



การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี  
Development of the BCG economy model-integrated STEM learning activities

ธฤชพร ประสพลาภ<sup>1</sup> จิรภา ภูทวี<sup>2</sup> และกรณก เลิศเดชาภัทร<sup>3\*</sup>

Tharueseon Prasoplarb<sup>1</sup> Jirapa Pootawee<sup>2</sup> and Kornkanok Lertdechapat<sup>3\*</sup>

บทคัดย่อ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา บนพื้นฐานของแนวคิดการบูรณาการเศรษฐกิจสามมิติหรือโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี เป็นส่วนสำคัญในยุทธศาสตร์การขับเคลื่อนประเทศ ผ่านการพัฒนาเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว และนับเป็นทางเลือกสำคัญของการส่งเสริมสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน บทความวิชาการนี้จึงมุ่งนำเสนอตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง “แก้วที่ใช้...ในวันวาเลนไทน์” ภายใต้บริบทของสะเต็มศึกษาที่สอดคล้องกับโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี โดยมีเป้าหมายของกิจกรรมเพื่อออกแบบเครื่องดื่มจากวัตถุดิบของท้องถิ่นโดยคำนึงถึงเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว โดยมีกิจกรรมตามลำดับขั้นตอนในการออกแบบและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มบีซีจีบนฐานของนวัตกรรม 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ทำความรู้จักปัญหา 2. รู้จักธรรมชาติของนวัตกรรม 3. วิเคราะห์ความเป็นไปได้ของนวัตกรรมในการใช้งาน 4. เชื่อมโยงนวัตกรรมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย 5. กำหนดขั้นตอนและผลลัพธ์ตลอดการดำเนินงาน 6. ทดสอบและประเมินนวัตกรรม และ 7. สะท้อนการเรียนรู้เพื่อการปรับนวัตกรรม ลำดับขั้นตอนข้างต้น จะช่วยให้ผู้สอนสะเต็มศึกษาส่งเสริมความเป็นไปได้ในการเชื่อมโยงบริบทของชุมชน เศรษฐกิจ และนวัตกรรมในท้องถิ่น เข้าสู่ชีวิตของผู้เรียนได้อย่างมีความหมายของผู้เรียนกลุ่มนั้น ๆ

**คำสำคัญ:** สะเต็มศึกษา, สะเต็มบีซีจี, พัฒนาวิชาชีพ, ครูประจำการ

Article Info: Received 16 April, 2023; Received in revised form 10 February, 2024; Accepted 25 March, 2024

<sup>1</sup> นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Doctor of Philosophy in Division of Science Education, Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University

Email: Tharueseon.pr@ku.th

<sup>2</sup> นิสิตมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Master student in Division of Curriculum and Instruction, Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Chulalongkorn University

Email: 6582002027@student.chula.ac.th

<sup>3</sup> อาจารย์ประจำสาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Lecturer in Division of Curriculum and Instruction, Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Chulalongkorn University

Email: Kornkanok.L@chula.ac.th

\* Corresponding Author

## Abstract

BCG economy model-integrated STEM education has been widely promoted as a significant driver of Thai education, with its three dimensions of bioeconomy, circular economy, and green economy serving as the main features of integrated STEM activities in promoting learners' competencies. This academic article provides the model for BCG economy model-integrated STEM learning activities centered around the theme "The Right Cup! for Valentine's Day". The purpose of this BCG model-integrated activity was to create the formulation of a drink which was made from local ingredients. The seven steps of the BCG economy model-integrated STEM learning activities include: 1) identifying the problem; 2) familiarizing the nature of innovation; 3) analyzing the potential of innovation in practical use; 4) linking innovation to stakeholders; 5) defining the steps and outcomes throughout the task; 6) testing and evaluating the innovation; and 7) reflecting on the learning for innovation adjustment. These steps promote integration among the learners' community, economy, and local innovation, ultimately enabling learners to meaningfully apply STEM-BCG to their lives.

**Keywords:** STEM education, STEM-BCG, professional development, in-service teachers

## บทนำ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นับเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเฉพาะการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง (Haryadi & Pujiastuti, 2022) และการรู้วิทยาศาสตร์ (Afriana et al., 2016) ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แม้กระนั้นก็ตาม นักวิจัยบางกลุ่มพบว่า ข้อจำกัดสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาคือ การเชื่อมโยงบริบทของสถานการณ์ปัญหาในชุมชนสู่การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมายของกิจกรรมนั้น (Srikoom et al., 2018) แม้ว่า การบูรณาการบริบทจริงจะเป็นลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาก็ตาม (Roehrig et al., 2021)

บทความวิชาการนี้ มุ่งนำเสนอตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ "แก้วที่ใช่...ในวันวาเลนไทน์ (The Right Cup! for Valentine's Day)" ซึ่งเป็นตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี กิจกรรมเหมาะสำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ระยะเวลา 4 ชั่วโมง สำหรับการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน โดยการนำเสนอรายละเอียดแต่ละขั้นตอน จะแสดงกิจกรรมหลักและผลการดำเนินกิจกรรมเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณานำไปปรับและใช้ในการจัดการเรียนรู้ของผู้สอนในบริบทต่างกัน

## สะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมต่อประสบการณ์เรียนรู้ของผู้เรียนจากการใช้ความรู้ในชั้นเรียนสู่การแก้ปัญหาโลกจริง รวมถึงสร้างการตระหนักถึงคุณค่าในการใช้ความรู้ใน

การแก้ปัญหาได้สำหรับตัวผู้เรียนเอง เกิดเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Moore et al., 2021) ผ่านการบูรณาการศาสตร์ของสะเต็มอย่างน้อยสองศาสตร์ขึ้นไป ช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้ในขอบเขตที่กว้างและมีความซับซ้อนได้อย่างลุ่มลึกมากยิ่งขึ้น (Bybee, 2013; Roehrig et al., 2021; สิริินภา กิจเกื้อกุล, 2558) ศาสตร์ของสะเต็ม ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ หรืออาจครอบคลุมศาสตร์อื่นที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาของสถานการณ์นั้น ๆ (Bybee, 2013)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนมีใช้อย่างหลากหลาย แต่ล้วนอยู่ขอบเขตลักษณะสำคัญของกิจกรรมสะเต็มศึกษาประการสำคัญ (กรรณก เลิศเดชาภัทร และชาติรี ฝ่ายคำตา, 2564) ได้แก่ 1) การนำเสนอสถานการณ์ที่สะท้อนปัญหาในชีวิตจริง 2) การระบุปัญหาที่สามารถแก้ไขได้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 3) การกำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัดที่สอดคล้องกับความเป็นจริงในการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา 4) การดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหา 5) การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งอาจเป็นชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขและข้อจำกัด 6) การประเมินดำเนินการเป็นระยะเพื่อลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น 7) การสร้างและทดสอบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา 8) การยอมรับความล้มเหลวของผลการทดสอบ 9) การคำนึงถึงปัจจัยด้านความเป็นมิตรกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และความคุ้มค่าของการสร้างชิ้นงาน ในการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา และ 10) การใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณการทำงานเป็นทีม และการสื่อสาร เป็นเครื่องมือในการดำเนินการให้บรรลุเป้าหมาย

