การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต

นายเธียรดนัย เสริมบุญไพศาล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF AN INSTRUCTIONAL PROCESS BASED ON STRATEGIC PLANNING AND LATERAL THINKING APPROACHES TO ENHANCE CHEMISTRY INNOVATION ABILITIES OF UNDERGRADUATE STUDENTS

Mr. Thiendanai Sermboonpaisarn

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in Curriculum and Instruction
Department of Curriculum and Instruction
FACULTY OF EDUCATION
Chulalongkorn University
Academic Year 2019
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต
โดย	นายเธียรดนัย เสริมบุญไพศาล
สาขาวิชา	หลักสูตรและการสอน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย เสวกงาม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ศาสตราจารย์ ดร.พัชณิตา ธรรมยงค์กิจ

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย เสวกงาม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร.พัชณิตา ธรรมยงค์กิจ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาริณี ตรีวรัญญู)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เธียรดนัย เสริมบุญไพศาล : การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต. (DEVELOPMENT OF AN INSTRUCTIONAL PROCESS BASED ON STRATEGIC PLANNING AND LATERAL THINKING APPROACHES TO ENHANCE CHEMISTRY INNOVATION ABILITIES OF UNDERGRADUATE STUDENTS) อ. ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.วิชัย เสวกงาม, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ศ. ดร.พัชณิตา ธรรมยงค์กิจ

การวิจัยและพัฒนาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและศึกษาประสิทธิผลของกระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต แบ่งการดำเนินการเป็น 4 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพปัญหาและกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย ระยะที่ 2 การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ ระยะที่ 3 การศึกษาผลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น และระยะที่ 4 การปรับปรุงแก้ไขและพัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นหลังการทดลองใช้ กลุ่มตัวอย่างวิจัยได้จากการเลือกแบบเจาะจง คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ซึ่งลงทะเบียนในรายวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ระยะเวลาดำเนินการทดลอง 15 สัปดาห์ รวม 60 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีและแบบบันทึกการเรียนรู้ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าที และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต มีขั้นตอนของกระบวนการ 4 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 ระบุเป้าหมายจากปัญหา ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์ ขั้นที่ 3 ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์ ผลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น พบว่า นักศึกษามีระดับของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดี มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 78.41 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 11.74 และมีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า นักศึกษาที่เรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นมีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีสูงขึ้น สามารถสร้างนวัตกรรมทางเคมีจากการระบุปัญหาของกลุ่มเป้าหมายอย่างแท้จริง พร้อมทั้งวางแผนสร้างผลงานผสมผสานด้วยองค์ความรู้ทางด้านเคมีอย่างเป็นระบบด้วยแนวทางที่เหมาะสมกับตนเอง เพื่อนำไปสู่นวัตกรรมที่แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา หลักสูตรและการสอน ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5984210527 : MAJOR CURRICULUM AND INSTRUCTION

KEYWORD: Strategic Planning, Lateral Thinking, Chemistry Innovation Ability, Instructional Process

Thiendanai Sermboonpaisarn : DEVELOPMENT OF AN INSTRUCTIONAL PROCESS BASED ON STRATEGIC PLANNING AND LATERAL THINKING APPROACHES TO ENHANCE CHEMISTRY INNOVATION ABILITIES OF UNDERGRADUATE STUDENTS. Advisor: Asst. Prof. WICHAI SAWEKNGAM, Ph.D. Co-advisor: Prof. PATCHANITA THAMYONGKIT, Dr.rer.nat.

This current research and development research aimed to improve and study the effectiveness of an instructional process based on strategic planning and lateral thinking approaches to enhance chemistry innovation abilities of undergraduate students. The research procedures were divided into 4 phases: 1) studying the state and problem and determining a research framework; 2) developing the instructional model; 3) evaluating the effectiveness of the developed instructional process, and 4) improving the prior developed instructional process after the implementation. The participants were the fourth-year undergraduate students who registered the Chemistry of Natural Product course, selected by purposive sampling. The duration for implementing the instructional process was 15 weeks, 60 hours in total. The research instruments include the assessment form for chemistry innovation abilities and a learning log form. Data were analyzed using mean, standard deviation, and t-value and the qualitative data were subjected to the content analysis.

The research results can be concluded that the developed instructional process for enhancing chemistry innovation abilities of undergraduates were composed of an objective and 4 steps, as namely 1) set a problem-based goal, 2) analyze oneself and draw up a strategy, 3) implement the strategy, and 4) revise the strategy outcome. Having implemented the developed instructional process, the results revealed that the students had an average score of chemistry innovation ability at a good level with a mean of 78.41% and SD of 11.74. The average score was also greater than specific criteria (70%) with a statistical significance level of .05. The results also suggested that undergraduates have a higher innovation chemistry ability and can identify the target's problem and adopt the related chemistry knowledge for systematically designing the chemistry innovation with a suitable approach leading to efficient problem-solving chemistry innovation.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Curriculum and Instruction	Student's Signature .....
Academic Year:	2019	Advisor's Signature .....
		Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เกิดขึ้นจากการศึกษาและวิจัยภายในรั้วสถาบันอุดมศึกษาอันก่อตั้งขึ้นจากพระราชปณิธานของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว พระผู้พระราชทานกำเนิด และพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว พระผู้ทรงสถาปนาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อให้เป็นแหล่งรวมสรรพความรู้ที่สำคัญของประเทศ ยังประโยชน์ต่อแผ่นดินและนิกรชนไทยให้ยั่งยืนสืบไป ผู้วิจัยสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณเป็นล้นพ้นหาที่สุดมิได้

นอกจากนั้น ผู้วิจัยยังตระหนักอย่างชัดแจ้งว่า เพียงความเพียรและความรู้ของตน จะทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จมิได้เลย หากปราศจากความกรุณาจากปิยชนซึ่งให้โอกาส คำแนะนำ และขจัดปัดเป่าอุปสรรค รวมถึงให้กำลังใจ และเป็นกำลังเข้าช่วยเหลือ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย เสวกงาม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ศาสตราจารย์ ดร.พัชณิตา ธรรมยงค์กิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และได้ชี้แนะแนวทางรวมถึงคำแนะนำด้วยความเมตตา เชื่อถือไว้วางใจ และความอดทนอย่างยิ่ง กำกับให้ผู้วิจัยได้หาความรู้และดำเนินกระบวนการวิจัยด้วยตนเอง อันเป็นส่วนสำคัญยิ่งในการศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาริณี ตรีวรัญญู อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ กรรมการ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ความรู้และข้อเสนอแนะอย่างละเอียด เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องและกลั่นกรองให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์และมีคุณค่าอย่างยิ่ง

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนการศึกษาหลักสูตรดุษฎีบัณฑิต 100 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย ตลอดหลักสูตรแก่ผู้วิจัย และขอขอบพระคุณกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนวิจัย 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รุ่นที่ 45 ปีงบประมาณ 2562 แก่ผู้วิจัย อันมีส่วนเอื้ออำนวยให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิจากหน่วยงานต่าง ๆ ทุกท่านที่กรุณาอนุเคราะห์ ทั้งการให้ข้อมูลหรือคำแนะนำที่มีประโยชน์ในงานวิจัย การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย รวมถึงขอขอบพระคุณคณาจารย์ในสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาทุกท่านที่อนุเคราะห์ข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการจัดการชั้นเรียน ทำให้การทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนในงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยสวัสดิภาพ และขอขอบใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นักศึกษากลุ่มตัวอย่างทุกคนที่ร่วมมืออย่างดียิ่งตลอดระยะเวลาการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอน และเก็บรวบรวมเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำหลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน และคณาจารย์ในภาควิชาหลักสูตรและการสอนทุกท่านที่ช่วยเหลือเกื้อกูล ให้กำลังใจ และคำแนะนำอันอุดมไปด้วยประโยชน์ทั้งด้านวิชาการและการดำเนินชีวิตแก่ผู้วิจัย และขอบคุณกัลยาณมิตรทุกคนจากทั้งในสาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาต่าง ๆ ในคณะครุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ และชมรมนักร้องประสานเสียง สโมสรนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มิอาจเอ่ยนามได้หมด สำหรับความรัก ความปรารถนาดี และความช่วยเหลือต่าง ๆ ในระหว่างการศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ท้ายที่สุดและจะขาดมิได้ ผู้วิจัยขอกราบแทบเท้าขอบพระคุณนายสมชาย เสริมบุญไพศาล บิดา นางสุรีย์ สิงหกีรติวงศ์ มารดา ผู้เป็นแบบอย่างของความพากเพียรอดทน และเป็นแรงบันดาลใจให้ลูกตั้งใจเล่าเรียนจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้ รวมถึงญาติพี่น้องทุกคนที่ช่วยเหลือสนับสนุนเคียงข้างตลอดมา

คุณค่าคุณูปการอันเกิดขึ้นจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของบิดามารดาและครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมเลี้ยงดู และประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้มาตลอดชีวิต ข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พึงมีนั้น ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

เธียรดนัย เสริมบุญไพศาล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ช

สารบัญภาพ ..... ญ

สารบัญตาราง ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

คำถามการวิจัย 11

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 11

สมมติฐานงานวิจัย 11

ขอบเขตของการวิจัย 12

นิยามศัพท์เฉพาะ 13

ประโยชน์ที่ได้รับ 16

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

1. ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี 18

2. แนวคิดการวางแผนกลยุทธ์ 43

3. แนวคิดการคิดนอกกรอบ 59

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 70

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 78

ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพปัญหาและกำหนดกรอบแนวคิดในงานวิจัย 80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระยะที่ 2 การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ 96
ระยะที่ 3 การศึกษาผลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น 113
ระยะที่ 4 การปรับปรุงแก้ไขและพัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นหลังการทดลองใช้ 131
บทที่ 4 ผลการวิจัย 135
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ 135
ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต 145
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 172
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 172
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 172
สรุปผลการวิจัย 173
อภิปรายผลการวิจัย 176
ข้อเสนอแนะ 192
บรรณานุกรม 196
ภาคผนวก 208
ผนวก ก — รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ 209
ผนวก ข — คู่มือการใช้กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต 212
ผนวก ค — ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนการสอน 225
ผนวก ง — เครื่องมือที่ใช้ในเก็บรวบรวมข้อมูล 239
ผนวก จ — ผลการสอบถามความคิดเห็นและผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยจากผู้ทรงคุณวุฒิ 246

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผนวก ฉ — ตัวอย่างผลงานนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษา 252

ประวัติผู้เขียน 259

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 2

ภาพที่ 2 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย 79

ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ของสาระสำคัญและร่างหลักการของแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์ 92

ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ของสาระสำคัญและร่างหลักการของแนวคิดการคิดนอกกรอบ 95

ภาพที่ 5 กรอบแนวคิดในการวิจัย 96

ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างร่างหลักการของแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ และร่างหลักการของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น 98

ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างร่างหลักการและร่างขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น 107

ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น 144

ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ของสรุปสาระสำคัญและหลักการของแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์ 214

ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ของสรุปสาระสำคัญและหลักการของแนวคิดการคิดนอกกรอบ 216

ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างหลักการของแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ และหลักการของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นตาม 217

ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างหลักการและขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น . 218

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบขั้นตอนการสร้างนวัตกรรม 22

ตารางที่ 2 การสังเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี 32

ตารางที่ 3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการสร้างนวัตกรรม 40

ตารางที่ 4 การสรุปขั้นตอนของกระบวนการวางแผนกลยุทธ์ 57

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบลักษณะการคิดนอกกรอบและการคิดในกรอบ 62

ตารางที่ 6 การปรับปรุงการให้คำนิยามและกำหนดองค์ประกอบของนวัตกรรมทางเคมี และความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี 87

ตารางที่ 7 ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิและการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการเรียนการสอน 110

ตารางที่ 8 รายละเอียดการแก้ไขกระบวนการเรียนการสอนฉบับร่างตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ 111

ตารางที่ 9 รายละเอียดการจัดทำแผนการจัดการเรียนการสอน 114

ตารางที่ 10 ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิและการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนการสอน 115

ตารางที่ 11 องค์ประกอบของการวัดความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีและตัวบ่งชี้ 117

ตารางที่ 12 ตัวอย่างการกำหนดคำอธิบายพฤติกรรมบ่งชี้ในแต่ละระดับคุณภาพ 119

ตารางที่ 13 การกำหนดน้ำหนักคะแนนและคะแนนในแต่ละองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี 120

ตารางที่ 14 กำหนดการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นในรายวิชาเคมีของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต 125

ตารางที่ 15 รายละเอียดการเก็บรวบรวมข้อมูล 129

ตารางที่ 16 กรอบการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัย 130

ตารางที่ 17 รายละเอียดปัญหา อุปสรรค และข้อค้นพบ เพื่อปรับปรุงแก้ไขกระบวนการเรียนการสอนหลังการทดลองใช้ 131

ตารางที่ 18 แนวทางการจัดกิจกรรมและพฤติกรรมการเรียนการสอนในขั้นที่ 1 ตั้งเป้าหมายจากปัญหา 138

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 19 แนวทางการจัดกิจกรรมและพฤติกรรมการเรียนการสอนในขั้นที่ 2 วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์ 140

ตารางที่ 20 แนวทางการจัดกิจกรรมและพฤติกรรมการเรียนการสอนในขั้นที่ 3 ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม 141

ตารางที่ 21 แนวทางการจัดกิจกรรมและพฤติกรรมการเรียนการสอนในขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์ 143

ตารางที่ 22 คะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาในภาพรวมหลังเรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น 146

ตารางที่ 23 คะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษารายบุคคลหลังเรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นจำแนกตามองค์ประกอบย่อยของความสามารถ 147

ตารางที่ 24 คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและดัชนีความสอดคล้องในรายการประเมินนิยามและองค์ประกอบของนวัตกรรมทางเคมี และความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี 246

ตารางที่ 25 คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเหมาะสมของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น 247

ตารางที่ 26 คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์และรายละเอียดในรายการประเมินกระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ 248

ตารางที่ 27 คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์และรายละเอียดในรายการประเมินคู่มือการใช้กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ 249

ตารางที่ 28 ดัชนีความสอดคล้องในรายการประเมินแผนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นในรายวิชาเคมีของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ 249

ตารางที่ 29 คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์และรายละเอียดในรายการประเมินแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี 250

ตารางที่ 30 คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์และรายละเอียดในรายการประเมินข้อคำถามในบันทึกการเรียนรู้ 251

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสังคมโลกยุคศตวรรษที่ 21 กำลังเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงอย่างยิ่งใหญ่ เช่น การปรับตัวของเศรษฐกิจโลกแบบหลายศูนย์กลาง การเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างต่อเนื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก การเผชิญปัญหาความมั่นคงทางอาหารและพลังงาน บทบาทของเทคโนโลยีดิจิทัลรวมถึงความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้โฉมหน้าของศตวรรษนี้แตกต่างจากศตวรรษก่อนหน้าอย่างสิ้นเชิง อุตสาหกรรมในอดีตต่างถูกแทนที่ด้วยเศรษฐกิจและการบริการภายใต้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอันทันสมัย ขับเคลื่อนด้วยเครื่องจักรเพิ่มผลผลิตแทนการใช้แรงงานแบบเดิม จนทำให้รูปแบบการผลิตกลายเป็นอุตสาหกรรม และเกิดพฤติกรรมบริโภคนิยม ก้าวเข้าสู่ความทันสมัย มุ่งเน้นในเรื่องความคิดสร้างสรรค์และการแข่งขันเพื่อแก้ปัญหา เพื่อทำให้เกิดแนวทางแก้ปัญหาใหม่ที่มีมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีรูปแบบการดำเนินธุรกิจและวิถีชีวิตของคนในสังคม ซึ่งมีผลต่อคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ของประชาชนในวงกว้าง (เธียรดนัย เสริมบุญไพศาล, สุธิญา พูนเอียด และจุฑาคภัสติ์ รัตนพันธ์, 2561, น.4; สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559, น.2)

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ทำให้องค์กรต่าง ๆ ทุกภาคส่วนต้องปรับตัวรับมือกับสภาพแวดล้อมทางธุรกิจและความต้องการที่เกิดขึ้นใหม่ เพื่อความอยู่รอดและความได้เปรียบในการแข่งขัน ตัวแปรหรือกุญแจสำคัญที่ทุกฝ่ายเห็นพ้องต้องกันว่าสามารถนำองค์กรไปสู่ความสำเร็จในการเปลี่ยนแปลงนี้ได้ คือ นวัตกรรม (Ahn & Kim, 2017; Yeşil & Doğan, 2019, pp. 1-2) เนื่องด้วยนวัตกรรมเป็นปัจจัยสำคัญของการสร้างสรรค์หรือการปรับปรุงประสิทธิภาพ รวมถึงเป็นเครื่องมือในการเปลี่ยนแปลงระบบเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมทางธุรกิจเพื่อช่วงชิงการเติบโตในตลาดผู้บริโภค ดังนั้นปัจจุบันประเทศต่าง ๆ จึงมุ่งส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรมและปัจจัยที่ส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรม เพื่อหวังให้การสร้างนวัตกรรมในองค์กรของประเทศตนเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด (Bell, Chetty, Jaravel, Petkova, & Van Reenen, 2018, p. 648; San-Valero et al., 2019, p. 114) การพัฒนาสังคมไทยในศตวรรษที่ 21 จึงเป็นความท้าทายอย่างยิ่งที่จะเร่งรัดพัฒนาจากประเทศที่ขับเคลื่อนด้วยประสิทธิภาพ (Efficiency-driven) มาเป็นการขับเคลื่อนบนฐานนวัตกรรม (Innovation-driven) ด้วยการผลักดันให้การใช้และพัฒนานวัตกรรมเป็นเครื่องมือสำคัญที่ขับเคลื่อนและพัฒนาประเทศในมิติต่าง ๆ (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ, 2553)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัญหาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการปรับตัวเพื่อดำรงอยู่ในยุคปัจจุบัน คือ การวิจัยและการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อรองรับการสร้างสรรค์นวัตกรรมให้เกิดขึ้นในสังคมได้ จะต้องพึ่งพาอาศัยการศึกษาเป็นเครื่องมือสำคัญผ่านการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และทักษะชีวิตใหม่ ๆ ให้กับประชากรของประเทศ หรือกล่าวได้ว่า ต้องสร้างศักยภาพในการสร้างสรรค์นวัตกรรมให้เกิดขึ้น ดังนั้นทุกสาขาอาชีพจึงต้องการบุคลากรที่มีความคิดสร้างสรรค์และสามารถแปลงความคิดสร้างสรรค์นั้นไปเป็นนวัตกรรมได้ (Brunhaver, Korte, Barley, & Sheppard, 2017, p. 129) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาผู้เรียนสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ต้องมุ่งเน้นสร้างผู้เรียนที่มีความรู้ความสามารถในการพัฒนาให้เกิดนวัตกรรมในแวดวงอุตสาหกรรมที่หลากหลาย เมื่อผู้เรียนก้าวเข้าสู่ตลาดแรงงานสามารถประกอบอาชีพและดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพ ทักษะที่สำคัญในยุคปัจจุบันที่การจัดการศึกษาจะต้องให้ความสำคัญและพยายามปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ใหม่ คือ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (21st Century Skills) ซึ่งสอดคล้องกับกรอบแนวคิดในการพัฒนาความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมของบุคคลโดยตรง ผ่านทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning & Innovation Skills) หรือ 4Cs ที่ประกอบด้วย การคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking) ทักษะการสื่อสาร (Communication) ทักษะการทำงานร่วมกัน (Collaboration) และทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) (Battelle for Kids, 2019) อันจะนำไปสู่ความสามารถและศักยภาพในการสร้างสรรค์นวัตกรรม รวมถึงสร้างประสิทธิภาพและผลิตภาพขององค์กรได้ดีขึ้น จากความสำคัญดังกล่าวการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนสามารถคิดค้น เสาะหา และสร้างองค์ความรู้ที่เป็นนวัตกรรมในยุคปัจจุบัน จึงเป็นอีกสิ่งสำคัญที่สถาบันการศึกษาควรตระหนักและพัฒนาคุณลักษณะดังกล่าวให้เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ (Zhang, Li, Li, Skitmore, & Ballesteros-Pérez, 2019)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21
(Battelle for Kids, 2019)

นอกจากนั้น สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2559, น.3) ยังกำหนดแนวทางการปรับระบบการศึกษาในอนาคต ซึ่งสาระสำคัญข้อหนึ่ง คือ การพัฒนาการศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์นวัตกรรม โดยการสนับสนุนการผลิตและพัฒนานักวิจัย ผู้สร้างและนักพัฒนานวัตกรรมในสาขาต่าง ๆ อีกทั้ง ส่งเสริมการสร้างเครือข่ายการวิจัยทั้งในและต่างประเทศ ดังนั้นสถาบันอุดมศึกษาจึงมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลง ผ่านการพัฒนาบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์และนักวิจัยให้เพียงพอทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยให้ความสำคัญกับการส่งเสริมการผลิตและพัฒนาบุคลากรวิจัยในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่รู้จักบูรณาการการเรียนรู้กับการทำงานจริง ส่งผลให้การจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรจึงต้องปรับให้เหมาะสมภายใต้บริบทของการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยี เศรษฐกิจและสังคม ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างนวัตกรรมหรือผลงานที่ตอบสนองต่อสังคม และทำให้เกิดการแข่งขันได้ในทุกสถานการณ์ เพื่อพัฒนาผู้เรียนที่มีประสิทธิภาพสู่ตลาดแรงงานที่ต้องการผู้มีความสามารถในการแข่งขันสูง (Keinänen & Kairisto-Mertanen, 2019, p. 18) ด้วยเหตุนี้บทบาทของครูผู้สอนจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนจากการเป็นผู้ป้อนความรู้เพียงฝ่ายเดียวมาเป็นผู้ส่งเสริม และเอื้ออำนวยการเรียนรู้แก่ผู้เรียนแทน และพยายามส่งเสริมให้เรียนรู้แลกเปลี่ยนช่วยเหลือกันและกัน ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมในชั้นเรียนระดับปริญญาบัณฑิตให้เกิดขึ้นและประสบผลสำเร็จ จึงต้องอาศัยปัจจัยและองค์ประกอบร่วมหลายประการ เช่น ความคิดสร้างสรรค์ ความรู้ในการสร้างนวัตกรรม การจัดการความรู้ แรงจูงใจ ภาวะผู้นำ และการจัดสภาพแวดล้อม ซึ่งปัจจัยส่วนใหญ่สามารถส่งเสริมให้เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอน (วราลี ฉิมทองดี และ วรรณี แกมเกตุ, 2558) ด้วยการดำเนินการ 4 ประการที่สำคัญ (Xu & Chen, 2010, pp. 52-53) คือ

1. *เรียนรู้ความรู้พื้นฐาน (Learning Basic Knowledge)* เนื่องจากความรู้พื้นฐานจะเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างพื้นฐานที่จำเป็นต่อการนำไปใช้ต่อยอดความรู้และทักษะในขั้นสูง ทั้งความรู้ในวิชาชีพทั้งพื้นฐานและขั้นสูง ความคิดสร้างสรรค์ รวมถึงองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมอื่น ๆ

2. *ฝึกคิดอย่างสร้างสรรค์ (Training Creative Thinking) การ*ฝึกคิดในที่นี่ไม่ได้หมายถึงความคิดสร้างสรรค์แต่เพียงอย่างเดียว แต่รวมถึงการคิดพื้นฐานต่าง ๆ เช่น ความคิดเชิงตรรกะ (Logical Thinking) จินตนาการ (Imaginal Thinking) การคิดเพื่อสร้างแรงบันดาลใจ (Inspirational Thinking) การคิดอย่างครอบคลุมเช่นนี้มีส่วนช่วยในการสร้างผลงานที่เป็นนวัตกรรม หรือนำไปสู่การคิดเชิงนวัตกรรม

3. *เรียนรู้เทคนิคใหม่ ๆ (Learning Innovative Techniques)* เทคนิคในที่นี้คือกลวิธีการที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้นำความรู้ที่ตนเองมี มาแลกเปลี่ยนกับผู้อื่นเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น เช่น การระดมสมอง การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ประชุมกลุ่มย่อยเพื่อปฏิบัติการต่าง ๆ

4. *ฝึกสร้างนวัตกรรม (Innovative Practice)* การสร้างนวัตกรรมให้สำเร็จถือเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญของความสามารถในการสร้างนวัตกรรม ดังนั้นการฝึกปฏิบัติเพื่อสร้างนวัตกรรมจะเป็นการฝึกฝนและบูรณาการความคิด แนวคิด ทักษะ เทคนิคเชิงนวัตกรรม รวมถึงความรู้ที่ผู้เรียนมีอยู่เพื่อแก้ไขปัญหาและสร้างสรรค์ผลผลิตเป็นนวัตกรรมออกมา

แนวโน้มและประเด็นในการพัฒนานวัตกรรมยังแสดงให้เห็นว่าเป็นสิ่งสำคัญที่อยู่ในกระแสสังคม ดังจะเห็นยังได้จากเอกสารและงานวิจัยระดับนานาชาติในช่วงทศวรรษที่ผ่านมานำเสนอการส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการสร้างนวัตกรรมในการจัดการเรียนการสอนระดับอุดมศึกษาเป็นจำนวนมาก ทั้งที่เกี่ยวข้องกับกรอบแนวคิดของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมโดยทั่วไป เพื่อนำไปกำหนดแนวทางในการจัดการเรียนการสอน (Chen, Li, Li, Zhang, & Dong, 2013; Hero, Lindfors, & Taatila, 2017; Rajapathirana & Hui, 2018; Reyes, 2018; Yeşil & Doğan, 2019; Yusr, Othman, & Mokhtar, 2012) ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการสร้างนวัตกรรม (Bell et al., 2018; Brand, Hendy, & Harrison, 2015; de Villiers Scheepers & Maree, 2015; Distanont & Khongmalai, 2018; Gundry, Ofstein, & Kickul, 2014; Hu, Wan, Yang, & Shen, 2018; Keinänen & Kairisto-Mertanen, 2019; Lu & Liu, 2016) การประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมด้วยวิธีการต่าง ๆ (Keinänen, Ursin, & Nissinen, 2018; Li, 2014; Saunila & Ukko, 2012; Vicente, Abrantes, & Teixeira, 2015; Zhang & Fu, 2013) วิธีการหรือแนวทางในการจัดการหลักสูตรและการสอนที่ส่งเสริมให้เกิดการสร้างสรรค์นวัตกรรมในแวดวงต่าง ๆ (Brunhaver et al., 2017; Dubickis & Gaile-Sarkane, 2017; Heinis, Goller, & Meboldt, 2016; Lehr & Auch, 2017; Li & Wang, 2012; Lu, Yao, & Zheng, 2013; Momete, 2015; San-Valero et al., 2019; Seechaliao, 2017; Shavinina, 2012; Zhang et al., 2019) ยิ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาขีดความสามารถในการสร้างนวัตกรรมของผู้เรียนระดับปริญญาบัณฑิตในสาขาวิชาต่าง ๆ อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ รวมไปถึงความสำคัญและจำเป็นในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมในระดับอุดมศึกษาทุกสาขาวิชา (Martín, Potočnik, & Fras, 2015)

แต่ทว่าในสภาพการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันยังเกิดปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมของผู้เรียนระดับปริญญาบัณฑิตอย่างต่อเนื่อง เช่น ผู้เรียนมีความตระหนักรู้ต่อความสำคัญของนวัตกรรมในสาขาวิชาชีพของตนเองในระดับต่ำ (Jun & Jing, 2017) การจัดการเรียนการสอนที่เพิกเฉยต่อความสงสัยใคร่รู้หรือความต้องการที่แท้จริงของผู้เรียน หรือการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีปฏิบัติแบบเดิมที่ไม่ให้ความสำคัญกับความคิดสร้างสรรค์ (Nordin & Malik, 2015, p. 94) ซึ่งเป็นการปิดกั้นการส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมโดยตรง ในประเทศไทยนั้น พบปัญหาการจัดการเรียนการสอนที่ทำให้การพัฒนานวัตกรรมในผู้เรียน

ระดับปริญญาบัณฑิตยังไม่ประสบความสำเร็จในการเตรียมทุนมนุษย์หรือผู้เรียนให้พร้อมที่จะก้าวเข้าสู่สังคมในยุคโลกาภิวัตน์ กล่าวคือ การศึกษาไทยยังไม่สามารถพัฒนาคนให้มีลักษณะมองกว้าง คิดไกล ใฝ่รู้ และไม่เน้นกระบวนการที่ให้ผู้เรียนได้พัฒนาในด้านการคิด วิเคราะห์ การแสดงความคิดเห็น และการเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง (ปานเพชร ร่มไทร, 2558, น.1) ผู้วิจัยพบว่าสามารถแบ่งปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตออกเป็นด้านต่าง ๆ ได้ดังนี้

ด้านหลักสูตร คือ หลักสูตรเน้นความเป็นวิชาการเฉพาะสาขาวิชานั้น ๆ ทำให้การจัดการเรียนการสอนเน้นให้ผู้เรียนเชี่ยวชาญในเฉพาะสาขาวิชา ไม่บูรณาการตามเป้าหมายวิชาพื้นฐานอย่างแท้จริงเพื่อสร้างบัณฑิตที่มีความรู้สมบูรณ์ในสาขาวิชาที่เรียน (สินชัย เล็กวานิชกุล และอัจฉรียา นันทศิริพล, 2562, น. 668-669)

ด้านผู้สอน คือ ผู้สอนนิยมจัดการเรียนการสอนส่วนใหญ่ด้วยวิธีการบรรยาย ในบางรายวิชามีจำนวนนักศึกษาต่อห้องเรียนจำนวนมาก นอกจากนั้นยังมีวิธีการสอนอื่น ๆ เช่น การทดลองในห้องปฏิบัติการ การอภิปรายซักถาม การสัมมนา การฝึกปฏิบัติงาน การบรรยายให้ความรู้ (สุพจน์ หารหนองบัว, 2559 อ้างถึงในไพฑูรย์ สินลารัตน์ และคณะ, 2560) การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการดังกล่าวส่งผลถึงผู้เรียนโดยตรง เพราะไม่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีโอกาสได้แสดงออกหรือลงมือปฏิบัติจริง รูปแบบการสอนหลักที่ใช้ทำให้เกิดการถ่ายเทความรู้ แต่ไม่ถ่ายเทความคิดเป็นทำเป็น มุ่งเน้นการท่องจำ ไม่สามารถพัฒนาความสามารถในการชิ้นงานได้ ทำให้การเรียนการสอนไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง รวมถึงการสอนเป็นกลุ่มใหญ่ยังทำให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนและผู้เรียนในชั้นเรียนเกิดขึ้นน้อย

ด้านผู้เรียน คือ บุคลิกภาพของบัณฑิตยังบกพร่องในด้านการแสดงความคิดสร้างสรรค์ ขาดทักษะและประสบการณ์ในการค้นคว้าวิจัย (ไพฑูรย์ สินลารัตน์ และคณะ, 2560) อันเป็นปัจจัยพื้นฐานสำคัญของการสร้างนวัตกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้ตามหลักสูตร การขาดความสามารถและทักษะในการวางแผนและบริหารจัดการของผู้เรียนยังส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการสร้างนวัตกรรมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากผู้เรียนไม่สามารถออกแบบและพัฒนางานได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

ด้านสื่อและการสนับสนุนการเรียนรู้ คือ แหล่งการเรียนรู้ ตำรา และอุปกรณ์การศึกษามีคุณภาพต่ำและล้าสมัย ไม่สามารถเป็นคลังแห่งความรู้ที่เพียงพอให้แก่คณาจารย์และผู้เรียนได้ นอกจากนั้นการลงทุนการวิจัยของรัฐบาลยังอยู่ในระดับต่ำ การมีส่วนร่วมของสถานประกอบการในการจัดการเรียนการสอนมีน้อย ทำให้ผู้เรียนขาดการเรียนรู้ใหม่ และขาดการวิจัยและพัฒนาด้วยตนเอง (สุพจน์ หารหนองบัว, 2559 อ้างถึงในไพฑูรย์ สินลารัตน์ และคณะ, 2560)

อย่างไรก็ดี ผู้วิจัยศึกษาสภาพปัญหาเกี่ยวกับการสร้างนวัตกรรมของนักศึกษาในหลักสูตรระดับปริญญาตรีเพิ่มเติมจากการสัมภาษณ์คณาจารย์ผู้สอนในรายวิชาเคมีสำหรับนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีหรือเคมีประยุกต์ ระดับปริญญาบัณฑิต ที่สอนในวิชาโครงงานหรือมีสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการสร้างนวัตกรรมทางเคมี จำนวน 6 คน ผู้ให้สัมภาษณ์ให้ข้อมูลไปในทางเดียวกันว่า ปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนระดับปริญญาบัณฑิต มีเป้าหมายหนึ่งในการผลักดันให้ผู้เรียนในหลักสูตรมีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมหรือเป็นนวัตกร เนื่องด้วยความต้องการของตลาดแรงงาน และสภาพสังคมที่ตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนา ดังนั้นการจัดการหลักสูตรจึงต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือสร้างนวัตกรรมอย่างแท้จริง โดยทั่วไปหลักสูตรสาขาวิชาเคมีจะให้ผู้เรียนสร้างนวัตกรรมผ่านการทำโครงงานในการจัดการเรียนการสอนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์หรือโครงงานวิจัยของนักศึกษาในชั้นปีสุดท้าย แม้ลักษณะของรายวิชาโครงงานจะมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจและลงมือปฏิบัติกระบวนการวิจัย แต่ด้วยลักษณะของการวิจัยและพัฒนา ทำให้ผู้เรียนสามารถต่อยอดเพื่อสร้างผลผลิตที่เป็นนวัตกรรมได้ แต่ทว่าการส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมผ่านรายวิชาดังกล่าวยังไม่เป็นที่น่าพอใจ เพราะมีปัญหาสำคัญ ดังนี้

1. ผู้เรียนไม่สามารถกำหนดปัญหางานวิจัยที่นำไปสู่การสร้างนวัตกรรมได้ เนื่องจากการเลือกหัวข้อโครงงานของบางสถาบันทำในรูปของการเลือกหัวข้อตามความสนใจของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน แม้ว่าในบางมหาวิทยาลัยจะให้ผู้เรียนเลือกหัวข้อเองตามความสนใจ แต่หัวข้อที่ผู้เรียนเลือกมาส่วนใหญ่ ไม่สอดคล้องหรือไม่เป็นไปตามสภาพปัญหา หรือเป็นการเลือกทำผลงานที่มีลักษณะคล้ายกับงานวิจัยก่อนหน้า แต่เปลี่ยนตัวแปรที่ศึกษาเท่านั้น ในบางมหาวิทยาลัยใช้วิธีอบรมผู้เรียนเกี่ยวกับการศึกษาปัญหาเพื่อกำหนดคำถามงานวิจัยเพิ่มเติม รวมถึงแนะนำหัวข้องานวิจัยที่น่าสนใจและอยู่ในกระแสสังคม แต่พบว่าไม่สามารถแก้ปัญหานี้ได้มากนัก เนื่องจากปัญหานั้นไม่ได้เกิดจากพื้นฐานความสนใจของผู้เรียนเอง นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้เรียนจำนวนหนึ่งยังไม่เข้าใจกรอบแนวคิดของนวัตกรรมดีพอ และเข้าใจว่านวัตกรรมเป็นเรื่องยาก จึงไม่สามารถกำหนดหัวข้อโครงงานที่นำไปสู่การสร้างนวัตกรรมได้

2. ผู้เรียนไม่สามารถคิดหรือวางแผนขั้นตอนการทดลองได้อย่างถูกต้อง ซึ่งปัญหานี้พบในทุกมหาวิทยาลัยที่ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์คณาจารย์ผู้สอน ในบางมหาวิทยาลัยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกหัวข้องานวิจัยตามความสนใจ และผู้เรียนจำนวนหนึ่งสามารถเลือกหัวข้องานวิจัยที่สามารถพัฒนาไปสู่การผลงานที่เป็นนวัตกรรมได้ในที่สุด แต่เมื่อถึงขั้นตอนการปฏิบัติงานพบว่า ผู้เรียนขาดกระบวนการคิดทำให้ไม่สามารถวางแผนการทำงาน ส่งผลให้ไม่สามารถออกแบบงานวิจัยได้ และต้องอาศัยคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาอย่างใกล้ชิด เพื่อปรับปรุงแผนการทำงานให้สามารถทำโครงงานวิจัยได้ทันช่วงเวลาที่กำหนดไว้ได้

3. ผู้เรียนไม่สามารถแสวงหาและเลือกใช้ความรู้ที่จำเป็นสำหรับการทำงานได้ เนื่องจากหัวข้อโครงงานวิจัยที่เลือกมา ลอกเลียน หรือเป็นการทำซ้ำงานวิจัยเดิมที่เคยมีผู้นำเสนอมาแล้ว หรือผู้เรียนไม่เข้าใจในหัวข้องานที่เลือกมา จึงไม่สามารถเลือกความรู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อมาแก้ปัญหานั้น ๆ ได้ ทำให้นวัตกรรมที่จะสร้างขึ้นไม่มีประสิทธิภาพ ไม่สามารถตอบสนองต่อปัญหาได้ นอกจากนั้นผู้เรียนยังขาดความคิดสร้างสรรค์ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญและจำเป็นต่อการสร้างนวัตกรรมอย่างยิ่งยวด

4. การจัดการเรียนการสอนไม่มีแนวทางที่ชัดเจน เนื่องจากกระบวนการจัดการเรียนการสอนในวิชาโครงงาน ไม่มีรูปแบบหรือกระบวนการจัดการเรียนการสอนเฉพาะ การเรียนรู้จะเกิดขึ้นจากการศึกษาด้วยตนเอง และขอรับคำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ซึ่งอาจารย์แต่ละท่านจะมีลักษณะการให้คำปรึกษาแตกต่างกันออกไป

5. ผู้เรียนขาดแรงจูงใจในการทำโครงงานวิจัย เนื่องจากกระบวนการวิจัยมีระยะเวลานานตั้งแต่ 1 ภาคการศึกษา – 1 ปีการศึกษา ทำให้ผู้เรียนรู้สึกเบื่อหน่าย รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ เช่น วัสดุอุปกรณ์ ค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง ถ้าหากมหาวิทยาลัยไม่มีงบประมาณเพียงพอ ผู้เรียนอาจต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายบางส่วนที่เกิดขึ้นจากการทดลองเอง ทำให้ผู้เรียนไม่กล้าออกแบบงานวิจัยที่ต้องใช้เงินทุนในการทดลองสูง

ทั้งนี้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์สอดคล้องกับสภาพปัญหาจากงานวิจัยของชาริณี ตรีวรัญญู (2559) ที่พบว่าแม้จะมีการนำกระบวนการพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอนซึ่งมีที่มาจากกระบวนการพัฒนานวัตกรรมโดยทั่วไปมาเป็นพื้นฐานการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมการเรียนการสอนของนักศึกษาครู แต่ยังพบว่านักศึกษายังไม่สามารถระบุปัญหาด้านการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับการกำหนดปัญหางานวิจัยเพื่อนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม และนักศึกษาขาดการคิดและการวางแผนงานอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับข้อมูลจากการสัมภาษณ์คณาจารย์ผู้สอนในรายวิชาเคมีที่แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนไม่สามารถคิดหรือวางแผนขั้นตอนการทดลองได้อย่างถูกต้อง

ข้อมูลพื้นฐานจากการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่า แนวโน้มและความต้องการของสังคมต้องการการพัฒนาขีดความสามารถทางด้านการสร้างนวัตกรรมในทุกสาขาวิชา โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาขาวิชาเคมี ซึ่งเกี่ยวข้องกับความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์หลากหลายด้าน แต่สืบค้นงานวิจัยระดับนานาชาติและระดับชาติที่มุ่งส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรม และพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่มักพิจารณาการพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในมุมมองของการสร้างนวัตกรรมโดยทั่วไป ด้วยแนวทางหรือแนวคิดต่าง ๆ เป็นพื้นฐานในการพัฒนา เช่น การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา ฯลฯ รวมไปถึงความสามารถในการสร้างนวัตกรรมในสาขาวิชาที่มีศาสตร์หรือองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องเฉพาะด้าน แต่อย่างไรก็ตามยังไม่พบลักษณะของการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีโดยเฉพาะ แสดงให้เห็นถึงช่องว่างของงานวิจัย

(Research Gap) ระหว่างความต้องการของสังคม สภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต และความเป็นไปได้ในการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนากระบวนการเรียนการสอนให้ผู้สอนเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ด้วยการเพิ่มขีดความสามารถของผู้เรียนในระดับปริญญาบัณฑิต

การศึกษาปัญหาและสาเหตุของปัญหาในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมจากข้อมูลเชิงประจักษ์แสดงให้เห็นว่า ปัญหาที่พบเบื้องต้นบางประเด็นเกิดขึ้นจากการจัดการหลักสูตร สื่อ และการสนับสนุนการเรียนรู้ซึ่งเป็นปัญหาเชิงนโยบาย แต่ในงานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นแก้ปัญหาด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นสำคัญ ผู้วิจัยจึงสืบค้นแนวคิดการเรียนรู้ที่สามารถนำมาพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมให้กับนักศึกษาพบว่าแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ตั้งแต่ 2 ศาสตร์ขึ้นไปเข้าด้วยกัน โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ทั้งยังมีบทบาทและเป็นที่นิยมนำมาใช้จัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมในวิชาวิทยาศาสตร์ (Vasquez, Sneider, & Comer, 2013) เนื่องจากส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมโดยตรง และช่วยให้ผู้เรียนใช้ความคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาผลงานบูรณาการร่วมกับประเด็นที่สนใจอย่างลึกซึ้ง สร้างความพร้อมให้กับผู้เรียนในการเข้าสู่วิชาชีพ แต่ในขณะเดียวกันแนวคิดดังกล่าวยังมีข้อจำกัด เนื่องจากไม่มีแนวทางกำหนดไว้อย่างชัดเจนว่าบทบาทของผู้เรียนและผู้สอนควรเป็นอย่างไร รวมถึงผู้สอนในระดับอุดมศึกษาส่วนใหญ่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง ไม่สามารถให้คำแนะนำในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีได้อย่างเพียงพอ ทำให้การนำแนวคิดดังกล่าวไปใช้ยังปรากฏภาพการดำเนินการที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ในผลผลิตจากการจัดการเรียนการสอนยังไม่มีเอกภาพ (Chen, 2019) ทั้งยังมีรายงานแสดงให้เห็นว่ามีผู้เรียนที่มีปัญหาด้านการเรียนส่วนใหญ่มักจะไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนการสอนด้วยแนวคิดสะเต็มศึกษา เนื่องจากแนวคิดดังกล่าวไม่มีบทบาทของผู้สอนที่ชัดเจนในการช่วยเหลือและส่งเสริมผู้เรียนที่มีความรู้ความสามารถทางวิชาการต่ำ (Runge, 2017)

นอกจากนั้นยังพบว่ามีงานวิจัยจำนวนหนึ่งนำแนวคิดต่าง ๆ มาเป็นฐานในการพัฒนารูปแบบหรือกระบวนการสอนส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรม เช่น การเรียนรู้เป็นทีมและกระบวนการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างนวัตกรรม (เนาวนิตย์ สงคราม, 2553) การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เช่น เทคนิคหมวกความคิดหกใบ (ณรงค์พล เอื้อไพจิตร, 2556) กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (นฤมล จันทร์สุขวงค์, 2551) เป็นต้น การส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์และกระบวนการแก้ปัญหา เช่น การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (สุปรีย์ บูรณะกนิษฐ,

2556) แต่ยังไม่พบกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีโดยตรง

ผู้วิจัยจึงนำประเด็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการสร้างนวัตกรรม ซึ่งพบจากที่การศึกษาสภาพปัญหา อาทิ ปัจจัยด้านการวางแผนการทำงาน การบริหารจัดการ และความคิดสร้างสรรค์ มาเป็นฐานในการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี และจากการพิจารณาหลักการและแนวคิดจากเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ พบว่าแนวคิดในองค์กรธุรกิจเป็นแนวคิดที่น่าสนใจและสามารถนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมให้แก่ผู้เรียนระดับปริญญาบัณฑิตได้ คือ แนวคิดการวางแผนกลยุทธ์ เป็นแนวคิดที่จะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการกำหนดหรือคัดเลือกแนวทางและวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ ในขณะเดียวกัน แนวคิดดังกล่าวยังช่วยให้ผู้เรียนวางกรอบการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีขั้นตอนของการรวบรวมความรู้หลากหลายที่ตนมีเข้าด้วยกัน เพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การวางแผนกลยุทธ์ (Strategic Planning) เป็นกระบวนการคิดและตัดสินใจในการกำหนดทิศทางและวางแผนการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ และเป็นขั้นตอนอย่างต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ บนฐานข้อมูลที่สำคัญและจำเป็น การวางแผนกลยุทธ์เป็นที่ยอมรับในการดำเนินการองค์กรในระดับใดระดับหนึ่งอย่างมีทิศทางเพื่อนำไปสู่ความสำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล (Teixeira & Canciglieri Junior, 2019, pp. 1422-1424) หลักการสำคัญของการวางแผนกลยุทธ์ คือ ผู้เกี่ยวข้องต้องร่วมกันทำงาน และสร้างความเข้าใจที่ตรงกันผ่านการคิดอย่างเป็นระบบ เป็นขั้นตอนแบบย้อนกลับ รวมถึงร่วมมือกันกำหนดแนวทางการทำงานหรือกลยุทธ์เพื่อปฏิบัติให้ถูกต้อง ภายใต้วิสัยทัศน์ หรือภาพเป้าหมายในอนาคตที่ชัดเจน และการประเมินสภาพการณ์ของกลุ่ม ขณะเดียวกันต้องรู้จักวางแผนการทำงานที่ยืดหยุ่นเพื่อให้บรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเมื่อนำการวางแผนกลยุทธ์ผสมผสานเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการสร้างนวัตกรรม จะช่วยทำให้การคัดเลือกแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมมีระบบและรอบคอบมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของภัทรี สุรโรจน์ประจักษ์และคณะ (2561) ซึ่งนำกระบวนการวางแผนกลยุทธ์มาเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา ผลวิจัยพบว่า กระบวนการวางแผนกลยุทธ์ช่วยให้เกิดการคิดและทำงานเป็นระบบร่วมกับเพื่อนและครู มีการกำหนดเป้าหมายในอนาคตที่ต้องการให้เกิดอย่างชัดเจน รวมถึงต้องประเมินข้อมูลอย่างรอบด้านเพื่อใช้ในการตัดสินใจต่าง ๆ ดังนั้นการนำแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์มาใช้เป็นฐานในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนย่อมทำให้ผู้เรียนรู้จักกำหนด คัดเลือก และดำเนินการแก้ไขปัญหาตามวิธีที่เป็นไปได้และเหมาะสมอย่างเป็นระบบ ยิ่งไปกว่านั้น ผู้เรียนระดับปริญญาบัณฑิตในชั้นปีสุดท้ายซึ่งกำลังจะเข้าสู่ตลาดแรงงานจะได้

เตรียมความพร้อมและคุ้นเคยกับการวางแผนกลยุทธ์ซึ่งเป็นแนวคิดที่ใช้การบริหารจัดการองค์กรทั่วไปในปัจจุบันอย่างแพร่หลาย อันจะเป็นประโยชน์ต่อการทำงานในวิชาชีพของตนอีกทางหนึ่ง

จากหลักการของการวางแผนกลยุทธ์ จะเห็นได้ว่าสามารถนำแนวคิดในการพัฒนาองค์กร มาประยุกต์สู่การเรียนรู้รายบุคคล แต่อย่างไรก็ดี จากรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำเสนอไปในทางเดียวกันว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นการพัฒนานวัตกรรม หากกระบวนการสอนสามารถส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ เพื่อช่วยในการค้นหาแนวทางการแก้ปัญหาและพัฒนากลยุทธ์ รวมถึงการคัดเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการดำเนินการ ย่อมเป็นผลดีต่อการเรียนรู้และการพัฒนานวัตกรรมอย่างยิ่ง ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำการคิดนอกกรอบของ De Bono ซึ่งเป็นการคิดที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์มาบูรณาการร่วมในการจัดการเรียนการสอนดังกล่าว

การคิดนอกกรอบ (Lateral Thinking) เป็นความพยายามสร้างแนวทางหรือวิธีการที่แตกต่างไปจากการแก้ปัญหาเดิม โดยความคิดนั้นอาจไม่สมเหตุสมผลแต่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้ในภายหลัง (de Bono, 1967) อีกนัยหนึ่ง คือ เป็นการเปลี่ยนมโนทัศน์และการรับรู้เพื่อสร้างความคิดใหม่ หรือเป็นการสำรวจความเป็นไปได้และแนวทางที่หลากหลายแทนที่จะดำเนินการไปในแนวทางใดแนวทางหนึ่งเท่านั้น หลักการสำคัญของการคิดนอกกรอบเป็นผลมาจากลักษณะการคิดของมนุษย์ที่ De Bono (1984) นำเสนอไว้ว่าประกอบด้วยการคิด 2 ระยะ คือ การคิดนอกกรอบ เป็นการคิดระยะแรกที่พยายามคิดหาแนวทางที่ต่างออกไปจากขอบเขตของความคิดเดิม เพื่อค้นหาข้อมูลสำคัญและกระตุ้นให้เกิดความคิดหรือแนวทางใหม่ ๆ ไม่ให้ซ้ำกับสิ่งเดิมที่มีอยู่ ต่อจากนั้นจะนำมาสู่การคิดระยะที่ 2 คือ การคิดในกรอบ (Vertical Thinking) เป็นการพิจารณาหาแนวคิดที่เหมาะสมที่สุดจากการคิดในระยะที่ 1 ซึ่งการคิดในระยะนี้จะตรงไปตรงมาตามหลักเหตุผล และถูกต้องในทุกขั้นตอน ดังนั้นหลักการสำคัญของการคิดนอกกรอบ คือ การหลีกเลี่ยงความคิดเดิม ซึ่งเป็นการคิดพิจารณาที่ไม่ยึดติดกับมโนทัศน์เดิม ซึ่งจำเป็นต้องสร้างบริบทของปัญหาให้กว้างขึ้น และการกระตุ้นให้เกิดความคิดใหม่ เป็นการให้ความสำคัญกับมุมมองที่กำหนดขึ้นมาว่านำไปสู่สิ่งใดบ้าง และนำความคิดนั้นไปพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วนเพื่อประโยชน์ในการกำหนดแนวทางดำเนินงานต่อไป ดังนั้นการคิดนอกกรอบนอกจากจะเป็นการสร้างความคิดใหม่ ๆ แล้ว ยังช่วยแก้ปัญหาที่ไม่เป็นไปอย่างอัตโนมัติด้วยวิธีทางตรรกะอีกด้วย งานวิจัยที่เกี่ยวกับการคิดนอกกรอบที่นำไปพัฒนาร่วมการจัดการศึกษามีจำนวนมาก ผลวิจัยส่วนใหญ่ชี้ให้เห็นว่าการคิดนอกกรอบมิเพียงแต่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างความคิดที่หลากหลายและแปลกใหม่ นำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์เท่านั้น แต่ยังส่งเสริมการคิดขั้นสูงอื่น ๆ เช่น การคิดวิเคราะห์ เป็นต้น (ปิยาพร ขาวสะอาด, 2548, น. 4) ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษาที่ต้องการให้ผู้เรียน เปิดกว้างทางความคิด และพัฒนาการคิดเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติมากกว่าการเรียนรู้ในทางทฤษฎีแต่เพียงอย่างเดียว

เนื่องจากแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะบูรณาการกระบวนการจัดการเรียนสอนตามแนวคิดดังกล่าว เพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาต่าง ๆ ในระดับปริญญาบัณฑิต และเพื่อเป็นตัวอย่างของการนำกระบวนการจัดการเรียนการสอนนี้ไปใช้ ผู้วิจัยจึงสนใจนำกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นไปใช้จัดการเรียนการสอนในรายวิชาเคมี เนื่องจากวิชาเคมีเป็นวิชาพื้นฐานที่สำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งมีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว และเป็นศาสตร์ที่จำเป็นต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมและนวัตกรรมที่มีผลโดยตรงต่อเศรษฐกิจและสังคม ในด้านการศึกษา วิชาเคมีเป็นวิชาที่เน้นทั้งด้านเนื้อหาและทักษะปฏิบัติ รวมถึงมีเนื้อหาสาระของวิชาเป็นตัวแทนในการศึกษาได้ เนื่องจากเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาเกี่ยวกับมโนทัศน์ หลักการ กระบวนการ และส่งเสริมให้ผู้เรียนนำเนื้อหาความรู้ที่เรียนมาฝึกปฏิบัติจริง

คำถามการวิจัย

1. กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีมีหลักการ และขั้นตอนอย่างไร

2. กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ ช่วยส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต

2. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการนำกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นไปใช้ ดังนี้

2.1. เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาที่เรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นกับเกณฑ์การประเมินผลที่กำหนดไว้

2.2. ศึกษาผลของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาในภาพรวมและตามองค์ประกอบย่อยในระหว่างการใช้กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

สมมติฐานงานวิจัย

สมมติฐานของการวิจัยในครั้งนี้ได้มาจากการพิจารณาข้อค้นพบของงานวิจัยที่สำคัญ ๆ ดังนี้

การวางแผนกลยุทธ์เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมการบริหารจัดการให้ไปสู่ความสำเร็จ เป็นการวางแผนงานจากจุดหมายที่ต้องการ นอกจากการส่งเสริมการทำงานแล้ว การวางแผนกลยุทธ์ยังเป็นกระบวนการที่ช่วยเหลือปรับปรุงพัฒนาคุณภาพการทำงาน การทำงานร่วมกัน จากผลงานวิจัยของภัทรี สุรโรจน์ประจักษ์ (2558) นำกระบวนการวางแผนกลยุทธ์ไปใช้พัฒนากระบวนการเรียนการสอน

ในกลุ่มทดลอง ส่งผลให้ผู้เรียนระดับมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกระยะ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ที่กำหนดไว้

ในขณะเดียวกันการใช้การคิดนอกกรอบพัฒนาความสามารถของผู้เรียนได้หลายประการ เพราะเป็นการคิดที่เปลี่ยนมโนทัศน์และการรับรู้เพื่อสร้างแนวทางใหม่และหลากหลายแทนแนวทางใดแนวทางหนึ่ง เป็นการกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนในระดับต่าง ๆ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การคิดนอกกรอบนำมาประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนการสอนได้ทุกระดับชั้น และสามารถปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับลักษณะของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี เช่น งานวิจัยของ Eissa (2019) ที่นำแนวคิดการคิดนอกกรอบไปใช้จัดการเรียนการสอนกระตุ้นให้นักศึกษาเกิดการสร้างมโนทัศน์ในกระบวนการออกแบบ หรืองานวิจัยของ Raja (2017) ที่นำแนวคิดนอกกรอบไปใช้เพื่อศึกษาอิทธิพลที่มีต่อทักษะในการบริหารจัดการ จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงเชื่อว่าการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบจะช่วยเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างนวัตกรรมทางเคมีได้ ประกอบกับการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมส่วนใหญ่เห็นว่าความสามารถในการสร้างนวัตกรรมเป็นความสามารถขั้นสูงที่ควรส่งเสริมและพัฒนาให้เกิดขึ้นในผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพสูงกว่ามาตรฐานทั่วไปที่หลายงานวิจัยกำหนดไว้ที่ร้อยละ 60 (Lu et al., 2013) ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงตั้งสมมติฐานการวิจัยว่า นักศึกษาที่เรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น จะมีคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีสูงกว่าเกณฑ์การประเมินที่ร้อยละ 70

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาเพื่อพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์ และและแนวคิดการคิดนอกกรอบ กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ที่มีปัญหาคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มเป้าหมายที่นำมาใช้ในการทดลอง ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2562
2. ตัวแปรในการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนที่บูรณาการขึ้น ประกอบด้วย
    2.1. ตัวแปรจัดกระทำ คือ กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ
    2.2. ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี
3. เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา คือ เนื้อหาในรายวิชาเคมีของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ประกอบด้วยความหมายและความสำคัญของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ และการประยุกต์ใช้สารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติไปใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ รวมถึงการจำแนกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ กระบวนการชีวสังเคราะห์ การสกัดแยกและพิสูจน์ทราบโครงสร้างของสาร ทั้งนี้รายวิชาดังกล่าวมีเนื้อหาสาระทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติเหมาะสมต่อการประยุกต์ความรู้เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาและปฏิบัติในสถานการณ์จริง สอดคล้องกับลักษณะของกระบวนการเรียนการสอนในครั้งนี้

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ ใช้ระยะเวลาทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างสอน เป็นเวลา 15 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง รวม 60 ชั่วโมง

นิยามศัพท์เฉพาะ

นวัตกรรมทางเคมี (Chemistry Innovation) หมายถึง ต้นแบบชิ้นงานหรือกระบวนการที่นักศึกษาสร้างขึ้นใหม่หรือปรับปรุงดัดแปลงให้ดีขึ้น ตามแนวคิด ทฤษฎี หลักการหรือองค์ความรู้ในศาสตร์วิชาเคมี และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาหรือเพื่อวัตถุประสงค์ใด ๆ ตามที่เป้าหมายของนวัตกรรมกำหนดไว้ ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

1. *การใช้ความรู้ทางวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์* คือ การนำองค์ความรู้ในสาขาวิชาเคมีแขนงใดแขนงหนึ่ง มาเป็นฐานในการพัฒนานวัตกรรมนั้น ตามหลักและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับองค์ความรู้อื่น ๆ ที่จำเป็น และความคิดสร้างสรรค์อย่างเป็นระบบ

2. *ความใหม่* คือ การปรับปรุงต่อยอดจากผลิตภัณฑ์ของเดิม หรือพัฒนานวัตกรรมทางเคมีนั้นขึ้นมาใหม่หมดโดยเปลี่ยนแปลงจากนวัตกรรมก่อนหน้าโดยสิ้นเชิง ดังนั้นผู้ใช้นวัตกรรมจะเป็นผู้พิจารณายอมรับหรือปฏิเสธความใหม่ในนวัตกรรมนั้น ๆ และเกิดการนำไปใช้ในบริบทใดบริบทหนึ่งโดยยังไม่ได้ใช้อย่างแพร่หลายในบริบทนั้น ๆ

3. *ประโยชน์* คือ นวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้นสามารถนำไปพัฒนาหรือแก้ปัญหาในการดำเนินงานได้ โดยอาจเป็นการสร้างความสำเร็จในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มจากการพัฒนาสิ่งนั้น ๆ หรือคุณค่าในเชิงเศรษฐกิจ หรือสังคม เป็นต้น

ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี (Chemistry Innovation Ability) หมายถึง การปฏิบัติของนักศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงการใช้แนวคิด ทฤษฎี หลักการหรือองค์ความรู้ในศาสตร์วิชาเคมี และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบและพัฒนาต่อยอดนวัตกรรมทางเคมีให้สำเร็จมีประสิทธิภาพและบรรลุเป้าหมายของการพัฒนานวัตกรรมที่กำหนดไว้ ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการ ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหาของนวัตกรรมทางเคมี หมายถึง การสังเกต รวบรวมข้อมูลสถานการณ์ และระบุปัญหาหรือลักษณะที่ต้องการพัฒนาของกลุ่มเป้าหมายที่จะเป็นผู้ใช้นวัตกรรมทางเคมี โดยอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงค้นหาแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การกำหนดวัตถุประสงค์ของนวัตกรรมทางเคมีที่จะพัฒนาขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

องค์ประกอบที่ 2 การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี หมายถึง การกำหนดประเด็นสำคัญ การสืบค้น และการสรุปและบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาวิชาเคมีหรือวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นกรอบแนวคิดหลักในการแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมทางเคมี ในองค์ประกอบย่อยข้อนี้ หมายรวมถึงการศึกษานวัตกรรมทางเคมีอื่น ๆ ที่มาก่อนหน้า และข้อจำกัดต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการพัฒนานวัตกรรมในอนาคต เช่น ทรัพยากรที่มีอยู่ทั้งในรูปของเวลา วัสดุอุปกรณ์ งบประมาณ เป็นต้น

องค์ประกอบที่ 3 การพัฒนานวัตกรรมทางเคมี หมายถึง การวางแผน สร้างแบบร่างนวัตกรรม ทดสอบและปรับปรุงนวัตกรรมทางเคมี จากปัญหา กรอบแนวคิดในการแก้ไขปัญหา องค์ความรู้ที่สำคัญ แนวคิดเชิงนวัตกรรม และความคิดสร้างสรรค์ โดยอาศัยวิธีการและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้นวัตกรรมทางเคมีที่มีคุณภาพและตอบสนองต่อผู้ใช้งาน

องค์ประกอบที่ 4 คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี หมายถึง ผลการตรวจสอบการนำนวัตกรรมไปใช้งานว่าเหมาะสม หรือสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือแก้ไขปัญหาที่ผู้สร้างนวัตกรรมได้กำหนดหรือไม่ รวมถึงการประเมินความคุ้มค่าและโอกาสที่นวัตกรรมจะได้รับการยอมรับในวงกว้าง

แนวคิดการวางแผนกลยุทธ์ (Strategic Planning Approach) หมายถึง กระบวนการคิดและตัดสินใจวางแผนอย่างเป็นระบบและดำเนินการแต่ละขั้นตอนอย่างต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลรอบด้านและการประเมินสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดทิศทางการดำเนินงานในอนาคตในลักษณะของการแก้ไข การป้องกันปัญหา และการรองรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น อันจะนำพาความสำเร็จมาสู่ผู้ปฏิบัติตามเป้าหมายที่วางไว้ ประกอบด้วยหลักการสำคัญ คือ

1. การกำหนดกลยุทธ์หรือแนวทางการดำเนินงานด้วยการวางแผนอย่างเป็นขั้นตอน ทำให้ปฏิบัติงานให้บรรลุเป้าหมายได้อย่างชัดเจน

2. การกำหนดเป้าหมายที่คาดหวัง วิธีดำเนินการที่เหมาะสม และการตรวจสอบประเมินผลการทำงานอย่างเป็นระบบสอดประสานกัน จะช่วยให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพ

3. การวิเคราะห์และประเมินตนเองเบื้องต้นอย่างรอบด้าน เพื่อวางแผนงานอย่างละเอียดรอบคอบ ช่วยให้ผู้ปฏิบัติเข้าใจศักยภาพของตนเอง และปฏิบัติงานด้วยความเข้าใจที่ถูกต้อง

4. การตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสมและเป็นไปได้มากที่สุดจากการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมอย่างรอบด้านมาปฏิบัติงาน ส่งเสริมให้เกิดผลการปฏิบัติงานที่ดี

5. การติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลการปฏิบัติตามแผนงานที่กำหนดอย่างไว้เคร่งครัด ทำให้รับทราบสภาพปัญหาที่แท้จริง และเข้าใจบริบทของการดำเนินงาน สามารถปรับปรุงการทำงานให้เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลง และเกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แนวคิดการคิดนอกกรอบ (Lateral Thinking Approach) หมายถึง การกำหนดแนวทางหรือวิธีการที่แตกต่างไปจากการแก้ปัญหาเดิม โดยความคิดนั้นอาจไม่สมเหตุสมผลแต่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้ในภายหลัง หรือการเปลี่ยนมโนทัศน์และการรับรู้เพื่อสร้างความคิดใหม่ ตามแนวคิดของเดอ โบโน ซึ่งประกอบด้วยหลักการ 5 ข้อ ได้แก่

1. การพิจารณาปัญหาหรือประเด็นด้วยมุมมองที่แตกต่างจากเดิมหรือใช้หลักการของศาสตร์อื่น ทำให้เห็นคำตอบหรือแนวทางใหม่ที่แตกต่างจากเดิม

2. การพิจารณากระบวนการหรือแนวทางที่หลากหลายเพื่อไปสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้ ส่งเสริมให้เข้าใจในประเด็นต่าง ๆ ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น รวมถึงสามารถตัดสินใจเลือกใช้วิธีการเพื่อไปสู่เป้าหมายได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

3. การคิดข้ามขั้นตอน แล้วจึงพิจารณาความคิดนั้นอย่างละเอียด ทำให้เกิดการทบทวนแนวคิดหรือมุมมองบนหลักการที่ถูกต้อง นำไปสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. การปฏิเสธข้อสันนิษฐานหรือข้อสรุปที่เป็นแบบแผน หรือแนวทางปฏิบัติทั่ว ๆ ไป ช่วยให้เกิดความปรารถนาที่จะสร้างการเปลี่ยนแปลงหรือการปฏิบัติด้วยความคิดสร้างสรรค์

5. การสนับสนุนให้บุคคลมีกิจกรรมอย่างอิสระจะส่งเสริมให้เกิดโอกาสที่นำพาไปสู่ความคิดใหม่ได้มากขึ้น

กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบเพื่อส่งเสริมความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี หมายถึง ขั้นตอนการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในการจัดการเรียนการสอนนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตที่เรียนในวิชาเคมีให้สามารถสร้างนวัตกรรมทางเคมีเป็นรายบุคคลจากการศึกษาและวิเคราะห์จนเข้าใจปัญหาของกลุ่มเป้าหมายอย่างแท้จริง พร้อมทั้งวางแผนสร้างนวัตกรรมทางเคมีนั้นอย่างเป็นระบบด้วยแนวทางที่แตกต่างไปจากเดิมและเหมาะสมกับตนเอง และผสมผสานกระบวนการคิดและตัดสินใจด้วยหลักคิดหรือแนวคิดที่มีองค์ความรู้ทางด้านเคมีทั้งที่มีอยู่แล้ว หรือแสวงหาเพิ่มเติมอย่างหลากหลาย เพื่อนำไปสู่กลไกการทำงานของนวัตกรรมที่จะสร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาที่สนใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีหลักการสำคัญของกระบวนการเรียนการสอน คือ

1. การกำหนดเป้าหมายที่คาดหวังและกลยุทธ์ท้าทาย จากแนวทางที่แปลกใหม่ ทำให้เกิดแรงจูงใจ นำไปสู่การแก้ปัญหาให้บรรลุผลลัพธ์มีคุณค่า

2. การค้นคว้าข้อมูลและวิเคราะห์สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานด้วยแนวทางที่หลากหลาย ทำให้เกิดความเข้าใจในประเด็นหรือปัญหาได้อย่างลึกซึ้ง

3. การออกแบบแผนงานอย่างเป็นระบบและเป็นขั้นตอนแบบย้อนกลับ ด้วยการหลีกเลี่ยงแนวคิดแบบเดิม หรือการใช้แนวคิดใหม่ ๆ ที่หลากหลาย ช่วยให้เห็นภาพการปฏิบัติงานในอนาคตและดำเนินการสู่เป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพด้วยความคิดสร้างสรรค์

4. การสืบสอบหาแนวปฏิบัติที่เหมาะสมจากแนวทางที่หลากหลาย จะเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในบรรลุเป้าหมายการทำงาน เพราะเกิดจากการวางแผนที่มีประสิทธิภาพและเป็นสิ่งที่ผู้ปฏิบัติเข้าใจอย่างแท้จริง

5. การทบทวนปรับปรุงแผนงานอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เกิดข้อค้นพบหรือการเรียนรู้ใหม่ ๆ ที่ไม่เคยพบมาก่อน ซึ่งจะไปสู่การแก้ไขแผนงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ

กระบวนการเรียนการสอน ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ตั้งเป้าหมายจากปัญหา เป็นขั้นตอนเพื่อกำหนดทิศทางในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีที่จากการศึกษาสภาพปัญหาหรือความต้องการในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนย่อย คือ เปิดโลกรายวิชา รู้จักปัญหา ตั้งเป้าหมายในอนาคต

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์ เป็นขั้นตอนเพื่อตรวจสอบและประเมินความพร้อมของตนเองในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี ด้วยการศึกษาและวิเคราะห์ตนเองและปัจจัยแวดล้อมด้วยวิธีหรือกระบวนการที่หลากหลายหรือแตกต่างไปจากเดิม และนำผลการวิเคราะห์มากำหนดเป็นกลยุทธ์ ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย คือ วิเคราะห์ตนและเติมความรู้ กำหนดกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม

ขั้นที่ 3 ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม เป็นขั้นตอนเพื่อให้ผู้เรียนสร้างผลงานนวัตกรรมทางเคมีด้วยการออกแบบและสร้างนวัตกรรมทางเคมีด้วยความคิดนอกกรอบตามกลยุทธ์ที่กำหนดไว้แล้ว รวมถึงทดลองใช้พร้อมทั้งนำผลการใช้งานนวัตกรรมเบื้องต้นมาปรับปรุงผลงานของตนเองให้แก้ปัญหาที่กำหนดไว้ได้อย่างสมบูรณ์ ในขั้นนี้ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย คือ ออกแบบนวัตกรรม สร้างนวัตกรรม และ นำเสนอนวัตกรรม

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์ เป็นขั้นตอนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการสร้างนวัตกรรมทางเคมีอย่างสมบูรณ์ สรุปผลการทำงาน เพื่อทบทวนและตรวจสอบกลยุทธ์ที่ตนเองสร้างขึ้น รวมถึงให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุงกลยุทธ์ของตน ตามหลักการของเครื่องมือในการตั้งเป้าหมายและการกำหนดตัววัดผล

นักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต หมายถึง ผู้เรียนในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี หรือผู้เรียนที่ลงทะเบียนเรียนในวิชาของสาขาวิชาเคมี และผ่านการเรียนรู้วิชาเคมีทั่วไป ซึ่งเป็นพื้นฐานความรู้ที่จำเป็นของวิชาเคมีมาแล้ว

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี จากความเข้าใจในการระบุปัญหาเพื่อสร้างและพัฒนานวัตกรรมด้วยองค์ความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาและการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในอนาคตได้

2. สถาบันการศึกษาต่าง ๆ สามารถนำกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นไปใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในรายวิชาและระดับชั้นอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรสาขาวิชาเคมี หรืออื่น ๆ เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

3. ข้อค้นพบที่ได้จากการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าและพัฒนากระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมในสาขาวิชาต่าง ๆ ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และแนวคิดการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต ผู้วิจัยศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้เป็นพื้นฐานประกอบด้วย 4 ประเด็นหลัก นำเสนอข้อมูลตามลำดับดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี
2. แนวคิดการวางแผนกลยุทธ์
3. แนวคิดการคิดนอกกรอบ
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

1.1 ความหมายของนวัตกรรมและนวัตกรรมทางเคมี

นวัตกรรม เป็นศัพท์บัญญัติตรงกับภาษาอังกฤษว่า Innovation มีรากศัพท์มาจากคำว่า Innovare ในภาษาละติน แปลว่า ทำสิ่งใหม่ขึ้นมา (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, 2556, น. 2-3) ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554 ให้ความหมายว่า สิ่งที่ทำขึ้นใหม่หรือแปลกจากเดิมซึ่งอาจจะเป็นความคิด วิธีการ หรืออุปกรณ์ เป็นต้น (ราชบัณฑิตยสถาน, 2556) ความหมายของนวัตกรรมกว้างและมีนิยามหลายลักษณะแตกต่างกันออกไปตามพื้นฐานความรู้และวิชาชีพของนักวิชาการ แต่โดยทั่วไปสรุปได้ว่า นวัตกรรม คือ สิ่งใหม่ที่กระทำซึ่งเกิดจากการใช้ความรู้ ใช้ความคิดสร้างสรรค์ สิ่งใหม่ในที่นี้อาจจะอยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์ แนวคิด วิธีการ หรือกระบวนการ ที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการพัฒนาในด้านต่าง ๆ (Distanont & Khongmalai, 2018, p. 3; Hage, 1999; Ramadani & Gerguri, 2011; Rogers, 1995; พันธุ์อาจ ชัยรัตน์, 2547; สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, 2556, น. 3)

จากความหมายข้างต้น นวัตกรรมจึงประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญดังนี้

1. *ความใหม่ (Newness)* คำว่า ใหม่ สำหรับนวัตกรรมอาจเป็นการปรับปรุงจากของเดิมหรือพัฒนาขึ้นมาใหม่หมดก็ได้ ดังนั้นแต่ละสังคมจะพิจารณาว่าการกระทำนั้นมีความใหม่ถึงขั้นเป็นนวัตกรรมได้หรือไม่ และเกิดการนำไปใช้ในบริบทใดบริบทหนึ่ง โดยยังไม่ได้ใช้อย่างแพร่หลายในบริบทนั้น ๆ

2. *ประโยชน์* คือ สามารถนำไปพัฒนาหรือแก้ปัญหาในการดำเนินงานได้ อาจเป็นประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจ (Economic Benefits) หรือการสร้างความสำเร็จในเชิงพาณิชย์ คือ ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มจากการพัฒนาสิ่งนั้น ๆ หรือคุณค่าในเชิงสังคมก็ย่อมได้

3. *การใช้ความรู้และความคิดสร้างสรรค์ (Knowledge and Creativity Idea)* คือ การนำความรู้และความคิดสร้างสรรค์มาเป็นฐานพัฒนาสิ่งใหม่อย่างเป็นระบบ ไม่ใช่เกิดจากการลอกเลียนแบบ หรือทำซ้ำ หรือเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ

ด้วยเหตุที่นักวิชาการให้ความสำคัญกับมิติของนวัตกรรมแตกต่างกัน ทำให้เกิดการแบ่งประเภทของนวัตกรรมที่แตกต่างกัน เช่น Lin (2007) แบ่งนวัตกรรมตามเป้าหมายของนวัตกรรม ได้แก่ นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ (Product Innovation) และนวัตกรรมกระบวนการ (Process Innovation) ในขณะที่ Wang และ Ahmed (2007) แยกนวัตกรรมตามเป้าหมายคล้ายกับ Lin แต่แบ่งออกเป็น นวัตกรรมด้านผลิตภัณฑ์ นวัตกรรมด้านการตลาด และนวัตกรรมกระบวนการ นวัตกรรมเชิงพฤติกรรม และนวัตกรรมเชิงกลยุทธ Damanpour และ Wischnevsky (2006) แบ่งนวัตกรรมเป็นด้านเทคโนโลยี (Technological Innovation) หรือนวัตกรรมเชิงเทคนิค และนวัตกรรมด้านการจัดการ (Administrative Innovation) หรือนวัตกรรมเชิงบริหาร นอกจากนั้นยังสามารถแบ่งนวัตกรรมตามระดับของการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ นวัตกรรมแบบค่อยเป็นค่อยไป (Incremental Innovation) และนวัตกรรมแบบก้าวกระโดด (Radical Innovation) (Sáenz, Aramburu, & Rivera Hernáez, 2009)

จากความหมายและประเภทของนวัตกรรม นำไปสู่การกำหนดนิยามของนวัตกรรมทางเคมีในระดับการจัดการเรียนการสอน ซึ่งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ยังไม่มีผู้ที่ศึกษาหรือกล่าวถึงความหมายของนวัตกรรมทางเคมีไว้โดยตรง ผู้วิจัยจึงสังเคราะห์นิยามและองค์ประกอบจากความหมาย ลักษณะ และขอบข่ายของคำที่เกี่ยวข้อง คือ นวัตกรรม และเทียบเคียงกับนิยามของคำใกล้เคียง เช่น นวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการสร้างสิ่งใหม่ จากการใช้ความรู้ ความคิดสร้างสรรค์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ รวมไปถึงจิตวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับกระบวนการสร้างนวัตกรรม ที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการพัฒนาในด้านต่าง ๆ (พีชญาณ์ พานะกิจ, 2559, น. 160) เนื่องจากลักษณะของนวัตกรรมโดยทั่วไปนั้น เกิดขึ้นได้จากการใช้ความรู้มาประดิษฐ์และดัดแปลงสิ่งต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหา อีกนัยหนึ่งนวัตกรรมจึงแบ่งได้ตามลักษณะของนวัตกรรมที่อาศัยความรู้เป็นฐานในการสร้างสรรค์ เช่น นวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นองค์ประกอบสำคัญในการสร้างนวัตกรรมนั้น ๆ

วิชาเคมีเป็นวิชาวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งที่มุ่งศึกษาเรื่องของสสาร ครอบคลุมทั้งองค์ประกอบ โครงสร้าง คุณสมบัติ ปฏิกิริยาเคมี เป็นต้น ลักษณะของวิชาประกอบด้วยเนื้อหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมกระบวนการคิดเพื่อแสวงหาและสร้างองค์ความรู้ ซึ่งประกอบด้วยการสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางเคมีในธรรมชาติอย่างละเอียดรอบคอบ เพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์นั้น ๆ ก่อนที่จะเกิดคำถามใหม่ หาแนวทางการตอบคำถามนั้น ซึ่งเป็นส่วนหนึ่ง

ของกระบวนทางวิทยาศาสตร์ที่ก่อให้เกิดการพัฒนาทางด้านสติปัญญา (Lim, 2020) วิชาเคมีจึงมีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะเกี่ยวข้องกับผู้คนในชีวิตประจำวันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ นอกจากนั้นผลิตผลจากองค์ความรู้เคมี หรืออีกนัยหนึ่งนับเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ ยังช่วยให้มนุษย์พัฒนาวิธีคิด ความเป็นเหตุเป็นผล ความคิดขั้นสูง อาทิ ความคิดสร้างสรรค์ และความคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และมีทักษะสำคัญในการค้นหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ ดังนั้นวิชาเคมีจึงเป็นวิชาสำคัญเพื่อทำความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น และสามารถนำเอาความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 92; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545, น. 1)

ผู้วิจัยจึงให้ความหมายของนวัตกรรมทางเคมี (Chemistry Innovation) ว่าหมายถึง ต้นแบบชิ้นงานหรือกระบวนการที่นักศึกษาสร้างขึ้นใหม่หรือปรับปรุงดัดแปลงให้ดีขึ้น ตามแนวคิด ทฤษฎี หลักการหรือองค์ความรู้ในศาสตร์วิชาเคมี และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาหรือเพื่อวัตถุประสงค์ใด ๆ ตามที่เป้าหมายของนวัตกรรมกำหนดไว้ เนื่องด้วยนวัตกรรมทางเคมีมีลักษณะพื้นฐานเช่นเดียวกับนวัตกรรมโดยทั่วไป ดังนั้นนวัตกรรมทางเคมีจึงประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญดังนี้

1. *การใช้ความรู้ทางวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์* คือ การนำองค์ความรู้ในสาขาวิชาเคมีแขนงใดแขนงหนึ่ง มาเป็นฐานในการพัฒนานวัตกรรมนั้น ตามหลักและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับองค์ความรู้อื่น ๆ ที่จำเป็น และความคิดสร้างสรรค์อย่างเป็นระบบ

2. *ความใหม่* คือ การปรับปรุงต่อยอดจากผลิตภัณฑ์ของเดิม หรือพัฒนานวัตกรรมทางเคมีนั้นขึ้นมาใหม่หมดโดยเปลี่ยนแปลงจากนวัตกรรมก่อนหน้าโดยสิ้นเชิง ดังนั้นผู้ใช้นวัตกรรมจะเป็นผู้พิจารณายอมรับหรือปฏิเสธความใหม่ในนวัตกรรมนั้น ๆ และเกิดการนำไปใช้ในบริบทใดบริบทหนึ่งโดยยังไม่ได้ใช้อย่างแพร่หลายในบริบทนั้น ๆ

3. *ประโยชน์* คือ นวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้นสามารถนำไปพัฒนาหรือแก้ปัญหาในการดำเนินงานได้ โดยอาจเป็นการสร้างความสำเร็จในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มจากการพัฒนาสิ่งนั้น ๆ หรือคุณค่าในเชิงเศรษฐกิจ หรือสังคม เป็นต้น

จากนิยามและองค์ประกอบข้างต้น แสดงให้เห็นว่านวัตกรรมทางเคมีอาจเป็นได้ทั้งผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือการจัดการทางวิทยาศาสตร์ที่อาศัยศาสตร์เคมีเป็นความรู้หลักมาบูรณาการร่วมกันกับศาสตร์อื่น ๆ ได้ โดยใช้กระบวนการหรือขั้นตอนในการสร้างนวัตกรรม เพื่อให้เกิดความคิดที่ต่อยอดและแปลกใหม่ไม่มีที่สิ้นสุด สอดคล้องกับกระบวนการสร้างสรรค์นวัตกรรมโดยทั่วไป เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้เป็นผลิตภัณฑ์หรือบริการเพื่อเผยแพร่หรือใช้

ประโยชน์เชิงพาณิชย์ เนื่องจากทฤษฎีหรือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพียงลำพังไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จะต้องมีความคิดสร้างสรรค์ร่วมด้วยจึงจะสามารถประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ได้ กระบวนการสร้างสรรค์นวัตกรรมจึงประกอบด้วยกิจกรรมหลายอย่างกระทำต่อเนื่องทับซ้อนกันจนได้เป็นผลิตผลสุดท้าย

1.2 การสร้างนวัตกรรมทางเคมี

จากความหมายและลักษณะของนวัตกรรมและนวัตกรรมทางเคมี จะเห็นได้ว่านวัตกรรมทางเคมีเป็นส่วนหนึ่งของนวัตกรรม จึงอาศัยการสร้างและพัฒนานวัตกรรมในทางเดียวกัน เช่น ความเข้าใจเชิงลึกถึงความต้องการของผู้ใช้นวัตกรรม หรือลูกค้า หรือการสร้างรายได้หรือคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์เมื่อเวลาผ่านไป (ไพฑูรย์ สินลารัตน์ และคณะ, 2560, น. 85) แต่ในขณะเดียวกันนวัตกรรมทางเคมีต้องพิจารณาลักษณะของนวัตกรรมบางประการเพิ่มเติม เช่น ความปลอดภัยในการใช้งานนวัตกรรม กรณีที่นวัตกรรมนั้นเกี่ยวข้องกับสารเคมี เป็นต้น

นักวิชาการในสาขาวิชาต่าง ๆ นำเสนอกระบวนการสร้างนวัตกรรมที่สอดคล้องกับวิชาชีพของตนอย่างหลากหลาย (Anthony, 2012; Lueke, 2009; Mortan, 1971; Smith, 2006; Tidd, 2009; ทิศนา แขมมณี, 2558; พยัต วุฒิรงค์, 2555) แต่ส่วนใหญ่มีลักษณะคล้ายวงจรการบริหารงานคุณภาพ หรือวงจรของ Demming (Dubickis & Gaile-Sarkane, 2017) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนสำคัญ (ชาริณี ตรีวรัญญู, 2561, น. 28-29) คือ

1. *ขั้นวางแผนและเตรียมการ* ตรงกับขั้นวางแผนหรือเตรียมดำเนินงาน (Plan) เป็นการระบุปัญหาและวัตถุประสงค์ของการสร้างนวัตกรรม ศึกษาค้นคว้าข้อมูล ปัญหาและอุปสรรค

2. *ขั้นออกแบบและพัฒนานวัตกรรม* ตรงกับขั้นตอนการปฏิบัติ (Do) เป็นการกำหนดองค์ประกอบ โครงสร้าง ลักษณะของนวัตกรรม และสร้างนวัตกรรมตามแผนที่กำหนด

3. *ขั้นทดสอบประสิทธิภาพนวัตกรรม* ตรงกับขั้นการประเมินตรวจสอบ (Check) เป็นขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของนวัตกรรมหรือการทดลองใช้ เพื่อปรับปรุงนวัตกรรมให้สมบูรณ์

4. *ขั้นตอนการเผยแพร่นวัตกรรม* ซึ่งตรงกับขั้นการดำเนินงานให้เหมาะสม (Action) แบ่งได้ 2 กรณี คือ ถ้านวัตกรรมมีประสิทธิภาพ ในขั้นนี้จะเป็นการเผยแพร่นวัตกรรม นำไปสู่การยอมรับและปรับใช้นวัตกรรม แต่ถ้าผลไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้จะเป็นการปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรม

รายละเอียดกระบวนการพัฒนานวัตกรรมตามแนวคิดต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบขั้นตอนการสร้างนวัตกรรม

Mortan (1971)	Cumming (1998)* /Kotz et al(2002)*	Smith (2006)	Lueke (2009)	Tidd (2009)	Anthony (2012)	ทิศนา แขมมณี (2558)	วงจรบริหารงานคุณภาพ PDCA	กระบวนการวิจัยและพัฒนา	ขั้นตอนการสร้างนวัตกรรมที่สรุปได้
1. การดูโอกาสว่าจะทำอะไรได้ใหม่ขึ้นได้บ้าง 2. เราจะเลือกอะไรและดีที่สุดด้วยเหตุผลอะไร	1. การสร้างสรรค์ (Invention)	1. ความต้องการของตลาด (Market-Need)	1.รับรู้ถึงโอกาส 2.พัฒนาแนวคิด	1. การค้นหาแนวคิด (Search) 2. การเลือกทางแก้ปัญหา (Select)	1. การค้นหาโอกาส (Discovering Opportunities) 2. การสร้างพิมพ์เขียวของความคิด (Blueprinting Idea)	1. การระบุปัญหา (Problem) 2. การกำหนดจุดมุ่งหมาย (Objective) 3. การศึกษาข้อจำกัด (Constraints)	1. การวางแผนและเตรียมการดำเนินงาน (Plan)	1. การวิจัย (R-1)	1. ขั้นวางแผนและเตรียมการสร้างนวัตกรรม
3. เราจะทำให้เกิดสิ่งนั้นได้อย่างไร	2. การพัฒนา (Development) 3. การผลิต (Production)	2. การพัฒนาสิ่งที่ต้องการ (Development) 3. การเข้าสู่กระบวนการผลิต (Manufacturing)	3.แก้ไขปัญหา 4.พัฒนาต้นแบบ	3. การนำไปใช้ (Implementation)	3. การประเมินและทดสอบความคิด (Assessing and Testing Idea 4. การดำเนินการในขั้นต่อไป (Moving Forward)	4. การประดิษฐ์คิดค้นนวัตกรรม (Innovation)	2. การปฏิบัติ (Do)	2. การพัฒนา (D-1)	2. ขั้นออกแบบและพัฒนานวัตกรรม
			5.แก้ไขจุดบกพร่อง			5. การทดลองใช้ (Experimentation)	3. การประเมินตรวจสอบ (Check)	3. การวิจัย (R-2)	3. ขั้นทดสอบประสิทธิภาพนวัตกรรม
4. เราจะนำสู่ตลาดอย่างไรได้บ้าง	4. การเผยแพร่ (Diffusion)	4. การออกขาย (Market)	6.เข้าสู่ตลาด	4. การนำไปใช้ประโยชน์ (Capture)		6. การเผยแพร่ (Dissemination) 7. การยอมรับและต่อต้านนวัตกรรม (Acceptance and Resistance)	4. การดำเนินการอย่างเหมาะสม (Action)	4. การพัฒนา (D-2)	4. ขั้นตอนการเผยแพร่นวัตกรรม

(*อ้างถึงใน พยัต วุฒิรงค์, 2555, น. 23-24)

ความแตกต่างกันระหว่างวงจรคุณภาพของ Demming และกระบวนการสร้างนวัตกรรม คือ การดำเนินงานตามขั้นตอน PDCA จะเกิดขึ้นแบบทางเดียว วนซ้ำไปเรื่อย ๆ แต่ในการสร้างนวัตกรรมนั้น ขั้นตอนของการปรับปรุง อาจเกิดได้ในทุกขั้นตอน เป็นขั้นตอนสำคัญที่ควรดำเนินการในทุกระยะให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นเรื่อย ๆ

ในการสร้างและพัฒนานวัตกรรมทางเคมี สามารถใช้กระบวนการพัฒนานวัตกรรมโดยทั่วไปนี้มาเป็นต้นแบบในการดำเนินการ หรืออาจใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งเป็นกระบวนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการเพื่อปรับปรุงซ้ำ ๆ จนได้ผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่มีคุณภาพ เพื่อใช้ในการพัฒนากลุ่มคน หน่วยงาน หรือองค์กรให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งท้ายที่สุดแล้วจะทำให้ได้นวัตกรรมเกิดขึ้นเช่นเดียวกัน ประกอบด้วยขั้นตอนหลักสำคัญ คือ การวิจัย (Research) เพื่อแสวงหาความรู้และแนวทางการพัฒนาผลลัพธ์ เพื่อจัดทำแผนพัฒนาตามแนวทางที่ศึกษามาก่อน ตามด้วยการพัฒนา (Development) เป็นการปฏิบัติเพื่อสร้างผลลัพธ์ตามแผนการที่วางไว้ ต่อด้วยการวิจัยเพื่อตรวจสอบคุณภาพของการพัฒนาในลำดับก่อนหน้า ก่อนจะพัฒนาอีกครั้ง เพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น เป็นเช่นนี้ต่อไปจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ (ประสาท เนืองเฉลิม, 2556, น. 72-73) ลักษณะของการวิจัยและพัฒนาสอดคล้องกับกระบวนการสร้างนวัตกรรมและวงจรคุณภาพ ดังแสดงไว้แล้วในตารางที่ 1

1.3 ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี: นิยามและองค์ประกอบ

ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมโดยทั่วไป หรือ Innovation Ability หมายถึงคุณลักษณะเฉพาะของบุคคลในการสร้างนวัตกรรมให้ประสบผลสำเร็จและเพิ่มมูลค่าในสิ่งนั้น ๆ สอดคล้องกับนิยามของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมที่มีนักวิชาการนำเสนอในระดับนานาชาติ เช่น Lawson และ Samson (2001) ให้ความหมายของคำว่า ความสามารถทางนวัตกรรม (Innovation Capability) หมายถึง ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงความรู้และความคิดให้ไปสู่การสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ กระบวนการ หรือระบบอย่างต่อเนื่อง เพื่อสร้างผลประโยชน์หรือข้อได้เปรียบให้กับองค์การหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในองค์การนั้น ๆ ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกับ Assink (2006, p. 219) ที่เสนอว่า ความสามารถเชิงนวัตกรรม (Innovative Capability) คือ แรงขับเคลื่อนภายในที่จะสร้างและค้นหาแนวคิดใหม่ เพื่อพัฒนาให้เป็นนวัตกรรมที่สามารถเผยแพร่ได้ในท้องตลาดและมีประสิทธิภาพ ด้วยการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรและความสามารถที่มีอยู่ทั้งภายในและภายนอกองค์กร นอกจากนั้นในเชิงการจัดการนวัตกรรมโดยทั่วไปยังให้ความหมายของคำว่าความรู้และความคิดที่จะใช้สร้างนวัตกรรม หมายรวมถึงสินทรัพย์ทางปัญญา (Yliherva, 2004) รวมถึงมองผลของนวัตกรรมนั้นเพื่อเพิ่มอำนาจทางเศรษฐกิจและการแข่งขันทางการค้าเป็นสำคัญอีกประการหนึ่ง (Branzei & Vertinsky, 2006)

ในด้านการจัดการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระดับอุดมศึกษา ให้ความหมายของความสามารถในการสร้างนวัตกรรม หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการใช้ข้อมูลที่ตนเองมีทั้งองค์ความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์ในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าต่อสังคมและตนเอง ในขณะที่มีผู้ให้นิยามความหมายของความสามารถในการสร้างนวัตกรรม โดยพิจารณาจากองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกัน 2 ส่วน คือ ความรู้และการปฏิบัติ จึงให้ความหมายของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมว่าหมายถึง การได้มาหรือแสวงหา (Acquisition) การแก้ไขปรับปรุง (Reformation) และ การประยุกต์ใช้ (Application) องค์ความรู้ที่ตนเองมี และการสร้างแนวคิดใหม่ วิธีการ หรือผลิตภัณฑ์ ในขณะที่บางแนวคิดเห็นว่า ความสามารถในการสร้างนวัตกรรม (Innovative Ability) หมายถึง โครงสร้างของความรู้ที่ใช้ในการสร้างนวัตกรรม ซึ่งประกอบด้วย ความรู้พื้นฐาน (Basic Knowledge) ความรู้ในวิชาชีพ (Professional Knowledge) ความรู้ที่เป็นรูปธรรม (Instrumental Knowledge) และความรู้ในเชิงวิธีวิทยาการ (Knowledge on Methodology) (Xu & Chen, 2010)

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและพัฒนานวัตกรรมพบว่า การให้นิยามของความสามารถในการสร้างนวัตกรรม โดยทั่วไปอาศัยนิยามของความสามารถเป็นกรอบในการให้ความหมาย รวมถึงยังมีการกล่าวถึงความสามารถในการสร้างนวัตกรรมในหลายลักษณะ เช่น ตามพจนานุกรมราชบัณฑิตยสถาน ให้ความหมายของคำว่า ความสามารถ หมายถึง คุณลักษณะเฉพาะแต่ละบุคคลในการกระทำสิ่งต่าง ๆ ให้ประสบผลสำเร็จ โดยใช้ทักษะและสมรรถนะของตน (American Heritage Publicing Staff, 2011; ราชบัณฑิตยสถาน, 2556) เทียบเคียงกับคำว่า Ability ในภาษาอังกฤษ นอกจากนั้นยังมีการให้ความหมายของความสามารถในเชิงเทียบเคียงกับคำว่า Capability คือ ความสามารถที่ไปถึงได้ หรือความสามารถหรือคุณลักษณะที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมีเพื่อให้เรียนรู้ได้ดี และ Competency คือ สมรรถนะ หรือ ทักษะ มโนทัศน์ และทัศนคติที่ต้องมีในการทำงาน หรือเป็นความสามารถในการนำวิธีการและความรู้พื้นฐานไปใช้กับสถานการณ์จริง ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้คำว่า ความสามารถในการสร้างนวัตกรรม หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการกำหนดเป้าหมายของนวัตกรรม รวมถึงเปลี่ยนแปลงองค์ความรู้ แนวคิด หรือประสบการณ์ที่ตนเองมี ไปสู่การสร้างนวัตกรรมที่มีคุณค่า หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ ศักยภาพในการสร้างผลผลิตที่เป็นนวัตกรรม และแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าความสามารถในการนวัตกรรมต้องประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญ คือ การจัดการกับความรู้ที่บุคคลมี และการประดิษฐ์ผลผลิตในรูปของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการใหม่ ๆ

เมื่อนำแนวคิดการเรียนรู้ในวิชาเคมี นวัตกรรมทางเคมี มาผนวกกับความสามารถในการสร้างนวัตกรรม จะพบว่าในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีนั้น มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกทั้งปัจจุบันและอนาคต เพราะศาสตร์วิชาเคมีเกี่ยวข้องกับทุกคนในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพต่าง ๆ

ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้ และผลผลิตบางอย่าง ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน ดังนั้น*ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี (Chemistry Innovation Ability)* หมายถึง การปฏิบัติของนักศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงการใช้แนวคิด ทฤษฎี หลักการหรือองค์ความรู้ในศาสตร์วิชาเคมี และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบและพัฒนาต่อยอดนวัตกรรมทางเคมีให้สำเร็จ มีประสิทธิภาพและบรรลุเป้าหมายของการพัฒนานวัตกรรมที่กำหนดไว้ ในปัจจุบันยังไม่มีรายงานวิจัยใดนำเสนอองค์ประกอบที่ชัดเจนของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ในงานวิจัยนี้จึงสังเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี จากองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมโดยทั่วไปที่มีผู้เสนอไว้ ร่วมกับกระบวนการในการสร้างและพัฒนานวัตกรรม ดังนี้

