Development: A Model from Science Education**. Washington, D.C.: Falmer Press.

- Bell, P. et al. (Eds.). (2009). **Learning science in informal environments : people, places, and pursuits.** Washington, DC: Committee on Learning Science in Informal Environments, Board on Science Education, Center for Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education.
- Borko, H. (2004). Professional Development and Teacher Learning: Mapping the Terrain. **Educational Researcher**, 33, 3-15.
- Brenner, M. E., Bianchini, J. A., and Dwyer, H. A. (2016). Science and Mathematics Teachers Working Toward Equity Through Teacher Research: Tracing Changes Across Their Research Process and Equity Views. **Journal of Science Teacher Education**, 27, 819–845.
- Brown, P., Friedrichsen, P., & Abell, S. (2013). The Development of Prospective Secondary Biology Teachers PCK. **Journal Science Teacher Education**, 24, 133–155.
- Bybee, W. R. (2014). NGSS and the Next Generation of Science Teachers. **Journal Science Teacher Education**, 25, 211–221.
- Cavas, B., Cavas, P., Ozdem, Y., Rannikmae, M., & Ertepinar, H. (2012) “Research Trends in Science Education from the Perspectives of Journal of Baltic Science Education: A Content Analysis from 2002 to 2011. **Journal of Baltic Science Education**, 11, 94-102.
- Cavas, B. (2015). Research Trends in Science Education International: A Content Analysis for The Last Five Years (2011-2015). **Science Education International**, 25(4), 573-588.
- Chittleborough, G. (2014). Learning How to Teach Chemistry with Technology: Pre-Service Teachers’ Experiences with Integrating Technology into Their Learning and Teaching. **Journal Science Teacher Education**, 25, 373–393.
- Cofre’, H., Gonza ´lez-Weil, C., Vergara, C., Santiba ´n ˆez, D., Ahumada, G., Furman, M., Podesta, E. M., Camacho, J., Gallego, R., Pe ´rez, R. (2015). Science Teacher Education in South America: The Case of Argentina, Colombia and Chile. **Journal Science Teacher Education**, 26, 45–63.
- Cone, N. (2012). The Effects of Community-Based Service Learning on Preservice Teachers’ Beliefs About the Characteristics of Effective Science Teachers of Diverse Students. **Journal Science Teacher Education**, 23, 889–907.
- Cunningham, C. M., & Carlsen, W. S. (2014). Teaching Engineering Practices. **Journal Science Teacher Education**, 25, 197–210.

- Demirdogen, Betu. (2016). Interaction Between Science Teaching Orientation and Pedagogical Content Knowledge Components. **Journal Science Teacher Education**, 27, 495–532.
- Doney, A. P. (2013). Fostering Resilience: A Necessary Skill for Teacher Retention. **Journal Science Teacher Education**, 24, 645–664.
- Donovan, D. A., Borda, E. J., Hanley, D. M. & Landel, C. C. (2015). Participation in a Multi-institutional Curriculum Development Project Changed Science Faculty Knowledge and Beliefs About Teaching Science. **Journal Science Teacher Education**, 26, 193–216.
- Dudu, W. T. & Vhurumuku, E. (2012). Teachers’ Practices of Inquiry When Teaching Investigations: A Case Study. **Journal Science Teacher Education**, 23, 579–600.
- Eick, C. J. (2012). Use of the Outdoor Classroom and Nature-Study to Support Science and Literacy Learning: A Narrative Case Study of a Third-Grade Classroom. **Journal Science Teacher Education**, 23, 789–803.
- Eurydice. (2012). Key Data on Education in Europe 2012. Brussels: Education, Audiovisual and Culture Executive Agency., 3 ตุลาคม 2560, from Website <http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice>.
- Evagorou, M., Dillon, J., Viiri, J., Albe, V. (2015). Pre-service Science Teacher Preparation in Europe: Comparing Pre-service Teacher Preparation Programs in England, France, Finland and Cyprus. **Journal Science Teacher Education**, 26, 99–115.
- Faikhamta, C. (2013). The Development of inservice science teachers’ understandings of and orientations to teaching the nature of science within a PCK-based NOS course. **Research in Science Education**, 43(2), 847–869.
- Hanuscin, L. D., & Zangori, L. (2016). Developing Practical Knowledge of the Next Generation Science Standards in Elementary Science Teacher Education. **Journal Science Teacher Education**, 27, 799–818.
- Harlow, B. D., Swanson H. L., & Otero, K. V. (2014). Prospective Elementary Teachers’ Analysis of Children’s Science Talk in an Undergraduate Physics Course. **Journal Science Teacher Education**, 25, 97–117.
- Herrington, D. G., Bancroft, S. F., Edwards, M. M., & Schairer, C. J. (2016). I Want to be the Inquiry Guy! How Research Experiences for Teachers Change Beliefs, Attitudes, and Values About Teaching Science as Inquiry. **Journal Science Teacher Education**, 27, 183–204.