หากพิจารณาลักษณะสำคัญข้างต้นร่วมกับการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา มักพบความท้าทายสำคัญของการจัดการเรียนรู้ของครู คือ การแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมสะเต็มนั้น ๆ เกิดขึ้นในสถานการณ์จริง (Srikoom et al., 2018) ความสามารถในการบูรณาการบริบทของผู้เรียนที่สัมพันธ์กับสถานการณ์รอบตัวเข้าสู่บทเรียนสะเต็ม (ชุดิมา วิชัยดิษฐ์ และชาติรี ฝ่ายคำตา, 2564; ปรียาภรณ์ คงแก้ว และปณัฐชนัน จารุชัยนิวัฒน์, 2563) แนวทางสำคัญที่ช่วยส่งเสริมความเป็นจริงของการแก้ปัญหาจากระดับชั้นเรียนสู่บริบทจริง สามารถทำได้ด้วยการเพิ่มเติมความต้องการของชุมชน หรือเป้าหมายในการพัฒนาชุมชนนั้น ๆ สู่สภาวะที่ดีของสมาชิกในชุมชน ผ่านแนวคิดการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี (Faikhamta et al., 2024; Walker, 2015; วุฒิชัย ภูดี, 2566)

### โมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

การบูรณาการเศรษฐกิจสามมิติหรือโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี เป็นแนวคิดสำคัญในการขับเคลื่อนประเทศผ่านการพัฒนาเศรษฐกิจ 3 ลักษณะ ได้แก่ เศรษฐกิจชีวภาพ (bioeconomy) เศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) และเศรษฐกิจสีเขียว (green economy) (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ [สวทช.], 2563) กลายมาเป็นส่วนสำคัญสำหรับทิศทางในการจัดการศึกษาตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มุ่งเน้นการคิดค้นและสร้างนวัตกรรมสู่การพัฒนานวัตกรรมเหล่านั้นเพื่อยกระดับชุมชนอย่างยั่งยืน (Trairat et al., 2023) สาระสำคัญของเศรษฐกิจทั้ง 3 ลักษณะ (สวทช., 2563; ชาติรี ฝ่ายคำตา และคณะ, 2565) สรุปได้ดังนี้

เศรษฐกิจชีวภาพ เป็นแนวคิดเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรชีวภาพในท้องถิ่นที่มีความหลากหลาย โดยมุ่งเพิ่มมูลค่าหรือพัฒนาไปสู่ผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง ด้วยการใช้ความรู้จากสาขาต่าง ๆ และเทคโนโลยีได้อย่างมี

ประสิทธิภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เป็นแนวคิดเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับวงจรการดำเนินการ หมุนเวียนตลอดกระบวนการผลิต การใช้อย่างคุ้มค่า การลดปริมาณของเสีย การใช้งานผลิตภัณฑ์แบบเต็มวงจรอย่างเต็มประสิทธิภาพเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มรายได้ ส่วนเศรษฐกิจสีเขียว เป็นแนวคิดเศรษฐกิจที่มุ่งสร้างความยั่งยืน ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และพัฒนาเศรษฐกิจโดยไม่เบียดเบียนสิทธิของสมาชิกชุมชนในพื้นที่นั้น ๆ

### สะเต็มศึกษาบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

กรอบแนวคิดในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี อยู่บนพื้นฐานของกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา และกรอบแนวคิดโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี กล่าวคือ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการนำความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะของศาสตร์ที่หลากหลาย นำมาบูรณาการเพื่อแก้ปัญหารอบตัวของผู้เรียน (Roehrig et al., 2021) มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้มีคุณลักษณะที่สอดคล้องกับการทำงานทางเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (Faikhamta et al., 2024)

หากพิจารณาการบูรณาการระหว่างสะเต็มศึกษากับโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีแล้ว พบว่า สามารถวิเคราะห์จุดเด่นของแนวคิดทั้งสองในแต่ละขั้นตอน และเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ แสดงได้ดังตาราง 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา ตามมุมมองของ กรรณก เลิศเดชาภัทร และชาติรี ฝ่ายคำตา (2564) และ ลักษณะสำคัญของโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี ตามมุมมองของ สวทช. (2563) ที่สอดคล้องกับขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มบีซีจีที่นำเสนอ ปรากฏในทุกขั้นตอนอย่างไม่เป็นแบบแผนตายตัว ขึ้นกับการออกแบบกิจกรรมของผู้สอน และลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาบางประการ สามารถปรากฏได้มากกว่า 1 ขั้นตอน เพียงแต่ตาราง 1 นำเสนอลักษณะสำคัญ ที่คาดว่าจะปรากฏได้ในขั้นตอนนั้น ๆ เป็นหลัก

### ตาราง 1

ความเชื่อมโยงระหว่างสะเต็มศึกษา และโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี กับขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มบีซีจี

ขั้นตอน	เป้าหมายของขั้นตอน	ความเชื่อมโยงกับสะเต็มศึกษา	ความเชื่อมโยงกับโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี
1. ทำความรู้จักปัญหา	การระบุและเลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไขผ่านสะเต็มบีซีจี	1) การนำเสนอสถานการณ์ที่สะท้อนปัญหาในชีวิตจริง 2) การระบุปัญหาที่สามารถแก้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	การคำนึงถึงโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีในการวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์รอบตัว
2. รู้จักธรรมชาติของนวัตกรรม	การตัดสินใจเลือกนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับบริบทของสถานการณ์	4) การดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหา	การใช้ลักษณะของโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีในมิติที่เหมาะสมในการตัดสินใจเลือกนวัตกรรม
3. วิเคราะห์ความเป็นไปได้ของนวัตกรรมในการใช้งาน	การทำความเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหา ผ่านมุมมองที่หลากหลาย ทั้งด้านข้อดี ข้อจำกัด และลักษณะการใช้งาน	3) การกำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัดที่สอดคล้องกับความเป็นจริงในการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา	การวิเคราะห์แนวทางแก้ปัญหาที่มีอยู่ ผ่านมุมมองเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว

## ตาราง 1 (ต่อ)

ความเชื่อมโยงระหว่างสะเต็มศึกษา และโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี กับขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มบีซีจี