Zawislak และคณะ (2012, p. 17) นำเสนอองค์ประกอบของความสามารถทางนวัตกรรม (Innovation Capability) ที่จำเป็นขององค์กรธุรกิจ ประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ

1. *ความสามารถในการพัฒนาเทคโนโลยี (Technology Development Capability)* คือ ความสามารถใด ๆ ที่จะเข้าใจความรู้และวิทยาการ รวมถึงดูดซับ และเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีที่กำหนดเพื่อสร้างหรือเปลี่ยนแปลงขีดความสามารถในการปฏิบัติงาน และความสามารถอื่น ๆ ให้บรรลุประสิทธิภาพที่สูงขึ้นทั้งด้านเทคนิคและด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

2. *ความสามารถในการดำเนินงาน (Operations Capability)* คือ ความสามารถในการปฏิบัติงานตามกำลังการผลิตขององค์กร ซึ่งต้องใช้ความรู้ ทักษะที่จำเป็นต่องานนั้น ๆ

3. *ความสามารถในการบริหารจัดการ (Management Capability)* คือ ความสามารถในการเปลี่ยนผลการพัฒนาเทคโนโลยีสู่การปฏิบัติงานขององค์กรและการผลักดันให้เกิดคุณค่าในทางธุรกิจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. *ความสามารถในเชิงธุรกิจ (Transaction Capability)* คือ ความสามารถในการติดต่อทางธุรกิจ เช่น การลดค่าใช้จ่ายทางการตลาด การจัดจ้างบุคคลภายนอก การเจรจาต่อรองทางธุรกิจ การบริหารจัดการโลจิสติกส์ และค่าใช้จ่ายทางด้านการขนส่ง ความสามารถดังกล่าวสามารถเรียกในอีกชื่อหนึ่งได้ว่า ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการ

ในรายงานวิจัยฉบับดังกล่าว นำเสนอองค์ประกอบของความสามารถทางนวัตกรรมตามความต้องการขององค์กรธุรกิจ จึงประกอบด้วยความสามารถในเชิงธุรกิจในความสามารถทางนวัตกรรมด้วย ส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ ของความสามารถทางนวัตกรรมสอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมเช่นเดียวกับงานวิจัยในด้านการศึกษา เช่น งานวิจัยของ Xu และ Chen (2010, p. 52) กำหนดองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรม (Innovative Ability) ของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา ประกอบด้วย

1. *ความรู้ความสามารถทั่วไป (Basic Ability)* ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1.1 *ความรู้ความสามารถพื้นฐานในทางวิชาชีพ (Basic Professional Ability)* เป็นความรู้ความเข้าใจพื้นฐานในแต่ละสาขาวิชาที่จำเป็นต่อการสร้างนวัตกรรมนั้น ๆ ดังนั้นการสร้างนวัตกรรมทางเคมีจึงต้องการความรู้ความเข้าใจในศาสตร์วิชาเคมี นอกจากนั้นความรู้ความสามารถพื้นฐานนี้ยังรวมถึงทักษะด้านคอมพิวเตอร์ การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ความรู้ด้านการบริหารจัดการ การตลาด กฎหมายในระดับพื้นฐาน

1.2 *ความรู้ความสามารถเกี่ยวกับพื้นฐานทางนวัตกรรม (Basic Innovative Ability)* หมายถึง ความรู้ความเข้าใจในนวัตกรรม เช่น นิยามและประเภทของนวัตกรรม กระบวนการพัฒนานวัตกรรม คุณภาพของนวัตกรรม เป็นต้น

2. *ความคิดเชิงนวัตกรรม (Innovative Thinking)* หมายถึง ความสามารถในการสร้างความคิดสร้างสรรค์ ความคิดนี้จะเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการสร้างสรรค์นวัตกรรม หรือเรียกอีกอย่างว่า ความคิดสร้างสรรค์

3. *การสร้างสรรค์นวัตกรรม (Innovative Actions)* คือ ความสามารถในการดำเนินการเชิงสร้างสรรค์เป็นพฤติกรรมภายนอกที่เกิดจากความคิด ซึ่งจะส่งผลต่อการปฏิบัติงานที่เป็นนวัตกรรมใหม่ ๆ ความสามารถในการดำเนินการที่เป็นนวัตกรรมสามารถถือได้ว่าเป็นความสามารถในการสร้างความสำเร็จด้วยการกระทำของแต่ละบุคคลด้วยความคิดสร้างสรรค์

งานวิจัยของ Saunila และ Ukko (2012, p. 358) นำเสนอความสามารถเชิงนวัตกรรม (Innovation Capability) ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ประการ โดยพิจารณาถึงผลของกระบวนการนวัตกรรมซึ่งจะได้นวัตกรรมที่มีคุณภาพ จึงจัดให้ผลของกระบวนการสร้างนวัตกรรมกล่าวคือ นวัตกรรมเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในความสามารถเชิงนวัตกรรมด้วย ดังนี้

1. *ศักยภาพด้านนวัตกรรม (Innovation Potential)* คือ ปัจจัยที่สะท้อนถึงศักยภาพขององค์กรเพื่อผลิตนวัตกรรม เป็นปัจจัยที่มีผลต่อสภาพปัจจุบันของความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรม เช่น ความรู้ความสามารถขององค์กร จุดแข็งขององค์กร

2. *กระบวนการนวัตกรรม (Innovation Processes)* คือ ระบบและกิจกรรมที่ช่วยองค์กรใช้ศักยภาพด้านนวัตกรรมของตนเองเพื่อสร้างนวัตกรรม ผ่านระบบและกิจกรรมต่าง ๆ

3. *ผลของกิจกรรมนวัตกรรม (The Result of Innovation Activities)* คือ ผลการดำเนินระบบหรือกิจกรรมขององค์กรที่ให้ผลผลิตที่เป็นนวัตกรรมประเภทต่าง ๆ เช่น นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ นวัตกรรมบริการ และนวัตกรรมกระบวนการ เป็นต้น

แนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรม (Innovative Ability) ของ Lu และคณะ (2013) สอดคล้องกับแนวคิดของ Xu และ Saunila ในบางองค์ประกอบ เช่น การสร้างสรรค์นวัตกรรมและกระบวนการนวัตกรรมเทียบได้กับทักษะนวัตกรรม และศักยภาพด้านนวัตกรรม เมื่อนำมาพิจารณาในระดับการจัดการเรียนการสอนจึงหมายถึงความรู้ความเข้าใจที่จำเป็น

สำหรับนวัตกรรมนั้น ๆ รวมถึงความคิดสร้างสรรค์ องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมตามแนวคิดของ Lu จึงประกอบด้วย

1. *ความสามารถในการเรียนรู้นวัตกรรม (Innovation learning Ability)* หมายถึง ความสามารถในการระบุปัญหา และหาทางแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้และประสบการณ์ที่มี และทำให้ผลการแก้ปัญหานั้นแสดงความโดดเด่นและเอกลักษณ์

2. *ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับนวัตกรรม (Innovation knowledge Foundation)* หมายถึง ความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้างนวัตกรรมไม่ว่าจะเป็นองค์ความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรม และความรู้ในศาสตร์ต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในกระบวนการสร้างและพัฒนานวัตกรรม

3. *ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ (Creative thinking Ability)* หมายถึง กระบวนการคิดของสมองซึ่งมีความสามารถในการคิดที่หลากหลายและแปลกใหม่ไปจากเดิม โดยสามารถนำไปประยุกต์ทฤษฎี หรือหลักการได้อย่างรอบคอบและมีความถูกต้อง จนนำไปสู่การคิดค้นและสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่แปลกใหม่หรือรูปแบบความคิดใหม่

4. *ทักษะนวัตกรรม (Innovation Skills)* หมายถึง การปฏิบัติที่ก่อให้เกิดนวัตกรรมตามกระบวนการพัฒนานวัตกรรมอย่างเป็นระเบียบแบบแผนและขั้นตอน รวมถึงการประยุกต์ความรู้เพื่อนำมาสร้างนวัตกรรมให้เกิดตามวิธีวิทยาการอย่างถูกต้อง

นอกจากนั้น รายงานวิจัยของ Li (2014) ยังเสนอว่า ความสามารถในการวิจัยและสร้างนวัตกรรม (Research and Innovation Capability) ของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา ควรประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้นำเสนอมาแล้ว คือ

1. *ความสามารถในการเรียนรู้ (Learning Ability)* คือ การปฏิบัติตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยการใช้ความรู้ที่ตนเองมี เพื่อกำหนดปัญหา คิด และแก้ปัญหานั้น เพื่อให้ได้องค์ความรู้ใหม่ ความสามารถในการเรียนรู้นี้ยังรวมถึง การได้มาหรือแสวงหาความรู้ การคิดแบบต่าง ๆ และทักษะการวิเคราะห์ รวมถึงการจัดการกับข้อมูล

2. *ความรู้ความชำนาญด้านปฏิบัติการ (Practical Ability)* คือ การนำความรู้ที่ตนเองมี มาออกแบบการทดลองเพื่อหาคำตอบ หรือแก้ปัญหา เพื่อสร้างสิ่งใหม่ ด้วยความคิดของตนเองอย่างอิสระ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมความตระหนักรู้ในการสร้างนวัตกรรมให้กับผู้เรียน และฝึกให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะการร่วมมือกับผู้อื่นในการปฏิบัติงานอีกประการหนึ่ง

3. *ความสามารถเชิงนวัตกรรม (Innovation Ability)* คือ ความสามารถของผู้เรียนในการประยุกต์ความรู้และทักษะอย่างสร้างสรรค์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นนวัตกรรม ผ่านกระบวนการสร้างสรรค์นวัตกรรม

นอกจากนั้นแนวคิดที่นำเสนอองค์ประกอบในการสร้างนวัตกรรมในรูปของความรู้และความสามารถแล้ว ยังมีรายงานวิจัยของนักวิจัยอีกกลุ่มหนึ่งนำเสนอองค์ประกอบของความสามารถใน

การสร้างนวัตกรรมในรูปของคุณลักษณะของบุคคล เช่น รายงานวิจัยของ Fowlin และคณะ (2013) ได้สังเคราะห์ความสามารถสำคัญ 7 ประการ อันเป็นผลจากทักษะและกระบวนการทางปัญญาที่ใช้ในการพัฒนาความคิดเชิงนวัตกรรม ซึ่งจะส่งผ่านมายังการสร้างนวัตกรรม ประกอบด้วย

1. การได้รับความรู้ (Knowledge Acquisition) สามารถระบุคำศัพท์และแนวคิดใหม่ และใช้กลยุทธเพื่อจดจำข้อมูล

2. การจัดการหรือปรับเปลี่ยน (Scaling) สามารถจัดข้อมูลและแนวคิดเพื่อนำมารวมกันในการออกแบบแนวคิดใหม่ ๆ

3. การอธิบายรายละเอียด (Elaboration) สามารถสรุปข้อมูลสำคัญ หรือจัดระเบียบเนื้อหาใหม่ได้

4. การคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking) เป็น-การประยุกต์ใช้ความรู้ที่มีอยู่ ในสถานการณ์ที่ไม่เคยพบมาก่อน

5. การสำรวจตนเอง (Self-initiated Exploration) ความสามารถในการตั้งคำถามกับแนวความคิดหรือข้อมูลที่นำเสนอ

6. การสร้างความร่วมมือหรือประสานพลัง (Collaboration) ความสามารถในการแสวงหาและยอมรับความคิดใหม่ ๆ จากเพื่อนร่วมงาน หรือที่ปรึกษา และใช้ความคิดใหม่ ๆ จากเพื่อนร่วมงานเป็นเครื่องตรวจสอบแนวความคิดของตน

7. การเป็นผู้ประกอบการ (Entrepreneurialism) การสร้างกลุ่มเพื่อตัดสินใจว่าความคิดสร้างสรรค์กลายเป็นนวัตกรรมที่มีคุณค่า และนำเสนอแนวคิดใหม่ให้กับผู้อื่นได้รับรู้เข้าใจ

นอกจากนั้น คุณลักษณะที่สำคัญของนวัตกรยังมีความสัมพันธ์กับขั้นตอนของกระบวนการพัฒนานวัตกรรม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Trompenaars และ Turner (2010) ซึ่งนำเสนอบทบาทของสมาชิกในกลุ่มการสร้างนวัตกรรม ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะสำคัญ 9 ข้อ คือ

1. ผู้สร้างสรรค์ (The Plant) เป็นการสร้างแนวคิดใหม่เป็นต้นแบบของกลุ่ม ลักษณะความคิดต้องใหม่ และนอกกรอบ สร้างสรรค์ จินตนาการ ไม่ยึดติดกับสิ่งเดิม สามารถทำให้ปัญหาที่ซับซ้อนคลี่คลายลงไปได้ และมีการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ

2. ผู้วางกรอบ (The Shaper) เป็นการกำหนดกรอบแนวคิดใหม่ และผลักดันให้แนวคิดนั้น ๆ เกิดขึ้น เป็นผู้ที่ชอบท้าทาย ชอบการเปลี่ยนแปลง และพร้อมรับแรงกดดัน โดยใช้อุปสรรคเป็นแรงกระตุ้นให้บรรลุความสำเร็จ

3. ผู้จัดการทรัพยากร (The Resource Investigator) เป็นผู้ที่มองหาโอกาสและทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับใช้สร้างนวัตกรรมของกลุ่ม ต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถสื่อสารกับผู้อื่นสูง

4. ผู้ประสานงาน (Coordinator) เป็นการประสานข้อมูลกับผู้อื่นในกลุ่ม และปรับความคิดของสมาชิกทุกคนในกลุ่มให้เป็นไปทางเดียวกัน

5. ผู้เชี่ยวชาญ (The Specialist) เป็นผู้ที่มีความรู้ทักษะในเรื่องใดเรื่องหนึ่งเป็นอย่างดี ทำให้เป็นผู้ที่มุ่งแสวงหาความรู้และทักษะที่จำเป็นต่อการสร้างนวัตกรรมเสมอ

6. ผู้กำกับติดตาม (Monitor-evaluator) เป็นความสามารถของผู้ที่ต้องรู้จักปรับปรุงแนวคิดและนำไปใช้อย่างรอบคอบ เป็นผู้ที่รู้จักการนำทางเลือกทุกทางมาผสานกันและตัดสินใจสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อกลุ่มมากที่สุด

7. ผู้ปฏิบัติ (The Implementer) เป็นผู้ที่ทำให้แนวคิดเปลี่ยนจากนามธรรมเป็นรูปธรรม ส่งเสริมให้แนวคิดจากสมองกลายเป็นความจริง และเสนอแนวทางการนำไปใช้จริง

8. ผู้ตกแต่ง (Completer-finisher) เป็นผู้ที่ปรับนวัตกรรมให้มีคุณภาพดีขึ้น หรือแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น หรือนำนวัตกรรมไปทดลองใช้ให้เหมาะสมกับบริบทที่จะใช้งานจริง

9. ผู้ทำงานเป็นทีม (The Team Worker) เป็นบุคคลที่รักษากำลังใจ และความสามัคคีของกลุ่ม ทำให้เกิดการมีส่วนร่วมและเอื้อให้เกิดกระบวนการทำงานเป็นทีม

แนวคิดนี้ยังมีนักวิจัยอื่น ๆ นำเสนอในแนวทางเดียวกัน เช่น De Bes และ Kotler (2011) นำเสนอคุณลักษณะที่ดีของผู้สร้างนวัตกรรมอันจะนำไปสู่ความสำเร็จขององค์กร ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะ 5 ประการ คือ

1. การริเริ่มคิดสิ่งใหม่ (Activators) เป็นการริเริ่มบทบาทแรกในการสร้างนวัตกรรม โดยกำหนดประเด็นปัญหาที่สำคัญต่อการสร้างนวัตกรรม

2. การค้นหา สืบค้นข้อมูลสารสนเทศสำคัญ (Browsers) เป็นการรวบรวมข้อมูลสำคัญ โดยพิจารณาจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ และมีทักษะในการค้นหา และคัดเลือกข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนานวัตกรรม

3. การออกแบบแนวคิดให้พร้อมสู่การปฏิบัติ (Creators) เป็นการปรับเปลี่ยนแนวคิดและสรุปให้เกิดความชัดเจนสามารถนำไปออกแบบและพัฒนาเป็นชิ้นงานหรือกระบวนการต่อไป

4. การพัฒนาสิ่งใหม่ให้เป็นรูปธรรม (Developers) เป็นการเปลี่ยนแนวคิดให้กลายเป็นชิ้นงานหรือกระบวนการ เพื่อให้กลายเป็นนวัตกรรม

5. การบริหารงานการใช้นวัตกรรม (Executors) เป็นการนำนวัตกรรมที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้ และปรับปรุงพัฒนาจนเป็นนวัตกรรมที่มีคุณค่า

ในขณะเดียวกันงานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างนวัตกรรมในประเทศไทยรายงานถึงองค์ประกอบในการสร้างนวัตกรรมไว้จำนวนหนึ่ง ซึ่งบางส่วนสอดคล้องกับงานวิจัยของต่างประเทศที่กล่าวมาข้างต้น (เนาวนิตย์ สงคราม, 2552; วราลี ฉิมทองดี, 2557) แต่เมื่อศึกษาเพิ่มเติมถึงเกณฑ์การประเมินนวัตกรรมของพิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2554) ซึ่งปรับปรุงแก้ไขเกณฑ์การประเมินคุณภาพนวัตกรรมจากแนวทางการดำเนินโครงการหนึ่งโรงเรียนหนึ่งนวัตกรรม และเกณฑ์การประเมินผลงานนวัตกรรมของเนาวนิตย์ สงคราม (2556) ซึ่งพัฒนาขึ้น

จากการสนทนากลุ่มด้วยฐานจากการวิจัยจากผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล พบว่า เกณฑ์การประเมินนวัตกรรมนั้นนอกจากจะมุ่งพิจารณากระบวนการคิด ออกแบบ และสร้างผลงานซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการสร้างนวัตกรรมแล้ว ยังต้องพิจารณาลักษณะของผลงานเป็นสำคัญ จึงสะท้อนให้เห็นว่า องค์ประกอบของความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมควรพิจารณาประเด็นต่อไปนี้เข้าเป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบด้วย คือ

1. *คุณค่าทางวิชาการ* พิจารณาจากกระบวนการคิด การพัฒนานวัตกรรม และผลที่เกิดขึ้น
2. *ประโยชน์ของนวัตกรรม* พิจารณาจากความสำคัญต่อวิชาชีพและการนำไปใช้งาน
3. *ลักษณะของผลงาน* พิจารณาจากลักษณะของนวัตกรรมว่ามีความแปลกใหม่ที่โดดเด่นหรือต่อยอดจากผลงานที่มีอยู่เดิมอย่างไร

จากประเด็นข้างต้น ความเป็นนวัตกรรมจึงควรเป็นหนึ่งในองค์ประกอบของความสามารถที่เกิดจากกระบวนการสร้างนวัตกรรม เพราะช่วยส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมให้เกิดประสิทธิภาพ ในขณะเดียวกันคุณภาพของนวัตกรรมจะเป็นองค์ประกอบย่อยหนึ่งในตัวชี้วัดของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมไปโดยปริยายเนื่องด้วยนิยามของนวัตกรรมกำหนดให้นวัตกรรมต้องประกอบด้วยคุณค่าหรือประโยชน์ในการใช้งาน

จากรายงานคุณลักษณะของบุคคล บทบาท ความสามารถ และกระบวนการที่สะท้อนถึงความสามารถในการสร้างนวัตกรรม พบว่านักวิชาการทั้งไทยและนานาชาตินำเสนอความสามารถในการสร้างนวัตกรรมในแง่ของความสามารถซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมการสร้างนวัตกรรม และความสามารถอันเนื่องมาจากกระบวนการในการสร้างนวัตกรรม เช่น งานวิจัยของ Trompenaars และ Turner, Fowlin และคณะ, Lu และคณะ และ Li พิจารณาองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมจากปัจจัยที่ส่งเสริมการสร้างนวัตกรรม ในขณะที่งานวิจัยของ Xu, De Bes และ Kotler, Saunila และ Ukko, เนาวนิตย์ สงคราม และ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข พิจารณาองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมจากกระบวนการสร้างนวัตกรรมและคุณภาพของนวัตกรรม ดังนั้นผู้วิจัยจึงสังเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ด้วยการพิจารณาจากกระบวนการสร้างนวัตกรรมเป็นหลัก โดยแต่ละองค์ประกอบจะชี้ให้เห็นถึงปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของขั้นตอนนั้น ๆ เช่น ในการออกแบบและสร้างนวัตกรรมทางเคมี นอกจากจะต้องอาศัยความสามารถในการวางแผนและพัฒนาแล้ว ยังต้องอาศัยความคิดเชิงนวัตกรรม และความคิดสร้างสรรค์ด้วย

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้ศึกษามาพิจารณาและจัดกลุ่มองค์ประกอบที่มีความหมายหรือลักษณะในทางเดียวกัน หรือมีผู้กล่าวถึงอย่างน้อย 3 แนวคิดขึ้นไป แสดงได้ดังตารางที่ 2 ดังนั้น ความสามารถในการบริหารจัดการ การทำงานเป็นทีม การสร้างความร่วมมือหรือประสานพลัง ความสามารถในเชิงธุรกิจ และการเป็นผู้ประกอบการ จึงไม่นำมาพิจารณาในองค์ประกอบของความสามารถในการสร้าง

นวัตกรรมทางเคมี เนื่องจากการทำงานเป็นทีมเป็นแนวคิดของการสร้างสรรค์นวัตกรรมในองค์การธุรกิจ ซึ่งมักระดมผู้เชี่ยวชาญในด้านต่าง ๆ มาสร้างนวัตกรรมร่วมกัน ไม่สอดคล้องกับบริบทของการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งอาจสร้างผลงานนวัตกรรมได้ด้วยตนเอง นอกจากนั้นความสามารถในเชิงธุรกิจและการเป็นผู้ประกอบการ มุ่งเน้นในการเพิ่มมูลค่าของนวัตกรรม ซึ่งเป็นขั้นตอนของการต่อยอดนวัตกรรม ไม่ใช่การสร้างและพัฒนานวัตกรรมในเบื้องต้น ดังนั้นองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีจากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจึงประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่

องค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหาของนวัตกรรมทางเคมี หมายถึง การสังเกต รวบรวมข้อมูลสถานการณ์ และระบุปัญหาหรือลักษณะที่ต้องการพัฒนาของกลุ่มเป้าหมายที่จะเป็นผู้ใช้นวัตกรรมทางเคมี โดยอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงค้นหาแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การกำหนดวัตถุประสงค์ของนวัตกรรมทางเคมีที่จะพัฒนาขึ้น

องค์ประกอบที่ 2 การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี หมายถึง การกำหนดประเด็นสำคัญ การสืบค้น และการสรุปและบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาวิชาเคมีหรือวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นกรอบแนวคิดหลักในการแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมทางเคมี ในองค์ประกอบย่อยข้อนี้ หมายรวมถึงการศึกษานวัตกรรมทางเคมีอื่น ๆ ที่มาก่อนหน้า และข้อจำกัดต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการพัฒนานวัตกรรมในอนาคต เช่น ทรัพยากรที่มีอยู่ทั้งในรูปของเวลา วัสดุอุปกรณ์ งบประมาณ เป็นต้น

องค์ประกอบที่ 3 การพัฒนานวัตกรรมทางเคมี หมายถึง การวางแผน สร้างแบบร่างนวัตกรรม ทดสอบและปรับปรุงนวัตกรรมทางเคมี จากปัญหา กรอบแนวคิดในการแก้ไขปัญหา องค์ความรู้ที่สำคัญ แนวคิดเชิงนวัตกรรม และความคิดสร้างสรรค์ โดยอาศัยวิธีการและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้นวัตกรรมทางเคมีที่มีคุณภาพและตอบสนองต่อผู้ใช้งาน

องค์ประกอบที่ 4 คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี หมายถึง ผลการตรวจสอบการนำนวัตกรรมไปใช้งานว่าเหมาะสม หรือสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือแก้ไขปัญหาที่ผู้สร้างนวัตกรรมได้กำหนดหรือไม่ รวมถึงการประเมินความคุ้มค่าและโอกาสที่นวัตกรรมจะได้รับการยอมรับในวงกว้าง

องค์ประกอบทั้ง 4 ของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้นนี้ แม้จะอาศัยกระบวนการสร้างนวัตกรรมเป็นหนึ่งในปัจจัยการพิจารณาสังเคราะห์องค์ประกอบ แต่ลักษณะขององค์ประกอบที่นำเสนอข้างต้นเป็นความสามารถที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นจนพัฒนานวัตกรรมสิ้นสุด ไม่เป็นลำดับชั้นซึ่งกันและกัน ดังจะเห็นได้ว่าหากองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งลดทอนไป ยังคงแสดงความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีให้เห็นในภาพรวมได้

ตารางที่ 2 การสังเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

Zawislak และคณะ (2012)	Xu (2010)	Fowlin และคณะ (2013)	Trompenaars และ Turner (2010)	De Bes และ Kotler (2011)	Saunila และ Ukko (2012)	Lu และคณะ (2013)	Li (2014)	พิมพันธ์ และพเยาว์ (2554)/ เนาวนิตย์ (2552)	องค์ประกอบที่เลือกศึกษา	องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี
ความสามารถในการพัฒนาเทคโนโลยี (Technology Development Capability)		การสำรวจตนเอง (Self-initiated Exploration)	ผู้สร้างสรรค์ (The Plant)			ความสามารถในการเรียนรู้นวัตกรรม (Innovation Learning Ability)			✓	1. การระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี
			ผู้วางกรอบ (The Shaper)							
	ความรู้ความสามารถพื้นฐานในทางวิชาชีพ (Basic Professional Ability)	การได้รับความรู้ (Knowledge Acquisition)	ผู้เชี่ยวชาญ (The Specialist)	การค้นหา สืบค้นข้อมูลสารสนเทศสำคัญ (Browsers)	ศักยภาพด้านนวัตกรรม (Innovation Potential)	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับนวัตกรรม (Innovation Knowledge Foundation)	ความสามารถในการเรียนรู้ (Learning Ability)			2. การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี
		การจัดการหรือปรับเปลี่ยน (Scaling)					ความสามารถเชิงนวัตกรรม (Innovation Ability)			
	ความรู้ความสามารถเกี่ยวกับพื้นฐานทางนวัตกรรม (Basic Innovative Ability)	การอธิบายรายละเอียด (Elaboration)				ความสามารถในการเรียนรู้นวัตกรรม (Innovation Learning Ability)			✓	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

Zawislak และคณะ (2012)	Xu (2010)	Fowlin และคณะ (2013)	Trompenaars และ Turner (2010)	De Bes และ Kotler (2011)	Saunila และ Ukko (2012)	Lu และคณะ (2013)	Li (2014)	พิมพันธ์ และพเยาว์ (2554)/ เนาวนิตย์ (2552)	องค์ประกอบที่เลือกศึกษา	องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี
ความสามารถในการดำเนินงาน (Operations Capability)	ความคิดเชิงนวัตกรรม (Innovative Thinking)	การคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking)	ผู้จัดการทรัพยากร (The Resource Investigator)	การริเริ่มคิดสิ่งใหม่ (Activators)	กระบวนการนวัตกรรม (Innovation Processes)	ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking Ability)	ความรู้ความชำนาญด้านปฏิบัติการ (Practical Ability)	ตัวบ่งชี้ด้านกระบวนการพัฒนานวัตกรรม	✓	3. การพัฒนานวัตกรรมทางเคมี
	การสร้างสรรค์นวัตกรรม (Innovative Actions)		ผู้ประสานงาน (Coordinator)	การออกแบบแนวคิดให้พร้อมสู่การปฏิบัติ (Creators)		ทักษะนวัตกรรม (Innovation Skills)				
ความสามารถในการบริหารจัดการ (Management Capability)			ผู้กำกับติดตาม (Monitor-evaluator)	การพัฒนาสิ่งใหม่ให้เป็นรูปธรรม (Developers)						
			ผู้ปฏิบัติ (The Implementer)							
			ผู้ตกแต่ง (Completer-finisher)							
				การบริหารงานการใช้นวัตกรรม (Executors)	ผลของกิจกรรมนวัตกรรม (The Result of Innovation Activities)			ตัวบ่งชี้ด้านความเป็นนวัตกรรม	✓	4. คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี
								ตัวบ่งชี้ด้านคุณค่าของนวัตกรรม		
		การสร้างความร่วมมือหรือประสานพลัง (Collaboration)	ผู้ทำงานเป็นทีม (The Team Worker)							
ความสามารถในเชิงธุรกิจ (Transaction Capability)		การเป็นผู้ประกอบการ (Entrepreneurialism)								

1.4 การประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

โดยทั่วไปในสร้างนวัตกรรมนั้น จะพิจารณาว่าวิธีการ แนวคิด หรือการกระทำใด ๆ เป็นนวัตกรรมหรือไม่ จะใช้การประเมินผลงานนวัตกรรม จากการศึกษาเอกสารและรายงานที่เกี่ยวข้องกับการประเมินนวัตกรรมประเภทต่าง ๆ พบว่าแนวทางการประเมินนั้นกำหนดไว้คล้ายคลึงกัน ด้วยการพิจารณาจากองค์ประกอบของนวัตกรรมทั้ง 3 ประการ ได้แก่ ความใหม่ คุณค่าหรือประโยชน์ของนวัตกรรม และการเลือกใช้ความรู้ในการสร้างนวัตกรรม (คุรุสภา, 2555; เนาวนิตย์ สงคราม, 2556, น. 135-144; วรากร หงษ์โต, 2553, น. 288-293) ในขณะที่ตัวชี้วัดของเกณฑ์การประเมินนวัตกรรมการเรียนรู้ของพิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข (2554, น. 10-15) ซึ่งพัฒนาต่อยอดจากเอกสารแนวการดำเนินโครงการหนึ่งโรงเรียน หนึ่งนวัตกรรม (คุรุสภา, 2555) ระบุองค์ประกอบของการประเมินนวัตกรรมการเรียนรู้ในเชิงการเรียนรู้ของผู้สร้างนวัตกรรมและผู้ใช้นวัตกรรมด้วย เพื่อประเมินนวัตกรรมการเรียนการสอนด้วยการตรวจสอบกระบวนการพัฒนาและความก้าวหน้าในการพัฒนานวัตกรรม ซึ่งสามารถนำมาใช้ประเมินนวัตกรรมโดยทั่วไปได้ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

1. *ด้านความเป็นนวัตกรรม* มี 1 ตัวบ่งชี้ คือ ความเป็นนวัตกรรม

2. *ด้านกระบวนการพัฒนานวัตกรรม* มี 6 ตัวบ่งชี้ คือ วัตถุประสงค์และเป้าหมายของการพัฒนานวัตกรรม การออกแบบนวัตกรรม การนำไปใช้ การมีส่วนร่วมในการพัฒนานวัตกรรม ผลที่เกิดขึ้นจากการนำไปใช้

3. *ด้านคุณค่าของนวัตกรรม* มี 5 ตัวบ่งชี้ คือ การแก้ปัญหาหรือพัฒนาคุณภาพ การใช้ทรัพยากรในการพัฒนานวัตกรรม การเรียนรู้ร่วมกัน การนำไปใช้ การยอมรับ

เกณฑ์การประเมินข้างต้นเพิ่มเติมประเด็นของการเรียนรู้ของผู้สร้างนวัตกรรม และผู้ใช้นวัตกรรมเข้ามาด้วย เนื่องด้วยเกณฑ์ดังกล่าวจัดทำขึ้นเพื่อประเมินนวัตกรรมทางการศึกษาเป็นส่วนใหญ่ สอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินผลงานนวัตกรรมของเนาวนิตย์ สงคราม (2556) ซึ่งพัฒนาขึ้นจากการสนทนากลุ่มด้วยฐานจากการวิจัยจากผู้เชี่ยวชาญหลายด้าน ได้แก่ การวัดและประเมินผลการสร้างนวัตกรรม ความคิดสร้างสรรค์ และเทคโนโลยีการศึกษา ซึ่งแบ่งมาตรฐานการประเมินออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

1. *มาตรฐานด้านกระบวนการพัฒนานวัตกรรม* มี 8 ตัวบ่งชี้ คือ การวิเคราะห์ปัญหา การกำหนดเป้าหมายที่สอดคล้องกับปัญหา กรอบความคิดในการสร้างนวัตกรรม การออกแบบนวัตกรรมตามหลักการและทฤษฎี การปรับปรุงนวัตกรรมต้นแบบ การประเมินและสรุปผลนวัตกรรม การนำเสนอและเผยแพร่นวัตกรรม และการคำนึงถึงลิขสิทธิ์และจรรยาบรรณ

2. *มาตรฐานด้านคุณค่า* มี 6 ตัวบ่งชี้ คือ องค์ความรู้ใหม่ที่ต่อยอดจากองค์ความรู้เดิม การแก้ไขปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์ ความคุ้มค่าในการใช้ทรัพยากรเพื่อแก้ปัญหา ความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ การยอมรับจากผู้ใช้งาน และการเรียนรู้ร่วมกันจากกลุ่มผู้พัฒนานวัตกรรม

3. *มาตรฐานด้านความเป็นนวัตกรรม* มี 3 ตัวบ่งชี้ คือ สิ่งใหม่ วิธีการใหม่ หรือแนวทางใหม่ การสร้างสรรค์ในผลงาน และลิขสิทธิ์หรือสิทธิบัตร

การประเมินนวัตกรรมตามเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น เป็นการประเมินเพื่อสรุปผล (Summative Assessment) เนื่องจากเป็นการประเมินที่ผลงานท้ายสุดเป็นสำคัญ และพิจารณากระบวนการพัฒนานวัตกรรมจากผลงานที่เกิดขึ้น แต่ในการประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีตามองค์ประกอบที่นำเสนอไว้ก่อนหน้านี้ ควรต้องพิจารณาถึงความสามารถบางประการที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการพัฒนานวัตกรรม ดังนั้นการประเมินผ่านผลงานนวัตกรรมเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ จึงควรพิจารณาแนวทางอื่น ๆ เพิ่มเติมด้วย เช่นวัตถุประสงค์และเป้าหมายของนวัตกรรมจะสอดคล้องกับปัญหาที่ต้องการจะแก้ไขหรือไม่ อาจมีปัจจัยบางประการเข้ามามีส่วนในการกำหนดในขั้นตอนการระบุปัญหา หรือการใช้หลักการ แนวคิด ทฤษฎีในการพัฒนานวัตกรรม เพื่อให้นวัตกรรมที่เกิดขึ้นเป็นผลงานที่สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องแท้จริง อาจมีการเลือกใช้องค์ความรู้แต่เกิดการเรียนรู้และปรับแก้ไขจนเกิดความสำเร็จในที่สุด รวมถึงการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมตามกระบวนการอย่างมีประสิทธิภาพจะทำให้เห็นความสำเร็จของการพัฒนานวัตกรรมจากการทดลองใช้หรือการยอมรับนวัตกรรม ซึ่งอาจไม่พบภาพดังกล่าวที่การประเมินที่ผลงานนวัตกรรมท้ายสุดแต่อย่างเดียว ดังนั้นในการประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมจึงต้องพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ประกอบ เช่น การเลือกใช้ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างนวัตกรรมนั้น ๆ ดังแนวทางการประเมินความสามารถทางนวัตกรรมของ Lu และคณะ (2013) ซึ่งกล่าวถึงการประเมินความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับนวัตกรรม ประกอบด้วยตัวชี้วัด ดังนี้

1. *ความสามารถในการเรียนรู้นวัตกรรม (Innovation Learning Ability)* ประกอบด้วย ความสามารถในการระบุปัญหา (Ability of Problem Identification) ความสามารถในการสืบค้นข้อมูล (Ability of Information Retrieval) ความสามารถในการพัฒนาความรู้ให้ทันสมัย (Ability of Knowledge Updating) เกิดจากการส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดและเรียนรู้เนื้อหาที่ลึกซึ้ง และความสามารถในการแสดงให้เห็นถึงความเป็นเอกลักษณ์ของนวัตกรรม (Ability of Uniqueness Exposition) ด้วยการส่งเสริมหรือกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงทัศนะและมุมมองที่หลากหลาย

2. *ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับนวัตกรรม (Innovation Knowledge Foundation)* ประกอบด้วยระดับความรู้พื้นฐาน (Basic Knowledge Level) ระดับความรู้ข้ามสาขาหรือวิทยาการ (Cross-Discipline Knowledge Level) ระดับความรู้ด้านนวัตกรรม (Knowledge Innovation Level)

3. *ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking Ability)* ประกอบด้วยความคิดริเริ่ม (Intuitive Thinking) การคิดอย่างมีตรรกะ (Logical Thinking) จินตนาการ (Imagination) การคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking)

4. *ทักษะในการสร้างนวัตกรรม (Innovation Skills)* ประกอบด้วยระเบียบวิธีที่สร้างสรรค์นวัตกรรม (Methodology Innovation) และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ (Knowledge Application)

ในขณะที่การประเมินความสามารถในการวิจัยและสร้างนวัตกรรมของของนักศึกษาระดับอุดมศึกษาตามแนวคิดของ Li (2014) เสนอให้ประเมินความรู้ผ่านการจัดการความรู้ และความสามารถเชิงนวักกรรมผ่านการประกวดแข่งขันหรือการตีพิมพ์ผลงานทางวิชาการ ดังองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการวิจัยและสร้างนวัตกรรมงานวิจัยที่ได้นำเสนอมาแล้ว คือ

1. *การประเมินความสามารถในการเรียนรู้ (Learning Ability Assessment)* ประเมินจากความสามารถในการสืบค้นและนำความรู้ที่ได้รับมาวิเคราะห์และจัดให้เป็นระเบียบ

2. *การประเมินความรู้ความชำนาญด้านปฏิบัติการ (Practical Ability Assessment)* ประเมินจากการลงมือปฏิบัติการสร้างนวัตกรรม และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

3. *การประเมินความสามารถเชิงนวัตกรรม (Innovation Ability Assessment)* ประเมินจากการได้รับรางวัลที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมหรือการตีพิมพ์ผลงานทางวิชาการ เป็นต้น

ทั้งนี้จากเอกสารและข้อมูลที่เกี่ยวข้องพบว่า การประเมินนวัตกรรมนั้นจะเน้นการประเมินผลผลิต ในขณะที่การประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมจะเน้นการประเมินผลจากกระบวนการสร้างนวัตกรรม ทั้งนี้ในการประเมินยังกำหนดความสำคัญของแต่ละองค์ประกอบไม่เท่ากัน ขึ้นกับจุดเน้นของการประเมิน ผู้วิจัยจึงสรุปว่า ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีควรวัดและประเมินด้วยรูปแบบการประเมินที่สนับสนุนความสามารถของผู้ปฏิบัติ เช่น การแสดงให้ข้อมูลเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดที่ควรให้คำแนะนำเพื่อทำให้เกิดการพัฒนาในการปฏิบัติงาน แสดงให้เห็นว่าการประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีควรพิจารณาจากทั้งจากวัตถุดิบ ผลผลิต และกระบวนการ กล่าวคือ ประเมินจากนวัตกรรมที่สร้างขึ้นส่วนหนึ่ง จากกระบวนการสร้างนวัตกรรมอีกส่วนหนึ่ง และจากความรู้ความเข้าใจที่ใช้เป็นตัวตั้งต้นในการสร้างนวัตกรรมอีกส่วนหนึ่ง เพราะการประเมินกระบวนการนั้น สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่สังเคราะห์ไว้ องค์ประกอบในการประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี จึงประกอบด้วยการประเมิน 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 การประเมินกระบวนการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ประกอบด้วยการประเมินตามองค์ประกอบย่อยของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ดังนี้

1. *การระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี* เป็นการประเมินความสามารถในการระบุปัญหาหรือลักษณะที่ต้องการพัฒนาของกลุ่มเป้าหมายที่จะเป็นผู้ใช้นวัตกรรมทางเคมีว่าผ่านการสังเกต รวบรวม และระบุปัญหา โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

อย่างครบถ้วนหรือไม่ อย่างไร รวมถึงการค้นหาแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การกำหนดวัตถุประสงค์ของนวัตกรรมทางเคมีที่จะพัฒนาขึ้น

2. *การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี* เป็นการประเมินความสามารถในการกำหนดประเด็นสำคัญ การสืบค้นข้อมูล และการสรุปข้อมูลสารสนเทศที่เกี่ยวข้องและมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมทางเคมีว่าแสดงถึงองค์ความรู้เคมีและความรู้อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องและจำเป็นหรือไม่ อย่างไร การประเมินความสามารถย่อยนี้พิจารณาจากการเลือกใช้แหล่งข้อมูล ทักษะในการค้นหา การคัดเลือกความรู้ การบูรณาการความรู้หรือประสบการณ์ การศึกษาข้อจำกัดต่าง ๆ เป็นต้น

3. *การประเมินการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี* เป็นการประเมินที่แสดงให้ว่านวัตกรรมทางเคมีที่พัฒนาขึ้น มีการออกแบบและพัฒนาตามระเบียบวิธีในการออกแบบและประดิษฐ์นวัตกรรมอย่างถูกต้อง เช่น วางแผนแนวคิด อาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และปรับปรุงแนวคิดจนสามารถนำไปใช้ได้จริง และเกิดเป็นนวัตกรรมที่มีตอบสนองต่อปัญหาอย่างมีคุณภาพ ในขั้นตอนนี้ยังสามารถประเมินความสร้างสรรค์ของนวัตกรรม ว่ามีการใช้กรอบความคิดที่ไม่เคยมีการใช้มาก่อน หรือต่อยอดอย่างไร รวมถึงความสามารถในการนำข้อค้นพบจากการตรวจสอบการใช้งานและรับฟังความคิดเห็นจากผู้ที่เกี่ยวข้อง และมาปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมทางเคมีที่พัฒนาขึ้นให้เป็นนวัตกรรมที่สมบูรณ์

ส่วนที่ 2 การประเมินคุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี ประกอบด้วยการประเมินตามองค์ประกอบย่อยของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีด้านคุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี ได้แก่ ผลการตรวจสอบการนำนวัตกรรมไปใช้งานว่าเหมาะสม หรือสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือแก้ไขปัญหาที่ผู้สร้างนวัตกรรมได้กำหนดหรือไม่ รวมถึงการประเมินความคุ้มค่าหรือโอกาสที่นวัตกรรมจะได้รับการยอมรับในวงกว้าง

วิธีการประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีควรใช้การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) เข้ามาช่วยในการประเมิน เนื่องจากเป็นการประเมินผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย วัดและประเมินผลผู้เรียนบนพื้นฐานของความเป็นจริง เน้นการปฏิบัติเป็นสำคัญ เป็นการสะท้อนคุณภาพ ทักษะ ความสามารถของผู้เรียน โดยการประเมินจะมีผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่ายเข้ามามีส่วนร่วมในการประเมินด้วยวิธีการเหมาะสม (สุวิมล ว่องวานิช, 2546, น. 13) เช่น การตรวจสอบเอกสารรายงานผลการพัฒนานวัตกรรม หรือสังเกตและตรวจสอบข้อมูลจากการนำเสนอผลงาน และศึกษาผลงานนวัตกรรม ชิ้นงาน หรือการทำงานของนวัตกรรม รวมถึงสัมภาษณ์หรือสอบถามข้อมูลจากผู้พัฒนานวัตกรรมและผู้เกี่ยวข้อง (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2554, น. 15)

1.5 ปัจจัยและการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

วิชาเคมีเป็นวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาองค์ประกอบ โครงสร้าง สมบัติ และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของสสาร มุ่งศึกษาและทำความเข้าใจถึงกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ และที่อยู่

รอบตัวเรา ดังนั้นการจัดการศึกษาวิชาเคมีระดับปริญญาบัณฑิตจึงมุ่งเน้นให้ผู้สำเร็จการศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายพื้นฐานเกี่ยวกับสสารและกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตั้งแต่ระดับอะตอม โมเลกุล จนถึงสสารในระดับมหภาค สามารถวิเคราะห์ สังเคราะห์ แก้ปัญหา อันจะนำไปสู่การพัฒนาและสร้างองค์ความรู้ใหม่ มีทักษะด้านปฏิบัติการ สามารถเลือกใช้วิธีและเครื่องมือได้อย่างเหมาะสม สามารถบูรณาการความรู้และทักษะทางเคมีเข้ากับศาสตร์อื่น ๆ โดยตระหนักถึงความปลอดภัยและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน การศึกษาวิชาเคมีในระดับอุดมศึกษาของประเทศไทยแบ่งเป็นสาขาย่อย เช่น เคมีเชิงฟิสิกส์ เคมีอินทรีย์ เคมีอินทรีย์ เคมีวิเคราะห์ และชีวเคมี นอกจากนี้ยังมีสาขาย่อย ๆ ทางเคมีที่มีลักษณะการนำความรู้ทางเคมีไปบูรณาการกับสาขาวิชาอื่น ๆ เช่น เคมีเวชภัณฑ์ เคมีสิ่งแวดล้อม วัสดุศาสตร์ เคมีนิวเคลียร์ เคมีการเกษตร เคมีอาหาร เป็นต้น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2554, น. 2-3)

การจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีในระดับอุดมศึกษา จึงมีความเฉพาะเจาะจงเนื่องจากเป็นสาขาวิชาที่ต่อยอดมาจากการศึกษาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ (Natural Science) เป็นการค้นพบความจริงในธรรมชาติด้วยการตั้งคำถามและใช้ระเบียบวิธีวิทยาศาสตร์ ทัศนคติวิทยาศาสตร์ในการเก็บข้อมูลเชิงประจักษ์ วิเคราะห์ ตีความ ให้เหตุผลและตรรกศาสตร์ในการสรุปความรู้ ทฤษฎี หรือแนวคิด การประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นอีกศาสตร์หนึ่งที่เป็นรากฐานสำคัญของศาสตร์ทั้งปวง บนฐานความเข้าใจธรรมชาติอย่างลึกซึ้ง และความคิดสร้างสรรค์ และความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีจากฐานความรู้ร่วมกัน ทำให้เกิดเป็นสาขาวิชาชั้นสูงที่มีความเฉพาะออกไป เช่น เคมี เป็นต้น สาขาวิชาชั้นสูงเหล่านี้ ก่อให้เกิดการสร้างสรรค์ประดิษฐกรรมที่อำนวยประโยชน์ต่อคุณภาพชีวิตของคนในสังคม ดังนั้น การเจริญเติบโตและพัฒนาการของวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยปัจจัยสำคัญจากการพัฒนาทัศนคติวิทยาศาสตร์ที่เกิดได้จากการจัดการศึกษาในหมวดวิชาการศึกษาทั่วไปทั้งหมวดวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน ร่วมกับวิชาปรัชญาและภาษาอังกฤษ เพื่อช่วยให้นักศึกษาเข้าถึงแหล่งความรู้ เข้าใจเนื้อหา รู้จักคิดวิเคราะห์ และคิดสร้างสรรค์จนถึงระดับค้นพบความรู้ใหม่ เพื่อประยุกต์ในงานด้านต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ต่อแวดวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2554, น. 2)

ในยุคปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงของสังคมโลกอย่างรวดเร็ว การจัดการเรียนการสอนในวิชาเคมีจึงต้องปรับเปลี่ยนจากกระบวนทัศน์ในการจัดการสอนแบบเดิม ที่มุ่งเน้นบัณฑิตที่มีความรู้และความเป็นเลิศทางวิชาการ มาเป็นผู้ที่สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ด้วยองค์ความรู้ในสาขาวิชาเคมีที่เข้มแข็ง การจัดการเรียนการสอนอาจส่งเสริมให้ผู้เรียนในชั้นปีแรก มีความรู้และทัศนคติเชิงนวัตกรรมในหมวดวิชาการศึกษาทั่วไปก่อน แล้วจึงเน้นการพัฒนาทักษะและมุมมองนวัตกรรมเชิงบูรณาการในรายวิชาพื้นฐานเมื่อผู้เรียนศึกษาในระดับที่สูงขึ้นนั้น ควรมุ่งสร้างทักษะการสร้างผลงานด้วยโครงงานนวัตกรรมในรายวิชาเรียนที่ผู้เรียนสนใจ และมุ่งเน้นการผลิตชิ้นงาน

นวัตกรรม ผ่านการนำไปใช้จริงและมีการวิจัยรองรับที่ผ่านมามีงานวิจัยระดับนานาชาตินำเสนอแนวคิดทางการศึกษาที่มีส่วนช่วยให้เกิดการสร้างนวัตกรรมในการจัดการเรียนการสอนในวิชาเคมีอย่างต่อเนื่อง (มรรยาท รุจิวิชชญ์ และมารุต ปัชโชตะสิงห์, 2561) ด้วยการนำปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างนวัตกรรมมาเป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบ หรือใช้วิธีการส่งเสริมทักษะ หรือความสามารถที่สำคัญและจำเป็นในการสร้างนวัตกรรม

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อพิจารณาตัวแปรในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมอันนำไปสู่การกำหนดแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางนั้น พบว่ามีปัจจัยจำนวนมากที่ส่งผลให้เกิดความสามารถในการสร้างนวัตกรรม อาทิ

Qui-Jun, Na และ Wen Yong (2011) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการสร้างนวัตกรรมของนักศึกษา พบว่า ความรู้พื้นฐานและความฉลาดเป็นแก่นสำคัญ และบุคลิกภาพเป็นสิ่งเร้าที่กระตุ้นให้เกิดการสร้างนวัตกรรม รวมถึงการจัดสภาพแวดล้อมที่ดีมีส่วนเอื้อต่อการสร้างนวัตกรรมในองค์กรด้วย

Seidler – de Arwis และ Hartman (2008) นำเสนอว่า การสร้างแรงจูงใจ รวมถึงพันธะสัญญา รวมถึงการให้ความหวัง และเสริมแรงด้วยรางวัล เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การสร้างนวัตกรรมประสบความสำเร็จ รวมถึงการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างบุคคลภายในองค์กรด้วยความจริงใจอุทิศเวลาและโอกาส การสนับสนุนทั้งทางโครงสร้างและวัฒนธรรมผ่านทางนโยบายขององค์กร กระบวนการตัดสินใจและการวัดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยผู้บริหารจะต้องตระหนักถึงความสำคัญ และส่งเสริมให้เกิดความสัมพันธ์อันดีต่อกันในองค์กร

McAdam และ McCleland (2002) รายงานว่า การสร้างนวัตกรรมของบุคคลขึ้นกับความคิดสร้างสรรค์ของบุคคลในองค์กร ซึ่งความคิดสร้างสรรค์นี้จะเกิดขึ้นได้จากการทำงานร่วมกันเป็นทีม และการสนับสนุนจากองค์กร

Von Stamm (2008) กล่าวว่า การสร้างนวัตกรรมจะต้องเกิดจากแรงจูงใจภายใน อาทิ ความกระตือรือร้น แรงบันดาลใจ และองค์ความรู้ การสร้างนวัตกรรมไม่สามารถสั่งให้เกิดขึ้นได้ หรือบังคับให้สร้างได้ โดยมีสิ่งสำคัญ 5 ประการขับเคลื่อน คือ ยุทธศาสตร์และวิสัยทัศน์ รูปแบบของภาวะผู้นำในองค์กร กระบวนการสร้างนวัตกรรม วัฒนธรรมองค์กรที่ทันสมัย สภาพแวดล้อมทางกายภาพในการทำงาน ทั้ง 5 ประการต้องสนับสนุนพฤติกรรมที่จะนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม

White และ Bruton (2007) นำเสนอว่า การบริหารนวัตกรรมให้ประสบความสำเร็จขึ้นกับการจัดสรรทรัพยากร เพื่อส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมทั้งรายบุคคลและกลุ่มบุคคล โดยต้องคำนึงถึงการจัดสภาพแวดล้อมกระตุ้นให้เกิดความคิดเชิงนวัตกรรม การสนับสนุนกระบวนการสร้างนวัตกรรม และการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์

Prajogo และ Ahmed (2006) กล่าวถึง การส่งเสริมให้บุคคลสร้างนวัตกรรมต้องส่งเสริมการจัดการความรู้ ความคิดสร้างสรรค์ และภาวะผู้นำของสมาชิกในองค์กร

Henard และ MvFadyen (2008) นำเสนอว่า พื้นฐานสำคัญในการสร้างนวัตกรรม คือ ความรู้ ซึ่งความรู้มีได้หลายระดับ ประกอบด้วย ความรู้ที่ได้รับมาจากการแสวงหา (Acquired knowledge) ความรู้เฉพาะทาง (Unique Knowledge) ความรู้สร้างสรรค์ (Creative Knowledge)

เนาวนิตย์ สงคราม (2556) ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างนวัตกรรม ได้แก่ ความรู้ ความสามารถและประสบการณ์เรียนรู้ การจัดการความรู้ ความคิดสร้างสรรค์

ปัจจัยที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมดังกล่าวสามารถนำมาจัดกลุ่มได้ 2 ประเภท คือ ปัจจัยภายในตนเอง ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์ แรงจูงใจ การทำงานเป็นทีม ความรู้ การจัดการความรู้ การคิดออกแบบ หรือการคิดแก้ปัญหา เป็นต้น และปัจจัยภายนอก ได้แก่ การสนับสนุนจากองค์กร การจัดสภาพแวดล้อม เทคโนโลยีสารสนเทศ การสื่อสาร ยุทธศาสตร์และวิสัยทัศน์องค์กร วัฒนธรรมองค์กร การจัดการบริหารนวัตกรรม เป็นต้น (วราลี ฉิมทองดี, 2557) สรุปได้โดยสังเขปดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการสร้างนวัตกรรม

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการสร้างนวัตกรรม	McAdam & McCleland (2002)	Prajogo & Ahmed (2006)	White & Bruton (2007)	Henard & MvFadyen (2008)	Seidler – de Arwis & Hartman (2008)	Von Stamm (2008)	OECD (2011)	Qui-Jun & Wen-Yong (2011)	เนาวนิตย์ สงคราม (2556)	***ความถี่***
ความคิดสร้างสรรค์	✓	✓	✓				✓		✓	5
ความคิดวิเคราะห์							✓			1
การแก้ปัญหา							✓			1
การคิดออกแบบ							✓			1
การทำงานเป็นทีม	✓								✓	2
การเป็นผู้ประกอบการ							✓			1
การจัดการความรู้		✓			✓				✓	3
ความรู้ในการสร้างนวัตกรรม				✓			✓	✓	✓	4
ความฉลาด								✓		1
บุคลิกภาพ								✓		1
ทักษะทางอารมณ์							✓			1
แรงจูงใจ					✓	✓			✓	3
การสนับสนุนจากองค์กร	✓				✓					2
การจัดสภาพแวดล้อม			✓			✓		✓		3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการสร้างนวัตกรรม	McAdam & McCleland (2002)	Prajogo & Ahmed (2006)	White & Bruton (2007)	Henard & MyFadyen (2008)	Seidler – de Anwis & Hartman (2008)	Von Stamm (2008)	OECD (2011)	Qui-Jun & Wen-Yong (2011)	เนาวนิตย์ สงคราม (2556)	***ความถี่***
เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร							✓		✓	2
ภาวะผู้นำ		✓				✓			✓	3
ยุทธศาสตร์และวิสัยทัศน์						✓				1
กระบวนการสร้างนวัตกรรม						✓				1
วัฒนธรรมองค์กร						✓				1

ข้อมูลในตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยสำคัญที่ต้องเร่งพัฒนาให้ผู้เรียนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรม คือ ความคิดสร้างสรรค์ ความรู้ในการสร้างนวัตกรรม การจัดการความรู้ แรงจูงใจ ภาวะผู้นำ และการจัดสภาพแวดล้อม ปัจจัยส่วนใหญ่สามารถส่งเสริมให้เกิดขึ้นได้จากการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน ผู้สอนจึงมีส่วนสำคัญในการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอนที่เป็นระบบและมีความหมายต่อผู้เรียน เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการสร้างนวัตกรรมอย่างต่อเนื่อง

ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการที่สร้างความคิดใหม่ ทางเลือกใหม่ การแก้ปัญหาตามแนวทางใหม่ในแบบที่แตกต่างกันไป ความคิดสร้างสรรค์เห็นได้จากขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ให้ความสำคัญกับกระบวนการของการแก้ปัญหา ดังนั้นการส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีนั้น ควรพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง ความคิดสร้างสรรค์ไม่เพียงเป็นสิ่งสำคัญที่ควรมุ่งเน้นให้เกิดขึ้นในกระบวนการสร้างนวัตกรรมเท่านั้น แต่การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ยังกำหนดให้ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ซึ่งมีความคิดสร้างสรรค์เป็นองค์ประกอบหนึ่งสำคัญที่ผู้เรียนควรได้รับเพื่อส่งเสริมการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ด้วยเช่นกัน (Battelle for Kids, 2019) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันต้องไม่ใช่สถานการณ์สมมติในห้องเรียนเท่านั้น แต่ต้องออกแบบการเรียนการสอนให้มีสภาพที่ใกล้เคียงความเป็นจริงในบริบทสภาพแวดล้อมที่ผู้เรียนคุ้นเคยและรู้จัก เพื่อโต้แย้งค่านิยมเดิมเกิดเป็นประสบการณ์ใหม่และสร้างค่านิยมใหม่ และต้องเกิดประเด็นคำถามอยากรู้ก่อนการเรียน แล้วจึงมุ่งมั่นหาคำตอบ นอกจากนั้นต้องให้ผู้เรียนเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ โดยมีประเด็นคำถามเป็นตัวกระตุ้นสร้างแรงบันดาลใจเพื่อหาคำตอบ สืบค้นและรวบรวมความรู้จากแหล่งต่าง ๆ มาสนับสนุนหรือโต้แย้งสมมติฐานคำตอบที่คุ้นเคย ด้วยการแลกเปลี่ยนกับกลุ่มเพื่อน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2559)

ในขณะเดียวกันการพัฒนานวัตกรรมใด ๆ ให้สามารถใช้งานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ขึ้นได้นั้น ต้องอาศัยองค์ความรู้หรือศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมนั้น ๆ รวมถึงความขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับนวัตกรรมและการพัฒนานวัตกรรมเป็นฐานในการพัฒนาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่นเดียวกับนวัตกรรมทางเคมีจะพัฒนาสำเร็จได้ต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในศาสตร์วิชาเคมีเป็นอย่างดี ในกระบวนการสร้างนวัตกรรมประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ซึ่งการดำเนินงานในลำดับแรกย่อมมีผลกระทบต่อการดำเนินงานในลำดับถัดไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรวบรวมข้อมูลเพื่อกำหนดแผนงานซึ่งจะสร้างกรอบการทำงานอันมีผลโดยตรงต่อนวัตกรรมที่เป็นผลลัพธ์สุดท้าย ในขั้นต้นนี้หากข้อมูลที่รวบรวมเพื่อนำมาใช้ในการดำเนินการหากไม่ถูกต้องหรือไม่เพียงพอ ย่อมเป็นสาเหตุของความล้มเหลวการในการพัฒนานวัตกรรม (Pärttö & Saariluoma, 2012) ดังนั้นความรู้จึงเป็นกระบวนการหนึ่งที่มนุษย์สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาและ สร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ หากการจัดการความรู้ที่มีอยู่ในตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความรู้ที่ผ่านกระบวนการจัดการมาแล้วนั้น จะกลายเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้การสร้างนวัตกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

จากแนวคิดข้างต้น การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมจึงควรประกอบด้วยการดำเนินการ 4 ประการ (Xu & Chen, 2010) คือ

1. *เรียนรู้ความรู้พื้นฐาน (Learning Basic Knowledge)* เนื่องจากความรู้พื้นฐานจะเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างพื้นฐานที่จำเป็นต่อการนำไปใช้ต่อยอดความรู้และทักษะในขั้นสูง ทั้งความรู้ในวิชาชีพทั้งพื้นฐานและขั้นสูง ความคิดสร้างสรรค์ รวมถึงองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมอื่น ๆ

2. *ฝึกคิดอย่างสร้างสรรค์ (Training Creative Thinking)* การคิดอย่างสร้างสรรค์ในที่นี้หมายรวมถึงการคิดพื้นฐานต่าง ๆ เช่น ความคิดเชิงตรรกะ (Logical Thinking) จินตนาการ (Imaginal Thinking) การคิดเพื่อสร้างแรงบันดาลใจ (Inspirational Thinking) การคิดอย่างครอบคลุมเช่นนี้มีส่วนช่วยในการสร้างผลงานที่เป็นนวัตกรรม หรือนำไปสู่การคิดเชิงนวัตกรรม

3. *เรียนรู้เทคนิคใหม่ ๆ (Learning Innovative Techniques)* เทคนิคในที่นี้ คือ กลวิธีการที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้นำความรู้ที่ตนเองมี มาแลกเปลี่ยนกับผู้อื่นเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น เช่น การระดมสมอง การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ประชุมกลุ่มย่อยเพื่อปฏิบัติการต่าง ๆ

4. *ฝึกสร้างนวัตกรรม (Innovative Practice)* การสร้างนวัตกรรมให้สำเร็จถือเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญของความสามารถในการสร้างนวัตกรรม ดังนั้นการฝึกปฏิบัติเพื่อสร้างนวัตกรรมจะเป็นการฝึกฝนและบูรณาการความคิด แนวคิด ทักษะ เทคนิคเชิงนวัตกรรม รวมถึงความรู้ที่ผู้เรียนมีอยู่เพื่อแก้ไขปัญหาและสร้างสรรค์ผลผลิตเป็นนวัตกรรมออกมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. แนวคิดการวางแผนกลยุทธ์

2.1 ความหมายของการวางแผนกลยุทธ์

กลยุทธ์ หรือ ยุทธศาสตร์ มีรากฐานมาจากศาสตร์ทางการทหาร ตรงกับศัพท์ภาษาอังกฤษคำว่า Strategy หมายถึง ศิลปะของแม่ทัพ (Steiner, 1997 อ้างถึงในภัทรี สุรโรจน์ประจักษ์, 2558, น. 58) หรือมีความหมายอีกนัยว่า การวางกลวิธีเพื่อโจมตีฝ่ายศัตรูด้วยการใช้กำลังพลและอาวุธยุทโธปกรณ์อย่างมีประสิทธิภาพและได้ผลคือได้รับชัยชนะ (ปกรณ์ ปรียากร, 2548, น. 52) ในปัจจุบันกลยุทธ์มิเพียงเป็นศิลปะและศาสตร์ในยุทธการทางทหารเท่านั้น แต่ได้นำมาใช้ในการบริหารองค์กรและบริหารธุรกิจ (พันธ์ศักดิ์ พลสารัมย์, 2540, น. 78 อ้างถึงในนันทา วิทวุฒิศักดิ์, 2545, น. 39) รวมถึงแพร่ขยายสู่วงการต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง

ความหมายของคำว่ากลยุทธ์ในทางการบริหารจึงมีความหมายเปลี่ยนไปจากความหมายเดิม คือ แผนที่รวมเอาเป้าหมาย นโยบาย และการกระทำหลัก ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อนำไปสู่เอกลักษณ์ที่เหนียวแน่น (Dimitriou & Thompson, 2007) นอกจากนั้นถ้าหากมองในมุมการปฏิบัติงาน กลยุทธ์ยังหมายถึง วิธีการที่สอดประสานกันที่จะทำให้องค์กรบรรลุเป้าหมายและภารกิจของตน (Huff et al., 2009) อย่างไรก็ดี กลยุทธ์ ยังหมายถึง ความพยายาม หรือ ทิศทางและขอบเขตที่จะไปสู่จุดมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้เช่นกัน (ไพโรจน์ ปิยะวงศ์วัฒนา, 2545) จากความหมายข้างต้น กลยุทธ์ จึงหมายถึง การกำหนดแนวทางหรือวิธีการในการดำเนินงานอย่างรอบคอบและเป็นระบบให้สอดคล้องกับภารกิจ เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

ด้วยเหตุว่ากลยุทธ์แพร่หลายในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการจัดการทางธุรกิจ ขอบเขตของความหมายของคำว่ากลยุทธ์ ในบางกรณีจึงหมายรวมถึงภาวะผู้นำ (Leadership) หรือวิธีการดำเนินงาน (Course of Action) ลักษณะของกลยุทธ์จึงอาจพรรณนาอย่างกว้าง ๆ หรือมีรายละเอียดเกี่ยวกับกิจกรรมที่องค์กรนั้น ๆ จะกระทำตามภารกิจที่กำหนดเพื่อให้ได้มาซึ่งเป้าประสงค์ขององค์กรนั้น ด้วยเหตุนี้กลยุทธ์จึงเป็นเสมือนตัวกระตุ้น (Catalyst) หรือองค์ประกอบการจัดการที่เป็นพลวัต ซึ่งจะช่วยให้องค์กรบรรลุผลตามที่ต้องการ จึงกล่าวได้ว่ากลยุทธ์เป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ ซึ่งเป็นผลผลิตของตรรกวิทยาและความคิดสร้างสรรค์ ในแง่ของศาสตร์เกี่ยวข้องกับการประกอบ (Assembling) และการจัดสรร (Allocating) ทรัพยากรที่จำเป็นด้วยการสร้างจุดเสริมระหว่างจุดแข็งขององค์กรและโอกาสจากสภาพแวดล้อมภายนอก ภายใต้ข้อจำกัดที่พึงมี ในแง่ชองศิลป์ กลยุทธ์เกี่ยวโยงกับวิธีหรือเทคนิคที่สร้างประสิทธิผลของการใช้ทรัพยากร และการจูงใจบุคลากรให้ดำเนินงานกลยุทธ์ โดยพิจารณาถึงผลกระทบจากสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อผลการปฏิบัติงาน และสามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ที่กำลังเปลี่ยนแปลง (ทองหล่อ เดชไชย, 2544, น. 114)

การดำเนินการเพื่อให้กลยุทธ์มานั้น ต้องอาศัยผลการวิเคราะห์เชิงยุทธศาสตร์ คือ การพิจารณาวิสัยทัศน์ พันธกิจ วัตถุประสงค์ขององค์กร ร่วมกับการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมทั้งภายใน

และภายนอก เพื่อให้ได้ข้อมูลสำคัญครบถ้วนต่อการพัฒนากลยุทธ์ ดังนั้นการวางแผนเพื่อสร้างกลยุทธ์จึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งยวด เนื่องจากการวางแผนเป็นการดำเนินการเพื่อทำให้ผลการดำเนินการนั้นเป็นไปอย่างรอบคอบและเป็นขั้นตอน

ผู้เชี่ยวชาญในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการและพัฒนาแผนกลยุทธ์ทั้งในและต่างประเทศต่างให้ความหมายของคำว่า การวางแผนกลยุทธ์ (Strategic Planning) ไว้อย่างหลากหลายและน่าสนใจ ดังนี้

Davis และ Olson (1985) เสนอว่า การวางแผนกลยุทธ หมายถึง ภาระหน้าที่ขององค์กรที่จะบริหารจัดการในอนาคต

Patrick และคณะ (1987) นิยามความหมายของการวางแผนกลยุทธว่าหมายถึง โครงร่างสำหรับการปฏิบัติการคิดเชิงกลยุทธ ทิศทาง และการกระทำที่นำไปสู่ความสำเร็จและผลลัพธ์ขององค์กร

Goodstein และคณะ (1993) ให้ความหมายของการวางแผนกลยุทธ์ไว้ว่าเป็นการวางกรอบการดำเนินงานขององค์กรผ่านการตอบคำถามพื้นฐานที่สำคัญ 3 ประการขององค์กร เพื่อกำหนดเป้าหมาย พิจารณาทรัพยากรสำคัญ และแนวทางการทำงานขององค์กร กล่าวคือ องค์กรจะก้าวไปทางใด (What are you going?) สภาพแวดล้อมขององค์กรมีอะไรบ้าง (What is the environment?) และองค์กรจะต้องทำอย่างไรบ้าง จึงจะไปถึงเป้าหมายนั้นได้ (How do you get there?)

Bryson (2004) นำเสนอว่า การวางแผนกลยุทธ์เป็นความพยายามอย่างเป็นระเบียบเพื่อสร้างการตัดสินใจและการลงมือกระทำพื้นฐานที่จะช่วยก่อร่างและชี้นำไปสู่สิ่งที่องค์กรเป็น (หรือเอกลักษณ์ขององค์กร) สิ่งที่องค์กรทำ รวมถึงเหตุผลที่องค์กรทำเช่นนั้น

Allison และ Kaye (2015) อธิบายว่า การวางแผนกลยุทธ์เป็นกระบวนการอย่างเป็นระบบในการกำหนดภารกิจขององค์กรที่จำเป็นต้องทำ และเป็นภารกิจที่สนองต่อสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่ ซึ่งการกำหนดภารกิจนี้ต้องเกิดจากความเห็นชอบร่วมกันของผู้ที่เกี่ยวข้องกับองค์กร นอกจากนี้การวางแผนกลยุทธ์ยังเป็นตัวกำหนดแนวทางในการจัดหาและจัดสรรทรัพยากรต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุภารกิจเหล่านั้นด้วยเช่นกัน

ไพโรจน์ ปิยะวงศ์วัฒนา (2545) อธิบายว่า การวางแผนเชิงกลยุทธ์เป็นการวางแผนอย่างเป็นระบบโดยแต่ละส่วนหรือแต่ละองค์ประกอบจะต้องมีความสัมพันธ์และสอดคล้องต่อกันเพื่อเป็นการเชื่อมโยงไปสู่เป้าหมายระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาวที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า จากนิยามข้างต้นการวางแผนกลยุทธ์จึงเป็นการวางแผนที่ให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมภายนอก (External Environment) เช่น เศรษฐกิจ สังคม การเมือง เทคโนโลยี อุตสาหกรรม การแข่งขันซึ่งส่งผลกระทบในเชิงโอกาสและอุปสรรค และสภาพแวดล้อมภายใน

(Internal Environment) เช่น โครงสร้างองค์กร ค่านิยมและวัฒนธรรมองค์กร สถานภาพทางการเงิน การตลาด การผลิต ฯลฯ เพื่อหาจุดเด่นและจุดด้อย

วิเชียร วิทยอุดม (2555) อธิบายว่า การวางแผนกลยุทธ์เป็นการวางแผนของผู้บริหารระดับสูงขององค์กรที่จะทำให้องค์กรบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ได้ โดยมีการกำหนดจุดมุ่งหมาย นโยบายที่สำคัญ และแผนงานหลักต่าง ๆ ที่ครอบคลุมทั่วทั้งองค์กร เพื่อทำให้องค์กรนำทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการดำเนินการให้เป็นไปตามเป้าหมาย แม้ว่าจะมีสภาพแวดล้อมภายนอกองค์การที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วอยู่ตลอดเวลา

จากการอธิบายความหมายของการวางแผนกลยุทธ์จากผู้เชี่ยวชาญทั้งในและต่างประเทศเห็นได้ว่าการวางแผนกลยุทธ์แตกต่างจากการวางแผนโดยทั่วไป เนื่องจากการวางแผนกลยุทธ์ให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอก กล่าวคือ พิจารณาสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อองค์กรโดยรวม ซึ่งการวางแผนโดยทั่วไปไม่ได้คำนึงถึง การวางแผนกลยุทธ์จึงเป็นการวางแผนที่เริ่มต้นจากจุดหมายที่ต้องการ อีกนัยหนึ่งคือ ตั้งเป้าหมายที่อนาคตโดยใช้ภาพอนาคตเชื่อมโยงมาสู่ข้อมูลและสภาพการณ์ในปัจจุบัน ในขณะที่การวางแผนทั่วไปเริ่มต้นจากปัจจุบัน คือ เริ่มต้นจากปัญหาที่พบในปัจจุบัน แล้วจึงใช้ภาพปัจจุบันเชื่อมโยงไปถึงเหตุการณ์ในอนาคต ดังนั้นการวางแผนกลยุทธ์จำเป็นต้องสร้างวิสัยทัศน์หรือภาพในอนาคตเพื่อเป็นเป้าหมายขับเคลื่อนการดำเนินการ ในขณะที่การวางแผนทั่วไปไม่จำเป็นต้องมีวิสัยทัศน์ จากการพิจารณาความแตกต่างที่เกิดขึ้น จะเห็นได้ว่าการวางแผนทั่วไปมีจุดมุ่งหมายที่แคบกว่าการวางแผนกลยุทธ์

กล่าวโดยสรุป การวางแผนกลยุทธ์ หมายถึง กระบวนการคิดและตัดสินใจวางแผนอย่างเป็นระบบและดำเนินการแต่ละขั้นตอนอย่างต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลรอบด้านและการประเมินสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกขององค์กร เพื่อกำหนดทิศทางการดำเนินการในอนาคตขององค์กร ในลักษณะของการแก้ไข การป้องกันปัญหา และการรองรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต อันจะนำพาองค์กรให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้

2.2 ความสำคัญและประโยชน์ของการวางแผนกลยุทธ์

การวางแผนกลยุทธ์เป็นที่ยอมรับและใช้กันแพร่หลายในกิจการทหาร เช่น ตำราพิชัยสงครามของซุนวู นักยุทธศาสตร์ชาวจีน งานเขียนของมิยาโมโต มูซาชิ ชาวญี่ปุ่น และงานเขียนของเกาติลยา นักรัฐประศาสนศาสตร์ชาวอินเดีย ซึ่งมีส่วนผลักดันให้การวางแผนกลยุทธ์ในองค์กรภาครัฐเกิดขึ้นต่อมามีผู้นำการวางแผนกลยุทธ์เข้ามาปรับใช้กับการบริหารทั่วไปและการบริหารธุรกิจ รวมถึงการศึกษาในสาขาวิชาดังกล่าว ดังจะเห็นตัวอย่างได้จากการทำวิจัยเชิงประยุกต์ยุทธศาสตร์ทางการทหาร จากผลงานของกองทัพอากาศสหรัฐอเมริกา เพื่อประโยชน์ในการเรียนการสอนทางการบริหารนับตั้งแต่ทศวรรษที่ 1960 เป็นต้นมา การศึกษาด้านการจัดการเชิงกลยุทธ์เป็นที่นิยมอย่างมาก (ปกรณ์ ปรียากร, 2548, น. 52-53) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวงการธุรกิจเอกชน เนื่องจากนำการจัดการ

เชิงกลยุทธ์มาใช้และประสบความสำเร็จเกิดความก้าวหน้า จนทำให้ในปัจจุบันการวางแผนกลยุทธ์นำมาใช้กันอย่างแพร่ในวงการต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง

การวางแผนกลยุทธ์มีจุดมุ่งหมายเพื่อยกระดับความสามารถในการคิด ลงมือกระทำ และการเรียนรู้อย่างมีกลยุทธ์ขององค์กร ผ่านการวางแผนที่มีการกำหนดวิสัยทัศน์ หรือการกำหนดเป้าหมายระยะยาวที่แน่ชัด และวิเคราะห์อนาคตรวมถึงคิดเชิงการแข่งขันที่ต้องการระบบการทำงานที่คล่องตัวและสามารถปรับตัวได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง เพื่อรองรับสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จึงการวางแผนกลยุทธ์จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้องค์กรรับมือกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปได้ และสร้างความชัดเจนในการแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ เป็นการช่วยสร้างจุดแข็งและแสวงหาผลประโยชน์จากโอกาส ในขณะที่ช่วยลดจุดด้อยและความท้าทายที่ร้ายแรง รวมถึงช่วยให้องค์กรดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อความอยู่รอด (Survive) และความก้าวหน้า (Growth) ในโลกแห่งการแข่งขันที่ไม่เป็นมิตรได้อีกด้วย (Bryson, 2004) การวางแผนกลยุทธ์จึงมีส่วนอย่างมากต่อการสร้างความเป็นผู้นำ (Leadership) หรือการสร้างภาพลักษณ์ (Image) ที่แสดงถึงจุดเด่นขององค์กร ในการวางแผนกลยุทธ์จึงต้องกำหนดเป้าหมายรวมขององค์กรสำหรับการดำเนินงานในอนาคตที่เรียกว่า วิสัยทัศน์ และต้องเป็นวิสัยทัศน์ที่มีความคิดในเชิงรุก มุ่งความก้าวหน้า ก้าวไกล มุ่งเอาชนะ เอาความยิ่งใหญ่ เน้นคุณภาพ ความเป็นเลิศ มีถ้อยคำสำคัญที่จะได้พบเห็นถึงการพัฒนา เช่น การมองการณ์ไกล มีวิสัยทัศน์ คิดกว้าง มองไกล มองไปข้างหน้า รู้จักวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมในอนาคต รู้จุดแข็ง จุดอ่อน และสถานการณ์ขององค์กร รู้จักเลือกแล้วมุ่งความพยายามสู่โอกาสนั้น ไม่ติดยึดกับปัญหาเฉพาะหน้าหรือปัญหาในระบบปัจจุบัน ปรับระบบและการทำงานปัจจุบัน ให้รับกับการดำเนินงานสู่จุดที่ต้องการในอนาคต (ดำรงค์ วัฒนา, 2550; สมชาติ โตรักษา, 2552)

ด้วยเหตุดังกล่าวการวางแผนกลยุทธ์จึงจำเป็นและมีความสำคัญที่เป็นลักษณะเฉพาะ (พชรวิทย์ จันทร์ศิริสิร, 2560, น. 72) ได้แก่

1. การวางแผนกลยุทธ์เป็นรูปแบบการวางแผนที่ช่วยให้หน่วยงานพัฒนาตนเองได้ทันกับสภาพการ เปลี่ยนแปลงได้อย่างเหมาะสม เพราะการวางแผนกลยุทธ์ให้ความสำคัญกับการศึกษาวิเคราะห์บริบทและสภาพแวดล้อมภายนอกหน่วยงานเป็นสำคัญ

2. การวางแผนกลยุทธ์เป็นรูปแบบการวางแผนที่ช่วยให้องค์กรมีความเป็นตัวเองมากขึ้น รับผิดชอบต่อความสำเร็จและความล้มเหลวของตนเองมากขึ้น ทั้งนี้ เพราะการวางแผนกลยุทธ์เป็นการวางแผนขององค์การ โดยองค์การ และเพื่อองค์การ ไม่ใช่เป็นการวางแผนที่ต้องกระทำตามที่หน่วยงานที่มีอำนาจเหนือกว่าสั่งการ

3. การวางแผนกลยุทธ์เป็นการวางแผนที่ให้ความสำคัญต่อการกำหนดกลยุทธ์ที่ได้มาจากการคิดวิเคราะห์แบบใหม่ ๆ ที่ไม่ผูกติดอยู่กับปัญหาเก่าในอดีต ไม่นำข้อจำกัดทางด้านทรัพยากรและงบประมาณมาเป็นข้ออ้าง ดังนั้นการวางแผนกลยุทธ์จึงเป็นการวางแผนแบบท้าทายความสามารถ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เป็นรูปแบบการวางแผนที่ช่วยให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ทางเลือกใหม่ได้ด้วยตนเอง นับเป็นการวางแผนพัฒนาที่ยั่งยืน

หากองค์กรวางแผนกลยุทธได้ดีและมีประสิทธิภาพแล้ว ย่อมช่วยส่งเสริมให้ผู้ปฏิบัติงานในองค์กรใช้กลยุทธ์เป็นเครื่องมือสำคัญปรับเปลี่ยนองค์กรให้สอดรับกับการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อม และเป็นประโยชน์หลายประการต่อการบริหารงานในองค์กร (พวงรัตน์ เกสรแพทย์, 2543, น. 25) ซึ่งสรุปได้ ดังนี้

1. การวางแผนกลยุทธ์ช่วยให้ผู้บริหารทราบถึงปัญหาและอุปสรรค ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และเตรียมหามาตรการรองรับล่วงหน้า อันเป็นการลดความเสี่ยง และความเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้ลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นต่อองค์กรไว้ล่วงหน้า การวางแผนกลยุทธ์จึงช่วยระบุโอกาสและหนทางในการดำเนินงานในอนาคตให้การปรับเปลี่ยนทิศทางและภารกิจงานขององค์กรเป็นไปอย่างถูกต้องเหมาะสม

2. การวางแผนกลยุทธ์ช่วยให้การกำหนดวัตถุประสงค์ แผนงาน หรือโครงการ และการใช้ทรัพยากรขององค์กรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

3. การวางแผนกลยุทธ์ช่วยค้นหาวิธีการแก้ปัญหา และช่วยให้เกิดการปรับทิศทางและภารกิจขององค์กรให้เป็นไปอย่างถูกต้องเหมาะสม เพื่อตอบสนองต่อผู้ใช้บริการภายใต้การแข่งขันที่รุนแรงและมากขึ้นโดยลำดับ

4. การวางแผนกลยุทธ์ช่วยสร้างความเข้าใจร่วมกันระหว่างสมาชิกในองค์กรและทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ทำให้ผู้ปฏิบัติงานทุกระดับขององค์กรหันมาสนใจเรื่องขององค์กรมากขึ้น เกิดการประสานงานและบูรณาการทางความคิด อันนำมาสู่การนำแผนไปปฏิบัติให้บรรลุผลสำเร็จร่วมกัน นอกจากนั้นผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจะเข้าใจในธรรมชาติของการดำเนินงานอย่างชัดเจนขึ้น และมองเห็นภาพของการพัฒนางานในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 กระบวนการวางแผนกลยุทธ์

นักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญในด้านการวางแผนกลยุทธ์นำเสนอกระบวนการวางแผนกลยุทธ์หรือขั้นตอนในการนำแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์ไปใช้ไว้เป็นจำนวนมากและหลากหลายขึ้นอยู่กับบริบทของการนำไปใช้งานในแต่ละองค์กร แต่ทุกกระบวนการที่นำเสนอล้วนมีลักษณะสำคัญที่คล้ายกัน คือ เป็นกระบวนการสร้างแผนการทำงานจากเป้าหมายในอนาคตด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างรอบด้านให้ได้มาซึ่งแผนกลยุทธ์ เพื่อนำไปดำเนินการต่อให้บรรลุเป้าหมายขององค์กร โดยใช้คำถามหลักว่า สภาพในปัจจุบันและสภาพแวดล้อมขององค์กรเป็นอย่างไร ในอนาคตองค์กรจะก้าวไปทางใด และองค์กรจะไปถึงจุดหมายนั้นได้อย่างไร ดังตัวอย่างต่อไปนี้

Bryson (2004) อธิบายว่ากระบวนการวางแผนกลยุทธ์มีทั้งหมด 10 ขั้นตอน ประกอบด้วย การลงมือปฏิบัติ ผลลัพธ์ การประเมิน และการเรียนรู้ ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะปรากฏในเกือบทุก

ขั้นตอนของกระบวนการ กล่าวคือ การลงมือปฏิบัติและการประเมินตามแนวคิดของ Bryson จะไม่เกิดขึ้นในช่วงท้ายเท่านั้น แต่จะเป็นส่วนหนึ่งในทุก ๆ ขั้นตอน กระบวนการวางแผนกลยุทธ์ของ Bryson ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. *กำหนดข้อตกลงหรือแนวคิดเบื้องต้นในการวางแผนกลยุทธ์ (Initiate and agree on a strategic planning process)* ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเป็นการเจรจาถึงความเห็นชอบระหว่างผู้มีอำนาจตัดสินใจหลัก (ทั้งภายในหรือภายนอก) หรือผู้นำทางความคิดทั้งหลายขององค์กรเกี่ยวกับความพยายามโดยรวมในการวางแผนกลยุทธ์และขั้นตอนต่าง ๆ ในการวางแผนที่จะเกิดขึ้นหลังจากนี้

2. *พิจารณาอำนาจหน้าที่ขององค์กร (Identify Organizational Mandates)* ทุกองค์กรย่อมมีอาณัติ (Mandate) คือ ข้อบังคับหรือบทบัญญัติทั้งเป็นทางการและไม่เป็นทางการ ซึ่งประกอบไปด้วยสิ่งที่จำเป็นซึ่งองค์กรเผชิญอยู่ เช่น ความประสงค์ที่องค์กรต้องการ ข้อจำกัด ความคาดหวัง ความกดดัน และแรงบีบบังคับ องค์กรนั้น ๆ ต้องพิจารณาและยึดถือสิ่งนี้เป็นกรอบหลักที่ต้องถือปฏิบัติ ส่วนจะเคร่งครัดหรือรัดตึงเพียงใดสุดแท้แต่ลักษณะและธรรมเนียมปฏิบัติขององค์กรนั้น ๆ

3. *กำหนดภารกิจและค่านิยมขององค์กร (Clarify Organizational Mission and Values)* ภารกิจที่เป็นไปในแนวทางเดียวกันกับข้อบังคับหรือบทบัญญัติขององค์กรจะเป็นตัวกำหนดเหตุผลที่สำคัญที่สุดสำหรับการดำรงอยู่ขององค์กรนั้น นอกจากนี้ทั้งภารกิจและข้อบังคับหรือบทบัญญัติยังเป็นแนวทางในการนำไปสู่เป้าหมายสูงสุดของการสร้างค่านิยมขององค์กรอีกด้วย ดังนั้นนักบริหารจะใช้บทบาทของตนในการเปลี่ยนนโยบายและอำนาจหน้าที่ที่ตนมี ไปสู่ภารกิจขององค์กร

4. *ประเมินสภาพแวดล้อมภายนอกและภายในเพื่อกำหนดจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาสและอุปสรรค (Access the External and Internal environments to identify strengths, weaknesses, opportunities, and threats)* โดยทั่วไป สภาพแวดล้อมภายนอกเป็นสิ่งที่อยู่นอกเหนือการควบคุมขององค์กร การประเมินสภาพแวดล้อมภายนอกจึงเป็นการสำรวจและกำหนดโอกาสและอุปสรรคที่เกิดขึ้น ในขณะที่สภาพแวดล้อมภายในเป็นสิ่งที่อยู่ภายใต้การควบคุมขององค์กร ดังนั้นการประเมินสภาพแวดล้อมภายในจะเป็นการสำรวจและกำหนดจุดแข็งและจุดอ่อนที่องค์กรมี

5. *กำหนดประเด็นที่จะนำไปสู่การวางกลยุทธ์ (Identify the Strategic Issues Facing the Organization)* ประเด็นต่าง ๆ เหล่านี้เป็นการประมวลคำถามเชิงนโยบายหรือความท้าทายสำคัญที่มีผลต่อข้อบังคับ ภารกิจและคุณค่า ผลผลิต การบริการ ลูกค้า ต้นทุน การเงิน โครงสร้าง และการจัดการขององค์กรเข้าด้วยกัน เพื่อพิจารณาปัญหา ช่องว่าง และประเด็นที่ควรกำหนดกลยุทธ์ทั้งในเชิงรับและเชิงรุก

6. *กำหนดกลยุทธ์ (Formulate Strategies to Manage the Issues)* กลยุทธ์ หมายถึง แบบแผนของจุดมุ่งหมาย นโยบาย โปรแกรม การปฏิบัติ การตัดสินใจ หรือ การจัดสรรทรัพยากรที่กำหนดสิ่งที่องค์กรเป็น สิ่งที่องค์กรทำ และเหตุผลที่องค์กรทำสิ่งนั้น กลยุทธ์จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่

กับระดับ หน้าที่ และกรอบเวลา องค์กรจะพัฒนากลยุทธ์เพื่อใช้ในการรับมือกับประเด็นต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้น ดังนั้นการกำหนดกลยุทธ์จึงเป็นการจัดทำข้อเสนอในรูปของทางเลือกต่าง ๆ ที่ควรจะดำเนินงาน ทั้งในส่วนของงานประจำหรือโครงการ การศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ การจัดสรรทรัพยากร และการจัดทำแผนการดำเนินงาน

7. *ทบทวนและอนุมัติกลยุทธ์หรือแผนกลยุทธ์ (Review and Adopt the Strategies or Strategic Plan)* เมื่อกำหนดกลยุทธ์ขึ้นแล้ว คณะผู้จัดทำหรือวางแผนกลยุทธ์อาจต้องการการตัดสินใจอย่าง เป็นทางการในการยอมรับแผนกลยุทธ์นั้นและนำไปดำเนินการต่อไป โดยผ่านผู้มีอำนาจหรือใช้การตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ เป็นต้น

8. *กำหนดและประกาศวิสัยทัศน์ขององค์กร (Establish and Effective Organizational Vision)* ในขั้นตอนนี้องค์กรจะต้องระบุรายละเอียดของแผนงาน แผนเงิน แผนคน ที่ครอบคลุมระยะเวลาสั้น ปานกลาง และยาว รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างแผน แผนงาน โครงการ และงานประจำต่าง ๆ ซึ่งสมาชิกทุกคนในองค์กรจะต้องทำความเข้าใจร่วมกัน รายละเอียดเหล่านี้เรียกได้ว่าเป็น วิสัยทัศน์แห่งความสำเร็จ (Vision of Success) ขององค์กร

9. *การนำแผนไปสู่การดำเนินงาน (Develop an effective Implementation Process)* เป็นขั้นตอนการดำเนินงานของหน่วยงานระดับปฏิบัติที่จะนำแผนกลยุทธ์ไปวางแผนเพื่อดำเนินงานขององค์กรอีกต่อหนึ่ง เพื่อสร้างความเปลี่ยนแปลงให้เกิดขึ้น การจัดทำเพียงแผนกลยุทธ์ไม่เพียงพอ องค์กรต้องการการคิดอย่างมีกลยุทธ์เกี่ยวกับการนำกลยุทธ์ไปปฏิบัติและการจัดทำแผนการนำกลยุทธ์ไปใช้ เพื่อทำให้การดำเนินการตามแผนบรรลุผลสำเร็จ ขั้นตอนนี้ถือเป็นการพัฒนากระบวนการในการนำกลยุทธ์ไปปฏิบัติที่มีประสิทธิภาพ

10. *การประเมินผลกลยุทธ์ (Reassess Strategies and the Strategic Planning Process)* เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่มีความสำคัญ เมื่อมีการดำเนินการตามแผนกลยุทธ์ไปได้ระยะหนึ่ง องค์กรควรทบทวนกลยุทธ์และกระบวนการวางแผนกลยุทธ์อีกครั้ง ซึ่งเป็นการนำไปสู่การปรับแผนกลยุทธ์ใหม่ ส่วนมากการดำเนินขั้นตอนนี้จะเป็นการดำเนินการไปพร้อมกับกระบวนการนำกลยุทธ์ไปปฏิบัติ แต่บางองค์กรอาจดำเนินการแยกกันก็ได้

Allison และ Kaye (2015) อธิบายองค์ประกอบและขั้นตอนสำคัญของกระบวนการวางแผนกลยุทธ์สำหรับองค์กรที่ไม่แสวงหาผลกำไร 7 ขั้น ซึ่งเป็นขั้นตอนที่จำเป็นและสำคัญ อีกทั้งสามารถปรับเปลี่ยนได้อย่างยืดหยุ่นเพื่อรองรับความคิดสร้างสรรค์ในการทำงาน ดังนี้

1. *ขั้นเตรียมความพร้อม (Get Ready)* ในการเตรียมพร้อมสำหรับการวางแผนกลยุทธ์นั้น องค์กรจะต้องประเมินว่าช่วงเวลาใดเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับวางแผนกลยุทธ์ และขั้นตอนของกระบวนการวางแผนกลยุทธ์จะเป็นเช่นใด ผลิตผลที่องค์กรจะได้จากขั้นเตรียมความพร้อมนี้ คือ แผนการทำงานในการวางแผนกลยุทธ์ (Plan for Planning)

2. *ขั้นกำหนดพันธกิจ วิสัยทัศน์ และค่านิยมขององค์กรให้ชัดเจน (Articulate Mission, Vision, and Values)* ในขั้นตอนนี้องค์กรต้องทบทวนภาพที่องค์กรต้องการในอนาคตและกำหนดออกมาเป็นแถลงการณ์ที่ชัดเจน ผ่านพันธกิจซึ่งเป็นข้อความที่สื่อสารให้ทุกคนในองค์กรรับรู้ว่าองค์กรกำลังทำอะไร และเหตุใดองค์กรต้องทำเช่นนั้น วิสัยทัศน์เป็นข้อความที่ฉายภาพในอนาคตให้เห็นว่าความสำเร็จขององค์กรจะมีลักษณะเป็นเช่นใด รวมถึงค่านิยมและความเชื่อหลักเป็นข้อความที่จะแสดงให้ว่าเหตุใดองค์กรจึงดำรงอยู่และจะดำเนินการสนับสนุนการดำรงอยู่เหล่านั้นได้อย่างไร จากพันธกิจ วิสัยทัศน์ และค่านิยมซึ่งองค์กรกำหนดไว้จะทำให้องค์กรทราบถึงสิ่งที่กำลังทำอยู่ เหตุผลในการกระทำสิ่งนั้น และสิ่งที่คาดหวังว่าจะประสบความสำเร็จ ผลิตผลที่องค์กรจะได้จากขั้นตอนนี้ คือ แถลงการณ์ฉบับร่าง (Draft Statement) ที่แสดงถึงพันธกิจ วิสัยทัศน์ และค่านิยมขององค์กร

3. *ขั้นประเมินสถานการณ์ (Assess Your Situation)* ขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เป็นปัจจุบันเกี่ยวกับภาพในองค์กร อาทิ จุดแข็งและจุดอ่อนภายในองค์กร รวมถึงโอกาสและอุปสรรคจากภายนอก ซึ่งเป็นการกลั่นกรองและแปรรูปประเด็นวิกฤตหรือประเด็นคำถามสำคัญต่าง ๆ ที่องค์กรกำลังเผชิญอยู่และจำเป็นต้องมองหาคำตอบผ่านกระบวนการวางแผนกลยุทธ์ ผลิตผลที่องค์กรจะได้จากขั้นตอนนี้ คือ ข้อมูลที่ชัดเจน เพื่อช่วยผู้วางแผนตัดสินใจดำเนินการอย่างไรตามลำดับก่อนหลัง

4. *ขั้นกำหนดลำดับสิ่งที่ต้องปฏิบัติ (Agree on Priorities)* เมื่อกำหนดพันธกิจและประเด็นสำคัญ เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการตัดสินใจเกี่ยวกับทิศทางการดำเนินงานในอนาคต อาจเป็นแนวทาง วิธีการกว้าง ๆ ที่จะต้องดำเนินการ (กลยุทธ์) รวมถึงผลลัพธ์ทั่วไปและผลลัพธ์เฉพาะที่จะต้องทำให้ได้มา (เป้าหมายและเป้าประสงค์) ผลิตผลที่องค์กรจะได้จากขั้นตอนนี้ คือ ข้อตกลงในสิ่งที่องค์กรต้องทำตามลำดับก่อนหลัง (กลยุทธ์ เป้าหมายระยะยาว และเป้าประสงค์เฉพาะ)