- Hayes, K. N., Lee, C. S., DiStefano, R. O'Connor, D., Seitz, J. C. (2016). Measuring Science Instructional Practice: A Survey Tool for the Age of NGSS. **Journal Science Teacher Education**, 27, 137–164.
- Holliday, G. M., Lederman, J. S., & Lederman, N. G. (2014). “Wow! Look at That!”: Discourse as a Means to Improve Teachers’ Science Content Learning in Informal Science Institutions. **Journal Science Teacher Education**, 25, 935–952.
- Johnson, C. C., & Fargo, J. D. (2014). A Study of the Impact of Transformative Professional Development on Hispanic Student Performance on State Mandated Assessments of Science in Elementary School. **Journal Science Teacher Education**, 25, 845–859.
- Jones, M. G., & Leagon, M. (2014). Science Teacher Attitudes and Beliefs. *Handbook of Science Education*.
- Juhler, M. V. (2016). The Use of Lesson Study Combined with Content Representation in the Planning of Physics Lessons During Field Practice to Develop Pedagogical Content Knowledge. **Journal Science Teacher Education**, 27, 533–553.
- Jung, K. G. & Brown, J. C. (2016). Examining the Effectiveness of an Academic Language Planning Organizer as a Tool for Planning Science Academic Language Instruction and Supports. **Journal Science Teacher Education**, 27, 847–872.
- Kelly, J. (2000). Rethinking the elementary science methods course: a case for content, pedagogy, and informal science education, **International Journal of Science Education**, 22, 755-777.
- Kim, S., & Hand, B. (2015). An Analysis of Argumentation Discourse Patterns in Elementary Teachers’ Science Classroom Discussions. **Journal Science Teacher Education**, 26, 221–236.
- Kind, V. (2009). A Conflict in your Head: An Exploration of trainee Science Teacher’ Subject Matter Knowledge Development and Its Impact on Teacher Self-confidence. **International Journal of Science Education**, 31, 1529-1562.
- Krajcik, J., Codere, S., Dahsah, C., Bayer, R., & Mun, K. (2014). Planning Instruction to Meet the Intent of the Next Generation Science Standards. **Journal Science Teacher Education**, 25, 157–175.
- Lakin, J.M., & Wallace, C. S. (2015). Assessing Dimensions of Inquiry Practice by Middle School Science Teachers Engaged in a Professional Development Program. **Journal Science Teacher Education**, 26, 139–162.