ขั้นตอน	เป้าหมาย ของขั้นตอน	ความเชื่อมโยงกับ สะเต็มศึกษา	ความเชื่อมโยงกับโมเดล เศรษฐกิจบีซีจี
4. เชื่อมโยง นวัตกรรมกับ ผู้มีส่วนได้ ส่วนเสีย	การวิเคราะห์กลุ่มของผู้มีส่วนได้ ส่วนเสียของนวัตกรรม เพื่อให้ ออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาได้ อย่างเหมาะสม	3) การกำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัดที่ สอดคล้องกับความเป็นจริงใน การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา 9) การคำนึงถึงปัจจัยด้านความเป็นมิตร กับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และ ความคุ้มค่าของการสร้างชิ้นงาน ในการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา	การทำงานให้สอดคล้องกับ ความต้องการของบุคคลที่ สนับสนุนการยกระดับเศรษฐกิจ ด้วยแนวคิดโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี
5. กำหนด ขั้นตอนและ ผลลัพธ์ ตลอดการ- ดำเนินงาน	การวางแผนและกำหนดขั้นตอน การดำเนินการแก้ปัญหา ให้ สอดคล้องกับความเป็นไปได้ ในทางปฏิบัติตามบริบทผู้เรียน	5) การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่ง อาจเป็นชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา ที่ สอดคล้องกับเงื่อนไขและข้อจำกัด 6) การประเมินดำเนินการเป็นระยะเพื่อ ลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น	การเลือกวัสดุท้องถิ่น และ จัดเตรียมให้พร้อมกับการ แก้ปัญหา ผ่านมุมมองเศรษฐกิจ ชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และ เศรษฐกิจสีเขียว
6. ทดสอบ และประเมิน นวัตกรรม	ทดสอบแนวทางแก้ปัญหา และใช้ หลักฐานเชิงประจักษ์จากการ ทดสอบในการประเมิน ประสิทธิภาพของแนวทางดังกล่าว	7) การสร้างและทดสอบชิ้นงานหรือ วิธีการแก้ปัญหา 8) การยอมรับความล้มเหลวของ ผลการทดสอบ	การคำนึงถึงผลกระทบของ การทดสอบที่มีต่อชุมชนในมิติ เศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจ หมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว
7. สะท้อน การเรียนรู้ เพื่อการปรับ นวัตกรรม	สะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้จาก การลงมือปฏิบัติกิจกรรม เพื่อนำสู่ การวางแผนและปรับแนวทาง แก้ปัญหา	10) การใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การทำงานเป็นทีม และการสื่อสารเป็น เครื่องมือในการดำเนินการให้บรรลุ เป้าหมาย	การพิจารณาถึงคุณค่าของ นวัตกรรมที่มีต่อชุมชน ตามแนวคิดเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และ เศรษฐกิจสีเขียว

## ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มบีซีจี

ข้อมูลในส่วนนี้ ผู้เขียนนำเสนอตัวอย่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มบีซีจี สำหรับผู้เรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น บทเรียนเรื่อง “แก้วที่ใช่...ในวันวาเลนไทน์ (The Right Cup! for Valentine’s Day)”  
บทเรียนดังกล่าวมุ่งให้ผู้เรียนออกแบบสูตรของเครื่องดื่มที่ใช้วัตถุดิบจากท้องถิ่น โดยคำนึงถึงเศรษฐกิจชีวภาพ  
เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว

ผู้เขียนได้นำเสนอและถอดประสบการณ์การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มบีซีจี ที่เกิดขึ้นในช่วง  
เทศกาลวันวาเลนไทน์ ผู้เรียนสนใจเหตุการณ์ต่าง ๆ รอบตัวที่เกิดขึ้นในช่วงเทศกาลดังกล่าว และเป็นจุดเริ่มที่  
สำคัญของการส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของผู้เรียนในบทเรียนที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์รอบตัว ดังนั้น  
ผู้เขียนจึงมุ่งนำเสนอตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มบีซีจี ผ่านการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน ดังที่  
นำเสนอในหัวข้อต่อไป ทั้งนี้ การนำเสนอข้อมูลในแต่ละขั้นตอน ผู้เขียนนำเสนอเป้าหมาย กิจกรรมหลัก ตัวอย่าง

การจัดกิจกรรมที่สอดคล้องกับกิจกรรมหลัก และผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินกิจกรรม ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการนำกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้จริงกับผู้เรียน เพื่อเป็นประโยชน์ให้ผู้สอนสามารถปรับกิจกรรมที่นำเสนอให้สอดคล้องกับบริบทของผู้เรียน และบริบทชุมชนได้อย่างมีความหมาย

### ขั้นตอนที่ 1 ทำความรู้จักปัญหา

ขั้นตอนนี้มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนระบุและเลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไขผ่านสะเต็มศึกษา โดยผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ซึ่งอาจเป็นปัญหาที่ผู้เรียนเผชิญด้วยตัวเอง หรือปัญหาจากสถานการณ์จริงที่ครูนำเสนอในชั้นเรียนก็ได้ อย่างไรก็ตาม สถานการณ์ที่นำเสนอในชั้นเรียนอาจครอบคลุมปัญหาที่หลากหลาย ผู้เรียนจะต้องวิเคราะห์ว่า ปัญหาใดที่มีความสำคัญจำเป็น และสามารถแก้ไขปัญหานั้นได้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม รวมทั้งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของท้องถิ่น

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 1 ผู้สอนแสดงตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นรอบตัวของผู้เรียน และเชื่อมโยงไปสู่แนวทางการแก้ปัญหาที่มีอยู่ในปัจจุบัน และมีความแตกต่างจากแนวทางการแก้ปัญหาเดิม หลังจากนั้น ผู้เรียนจะร่วมกันศึกษาและอภิปรายข้อมูลของปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาพอสังเขป เพื่อนำสู่การจัดกลุ่มของปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าวตามเกณฑ์ที่ผู้เรียนกำหนดขึ้น ตัวอย่างของสถานการณ์ที่ผู้เขียนใช้ในขั้นตอนที่ 1 เช่น การซ่อมแซมถนนโดยใช้นวัตกรรมที่เรียกว่า พลาสติกถนน การอำนวยความสะดวกในการอาบน้ำโดยใช้นวัตกรรมที่เรียกว่า ตู้อาบน้ำมนุษย์ การนำแหวนเปิดมาแปรรูปเป็นของหวานที่รับประทานได้ โดยใช้นวัตกรรมที่เรียกว่า ไอศกรีมแหวนเปิด เป็นต้น

ผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ ผู้เรียนสร้างเกณฑ์ในการจำแนกหรือจัดกลุ่มปัญหาตามลักษณะของปัญหาที่พบจากสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น หากกำหนดเกณฑ์เป็นปัญหาที่แก้ได้ทันที จะสอดคล้องกับนวัตกรรมตู้อาบน้ำมนุษย์ เนื่องจากสามารถใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่ พร้อมนำประสบการณ์มาช่วยแก้ปัญหาได้ หากกำหนดเกณฑ์เป็นปัญหาที่ต้องการความรู้หรือเทคโนโลยีในการช่วยแก้ไข จะสอดคล้องกับนวัตกรรมพลาสติกถนน เนื่องจากผู้เรียนต้องทำความเข้าใจและเลือกเทคโนโลยีที่ส่งเสริมความยืดหยุ่นและความทนทานของพื้นผิว ซึ่งผู้เรียนอาจไม่มีประสบการณ์ดังเทคโนโลยีดังกล่าวมาก่อน เป็นต้น