5. *ขั้นร่างแผนกลยุทธ์ (Write the Strategic Plan)* ในขั้นนี้เป็นการนำพันธกิจ ประเด็นสำคัญ กลยุทธ์และเป้าหมาย มาร้อยเรียงให้อยู่ในเอกสารเดียวกัน ผลิตผลที่องค์กรจะได้จากขั้นตอนนี้ คือ แผนกลยุทธ์ (เป็นเอกสารที่บรรยายถึงเป้าประสงค์ที่องค์กรต้องการไปถึง วิธีการที่จะไปให้ถึงเป้าหมายนั้น และเหตุผลที่สนับสนุนว่าเหตุใดจะต้องดำเนินการตามวิธีการเหล่านั้น)

6. *ขั้นนำแผนกลยุทธ์ไปปฏิบัติ (Implement the Strategic Plan)* ก่อนนำแผนกลยุทธ์ไปปฏิบัตินั้น องค์กรต้องวางแนวทางปฏิบัติกับแผนกลยุทธ์ที่ได้ ซึ่งแนวปฏิบัตินี้จะอยู่ในรูปของแผนปฏิบัติงาน (Operating Plan) ซึ่งเป็นเอกสารที่ระบุเป้าประสงค์ระยะสั้นที่ชัดเจนซึ่งจะนำไปสู่ความสำเร็จของเป้าหมายและเป้าประสงค์เชิงกลยุทธ์ และเป็นเอกสารที่ง่ายต่อการนำไปใช้และติดตาม ผลิตผลที่จะได้จากขั้นตอนนี้ คือ แผนการปฏิบัติงานในระยะสั้น เช่น แผนการปฏิบัติงานประจำปี เป็นที่น่าสังเกตว่าการดำเนินการใด ๆ ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจะไม่เป็นผลทันทีหากองค์กรไม่มีการวางแนวทางปฏิบัติกับแผนกลยุทธ์ที่สร้างขึ้น เนื่องด้วยการปฏิบัติหรือดำเนินงานนั้นจะไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้

7. ขั้นประเมินและติดตามแผนกลยุทธ์ (Evaluate and Monitor the Strategic Plan) เป็นขั้นตอนที่ต้องประเมินและตรวจสอบแผนกลยุทธ์และกลไกการทำงานของแผนกลยุทธ์นั้น เนื่องด้วยกระบวนการวางแผนกลยุทธ์เป็นกระบวนการที่ไม่เสร็จสิ้น แต่จะดำเนินการเป็นวงจร และมีช่วงเวลาของความเข้มข้นของกิจกรรมมากน้อยแตกต่างกันไป กระบวนการสนองตอบต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นจะต้องดำเนินการอยู่ตลอด ซึ่งองค์กรต้องกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมในการวางแผนและการประเมินอีกครั้ง เช่น องค์กรที่ไม่แสวงหากำไรมักจะใช้ปรับปรุงแผนใหม่ทุก 3 ปี ผลิตผลที่องค์กรจะได้จากขั้นตอนนี้ คือ วิธีการปฏิบัติที่เป็นเลิศ (Best Practices) สำหรับการวางแผนกลยุทธ์ในอนาคต รวมถึงกลไกที่มีประสิทธิภาพในการติดตามการใช้แผนกลยุทธ์

วัฒนา วงศ์เกียรติรัตน์ (2548) นำเสนอการวางแผนกลยุทธ์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการจัดการเชิงกลยุทธ์ขององค์กร ประกอบด้วย การวางแผนเชิงกลยุทธ์ การปฏิบัติตามกลยุทธ์ และการควบคุมเชิงกลยุทธ์ ซึ่งสัมพันธ์สอดคล้องกันเป็นวงจร ขั้นตอนการวางแผนกลยุทธ์ดังกล่าวประกอบด้วย 4 ขั้นตอนสำคัญ ได้แก่

1. *การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับสถานภาพขององค์กร* ซึ่งการศึกษาเบื้องต้นนี้จะแตกต่างกันไปในแต่ละองค์กร เพราะภายใต้สถานการณ์เดียวกันอาจส่งผลในเชิงลบกับบางองค์กร และอาจส่งผลในเชิงบวกกับบางองค์กร ดังนั้นประเด็นที่ต้องรวบรวมเพื่อนำมาศึกษานี้ จึงต้องพิจารณาถึงประวัติความเป็นมาขององค์กร งาน โครงการ ตัวชี้วัดความสำเร็จ แหล่งที่มาของรายรับ ระบบกระบวนการจัดทำแผนแม่บท บทบาทของผู้บริหารระดับสูง และอิทธิพลทางการเมือง สื่อมวลชน ประชาชนทั่วไป

2. *การวิเคราะห์สภาพแวดล้อม* ประกอบด้วยการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอก เพื่อหาโอกาสและภัยอุปสรรคต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการดำเนินการขององค์กร เช่น สภาพเศรษฐกิจ เทคโนโลยี สังคม การเมืองและกฎหมาย สภาพการแข่งขัน เป็นต้น และการศึกษาสภาพแวดล้อมภายใน เพื่อหาจุดเด่นและจุดด้อยขององค์กร เช่น โครงสร้างองค์กรและนโยบาย บุคลากร การเงิน วัสดุอุปกรณ์ การบริหารจัดการ เป็นต้น ซึ่งผลจากการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกและภายในองค์กรนำมาสังเคราะห์เพื่อประเมินสถานภาพขององค์กรในปัจจุบันที่จะถูกนำไปประกอบการพิจารณาวางกลยุทธ์ที่เหมาะสมพร้อมกับการกำหนดภารกิจขององค์กรต่อไป

3. *การจัดวางทิศทางขององค์กร* เป็นการกำหนดจุดหมายปลายทางที่องค์กรจะเดินไปให้ถึง ประกอบด้วย การกำหนดวิสัยทัศน์ ภารกิจ และวัตถุประสงค์หรือเป้าประสงค์ในภาพรวมขององค์กร ลักษณะของวิสัยทัศน์ ภารกิจ และวัตถุประสงค์หรือเป้าประสงค์ขององค์กร มีลักษณะดังต่อไปนี้

วิสัยทัศน์ (Vision) คือ ภาพสำเร็จที่องค์กรอยากจะเห็นในอนาคต ซึ่งทั้งผู้บริหารและบุคลากรภายในองค์กรจะต้องเห็นร่วมกันและมีความมุ่งมั่นที่จะไปสู่ความสำเร็จนั้นในทางปฏิบัติ และเป็นภาพความสำเร็จที่ได้รับการยอมรับจากผู้ที่เกี่ยวข้องภายนอกด้วย

ภารกิจ (Mission) คือสิ่งที่องค์กรต้องดำเนินการเพื่อให้วิสัยทัศน์เป็นจริง โดยกำหนดบทบาทขององค์กรที่ตั้งใจจะทำในระยะเวลาที่กำหนด

วัตถุประสงค์และเป้าประสงค์ขององค์กร (Goals/Objective) เป็นข้อความที่ระบุผลประโยชน์ที่มีต่อกลุ่มเป้าหมายหรือผลลัพธ์ที่องค์กรคาดหวังจะให้เกิดจากภารกิจ

4. *การกำหนดกลยุทธ์* หลังจากจัดวางทิศทางขององค์กรแล้ว องค์กรต้องหาวิถีทางที่จะดำเนินการเพื่อให้บรรลุทิศทางที่จัดวางไว้ จากนั้นจึงกำหนดกลยุทธ์ ซึ่งกลยุทธ์โดยทั่วไปมี 3 ระดับ ได้แก่ กลยุทธ์ระดับองค์กร กลยุทธ์ระดับธุรกิจ และกลยุทธ์ระดับการปฏิบัติการ

อุทิศ ขาวเธียร (2549) เสนอขั้นตอนการบริหารเชิงยุทธ์ (Strategic Management Steps) อันเป็นองค์ประกอบหลักของการวางแผนกลยุทธ์ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ภาวะแวดล้อมภายนอกและภายใน
2. การกำหนดทิศทางพัฒนาองค์กรด้านวิสัยทัศน์ พันธกิจ และวัตถุประสงค์หลัก
3. การยกร่างและกำหนดยุทธศาสตร์ (กลยุทธ์) การพัฒนา
4. การกำหนดยุทธวิธี (กลวิธี) การดำเนินงาน
5. การปรับยุทธการดำเนินการด้านกลไกและการกำกับและติดตามการประเมิน

การบริหารเชิงยุทธ์นี้ มีลักษณะสำคัญคือ ในทุกขั้นตอนจะมีการปรับองค์ประกอบหลักของแผนให้สอดรับกัน (Feedback) เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ต้องพิจารณา เพื่อสร้างประสิทธิภาพในการวางแผนกลยุทธ์

พิริยะ ผลพิรุฬห์ (2552) นำเสนอการกำหนดแผนกลยุทธ์ (Strategy Formulation) หรือกระบวนการวางแผนกลยุทธ์ 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดวิสัยทัศน์ (Vision) และพันธกิจ (Mission) ขององค์กรให้แน่ชัด
2. การวิเคราะห์สภาพแวดล้อม (Environmental Analysis)
3. การวิเคราะห์หาโอกาส (Opportunities) และภัยคุกคาม (Threats) จากสภาพแวดล้อมภายนอก
4. การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายใน โดยพิจารณาถึงทรัพยากรภายในองค์กรและความสามารถหลักขององค์กร
5. การวิเคราะห์หาจุดแข็ง (Strength) และจุดอ่อน (Weakness) ขององค์กร
6. การจัดวางทิศทางขององค์กร (Establishing Organization Direction) และกำหนดกลยุทธ์ (Strategic Formulation)

ทั้งนี้ เมื่อกำหนดกลยุทธ์ กำลังคน งบประมาณ กิจกรรม และโครงการต่าง ๆ ออกเป็นแผนกลยุทธ์ของ ขององค์กรแล้ว ผู้วางแผนกลยุทธ์ต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการดำเนินการตามแผนกลยุทธ์ และพยายามปฏิบัติตามให้ได้ ดังขั้นตอนต่อไปนี้

7. การนำแผนกลยุทธ์ไปปฏิบัติ (Strategy Implementation)

8. การติดตามและประเมินผลกลยุทธ์ (Strategy Evaluation and Control)

พวงรัตน์ เกสรแพทย์ (2543, น. 94-96) นำเสนอขั้นตอนการวางแผนกลยุทธ์เพื่อพัฒนางานการศึกษาสำหรับนักการศึกษา โดยให้ความเห็นว่ารูปแบบการวางแผนกลยุทธ์ส่วนใหญ่มีลักษณะคล้ายกัน แต่ต่างออกไปที่จุดเน้นด้านเนื้อหา เช่น องค์กรการศึกษาของรัฐต้องให้ความสำคัญอย่างมากกับการนำแผนไปปฏิบัติมากกว่าการนำเสนอกระบวนการวางแผน ในขณะเดียวกันการนำแผนไปปฏิบัติให้มีประสิทธิภาพโดยเฉพาะองค์กรการศึกษาต้องให้ความสำคัญกับบุคคลต่าง ๆ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ซึ่งควรพิจารณาให้ได้ข้อยุติก่อนการตัดสินใจทำแผน ขั้นตอนการวางแผนกลยุทธ์พัฒนางานการศึกษาประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. ขั้นเตรียมการวางแผน (Plan for Planning)
2. ขั้นการตรวจสอบสภาวะแวดล้อม (Environmental Monitoring)
3. ขั้นการตรวจสอบค่านิยม (Values Scan)
4. ขั้นทบทวนภารกิจขององค์กร (Mission Clarification)
5. ขั้นกำหนดรูปแบบกลยุทธ์พัฒนาการศึกษา (Strategic Planning Model for Educational Development)
6. ขั้นตรวจสอบผลการปฏิบัติ (Performance Audit)
7. ขั้นการวิเคราะห์ช่องว่าง (Gap Analysis)
8. ขั้นการบูรณาการแผนปฏิบัติงาน (Integrating Action Plan)
9. ขั้นวางแผนรับเหตุการณ์ฉุกเฉิน (Contingency Planning)
10. ขั้นดำเนินการตามแผนกลยุทธ์ (Strategic Implementation)
11. ขั้นการควบคุมและประเมินกลยุทธ์ (Strategic Control)

กระบวนการวางแผนกลยุทธ์ที่นำเสนอมาข้างต้น ทำให้เห็นได้ว่าแผนกลยุทธ์ที่สร้างขึ้นไม่มีสูตรสำเร็จ และไม่สามารถนำไปใช้ได้ในทุกสถานการณ์ ดังนั้นแผนกลยุทธ์จึงมีลักษณะเฉพาะตัว และมีรายละเอียดที่สอดรับเฉพาะองค์กรนั้น ๆ แต่กระบวนการวางแผนกลยุทธ์มีลักษณะของกระบวนการใกล้เคียงกันและเกี่ยวข้องกัน เช่น เริ่มต้นด้วยการเตรียมความพร้อมให้กับองค์กรในทุกระดับ (Bryson, 2004) ต่อด้วยการกำหนดเป้าประสงค์ของการทำงาน การวิเคราะห์สภาพแวดล้อม เพื่อสร้างกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพ ยืดหยุ่นเหมาะสม สอดคล้องกับเป้าหมายของการดำเนินงานในระยะยาว นอกจากนั้นกระบวนการวางแผนกลยุทธ์ยังเป็นกระบวนการที่มีลักษณะของการทำซ้ำหรือเป็นวงจร คือ เมื่อดำเนินการไปถึงขั้นสุดท้ายจะต้องมีการพิจารณาถึงแผนกลยุทธ์ขึ้นใหม่อีกครั้ง ทั้งนี้เนื่องจากต้องทำให้มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะเดียวกันการปรับปรุงแก้ไขแผนกลยุทธ์นั้นสามารถเกิดได้ในทุกขั้นตอนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการวางแผนกลยุทธ์ให้

สูงขึ้น ดังนั้นในผู้วิจัยจึงสรุปสังเคราะห์และนำเสนอภาพรวมกระบวนการวางแผนกลยุทธ์จากงานวิจัยต่าง ๆ ดังตารางที่ 4 ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนหลัก 5 ขั้น ดังนี้

1. *ขั้นกำหนดทิศทางขององค์กร* ด้วยการกำหนดวิสัยทัศน์ พันธกิจ และเป้าหมายขององค์กร เพื่อสร้างภาพในอนาคตที่องค์กรแสวงหา ใช้เป็นสื่อให้สมาชิกในองค์กรรับทราบและใช้เป็นสื่อในการติดต่อให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องรับทราบได้ ลักษณะของวิสัยทัศน์ พันธกิจ และเป้าหมาย ควรเป็นดังนี้

วิสัยทัศน์ (Vision) เป็นการมองภาพอนาคตของผู้นำและสมาชิกในองค์การ และกำหนดจุดมุ่งหมายปลายทางเชื่อมโยงกับพันธกิจ จุดมุ่งหมายปลายทางดังกล่าวต้องชัดเจน สร้างความท้าทาย มีพลัง และเป็นไปได้

พันธกิจ (Mission) คือ ข้อความหรือประกาศขององค์กรที่พยายามกำหนดว่า จะทำอะไรในปัจจุบัน และกำลังจะทำอะไรในอนาคต รวมถึงกำหนดว่าองค์การเป็นองค์การแบบใด และจะก้าวไปสู่การเป็นองค์การแบบใด ทั้งนี้ เพื่อบรรลุสู่ความเป็นเลิศเหนือคู่แข่ง โดยส่วนใหญ่แล้วข้อความเรื่องพันธกิจขององค์การจะประกอบไปด้วย ข้อความที่บ่งบอกถึงคุณค่าทาง ปรัชญาสำคัญที่ผู้บริหารตัดสินใจกระทำ ซึ่งแสดงถึงพันธะขององค์กรที่มีต่อเป้าหมายและสอดคล้องกับคุณค่าของผู้บริหาร ในการกำหนดพันธกิจควรพิจารณาสถานการณ์ประกอบด้วย เพื่อให้ทิศทางขององค์การสอดคล้องกับสภาพแวดล้อม นำมาใช้โดยการกำหนดพันธกิจให้คลอบคลุมถึงกลยุทธ์ที่ควรนำมาใช้

เป้าหมาย (Goal) คือ การบอกถึงสิ่งที่องค์กรปรารถนาให้เกิดในอนาคต และพยายามทำให้บรรลุ โดยกำหนดให้ชัดเจน กระชับ ตรงจุด และวัดผลได้ การกำหนดเป้าหมายจะต้องชัดเจนกว่าการกำหนดภารกิจ ซึ่งเป็นการกำหนดว่าจะต้องทำสิ่งใด

2. *ขั้นวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในและภายนอกองค์กร* ด้วยการพิจารณาจุดแข็ง (Strength) และจุดอ่อน (Weakness) ซึ่งเป็นปัจจัยภายใน และโอกาส (Opportunity) และ อุปสรรค (Threats) ซึ่งเป็นปัจจัยภายนอกภายนอก การวิเคราะห์สภาพแวดล้อม (Environment Analysis) หรือการวิเคราะห์สวอต (SWOT Analysis) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ทราบถึงโอกาสที่ดีที่สามารถนำมาใช้และภัยคุกคามที่อาจมีมาถึงองค์กรเพื่อต่อสู้หรือหลีกเลี่ยง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในขององค์การ (Internal Analysis) ทำให้ทราบถึงจุดอ่อน (Weakness-W) คือ ลักษณะหรือองค์ประกอบขององค์การที่มีสมรรถนะด้อยกว่าคู่แข่ง และจุดแข็ง (Strengths-S) ขององค์กร คือ ลักษณะหรือองค์ประกอบขององค์กรที่มีสมรรถนะเหนือกว่าเมื่อเทียบกับคู่แข่ง

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกองค์การ (External Analysis) ทำให้ทราบถึงโอกาส (Opportunity-O) คือ เป็นเหตุการณ์ หรือการผสมผสานระหว่างเหตุการณ์ เวลา สถานที่ ที่มีแนวโน้มว่าจะเป็นประโยชน์ต่อองค์กรมาทำให้องค์การมีสมรรถนะบางประการเหนือกว่าคู่แข่งและ

อุปสรรค (Threats-T) ทางธุรกิจขององค์การ เป็นเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้และถ้าเกิดขึ้น จะก่อความเสียหายให้แก่องค์กร

3. *ขั้นกำหนดกลยุทธ์* ด้วยการพิจารณาความเหมาะสมและกำหนดทางเลือกที่ดีที่สุดที่จะเลือกดำเนินงาน โดยต้องคำนึงถึงข้อมูลจากการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมขององค์กร จากนั้นจึงวางแผนงานที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง รูปแบบกลยุทธ์ (Strategy Formulation) เป็นแผนการปฏิบัติงานระยะยาว มี 3 ระดับ ดังนี้

กลยุทธ์ระดับองค์การ (Corporate Strategy) เป็นกลยุทธ์ที่ครอบคลุมและบ่งบอกถึงกลยุทธ์โดยรวม และทิศทางในการแข่งขันขององค์กรว่า องค์กรจะมีหน่วยขององค์กรอย่างไร เช่น การดำเนินธุรกิจแบบครบวงจร การขยายตัวไปในธุรกิจที่ไม่เกี่ยวข้องกันเลย เป็นต้น

กลยุทธ์ระดับธุรกิจ (Business Strategy) เป็นการกำหนดกลยุทธ์ในระดับที่ย่อยลงไป มุ่งปรับฐานะการแข่งขันขององค์กรกับคู่แข่ง และระบุถึงวิธีการที่องค์กรจะใช้ในการแข่งขัน มุ่งปรับปรุงฐานะของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น

กลยุทธ์ระดับปฏิบัติการ (Function/Operational Strategy) เป็นการกำหนดกลยุทธ์ที่ครอบคลุมวิธีการในการแข่งขันให้แก่ผู้เกี่ยวข้องในฝ่ายของหน่วยงานต่าง ๆ มุ่งเน้นให้ส่วนงานตามหน้าที่พัฒนากลยุทธ์ขึ้นมาโดยอยู่ภายใต้กรอบของกลยุทธ์ระดับองค์การและกลยุทธ์ระดับธุรกิจ เช่น แผนการผลิต แผนการตลาด แผนการดำเนินงานทั่วไป

4. *ขั้นดำเนินงานตามกลยุทธ์* ด้วยการสร้างแผนปฏิบัติงานและดำเนินงานตามแผนที่กำหนดไว้ เป็นกระบวนการที่ผู้บริหารแปลงกลยุทธ์และนโยบายไปสู่แผนการดำเนินงานซึ่งต้องกำหนดโครงการและรายละเอียดในด้านต่าง ๆ โดยต้องคำนึงถึงโครงการที่สอดคล้องกับกลยุทธ์ที่ได้กำหนดไว้แล้ว รวมถึงโครงการ และกิจกรรมสำหรับการที่จะปรับเปลี่ยนพัฒนาขีดความสามารถขององค์การให้สามารถนำแผนกลยุทธ์นั้น ไปสู่การปฏิบัติให้เกิดผลสำเร็จ ในการแปลงกลยุทธ์ไปสู่การปฏิบัตินั้น ต้องอาศัยแผนปฏิบัติการเป็นเครื่องมือสำหรับใช้เป็นแนวปฏิบัติสำหรับส่วนงานต่าง ๆ ให้เป็นไปอย่างสอดประสานกัน

5. *ขั้นติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงานและแผนกลยุทธ์* รวมถึงให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อเริ่มการปรับปรุงหรือวางแผนกลยุทธ์ใหม่ เป็นการติดตาม ตรวจสอบความก้าวหน้า ปัญหา อุปสรรค ตลอดจนความสำเร็จและความล้มเหลวของโครงการ กิจกรรมต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นกลยุทธ์ขององค์กร และคอยให้การสนับสนุนแก่ผู้ปฏิบัติงานในส่วนงานต่าง ๆ ในทุกด้านให้สามารถปฏิบัติงานตามกลยุทธ์ให้ได้ผลอย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์พบว่า แนวคิดดังกล่าวใช้ในการบริหารจัดการองค์กร ด้วยการกำหนดขั้นตอนวิธีดำเนินงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ ภายใต้เป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างชัดเจน แนวคิดดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้จัดการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนตั้งเป้าหมายใน

การทำงานได้ แต่ต้องกำหนดลักษณะบางประการให้เหมาะสม เช่น การกำหนดเป้าหมายและภาระงานให้สอดคล้องกับความสามารถของผู้เรียน การจัดกระบวนการให้เป็นรูปธรรม ไม่ซับซ้อน และใกล้ตัวผู้เรียน โดยยังคงไว้ซึ่งหลักการสำคัญของการวางแผนกลยุทธ์ไว้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปสาระสำคัญของแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการสร้างกระบวนการเรียนการสอนได้ ดังนี้

1. การวางแผนกลยุทธ์เป็นการสร้างเครื่องมือช่วยชี้นำแนวทางการตัดสินใจในการดำเนินการ นำไปสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการกำหนดขั้นตอนแบบย้อนกลับคำนึงถึงผลลัพธ์สุดท้าย แล้วจึงวางแผนงานอย่างเชื่อมโยงให้องค์ประกอบด้านต่าง ๆ สัมพันธ์กัน โดยลำดับความสำคัญประเด็นพร้อมทั้งทางเลือกต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล

2. เป้าหมายหลักที่สำคัญของการวางแผนกลยุทธ์ คือ การสร้างกลยุทธ์หรือแผนการทำงานที่ดี สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากกลยุทธ์เป็นสิ่งเฉพาะตัว กลยุทธ์ที่เกิดขึ้นจากการวางแผนอย่างรอบคอบ จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติบรรลุเป้าหมายในการดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพ

3. การวางแผนกลยุทธ์ ประกอบด้วยการกำหนดองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ

3.1 การกำหนดเป้าประสงค์ ประกอบด้วยวิสัยทัศน์ พันธกิจ และเป้าประสงค์หลักของแผนในการดำเนินงาน เพื่อกำหนดทิศทางการดำเนินงาน

3.2 การกำหนดทางเลือกการดำเนินการ คือ กลยุทธ์ หรือวิธีที่กำหนดอย่างชัดเจนที่ชี้นำการปฏิบัติตามแผนให้บรรลุวัตถุประสงค์ ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการใช้ผลการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกมาสนับสนุน

3.3 การตรวจสอบและประเมินผล เพื่อระบุสถานการณ์ของการดำเนินงาน ก่อนจะเร่งรัดการดำเนินการให้เป็นไปอย่างเหมาะสมสอดคล้องกับกลยุทธ์ที่ตั้งไว้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 การสรุปขั้นตอนของกระบวนการวางแผนกลยุทธ์

Bryson (2004)	Allison และ Kaye (2005)	วัฒนา วงศ์เกียรติรัตน์ (2548)	อุทิศ ขาวเธียร (2549)	พิริยะ ผลพิรุฬห์ (2552)	พวงรัตน์ เกสรแพทย์ (2543)	กระบวนการวางแผนกลยุทธ์โดยสรุป
1. กำหนดข้อตกลงหรือแนวคิดเบื้องต้นในการวางแผนกลยุทธ์ (Initiate and Agree on a Strategic Planning Process)	1.ขั้นเตรียมความพร้อม (Get Ready)	1.การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับสถานภาพขององค์กร	1.การวิเคราะห์ภาวะแวดล้อมภายนอกและภายใน		1.ขั้นเตรียมการวางแผน (Plan for Planning)	1.ขั้นกำหนดทิศทางขององค์กร
2.พิจารณาอำนาจหน้าที่ขององค์กร (Identify Organizational Mandates)						
3.กำหนดภารกิจและค่านิยมขององค์กร (Clarify Organizational Mission and Values)	2.ขั้นกำหนดพันธกิจ วิสัยทัศน์ และค่านิยมขององค์กรให้ชัดเจน (Articulate Mission, Vision, and Values)		2.การกำหนดทิศทางพัฒนาองค์กรด้านวิสัยทัศน์ พันธกิจ และวัตถุประสงค์หลัก	1.การกำหนดวิสัยทัศน์ (Vision) และพันธกิจ (Mission) ขององค์กรให้ชัดเจน	2.ขั้นการตรวจสอบสภาวะแวดล้อม (Environmental Monitoring) 3.ขั้นการตรวจสอบค่านิยม (Values Scan) 4.ขั้นทบทวนภารกิจขององค์กร (Mission Clarification)	
4.ประเมินสภาพแวดล้อมภายนอกและภายในเพื่อกำหนดจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาสและอุปสรรค (Access the External and Internal Environments to Identify Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats)	3.ขั้นประเมินสถานการณ์ (Assess Your Situation)	2.การวิเคราะห์สภาพแวดล้อม		2.การวิเคราะห์สภาพแวดล้อม (Environmental Analysis) 3.การวิเคราะห์หาโอกาส (Opportunities) และภัยคุกคาม (Threats) จากสภาพแวดล้อมภายนอก 4.การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายใน โดยพิจารณาถึงทรัพยากรภายในองค์กรและความสามารถหลักขององค์กร 5.การวิเคราะห์หาจุดแข็ง (Strength) และจุดอ่อน (Weakness) ขององค์กร		2.ขั้นวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในและภายนอกองค์กร

Bryson (2004)	Allison และ Kaye (2005)	วัฒนา วงศ์เกียรติรัตน์ (2548)	อุทิศ ขาวเธียร (2549)	พิริยะ ผลพิรุฬห์ (2552)	พวงรัตน์ เกสรแพทย์ (2543)	กระบวนการวางแผนกลยุทธ์โดยสรุป
5.กำหนดประเด็นที่จะนำไปสู่การวางกลยุทธ์ (Identify the Strategic Issues Facing the Organization)	4.ขั้นกำหนดลำดับสิ่งที่ต้องปฏิบัติ (Agree on Priorities)	3.การจัดวางทิศทางขององค์กร				
6.กำหนดกลยุทธ์ (Formulate Strategies to Manage the Issues)	5.ขั้นร่างแผนกลยุทธ์ (Write the Strategic Plan)	4.กำหนดกลยุทธ์	3.การยกร่างและกำหนดยุทธศาสตร์ (กลยุทธ์) การพัฒนา	6.การจัดวางทิศทางขององค์กร (Establishing Organization Direction) และกำหนดกลยุทธ์ (Strategic Formulation)	5.ขั้นกำหนดรูปแบบกลยุทธ์พัฒนาการศึกษา (Strategic Planning Model for Educational Development)	3.ขั้นกำหนดกลยุทธ์
7.ทบทวนและอนุมัติกลยุทธ์หรือแผนกลยุทธ์ (Review and Adopt the Strategies or Strategic Plan) 8.กำหนดและประกาศวิสัยทัศน์ขององค์กร (Establish and Effective Organizational Vision)					6.ขั้นตรวจสอบผลการปฏิบัติ (Performance Audit) 7.ขั้นการวิเคราะห์ช่องว่าง (Gap Analysis) 8.ขั้นการบูรณาการแผนปฏิบัติงาน (Integrating Action Plan) 9.ขั้นวางแผนรับเหตุการณ์ฉุกเฉิน (Contingency Planning)	
9.การนำแผนไปสู่การดำเนินงาน (Develop an effective Implementation Process)	6.ขั้นนำแผนกลยุทธ์ไปปฏิบัติ (Implement the Strategic Plan)		4.การกำหนดยุทธวิธี (กลวิธี) การดำเนินงาน	7.การนำแผนกลยุทธ์ไปปฏิบัติ (Strategy Implementation)	10.ขั้นดำเนินการตามแผนกลยุทธ์ (Strategic Implementation)	4.ขั้นดำเนินงานตามกลยุทธ์
10.การประเมินผลกลยุทธ์ (Reassess Strategies and the Strategic Planning Process)	7.ขั้นประเมินและติดตามแผนกลยุทธ์ (Evaluate and Monitor the Strategic Plan)		5.การปรับยุทธการดำเนินการด้านกลไกและการกำกับและติดตามการประเมิน	8.การติดตามและประเมินผลกลยุทธ์ (Strategy Evaluation and Control)	11.ขั้นการควบคุมและประเมินกลยุทธ์ (Strategic Control)	5.ขั้นติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงานและแผนกลยุทธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. แนวคิดการคิดนอกกรอบ

3.1 ความหมายของการคิดนอกกรอบ

การคิดนอกกรอบ (Lateral Thinking) เป็นการคิดชนิดหนึ่ง ปรากฏครั้งแรกในหนังสือ The Use of Lateral Thinking ของ Edward de Bono (1967) กล่าวถึงการคิดอย่างแตกต่างไม่เป็นไปตามแบบแผน เพื่อสร้างมุมมองใหม่ การคิดนอกกรอบตามความหมายของผู้นิยามเริ่มต้น หมายถึง ความพยายามในการสร้างแนวทางหรือวิธีการที่แตกต่างไปจากการแก้ปัญหาเดิม โดยความคิดนั้นอาจดูไม่สมเหตุสมผลในตอนแรก แต่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้ในภายหลัง (de Bono, 1990, p. 11) จากความหมายดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการระดมวิธีการเพื่อเข้าสู่การแก้ปัญหานั้น เป็นการเข้าหาปัญหาทางด้านข้าง มากกว่าที่จะเข้าหาปัญหาทางด้านหน้าซึ่งเป็นการคิดตามตรรกะโดยทั่วไป ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีผู้แปลคำว่า Lateral Thinking อย่างหลากหลายในภาษาไทย เช่น การคิดแนวขวาง ความคิดด้านขวาง การคิดแนวข้าง การคิดแนวนอน เป็นต้น (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2545; ทิศนา แขมมณี และคณะ, 2544; พัฒนานุสรณ์ สถาพรวงศ์, 2533)

อย่างไรก็ดีเมื่อการคิดนอกกรอบได้รับการยอมรับและนำไปใช้อย่างแพร่หลาย จึงมีนักวิชาการให้ความหมายของคำว่าการคิดนอกกรอบในมุมมองที่กว้างขึ้น อาทิ การคิดนอกกรอบ หมายถึง แนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาโดยพิจารณารวมถึงความคิดต่าง ๆ ที่อาจดูไม่สมเหตุสมผลหรือไม่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหานั้น (Hornby, 1989 อ้างถึงในปิยาพร ขาวสะอาด, 2548, น. 17) หากพิจารณาในแง่ของการรู้คิด การคิดนอกกรอบจะหมายถึง ชุดของเทคนิคที่ใช้เพื่อเปลี่ยนมโนทัศน์และการรับรู้เพื่อสร้างความคิดใหม่ รวมถึงการสำรวจแนวทางและความเป็นไปได้และแนวทางที่หลากหลายแทนที่จะดำเนินการไปในแนวทางใดแนวทางหนึ่ง

กล่าวโดยสรุป การคิดนอกกรอบ จึงหมายถึง กระบวนการคิดเพื่อหาวิธีการต่าง ๆ ซึ่งแตกต่างไปโดยสิ้นเชิงจากวิธีการเดิม ๆ ในการแก้ปัญหา เพื่อให้เกิดเป็นแนวทางใหม่ที่แตกต่างออกไปจากเดิม

3.2 ความสำคัญและประโยชน์ของการคิดนอกกรอบ

การคิดเป็นกิจกรรมและกระบวนการทางสมองโดยธรรมชาติของมนุษย์ที่สำคัญที่สุด และส่งผลต่อการแสดงออกของแต่ละบุคคล การคิดจึงเป็นเครื่องมือพิจารณาตัดสินในเหตุการณ์ต่าง ๆ ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เพราะเป็นการรวบรวมและเชื่อมโยงประสบการณ์การเรียนรู้รอบตัวมาวิเคราะห์เพื่อให้เกิดผลทางความคิดในเรื่องนั้น ๆ (ทิศนา แขมมณี และคณะ, 2540) ดังนั้นการคิดจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในสังคมที่ซับซ้อน กระบวนการคิดนั้นเกิดขึ้นได้หลากหลายวิธี ขึ้นอยู่กับปัญหาและองค์ประกอบชี้วัดต่าง ๆ ในการคิดควรเลือกกระบวนการคิดที่เหมาะสมในการคิดเพื่อแก้ไขปัญหาให้คลี่คลายลงไปได้

การคิดนอกกรอบเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของการคิดที่มีอยู่ในศาสตร์ทุกแขนง ทั้งการศึกษา บริหารธุรกิจ การวิจัยและการพัฒนาด้านต่าง ๆ การวางแผนและออกแบบ (ไพฑูรย์ สินลารัตน์ และ

คณะ,2557, น. 12) ยิ่งไปกว่านั้นการคิดนอกกรอบยังสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์โดยตรง แต่การคิดนอกกรอบจะเน้นการอธิบายถึงกระบวนการ ในขณะที่ผลลัพธ์ซึ่งจะมีคุณค่าและมีความคิดสร้างสรรค์นั้น เกิดจากกระบวนการคิดนอกกรอบที่ทำให้เกิดความคิดที่แปลกใหม่ไม่เหมือนเดิม โดยกระบวนการนั้นเป็นผู้ปฏิบัติสามารถสิ่งที่เรียนรู้ได้ ด้วยเหตุดังกล่าวการคิดนอกกรอบจึงเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาศักยภาพด้านความคิดของมนุษย์ ให้เกิดการนำความรู้มาใช้ประโยชน์ต่อตนเองและสังคม ซึ่งนำไปสู่การสร้างสรรค์และพัฒนาผลงานใหม่ ๆ อยู่ตลอดเวลา ซึ่งหนึ่งในนั้น คือ นวัตกรรม ที่เกิดจากความคิดของมนุษย์

การคิดนอกกรอบยังเป็นประโยชน์จากการเพิ่มปริมาณความคิดให้เป็นทางเลือกที่หลากหลายและก่อให้เกิดประโยชน์ในด้านต่าง ๆ (ไพฑูรย์ สินลารัตน์ และคณะ, 2557, น. 14-16) ดังนี้

1. สร้างสรรค์สิ่งใหม่ การคิดนอกกรอบทำให้เกิดจินตนาการที่ช่วยคาดการณ์สิ่งที่ยังไม่เกิดขึ้น และเกิดความคิดในการทดลอง หรือเปลี่ยนแปลงแนวคิดและวิธีการปฏิบัติเดิมที่ทำต่อกันมา

2. พัฒนากำลังคน เนื่องด้วยกระบวนการคิดเป็นกระบวนการที่สร้างการเรียนรู้ ดังนั้นการคิดนอกกรอบจึงส่งผลโดยตรงต่อการเรียนรู้ของบุคคล ทำให้เกิดความคิดในทางบวก คุณลักษณะกล้าคิดกล้าแสดงออก การยอมรับความคิดที่แตกต่าง นอกจากนั้นยังส่งผลถึงคุณลักษณะอื่น ๆ อีกหลายประการ เช่น ความพากเพียรอดทน ความมุ่งมั่น ในการหาแนวทางใหม่มากกว่าการยึดติดกับกรอบปฏิบัติเดิม ความสามารถในการวิเคราะห์และแก้ปัญหา ทักษะในการฟังและตีความ เป็นต้น

3. การบริหารจัดการงานและการพัฒนาองค์กร เนื่องด้วยการแข่งขันในโลกยุคปัจจุบัน การทำงานในยุคปัจจุบันจึงมีเป้าหมายมากกว่าการทำงานให้สำเร็จ แต่ผลงานที่สำเร็จนั้นต้องแข่งขันได้ มุมมองต่อการทำงานจึงต้องเปิดกว้างขึ้นกว่าเดิม ผลงานที่สำเร็จต้องเป็นมากกว่าชิ้นงานทั่วไป แต่ต้องเป็นนวัตกรรม การคิดนอกกรอบยังผลให้การบริหารงานมีแผนงานที่ดี และมีแนวทางที่หลากหลายในการดำเนินงาน มีการประเมินความสามารถในการดำเนินงานให้เหมาะสมกับศักยภาพของตนเอง ปลายทางของการพัฒนางานนั้นย่อมส่งผลโดยตรงถึงองค์กร การคิดนอกกรอบจึงมีผลให้บุคลากรในองค์กรเจริญเติบโตทั้งการคิดและตัดสินใจในการทำงานร่วมกันเพื่อบรรลุเป้าหมายสำคัญขององค์กร และกระตือรือร้นที่จะปรับปรุงงานหีมีคุณภาพและประสิทธิภาพมากขึ้น

4. การเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผล การคิดนอกกรอบทำให้การใช้ปัจจัยต่าง ๆ ในการทำงานเกิดประโยชน์สูงสุด เนื่องจากต้องการผลสำเร็จที่สูงขึ้น หรือมีคุณภาพมากขึ้น แนวทางในการคิดนอกกรอบจึงช่วยในการลดทอนปัจจัยด้านลบบางประการให้สมดุล หรือเพิ่มปัจจัยที่ส่งผลในแง่บวกให้มากขึ้น เพื่อให้การทำงานเกิดขึ้นอย่างคล่องตัวมากที่สุด และสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

นอกจากประโยชน์ในด้านสังคมแล้ว การคิดนอกกรอบยังมีประโยชน์ในแง่การรับรู้ของสมอง เนื่องด้วยการคิดเป็นกระบวนการทำงานของสมอง โดยเกิดจากการสะสมข้อมูลและสร้างแบบแผนเฉพาะ หรือรูปแบบที่ตายตัวขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกในการนำมาแก้ไขปัญหา จึงเป็นข้อจำกัด

ต่อการเปลี่ยนมุมมองของปัญหา ดังนั้นการคิดนอกกรอบจึงมีประโยชน์อีกแง่หนึ่ง (de Bono, 1990, pp. 8-10) ดังต่อไปนี้

1. สร้างความคิดใหม่

2. แก้ปัญหาต่าง ๆ เช่น ปัญหาที่ต้องการข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อค้นหาข้อมูลในการแก้ปัญหา หรือเทคนิคที่ดีในการแก้ปัญหา ปัญหาที่ไม่ต้องการข้อมูลใหม่ แต่ต้องการการจัดเรียงข้อมูลที่มีอยู่ด้วยวิธีการใหม่ หรือ ปัญหาที่มีคำตอบหรือวิธีการแก้ไขอยู่แล้ว แต่ควรได้รับการปรับปรุงให้วิธีการแก้ปัญหานั้นมีความหลากหลาย

3. ช่วยในการจัดข้อมูลไม่ให้เป็นไปอย่างอัตโนมัติด้วยวิธีการทางตรรกะ เพื่อให้เลือกจัดกระทำข้อมูลได้ตามความต้องการ

4. ช่วยประเมินรูปแบบที่สมองกำหนดไว้แล้วว่าจะสามารถพัฒนาในส่วนใดบ้าง

5. ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการแบ่งขั้วหรือการแบ่งแยกอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นอุปสรรคในการที่จะใช้ข้อมูลได้อย่างเต็มที่

3.3 ลักษณะสำคัญของการคิดนอกกรอบ

ก่อนหน้าที่ De Bono จะนำเสนอแนวคิดของการคิดนอกกรอบ Freud (1950 อ้างถึงในทศพล ศิลลา, 2553, น. 47) เสนอว่าการคิดของมนุษย์แบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ การคิดขั้นปฐมภูมิ (First-stage Thinking) คือ การคิดที่เกิดขึ้นก่อน และการคิดขั้นทุติยภูมิ (Secondary-stage Thinking) คือ การคิดที่เกิดขึ้นทีหลัง ต่อมา De Bono ได้กำหนดนิยามการคิดทั้ง 2 ประเภทใหม่ให้และความหมายไว้ให้กว้างขึ้น ดังนี้

1. การคิดนอกกรอบ (Lateral Thinking) สอดคล้องกับการคิดขั้นปฐมภูมิ เป็นการคิดที่พยายามเลี่ยงขอบเขตหรือกรอบความคิดเดิมที่มีอยู่ และกระตุ้นให้เกิดการสร้างความคิดหรือแนวทางใหม่ ๆ ให้เกิดขึ้นแตกต่างจากเดิม

2. การคิดในกรอบ (Vertical Thinking) สอดคล้องกับการคิดขั้นทุติยภูมิ เดิมของ Freud กล่าวคือ เมื่อเกิดการสร้างแนวคิดจากการคิดในระยะที่ 1 แล้ว จะเกิดการนำแนวคิดต่าง ๆ มาทดสอบ เพื่อพิจารณาแนวคิดที่เหมาะสมที่สุด เป็นการคิดที่มีลักษณะตรงไปตรงมา มีลักษณะของเหตุผลและความถูกต้องอย่างชัดเจนทุกขั้นตอน ลักษณะของการคิดดังกล่าว คือ การคิดเชิงตรรกะ (Logical Thinking) การคิดอย่างมีวิจารณญาณหรือการคิดวิเคราะห์ (Critical Thinking) การคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Thinking) เป็นต้น

จากลักษณะของการคิดทั้ง 2 ประเภทข้างต้น การคิดนอกกรอบจึงเป็นการปรับโครงสร้างเดิมของรูปแบบและพยายามสร้างรูปแบบหรือแนวทางใหม่ ในขณะที่การคิดในกรอบเป็นการพิสูจน์หรือพัฒนารูปแบบหรือแนวทางเท่านั้น เนื่องจากลักษณะการคิดทั้ง 2 ประเภทแตกต่างกันมาก แต่มีลักษณะส่งเสริมกันและกัน การเปรียบเทียบให้เห็นถึงลักษณะของการคิดนอกกรอบและการคิดใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรอบ เพื่อนำไปสู่การกำหนดหลักการ และองค์ประกอบของการคิดนอกกรอบ จะทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการคิดนอกกรอบได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบลักษณะการคิดนอกกรอบและการคิดในกรอบ
(de Bono, 1984, pp. 4-13; ยุดา รักไทย และธนิกานต์ มาฆะศิรานนท์, 2549, น. 18-24)

ประเด็นเปรียบเทียบ	การคิดนอกกรอบ	การคิดในกรอบ
จุดมุ่งหมาย	สร้างการเปลี่ยนแปลง	ใช้คัดเลือกวิธีหรือแนวทาง
ระยะของการคิด	เกิดขึ้นในระยะแรกของการคิด	เกิดขึ้นในระยะที่ 2 เพื่อปรับปรุงการคิดในระยะแรก
การจัดกระทำข้อมูล	เปลี่ยนแปลงการจัดประเภทและนิยามได้	มีการแบ่งแยกชนิด ประเภท และนิยามที่ชัดเจนและไม่เปลี่ยนแปลง
การใช้ข้อมูล	ใช้ข้อมูลที่มีอยู่เพื่อสร้างความคิดใหม่	ใช้ข้อมูลที่มีอยู่ตามความหมายของข้อมูลนั้น ๆ
ลำดับขั้นในการคิด	ไม่เป็นลำดับ สามารถเกิดขึ้นได้ตามที่ผู้คิดจะกำหนด	มีการคิดเป็นลำดับขั้นตอนอย่างชัดเจนและข้ามขั้นตอนไม่ได้
การพิจารณาสิ่งรอบข้าง	เปิดโอกาสให้สิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่คิดเข้ามาเป็นหนึ่งในปัจจัยพิจารณา	พิจารณาเฉพาะสิ่งที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่คิดเท่านั้น
การพิจารณาความเป็นไปได้	พิจารณาทุกแนวทาง แม้จะเป็นแนวทางที่เป็นไปได้น้อยที่สุด	พิจารณาเฉพาะแนวทางที่เป็นไปได้มากที่สุดเท่านั้น
ความถูกต้อง	ไม่จำเป็นต้องถูกต้องในทุกขั้นตอนที่คิด	จำเป็นต้องถูกต้องในทุกขั้นตอน
การตัดสินใจ	ไม่มีการตัดทางเลือก และไม่ปฏิเสธความคิด	มีการตัดสินและปฏิเสธเพื่อตัดทางเลือกบางทางเลือกออกไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลักษณะสำคัญของการคิดนอกกรอบที่นำเสนอมาโดยเปรียบเทียบกับการคิดในกรอบนั้น นำไปสู่การประยุกต์ใช้งานได้ง่ายและเหมาะสม และเพื่อให้เห็นถึงแนวทางในการนำไปใช้ได้อย่างชัดเจน จึงขอนำเสนอแนวทางสำคัญและปัจจัยที่ส่งผลให้การคิดนอกกรอบตามแนวคิดของ De Bono มีคุณภาพ ดังนี้

การคิดนอกกรอบ (de Bono, 1982, pp. 49-50; ยุดา รักไทย และธนิกานต์ มาฆะศิรานนท์, 2549) ประกอบด้วยแนวทางสำคัญ 2 ส่วน ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาเทคนิคหรือวิธีการคิดนอกกรอบที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ

1. *การหลีกเลี่ยงความคิดเดิม* เป็นการพิจารณาแนวคิดหลักหรือแนวคิดเดิมที่ทำให้เกิดความเฉพาะเจาะจงในการสรุปความหมายของข้อมูล เพื่อค้นหาวิธีการเพื่อพยายามให้เกิดแนวทางอื่นที่หลากหลาย ปฏิเสธในการยอมรับข้อสันนิษฐานหรือข้อสรุปที่สร้างขึ้นเอง และเลี่ยงในมโนทัศน์หรือ

วิธีการแบบเดิม ๆ แม้ว่าสิ่งเดิมที่มีอยู่จะมีลักษณะที่ดีหรือถูกต้องก็ตาม เพื่อสร้างความตระหนักรู้ว่าเราสามารถสร้างวิธีการอื่น ๆ ที่หลากหลายได้ มิใช่เพียงการพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ที่คุ้นเคยเท่านั้น

2. *การกระตุ้นเพื่อให้เกิดความคิดใหม่* เป็นการให้ความสำคัญว่าความคิดที่ได้มาจะนำไปสู่สิ่งใดได้บ้างมากกว่าที่จะยอมรับความคิดว่านั้น ๆ ถูกต้องหรือไม่ และเปิดโอกาสให้เกิดการคิดข้ามขั้นตอนเพื่อสร้างความคิดใหม่ได้ แล้วจึงนำความคิดนั้นมาพิจารณาอย่างละเอียดอีกครั้งหนึ่ง

นอกจากนั้น de Bono (1967) ยังเสนอด้วยว่า การคิดนอกกรอบนั้นจะต้องประกอบด้วยปัจจัยที่จะเอื้ออำนวยต่อการคิด 4 ประการ (สมชาย พิทยาอุดมฤกษ์, 2561, น. 89) คือ

1. การสร้างความเข้าใจในหัวใจของเรื่องหรือประเด็นสำคัญในเรื่องนั้น ๆ (Recognition of dominant polarizing ideas) เป็นการสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนและง่าย ไม่สลับซับซ้อน ด้วยการใช้การอ้างอิงที่เหมาะสม และเป็นที่เข้าใจของทุกฝ่าย

2. การพิจารณาวิธีการหรือแนวทางต้องไม่มองเรื่องใด ๆ เพียงทางเดียว (The Search for different ways of looking at things) เป็นการทำความเข้าใจกับเรื่องราวต่าง ๆ ด้วยมุมมองที่แตกต่างกันออกไป มุมมองที่แตกต่างหลากหลายนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถและความคุ้นเคย และทัศนคติของผู้คิดและทำความเข้าใจ เรื่องเดียวกันอาจทำให้เกิดมุมมองที่แตกต่างกันจากผู้วิเคราะห์ที่ต่างกัน ดังนั้นในการพิจารณาเรื่องใด ๆ ก็ตามควรกำหนดมุมมองก่อนว่าเรื่องนั้นสามารถพิจารณาได้กี่แนวทาง โดยทั่วไปแง่มุมใดจะถูกพิจารณาเป็นลำดับแรก ในขณะเดียวกันแง่มุมอื่น ๆ ที่สามารถพิจารณาได้อีกคืออะไร อย่างไร

3. การลดความเข้มงวดหรือไม่ยืดหยุ่นในการคิดในกรอบ หรือเรื่องของตรรกะจะช่วยทำให้ความคิดไม่ตีบตัน (A relaxation of the rigid control of vertical thinking) ในการพิจารณาเลือกมุมมองแบบใดแบบหนึ่งที่สามารถทำความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ ได้ง่ายเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้ละเลยในการพิจารณามุมมองอื่น ๆ โดยทั่วไปอาจจะเกิดขึ้นเพราะข้อจำกัดของเวลา หรือความพึงพอใจในมุมมองที่ตนเองมีประสบการณ์หรือคุ้นเคย ทำให้เกิดการยึดติดและมักจะนำประสบการณ์นั้นไปใช้ในโอกาสอื่น ๆ ในภายหลัง เป็นการปิดกั้นการคิดนอกกรอบไปโดยปริยาย

4. การใช้โอกาสให้เหมาะสม (The use of chance) การใช้โอกาสหรือรอจังหวะที่เหมาะสม ในที่นี้ หมายถึง การรู้จักมองหาโอกาส รู้คุณค่าของโอกาส และรู้จักใช้โอกาสที่ผ่านเข้ามาให้เกิดประโยชน์สูงที่สุด กล่าวคือ ต้องเป็นนักฉกฉวยโอกาสหรืออดทนกับการรอจังหวะที่จะมาถึง หลาย ๆ ครั้งที่การคิดค้นหรือสร้างนวัตกรรมมักเกิดจากความบังเอิญ จึงทำให้คนส่วนใหญ่มักละเลยการใช้จังหวะหรือโอกาสไป กระบวนการที่จะก่อให้เกิดโอกาส (Chance) ในที่นี้ คือการสร้างความอิสระนอกกฎเกณฑ์ เป็นการสร้างมุมมองที่แปลกออกไปจากเดิม รวมถึงโอกาสในการพบสิ่งใหม่ นอกจากนั้นยังอาศัยเทคนิคต่าง ๆ เช่น การระดมสมอง (Brain Storming) เป็นต้น

ปัจจัยทั้ง 4 ส่วนนี้เมื่อนำมาประกอบกันแล้ว พบว่าปัจจัยหรือคุณสมบัติดังกล่าวมีส่วนทำให้การคิดนอกกรอบประสบผลสำเร็จ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะเป็นส่วนหนึ่งของวิธีการหรือเทคนิคที่ใช้พัฒนาให้เกิดการคิดนอกกรอบด้วยเช่นกัน

ในขั้นของการปฏิบัติเพื่อให้เกิดการคิดนอกกรอบนั้น มีผู้นำเสนอวิธีการหรือเทคนิคที่นำไปสู่การคิดนอกกรอบโดยขยายจากแนวคิดของ de Bono เป็นจำนวนมาก แม้แต่เทคนิคเดิมของ de Bono เอง ยังปรากฏว่ามีการนำเสนอไว้อย่างหลากหลาย เนื่องด้วยข้อคำนึงสำคัญคือ ความแตกต่างระหว่างบุคคล การใช้เทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลายย่อมส่งผลให้ผู้ใช้เกิดการเรียนรู้ หรือความสามารถในการคิดแตกต่างกัน ในที่นี้ขอเสนอเทคนิคการคิดนอกกรอบของ de Bono (1990, pp. 52-114) ที่นิยมและเป็นต้นแบบของเทคนิคอื่น ๆ จำนวน 5 กลุ่ม ดังนี้

1. *การตระหนักรู้ถึงความคิดเดิมที่มีลักษณะเป็นความคิดเด่น รวมถึงองค์ประกอบที่สำคัญของความคิดนั้น* (ยุดา รักไทย และธนิกานต์ มาฆะศิรานนท์, 2549, น. 76-86) ด้วยเหตุที่ความคิดเด่นตามการรับรูของแต่ละบุคคลย่อมแตกต่างกัน รวมถึงอาจมีองค์ประกอบหลายประการและสำคัญลดหลั่นกันลงไปตามแต่ประสบการณ์ ความรู้ความสามารถของบุคคล ซึ่งจะมีผลต่อมุมมองของสิ่งต่าง ๆ การรับรูเกี่ยวกับองคประกอบที่สำคัญนั้นอาจเกิดขึ้นโดยไม่รูตัว นอกจากนั้นความคิดเดิมที่เป็นความคิดเด่นนี้ทำใหเกิดให้การคิดมีขอบเขตที่จำกัด ดังนั้นเทคนิคที่ทำให้ตระหนักรู้ถึงความคิดเด่น คือ การรู้จักพิจารณาให้เห็นถึงความคิดเดน และองคประกอบสำคัญของความคิดเด่นต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยให้เขาใจ และไม่ยึดติดกับสิ่งเหล่านั้น ทำได้โดยการหาหัวข้อข่าวจากหนังสือพิมพ รายการวิทยุ โทรทัศน์ การอภิปราย หรือการทำโครงงานออกแบบ ซึ่งผู้ปฏิบัติสามารถแสดงออกแบบได้หลายทาง เช่น การอธิบายด้วยถ้อยคำ เป็นต้น

2. *การเปลี่ยนแปลงความคิดโดยการหลีกเลี่ยง* (ยุดา รักไทย และธนิกานต์ มาฆะศิรานนท์, 2549, น. 87-110) เป็นสิ่งที่อาจทำได้ยาก แต่มีเทคนิควิธีที่หลากหลาย และใช้ได้ดีกับการหลีกเลี่ยงรูปแบบเดิมจำนวนมาก เชน

การถามด้วยคำว่า ทำไม เป็นการใช้คำถามเพื่อหาเหตุผลวาสิ่งที่เป็นอยูปัจจุบันมีความจำเป็นที่จะต องเป็นเชนนั้นจริงหรือไม่เพราะเหตุใด ซึ่งจะทำให้ได้ คำตอบอันเป็นที่มาของเหตุผลที่หลากหลาย

การกำหนดเกณฑขั้นต่ำของจำนวนความคิดใหม่ที่ต องการ เป็นการกำหนดจำนวนอย่างน้อยที่สุดที่จะตองสรางทางเลือกใหม่ให้ได้เท่ากับจำนวนที่กำหนดไว้

การเปลี่ยนจุดสนใจ เป็นการเลือกจุดแรกของการรับรู และสวนที่ได้รับความสนใจของสถานการณหรือสิ่งนั้น ๆ ซึ่งมีผลอย่างมากในการสร้างรูปแบบของการรับรู โดยทั่วไปข้อมูลที่เห็นได้ชัดเจนกว่าหรือสอดคล้องกับประสบการณ์เดิมจะรับรู้ได้ก่อน ดังนั้นการฝกทักษะในการเลือกจุดแรกของการรับรู้ จึงเป็นการช่วยให้สามารถสร้างรูปแบบหรือแนวทางที่มีความหลากหลายมากขึ้น

การเลื่อนการตัดสินใจ เป็นการชะลอการตัดสินตอแนวคิดออกไปอีกระยะหนึ่ง เพื่อทำให้เกิดการทบทวนอย่างถี่ถ้วนอีกครั้ง เช่น แนวคิดนี้มีข้อดีอะไร อย่างไร เพื่อนำไปใชเพื่อสร้างแนวคิดที่ดีกว่า สมเหตุสมผลกว่า เป็นต้น

นอกจากเทคนิคข้างต้นแล้ว ยังมีเทคนิคอื่น ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการเปลี่ยนความคิดได้ เช่น การเปลี่ยนลำดับการเข้ามาของข้อมูล การเปลี่ยนมโนทัศน์หรือการไม่ใช้มโนทัศน์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เทคนิคการแยกเป็นส่วน ๆ เพื่อง่ายต่อการพิจารณาหรือเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างสรรค์มโนทัศน์ใหม่ได้เช่นกัน

3. *การเปลี่ยนแปลงจากภายใน* (ยุดา รักไทย และธนิกานต์ มาฆะศิรานนท์, 2549, น. 129-136) เป็นการพิจารณามโนทัศน์หรือองค์ประกอบภายในของปัญหาหรือรูปแบบจากมุมมองอื่น ๆ ที่แตกต่างไปจากเดิม อันนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ เนื่องจากจุดมุ่งหมายของการคิดนอกกรอบ คือ การมองสิ่งต่าง ๆ ด้วยมุมมองที่หลากหลาย เพื่อที่จะจัดรูปแบบใหม่ และสร้างความคิดใหม่ วิธีการที่เหมาะสมกับเทคนิคดังกล่าว คือ การแยกส วน และการมองกลับด้าน เพื่อพิจารณาองค์ประกอบ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

การแยกส่วน เป็นสิ่งที่ช่วยให้การสร้างรูปแบบใหม่เป็นไปได้ง่ายขึ้น ด้วยการประกอบส่วนย่อย ๆ นั้นขึ้นด้วยมุมมองใหม่ มีจุดมุ่งหมายเพื่อจัดรูปแบบใหม่ มิใช้เพียงเพื่ออธิบายสิ่งนั้น แต่ยังช่วยให้หลีกเลี่ยงจากรูปแบบเดิม และสามารถสร้างความคิดใหม่ได้มากขึ้น

วิธีการมองกลับด้าน หรือ การคิดในมุมกลับ (Reversal) เป็นวิธีการใช้ข้อมูลที่มีอยู่ในรูปแบบที่แตกต่างออกไปจากเดิม ด้วยการพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ในลักษณะเดิม จากนั้นจึงพิจารณาแบบย้อนกลับ หรือทำให้ความคิดนั้นเป็นนิเสธ อาจเป็นการกลับจากหลังไปหน้าหรือกลับจากซ้ายเป็นขวา รวมทั้งการกลับข้อความ โดยไม่ต้องคำนึงว่าความคิดนั้นถูกต้องหรือไม่ ซึ่งจะช่วยให้จัดกระทำข้อมูลที่มีอยู่ได้อย่างหลากหลายมากขึ้น นอกจากนั้นยังทำให้มองสิ่งต่าง ๆ แตกต่างไปจากมุมมองเดิม

การบิดเบือนหรือทำให้เกินจริง (Distortion หรือ Exaggeration) เป็นวิธีการที่ทำให้ข้อมูลหรือมโนทัศน์ที่มีอยู่แตกต่างออกไปจากเดิม ด้วยการสร้างจินตนาการให้เกิดความแตกต่างไปจากความเป็นจริงอย่างไร้ขอบเขต หรือทำให้รายละเอียดต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไป เช่น การขยายมโนทัศน์ไปทางด้านใดด้านหนึ่งอย่างสุดขั้ว นำไปสู่ความคิดใหม่ที่แตกต่างไปจากความคิดเดิมอย่างมาก แม้ว่าในบางครั้งอาจจะไม่สมเหตุสมผล และไม่สามารถนำความคิดใหม่นั้นมาใช้ได้ทันที แต่สามารถนำมาใช้ปรับเพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้นของความคิดอื่น ๆ ได้

4. การเปลี่ยนแปลงจากภายนอกด้วยการขัดขวางความต่อเนื่องของมโนทัศน์เดิม (ยุดา รักไทย และธนิกานต์ มาฆะศิรานนท์, 2549, น. 137-144) เช่น การเปิดโอกาสให้ความคิดอื่น ๆ เข้ามาในการรับรู้ หรือศึกษาความคิดของผู้ที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับประเด็นหรือเรื่องนั้น หรืออาจใช้การสลับปัญหาด้วยการแก้ปัญหา 2 ปัญหาไปพร้อม ๆ กัน ทำให้สามารถนำแนวทางในการแก้ปัญหาหนึ่งมา

ปรับใช้กับอีกปัญหาหนึ่งได้ รวมถึงเทคนิคการออกไปสู่สภาพแวดล้อมอื่น (Exposure) เป็นการเปิดโอกาสให้สิ่งใหม่ได้เข้ามาในความคิดที่กำลังคิดอยู่ และทำให้สามารถหลบหลีกออกจากความซ้ำซากจำเจของสิ่งเดิม เกิดเป็นมุมมองใหม่จากสิ่งอื่น เช่น การออกจากห้องเรียนไปยังสถานที่อื่นภายในโรงเรียน แล้วนำสิ่งที่ได้พบเห็นมาเชื่อมโยงกับสิ่งที่กำลังคิด เป็นต้น

5. การเปลี่ยนแปลงจากภายในด้วยการเจตนาขัดขวางความต่อเนื่องของรูปแบบเดิม (ยุดา รักไทย และธนิกานต์ มาฆะศิรานนท์, 2549, น. 145-156) เทคนิคในข้อนี้แตกต่างจากการเปลี่ยนแปลงจากภายนอก เนื่องจากไม่ได้รอให้เกิดโอกาสเกิดขึ้นเอง แต่เป็นการพยายามสร้างสถานการณ์ เพื่อให้มีการขัดขวางความต่อเนื่องของรูปแบบเดิม เช่น

การอุปมาอุปมัย เช่น การสร้างการเปรียบเทียบสิ่งต่าง ๆ โดยสิ่งที่นำมาเปรียบเทียบกันไม่จำเป็นต้องเหมาะสมกันหรือเทียบกันได้เสมอไป การนำสิ่งที่เมื่อพิจารณาแล้วไม่น่าจะนำมาเปรียบเทียบด้วยกันได้ อาจนำไปสู่การสร้างสรรค์ความคิดใหม่ ๆ ได้

การสุ่มคำเพื่อเชื่อมโยงความคิด (Random Word) เป็นวิธีการสุ่มคำจากสื่อต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ พจนานุกรม ฯลฯ แล้วนำมาใช้เชื่อมโยงกับสิ่งที่กำลังคิดอยู่ โดยคำที่สุ่มมาได้นั้น อาจจะเป็นคำที่ไม่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับสิ่งที่คิดอยู่ แต่ต้องพยายามสร้างความเชื่อมโยงสิ่งที่กำลังคิดอยู่กับคำที่สุ่มมา เพื่อให้เกิดแนวคิดใหม่ได้

3.4 แนวทางในการจัดการเรียนการสอนและบทบาทของผู้สอนที่ส่งเสริมการคิดนอกกรอบ

การสอนการคิดนอกกรอบถือเป็นกลวิธีและศิลปะของผู้สอนที่จะสามารถสร้างแนวคิดใหม่ให้กับผู้เรียนได้ บนฐานความเชื่อที่ว่า เมื่อผู้เรียนสงสัยหรืออยากรู้อยากเห็นแล้ว จะตั้งคำถามและหาคำตอบนั้น โดยคำถามนั้นต้องท้าทายความสามารถของผู้เรียน และบรรยากาศการเรียนรู้ต้องกระตุ้นนักเรียนอย่างต่อเนื่องตามแนวทาง (ไพฑูรย์ สินลารัตน์ และคณะ, 2557, น. 29-30) ดังต่อไปนี้

1. ผู้สอนต้องแนะนำให้ผู้เรียนไม่ยึดติดกับสิ่งเดิม เสมือนเป็นการประกาศความเป็นไทในการคิดสิ่งใหม่ที่มีความท้าทายมากยิ่งขึ้น รวมถึงผู้สอนต้องสอนให้ผู้เรียนคิดอย่างสร้างสรรค์ภายใต้แนวคิดและภูมิปัญญาของไทย

2. ผู้สอนต้องแนะนำให้ผู้เรียนรู้จักวิธีแสวงหาทางเลือกใหม่ รวมถึงต้องยอมรับและรับผิดชอบในผลของการกระทำ พร้อมที่จะปรับปรุง เปลี่ยนแปลง และแก้ไขให้ดีขึ้น รวมถึงต่อยอดสิ่งใหม่ที่นำเสนอออกมานั้นให้ดียิ่ง ๆ ขึ้นไป นอกจากนั้นการสอนที่เน้นการปฏิบัติให้มากขึ้น จะทำให้ผู้เรียนำการเรียนรู้ด้วยตนเองที่เกิดขึ้นไปสู่การสร้างสิ่งใหม่ได้ง่ายขึ้น

3. ผู้สอนต้องแนะนำให้ผู้เรียนรู้จักทบทวน ตรวจสอบ ประเมิน และวิเคราะห์ในสิ่งที่ได้มาอยู่เสมอ ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนในยุคปัจจุบันที่ส่งเสริมกระบวนการคิดอย่างมีขั้นตอน เช่น การเรียนรู้แบบวิธีวิทยาศาสตร์ ต้องทำให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย และพยายามหาคำตอบด้วยการค้นคว้า ทดลอง และสร้างข้อสรุปเป็นองค์ความรู้ที่สามารถตรวจสอบได้

4. เมื่อเกิดความคิดในการกระทำสิ่งใด ต้องลงมือทำไม่รอช้า รวมถึงการทดลองทำต้องทำบนพื้นฐานที่แตกต่าง กล้าที่จะยอมรับผลการทดลอง ความกลัว และความลังเลใจเป็นเหตุผลหลักที่ทำให้มนุษย์ไม่กล้าคิดหรือแสดงออก รวมถึงลงมือปฏิบัติ ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการสร้างสรรค์สิ่งใหม่

5. ลงมือตรวจสอบผลของความคิดที่เกิดขึ้นว่าเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร เช่น เกิดผลเหมือนที่คาดหวังหรือไม่ ผลนั้นท้าทายหรือไม่ นำไปสู่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ให้เกิดการสังเกตการตั้งข้อสงสัย และคำถาม รวมถึงการคิดหาคำตอบให้ไม่เหมือนกับสิ่งที่เคยตอบไป

จากแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดนอกกรอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำให้ผู้เรียนเลิกยึดติดกับความคิดแบบเดิมนั้น ผู้สอนมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผู้เรียน เนื่องจากเป็นผู้ที่เข้าใจผู้เรียนเป็นอย่างดี จึงสามารถชี้แนะ นำพาผู้เรียนให้เรียนรู้วิธีการคิดนอกกรอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ บทบาทที่ผู้สอนจะใช้เพื่อเพิ่มและส่งเสริมความคิดนอกกรอบสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้ (ไพฑูรย์ สินลารัตน์ และคณะ, 2557, น. 32)

1. ผู้สอนต้องมีทักษะกระบวนการคิดที่มีประสิทธิภาพ ด้วยการเป็นแบบแอย่างในกระบวนการคิดหรือสอนที่แสวงหาตัวแบบที่ดีมาเป็นแบบอย่างให้แก่ผู้เรียน

2. ผู้สอนต้องวิเคราะห์กระบวนการคิดของผู้เรียนและเห็นจุดบกพร่องในการคิดของผู้เรียน จึงจะสามารถให้ข้อมูลป้อนกลับที่เหมาะสมแก่ผู้เรียน เพื่อช่วยแก้ไขปรับปรุงการคิดให้ดีขึ้นได้

3. ผู้สอนต้องมีอุดมการณ์ของความเป็นครู และมีจิตใจที่ดีงาม มุ่งมั่นที่จะสอน เพื่อส่งเสริมสภาพแวดล้อมเชิงบวกในการจัดการเรียนการสอน

4. ผู้สอนต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้มีนิสัยรักการอ่าน ร่วมกับการมีวิจารณญาณ หมั่นสังเกต และรักที่จะเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา

5. ผู้สอนต้องรู้วิธีที่ถูกต้องในการแนะให้ผู้เรียนเกิดความคิด คิดอย่างหลากหลายรูปแบบ จนเป็นส่วนหนึ่งของกิจวัตรประจำวัน

6. ผู้สอนต้องสนับสนุนความคิดของผู้เรียน และกระตุ้นความคิดของผู้เรียนอยู่เสมอ

7. ผู้สอนต้องใจกว้าง พร้อมที่จะรับฟังความเห็นที่แตกต่าง ไม่ขัดจังหวะความคิดของผู้เรียนที่ตนเองไม่เห็นด้วย รวมถึงไม่ตัดสินสิ่งต่างออกไปว่าผิด

8. ผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นนักคิด นักพูดที่ดี สร้างพื้นที่ในการแสดงออกซึ่งความรู้ความสามารถ และฝึกให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันอย่างเสรี ในการแสดงความคิดเห็น วิจารณ์ วิเคราะห์ข่าว เหตุการณ์ หรือปัญหาต่าง ๆ ในปัจจุบัน

3.5 การประเมินความคิดนอกกรอบ

ในการวัดและประเมินผลผู้เรียนโดยทั่วไปเป็นการตรวจสอบความก้าวหน้าและพัฒนาการในการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน รวมถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดผู้เรียนจะเป็นเครื่องชี้นำให้ผู้สอนในการจัดการเรียนการสอนต่อไป เพื่อส่งเสริมผู้เรียนให้มีความก้าวหน้าเต็มตามศักยภาพที่สุด ในการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเมินผลการคิดนอกกรอบจึงอยู่ภายใต้หลักการเดียวกัน แต่เนื่องจากการคิดนอกกรอบเป็นการคิดที่ไม่ยึดติดอยู่ในแบบแผนและมุ่งเน้นให้เกิดสิ่งใหม่ ๆ บนทางเลือกที่หลากหลาย การประเมินผลการคิดนอกกรอบจึงต้องใช้รูปแบบการประเมินที่ไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัว เพื่อให้การประเมินมีความหลากหลายและสอดคล้องเหมาะสมกับการคิดชนิดดังกล่าว ผู้เรียนที่มีความสามารถในการคิดนอกกรอบจะมีผลของการคิดหรือพฤติกรรมบ่งชี้ที่สำคัญ อันนำไปสู่การประเมินผลการคิด (ไพฑูรย์ สินลารัตน์ และคณะ, 2557, น. 40) ดังนี้

1. สามารถคิดตรงข้ามหรือคิดในสิ่งใหม่จากกรอบความคิดเดิม
2. สามารถคิดและเชื่อไม่เหมือนบุคคลอื่นอย่างมีเหตุผล
3. สามารถคิดอย่างแตกต่างและไม่เป็นไปตามแบบแผน
4. สามารถคิดเพิ่มเติมหรือแสวงหาทางเลือกใหม่ที่หลากหลายและมีความเป็นไปได้
5. สามารถคิดโดยสร้างหรือปรับเปลี่ยนมุมมองการรับรู้และมโนทัศน์นอกกรอบความคิดเดิม

พฤติกรรมดังกล่าวข้างต้นมีความหลากหลาย ทำให้ผู้สอนต้องเลือกใช้วิธีในการประเมินผลการคิดอย่างหลากหลายด้วยเช่นกัน การเลือกใช้วิธีการประเมินแบบใดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้และการประเมินผลในครั้งนั้น วิธีการประเมินผลการคิดนอกกรอบที่สามารถนำมาใช้ในการวัดผลได้ (ไพฑูรย์ สินลารัตน์ และคณะ, 2557, น. 41) ได้แก่

1. การสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนขณะทำกิจกรรม
2. การซักถาม การพูดคุย การสัมภาษณ์ผู้เรียน
3. การแสดงความคิดเห็นหรืออภิปรายสรุป
4. การตอบคำถาม
5. การตรวจใบงานหรือแบบฝึกหัด
6. การพิจารณาผลสัมฤทธิ์ของงาน
7. การใช้แบบทดสอบ
8. การจดบันทึกการเรียนรู้
9. การใช้แฟ้มสะสมผลงาน

เมื่อผู้สอนเลือกวิธีการประเมินได้ตรงตามเป้าหมายของการเรียนรู้และการวัดผลแล้ว จำเป็นต้องเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน และลักษณะการจัดการเรียนการสอน โดยทั่วไปนิยมใช้เครื่องมือต่าง ๆ (ไพฑูรย์ สินลารัตน์ และคณะ, 2557, น. 40) ดังต่อไปนี้

1. แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรม หรือแบบบันทึกการสัมภาษณ์
2. คำถามที่กระตุ้นให้ผู้เรียนคิด
3. ประเด็นการอภิปราย
4. แบบสรุปผลการอภิปราย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. แบบประเมินตนเองของผู้เรียน
6. แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
7. แบบประเมินผลงานหรือชิ้นงาน
8. แบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบชนิดต่าง ๆ ทั้งแบบปรนัยและอัตนัย รวมถึงผลเฉลย
9. แบบบันทึกการเรียนรู้
10. ตัวอย่างผลงานที่สะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดของผู้เรียน

ลักษณะของการคิดนอกกรอบเป็นการคิดอย่างอิสระ ดังนั้นการวัดและการประเมินผลกระบวนการคิดนอกกรอบจะสำเร็จได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนการสอนหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับผู้สอนต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการคิดนอกกรอบอย่างถูกต้องและชัดเจนเพื่อเลือกใช้รูปแบบและวิธีการที่เหมาะสมสอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของการคิดดังกล่าว

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดนอกกรอบแสดงให้เห็นว่า แนวคิดดังกล่าวสามารถสร้างให้บุคคลคิดแตกต่างไปจากเดิม เพื่อสร้างมุมมองใหม่ ๆ ไม่จำกัดความคิดความรู้ หรือความคิดเห็น นอกจากนั้นการคิดลักษณะนี้ยังสามารถเรียนรู้และฝึกฝนให้เกิดความชำนาญได้ ทั้งยังนำไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นผู้ปฏิบัติต้องมีความเข้าใจในความสำคัญและความจำเป็นของการคิดนอกกรอบ และสร้างเจตคติที่ดีเกี่ยวกับการคิดนอกกรอบให้คุ้นเคยกับหลักการของการคิดนอกกรอบ ก่อนที่จะเลือกใช้เทคนิคต่าง ๆ เพื่อทำให้เกิดความคิดใหม่และคุ้นเคยกับความคิดนอกกรอบ จนถือปฏิบัติเป็นทักษะที่ชำนาญ หรือสามารถใช้ได้อย่างเป็นธรรมชาติในสถานการณ์ที่ต้องการความคิดที่แปลกใหม่ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นการคิดนอกกรอบนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถตามธรรมชาติ ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการที่เกี่ยวข้องเพื่อเอาชนะแนวคิดเดิมโดยที่การฝึกทักษะนั้นจะได้ผลดีเมื่อมีลักษณะค่อยเป็นค่อยไป

ผู้วิจัยสรุปสาระสำคัญของแนวคิดการการคิดนอกกรอบได้ดังต่อไปนี้

1. การคิดนอกกรอบเป็นการคิดที่นำเอาข้อมูลที่มีอยู่แล้วมาใช้สร้างแนวทางหรือวิธีการอย่างแตกต่างไม่เป็นไปตามแบบแผน เพื่อให้เกิดเป็นแนวทางใหม่ที่แตกต่างออกไปจากเดิม

2. การคิดนอกกรอบเป็นการเปิดโอกาสให้สิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่คิดเข้ามาเป็นหนึ่งในปัจจัยพิจารณา แม้จะเป็นแนวทางที่เป็นไปได้น้อย เพื่อสร้างมุมมองใหม่ให้สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้ในภายหลัง

3. การคิดนอกกรอบเป็นการปรับโครงสร้างเดิมของรูปแบบและพยายามสร้างรูปแบบหรือแนวทางใหม่ ซึ่งจะส่งเสริมลักษณะของการคิดในกรอบ ซึ่งเป็นการพิสูจน์หรือพัฒนารูปแบบหรือแนวทาง การคิดนอกกรอบจึงนำไปสู่การสร้างสรรค์และพัฒนาผลงานใหม่ ๆ อยู่ตลอดเวลา

4. การคิดนอกกรอบ ประกอบแนวทางสำคัญ คือ

4.1 *การหลีกเลี่ยงความคิดเดิม* เพื่อค้นหาวิธีการเพื่อพยายามให้เกิดแนวทางอื่นที่หลากหลาย มิใช่เพียงการพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ที่คุ้นเคยเท่านั้น

4.2 *การกระตุ้นเพื่อให้เกิดความคิดใหม่* เป็นการสร้างแนวทางจำนวนมาก แล้วจึงนำพิจารณาแนวทางเหล่านั้นอย่างละเอียดในภายหลัง

5. ปัจจัยที่ส่งเสริมการคิดนอกกรอบ ประกอบด้วยแนวทางปฏิบัติ ดังนี้

5.1 การสร้างความเข้าใจในหัวใจของเรื่องหรือประเด็นสำคัญในเรื่องนั้น (Recognition of dominant polarizing ideas) ให้ชัดเจนและง่าย ไม่สลับซับซ้อน

5.2 การพิจารณาวิธีการหรือแนวทางต้องไม่มองเรื่องใด ๆ เพียงทางเดียว (The Search for different ways of looking at things)

5.3 การลดความเข้มงวดหรือไม่ยืดหยุ่นจากการคิดในกรอบ (A relaxation of the rigid control of vertical thinking)

5.4 การใช้โอกาสให้เหมาะสม (The use of chance) คือ การสร้างความอิสระนอกกฎเกณฑ์ เป็นการสร้างมุมมองที่แปลกออกไปจากเดิม

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีนั้น พบว่ายังไม่มีรายงานวิจัยในหัวข้อดังกล่าวโดยตรง แต่มีงานวิจัยที่กล่าวถึงความสามารถในการสร้างนวัตกรรมโดยทั่วไปหรือนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงบทความวิจัยนำเสนอความสามารถในการสร้างนวัตกรรมและประเด็นที่เกี่ยวข้อง ในขณะที่งานวิจัยที่เกี่ยวข้องแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และแนวคิดการจัดการความรู้มีการนำมาพัฒนาเป็นส่วนหนึ่งในรูปแบบหรือกระบวนการเรียนการสอนในระดับชั้นต่าง ๆ อยู่จำนวนหนึ่ง ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1 งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างความสามารถในการพัฒนานวัตกรรม

เนาวนิตย์ สงคราม (2552) พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนบนเว็บแบบผสมผสานด้วยการเรียนรู้เป็นทีมและกระบวนการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เพื่อสร้างนวัตกรรมของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต รูปแบบการเรียนการสอนในครั้งนี้ ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ ได้แก่ ความรู้ความสามารถ ประสบการณ์การเรียนรู้ ความคิดสร้างสรรค์ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ทีม แรงจูงใจ และภาวะผู้นำ โดยมีขั้นตอนประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การเตรียมความพร้อมให้กับผู้เรียน (2) การแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ ความคิดเห็น (3) การทดลองใช้นวัตกรรม (4) การนำเสนอนวัตกรรมผลวิจัยปรากฏว่า กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 1 กลุ่ม ระดับดี จำนวน 3 กลุ่ม ในขณะที่กลุ่มที่มีคะแนนนวัตกรรมมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย

ความคิดริเริ่ม ความคิดยืดหยุ่น และความคิดคล่องแคล่วสูงกว่ากลุ่มผู้เรียนที่มีคะแนนนวัตกรรมน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าความคิดสร้างสรรค์มีผลต่อการสร้างนวัตกรรมอย่างมีนัยสำคัญ

เนาวนิตย์ สงคราม (2553) พัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานและการเรียนรู้ร่วมกันเพื่อการสร้างความรู้ที่เป็นนวัตกรรมสำหรับนิสิตนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิตในสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ รูปแบบการเรียนการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยองค์ประกอบคล้ายกับงานวิจัยพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนบนเว็บแบบผสมผสานด้วยการเรียนรู้เป็นทีมและกระบวนการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ (เนาวนิตย์ สงคราม, 2552) แต่เพิ่มองค์ประกอบของโครงงาน โดยมีขั้นตอนประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การเตรียมความพร้อมสำหรับการสร้างนวัตกรรม (2) การกำหนดหัวข้อที่สนใจ (3) การแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ และความคิดเห็น (4) การวางแผนสร้างนวัตกรรม (5) การดำเนินการสร้างนวัตกรรม (6) การทดลองใช้ผลงานนวัตกรรม (7) การนำเสนอผลงานนวัตกรรม (8) การประเมินผล ผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีผลคะแนนผลงานนวัตกรรมอยู่ในเกณฑ์พอใช้ถึงดีเยี่ยม

วรากร หงษ์โต (2553) พัฒนารูปแบบชุมชนการเรียนรู้ออนไลน์โดยใช้กระบวนการสร้างความรู้เพื่อการสร้างนวัตกรรมการเรียนการสอนของครูผู้สอนวิชาคอมพิวเตอร์ โดยมีขั้นตอนการเรียนรู้ของรูปแบบ 8 ขั้น คือ (1) ขั้นวางแผนและกำหนดทิศทางการเรียนรู้ (2) ขั้นนำเข้าสู่ประเด็นการเข้าร่วมชุมชนการเรียนรู้ออนไลน์ (3) ขั้นค้นปัญหาหรือกำหนดภารกิจของงาน (4) ขั้นการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลและนำผลจากข้อมูลที่ค้นพบไปใช้ (5) ขั้นวางแผนดำเนินงานการสร้างนวัตกรรมการเรียนการสอน (6) ขั้นดำเนินงานการสร้างนวัตกรรมการเรียนการสอน (7) ขั้นนำเสนอผลงานนวัตกรรมการเรียนการสอน (8) ขั้นประเมินผล ผลวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีระดับคุณภาพของการพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอนในระดับสูง

สมนึก เอื้อจิระพงษ์พันธ์ และคณะ (2553) ศึกษาระดับความสามารถและความสัมพันธ์ของความสามารถในการจัดการความรู้กับความสามารถทางนวัตกรรม และพัฒนารูปแบบการพัฒนาความสามารถในการจัดการความรู้ของผู้ประกอบการที่มีนวัตกรรมในประเทศไทย ผลวิจัยพบว่า ตัวบ่งชี้ความสามารถในการจัดการความรู้ และความสามารถทางนวัตกรรมของผู้ประกอบการที่มีนวัตกรรมในประเทศไทยอยู่ในระดับปานกลาง ผู้ประกอบการที่มีระดับการเปลี่ยนแปลงของนวัตกรรมที่แตกต่างกัน มีระดับความสามารถทั้ง 2 ด้านแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากนี้ ยังพบว่า องค์ประกอบของความสามารถในการจัดการความรู้ ได้แก่ เทคโนโลยี โครงสร้างวัฒนธรรม ความเชี่ยวชาญ การเรียนรู้ และสารสนเทศ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถทางนวัตกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน พบว่า ความเชี่ยวชาญ การเรียนรู้ และสารสนเทศที่มีอิทธิพลเชิงสาเหตุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 องค์ประกอบความสามารถในการจัดการความรู้ทั้ง 6 ด้าน จะต้องมีการ

เชื่อมโยง และบูรณาการผ่านกระบวนการจัดการความรู้ทั้ง 4 กระบวนการ คือ การแสวงหาความรู้ การสร้างความรู้ การเก็บความรู้ และการใช้ความรู้ จึงจะนำไปสู่การสร้างความสามารถทางนวัตกรรม

นิวัฒน์ บุญสม (2556) วิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมนวัตกรรมด้านสุขภาพของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ หรือ “4CO-PAC Model” มีองค์ประกอบสำคัญ 3 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบเชิงหลักการและวัตถุประสงค์ องค์ประกอบเชิงกระบวนการการเรียนการสอน และองค์ประกอบเชิงเงื่อนไขการนำรูปแบบไปใช้ กระบวนการเรียนการสอนมี 4 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การร่วมกันค้นหาปัญหา (Collaborative Problem Finding) ขั้นที่ 2 การร่วมกัน ค้นหาแนวคิด (Collaborative Idea Finding) ขั้นที่ 3 การร่วมกันสร้างนวัตกรรม (Collaborative Innovation Building) ขั้นที่ 4 การร่วมกันสร้างการยอมรับ (Collaborative Acceptance Building) โดยทุกขั้นตอนหลักจะมีขั้นตอนย่อย 3 ขั้น หรือ “PAC” ได้แก่ ขั้นเตรียมการ (Preparation: P) ขั้นปฏิบัติ (Action: A) และขั้นสรุป (Conclusion: C) ผลวิจัยพบว่ารูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และนวัตกรรมด้านสุขภาพของนักเรียน ในช่วงระหว่างการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการ สอนมีพัฒนาการขึ้นและโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี และมีพฤติกรรมสุขภาพ โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี หลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน นักเรียนกลุ่มขยายผลมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี และมีนวัตกรรมด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีเยี่ยม

ปานเพชร ร่มไทร (2558) พัฒนารูปแบบการสอนตามกระบวนการจัดการความรู้เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมการเรียนการสอนแบบบูรณาการ อันประกอบด้วยความรู้ความเข้าใจในการออกแบบนวัตกรรมการเรียนการสอนแบบบูรณาการ และคุณภาพนวัตกรรมที่สร้างขึ้นโดยนิสิตครู รูปแบบที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การกำหนดความรู้ที่จำเป็น (2) การแลกเปลี่ยนความรู้ (3) การแสวงหาความรู้ (4) การสร้างองค์ความรู้ (5) การประเมินผล ผลวิจัยพบว่านิสิตครูที่เรียนด้วยรูปแบบที่พัฒนาขึ้น มีคะแนนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบนวัตกรรมการเรียนการสอนแบบบูรณาการอยู่ในระดับสูง

Jorgensen และ Kofoed (2007) ศึกษานำร่องเกี่ยวกับรูปแบบการสอนที่เน้นการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ (Experiential Learning) เพื่อสนับสนุนการพัฒนาความสามารถในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) และความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรม ในนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ในโปรแกรม Global Business Development (GBD) มหาวิทยาลัยออลบอร์ก (Aalborg University) จำนวน 91 คน คละชั้นปี ผลการศึกษาพบว่า วิธีการเรียนการสอนที่นำมาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรม ได้แก่ การจัดการเรียน

การสอนที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน และ การจัดการเรียนการสอนที่ใช้โครงการเป็นฐาน (A Problem-Based Project-oriented Model) พัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรมให้กับนักศึกษาในระดับดี

Babalis และคณะ (2012) ศึกษาความแตกต่างของทัศนคติและความคิดเชิงสร้างสรรค์นวัตกรรมในนักศึกษาระดับปริญญาตรีทั้งชายและหญิง ผลการศึกษาพบว่าทั้งเพศชายและหญิงต่างมีความคิดเชิงสร้างสรรค์นวัตกรรมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ทัศนคติระหว่างนักศึกษาเพศชายและหญิงกลับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ นักศึกษาหญิงแสดงทัศนคติเป็นอนุรักษ์นิยมมากกว่าเพศชาย และต้องการที่จะทำงานวิจัยแบบกลุ่มมากกว่าแบบเดี่ยว ซึ่งสวนทางกับนักศึกษาชาย ซึ่งผลในส่วนนี้ส่วนหนึ่งอาจเกิดจากสังคม และสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อความคิดและทัศนคติ

Li และ Wang (2012) ศึกษาวิจัยการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา สาขาวิชาสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้วิธีการและปรับปรุงแนวคิดการสอน โดยวิเคราะห์ปัญหาเร่งด่วนที่มีในการจัดการศึกษา โดยเฉพาะประสบการณ์การเรียนรู้ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อหลักสูตร วิธีการต่าง ๆ รวมถึงแนวคิดการสอน และการฝึกปฏิบัติงานวิชาชีพได้รับการปรับปรุงให้ทันสมัย นำไปสู่กระบวนการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการสร้างนวัตกรรม ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมของนักศึกษาในหลักสูตรพัฒนาขึ้น และควรพัฒนาส่งเสริมให้ขยายผลการปฏิบัติในวงกว้าง

Zhiyu (2012) ศึกษาถึงความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักศึกษาระดับวิทยาลัยในการเรียนการสอนวิชา Electrotechnics ด้วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยพบว่ากุญแจสำคัญในการพัฒนาความสามารถดังกล่าว คือ การกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ความคิดริเริ่มในการเรียนรู้ของตนเอง การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นแนวคิดการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและการเรียนรู้ด้วยตนเอง ในงานวิจัยนี้จึงได้ใช้แนวคิดการสอนดังกล่าว โดยวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในการเรียนการสอนเดิม และใช้แนวคิดดังกล่าว พร้อมกับเสนอข้อกำหนดเฉพาะบางประการที่เป็นประโยชน์ต่อการสร้างนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผลการศึกษาพบว่า ในการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการดังกล่าวให้ผลที่ดี แต่ยังพบปัญหาที่สำคัญในการจัดการเรียนการสอนและผู้วิจัยได้นำเสนอแนวทางแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับอุปสรรคที่เกิดขึ้น

Gundry และคณะ (2014) ศึกษาว่าทักษะความคิดสร้างสรรค์ในด้านการศึกษาวิชาการเป็นผู้ประกอบการมีอิทธิพลนวัตกรรมในธุรกิจอย่างไร โดยนำนักศึกษาในหลักสูตรการเป็นผู้ประกอบการ (นอกเวลา) จำนวน 137 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างวิจัย และทดลองในวิชาการเป็นผู้ประกอบการในหัวข้อที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการใช้เครื่องมือและวิธีการในการสร้างสรรค์ในบริบทของทีมในห้องเรียน ผลการศึกษาพบว่า ทักษะการคิดสร้างสรรค์ที่นักเรียนได้รับมีอิทธิพลต่อการรับรู้ความคิดสร้างสรรค์ของตนเอง ทำให้สามารถถ่ายทอดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ไปสู่

กลุ่ม ซึ่งส่งผลดีต่อการรับรู้ถึงการสนับสนุนทีมงานด้านนวัตกรรมและผลลัพธ์ที่เป็นนวัตกรรมใหม่ของทีมและบริษัท แนวทางการสอนมีบทบาทสำคัญในการคิดและพฤติกรรมของนักเรียนในด้านต่าง ๆ และสามารถกระตุ้นพร้อมทั้งเสริมสร้างความสามารถของนักเรียนในการเข้าร่วมทีมงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดจนความสามารถในการสร้างคุณค่าใหม่ให้แก่องค์กรของตน

งานวิจัยส่วนใหญ่ใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่กระตุ้นปัจจัยภายในตัวผู้เรียน เช่น ความคิดสร้างสรรค์ ความคิดริเริ่ม การแก้ปัญหา เป็นต้น ร่วมกับความรู้ในสาขาวิชาที่ต้องการเพื่อพัฒนานวัตกรรมนั้น ๆ เพื่อให้ผู้เรียนแสดงความสามารถในการสร้างนวัตกรรมในสาขาวิชาของตนเองหรือรายวิชาที่เรียนออกมาอย่างเด่นชัดมากขึ้น ดังนั้นการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี จึงควรให้ความสำคัญกับความคิดสร้างสรรค์ และการจัดการความรู้ในศาสตร์วิชาเคมีเป็นสำคัญ

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์

อดิสร บาลโสง (2557) พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมเชิงพุทธิปัญญาและแนวคิดการวางแผนยุทธศาสตร์ชีวิต เพื่อเสริมสร้างการกำกับตนเองและผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนสุขศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ด้วยการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Designs) ศึกษากลุ่มเดียววัดหลายครั้งแบบอนุกรมเวลา (Single Group Interrupted Time-series Design) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 23 คน ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการกำกับตนเองของกลุ่มตัวอย่างมีพัฒนาการสูงขึ้นหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภัทรี สุรโรจน์ประจักษ์ (2558) พัฒนากระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐานผสมผสานแนวคิดกระบวนการวางแผนกลยุทธ์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา มีนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2558 ของโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมาเป็นกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย ผลการวิจัยพบว่ากระบวนการแก้ปัญหาที่บูรณาการขึ้นเป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริงเพื่อแก้ปัญหาในบริบทที่ผู้เรียนอาศัยอยู่บนประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงบนโลกและมีความเกี่ยวข้องกับผู้เรียน ภายใต้การทำงานเป็นทีมร่วมกับเพื่อน ครู และ ผู้เชี่ยวชาญต่าง ๆ และการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีทุก ๆ ขั้นตอน ทำให้ผู้เรียนต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ร่วมไปกับการคิดอย่างเป็นระบบ มีการวาดภาพอนาคตในสิ่งที่ต้องการให้เกิดและตั้งเป้าหมายที่ชัดเจน รวมถึงต้องประเมินข้อมูลอย่างรอบด้านเพื่อใช้ในการตัดสินใจต่าง ๆ จนนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ ประสิทธิผลของกระบวนการ พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของผู้เรียนระหว่างการทดลองสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกระยะ โดยคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองในระยะสุดท้ายสูงกว่าร้อยละ 80 ตามเกณฑ์ที่กำหนด

Dibrell และคณะ (2014) ศึกษาวิจัยความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการวางแผนกลยุทธ์อย่างเป็นทางการ (Formal Strategic Planning) และความยืดหยุ่นในการวางแผน (Planning Flexibility) มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยนี้มีความเกี่ยวเนื่องกับการเกิดนวัตกรรมขององค์กรธุรกิจหรือสถานประกอบการ

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดนอกกรอบ

ประยุทธ สุวรรณศรี (2540) ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสอนเน้นการคิดนอกกรอบที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาช่างอุตสาหกรรมระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผลการศึกษาพบว่า คะแนนการคิดนอกกรอบ คะแนนการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดจากโครงงานของกลุ่มทดลองหลังการทดลองสูงกว่าคะแนนของกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปิยาพร ขาวสะอาด (2548) ศึกษาผลของการเรียนรู้เทคโนโลยีสารสนเทศโดยการโต้แย้งด้วยเหตุผลที่ใช้เทคนิคการคิดนอกกรอบแบบการเปลี่ยนแปลงจากภายใน และแบบการเปลี่ยนแปลงจากภายนอกที่มีต่อการคิดวิเคราะห์ และการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีแบบการคิดต่างกัน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนที่เรียนรู้เทคโนโลยีสารสนเทศโดยการโต้แย้งด้วยเหตุผลที่ใช้เทคนิคการคิดนอกกรอบที่ต่างกันมีคะแนนการคิดวิเคราะห์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่นักเรียนที่เรียนรู้เทคโนโลยีสารสนเทศโดยการโต้แย้งด้วยเหตุผล ที่ใช้เทคนิคการคิดนอกกรอบแบบการเปลี่ยนแปลงจากภายนอก มีการคิดสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนที่ใช้เทคนิคการคิดนอกกรอบแบบการเปลี่ยนแปลงจากภายในอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง ประเภทของเทคนิคการคิดนอกกรอบที่ใช้ในการเรียนรู้เทคโนโลยีสารสนเทศโดยการโต้แย้งด้วยเหตุผลกับแบบการคิดที่ส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์ และการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน และเทคนิคการคิดนอกกรอบยังส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คณารักษ์ โชติจันทึก (2548) ศึกษาผลของการสอนคิดนอกกรอบในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยสรุปได้ว่า หลังการทดลอง กลุ่มทดลองที่สอนด้วยการคิดนอกกรอบมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนทดลองและสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนด และสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เช่นกัน