- Leary, H., Severance, S., Penuel, W. R., Quigley, D., Sumner, T., & Devau, H. (2016). Designing a Deeply Digital Science Curriculum: Supporting Teacher Learning and Implementation with Organizing Technologies. **Journal Science Teacher Education**, 27, 61–77.
- Lee, O., Miller E. C. & Januszyk, R. (2014). Next Generation Science Standards: All Standards, All Students. **Journal Science Teacher Education**, 25, 223–233.
- Leite, L., Dourado, L., & Morgado, S. (2016). Initial Science Teacher Education in Portugal: The Thoughts of Teacher Educators About the Effects of the Bologna Process. **Journal Science Teacher Education**, 27, 873–893.
- Lin, T. C., Lin, T. J. & Tsai, C. C. (2014). Research Trends in Science Education from 2008 to 2012: A systematic content analysis of publications in selected journals, **International Journal of Science Education**, 36, 1346-1372.
- Liu, E., Liu, C., & Wang, J. (2015). Pre-service Science Teacher Preparation in China: Challenges and Promises. **Journal Science Teacher Education**, 26, 29–44.
- Loucks-Horsley, S., Stiles, E. K., Mundry, S., Love, N., & Hewson, W. P. (2010). **Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics**. 3rd ed. Corwin Press: California.
- Luft, A. J. & Hewson, W. P. (2014). Research on Teacher Professional Development Programs in Science. *Handbook of Science Education*.
- Marshall, J. C. & Alston, D. M. (2014). Effective, Sustained Inquiry-Based Instruction Promotes Higher Science Proficiency Among All Groups: A 5-Year Analysis. **Journal of Science Teacher Education**, 25, 807-821.
- Matuk, C., Gerard, L., Lim-Breitbart, J., & Linn, M. (2016). Gathering Requirements for Teacher Tools: Strategies for Empowering Teachers Through Co-Design. **Journal Science Teacher Education**, 27, 79–110.
- McComas W. F., & Nouri, N. (2016). The Nature of Science and the Next Generation Science Standards: Analysis and Critique. **Journal Science Teacher Education**, 27, 555–576.
- Menon, D. & Sadler, T. D. (2016). Preservice Elementary Teachers' Science Self-Efficacy Beliefs and Science Content Knowledge. **Journal Science Teacher Education**, 27, 649–673.
- Milner, A. R., Sondergeld, T. A., Demir, A., Johnson, C. C., & Czerniak, C. M. (2012). Elementary Teachers' Beliefs About Teaching Science and Classroom Practice: An Examination of Pre/Post NCLB Testing in Science. **Journal Science Teacher Education**, 23, 111–132.

- Minor, C. L., Onwuegbuzie, A. J., Witcher, A. E., & James, T. L. (2002). Preservice Teachers' Educational Beliefs and Their Perceptions of Characteristics of Effective Teachers. **The Journal of Educational Research**, 96(2), 116-127.
- Miranda, R. J. & Damico, J. B. (2013). Science Teachers' Beliefs about the Influence of their Summer Research Experiences on their Pedagogical Practices. **Journal Science Teacher Education**, 24, 1241-1261.
- National Research Council. (2011). **A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas**. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Science Board. (2012). **Research and Development, Innovation, and the Science and Engineering workforce**: a companion to science and engineering indicators 2012. September 17, 2017, Retrieved from Website: <https://www.nsf.gov/nsb/publications/2012/nsb1203.pdf>.
- Nilsson, P., & Loughran, J. (2012). Exploring the Development of Pre-Service Science Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge. **Journal Science Teacher Education**, 23, 699-721.
- Nilsson, P. & Van Driel, J. (2010). Teaching together and learning together – Primary school science student teachers' and their mentors' joint learning in the primary classroom. **Teaching and Teacher Education**, 26, 1309-1318.
- Ogunniyi, M. B. & Rollnick, M. (2015). Pre-service Science Teacher Education in Africa: Prospects and Challenges. **Journal Science Teacher Education**, 26, 65-79
- Olson, J. K., Tippet, C. D., Milford T. M., Chris, O., & Clough, M. P. (2015). Science Teacher Preparation in a North American Context. **Journal Science Teacher Education**, 26, 7-28.
- Palmberg, I., Berg, I., Jeronen, E., Kaärkkäinen, S., Norrgård-Sillanpää, P., Persson, C., Vilkonis, R., and Yli-Panula, E. (2015). Nordic-Baltic Student Teachers' Identification of and Interest in Plant and Animal Species: The Importance of Species Identification and Biodiversity for Sustainable Development. **Journal Science Teacher Education**, 26, 549-571.
- Pruitt, S. L. & Wallace, C. S. (2012). The Effect of a State Department of Education Teacher Mentor Initiative on Science Achievement. **Journal of Science Teacher Education**, 23, 367-385.
- Pruitt, S. L. (2014). The Next Generation Science Standards: The Features and Challenges. **Journal Science Teacher Education**, 25, 145-156.