### ขั้นตอนที่ 2 รู้จักธรรมชาติของนวัตกรรม

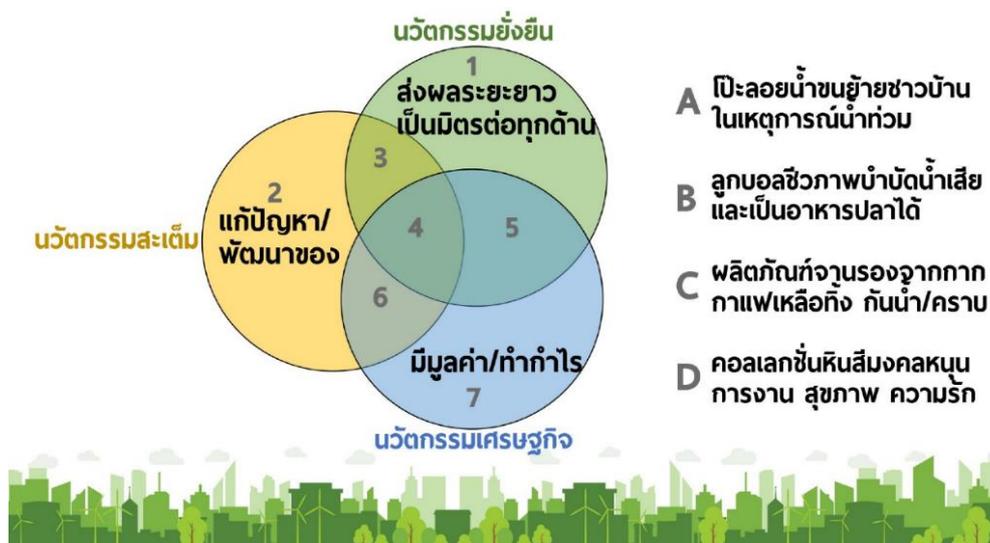
ขั้นตอนนี้มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนตัดสินใจเลือกนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับบริบทของสถานการณ์ โดยดำเนินการสำรวจตรวจสอบสถานการณ์ปัญหาและปัญหาที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาความเชื่อมโยงระหว่างนวัตกรรมที่ใช้งานอยู่กับเศรษฐกิจทั้ง 3 มิติ ของโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการต่อยอดจากแนวทางการแก้ปัญหาหรือนวัตกรรมที่มีอยู่ในปัจจุบัน ทั้งนี้ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์การวิเคราะห์นวัตกรรมการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ตัวอย่างกิจกรรมที่นำเสนอในขั้นตอนที่ 2 นี้ ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับสถานการณ์ในขั้นที่ 1

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 2 ผู้สอนนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหา 4 ตัวอย่าง ได้แก่ โป๊ะลอยน้ำขนย้ายชาวบ้านในเหตุการณ์น้ำท่วม ลูกบอลชีวภาพบำบัดน้ำเสียและเป็นอาหารปลา ผลิตภัณฑ์จากรองจากกากกาแฟเหลือทิ้ง กันน้ำ/คราบ และคอลเล็กชันหินสีมงคลหนุนการงาน สุขภาพ ความรัก ผู้เรียน

วิเคราะห์ความสอดคล้องของแนวทางดังกล่าวกับนวัตกรรมใน 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) นวัตกรรมยั่งยืน ซึ่งเป็นนวัตกรรมที่มีจุดเน้นในการลดผลกระทบมิติต่าง ๆ เช่น ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ลดผลกระทบต่อการใช้ทรัพยากรของคนรุ่นถัดไปเพื่อสนองความต้องการของคนรุ่นปัจจุบัน 2) นวัตกรรมสะเต็ม เป็นนวัตกรรมที่มีจุดเน้นในการแก้ปัญหาหรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ เพื่อความเป็นอยู่ที่สะดวกสบายของมนุษย์ โดยเน้นการบูรณาการความรู้จากหลายสาขาวิชาเพื่อยกระดับนวัตกรรมนั้นให้มีความสมบูรณ์ และ 3) นวัตกรรมเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นนวัตกรรมที่มีจุดเน้นในการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าเดิม หรือแปรรูปผลิตภัณฑ์ขึ้นใหม่เพื่อยกระดับวัสดุหรือวัตถุดิบนั้น ๆ ตัวอย่างแนวทางการแก้ปัญหา และความสอดคล้องกับรูปแบบของนวัตกรรม ดังเสนอดังภาพ 1

ภาพ 1

ตัวอย่างแนวทางการแก้ปัญหา และความสอดคล้องกับรูปแบบของนวัตกรรม



ผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นนี้ ผู้เรียนจะสามารถเชื่อมโยงโมเดลเศรษฐกิจสีเขียวกับแนวทางการแก้ปัญหาที่มีอยู่ได้บนพื้นฐานของหลักฐานและเหตุผลประกอบ ซึ่งอาจแตกต่างกันจากประสบการณ์เดิมของแต่ละบุคคล อาทิ หากสร้างโปะลอยน้ำ (ข้อ A) เพื่อแก้ปัญหาคารอพยพผู้คนและสามารถเป็นรายได้ให้ชุมชน จะสอดคล้องกับนวัตกรรมสะเต็มและนวัตกรรมเศรษฐกิจ (หมายเลข 6) ในทางกลับกัน หากมองว่าเป็นการใช้วัสดุชีวภาพมาใช้ในการสร้างโปะ ที่แก้ปัญหาดังกล่าว และยังเป็นสร้างรายได้ให้ชุมชน จะสอดคล้องกับนวัตกรรมทั้ง 3 รูปแบบ (หมายเลข 4) เป็นต้น จะเห็นได้ว่า ผู้สอนส่งเสริมให้ผู้เรียนวิเคราะห์ความเป็นไปได้ ความสมเหตุสมผล และความถูกต้องของคำถามที่แตกต่างจากคำตอบอื่น โดยไม่มุ่งตัดสินความถูกต้องของคำตอบโดยผู้สอน ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของผู้สอนในฐานะผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) ในการจัดประสบการณ์สะเต็มศึกษาตามแนวคิดสะเต็มปีซีจี ซึ่งจะช่วยให้สำรวจหาแนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลาย ก่อนจะเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องต่อเงื่อนไข

หรือข้อจำกัดนั้น ๆ บนพื้นฐานของความเหมาะสมได้ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการดำเนินการอย่างวิศวกภายใต้แนวคิดสะเต็มศึกษา (Faikhamta et al., 2020)

### ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ความเป็นไปได้ของนวัตกรรมในการใช้งาน

ขั้นตอนนี้มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนทำความเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาที่มีอยู่ ผ่านมุมมองเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว ทั้งด้านข้อดี ข้อจำกัด และลักษณะการใช้งาน เพื่อนำสู่การกำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัดที่สอดคล้องกับความเป็นจริงในการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นชิ้นงานหรือวิธีการก็ได้ (Roehrig et al., 2021)

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 3 ผู้สอนนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากรองแกวจากกากกาแฟเหลือทิ้ง (ข้อ C) จากสถานการณ์ในขั้นที่ 2 เป็นสิ่งเร้ากระตุ้นให้ผู้เรียนศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงานดังกล่าวอย่างเป็นระบบตามรูปแบบของนวัตกรรม โดยมุ่งเน้นการอภิปรายคุณค่าของการใช้กากกาแฟเหลือทิ้งในการทำผลิตภัณฑ์จากรองแกว ทั้งนวัตกรรมยั่งยืน นวัตกรรมสะเต็ม และนวัตกรรมเศรษฐกิจ ได้แก่ การพัฒนาความเป็นอยู่ของบุคคลในชุมชนให้ดีขึ้นอย่างคำนึงถึงคนรุ่นหลัง การแก้ปัญหาจากการใช้จากรองแกวกระดาษที่ย่อยง่ายเมื่อเปียกน้ำ และการสร้างมูลค่าของผลิตภัณฑ์จากรองแกวโดยใช้กากกาแฟเหลือทิ้งตามลำดับ

ผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้ ผู้เรียนจะพิจารณากำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัดของการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ที่สัมพันธ์กับรูปแบบนวัตกรรม ดังตาราง 2

#### ตาราง 2

ตัวอย่างเงื่อนไขและข้อจำกัดที่สอดคล้องกับรูปแบบนวัตกรรม ในการใช้กากกาแฟเหลือทิ้งในการทำผลิตภัณฑ์จากรองแกว

รูปแบบนวัตกรรม	ตัวอย่างแนวคิดของนวัตกรรม	ตัวอย่างการกำหนดเงื่อนไขหรือข้อจำกัด
นวัตกรรมยั่งยืน	นวัตกรรมที่มุ่งส่งเสริมความยั่งยืน ไม่สร้างปัญหาใหม่จากการแก้ปัญหาเดิม และไม่รุกรานสิทธิหรือทรัพยากรของผู้อื่น	ตัวต้นแบบที่ผลิตขึ้นสามารถย่อยสลายได้ ไม่ใช่แก้วหรือสารเคลือบเคมี ที่สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
นวัตกรรมสะเต็ม	นวัตกรรมที่มุ่งใช้การบูรณาการศาสตร์ตั้งแต่สองศาสตร์ขึ้นไปเพื่อแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ	ใช้ความรู้และเทคโนโลยีในการขึ้นรูปจากรองแกวจากกากกาแฟที่ทนทานต่อความชื้น
นวัตกรรมเศรษฐกิจ	นวัตกรรมที่มุ่งเน้นการลงทุนในการผลิต ใช้เทคโนโลยีเพื่อให้อัตราการผลิตสูงขึ้น รวมถึงการสร้างมูลค่าและทำกำไร	มีจุดเด่นในการถือตำแหน่งวางแก้ว สำหรับแก้วที่มีลักษณะหลากหลาย อย่างน้อย 3 รูปแบบ

### ขั้นตอนที่ 4 เชื่อมโยงนวัตกรรมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

ขั้นตอนนี้มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจธรรมชาติและความสัมพันธ์ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของนวัตกรรมที่ออกแบบเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ของท้องถิ่น โดยยังคงจำเป็นต้องคำนึงถึงเงื่อนไขและ

ข้อจำกัดในการออกแบบที่ได้ระบุไว้ในขั้นตอนที่ 3 ร่วมกับการคำนึงถึงผลกระทบต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในแนวทางการแก้ปัญหาผ่านมุมมองสะเต็มปีซีจีนั้น จะสอดคล้องกับลักษณะของผู้เรียนตามรูปแบบนวัตกรรม ได้แก่ นักสะเต็ม (STEMer) ตามรูปแบบนวัตกรรมสะเต็ม นักพัฒนาอย่างยั่งยืน (SDGs agent) ตามรูปแบบนวัตกรรมยั่งยืน และนักลงทุน (Investor) ตามรูปแบบนวัตกรรมเศรษฐกิจ ลักษณะของผู้เรียนแต่ละรูปแบบจะสะท้อนผ่านลักษณะย่อยที่พึงประสงค์และตัวชี้วัดของลักษณะผู้เรียน ดังตาราง 3

### ตาราง 3

ลักษณะของผู้เรียนจากกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มปีซีจี

ลักษณะผู้เรียน	ลักษณะย่อยที่พึงประสงค์	ตัวชี้ของวัดลักษณะผู้เรียน
นักสะเต็ม (ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง, 2564)	- นักแก้ปัญหา (problem solver) - นวัตกรรม (innovator) - นักสร้าง (maker)	- มุ่งอธิบายหลักการหรือปรากฏการณ์ - มุ่งสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกสบาย - มุ่งแก้ปัญหาหรือพัฒนาแนวทาง - มุ่งแก้ปัญหาหรืออธิบายความสัมพันธ์ด้วยเหตุผล
นักพัฒนาอย่างยั่งยืน	- ผู้แทนชีวมณฑล (biosphere agent) - ผู้แทนการยกระดับสังคม (social agent) - ผู้แทนการพัฒนาเศรษฐกิจ (economic agent)	- มุ่งแก้ไข ปัญหา ป้องกัน ประเด็นทางสิ่งแวดล้อม - มุ่งสร้างความเป็นอยู่ที่ดีในระดับสังคม - มุ่งยกระดับธุรกิจ เศรษฐกิจ แบบองค์รวม
นักลงทุน	- ผู้ประกอบการ (entrepreneur) - ผู้พัฒนาโครงการ (project manager) - นักกลยุทธ์การตลาด (marketing strategist)	- มุ่งใช้และยกระดับวัสดุชีวภาพ - มุ่งใช้แนวคิดหมุนเวียนในการดำเนินการ - มุ่งลดผลกระทบระยะยาว/เป็นมิตรต่อมิติแวดล้อม

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 4 ผู้เรียนได้รับโจทย์ให้วิเคราะห์จุดเด่น การใช้ประโยชน์ และผลกระทบของนวัตกรรม จากนวัตกรรมที่นำเสนอในขั้นตอนที่ 1 ผู้เรียนได้วิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ในขณะที่ดำเนินการออกแบบและสร้างนวัตกรรมตัวอย่างที่เลือกศึกษา เพื่อเชื่อมโยงไปสู่ลักษณะของผู้เรียนตามแนวทางสะเต็มปีซีจี ส่งผลให้ผู้เรียนได้ตระหนักถึงพฤติกรรมที่จะได้รับการพัฒนาเมื่อดำเนินการออกแบบและสร้างนวัตกรรมโดยตัวของผู้เรียนเองดังกล่าว

ผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้ หากผู้เรียนเลือกศึกษานวัตกรรมพลาสติกอร์ถนน ผู้ออกแบบได้ใช้ไฟเบอร์กลาสเป็นฐานของวัสดุเพื่อยึดกับกาวติดถนน ตามด้วยชั้นยางมะตอย และวัสดุแบบเดียวกับพื้นถนน ตามลำดับ ใช้งานโดยการแปะวัสดุดังกล่าวบนพื้นถนนในส่วนที่แตกร้า หรือพื้นถนนขรุขระ เพื่อช่วยให้พื้นถนนเหมาะสมกับการใช้งาน จัดเป็นนวัตกรรมสะเต็ม เนื่องจากมุ่งออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาถนนเป็นหลุมเป็นบ่อ แต่ไม่จัดเป็นนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน เนื่องจากเป็นแนวทางการแก้ปัญหาที่ใช้การได้เพียงชั่วคราว และไม่จัดเป็นนวัตกรรมเศรษฐกิจ เพราะไม่ได้พิจารณากำไรหรือมูลค่าจากการสร้างนวัตกรรม ดังนั้น ผู้เรียนจะได้รับการพัฒนาลักษณะด้านนักสะเต็มเป็นหลัก ผ่านการแก้ปัญหาโดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล เพื่อนำสู่การอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ดังตารางที่ 3 จึงอาจกล่าวได้ว่า เมื่อผู้เรียนได้ทำความเข้าใจรายละเอียดของนวัตกรรม