ณัฏฐพงศ์ กาญจนฉายา (2555) พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสานตามหลักการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยใช้เทคนิคการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ สำหรับการผลิตสื่อการเรียนการสอนของนิสิตนักศึกษาครุศาสตร์

ศึกษาศาสตร์ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้นทำให้กลุ่มทดลองมีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังการทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มการเรียนแบบไม่เปิดเผยตัว (Anonymous online learning) และกลุ่มการเรียนแบบเปิดเผยตัว (Non-anonymous online learning) ต่อระดับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

Arsad และคณะ (2012, pp. 14-20) รายงานผลการศึกษาการวิจัยเชิงทดลองของนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ ชั้นปีที่ 2 ในรายวิชาปฏิบัติการทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หัวเรื่องเกี่ยวกับกล่องดำที่บรรจุแผงวงจรทางไฟฟ้าที่ซับซ้อน เพื่อพัฒนาการคิดนอกกรอบด้วยเทคนิคการใช้คำถามปลายเปิด ผลการศึกษาพบว่านักศึกษาร้อยละ 96.5 ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำของรายวิชา และสามารถแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี พร้อมกับแสดงความคิดนอกกรอบผ่านการประเมินในรายวิชานี้ นอกจากนั้นความคิดนอกกรอบที่เกิดขึ้นยังช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนให้เพิ่มสูงขึ้นด้วย

Raja (2017) ศึกษาผลของพัฒนากลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นอาจารย์ใหญ่ของโรงเรียนของรัฐในเมือง Trichinopoly ของประเทศอินเดียให้มีความคิดนอกกรอบ เพื่อศึกษาทักษะการบริหารจัดการ ผลการวิจัยพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความคิดนอกกรอบและทักษะการบริหารจัดการของกลุ่มเป้าหมายมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงถึง 0.837 ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 แสดงให้เห็นว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันโดยตรงอย่างมาก ผลวิจัยยังนำเสนออีกว่า รัฐบาลควรกำหนดนโยบายการฝึกอบรมทักษะการบริหารจัดการควบคู่ไปกับการพัฒนาความคิดนอกกรอบเช่นเดียวกับองค์กรอื่น ๆ ในภาครัฐและเอกชน เนื่องด้วยเป็นทักษะและการคิดที่ส่งเสริมคุณภาพการทำงาน และพัฒนาความคิดสร้างสรรค์อันนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมหรือความคิดใหม่

Eissa (2019) ศึกษาผลของการใช้ความคิดนอกกรอบและความคิดในกรอบที่มีผลต่อการสร้างมโนทัศน์ในกระบวนการออกแบบทางสถาปัตยกรรมศาสตร์ในนักศึกษา 120 คน ให้นักศึกษาสะท้อนผลงานของตนเองผ่านการออกแบบชิ้นงานทางสถาปัตยกรรม หลังจากจัดการเรียนการสอนที่มีการสอดแทรกการใช้ความคิดในกรอบและความคิดนอกกรอบแล้ว พบว่า ส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในนักศึกษา และสร้างโครงการออกแบบที่มีแนวคิดที่ไม่ซ้ำกัน อย่างไรก็ดีผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้ความคิดในกรอบและความคิดนอกกรอบจะช่วยส่งผลให้นักศึกษามีกระบวนการคิดที่สมบูรณ์มากขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี แนวคิดการวางแผนกลยุทธ์ และการคิดนอกกรอบ สรุปความสอดคล้องกับการวิจัยครั้งนี้ได้ตามประเด็นดังต่อไปนี้

1. ผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีนั้น พบว่ายังไม่มีรายงานวิจัยในหัวข้อดังกล่าวโดยตรง แต่มีงานวิจัยที่กล่าวถึงความสามารถในการสร้างนวัตกรรมโดยทั่วไปหรือนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงบทความวิจัยนำเสนอความสามารถในการสร้างนวัตกรรมและปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการพัฒนานวัตกรรม เช่น ความคิดสร้างสรรค์ ความรู้

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์ที่นำมาสู่การจัดการเรียนการสอนส่วนยังไม่เป็นที่แพร่หลาย และงานวิจัยที่นำแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนมีเพียงระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาเพียง 1-2 งานวิจัยเท่านั้น

3. ยังไม่พบรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดนอกกรอบและความสามารถในการสร้างนวัตกรรม ส่วนใหญ่เป็นการรายงานผลวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดนอกกรอบและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ซึ่งเป็นตัวแปรส่งผ่านนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมได้เช่นเดียว

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้นและแนวโน้มงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อวางแผนวิจัย กำหนดแนวทางในการพัฒนากระบวนการเรียนการสอน และกำหนดแนวทางการประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ทั้งนี้เพื่อให้สามารถดำเนินงานวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ระยะ มีลำดับดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพปัญหาและกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย (R1) ประกอบด้วย

1.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสภาพปัญหาของการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของผู้เรียนระดับปริญญาบัณฑิต

1.2 การศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย

ระยะที่ 2 การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ (D1) ประกอบด้วย

2.1 การสร้างกระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ

2.2 การจัดทำร่างเอกสารประกอบกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

ระยะที่ 3 การศึกษาผลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น (R2) ประกอบด้วย

3.1 การเตรียมการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอน

3.2 การสร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3 การขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

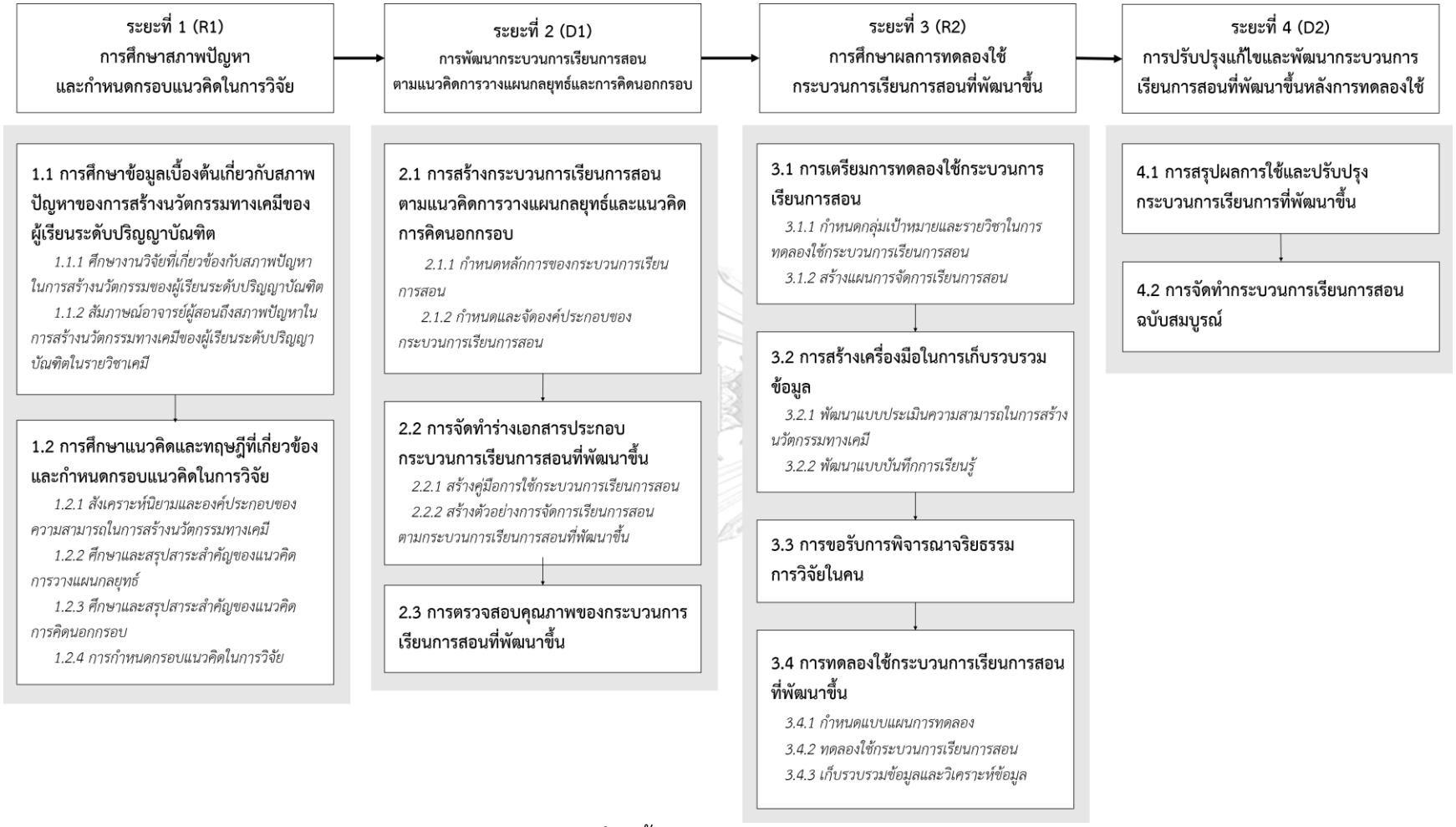
3.4 การทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

ระยะที่ 4 การปรับปรุงแก้ไขและพัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นหลังการทดลองใช้ (D2) ประกอบด้วย

4.1 การสรุปผลการใช้และปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

4.2 การจัดทำกระบวนการเรียนการสอนฉบับสมบูรณ์

การดำเนินการวิจัยทั้ง 4 ระยะ มีแผนการทำงานแสดงดังภาพในหน้าถัดไป



ภาพที่ 2 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

รายละเอียดการดำเนินการในแต่ละระยะและขั้นตอนย่อย มีดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพปัญหาและกำหนดกรอบแนวคิดในงานวิจัย

การดำเนินการในระยะนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาและความต้องการจำเป็นในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี เพื่อกำหนดปัญหาในการวิจัย และศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีเพื่อกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยแบ่งการศึกษาในระยะนี้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสภาพปัญหาของการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของผู้เรียนระดับปริญญาบัณฑิต อีกส่วนคือ การศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และกำหนดกรอบแนวคิดในงานวิจัย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสภาพปัญหาของการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของผู้เรียนระดับปริญญาบัณฑิต

1.1.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพปัญหาในการสร้างนวัตกรรมของผู้เรียนระดับปริญญาบัณฑิต

ผู้วิจัยศึกษาความต้องการจำเป็นในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมและสภาพปัญหาในการสร้างนวัตกรรมของผู้เรียนในระดับต่าง ๆ โดยเฉพาะระดับปริญญาบัณฑิตจากงานวิจัยในหัวข้อที่เกี่ยวข้องความจำเป็นในการสร้างนวัตกรรม สภาพการจัดการเรียนการสอนเพื่อสร้างนวัตกรรมทั้งในและต่างประเทศ รวมถึงรูปแบบหรือกระบวนการเรียนการสอนส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีย้อนหลังไม่เกิน 5 ปี รวมถึงเอกสารนโยบายระดับชาติที่เป็นฉบับบังคับใช้ปัจจุบัน เช่น แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 พระราชบัญญัติว่าด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ พ.ศ. 2551

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการศึกษาสรุปได้ว่า สภาพสังคมในโลกยุคศตวรรษที่ 21 เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องมาจากการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (เธียรดนัย เสริมบุญไพศาล และคณะ, 2561) นำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมในแวดวงต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย การพัฒนาประเทศในปัจจุบันจึงมุ่งเน้นการพัฒนานวัตกรรม เพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ที่มีมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ อันจะส่งผลต่อคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ของประชาชนในวงกว้าง (San-Valero et al., 2019; Yeşil & Doğan, 2019; สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559) การพัฒนานวัตกรรมต้องทำหลายปัจจัยควบคู่กัน หนึ่งในนั้นคือการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนในระดับปริญญาบัณฑิต ให้เกิดการส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ (Brunhaver et al., 2017) แต่ทว่าในการจัดการเรียนการสอนยังพบปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถสร้างนวัตกรรมได้สำเร็จ แบ่งออกเป็นด้านต่าง ๆ ได้ 4 ด้าน คือ ด้านหลักสูตร ด้านสื่อและการสนับสนุนการเรียนรู้ ด้านผู้สอน และด้าน

ผู้เรียน (Nordin & Malik, 2015; ปานเพชร ร่มไทร, 2558; ไพฑูรย์ สินลารัตน์ และคณะ, 2560) ในขณะเดียวกับการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างนวัตกรรมนั้น ต้องอาศัยองค์ประกอบร่วมหลายประการ เช่น ความคิดสร้างสรรค์ ความรู้ในการสร้างนวัตกรรม การจัดการความรู้ แรงจูงใจ ภาวะผู้นำ และการจัดสภาพแวดล้อม ซึ่งปัจจัยส่วนใหญ่สามารถส่งเสริมให้เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอน พร้อมทั้งการสอนให้ครบองค์ประกอบ 4 ประการที่สำคัญ คือ ความรู้พื้นฐาน การคิดแบบต่าง ๆ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้แบบต่าง ๆ และการลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างนวัตกรรม (Xu & Chen, 2010; วราลี ฉิมทองดี และวรรณี แกมเกตุ, 2558) แม้ว่าในปัจจุบันจะมีรูปแบบหรือกระบวนการเรียนการสอนที่สามารถนำมาใช้ส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีได้ เช่น กระบวนการแนวคิดสะเต็มศึกษา แต่ผู้วิจัยพบว่ากระบวนการดังกล่าวยังไม่มีบทบาทของผู้เรียนและผู้สอนอย่างชัดเจน รวมถึงผู้สอนในระดับอุดมศึกษาส่วนใหญ่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง ไม่สามารถให้คำแนะนำในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีได้อย่างเพียงพอ ทำให้การนำแนวคิดดังกล่าวไปใช้ยังปรากฏภาพการดำเนินการที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ในผลผลิตจากการจัดการเรียนการสอนยังไม่มีเอกภาพ (Chen, 2019) ดังนั้นผู้วิจัยจึงตระหนักถึงความจำเป็นการในพัฒนากระบวนการเรียนการสอนมีที่ลักษณะเฉพาะสำหรับนักศึกษาเคมีในหลักสูตรระดับปริญญาบัณฑิต ซึ่งจะเป็นการทำให้ผู้เรียนสร้างนวัตกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นบทบาทที่สำคัญของนักวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อไป

1.1.2 สัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอนถึงสภาพปัญหาในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของผู้เรียนระดับปริญญาบัณฑิตในรายวิชาเคมี

นอกจากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับปัญหาของการสร้างนวัตกรรมแล้ว ผู้วิจัยต้องการข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสภาพปัญหาและลักษณะของการสร้างนวัตกรรมของผู้เรียนระดับปริญญาบัณฑิตในรายวิชาเคมี จึงใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอนรายวิชาเคมีในระดับปริญญาตรีที่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างนวัตกรรมทางเคมี เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

<u>*กลุ่มผู้ให้ข้อมูล*</u> ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 6 คน เลือกแบบเจาะจง (purposive selection) ประกอบด้วยอาจารย์ผู้สอนในสาขาวิชาเคมี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ระดับอุดมศึกษาในมหาวิทยาลัยของรัฐ ที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชาโครงงานทางเคมี หรือวิชาที่มีการมอบหมายให้นักศึกษาสร้างนวัตกรรม มามากกว่า 3 ปี

<u>*เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล*</u> ได้แก่ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ได้แก่ ปัจจัย ปัญหาและอุปสรรคที่พบในการพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนรายวิชาเคมี ลักษณะการจัดการเรียนการสอนและกระบวนการสร้างนวัตกรรมที่ใช้ในปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนการสอนเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี ทั้งนี้ประเด็นในการจัดทำโครงสร้างการสัมภาษณ์มีการนำเสนอ

ต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และปรับปรุงแก้ไข เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและครอบคลุมเหมาะสมของประเด็นการสัมภาษณ์

ผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิหลังจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์เนื้อหา และนำผลการศึกษามากำหนดประเด็นปัญหาการวิจัย ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์แสดงให้เห็นว่า

1. หัวข้อโครงงานวิจัยหรือปัญหางานวิจัยที่นักศึกษากำหนดไม่สามารถพัฒนาผลงานให้เป็นนวัตกรรม เนื่องจากผู้เรียนเลือกปัญหาไม่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้นวัตกรรม หรือทำนวัตกรรมให้ตอบโจทย์ หัวข้องานวิจัยซ้ำเดิมและลอกเลียนแบบผลงานวิจัยอื่น ๆ ที่มีผู้ศึกษาและนำเสนอมาแล้ว

2. ผู้เรียนไม่สามารถคิดหรือวางแผนการทำงานได้อย่างเป็นระบบ ทำให้กระบวนการสร้างนวัตกรรมประสบปัญหาในทุกขั้นตอน

3. ผู้เรียนไม่สามารถแสวงหาความรู้ที่จำเป็นสำหรับการสร้างนวัตกรรมได้ ทั้งความรู้ในสาขาวิชา และความรู้เบื้องต้นในการพัฒนานวัตกรรม

4. ผู้เรียนขาดแรงจูงใจในการทำนวัตกรรม

5. การจัดการเรียนการสอนในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมยังไม่มีการใช้กระบวนการจัดการเรียนใด ๆ ที่ชัดเจน

จากการศึกษาข้างต้นพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ขาดการแสวงหาความรู้ กระบวนการคิดและวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ รวมถึงไม่ทราบจุดมุ่งหมายที่ชัดของการพัฒนางานวิจัยไปสู่การเป็นนวัตกรรม ทำให้ไม่สามารถพัฒนางานวิจัยหรือดำเนินงานวิจัยให้บรรลุเป้าประสงค์ของการพัฒนานวัตกรรมได้ นอกจากนั้นผู้เรียนยังขาดความคิดสร้างสรรค์ จึงไม่สามารถสร้างความคิดใหม่ ๆ ให้แตกต่างจากสิ่งเดิมที่มีอยู่ในปัจจุบันได้

กล่าวโดยสรุป การพัฒนาในศตวรรษที่ 21 ต้องการนวัตกรรม เพื่อเสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นวัตกรรมทางเคมี ซึ่งจะมีส่วนช่วยในการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมถึงองค์ความรู้ต่าง ๆ ความคิดสร้างสรรค์ เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันจึงต้องการส่งเสริมให้บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาบัณฑิตสามารถสร้างและพัฒนานวัตกรรมในสาขาวิชาชีพของตนเองเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่จากการศึกษายังไม่พบการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนเฉพาะที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีอย่างชัดเจน และยังพบว่ากลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ความเข้าใจในการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของตนเอง โดยเฉพาะการกำหนดหัวข้อการทำงาน หรือปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรม การวางแผนการทำงาน ปัญหาดังกล่าวจึงเป็นที่มาสำคัญของการศึกษาและวิจัยในครั้งนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 การศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยศึกษาเอกสาร ตำรา บทความ งานวิจัย และสื่อต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรม และนำผลการศึกษามาสังเคราะห์นิยามและองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี และสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อผลการสังเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี และศึกษาแนวคิดที่สามารถนำมาส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีได้ มีรายละเอียดการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.2.1 สังเคราะห์นิยามและองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

ผู้วิจัยศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องความสามารถในการสร้างนวัตกรรม และสังเคราะห์นิยามและองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี จากเอกสารงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติย้อนหลัง 10 ปี

ผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแสดงให้เห็นว่า คำจำกัดความของนวัตกรรมโดยทั่วไป หมายถึง สิ่งใหม่ที่กระทำซึ่งเกิดจากการใช้ความรู้ ใช้ความคิดสร้างสรรค์ สิ่งใหม่ในที่นี้อาจจะอยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์ แนวคิด วิธีการ หรือกระบวนการ ที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการพัฒนาในด้านต่าง ๆ แต่ในงานวิจัยนี้ต้องการให้ผู้เรียนสร้างนวัตกรรมที่มีความเฉพาะเจาะจงในวิชาเคมี จึงกำหนดนิยามของคำว่า ***นวัตกรรมทางเคมี (Chemistry Innovation)*** หมายถึง แนวคิด กระบวนการ ชิ้นงานที่นักศึกษาสร้างขึ้นใหม่หรือปรับปรุงดัดแปลงให้ดีขึ้น ตามแนวคิด ทฤษฎี หลักการหรือองค์ความรู้ในศาสตร์วิชาเคมี และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาหรือเพื่อนำไปใช้ตามวัตถุประสงค์ที่เป้าหมายของนวัตกรรมกำหนดไว้ ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

1. การใช้ความรู้ทางวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ คือ การนำองค์ความรู้ในสาขาวิชาเคมีมาเป็นฐานในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี ร่วมกับองค์ความรู้อื่น ๆ ที่จำเป็น ตามหลักและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์อย่างเป็นระบบ
2. ความใหม่ คือ การพัฒนานวัตกรรมทางเคมีนั้นขึ้นมาใหม่หมดโดยเปลี่ยนแปลงจากนวัตกรรมก่อนหน้าโดยสิ้นเชิง หรือการปรับปรุงต่อยอดนวัตกรรมทางเคมีจากของเดิม ซึ่งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวิธีการใช้งานไปจากเดิม
3. ประโยชน์ คือ นวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้นสามารถนำไปพัฒนาหรือแก้ปัญหาในการดำเนินงานได้ โดยอาจเป็นการสร้างความสำเร็จในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มจากการพัฒนาสิ่งนั้น ๆ หรือคุณค่าในเชิงสังคมต่อชุมชน เป็นต้น

เมื่อผู้เรียนสามารถสร้างนวัตกรรมทางเคมีให้เกิดขึ้นได้ จะถือว่าผู้นั้นมีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ดังนั้น นิยามของคำว่า ***ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี (Chemistry Innovation Ability)*** หมายถึง การปฏิบัติของนักศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงการใช้

แนวคิด ทฤษฎี หลักการหรือองค์ความรู้ในศาสตร์วิชาเคมี และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบและพัฒนาต่อยอดนวัตกรรมทางเคมีให้สำเร็จ เกิดประโยชน์ ความพึงพอใจ หรือการยอมรับในบริบทที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่

องค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหาในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี หมายถึง การสังเกต รวบรวม สภาพปัญหา และระบุปัญหาหรือลักษณะที่ต้องการพัฒนาซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการทางเคมี โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเพื่อนำไปสู่กระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี

องค์ประกอบที่ 2 การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี หมายถึง การกำหนดประเด็นสำคัญ ก่อนจะสืบค้น และนำไปสู่การสรุปและเลือกใช้ข้อมูลสารสนเทศที่เกี่ยวข้องและมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมทางเคมี โดยพิจารณาและวิเคราะห์จากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ และมีทักษะในการค้นหา คัดเลือกความรู้ในสาขาวิชาวิชาเคมีหรือวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาบูรณาการกับความรู้หรือประสบการณ์เดิมให้เป็นกรอบแนวคิดหลักในการแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมทางเคมีนั้น ๆ ในองค์ประกอบย่อยข้อนี้ หมายรวมถึงการศึกษาข้อจำกัดต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการพัฒนานวัตกรรมในอนาคต เช่น ทรัพยากรที่มีอยู่ทั้งในรูปของเวลา วัสดุอุปกรณ์ งบประมาณ เป็นต้น

องค์ประกอบที่ 3 การพัฒนานวัตกรรมทางเคมี หมายถึง การออกแบบโดยใช้องค์ความรู้ที่จำเป็นและความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างแบบร่างนวัตกรรมให้สามารถแก้ไขปัญหาตามที่ระบุไว้ โดยกำหนดองค์ประกอบ โครงสร้าง ลักษณะหรือประเภทของนวัตกรรม และกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติอย่างเป็นระบบ ก่อนจะดำเนินการสร้างต้นแบบนวัตกรรมทางเคมีโดยอาศัยวิธีการและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการตรวจสอบการใช้งานและรับฟังความคิดเห็นจากผู้ที่เกี่ยวข้องและนำข้อคิดเห็นที่สำคัญมาปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมทางเคมีที่พัฒนาขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของนวัตกรรมให้ตอบสนองต่อผู้ใช้งานได้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

องค์ประกอบที่ 4 คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี หมายถึง ผลการใช้งานนวัตกรรมทางเคมีที่พัฒนาขึ้นว่าเหมาะสม สะดวก หรือสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือแก้ไขปัญหาที่ผู้สร้างนวัตกรรมได้กำหนดหรือไม่ รวมถึงการประเมินความคุ้มค่า ประโยชน์ และโอกาสที่นวัตกรรมจะได้รับการยอมรับในวงกว้าง หรือขยายผลไปสู่เชิงพาณิชย์

ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอการกำหนดค่าน้ำหนักในแต่ละองค์ประกอบเพื่อประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การประเมินกระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี คิดเป็นร้อยละ 75 (องค์ประกอบที่ 1-3) และการประเมินนวัตกรรมทางเคมี คิดเป็นร้อยละร้อยละ 25 (องค์ประกอบที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินนวัตกรรมและความสามารถในการ

สร้างนวัตกรรม (Li, 2014; Lu et al., 2013) เนื่องจากงานวิจัยในครั้งนี้เน้นการประเมินความสามารถในระหว่างกระบวนการสร้างนวัตกรรมเป็นหลัก จึงกำหนดให้ค่าน้ำหนักของการประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในระหว่างกระบวนการมีค่ามากกว่าผลผลิตปลายทาง ดังรายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบดังต่อไปนี้

องค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหาในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ร้อยละ 15

องค์ประกอบที่ 2 การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ร้อยละ 20

องค์ประกอบที่ 3 การพัฒนานวัตกรรมทางเคมี ร้อยละ 40

องค์ประกอบที่ 4 คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี ร้อยละ 25

หลังจากนั้น ผู้วิจัยนำคำนิยามและองค์ประกอบที่ได้ไปสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อผลการสังเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องด้วยการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) เพื่อตรวจสอบการให้คำนิยาม โดยมีรายละเอียดของตัวอย่างผู้ทรงคุณวุฒิและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 15 คน เลือกแบบเจาะจง (purposive selection) ประกอบด้วยอาจารย์ผู้สอนในสาขาวิชาเคมีระดับอุดมศึกษาและนักวิจัยในวิชาชีพเคมีทั้งจากสถาบันวิจัยและหน่วยงานของรัฐและเอกชนที่มีประสบการณ์ในการทำงานด้านนวัตกรรมทางเคมีมามากกว่า 5 ปี ได้แก่ อาจารย์สาขาวิชาเคมีที่มีประสบการณ์สอนในสาขาวิชาเคมี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต จำนวน 6 คน นักวิจัยในสถาบันวิจัยทางด้านเคมี จำนวน 5 คน และนักวิจัยในบริษัทด้านอุตสาหกรรมเคมีที่เกี่ยวข้องการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี จำนวน 4 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิในลักษณะของการประเมินความสอดคล้อง ของการให้คำนิยามและกำหนดองค์ประกอบ โดยใช้มาตรประมาณ 3 ระดับ ได้แก่ ถูกต้องเหมาะสม ไม่แน่ใจ ไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสม รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่เป็นปลายเปิด และรวบรวมผลประเมินวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้อง (index of item-objective congruence: IOC) โดยกำหนดค่าคะแนน ดังต่อไปนี้

1 คะแนน หมายถึง ผู้ทรงคุณวุฒิเห็นว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ หลักการ แนวคิดหรือทฤษฎีที่ระบุไว้

0 คะแนน หมายถึง ผู้ทรงคุณวุฒิไม่สามารถสรุปได้ว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ หลักการ แนวคิดหรือทฤษฎีที่ระบุไว้หรือไม่

-1 คะแนน หมายถึง ผู้ทรงคุณวุฒิเห็นว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ หลักการ แนวคิดหรือทฤษฎีที่ระบุไว้

ข้อที่มีค่าความสอดคล้อง IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ซึ่งถือว่ารายการประเมินนั้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 269) แสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิส่วนใหญ่เห็นว่าสอดคล้องกับ

วัตถุประสงค์ สามารถนำใช้ได้ ส่วนข้อที่ได้ค่า IOC น้อยกว่า 0.50 ถือว่าไม่เหมาะสมอาจตัดทิ้งหรือปรับปรุง แก้ไขแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิลงความเห็นอีกครั้งก่อนสรุปผล

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้ไปหาดัชนีความสอดคล้องจากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและลักษณะพฤติกรรม

R คือ ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาทั้งหมด

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

เมื่อผู้วิจัยคัดเลือกหัวข้อหรือประเด็นที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ .50 มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะแล้ว ผู้วิจัยวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงของแบบประเมินด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบราค ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.86 และค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ – inter rater reliability) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.70-0.95

ผลการตรวจสอบและยืนยันคำนิยามและองค์ประกอบของนวัตกรรมทางเคมี ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 15 คน แสดงดังตารางที่ 18 ในภาคผนวก และผลการสังเคราะห์นิยามและองค์ประกอบของนวัตกรรมทางเคมีและความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี พบว่า ผู้ทรงคุณวุฒิส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการสังเคราะห์นิยามและองค์ประกอบของนวัตกรรมทางเคมี ว่าสอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง มีค่า IOC ของนิยามเท่ากับ 0.93 และแต่ละองค์ประกอบเท่ากับ 0.87, 0.80 และ 1.00 ตามลำดับ นอกจากนั้นผู้ทรงคุณวุฒิส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการสังเคราะห์นิยามและการวิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ซึ่งเป็น 4 องค์ประกอบ มีค่า IOC ของนิยามเท่ากับ 0.80 และแต่ละองค์ประกอบเท่ากับ 0.93, 1.00, 0.87 และ 0.93 ตามลำดับ ในด้านการดำหนดค่าน้ำหนักคะแนนในแต่ละองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ผู้ทรงคุณวุฒิเห็นด้วยกับค่าน้ำหนักที่กำหนดไว้ มีค่า IOC อยู่ในช่วง 0.80-0.93 ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิแสดงไว้ในตารางที่ X พร้อมกับแสดงข้อมูลของคำนิยามและองค์ประกอบทั้งก่อนนำเสนอผู้ทรงคุณวุฒิและหลังการปรับปรุงแก้ไข

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่สรุปและสังเคราะห์ได้ข้างต้นมาศึกษา เพื่อหาแนวคิดทางการศึกษาหรือแนวคิดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องมาเป็นพื้นฐานในการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ผู้วิจัยพบว่าแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์ และการคิดนอกกรอบต่างมีความสอดคล้องและสามารถส่งเสริมความสามารถดังกล่าวได้ จึงศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในลำดับต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 การปรับปรุงการให้คำนิยามและกำหนดองค์ประกอบของนวัตกรรมทางเคมีและความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ จากผู้ทรงคุณวุฒิ	ข้อมูลที่ผู้วิจัยสังเคราะห์	การปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
นิยามของนวัตกรรมทางเคมี		
- เพิ่มเติมข้อความที่แสดงให้เห็นว่าผลงานนวัตกรรมอาจเป็นต้นแบบของผลิตภัณฑ์ (Prototype) หรือผลงานการทดสอบแนวคิด (Proof of concept หรือ Proof of principle) เนื่องจากนวัตกรรมที่สมบูรณ์อาจเป็นข้อจำกัดหนึ่งในการวิจัยครั้งนี้	*นวัตกรรมทางเคมี (Chemistry Innovation)* หมายถึง แนวคิด กระบวนการ ชิ้นงานที่นักศึกษาสร้างขึ้นใหม่หรือปรับปรุงดัดแปลงให้ดีขึ้น ตามแนวคิด ทฤษฎี หลักการหรือองค์ความรู้ในศาสตร์วิชาเคมี และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาหรือเพื่อนำไปใช้ตามวัตถุประสงค์ที่เป้าหมายของนวัตกรรมกำหนดไว้	*นวัตกรรมทางเคมี (Chemistry Innovation)* หมายถึง ต้นแบบชิ้นงานหรือกระบวนการที่นักศึกษาสร้างขึ้นใหม่หรือปรับปรุงดัดแปลงให้ดีขึ้น ตามแนวคิด ทฤษฎี หลักการหรือองค์ความรู้ในศาสตร์วิชาเคมี และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาหรือเพื่อวัตถุประสงค์ใด ๆ ตามที่เป้าหมายของนวัตกรรมกำหนดไว้
องค์ประกอบของนวัตกรรมทางเคมี		
- เพิ่มเติมข้อความที่แสดงให้เห็นว่าองค์ความรู้ทางวิชาเคมีที่นำมาใช้นั้นมีขอบเขตอย่างไร	1. การใช้ความรู้ทางวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ คือ การนำองค์ความรู้ในสาขาวิชาเคมีมาเป็นฐานในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีร่วมกับองค์ความรู้อื่น ๆ ที่จำเป็น ตามหลักและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์อย่างเป็นระบบ	*1. การใช้ความรู้ทางวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์* คือ การนำองค์ความรู้ในสาขาวิชาเคมีแขนงใดแขนงหนึ่ง มาเป็นฐานในการพัฒนานวัตกรรมนั้น ตามหลักและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับองค์ความรู้อื่น ๆ ที่จำเป็น และความคิดสร้างสรรค์อย่างเป็นระบบ
- เพิ่มเติมคำอธิบายที่แสดงให้เห็นว่าผลงานอาจเกิดจากการยอมรับของผู้ใช้นวัตกรรม เนื่องจากผลงานนวัตกรรมทางเคมีอาจพัฒนามาเพื่อใช้กับกลุ่มเป้าหมายกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง โดย	2. ความใหม่ คือ การพัฒนานวัตกรรมทางเคมีนั้นขึ้นมาใหม่หมดโดยเปลี่ยนแปลงจากนวัตกรรมก่อนหน้าโดยสิ้นเชิง หรือการปรับปรุงต่อยอดนวัตกรรมทางเคมีจากของเดิม ซึ่งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวิธีการใช้งานไปจากเดิม	*2. ความใหม่* คือ การปรับปรุงต่อยอดจากผลิตภัณฑ์ของเดิม หรือพัฒนานวัตกรรมทางเคมีนั้นขึ้นมาใหม่หมดโดยเปลี่ยนแปลงจากนวัตกรรมก่อนหน้าโดยสิ้นเชิง ดังนั้นผู้ใช้นวัตกรรม ซึ่งอาจเป็นบุคคลทั่วไปหรือผู้ที่เกี่ยวข้องในศาสตร์สาขาวิชาเคมีจะเป็นผู้พิจารณายอมรับหรือปฏิเสธความใหม่ในนวัตกรรมนั้น ๆ และเกิด

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ	ข้อมูลที่ผู้วิจัยสังเคราะห์	การปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
ที่นวัตกรรมนั้นอาจยังไม่แพร่หลายในกลุ่มเป้าหมายนั้น		การนำไปใช้ในบริบทใดบริบทหนึ่ง โดยยังไม่ได้ใช้อย่างแพร่หลายในบริบทนั้น ๆ
- เพิ่มเติมขอบเขตของประโยชน์ให้ถึงระดับชาติ เนื่องจากความสามารถของนักศึกษาปริญญาตรีควรสามารถสร้างผลงานที่เป็นที่ยอมรับในวงกว้าง	3. ประโยชน์ คือ นวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้นสามารถนำไปพัฒนาหรือแก้ปัญหาในการดำเนินงานได้ โดยอาจเป็นการสร้างความสำเร็จในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มจากการพัฒนาสิ่งนั้น ๆ หรือคุณค่าในเชิงสังคมต่อชุมชน เป็นต้น	*3. ประโยชน์* คือ นวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้นสามารถนำไปพัฒนาหรือแก้ปัญหาในการดำเนินงานได้ โดยอาจเป็นการสร้างความสำเร็จในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มจากการพัฒนาสิ่งนั้น ๆ หรือคุณค่าด้านต่าง ๆ ต่อชุมชน สังคม หรือประเทศชาติ เป็นต้น
นิยามของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี		
- ปรับแก้ไขข้อความให้แสดงว่าความสำเร็จของนวัตกรรมเกิดจากการยอมรับอันเนื่องมาจากการแก้ปัญหาของนวัตกรรมนั้น	*ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี (Chemistry Innovation Ability)* หมายถึง การปฏิบัติของนักศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงการใช้แนวคิด ทฤษฎี หลักการหรือองค์ความรู้ในศาสตร์วิชาเคมี และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบและพัฒนาต่อยอดนวัตกรรมทางเคมีให้สำเร็จ เกิดประโยชน์ ความพึงพอใจ หรือการยอมรับในบริบทที่เกี่ยวข้อง	*ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี (Chemistry Innovation Ability)* หมายถึง การปฏิบัติของนักศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงการใช้แนวคิด ทฤษฎี หลักการหรือองค์ความรู้ในศาสตร์วิชาเคมี และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบและพัฒนาต่อยอดนวัตกรรมทางเคมีให้สำเร็จ มีประสิทธิภาพและบรรลุเป้าหมายของการพัฒนานวัตกรรมที่กำหนดไว้
องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี		
- ปรับแก้ไขข้อความให้อธิบายถึงลักษณะของความสามารถ ไม่ใช่กระบวนการ	1. การระบุปัญหาในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี หมายถึง การสังเกต รวบรวมสภาพปัญหา และระบุปัญหาหรือลักษณะที่ต้องการพัฒนา ซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการทางเคมี โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเพื่อนำไปสู่กระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี	องค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหาของนวัตกรรมทางเคมี หมายถึง การสังเกต การรวบรวมข้อมูลสถานการณ์ และการระบุปัญหาหรือลักษณะที่ต้องการพัฒนาของกลุ่มเป้าหมายที่จะเป็นผู้ใช้นวัตกรรมทางเคมี โดยอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการค้นหาแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การกำหนดวัตถุประสงค์ของนวัตกรรมทางเคมีที่จะพัฒนาขึ้น

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ	ข้อมูลที่ผู้วิจัยสังเคราะห์	การปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
- ปรับแก้ไขข้อความให้อธิบายถึงลักษณะของความสามารถ ไม่ใช่กระบวนการ	2. การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี หมายถึง การกำหนดประเด็นสำคัญ ก่อนจะสืบค้น และนำไปสู่การสรุปและเลือกใช้ข้อมูลสารสนเทศที่เกี่ยวข้องและมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมทางเคมี โดยพิจารณาและวิเคราะห์จากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ และมีทักษะในการค้นหา คัดเลือกความรู้ในสาขาวิชาวิชาเคมีหรือวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาบูรณาการกับความรู้หรือประสบการณ์เดิมให้เป็นกรอบแนวคิดหลักในการแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมทางเคมีนั้น ๆ ในองค์ประกอบย่อยข้อนี้ หมายรวมถึงการศึกษาข้อจำกัดต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการพัฒนานวัตกรรมในอนาคต เช่น ทรัพยากรที่มีอยู่ทั้งในรูปของเวลา วัสดุอุปกรณ์ งบประมาณ เป็นต้น	องค์ประกอบที่ 2 การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี หมายถึง การกำหนดประเด็นสำคัญ การสืบค้นและการสรุปและบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาวิชาเคมีหรือวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นกรอบแนวคิดหลักในการแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมทางเคมี ในองค์ประกอบย่อยข้อนี้ หมายรวมถึงการศึกษานวัตกรรมทางเคมีอื่น ๆ ที่มาก่อนหน้า และข้อจำกัดต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการพัฒนานวัตกรรมในอนาคต เช่น ทรัพยากรที่มีอยู่ทั้งในรูปของเวลา วัสดุอุปกรณ์ งบประมาณ เป็นต้น
- ปรับแก้ไขข้อความให้อธิบายถึงลักษณะของความสามารถ ไม่ใช่กระบวนการ - เพิ่มเติมข้อความในองค์ประกอบเรื่องการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีที่แสดงถึงการตรวจสอบการใช้งานและรับฟังความคิดเห็นจากผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของนวัตกรรมให้	3. การพัฒนานวัตกรรมทางเคมี หมายถึง การออกแบบโดยใช้องค์ความรู้ที่จำเป็นและความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างแบบร่างนวัตกรรมให้สามารถแก้ไขปัญหาตามที่ระบุไว้ โดยกำหนดองค์ประกอบโครงสร้าง ลักษณะหรือประเภทของนวัตกรรม และกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติอย่างเป็นระบบ ก่อนจะดำเนินการสร้างต้นแบบนวัตกรรมทางเคมีโดยอาศัยวิธีการและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการตรวจสอบการใช้งานและรับฟังความคิดเห็นจากผู้ที่เกี่ยวข้อง และนำข้อคิดเห็นที่สำคัญมาปรับปรุงแก้ไข	องค์ประกอบที่ 3 การพัฒนานวัตกรรมทางเคมี หมายถึง การวางแผน สร้างแบบร่างนวัตกรรม ทดสอบและปรับปรุงนวัตกรรมทางเคมี จากปัญหา กรอบแนวคิดในการแก้ไขปัญหา องค์ความรู้ที่สำคัญ แนวคิดเชิงนวัตกรรม และความคิดสร้างสรรค์ โดยอาศัยวิธีการและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้นวัตกรรมทางเคมีที่มีคุณภาพและตอบสนองต่อผู้ใช้งาน

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ	ข้อมูลที่ผู้วิจัยสังเคราะห์	การปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
ตอบสนองต่อผู้ใช้งานได้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้	นวัตกรรมทางเคมีที่พัฒนาขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของนวัตกรรมให้ตอบสนองต่อผู้ใช้งานได้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้	
- ปรับแก้ไขข้อความให้อธิบายถึงลักษณะของความสามารถ ไม่ใช่กระบวนการ	4. คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี หมายถึง ผลการใช้งานนวัตกรรมทางเคมีที่พัฒนาขึ้นว่าเหมาะสม สะดวก หรือสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือแก้ไขปัญหาที่ผู้สร้างนวัตกรรมได้กำหนดหรือไม่ รวมถึงการประเมินความคุ้มค่า ประโยชน์ และโอกาสที่นวัตกรรมจะได้รับการยอมรับในวงกว้าง หรือขยายผลไปสู่เชิงพาณิชย์	องค์ประกอบที่ 4 คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี หมายถึง ผลการตรวจสอบการนำนวัตกรรมไปใช้งานว่าเหมาะสม หรือสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือแก้ไขปัญหาที่ผู้สร้างนวัตกรรมได้กำหนดหรือไม่ รวมถึงการประเมินความคุ้มค่าและโอกาสที่นวัตกรรมจะได้รับการยอมรับในวงกว้าง
การกำหนดค่าน้ำหนักในการประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี		
-	องค์ประกอบที่ 1 ร้อยละ 15 องค์ประกอบที่ 2 ร้อยละ 20 องค์ประกอบที่ 3 ร้อยละ 40 องค์ประกอบที่ 4 ร้อยละ 25	(ไม่มีการแก้ไข)

1.2.2 ศึกษาและสรุปสาระสำคัญของแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์

การศึกษาและทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง สรุปสาระสำคัญของกระบวนการวางแผนกลยุทธ์ได้โดยสังเขปว่า แนวคิดการวางแผนกลยุทธ์มีจุดมุ่งหมายเพื่อยกระดับความสามารถในการคิด ลงมือกระทำ และการเรียนรู้อย่างมีกลยุทธ์ขององค์กร ผ่านกระบวนการคิดและตัดสินใจวางแผนอย่างเป็นระบบและดำเนินการแต่ละขั้นตอนอย่างต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน มีการกำหนดวิสัยทัศน์ หรือเป้าหมายระยะยาวที่แน่ชัด วิเคราะห์ข้อมูลรอบด้าน และประเมินสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการวางระบบการทำงานที่คล่องตัวและสามารถปรับตัวได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง เพื่อกำหนดทิศทางการดำเนินงานในอนาคตในลักษณะของการแก้ไข การป้องกันปัญหา และการรองรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น อันจะนำพาความสำเร็จมาสู่ผู้ปฏิบัติตามเป้าหมายที่วางไว้

การวางแผนกลยุทธ์จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้องค์กรรับมือกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปได้ และสร้างความชัดเจนในการแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ เป็นการช่วยสร้างจุดแข็งและแสวงหาผลประโยชน์จากโอกาส ในขณะที่ช่วยลดจุดด้อยและความท้าทายที่ร้ายแรง รวมถึงช่วยให้องค์กรดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อความอยู่รอด และความก้าวหน้า ในโลกแห่งการแข่งขันที่ไม่เป็นมิตรได้อีกด้วย

แนวคิดการวางแผนกลยุทธ์มีการตีความและนำไปใช้อย่างกว้างขวางในแวดวงธุรกิจ รวมถึงการจัดการศึกษามีสาระสำคัญ ดังนี้

1. การวางแผนกลยุทธ์เป็นการสร้างเครื่องมือช่วยชี้นำแนวทางการตัดสินใจในการดำเนินการ นำไปสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการกำหนดขั้นตอนแบบย้อนกลับคำนึงถึงผลลัพธ์สุดท้าย แล้วจึงวางแผนงานอย่างเชื่อมโยงให้องค์ประกอบด้านต่าง ๆ สัมพันธ์กัน โดยลำดับความสำคัญประเด็นพร้อมทั้งทางเลือกต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล

2. เป้าหมายหลักที่สำคัญของการวางแผนกลยุทธ์ คือ การสร้างกลยุทธ์หรือแผนการทำงานที่ดี สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากกลยุทธ์เป็นสิ่งเฉพาะตัว กลยุทธ์ที่เกิดขึ้นจากการวางแผนอย่างรอบคอบ จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติบรรลุเป้าหมายในการดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพ

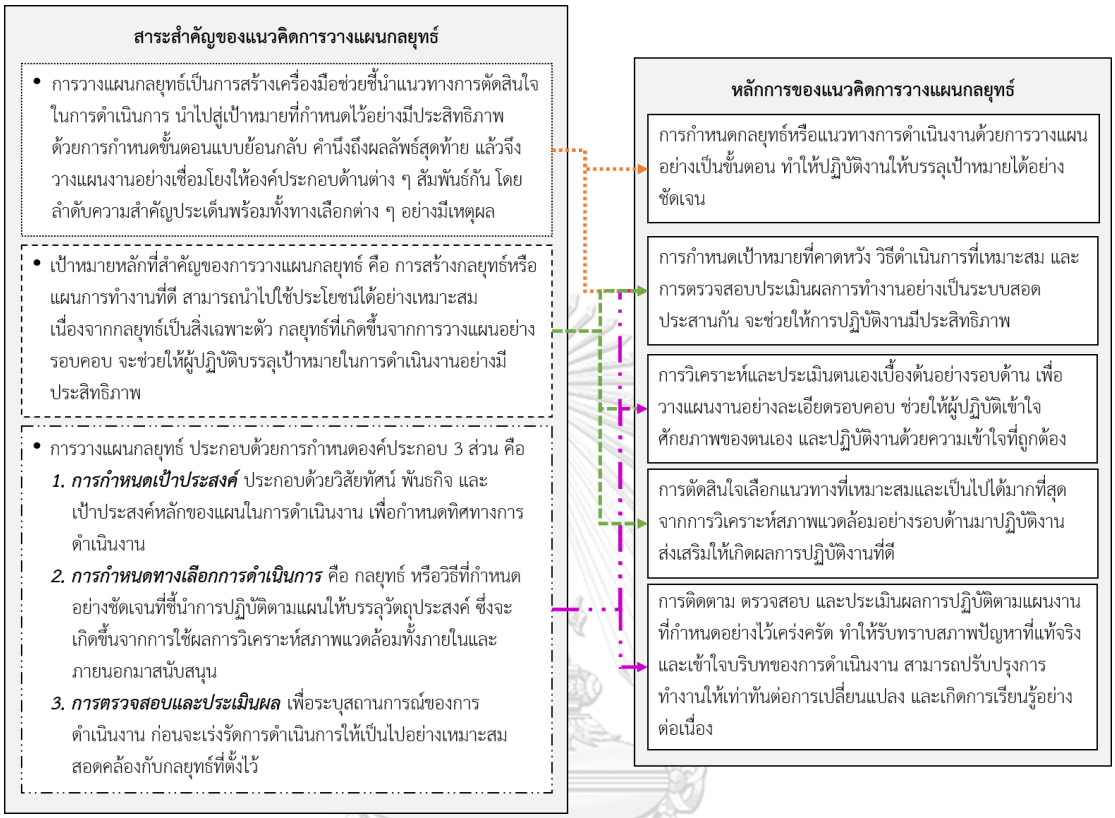
3. การวางแผนกลยุทธ์ ประกอบด้วยการกำหนดองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ

3.1 การกำหนดเป้าประสงค์ ประกอบด้วยวิสัยทัศน์ พันธกิจ และเป้าประสงค์หลักของแผนในการดำเนินงาน เพื่อกำหนดทิศทางการดำเนินงาน

3.2 การกำหนดทางเลือกการดำเนินการ คือ กลยุทธ์ หรือวิธีที่กำหนดอย่างชัดเจนที่ชี้นำการปฏิบัติตามแผนให้บรรลุวัตถุประสงค์ ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการใช้ผลการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกมาสนับสนุน

3.3 การตรวจสอบและประเมินผล เพื่อระบุสถานการณ์ของการดำเนินงาน ก่อนจะเร่งรัดการดำเนินการให้เป็นไปอย่างเหมาะสมสอดคล้องกับกลยุทธ์ที่ตั้งไว้

จากสาระสำคัญของแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์ ผู้วิจัยได้นำมาสังเคราะห์เป็นหลักการของแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์เพื่อใช้ในการพัฒนากระบวนการเรียนการสอน มีหลักการสำคัญ 5 ประการ สรุปได้ดังภาพ



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ของสาระสำคัญและร่างหลักการของแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์ (ก่อนนำเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หลักการของแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์ ประกอบด้วย

1. การกำหนดกลยุทธ์หรือแนวทางการดำเนินงานด้วยการวางแผนอย่างเป็นขั้นตอน ทำให้ปฏิบัติงานให้บรรลุเป้าหมายได้อย่างชัดเจน

2. การกำหนดเป้าหมายที่คาดหวัง วิธีดำเนินการที่เหมาะสม และการตรวจสอบประเมินผลการทำงานอย่างเป็นระบบสอดประสานกัน จะช่วยให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพ

3. การวิเคราะห์และประเมินตนเองเบื้องต้นอย่างรอบด้าน เพื่อวางแผนงานอย่างละเอียดรอบคอบ ช่วยให้ผู้ปฏิบัติเข้าใจศักยภาพของตนเอง และปฏิบัติงานด้วยความเข้าใจที่ถูกต้อง

4. การตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสมและเป็นไปได้มากที่สุดจากการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมอย่างรอบด้านมาปฏิบัติงาน ส่งเสริมให้เกิดผลการปฏิบัติงานที่ดี

5. การติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลการปฏิบัติตามแผนงานที่กำหนดอย่างไว้เคร่งครัด ทำให้รับทราบสภาพปัญหาที่แท้จริง และเข้าใจบริบทของการดำเนินงาน สามารถปรับปรุงการทำงานให้เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลง และเกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

1.2.3 ศึกษาและสรุปสาระสำคัญของแนวคิดการคิดนอกกรอบ

การคิดนอกกรอบเป็นการคิดชนิดหนึ่งซึ่งส่งเสริมการคิดอย่างแตกต่างไม่เป็นไปตามแบบแผน เพื่อสร้างมุมมองใหม่ หรือกล่าวได้ว่าการคิดนอกกรอบ เป็นการกำหนดแนวทางหรือวิธีการที่แตกต่างไปจากการแก้ปัญหาเดิม โดยความคิดนั้นอาจไม่สมเหตุสมผลแต่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้ในภายหลัง หรือการเปลี่ยนมโนทัศน์และการรับรู้เพื่อสร้างความคิดใหม่ ตามแนวคิดของ De Bono

การคิดนอกกรอบเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของการคิดที่มีอยู่ในศาสตร์ทุกแขนง และยังสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์โดยตรง แต่การคิดนอกกรอบจะเน้นการอธิบายถึงกระบวนการมากกว่าผลลัพธ์ จึงทำให้การคิดนอกกรอบมีประโยชน์ในแง่การรับรู้ของสมอง เนื่องด้วยเป็นกระบวนการทำงานของสมอง ที่จะช่วยในการจัดข้อมูลไม่ให้เป็นไปอย่างอัตโนมัติด้วยวิธีการทางตรรกะ การคิดนอกกรอบเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาศักยภาพด้านความคิดของมนุษย์ นำไปสู่การสร้างสรรค์และพัฒนาผลงานใหม่ ๆ หรือนวัตกรรมได้ตลอดเวลา

แนวคิดการการคิดนอกกรอบมีสาระสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. การคิดนอกกรอบเป็นการคิดที่นำเอาข้อมูลที่มีอยู่แล้วมาใช้สร้างแนวทางหรือวิธีการอย่างแตกต่างไม่เป็นไปตามแบบแผน เพื่อให้เกิดเป็นแนวทางใหม่ที่แตกต่างออกไปจากเดิม

2. การคิดนอกกรอบเป็นการเปิดโอกาสให้สิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่คิดเข้ามาเป็นหนึ่งในปัจจัยพิจารณา แม้จะเป็นแนวทางที่เป็นไปได้น้อย เพื่อสร้างมุมมองใหม่ให้สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้ในภายหลัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. การคิดนอกกรอบเป็นการปรับโครงสร้างเดิมของรูปแบบและพยายามสร้างรูปแบบหรือแนวทางใหม่ ซึ่งจะส่งเสริมลักษณะของการคิดในกรอบ ซึ่งเป็นการพิสูจน์หรือพัฒนารูปแบบหรือแนวทาง การคิดนอกกรอบจึงนำไปสู่การสร้างสรรค์และพัฒนาผลงานใหม่ ๆ อยู่ตลอดเวลา

4. การคิดนอกกรอบ ประกอบแนวทางสำคัญ คือ

4.1 *การหลีกเลี่ยงความคิดเดิม* เพื่อค้นหาวิธีการเพื่อพยายามให้เกิดแนวทางอื่นที่หลากหลาย มิใช่เพียงการพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ที่คุ้นเคยเท่านั้น

4.2 *การกระตุ้นเพื่อให้เกิดความคิดใหม่* เป็นการสร้างแนวทางจำนวนมาก แล้วจึงนำพิจารณาแนวทางเหล่านั้นอย่างละเอียดในภายหลัง

5. ปัจจัยที่ส่งเสริมการคิดนอกกรอบ ประกอบด้วยแนวทางปฏิบัติ ดังนี้

5.1 การสร้างความเข้าใจในหัวใจของเรื่องหรือประเด็นสำคัญในเรื่องนั้น (Recognition of dominant polarizing ideas) ให้ชัดเจนและง่าย ไม่สลับซับซ้อน

5.2 การพิจารณาวิธีการหรือแนวทางต้องไม่มองเรื่องใด ๆ เพียงทางเดียว (The Search for different ways of looking at things)

5.3 การลดความเข้มงวดหรือไม่ยืดหยุ่นจากการคิดในกรอบ (A relaxation of the rigid control of vertical thinking)

5.4 การใช้โอกาสให้เหมาะสม (The use of chance) คือ การสร้างความอิสระนอกกฎเกณฑ์ เป็นการสร้างมุมมองที่แปลกออกไปจากเดิม

จากสาระสำคัญข้างต้น ผู้วิจัยได้นำมาสังเคราะห์เป็นหลักการของแนวคิดการคิดนอกกรอบเพื่อใช้ในการพัฒนากระบวนการเรียนการสอน มีหลักการสำคัญ 5 ข้อ ดังนี้

1. การพิจารณาปัญหาหรือประเด็นด้วยมุมมองที่แตกต่างจากเดิมหรือใช้หลักการของศาสตร์อื่น ทำให้เห็นคำตอบหรือแนวทางใหม่ที่แตกต่างจากเดิม

2. การพิจารณากระบวนการหรือแนวทางที่หลากหลายเพื่อไปสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้ ส่งเสริมให้เข้าใจในประเด็นต่าง ๆ ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น รวมถึงสามารถตัดสินใจเลือกใช้วิธีการเพื่อไปสู่เป้าหมายได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

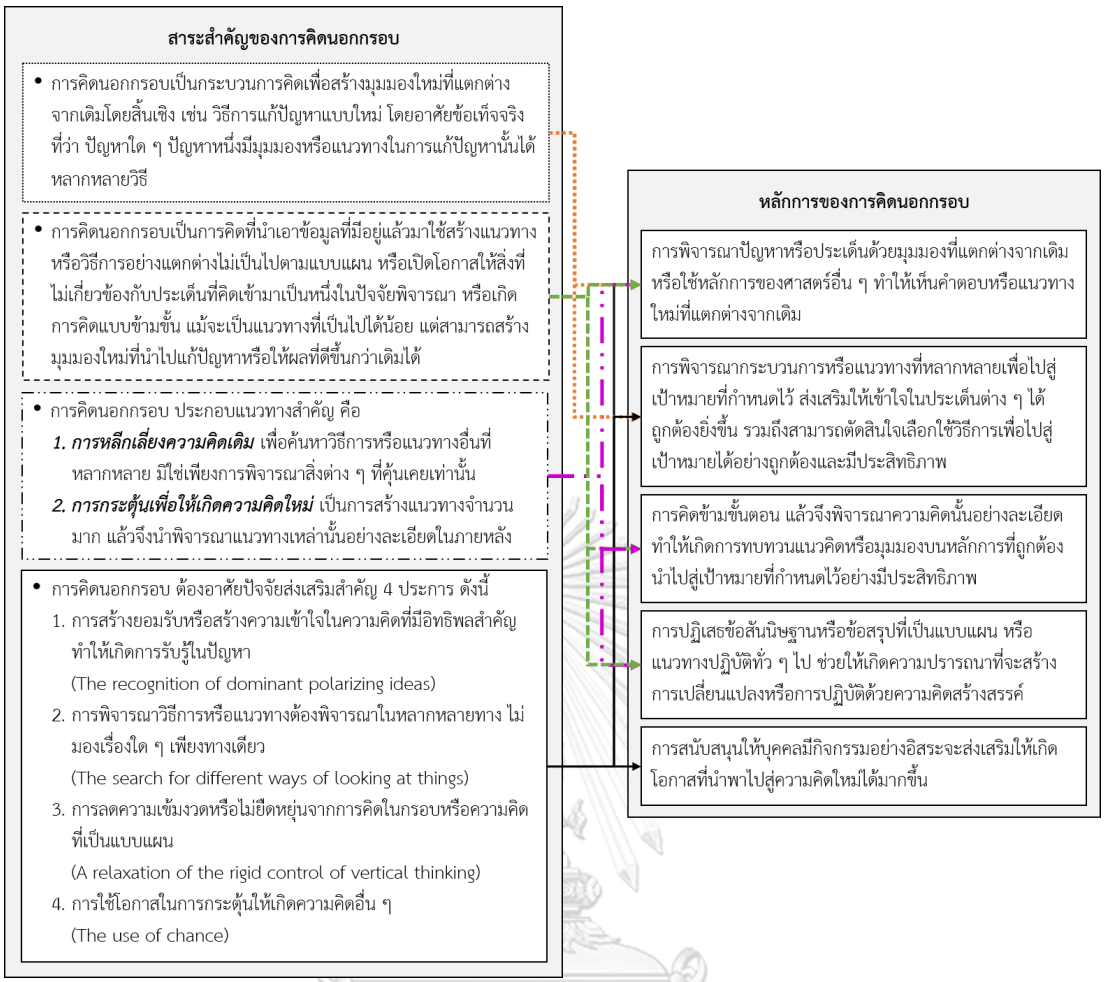
3. การคิดข้ามขั้นตอน แล้วจึงพิจารณาความคิดนั้นอย่างละเอียด ทำให้เกิดการทบทวนแนวคิดหรือมุมมองบนหลักการที่ถูกต้อง นำไปสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. การปฏิเสธข้อสันนิษฐานหรือข้อสรุปที่เป็นแบบแผน หรือแนวทางปฏิบัติทั่ว ๆ ไป ช่วยให้เกิดความปรารถนาที่จะสร้างการเปลี่ยนแปลงหรือการปฏิบัติด้วยความคิดสร้างสรรค์

5. การสนับสนุนให้บุคคลมีกิจกรรมอย่างอิสระจะส่งเสริมให้เกิดโอกาสที่นำพาไปสู่ความคิดใหม่ได้มากขึ้น

ความสัมพันธ์ระหว่างสาระสำคัญของแนวคิดการคิดนอกกรอบและหลักการของการคิดนอกกรอบสรุปได้ดังภาพที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

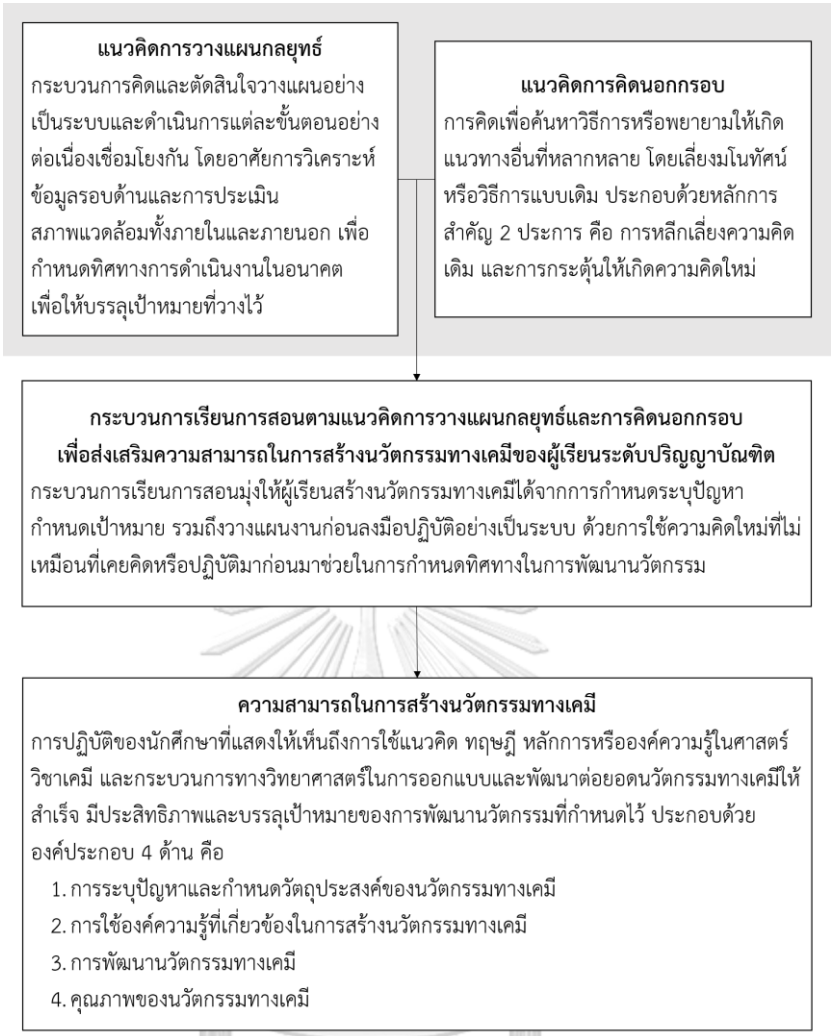


ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ของสาระสำคัญและร่างหลักการของแนวคิดการคิดนอกกรอบ (ก่อนนำเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2.4 กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยนำหลักการ แนวคิด และข้อมูลที่ได้จากการศึกษา มาใช้ในการสร้างกรอบแนวคิดการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของผู้เรียนระดับปริญญาบัณฑิต ผลที่ได้แสดงดังภาพ



ภาพที่ 5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระยะที่ 2 การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจากระยะก่อนหน้า มาเป็นฐานในการดำเนินการวิจัยในระยะที่ 2 โดนมีขั้นตอนการดำเนินการ 3 ขั้น คือ การสร้างกระบวนการเรียนการสอนแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ การจัดทำร่างเอกสารประกอบกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น และการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น มีรายละเอียดดังนี้

2.1 การสร้างกระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ

2.1.1 กำหนดหลักการของกระบวนการเรียนการสอน

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการสรุปสาระสำคัญและหลักการเรียนรู้ตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ ในการวิจัยระยะที่ 1 มาสังเคราะห์หลักการของกระบวนการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ซึ่งจากการสังเคราะห์ข้อมูลพบว่าหลักการเรียนรู้ตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์เป็นหลักการที่ส่งเสริมกระบวนการทำงานตามฐานของ

กระบวนการพัฒนานวัตกรรม ในขณะที่หลักการเรียนรู้ตามแนวคิดการคิดนอกกรอบช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ให้เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี จากข้อสรุปดังกล่าว ผู้วิจัยเห็นว่า หลักการเรียนรู้ที่สรุปได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงนำหลักการเรียนรู้ทั้งสองแนวคิดมาผนวกรวมเข้าด้วยกันและสังเคราะห์ให้เป็นหลักการเรียนของกระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต มีรายละเอียด 5 ข้อ ดังนี้

1. การออกแบบแผนงานอย่างเป็นระบบและเป็นขั้นตอนแบบย้อนกลับ ด้วยการหลีกเลี่ยงแนวคิดแบบเดิม หรือการใช้แนวคิดใหม่ ๆ ที่หลากหลาย จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเห็นภาพการทำงานในอนาคตและดำเนินการสู่เป้าหมายของการสร้างผลงานที่ต้องการอย่างมีประสิทธิภาพด้วยความคิดสร้างสรรค์

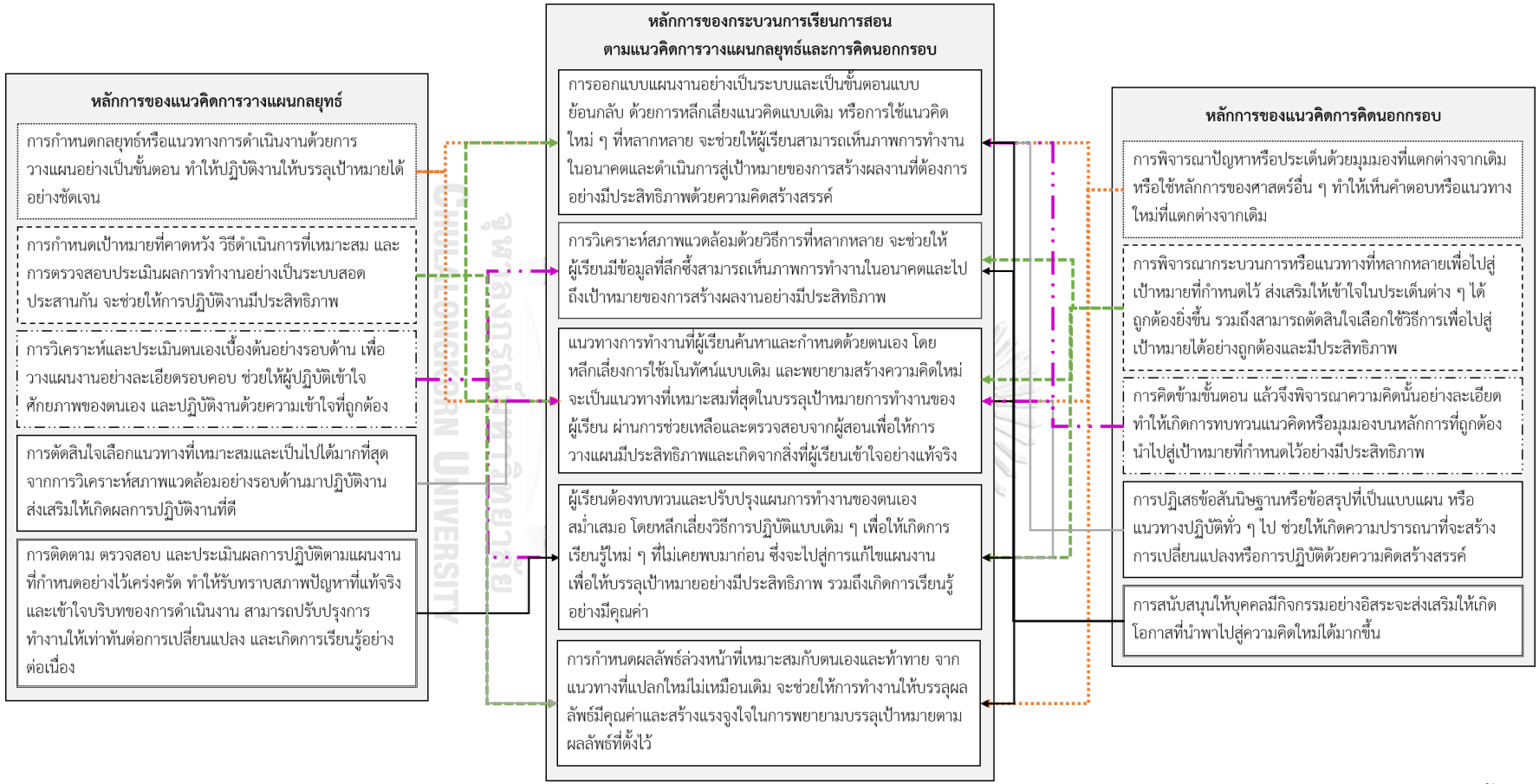
2. การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมด้วยวิธีการที่หลากหลาย จะช่วยให้ผู้เรียนมีข้อมูลที่ลึกซึ้งสามารถเห็นภาพการทำงานในอนาคตและไปถึงเป้าหมายของการสร้างผลงานอย่างมีประสิทธิภาพ

3. แนวทางการทำงานที่ผู้เรียนค้นหาและกำหนดด้วยตนเอง โดยหลีกเลี่ยงการใช้มโนทัศน์แบบเดิม และพยายามสร้างความคิดใหม่ จะเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในบรรลุเป้าหมายการทำงานของผู้เรียน ผ่านการช่วยเหลือและตรวจสอบจากผู้สอนเพื่อให้การวางแผนมีประสิทธิภาพและเกิดจากสิ่งที่ผู้เรียนเข้าใจอย่างแท้จริง

4. ผู้เรียนต้องทบทวนและปรับปรุงแผนการทำงานของตนเองสม่ำเสมอ โดยหลีกเลี่ยงวิธีการปฏิบัติแบบเดิม ๆ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ใหม่ ๆ ที่ไม่เคยพบมาก่อน ซึ่งจะไปสู่การแก้ไขแผนงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงเกิดการเรียนรู้อย่างมีคุณค่า

5. การกำหนดผลลัพธ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมกับตนเองและท้าทาย จากแนวทางที่แปลกใหม่ไม่เหมือนเดิม จะช่วยให้การทำงานให้บรรลุผลลัพธ์มีคุณค่าและสร้างแรงจูงใจในการพยายามบรรลุเป้าหมายตามผลลัพธ์ที่ตั้งไว้

การพัฒนาหลักการของกระบวนการเรียนการสอนจากหลักการเรียนรู้ตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างร่างหลักการของแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบและร่างหลักการของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น (ก่อนนำเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ)

2.1.2 กำหนดและจัดองค์ประกอบของกระบวนการเรียนการสอน

หลังจากที่ผู้วิจัยสังเคราะห์หลักการของกระบวนการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีแล้ว ได้กำหนดองค์ประกอบของกระบวนการเรียนการสอน ได้แก่ วัตถุประสงค์ของกระบวนการเรียนการสอน หลักการของกระบวนการเรียนการสอน ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลของกระบวนการเรียนการสอน จากนั้นจึงนำองค์ประกอบทั้ง 4 ข้อ มาจัดความสัมพันธ์ ตามรายละเอียดการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ของกระบวนการเรียนการสอน ซึ่งผู้วิจัยกำหนดจากปัญหางานวิจัยวิเคราะห์และเชื่อมโยงหลักการของกระบวนการเรียนการสอน ไปสู่ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน คือ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต

2. กำหนดขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนและบทบาทของผู้สอนและผู้เรียน โดยผู้วิจัยนำหลักการของกระบวนการเรียนการสอนมาวิเคราะห์ เชื่อมโยง และจัดระบบขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน ร่วมกับวัตถุประสงค์ของกระบวนการเรียนการสอน กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และข้อมูลจากการศึกษาปัจจัยและการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่ผู้วิจัยได้นำเสนอไว้ในการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำเทคนิคการสอนที่เกี่ยวข้องมาช่วยเสริมประสิทธิภาพในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ทั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดชื่อของแต่ละขั้นตอนให้สอดคล้องกับรายละเอียดในแต่ละขั้นและสะท้อนลักษณะสำคัญของแต่ละขั้นตอนย่อย เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้และเกิดความชัดเจนเมื่อนำไปปฏิบัติ ซึ่งร่างขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนและบทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในแต่ละขั้นของกระบวนการเรียนการสอน มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาและสร้างภาพในอนาคต เป็นขั้นตอนเพื่อกำหนดทิศทางในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีที่สนใจ เริ่มต้นจากผู้เรียนศึกษาเกี่ยวกับสภาพปัญหาหรือความต้องการในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี ด้วยการค้นหาปัญหาที่สามารถแก้ไขได้ด้วยความรู้ทางเคมี จากการเก็บข้อมูลด้วยตนเองผ่านวิธีต่าง ๆ ตลอดจนศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมของปัญหาเหล่านั้น โดยเน้นการได้มาซึ่งปัญหาที่หลากหลาย ก่อนจะเลือกแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับมากตนเองที่สุด โดยสร้างภาพความสำเร็จที่ต้องการจากนวัตกรรมทางเคมี อันนำไปสู่การกำหนดวัตถุประสงค์ของนวัตกรรมทางเคมี ร่องรอยการปฏิบัติที่ได้จากขั้นตอนนี้ ได้แก่ ผลการการศึกษาค้นคว้าสภาพปัญหานำไปสู่ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี ก่อนจะเชื่อมโยงสู่วัตถุประสงค์ของนวัตกรรมทางเคมีที่จะพัฒนา และภาพความสำเร็จที่ตนเองต้องการแก้ไขปัญหาคืออะไร โดยอาจนำเสนอในลักษณะของการปฏิบัติเพื่อไปสู่ภาพความสำเร็จนั้นโดยสังเขป ตัวชี้วัดความสำเร็จคืออะไร อย่างไร เป็นต้น ขั้นระบุปัญหาและสร้างภาพในอนาคต มีขั้นตอนย่อยดังนี้

1.1 การสร้างความเข้าใจในความรู้พื้นฐาน ผู้สอนนำเสนอความรู้เบื้องต้นและประเด็นการพัฒนาทางเคมีที่สอดคล้องกับหลักสูตรรายวิชาและความสามารถของผู้เรียน พร้อมทั้งศึกษาความก้าวหน้าของการพัฒนาทางเคมีในด้านดังกล่าว เพื่อสร้างข้อสงสัยนำไปสู่การระบุข้อความรู้ที่จำเป็นในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี และผู้เรียนร่วมกันสืบสอบทำความเข้าใจในความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี ผ่านการสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง

แนวทางการจัดกิจการรมในขั้นตอนย่อยนี้ ประกอบด้วยการฟังบรรยายจากผู้สอนหรือวิทยากรผู้เชี่ยวชาญ การระดมสมอง การสืบค้นจากแหล่งข้อมูล/แหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย และการนำเสนอผลงานนวัตกรรมทางเคมีที่น่าสนใจ บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในขั้นตอนย่อยนี้ ได้แก่

บทบาทผู้สอน

1. นำเสนอข้อความรู้พื้นฐานหรือประเด็นการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีที่เกี่ยวข้องให้กับผู้เรียน หรือคัดเลือกและจัดหาวิทยากรผู้เชี่ยวชาญที่สามารถสร้างแรงบันดาลใจในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะในประเด็นที่สอดคล้องกับรายวิชา
2. นำเสนอนวัตกรรมทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหารายวิชาที่มีผู้สร้างสรรค์ไว้แล้วพร้อมทั้งกระบวนการพัฒนาอย่างครอบคลุม เพื่อให้ผู้เรียนเห็นภาพทั้งหมดของการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำเสนอนวัตกรรมทางเคมีที่น่าสนใจมานำเสนอชั้นเรียน

บทบาทผู้เรียน

1. ระดมความคิดเกี่ยวข้อความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา
2. บันทึกข้อความรู้ที่ได้รับ และสภาพปัญหาเพื่อนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรม สืบค้นข้อมูลตามที่ได้รับมอบหมายจากผู้สอน

1.2 การระบุปัญหา ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนนำเสนอสภาพปัญหาหรือความต้องการที่เกี่ยวข้องกับประเด็นการพัฒนาทางเคมีที่ได้นำเสนอไปแล้ว โดยกระตุ้นให้ผู้เรียนนำเสนอปัญหาที่เกิดขึ้นจริงและสามารถแก้ไขได้ด้วยความรู้ทางเคมีที่สอดคล้องกับหลักสูตรรายวิชา รวมถึงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ร่วมกันแสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ตนเองได้สืบค้นมา และร่วมกันสรุปว่าปัญหาใดเป็นปัญหาที่แท้จริง ท้าทายเหมาะสมแก่การนำไปแก้ไข เพื่อให้เกิดแรงจูงใจในการแก้ปัญหาก่อนที่จะระบุปัญหาของตนเองเป็นรายบุคคล

แนวทางการจัดกิจการรมในขั้นตอนย่อยนี้ ประกอบด้วยการอภิปรายแลกเปลี่ยนมุมมอง การสืบค้นจากแหล่งข้อมูล/แหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย การลงพื้นที่เพื่อศึกษาข้อมูลภาคสนาม บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในขั้นตอนย่อย 1.2 ได้แก่

บทบาทผู้สอน

1. ตั้งคำถามให้ผู้เรียนทบทวนความสนใจของตนเอง และสร้างโอกาสให้ผู้เรียนได้นำเสนอความคิดเห็น มุมมอง ความสนใจ

2. แนะนำแหล่งข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงเอกสาร และบุคคลที่เกี่ยวข้อง

3. แนะนำวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ

4. จัดกิจกรรมระดมสมองให้ผู้เรียนช่วยกันนำเสนอปัญหาที่ตนเองสืบค้นมา

5. ช่วยชี้แนะให้ผู้เรียนเลือกปัญหาที่เหมาะสมกับตนเอง

บทบาทผู้เรียน

1. สำรวจความสนใจของตนเองเกี่ยวกับสภาพปัญหาที่ต้องการแก้ไข โดยพิจารณาจากการพัฒนาทางเคมีในท้องถิ่น ความชำนาญ ความสนใจส่วนตัว

2. ศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร หรือกลุ่มเป้าหมายเกี่ยวกับสภาพปัญหาหรือความต้องการในการพัฒนาทางเคมีที่ต้องการ

3. ระบุปัญหาที่ได้จากการสืบค้นข้อมูล และเลือกปัญหาที่เหมาะสมในการแก้ไข

1.3 การสร้างภาพในอนาคต ผู้สอนมอบหมายให้ผู้เรียนสร้างภาพความสำเร็จในอนาคตจากการแก้ปัญหา รวมทั้งสืบค้นหาแนวทางการแก้ปัญหาจากประเด็นที่คัดเลือกแล้วอย่างหลากหลาย เพื่อมุ่งไปสู่ภาพความสำเร็จที่ตนเองกำหนดไว้ รวมถึงกำหนดวัตถุประสงค์ของการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี ในใบงานที่กำหนด แนวทางการจัดกิจการรมในขั้นตอนย่อยนี้คือ การเขียนบันทึกและรายงานผลการทำงาน และมีบทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในขั้นตอนย่อยนี้ ได้แก่

บทบาทผู้สอน

1. จัดกิจกรรมการสอนที่นำเสนอให้ผู้เรียนเห็นถึงความหลากหลายของการคิดนอกกรอบ โดยอาศัยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหารายวิชามาเป็นสื่อกลาง เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรง

2. ตั้งคำถามให้ผู้เรียนทบทวนถึงลักษณะของการแก้ปัญหา ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและจำเป็นในการแก้ปัญหา และให้ผู้เรียนกำหนดภาพความสำเร็จในอนาคตเพื่อเป็นเป้าหมายการทำงาน

3. แนะนำแหล่งข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงเอกสาร และบุคคลที่เกี่ยวข้อง

บทบาทผู้เรียน

1. ศึกษาค้นคว้าและกำหนดวิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยความรู้ทางเคมีอย่างหลากหลายจากแหล่งข้อมูลหรือแหล่งเรียนรู้

2. กำหนดภาพแห่งความสำเร็จในอนาคตเพื่อเป็นเป้าหมายในการทำงาน รวมถึงวัตถุประสงค์ของการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี จากปัญหาที่ระบุไว้

3. จัดทำรายงานผลการเรียนรู้และบันทึกการเรียนรู้

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์และกำหนดกลยุทธ์ เป็นขั้นตอนเพื่อตรวจสอบและประเมินความพร้อมของตนเองในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี ด้วยการศึกษาและวิเคราะห์ตนเองและสภาพสิ่งแวดล้อมผ่านการสำรวจ การวิเคราะห์ การประเมิน และการสืบค้นข้อมูลที่จำเป็นด้วยวิธีหรือกระบวนการที่

หลากหลายหรือแตกต่างไปจากเดิม ก่อนนำผลการวิเคราะห์มากำหนดเป็นกลยุทธ์ ซึ่งประกอบด้วยแนวทางหรือทิศทางในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่เป็นแบบฉบับของตนเอง เพื่อแก้ไขปัญหาที่ระบุไว้ ร่องรอยการปฏิบัติในขั้นตอนนี้ คือ ข้อมูลจากการวิเคราะห์ตนเองที่แสดงความเป็นไปได้อย่างชัดเจน และช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานวางแผนตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องทำตามลำดับก่อนหลังในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี รวมถึงผลการค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อเติมเต็มความรู้ก่อนนำไปพัฒนานวัตกรรมทางเคมี และเอกสารกลยุทธ์ที่บรรยายถึงแนวทางหรือทิศทางการดำเนินงานสร้างนวัตกรรมทางเคมีเพื่อแก้ไขปัญหาที่เลือกไว้ และเหตุผลที่สนับสนุนว่าเหตุใดจะต้องดำเนินการตามวิธีการเหล่านั้น ขั้นวิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์มีขั้นตอนย่อย ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์ SWOT ผู้สอนจัดกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนวิเคราะห์ Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats (SWOT) โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างขีดความสามารถของตนร่วมกับผลการประเมินสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียน และร่วมอภิปรายนำผู้เรียนให้รู้จักกับกรณีโน้มเอียง เพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์ตนเองว่าอยู่ในกรณีโน้มเอียงแบบใด เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีต่อไปในอนาคต

ขั้นตอนย่อย 2.1 การวิเคราะห์ SWOT มีแนวทางการจัดกิจกรรมประกอบด้วย การสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง จากการศึกษาหนังสือ ตำรา งานวิจัย, การสอบถาม, การสัมภาษณ์ การศึกษาค้นคว้างานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง การอภิปรายแลกเปลี่ยนมุมมองซึ่งกันและกัน บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในขั้นตอนย่อยนี้ ได้แก่

<u>*บทบาทผู้สอน*</u>

ออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้การวิเคราะห์ตนเอง การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมที่มีทำให้เกิดวิธีคิดแบบใหม่ ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การคิดนอกกรอบผ่านประสบการณ์ตรง ผ่านคำถามสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. ข้อเด่นหรือสิ่งที่ตนเองมีอยู่และมีสมรรถนะในการส่งเสริมการทำงานหรือแก้ปัญหา
2. ข้อจำกัดที่ตนเองมีอยู่และมีสมรรถนะด้อยกว่าคู่แข่งหรือทำให้แก้ปัญหาได้ล่าช้า
3. เหตุการณ์เชิงบวก หรือคุณค่าที่จะเกิดขึ้น ทำให้ตนเองมีสมรรถนะที่จะดำเนินการบางอย่างได้อย่างรวดเร็วขึ้น
4. เหตุการณ์เชิงลบที่อาจเกิดขึ้นได้และก่อให้เกิดความเสียหายต่อการทำงาน

<u>*บทบาทผู้เรียน*</u>

1. วิเคราะห์ตนเองและสภาพแวดล้อมด้วยการวิเคราะห์ SWOT และนำเสนอผลการวิเคราะห์ SWOT
2. สำรวจความสนใจของตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ตนเองมี
3. สืบค้น ศึกษา ค้นคว้าจุดดี จุดด้อย ที่จะส่งผลต่อกระบวนการพัฒนานวัตกรรม

2.2 การเติมเต็มความรู้ ผู้สอนจัดการบรรยายสรุปเนื้อหาความรู้ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องใช้เพิ่มเติมในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีที่สอดคล้องกับปัญหาและเนื้อหาตามที่หลักสูตรรายวิชากำหนดไว้ โดยคำนึงถึงความแตกต่างของผู้เรียนเป็นสำคัญ และผู้เรียนร่วมกันสืบสอบทำความเข้าใจในความรู้ที่จำเป็นในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีผ่านการสืบค้นด้วยตนเอง

ขั้นตอนย่อย 2.2 มีแนวทางการจัดกิจกรรมประกอบด้วย การฟังบรรยายจากผู้สอนหรือวิทยากรผู้เชี่ยวชาญ การอภิปรายแลกเปลี่ยนมุมมอง การสืบค้นจากแหล่งข้อมูล/แหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย การลงพื้นที่เพื่อศึกษาข้อมูลภาคสนาม บทบาทผู้สอนและผู้เรียนในขั้นตอนย่อยนี้ ได้แก่

บทบาทผู้สอน

1. ออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่นำเสนอเนื้อหารายวิชาที่จำเป็นต่อการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีในภาพรวมตามหลักสูตรรายวิชา
2. แนะนำแหล่งข้อมูลในการสืบค้น
3. ตั้งคำถามให้ผู้เรียนทบทวนข้อความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี

บทบาทผู้เรียน

ศึกษาค้นคว้าข้อความรู้ที่นำเสนอตามเนื้อหารายวิชาและจำเป็นต่อการพัฒนานวัตกรรม

2.3 การกำหนดกลยุทธ์ ผู้สอนให้ผู้เรียนกำหนดกลยุทธ์ และนำเสนอพร้อมทั้งร่วมกันอภิปรายกลยุทธ์ที่จัดทำขึ้น พร้อมทั้งให้ข้อเสนอที่เป็นประโยชน์

ขั้นตอนย่อย 2.3 มีแนวทางการจัดกิจกรรมประกอบด้วยการอภิปรายซักถามแลกเปลี่ยนมุมมอง และการเขียนบันทึกรายงาน บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในขั้นตอนย่อยนี้ ได้แก่

บทบาทผู้สอน

1. จัดการนำเสนอกลยุทธ์ของผู้เรียน
2. ตั้งคำถามให้ผู้เรียนวางแผน และเกิดการประมวลผลการวิเคราะห์ SWOT เข้าด้วยกัน เพื่อพิจารณาปัญหา ช่องว่าง และประเด็นที่ควรจะกำหนดในกลยุทธ์เพิ่มเติม

บทบาทผู้เรียน

1. กำหนดกลยุทธ์ให้ชัดเจน โดยนำเสนอในรูปของทางเลือกต่าง ๆ ที่ควรจะดำเนินงานจากผลการประเมินความเป็นไปได้ของการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี กรณีโน้มเอียงที่ได้จากการวิเคราะห์ SWOT และปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. รับฟังข้อคิดเห็นและข้อเสนอเพื่อปรับปรุงกลยุทธ์ของตนเองก่อนนำไปปฏิบัติ

ขั้นที่ 3 ปฏิบัติตามกลยุทธ์ เป็นขั้นตอนเพื่อให้ผู้เรียนสร้างผลงานนวัตกรรมทางเคมีขึ้นจนเป็นผลสำเร็จ ด้วยการออกแบบและสร้างนวัตกรรมทางเคมีตามแผนงานที่ได้กำหนดไว้แล้ว และทดลองใช้พร้อมทั้งนำผลการใช้งานนวัตกรรมเบื้องต้นมาปรับปรุงผลงานของตนเองให้แก้ปัญหาที่กำหนดไว้ได้อย่างสมบูรณ์ โดยในระหว่างการออกแบบและสร้างนวัตกรรมทางเคมี ผู้เรียนต้อง

ทบทวนผลการปฏิบัติงานอยู่สม่ำเสมอ เพื่อปรับแก้ไขกลยุทธ์ในทันที ถ้าหากจำเป็น ร่องรอยการปฏิบัติในขั้นนี้ คือ แผนงานพัฒนานวัตกรรมทางเคมี นวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้นเพื่อ~~เพื่อ~~แก้ไขปัญหาตามที่กำหนดไว้ และรายงานผลการสร้างนวัตกรรมทางเคมีฉบับสมบูรณ์ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนในขั้นนี้ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยต่อไปนี้

3.1 การออกแบบนวัตกรรม ผู้เรียนออกแบบและร่างแบบจำลองของนวัตกรรมทางเคมีตามกลยุทธ์ที่กำหนดไว้ และนำเสนอรายละเอียดของแบบร่าง หรือแผนงานต่อผู้สอน ประกอบด้วยแนวทางการจัดกิจกรรม คือ การออกแบบนวัตกรรมและการนำเสนอแบบร่างนวัตกรรม และมีบทบาทของผู้เรียนและผู้สอนในขั้นตอนย่อย 3.1 ดังต่อไปนี้

บทบาทผู้สอน

1. ผู้สอนให้ข้อสังเกตหรือข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงแบบร่างนวัตกรรมที่ผู้เรียนสร้าง
2. แนะนำหรือเสนอแนวคิดในการออกแบบที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนานวัตกรรม
3. แนะนำตัวอย่างของนวัตกรรมทางเคมีที่มีมาแล้ว เพื่อให้ผู้เรียนประยุกต์มาสู่แนวทางการออกแบบนวัตกรรม
4. ตั้งคำถามเพื่อให้ทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์ในการทำงาน

บทบาทผู้เรียน

1. ผู้เรียนร่างแบบนวัตกรรมโดยใช้แนวทางที่เหมาะสมกับนวัตกรรม เช่น การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ กรณีผลงานเป็นชิ้นงานประดิษฐ์ การเขียนกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมี กรณีผลงานเป็นกระบวนการหรือปฏิกิริยาทางเคมี
2. ผู้เรียนนำเสนอแบบร่างนวัตกรรมต่อชั้นเรียน
3. ปรับปรุงกลยุทธ์ในการทำงานให้สอดคล้องกับสถานการณ์

3.2 การสร้างนวัตกรรม ผู้เรียนสร้างต้นแบบนวัตกรรมทางเคมีตามที่ออกแบบไว้ โดยอาศัยปฏิบัติการทางเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ แนวทางการจัดกิจกรรมในขั้นตอนย่อยนี้คือ การลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี และมีบทบาทของผู้เรียนและผู้สอนในขั้นตอนย่อยนี้ ดังต่อไปนี้

บทบาทผู้สอน

1. ผู้สอนให้ข้อสังเกตหรือข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการลงมือสร้างนวัตกรรม
2. ตั้งคำถามเพื่อให้ทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์ในการสร้างนวัตกรรม

บทบาทผู้เรียน

1. ผู้เรียนลงมือผลิตผลงานนวัตกรรมทางเคมี
2. ผู้เรียนนำเสนอความก้าวหน้าในการสร้างนวัตกรรมต่อชั้นเรียน
3. ปรับปรุงกลยุทธ์ในการทำงานให้สอดคล้องกับสถานการณ์

3.3 การทดลองใช้และปรับปรุงนวัตกรรม ผู้เรียนนำต้นแบบนวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้นไปทดสอบการใช้งาน หรือทดลองใช้เบื้องต้นตามความเหมาะสม อาจเป็นการทดสอบกับกลุ่มเพื่อน หรือผู้ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น และอภิปรายผลการนำนวัตกรรมทางเคมีไปทดลองใช้ เพื่อปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมให้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลเพิ่มมากขึ้น มีแนวทางในการจัดกิจกรรมในขั้นตอนนี้ คือ การทดลองใช้นวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้น และเก็บข้อมูลการใช้งานเพื่อปรับปรุงนวัตกรรม การปรับปรุงนวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้น และการนำเสนอผลงาน

บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในขั้นตอนย่อยนี้ ได้แก่

<u>บทบาทผู้สอน</u>

1. ผู้สอนชี้แนะแนวทางหรืออภิปรายประเด็นเพื่อปรับปรุงนวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้น
2. นำอภิปรายและตั้งคำถามนำเพื่อชี้ประเด็นสำคัญที่เกิดขึ้นจากการทดลองใช้นวัตกรรม เพื่อให้ทบทวนและปรับปรุงผลงาน
3. ให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีเก็บข้อมูลเพื่อประโยชน์ในการประเมินผลการใช้นวัตกรรม

<u>บทบาทผู้เรียน</u>

1. เก็บรวบรวมข้อมูลผลการใช้นวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้น เพื่อใช้ประกอบการปรับปรุงนวัตกรรมหรือการอภิปรายผลการสร้างนวัตกรรม
2. ประเมินผลการใช้งานนวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้น
3. ปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมตามข้อเสนอแนะและข้อความคิดเห็นที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 การนำเสนอนวัตกรรม ผู้เรียนนำนวัตกรรมทางเคมีที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วนำเสนอต่อผู้สอน ผู้เชี่ยวชาญ และเพื่อน แนวทางการจัดกิจกรรมในขั้นตอนนี้ คือ การจัดให้ผู้เรียนนำเสนอนวัตกรรมฉบับสมบูรณ์ บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในขั้นตอนย่อยนี้ ได้แก่

<u>บทบาทผู้สอน</u>

1. ผู้สอนประสานงานเชิญผู้ทรงคุณวุฒิเข้าฟังการนำเสนอนวัตกรรมทางเคมี และประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี
2. ผู้สอนประสานงานเพื่อจัดเตรียมสถานที่สำหรับการนำเสนอผลงานนวัตกรรม
3. ผู้สอนรวบรวมคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของผู้เรียน
4. ตั้งคำถามเพื่อสืบสอบพฤติกรรมที่แสดงให้เห็นถึงกระบวนการทำงานซึ่งมีส่วนในการประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

<u>บทบาทผู้เรียน</u>

1. นำเสนอนวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้น รวมถึงกระบวนการทำงาน เพื่อประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