- Reinsvold, L. A., & Cochran, K. F. (2012). Power Dynamics and Questioning in Elementary Science Classrooms. **Journal Science Teacher Education**, 23, 745–768.
- Richmond, G., Parker, J. M., and Kaldaras, L. (2016). Supporting Reform-Oriented Secondary Science Teaching Through the Use of a Framework to Analyze Construction of Scientific Explanations. **Journal Science Teacher Education**, 27, 477–493.
- Savasci, F., & Berlin, D. F. (2012). Science Teacher Beliefs and Classroom Practice Related to Constructivism in Different School Settings. **Journal Science Teacher Education**, 23, 65–86.
- Seung, E., Bryan L. A., & Haugan M. P. (2012). Examining Physics Graduate Teaching Assistants' Pedagogical Content Knowledge for Teaching a New Physics Curriculum. **Journal Science Teacher Education**, 23, 451–479.
- Shaw, J. M., Lyon, E. G., Stoddart, T., Mosqueda, E., & Menon, P. (2014). Improving Science and Literacy Learning for English Language Learners: Evidence from a Pre-service Teacher Preparation Intervention. **Journal Science Teacher Education**, 25, 621–643.
- Shane, J. W., Binns, I. C., Meadows, L., Hermann, R. S., Benus, M. J. (2016). Beyond Evolution: Addressing Broad Interactions Between Science and Religion in Science Teacher Education. **Journal Science Teacher Education**, 27, 165–181.
- Sodervik, I., Mikkilä-Erdmann, M., & Vilppu, H. (2014). Promoting the Understanding of Photosynthesis Among Elementary School Student Teachers Through Text Design. **Journal Science Teacher Education**, 25, 581–600.
- Supovitz, J. A. & Turner, H. M. (2000). The Effects of Professional Development on Science Teaching Practices and Classroom Culture. **Journal of Research in Science Teaching**, 37, 963–980.
- Thompson, S. L., Lotter, C., Fann, X., & Taylor, L. (2016). Enhancing Elementary Pre-service Teachers' Plant Processes Conceptions. **Journal Science Teacher Education**, 27, 439–463.
- Treagust, D. F., Won, M., Petersen, J., & Wynne, G. (2015). Science Teacher Education in Australia: Initiatives and Challenges to Improve the Quality of Teaching. **Journal Science Teacher Education**, 26, 81–98.
- Tsai, C.-C., & Wen, L. M. (2005). Research and trends in science education from 1998 to 2002: a content analysis of publication in selected journals. **International Journal of Science Education**, 27(1), 3–14.

- van Driel, J. H., Berry, A., & Meirink, J. (2014). **Research on Science Teacher Knowledge**. Handbook of Science Education.
- van Driel, J. H., Meirink, J. A., van Veen, K., & Zwart, R. C. (2012). Current trends and missing links in studies on teacher professional development in science education: a review of design features and quality of research. **Studies in Science Education**, 48(2), 129–160.
- Wilson, R. E., Bradbury L. U., & McGlasson M. A. (2015). Integrating Service-Learning Pedagogy for Preservice Elementary Teachers' Science Identity Development. **Journal Science Teacher Education**, 26, 319–340.
- Wong, S. S., & Luft J. A. (2015). Secondary Science Teachers' Beliefs and Persistence: A Longitudinal Mixed-Methods Study. **Journal Science Teacher Education**, 26, 619–645.
- Wyner, Y. (2013). The Impact of a Novel Curriculum on Secondary Biology Teachers' Dispositions toward Using Authentic Data and Media in Their Human Impact and Ecology Lessons. **Journal Science Teacher Education**, 24, 833–857.