นั้น ๆ ก่อนตัดสินใจเลือกมีตินวัตกรรม และให้เหตุผลประกอบการเลือกมีติของนวัตกรรมตามมุมมองของตนเอง จะช่วยให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมมีโอกาสเลือกประเด็นที่ตนเองมีความสนใจจะศึกษาและสร้างเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายได้ สอดคล้องกับมุมมองของผู้สอน ในบทบาทเป็นผู้แนะนำและกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ผ่านการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า ประสบการณ์ที่ได้รับจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ และสามารถประยุกต์ความรู้ในสถานการณ์อื่นได้ (Stehle & Peters-Burton, 2019)

#### ขั้นตอนที่ 5 กำหนดขั้นตอนและผลลัพธ์ตลอดการดำเนินงาน

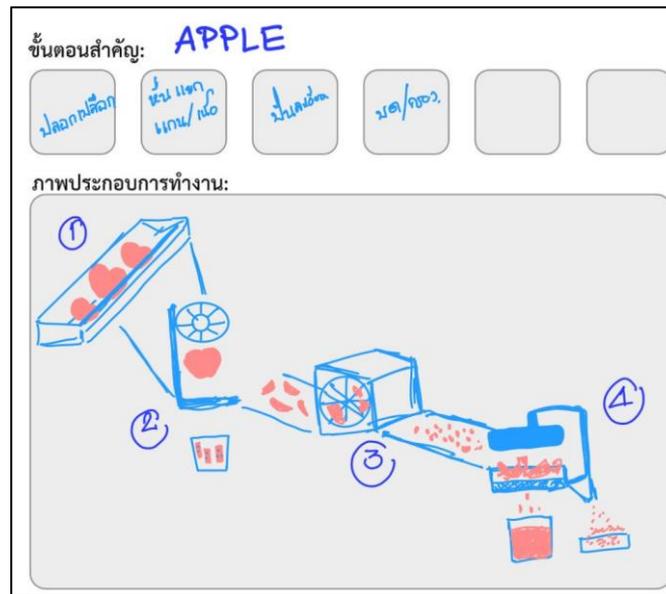
ขั้นตอนนี้มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนวางแผนและกำหนดขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหา ให้สอดคล้องกับความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติตามบริบทของผู้เรียนเอง พิจารณาเงื่อนไขและข้อจำกัดของการดำเนินงานและคำนึงถึงการเลือกใช้วัสดุท้องถิ่น และเตรียมให้พร้อมกับการแก้ปัญหา ผ่านมุมมองเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว รวมทั้งประเมินการดำเนินงานเป็นระยะ เพื่อลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 5 ผู้สอนมุ่งพัฒนาทักษะการพัฒนาแบบร่างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาผ่านการวางแผนร่วมกันระหว่างสมาชิกในกลุ่ม ผู้สอนจึงออกแบบกิจกรรมโดยให้ผู้เรียนแต่ละคนเลือกผลไม้คนละหนึ่งชนิด และออกแบบการทำงานของอุปกรณ์เพื่อใช้ในการเตรียมผลไม้ชิ้นนั้นให้เรียบร้อยก่อนนำไปใช้งานในขั้นตอนถัดไป เช่น หากผู้เรียนเลือกแอปเปิ้ล ซึ่งมีเปลือกบาง และมีขั้วเล็ก ผู้เรียนจะต้องวางแผนในการปอกเปลือกและตัดขั้วของแอปเปิ้ล ให้ยังคงขนาดของผลแอปเปิ้ล ก่อนนำแอปเปิ้ลที่ตัดแต่งแล้วไปใช้งานต่อไป ผู้เรียนจะต้องคำนึงถึงอุปกรณ์ที่ช่วยในการตัดแต่งผลไม้ดังกล่าวอย่างเป็นขั้นตอน ดังภาพ 2 ที่แสดงตัวอย่างการจำแนกขั้นตอนการทำงานของเครื่องเตรียมเนื้อหรือน้ำจากผลแอปเปิ้ล ซึ่งเป็นตัวอย่างการดำเนินงานของผู้เข้าร่วมกิจกรรม

ผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้ ผู้เรียนจะได้ฝึกวิเคราะห์หน้าที่ของอุปกรณ์และลำดับขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์ของเครื่องต้นแบบ ช่วยให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมกำหนดรายละเอียดแสดงการทำงานของเครื่องต้นแบบ และพัฒนาแบบร่างได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น ดังตัวอย่างการวางแผนขั้นตอนของการทำงานของเครื่องเตรียมเนื้อหรือน้ำจากผลแอปเปิ้ล ดังภาพ 3 อุปกรณ์นี้จะต้องมีกลไกการทำงานที่ครอบคลุมการทำงาน 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การปอกเปลือกแอปเปิ้ล 2) การหั่นและแยกแกนออกจากเนื้อแอปเปิ้ล 3) การปั่นเนื้อแอปเปิ้ล และ 4) การบดหรือกรองเนื้อแอปเปิ้ล

## ภาพ 2

ตัวอย่างการจำแนกขั้นตอนการทำงานของเครื่องเตรียมเนื้อหรือน้ำจากผลแอปเปิ้ล



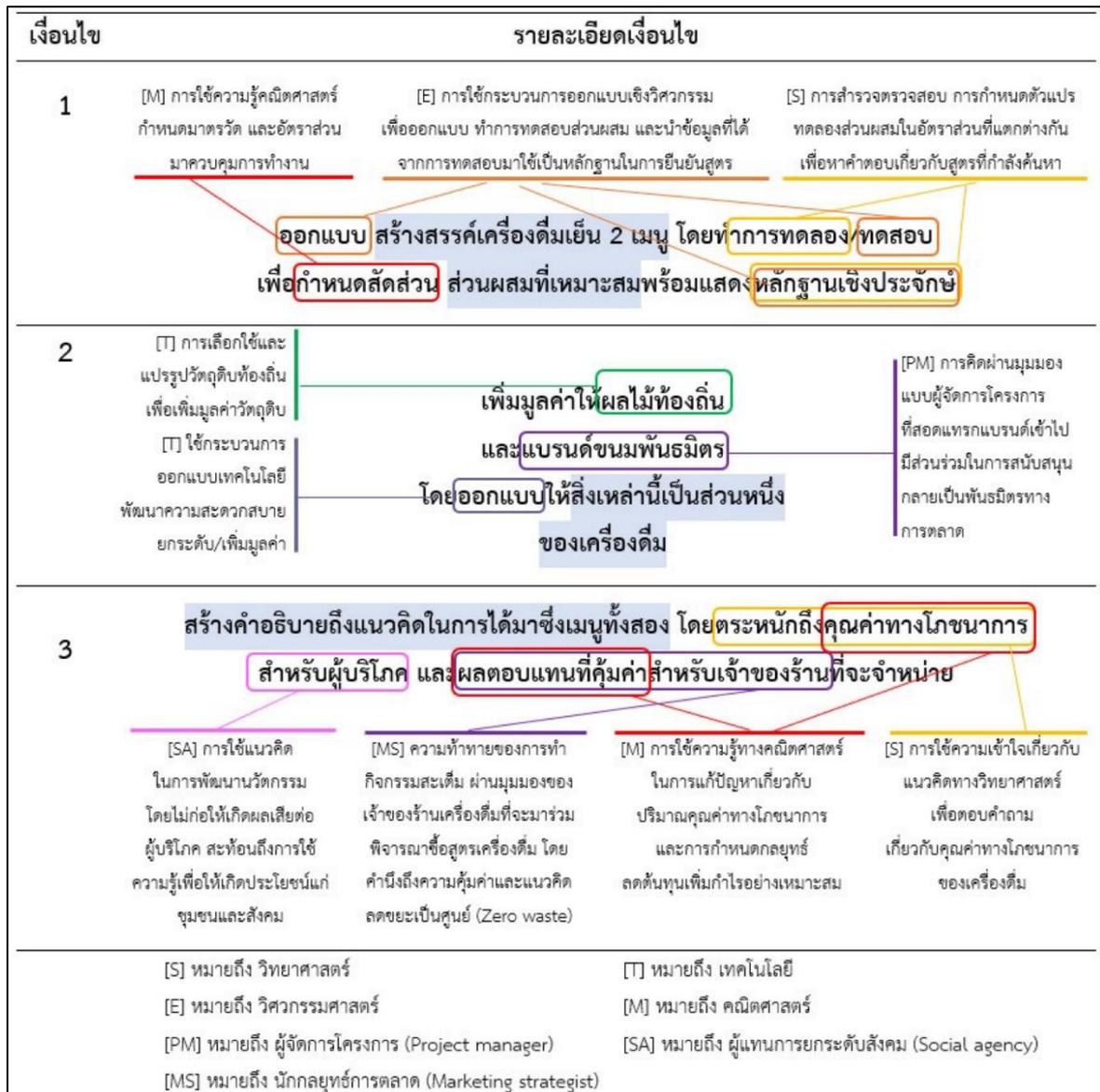
### ขั้นตอนที่ 6 ทดสอบและประเมินนวัตกรรม