2. ตอบคำถามที่แสดงให้เห็นถึงกระบวนการทำงานซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์ เป็นขั้นตอนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการสร้างนวัตกรรมทางเคมีอย่างสมบูรณ์ ขั้นตอนบางส่วนนี้จะต้องเกิดขึ้นควบคู่กับขั้นตอนก่อนหน้าไปพร้อม ๆ กัน กล่าวคือ ในช่วงที่ปฏิบัติงานสร้างนวัตกรรม ผู้เรียนจะต้องสรุปผลการทำงาน เพื่อทบทวนและตรวจสอบกลยุทธ์ที่ตนเองสร้างขึ้นว่าสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่อย่างไร รวมถึงให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุงกลยุทธ์ของตน หากต้องปฏิบัติงานซ้ำอีกครั้งหนึ่ง นอกจากนั้นในช่วงสุดท้ายผู้เรียนจะต้องประเมินโครงการพัฒนานวัตกรรมที่ได้ลงมือปฏิบัติว่ามีผลการปฏิบัติเป็นอย่างไร รวมถึงให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อนำไปใช้ในการปรับกลยุทธ์และสรุปข้อคิดจากการดำเนินการสร้างนวัตกรรมผ่านการตอบคำถามสำคัญว่าแผนกลยุทธ์ที่ทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างนวัตกรรมนั้นต้องปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง ผ่านการประเมินการทำงาน การทบทวนหลังการปฏิบัติงาน (After Action Review: AAR) การพูดคุยสะท้อนคิดเพื่อรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกภายในกลุ่ม ร่องรอยการปฏิบัติในขั้นนี้ คือ กลยุทธ์ที่ปรับแก้ไขแล้ว หรือ แนววิธีการปฏิบัติเพื่อการวางแผนกลยุทธ์ในอนาคต รวมถึงกลไกที่มีประสิทธิภาพในการติดตามการใช้แผนกลยุทธ์

ขั้นตอนที่ 4 มีแนวทางในการจัดกิจกรรม คือ การสนทนาแลกเปลี่ยน และการเขียนบันทึกการเรียนรู้ และบทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในขั้นตอนย่อยนี้ ได้แก่

<u>*บทบาทผู้สอน*</u>

1. ผู้สอนนำการสนทนาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำเสนอสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการปฏิบัติงาน

2. ตั้งคำถามเพื่อทบทวนแผนงาน กระบวนการทำงานของกลุ่ม และสรุปการเรียนรู้ เกี่ยวกับกระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีที่มีประสิทธิภาพ

<u>*บทบาทผู้เรียน*</u>

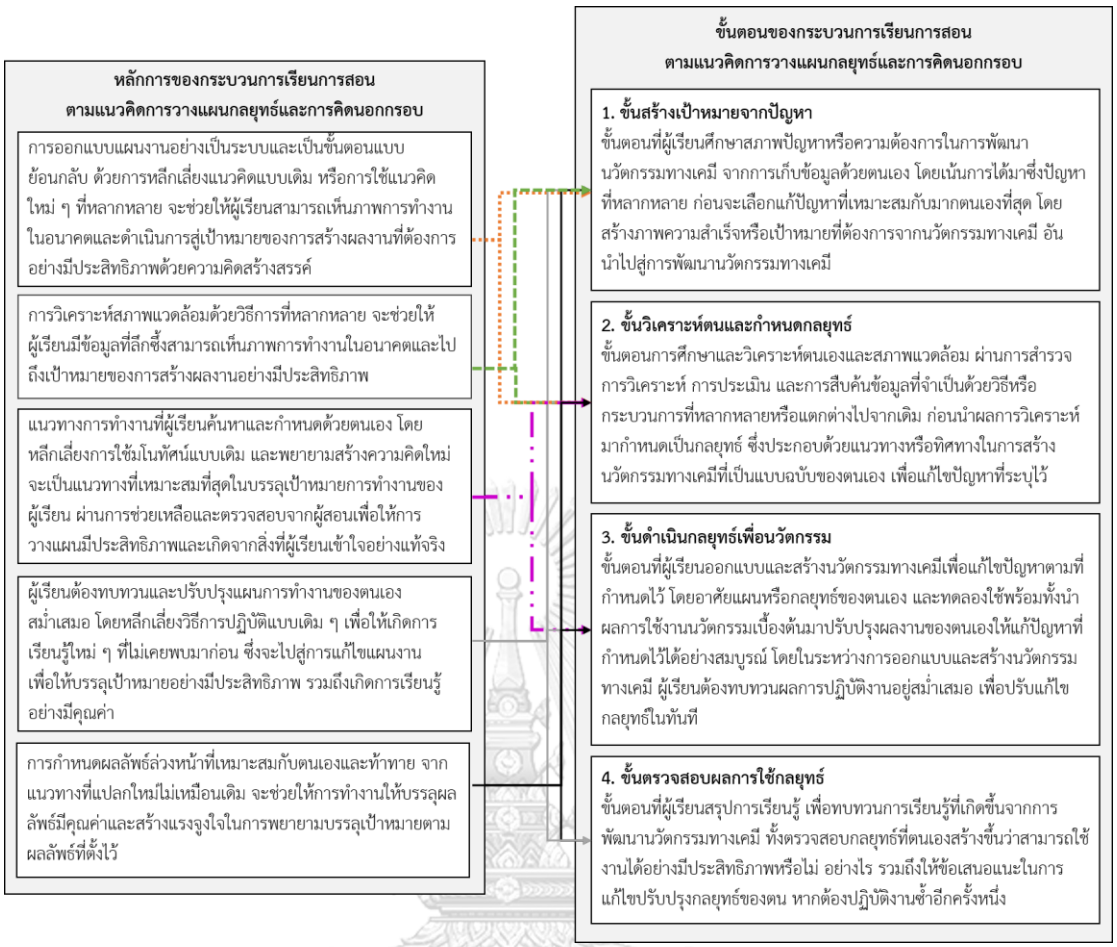
1. ผู้เรียนร่วมประชุม อภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้

2. ผู้เรียนสรุปประเด็นการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเรียนการสอน และประเมินกระบวนการทำงานของตนเอง

3. จัดทำบันทึกการเรียนรู้

ทั้งนี้ผู้วิจัยจัดทำแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการของกระบวนการเรียนการสอนและขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้นำไปใช้เห็นภาพของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดทั้งสองได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น ดังภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างร่างหลักการและร่างขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น (ก่อนนำเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. กำหนดการวัดและประเมินผลของกระบวนการเรียนการสอน ซึ่งผู้วิจัยกำหนดให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของกระบวนการเรียนการสอน โดยใช้การวัดและประเมินผลความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของผู้เรียนตามองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี 4 องค์ประกอบ โดยใช้แบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีเป็นรายบุคคล และแบบบันทึกการเรียนรู้ ด้วยการประเมินตามสภาพจริง และการประเมินการปฏิบัติในกระบวนการทำงานพัฒนานวัตกรรมทางเคมีของผู้เรียน

2.2 การจัดทำร่างเอกสารประกอบกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

2.2.1 สร้างคู่มือการใช้กระบวนการเรียนการสอน

ผู้วิจัยจัดทำคู่มือการใช้กระบวนการเรียนการสอน ซึ่งเป็นเอกสารที่ชี้แจงรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น เพื่อช่วยให้ผู้สอนหรือผู้ที่สนใจจะนำกระบวนการเรียน

การสอนที่พัฒนาขึ้นไปใช้มีความรู้และความเข้าใจในกระบวนการเรียนการสอนดังกล่าวอย่างถูกต้องและสามารถจัดการเรียนการสอนให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ของกระบวนการเรียนการสอนนี้

รายละเอียดของคู่มือการใช้กระบวนการเรียนการสอน ประกอบด้วย แนวคิดพื้นฐานของกระบวนการเรียนการสอน แนวทางการนำกระบวนการเรียนการสอนไปใช้ และเงื่อนไขในการใช้กระบวนการเรียนการสอน (คู่มือการใช้กระบวนการเรียนการสอนฉบับสมบูรณ์แสดงในภาคผนวก)

2.2.2 สร้างตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

ผู้วิจัยจัดทำตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้ผู้ที่นำกระบวนการเรียนการสอนไปใช้ได้ทราบถึงแนวทางในการจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการเรียนการสอน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนการสอนระยะยาวจำนวน 1 แผน เป็นการวางแผนการจัดการเรียนการสอนของรายวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเป็นระยะเวลา 15 สัปดาห์ 1 ภาคการศึกษา ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นไปตามขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนขั้นที่ 1-4 ประกอบด้วย หัวข้อสำคัญ ได้แก่ ผลลัพธ์การเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล (ตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนแสดงในภาคผนวก)

2.3 *การตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น*

ผู้วิจัยใช้การสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการเรียนการสอน คู่มือการใช้กระบวนการเรียนการสอน และแผนการสอน (ฉบับร่าง) ก่อนนำไปใช้จัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ด้วยการตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมในการนำกระบวนการเรียนการสอนไปใช้ โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างในการประเมินและเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพดังนี้

<u>กลุ่มตัวอย่าง</u> ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 7 คน เลือกแบบเจาะจง ประกอบด้วยอาจารย์ผู้สอนระดับอุดมศึกษาที่มีประสบการณ์ด้านการสอนมากกว่า 5 ปี และเชี่ยวชาญในแนวคิดพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนในครั้งนี้ ได้แก่ อาจารย์สาขาวิชาบริหารธุรกิจ จำนวน 1 คน อาจารย์สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนหรือการสอนเคมี จำนวน 3 คน และอาจารย์ในสาขาวิชาวัดและประเมินผล จำนวน 1 คน อาจารย์ในสาขาวิชาเคมี จำนวน 2 คน

<u>เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย</u> ได้แก่ แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบของกระบวนการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบมาตรวัดประเมินค่า (rating scale) 5 ระดับ (1-5) ประเมินเป็นรายข้อ แล้วนำผลประเมินที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยแล้วเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ คะแนนเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด คะแนนเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก คะแนนเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง คะแนนเฉลี่ย

1.51 - 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ทั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดให้คะแนนเฉลี่ยของผลการประเมินรายข้อต้องมีค่ามากกว่า 3.51 ขึ้นไป ถือว่านำไปใช้ได้ ไม่ต้องปรับปรุงแก้ไข ถ้าคะแนนเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่า 3.50 ต้องปรับปรุงแก้ไขรายละเอียดตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

จากนั้นผู้วิจัยรวบรวมผลประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิและวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเทียบระดับคะแนนความเหมาะสมกับเกณฑ์ และวิเคราะห์ข้อมูลจากข้อเสนอแนะเพื่อเตรียมปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอน ทั้งนี้ผู้วิจัยวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงของแบบประเมินด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบราค มีค่าเท่ากับ 0.83 และค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ – inter rater reliability) มีค่าอยู่ในช่วง 0.63-0.96 จากนั้นปรับปรุงแก้ไขและจัดทำเอกสารกระบวนการเรียนการสอนให้ถูกต้องชัดเจนพร้อมต่อการนำไปใช้ได้อย่างถูกต้อง

ผลการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 7 คน สรุปว่า รายละเอียดเนื้อหาตามองค์ประกอบของกระบวนการเรียนการสอน มีค่าความเหมาะสมมากกว่า 3.51 ทุกรายการประเมิน มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของกระบวนการเรียนการสอนอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.61, SD = 0.62) เมื่อจำแนกตามรายองค์ประกอบ พบว่า ทุกองค์ประกอบมีคะแนนเฉลี่ยความเหมาะสมระหว่าง 4.43-4.71 คะแนน องค์ประกอบที่มีคะแนนเฉลี่ยความเหมาะสมน้อยที่สุด ได้แก่ การวัดและประเมินกระบวนการเรียนการสอน ($\bar{X}$ = 4.43, SD = 0.79) และองค์ประกอบที่มีคะแนนเฉลี่ยความเหมาะสมมากที่สุด ได้แก่ หลักการและวัตถุประสงค์ของกระบวนการเรียนการสอน ($\bar{X}$ = 4.71, SD = 0.49) และมีข้อเสนอแนะจากในการปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอน ดังรายละเอียดตามตารางที่ 7 ก่อนจะปรับปรุงแก้ไขกระบวนการเรียนการสอนและเอกสารประกอบอีกครั้ง ก่อนนำไปทดลองใช้ในระยะการวิจัยขั้นต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิและการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการเรียนการสอน

ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ	การปรับปรุงแก้ไข
ลักษณะการเขียนหลักการของกระบวนการเรียนการสอนบางข้อยังไม่สอดคล้องกับสาระสำคัญของแนวคิดที่นำมาเป็นพื้นฐานในการพัฒนากระบวนการเรียนการสอน	ปรับแก้หลักการของกระบวนการเรียนการสอนใหม่ทั้งหมดและจัดลำดับตามความสำคัญของก่อนหลังในการคิดวางแผนกลยุทธ์ รวมถึงตัดหลักการข้อที่ไม่สอดคล้องกับสาระสำคัญของแนวคิดที่นำมาเป็นฐานการพัฒนาออก และขยายหลักการบางข้อที่มีรายละเอียดมากเกินไปให้เป็น 2 ข้อ (หลักการของกระบวนการเรียน และหลักการของแนวคิดที่นำมาเป็นฐานในการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนฉบับสมบูรณ์แสดงในคู่มือการใช้กระบวนการเรียนการสอน ซึ่งจะปรากฏอยู่ในภาคผนวก)
ขั้นตอนย่อยในบางขั้นของกระบวนการเรียนการสอนไม่สอดคล้องกับขั้นตอนหลัก เช่น ขั้นที่ 1.1 การสร้างความเข้าใจในความรู้พื้นฐาน ไม่สอดคล้องกับขั้นที่ 1 ตั้งเป้าหมายจากปัญหา หรือขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์มีลักษณะบางส่วนทับซ้อนกับขั้นที่ 3	ปรับแก้ไขชื่อขั้นและขั้นตอนย่อยให้กระชับสะดวกต่อการเรียก และสื่อให้เห็นถึงลักษณะของกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในขั้นตอนนั้น ๆ รวมถึงปรับรวบขั้นตอนย่อยบางขั้น เช่น ในขั้นตอนที่ 3 ที่มีความเกี่ยวข้องกันให้เป็นขั้นตอนย่อยเดียวกัน โดยยังคงกิจกรรมการเรียนการสอนสำคัญไว้เช่นเดิม รวมถึงปรับแก้รายละเอียดของขั้นที่ 4 ไม่ให้ทับซ้อนกับขั้นตอนที่ 3
การใช้คำถามเพื่อการตรวจสอบและวิเคราะห์สภาพแวดล้อมเข้าใจยาก เป็นภาษาหลักการ ผู้เรียนอาจไม่เข้าใจ หรือไม่สามารถตอบคำถามได้ดีเท่าที่ควร ทำให้การวิเคราะห์ตนเองเกิดได้ไม่ดีเท่าที่ควร	ปรับแก้ไขการใช้คำในคำถามถามเพื่อการตรวจสอบและวิเคราะห์สภาพแวดล้อมให้เข้าใจง่ายขึ้น มีลักษณะการใช้คำในเชิงพฤติกรรมมากขึ้น
ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์ยังไม่แสดงกรอบแนวคิดสำคัญในการตรวจสอบหรือประเมินผลการใช้กลยุทธ์	ผู้วิจัยศึกษาเพิ่มเติมและนำหลักการของเครื่องมือในการตั้งเป้าหมายและการกำหนดตัววัดผล (Objective Key Results: OKRs) มาใช้เป็นกรอบแนวคิดสำคัญในการตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์ด้วยวิธีการประเมินการทำงาน การทบทวนหลังการปฏิบัติงาน การพูดคุยสะท้อนคิด ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เพิ่มขั้นตอนการกำหนดตัววัดผลในขั้นที่ 1 เพื่อให้เป็นไปตามหลักการของการประเมินผลลัพธ์ตามตัววัดผล
บทบาทของผู้สอนและบทบาทของผู้เรียนในบางข้อยังไม่สอดคล้องกับแนวทางการจัดกิจกรรม รวมถึงควรเปลี่ยนคำว่าบทบาทเป็นพฤติกรรม	แก้ไขคำว่าบทบาทของผู้สอน และบทบาทของผู้เรียน เป็นพฤติกรรมการสอน และพฤติกรรมการเรียนตามลำดับ และเพิ่มเติมรายละเอียดของพฤติกรรมให้สอดคล้องกับแนวทางการจัดกิจกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 รายละเอียดการแก้ไขกระบวนการเรียนการสอนฉบับร่างตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

รายละเอียดกระบวนการเรียนการสอนฉบับร่าง	การแก้ไข
หลักการของกระบวนการเรียนการสอน 1. การออกแบบแผนงานอย่างเป็นระบบและเป็นขั้นตอนแบบย้อนกลับ ด้วยการหลีกเลี่ยงแนวคิดแบบเดิม หรือการใช้แนวคิดใหม่ ๆ ที่หลากหลาย จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเห็นภาพการทำงานในอนาคตและดำเนินการสู่เป้าหมายของการสร้างผลงานที่ต้องการอย่างมีประสิทธิภาพด้วยความคิดสร้างสรรค์ 2. การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมด้วยวิธีการที่หลากหลาย จะช่วยให้ผู้เรียนมีข้อมูลที่ลึกซึ้งสามารถเห็นภาพการทำงานในอนาคตและไปถึงเป้าหมายของการสร้างผลงานอย่างมีประสิทธิภาพ 3. แนวทางการทำงานที่ผู้เรียนค้นหาและกำหนดด้วยตนเอง โดยหลีกเลี่ยงการใช้มโนทัศน์แบบเดิม และพยายามสร้างความคิดใหม่ จะเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในบรรลุเป้าหมายการทำงานของผู้เรียน ผ่านการช่วยเหลือและตรวจสอบจากผู้สอนเพื่อให้การวางแผนมีประสิทธิภาพและเกิดจากสิ่งที่ผู้เรียนเข้าใจอย่างแท้จริง 4. ผู้เรียนต้องทบทวนและปรับปรุงแผนการทำงานของตนเองสม่ำเสมอ โดยหลีกเลี่ยงวิธีการปฏิบัติแบบเดิม ๆ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ใหม่ ๆ ที่ไม่เคยพบมาก่อน ซึ่งจะไปสู่การแก้ไขแผนงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงเกิดการเรียนรู้อย่างมีคุณค่า 5. การกำหนดผลลัพธ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมกับตนเองและท้าทาย จากแนวทางที่แปลกใหม่ไม่เหมือนเดิม จะช่วยให้การทำงานให้บรรลุผลลัพธ์มีคุณค่าและสร้างแรงจูงใจในการพยายามบรรลุเป้าหมายตามผลลัพธ์ที่ตั้งไว้	**หลักการของกระบวนการเรียนการสอน** 1. การกำหนดผลลัพธ์ล่วงหน้าและแผนการทำงานที่เหมาะสมกับตนเองและท้าทาย จากแนวทางที่แปลกใหม่ ไม่เหมือนเดิม จะช่วยให้การทำงานมีคุณค่า สร้างแรงจูงใจในการแก้ปัญหาให้บรรลุผลลัพธ์ที่ตั้งไว้ 2. การค้นคว้าข้อมูลและวิเคราะห์สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานด้วยแนวทางที่หลากหลาย ทำให้เกิดความเข้าใจในประเด็นหรือปัญหาได้อย่างลึกซึ้ง 3. การออกแบบแผนงานอย่างเป็นระบบและเป็นขั้นตอนแบบย้อนกลับ ด้วยการหลีกเลี่ยงแนวคิดแบบเดิม หรือการใช้แนวคิดใหม่ ๆ ที่หลากหลาย ช่วยให้เห็นภาพการปฏิบัติงานในอนาคตและดำเนินการสู่เป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพด้วยความคิดสร้างสรรค์ 4. การสืบสอบหาแนวปฏิบัติด้วยความคิดนอกกรอบจะทำให้ได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการบรรลุเป้าหมายการทำงาน เพราะเกิดจากการวางแผนที่มีประสิทธิภาพและเป็นสิ่งที่ผู้ปฏิบัติเข้าใจอย่างแท้จริง 5. การทบทวนและปรับปรุงแผนงานของตนเองอย่างสม่ำเสมอ โดยหลีกเลี่ยงวิธีการปฏิบัติแบบเดิม ๆ ทำให้เกิดการเรียนรู้ใหม่ ๆ ที่ไม่เคยพบมาก่อน ซึ่งจะไปสู่การแก้ไขแผนงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ
วัตถุประสงค์ของกระบวนการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต	(ไม่มีแก้ไข)

รายละเอียดกระบวนการเรียนการสอนฉบับร่าง	การแก้ไข
ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาและสร้างภาพในอนาคต 1.1 การสร้างความเข้าใจในความรู้พื้นฐาน 1.2 การระบุปัญหา 1.3 การสร้างภาพในอนาคต	**ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน** ขั้นที่ 1 ตั้งเป้าหมายจากปัญหา 1.1 เปิดโลกรายวิชา 1.2 รู้จักปัญหา 1.3 ตั้งเป้าหมายในอนาคต (เพิ่มเติมขั้นตอนการกำหนดตัววัดผลของเป้าหมาย)
ขั้นที่ 2 วิเคราะห์และกำหนดกลยุทธ์ 2.1 การวิเคราะห์ SWOT 2.2 การเติมเต็มความรู้	ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์ 2.1 วิเคราะห์ตนและเติมความรู้ (รวม 2.1, 2.2 เดิม)
คำถามที่ใช้ในการวิเคราะห์ SWOT 1. ข้อเด่นหรือสิ่งที่ตนเองมีอยู่และมีสมรรถนะในการส่งเสริมการทำงานหรือแก้ปัญหา 2. ข้อจำกัดที่ตนเองมีอยู่และมีสมรรถนะด้อยกว่าคู่แข่งหรือทำให้แก้ปัญหาได้ล่าช้า 3. เหตุการณ์เชิงบวกหรือคุณค่าที่จะเกิดขึ้นทำให้ตนเองมีสมรรถนะที่จะดำเนินการบางอย่างได้เร็วขึ้น 4. เหตุการณ์เชิงลบที่อาจเกิดขึ้นได้และก่อให้เกิดความเสียหายต่อการทำงาน	*คำถามที่ใช้ในการวิเคราะห์ SWOT* 1. อะไรเป็นเหตุการณ์เชิงบวก หรือโอกาสที่อาจจะเกิดขึ้น และช่วยส่งเสริมให้ดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วขึ้น 2. อะไรเป็นเหตุการณ์เชิงลบ หรืออุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นและส่งผลกระทบหรือก่อความเสียหายต่อการทำงาน 3. อะไรคือข้อเด่นหรือสิ่งที่ตนเองมีอยู่และส่งเสริมการทำงานหรือแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ 4. อะไรคือข้อจำกัดที่ตนเองมีอยู่ และทำให้ด้อยกว่าผู้อื่นหรือทำให้การแก้ปัญหาเป็นอย่างล่าช้า
2.3 การกำหนดกลยุทธ์	2.2 กำหนดกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม
ขั้นที่ 3 ปฏิบัติตามกลยุทธ์ 3.1 การออกแบบนวัตกรรม 3.2 การสร้างนวัตกรรม 3.3 การทดลองใช้และปรับปรุงนวัตกรรม 3.4 การนำเสนอนวัตกรรม	ขั้นที่ 3 ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนนวัตกรรม 3.1 ออกแบบนวัตกรรม 3.2 สร้างนวัตกรรม 3.3 นำเสนอนวัตกรรม (รวม 3.3 และ 3.4 เดิม)
ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์	ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์ (เพิ่มเติมกิจกรรมที่ใช้หลักการของเครื่องมือในการตั้งเป้าหมายและการกำหนดตัววัดผล: OKRs)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระยะที่ 3 การศึกษาผลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

การศึกษาผลของการใช้กระบวนาการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตที่พัฒนาขึ้นโดยใช้แนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และแนวคิดการคิดนอกกรอบ แบ่งขั้นตอนการดำเนินการออกเป็น 3 ขั้น คือ การเตรียมการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอน การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล การทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น มีรายละเอียดดังนี้

3.1 การเตรียมการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอน

การเตรียมการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนเป็นขั้นตอนการกำหนดกลุ่มตัวอย่างในการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอน และจัดเตรียมแผนการสอนตามขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

3.1.1 กำหนดกลุ่มตัวอย่างและรายวิชาในการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอน

ผู้วิจัยกำหนดบริบทของกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตที่เรียนอยู่ในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาที่มีเนื้อหาเคมีประยุกต์ซึ่งเป็นวิชาบังคับในหลักสูตร ทั้งนี้นักศึกษาต้องผ่านการเรียนวิชาเคมีขั้นพื้นฐานที่สำคัญและจำเป็นมาก่อน จากนั้นกำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 8 คน รายวิชาดังกล่าวเป็นวิชาบังคับเลือกในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี จำนวน 3 หน่วยกิต (2-2-5) มีเวลาเรียน 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เป็นภาคบรรยาย 2 ชั่วโมง และภาคปฏิบัติ 2 ชั่วโมง เหตุผลที่เลือกรายวิชาดังกล่าว เนื่องจากเป็นรายวิชาที่มีสาระสำคัญทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติเหมาะสมต่อการประยุกต์ความรู้เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาและปฏิบัติในสถานการณ์จริงสอดคล้องกับลักษณะของกระบวนการเรียนการสอนในครั้งนี้ นอกจากนั้นรายวิชาดังกล่าวมีระยะเวลาเพื่อการปฏิบัติและฝึกฝนอย่างเพียงพอเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นเริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ – มิถุนายน 2563 รวมระยะเวลา 4 เดือน

ทั้งนี้การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้มีเกณฑ์การคัดเข้าเพิ่มเติม คือ เป็นนักศึกษาที่ยินดีเข้าร่วมการวิจัย และเกณฑ์การคัดออกในงานวิจัยนี้ คือ ไม่มีกรณีใด ๆ ที่จะคัดผู้ร่วมวิจัยออก นอกจากผู้เข้าร่วมวิจัยประสงค์จะออกจากการวิจัยเอง ทั้งนี้นักศึกษาที่ออกจากการวิจัยจะได้รับการสอนตามกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น เนื่องจากกระบวนการเรียนการสอนดังกล่าวจัดเพื่อส่งเสริมผลลัพธ์การเรียนรู้ตามรายวิชา มีการวัดและประเมินผลตามเกณฑ์ของรายวิชา แต่จะไม่ได้รับการประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีจากเครื่องมือที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

3.1.2 สร้างแผนการจัดการเรียนการสอน

ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดการเรียนการสอนตามขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดรายวิชาจากรายละเอียดของหลักสูตร (มคอ.2) ในด้านคำอธิบายรายวิชา แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล รายละเอียดการแสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชา เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดทำแผนการจัดการเรียนการสอน

2. กำหนดเนื้อหาเพื่อใช้ในการทดลองสอนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

3. เขียนแผนการจัดการเรียนการสอน จำนวน 4 แผน และพัฒนาสื่อการเรียนรู้ ซึ่งแต่ละแผนการจัดการเรียนการสอนจะประกอบด้วย ชื่อแผนการจัดการเรียนการสอน จำนวนชั่งโมงเรียน ผลลัพธ์การเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล โดยกำหนดรายละเอียดแต่ละแผนการจัดการเรียนการสอนตามขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน ดังแต่ละแผนการสอนมีรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 9 รายละเอียดการจัดทำแผนการจัดการเรียนการสอน

สัปดาห์ที่สอน	หัวเรื่อง	จำนวนชั่วโมง
สัปดาห์ที่ 1-2	แผนการสอนที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสาระสำคัญของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ	8
สัปดาห์ที่ 3-7	แผนการสอนที่ 2 ลักษณะโครงสร้างและสมบัติของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติกลุ่มต่าง ๆ, กลไกการเกิดปฏิกิริยาในวิถีชีวสังเคราะห์ฯ, การสกัดแยกและการทำให้สารบริสุทธิ์ การพิสูจน์ทราบโครงสร้างทางเคมีของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ, การนำสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติไปใช้ประโยชน์	20
สัปดาห์ที่ 8-14	แผนการสอนที่ 3 ปฏิบัติการทางเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ: การพัฒนานวัตกรรมทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ	28
สัปดาห์ที่ 15	แผนการสอนที่ 4 กระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ	4

4. นำแผนการจัดการเรียนการสอนและเอกสารประกอบที่พัฒนาขึ้นไปสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้วยการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ในลักษณะการประเมินความสอดคล้อง และให้ข้อเสนอแนะ และรวบรวมผลประเมินวิเคราะห์และพิจารณาความสอดคล้องดังรายละเอียดต่อไปนี้

กลุ่มตัวอย่าง ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 7 คน เลือกแบบเจาะจง ประกอบด้วยอาจารย์ผู้สอนระดับอุดมศึกษาที่มีประสบการณ์ด้านการสอนมากกว่า 5 ปี และเชี่ยวชาญในแนวคิดพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนในครั้งนี้ ได้แก่ อาจารย์สาขาวิชาบริหารธุรกิจ จำนวน 1 คน อาจารย์สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนหรือการสอนเคมี จำนวน 3 คน และอาจารย์ในสาขาวิชาวัดและประเมินผล จำนวน 1 คน อาจารย์ในสาขาวิชาเคมี จำนวน 2 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิในลักษณะของการประเมินความสอดคล้อง (index of item-objective congruence: IOC) โดยข้อที่มีค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ถือว่าเหมาะสม แสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิส่วนใหญ่เห็นว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ สามารถนำใช้ได้หรือนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะก่อนนำมาใช้ ส่วนข้อที่ได้ค่า IOC น้อยกว่า 0.50 ถือว่าไม่เหมาะสมอาจตัดทิ้งหรือปรับปรุง แก้ไขแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิลงความเห็นอีกครั้งก่อนสรุปผล

ผลการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 7 คน สรุปว่า รายละเอียดของเนื้อหาของแผนการจัดการเรียนการสอนมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง ทุกรายการประเมินสามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

ตารางที่ 10 ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิและการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนการสอน

ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ	การปรับปรุงแก้ไข
กิจกรรมการเรียนการสอนบางรายการยังไม่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา เช่น การสอดแทรกความคิดนอกกรอบยังแยกออกจากสาระการเรียนรู้ของรายวิชา คำถามสรุปกิจกรรมยังไม่นำไปสู่การคิดนอกกรอบที่สอดคล้องกับเนื้อหาสาระของรายวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ	ปรับแก้ไขกิจกรรมการเรียนการสอนให้การยกตัวอย่างสถานการณ์เกี่ยวข้องเนื้อหาสาระของรายวิชา เช่น การยกตัวอย่างสารเคมีในการจัดกลุ่มสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ หรือการยกสถานการณ์ความสำคัญของการเรียนวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในการหาคำตอบหลาย ๆ แนวทางเพื่อส่งเสริมความคิดนอกกรอบ
จุดประสงค์การเรียนรู้ในบางข้อยังไม่ชัดเจน	ปรับการเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ให้เป็นเชิงพฤติกรรม
คำถามบางข้อในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนยังเข้าใจยาก เช่น อะไรเป็นสมรรถนะที่ด้อยกว่าคู่แข่ง	เปลี่ยนการใช้คำในคำถามในกิจกรรมการสอนให้สื่อความเข้าใจได้ทันที เช่น อะไรเป็นข้อจำกัดที่ตนเองมีอยู่ และทำให้การทำงานหรือแก้ไขปัญหาเป็นไปอย่างล่าช้ากว่าผู้อื่น
ไม่มีการระบุสื่อที่เกี่ยวข้องกับการเรียนในห้องปฏิบัติการและการสร้างผลงานวิจัยของผู้เรียน	ระบุสื่อที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการให้ชัดเจน
บทบาทของผู้เรียนในแผนที่ 4 ยังไม่สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนการสอน	ปรับแก้ไขพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียนให้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนการสอน เช่น กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นการนำเสนอ แต่พฤติกรรมการเรียนเน้นการฟังเป็นการนำเสนอผลงาน

3.2 การสร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนในครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลของนักศึกษารายบุคคล ประกอบด้วยเครื่องมือในการเก็บข้อมูลทั้งเชิงปริมาณ คือ แบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี เครื่องมือในการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ คือ บันทึกการเรียนรู้ และมีขั้นตอนการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยเป็นไปดังนี้

3.2.1 พัฒนาแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

เนื่องด้วยการสร้างนวัตกรรมทางเคมี เป็นกระบวนการที่เกิดจากการตกผลึกความคิดของผู้เรียน ก่อนที่จะลงมือปฏิบัติงาน ดังนั้นกระบวนการทำงานบางขั้นตอนอาจเกิดขึ้นนอกเวลาเรียน ผู้วิจัยจึงใช้เครื่องมือประเภทที่ไม่ใช้การทดสอบในเก็บข้อมูล แต่ใช้การประเมินผลงานรายบุคคลและกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (Scoring Rubric) ให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ เป็น 3 ระดับ ซึ่งมีเกณฑ์คุณภาพลดหลั่นกันลงไป แบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีครั้งนี้คิดน้ำหนักคะแนนเป็นร้อยละ 100 แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การประเมินกระบวนการสร้างนวัตกรรมทางเคมี คิดเป็นร้อยละ 75 และ ส่วนที่ 2 คือ การประเมินผลงานนวัตกรรม คิดเป็นร้อยละ 25 ประกอบด้วยรายการประเมินทั้งสิ้น 19 ข้อ จาก 4 องค์ประกอบ การคิดคะแนน จะนำคะแนนรวมในแต่ละองค์ประกอบคูณด้วยน้ำหนัก แล้วนำคะแนนแต่ละองค์ประกอบมารวมกัน เป็นคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ผู้ใช้แบบประเมินนี้ได้แก่ ผู้สอน ใช้ประเมินพฤติกรรมของนักศึกษา และผู้ทรงคุณวุฒิใช้ประเมินผลงานของนักศึกษาในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี และระบุระดับคุณภาพจากเกณฑ์ที่กำหนดตามความเห็นของผู้ประเมิน จากการเก็บข้อมูลจากการตรวจประเมินนวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้น รวมถึงการนำเสนอผลงานนวัตกรรมทางเคมี และกระบวนการสร้างนวัตกรรมทางเคมี แบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีนี้ดัดแปลงจากมาตรฐานในการประเมินนวัตกรรมของเนาวนิตย์ สงคราม (2556) เกณฑ์การพิจารณาคุณภาพของนวัตกรรมการศึกษาของพิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2554) และแบบประเมินคุณภาพนวัตกรรมการเรียนการสอนของชาริณี ตรีวรัญญู (2559) มีตัวบ่งชี้ต่าง ๆ ให้ครอบคลุมทุกองค์ประกอบ และมีขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินนวัตกรรม หลักการประเมินตามสภาพจริง แนวทางการสร้างเครื่องมือวัดพฤติกรรม นิยามเชิงปฏิบัติการของนวัตกรรมทางเคมี ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี และองค์ประกอบความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่ได้จากข้อสรุปความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านนวัตกรรมทางเคมี

2. กำหนดลักษณะของแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ กระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี เป็นส่วนที่ประเมินความครบถ้วนชัดเจน

ของขั้นตอนในการทำงานสร้างนวัตกรรมทางเคมี ความเป็นระบบระเบียบของกระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี การค้นคว้าข้อมูลที่สำคัญจำเป็นต่อการทำงาน ตลอดจนการมีส่วนร่วมของบุคคลที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยองค์ประกอบที่ 1-3 ของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี และส่วนที่ 2 คือ คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี เป็นส่วนที่ประเมินผลงานนวัตกรรมโดยพิจารณาจากผลของการใช้นวัตกรรม ประกอบด้วยองค์ประกอบที่ 4 ของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

3. วิเคราะห์และกำหนดตัวบ่งชี้ในการประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี โดยอาศัยองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี 4 องค์ประกอบหลัก รวมถึงพฤติกรรมบ่งชี้ตามคำนิยามในแต่ละองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีให้ชัดเจน ดังรายละเอียดในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 องค์ประกอบของการวัดความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีและตัวบ่งชี้

องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	ตัวบ่งชี้	พฤติกรรมหรือลักษณะบ่งชี้
ส่วนที่ 1 กระบวนการสร้างนวัตกรรมทางเคมี		
1. การระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี	1.1 การได้มาของข้อมูลสภาพปัญหาในการพัฒนานวัตกรรม	ศึกษา ค้นคว้า และเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการพัฒนา
	1.2 การระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี	ระบุปัญหาในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่สามารถแก้ไขได้ด้วยการบูรณาการองค์ความรู้ทางเคมี
	1.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา	วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	2.1 การกำหนดประเด็นสำคัญในการสืบค้นความรู้ที่จำเป็น	กำหนดประเด็นสำคัญในการสืบค้นความรู้ได้ถูกต้องครบถ้วน และสอดคล้องกับนวัตกรรมที่จะพัฒนาขึ้นหรือปัญหาที่กำหนดไว้
	2.2 การสืบค้นองค์ความรู้ในสาขาวิชาเคมีและนวัตกรรมทางเคมีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	ค้นคว้าองค์ความรู้เคมีที่จำเป็นในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี มีการใช้และอ้างอิงแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ รวมถึงสำรวจนวัตกรรมทางเคมีที่มีอยู่แล้ว
	2.3 การเลือกใช้ข้อมูลทางเคมีเพื่อแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรม	นำหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีทางเคมีเป็นพื้นฐานในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีมาใช้แก้ปัญหาหรือสนองตอบวัตถุประสงค์ของนวัตกรรมที่จะพัฒนา
	2.4 การศึกษาข้อจำกัดในการพัฒนานวัตกรรม	มีการศึกษาข้อจำกัดต่าง ๆ จะส่งผลต่อการพัฒนานวัตกรรม
	2.5 การบูรณาการความรู้เพื่อแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรม	มีการบูรณาการความรู้ที่ได้จากการค้นคว้าร่วมกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม และนำไปใช้แก้ปัญหา

CHULALONGKORN UNIVERSITY

องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	ตัวบ่งชี้	พฤติกรรมหรือลักษณะบ่งชี้
3. การพัฒนานวัตกรรมทางเคมี	3.1 การกำหนดวัตถุประสงค์ของนวัตกรรมทางเคมี	ระบุวัตถุประสงค์ของการสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่จะพัฒนาขึ้นให้สอดคล้องและสามารถแก้ปัญหา
	3.2 การออกแบบนวัตกรรมทางเคมี	ออกแบบนวัตกรรมที่มีแนวโน้มที่จะแก้ปัญหาได้จริงด้วยองค์ความรู้ที่จำเป็น
	3.3 การวางแผนการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	มีการวางแผนและกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานตามในกรอบเวลาที่กำหนด
	3.4 การสร้างนวัตกรรมทางเคมีด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	สร้างนวัตกรรมโดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ทดลองหรือทดสอบ และนำข้อผิดพลาดจากการดำเนินการมาใช้ในการแก้ปัญหา
	3.5 ระยะเวลาในการสร้างนวัตกรรม	สร้างนวัตกรรมสำเร็จตามแผนที่กำหนดไว้ และสามารถนำไปใช้งานได้
	3.6 การรับข้อคิดเห็นเพื่อนำมาปรับปรุงนวัตกรรม	รับฟังข้อคิดเห็นหรือแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเพื่อน และสามารถนำข้อคิดเห็นที่เป็นไปได้มาปรับปรุงนวัตกรรม
	3.7 องค์ประกอบของนวัตกรรม	กำหนดองค์ประกอบ โครงสร้าง ลักษณะหรือประเภทของนวัตกรรม
	3.8 ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	แสดงให้เห็นว่านวัตกรรมเป็นผลงานที่สร้างสรรค์ขึ้นมาใหม่หรือต่อยอด
ส่วนที่ 2 คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี		
4. คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี	4.1 ผลการใช้งานนวัตกรรมทางเคมี	นวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้งานและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการสร้างนวัตกรรม
	4.2 ความสะดวกในการนำนวัตกรรมทางเคมีไปใช้	นวัตกรรมที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการนำไปใช้งาน ขั้นตอนการใช้งานหรือนำไปปฏิบัติได้ง่ายไม่ซับซ้อน หรือใช้เวลาไม่นานในการทำความเข้าใจ
	4.3 แนวโน้มการขยายผลในเชิงพาณิชย์	นวัตกรรมที่สร้างมีแนวโน้มนำไปสู่การขยายผลการผลิตในเชิงพาณิชย์หรือนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

4. กำหนดระดับคุณภาพในการประเมินเป็น 3 ระดับ ได้แก่

ระดับ 2 หมายถึง พฤติกรรมถูกต้อง สอดคล้อง หรือดำเนินการครอบคลุมเหมาะสม

ระดับ 1 หมายถึง พฤติกรรมถูกต้อง สอดคล้อง หรือดำเนินการครอบคลุมเหมาะสมบางส่วน

ระดับ 0 หมายถึง พฤติกรรมไม่ถูกต้อง ไม่สอดคล้อง หรือดำเนินการไม่ครอบคลุมและไม่เหมาะสม

และระบุคำอธิบายพฤติกรรมหรือลักษณะบ่งชี้ในแต่ละระดับคุณภาพให้สอดคล้องกัน พร้อมทั้งระบุเกณฑ์การประเมินผล ดังตัวอย่างแสดงในตารางที่ 12 รวมถึงกำหนดสัดส่วนการให้น้ำหนักคะแนนและคะแนนในแต่ละองค์ประกอบตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้จากการตรวจสอบคำนิยามและองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในการศึกษาและวิจัยระยะที่ 1 ดังรายละเอียดดังตารางที่ 13

ตารางที่ 12 ตัวอย่างการกำหนดคำอธิบายพฤติกรรมบ่งชี้ในแต่ละระดับคุณภาพ

พฤติกรรมหรือลักษณะบ่งชี้	**ระดับคุณภาพ**	**คำอธิบายระดับคุณภาพ**
องค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี		
1.1 การได้มาของข้อมูลสภาพปัญหาหรือประเด็นในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี	ระดับ 2	ศึกษา ค้นคว้า และเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการพัฒนาอย่างเพียงพอและรอบด้าน
	ระดับ 1	ศึกษา ค้นคว้า และเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการพัฒนาได้บางส่วน แต่ยังไม่เพียงพอ
	ระดับ 0	ไม่มีการศึกษา ค้นคว้า และเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการพัฒนา
1.2 การระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี	ระดับ 2	ระบุปัญหาในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่สามารถแก้ไขได้ด้วยการบูรณาการองค์ความรู้ทางเคมี
	ระดับ 1	ระบุปัญหาในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่สามารถแก้ไขได้ด้วยองค์ความรู้เคมีพื้นฐาน
	ระดับ 0	ระบุปัญหาที่แก้ไขได้ด้วยองค์ความรู้ทั่วไป หรือไม่สามารถระบุปัญหาในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีได้
1.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ระดับ 2	วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จนทราบสาเหตุของปัญหาอย่างชัดเจน
	ระดับ 1	วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แต่ไม่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้แน่ชัด
	ระดับ 0	วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นโดยไม่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ หรือไม่มีการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 การกำหนดน้ำหนักคะแนนและคะแนนในแต่ละองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

องค์ประกอบของความสามารถฯ	จำนวนตัวบ่งชี้	คะแนนเต็ม	ค่าน้ำหนัก
ส่วนที่ 1 กระบวนการสร้างนวัตกรรมทางเคมี (ร้อยละ 75)			
1. การระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี	3	6	15%
2. การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	5	10	25%
3. การพัฒนานวัตกรรมทางเคมี	8	16	40%
ส่วนที่ 2 คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี (ร้อยละ 25)			
4. คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี	3	6	25%
รวมทั้งสิ้น	**19**	**38**	**100%**

นอกจากนั้นผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ระดับของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีโดยแบ่งเป็นช่วงคะแนนความสามารถตามเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมของเนาวนิตย์ สงคราม (2556) และและกำหนดให้คะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมในระดับพอใช้ หรือ 60 คะแนนขึ้นไป เป็นเกณฑ์ผ่านในการประเมินความสามารถตาม การประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมของ Lu และคณะ (2013) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

80 – 100 คะแนน หมายถึง มีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในระดับดีเยี่ยม

70 – 79 คะแนน หมายถึง มีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในระดับดี

60 – 69 คะแนน หมายถึง มีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในระดับพอใช้

0 – 59 คะแนน หมายถึง มีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในระดับต่ำหรือต้องปรับปรุง

5. นำแบบประเมินและเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีเสนอผู้เชี่ยวชาญด้านนวัตกรรมและผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาเคมี การสอนวิชาเคมี และการวัดและประเมินผล จำนวน 7 คน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและโครงสร้าง ได้แก่ องค์ประกอบของเครื่องมือ ความถูกต้องครอบคลุมและความสอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี โดยใช้มาตรประมาณ 3 ระดับ ได้แก่ ถูกต้องเหมาะสม ไม่แน่ใจ ไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสม รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่เป็นปลายเปิด จากนั้นผู้วิจัยจะนำผลการประเมินมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) โดยกำหนดค่าคะแนนเช่นเดียวกับการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น และคัดเลือกหัวข้อหรือประเด็นที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

ผลการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 7 คน พบว่าผู้ทรงคุณวุฒิส่วนใหญ่เห็นด้วยกับองค์ประกอบย่อยและ

พฤติกรรมบ่งชี้ในแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี มีค่า IOC เท่ากับแต่ละองค์ประกอบย่อยระหว่าง 0.71-1.00 และมีข้อเสนอแนะให้แก้ไขคำอธิบายในแต่ละระดับคุณภาพให้สังเกตได้ง่ายหรือเป็นเชิงปริมาณเพื่อความชัดเจนในการประเมิน และระบุรายละเอียดของการให้คะแนนและการแปลผลคะแนนในแบบประเมินให้ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประเมินในส่วนของกระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี เป็นการประเมินในระหว่างการใช้กระบวนการเรียนการสอน แต่ไม่มีรายละเอียดระบุว่าแบบประเมินนี้จะใช้ในช่วงใด อย่างไร

6. หลังจากแก้ไขและปรับปรุงแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีตามข้อเสนอแนะ ผู้วิจัยนำแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีไปใช้ (ตัวอย่างของแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีแสดงในภาคผนวก) และเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้มาทดสอบความเที่ยงด้วยการทดสอบความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Inter-Rater Reliability: IRR) เพื่อศึกษาความสอดคล้องภายในของแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีจากการให้คะแนนผลงานนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาชิ้นเดียวกันจากผู้ประเมิน จำนวน 2 คน คือ ผู้วิจัยและอาจารย์ผู้ประสานงานรายวิชาในประเมินส่วนที่ 1 ของแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี และผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินส่วนที่ 2 ของแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Interclass Correlation Coefficient: ICC) เพื่อวัดความสอดคล้องกันของผู้ประเมินผ่านค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นด้วยตัวแบบ Two-Way Mixed-Effects Model (ประเมินผลงานด้วยผู้ประเมินคนเดียวกัน ซึ่งผู้ประเมินเลือกมาจากผู้ประเมินที่สนใจ) มีค่าคะแนนอยู่ระหว่าง 0-1 หากมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมินในระดับสูงมาก และมีเกณฑ์ความเชื่อมั่น ดังนี้ (Cicchetti, 1994)

0.75 – 1.00 หมายถึง มีความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมินอยู่ในระดับดีมาก

0.60 – 0.74 หมายถึง มีความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมินอยู่ในระดับดี

0.40 – 0.59 หมายถึง มีความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมินอยู่ในระดับพอใช้

0.0– 0.39 หมายถึง มีความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมินอยู่ในระดับต่ำ

ผลการวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงของแบบประเมินด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบราคมีค่าเท่ากับ 0.83 และค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ – inter rater reliability) มีค่าอยู่ในช่วง 0.63-0.96

3.2.2 พัฒนาแบบบันทึกการเรียนรู้

บันทึกการเรียนรู้ เป็นแบบบันทึกเพื่อให้นักศึกษาตรวจสอบและประเมินตนเอง ประกอบด้วยข้อคำถามให้นักศึกษาบันทึกเหตุการณ์หรือการปฏิบัติกิจกรรม ความรู้สึกต่อเหตุการณ์ สิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ แนวทางการพัฒนาและการนำไปใช้ จำนวน 11 ข้อ เพื่อศึกษาองค์ประกอบย่อยของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในระหว่างใช้กระบวนการจัดการเรียนการสอน รวมไปถึง

การสรุปปัญหาที่ได้เรียนรู้ตามกระบวนการเรียนการสอน ข้อดี ข้อเสนอแนะปรับปรุง ผู้วิจัยกำหนดให้ให้ผู้เรียนส่งบันทึกการเรียนรู้หลังสิ้นสุดการสอนแต่ละครั้ง โดยให้ผู้เรียนเขียนบรรยายการปฏิบัติของตนเอง ประเด็นที่จะให้ผู้เรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้มีทั้งที่เป็นประเด็นเฉพาะสัปดาห์ และประเด็นที่ต้องบันทึกในทุกสัปดาห์ (แสดงในภาคผนวก) เพื่อเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ ในการศึกษาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีรายองค์ประกอบให้ชัดเจนยิ่งขึ้นอีกประการหนึ่ง ขั้นตอนในการสร้างบันทึกการเรียนรู้ ประกอบด้วย

1. ศึกษาตำราและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบบันทึกการเรียนรู้ และพฤติกรรมบ่งชี้จากองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

2. นำพฤติกรรมบ่งชี้จากองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีมาออกแบบข้อคำถามที่ใช้ในการเขียนบันทึกการเรียนรู้

3. นำแบบบันทึกการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 คน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของเนื้อหาที่ครอบคลุมข้อความ ภาษาและไวยากรณ์ที่ใช้ โดยพิจารณาเป็นรายข้อและให้คะแนนความสอดคล้องเช่นเดียวกับการตรวจสอบกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น จากนั้นผู้วิจัยจะนำผลการประเมินมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) และคัดเลือกหัวข้อหรือประเด็นที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ .50 มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

ผลการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 7 คน พบว่าผู้ทรงคุณวุฒิส่วนใหญ่เห็นด้วยกับคำถามที่ใช้ในบันทึกการเรียนรู้ มีค่า IOC แต่ละข้อระหว่าง 0.80-1.00 และเสนอให้ระบุสถานการณ์ในการใช้คำถามให้ชัดเจน

***3.3* การขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน**

เนื่องด้วยการได้มาของข้อมูลในการวิจัยนี้ต้องติดต่อปฏิสัมพันธ์กับคน ผู้วิจัยจึงขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน เพื่อปกป้องบุคคลจากความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมวิจัย เริ่มจากการกำหนดวิธีการพิทักษ์สิทธิ การป้องกันความเสี่ยง และการรักษาความลับของกลุ่มตัวอย่าง และทำเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่างและหนังสือยิมยอมเข้าร่วมงานวิจัย จากนั้นทำหนังสือขออนุญาตในการทำวิจัยถึงคณะกรรมการพิจารณาโครงการวิจัยเพื่อเสนอขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีรายละเอียดของการพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

<u>การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง</u>

ผู้วิจัยเข้าพบกลุ่มตัวอย่างโดยการประสานงานของผู้ประสานงานรายวิชา พร้อมทั้งแนะนำตัว อธิบายวัตถุประสงค์และขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลให้กลุ่มตัวอย่างทราบ พร้อมทั้งชี้แจงกับกลุ่ม

ตัวอย่างว่าการวิจัยครั้งนี้เป็นไปด้วยความสมัครใจ โดยให้กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ตัดสินใจด้วยตนเอง และให้ลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย และแจ้งให้กลุ่มตัวอย่างทราบว่าเมื่อเข้าร่วมโครงการวิจัยแล้วหากกลุ่มตัวอย่างต้องการออกจากการวิจัย สามารถกระทำได้ตลอดเวลา โดยไม่ต้องให้เหตุผลหรือแจ้งให้ผู้วิจัยทราบ โดยการไม่เข้าร่วมวิจัยหรือถอนตัวออก จากโครงการวิจัยนี้จะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อกลุ่มตัวอย่าง ข้อมูลส่วนตัวของกลุ่มตัวอย่างจะเก็บรักษาไว้ ไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล แต่จะรายงานผลการวิจัยเป็นภาพรวม ผู้ที่มีสิทธิ์เข้าถึงข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างจะมีเฉพาะผู้ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ และคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนเท่านั้น และข้อมูลทั้งหมดจะถูกทำลายภายใน 1 ปีภายหลังจากที่ผลการวิจัยได้รับการเผยแพร่แล้ว ส่วนชิ้นงานหรือผลงานที่กลุ่มตัวอย่างสร้างขึ้น จะถือเป็นกรรมสิทธิ์ของผู้สร้าง โดยผู้วิจัยขออนุญาตนำเสนอภาพถ่ายชิ้นงานหรือผลงานประกอบผลการวิจัย โดยไม่มีระบุตัวบุคคลในรายงานการวิจัย ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยสามารถติดต่อกับผู้วิจัยได้โดยตรงเพื่อสอบถามหรือร้องขอข้อมูลเพิ่มเติมได้ตลอดงานวิจัย โดยสามารถติดต่อได้ตามเวลาของการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอน

ทั้งนี้การขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนในงานวิจัยนี้ผ่านการพิจารณารับรองตามใบรับรองเลขที่ COA 033/2563 ลงวันที่ 2 มีนาคม 2563

3.4 การทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

3.4.1 กำหนดแบบแผนการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี จากการบูรณาการแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ ด้วยการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental Design) มีแบบแผนการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม วัดผลหลังการทดลอง (The Single Group, Posttest Only Design) ดังแบบแผนการทดลองดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$E \quad X \quad O_2$$

E คือ กลุ่มทดลอง (Experimental Group)

X คือ การทดลองหรือการกระทำ ในงานวิจัยนี้คือ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

O_2 คือ การสังเกตหรือการวัดผลหลังการทดลอง (Post-Observation)

3.4.2 ทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอน

ผู้วิจัยทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นด้วยตนเอง เริ่มจากผู้วิจัยทำหนังสือถึงอธิการบดีมหาวิทยาลัยของรัฐแห่งหนึ่ง เพื่อขออนุญาตทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนและเก็บข้อมูลกับนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เมื่อได้รับอนุมัติให้เก็บข้อมูล ผู้วิจัยจะประสานงานกับอาจารย์ผู้ประสานงานรายวิชาเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย จากนั้นจะจัดปฐมนิเทศรายวิชาในวันแรกของการเรียนการสอน เพื่อชี้แจงทำความเข้าใจและขอความยินยอม

เข้าร่วมการวิจัยจากกลุ่มตัวอย่าง และแนะนำให้กลุ่มตัวอย่างทราบถึงวัตถุประสงค์ของกระบวนการเรียนการสอน การทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างสอนใช้เวลา 15 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง รวม 60 ชั่วโมง ดังรายละเอียดในตารางที่ 14 (ทั้งนี้ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเคมีของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตโดยละเอียดตลอดทั้งภาคการศึกษาไว้ในภาคผนวก)

ในระหว่างการสอน ผู้วิจัยและอาจารย์ผู้ประสานงานร่วมกันสังเกตพฤติกรรมและทำบันทึกหลังการสอน เพื่อประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในองค์ประกอบที่ 1-3 รวมถึงให้กลุ่มตัวอย่างบันทึกลงในแบบบันทึกการเรียนรู้และรวบรวมภาระงานที่มอบหมายในชั้นเรียนส่งทุกครั้งเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล และเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอน จะมีการประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในองค์ประกอบที่ 4 จากผู้ทรงคุณวุฒิ และนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอน รวมถึงข้อสังเกตของผู้วิจัยมาวิเคราะห์และสรุปประเด็นสำคัญ เพื่อนำมาใช้ปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

3.4.3 การปรับปรุงและพัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นระหว่างการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ในระหว่างที่ทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนกับกลุ่มตัวอย่างนั้น ผู้วิจัยได้ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการเรียนการสอนเพิ่มเติม ดังนี้

1. ปรับปรุงแก้ไขพฤติกรรมการสอนและพฤติกรรมการเรียนให้เหมาะสม เช่น การกระตุ้นให้นักศึกษามีบทบาทในการแสดงออกถึงการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างนวัตกรรมทางเคมี เช่น การสืบค้น การค้นคว้าข้อมูลนอกเวลาเรียน การอภิปรายกับเพื่อน เป็นต้น

2. เพิ่มเติมกิจกรรมการเรียนการสอนและการใช้คำถามกระตุ้นที่ทำให้นักศึกษาเกิดความคิดที่หลากหลายก่อนไปสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนความคิดของตนเอง

3. ปรับแก้ไขช่วงเวลาในแต่แผนการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับสภาพการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอน

4. สนับสนุนและเป็นสื่อกลางในการประสานงานให้นักศึกษาได้ติดต่อกับผู้เชี่ยวชาญในด้านการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษา เนื่องจากพบว่านักศึกษามีความกระตือรือร้น และมีความสนใจ และแรงบันดาลใจจากการรับฟังข้อเสนอ ข้อคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ

เมื่อผู้วิจัยได้ปรับปรุงในประเด็นดังกล่าวแล้ว ผู้วิจัยทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนต่อไปและพบว่าสามารถดำเนินการใช้กระบวนการเรียนการสอนได้ดียิ่งขึ้น พร้อมทั้งนักศึกษาสามารถร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนตามขั้นตอนของกระบวนการได้อย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 14 กำหนดการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นในรายวิชาเคมีของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต

สัปดาห์ที่	ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน	กิจกรรมการเรียนการสอน
1 (4 ชั่วโมง)	**ขั้นที่ 1 สร้างเป้าหมายจากปัญหา** 1.1 เปิดโลกรายวิชา	1. การบรรยายความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสาระสำคัญของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ *(ความหมาย ความสำคัญ ลักษณะและการแบ่งประเภท ประโยชน์ การค้นพบ ความก้าวหน้าของงานวิจัยด้านผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ การประยุกต์ใช้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ)* 2. กิจกรรม “หาคำตอบหลาย ๆ แนวทาง” *กิจกรรมคิดนอกกรอบเพื่อหาคำตอบเกี่ยวกับเหตุผลการเรียนวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ* 3. กิจกรรม “ตามหาของดีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ” *กิจกรรมนำเสนอและอภิปรายตัวอย่างนวัตกรรมทางเคมีที่เกี่ยวข้องสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ*
2 (4 ชั่วโมง)	**ขั้นที่ 1 สร้างเป้าหมายจากปัญหา** 1.1 เปิดโลกรายวิชา 1.2 รู้จักปัญหา 1.3 ตั้งเป้าหมายในอนาคต	1. กิจกรรม “เปิดโลกความจริง” *การอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้สภาพปัญหาหรือการพัฒนารอบตัวที่เกี่ยวข้องกับสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เพื่อการระบุปัญหา* 2. กิจกรรม “ระดมสมอง มาเลือกปัญหา” *การศึกษาและกำหนดปัญหาและแนวทางแก้ปัญหาที่ตนสนใจผ่านการคิดนอกกรอบ และกำหนดภาพแห่งความสำเร็จในอนาคตเพื่อเป็นเป้าหมายในการทำงาน*
3 (4 ชั่วโมง)	**ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์** 2.1 วิเคราะห์ตนและเติมความรู้	1. กิจกรรม “รู้จัก SWOT” *กิจกรรมเสริมพื้นฐานในการวิเคราะห์ SWOT โดยใช้กรณีตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ทางเคมี* 2. กิจกรรม “SWOT by myself” *ให้ผู้เรียนวิเคราะห์ตนเองเป็นรายบุคคลในการแก้ไขปัญหาและสร้างแนวทางไปสู่ภาพอนาคตที่สร้างไว้ ผ่านการตั้งคำถามสำคัญในการวิเคราะห์ SWOT* 3. การบรรยายความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะโครงสร้างและสมบัติของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติกลุ่มต่าง ๆ
4 (4 ชั่วโมง)	**ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์** 2.1 วิเคราะห์ตนและเติมความรู้ 2.2 กำหนดกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม	1. การบรรยายความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับกลไกการเกิดปฏิกิริยาในวิถีชีวสังเคราะห์ของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติกลุ่มต่าง ๆ 2. กิจกรรม “เมื่อจะเริ่มเดินทาง” *ตั้งคำถามให้ผู้เรียนทบทวนถึงการเดินทางไปสู่ภาพความสำเร็จที่ตั้งไว้ และเขียนเป็นแผนกลยุทธ์ เพื่อนำเสนอ*

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัปดาห์ที่	ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน	กิจกรรมการเรียนการสอน
5 (4 ชั่วโมง)	**ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์** 2.1 วิเคราะห์ตนและเติมความรู้ 2.2 กำหนดกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม	1. การบรรยายความรู้พื้นฐานวิธีหรือเทคนิคที่เหมาะสมในการสกัดแยกสารประกอบอินทรีย์จากส่วนต่าง ๆ ของพืช และการทำสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติให้บริสุทธิ์ 2. กิจกรรม “เมื่อจะเริ่มเดินทาง” (ต่อ) *นำเสนอแผนกลยุทธ์รายบุคคล*
6 (4 ชั่วโมง)	**ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์** 2.1 วิเคราะห์ตนและเติมความรู้ 2.2 กำหนดกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม	1. การบรรยายความรู้พื้นฐานวิธีการในการพิสูจน์ทราบโครงสร้างทางเคมีของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ 2. กิจกรรม “เมื่อจะเริ่มเดินทาง” (ต่อ) *นำเสนอแผนกลยุทธ์รายบุคคล*
7 (4 ชั่วโมง)	**ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์** 2.1 วิเคราะห์ตนและเติมความรู้ 2.2 กำหนดกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม **ขั้นที่ 3 ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม** 3.1 ออกแบบนวัตกรรม	1. กิจกรรม “เมื่อจะเริ่มเดินทาง” (ต่อ) *ทบทวนแผนกลยุทธ์รายบุคคลให้สมบูรณ์ก่อนจะนำไปใช้ในการออกแบบนวัตกรรม* 2. การบรรยายความรู้พื้นฐานตัวอย่างและแนวทางในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีจากสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ *(กรณีศึกษาตัวอย่างการวางแผนและออกแบบนวัตกรรมทางเคมีที่เกี่ยวข้อง)* 3. กิจกรรม “ออกแบบจากแนวคิด” *ร่างแบบนวัตกรรมทางเคมี และสนทนากลุ่มเพื่อร่วมกันวิพากษ์วิธีการที่เกี่ยวข้องสารผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสกัดแยก และการทำสารให้บริสุทธิ์*
8 (4 ชั่วโมง)	**ขั้นที่ 3 ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม** 3.1 ออกแบบนวัตกรรม	1. สอบกลางภาค 2. กิจกรรม “ออกแบบจากแนวคิด” *นำเสนอแบบร่างนวัตกรรมทางเคมี*
9-11 (4 ชั่วโมง)	**ขั้นที่ 3 ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม** 3.2 สร้างนวัตกรรม	1. ปฏิบัติการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี *นำเสนอความก้าวหน้าการสร้างนวัตกรรมทางเคมี* 2. กิจกรรม “เปลี่ยนปรับขยับกลยุทธ์” *แลกเปลี่ยนความคิดเชิงวิเคราะห์วิพากษ์เพื่อทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์ในการสร้างนวัตกรรม*
12 (4 ชั่วโมง)	**ขั้นที่ 3 ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม** 3.2 สร้างนวัตกรรม	1. การบรรยายความรู้พื้นฐานวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประโยชน์ในการประเมินผลการใช้นวัตกรรมทางเคมี 2. ปฏิบัติการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี (ต่อ) *นำเสนอนวัตกรรมทางเคมีในชั้นเรียน และเตรียมการนำนวัตกรรมไปทดลองใช้* 3. กิจกรรม “เพื่อนช่วยเพื่อน” *อภิปรายสะท้อนคิดเพื่อปรับปรุงนวัตกรรม*

สัปดาห์ที่	ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน	กิจกรรมการเรียนการสอน
13 (4 ชั่วโมง)	**ขั้นที่ 3 ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม** 3.3 นำเสนอนวัตกรรม	1. กิจกรรม “เล่าเรื่องเบื้องหน้า” *นำผลการนำนวัตกรรมไปใช้ อภิปรายผลเพื่อปรับปรุงนวัตกรรม* 2. ปฏิบัติการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี (ต่อ) *ปรับปรุงนวัตกรรมตามคำแนะนำ* 3. กิจกรรม “เปลี่ยนปรับขยับกลยุทธ์” (ต่อ) *แลกเปลี่ยนความคิดเชิงวิเคราะห์วิพากษ์เพื่อทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์ในการสร้างนวัตกรรม*
14 (4 ชั่วโมง)	**ขั้นที่ 3 ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม** 3.3 นำเสนอนวัตกรรม	1. กิจกรรม “นำเสนอผลงาน” *นำนวัตกรรมและกระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีต่อผู้ทรงคุณวุฒิ พร้อมซักถาม*
15 (4 ชั่วโมง)	**ขั้น 4 ตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์**	1. กิจกรรม “เปลี่ยนปรับขยับกลยุทธ์” (ต่อ) *อภิปราย นำเสนอ ประเมินผลงานนวัตกรรมทางเคมี และสรุปผลงานนวัตกรรม เพื่อทบทวนแผนงาน วิเคราะห์ปัญหาในการทำงาน* 2. การบรรยายความรู้พื้นฐานกระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ *(อภิปราย สร้างข้อสรุป วิเคราะห์เทียบเคียงกับกระบวนการที่ได้ดำเนินการมาตลอดการศึกษาในรายวิชา)* 3. กิจกรรมสรุปประมวลความรู้ความเข้าใจ
16 (2 ชั่วโมง)	-	สอบปลายภาค

3.4.4 เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

ในระหว่างการสอน ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ

การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษา ผู้วิจัยเลือกผู้ประเมินร่วมแบบเจาะจง มีคุณสมบัติเป็นอาจารย์ในสาขาวิชาเคมีที่มีประสบการณ์สอนในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ระดับปริญญาบัณฑิต ไม่ต่ำกว่า 3 ปี ผู้วิจัยได้ชี้แจงทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอน ลักษณะของกระบวนการเรียนการสอน การสังเกตพฤติกรรมหรือลักษณะของผลงานนวัตกรรมทางเคมี การประเมินและการให้คะแนนตามเกณฑ์คะแนนของแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

ผู้วิจัยและอาจารย์ผู้ประสานงานรายวิชา (ซึ่งผ่านการชี้แจงทำความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเรียนการสอนและการประเมินผลจากผู้วิจัย) จะร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนทุกขั้นตอน และสังเกตพฤติกรรมการเรียน และการทำบันทึกการเรียนรู้ ซึ่งแสดงพฤติกรรมการเรียนความรู้ ความคิดสร้างสรรค์ การพัฒนานวัตกรรมทางเคมี การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการทำกิจกรรม เพื่อให้คะแนน และนำมาประเมินองค์ประกอบย่อยที่ 1-3 ของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ส่วนที่ 1 กระบวนการสร้างนวัตกรรมทางเคมี และเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอน จะมีการนำเสนอผลงานนวัตกรรมทางเคมีพร้อมกับการถามคำถามจากอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน ที่ผู้วิจัยเชิญมาประเมินองค์ประกอบย่อยที่ 4 ของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ส่วนที่ 2 คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี ดังรายละเอียดในตาราง

การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ

การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในภาพรวมและรายองค์ประกอบ ผู้วิจัยใช้การอ่านบันทึกการเรียนรู้ของนักศึกษาและบันทึกหลังการเรียนการสอนในแต่ละครั้ง รวบรวมข้อความ คำสำคัญที่สอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ในแต่ละองค์ประกอบ

ในด้านการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อศึกษาผลของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น จะใช้ข้อมูลจากแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี รวมถึงความคิดเห็นและสิ่งที่ได้เรียนรู้ของผู้เรียนซึ่งเกิดขึ้นในขณะเรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นจากบันทึกการเรียนรู้มาใช้วิเคราะห์ข้อมูลร่วมด้วย

ตารางที่ 15 รายละเอียดการเก็บรวบรวมข้อมูล

สัปดาห์ที่	ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน	การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ			การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ		
		องค์ประกอบของความสามารถฯ	เครื่องมือที่ใช้	ผู้ประเมิน	องค์ประกอบของความสามารถฯ	เครื่องมือที่ใช้	ผู้ประเมิน
1-2	ขั้นที่ 1 ตั้งเป้าหมายจากปัญหา	องค์ประกอบที่ 1	แบบบันทึกการเรียนรู้	ผู้วิจัย	-	-	-
3-7	ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์	องค์ประกอบที่ 1-2			-	-	-
7-13	ขั้นที่ 3 ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม	องค์ประกอบที่ 1-3			-	-	-
14					องค์ประกอบที่ 1-3	แบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี (ส่วนที่ 1 องค์ประกอบที่ 1-3)	1.ผู้วิจัย 2.อาจารย์ผู้ประสานงานรายวิชา จำนวน 1 คน
					องค์ประกอบที่ 4	แบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี (ส่วนที่ 2 องค์ประกอบที่ 4)	ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน
15	ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์	องค์ประกอบที่ 1-4			-	-	-

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

ผู้วิจัยรวบรวมคะแนนแต่ละองค์ประกอบของแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี คูณด้วยหน่วยน้ำหนัก หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำคะแนนในแต่ละองค์ประกอบมารวมกันเป็นคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี และหา ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนรวม (คะแนนเต็ม 100 คะแนน) และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยกับคะแนนมาตรฐานที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 หรือ 70 คะแนน โดยใช้สถิติทดสอบที (t-test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วย SPSS Statistic

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียน การอ่านบันทึกการเรียนรู้ หรือภาระงานที่มอบหมายผู้เรียนในชั้นเรียน เช่น ผลการนำเสนอกิจกรรมในแต่ละครั้ง หรือรายงานการสร้างนวัตกรรมทางเคมี รวมถึงผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ เริ่มจากนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาเรียงเรียงให้เป็นระบบระเบียบ และตีความเพื่อให้ความหมายกับข้อมูล ด้วยการหาคำหรือข้อความที่แสดงถึงพฤติกรรมตามตัวบ่งชี้ในแต่ละองค์ประกอบย่อยของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี นำมาจัดหมวดหมู่ตามองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีทั้ง 4 องค์ประกอบ และให้ข้อสรุปพร้อมทั้งนำข้อมูลที่ได้ไปใช้อภิปรายผลสนับสนุนข้อมูลเชิงปริมาณหรือผลที่เกิดขึ้นจากการใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

รายละเอียดของการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 16 กรอบการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย	การวิเคราะห์ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาที่เรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นกับเกณฑ์การประเมินผลที่กำหนดไว้	ใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที (t-test)	แบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี
ศึกษา**องค์ประกอบย่อย**ของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาในระหว่างการใช้กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น	การวิเคราะห์เนื้อหา ด้วยการหาคำหรือข้อความที่แสดงถึงการใช้ความสามารถในแต่ละองค์ประกอบย่อยของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	1. บันทึกการเรียนรู้ 2. ข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียน 3. ภาระงานที่มอบหมายผู้เรียนในชั้นเรียน 4. การตอบข้อซักถามจากการนำเสนอผลงานต่อผู้ทรงคุณวุฒิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระยะที่ 4 การปรับปรุงแก้ไขและพัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นหลังการทดลองใช้

การดำเนินการในระยะสุดท้ายนี้ เป็นการนำผลการดำเนินการในระยะที่ 3 มาวิเคราะห์เพื่อแก้ไข ปรับปรุงและแก้ไขกระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีให้สมบูรณ์ตามขั้นตอน ดังนี้

4.1 การสรุปผลการใช้และปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอน ทั้งข้อมูลจากผลการประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของผู้เรียน และข้อมูลจากการสังเกตของผู้วิจัยมาปรับปรุง พัฒนากระบวนการเรียนการสอนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถสรุปประเด็นข้อค้นพบจากการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนและการปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนในภาพรวมได้ดังนี้

1. แก้ไขรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนให้เป็นรูปธรรมและชัดเจนสะท้อนความเป็นจริง พร้อมทั้งปรับแก้ชื่อของขั้นตอนแต่ละขั้นให้สอดคล้องกับรายละเอียดที่ปรับแก้ไข

2. เพิ่มเติมการอธิบายให้เห็นถึงผลการเรียนรู้สำคัญของนักศึกษาที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน และแสดงให้เห็นภาพรวมในผังแสดงขั้นตอนสำคัญของกระบวนการ

3. ปรับรายละเอียดของกิจกรรมการเรียนการสอนในขั้นตอนย่อยให้สะท้อนภาพความเป็นจริงมากขึ้น รวมถึงการจัดสรรเวลาในแต่ละแผนการจัดการเรียนการสอนโดยให้ความสำคัญกับขั้นที่ 1 ระบุเป้าหมายจากปัญหามากขึ้น

4. เพิ่มเติมการใช้สื่อเทคโนโลยีและการสื่อสารออนไลน์ เช่น แอปพลิเคชัน Line facebook เข้ามาช่วยเสริมประสิทธิภาพในกิจกรรมการเรียนการสอนในคู่มือการใช้กระบวนการเรียนการสอน

5. เพิ่มเติมรายละเอียดที่จะเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้สมบูรณ์โดยอาศัยข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนมาเป็นฐานสำคัญในการเพิ่มเติมข้อมูล ดังข้อมูลโดยละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 17 รายละเอียดปัญหา อุปสรรค และข้อค้นพบ เพื่อปรับปรุงแก้ไขกระบวนการเรียนการสอนหลังการทดลองใช้

ปัญหา/อุปสรรค/ข้อค้นพบ	การปรับปรุงแก้ไข
ขั้นที่ 1 การระบุเป้าหมายจากปัญหา	
นักศึกษาบางส่วนไม่สามารถเริ่มต้นสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาได้คิดหรือระบุปัญหาขึ้นเอง	- เพิ่มเติมกิจกรรมโดยอาศัยแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ของ Aikenhead (2005) สร้างแรงจูงใจในการเรียน เพื่อให้นักศึกษาเห็นภาพปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่กำลังเกิดขึ้นในชีวิตจริง และนำมากำหนดเป็นปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรม เช่น การยกตัวอย่างนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น

ปัญหา/อุปสรรค/ข้อค้นพบ	การปรับปรุงแก้ไข
	เพื่อแก้ปัญหาในสังคม และให้นักศึกษาได้ศึกษากระบวนการกำหนดปัญหาเพื่อพัฒนานวัตกรรม - จัดเตรียมแหล่งข้อมูล และให้คำแนะนำในการลงพื้นที่เพื่อสำรวจปัญหาให้แก่นักศึกษา
นักศึกษาไม่สามารถตัดสินใจเพื่อระบุปัญหาได้ หรือปัญหาที่ระบุได้ไม่ใช่ปัญหาที่เหมาะสมกับการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	- เพิ่มเติมข้อคำถามสำคัญเพื่อกระตุ้นความสนใจให้นักศึกษาตรวจสอบปัญหาของตนเองว่าเป็นคำถามที่นำไปสู่การสร้างนวัตกรรมหรือไม่ เช่น 1. คิดจะทำอะไร ถนัดอะไร หรือสนใจเรื่องใดเป็นพิเศษ 2. มีจุดมุ่งหมายในการแก้ไขปัญหานี้อย่างไร 3. จุดมุ่งหมายนี้สำคัญหรือส่งผลต่อใคร คุ้มค่าหรือไม่ที่จะทำ 4. จะเกิดประโยชน์อะไร และแก่ใครบ้าง 5. มีความเป็นไปได้ที่จะทำได้สำเร็จหรือไม่ 6. ปัญหานี้ต้องใช้ความรู้อะไรบ้างในการแก้ปัญหา - เพิ่มเติมแนวทางการจัดการเรียนการสอนให้เชิญผู้ทรงคุณวุฒิที่มีประสบการณ์ในการออกแบบนวัตกรรมมาให้ความรู้หรือคำปรึกษาเป็นรายบุคคล
นักศึกษาไม่สามารถระบุปัญหาได้ภายในเวลาที่กำหนดไว้ นักศึกษาไม่คุ้นเคยกับวิธีการสอนที่ผู้สอนใช้ในชั้นเรียน	- ขยายเวลาของขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนออกไป และเพิ่มกิจกรรมสะท้อนคิดในคาบเรียน เพื่อให้นักศึกษาได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนแนวคิดที่ตนเองสืบค้นกับเพื่อน
นักศึกษาบางส่วนไม่มีแรงจูงใจในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี รวมไปถึงแรงจูงใจในการเข้าเรียนทำให้ส่งผลต่อการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	- เพิ่มกิจกรรมในขั้นตอนย่อยที่ 1.1 เปิดโลกรายวิชา เพื่อส่งเสริมการสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนการสอน ได้แก่ การยกตัวอย่างผลงานของนักศึกษาในระดับอุดมศึกษาที่ได้รับรางวัล การเชิญผู้มีประสบการณ์ที่มีวัยวุฒิใกล้เคียงกันและได้รับรางวัลนวัตกรรมมาแลกเปลี่ยนประสบการณ์และสร้างแรงจูงใจในการที่จะศึกษาปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี
ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์	
นักศึกษาส่วนใหญ่ไม่สามารถสะท้อนจุดแข็งของตนเองได้ และนำเสนอเน้นไปที่จุดอ่อนของตนเองในการตรวจสอบสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกเพื่อกำหนดกลยุทธ์	- ยกตัวอย่างจุดแข็งจากการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมในปัญหาจากการสร้างนวัตกรรมอื่น ๆ เป็นแนวทางให้นักศึกษาเข้าใจและเห็นภาพรวมถึงประโยชน์ของการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมให้มากขึ้น
นักศึกษาศึกษาข้อจำกัดที่จะส่งผลต่อการสร้างนวัตกรรมไม่รอบด้าน	- เพิ่มเติมรายละเอียดและตัวอย่างในการวิเคราะห์ SWOT ในแผนการสอนที่ 2 ให้สอดคล้องกับสภาพชั้นเรียน เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจบริบทของตนเองและศึกษาข้อจำกัดได้อย่างรอบด้าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัญหา/อุปสรรค/ข้อค้นพบ	การปรับปรุงแก้ไข
การกำหนดกลยุทธ์ของนักศึกษาบางส่วนยังไม่ถูกต้อง	- เพิ่มกิจกรรมเพื่อนำเสนอและอภิปรายแผนกลยุทธ์ในแผนการสอนที่ 2 เพื่อให้นักศึกษาได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนแนวคิดที่ตนเองสืบค้นกับเพื่อน - ใช้คำถามกระตุ้นความคิดให้นักศึกษาเชื่อมโยงระหว่างเป้าหมายที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1 ของกระบวนการเรียนการสอน และกลยุทธ์ที่ตั้งขึ้นเพื่อให้เห็นข้อบกพร่องของกลยุทธ์ที่ตนเองกำหนด
ขั้นที่ 3 ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม	
นักศึกษายังไม่เข้าใจว่าความรู้ที่จะเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาของนวัตกรรมมีกลไกอย่างไร ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยความรู้ทางเคมี	- เพิ่มเติมแนวทางการใช้ตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ (Level of Representation) ของ (Johnstone, 1991) ได้แก่ ระดับมหภาค (Macroscopic Level) ระดับจุลภาค (Microscopic Level) และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic Level) เพื่อเชื่อมโยงความรู้ทางเคมีกับการแก้ปัญหาของนวัตกรรมในขั้นตอนของการออกแบบนวัตกรรม
นักศึกษาละเลยประเด็นสำคัญในการออกแบบเพื่อสร้างนวัตกรรม เช่น งบประมาณ เทคนิคที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ เป็นต้น	- กำหนดแนวทางในการออกแบบนวัตกรรมให้แก่นักศึกษา เพื่อให้การออกแบบเพื่อสร้างนวัตกรรมของนักศึกษาเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยระบุไว้ในคู่มือการใช้กระบวนการเรียนการสอน
นักศึกษาสร้างแบบร่างนวัตกรรมที่ไม่สามารถนำไปใช้ได้จริง หรือนำไปใช้ได้ไม่เกิดประสิทธิภาพเท่าที่ควร	- ใช้คำถามกระตุ้นความคิด เพื่อให้เกิดการปรับปรุงแบบร่างนวัตกรรม เช่น 1. ถ้าหากทดลองอีกอย่างหนึ่ง จะให้ผลเหมือนหรือต่างจากที่นักศึกษานำเสนอมาหรือไม่อย่างไร 2. มีวิธีอื่นอีกหรือไม่ อย่างไร 3. สิ่งที่จะสร้างขึ้นมาแก้ปัญหาที่ตั้งไว้แต่แรกไว้อย่างไร
นักศึกษาบางส่วนไม่สามารถปรับปรุงแก้ไขแผนการทดลองของตนเองได้	- เพิ่มคำถามกระตุ้นในกิจกรรมนำเสนอรายสัปดาห์ เพื่อให้นักศึกษาได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนแนวคิดที่ตนเองสืบค้นกับเพื่อน - ขยายเวลาของขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนออกไป
นักศึกษาไม่สามารถจัดทำรายงานผลการทดลองได้ถูกต้องตามหลักวิชาการหรือแสดงให้เห็นถึงทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	- เสนอแนะหัวข้อสำคัญที่จำเป็นต้องมีในการเขียนรายงานผลการทดลอง และระบุแนวทางสำคัญในการเขียนรายงานผลการทดลองในคู่มือการใช้กระบวนการเรียนการสอน
ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์	
นักศึกษาสับสนในการวัดผลกลยุทธ์และการวัดผลการใช้งานนวัตกรรม ทำให้การสะท้อนคิดแผนการปรับปรุงนวัตกรรมยังไม่เกิดผลดีเท่าที่ควร	- เพิ่มเติมรายละเอียดของกิจกรรมและเครื่องมือตามหลักการของการตั้งเป้าหมายและการกำหนดตัววัดผลให้ชัดเจนในแผนการสอนที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 การจัดทำกระบวนการเรียนการสอนฉบับสมบูรณ์

ผู้วิจัยจัดทำกระบวนการเรียนการสอนฉบับสมบูรณ์ให้ถูกต้องชัดเจน เพื่อให้ผู้สนใจสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องและเกิดประโยชน์สูงสุด

รายละเอียดของกระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต ฉบับสมบูรณ์ ปรากฏในบทที่ 4 ผลการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ผลการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ และตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ

กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตฉบับสมบูรณ์ที่ได้จากผลการวิจัยมีลักษณะสำคัญของกระบวนการเรียนการสอน ประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ประการ คือ หลักการ วัตถุประสงค์ ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต

วัตถุประสงค์ของกระบวนการเรียนการสอน

กระบวนการเรียนการสอนพัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต ให้สามารถสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่แก้ปัญหาได้และถูกต้องตามหลักการของกระบวนการพัฒนานวัตกรรม

ลักษณะสำคัญของกระบวนการเรียนการสอน

กระบวนการเรียนการสอนนี้พัฒนาขึ้นเพื่อนำไปใช้สอนในวิชาเคมีสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีให้สูงขึ้น เป็นขั้นตอนการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนสามารถสร้างนวัตกรรมทางเคมีเป็นรายบุคคลจากการศึกษาและวิเคราะห์จนเข้าใจปัญหาของกลุ่มเป้าหมายอย่างแท้จริง พร้อมทั้งวางแผนสร้างนวัตกรรมทางเคมีนั้นอย่างเป็นระบบด้วยแนวทางที่แตกต่างไปจากเดิมและเหมาะสมกับตนเอง และผสมผสานกระบวนการคิดและตัดสินใจด้วยหลักคิดหรือแนวคิดที่มีองค์ความรู้ทางด้านเคมีทั้งที่มีอยู่แล้ว หรือแสวงหาเพิ่มเติมอย่างหลากหลาย เพื่อนำไปสู่กลไกการทำงานของนวัตกรรมที่จะสร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาที่สนใจได้อย่างมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประสิทธิภาพ กระบวนการเรียนการสอนดังกล่าวประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ หลักการ วัตถุประสงค์ ขั้นตอน การวัดและประเมินผล

หลักการของกระบวนการเรียนการสอน

1. การกำหนดผลลัพธ์ล่วงหน้าและแผนการทำงานที่เหมาะสมกับตนเองและท้าทาย จากแนวทางที่แปลกใหม่ ไม่เหมือนเดิม จะช่วยให้การทำงานมีคุณค่า สร้างแรงจูงใจในการแก้ปัญหาให้บรรลุผลลัพธ์ที่ตั้งไว้

2. การค้นคว้าข้อมูลและวิเคราะห์สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานด้วยแนวทางที่หลากหลาย ทำให้เกิดความเข้าใจในประเด็นหรือปัญหาได้อย่างลึกซึ้ง

3. การออกแบบแผนงานอย่างเป็นระบบและเป็นขั้นตอนแบบย้อนกลับ ด้วยการหลีกเลี่ยงแนวคิดแบบเดิม หรือการใช้แนวคิดใหม่ ๆ ที่หลากหลาย ช่วยให้เห็นภาพการปฏิบัติงานในอนาคตและดำเนินการสู่เป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพด้วยความคิดสร้างสรรค์

4. การสืบสอบหาแนวปฏิบัติด้วยความคิดนอกกรอบ จะทำให้ได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการบรรลุเป้าหมายการทำงาน เพราะเกิดจากการวางแผนที่มีประสิทธิภาพและเป็นสิ่งที่ผู้ปฏิบัติเข้าใจอย่างแท้จริง

5. การทบทวนและปรับปรุงแผนงานของตนเองอย่างสม่ำเสมอ โดยหลีกเลี่ยงวิธีการปฏิบัติแบบเดิม ๆ ทำให้เกิดการเรียนรู้ใหม่ ๆ ที่ไม่เคยพบมาก่อน ซึ่งจะไปสู่การแก้ไขแผนงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การจัดการเรียนการสอนตามขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนนี้มีขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน มีรายละเอียดของการจัดการเรียนการสอนในแต่ละขั้นดังต่อไปนี้

1. ขั้นตั้งเป้าหมายจากปัญหา เป็นขั้นตอนเพื่อกำหนดทิศทางในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีที่จากการศึกษาสภาพปัญหาหรือความต้องการในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี ด้วยการตั้งปัญหาที่สามารถแก้ไขได้ด้วยความรู้ทางเคมีผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการนำเสนอสภาพปัญหาที่นักศึกษาสนใจด้วยกิจกรรมต่าง ๆ และการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมของปัญหาเหล่านั้น เน้นการได้มาซึ่งปัญหาที่หลากหลาย ก่อนจะเลือกแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับมากตนเองที่สุด และสร้างภาพความสำเร็จหรือเป้าหมายที่ต้องการจากการคลี่คลายปัญหาที่ตนเองเลือก ร่องรอยการปฏิบัติที่ได้จากขั้นตอนนี้ได้แก่ ผลการการศึกษาค้นคว้าสภาพปัญหานำไปสู่ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี และภาพความสำเร็จที่ตนเองต้องการแก้ไขปัญหาคืออะไร โดยอาจนำเสนอในลักษณะของการปฏิบัติเพื่อไปสู่ภาพความสำเร็จนั้นโดยสังเขป ตัวชี้วัดความสำเร็จคืออะไร อย่างไร

เป็นต้น ขั้นตอนแรกของกระบวนการเรียนการสอน มีขั้นตอนย่อยและพฤติกรรมการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องดังนี้

1.1 เปิดโลกรายวิชา ผู้สอนนำเสนอความรู้เบื้องต้นและประเด็นการพัฒนารวมถึงความก้าวหน้าทางเคมีที่สอดคล้องกับหลักสูตรรายวิชาและความสามารถของผู้เรียน พร้อมทั้งสอดแทรกแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโลก (Mega Trend) ความต้องการของผู้บริโภคในการใช้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาด้วยองค์ความรู้เคมี โอกาสและอุปสรรคในการพัฒนาทางเคมีของโลกในยุคปัจจุบัน เพื่อสร้างข้อสงสัยให้แก่ผู้เรียนและสามารถระบุข้อความรู้ที่จำเป็นจากรายวิชานี้ไปใช้พัฒนาหรือแก้ปัญหาที่ต้องการ และจัดกิจกรรมสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนการสอน ได้แก่ การยกตัวอย่างผลงานของนักศึกษาในระดับอุดมศึกษาที่ได้รับรางวัล การเชิญผู้มีประสบการณ์ที่มีวัยวุฒิใกล้เคียงกันและได้รับรางวัลนวัตกรรมมาแลกเปลี่ยนประสบการณ์และสร้างแรงจูงใจในการที่จะศึกษาปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี และให้ผู้เรียนร่วมกันสืบสอบทำความเข้าใจในความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนาหรือแก้ปัญหาที่ต้องการ ผ่านการสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง การระดมสมอง

1.2 รู้จักปัญหา ผู้สอนนำเสนอสภาพปัญหาหรือความต้องการที่เกี่ยวข้องกับประเด็นการพัฒนาทางเคมีที่ได้นำเสนอไปแล้ว ผ่านกิจกรรมการเรียนการสอนที่หลากหลายตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS) เช่น กิจกรรมการสืบค้นและสร้างความรู้ด้วยตนเองจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย การฟังบรรยายจากผู้สอนหรือวิทยากรผู้เชี่ยวชาญในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี การศึกษาดูงานอุตสาหกรรมเคมีที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหารายวิชา การลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลสภาพปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนเห็นภาพโจทย์การพัฒนานวัตกรรมทางเคมีชัดเจนยิ่งขึ้น ตลอดจนสร้างแรงบันดาลใจในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ให้ผู้เรียนสังเกตและกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันหรือเกิดขึ้นจริงใกล้ตัวผู้เรียนและสามารถแก้ไขได้ด้วยความรู้ทางเคมีที่สอดคล้องกับหลักสูตรรายวิชา รวมถึงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ตนเองได้สืบค้นมา และร่วมกันสรุปว่าปัญหาใดเป็นปัญหาที่แท้จริง ท้าทายเหมาะสมแก่การนำไปแก้ไข เพื่อให้เกิดแรงจูงใจในการแก้ปัญหา ก่อนที่จะระบุปัญหาของตนเองเป็นรายบุคคล

1.3 ตั้งเป้าหมายในอนาคต ผู้สอนมอบหมายและกำกับให้ผู้เรียนสร้างเป้าหมายความสำเร็จในอนาคตจากการแก้ปัญหา รวมทั้งสืบค้นหาแนวทางการแก้ปัญหาจากประเด็นที่คัดเลือกแล้วด้วยความคิดนอกกรอบ เพื่อมุ่งไปสู่เป้าหมายที่ตนเองกำหนดไว้ รวมถึงตัวชี้วัดความสำเร็จหรือผลลัพธ์ที่จะวัดเพื่อประเมินการบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในใบงานที่กำหนด

ขั้นที่ 1 ตั้งเป้าหมายจากปัญหามีแนวทางการจัดกิจกรรมและรายละเอียดของพฤติกรรมการเรียนการสอนในแต่ละขั้นตอนย่อยแสดงได้ดังตาราง

ตารางที่ 18 แนวทางการจัดกิจกรรมและพฤติกรรมการเรียนการสอนในขั้นที่ 1 ตั้งเป้าหมายจากปัญหา

ขั้นตอนย่อย	แนวทางการจัดกิจกรรม	พฤติกรรมการสอน	พฤติกรรมการเรียน
1.1 เปิดโลกรายวิชา	1) การฟังบรรยายจากผู้สอน 2) การสืบค้นจากแหล่งข้อมูล/แหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย 3) การนำเสนอผลงานนวัตกรรมทางเคมีที่น่าสนใจ 4) การนำเสนอและอภิปรายแลกเปลี่ยนมุมมอง 5) การฟังบรรยายจากผู้สอนหรือวิทยากรผู้เชี่ยวชาญ	1) นำเสนอข้อความรู้เบื้องต้นหรือประเด็นการพัฒนาทางเคมีที่เกี่ยวข้องให้กับผู้เรียน 2) นำเสนอนวัตกรรมทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหารายวิชาที่มีผู้สร้างสรรค์ไว้แล้ว พร้อมทั้งกระบวนการพัฒนาอย่างครอบคลุม และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสืบค้นนวัตกรรมทางเคมีที่น่าสนใจมานำเสนอชั้นเรียน 3) นำเสนอประสบการณ์ในการสร้างนวัตกรรมที่ได้รับรางวัลหรือการยอมรับเพื่อสร้างแรงจูงใจสร้างนวัตกรรม	1) บันทึกข้อความรู้ที่ได้รับ และสภาพปัญหาเพื่อนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรม กำหนดความคิดเกี่ยวข้อความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา 2) สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตามที่ได้รับมอบหมายจากผู้สอน
1.2 รู้จักปัญหา	1) การฟังบรรยายจากผู้สอนหรือวิทยากรผู้เชี่ยวชาญ 2) การลงพื้นที่เพื่อศึกษาข้อมูลภาคสนาม (ถ้ามี) 3) การสืบค้นจากแหล่งข้อมูล/แหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย รวมถึงการสอบถามและการสัมภาษณ์ 4) การระดมสมอง 5) การนำเสนอและอภิปรายแลกเปลี่ยนมุมมอง	1) ตั้งคำถามให้ผู้เรียนทบทวนความสนใจของตนเอง และสร้างโอกาสให้ผู้เรียนได้นำเสนอความคิดเห็น มุมมองความสนใจ 2) นำเสนอสภาพสภาพปัญหาหรือความต้องการที่เกี่ยวข้องกับประเด็นการพัฒนาทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย 3) คัดเลือกและจัดหาวิทยากรผู้เชี่ยวชาญที่สามารถสร้างแนวคิดหรือแรงบันดาลใจในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับรายวิชา 4) แนะนำแหล่งข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงเอกสาร และบุคคลที่เกี่ยวข้อง 5) แนะนำวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ 6) จัดกิจกรรมระดมสมองและนำเสนอปัญหาที่ผู้เรียนสืบค้นมา รวมถึงช่วยชี้แนะให้ผู้เรียนเลือกปัญหาที่เหมาะสมกับตนเอง	1) สำรวจความสนใจของตนเองเกี่ยวกับสภาพปัญหาที่ต้องการแก้ไข โดยพิจารณาจากการพัฒนาทางเคมีในท้องถิ่น ความชำนาญ ความสนใจส่วนตัว 2) ศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร หรือกลุ่มเป้าหมายเกี่ยวกับสภาพปัญหาหรือความต้องการในการพัฒนาทางเคมีที่ต้องการ 3) ระบุปัญหาที่ได้จากการสืบค้นข้อมูล และเลือกปัญหาที่เหมาะสมในการแก้ไข 4) อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของตนเองต่อข้อมูลที่เพื่อนนำเสนอ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการระบุปัญหาของเพื่อน
1.3 ตั้งเป้าหมายในอนาคต	1) การเขียนบันทึกรายงานผลการทำงาน 2) การอภิปรายแลกเปลี่ยนมุมมอง	1) จัดกิจกรรมการสอนที่นำเสนอให้ผู้เรียนเห็นถึงความหลากหลายของการคิดนอกกรอบ โดยอาศัยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหารายวิชามาเป็นสื่อกลาง เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรง	1) ศึกษาค้นคว้าและกำหนดวิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยความรู้ทางเคมีอย่างหลากหลายจากแหล่งข้อมูลหรือแหล่งเรียนรู้ 2) กำหนดภาพแห่งความสำเร็จในอนาคตเพื่อเป็นเป้าหมายในการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนย่อย	แนวทางการจัดกิจกรรม	พฤติกรรมการสอน	พฤติกรรมการเรียน
		2) ตั้งคำถามให้ผู้เรียนทบทวนถึงลักษณะของการแก้ปัญหา ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและจำเป็นในการแก้ปัญหา และให้ผู้เรียนกำหนดภาพแห่งความสำเร็จในอนาคตเพื่อเป็นเป้าหมายในการทำงาน 3) แนะนำแหล่งข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงเอกสาร และบุคคลที่เกี่ยวข้อง	ทำงาน รวมถึงวัตถุประสงค์ของการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี จากปัญหาที่ระบุไว้ รวมถึงผลลัพธ์ที่จะวัดเพื่อประเมินการบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ 3) จัดทำรายงานผลการเรียนรู้และบันทึกการเรียนรู้

2. ขั้นวิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์ เป็นขั้นตอนเพื่อตรวจสอบและประเมินความพร้อมของตนเองในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี ด้วยการศึกษาและวิเคราะห์ตนเองและปัจจัยแวดล้อมผ่านการสำรวจ การวิเคราะห์ การประเมิน และการสืบค้นข้อมูลที่จำเป็นด้วยวิธีหรือกระบวนการที่หลากหลายหรือแตกต่างไปจากเดิม ก่อนนำผลการวิเคราะห์มากำหนดเป็นกลยุทธ์ ซึ่งประกอบด้วยภารกิจหรือทิศทางในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีเพื่อแก้ไขปัญหาตามแบบฉบับของตนเอง ร่องรอยการปฏิบัติในขั้นตอนนี้ คือ ข้อมูลจากการวิเคราะห์ตนเองที่แสดงความเป็นไปได้อย่างชัดเจนและช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานวางแผนตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องทำในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี รวมถึงผลการค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อเติมเต็มความรู้ก่อนนำไปพัฒนานวัตกรรมทางเคมี และกลยุทธ์ที่บรรยายถึงภารกิจหรือทิศทางเพื่อแก้ไขปัญหาที่เลือกไว้ และเหตุผลที่สนับสนุนว่าเหตุใดจะต้องดำเนินการตามวิธีการเหล่านั้น ขั้นนี้มีขั้นตอนย่อยและพฤติกรรมการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 วิเคราะห์ตนและเติมความรู้ ผู้สอนจัดกิจกรรมการวิเคราะห์ Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats (SWOT) โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างขีดความสามารถของตนร่วมกับผลการประเมินสภาพแวดล้อมภายนอกที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียน และร่วมอภิปรายนำผู้เรียนให้รู้จักกับกรณีโน้มเอียง เพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์ตนเองว่าอยู่ในกรณีโน้มเอียงแบบใด เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีต่อไปในอนาคต พร้อมด้วยการจัดการบรรยายสรุปเนื้อหาความรู้ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องใช้เพิ่มเติมในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีที่สอดคล้องกับปัญหาและเนื้อหาตามที่หลักสูตรรายวิชากำหนดไว้ โดยคำนึงถึงความแตกต่างของผู้เรียนเป็นสำคัญ และผู้เรียนร่วมกันสืบเสาะทำความเข้าใจในความรู้ที่จำเป็นในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีทั้งจากการฟังบรรยายและการสืบค้นด้วยตนเอง

2.2 กำหนดกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม ผู้สอนให้ผู้เรียนกำหนดกลยุทธ์ ซึ่งประกอบด้วยภารกิจหรือทิศทางในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีเพื่อแก้ไขปัญหาตามแบบฉบับของตนเอง พร้อมเหตุผลสนับสนุน กล่าวคือ ผู้เรียนจะต้องระบุว่าจะดำเนินการอะไร จะจัดสรรทรัพยากรที่ตนเองมีอยู่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อย่างไร พร้อมแสดงข้อมูลตามสภาพแวดล้อมที่วิเคราะห์ร่วมกับองค์ความรู้ที่เลือกใช้ และนำเสนอในกลุ่มเพื่อนพร้อมทั้งร่วมกันอภิปรายกลยุทธ์ที่จัดทำขึ้น และให้ข้อเสนอที่เป็นประโยชน์

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์มีแนวทางการจัดกิจกรรมและรายละเอียดของพฤติกรรมการเรียนการสอนในแต่ละขั้นตอนย่อยแสดงได้ดังตาราง

ตารางที่ 19 แนวทางการจัดกิจกรรมและพฤติกรรมการเรียนการสอนในขั้นที่ 2 วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์

ขั้นตอนย่อย	แนวทางการจัดกิจกรรม	พฤติกรรมการสอน	พฤติกรรมการเรียน
2.1 วิเคราะห์ตนและเติมความรู้	1) การอภิปรายแลกเปลี่ยนมุมมองซึ่งกันและกัน 2) การฟังบรรยายจากผู้สอนหรือวิทยากรผู้เชี่ยวชาญ 3) การศึกษาค้นคว้างานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องจากหนังสือตำรา งานวิจัย	1) ออกแบบกิจกรรมการวิเคราะห์ Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats (SWOT) ผ่านคำถามสำคัญ ดังต่อไปนี้ ก. อะไรเป็นเหตุการณ์เชิงบวก หรือโอกาสที่อาจจะเกิดขึ้น และช่วยส่งเสริมให้ดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วขึ้น ข. อะไรเป็นเหตุการณ์เชิงลบ หรืออุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นและส่งผลกระทบหรือก่อความเสียหายต่อการทำงาน ค. อะไรคือข้อเด่นหรือสิ่งที่ตนเองมีอยู่และส่งเสริมการทำงานหรือแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ ง. อะไรคือข้อจำกัดที่ตนเองมีอยู่ และทำให้ด้อยกว่าผู้อื่นหรือทำให้การแก้ปัญหาเป็นอย่างล่าช้า และร่วมอภิปรายนำผู้เรียนให้ปรับแก้ไขการวิเคราะห์ของตนเองให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง 2) บรรยายหรือจัดหาวิทยากรผู้เชี่ยวชาญบรรยายเนื้อหารายวิชาที่จำเป็นต่อการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีในภาพรวมตามหลักสูตรรายวิชา 3) แนะนำแหล่งข้อมูลในการสืบค้น ตั้งคำถามให้ผู้เรียนทบทวนข้อความรู้ทางเคมีที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาทางเคมีให้สำเร็จ	1) วิเคราะห์ตนเองและสภาพแวดล้อมด้วยการวิเคราะห์ SWOT และนำเสนอผลการวิเคราะห์ 2) รับฟังข้อความรู้ทางเคมีจากการบรรยายตามเนื้อหารายวิชาซึ่งจำเป็นต่อการแก้ปัญหาที่กำหนด 3) สืบค้น ศึกษา ค้นคว้าองค์ความรู้ทางเคมีหรือด้านอื่น ๆ ที่จำเป็นและส่งผลต่อการแก้ปัญหาให้สำเร็จ
2.2 กำหนดกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม	1) การอภิปรายซักถามแลกเปลี่ยนมุมมอง 2) การเขียนบันทึกรายงาน	1) จัดการนำเสนอกลยุทธ์ของผู้เรียน 2) ตั้งคำถามให้ผู้เรียนวางแผน และเกิดการประมวลผลการวิเคราะห์ SWOT เข้าด้วยกัน เพื่อพิจารณาปัญหา ช่องว่าง และประเด็นที่ควรจะกำหนดในกลยุทธ์เพิ่มเติม	1) กำหนดกลยุทธ์ให้ชัดเจนและนำเสนอในรูปของทางเลือกต่าง ๆ ที่ควรจะดำเนินงาน จากผลการประเมินความเป็นไปได้ของการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี 2) รับฟังข้อคิดเห็นเพื่อปรับปรุงกลยุทธ์ของตนเองก่อนนำไปปฏิบัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ขั้นดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม เป็นขั้นตอนเพื่อให้ผู้เรียนสร้างผลงานนวัตกรรมทางเคมีขึ้นจนเป็นผลสำเร็จ ด้วยการออกแบบและสร้างนวัตกรรมทางเคมีตามแผนที่กำหนดไว้แล้ว รวมถึงทดลองใช้ และนำผลการใช้งานนวัตกรรมเบื้องต้นมาปรับปรุงผลงานของตนเองให้แก้ปัญหาที่กำหนดไว้ได้อย่างสมบูรณ์ ร่องรอยการปฏิบัติในขั้นนี้ คือ แผนงานพัฒนานวัตกรรมทางเคมี นวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาตามที่กำหนดไว้ และรายงานผลการสร้างนวัตกรรมทางเคมีฉบับสมบูรณ์ ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนในขั้นนี้ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยต่อไปนี้

3.1 ออกแบบนวัตกรรม ผู้เรียนออกแบบและร่างแบบจำลองของนวัตกรรมทางเคมีตามกลยุทธ์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ต้องแสดงความเชื่อมโยงระหว่างการนำความรู้ทางเคมีมาเป็นกลไกในการทำงานของนวัตกรรมโดยอาศัยตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ (Level of Representation) ของ (Johnstone, 1991) ได้แก่ ระดับมหภาค (Macroscopic Level) ระดับจุลภาค (Microscopic Level) และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic Level) และนำเสนอรายละเอียดของแบบร่าง หรือแผนงานต่อผู้สอน พร้อมทั้งปรับแก้ไขตามคำแนะนำ

3.2 สร้างนวัตกรรม ผู้เรียนสร้างต้นแบบนวัตกรรมทางเคมี และทดสอบการใช้งานหรือทดลองใช้เบื้องต้นตามความเหมาะสม อาจเป็นการทดสอบกับกลุ่มเพื่อนหรือกลุ่มเป้าหมาย และอภิปรายผลการทดลองใช้ เพื่อปรับแก้ไขนวัตกรรมให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลเพิ่มมากขึ้น

3.3 นำเสนอนวัตกรรม ผู้เรียนนำเสนอนวัตกรรมทางเคมีที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วต่อผู้สอน ผู้เชี่ยวชาญ และเพื่อน

ขั้นที่ 3 ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรมมีแนวทางการจัดกิจกรรมและรายละเอียดของพฤติกรรมการเรียนการสอนในแต่ละขั้นตอนย่อยแสดงได้ดังตาราง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 20 แนวทางการจัดกิจกรรมและพฤติกรรมการเรียนการสอนในขั้นที่ 3 ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม

ขั้นตอนย่อย	แนวทางการจัดกิจกรรม	พฤติกรรมการสอน	พฤติกรรมการเรียน
3.1 ออกแบบนวัตกรรม	1) การออกแบบนวัตกรรมทางเคมี 2) การนำเสนอแบบร่างนวัตกรรม	1) ให้ข้อสังเกตหรือข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงแบบร่างนวัตกรรมทางเคมีที่ผู้เรียนสร้างขึ้น 2) แนะนำหรือเสนอแนวคิดในการออกแบบที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนานวัตกรรม 3) แนะนำตัวอย่างของนวัตกรรมทางเคมีที่มีมาแล้ว เพื่อให้ผู้เรียนประยุกต์มาสู่แนวทางการออกแบบนวัตกรรม 4) ตั้งคำถามเพื่อให้ทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์ในการทำงาน	1) กำหนดองค์ประกอบสำคัญของนวัตกรรมและร่างแบบนวัตกรรมด้วยความคิดนอกกรอบและแนวทางที่เหมาะสมกับนวัตกรรม เช่น การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ กรณีผลงานเป็นชิ้นงานประดิษฐ์ การเขียนกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมี 2) นำเสนอแบบร่างนวัตกรรมต่อชั้นเรียน 3) ปรับปรุงกลยุทธ์ในการทำงานให้สอดคล้องกับสถานการณ์

ขั้นตอนย่อย	แนวทางการจัดกิจกรรม	พฤติกรรมการสอน	พฤติกรรมการเรียน
3.2 สร้างนวัตกรรม	1) การลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี 2) การทดลองใช้นวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้น 3) การปรับปรุงนวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้น 4) การอภิปรายแลกเปลี่ยนมุมมอง	1) ให้ข้อสังเกตหรือข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานเพื่อสร้างนวัตกรรมให้สมบูรณ์ 2) นำอภิปรายและตั้งคำถามนำเพื่อให้ทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์ในการสร้างนวัตกรรม รวมถึงชี้ประเด็นสำคัญที่เกิดขึ้นจากการทดลองใช้นวัตกรรม เพื่อให้ทบทวนและปรับปรุงผลงาน 3) ให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประโยชน์ในการประเมินผลการใช้นวัตกรรม 4) ชี้แนะแนวทางหรืออภิปรายประเด็นเพื่อปรับปรุงนวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้น	1) ลงมือผลิตผลงานนวัตกรรมทางเคมี 2) นำเสนอความก้าวหน้าในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีต่อชั้นเรียน 3) ปรับปรุงกลยุทธ์ในการทำงานให้สอดคล้องกับสถานการณ์ 4) เก็บรวบรวมข้อมูลผลการใช้นวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้น เพื่อประเมินผลการใช้งาน 5) ปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรม และอภิปรายผลการสร้างนวัตกรรม
3.3 นำเสนอนวัตกรรม	1) การนำเสนอนวัตกรรมฉบับสมบูรณ์ 2) การซักถาม	1) ประสานงานเชิญผู้ทรงคุณวุฒิเข้าฟังการนำเสนอนวัตกรรมทางเคมี และประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี 2) ประสานงานเพื่อจัดเตรียมสถานที่สำหรับการนำเสนอผลงานนวัตกรรม 3) รวบรวมคะแนนประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของผู้เรียน 4) ตั้งคำถามเพื่อสืบสอบพฤติกรรมที่แสดงให้เห็นถึงกระบวนการทำงานซึ่งมีส่วนในการประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	1) นำเสนอนวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้น รวมถึงกระบวนการทำงานเพื่อประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี 2) ตอบคำถามที่แสดงให้เห็นถึงกระบวนการทำงานซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ขั้นตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์ เป็นขั้นตอนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการสร้างนวัตกรรมทางเคมีอย่างสมบูรณ์ ผู้เรียนจะต้องสรุปผลการทำงาน เพื่อทบทวนและตรวจสอบกลยุทธ์ที่ตนเองสร้างขึ้นว่าสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ อย่างไร รวมถึงให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุงกลยุทธ์ของตน หากต้องปฏิบัติงานซ้ำอีกครั้งหนึ่ง ตามหลักการของเครื่องมือในการตั้งเป้าหมายและการกำหนดตัววัดผล (Objective Key Results: OKRs) ซึ่งต้องมีการประเมินการทำงาน การทบทวนหลังการปฏิบัติงาน (After Action Review: AAR) การพูดคุยสะท้อนคิดเพื่อรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกภายในกลุ่ม ร่องรอยการปฏิบัติในขั้นนี้ คือ กลยุทธ์ที่ปรับแก้ไขแล้ว หรือ แนววิธีการปฏิบัติเพื่อการวางแผนกลยุทธ์ในอนาคต รวมถึงกลไกที่มีประสิทธิภาพในการติดตามการใช้แผนกลยุทธ์ ขั้นที่ 4 มีแนวทางการจัดกิจกรรมและพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องดังตาราง

ตารางที่ 21 แนวทางการจัดกิจกรรมและพฤติกรรมการเรียนการสอนในขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์

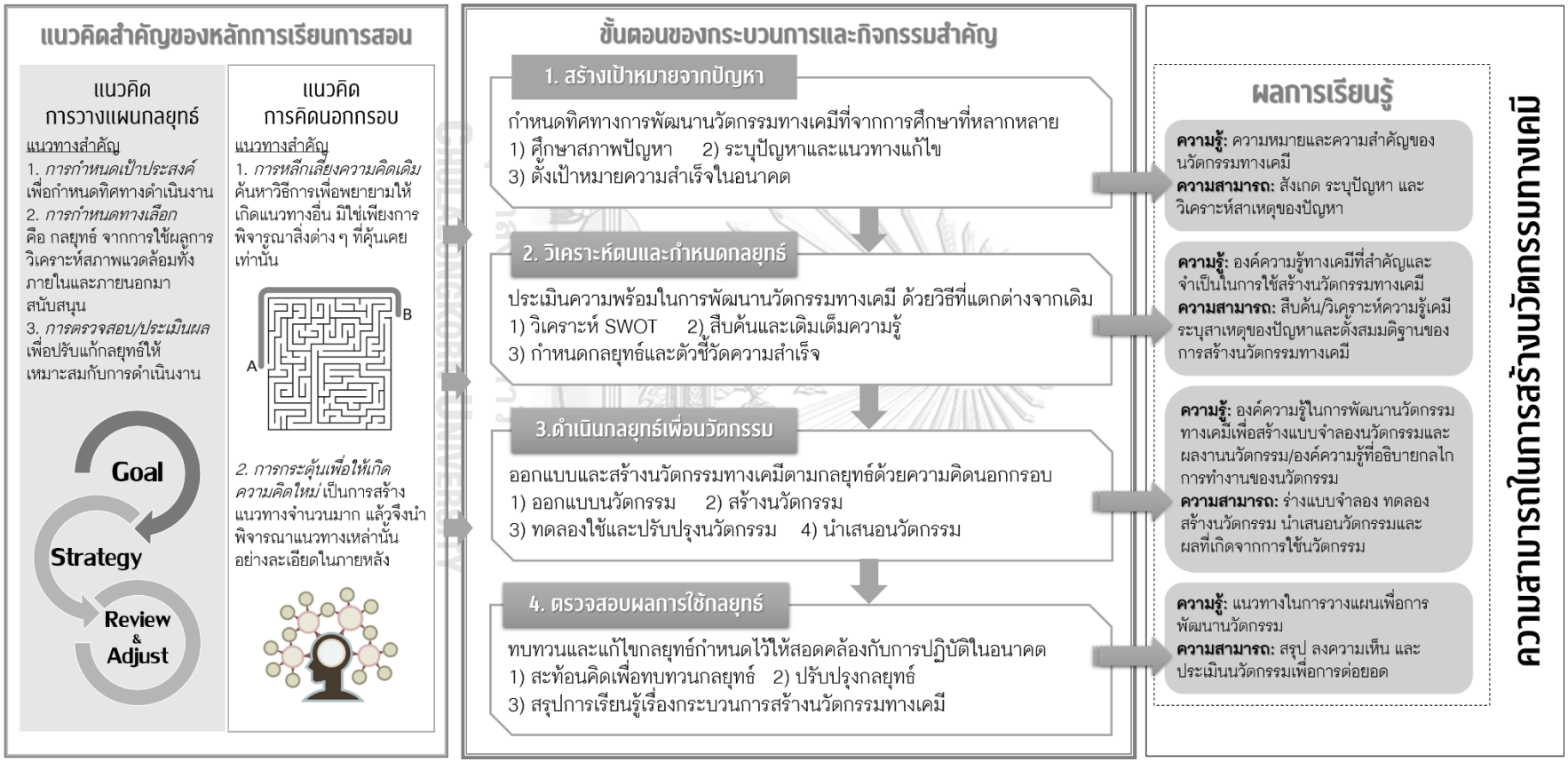
ขั้นตอนย่อย	แนวทางการจัดกิจกรรม	พฤติกรรมการสอน	พฤติกรรมการเรียน
4 ตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์	1) การประเมินผลลัพธ์ตามตัววัดผล 2) การสนทนาแลกเปลี่ยน 3) การเขียนบันทึกการเรียนรู้	1) แนะนำการประเมินผลลัพธ์ตามตัววัดผล (Key Results) ตามที่ผู้เรียนกำหนดไว้ และการปรับปรุงกลยุทธ์ 2) นำสนทนาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำเสนอสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการปฏิบัติงาน 3) ตั้งคำถามเพื่อทบทวนแผนงาน กระบวนการทำงานของกลุ่ม และสรุปการเรียนรู้ เกี่ยวกับกระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีที่มีประสิทธิภาพ	1) ประเมินผลการปฏิบัติตามตัววัดผลที่กำหนดไว้ และปรับปรุงกลยุทธ์การทำงาน 2) ร่วมประชุม อภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้ 3) สรุปประเด็นการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเรียนการสอน และประเมินกระบวนการทำงานของตนเอง 4) จัดทำบันทึกการเรียนรู้

ทั้งนี้กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ โดยเฉพาะขั้นตอนและผลการเรียนรู้ที่จะเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนได้ดังภาพที่ 8

การวัดและประเมินผลกระบวนการเรียนการสอน

ผู้สอนสามารถวัดและประเมินผลความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของผู้เรียนได้จากแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีเป็นรายบุคคล โดยประเมินตามองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี และแบบบันทึกการเรียนรู้ ด้วยการประเมินตามสภาพจริง และการประเมินการปฏิบัติในกระบวนการทำงานพัฒนานวัตกรรมทางเคมีของผู้เรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต

กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบที่พัฒนาขึ้นนำไปทดลองใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 4 จำนวน 8 คน ณ มหาวิทยาลัยของรัฐแห่งหนึ่ง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 เป็นระยะเวลา 1 ภาคการศึกษา จัดการเรียนการสอนสัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง จำนวนรวม 60 ชั่วโมง เพื่อศึกษาผลของการใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นที่มีต่อความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอน ดังนี้

2.1 การเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาที่เรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นกับเกณฑ์การประเมินผลที่กำหนดไว้ ด้วยการใช้ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมมารวมคะแนนตามกรอบโครงสร้างและค่าน้ำหนักของแต่ละองค์ประกอบของความสามารถที่กำหนดไว้ และแสดงผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีทั้งโดยรวมและจำแนกตามองค์ประกอบของความสามารถ และวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในภาพรวมและรายบุคคล เพื่อให้เห็นผลของการใช้กระบวนการเรียนการสอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาได้ละเอียดยิ่งขึ้น

*2.2 การศึกษา**องค์ประกอบย่อย**ของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาในระหว่างการใช้กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น* ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากบันทึกการเรียนรู้ ผลงานนวัตกรรมทางเคมีที่นักศึกษาสร้างขึ้น การบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายละเอียดของผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเสนอดังนี้

2.1 การเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาที่เรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นกับเกณฑ์การประเมินผลที่กำหนดไว้

การนำเสนอผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาที่เรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นกับเกณฑ์การประเมินผลที่กำหนดไว้ แบ่งการนำเสนอและวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การนำเสนอและศึกษาคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีโดยรวมและจำแนกตามองค์ประกอบย่อยของนักศึกษาในภาพรวม ส่วนที่ 2 การนำเสนอและศึกษาคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีรายบุคคล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1.1 การนำเสนอและศึกษาคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีโดยรวมและจำแนกตามองค์ประกอบย่อยของนักศึกษาในภาพรวม

ผู้วิจัยนำเสนอผลการศึกษาคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีโดยรวมของนักศึกษา เพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีโดยรวมของนักศึกษาหลังเรียนเท่ากับ 78.41 คะแนน อยู่ในระดับดี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า 11.74 และผลการทดสอบค่า t (One Samples T-Test) พบว่ามีค่าเท่ากับ 2.026 และมีค่า P value เท่ากับ .041 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาจำแนกตามองค์ประกอบของความสามารถทั้ง 4 ด้าน คือ การระบุปัญหา การเลือกใช้องค์ความรู้และความคิดสร้างสรรค์ การพัฒนานวัตกรรมทางเคมี และคุณภาพของนวัตกรรมทางเคมีโดยรวมของนักศึกษาหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 12.97, 15.75, 32.50 และ 17.19 คะแนน และมีผลการทดสอบค่า t ในแต่ละองค์ประกอบเท่ากับ 3.496, 2.084, 2.419 และ -0.234 ตามลำดับ และ P value เท่ากับ .05, .038, 0.23 และ .411 ตามลำดับ แสดงดังตาราง

ตารางที่ 22 คะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาในภาพรวมหลังเรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น (n=8)

องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	คะแนนเต็ม	เกณฑ์คะแนนร้อยละ 70	$\bar{X}$	S.D.	t	P value
1.การระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี	15	10.5	12.97	1.99	3.496	.050*
2.การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	20	14.0	15.75	2.37	2.084	.038*
3.การพัฒนานวัตกรรมทางเคมี	40	28.0	32.50	5.26	2.419	.023*
4.คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี	25	17.5	17.19	3.78	-0.234	.411
คะแนนรวมของความสามารถ	***100***	***70***	***78.41***	***11.74***	***2.026***	***.041****

**P value < .05*

ข้อมูลจากตารางแสดงให้เห็นว่า ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 โดยใช้ค่าทดสอบ (test value) เท่ากับ 70 คะแนน พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาหลังเรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$) เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีจำแนกตามองค์ประกอบย่อยของความสามารถ พบว่า คะแนนความสามารถของนักศึกษาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$) ทุก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

องค์ประกอบ ยกเว้นองค์ประกอบที่ 4 คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี ที่คะแนนความสามารถของนักศึกษาไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

2.1.2 การนำเสนอและศึกษาคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีรายบุคคล

ผู้วิจัยนำเสนอคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีรายบุคคลทั้งในภาพรวมและจำแนกตามองค์ประกอบย่อยของความสามารถ เพื่อให้เห็นผลของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นที่มีต่อความสามารถในการสร้างนวัตกรรมของนักศึกษาเป็นรายบุคคล มีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 23 คะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษารายบุคคลหลังเรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นจำแนกตามองค์ประกอบย่อยของความสามารถ

คนที่	องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี				คะแนนรวม (100)	ระดับความสามารถ
	1 การระบุปัญหา (15)	2 การใช้องค์ความรู้ฯ (20)	3 การพัฒนานวัตกรรมฯ (40)	4 คุณภาพของนวัตกรรมฯ (25)		
1	15.00	16.00	37.50	18.06	86.56	ดีมาก
2	11.25	15.00	33.75	15.28	75.28	ดี
3	13.75	17.00	33.75	19.44	83.94	ดีมาก
4	15.00	20.00	38.75	15.28	89.03	ดีมาก
5	11.25	14.00	28.75	18.06	72.06	ดี
6	10.00	12.00	22.50	9.72	54.22	ควรปรับปรุง
7	15.00	17.00	35.00	22.22	89.22	ดีมาก
8	12.50	15.00	30.00	19.44	76.94	ดี
เฉลี่ย	***12.97***	***15.75***	***32.50***	***17.19***	***78.41***	***ดี***

ข้อมูลจากตารางแสดงให้เห็นว่า นักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในภาพรวม อยู่ระหว่าง 54.22-89.03 คะแนน ($\bar{X}$ = 78.41, SD = 11.74) มีระดับความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีอยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาเป็นรายบุคคลพบว่า นักศึกษามีคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีอยู่ในระดับดีขึ้นไป จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 87.5 โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 50 อยู่ในระดับดี จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 37.5 และระดับควรปรับปรุง จำนวน 1 คน

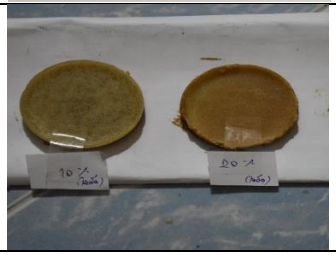
หากพิจารณาคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีจำแนกตามองค์ประกอบรายบุคคล พบว่า คะแนนความสามารถในองค์ประกอบที่ 1-3 ซึ่งเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 เกือบทุกคน (เกณฑ์ผ่าน 10.5, 14 และ

28 คะแนน ตามลำดับ) มีนักศึกษาเพียง 1 คนเท่านั้นที่มีคะแนนในองค์ประกอบข้างต้นไม่ถึงเกณฑ์ร้อยละ 70 คือ คนที่ 6 นอกจากนั้นในองค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี มีนักศึกษาได้คะแนนเต็ม 3 คน คือคนที่ 1, 4 และ 7 และ องค์ประกอบที่ 2 การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี มีนักศึกษาได้คะแนนเต็ม 2 คน คือ คนที่ 4 ในขณะที่องค์ประกอบที่ 4 คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี มีนักศึกษา 3 คน มีคะแนนไม่ถึงเกณฑ์ร้อยละ 70 (เกณฑ์ผ่าน 17.5 คะแนน) คือ คนที่ 2, 4 และ 6 ซึ่งสอดคล้องกับในภาพรวมที่คะแนนความสามารถขององค์ประกอบดังกล่าวไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ด้วยเช่นเดียวกัน

2.2 การศึกษาผลของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาในภาพรวมและตามองค์ประกอบย่อยในระหว่างการใช้กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

การจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยจัดการเรียนการสอนให้นักศึกษากำหนดปัญหาจากสถานการณ์ในชีวิตจริง เพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่สอดคล้องกับแนวทางการแก้ปัญหานั้น ๆ ผ่านปฏิบัติการสร้างนวัตกรรมทางเคมี และนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ผลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนพบว่า หลังจากที่นักศึกษาผ่านการเรียนรู้ตามขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการเรียนการสอนแล้ว ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาผ่านสูงขึ้น ดังจะเห็นได้จากผลงานนวัตกรรมทางเคมีที่นักศึกษาสร้างขึ้นนั้นสามารถแก้ปัญหาของกลุ่มเป้าหมายที่ระบุไว้โดยใช้ความรู้ในสาขาวิชาเคมีที่เกี่ยวข้องกับรายวิชา นอกจากนั้นนักศึกษาได้นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาด้วยตนเอง หรือสืบค้นจากกลุ่มเป้าหมาย มาระบุเป็นปัญหา ตลอดจนสืบค้นความรู้และสร้างแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง จากการลงมือปฏิบัติจริงด้วยการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ผลงานนวัตกรรมทางเคมีที่นักศึกษาสร้างขึ้นยังแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจ และความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ดังจะเห็นจากผลงานของนักศึกษาทั้ง 8 คน ส่วนใหญ่สามารถแก้ไขปัญหาของกลุ่มเป้าหมายได้เป็นอย่างดี ดังรายละเอียดในตารางที่ 19 นอกจากนั้นบันทึกการเรียนรู้ของนักศึกษาซึ่งเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 3 มีนาคม – 12 มิถุนายน 2563 ยังแสดงให้เห็นว่านักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับนวัตกรรมทางเคมีชัดเจนขึ้น ทักษะในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีมากขึ้น สามารถสร้างนวัตกรรมทางเคมีเพื่อแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ได้อย่างเป็นระบบและมีหลักการ โดยอาศัยองค์ความรู้หรือหลักคิดที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมีและวิชาที่เกี่ยวข้อง รวมถึงมีทัศนคติที่ดีต่อการสร้างนวัตกรรมทางเคมี และเกิดแรงบันดาลใจในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีต่อไป และเห็นคุณค่าของนวัตกรรมทางเคมีที่ตนเองสร้างขึ้น

ตารางที่ 19 รายละเอียดนวัตกรรมทางเคมีที่นักศึกษาสร้างขึ้น

คนที่	ภาพผลงาน	ชื่อผลงาน	ลักษณะผลงาน	ปัญหาที่ระบุเพื่อสร้างนวัตกรรม	กลุ่มเป้าหมาย
1		เจลลดคราบเลือดจากเอนไซม์โบรมีเลนในส่วนเหลือใช้ของสับปะรด	เจลผสมสารสกัดจากเอนไซม์ในเปลือกและแกนสับปะรดสำหรับลดคราบเลือดบนเสื้อผ้าก่อนการซักล้าง	เหตุการณ์คราบเลือดจากทั้งของคนและสัตว์เปื้อนเสื้อผ้าเครื่องแต่งกายและซักล้างไม่ออก ทำให้เสื้อผ้าไม่น่าใช้ แม้ปัจจุบันจะมีวิธีหรือเทคนิคในการล้างคราบเลือดในอินเตอร์เน็ตเป็นจำนวนมาก แต่บางวิธีทิ้งคราบเลือดจางไว้บนเสื้อผ้า	ผู้ที่ทำงานกับคราบเลือด เช่น แพทย์ พยาบาลห้องผ่าตัด คนที่ทำงานโรงฆ่าสัตว์ หรือร้านขายเนื้อสัตว์
2		สเฟียริฟิเคชันอัญชันสำหรับปรุงแต่งเครื่องดื่ม	เม็ดบีดจากสิ่งสกัดดอกอัญชันที่เปลี่ยนสีได้ตามสภาวะที่เป็นกรด เพื่อเพิ่มมูลค่าของอาหารและเครื่องดื่มด้วยเทคนิค Molecular Gastronomy	ร้านเครื่องดื่มในมหาวิทยาลัยประสบปัญหายอดขายต่ำเนื่องจากลักษณะของเครื่องดื่มไม่ดึงดูดความสนใจของผู้ซื้อ	ผู้ประกอบการค้าขายเครื่องดื่มในมหาวิทยาลัย
3		เม็ดบีดกักเก็บน้ำมันหอมจากใบเตย	เม็ดบีดจากน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากใบเตยหอม ใช้สำหรับดับกลิ่นอับในที่ต่าง ๆ	ปัญหากลิ่นอับในตู้เสื้อผ้า ในห้อง หรือสถานที่ต่าง ๆ ก่อให้เกิดความรำคาญและเป็นปัญหาด้านสุขอนามัย จึงคิดค้นผลิตภัณฑ์ดับกลิ่นจากธรรมชาติขึ้นมาใช้แทน ผลิตภัณฑ์จากสารสังเคราะห์	นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ที่อยู่หอพักในบริเวณใกล้กับมหาวิทยาลัย
4		ก้อนไล่มอดข้าวสารจากสิ่งสกัดเมล็ดและใบสะเดา	ก้อนพาราฟินผสมสารสกัดจากสะเดาสำหรับใส่ในภาชนะเก็บข้าวสารเพื่อป้องกันมอดข้าวสาร	การเกิดมอดในข้าวอินทรีย์ เป็นปัญหาและอุปสรรคในการขยายตลาดผู้ใช้ข้าวอินทรีย์	กลุ่มผู้ใช้ข้าวอินทรีย์ในตำบลท่าไห อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี

คนที่	ภาพผลงาน	ชื่อผลงาน	ลักษณะผลงาน	ปัญหาที่ระบุเพื่อสร้างนวัตกรรม	กลุ่มเป้าหมาย
5		นวัตกรรมลอดช่องน้ำมะม่วงเย็นเพื่อสุขภาพ	น้ำมะม่วงสกัดเย็นขึ้นรูปกับพอลิแอลจิเนตให้เป็นเส้น ใช้สำหรับปรุงแต่งอาหารหรือขนมหวาน เพื่อเพิ่มมูลค่า	มะม่วงที่ออกผลในฤดูกาลพบปัญหาล้นตลาด แม้จะมีการแปรรูปมะม่วงเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ แล้ว เช่น มะม่วงกวน แต่ราคาก็ยังไม่สูงขึ้น เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่น่าสนใจ จึงคิดค้นสูตรทำผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมะม่วงเพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้า	นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นปีที่ 3
6		สารเคลือบผิวผลไม้จากเพคตินในเปลือกทุเรียน	สารสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนสำหรับเคลือบผิวผลไม้เพื่อชะลอการสุก และการเหี่ยวของผลไม้	ร้ายขายผลไม้ หรือผู้ที่ซื้อผลไม้ไปรับประทานทั้งลูกประสบปัญหา ผิวของผลไม้เหี่ยวหรือช้ำไม่น่ารับประทาน	พ่อค้าผลไม้ในบริเวณใกล้กับมหาวิทยาลัย
7		ฟิล์มน้ำมันหอมระเหยจากมะกรูดสำหรับแต่งกลิ่นอาหาร	น้ำมันหอมระเหยจากมะกรูดนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มด้วยโซเดียมแอลจิเนต เจลาติน และแป้งในสัดส่วนต่าง ๆ	การใช้น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรในรูปของเหลวในบางครั้งไม่สะดวกต่อการใช้งาน จึงคิดค้นแผ่นฟิล์มเพื่อกักเก็บน้ำมันหอมระเหยในรูปของแข็งเพื่อให้สะดวกต่อการเก็บรักษาและใช้งาน	บุคคลทั่วไปที่มีความสนใจในการทำอาหาร
8		สเปรย์ดับกลิ่นเท้าจากสิ่งสกัดกากชา	สเปรย์สำหรับฉีดเท้าผสมสิ่งสกัดจากกากชาซึ่งเป็นของเหลือใช้จากร้านกาแฟ	กากชาเป็นของเหลือใช้จากร้านขายเครื่องดื่ม ซึ่งยังอุดมไปด้วยสารสำคัญที่มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ จึงคิดค้นนวัตกรรมเพื่อนำกากชามาสกัดสารสำคัญที่ยังหลงเหลืออยู่ไปใช้ทำสเปรย์สำหรับดับกลิ่นเท้า	ผู้ที่มีปัญหาเรื่องกลิ่นเท้าจำนวน 20 คน

จากประสบการณ์ในการทำงานกับนวัตกรรมทางเคมี ตั้งแต่เริ่มต้นการทำงาน หนูได้ลองค้นหาอะไรใหม่ ๆ ได้มารู้จักกับสิ่งที่ไม่เคยทำมาก่อน เช่น เทคนิค Molecular Gastronomy ได้ศึกษาเทคนิควิธีการต่าง ๆ อย่างจริงจัง บางเรื่องเป็นสิ่งที่เคยเห็นเคยได้ยินมาแล้ว แต่ไม่รู้ว่ามันเกี่ยวข้องใกล้ตัวกับวิชาเคมีอื่น ๆ ที่เราเรียนอยู่มาก ... ในขั้นตอนการสร้างผลงานแม้ว่าวิธีการสร้างนวัตกรรมของหนูดูไม่ยากเลย แต่มีปัญหาให้แก้ไขหรือทดลองอยู่มาก เพื่อให้ได้ผลงานที่สวยงามและนำไปใช้ได้ง่าย การใช้อัญชันมาเป็นส่วนผสมในงานนี้ก็มีต้นทุนต่ำ สามารถนำไปต่อยอดได้มาก และผลงานที่ออกมาก็สามารถนำไปแก้ปัญหาให้กับพ่อค้าแม่ค้าร้านขายน้ำได้จริง แม้ว่าจะไม่ได้นำไปใช้ขายจริง แต่ได้นำไปให้ประเมินความพึงพอใจแล้วก็พบว่าอยู่ในเกณฑ์ดี และได้รับความสนใจจากผู้ใช้ค่อนข้างมาก แม้ว่าจะยังมีปัญหาอีกมาก ถ้าจะผลิตไปใช้แบบจริงจัง

นักศึกษาคนที่ 2

การสร้างนวัตกรรมในวิชานี้ ทำให้เราต้องใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาปัญหาและการแก้ปัญหาต่าง ๆ ออกแบบ ลงมือทดลอง และแก้ไขจนพอใจ ... ในการศึกษาเรียนรู้การทำนวัตกรรมเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาตินั้น ก็ได้นำขั้นตอนหรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ทั้ง 5 ขั้นตอน และยังต้องคิด ค้นคว้าอีกมาก แน่นอนว่าต้องใช้ทักษะต่าง ๆ เช่น สังเกต การวัด คำนวณ

นักศึกษาคนที่ 3

ประสบการณ์ในขั้นตอนการออกแบบนวัตกรรมทางเคมี ได้รับบทเรียนและประสบการณ์ในทุก ๆ ขั้นตอน อันดับแรกเลยคือประสบการณ์ในการหาข้อมูลที่จะสามารถสนับสนุนหลักความคิดและกระบวนการที่จะนำมาผลิตนวัตกรรมหรือออกแบบนวัตกรรม และในการหาข้อมูลนั้นควรที่จะรองรับในการแก้ปัญหาโดยตรง โดยที่ตัวผู้ผลิตนวัตกรรมนั้นไม่ควรที่จะนำความคิดตัวเองยึดเป็นหลักในการทำงาน นอกจากนั้นในด้านของอุปกรณ์ในการทำการทดลองที่ตัวผู้ทำนั้นไม่เคยใช้มาก่อนจึงต้องทำการศึกษาละทำความเข้าใจถึงขั้นตอนและวิธีใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ และได้บทเรียนที่สำคัญเลยว่าการทดลองที่สำคัญเลยคือการจัดเตรียมเนื้อหาที่ดีและครบถ้วน แต่ที่สำคัญเช่นกันนั้นคือการลงมือทดลองทำซ้ำ ๆ เพื่อแก้ไขข้อปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมาที่ดีที่สุดและเป็นที่พึงพอใจตามที่คาดหวังไว้

นักศึกษาคนที่ 7

การสร้างนวัตกรรมของพวกเราไม่เป็นไปตามแผนงานที่กำหนดไว้ เพราะการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแผนการในการดำเนินการอยู่เสมอ เช่น ในการทดสอบประสิทธิภาพของนวัตกรรมในครั้งนี้จะต้องมีการเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียเพื่อในการทดสอบประสิทธิภาพของสเปรย์ดับกลิ่นเท้า แต่ไม่สามารถทำได้ตามแผนการที่ตั้งไว้ จึงนำการทดสอบความพึงพอใจในการทดสอบถึงประสิทธิภาพของนวัตกรรมดังกล่าว นอกจากนี้ในขั้นตอนกระบวนการทำงานจะต้องเปลี่ยนแปลงอย่างมาก เช่น กระบวนการในการสกัดสารที่เราต้องการต้องปรับเปลี่ยนวิธีการที่สามารถนำมาประยุกต์และปฏิบัติได้ที่บ้าน ซึ่งจากสถานการณ์ดังกล่าวได้เรียนรู้เลยว่าเราควรมีภูมิคุ้มกันตนเองที่ดีในการเตรียมพร้อมแก้ไขทุกปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้ทุกเมื่อ นอกจากนี้ได้เรียนรู้ว่าปัญหานั้นสามารถเกิดขึ้นได้กับทุกคนแต่อยู่ที่กระบวนการในการจัดการแก้ไขปัญหาหรือกำจัดปัญหาของแต่ละคนนั้นแตกต่าง ๆ ทำให้ผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาที่ออกมานั้นอาจไม่เป็นที่พึงพอใจต่อผู้ที่ประสบปัญหาเอง

นักศึกษาคนที่ 8

ในการวางแผนทำนวัตกรรมต้องตั้งปัญหาและมีขั้นตอนการทำงานชัดเจน พร้อมที่จะเปลี่ยนแปลงได้เสมอระหว่างทาง อย่างน้อย 80% อาจจะไม่เหมือนเดิม ต่างจากการทำงานอื่น ๆ ที่มีแบบแผนชัดเจน ดังนั้นเราควรมีแบบแผนที่กำหนดเพื่อให้การทำงานเป็นขั้นตอน และมีการหาแนวทางสำรองในกรณีที่มันไม่เป็นตามที่คาดเอาไว้ เพราะมีปัจจัยหลายอย่างที่ควบคุมไม่ได้ ประสบการณ์ที่ได้จากการทำนวัตกรรมในครั้งนี้ทำให้ผมมองเห็นภาพการทำงานทั้งที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมและงานอย่างอื่นมากขึ้น จากที่เมื่อก่อนไม่ค่อยให้ความสำคัญมากนัก เป็นการทำงานและเน้นแก้ปัญหาเฉพาะหน้า

นักศึกษาคนที่ 1

ผู้วิจัยยังได้อาศัยข้อมูลเชิงคุณภาพอื่น ๆ นอกจากการเขียนบันทึกการเรียนรู้ ได้แก่ การวิเคราะห์ภาระงานที่กำหนดจากกิจกรรมการเรียนการสอนและผลงานนวัตกรรมทางเคมี รวมถึง

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์นักศึกษาเพิ่มเติม (แสดงข้อมูลเป็นตัวเอียงไว้ในเครื่องหมายอัญประกาศ) หลังสิ้นสุดการเรียนการสอนในวันที่ 15-17 มิถุนายน 2563 มาเป็นส่วนสำคัญในการศึกษาความสามารถตาม**องค์ประกอบย่อย**ของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี เพื่อระบุพฤติกรรมที่สอดคล้องกับความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในภาพรวมที่กล่าวมาข้างต้น และนำข้อมูลที่สำคัญมาปรับปรุงและพัฒนากระบวนการเรียนการสอนให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของความสามารถของนักศึกษาตามองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

องค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี

การระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี ประกอบด้วยการสังเกต รวบรวม สภาพปัญหาและระบุปัญหาหรือลักษณะที่ต้องการพัฒนาซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการทางเคมี โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเพื่อนำไปสู่กระบวนการพัฒนา ทั้งนี้ในจากการวิเคราะห์ผลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนพบว่า นักศึกษามีพฤติกรรมบ่งชี้ว่าสามารถระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมีได้ ดังนี้

1.1 นักศึกษาค้นคว้าข้อมูลสภาพปัญหาหรือประเด็นในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีได้รอบด้าน

ในระยะแรกของการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนนำเสนอสาระสำคัญของการประยุกต์ใช้สารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อการพัฒนาด้านต่าง ๆ แสดงขอบเขตของการพัฒนาในด้วยความรู้เคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ และลักษณะการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ พร้อมทั้งกำหนดให้นักศึกษาระบุปัญหาที่ตนเองสนใจ ทั้งนี้ผู้วิจัยจัดกิจกรรม “เปิดโลกความจริง” กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถามถึงการประยุกต์ใช้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในด้านต่าง ๆ ว่าเกิดจากเหตุหรือปัญหาใด และให้ผู้เรียนลองยกตัวอย่างสภาพปัญหาหรือการพัฒนารอบตัวที่เกี่ยวข้องกับสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติให้ได้มากที่สุด เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาระบุปัญหาที่ตนเองสนใจ

หลังการทำกิจกรรมพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่เข้าใจลักษณะการนำสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติไปใช้งาน อาศัยการสืบค้นงานวิจัย เอกสาร ตำราต่าง ๆ เพื่อรวบรวมสภาพปัญหาที่พบ แต่ยังมีนักศึกษาส่วนหนึ่งคิดและระบุปัญหาขึ้นเอง ไม่มีการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม ทั้งนี้ผู้สอนต้องใช้คำถามกระตุ้นการคิดและทบทวนความสนใจของนักศึกษา เช่น นักศึกษามีความสนใจหรือความถนัดด้านใด มีความสนใจในแขนงวิชาเคมีใดเป็นพิเศษ ปัญหาที่นักศึกษากำหนดขึ้นเพื่อใคร เพราะอะไร หรือคุ้มค่าแก่การทำหรือไม่ รวมถึงการแนะนำแหล่งข้อมูลที่เหมาะสมในการค้นคว้างานวิจัยหรือแนะนำผู้เชี่ยวชาญในปัญหาที่นักศึกษากำหนดขึ้นมา เพื่อเปิดโอกาสให้นักศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม ผลจากการใช้คำถามกระตุ้นและดำเนินการดังกล่าว พบว่านักศึกษาบางคนเริ่มสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาด้วยการอาศัยความสนใจของตนเป็นฐานในการสืบค้นประเด็นในการพัฒนาร่วมกับแนวทางอื่น ๆ ได้แก่ การเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมายของปัญหา เช่น นักศึกษาคนหนึ่งมีความสนใจในการออกกำลัง

กาย จึงหาข้อมูลว่ามีการใช้ความรู้ทางเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับโภชนาการของผู้นิยมออกกำลังกาย รวมถึงสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้องในแวดวงดังกล่าวถึงสภาพที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะศึกษา นักศึกษาอีกคนหนึ่งพบปัญหาในการเก็บรักษาข้าวสาร จึงสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งต่าง ๆ รวมถึงสัมภาษณ์ผู้ที่มีประสบการณ์ในการเก็บข้าวสาร ก่อนจะลงข้อสรุปเพื่อระบุปัญหา นักศึกษาได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญในการสืบค้นสภาพปัญหาหรือประเด็นที่ต้องการพัฒนาด้วยวิธีการที่หลากหลายไว้ในบันทึกการเรียนรู้ที่ว่า

> อันดับแรกเลยคือประสบการณ์ในการหาข้อมูลที่จะสามารถทำให้เราเห็นปัญหาและสนับสนุนความคิดและกระบวนการที่จะนำมาผลิตนวัตกรรมหรือออกแบบนวัตกรรมได้นั้นจะต้องมีรายงานการวิจัยหรือวารสารต่าง ๆ ที่มีความน่าเชื่อถือมารองรับในกระบวนการต่าง ๆ ของเราและต้องใช้วิธีอื่น ๆ ด้วย เพราะงานวิจัยอย่างเดียวบางทีก็ไม่ได้ให้ความกระจ่างกับเราทั้งหมด
> นักศึกษาคนที่ 8

> *“ผมเป็นคนที่เข้าฟิตเนสตลอด ดูแลรักษาหุ่น ต้องกินโปรตีนเพิ่มเองมาก อยากทำผงหมักเนื้อจากสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติตอนนี้มองไว้ว่าจะเอาจากผลไม้ เช่น สับปะรด ทำให้ได้เนื้อที่นุ่มรสชาติอร่อย ทานง่าย ซึ่งเพื่อนที่ฟิตเนสได้ให้ข้อมูลเพิ่มตรงนี้มาก”*
> นักศึกษาคนที่ 1

> อาจารย์แนะนำให้ลองดูเทรนด์โลกว่าเขากำลังแก้ปัญหาอะไรกัน ตอนแรกก็ไม่รู้ว่าจะแก้อะไรดี เพราะมันเยอะไปหมด แต่พอลองดูใน youtube เห็นวิธีดัดแปลงเครื่องต้มยำไปใช้ในแบบต่าง ๆ หลายแบบก็เลยเริ่มเห็นข้อดีข้อเสียของแต่ละแบบ ก็เลยลองเอาแนวคิดสารธรรมชาติมาใส่ ก็ดูเป็นรูปเป็นร่างมากขึ้น แต่ก็ต้องไปค้นหางานวิจัยมารองรับด้วย และพบว่า อาหารสำเร็จรูปที่พวกเรานิยมกินกัน จะไม่สามารถเก็บกลิ่นหอมของสมุนไพรจากอาหารได้นาน
> นักศึกษาคนที่ 7

1.2 นักศึกษาระบุปัญหาในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่สามารถแก้ไขได้ด้วยองค์ความรู้ทางเคมี

ในการจัดการเรียนการสอนขั้นที่ 1 ระบุเป้าหมายจากปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมีจากกิจกรรม “เปิดโลกความจริง” ด้วยการนำเสนอและตั้งคำถามถึงการประยุกต์ใช้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ และระบุสภาพปัญหาหรือความต้องการในการพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ พร้อมทั้งร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ระบุปัญหาที่ตนสนใจนั้น พบว่าแม้นักศึกษาส่วนหนึ่งจะสามารถระบุปัญหาได้ถูกต้อง สอดคล้องกับสภาพปัญหาหรือประเด็นที่ต้องการพัฒนา แต่นักศึกษาส่วนใหญ่ยังวิเคราะห์ความเป็นปัญหาและความสำคัญของปัญหาไม่ได้ กล่าวคือ ไม่สามารถอธิบายถึงเหตุผลได้ว่าปัญหาที่ตนเองเลือกมานั้นสำคัญอย่างไร เป็นปัญหาที่แท้จริงของกลุ่มเป้าหมายที่จะต่อยอดไปสู่การพัฒนานวัตกรรมทางเคมีได้หรือไม่ รวมถึงอธิบายผลกระทบของปัญหาในมุมมองที่กว้างหรือแคบจนเกินไปจนทำให้การสร้างภาพหรือเป้าหมายที่ต้องการไม่ชัดเจน ดังจะเห็นได้จากบันทึกการเรียนรู้ที่นักศึกษาสะท้อนว่า

> *“ปัญหาที่นำเสนอในวันนี้คือ กลิ่นเท้าของผม เป็นปัญหามากสำหรับผม จึงอยากทำแผ่นรองเท้าหรือสเปรย์มาดูดกลิ่นเท้า”*
> นักศึกษาคนที่ 8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากปัญหาของผมตอนแรกที่จะทำเรื่องผงหมักพอกลับมาคิด ก็คิดว่าจะเปลี่ยน ... จนอาจารย์ได้แนะนำให้สืบค้นข้อมูลแบบจริง ๆ ผมก็สังเกตว่าโบรมีเลนมีประโยชน์มากกว่าการหมักเนื้อ ก็คือสามารถที่จะขจัดคราบเลือดได้ ... ซึ่งก็ได้ลองไปขอข้อมูลเพิ่มจากหมอผ่าตัดหรือคนที่เขาทำงานในโรงฆ่าสัตว์ก็พบว่าเจอปัญหานี้เหมือนกัน

นักศึกษาคนที่ 1

พอมองดูว่าเรามีปัญหาอะไรที่ตอนนี้เรากำลังเจออยู่จริง ๆ คือ เอาข้าวมาจากบ้านแล้วพอมาวางไว้ที่หอสักพักมอดขึ้นข้าวพอจะกินข้าวแต่ละทีต้องฆ่ามันตลอด และอีกอย่างคือมันวางไข่ในข้าว และก็ทำลายเมล็ดข้าวทำให้ข้าวที่เราเอามากินไม่ได้ เสียหายค่ะหนูเลยจะทำการไล่มอด ตอนแรกหนูก็ไม่รู้ว่ามันเป็นปัญหาสำหรับคนหมู่มากหรือเปล่า แต่ ณ ตอนนั้นมันคือปัญหาที่หนูกำลังเจออยู่และอยากหาทางออกที่ดีกว่านี้ เพราะเวลาจะกินข้าวต้องมานั่งฆ่ามอดที่ละตัวๆ แต่พอหาคุยกับคนอื่นเพิ่มปัญหาของหนู ถ้าระดับครัวเรือนมันคือปัญหาทั่วไปที่แม่บ้านต้องเจอเมื่อซื้อข้าวอินทรีย์ที่ไม่ใส่สารในข้าว เพราะข้าวอินทรีย์จะมีมอดวางไข่และฟักตัวอยู่ในข้าว แต่ถ้าเป็นปัญหาระดับประเทศถ้าเราต้องการส่งออกข้าวอินทรีย์ใส่ในแพ็คเกจสวย ๆ โดยไม่ต้องใส่สารฆ่าแมลงที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์

นักศึกษาคนที่ 4

ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรม “ระดมสมอง มาเลือกปัญหา” ต่อเนื่องจากกิจกรรมก่อนหน้า ให้ผู้เรียนช่วยกันนำเสนอปัญหาที่ตนเองสืบค้นมา ทำตารางการคิดแบบโป (Provocation Operation: PO) เพื่อลองฝึกสร้างความคิดในการแก้ปัญหาหรือสืบสอบทิศทางในการแก้ปัญหา โดยให้ระบุสาเหตุของปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหาให้ได้มากที่สุด เพื่อให้เห็นภาพความเชื่อมโยงของปัญหา สาเหตุและแนวทางในการแก้ปัญหา พบว่าผู้เรียนบางส่วนนำเสนอแนวทางการคิดหาทางแก้ปัญหาได้น่าสนใจ อาทิ นักศึกษาที่เลือกปัญหาเรื่อง ยอดขายเครื่องดื่มของร้านค้าในโรงอาหารต่ำ และพยายามคิดหาทางแก้ไขด้วยการใช้ความรู้ทางเคมีในวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในการนำเสนอเครื่องดื่มออกมาให้น่ารับประทาน หรือนักศึกษาที่เลือกปัญหาเรื่องกลิ่นเท้า นำเสนอการแก้ปัญหาด้วยการใช้ผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียหรือกำจัดกลิ่นจากสารเคมีหรือสมุนไพรไทย ซึ่งเป็นการใช้ความรู้ในวิชาเคมีในการแก้ปัญหาที่ตนเองกำหนดไว้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัญหา: แม่ค้าในโรงอาหารลดชนิดของน้ำผลไม้ปั่นและสมุนไพร เพราะยอดขายไม่สูง ทำให้มีแต่น้ำอัดลมและน้ำเปล่าขาย

แนวคิดที่เกิดขึ้น:สาเหตุของปัญหา	**โป:การพยายามคิดหาทาง**
1. น้ำสมุนไพรรสชาติเจือจางไม่อร่อย	1. ปรับปรุงสูตรการผสมน้ำสมุนไพร
2. การประกอบอาหารไม่ถูกสุขลักษณะ	2. ให้ความรู้เรื่องอนามัยในการประกอบอาหาร
3. ลักษณะเครื่องดื่มซ้ำกันกับร้านค้าอื่น	3. นำเสนอเครื่องดื่มให้แปลกใหม่น่ารับประทาน
4. ผู้ซื้อนิยมดื่มน้ำอัดลมมากกว่าน้ำสมุนไพร	4. ประชาสัมพันธ์ให้ผู้ซื้อหันมาดื่มเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ
5. ปริมาณผู้ซื้อลดลง	5. ลดปริมาณเครื่องดื่มลง แต่จัดให้มีหลายประเภท
6. ที่ตั้งร้านค้าอยู่ในมุมอับ	6. ทำป้ายร้านให้ชัดเจน ดึงดูดลูกค้า
7. ร้านทำช้า/ทำผิดพลาด	7. จัดระบบในร้านใหม่ให้รวดเร็ว ใส่ใจการบริการ
8. ราคาขายไม่เหมาะสม	8. รณรงค์ให้คนนำแก้วส่วนตัวมาเพื่อลดราคา 9. ลดราคาหรือจัดโปรโมชัน

นักศึกษาคนที่ 2

ปัญหา: เท้ามีกลิ่นเหม็น

แนวคิดที่เกิดขึ้น:สาเหตุของปัญหา	โป:การพยายามคิดหาทาง
1. เหงื่อออกมากที่เท้า	1. ล้างเท้าบ่อย ๆ ทำให้เท้าแห้งอยู่เสมอ 2. โรยแป้งเพื่อดูดความชื้นหรือใช้ขี้ผึ้งทาเท้า
2. ใส่ถุงเท้าหรือรองเท้าไม่สะอาด	3. ทำความสะอาดรองเท้าและถุงเท้าก่อนใช้ 4. ไม่ใส่ถุงเท้าหรือรองเท้าซ้ำทุกวัน
3. ใส่รองเท้ามิดชิดตลอดเวลา	5. ถอดถุงเท้าหรือรองเท้าเวลาไม่จำเป็น
4. แบคทีเรียที่เท้าทำให้เกิดกลิ่น	6. ใช้ผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียหรือกำจัดกลิ่นจากสมุนไพรไทย
5. เป็นโรคผิวหนัง	7. พบแพทย์เพื่อใช้ยารักษา
6. ความเครียด	8. รับประทานอาหารให้ครบ 5 หมู่ ทำจิตใจให้สบาย
7. ทานอาหารไขมันสูง หรือกลิ่นแรง	9. งดอาหารไขมันสูง หรือกลิ่นแรง

นักศึกษาคนที่ 8

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยการคิดแบบโป ทำให้นักศึกษาหลายคนที่ระบุปัญหาขึ้นจากความคิดของตนเอง ไม่ได้สืบค้นปัญหาจากสภาพจริงส่วนหนึ่ง กลับไปสืบค้นข้อมูลสภาพปัญหาเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนปัญหาของตนเอง ทั้งนี้ หลังจบการเรียนในสัปดาห์ที่ 2 นักศึกษาส่วนใหญ่ระบุปัญหาได้ถูกต้อง ชัดเจน และเลือกแนวทางที่จะแก้ไขปัญหาที่ตนเลือกด้วยความรู้ทางเคมีได้ ในขณะที่ปัญหาสำคัญที่พบในขั้นตอนนี้คือ มีนักศึกษาบางคนเขียนบันทึกการเรียนรู้ว่าไม่คุ้นเคยกับการเรียนการสอนแบบดังกล่าว ซึ่งผู้สอนได้แก้ปัญหาและแนะนำแก่นักศึกษาที่มีปัญหาดังกล่าวอย่างใกล้ชิด

“กิจกรรมในวันนี้ก็แปลกดี แต่ผมคิดไม่ค่อยออก อยากให้อาจารย์สอนเลคเชอร์แบบวิชาอื่น ผมน่าจะเข้าใจเนื้อหาได้มากกว่า”

นักศึกษาคนที่ 6

1.3 นักศึกษาสามารถวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผลการทำกิจกรรมที่อาศัยการคิดแบบโปข้างต้นนอกจากจะแสดงให้เห็นว่านักศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อระบุปัญหาแล้ว ยังอาศัยกิจกรรมนี้ระบุสาเหตุของปัญหาได้อีกด้วย ทั้งนี้นักศึกษาใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการระบุสาเหตุ กล่าวคือ มีการสังเกต การทดลองกำหนดคำตอบที่คาดว่าควรจะเป็น และรวบรวมข้อมูลเพื่อตรวจสอบจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย เช่น ฐานข้อมูลจากวารสารวิชาการระดับชาติ ซึ่งแตกต่างจากในครั้งแรกในการจัดการเรียนการสอนที่มักจะหาข้อมูลในสื่ออินเตอร์เน็ตทั่วไป ก่อนจะสรุปผลว่าจะปฏิเสธหรือยอมรับคำตอบที่ตนเองกำหนดขึ้นมา กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักศึกษาได้ทดลองใช้นี้ทำให้นักศึกษาเข้าใจบริบทของปัญหามากขึ้น และเชื่อมโยงกับความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่มี ในขณะเดียวกัน นักศึกษาบางคนเริ่มเข้าใจว่าการระบุปัญหาที่ชัดเจน จะทำให้การพิจารณาในลำดับต่อไปเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งการนำเสนอปัญหาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกลุ่มเพื่อน ยังทำให้นักศึกษาได้ข้อคิดเห็นจากเพื่อนเป็นการรวบรวมข้อมูลอีกทางหนึ่งซึ่งนักศึกษาใช้เพื่อตรวจสอบ

แนวคิดของตนเอง ดังจะเห็นได้จากการพูดคุยกับนักศึกษาภายหลังจากทำกิจกรรมและบันทึกการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

“ผมคิดว่าควรไปทำความเข้าใจและไปคิดว่า ปัญหากลิ่นจริง ๆ เกิดจากที่ใด จะทำเป็นผลิตภัณฑ์แบบใด สเปรย์ หรือขึ้นรูปเป็นแผ่นรองเท้า หรือจะเป็นแผ่นเคลือบ เพราะยังไม่รู้สาเหตุที่แน่ชัด”

นักศึกษาคนที่ 8

จากนั้นก็กลับมาที่ปัญหาที่เราต้องการสร้างทางแก้แล้วจริง ๆ ซึ่งแต่ละคนก็เสนอปัญหา สาเหตุ แนวทางการแก้ในแบบของตัวเอง และผู้สอนก็ให้เวลาในการหาข้อมูลเพิ่มเติม ซึ่งมีทั้งคนเปลี่ยนปัญหาใหม่ และหาข้อมูลจากเดิม ทำให้เกิดข้อเสนอแนวคิดจากเพื่อน ๆ มากมายที่ช่วยกันออกความเห็นว่าอาจเป็นไปในทางไหนบ้าง บวกกับเราสังเกตเอง เก็บข้อมูลเองอีก เมื่อแนวทางเยอะขึ้น มองเห็นภาพในอนาคตมากขึ้นทั้งปัญหาในการทำผลิตภัณฑ์ออกมา การเรียนแบบนี้ก็ดีอีกแบบนะคะ ได้ช่วยกันคิดและรู้ว่างานแต่ละคนก้าวหน้าไประดับไหน

นักศึกษาคนที่ 7

อย่างไรก็ดี ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาส่วนใหญ่ต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์และระบุปัญหามากกว่าเวลาที่กำหนดไว้ 2 สัปดาห์ ทำให้ต้องขยายขั้นที่ 1 ของกระบวนการเรียนการสอนเพิ่มออกไปอีก 1 สัปดาห์ เพื่อให้เวลานักศึกษาได้ตกผลึกความคิดและนำเสนอประเด็นต่าง ๆ จากการสืบค้นข้อมูลอย่างเพียงพอ ทั้งนี้พบว่าภายหลังจากเพิ่มระยะเวลาของขั้นตอนนี้ออกไป และติดตามผลการวิเคราะห์ปัญหาอย่างใกล้ชิด นักศึกษาส่วนใหญ่จึงจะสามารถนำเสนอปัญหาและภาพในอนาคตที่ต้องการได้

ผลของการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนในขั้นที่ 1 แสดงให้เห็นว่านักศึกษาสามารถสังเกต รวบรวมสภาพปัญหา ระบุปัญหา และวิเคราะห์สาเหตุของปัญหานั้น ๆ ได้จากสภาพจริง ก่อนจะนำไปสู่กระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี ด้วยการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ อย่างหลากหลาย มีการปรับเปลี่ยนมุมมองในการระบุปัญหา และรู้จักเรียบเรียงความคิด ให้เหตุผลและวิเคราะห์ข้อมูลก่อนตัดสินใจ พร้อมทั้งนำเสนอข้อมูลและเหตุผลสนับสนุน ซึ่งสัมพันธ์กับองค์ประกอบที่ 1 ของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี คือ การระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมีอย่างน่าพอใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

องค์ประกอบที่ 2 การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี หมายถึง การกำหนดประเด็นสำคัญ ก่อนจะสืบค้น และนำไปสู่การสรุปและเลือกใช้ข้อมูลสารสนเทศที่เกี่ยวข้องและมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมทางเคมี รวมถึงการศึกษาข้อจำกัดต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการพัฒนานวัตกรรมในอนาคต ผลจากการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นพบว่า นักศึกษามีความสามารถในการใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีตามข้อค้นพบดังนี้

2.1 นักศึกษากำหนดประเด็นสำคัญและสืบค้นองค์ความรู้ทั้งในสาขาวิชาเคมีและความรู้ที่จำเป็น และข้อจำกัดได้ถูกต้อง และครบถ้วนสอดคล้องกับปัญหาหรือนวัตกรรมที่จะพัฒนาขึ้น

ในการจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการเรียนการสอนขั้นที่ 2 หรือขั้นวิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์ เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ในลักษณะของการวิเคราะห์ตนเองและปัจจัยแวดล้อมด้วยการวิเคราะห์ SWOT พร้อมด้วยการจัดการบรรยายสรุปเนื้อหาความรู้ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องใช้เพิ่มเติมในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีที่สอดคล้องกับปัญหาและเนื้อหาตามที่หลักสูตรรายวิชากำหนดไว้ ผลจากการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนพบว่า หลังจัดกิจกรรม “SWOT by myself” เพื่อวิเคราะห์ตนเองและสภาพแวดล้อมพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่สามารถกำหนดจุดอ่อนและอุปสรรคสำหรับเป็นแนวทางในการสนับสนุนการกำหนดประเด็นการค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมได้เป็นอย่างดี เช่น ตนเองยังขาดความรู้ความเข้าใจในสาระสำคัญของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ไม่มีความรู้ในหลักการหรือแนวคิดทางด้านเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่จะนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี ซึ่งสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมบรรยายข้อความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาสาระของวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่สำคัญและจำเป็นต่อการนำไปใช้สร้างนวัตกรรมทางเคมีในลำดับถัดไป แต่ยังพบนักศึกษาบางคนสะท้อนว่าไม่สามารถหาจุดแข็งของตนเองได้ และนำเสนอจุดอ่อนของตนเองออกมาแต่เพียงอย่างเดียว ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม “SWOT by myself” ของนักศึกษาและคำสัมภาษณ์จากนักศึกษา ดังนี้

ปัญหา มอดขึ้นข้าวสารเก็บไว้ในภาชนะ

ภาพอนาคต ไล่มอดด้วยผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารธรรมชาติ 100%

จุดแข็ง	**จุดอ่อน**
- ภายในหมู่บ้านมีพืชที่ไล่แมลงหลายชนิด - มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองอยู่พร้อม เช่น มอดตัวเต็มวัยในข้าวอยู่ไม่ต้องเลี้ยงให้ยุ่งยาก หรือมีข้าวให้ทดลองได้หลายชนิด - สนใจและตั้งใจจะแก้ปัญหานี้เพื่อนำไปใช้สร้างผลิตภัณฑ์	- ไม่มีความรู้ในการสกัดสารให้ได้สารบริสุทธิ์เพียงพอ - มีเวลาจำกัดในการสร้างผลงาน - อ่านเปเปอร์ภาษาอังกฤษช้า อาจทำให้ไม่ได้ข้อมูลที่ทันสมัย - ค้นคว้างานวิจัยไม่มากพอ
โอกาส	**อุปสรรค**
- ปัญหาข้าวขึ้นมอดเป็นปัญหาทั่วไปที่หลายคนพบ - พืชที่หาได้ในท้องถิ่นมีงานวิจัยยืนยันว่ามีฤทธิ์กำจัดศัตรูพืช - มีผลิตภัณฑ์ไล่แมลงในท้องตลาดจำนวนมากเป็นต้นแบบในการสร้างผลงาน เช่น แบบก้อนหรือแบบแผ่น - ยังมีคนนำมาสารธรรมชาติมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์ไล่มอดน้อย	- ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมาอาจมีกลิ่นฉุน ซึ่งอาจทำให้ข้าวมีกลิ่น - มีผลิตภัณฑ์ไล่มอดที่วางขายอยู่แล้วบ้าง ซึ่งใช้งานได้ดีกว่า - มีอุปกรณ์วิทยาศาสตร์จำกัดซึ่งต้องแบ่งกันใช้กับเพื่อน

กลยุทธ์ที่กำหนด ก้อนไล่มอดจากสารสกัดใบและเมล็ดสะเดา

นักศึกษาคนที่ 4

นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อบรรยายข้อความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาสาระของรายวิชาไปแล้วพบว่า นักศึกษายังสามารถสรุปข้อความรู้สำคัญที่ได้เรียนในแต่ละครั้งพร้อมทั้งเชื่อมโยงกับความรู้เดิม

ที่เคยเรียนมาจากวิชาอื่นได้อย่างน่าสนใจ แสดงให้เห็นว่านักศึกษาสามารถนำความรู้ที่ได้จากการสืบค้นและศึกษาเพิ่มเติมมาสรุปประเด็นเป็นข้อมูลสำหรับแก้ปัญหาและวางแผนสร้างนวัตกรรมทางเคมี ดังปรากฏข้อความสะท้อนและรายละเอียดจากบันทึกการเรียนรู้ และตัวอย่างการสรุปข้อความรู้สำคัญที่ได้จากการบรรยายความรู้เพิ่มเติม และเชื่อมโยงกับองค์ความรู้ในวิชาต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

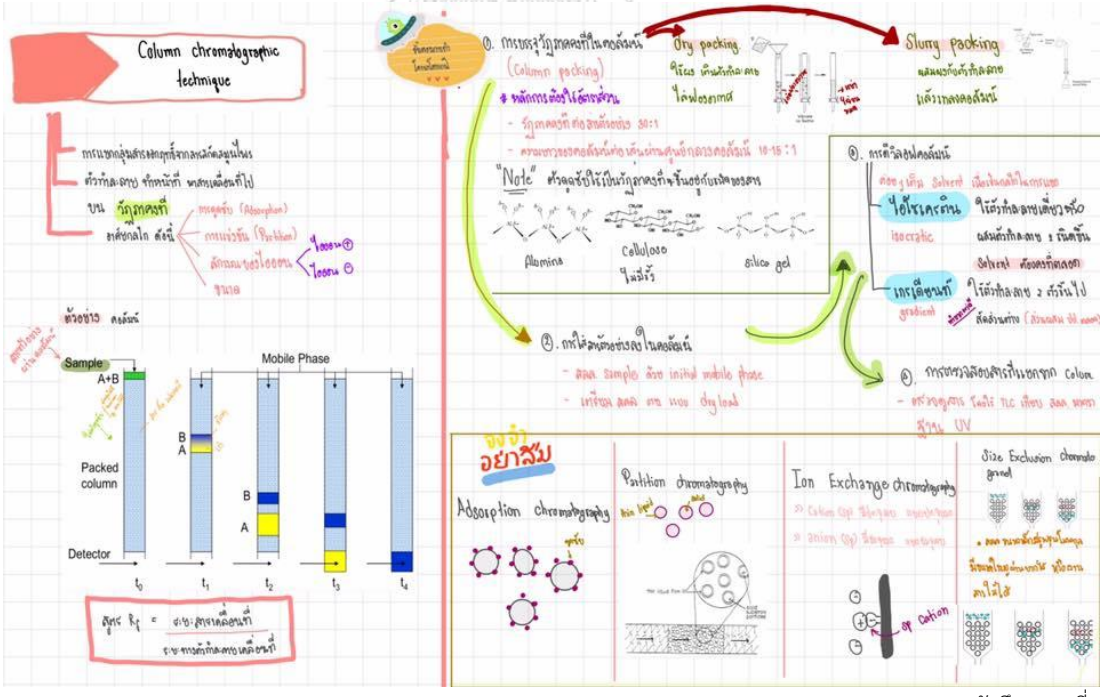
สารบางตัวที่หน้าตาโครงสร้างดูเหมือนจะต่างกันเล็กน้อย ก็อาจเป็นสารกลุ่มเดียวกันหรือต่างกันก็ได้ ขึ้นอยู่ที่ว่าเราจะใช้เกณฑ์ใดในการจำแนก ... และสารแต่ละกลุ่มแต่ละพวกก็แยกย่อยหลายชนิดมาก ถ้าอนาคตเรารู้สารพวกนี้และใช้บ่อย ๆ อาจทำให้เราจำมันได้ง่ายยิ่งขึ้น ว่าสารไหนเป็นอะไรบ้าง เป็นพวกไหน และมันมีความสำคัญ ประโยชน์ หรือโทษต่อร่างกายเรายังไงบ้าง และพบได้ที่ไหนบ้าง เพราะสารบางตัวเราไม่ต้องเอามันมาจากพืชหรือสัตว์ แต่เราสังเคราะห์มันขึ้นมาได้เช่นกัน

นักศึกษาคนที่ 7

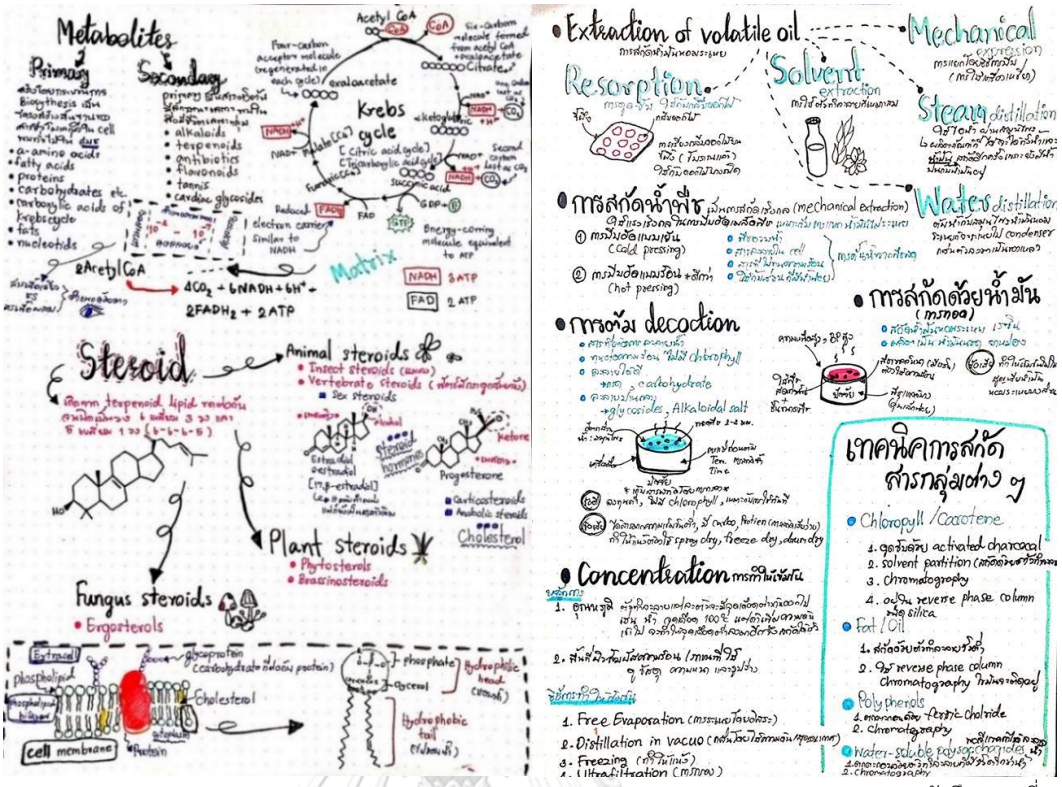
พอได้ปัญหาแล้ว จากนั้นทำการศึกษาหาพืชซึ่งเลือกสะเดา เพราะหาง่ายในท้องถิ่น และมีงานวิจัยนำไปใช้เป็นยาฆ่าและไล่แมลงได้ เมื่อได้ข้อสรุปว่าแล้ว ก็คิดต่ออีกว่าเราจะทำอย่างไรให้งานออกมาเป็นรูปเป็นร่างได้มากที่สุด จึงทำการหาข้อมูลดูว่าในท้องตลาดมีผลิตภัณฑ์อะไรบ้างที่ใกล้เคียงกับงานของเราทำออกมามากหรือน้อย พอได้ไอเดียก็ลองหาดูว่ามีวิธีอะไรบ้างที่เราจะสามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ให้สามารถใช้งานได้ง่าย สะดวก ก็พบวิธีทั้งยากมากและง่าย ๆ ที่สามารถขึ้นรูปสารสกัดของเราได้เอง รวมไปถึงเรื่องสารที่ออกฤทธิ์ไล่มอดด้วยว่าเป็นตัวไหน และจะทำยังไงให้ได้สารนั้นมา

“ตอนแรกเจอเปเปอร์ที่แยกสารนี้ รู้สึกว่าขั้นตอนมันมีขั้นตอนเยอะจัง จนค้นงานวิจัยเพิ่มก็รู้ว่า ไม่จำเป็นต้องแยกจนหมดก็ได้ เราสามารถใช้ crude ที่เราแน่ใจว่ามีสารนี้อยู่ก็พอ ก็เอาไปแชร์เพื่อน ๆ ตอนท้ายคาบ ก็มีคนลองไปหาดูบ้างหลายคน”

นักศึกษาคนที่ 4



นักศึกษาคนที่ 3



นักศึกษาคนที่ 4

ทั้งนี้การสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมของนักศึกษาส่วนใหญ่มีทักษะการค้นหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อได้ เช่น ฐานข้อมูลงานวิจัยที่ได้รับการยอมรับในระดับชาติ หรือนานาชาติ ร่วมกับแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย เช่น สื่อต่าง ๆ รวมไปถึงภูมิปัญญาท้องถิ่นในการประยุกต์ใช้ความรู้ให้สอดคล้องกับการพัฒนานวัตกรรม อย่างไรก็ดี ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาส่วนใหญ่ศึกษาข้อจำกัดต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการพัฒนานวัตกรรมเพียงบางประเด็นเท่านั้น ทำให้เกิดปัญหาในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีในลำดับถัดไป และต้องกลับมาสืบค้นหรือศึกษาข้อจำกัดเพิ่มเติมอยู่เสมอ

2.2 นักศึกษาเลือกใช้หลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีทางเคมีเป็นพื้นฐานและบูรณาการร่วมกับความรู้หรือประสบการณ์เดิมในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีได้อย่างชัดเจน

ผลงานนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงการนำองค์ความรู้ทางเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติมาใช้ในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี เช่น ฤทธิ์ทางชีวภาพของสาระสำคัญในพฤกษเคมี ความรู้เรื่องการสกัดแยก การทำสารให้บริสุทธิ์ การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ นอกจากนั้นยังพบการใช้ความรู้ทั้งในศาสตร์เคมีด้านอื่น ๆ เช่น การใช้ความรู้เลือกชนิดของพอลิเมอร์เพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคการกักเก็บสารแบบไมโคร (microencapsulation) หรือศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี อาทิ ชีววิทยา ชีวเคมี เทคโนโลยีทางอาหาร ดังจะเห็นได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของเอนไซม์ในเจลซึ่งสกัดจากสับปะรดเพื่อลดคราบเลือดบนผ้า การทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสเปรย์จากสิ่งสกัด

กากชา หรือการนำสิ่งสกัดเย็นมะม่วงที่ขึ้นรูปด้วยพอลิแอลจิเนต เม็ดบีดจากสิ่งสกัดดอกอัญชันที่เปลี่ยนสีไปตามสภาวะกรดเบส ไมโครบีดที่กักเก็บสารหอมจากใบเตย หรือฟิล์มบางที่กักเก็บสิ่งสกัดน้ำมันหอมระเหยจากมะกรูดเพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในการปรุงอาหารและเครื่องดื่ม

เมื่อคิดว่าในตอนที่ทำเสร็จแล้วเราจะรู้ได้ยังไงว่านวัตกรรมของเราลดกลิ่นเท้าได้จริง ก็เลยต้องไปหางานวิจัยมาดูเพิ่ม เขาเอาผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบการยับยั้งเชื้อในจานเพาะเลี้ยงเชื้อ ซึ่งเคยเรียนในแลปวิชาชีวะตอนปี 2

“กลยุทธ์ที่ผมทำตอนแรกดูไม่มีอะไรเลย แต่พอหาข้อมูลเพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ ก็เอาไปแก้ไขกลยุทธ์ตามที่อาจารย์บอก ก็ทำให้ตัวนวัตกรรมที่จะสร้างดูมีความแตกต่างมากกว่าของคนอื่นที่เขาทำกัน แต่จะติดตรงที่ว่าจะเลี้ยงเชื้อมากไปก็จะทำให้งานไม่จบได้”

นักศึกษาคนที่ 8

การสังเกตและการสัมภาษณ์นักศึกษาส่วนหนึ่งแสดงให้เห็นว่านอกจากนักศึกษานำความรู้จากวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเข้ามาใช้การสร้างนวัตกรรมทางเคมีร่วมด้วยแล้ว ยังมีการนำความรู้ที่สืบค้นได้เพิ่มขึ้นไปปรับปรุงกลยุทธ์ของตนเองที่ได้กำหนดไว้ก่อนหน้า ทำให้กลยุทธ์ใหม่ที่ได้ชัดเจนและส่งผลดีต่อการสร้างนวัตกรรมมากขึ้น

ผลของการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนขั้นที่ 2 นี้ แสดงให้เห็นว่านักศึกษาสามารถสรุปข้อความรู้ที่มีประโยชน์ต่อการระบุปัญหาและสร้างนวัตกรรมทางเคมี ทั้งยังสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมและคัดเลือกความรู้มาบูรณาการกับความรู้หรือประสบการณ์เดิมบางส่วน และศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีของตน รวมไปถึงนวัตกรรมทางเคมีที่มีการศึกษามาแล้ว ลักษณะของการจัดการความรู้ที่ปรากฏในขั้นตอนนี้สัมพันธ์กับองค์ประกอบที่ 2 ของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี คือ การเลือกใช้ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

องค์ประกอบที่ 3 การพัฒนานวัตกรรมทางเคมี

การพัฒนานวัตกรรมทางเคมีในที่นี้ หมายถึง การออกแบบโดยใช้องค์ความรู้ที่จำเป็นและความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างแบบร่างนวัตกรรมให้สามารถแก้ไขปัญหาตามที่ระบุไว้ โดยกำหนดองค์ประกอบ โครงสร้าง ลักษณะหรือประเภทของนวัตกรรม และขั้นตอนการปฏิบัติอย่างเป็นระบบก่อนจะดำเนินการสร้างต้นแบบนวัตกรรมทางเคมีโดยอาศัยวิธีการและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการตรวจสอบการใช้งานและรับฟังความคิดเห็นจากผู้ที่เกี่ยวข้อง และนำข้อคิดเห็นที่สำคัญมาปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมทางเคมีที่พัฒนาขึ้น

ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรมให้สอดคล้องกับการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีด้วยปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบเดิมร่วมกับการทำโครงงานผ่านการออกแบบด้วยที่แปลกใหม่และหลากหลายให้มากที่สุด จากนั้นจึงเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดมาดำเนินการตามหลักการและองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง พร้อมกับติดตามผลการทำปฏิบัติการรายสัปดาห์ ให้นักศึกษาสร้างผลงานนวัตกรรมทางเคมีตามที่ตนเองกำหนดไว้ และทดลองใช้นวัตกรรม

ทางเคมีที่ตนเองพัฒนาขึ้นทั้งกับเพื่อนนักศึกษาด้วยกัน และกลุ่มเป้าหมายของนวัตกรรมทางเคมีที่ตนเองกำหนดไว้ และนำคำแนะนำมาปรับปรุงแก้ไขผลงานของตนเอง

ผลการใช้กระบวนการเรียนการสอนในขั้นนี้ พบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่ใช้องค์ความรู้ที่ได้จากการสืบค้นในขั้นตอนก่อนหน้ามาออกแบบและสร้างแบบร่างของนวัตกรรมได้ ผู้วิจัยได้กำหนดโจทย์ในการออกแบบและสร้างนวัตกรรมทางเคมีในครั้งนี้ให้กับนักศึกษาว่า ให้เลือกใช้วัสดุที่หาง่ายและมีราคาถูกในการทดลอง หรืออาจใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการปฏิบัติการทดลอง เช่น การสกัดสาร การทำสารให้บริสุทธิ์ รวมถึงการคิดออกแบบให้ผลงานนวัตกรรมมีลักษณะที่แตกต่างไปจากแนวคิดเดิม ทั้งนี้ในขั้นตอนดังกล่าวของนักศึกษาบางคนได้รับผลกระทบจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 ทำให้นักศึกษาต้องปรับแผนการทดลองของตนเองให้สามารถทำได้จากที่บ้าน แต่ยังอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทดลองอย่างมีคุณภาพ ข้อจำกัดที่เกิดขึ้นนี้ทำให้นักศึกษาต้องอาศัยแนวคิดใหม่ ๆ ในการออกแบบการทดลอง เช่น การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ทดแทนอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ การเตรียมการเพื่อทำปฏิบัติการนอกห้องปฏิบัติการภายใต้ความปลอดภัยในการใช้สารเคมี และการปรับเปลี่ยนแผนการทดลองให้เหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์ นอกจากนั้นนักศึกษายังนำเสนอความก้าวหน้าและแสดงความคิดต่อการนำเสนอของเพื่อนนักศึกษาที่เป็นประโยชน์ ดังรายละเอียด

3.1 นักศึกษากำหนดวัตถุประสงค์และออกแบบนวัตกรรมทางเคมีได้ครบถ้วนตามองค์ประกอบที่สำคัญและจำเป็นโดยใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบนวัตกรรมทางเคมี

เมื่อนักศึกษาได้ระบุปัญหา และแนวทางการแก้ปัญหาได้ชัดเจน รวมถึงกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหาหรือภาพอนาคต และตัวชี้วัดหรือผลลัพธ์ในการประเมินการบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ด้วยความคิดนอกกรอบแล้ว ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาสามารถนำปัญหาและภาพในอนาคตรวมถึงตัวชี้วัดที่ระบุไว้ มาเป็นกำหนดเป็นวัตถุประสงค์และสร้างแนวทางในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีของตนเองได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

“ถ้าทุกร้านขายเหมือนกัน เราก็ต้องทำน้ำออกมาให้รสชาติเหมือนเดิม แต่รูปร่างไม่เหมือนเดิม ใช้ความรู้เคมีเข้าไปช่วยเรื่องสกัดสี หรือกลิ่นให้ว้าว จะได้ดึงดูดคนซื้อให้มากินมากขึ้น ... อย่างน้อยยอดขายเพิ่มขึ้นสัก 10-20%”

นักศึกษาคนที่ 2

“เวลากินมาม่าฉีกซองน้ำมันต้มยำมันจะเลอะมือมาก ถ้าเราทำให้มันไม่เลอะ ฉีกซองง่าย ๆ ก็ดีเลย อาจจะทำเป็นแผ่นเครื่องต้มยำใส่ในถ้วยได้เลย”

นักศึกษาคนที่ 7

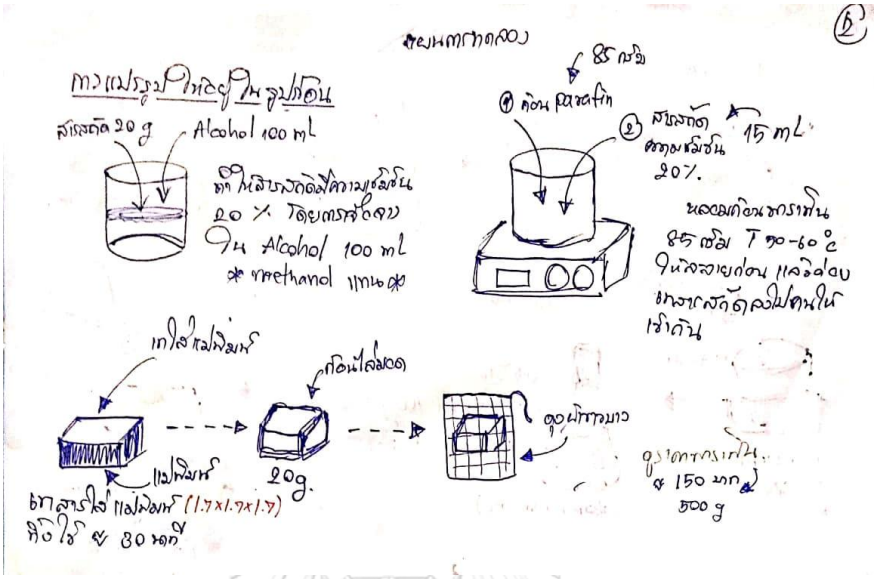
ผู้วิจัยพบว่า เมื่อนักศึกษาวิเคราะห์ตนเองและสภาพแวดล้อมเสร็จสิ้นแล้ว กิจกรรม “เมื่อจะเริ่มเดินทาง” เป็นกิจกรรมที่ช่วยให้นักศึกษากำหนดกลยุทธ์ผ่านการตั้งคำถาม ผลการทำกิจกรรม

พบว่านักศึกษาจะออกแบบภาพร่างของนวัตกรรมผ่านการนำข้อมูลจาก SWOT และกลยุทธ์มาประกอบกัน ทำให้นักศึกษาบางคนที่ไม่แน่ใจในความพร้อมของตนเอง และย้อนกลับไปพิจารณาวิเคราะห์ตนเองและสภาพแวดล้อมใหม่ เพื่อให้ได้แนวทางที่ชัดเจนในการกำหนดกลยุทธ์ให้มากขึ้น ผู้วิจัยพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าวนี้ เป็นช่วงเวลาที่ต้องพูดคุยและติดตามกระบวนการคิดของนักศึกษา พร้อมทั้งให้ข้อมูลป้อนกลับเพื่อแนะนำนักศึกษาเป็นระยะ ถ้าหากพบว่านักศึกษาไม่สามารถกำหนดกลยุทธ์ได้ กระบวนการนำเสนอและอภิปรายแผนกลยุทธ์ของนักศึกษาแต่ละคนในกิจกรรมนี้ยังช่วยให้นักศึกษาเกิดประเด็นต่อยอดในงานวิจัยของตนเอง เพราะในช่วงนี้นักศึกษาส่วนหนึ่งเริ่มสืบค้นข้อความรู้เพิ่มเติมจากงานวิจัยหรือเอกสารตำราต่าง ๆ นักศึกษาจะนำข้อมูลหรือสิ่งที่ตนพบเห็นมาแลกเปลี่ยนกับเพื่อนนักศึกษาด้วยกันอยู่เป็นครั้งคราว ในบางครั้งได้ให้คำแนะนำแก่เพื่อนให้สืบค้นหรือศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลที่เพื่อนยังเข้าไม่ถึง การจัดการเรียนการสอนในขั้นนี้ยังทำให้นักศึกษานำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์มาพิจารณาตั้งแต่จุดเริ่มต้นต่อเนื่องไปถึงปลายทางของการแก้ปัญหา จัดลำดับหรือเปรียบเทียบสถานการณ์ พิจารณาความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา และตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่สามารถนำไปสร้างผลงานได้จริงสอดคล้องกับเนื้อหาสาระของรายวิชา ทั้งนี้นักศึกษาแต่ละคนใช้เวลาในการกำหนดกลยุทธ์ได้สำเร็จหรือชัดเจนพร้อมที่จะนำไปสู่ขั้นตอนถัดไปของกระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีไม่เท่ากัน แต่ในภาพรวมยังอยู่ในกรอบที่กำหนดไว้คือ 6 สัปดาห์

3.2 นักศึกษาวางแผนและกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนชัดเจนในกรอบเวลาที่เหมาะสม

ผู้วิจัยเริ่มต้นกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นที่ 3 ของกระบวนการด้วยการบรรยายความรู้เรื่อง ตัวอย่างและแนวทางในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีจากสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ พร้อมทั้งนำเสนอกรณีศึกษาตัวอย่างการวางแผนและออกแบบนวัตกรรมทางเคมีที่เกี่ยวข้อง และจัดกิจกรรม “ออกแบบจากแนวคิด” ให้นักศึกษาแต่ละคน ร่างแบบนวัตกรรมทางเคมีขึ้นตามแผนที่กำหนดไว้ โดยอาศัยความรู้จากเรื่องที่ได้เรียนมาแล้ว กำหนดวิธีการ ขั้นตอนต่าง ๆ ตามกลยุทธ์ที่ได้ระบุไว้ รวมถึงวัสดุอุปกรณ์ การใช้งบประมาณ ซึ่งนักศึกษาส่วนใหญ่จะละเลยเรื่องงบประมาณ ทั้งนี้เพื่อให้ขั้นตอนดังกล่าวเป็นไปตามสาระการเรียนรู้ของรายวิชา ผู้วิจัยจึงกำหนดให้การออกแบบการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาต้องปรากฏประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการนำสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติมาใช้ เทคนิควิธีการในการสกัดแยกสาร หรือการทำสารให้บริสุทธิ์ เป็นประเด็นบังคับ ผลการออกแบบนวัตกรรมทางเคมี พบว่า ในภาพรวมนักศึกษาสามารถวางแผนและออกแบบนวัตกรรมทางเคมีของตนได้เป็นอย่างดี มีการกำหนดวัตถุประสงค์ของการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีที่สอดคล้องกับปัญหาที่กำหนดไว้ มีลำดับขั้นตอนการปฏิบัติที่ชัดเจน ใช้ผังงาน (flowchart) เป็นเครื่องมือในการวางแผน และร่างต้นแบบนวัตกรรมทางเคมีเพื่อให้เกิดภาพที่ชัดเจนก่อนการปฏิบัติ นักศึกษาส่วนใหญ่ใช้กระบวนการ

ทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบนวัตกรรมทางเคมี แต่ละเลยเทคนิคในต่าง ๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทดลอง เช่น การเตรียมความเข้มข้นสารที่ใช้ เทคนิคการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ทำให้เมื่อนำผลการออกแบบนวัตกรรมทางเคมีไปทดลองต้องกลับมาพิจารณาการออกแบบขั้นตอนของการทำปฏิบัติการทดลองใหม่



นักศึกษาคนที่ 4

นอกจากนั้นผู้วิจัยยังใช้คำถามกระตุ้นความคิด เช่น “ถ้าหากทดลองอีกอย่างหนึ่ง จะให้ผลเหมือนหรือต่างจากที่นักศึกษานำเสนอมาหรือไม่อย่างไร” “มีวิธีอื่นอีกหรือไม่ อย่างไร” “สิ่งที่จะสร้างขึ้นมาแก้ปัญหาที่ตั้งไว้แต่แรกไว้อย่างไร” ทำให้นักศึกษาเกิดการไตร่ตรองการทำงานของตนเองอย่างถี่ถ้วน ในการเรียนการสอนครั้งหลัง ๆ พบว่านักศึกษาส่วนหนึ่งเตรียมตัวในการวางแผนการทำงานไว้เป็นอย่างดี ด้วยการใช้คำถามกระตุ้นความคิดเหล่านี้ ถามตนเองและหาคำตอบของคำถามนั้นเป็นข้อมูลปรับปรุงผลงานตนเอง แต่นักศึกษาส่วนหนึ่งยังมีความก้าวหน้าในการออกแบบและวางแผนการทดลองค่อนข้างช้า ทำให้เกิดความแตกต่างของความก้าวหน้าของนักศึกษาในระดับหนึ่ง