ขั้นตอนนี้มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนทดสอบแนวทางแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ให้สอดคล้องกับบริบทของสถานการณ์ปัญหา และใช้หลักฐานเชิงประจักษ์จากการทดสอบในการประเมินประสิทธิภาพของแนวทางดังกล่าว หากผลการทดสอบยังไม่บรรลุเงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนดไว้ ผู้เรียนจะต้องสามารถยอมรับความล้มเหลวของผลการทดสอบ เพื่อนำข้อมูลความล้มเหลวดังกล่าวเป็นจุดตั้งต้นในการปรับแนวทางการแก้ปัญหาให้บรรลุเงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนด ทั้งนี้ แนวทางการแก้ปัญหาที่ออกแบบยังคงต้องได้รับการคำนึงถึงผลกระทบของการทดสอบที่มีต่อชุมชน ในมิติเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 6 ผู้สอนกำหนดสถานการณ์ให้ผู้เรียนออกแบบสูตรเมนูเครื่องดื่ม โดยพิจารณาจากมุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการดำเนินงานทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกิจกรรมสะเต็มปีซีจี เช่น หากพิจารณามุมมองนักกลยุทธ์การตลาด ผู้เรียนจะต้องพัฒนาสูตรเครื่องดื่มที่บ่งชี้ถึงข้อมูลทางโภชนาการเพื่อให้ผู้บริโภคพิจารณาตัดสินใจเลือกซื้อได้ เพื่อหลีกเลี่ยงการลองผิดลองถูกในการออกแบบสูตรเครื่องดื่มได้ หากพิจารณามุมมองผู้แทนการยกระดับสังคม ผู้เรียนจะต้องอธิบายที่มาของการยกระดับผลไม้ท้องถิ่นที่เลือกใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องดื่ม และแนวทางการใช้วัตถุดิบเหล่านั้นอย่างคุ้มค่า เป็นต้น ตัวอย่างเงื่อนไขการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ตามมิติของศาสตร์และกลุ่มคนที่เกี่ยวข้อง แสดงดังภาพ 3

## ภาพ 3

การวิเคราะห์เงื่อนไขในการทำงานอย่างชัดเจนกับผู้เข้าร่วมกิจกรรมสะเต็มปีซีจี โดยพิจารณาจากศาสตร์และมิติทาง  
การดำเนินงานทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกิจกรรมสะเต็มปีซีจี



ข้อมูลที่ปรากฏในภาพ 3 สรุปได้ดังนี้ เงื่อนไขประการที่ 1 แสดงถึงเป้าหมายในการสร้างนวัตกรรมที่เป็นเมนูเครื่องดื่มที่กำหนดส่วนผสมอย่างแม่นยำและสามารถทำซ้ำได้ จากกระบวนการสำรวจตรวจสอบและทดสอบจนได้มา พบว่ามุ่งเน้นการบูรณาการความรู้หรือหลักการจากวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ ร่วมกับคณิตศาสตร์เพื่อให้ลุล่วงได้

เงื่อนไขประการที่ 2 แสดงถึงแนวคิดของกระบวนการทางเทคโนโลยีที่มุ่งพัฒนาและเชื่อมต่อนวัตกรรมของเศรษฐกิจชีวภาพในลักษณะของการเพิ่มมูลค่าตัวอย่างผลไม้ที่เลือก ร่วมกับมิติของการดำเนินธุรกิจในแง่ของผู้จัดการโครงการที่เน้นการสร้างพันธมิตรอย่างสร้างสรรค์

เงื่อนไขประการที่ 3 แสดงถึงการหลอมรวมของการบอกเล่าถึงกระบวนการทำงานพร้อมทั้งสร้างความตระหนักถึงคุณค่าของผลิตภัณฑ์ของแต่ละกลุ่มสร้างขึ้นมา ผ่านมุมมองของผู้ที่มีส่วนร่วมตั้งแต่สองมุมมองขึ้นไป ในที่นี้คือการแสดงคุณค่าผ่านผลิตภัณฑ์ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค สร้างกำไรให้กับคู่ค้าที่มาร่วมประเมินและพิจารณาซื้อสูตรเครื่องดื่มที่คิดค้นขึ้น

ผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ ผู้เรียนได้รับการพัฒนาผ่านมุมมองนักพัฒนาอย่างยั่งยืน ในมิติของผู้แทนการยกระดับสังคม เป็นการใช้นวัตกรรมในการพัฒนานวัตกรรม โดยไม่เกิดผลเสียต่อผู้บริโภค ยกย่องเศรษฐกิจแบบองค์รวม และผ่านมุมมองนักลงทุน ในมิติของนักกลยุทธ์การตลาดนั้น ผู้เรียนทำความเข้าใจมุมมองของเจ้าของร้านเครื่องดื่มที่จะมาร่วมพิจารณาซื้อสูตรเครื่องดื่ม โดยคำนึงถึงความคุ้มค่า ซึ่งเป็นผลมาจากแนวคิดของการบูรณาการศาสตร์ที่ช่วยให้ผู้เรียนใช้ความรู้แก้ปัญหาในโลกจริง ที่ลักษณะปัญหาอาจมีความซับซ้อนและไม่สามารถแก้ได้ด้วยศาสตร์ใดศาสตร์หนึ่ง สอดคล้องกับเป้าหมายหลักของการบูรณาการสะเต็มศึกษา เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะบูรณาการรูปแบบใดก็ตาม (Bybee, 2013) และคำนึงถึงการนำจุดเด่นของธรรมชาติในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา เพราะในการทำงานจริงต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้นไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ (ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง, 2564)