ทั้งนี้เนื่องด้วยสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้นักศึกษาต้องปรับเปลี่ยนแผนปฏิบัติการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมทางเคมีของตนเองจากการทดลองในห้องปฏิบัติการไปเป็นการทดลองที่บ้านของนักศึกษา ผู้วิจัยจึงใช้โอกาสนี้ให้นักศึกษาปรับแผนการทดลองของตนเองใหม่ โดยให้ใช้วัสดุหรืออุปกรณ์ที่มีในบ้านในการทดลองให้มากที่สุด ในขณะเดียวกันหากต้องมีการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ให้ลดขั้นตอนของการทำสารให้บริสุทธิ์ลง และให้เน้นการใช้งานสิ่งสกัด (crude extract) แทน และให้นำเสนอผลการปฏิบัติงานเป็นรายสัปดาห์และสิ่งที่จะปฏิบัติในสัปดาห์ถัดไปบนช่องทางออนไลน์ พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้วิจัย นักศึกษา และเพื่อนได้แลกเปลี่ยนและเสนอแนวทางในการทดลองอย่างใกล้ชิด นอกจากนั้นการทดลองใช้นวัตกรรมทางเคมีที่พัฒนาขึ้นกับ

เพื่อนและกลุ่มเป้าหมาย นักศึกษาส่วนหนึ่งได้ปรับเปลี่ยนแผนการทดลองมาเป็นการทดสอบความพึงพอใจ เนื่องจากไม่สามารถทำการทดลองในห้องปฏิบัติการได้

การจัดทำนวัตกรรมครั้งนี้ได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาเป็นตัวพัฒนา ... ได้ลองลงมือออกแบบการทดลอง การลงมือปฏิบัติตามแผนงาน และใช้ทักษะการคำนวณสัดส่วนของสาร การชั่งสารตามสัดส่วนที่กำหนด ในการลงมือทดลองก็เหมือนเราได้แสวงหาความรู้ความจริง ซึ่งเกิดจากการได้ลงทำเอง คิดเอง
ปล.บางทีหนูก็ขาดสิ่งเหล่านี้ไปบ้างในบางครั้งค่ะ ^^
นักศึกษาคนที่ 4

การทำ SWOT เป็นเรื่องที่ใหม่ เพราะไม่เคยได้ยินมาก่อนจึงไม่ค่อยเข้าใจเวลาทำ ตีความไม่ได้ พอได้เรียนรู้วันนี้ก็เข้าใจขึ้นมาก โดยในการทำ SWOT ทำให้เราเห็นจุดอ่อนของงานว่าอยู่ส่วนใดเพื่อนำมาอุดรอยรั่วของเมื่อทำการปฏิบัติ
นักศึกษาคนที่ 5

ในการลงมือออกแบบนวัตกรรม ขั้นแรก คือ เอาโจทย์ที่เราตั้งไว้มาออกแบบการทดลองการสกัดสาระสำคัญที่ต้องการ ซึ่งต้องอาศัยเรื่องขั้วของสาร ตัวทำละลายที่จะใช้ อุปกรณ์ที่จำเป็นคือ evaporator ซึ่งมีอยู่แค่เครื่องเดียว จะต้องจัดสรรเวลาให้ดี กับสารเคมีที่ต้องใช้จะหาอะไรมาแทนได้บ้าง เพราะเอทิลแอลกอฮอล์ช่วงนี้แพงมาก ส่วนการขึ้นรูปสารได้วางแผนให้อยู่ในขั้นตอนหลังซึ่งทำที่บ้านได้ พร้อม ๆ กับการทดสอบประสิทธิภาพของนวัตกรรม
นักศึกษาคนที่ 8

3.3 นักศึกษาสร้างนวัตกรรมทางเคมีด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีการทดลองและการรับฟังข้อคิดเห็นเพื่อนำข้อผิดพลาดมาปรับปรุงผลงานเพื่อให้ใช้แก้ปัญหาได้

ผลจากการใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นในขั้นที่ 3 ซึ่งเปิดโอกาสให้นักศึกษาทดลองสร้างผลงานนวัตกรรมทางเคมีตามความสนใจด้วยการออกแบบการทดลองด้วยตนเอง ในระยะแรกพบว่า การดำเนินการลงมือสร้างผลงานของนักศึกษาเป็นไปได้ค่อนข้างช้า ผู้สอนต้องกระตุ้นด้วยการติดตามงานนอกเวลาเรียน ปัญหาในระยะแรกของผู้เรียนคือ เมื่อการทดลองไม่เป็นไปตามแผนที่คาดไว้ ไม่สามารถปรับปรุงหรือหาทางแก้ไขแบบแผนการทดลองของตนได้ ดังจะเห็นจากบันทึกการเรียนรู้ที่สะท้อนถึงประเด็นดังกล่าว

ไม่มีอะไรเป็นไปตามแผนเลยค่ะ ต้องปรับแก้อยู่ตลอดเวลา จากแต่ก่อนที่เคยคำนวณคิดไว้แล้วว่าจะต้องใช้สารในสัดส่วนเท่าไหร่ แต่พอมาเจอหน้างานจริง ๆ ต้องปรับกลับไปมา ทำให้ทำงานได้ช้า และพอจะนำไปใช้จริง ๆ ก็ได้ผลไม่เป็นไปตามที่ต้องการ ต้องเอากลับมาปรับแก้อีกค่อนข้างมาก
นักศึกษาคนที่ 5

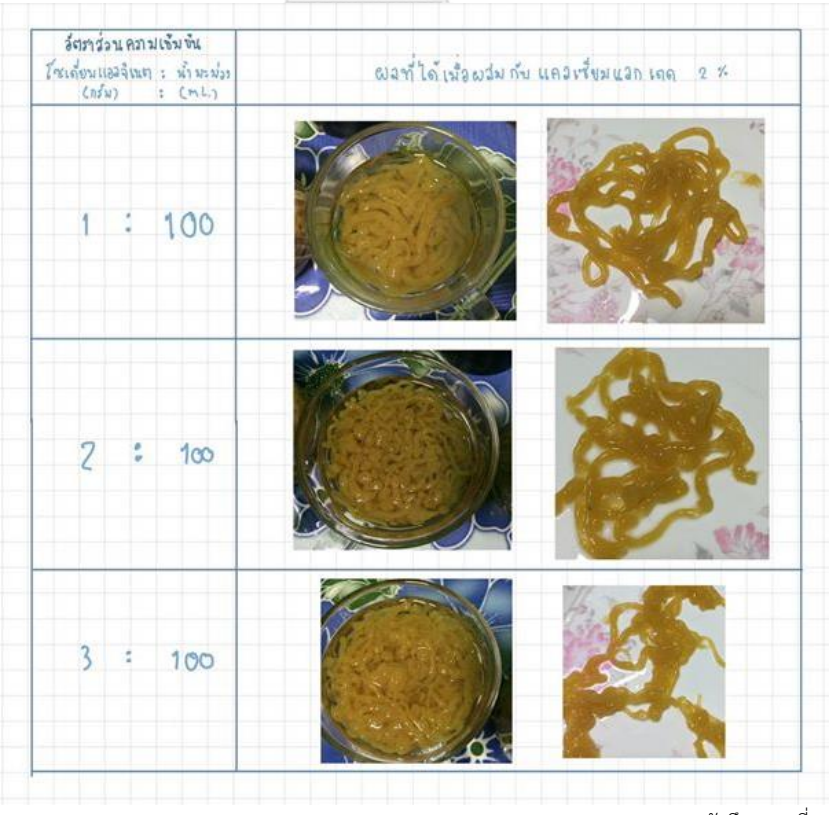
“สิ่งที่คิดไว้ว่าควรจะเป็นกับภาพความเป็นจริงมันต่างกันมากจริง ๆ ค่ะ พอได้ข้อสรุปของแผนการทดลอง ปัญหาแรกก็มาตั้งแต่อบพืชเลยค่ะ ทั้งแห้งไม่เท่ากันบ้าง ต้องอบใหม่ การสกัดสารจากเมล็ดสะเดาก็มีปัญหา เพราะใช้สัดส่วนและวิธีการตามงานวิจัย แต่พอตอนลงมือทำแล้วมันแช่ไม่ได้ ... ขนาดของก้อนไล่มอดที่คิดไว้ก็ใหญ่เกินไปเมื่อเทียบกับอัตราส่วนของข้าว ต้องปรับลดขนาดลง”
นักศึกษาคนที่ 4

ในขั้นตอนการสร้างนวัตกรรมทางเคมี นักศึกษาใช้กระบวนการและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามเนื้อหาสาระของรายวิชาเพื่อสร้างนวัตกรรมของตนเอง เช่น การสกัดแยกสารด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม การทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพเบื้องต้นด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปี ในแต่ละสัปดาห์นักศึกษาต้องนำเสนอผลการทดลองที่ได้ทำและแผนการทดลองลำดับต่อไป พร้อมทั้งอภิปรายผลการทดลอง นอกจากนั้นผู้วิจัยยังให้อิสระในการออกแบบการบันทึกผลการทดลอง ทำให้พบว่า ความสามารถในการออกแบบเพื่อเก็บข้อมูลของนักศึกษาแต่ละคนต่างกันมาก เช่น บางคนนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองมาบันทึกไว้โดยไม่มีการจัดระบบ หรือวิเคราะห์ข้อมูล บางคนนำเสนอข้อมูลเป็นตัวอักษรแต่เพียงอย่างเดียว บางคนใช้ภาพหรือบันทึกเป็นภาพเคลื่อนไหวมาแสดง การให้อิสระแก่นักศึกษาในการออกแบบการนำเสนอข้อมูล ทำให้นักศึกษาบางคนละเลยการนำเสนอข้อมูลสำคัญของการทดลอง บางกรณีต้องกลับไปทำการทดลองซ้ำ เพราะไม่ได้บันทึกผลการทดลองที่สำคัญและจำเป็นไว้

ทดสอบการขจัดคราบเลือดของเอนไซม์สับปะรดและสารซักล้างอื่น ๆ โดยการนำผ้าที่หยดเลือด 6 ผืน ผืนที่ 1-3 แช่เอนไซม์ที่สกัดจากส่วนต่าง ๆ ของสับปะรด แช่ในน้ำประปา1 ผืน ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ 1 ผืน ผงซักฟอก1 ผืน พบว่าเอนไซม์จากสับปะรดทั้ง 3 ส่วน ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ และผงซักฟอกสามารถขจัดคราบเลือดออกได้ น้ำประปายังทิ้งคราบเลือดอยู่

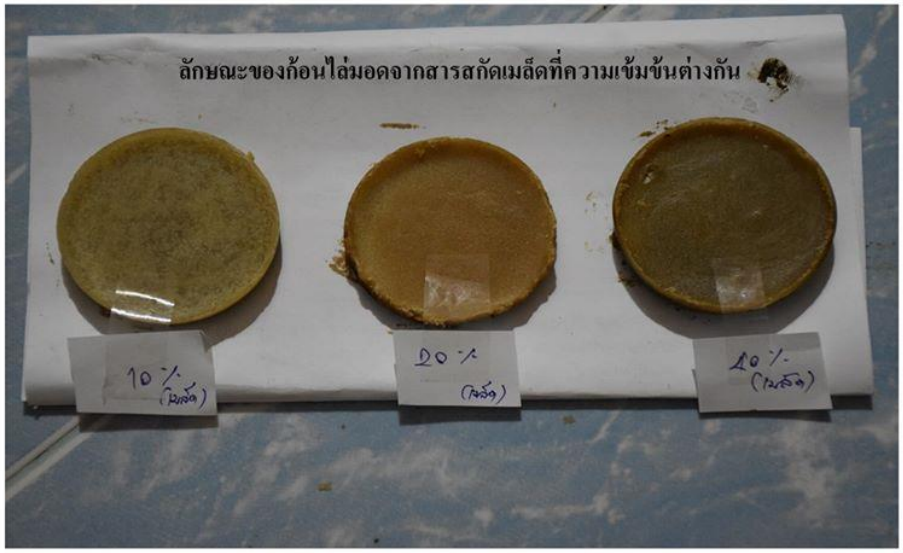
นักศึกษาคนที่ 1

ตัวอย่างการทำรายงานบันทึกผลการทดลองรายสัปดาห์ซึ่งออกแบบรายงานผลการทดลองด้วยตนเอง



นักศึกษาคนที่ 5

Test ครั้งที่ 2



นักศึกษาคนที่ 4

นักศึกษาคนที่ 3

ขั้นตอนการปฏิบัติการทดลองนี้ ผู้วิจัยได้เปิดโอกาสให้นักศึกษาวางแผนการทดลองอย่างอิสระ ในบางครั้งจึงปรากฏว่านักศึกษาต้องลองทำการทดลองและได้ผลการทดลองไม่เป็นไปตามที่คาดหวังไว้ ช่วยให้นักศึกษากลับมาปรับปรุงการทำงานของตนเอง และใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาที่พบ ในบางครั้งต้องอาศัยการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ ทำให้กระบวนการปรับปรุงแผนการทำงานของนักศึกษาเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและเกิดการเรียนรู้ในการทำการทดลองของตนเองอย่างแท้จริง ในขณะเดียวกัน กระบวนการกลุ่มที่ใช้ในการติดตามความก้าวหน้าของการ

ทดลองในแต่ละสัปดาห์ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การสร้างแรงจูงใจในเชิงบวกร่วมกันอีกประการหนึ่ง

เมื่อนักศึกษาพัฒนาต้นแบบนวัตกรรมทางเคมีของตนเองแล้ว จะต้องนำผลงานของตนเองไปให้กลุ่มเป้าหมายทดลองใช้เบื้องต้น พร้อมขอรับคำแนะนำเพื่อนำกลับมาปรับแก้นวัตกรรมทางเคมีของตนเอง ทั้งนี้เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 ทำให้นักศึกษาบางคนไม่สามารถนำต้นแบบนวัตกรรมทางเคมีของตนเองไปใช้ทดสอบในขั้นสุดท้ายได้ จึงได้เปลี่ยนมาเป็นการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มเป้าหมายที่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันแทน ทั้งนี้นักศึกษาพยายามออกแบบการประเมินความพึงพอใจให้สามารถแสดงถึงประสิทธิภาพของนวัตกรรมทางเคมีที่ตนเองสร้างขึ้นให้ได้มากที่สุด

> การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในสเปรย์ที่ผลิตได้นั้น จะเปลี่ยนเป็นการทดสอบความพึงพอใจของการใช้สเปรย์ทำให้ต้องวางแผนการทดลองใช้ใหม่ ซึ่งแตกต่างจากเดิมพอสมควร
>
> นักศึกษาคนที่ 8

> การทดสอบ activity ของเอนไซม์ในเจลผลิตภัณฑ์ในครั้งหลัง ๆ ต้องเปลี่ยนมาใช้การเทียบกับน้ำสับปะรดที่ยังไม่ได้นำไปทำเจล เพราะติดปัญหาเรื่องเครื่องวัด ทำให้เปรียบเทียบได้ด้วยตาเท่านั้น แต่ง่ายขึ้นเยอะมาก เป็นวิธีที่ลองคิดขึ้นเองและเสนออาจารย์ว่าควรจะดำเนินการอย่างไรในช่วงที่มีโควิดระบาด
>
> นักศึกษาคนที่ 1

ทั้งนี้ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาบางคนทำงานไม่สำเร็จตามแผนที่ตั้งไว้ ทำให้ในช่วงสัปดาห์ท้าย ๆ ของการจัดการเรียนการสอน ต้องขยายเวลาการทำปฏิบัติการสร้างนวัตกรรมทางเคมีเพิ่มเติม และให้นำผลการปฏิบัติงานมาส่งในภายหลัง เมื่อซักถามเหตุผลจากนักศึกษาพบว่า ส่วนหนึ่งขาดทักษะการทำปฏิบัติการ ทำให้การทำการทดลองเป็นไปได้ช้า อีกทั้งเมื่อผลการทดลองไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ทำให้นักศึกษาไม่สามารถแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้ทันท่วงที และรอจนกว่าจะถึงเวลาเรียนในชั้นเรียนจึงนำปัญหามาปรึกษา

3.4 นักศึกษาสอดแทรกความคิดสร้างสรรค์ลงในการออกแบบและสร้างผลงานนวัตกรรมทางเคมี

ในระหว่างการจัดการเรียนการสอนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีการสอดแทรกกิจกรรมที่ใช้เทคนิคการคิดนอกกรอบอยู่เสมอ อีกทั้งผู้สอนพยายามใช้คำถามกระตุ้นให้นักศึกษาเกิดการคิดและพยายามหาคำตอบ เช่น ให้หาคำตอบให้ได้มากประเด็นมากที่สุดเท่าที่จะคิดได้ โดยไม่ต้องคำนึงถึงความถูกต้อง ถ้าต้องการจะดำเนินการกลับด้านกับสิ่งที่กำลังคิด จะต้องทำอย่างไร ทำให้เกิดการขยายความคิดนำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบผลงาน เช่น การเลือกใช้กากชาในการสร้างผลงานแทนใบชาซึ่งมีมูลค่ามากกว่า หรือเมื่อนักศึกษาพบปัญหาความยุ่งยากจากการใช้สมุนไพรในการประกอบอาหาร และมุ่งอยู่ที่การคิดแก้ปัญหาด้วยการทำผลิตภัณฑ์ที่สกัดสารสำคัญจากสมุนไพรในรูปของผงแห้ง แต่เมื่อแนะนำให้นักศึกษาลองคิดมุมกลับว่า ในการใช้งานพืชสมุนไพรชนิดอื่น ๆ สามารถใช้วิธีใดในการ

แปรรูปหรือนำมาใช้งานได้บ้าง พบว่านักศึกษาสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมถึงวิธีและวิเคราะห์จุดเด่นจุดด้อยของแต่ละวิธี ก่อนจะออกแบบผลงานของตนเองให้มีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ทั่ว ๆ ไปในท้องตลาด หรือการใช้ความรู้จากศาสตร์อื่น ๆ ในการประยุกต์เพื่อออกแบบผลงานนวัตกรรมทางเคมี เช่น เทคนิค Molecular Gastronomy ในการขึ้นรูปเม็ดบีดอัญชันที่มีสีต่าง ๆ หรือลอดช่องจากสิ่งสกัดเย็นผลไม้ซึ่งเป็นเมนูใหม่ที่เพิ่มมูลค่าให้กับผลไม้ได้

> อย่างเม็ดบีดเราอาจจะเคยได้ยินมาบ้าง แต่เราก็ไม่เคยรู้ว่ามันมีกระบวนการทำออกมาให้เป็นเม็ดบีดได้อย่างไร จนกระทั่งคิดที่จำทำนวัตกรรมนี้ ได้ศึกษาขั้นตอนวิธีการทำอย่างจริงจัง ก็พบว่ามันเป็นการทำอาหารแบบสมัยใหม่ หรือที่เราเรียกกันว่า Molecular Gastronomy ส่วนตัวเคยได้ยินจากการดูมาสเตอร์เชฟมาบ้าง แต่ไม่เคยรู้ว่าเขาใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมันเป็นเรื่องใกล้ตัวมาก
> นักศึกษาคนที่ 2

> เวลาเสื้อเปื้อนเลือดซักไม่ออก เราก็จะหาว่าต้องเอาเสื้อไปแช่ในสารอะไร ถึงจะทำให้ซักออกง่าย ส่วนใหญ่คนจะข้ามน้ำสับปะรดไป เพราะมันเป็นของเหลวใช้ยาก แต่ถ้าทำให้เป็นครีมทาเสื้อแบบที่มีขายกันอยู่ในห้างน่าจะทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้นกว่าเดิมมาก
> นักศึกษาคนที่ 1

ผลของการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนขั้นที่ 3 แสดงให้เห็นว่านักศึกษาสามารถกำหนดวัตถุประสงค์ของนวัตกรรมทางเคมีได้ตามปัญหาที่ระบุไว้ วางแผน ออกแบบ รวมถึงลงมือสร้างนวัตกรรมทางเคมีได้อย่างรอบคอบและรอบด้าน พร้อมทั้งนำผลจากการทดสอบหรือการทดลองใช้งานมาปรับปรุง พฤติกรรมที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติการทางเคมี ในขั้นตอนนี้สัมพันธ์กับองค์ประกอบที่ 3 ของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี คือ การพัฒนานวัตกรรมทางเคมี

องค์ประกอบที่ 4 คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี

คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี หมายถึง ผลการใช้งานนวัตกรรมทางเคมีที่พัฒนาขึ้นว่าเหมาะสม สะดวก หรือสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือแก้ไขปัญหาที่ผู้สร้างนวัตกรรมได้กำหนดหรือไม่ รวมถึงการประเมินความคุ้มค่า ประโยชน์ และโอกาสที่นวัตกรรมจะได้รับการยอมรับในวงกว้าง หรือขยายผลไปสู่เชิงพาณิชย์ ทั้งนี้ในการประเมินคุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี ผู้วิจัยจัดการนำเสนอผลงานนวัตกรรมทางเคมีที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วบนช่องทางออนไลน์ และให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่เกี่ยวข้องกับการสอนวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ และเคมีอินทรีย์ จำนวน 4 คน ประเมินคุณภาพของนวัตกรรมทางเคมีพร้อมกับซักถามให้ข้อคิดเห็นและแนะนำ ทั้งนี้คณะกรรมการได้ซักถามถึงลักษณะการใช้งานนวัตกรรมทางเคมีที่นักศึกษาสร้างขึ้น และให้นักศึกษาบางคนแสดงการใช้งานนวัตกรรมทางเคมีเพิ่มเติมจากที่นักศึกษานำเสนอ

ผลการนำเสนอผลงานพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่สามารถนำเสนอผลการใช้งานนวัตกรรมให้เห็นว่าผลงานนวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์และสอดคล้องกับปัญหา มีการใช้ความรู้ในวิชาเคมีที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาในการออกแบบและสร้างนวัตกรรม แสดงให้เห็นว่าผลงานบางชิ้นมีความใหม่หรือการต่อยอดจากสิ่งที่มีอยู่แล้ว เช่น นวัตกรรมแผ่นฟิล์มสิ่งสกัดน้ำมันมะกรูดซึ่ง

สามารถนำไปใช้ประกอบอาหารและให้กลิ่นแทนมะกรูดได้จริง เจลขจัดคราบเลือดจากเอนไซม์โบรมิเลนที่สามารถกำจัดคราบเลือดที่เปื้อนบนเสื้อผ้าให้ลดได้ ก้อนไล่มอดจากสะเดาที่สามารถนำไปใช้ไล่มอดข้าวสารในภาชนะเก็บข้าวสารระดับครัวเรือนได้จริง สเปรย์สารสกัดจากกากชาที่สามารถลดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์จากเท้าได้ และเม็ดบีดอัญชันที่อาศัยการเปลี่ยนสีของสภาวะกรดเพื่อนำไปสร้างความโดดเด่นในการประกอบอาหารและเครื่องดื่ม เป็น

ปัญหาหนึ่งที่พบจากการประเมินคุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี คือ แม้ว่าผลงานของนักศึกษาเกือบทั้งหมดจะใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ หรือสามารถแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ได้ และสะดวกในการนำไปใช้งาน แต่ความดึงดูดของผลิตภัณฑ์ในการใช้งานยังอยู่ในระดับต่ำ บางผลงานนักศึกษาเลือกใช้วัสดุต้นทุนต่ำทำให้ลักษณะของผลงานเช่น สี กลิ่นที่ได้ไม่ชวนให้นำไปใช้งาน หรือเลือกใช้สารเคมีโดยไม่คำนึงถึงความปลอดภัยในการนำไปใช้งาน เช่น การใช้เมทิลแอลกอฮอล์ในการสกัดสาระสำคัญจากพืชเพื่อนำใช้กับผลงานนวัตกรรมเกี่ยวข้องกับการนำไปทำเป็นอาหารหรือเครื่องดื่ม ซึ่งเมทิลแอลกอฮอล์เป็นสารเคมีที่เป็นพิษต่อร่างกาย อาจตกค้างและเป็นพิษเมื่ออุปโภคบริโภคเข้าสู่ร่างกาย การใช้สารสกัดใส่เป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ในปริมาณมากเกินความจำเป็น ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเข้มและกลิ่นแรง ไม่เหมาะแก่การนำไปใช้งาน เนื้อสัมผัสของนวัตกรรมสเปรย์ไม่ชวนใช้งาน เนื่องจากองค์ประกอบและสัดส่วนของวัตถุดิบที่นำมาสเปรย์ยังไม่เหมาะสม เป็นต้น รวมถึงการต่อยอดในเชิงพาณิชย์ยังอยู่ในระดับที่ควรปรับปรุง แม้จะมีผลงานบางชิ้นสามารถนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้ แต่ต้องพัฒนาคุณภาพของผลงานเพิ่มเติมในบางส่วน ในขณะที่บางผลงานไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนสร้าง หรือขยายการผลิต ทั้งนี้นักศึกษาส่วนใหญ่แสดงความคิดเห็นว่า เนื่องด้วยเวลาของการออกแบบนวัตกรรมทางเคมีที่กระชับและข้อจำกัดในการทดลอง ทำให้ไม่สามารถปรับปรุงผลงานได้ตามที่ตนเองวางแผนไว้ได้ ทั้งนี้พบว่า ปัญหาบางประการที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของนวัตกรรมทางเคมีได้เกิดขึ้นในขั้นที่ 3 ของการจัดการเรียนการสอนในช่วงของการทดลองใช้นวัตกรรมแล้ว และนักศึกษาได้แก้ปัญหาไปแล้วส่วนหนึ่ง แต่ก็ยังพบปัญหาในประเด็นอื่น ๆ จากคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งมีมุมมองที่แตกต่างไปจากกลุ่มเป้าหมาย

หลังจากการนำเสนอผลงานนวัตกรรมทางเคมี ผู้วิจัยได้ให้นักศึกษาทบทวนเพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์การทำงานและปรับปรุงแก้ไขกลยุทธ์ในการทำงาน พบว่านักศึกษาส่วนใหญ่สามารถนำเสนอประเด็นในการปรับปรุงแก้ไขผลงานของตนเองได้อย่างเหมาะสม และเกิดการเรียนรู้ในกระบวนการสร้างนวัตกรรมทางเคมีและความสามารถทางนวัตกรรมทางเคมีอย่างชัดเจน ทั้งยังมีทัศนคติที่ดีต่อรายวิชาและการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ดังจะเห็นได้การสังเกตพฤติกรรมและวิเคราะห์เนื้อหาจากบันทึกการเรียนรู้ของนักศึกษาตลอดระยะเวลาการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอน ยัง

พบว่า นักศึกษาได้พัฒนาความสามารถและคุณลักษณะอื่น ๆ ซึ่งมีผลต่อความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ดังนี้

1. การสร้างแรงบันดาลใจ ความภาคภูมิใจ และเจตคติที่ดีต่อการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

ในการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนดังกล่าว ผู้วิจัยกระตุ้นให้นักศึกษาดำเนินการขับเคลื่อนกระบวนการสร้างนวัตกรรมด้วยตนเอง และกำหนดบทบาทของผู้สอนให้เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ ดังนั้นการดำเนินการส่วนใหญ่จึงเกิดจากมุมมองและการวางแผนของนักศึกษาเอง แม้ว่าในระยะของการจัดการเรียนการสอนจะพบว่า นักศึกษาจะประเมินว่าตนเองไม่มีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีให้สำเร็จได้ แต่เมื่อได้เรียนตามขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนจนครบถ้วน จนสามารถสร้างผลงานได้ด้วยตนเอง ทำให้นักศึกษาเกิดความภาคภูมิใจในการปฏิบัติของตนเอง แม้ว่าคุณภาพของผลงานอาจจะไม่เป็นไปตามที่นักศึกษาคาดหวัง แต่กระบวนการสร้างนวัตกรรมทางเคมีอย่างเต็มความสามารถของนักศึกษาเป็นแรงบันดาลใจสำคัญในการนำความรู้ที่ได้จากรายวิชานี้ไปใช้พัฒนาตนเองในอนาคต

> ในระหว่างการทำงานได้เรียนรู้อะไรหลายอย่างมาก ทั้งความอดทน ... การรู้จักวางแผนงาน และความไม่สมบูรณ์แบบค่ะ หนูคาดหวังว่างานมันจะต้องออกมาดี แต่พอมันไม่เป็นตามที่หวังก็เหนื่อยและท้อที่จะทำมัน แต่ยังไงท้ายที่สุดแล้วต่อให้งานที่เราจะทำมันจะออกมาไม่สมบูรณ์หรือไม่ใช่ตามที่เราคาดหวัง อย่างน้อยเราก็ได้ลงมือทำมันด้วยความสามารถเท่าที่เรามีแล้ว แค่การที่เราลงมือทำมันอย่างเต็มความสามารถก็ถือว่าเป็นกำไรมากกว่าขาดทุนแล้วค่ะ
>
> นักศึกษาคนที่ 4

2. ความสามารถในการเรียนรู้และสะท้อนคิด หรือเปิดรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นเพื่อการเรียนรู้

ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาเกิดการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติของตนเอง และสามารถสะท้อนการปฏิบัติของตนเองออกมาเป็นข้อคิดเพื่อการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง และการเปิดใจรับฟังความคิดเห็นของเพื่อน ซึ่งแต่เดิมนักศึกษามีความคิดว่า ความรู้ที่ถูกต้อง หรือสิ่งที่ควรรับฟังจะมาจากอาจารย์ผู้สอนหรือหนังสือเรียนเท่านั้น นอกจากนั้นกระบวนการเรียนการสอนดังกล่าว ยังทำให้นักศึกษาเรียนรู้ที่จะพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง กล้าแสดงออกทั้งทางความคิดและวิชาการ และมีทัศนคติที่ดีในการรับฟังผู้อื่นเพื่อนำไปมาแก้ไขปรับปรุงตนเอง

> *“รู้สึกชอบในกระบวนการจัดการเรียนรู้ ที่บางครั้งเอางานของเรามาเล่าให้เพื่อนฟัง เพราะปกติเราจะนำเสนอรายงานที่ทำเสร็จแล้วหน้าห้องกับเพื่อนเท่านั้น และไม่เคยได้ฟังเพื่อนพูดถึงงานของเรา เพราะต่างคนก็ต่างทำงานของตัวเอง มากกว่าที่จะมานั่งดูงานของเพื่อนหรือสนใจสิ่งที่เพื่อนพูดถึงงานของเรา และให้เราเอากลับมาคิดต่อ”*
>
> นักศึกษาคนที่ 7

> การให้แบ่งกลุ่มและค้นคว้าความรู้จากนอกห้องเรียน คล้ายกับกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ การเรียนรู้แบบนี้ทำให้รู้สึกไม่น่าเบื่อมีการทำงานเป็นทีมกับเพื่อน ๆ ได้รู้จักการคิดและวิธีการทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น
>
> นักศึกษาคนที่ 5

3. กระบวนการกลุ่มและการทำงานร่วมกัน

แม้ว่าการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในการจัดกระบวนการเรียนการสอนในครั้งนี้จะดำเนินการเป็นรายบุคคล แต่ผู้วิจัยอาศัยกระบวนการทำงานร่วมกัน และกระบวนการกลุ่มในการดำเนินกิจกรรมบ่อยครั้ง เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยน ตรวจสอบ และแนะนำซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดความรู้สึกและความสัมพันธ์ที่ดีในการทำงาน และช่วยให้การทำงานบรรลุเป้าหมาย ทั้งยังเรียนรู้บทบาทหน้าที่ในการเป็นผู้ให้คำแนะนำที่ดี และการเปิดใจรับฟังคำแนะนำเพื่อนำมาปรับแก้ไข

> การเรียนครั้งล่าสุดตอบโจทย์มาก ๆ การจัดการเรียนการสอนแบบกลุ่มโดยกิจกรรมการร่วมกลุ่มกันคิด มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของผู้เรียนแล้วก็ยังมีการออกไปสำรวจความคิดเห็นด้วยและสอบถามข้อมูลจากผู้อื่น นำมาสรุปเป็นความคิดของตนเอง ทำให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการในการจัดการความรู้เพิ่มขึ้น
>
> นักศึกษาคนที่ 6

4. ความสามารถในการใช้สื่อและเทคโนโลยี

การจัดการเรียนการสอนในครั้งนี้ออกแบบบนฐานของการใช้เทคโนโลยีร่วมในการจัดการ เช่น การสืบค้นข้อมูล การกำกับและติดตามผลการทำงาน การนำเสนอข้อมูล ผ่านแอพปลิเคชันต่าง ๆ บนระบบปฏิบัติการออนไลน์ ทำให้การเรียนรู้เกิดขึ้นทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน นอกจากนี้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้การทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนในครั้งนี้ต้องประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเข้ามาเป็นตัวกลางในจัดการเรียนการสอนและการติดต่อสื่อสารมากกว่าการจัดการเรียนการสอนโดยปกติ และพบว่านักศึกษาสามารถใช้สื่อดังกล่าวเพื่อให้กิจกรรมการเรียนรู้ดำเนินไปได้อย่างราบรื่น ผู้เรียนสนใจและตั้งใจที่จะเรียนรู้เนื้อหาจากเทคโนโลยีที่ผู้สอนนำมาใช้เพื่อความเข้าใจของผู้เรียน รวมไปถึงการค้นคว้าหาข้อมูล หรือการนำเสนอได้เป็นอย่างดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต สามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต
2. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการนำกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นไปใช้ ดังนี้

2.1. เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาที่เรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นกับเกณฑ์การประเมินผลที่กำหนดไว้

2.2. ศึกษา**องค์ประกอบย่อย**ของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาในระหว่างการใช้กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพปัญหาและกำหนดกรอบแนวคิดในงานวิจัย เป็นการศึกษาปัญหาและความต้องการจำเป็นในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี เพื่อกำหนดปัญหาในการวิจัย และสังเคราะห์นิยามและองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี พร้อมทั้งสอบถามความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิถึงความสอดคล้องเหมาะสม ก่อนจะศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี คือ แนวคิดการวางแผนกลยุทธ์ และการคิดนอกกรอบ เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย

ระยะที่ 2 การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบสำหรับผู้เรียนระดับปริญญาบัณฑิตโดยใช้ข้อมูลจากการสืบค้นและทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องระยะแรกมาเป็นฐาน ในการสร้างกระบวนการเรียนการสอนแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ ก่อนจะจัดทำเอกสารประกอบกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นและตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ระยะที่ 3 การศึกษาผลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ด้วยการนำกระบวนการเรียนการสอนไปทดลองใช้สอนนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ด้วยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือในการวิจัยประกอบด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น และแผนการจัดการ

เรียนการสอนซึ่งผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี และแบบบันทึกการเรียนรู้ ซึ่งเครื่องมือทั้ง 2 ฉบับผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิเช่นเดียวกัน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มามาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความสามารถกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และศึกษาองค์ประกอบย่อยของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีด้วยข้อมูลเชิงคุณภาพ

ระยะที่ 4 การนำเสนอปรับปรุงแก้ไขและพัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นหลังการทดลองใช้ โดยผู้วิจัยได้ปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนตามข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น และจัดทำกระบวนการเรียนการสอนฉบับสมบูรณ์ เพื่อให้ผู้สนใจสามารถนำกระบวนการเรียนการสอนไปใช้ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และเกิดประโยชน์ต่อไป

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยโดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ ตอนที่ 1 ผลการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ และตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต สรุปได้ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ

ผู้วิจัยพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต ซึ่งผลจากการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนมีองค์ประกอบสำคัญ ดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ของกระบวนการเรียนการสอน

กระบวนการเรียนการสอนพัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต ให้สามารถสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่แก้ปัญหาได้และถูกต้องตามหลักการของกระบวนการพัฒนานวัตกรรม

หลักการของกระบวนการเรียนการสอน

1. การกำหนดผลลัพธ์ล่วงหน้าและแผนการทำงานที่เหมาะสมกับตนเองและท้าทาย จากแนวทางที่แปลกใหม่ ไม่เหมือนเดิม จะช่วยให้การทำงานมีคุณค่า สร้างแรงจูงใจในการแก้ปัญหาให้บรรลุผลลัพธ์ที่ตั้งไว้

2. การค้นคว้าข้อมูลและวิเคราะห์สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานด้วยแนวทางที่หลากหลาย ทำให้เกิดความเข้าใจในประเด็นหรือปัญหาได้อย่างลึกซึ้ง

3. การออกแบบแผนงานอย่างเป็นระบบและเป็นขั้นตอนแบบย้อนกลับ ด้วยการหลีกเลี่ยงแนวคิดแบบเดิม หรือการใช้แนวคิดใหม่ ๆ ที่หลากหลาย ช่วยให้เห็นภาพการปฏิบัติงานในอนาคตและดำเนินการสู่เป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพด้วยความคิดสร้างสรรค์

4. การสืบสอบหาแนวปฏิบัติด้วยความคิดนอกกรอบ จะทำให้ได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการบรรลุเป้าหมายการทำงาน เพราะเกิดจากการวางแผนที่มีประสิทธิภาพและเป็นสิ่งที่ผู้ปฏิบัติเข้าใจอย่างแท้จริง

5. การทบทวนและปรับปรุงแผนงานของตนเองอย่างสม่ำเสมอ โดยหลีกเลี่ยงวิธีการปฏิบัติแบบเดิม ๆ ทำให้เกิดการเรียนรู้ใหม่ ๆ ที่ไม่เคยพบมาก่อน ซึ่งจะไปสู่การแก้ไขแผนงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน

การจัดการเรียนการสอนตามขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนนี้มีขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน มีรายละเอียดโดยย่อ ดังต่อไปนี้ นี้

1. ขั้นตั้งเป้าหมายจากปัญหา เป็นขั้นตอนเพื่อกำหนดทิศทางในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีที่เกิดจากการศึกษาสภาพปัญหาหรือความต้องการในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี มีขั้นตอนย่อย 3 ขั้น คือ

1.1 **เปิดโลกรายวิชา** เรียนรู้ความรู้เบื้องต้นและประเด็นการพัฒนารวมถึงความก้าวหน้าทางเคมีที่สอดคล้องกับหลักสูตรรายวิชาและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของโลก (Mega Trend) ความต้องการของผู้บริโภคในการใช้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาด้วยองค์ความรู้เคมี โอกาสและอุปสรรคในการพัฒนาทางเคมีของโลกในยุคปัจจุบัน ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนาหรือแก้ปัญหาที่ต้องการ

1.2 **รู้จักปัญหา** เรียนรู้เพื่อกำหนดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันหรือเกิดขึ้นจริงใกล้ตัวผู้เรียน และสามารถแก้ไขได้ด้วยความรู้ทางเคมีที่สอดคล้องกับหลักสูตรรายวิชาโดยอาศัยแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

1.3 **ตั้งเป้าหมายในอนาคต** จัดกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนสร้างเป้าหมายความสำเร็จในอนาคตจากการแก้ปัญหา รวมทั้งสืบค้นหาแนวทางการแก้ปัญหาด้วยความคิดนอกกรอบ

2. ขั้นวิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์ เป็นขั้นตอนเพื่อตรวจสอบและประเมินความพร้อมของตนเองในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี ด้วยการศึกษาและวิเคราะห์ตนเองและปัจจัยแวดล้อมด้วยวิธีหรือกระบวนการที่หลากหลายหรือแตกต่างไปจากเดิม และนำผลการวิเคราะห์มากำหนดเป็นกลยุทธ์ ขั้นวิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์มีขั้นตอนย่อย ดังนี้

2.1 วิเคราะห์ตนและเติมความรู้ เป็นการวิเคราะห์ Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats (SWOT) โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างขีดความสามารถของตนร่วมกับผลการประเมินสภาพแวดล้อมภายนอกที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียน และเรียนรู้เนื้อหาความรู้ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องใช้เพิ่มเติมในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีที่สอดคล้องกับปัญหาและเนื้อหาตามที่หลักสูตรรายวิชากำหนด

2.2 กำหนดกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม เป็นการเรียนรู้เพื่อกำหนดกลยุทธ์ หรือภารกิจทิศทางในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีเพื่อแก้ไขปัญหาตามแบบฉบับของตนเองพร้อมเหตุผลสนับสนุนพร้อมแสดงข้อมูลตามสภาพแวดล้อมที่วิเคราะห์ร่วมกับองค์ความรู้ที่เลือกใช้

3. ขั้นดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม เป็นขั้นตอนเพื่อให้ผู้เรียนสร้างผลงานนวัตกรรมทางเคมีด้วยการออกแบบและสร้างนวัตกรรมทางเคมีด้วยความคิดนอกกรอบตามกลยุทธ์ที่กำหนดไว้แล้ว รวมถึงทดลองใช้พร้อมทั้งนำผลการใช้งานนวัตกรรมเบื้องต้นมาปรับปรุงผลงานของตนเองให้แก้ปัญหาที่กำหนดไว้ได้อย่างสมบูรณ์ ในขั้นนี้ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยต่อไปนี้

3.1 ออกแบบนวัตกรรม เป็นการออกแบบและร่างแบบจำลองของนวัตกรรมทางเคมีตามกลยุทธ์ที่กำหนดไว้ โดยอาศัยตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ (Level of Representation) และนำเสนอรายละเอียดของแบบร่างหรือแผนงาน พร้อมทั้งปรับแก้ไขตามคำแนะนำ

3.2 สร้างนวัตกรรม เป็นการสร้างต้นแบบนวัตกรรมทางเคมีตามที่ออกแบบไว้ และทดสอบการใช้งานหรือทดลองใช้เบื้องต้นตามความเหมาะสม และอภิปรายผลการนำนวัตกรรมทางเคมีไปทดลองใช้ เพื่อปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรม

3.3 นำเสนอนวัตกรรม เป็นการนำนวัตกรรมทางเคมีที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว นำเสนอต่อผู้สอน ผู้เชี่ยวชาญ และเพื่อน

4. ขั้นตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์ เป็นขั้นตอนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการสร้างนวัตกรรมทางเคมีอย่างสมบูรณ์ สรุปผลการทำงาน เพื่อทบทวนและตรวจสอบกลยุทธ์ที่ตนเองสร้างขึ้น รวมถึงให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุงกลยุทธ์ของตน ตามหลักการของเครื่องมือในการตั้งเป้าหมายและการกำหนดตัววัดผล (Objective Key Results: OKRs)

การวัดและประเมินผลกระบวนการเรียนการสอน

ผู้สอนสามารถวัดและประเมินผลความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของผู้เรียนได้จากแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีเป็นรายบุคคล โดยประเมินตามองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี และแบบบันทึกการเรียนรู้ ด้วยการประเมินตามสภาพจริง และการประเมินการปฏิบัติในกระบวนการทำงานพัฒนานวัตกรรมทางเคมีของผู้เรียน

ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต

ผลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ จำนวน 8 คน ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 รวมเวลา 15 สัปดาห์ ได้ข้อสรุปจากผลการทดลองใช้ดังนี้

1. คะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีหลังเรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าเกณฑ์ร้อย 70 ที่กำหนดไว้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังเรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น คะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีจำแนกตามองค์ประกอบย่อยของความสามารถสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การระบุปัญหา การเลือกใช้ความรู้ และการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี ส่วนองค์ประกอบด้านคุณภาพของนวัตกรรมมีคะแนนความสามารถของนักศึกษาในองค์ประกอบนี้แตกต่างกับเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. นักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในภาพรวมหลังเรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นอยู่ระหว่าง 54.22-89.03 คะแนน ($\bar{X}$ = 78.41, SD = 11.74) มีระดับความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีอยู่ในระดับดี ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้

ผลการศึกษาองค์ประกอบย่อยของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาจากการใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นพบว่า หลังจากที่นักศึกษาผ่านการเรียนรู้ตามขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการเรียนการสอนแล้ว ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาสูงขึ้น ทั้งความสามารถโดยรวม และความสามารถตามองค์ประกอบย่อย

อภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยนำเสนอการอภิปรายผลการวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต ใน 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 การอภิปรายผลการศึกษาและพัฒนากระบวนการเรียนการสอน และตอนที่ 2 การอภิปรายผลของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นที่มีต่อความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษา รายละเอียดของการอภิปรายผลเป็นไปดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การอภิปรายผลการศึกษาและพัฒนากระบวนการเรียนการสอน

การวิจัยเพื่อพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ เกิดขึ้นจากการศึกษาสภาพปัญหาของการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาในระดับปริญญาบัณฑิต ก่อนจะศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างนวัตกรรมและแนวคิดที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรม คือ แนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ ก่อนจะนำมาเป็นกรอบแนวคิดสำคัญในการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนด้วยการดำเนินการอย่างเป็นระบบ และผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิในหลาย ๆ ขั้นตอน การทดลองใช้ในสถานการณ์จริง และการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งเมื่อพิจารณาการศึกษาและพัฒนากระบวนการเรียนการสอนแล้ว ผู้วิจัยมีประเด็นในการอภิปรายผลการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนดังกล่าว ต่อไปนี้

1. จุดเด่นของกระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ

เมื่อพิจารณาลักษณะสำคัญของกระบวนการเรียนการสอนในภาพรวมพบว่า กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีจุดเด่นดังนี้

1.1 กระบวนการเรียนการสอนที่นำเสนอในงานวิจัยนี้เป็นนวัตกรรมทางการศึกษา เนื่องจากเป็นกระบวนการที่คิดค้นและจัดทำขึ้นใหม่มีทฤษฎีและแนวเหตุผลที่มาชัดเจน เพื่อช่วยแก้ปัญหาทางการศึกษาของสาขาวิชาเคมีในระดับอุดมศึกษา สอดคล้องกับความหมายของคำว่านวัตกรรมทางการศึกษา (ทิศนา แขมมณี, 2558, น. 478) หากพิจารณาโดยละเอียดจะพบว่ากระบวนการเรียนการสอนดังกล่าวพัฒนามาจากการศึกษาสภาพปัญหาทั้งจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการสร้างนวัตกรรม และข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีในระดับอุดมศึกษาโดยตรง อีกทั้งยังค้นคว้าและนำเสนอแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์ และแนวคิดการคิดนอกกรอบรวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีและแนวคิดการพัฒนากระบวนการเรียนการสอน (Joyce, Weil, & Calhoun, 2009) และการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน (ทิศนา แขมมณี, 2558) ซึ่งนำมาประยุกต์ร่วมกับกรอบการวิจัยและพัฒนา (Mishra, 2008) มีหลักการของกระบวนการเรียนการสอนที่สำคัญ 5 ข้อ ทั้งยังนำหลักการทั้ง 5 ข้อนี้ไปประยุกต์ใช้ในทุกขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน อีกทั้งกระบวนการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนดำเนินการตามขั้นตอนของวิธีการเชิงระบบ ชัดเจนและน่าเชื่อถือ ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ มีคะแนนเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.61, SD = 0.62) ทำให้เกิดความเชื่อมั่นในการนำกระบวนการเรียนการสอนไปใช้ และบ่งชี้ว่าวัตถุประสงค์ของกระบวนการเรียนการสอนที่ชัดเจนจะทำให้การออกแบบกระบวนการเรียนการสอนมีลักษณะเฉพาะ สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนไปสู่จุดมุ่งหมายเฉพาะที่กระบวนการเรียนการสอนนั้นกำหนด (ทิศนา แขมมณี, 2558)

1.2 กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (student-centered instruction) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทในเชิงรุก มีพฤติกรรมการเรียนที่ส่งเสริมการเรียนรู้และได้ประโยชน์สูงสุดตามที่ผู้เรียนควรจะได้รับ เช่น กระบวนการเรียนการสอนดังกล่าวส่งเสริมให้นักศึกษาได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ ในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีอย่างหลากหลาย เช่น กิจกรรมสัมภาษณ์ กิจกรรมการปฏิบัติการทดลอง กิจกรรมการนำเสนอ ซึ่งเหมาสมกับวัยและวุฒิภาวะของตนเอง การสืบค้นและระดมความรู้จากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ สร้างความหมายและความเข้าใจในสิ่งที่ตนเองกำลังจะลงมือทำ พร้อมทั้งสร้างความรู้สึกเชิงบวกต่าง ๆ เช่น แรงบันดาลใจ ความภาคภูมิใจ การเห็นคุณค่าหรือมีความสุขจากการสร้างผลงานนวัตกรรมทางเคมีของตนเอง ทำให้เกิดความตื่นตัวให้พร้อมที่จะเรียนรู้ และเกิดการเรียนรู้ที่ดีมีความหมายต่อตนเองและต่อการลงมือปฏิบัติการสร้างนวัตกรรมทางเคมี นอกจากนั้นกระบวนการเรียนการสอนดังกล่าวส่งเสริมให้นักศึกษามีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับบุคคลผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับการแก้ปัญหาของตนเอง เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากกันและกัน และขยายการเรียนรู้ของนักศึกษาให้เกิดมากขึ้น และได้ใช้กระบวนการเรียนรู้ต่าง ๆ นำไปสู่การเรียนรู้ที่แท้จริง เป็นส่งเสริมการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นนอกห้องเรียน ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญในยุคปัจจุบัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Keinänen และ Kairisto-Mertanen (2019) ที่นำเสนอว่าการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมจะต้องสอดคล้องฝึกฝนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้สิ่งที่จะต้องประสบในวิชาชีพของตนในอนาคต และสร้างให้เกิดการมีส่วนร่วมในกระบวนการสร้างนวัตกรรมรวมถึงการใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการนวัตกรรม ดังนั้นสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้สอนควรจัดให้ผู้เรียนพบในระหว่างการเรียนการสอน และงานวิจัยของ Xu และ Chen (2010) ยังแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมนั้นจะต้องทำให้ผู้เรียนเกิดผลการเรียนรู้จากการกระบวนการสร้างนวัตกรรมทางเคมี เพื่อเชื่อมโยงเข้ากับความรู้และประสบการณ์เดิมของตนเองที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาสาระของรายวิชา จนเกิดเป็นสิ่งที่ตนเองเข้าใจความหมายอย่างแท้จริง สามารถอธิบายตามความเข้าใจของตนเองได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ

1.3 วัตถุประสงค์และลักษณะของกระบวนการเรียนการสอนสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหานำโครงงานเป็นฐาน (project-oriented problem-based learning: PPBL) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้นักศึกษาเรียนรู้แบบบูรณาการตามระดับทักษะที่ตนเองมี ด้วยการเสาะแสวงหาข้อมูลด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อหาคำตอบให้กับปัญหานั้นในรูปของโครงงาน เป็นการนำแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem-based learning) และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (project-based learning) ผนวกเข้าด้วยกัน (Brundiers & Wiek, 2013) ลักษณะร่วมกันของสองแนวคิด คือ การส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ปัญหาในโลกแห่งความจริง และเป็นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง อาศัยการ

ทำงานในกลุ่มเป็นตัวขับเคลื่อน เป็นการจำลองสถานการณ์จริง และหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่อิงสถานการณ์เสมือนจริงนั้นด้วยองค์ความรู้บูรณาการหลายสาขา รวมถึงให้อาจารย์ผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ พร้อมทั้งประเมินการทำงานตามสภาพจริงระหว่างทำโครงงาน ผลของการใช้แนวคิดการเรียนรู้ดังกล่าวจากงานวิจัยของ Fatokun และ Fatokun (2018) และงานวิจัยของ Ibrahim และ Halim (2013) ยังยืนยันให้เห็นว่า ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้นจากการนำแนวคิดนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาได้ง่ายขึ้น

ทั้งนี้กระบวนการเรียนการสอนนี้ยังสอดคล้องกับแนวทางในการพัฒนาคนในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีเป็นหนึ่งในทักษะสำคัญด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมที่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดในการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (Battelle for Kids, 2019) ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีต้องปรับกระบวนทัศน์จากการสอนแบบเดิม ที่มุ่งเน้นความรู้และความเป็นเลิศทางวิชาการ มาเป็นการแก้ไขปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ด้วยองค์ความรู้ทางเคมีที่เข้มแข็ง (Seechaliao, 2017; Wiek, Xiong, Brundiers, & van der Leeuw, 2014) อาจารย์ผู้สอนต้องส่งเสริมให้นักศึกษาสร้างทักษะการสร้างผลงานด้วยโครงงานนวัตกรรมในรายวิชา ผ่านการนำไปใช้จริงและแก้ไขปัญหาได้

1.4 ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนกำหนดขึ้นมาจากการศึกษาบูรณาการแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และแนวคิดการคิดนอกกรอบ มีคะแนนเฉลี่ยความเหมาะสมของขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการเรียนการสอนโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.61, SD = 0.63) เมื่อพิจารณากิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการพบว่าในแต่ละขั้นมีกิจกรรมสำคัญที่ช่วยเสริมสร้างความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ดังนี้

ขั้นที่ 1 ตั้งเป้าหมายจากปัญหา เป็นขั้นตอนที่นักศึกษาได้เรียนรู้มโนทัศน์สำคัญในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีจากกิจกรรมการบรรยายความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับรายวิชา พร้อมทั้งเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาและประเด็นที่น่าสนใจพัฒนาด้วยการสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่อาศัยความรู้ทางเคมีที่เกี่ยวข้อง รวมถึงเรียนรู้จากกิจกรรมที่ผู้สอนจัดให้ จนทำให้เข้าใจการสร้างนวัตกรรมทางเคมีด้วยความรู้ทางเคมีเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างเป็นรูปธรรม และเห็นภาพอนาคตที่เกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติของตนเอง ทำให้กำหนดขอบเขตในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีได้เหมาะสมและเป็นไปได้ จากการศึกษาพบว่า นักศึกษากำหนดปัญหาได้ชัดเจน มีการศึกษาสภาพของปัญหาอย่างรอบด้านและเก็บข้อมูลอย่างหลากหลาย ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการสร้างนวัตกรรมในขั้นตอนถัดไป สอดคล้องกับงานวิจัยของ Fowlin และคณะ (2013) และ Trompenaars และ Hampden-Turner (2010) ที่แสดงให้เห็นว่าการได้มาซึ่งปัญหาจากการสำรวจตนเองหรือสำรวจสภาพจริงเป็นสิ่งที่สำคัญต่อกระบวนการเรียนการสอนเพื่อสร้างนวัตกรรม และเป็นหนึ่งในองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมไม่ว่าจะเป็นนวัตกรรมโดยทั่วไปหรือนวัตกรรมทางเคมี

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์ เป็นขั้นตอนที่นักศึกษาวิเคราะห์ตนเองและปัจจัยแวดล้อม ผ่านการสำรวจ การวิเคราะห์ การประเมิน และการสืบค้นข้อมูลที่จำเป็นด้วยวิธีหรือกระบวนการที่หลากหลายหรือแตกต่างไปจากเดิม เพื่อตรวจสอบและประเมินความพร้อมของตนเองในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี และนำผลการวิเคราะห์มากำหนดเป็นกลยุทธ์ ข้อมูลจากการวิเคราะห์ตนเองของนักศึกษาแสดงความเป็นไปได้อย่างชัดเจนและช่วยให้นักศึกษาตัดสินใจกำหนดสิ่งที่ต้องทำในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีได้อย่างถูกต้อง รวมถึงช่วยให้นักศึกษาทบทวนการระบุปัญหาของตนเอง ในขั้นตอนนี้นักศึกษายังได้เรียนรู้องค์ความรู้ทางเคมีที่เกี่ยวข้องและจำเป็นต้องใช้ในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีจากทั้งผู้สอน และการศึกษาด้วยตนเอง บทบาทของนักศึกษาในขั้นตอนนี้สอดคล้องกับความสามารถในการใช้หรือจัดการความรู้ซึ่งนักวิชาการหลายท่านได้เสนอไว้ในทัศนะที่แตกต่างกัน เช่น de Bes และ Kolter (2011) เรียกว่าเป็นทักษะในการค้นหา สืบค้น และใช้ข้อมูลสารสนเทศสำคัญ หรือ Li (2014) กล่าวว่าเป็นความสามารถในการเรียนรู้ เพื่อนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม ซึ่งสอดคล้องกับการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการสร้างนวัตกรรม ที่แสดงให้เห็นว่า การจัดการความรู้เป็นปัจจัยภายอีกปัจจัยหนึ่งที่ผู้สอนสามารถส่งเสริมให้เกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องในระหว่างการจัดการเรียนการสอน และส่งผลให้ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมสูงขึ้นได้ (Seidler – de Alwis & Hartmann, 2008)

ขั้นที่ 3 ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม เป็นขั้นตอนที่มีกิจกรรมสำคัญคือ การวางแผนออกแบบ และลงมือสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่จะสร้างขึ้นตามกลยุทธ์ที่กำหนดไว้ในขั้นตอนก่อนหน้า ในขั้นตอนนี้การลงมือปฏิบัติด้วยตัวนักศึกษาเองทำให้นักศึกษาเข้าใจสิ่งที่เกิดขึ้น และพยายามหาคำตอบเพื่อแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าที่เกิดขึ้น บอกจุดผิดพลาดและทางแก้ไขได้ด้วยตนเอง พร้อมทั้งไตร่ตรองประเมินตนเองเพื่อปรับปรุงการทำงานอย่างต่อเนื่อง กิจกรรมสำคัญในขั้นตอนนี้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี คือ การใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบและปรับปรุงนวัตกรรมทางเคมีให้สำเร็จลุล่วงได้ตามที่กำหนดไว้ ผลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนดังกล่าว ได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาเกิดขึ้นในระหว่างลงมือปฏิบัติการเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี เพราะมีการปรับปรุงผลงานของตนเองอย่างสม่ำเสมอ และการดำเนินการของนักศึกษาแต่ละคนนั้นไม่เหมือนกันและมีลักษณะเฉพาะ สอดคล้องกับแนวคิดนักวิชาการส่วนใหญ่ที่นำเสนอว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการที่สร้างความคิดใหม่ ทางเลือกใหม่ และการแก้ปัญหาในแบบใหม่ที่แตกต่างกันออกไป และสอดคล้องส่งเสริมกับความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (McAdam & McClelland, 2002; OECD, 2011; Prajogo & Ahmed, 2006; White & Bruton, 2007) นอกจากนั้นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้หลังการนำเสนอความก้าวหน้าในปฏิบัติการสร้างนวัตกรรมทางเคมี เพราะเป็นช่วงที่ทำให้นักศึกษาฝึกทักษะการนำเสนอผลงานทั้งระดับทางการและไม่ทางการ ได้แลกเปลี่ยนสิ่งที่ตนเองคิด และสิ่งที่เพื่อนคิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เพื่อข้อคิดเห็นนั้นไปปรับปรุงผลงานของตนเอง รวมถึงได้นำผลงานส่วนหนึ่งไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมายที่นักศึกษาเก็บข้อมูลสภาพปัญหาเพื่อช่วยคิดหาทางแก้ไขปัญหาให้ด้วย ขั้นตอนดังกล่าวเป็นแก่นสำคัญของกระบวนการสร้างนวัตกรรม และเป็นองค์ประกอบสำคัญที่แสดงถึงความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ลักษณะพฤติกรรมที่ปรากฏจากการดำเนินขั้นดังกล่าวจึงสอดคล้องกับแนวคิดของนักการศึกษาที่สนใจการพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการสร้างนวัตกรรมและปรากฏในงานวิจัยหลายฉบับ (Li, 2014; Lu et al., 2013; Saunila & Ukko, 2012; Trias de Bes & Kotler, 2011; Trompenaars & Hampden-Turner, 2010; Xu & Chen, 2010; Zawislak et al., 2012; เนาวนิตย์ สงคราม, 2552; พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2554)

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์ เป็นขั้นตอนที่นักศึกษาตรวจสอบผลการกำหนดกลยุทธ์ของตนเองว่าเหมาะสมหรือไม่ นำไปสู่นวัตกรรมทางเคมีที่มีคุณภาพหรือไม่ ผ่านการสรุปผลการทำงานจากข้อมูล ข้อความรู้ ความคิดที่เกิดขึ้นในระหว่างปฏิบัติงาน กิจกรรมสำคัญในขั้นตอนนี้ คือ การทบทวนหลังการปฏิบัติงาน (After Action Review: AAR) ซึ่งพูดคุยสะท้อนคิดเพื่อรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกภายในกลุ่ม สร้างบรรยากาศที่ดีมีการเสริมแรงทางบวก เป็นแรงกระตุ้นให้นักศึกษาสะท้อนผลการทำงานอย่างจริงใจและตรงไปตรงมา พร้อมรับคำแนะนำและนำไปแก้ไขปรับปรุงในการดำเนินงานในอนาคต ขั้นตอนดังกล่าวดัดแปลงมาจากการตรวจสอบ ติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงานและแผนกลยุทธ์ (Allison & Kaye, 2015; Bryson, 2004; พิริยะ ผลพิรุฬห์, 2552) ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบให้การติดตามและประเมินผลการดำเนินงานสอดแทรกอยู่ในทุกขั้นตอนของการสร้างนวัตกรรมทางเคมี แต่ในขั้นตอนที่ 4 จะมีจุดเด่นเรื่องการนำกรอบแนวคิดตามหลักการของเครื่องมือในการตั้งเป้าหมายและการกำหนดตัววัดผล (Objective Key Results: OKRs) ในการประเมินแผนกลยุทธ์เพื่อการเรียนรู้มาใช้ สะท้อนคิดหลังการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักศึกษาเข้าใจอย่างแจ่มชัดมากยิ่งขึ้น เป็นขั้นตอนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการสร้างนวัตกรรมทางเคมีอย่างสมบูรณ์ ทั้งยังทำให้ขั้นที่ 1 ของกระบวนการเรียนการสอนสร้างภาพที่ชัดเจนให้กับผู้ปฏิบัติ เพราะต้องกำหนดตัวเป้าหมายอย่างแน่ชัดตั้งแต่ต้น

นอกจากนั้นยังพบว่าเมื่อพิจารณาทบทวนถึงสภาพการปฏิบัติงานตามขั้นตอนการดำเนินงานของกระบวนการเรียนการสอน ยังทำให้นักศึกษาพบแนวทางปฏิบัติงานที่เหมาะสมที่สุดด้วยตนเอง และส่งผลให้นักศึกษาสามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เนื่องจากต้องทบทวนกลยุทธ์ที่ตนเองสร้างขึ้นอยู่เสมอ เพื่อทำให้การดำเนินการบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการดำเนินการตามขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนข้างต้นนี้ แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า กระบวนการเรียนการสอนดังกล่าวมีจุดเด่นสำคัญคือ เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมีจากการรู้หรือเข้าใจปัญหาของกลุ่มเป้าหมายอย่างแท้จริง และวางแผนสร้างนวัตกรรมทางเคมีนั้นอย่างเป็นระบบด้วยแนวทางที่เหมาะสมกับตนเองที่สุด พร้อมทั้งผสมผสาน

กระบวนการคิดและตัดสินใจด้วยหลักคิดหรือแนวคิดที่มีองค์ความรู้ทางด้านเคมีเพื่อนำไปสู่กลไกการทำงานของนวัตกรรมที่จะสร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาอย่างแท้จริง

1.5 การวิจัยและพัฒนากระบวนการเรียนการสอนในครั้งนี้ทำให้ค้นพบประเด็นที่สามารถนำไปต่อยอดการวิจัยทางด้านหลักสูตรและการสอนหลายประการ ดังนี้

1.5.1 ความไม่สอดคล้องกันระหว่างจุดเน้นของหลักสูตรและการส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีซึ่งเป็นหนึ่งในทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 ดังจะเห็นได้จากมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกรอบในการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ระดับปริญญาตรี แม้จะปรากฏมาตรฐานผลการเรียนรู้ ด้านทักษะปัญญาที่ให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบและมีเหตุผล รวมถึงนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์กับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม เพื่อไปสู่การสร้างนวัตกรรม แต่เนื้อหาสาระสำคัญของรายวิชายังเน้นไปที่ความรู้มากกว่าการปฏิบัติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปฏิบัติเพื่อสร้างนวัตกรรม เมื่อผู้วิจัยนำกระบวนการเรียนการสอนที่ส่งเสริมเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีมาใช้ จึงต้องปรับปรุงวิธีการสอน และกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับหลักสูตรและส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีอย่างมาก ซึ่งแตกต่างจากวิถีการจัดการเรียนการสอนระดับอุดมศึกษาทั่วไปในปัจจุบัน ดังจะเห็นได้จากความไม่คุ้นเคยจากทั้งผู้เรียนและผู้วิจัยในการใช้กระบวนการเรียนการสอนในช่วงแรก

1.5.2 บทบาทหน้าที่ของผู้สอนในกระบวนทัศน์ใหม่ของการศึกษาในระดับอุดมศึกษาเป็นปัจจัยสำคัญที่จะกำหนดพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียน ดังจะเห็นได้จากพฤติกรรมการสอนในกระบวนการเรียนการสอนนี้เน้นการใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นว่าเห็นด้วยหรือไม่ คิดเหมือนกันหรือคิดต่างกันอย่างไร ส่งเสริมการโต้แย้งด้วยเหตุผลที่จะต้องหาหลักฐานมาสนับสนุนความคิดของตน ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นถึงการโต้แย้งและกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กล่าวได้ว่ากระบวนการเรียนการสอนนี้ส่งเสริมมุมมองธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

พฤติกรรมการสอนอีกประการหนึ่งซึ่งสำคัญต่อกระบวนการเรียนการสอนนี้ คือ การเชื่อมโยงแนวคิดที่ต้องการสอนกับความรู้เดิมของผู้เรียน ด้วยการสร้างแนวคิดใหม่ต่อยอดความรู้ที่ผู้เรียนมีอยู่ แต่ในสถานการณ์จริงผู้สอนอาจประเมินความรู้เดิมของผู้เรียนคลาดเคลื่อน ทำให้เป็นอุปสรรคต่อกิจกรรมการเรียนการสอนที่กำหนดไว้ แต่ถ้าหากผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดที่มีอยู่เดิมได้ถูกต้องกับแนวคิดใหม่ที่ผู้สอนถ่ายทอดหรือกระตุ้นให้ค้นพบ ย่อมทำให้เกิดโครงสร้างความรู้ที่มั่นคง สามารถนำไปประยุกต์ได้กับทุกสถานการณ์ ด้วยเหตุนี้ผู้เรียนจึงควรมีส่วนร่วมในการทบทวนการเรียนรู้ของตนเองให้ลึกซึ้ง ในขณะเดียวกันครูควรประเมินความรู้เดิมของผู้เรียนก่อนสอน เพื่อค้นหาพื้นฐานความรู้เดิม ความสนใจ ความถนัดของผู้เรียน เพื่อปรับกิจกรรมการเรียนการสอนรองรับ

ความแตกต่างระหว่างผู้เรียนที่พบ ซึ่งแตกต่างจากกระบวนทัศน์การสอนแบบเดิมที่เน้นการถ่ายโอนความรู้ตามแบบแผนที่กำหนดไว้อย่างชัดเจน

1.5.3 ปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่มีส่วนในการส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมทางเคมี คือ แรงจูงใจในการพัฒนานวัตกรรม ในกระบวนการเรียนการสอนครั้งนี้ ผู้วิจัยให้นักศึกษาเลือกเป้าหมายในการพัฒนานวัตกรรมด้วยตนเอง เป็นการกำหนดเป้าหมายด้วยตัวนักศึกษาตามที่ต้องการอย่างแท้จริง ๆ เป็นการสร้างความผูกพันต่อเป้าหมายนั้น นอกจากนั้นในระหว่างการจัดการเรียนการสอน กระบวนการติดตามผลงานของนักศึกษาทำให้เกิดการแข่งขันกันเพื่อบรรลุเป้าหมายของแต่ละคน มีส่วนอย่างมากในการยกระดับเป้าหมายของแต่ละคนให้สูงขึ้น ในตอนท้ายของกระบวนการเรียนการสอนยังมีการสะท้อนคิดเพื่อปรับปรุงนวัตกรรมของตนเอง แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า นักศึกษาหลายคนเพิ่มความผูกพันกับนวัตกรรมทางเคมีของตนเองมากขึ้น และพร้อมที่จะถ่ายทอดความรู้ความสามารถของตนไปสู่ผู้อื่นอย่างเต็มใจ จะเห็นได้ว่าแรงจูงใจมีส่วนสำคัญต่อการเพิ่มความสำเร็จของนวัตกรรม ดังนั้นการอาศัยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแรงจูงใจในการจัดกระบวนการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับวัยวุฒิของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต จึงเป็นอีกแนวทางสำคัญที่จะส่งเสริมพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียนให้เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งผลให้กระบวนการเรียนการสอนประสบผลสำเร็จ

2. ข้อจำกัดของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

ในการนำกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้จัดการเรียนการสอนยังมีข้อจำกัดหรืออุปสรรคสำคัญ คือ

2.1 การกำหนดขอบเขตของปัญหาในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี เนื่องจากกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้ อาจนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาใดวิชาหนึ่ง ซึ่งมีเนื้อหาสาระของรายวิชานั้นกำหนดไว้อย่างชัดเจน ดังนั้นการกำหนดปัญหาในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีจึงต้องอาศัยความรู้ทางเคมีตามเนื้อหาสาระของรายวิชานั้นในการแก้ปัญหา ทั้งนี้นักศึกษาอาจกำหนดปัญหาในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่คล้ายกัน หรือกำหนดปัญหาที่ใช้ความรู้ทางเคมีที่ไม่เกี่ยวข้องกับรายวิชา เนื่องจากยังไม่คุ้นเคยหรือไม่เข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจน ผู้สอนควรจัดกิจกรรมที่ทำให้นักศึกษาเข้าใจและสามารถหยิบยกสภาพปัญหาที่แตกต่างกันตามความสนใจและความถนัดของนักศึกษาแต่ละคน เพื่อให้การสร้างนวัตกรรมทางเคมีให้เกิดขึ้นเป็นไปตามความสนใจของนักศึกษาและเป็นนวัตกรรมที่แก้ไขปัญหาได้ด้วยความรู้ทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหารายวิชาอย่างแท้จริง

2.2 การจัดสรรเวลาในกระบวนการเรียนการสอน เนื่องจากกระบวนการเรียนการสอนดังกล่าวมุ่งเน้นให้นักศึกษาลงมือสร้างนวัตกรรมจากปัญหาจริงของกลุ่มเป้าหมาย และสร้างพร้อมทั้งทดลองใช้นวัตกรรมทางเคมีที่นักศึกษาสร้างขึ้นกับกลุ่มเป้าหมาย แต่ในขั้นตอนการสร้างนวัตกรรมทางเคมีนั้นต้องอาศัยปฏิบัติการทางเคมีในการทดลองมักต้องใช้เวลาดำเนินการทดลองและปรับปรุง

หลายครั้ง ผู้สอนควรติดตามการทำงานของนักศึกษาอย่างใกล้ชิด จัดกิจกรรมนำเสนอความก้าวหน้ารายสัปดาห์ หรือชั่วโมงให้คำแนะนำแก่นักศึกษานอกเวลาเรียน เพื่อให้คำแนะนำหรือคำปรึกษาในการทดลองได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

นอกจากนั้นการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนยังต้องใช้เวลาในการสร้างการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ถ้าหากรายวิชามีจำนวนชั่วโมงการเรียนการสอนน้อยอาจทำให้การดำเนินการของกระบวนการเรียนการสอนไม่สมบูรณ์ เช่น ไม่สามารถตรวจสอบผลงานนวัตกรรมทางเคมีที่เกิดขึ้นได้ หรือไม่สามารถนำผลจากการทดลองใช้มาแก้ไขปรับปรุงต้นแบบนวัตกรรมทางเคมีได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านระยะเวลา

2.3 ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นแตกต่างจากการจัดการเรียนการสอนโดยทั่วไปที่เน้นให้นักศึกษาดำเนินกิจกรรมการสร้างนวัตกรรมทางเคมีด้วยตนเอง ในช่วงแรกของการใช้กระบวนการเรียนการสอน นักศึกษาอาจยังไม่คุ้นชินกับการดำเนินการที่มีภาระงานค่อนข้างมาก และยังไม่เข้าใจว่าแต่ละขั้นตอนนักศึกษาจะต้องมีบทบาทอย่างไร ทำให้ไม่เกิดความร่วมมือในการร่วมกิจกรรมการเรียนการสอน อาจารย์ผู้สอนควรควรอธิบายให้ชัดเจนและยกตัวอย่างประกอบในแต่ละขั้นตอนให้เป็นรูปธรรม พร้อมทั้งสนับสนุนให้นักศึกษาทุกคนมีส่วนร่วมกับกิจกรรมการเรียนการสอนทุกขั้นตอน ร่วมกับการใช้ข้อคำถามกระตุ้นความคิด ให้นักศึกษาสามารถต่อยอดการดำเนินงานด้วยหลักการและเหตุผล และเชื่อมโยงแนวทางการแก้ปัญหากับหลักการหรือองค์ความรู้ทางเคมี

3. โอกาสในการนำกระบวนการเรียนการสอนไปใช้

ด้วยความต้องการแรงงานที่มีความสามารถในการสร้างนวัตกรรม ทำให้ในปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนระดับปริญญาบัณฑิตมุ่งเน้นให้นักศึกษามีความรู้ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมในสาขาวิชาชีพของตนเองได้ หลักสูตรการเรียนการสอนจึงกำหนดการส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมทางเคมีทั้งในระดับหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน ดังนั้นจึงเป็นโอกาสที่ผู้สอนในสาขาวิชาเคมีจะนำกระบวนการเรียนการสอนนี้ไปใช้ได้กับวิชาเคมีประยุกต์โดยทั่วไป เนื่องจากขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนมีการสอดแทรกแนวคิดการสอนทางเคมี ได้แก่ ตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ (Level of Representation) ซึ่งมีส่วนช่วยในการเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางเคมีกับกลไลการแก้ปัญหาของนวัตกรรม อีกทั้งการกำหนดปัญหาตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ยังมีส่วนช่วยให้ปัญหาที่ผู้เรียนกำหนดขึ้นใกล้ตัวผู้เรียน เป็นปัญหาที่มีคุณค่าสำหรับผู้เรียนเอง และสร้างเสริมการวางแผนการทำงาน เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายของกระบวนการเรียนการสอน ทำให้ได้ผลงานนวัตกรรมทางเคมีที่เกิดจากการสร้างสรรค์ของผู้เรียน และสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในขณะเดียวกันยังกระบวนการเรียนการสอนนี้ยังสามารถนำไปใช้กับวิชาวิทยาศาสตร์แขนงอื่น ๆ อาทิ ฟิสิกส์ ชีววิทยา หรือคณิตศาสตร์ หรือแม้แต่สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ทางการแพทย์ แต่หากต้องปรับปรุงแนวคิดการเรียนรู้ หรือเทคนิคการสอนบางประการให้เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา เช่น หากนำไปใช้กับสาขาวิชาด้านวิศวกรรม ควรชี้ให้นักศึกษาออกแบบนวัตกรรมกรรมแบบบนลงล่าง (Top-down Approach) ซึ่งจะสอดคล้องกับกระบวนการพัฒนานวัตกรรมโดยใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรม หรือควรเพิ่มเติมกระบวนการทางวิศวกรรมให้เป็นหนึ่งในขั้นตอนของกระบวนการสร้างนวัตกรรม เพื่อให้นวัตกรรมที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมายมากขึ้น เป็นต้น

4. แนวทางในการนำกระบวนการเรียนการสอนไปใช้

ในการนำกระบวนการเรียนการสอนไปใช้ให้ได้ผลมีแนวปฏิบัติสำหรับผู้สอนดังนี้

4.1 *การศึกษารายละเอียดของกระบวนการเรียนการสอน* ผู้สอนควรศึกษาและทำความเข้าใจอย่างละเอียดในแต่ละองค์ประกอบของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้ อาทิ หลักการ วัตถุประสงค์ ขั้นตอนของกระบวนการ การวัดและการประเมินผลอย่างละเอียด รวมถึงหลักการที่เกี่ยวข้องและเหตุผลที่อยู่เบื้องหลังของการทำกิจกรรมในแต่ละขั้นตอน เช่น การนำเสนอผลการทำกิจกรรมต่าง ๆ ให้แก่เพื่อนนักศึกษา มิใช่เพียงการนำเสนอในชั้นเรียนทราบเท่านั้น แต่เป็นการระดมความคิดจากกลุ่มเพื่อนเพื่อนำเสนอข้อคิดเห็นที่มีประโยชน์ต่อการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของผู้นำเสนอ หรือการทดลองใช้นวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้นกับกลุ่มเป้าหมาย มิใช่เป็นเพียงการนำเสนอเพื่อประชาสัมพันธ์หรือเป็นส่วนหนึ่งของการส่งผลงานเท่านั้น แต่เป็นการรับฟังข้อคิดเห็นจากการผู้ใช้งานจริงเพื่อนำข้อบกพร่องหรือปัญหาที่พบมาปรับปรุงผลงาน รวมไปถึงการสร้างการยอมรับในนวัตกรรมทางเคมีต่อผู้ใช้งานโดยตรงอีกด้วย การศึกษาและทำความเข้าใจกระบวนการเรียนการสอนนี้อย่างละเอียดจะทำให้การจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประสิทธิผลแก่ผู้เรียนตามที่ผู้สอนคาดหวังไว้

4.2 การคัดเลือกและวิเคราะห์เนื้อหาสาระของรายวิชาเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการเรียนการสอน ผู้สอนควรวิเคราะห์เนื้อหาของรายวิชาที่จะสอนอย่างละเอียด เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และความสอดคล้องในการนำมาใช้ในกระบวนการเรียนการสอน เนื่องจากกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้มีลักษณะของการลงมือปฏิบัติงาน ดังนั้นการประเมินด้านความรู้จากเนื้อหาสาระจึงอยู่ในรูปของการนำความรู้ไปใช้ หากเนื้อหาสาระของรายวิชาไม่เอื้อต่อการปฏิบัติ อาจทำให้การใช้กระบวนการเรียนการสอนนี้ไม่เกิดผลตามที่คาดหวัง ทั้งนี้กระบวนการเรียนการสอนดังกล่าวเหมาะสมต่อรายวิชาที่มีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการปฏิบัติ แต่อย่างไรก็ดี ผู้สอนอาจใช้กระบวนการเรียนการสอนนี้ในรายวิชาประเภทบรรยายได้และมอบหมายให้เป็นชิ้นงาน แต่ต้อง

ระมัดระวังในการมอบหมายภาระงานพัฒนานวัตกรรมทางเคมีซึ่งอาจจะไม่สอดคล้องกับเวลาเรียนในรายวิชา

4.3 การเขียนแผนการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนต้องศึกษาและวิเคราะห์การจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น และจำนวนชั่วโมงให้สัมพันธ์กัน ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนนี้จะดำเนินไปตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการเรียนการสอนในรายวิชา ในแต่ขั้นตอนหลักจะมีขั้นตอนย่อย ซึ่งอาจมีระยะเวลาไม่เท่ากัน ผู้สอนสามารถปรับระยะเวลาในแต่ละขั้นตอนให้ยืดหยุ่นได้ตามความเหมาะสม ดังนั้นในการสอนแต่ละครั้ง ผู้สอนต้องวางแผนการจัดการเรียนการสอนเพื่อเตรียมความพร้อมและแก้ไขปัญหาอุปสรรคก่อนสอน โดยศึกษารายละเอียดวิชา วัตถุประสงค์ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนการสอนที่จะใช้ สื่อและอุปกรณ์ และการวัดและประเมินผล และนำมาเขียนแผนการจัดการเรียนการสอนตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในกระบวนการเรียนการสอน เริ่มจากแผนการจัดการเรียนการสอนขั้นแรกที่ให้ผู้เรียนได้ศึกษาสภาพปัญหาในการจัดสร้างนวัตกรรม ดังนั้นเนื้อหาสาระที่จะนำมาใช้ จะต้องสอดคล้องกับการกำหนดปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรม กล่าวคือ เป็นเนื้อหาสาระที่เป็นข้อมูลพื้นฐานหรือสถานการณ์โดยทั่วไปของเนื้อหาสาระรายวิชานั้น ๆ และในแผนจัดการเรียนการสอนขั้นถัดไป ผู้สอนจึงควรเขียนแผนการสอนที่มีการสอนในเนื้อหาสาระที่ช่วยให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือใช้ในการสร้างนวัตกรรม ทั้งนี้ในแผนการจัดการเรียนการสอนแต่ละครั้ง ผู้สอนควรใช้วิธีการสอน และเทคนิคที่หลากหลายในการจัดการเรียนการสอน เพื่อช่วยส่งเสริมบรรยากาศการเรียนรู้ของผู้เรียนให้น่าสนใจมากยิ่งขึ้น

4.4 การเตรียมความพร้อมของผู้สอน กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้มีลักษณะที่ต้องอาศัยการปฏิบัติงานของผู้เรียน และต้องมีการปรับปรุงแก้ไขการปฏิบัติงานอยู่อย่างสม่ำเสมอตั้งแต่ขั้นต้นของกระบวนการไปจนถึงขั้นปลาย แผนการจัดการเรียนการสอนแต่ละขั้นจึงต้องแสดงความสัมพันธ์สอดคล้องกันของกระบวนการพัฒนานวัตกรรม ดังนั้น ผู้สอนควรเตรียมความพร้อมของตนเอง เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการเรียนการสอนเป็นไปอย่างราบรื่นและเกิดประสิทธิผลสูงสุดแก่ผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการระดมทรัพยากรและความร่วมมือในการสนับสนุนการดำเนินงานสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษา เช่น ทรัพยากรบุคคล ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ กลุ่มเป้าหมายที่น่าสนใจ งบประมาณในการจัดสร้างนวัตกรรมทางเคมี รวมถึงการประสานงานขอความร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้องหรือผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านที่จำเป็นต่อการพัฒนาผลงานของนักศึกษา

4.5 การเตรียมความพร้อมของผู้เรียน ผู้สอนควรจัดปฐมนิเทศผู้เรียนเพื่อสร้างความเข้าใจที่ตรงกัน และเตรียมความพร้อมก่อนเรียน โดยจัดกิจกรรมที่เสริมสร้างการเรียนรู้และสร้างแรงบันดาลใจ ให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับนวัตกรรมและการพัฒนานวัตกรรมโดยทั่วไป รวมถึงข้อตกลงในการจัดการเรียนการสอน โดยเฉพาะการหลีกเลี่ยงการคัดลอกหรือการนำงานของคนอื่นมาเป็นผลงานของตนเอง ผลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนแสดงให้เห็นว่านักศึกษาบางส่วนอาจจะยังไม่

คุ้นเคยกับกระบวนการเรียนการสอนที่เน้นการปฏิบัติในรูปแบบโครงงานการทดลองทางเคมีมากนัก ดังจะเห็นได้จากบันทึกการเรียนรู้ที่นักศึกษาสะท้อนออกมา

> "ผมพยายามหา จุดแข็ง หรือ Strong ของตัวเอง แต่คิดอย่างไรก็หาไม่เจอเลย มีแต่ Weakness เต็มไปหมด เพราะวิชานี้ดูแล้วเป็นวิชาที่ไม่ค่อยถนัด เลยทำให้บางครั้งเบื่อการทำงานในวิชานี้บ้างเหมือนกัน"
> นักศึกษาคนที่ 6

แม้นักศึกษาจะมีประสบการณ์จากการเรียนการสอนปฏิบัติการเคมีในรายวิชาขั้นพื้นฐานมาแล้ว แต่การเรียนการสอนที่เน้นให้นักศึกษาออกแบบการทดลองด้วยตนเอง ทำให้นักศึกษาอาจสับสนหรือไม่สามารถออกแบบการทดลองได้เอง ส่งผลต่อการดำเนินงานสร้างนวัตกรรมทางเคมี ซึ่งในที่นี้อาจจัดกิจกรรมเสริมเกี่ยวข้องกับการออกแบบการทดลองให้แก่นักศึกษา หรือจัดกิจกรรมติดตามความก้าวหน้าการสร้างนวัตกรรมทางเคมีรายสัปดาห์เพื่อกระตุ้นให้นักศึกษาดำเนินการอย่างต่อเนื่องและมีทิศทางที่ถูกต้อง

นอกจากนั้นการผู้สอนควรสร้างแรงจูงใจให้กับนักศึกษาก่อนการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากผลจากการแรงจูงใจเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ทั้งนี้อาจจัดให้อยู่ในรูปกิจกรรมหรือการเสริมแรงทางบวกกระตุ้นความสนใจ เช่น การเชิญผู้ที่มีประสบการณ์มาบรรยายให้ความรู้ หรือจุดประกายความสนใจ การให้คำชมเชยหรือรางวัล รวมไปถึงการปรับปรุงเทคนิคการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนในระหว่างการใช้กระบวนการสอน เช่น การทำให้ผู้เรียนรู้จักความก้าวหน้าของตนเอง การติดตามให้ความช่วยเหลือผู้เรียนอย่างใกล้ชิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงแรกของการใช้กระบวนการเรียนการสอน เมื่อพบผู้เรียนที่มีปัญหาในการเรียน ควรเข้าช่วยเหลือและปรับเปลี่ยนวิธีสอนหรือเทคนิคการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการดำเนินการเพื่อสร้างนวัตกรรม หรือรู้จักวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน เพื่อทำให้ผู้เรียนเข้าใจแนวการเรียนได้ดีขึ้น

4.6 การเตรียมวิธีสอนและเทคนิคการสอน การจัดการเรียนการสอนที่ดีจะเกิดขึ้นจากการเตรียมการอย่างเป็นระบบแล้ว ยังเกิดขึ้นจากการใช้วิธีการสอนและเทคนิคการสอนที่หลากหลายและเหมาะสมกับเนื้อหาสาระวิชาที่สอน และวัยของผู้เรียน เพื่อส่งเสริมให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น วิธีการสอนและเทคนิคการสอนที่ผู้สอนสามารถเลือกใช้เพื่อช่วยสนับสนุนการเรียนรู้และกระบวนการพัฒนานวัตกรรมของผู้เรียนให้หลากหลาย เนื่องจากนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตเป็นนักศึกษาที่มีวัยวุฒิเหมาะสมต่อการจัดการเรียนการสอนที่ต้องใช้เวลานาน แต่ในบางครั้งอาจต้องการกิจกรรมที่แปลกใหม่กระตุ้นการคิดและการทำงาน วิธีการสอนและเทคนิคการสอนที่เหมาะสมในการใช้กระบวนการเรียนการสอนนี้ ได้แก่ วิธีสอนโดยใช้การบรรยาย วิธีสอนโดยใช้การอภิปรายกลุ่มย่อย การใช้ผังกราฟิค การใช้เทคนิคการตั้งคำถาม การยกตัวอย่างหรือสถานการณ์ที่

คุ้นเคยเปรียบเทียบ นอกจากการวิธีสอนและเทคนิคที่นำเสนอมาข้างต้น ผู้สอนอาจพิจารณาวิธีอื่น ๆ ได้ตามความเหมาะสม

ทั้งนี้ผลจากการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนแสดงให้เห็นว่า นักศึกษามีความรู้สึกที่ดีต่อการใช้กระบวนการกลุ่มในการจัดการเรียนการสอน เกิดการเชื่อมโยงและติดตามข้อมูลที่ตนเองสืบค้นได้ และนำข้อเสนอแนะจากเพื่อนมาเป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณา ซึ่งสอดคล้องกับการสังเกตบรรยากาศในห้องเรียนพบว่า นักศึกษาจำนวนหนึ่งปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการร่วมกิจกรรมกลุ่มและวิพากษ์ข้อเสนอของเพื่อนในเชิงสร้างสรรค์และเป็นมิตรมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากบันทึกการเรียนรู้ของนักศึกษา

> จากนั้นก็กลับมาที่ปัญหาที่เราต้องการสร้างทางแก้แล้วจริง ๆ ซึ่งแต่ละคนก็เสนอปัญหา สาเหตุ แนวทางการแก้ไขในแบบของตัวเอง และผู้สอนก็ให้เวลาในการหาข้อมูลเพิ่มเติม ซึ่งมีทั้งคนเปลี่ยนปัญหาใหม่ และหาข้อมูลจากเดิม ทำให้เกิดข้อเสนอแนวคิดจากเพื่อน ๆ มากมายที่ช่วยกันออกความเห็นว่าอาจเป็นไปในทางไหนบ้าง บวกกับเราสังเกตเอง เก็บข้อมูลเองอีก เมื่อแนวทางเยอะขึ้น มองเห็นภาพในอนาคตมากขึ้นทั้งปัญหาในการทำผลิตภัณฑ์ออกมา การเรียนแบบนี้ก็ดีอีกแบบนะคะ ได้ช่วยกันคิดและรู้ว่างานแต่ละคนก้าวหน้าไประดับไหน
> นักศึกษาคนที่ 7

4.7 การเตรียมสื่อการเรียนรู้ ผู้วิจัยพบว่าสื่อการเรียนรู้เป็นส่วนประกอบสำคัญอีกส่วนหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เกิดขึ้นได้ดีขึ้น ดังนั้นการเตรียมสื่อประกอบการเรียนการสอนแต่ละครั้ง จึงควรส่งเสริมการปฏิบัติงานของผู้เรียนให้เกิดประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น เช่น ในขั้นตอนของการกำหนดปัญหา ผู้สอนควรใช้สื่อที่เป็นตัวอย่างหรือกรณีศึกษาสภาพปัญหาที่หลากหลาย และมีบริบทต่าง ๆ กัน เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นแนวทางการกำหนดปัญหาจากบริบทที่แตกต่างกัน เป็นต้น นอกจากนี้ผู้สอนสามารถให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เพื่อให้เห็นตัวอย่างนวัตกรรมทางเคมีที่ผู้เรียนสนใจ หรือถนัดเพื่อเป็นแรงบันดาลใจในการพัฒนานวัตกรม ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้ของผู้เรียนมีความหมายต่อผู้เรียนมากยิ่งขึ้น

4.8 การเตรียมการประเมินผู้เรียน การจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ดังนั้น การประเมินว่าผู้เรียนมีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมได้มากน้อยเพียงใด จึงต้องมีการประเมินกระบวนการทำงานของผู้เรียน ซึ่งผู้สอนสามารถประเมินผู้เรียนได้ทั้งในระหว่างการใช้กระบวนการเรียนการสอน และหลังจากสิ้นสุดกระบวนการเรียนการสอน ผู้สอนอาจใช้บันทึกการเรียนรู้เพื่อศึกษาหรือสังเกตพฤติกรรมบางประการที่ไม่สามารถสังเกตได้ในชั้นเรียน นอกจากนั้น ผู้สอนยังสามารถใช้ชุดคำถามเพื่อสอบถามผู้เรียนเพิ่มเติมถึงกระบวนการปฏิบัติ เพื่อประเมินองค์ประกอบของความสามารถตามแบบประเมินได้อีกด้วย ทั้งในการเก็บข้อมูลจากการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนดังกล่าว ผู้วิจัยเก็บข้อมูลพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสร้างนวัตกรรมทางเคมีร่วมกับอาจารย์ผู้สอนใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายวิชาอีก 1 ท่าน ในขณะที่การนำเสนอนวัตกรรมทางเคมีเพื่อประเมินคุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี ผู้วิจัยเรียนเชิญอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญในแขนงวิชาเคมีด้านต่าง ๆ มาเป็นกรรมการตรวจประเมิน เพื่อให้การประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตอนที่ 2 การอภิปรายผลของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นที่มีต่อความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษา

ผลการศึกษาประสิทธิผลของกระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต พบว่า ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีอยู่ในระดับดี ในที่นี้ผู้วิจัยมีประเด็นอภิปรายเกี่ยวข้องกับผลด้านความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ดังนี้

1. ผลด้านความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

เมื่อนำกระบวนการเรียนการสอนไปทดลองใช้แล้ว พบว่า คะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีหลังเรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนสูงกว่าเกณฑ์ร้อย 70 ที่กำหนดไว้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้พบว่า นักศึกษาจำนวน 7 คนจาก 8 คน คิดเป็นร้อยละ 87.5 มีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีอยู่ในระดับดีมาก จึงอาจกล่าวได้ว่ากระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เสริมสร้างความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตได้ผลเป็นอย่างดี ซึ่งจุดเด่นของกระบวนการเรียนการสอนเป็นไปตามที่ได้อภิปรายไว้ในหัวข้อก่อนหน้านี้ แต่ถ้าหากพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยขององค์ประกอบของความสามารถในแต่ละด้าน พบว่า คะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีจำแนกตามองค์ประกอบย่อยของความสามารถ พบว่า คะแนนความสามารถของนักศึกษาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกองค์ประกอบ ยกเว้นองค์ประกอบที่ 4 คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี ที่คะแนนความสามารถของนักศึกษาไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ผลการวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า คะแนนเฉลี่ยในองค์ประกอบที่ 1-3 ของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนานวัตกรรมโดยตรงของนักศึกษามีค่าสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ทั้งนี้ผู้วิจัยคาดว่าเป็นผลเนื่องมาจากนักศึกษาได้เรียนรู้การสร้างนวัตกรรมทางเคมีผ่านการปฏิบัติจริงตามขั้นตอนที่ผู้สอนกำหนดไว้ให้อย่างเป็นระบบระเบียบ อย่างเป็นลำดับขั้นตามขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน อีกทั้งในบางขั้นของกระบวนการเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ทบทวนการกระทำของตนเองและปรับปรุงแก้ไข ช่วยให้นักศึกษาพัฒนาความสามารถของตนเองให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น ทำให้เข้าใจกระบวนการสร้างนวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพได้เป็นอย่างดี ทั้งยังเข้าใจวิธีการสืบค้นความรู้เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของตนเองอย่างถูกต้องและเหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในขณะเดียวกัน คะแนนเฉลี่ยในองค์ประกอบที่ 4 ของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 นั้น เมื่อพิจารณาในรายละเอียดของการประเมินองค์ประกอบที่ 4 จะพบว่า ตัวบ่งชี้ที่ 4.1 เป็นการประเมินคุณภาพของนวัตกรรมทางเคมีผ่านผลการใช้งานนวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้น ว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการสร้างนวัตกรรมหรือไม่ ตัวบ่งชี้ 4.2 เป็นการประเมินความสะดวกในการนำนวัตกรรมทางเคมีไปใช้ และตัวบ่งชี้ 4.3 เป็นประเมินแนวโน้มในการขยายผลการนำนวัตกรรมทางเคมีไปใช้ในเชิงพาณิชย์ และหากพิจารณาคะแนนในองค์ประกอบที่ 4 รายบุคคลแล้วจะพบว่า ผลคะแนนในทุกตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบที่ 4 ผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 60 แสดงให้เห็นว่านักศึกษามีความสามารถตามองค์ประกอบที่ 4 อันเนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการเรียนการสอน แต่ผลงานนวัตกรรมทางเคมีที่นักศึกษาสร้างขึ้นไม่สะดวกต่อการนำไปใช้งาน เนื่องจากเป็นต้นแบบของนวัตกรรมทางเคมี ทั้งยังไม่คุ้มค่าต่อการผลิต ไม่สามารถนำไปขยายผลการผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ ทั้งนี้ส่วนหนึ่งอาจมาจากนักศึกษาขาดทักษะความเป็นผู้ประกอบการ (Entrepreneur) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจซึ่งไม่ใช่จุดเน้นสำคัญในการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ทำให้ผลงานนวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้นขาดความน่าสนใจในการนำไปต่อยอดการผลิตในเชิงพาณิชย์ ซึ่งเป็นประเด็นที่สำคัญต่อการพัฒนานวัตกรรมอย่างมาก ทั้งนี้งานวิจัยส่วนใหญ่แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีต้องอาศัยทักษะของการเป็นผู้ประกอบการเพื่อเพิ่มโอกาสในการสร้างผลงานนวัตกรรมในเชิงพาณิชย์อย่างมาก (Fowlin et al., 2013) ผู้วิจัยจึงนำข้อค้นพบจากประเด็นการวิจัยดังกล่าวมาจัดทำเป็นข้อเสนอแนะสำหรับผู้สอนเพิ่มเติม