### ขั้นตอนที่ 7 สะท้อนการเรียนรู้เพื่อการปรับนวัตกรรม

ขั้นตอนนี้มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรม เพื่อนำสู่การวางแผนและปรับแนวทางการแก้ปัญหา โดยใช้การใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การทำงานเป็นทีม และการสื่อสาร เป็นเครื่องมือในการดำเนินการให้บรรลุเป้าหมาย และยังคงต้องพิจารณาถึงคุณค่าของนวัตกรรมที่มีต่อชุมชน ตามแนวคิดเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นตอนที่ 7 ผู้สอนนำหลักฐานการทำงานของผู้เรียนระหว่างการดำเนินกิจกรรมมาเป็นข้อมูลในการสะท้อนการเรียนรู้ ระหว่างกิจกรรม ผู้เรียนได้สืบค้นสูตรการทำเครื่องดื่มที่มีอยู่และบันทึกข้อมูลอัตราส่วนสูตรเครื่องดื่มอย่างเป็นระบบ ก่อนเลือกสูตรที่เป็นไปได้และปรับสูตรให้เหมาะสมกับเงื่อนไขและสถานการณ์ที่กำหนด เพื่อพิสูจน์ว่าเครื่องดื่มตามสูตรนั้น ๆ มีรสชาติและการออกแบบที่สอดคล้องกับเงื่อนไขหรือไม่ อย่างไร โดยเสี่ยงการลองผิดลองถูกจากการผสมสัดส่วนของวัตถุดิบตามความชอบโดยปราศจากข้อมูลเชิงประจักษ์ และลดการใช้ความรู้สึกหรือความเชื่อส่วนตัวในการได้มาซึ่งคำตอบ

ผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า การบันทึกอัตราส่วนสูตรเครื่องดื่มประกอบการอภิปรายภายในกลุ่ม เพื่อลงข้อสรุปในการค้นหาเมนูที่มีอยู่ เป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้วิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูล เพื่อนำสู่การตัดสินใจเลือกสูตรเครื่องดื่มที่เป็นไปได้ ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลสูตรของเครื่องดื่มและผลการทดสอบ

### สรุป

การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา อาจไม่ได้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่จะต้องปรากฏในทุกคาบเรียน แต่ขึ้นอยู่กับเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้แต่ละบทเรียน หากผู้สอนวิทยาศาสตร์หรือสะเต็มศึกษา

ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มุ่งให้ผู้เรียนใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาที่พบในโลกจริงไปที่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ที่นำเสนอข้างต้น ร่วมกับการวิเคราะห์นวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา ผ่านมุมมองแนวคิดโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี ครอบคลุมการพัฒนาเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว และเชื่อมโยงกับการวิเคราะห์ความเฉพาะของกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการออกแบบนวัตกรรม จะส่งเสริมให้เกิดความเป็นไปได้ในการใช้นวัตกรรมที่ตอบสนองต่อความต้องการของชุมชนได้มากขึ้น

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- กรกนก เลิศเดชาภัทร และชาตรี ฝ่ายคำตา. (2564). กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม: กลไกขับเคลื่อนกิจกรรม  
 สะเต็ม. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 12(2), 356-368.
- ชาตรี ฝ่ายคำตา ณิชภัทร สุชนฤเศรษฐกุล สหรัษฎ์ ยกย่อง พงศธร ปัญญาณุกิจ ธาตุพร ประสพลาภ กนกเทพ  
 เมืองสง จินทิมา นิลอุบล และณมน น่วมเจริญ. (2565). แนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษา. *วารสาร  
 หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 13(2), 344-362.
- ชุตินา วิชัยดิษฐ และชาตรี ฝ่ายคำตา. (2564). การรับรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาของ  
 ครูวิทยาศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 23(2), 152-168.
- ปรียาภรณ์ คงแก้ว และปณัฐษรณณ์ จารุชัยนิวัฒน์. (2563). สภาพและปัญหาของครูในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้  
 แบบสะเต็มศึกษาสำหรับเด็กวัยอนุบาล. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*, 18(1), 281-300.
- ปฐมมาภรณ์ พิมพ์ทอง. (2564). *การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา*. วิสต้า อินเตอร์ ปริ้นท์.
- วุฒิชัย ภูดี. (2566). การพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตาม  
 แนวทางสะเต็มศึกษาแบบ 6E ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1  
 โรงเรียนชุมชนบ้านคำพอกท่าดอกแก้ว. *วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา*, 6(1), 105-199.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*. 17(2) 201-207.
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ [สวทช.]. (2563). *โมเดลเศรษฐกิจใหม่ BCG*.  
[https://www.nstda.or.th/home/knowledge\\_post/bcg-by-nstda/](https://www.nstda.or.th/home/knowledge_post/bcg-by-nstda/)

### ภาษาอังกฤษ

- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Project based learning integrated to stem to  
 enhance elementary school's students scientific literacy. *Journal Pendidikan IPA  
 Indonesia*, 5(2), 261-267.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA.

- Faikhamta, C., Lertdechapat, K., & Prasoblarb, T. (2020). The impact of a PCK-based professional development program on science teachers' ability to teaching STEM. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 43.
- Faikhamta, C., Srisarakorn, S., & Suknarusaitagul, N. (2024). Design-based STEM-BCG Learning for Sustainable Development: Design, Practices, and Outcomes. In *Cross-disciplinary STEM Learning for Asian Primary Students* (pp. 84-108). Routledge.
- Haryadi, R., & Pujiastuti, H. (2022). Enhancing Pre-service Physics Teachers' Higher-Order Thinking Skills Through STEM-PjBL Model. *International Journal of STEM Education for Sustainability*, 2(2), 156-171.
- Moore, T. J., Bryan, L. A., Johnson, C. C., & Roehrig, G. H. (2021). Integrated STEM education. In *STEM Road Map 2.0: A Framework for Integrated STEM Education in the Innovation Age* (pp. 25-42). Taylor and Francis.
- Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ring-Whalen, E., & Wieselmann, J. R. (2021). Understanding coherence and integration in integrated STEM curriculum. *International Journal of STEM Education*, 8, 1-21.
- Srikoom, W., Faikhamta, C., & Hanuscin, D. (2018). Dimensions of effective STEM integrated teaching practice. *K-12 stem Education*, 4(2), 313-330.
- Stehle, S. M., & Peters-Burton, E. E. (2019). Developing student 21st century skills in selected exemplary inclusive STEM high schools. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 1-15.
- Trairat, P., Somkun, S., Kaewchum, T., Suriwong, T., Maneechot, P., & Kiatsiroat, T. (2023). Biogas-powered small power generation system designed for the agricultural sector to support the BCG model in Thailand. *Engineering & Applied Science Research*, 50(6), 548-560.
- Walker, M. (2015). Imagining STEM higher education futures: Advancing human well-being. *Higher Education*, 70, 417-425.