ทั้งนี้สาระสำคัญของกระบวนการวางแผนกลยุทธ์แสดงให้เห็นว่า เป็นการวางแผนในลักษณะที่เป็นการแก้ไขและการป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้น รวมถึงรองรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต มีลักษณะเป็นการวางแผนอย่างเป็นระบบระเบียบ คำนึงถึงเป้าหมายหรือผลสำเร็จที่ต้องการ และใช้ความคิดวิเคราะห์สภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอก เพื่อกำหนดแนวทางที่เหมาะสมในการชี้นำการตัดสินใจและลงมือปฏิบัติให้เหมาะสม (Teixeira & Canciglieri Junior, 2019) ดังนั้นเมื่อนักศึกษาต้องการจะแก้ปัญหา จึงเริ่มต้นกำหนดทิศทางในการแก้ปัญหาอย่างเป็นรูปธรรม ด้วยการกำหนดจุดหมายปลายทางที่ต้องการ และกำหนดภารกิจที่ต้องทำในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีจากข้อมูลการวิเคราะห์สภาพการณ์ต่าง ๆ และนำไปปฏิบัติ ทิศทางที่นักศึกษากำหนดเพื่อปฏิบัติงานนั้นยังเป็นรูปธรรม มีส่วนช่วยในการกำหนดขั้นตอนของกระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีให้มีทิศทางและสร้างสรรค์ ก่อนจะติดตามประเมินผลการปฏิบัติงานเพื่อปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกลยุทธ์และแนวทางแก้ไขให้เหมาะสมยิ่งขึ้น แสดงให้เห็นว่า การดำเนินการต่าง ๆ ในแต่ละขั้นตอนที่นักศึกษาปฏิบัตินั้นดำเนินการตามแบบแผน และเลือกแนวปฏิบัติที่เหมาะสมที่สุดในการดำเนินงานสร้างนวัตกรรมทางเคมีจนเป็นผลสำเร็จ หลักการสำคัญข้างต้นนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของภัทรี สุรโรจน์

ประจักษ์และคณะ (2561) ในการทดลองใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐานผสมผสานแนวคิดกระบวนการวางแผนกลยุทธ์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยระหว่างการทดลองสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 และพบว่านักเรียนมีความสามารถในการกำหนดประเด็นปัญหาและหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และงานวิจัยของอดิศร บาลโสง และคณะ (2562) ในการใช้รูปแบบการเรียนการสอนตามทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมเชิงพุทธิปัญญาและแนวคิดการวางแผนยุทธศาสตร์ชีวิต พบว่าผู้เรียนมีความสามารถในการกำกับตนเองเพื่อดำเนินการในสิ่งที่ตนเองต้องการได้อย่างเหมาะสม และมีคะแนนความสามารถในการกำกับตนเองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในด้านการส่งเสริมกันระหว่างการใช้การวางแผนกลยุทธ์และการสร้างนวัตกรรมทางเคมีนั้น ยังพบว่าแผนการดำเนินงานที่เป็นระบบระเบียบเช่นนี้นิยมใช้ในองค์กรเพื่อสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นนวัตกรรมอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dibrell และคณะ (2014) ที่แสดงให้เห็นกระบวนการวางแผนกลยุทธ์มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกในการส่งเสริมให้เกิดนวัตกรรมขององค์กรธุรกิจหรือสถานประกอบการ และงานวิจัยของ Teixeira และ Canciglieri Junior (2019) ที่แสดงให้เห็นว่ากระบวนการวางแผนกลยุทธ์เป็นแนวทางสำคัญในการใช้พัฒนานวัตกรรมหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องแข่งขันอย่างรุนแรงในแวดวงธุรกิจ

นอกจากนี้แนวคิดการคิดนอกกรอบที่นำมาใช้ร่วมกับแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์นั้น ยังมีส่วนในการสอดแทรกความคิดสร้างสรรค์เข้าไปในทุกขั้นของกระบวนการเรียนการสอน เนื่องจากหลักการสำคัญของการคิดนอกกรอบจะเน้นการหลีกเลี่ยงความคิดเดิม และการสร้างความคิดใหม่ที่หลากหลาย ทำให้ในบางขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน เช่น การระบุปัญหาในขั้นที่ 1 นักศึกษาต้องฝึกหาความคิดที่ปิดกั้นไม่ให้เกิดความคิดใหม่ เมื่อทราบแล้วว่าความคิดเดิมที่ปิดกั้นความคิดอื่น ๆ นั้นคืออะไร จะสามารถคิดให้แตกต่างได้จากความคิดเดิม ซึ่งอาจเกิดเป็นแนวคิดที่หลากหลายให้มากที่สุด ก่อนจะเลือกแนวคิดที่เหมาะสมนำไปปฏิบัติต่อไป รวมไปถึงการออกแบบนวัตกรรมทางเคมีในขั้นที่ 3 ที่นักศึกษาต้องใช้ความคิดนอกกรอบในการออกแบบนวัตกรรมให้สามารถใช้งานได้ด้วยความคิดใหม่ ๆ ที่ไม่ทำให้ผลงานที่ได้มีลักษณะซ้ำกับผลงานที่มีมาแล้ว สอดคล้องกับแนวคิดของ de Bono (1984) ซึ่งสรุปได้ว่าบุคคลจะมีความคิดสร้างสรรค์ได้ เป็นผลมาจากการเกิดความคิดนอกกรอบขึ้นมาเป็นลำดับแรก ซึ่งการคิดนอกกรอบเป็นลักษณะของการคิดออกไปจากขอบเขตหรือมโนทัศน์ของความคิดเดิมซึ่งปิดกั้นแนวคิดใหม่ ดังนั้นการคิดนอกกรอบจะก่อให้เกิดแนวคิดใหม่หลาย ๆ ประการที่ไม่ซ้ำกับแนวคิดเดิม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Eissa (2019) ในการใช้ความคิดนอกกรอบร่วมกับความคิดในกรอบจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการสร้างมโนทัศน์ในกระบวนการออกแบบทางสถาปัตยกรรมของนักศึกษา ซึ่งผลการวิจัยระบุอย่าง

ชัดเจนว่า การคิดนอกกรอบและการคิดในกรอบมีส่วนช่วยให้นักศึกษามีกระบวนการออกแบบที่สร้างสรรค์ เนื่องมาจากความคิดสร้างสรรค์ที่เกิดขึ้นจากการใช้การคิดขั้นประยุกต์ดังกล่าว นอกจากนั้นงานวิจัยของคณารักษ์ โชติจันทึก (2548) ยังพบว่าหลังการสอนคิดนอกกรอบในวิชาวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และงานวิจัยของประยุทธ สุวรรณศรี (2540) ในการศึกษาการจัดการเรียนการสอนด้วยเทคนิคการคิดนอกกรอบพร้อมกับสอนเนื้อหาวิชาเคมีให้แก่นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ พบว่าผลการสอนคิดนอกกรอบพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้น แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าแนวคิดการคิดนอกกรอบช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการผลักดันนวัตกรรมทางเคมีเกิดขึ้นเป็นผลสำเร็จขึ้นได้

2. ผลด้านคุณลักษณะอื่น ๆ ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรม

นอกจากความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีแล้ว การจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นยังมีส่วนช่วยให้นักศึกษาพัฒนาทักษะและคุณลักษณะอื่น ๆ หลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับนักศึกษาในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและการสรุปข้อมูล ซึ่งล้วนแต่เป็นทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการ ความสามารถในการสะท้อนคิด ความสามารถในการเป็นผู้นำทางความคิด ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีและสื่อดิจิทัล ผลที่เกิดขึ้นนี้สอดคล้องและส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีดังที่มีรายงานวิจัยจำนวนหนึ่งนำเสนอปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการสร้างนวัตกรรม ได้แก่ ภาวะผู้นำ การทำงานเป็นทีม เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำกระบวนการเรียนการสอนไปใช้

1. ในการพัฒนาการเรียนการสอนที่เน้นการลงมือปฏิบัติ อาจารย์ผู้สอนควรคำนึงถึงประเด็นสำคัญที่อาจส่งผลต่อการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ การวิเคราะห์ผู้เรียน การประเมินความพร้อมของผู้เรียน การศึกษาแนวคิด หลักการและเทคนิคการสอนที่เกี่ยวข้องกระบวนการเรียนการสอนนี้ให้ชัดเจน เช่น กระบวนการเรียนการสอนนี้เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาจริงจากกลุ่มเป้าหมาย อาจารย์ผู้สอนควรจัดประสบการณ์การเรียนรู้เพิ่มเติมเพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสได้เรียนรู้จากกลุ่มเป้าหมาย อาจเป็นการศึกษาดูงาน การพาไปสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมายที่มีปัญหาที่น่าสนใจ การประสานงานติดต่อให้นักศึกษาได้ปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญในด้านที่เกี่ยวข้องกับการสร้างนวัตกรรม

ทางเคมี การเตรียมข้อมูลของแหล่งเรียนรู้หรือสื่อการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องให้เพียงพอและเหมาะสมต่อการเรียนรู้ การใช้เทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการคิดนอกกรอบซึ่งมีหลากหลายประเด็นและประยุกต์ใช้ได้ในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน และวิเคราะห์ผลการจัดการเรียนการสอนแต่ละครั้งเพื่อใช้เป็นข้อมูลสารสนเทศในการปรับปรุงการเรียนการสอน

2. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแสดงให้เห็นว่าการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีต้องอาศัยเวลาในการศึกษาปัญหา และหาแนวทางการแก้ปัญหาด้วยการทดลองและการฝึกปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างและทดสอบนวัตกรรมทางเคมี ดังนั้น กระบวนการเรียนการสอนนี้จึงเหมาะสมกับหลักสูตรรายวิชาที่มีระยะเวลามากกว่า 8 สัปดาห์ขึ้นไป และผู้สอนควรให้ความสำคัญกับการจัดสรรเวลาในการดำเนินกิจกรรมเรียนการสอนในแต่ละขั้นตอนอย่างเหมาะสม เนื่องจากแต่ละขั้นของกระบวนการเรียนการสอนต่อเนื่องกันและต่างมีจุดเน้นของกระบวนการเรียนการสอนไม่เหมือนกัน ไม่สามารถข้ามขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งไปได้ ผู้สอนสามารถปรับกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับเวลา และความสามารถของผู้เรียน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนวางแผนงานได้อย่างเป็นระบบและเกิดความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีควบคู่กันไป ทั้งนี้ผู้วิจัยแนะนำให้เน้นการปฏิบัติในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งมีส่วนสำคัญในการกำหนดทิศทางของนวัตกรรมทางเคมีเป็นอย่างมาก

3. ในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีผู้สอนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนคัดเลือกปัญหาที่เกิดจากชีวิตประจำวัน หรือประเด็นปัญหาที่ตรงกับความสนใจและเกี่ยวข้องกับผู้เรียนเอง เพื่อจะได้มองเห็นความสำคัญของการแก้ปัญหา และท้าทายผู้เรียนในการพัฒนาสิ่งรอบตัวให้ดีขึ้น มากกว่าที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาที่มีคำตอบชัดเจนแล้ว ทั้งนี้ต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งปัญหาด้วยตนเอง ไม่นำปัญหาของผู้อื่นมาเป็นของตนเอง และไม่กำหนดเป้าหมายในการแก้ไขปัญหาที่ง่ายจนเกินไป เป็นปัญหาที่ซับซ้อนเหมาะสมกับระดับความสามารถของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต เพื่อให้เกิดความท้าทายและแรงบันดาลใจในการแก้ไขปัญหา

นอกจากนี้ผู้สอนต้องพิจารณาลักษณะของผลงานนวัตกรรมทางเคมีให้เหมาะสมกับธรรมชาติของรายวิชานั้น ๆ เนื่องจากนวัตกรรมทางเคมีบางนวัตกรรมอาจต้องอาศัยความรู้ในสาขาวิชาอื่น ๆ ในการพัฒนาหรือทดสอบประสิทธิภาพ จนทำให้ลดความสำคัญของการใช้องค์ความรู้ทางเคมีตามเนื้อหาสาระของรายวิชานั้น ๆ ทั้งนี้ในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ผู้เรียนอาจระบุปัญหาที่สามารถแก้ไขได้ด้วยองค์ความรู้ทางเคมีจากหลายแขนงวิชา ดังนั้นผู้สอนอาจบูรณาการรายวิชาเคมีประยุกต์อื่น ๆ เพื่อขยายขอบเขตของนวัตกรรมทางเคมีให้กว้างขึ้น และทำให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงขององค์ความรู้ต่าง ๆ สู่การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ทั้งยังเป็นการเพิ่มเวลาในการจัดการเรียนการสอนและแบ่งเบาภาระงานในการสร้างผลงานของนักศึกษาในแต่ละรายวิชาอีกทางหนึ่ง

4. แม้ว่ากระบวนการสร้างนวัตกรรมทางเคมีตามกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นจะเป็นการดำเนินงานในระดับบุคคล แต่ผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมที่อาศัยกระบวนการกลุ่ม เพื่อส่งเสริม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกัน อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผลงาน และเนื่องด้วยงานวิจัยครั้งนี้ออกแบบการวัดความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีเป็นรายบุคคล ในกรณีที่นำกระบวนการเรียนการสอนนี้ไปใช้ในบริบทอื่น ๆ เช่น จำนวนผู้เรียนมีจำนวนมาก อาจผลิตผลงานนวัตกรรมทางเคมีเป็นรายกลุ่มได้ แต่ต้องพิจารณาออกแบบแนวทางการวัดและการเก็บรวบรวมข้อมูลให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น

5. ในขั้นตอนการนำผลงานนวัตกรรมทางเคมีไปทดลองใช้ ผู้สอนควรช่วยผู้เรียนวางแผนและเตรียมการทดลองใช้นวัตกรรมทางเคมีด้วยการพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการทดสอบ หรือปรับวิธีการทดสอบให้เหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน หรือกระบวนการจัดการเรียนการสอน รวมถึงการนำข้อมูลป้อนกลับมาปรับปรุงนวัตกรรมทางเคมี ผู้สอนควรชี้แนะและให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด เนื่องจากข้อค้นพบจากการทดลองใช้บางประการอาจไม่สามารถนำมาปรับแก้ไขได้ทันช่วงเวลาของการจัดการเรียนการสอน หรือนักศึกษาอาจเลือกนำข้อค้นพบที่ไม่เหมาะสมมาปรับปรุงแก้ไขผลงาน ทำให้ผลการสร้างนวัตกรรมทางเคมีไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ทั้งนี้กระบวนการเรียนการสอนนี้แสดงให้เห็นว่าเหมาะสมกับนักศึกษาที่ผ่านการเรียนรู้ขั้นพื้นฐานมาแล้ว ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ทั้งจากเนื้อหาสาระของรายวิชาและรายวิชาอื่น ๆ ได้ดีขึ้น

6. ก่อนการใช้กระบวนการเรียนการสอนนี้ อาจารย์ผู้สอนควรศึกษารายละเอียดของกระบวนการเรียนการสอนให้ถี่ถ้วน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้สอนควรศึกษาหลักการ วัตถุประสงค์ ขั้นตอนและแนวทางการจัดการเรียนการสอน รวมถึงพฤติกรรมการเรียนและการสอนที่เกี่ยวข้องให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ เพื่อปฏิบัติตามขั้นตอนของกระบวนการเรียนได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การจัดบรรยากาศการเรียนรู้ที่ส่งเสริมและผ่อนคลาย เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดของตนเองอย่างเต็มที่ ให้ความเป็นอิสระ ไม่ปิดกั้นความคิด และให้เวลาผู้เรียนอย่างเพียงพอในการดำเนินงานและสร้างสรรค์ผลงานของตนเอง ไม่ครอบงำความคิดของผู้เรียน หรือเร่งรีบบอกคำตอบหรืออธิบายแนวทางแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมทางเคมีให้แก่ผู้เรียนโดยตรง และบทบาทสำคัญของอาจารย์ผู้สอนในการเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้แก่นักศึกษาและพยายามส่งเสริมให้นักศึกษาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ทั้งนี้ผลจากการทดลองใช้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่ามีนักศึกษาจำนวนหนึ่งอาจยึดติดกับรูปแบบการเรียนรู้ (Learning Style) แบบเดิมที่คุ้นเคย ดังนั้นเป็นหน้าที่ของผู้สอนในการติดตามและช่วยเหลือให้นักศึกษาปรับตัวเพื่อสร้างความคุ้นเคยกับการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบใหม่นี้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรวิจัยและพัฒนากระบวนการเรียนการสอนหรือแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมทักษะการเป็นผู้ประกอบการภายใต้กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในระดับปริญญาบัณฑิตให้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์

2. ควรวิจัยและพัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมสำหรับสาขาวิชาวิทยาศาสตร์แขนงอื่น ๆ ในระดับปริญญาบัณฑิต เพื่อต่อยอดกระบวนการใช้กระบวนการเรียนการสอนที่มีกระบวนทัศน์ใหม่นี้ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

3. ควรศึกษาวิจัยผลของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นต่อความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะของผู้เรียนด้านอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการคิดไตร่ตรอง ความคิดเชิงนวัตกรรม หรือพัฒนาเป็นหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีเพื่อพัฒนาบัณฑิตในสาขาวิชาเคมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Ahn, S. Y. & Kim, S. H. (2017). What Makes Firms Innovative? The Role of Social Capital in Corporate Innovation. *Sustainability,* 9(9), 1564.

Aikenhead, G. (2005). Research into STS Science Education. *Educación Química,* 16(3), 384-397.

Allison, M. & Kaye, J. (2015). *Strategic Planning for Nonprofit Organizations: A Practical Guide for Dynamic Times*. John Wiley & Sons.

American Heritage Publicing Staff. (2011). *American Heritage Dictionary of the English Language* (5th ed.). Haughton Mifflin Harcount.

Assink, M. (2006). Inhibitors of Disruptive Innovation Capability: A Conceptual Model. *European Journal of Innovation Management,* 9(2), 215-233.

Babalis, T., Xanthakou, Y., Kaila, M. & Stavrou, N. (2012). Research Attitude and Innovative-creative Thinking: Differences between Undergraduate Male and Female Students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* 69, 1452-1461.

Battelle for Kids. (2019). *Framework for 21st Century Learning*. http://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_Framework_Brief.pdf

Bell, A., Chetty, R., Jaravel, X., Petkova, N. & Van Reenen, J. (2018). Who Becomes an Inventor in America? The Importance of Exposure to Innovation. *The Quarterly Journal of Economics,* 134(2), 647-713.

Brand, G., Hendy, L. & Harrison, R. (2015). Mining the Gap! Fostering Creativity and Innovative Thinking. *Procedia Technology,* 20, 79-84.

Branzei, O. & Vertinsky, I. (2006). Strategic Pathways to Product Innovation Capabilities in SMEs. *Journal of Business Venturing,* 21(1), 75-105.

Brundiers, K. & Wiek, A. (2013). Do We Teach What We Preach? An International Comparison of Problem- and Project-based Learning Courses in Sustainability. *Sustainability,* 5(4), 1725-1746.

Brunhaver, S. R., Korte, R. F., Barley, S. R. & Sheppard, S. D. (2017). Bridging the Gaps between Engineering Education and Practice. In R. B. Freeman & H. Salzman,

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(Eds.), *US engineering in a global economy* (pp. 129-163). University of Chicago Press.

Bryson, J. M. (2004). *Strategic Planning for Public and Nonprofit Organizations: A Guide t Strengthening and Sustaining Organizational Achievement*. Jossey-Bass.

Chen, A., Li, L., Li, X., Zhang, J. & Dong, L. (2013). Study on Innovation Capability of College Students Based on Extenics and Theory of Creativity. *Procedia Computer Science,* 17, 1194-1201.

Chen, G. (2019). *The Rising Popularity of STEM: A Crossroads in Public Education or a Passing Trend?* http://www.publicschoolreview.com/blog/the-rising-popularity-of-stem-a-crossroads-in-public-education-or-a-passing-trend

Cicchetti, D. (1994). Guidelines, Criteria, and Rules of Thumb for Evaluating Normed and Standardized Assessment Instrument in Psychology. *Psychological Assessment,* 6, 284-290.

Damanpour, F. & Daniel Wischnevsky, J. (2006). Research on Innovation in Organizations: Distinguishing Innovation-Generating from Innovation-Adopting Organizations. *Journal of Engineering and Technology Management,* 23(4), 269-291.

de Bono, E. (1967). *The Use of Lateral Thinking*. Penguin Books.

de Bono, E. (1982). *Lateral Thinking for Management*. Penguin Books.

de Bono, E. (1984). *Lateral Thinking*. Penguin Books.

de Bono, E. (1990). *Lateral Thinking*. Penguin Books.

de Villiers Scheepers, M. J. & Maree, L. (2015). Fostering Team Creativity in Higher Education Settings. *Journal of Business Education and Scholarship of Teaching,* 9(1), 70-86.

Dibrell, C., Craig, J. B. & Neubaum, D. O. (2014). Linking the Formal Strategic Planning Process, Planning Flexibility, and Innovativeness to Firm Performance. *Journal of Business Research,* 67(9), 2000-2007.

Distanont, A. & Khongmalai, O. (In press). The Role of Innovation in Creating a Competitive Advantage. *Kasetsart Journal of Social Sciences*.

Dubickis, M. & Gaile-Sarkane, E. (2017). Transfer of Know-how Based on Learning Outcomes for Development of Open Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity,* 3(1), 4.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Eissa, D. (2019). Concept Generation in the Architectural Design Process: A Suggested Hybrid Model of Vertical and Lateral Thinking Approaches. *Thinking Skills and Creativity,* 33.

Fatokun, J. O. & Fatokun, K. V. F. (2018). A Problem Project Based Learning (PPBL) Application to the Teaching of Mathematics and Chemistry. *European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences,* 6(6), 1-9.

Fowlin, J., Amelink, C. & Scales, G. (2013). Educational Affordances That Support Development of Innovative Thinking Skills in Large Classes. *IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA* 2013), 323-326.

Goodstein, L. D., Nolan, T. M. & Pfeiffer, J. W. (1993). *Applied Strategic Planning: How to Develop a Plan That Really Works*. McGraw-Hill Education.

Gundry, L. K., Ofstein, L. F. & Kickul, J. R. (2014). Seeing Around Corners: How Creativity Skills in Entrepreneurship Education Influence Innovation in Business. *The International Journal of Management Education,* 12(3), 529-538.

Hage, J. T. (1999). Organizational Innovation and Organizational Change. *Annual Review of Sociology,* 25(1), 597-622.

Heinis, T. B., Goller, I. & Meboldt, M. (2016). Multilevel Design Education for Innovation Competencies. *Procedia CIRP,* 50, 759-764.

Henard, D. & McFadyen, M. (2008). Making Knowledge Workers More Creative. *Research-Technology Management,* 51(2), 40-46.

Hero, L.-M., Lindfors, E. & Taatila, V. (2017). Individual Innovation Competence: A Systematic Review and Future Research Agenda. *International Journal of Higher Education,* 6(5), 103-121.

Hu, X., Wan, H., Yang, D. & Shen, X. (2018). Organizational Mechanisms and Practice of Innovative Talents Cultivation in Local Colleges-A Case Study of Hubei University. *Higher Education Studies,* 8(1), 65-71.

Ibrahim, N. & Abd.Halim, S. (2013). Implementation of Project Oriented Problem Based Learning (POPBL) in Introduction to Programming Course. *The* 4th *International Research Symposium on Problem-Based Learning (IRSPBL)* 2013*,* 4, 279-288.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Johnstone, A. (1991), Why is Science Difficult to Learn? Things are Seldom What They Seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.

Joyce, B. R., Weil, M. & Calhoun, E. (2009). *Models of teaching* (8th ed.). Pearson.

Jun, Q. & Jing, X. (2017, Dec 2-3). Innovation Research on the Emerging Engineering Talent Cultivation Mode in the Era of Industry 4.0. In 2017 *International Conference on Industrial Informatics - Computing Technology, Intelligent Technology, Industrial Information Integration (ICIICII)* (pp. 333-336).

Keinänen, M., Ursin, J. & Nissinen, K. (2018). How to Measure Students' Innovation Competences in Higher Education: Evaluation of an Assessment Tool in Authenti Learning Environments. *Studies in Educational Evaluation,* 58, 30-36.

Keinänen, M. M. & Kairisto-Mertanen, L. (2019). Researching Learning Environments and Students' Innovation Competences. *Education + Training,* 61(1), 17-30.

Lawson, B. & Samson, D. (2001). Developing Innovation Capability in Organisations: A Dynamic Capabilities Approach. *International Journal of Innovation Management,* 5(3), 377-400.

Lehr, D. & Auch, C. (2017). Novel Approaches in Professional Education to Foster Innovation in the Chemical Industry. *Journal of Business Chemistry,* 14(1), 2-10.

Li, H. & Wang, W. (2012). Research on Improving Innovative Ability of College Students in Electronic Information Major. *Procedia Environmental Sciences,* 12, 1243-1247.

Li, L. (2014, October 8-10). An Innovation Capability Evaluation Model Based on AHP and Training Strategy of College Students. In *Proceedings of* 2014 *IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics* (pp. 198-201). Qingdao, China.

Lim, A. (2020, Jul. 20). *What is Chemistry?* Live Science. http://www.livescience.com/45986-what-is-chemistry.html

Lin, H. F. (2007). Knowledge Sharing and Firm Innovation Capability: An Empirical Study. *International Journal of Manpower,* 28(3/4), 315-332.

Lu, S. & Liu, A. (2016). Innovative Design Thinking for Breakthrough Product Development. *Procedia CIRP,* 53, 50-55.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Lu, X. J., Yao, C. & Zheng, J. M. (2013). Teaching Quality Management Model for the Training of Innovation Ability and the Multilevel Decomposition Indicators. *International Journal of Higher Education,* 2(3), 115-122.

Martín, P., Potočnik, K. & Fras, A. B. (2015). Determinants of Students' Innovation in Higher Education. *Studies in Higher Education,* 42(7), 1229-1243.

McAdam, R. & McClelland, J. (2002). Individual and Team-Based Idea Generation within Innovation Management: Organisational and Research Agendas. *European Journal of Innovation Management,* 5(2), 86-97.

Mishra, R. C. (2008). *Educational Research and Development*. New Delhi: A.P.H. Publishing Corporation.

Momete, D. C. (2015). Fostering Innovation and Entrepreneurial Culture in Romania through Engineering Higher Education Programs. *Procedia Economics and Finance,* 22, 168-174.

Nordin, N. & Malik, M. (2015). Undergraduates' Barriers to Creative Thought and Innovative in a New Millennial Era. *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* 201, 93-101.

OECD. (2011). *Skills for Innovation and Research*: OECD Publishing.

Pärttö, M. & Saariluoma, P. (2012). Explaining Failures in Innovative Thought Processes in Engineering Design. *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* 41, 442-449.

Prajogo, D. I. & Ahmed, P. K. (2006). Relationships between Innovation Stimulus, Innovation Capacity, and Innovation Performance. *R&D Management,* 36(5), 499-515.

Qiu-Jun, D., Na, L. & Wen-Yong, Z. (2011, May 6-8). Notice of Retraction: A Study on the Influencing Factors and Cultivation of Innovative Ability of College Students. In *Proceedings of the* 2011 *International Conference on E-Business and E-Government (ICEE)* (pp. 1-4). Shanghai, China.

Raja, V. (2017). The Influence of Headmaster's Lateral Thinking Skills on Effective Management. *Paripex - Indian Journal of Research*, 6(12), 348-349.

Rajapathirana, R. P. J. & Hui, Y. (2018). Relationship between Innovation Capability, Innovation Type, and Firm Performance. *Journal of Innovation & Knowledge,* 3(1), 44-55.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Ramadani, V. & Gerguri, S. (2011). Innovations: Principles and Strategies. *Strategic Change,* 20(3-4), 101-110.

Reyes, A. (2018). Connecting Higher Education and Innovation to Local Development. *Futures,* 103, 73-83.

Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of Innovations* (4th ed.). Free Press.

Runge, S. (2017). *Pros and Cons of STEM Education*. https://education.alot.com/k-12/pros-and-cons-of-stem-education--8753

Sáenz, J., Aramburu, N. & Rivera Hernáez, O. (2009). Knowledge Sharing and Innovation Performance: A Comparison between High-Tech and Low-Tech Companies. *Journal of Intellectual Capital,* 10(1), 22-36.

San-Valero, P., Robles, A., Ruano, M. V., Martí, N., Cháfer, A. & Badia, J. D. (2019). Workshops of Innovation in Chemical Engineering to Train Communication Skills i Science and Technology. *Education for Chemical Engineers,* 26, 114-121.

Saunila, M. & Ukko, J. (2012). A Conceptual Framework for The Measurement of Innovation Capability and Its Effects. *Baltic Journal of Management,* 7(4), 355-37

Seechaliao, T. (2017). Instructional Strategies to Support Creativity and Innovation in Education. *Journal of Education and Learning,* 6(4), 201-208.

Seidler‐de Alwis, R. & Hartmann, E. (2008). The Use of Tacit Knowledge within Innovative Companies: Knowledge Management in Innovative Enterprises. *Journal of Knowledge Management,* 12(1), 133-147.

Shavinina, L. (2012). How to Develop Innovators? Innovation Education for the Gifted. *Gifted Education International,* 29(1), 54-68.

Teixeira, G. F. G. & Canciglieri Junior, O. (2019). How to Make Strategic Planning for Corporate Sustainability? *Journal of Cleaner Production,* 230, 1421-1431.

Trias de Bes, F. & Kotler, P. (2011). *Winning at Innovation : The A-to-F Model*. Palgrave Macmillan.

Trompenaars, F. & Hampden-Turner, C. (2010). *Riding the Waves of Innovation : Harness the Power of Global Culture to Drive Creativity and Growth*. McGraw-Hill.

Vasquez, J. A., Sneider, C. & Comer, M. (2013). *STEM Lesson Essentials, Grades* 3-8: *Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Heinemann.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Vicente, M., Abrantes, J. L. & Teixeira, M. S. (2015). Measuring Innovation Capability in Exporting Firms: The INNOVSCALE. *International Marketing Review,* 32(1), 29-51.

von Stamm, B. (2008). *Managing Innovation, Design and Creativity*. Chichester. John Wiley & Sons.

Wang, C. L. & Ahmed, P. K. (2007). Dynamic Capabilities: A Review and Research Agenda. *International Journal of Management Reviews,* 9(1), 31-51.

White, M. A. & Bruton, G. D. (2007). *The Management of Technology and Innovation: A Strategic Approach*. Thomson/South-Western.

Wiek, A., Xiong, A., Brundiers, K. & van der Leeuw, S. (2014). Integrating Problem- and Project-based Learning into Sustainability Programs. *International Journal of Sustainability in Higher Education,* 15(4), 431-449.

Xu, Z. & Chen, H. (2010). Research and Practice on Basic Composition and Cultivation Pattern of College Students' Innovative Ability. *International Education Studies,* 3(2), 51-55.

Yeşil, S. & Doğan, I. F. (2019). Exploring the Relationship between Social Capital, Innovation Capability and Innovation. *Innovation,* 21(4), 506-532.

Yliherva, J. (2004). *Management Model of an Organization's Innovation Capabilities – Development of Innovation Capabilities as part of the Management System.* Doctoral Dissertation, University of Oulu.

Yusr, M., Othman, A. R. & Mokhtar, S. S. M. (2012). Assessing the Relationship among Six Sigma, Absorptive Capacity and Innovation Performance. *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* 65, 570-578.

Zawislak, P. A., Cherubini Alves, A., Tello-Gamarra, J., Barbieux, D. & Reichert, F. M. (2012). Innovation Capability: From Technology Development to Transaction Capability. *Journal of Technology Management & Innovation,* 7(2), 14-27.

Zhang, J. & Fu, Y. (2013, June 8-9). Evaluation on Innovation Ability of Innovative City of Science and Technology. In *Proceedings of the* 2013 *Conference on Education Technology and Management Science (ICETMS* 2013) (pp. 543-547). Nanjing, Jiangsu, China.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Zhang, J., Li, R., Li, H., Skitmore, M. & Ballesteros-Pérez, P. (2019). Improving the innovation ability of engineering students: a Science and Technology Innovation Community organisation network analysis. *Studies in Higher Education*, 1-15.

Zhiyu, L. (2012). Study on the Cultivation of College Students' Science and Technology Innovative Ability in Electrotechnics Teaching Based on PBL Mode. *IERI Procedia,* 2, 287-292.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์เกษตรแห่งประเทศไทย.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). *มาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ พ.ศ. 2554*. http://www.mua.go.th/users/tqf-hed/news/FilesNews/FilesNews6/scienceMath_R.pdf

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2545). *การคิดเชิงสร้างสรรค์*. ซัคเซสมีเดีย.

คณารักษ์ โชติจันทึก. (2548). *ผลของการสอนคิดนอกกรอบในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คุรุสภา. (2555). *เกณฑ์การประเมินคุณภาพผลงานหนึ่งโรงเรียนหนึ่งนวัตกรรม*. http://site.ksp.or.th/about.php?site=osoi&SiteMenuID=559

ชาริณี ตรีวรัญญู. (2559). *การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอนของนิสิตครู โดยใช้แนวคิดการพัฒนาบทเรียนร่วมกันเสริมด้วยกระบวนการคิดการปฏิบัติตามปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง* (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชาริณี ตรีวรัญญู. (2561). *เอกสารคำสอนประกอบรายวิชา 2718333 นวัตกรรมการสอนระดับประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดำรงค์ วัฒนา. (2550). *คู่มือการจัดทำแผนยุทธศาสตร์สำหรับหน่วยงานภาครัฐ*. คณะรัฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทศพล ศิลลา. (2553). *ผลของการสอนแบบคิดนอกกรอบบนเว็บที่มีต่อการสร้างสรรค์งานกราฟิกสามมิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีแบบการเรียนต่างกัน*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทองหล่อ เดชไชย. (2544). *การบริหารเชิงกลยุทธ์*. ภาควิชาบริหารงานเชิงสาธารณสุข คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ทิศนา แขมมณี. (2558). *ศาสตร์การสอน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี และคณะ. (2540). *ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี.

ทิศนา แขมมณี และคณะ. (2544). *วิทยาการด้านการคิด*. สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

เธียรดนัย เสริมบุญไพศาล, สุธิญา พูนเอียด และจุฑาคภัสติ์ รัตนพันธ์. (2561). น*วัตกรรมและวัฒนธรรมไทยในศตวรรษที่ 21*. บทความวิชาการในเงินทุนภูมิพล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2560. (ยังไม่ได้พิมพ์เผยแพร่).

นันทา วิทวุฒิศักดิ์. (2545). *การวางแผนกลยุทธ์สำนักวิทยบริการ สถาบันราชภัฏในทศวรรษหน้า (2544-2553)*. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิวัฒน์ บุญสม. (2556). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมนวัตกรรมด้านสุขภาพของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์*. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

เนาวนิตย์ สงคราม. (2552). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนบนเว็บแบบผสมผสานด้วยการเรียนรู้เป็นทีมและกระบวนการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เพื่อสร้างนวัตกรรมของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต*. รายงานวิจัยคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เนาวนิตย์ สงคราม. (2553). *การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานและการเรียนรู้ร่วมกันเพื่อการสร้างความรู้ที่เป็นนวัตกรรมสำหรับนิสิตนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิตในสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ*. รายงานวิจัยสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา.

เนาวนิตย์ สงคราม. (2556). *การสร้างนวัตกรรม: เปลี่ยนผู้เรียนให้เป็นผู้สร้างนวัตกรรม*. วีพริ้นท์.

ปกรณ์ ปรียากร. (2548). *การวางแผนกลยุทธ์: แนวคิดและแนวทางเชิงประยุกต์*. สำนักพิมพ์เสมาธรรม.

ประยุทธ สุวรรณศรี. (2540). *ผลการใช้รูปแบบการสอนเน้นการคิดนอกกรอบ ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์วิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาช่างอุตสาหกรรมระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาจิตวิทยาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2556). *วิจัยการเรียนการสอน*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปานเพชร ร่มไทร. (2558). *การพัฒนารูปแบบการสอนตามกระบวนการจัดการความรู้ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมการเรียนการสอนแบบบูรณาการสำหรับนิสิตนักศึกษาครู*. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปิยาพร ขาวสะอาด. (2548). *ผลของการเรียนรู้เทคโนโลยีสารสนเทศโดยการโต้แย้งด้วยเหตุผลที่ใช้เทคนิคการคิดนอกกรอบที่ต่างกันที่มีต่อการคิดวิเคราะห์ และการคิดสร้างสรรค์ของ

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีแบบการคิดต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พชรวิทย์ จันทร์ศิริสิร. (2560). *นโยบายและการวางแผนกลยุทธ์สำหรับสถานศึกษายุคใหม่*. อภิชาตการพ

พวงรัตน์ เกสรแพทย์. (2543). *การวางแผนกลยุทธ์สำหรับนักการศึกษา*. สุวีริยาสาส์น.

พัฒนานุสรณ์ สถาพรวงศ์. (2533). *การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสรางสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พันธุ์อาจ ชัยรัตน์. (2547). *บทนำเบื้องต้นของการจัดการนวัตกรรม. การจัดการนวัตกรรมสำหรับผู้บริหาร.* สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2554). *สร้างนวัตกรรมการเรียนรู้ด้วยการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน.* โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิริยะ ผลพิรุฬห์. (2552). *การวางแผนกลยุทธ์และการวิเคราะห์โครงการ.* สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศา

พีชญาณ์ พานะกิจ. (2559). *การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ไพฑูรย์ สินลารัตน์, กันตาภา สุทธิอาจ, สุภลักษณ์ ระงับภัย, อนุศักดิ์ จินดา, กาญจนา วุฒิศักดิ์ และ ธนภัทร จันทร์เจริญ. (2557). *คิดนอกกรอบ: สอนและสร้างได้อย่างไร*. วิทยาลัยครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ไพฑูรย์ สินลารัตน์, นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, ไสว ฟักขาว และ ศรเนตร อารีโสภณพิเชฐ. (2560). *คิดผลิตภาพ: สอนและสร้างได้อย่างไร.* โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพโรจน์ ปิยะวงศ์วัฒนา. (2545). *การจัดการเชิงกลยุทธ์*. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภัทรี สุรโรจน์ประจักษ์. (2558). *การพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐานผสมผสานแนวคิดกระบวนการวางแผนกลยุทธ์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภัทรี สุรโรจน์ประจักษ์, วลัย อิศรากูร ณ อยุธยา และสำลี ทองธิว. (2561). การพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐานผสมผสานแนวคิดกระบวนการวางแผนกลยุทธ์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,* 46(2), 157-179.

มรรยาท รุจิวิชชญ์ และมารุต ปัชโชตะสิงห์. (28 มีนาคม 2561). *กลยุทธ์การบ่มเพาะนวัตกรรมในระดับอุดมศึกษา*. https://www.matichon.co.th/education/news_894745

ยุดา รักไทย และ ธนิกานต์ มาฆะศิรานนท์. (2549). *คิดแนวข้างสำหรับนักบริหาร*. เอ็กซเปอร์เน็ท.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2556). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554*. ราชบัณฑิตยสถาน.

วรากร หงษ์โต. (2553). *การพัฒนารูปแบบชุมชนการเรียนรู้ออนไลน์โดยใช้กระบวนการสร้างความรู้เพื่อการสร้างนวัตกรรมการเรียนการสอนของครูผู้สอนวิชาคอมพิวเตอร์*. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วราลี ฉิมทองดี. (2557). *โมเดลเชิงสาเหตุของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมของครูโดยมีการคิดสร้างสรรค์เป็นตัวแปรส่งผ่าน*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิธีวิทยาการวิจัยการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วราลี ฉิมทองดี และ วรรณี แกมเกตุ. (2558). โมเดลเชิงสาเหตุของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมของครูโดยมีการคิดสร้างสรรค์เป็นตัวแปรส่งผ่าน. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา,* 10(4), 324-332.

วัฒนา วงศ์เกียรติรัตน์. (2548). *การวางแผนกลยุทธ์: ศิลปะการกำหนดแผนองค์การสู่ความเป็นเลิศ*. อินโนกราฟฟิกส์.

วิเชียร วิทยอุดม. (2555). *องค์การและการจัดการ*. ธนธัชการพิมพ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

สมชาติ โตรักษา. (2552). *การพัฒนาระบบบริหารแบบบูรณาการมุ่งเน้นผลสัมฤทธิ์*. เอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการ.

สมชาย พิทยาอุดมฤกษ์. (2561). *มองนอกกรอบ*. ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สมนึก เอื้อจิระพงษ์พันธ์ และคณะ. (2553). นวัตกรรม: ความหมาย ประเภท และความสำคัญต่อการเป็นผู้ประกอบการ. *วารสารบริหารธุรกิจ,* 33(128), 49-65.

สำนักบริหารงานการมัธยมศึกษา, สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2559). *แนวทางจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 2*1. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ. (2553). *นโยบายและแผนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2555-2564)*. สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2559). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบสอง พ.ศ. 2560-2564.* สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี.

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. (2556). *สุดยอดนวัตกรรมไทย เล่ม 9*. สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2559). *(ร่าง) กรอบทิศทางแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2560-2574*. http://portal.edu.chula.ac.th/edu58/source/images/data/files/planning/strategy56-meeting/strategy56-1.pdf

สินชัย เล็กวานิชกุล และ อัจฉรียา นันทศิริพล. (2562). การปรับตัวของหลักสูตรต่อกระแสแนวโน้มการล่มสลายของอุดมศึกษา. *วารสารวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์),* 5(2), 663-673.

สุวิมล ว่องวานิช. (2546). *การประเมินผลการเรียนรู้แนวใหม่*. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อดิสร บาลโสง. (2557). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมเชิงพุทธิปัญญาและแนวคิดการวางแผนยุทธศาสตร์ชีวิต เพื่อเสริมสร้างการกำกับตนเองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสุขศึกษาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อดิสร บาลโสง, วลัย อิศรางกูร ณ อยุธยา และ อัมพร ม้าคนอง. (2562). การพัฒนาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนตามทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมเชิงพุทธิปัญญาและแนวคิดการวางแผนยุทธศาสตร์ชีวิต เพื่อเสริมสร้างการกำกับตนเองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสุขศึกษาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดบุรีรัมย์. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,* 47(2), 345-368.

อุทิศ ขาวเธียร. (2549). *การวางแผนกลยุทธ์*. ด่านสุทธาการพิมพ์.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผนวก ก — รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบ
นิยามและองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

1. ศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย ตันฑุลานิ
   อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. รองศาสตราจารย์ ดร.พัฒทรา ธีรพิบูลย์เดช
   อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากรณ์ ดำสุด
   อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมชาติ
4. อาจารย์ ดร.ศิรินันท์ กุลชาติ
   อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
5. อาจารย์ ดร.กรกันยา ประทุมยศ
   อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
6. อาจารย์ ดร.ปรีชา เทียมปัญญา
   อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาการสมุนไพรและเครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์
   มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
7. ร้อยเอกหญิง ชลิตา เมฆมุกดา
   อาจารย์ประจำกองวิชาเคมี ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
8. ดร.สิรินพร ธรรมอภิพล
   วิศวกรด้านพัฒนาธุรกิจและเทคโนโลยี บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)
9. ดร.นิติ งามสมประเสริฐ
   นักเคมีอาวุโส บริษัท ทรอยสยาม จำกัด
10. ดร.ลัญจกร อมรกิจบำรุง
    นักเทคโนโลยีและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด
11. ดร.กิตติมา อมรวชิรบดี
    กรรมการผู้จัดการ บริษัท ซาคาร์น เวลธ์ อินโนเวชั่น จำกัด
12. นายวรพล สุธีพิเชฐภัณฑ์
    ผู้ช่วยรองกรรมการผู้อำนวยการ บริษัท ไทยเพรซิเดนท์ฟูดส์ จำกัด (มหาชน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

13. ดร.เอกพล รัตนางกูร
    นักวิจัย ศูนย์วิจัยและพัฒนายา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
14. ดร.ทศพร สัตถาสาธุชนะ
    นักวิจัย ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยไอโอวาสเตต สหรัฐอเมริกา
15. ดร.อุฬาริกา ลือสกุล
    นักวิจัย หน่วยวิจัยเคมีสังเคราะห์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพกระบวนการเรียนการสอน ตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และแนวคิดการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต

1. ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ภูวไพรศิริศาล
   อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์
   ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน
3. รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง
   อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา
   อาจารย์ประจำศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พร้อมพงศ์ เพียรพินิจธรรม
   อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รพีพร รุ้งสีทอง
   อาจารย์ประจำภาควิชาพาณิชยศาสตร์ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี
   จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
7. อาจารย์ ดร.ปรีชา เทียมปัญญา
   อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาการสมุนไพรและเครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์
   มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือสำหรับประเมิน
ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต

1. รองศาสตราจารย์ ดร.สุจินต์ วิศวธีรานนท์
   อาจารย์ประจำพิเศษ สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
2. รองศาสตราจารย์ ดร.สังวรณ์ งัดกระโทก
   อาจารย์ประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
3. รองศาสตราจารย์ ดร.วนิดา ฉัตรวิราคม
   อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
4. รองศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ ตังธนกานนท์
   อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. รองศาสตราจารย์ ดร.พัฒทรา ธีรพิบูลย์เดช
   อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โรจน์ฤทธิ์ โรจนธเนศ
   อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากรณ์ ดำสุด
   อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมชาติ

รายนามอาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษา

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุมาลี นามดวง
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤวรรณ ภัทรพงศ์ดิลก
3. อาจารย์ ดร.หทัยรัตน์ สุขเพียบพร้อม
4. อาจารย์วาทินี จันมี

ผนวก ข — คู่มือการใช้กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต

คู่มือการใช้กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อให้รายละเอียดของกระบวนการเรียนการสอน และสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องสำหรับผู้ที่จะนำกระบวนการเรียนการสอนนี้ไปใช้จัดการการเรียนการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์ของกระบวนการเรียนการสอน ประกอบด้วยสาระสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. แนวคิดพื้นฐานของกระบวนการเรียนการสอน
2. แนวทางการนำกระบวนการเรียนการสอนไปใช้
3. เงื่อนไขในการใช้กระบวนการเรียนการสอน

<u>แนวคิดพื้นฐานของกระบวนการเรียนการสอน</u>

กระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต พัฒนาจากแนวคิดแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบเป็นฐาน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. แนวคิดการวางแผนกลยุทธ์

แนวคิดการวางแผนกลยุทธ์มีจุดมุ่งหมายเพื่อยกระดับความสามารถในการคิด ลงมือกระทำและการเรียนรู้อย่างมีกลยุทธ์ขององค์กร ผ่านกระบวนการคิดและตัดสินใจวางแผนอย่างเป็นระบบและดำเนินการแต่ละขั้นตอนอย่างต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน มีการกำหนดวิสัยทัศน์ หรือเป้าหมายระยะยาวที่แน่ชัด วิเคราะห์ข้อมูลรอบด้าน และประเมินสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการวางระบบการทำงานที่คล่องตัวและสามารถปรับตัวได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง เพื่อกำหนดทิศทางการดำเนินงานในอนาคตในลักษณะของการแก้ไข การป้องกันปัญหา และการรองรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น อันจะนำพาความสำเร็จมาสู่ผู้ปฏิบัติตามเป้าหมายที่วางไว้

การวางแผนกลยุทธ์จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้องค์กรรับมือกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปได้ และสร้างความชัดเจนในการแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ เป็นการช่วยสร้างจุดแข็งและแสวงหาผลประโยชน์จากโอกาส ในขณะที่ช่วยลดจุดด้อยและความท้าทายที่ร้ายแรง รวมถึงช่วยให้องค์กรดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อความอยู่รอด และความก้าวหน้า ในโลกแห่งการแข่งขันที่ไม่เป็นมิตรได้อีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แนวคิดการวางแผนกลยุทธ์มีการตีความและนำไปใช้อย่างกว้างขวางในแวดวงธุรกิจ รวมถึงการจัดการศึกษามีสาระสำคัญ ดังนี้

1. การวางแผนกลยุทธ์เป็นการสร้างเครื่องมือช่วยชี้นำแนวทางการตัดสินใจในการดำเนินการ นำไปสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการกำหนดขั้นตอนแบบย้อนกลับคำนึงถึงผลลัพธ์สุดท้าย แล้วจึงวางแผนงานอย่างเชื่อมโยงให้องค์ประกอบด้านต่าง ๆ สัมพันธ์กัน โดยลำดับความสำคัญประเด็นพร้อมทั้งทางเลือกต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล

2. เป้าหมายหลักที่สำคัญของการวางแผนกลยุทธ์ คือ การสร้างกลยุทธ์หรือแผนการทำงานที่ดี สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากกลยุทธ์เป็นสิ่งเฉพาะตัว กลยุทธ์ที่เกิดขึ้นจากการวางแผนอย่างรอบคอบ จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติบรรลุเป้าหมายในการดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพ

3. การวางแผนกลยุทธ์ ประกอบด้วยการกำหนดองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ

3.1 การกำหนดเป้าประสงค์ ประกอบด้วยวิสัยทัศน์ พันธกิจ และเป้าประสงค์หลักของแผนในการดำเนินงาน เพื่อกำหนดทิศทางการดำเนินงาน

3.2 การกำหนดทางเลือกการดำเนินการ คือ กลยุทธ์ หรือวิธีที่กำหนดอย่างชัดเจนที่ชี้นำการปฏิบัติตามแผนให้บรรลุวัตถุประสงค์ ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการใช้ผลการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกมาสนับสนุน

3.3 การตรวจสอบและประเมินผล เพื่อระบุสถานการณ์ของการดำเนินงาน ก่อนจะเร่งรัดการดำเนินการให้เป็นไปอย่างเหมาะสมสอดคล้องกับกลยุทธ์ที่ตั้งไว้

จากสาระสำคัญของแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์ ผู้วิจัยได้นำมาสังเคราะห์เป็นหลักการตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์เพื่อใช้ในการพัฒนากระบวนการเรียนการสอน มีหลักการสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

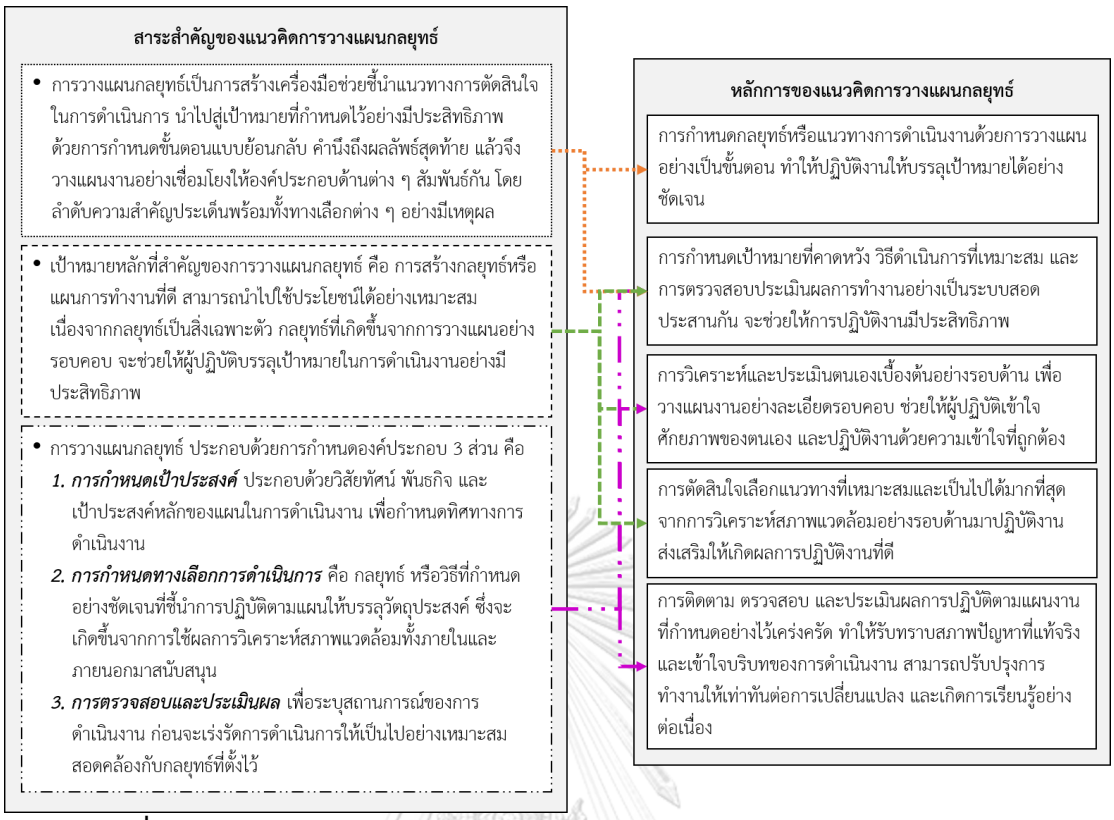
1. การกำหนดกลยุทธ์หรือแนวทางการดำเนินงานด้วยการวางแผนอย่างเป็นขั้นตอน ทำให้ปฏิบัติงานให้บรรลุเป้าหมายได้อย่างชัดเจน

2. การกำหนดเป้าหมายที่คาดหวัง วิธีดำเนินการที่เหมาะสม และการตรวจสอบประเมินผลการทำงานอย่างเป็นระบบสอดประสานกัน จะช่วยให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพ

3. การวิเคราะห์และประเมินตนเองเบื้องต้นอย่างรอบด้าน เพื่อวางแผนงานอย่างละเอียดรอบคอบ ช่วยให้ผู้ปฏิบัติเข้าใจศักยภาพของตนเอง และปฏิบัติงานด้วยความเข้าใจที่ถูกต้อง

4. การตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสมและเป็นไปได้มากที่สุดจากการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมอย่างรอบด้านมาปฏิบัติงาน ส่งเสริมให้เกิดผลการปฏิบัติงานที่ดี

5. การติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลการปฏิบัติตามแผนงานที่กำหนดอย่างไว้เคร่งครัด ทำให้รับทราบสภาพปัญหาที่แท้จริง และเข้าใจบริบทของการดำเนินงาน สามารถปรับปรุงการทำงานให้เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลง และเกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ของสรุปสาระสำคัญและหลักการของแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์

2. แนวคิดการคิดนอกกรอบ

การคิดนอกกรอบเป็นการคิดชนิดหนึ่งซึ่งส่งเสริมการคิดอย่างแตกต่างไม่เป็นไปตามแบบแผน เพื่อสร้างมุมมองใหม่ หรือกล่าวได้ว่าการคิดนอกกรอบ เป็นการกำหนดแนวทางหรือวิธีการที่แตกต่างไปจากการแก้ปัญหาเดิม โดยความคิดนั้นอาจไม่สมเหตุสมผลแต่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้ในภายหลัง หรือการเปลี่ยนมโนทัศน์และการรับรู้เพื่อสร้างความคิดใหม่ ตามแนวคิดของ De Bono

การคิดนอกกรอบเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของการคิดที่มีอยู่ในศาสตร์ทุกแขนง และยังสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์โดยตรง แต่การคิดนอกกรอบจะเน้นการอธิบายถึงกระบวนการมากกว่าผลลัพธ์ จึงทำให้การคิดนอกกรอบมีประโยชน์ในแง่การรับรู้ของสมอง เนื่องด้วยเป็นกระบวนการทำงานของสมอง ที่จะช่วยในการจัดข้อมูลไม่ให้เป็นไปอย่างอัตโนมัติด้วยวิธีการทางตรรกะ การคิดนอกกรอบเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาศักยภาพด้านความคิดของมนุษย์ นำไปสู่การสร้างสรรค์และพัฒนาผลงานใหม่ ๆ หรือนวัตกรรมได้ตลอดเวลา

การคิดนอกกรอบมีสาระสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. การคิดนอกกรอบเป็นการคิดที่นำเอาข้อมูลที่มีอยู่แล้วมาใช้สร้างแนวทางหรือวิธีการอย่างแตกต่างไม่เป็นไปตามแบบแผน เพื่อให้เกิดเป็นแนวทางใหม่ที่แตกต่างออกไปจากเดิม

2. การคิดนอกกรอบเป็นการเปิดโอกาสให้สิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่คิดเข้ามาเป็นหนึ่งในปัจจัยพิจารณา แม้จะเป็นแนวทางที่เป็นไปได้น้อย เพื่อสร้างมุมมองใหม่ให้สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้ในภายหลัง

3. การคิดนอกกรอบเป็นการปรับโครงสร้างเดิมของรูปแบบและพยายามสร้างรูปแบบหรือแนวทางใหม่ ซึ่งจะส่งเสริมลักษณะของการคิดในกรอบ ซึ่งเป็นการพิสูจน์หรือพัฒนารูปแบบหรือแนวทาง การคิดนอกกรอบจึงนำไปสู่การสร้างสรรค์และพัฒนาผลงานใหม่ ๆ อยู่ตลอดเวลา

4. การคิดนอกกรอบ ประกอบแนวทางสำคัญ คือ

4.1 *การหลีกเลี่ยงความคิดเดิม* เพื่อค้นหาวิธีการเพื่อพยายามให้เกิดแนวทางอื่นที่หลากหลาย มิใช่เพียงการพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ที่คุ้นเคยเท่านั้น

4.2 *การกระตุ้นเพื่อให้เกิดความคิดใหม่* เป็นการสร้างแนวทางจำนวนมาก แล้วจึงนำพิจารณาแนวทางเหล่านั้นอย่างละเอียดในภายหลัง

5. ปัจจัยที่ส่งเสริมการคิดนอกกรอบ ประกอบด้วยแนวทางปฏิบัติ ดังนี้

5.1 การสร้างความเข้าใจในหัวใจของเรื่องหรือประเด็นสำคัญในเรื่องนั้น (Recognition of dominant polarizing ideas) ให้ชัดเจนและง่าย ไม่สลับซับซ้อน

5.2 การพิจารณาวิธีการหรือแนวทางต้องไม่มองเรื่องใด ๆ เพียงทางเดียว (The Search for different ways of looking at things)

5.3 การลดความเข้มงวดหรือไม่ยืดหยุ่นจากการคิดในกรอบ (A relaxation of the rigid control of vertical thinking)

5.4 การใช้โอกาสให้เหมาะสม (The use of chance) คือ การสร้างความอิสระนอกกฎเกณฑ์ เป็นการสร้างมุมมองที่แปลกออกไปจากเดิม

จากสาระสำคัญข้างต้น ผู้วิจัยได้นำมาสังเคราะห์เป็นหลักการตามแนวคิดการคิดนอกกรอบเพื่อใช้ในการพัฒนากระบวนการเรียนการสอน มีหลักการสำคัญ 5 ข้อ ดังนี้

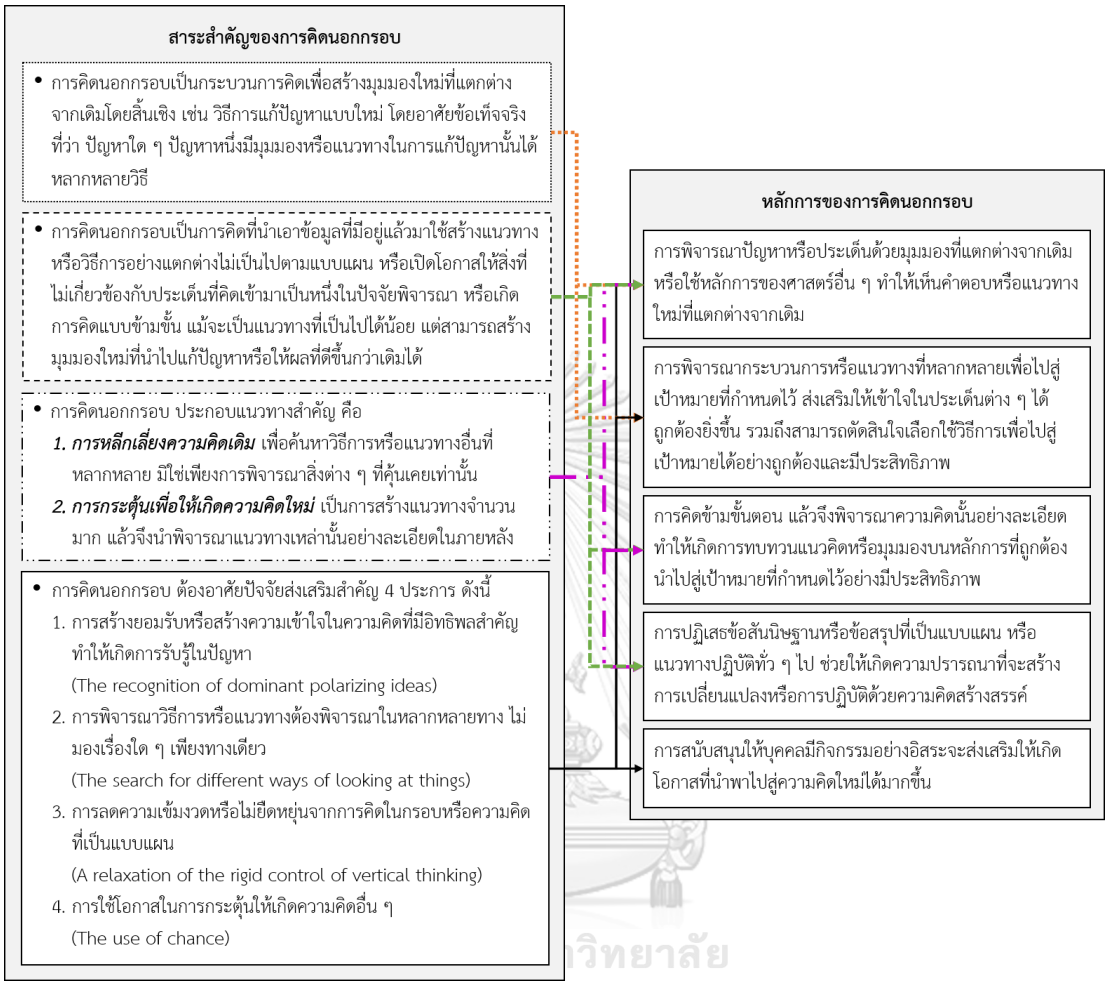
1. การพิจารณาปัญหาหรือประเด็นด้วยมุมมองที่แตกต่างจากเดิมหรือใช้หลักการของศาสตร์อื่น ทำให้เห็นคำตอบหรือแนวทางใหม่ที่แตกต่างจากเดิม

2. การพิจารณากระบวนการหรือแนวทางที่หลากหลายเพื่อไปสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้ส่งเสริมให้เข้าใจในประเด็นต่าง ๆ ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น รวมถึงสามารถตัดสินใจเลือกใช้วิธีการเพื่อไปสู่เป้าหมายได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

3. การคิดข้ามขั้นตอน แล้วจึงพิจารณาความคิดนั้นอย่างละเอียด ทำให้เกิดการทบทวนแนวคิดหรือมุมมองบนหลักการที่ถูกต้อง นำไปสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

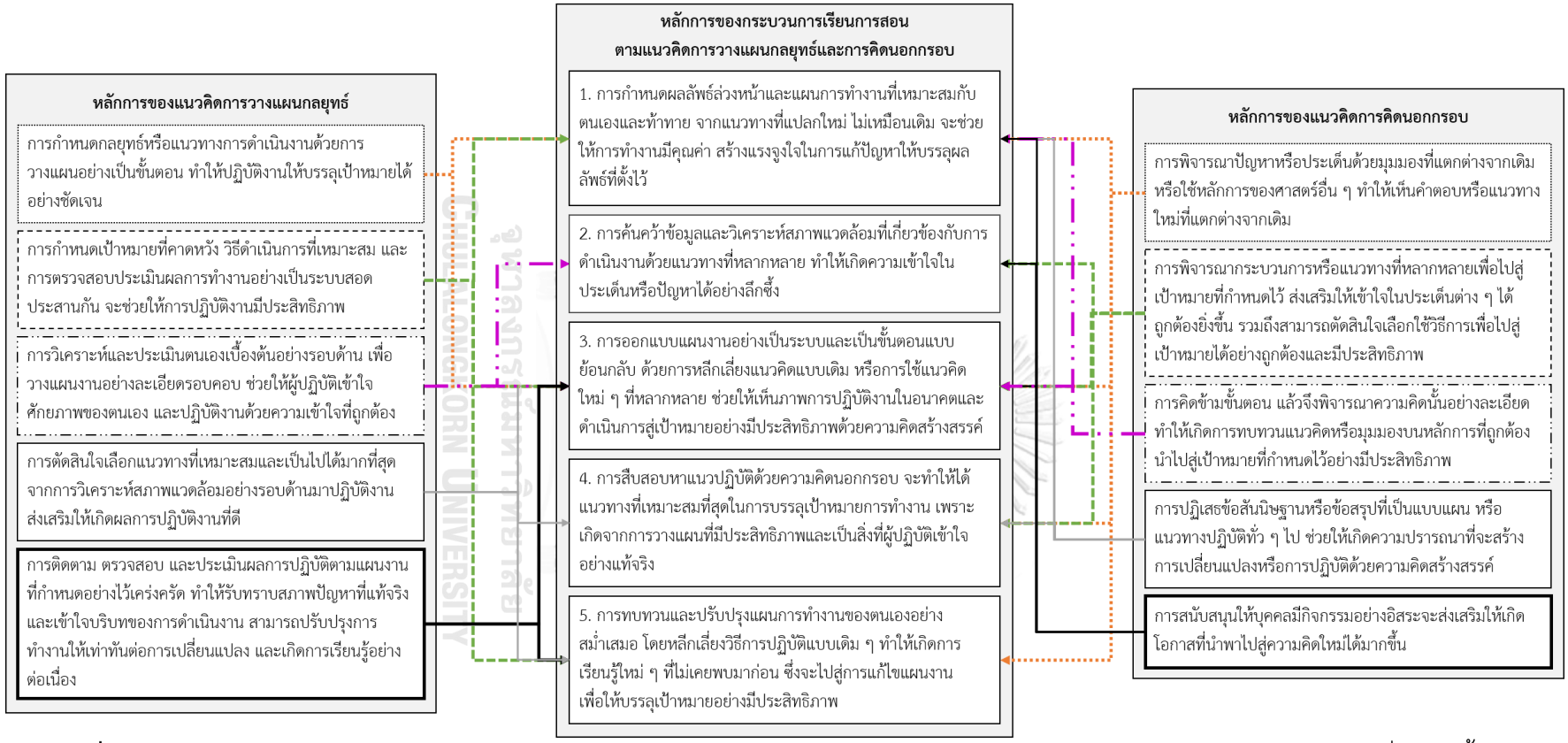
4. การปฏิเสธข้อสันนิษฐานหรือข้อสรุปที่เป็นแบบแผน หรือแนวทางปฏิบัติทั่ว ๆ ไป ช่วยให้เกิดความปรารถนาที่จะสร้างการเปลี่ยนแปลงหรือการปฏิบัติด้วยความคิดสร้างสรรค์

5. การสนับสนุนให้บุคคลมีกิจกรรมอย่างอิสระจะส่งเสริมให้เกิดโอกาสที่นำพาไปสู่ความคิดใหม่ได้มากขึ้น

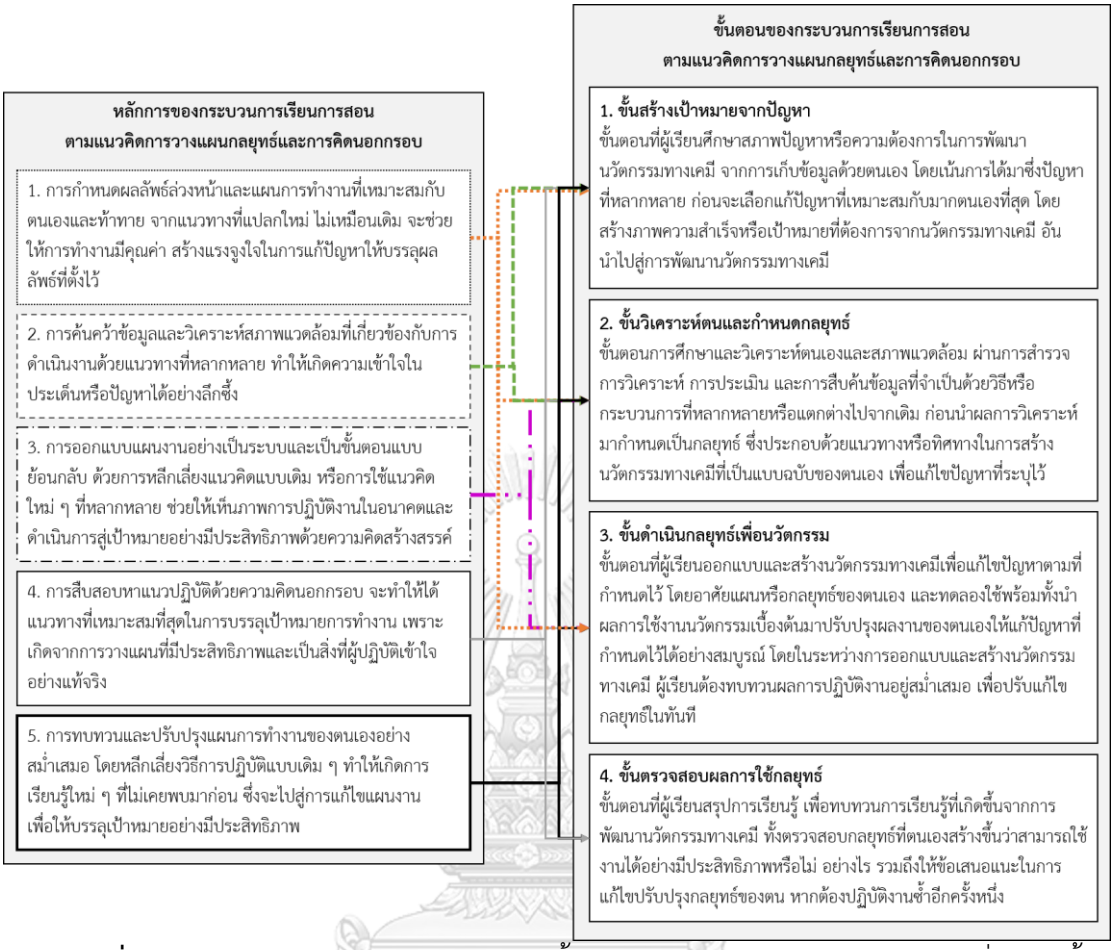


ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ของสรุปสาระสำคัญและหลักการของแนวคิดการคิดนอกกรอบ

แนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบนำมาแสดงความสัมพันธ์กับหลักการของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น และขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนได้ดังภาพที่ 11 และภาพที่ 12



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างหลักการของแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบและหลักการของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นตาม



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างหลักการและขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>แนวทางการนำกระบวนการเรียนการสอนไปใช้</u>

1. การศึกษารายละเอียดของกระบวนการเรียนการสอน

ผู้สอนควรศึกษาและทำความเข้าใจอย่างละเอียดในแต่ละองค์ประกอบของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้ อาทิ หลักการ วัตถุประสงค์ ขั้นตอนของกระบวนการ การวัดและการประเมินผลอย่างละเอียด รวมถึงหลักการที่เกี่ยวข้องและเหตุผลที่อยู่เบื้องหลังของการทำกิจกรรมในแต่ละขั้นตอน เช่น การนำเสนอผลการทำกิจกรรมต่าง ๆ ให้แก่เพื่อนนักศึกษา มิใช่เพียงการนำเสนอในชั้นเรียนทราบเท่านั้น แต่เป็นการระดมความคิดจากกลุ่มเพื่อนเพื่อนำเสนอข้อคิดเห็นที่มีประโยชน์ต่อการสร้างนวัตกรรมทางเคมีของผู้นำเสนอ หรือการทดลองใช้นวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้นกับกลุ่มเป้าหมาย มิใช่เป็นเพียงการนำเสนอเพื่อประชาสัมพันธ์หรือเป็นส่วนหนึ่งของการส่งผลงานเท่านั้น แต่เป็นการรับฟังข้อคิดเห็นจากการผู้ใช้งานจริงเพื่อนำข้อบกพร่องหรือปัญหาที่พบมาปรับปรุงผลงาน รวมไปถึงการสร้างการยอมรับในนวัตกรรมทางเคมีต่อผู้ใช้งานโดยตรงอีกด้วย การศึกษาและ

ทำความเข้าใจกระบวนการเรียนการสอนนี้อย่างละเอียดจะทำให้การจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประสิทธิผลแก่ผู้เรียนตามที่ผู้สอนคาดหวังไว้

2. การคัดเลือกและวิเคราะห์เนื้อหาสาระของรายวิชาเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการเรียนการสอน

ผู้สอนควรวิเคราะห์เนื้อหาของรายวิชาที่จะสอนอย่างละเอียด เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และความสอดคล้องในการนำมาใช้ในกระบวนการเรียนการสอน เนื่องจากกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้มีลักษณะของการลงมือปฏิบัติงาน ดังนั้นการประเมินด้านความรู้จากเนื้อหาสาระจึงอยู่ในรูปของการนำความรู้ไปใช้ หากเนื้อหาสาระของรายวิชาไม่เอื้อต่อการปฏิบัติ อาจทำให้การใช้กระบวนการเรียนการสอนนี้ไม่เกิดผลตามที่คาดหวัง แม้ว่ากระบวนการเรียนการสอนดังกล่าวเหมาะสมต่อรายวิชาที่มีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการปฏิบัติ แต่อย่างไรก็ดี ผู้สอนอาจใช้กระบวนการเรียนการสอนนี้ในรายวิชาประเภทบรรยายได้และมอบหมายให้เป็นชิ้นงาน แต่ต้องระมัดระวังภาระงานพัฒนานวัตกรรมทางเคมีซึ่งอาจจะไม่สอดคล้องกับเวลาเรียนในรายวิชา

3. การเขียนแผนการจัดการเรียนการสอน

ผู้สอนต้องศึกษาและวิเคราะห์การจัดการเรียนการสอนและจำนวนชั่วโมงให้สัมพันธ์กัน ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนนี้จะดำเนินไปตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการเรียนการสอนในรายวิชา ในแต่ขั้นตอนหลักจะมีขั้นตอนย่อย ซึ่งอาจมีระยะเวลาไม่เท่ากัน ดังนั้นในการสอนแต่ละครั้ง ผู้สอนต้องวางแผนการจัดการเรียนการสอนเพื่อเตรียมความพร้อมและแก้ไขปัญหาอุปสรรคก่อนสอน โดยศึกษารายละเอียดวิชา วัตถุประสงค์ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนการสอนที่จะใช้ สื่อและอุปกรณ์ และการวัดและประเมินผล และนำมาเขียนแผนการจัดการเรียนการสอนตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในกระบวนการเรียนการสอน เริ่มจากแผนการจัดการเรียนการสอนขั้นแรกที่ให้ผู้เรียนได้ศึกษาสภาพปัญหาในการจัดสร้างนวัตกรรม ดังนั้นเนื้อหาสาระที่จะนำมาใช้ จะต้องสอดคล้องกับการกำหนดปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรม กล่าวคือ เป็นเนื้อหาสาระที่เป็นข้อมูลพื้นฐานหรือสถานการณ์โดยทั่วไปของเนื้อหาสาระรายวิชานั้น ๆ และในแผนจัดการเรียนการสอนขั้นถัดไป ผู้สอนจึงควรเขียนแผนการสอนที่มีการสอนในเนื้อหาสาระที่ช่วยให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือใช้ในการสร้างนวัตกรรม ทั้งนี้ในแผนการจัดการเรียนการสอนแต่ละครั้ง ผู้สอนควรใช้วิธีการสอน และเทคนิคที่หลากหลาย หรือแนวคิดการเรียนรู้ทางเคมีมาช่วยในการจัดการเรียนการสอน เพื่อช่วยส่งเสริมบรรยากาศการเรียนรู้ของผู้เรียนให้น่าสนใจมากยิ่งขึ้น

4. การเตรียมความพร้อมของผู้สอน

กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีจุดเน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติงาน และต้องมีการปรับปรุงแก้ไขการปฏิบัติงานอยู่อย่างสม่ำเสมอ ตั้งแต่ขั้นต้นของกระบวนการไปจนถึงขั้นปลาย แผนการจัดการเรียนการสอนแต่ละขั้นจึงต้องแสดงความสัมพันธ์สอดคล้องกันของกระบวนการพัฒนานวัตกรรม ดังนั้น ผู้สอนควรเตรียมความพร้อมของตนเอง เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนตาม

กระบวนการเรียนการสอนเป็นไปอย่างราบรื่นและเกิดประสิทธิผลสูงสุดแก่ผู้เรียน โดยผู้วิจัยได้สรุปคุณลักษณะของผู้สอนที่จะจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการเรียนการสอนนี้ ดังนี้ไปนี้

4.1 วิเคราะห์เนื้อหาและจัดลำดับเนื้อหาที่จะสอนให้เป็นลำดับ และอยู่ในขั้นตอนของกระบวนการที่เหมาะสม

4.2 มองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาแต่ละเรื่องกับการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี

4.3 ระบุได้ว่า ผู้เรียนควรมีความรู้พื้นฐานที่จำเป็นใดมาก่อนบ้าง เพื่อประโยชน์ในการจัดลำดับเนื้อหาสาระรายวิชาแก่ผู้เรียน

4.4 ตระหนักอยู่เสมอว่า กระบวนการวางแผนการทำงานที่เหมาะสมกับนักศึกษาแต่ละคนเป็นสิ่งเฉพาะตัวและเป็นหัวใจสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียน สร้างนวัตกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.5 รู้จักเลือกใช้วิธีการสอนและเทคนิคการสอนหลากหลาย เหมาะสมกับผู้เรียน

4.6 เปิดกว้างและให้อิสระแก่ผู้เรียนในการเลือกที่จะเรียนรู้เพิ่มเติม ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้เรียนใจและส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม

4.7 กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถามกับตนเองและคิดนอกเหนือไปจากวิธีการแบบเดิม ๆ

4.8 ระดมทรัพยากรและความร่วมมือในการสนับสนุนการดำเนินงานสร้างนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษา เช่น ทรัพยากรบุคคล ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ กลุ่มเป้าหมายที่น่าสนใจ งบประมาณในการจัดสร้างนวัตกรรมทางเคมี รวมถึงการประสานงานขอความร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้องหรือผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านที่จำเป็นต่อการพัฒนาผลงานของนักศึกษา

5. การเตรียมความพร้อมของผู้เรียน

ผู้สอนควรจัดปฐมนิเทศผู้เรียนเพื่อสร้างความเข้าใจที่ตรงกัน และเตรียมความพร้อมก่อนเรียน โดยจัดกิจกรรมที่เสริมสร้างการเรียนรู้และสร้างแรงบันดาลใจ ให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับนวัตกรรมและการพัฒนานวัตกรรมโดยทั่วไป รวมถึงข้อตกลงในการจัดการเรียนการสอน โดยเฉพาะการหลีกเลี่ยงการคัดลอดหรือการนำงานของคนอื่นมาเป็นผลงานของตนเอง

ในระหว่างการใช้กระบวนการเรียนการสอน อาจพบนักศึกษาไม่คุ้นเคยกับกระบวนการเรียนการสอนที่เน้นการปฏิบัติในรูปแบบโครงงานการทดลองทางเคมี หรือผู้สอนอาจจัดกิจกรรมเสริมเกี่ยวข้อง เช่น การออกแบบการทดลอง เป็นต้น เพิ่มเติมให้แก่นักศึกษา หรือจัดกิจกรรมติดตามความก้าวหน้าการสร้างนวัตกรรมทางเคมีรายสัปดาห์เพื่อกระตุ้นให้นักศึกษาดำเนินการอย่างต่อเนื่องและมีทิศทางที่ถูกต้อง

นอกจากนั้นผู้สอนควรสร้างแรงจูงใจให้กับนักศึกษาก่อนการจัดการเรียนการสอน ทั้งนี้อาจจัดให้อยู่ในรูปกิจกรรมกระตุ้นความสนใจ เช่น การเชิญผู้ที่มีประสบการณ์มาบรรยายให้ความรู้ หรือจุดประกายความสนใจ รวมไปถึงการปรับปรุงเทคนิคการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนในระหว่างการใช้กระบวนการสอน เป็นต้น และในระหว่างการใช้กระบวนการเรียนการสอนผู้สอนควรติดตามผู้เรียน

อย่างใกล้ชิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงแรกของการใช้กระบวนการเรียนการสอน เมื่อพบผู้เรียนที่มีปัญหาในการเรียน ควรเข้าช่วยเหลือและปรับเปลี่ยนวิธีสอนหรือเทคนิคการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการดำเนินการเพื่อสร้างนวัตกรรม

6. การเตรียมวิธีสอนและเทคนิคการสอน

การจัดการเรียนการสอนที่ดีจะเกิดขึ้นจากการเตรียมการอย่างเป็นระบบแล้ว ยังเกิดขึ้นจากการใช้วิธีการสอนและเทคนิคการสอนที่หลากหลาย และเหมาะสมกับเนื้อหาสาระวิชาที่สอน และวัยของผู้เรียน เนื่องจากนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตเป็นนักศึกษาที่มีวัยวุฒิเหมาะสมต่อการจัดการเรียนการสอนที่ต้องใช้เวลานาน แต่ในบางครั้งอาจต้องการกิจกรรมที่แปลกใหม่กระตุ้นการคิดและการทำงาน เพื่อส่งเสริมให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นวิธีการสอนและเทคนิคการสอนที่เลือกใช้เพื่อช่วยสนับสนุนการเรียนรู้และกระบวนการพัฒนานวัตกรรมของผู้เรียนจึงมีได้หลากหลายขึ้นกับบริบทและสถานการณ์ เช่น

6.1 วิธีสอนโดยใช้การบรรยาย เป็นการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การพูด เล่า บอก อธิบาย เนื้อหาสาระหรือสิ่งที่ต้องการสอนแก่ผู้เรียน เนื่องจากการพัฒนานวัตกรรมมุ่งเน้นที่การใช้ความรู้ในกระบวนการทำงาน ดังนั้นหากจำเป็นต้องใช้การจัดการเรียนการสอนแบบบรรยาย ผู้สอนควรนำเสนอเนื้อหาสาระอย่างกระชับ และคัดเลือกส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนมาสอนเท่านั้น เนื้อหาสาระที่เป็นรายละเอียดปลีกย่อยอาจใช้การจัดกิจกรรมอื่น ๆ เพื่อให้ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมของผู้เรียนเอง โดยมีผู้สอนติดตามให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด

6.2 วิธีสอนโดยใช้การอภิปรายกลุ่มย่อย เป็นการจัดการเรียนการสอนที่จัดผู้เรียนเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ประมาณ 4-8 คน และให้ผู้เรียนในกลุ่มพูดคุยแลกเปลี่ยนข้อมูล ความคิดเห็นในประเด็นที่กำหนด และสรุปผลการอภิปรายออกมาเป็นข้อสรุป การจัดการเรียนการสอนดังกล่าวเป็นวิธีที่ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างทั่วถึง แต่ผู้สอนต้องคอยกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น หรือแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับกลุ่ม เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่กว้างขึ้น

6.3 การใช้ผังกราฟิค เป็นการใช้ผังทางความคิด ซึ่งแสดงความคิดหรือข้อมูลสำคัญที่เชื่อมโยงกันอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้เห็นโครงสร้างของความรู้หรือเนื้อหาสาระนั้น ๆ การใช้ผังกราฟิคจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจสาระหรือประเด็นสำคัญง่ายขึ้น เพราะสามารถมองเห็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันของมโนทัศน์หรือประเด็นต่าง ๆ ได้ชัดเจนเป็นรูปธรรมขึ้น

6.4 การใช้เทคนิคการตั้งคำถาม คำถามที่ผู้สอนใช้ควรเป็นคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ด้วยตนเอง การใช้คำถามจะเป็นการนำผู้เรียนไปสู่คำตอบที่ผู้สอนคาดหวังจากผู้เรียน หากผู้สอนยังไม่ได้รับคำตอบที่น่าพอใจ สามารถตั้งคำถามใหม่ต่อไปได้ เริ่มจากคำถามที่ง่าย เช่น ความเข้าใจในกระเด็นต่าง ๆ เมื่อผู้เรียนเข้าใจประเด็นนั้น ๆ ดีแล้ว ควรตั้งคำถามที่ยากขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนได้รู้จักคิด วิเคราะห์ จนสามารถตอบคำถามในระดับที่ยากกว่าเดิมได้ ในขณะเดียวกัน ผู้สอนสามารถให้

ข้อเสนอแนะ หรือตั้งข้อสังเกตเพิ่มเติม เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจประเด็นต่าง ๆ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และไม่ควรคาดคั้นคำตอบจากผู้เรียน เพราะจะทำให้ผู้เรียนรู้สึกว่าถูกบังคับมากกว่าที่จะอยากเรียนรู้เพิ่มเติมในสิ่งที่ตนเองยังไม่เข้าใจ

6.5 การยกตัวอย่างหรือสถานการณ์ที่คุ้นเคยเปรียบเทียบ เป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจสิ่งที่กำลังทำหรือศึกษาอยู่ได้ง่ายขึ้น โดยการเชื่อมโยงสิ่งนั้นเข้ากับการปฏิบัติของตนเอง เช่น การให้ตัวอย่างนวัตกรรมทางเคมี เพื่อศึกษากระบวนการพัฒนานวัตกรรมของนวัตกรรมที่ยกตัวอย่างนั้น แต่ผู้สอนต้องระมัดระวังเรื่องการลอกเลียนแบบหรือทำให้ผู้เรียนเกิดกรอบความคิดที่ยึดติดกับงานตัวอย่างนั้น

นอกจากวิธีสอนและเทคนิคการสอนข้างต้นที่นำเสนอมาแล้ว ผู้สอนอาจพิจารณาวิธีอื่น ๆ ได้ตามความเหมาะสมของบริบทและสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้

7. การเตรียมสื่อการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้เป็นส่วนประกอบสำคัญอีกส่วนหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เกิดขึ้นได้ดีขึ้น การเตรียมสื่อประกอบการเรียนการสอนแต่ละครั้ง จึงควรส่งเสริมการปฏิบัติงานของผู้เรียนให้เกิดประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น เช่น ในขั้นตอนของการกำหนดปัญหา ผู้สอนควรใช้สื่อที่เป็นตัวอย่างหรือกรณีศึกษาสภาพปัญหาที่หลากหลาย และมีบริบทต่าง ๆ กัน เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นแนวทางการกำหนดปัญหาจากบริบทที่แตกต่างกัน เป็นต้น นอกจากนี้ผู้สอนสามารถให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เพื่อให้เห็นตัวอย่างนวัตกรรมทางเคมีที่ผู้เรียนสนใจ หรือถนัด เพื่อเป็นแรงบันดาลใจในการพัฒนานวัตกรม ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้ของผู้เรียนมีความหมายต่อผู้เรียนมากยิ่งขึ้น

8. การเตรียมการประเมินผู้เรียน

การจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี ดังนั้น การประเมินว่าผู้เรียนมีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมได้มากน้อยเพียงใด จึงต้องมีการประเมินกระบวนการทำงานของผู้เรียน ซึ่งผู้สอนสามารถประเมินผู้เรียนได้ทั้งในระหว่างการใช้กระบวนการเรียนการสอน และหลังจากสิ้นสุดกระบวนการเรียนการสอน ผู้สอนอาจใช้บันทึกการเรียนรู้เพื่อศึกษาหรือสังเกตพฤติกรรมบางประการที่ไม่สามารถสังเกตได้ในชั้นเรียน นอกจากนั้น ผู้สอนยังสามารถใช้ชุดคำถามเพื่อสอบถามผู้เรียนเพิ่มเติมถึงกระบวนการปฏิบัติ เพื่อประเมินองค์ประกอบของความสามารถตามแบบประเมินได้อีกด้วย

ในการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินผู้เรียน อาจมีผู้ประเมินมากกว่า 1 คน ในขณะที่การนำเสนอนวัตกรรมทางเคมีเพื่อประเมินคุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี ควรมีอาจารย์หรือผู้เชี่ยวชาญในแขนงวิชาเคมีด้านต่าง ๆ 2-3 คนขึ้นไป มาเป็นกรรมการตรวจประเมินเพื่อให้การประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

<u>เงื่อนไขในการใช้กระบวนการเรียนการสอน</u>

การใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น มีเงื่อนไขในการใช้จัดการเรียนการสอน ดังนี้

1. เงื่อนไขด้านเนื้อหาสาระในรายวิชา

กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้เน้นการลงมือปฏิบัติงาน ดังนั้น กระบวนการเรียนการสอนนี้จึงเหมาะสมกับรายวชาที่มีเนื้อหาสาระในชั้นสูง เหมาะแก่การนำไปใช้ปฏิบัติมากกว่าเนื้อหาสาระระดับพื้นฐาน แต่อย่างไรก็ดี ผู้สอนสามารถจัดสรรลำดับการสอนเนื้อหาสาระตามวัตถุประสงค์ของรายวิชาได้ใหม่ ตามความเหมาะสมให้สอดคล้องกับการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีของผู้เรียนได้ในระดับหนึ่ง ดังนั้นหากเป็นรายวิชาที่มีเนื้อหาสาระเป็นรายละเอียดมาก อาจทำให้ไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้กับกระบวนการดังกล่าว

2. เงื่อนไขด้านเวลา

กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นกระบวนการที่เน้นการจัดการเรียนการสอนแก่ผู้เรียนตั้งแต่เริ่มต้นจนจบกระบวนการทำงาน ดังนั้นผู้สอนต้องพิจารณารายวิชาดังกล่าวนั้นมีระยะเวลาเพียงพอที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานได้จนสำเร็จหรือไม่ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกันตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดในกระบวนการพัฒนานวัตกรรม นอกจากนั้นผู้สอนสามารถกำหนดช่วงเวลาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนได้ตามความเหมาะสมสอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้เรียน ทั้งนี้ขั้นที่ 1 และ 2 ของกระบวนการเรียนการสอนเป็นขั้นตอนที่ควรให้ความสำคัญมากที่สุดในการจัดกระบวนการเรียนการสอน

3. เงื่อนไขด้านผู้เรียน

กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นกระบวนการเรียนการสอนที่นำไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต เนื่องจากเป็นระดับการศึกษาที่เน้นการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้เพื่อการปฏิบัติ แต่อย่างไรก็ดี ผู้สอนสามารถนำกระบวนการเรียนการสอนนี้ไปใช้ในระดับการศึกษาอื่น ๆ หรือวิชาวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ได้ เช่น ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แต่ต้องพิจารณาถึงเนื้อหาสาระในรายวิชาที่จะสอนนั้นต้องการพัฒนาผู้เรียนในด้านใด หากเน้นด้านการปฏิบัติงาน ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของกระบวนการเรียนการสอนนี้ ผู้สอนสามารถนำกระบวนการเรียนการสอนไปใช้โดยพิจารณาถึงเงื่อนไขความสัมพันธ์ด้านอื่น ๆ โดยปรับเปลี่ยนกิจกรรม และใช้เทคนิคการสอนที่เหมาะสมกับผู้เรียนและสถานการณ์

ในขณะเดียวกันผู้เรียนระดับปริญญาบัณฑิตอยู่ในวัยที่กำลังจะเป็นผู้ใหญ่ มีความกระตือรือร้นและมีอุดมการณ์สูง สนใจในสิ่งที่อยากรู้ ต้องการการยอมรับจากเพื่อน อาจารย์ และสังคม และต้องการที่จะสามารถนำตนเองได้ แต่ยังมีผู้เรียนอีกส่วนหนึ่งมีลักษณะการเรียนรู้ที่เน้นที่ความรู้ ทำให้ลักษณะการเรียนรู้อาจแตกต่างไปจากผู้เรียนปกติ ดังนั้นผู้สอนต้องพิจารณาถึงลักษณะ

การเรียนรู้ของผู้เรียนในแต่ละคนและใช้วิธีการต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการปรับเปลี่ยนกระบวนการเรียนการสอนหรือการจัดการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น

4. เงื่อนไขด้านทรัพยากรในการจัดการเรียนการสอน

กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้มีส่วนปฏิบัติการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมทางเคมี ต้องอาศัยห้องปฏิบัติการเคมีและวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดลองทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ดีผู้สอนสามารถท้าทายผู้เรียนด้วยการกำหนดให้ผู้เรียนออกแบบปฏิบัติการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีด้วยการประยุกต์ใช้วัสดุอุปกรณ์ทั่วไป หรือใช้วัสดุที่หาง่ายในท้องถิ่น เพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากภูมิปัญญาท้องถิ่น แต่ต้องคงไว้ซึ่งความถูกต้องแม่นยำด้วยหลักทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผนวก ค — ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนการสอน

ตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ในรายวิชาเคมีของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้จะนำไปทดลองดำเนินการในรายวิชาเคมีของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ รวม 15 สัปดาห์ ซึ่งรายวิชานี้เป็นรายวิชาบังคับเลือก จำนวน 3 หน่วยกิต มีเวลาเรียนสัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง แบ่งเป็นภาคทฤษฎี 2 ชั่วโมง และภาคปฏิบัติ 2 ชั่วโมง โดยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามขั้นตอนหลักของกระบวนการเรียนการสอน ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ผลลัพธ์การเรียนรู้

เมื่อจบการเรียนการสอนแล้ว ผู้เรียนจะเกิดผลลัพธ์การเรียนรู้ ดังนี้

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติอย่างถูกต้อง

2. สามารถออกแบบและทดลองเกี่ยวกับสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติได้ ตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการสกัดแยกจนถึงการทำสารให้บริสุทธิ์ และสามารถนำสารที่ได้ไปใช้ประโยชน์ได้

3. ตระหนักถึงคุณค่าความสำคัญและประโยชน์ของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติและการนำสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติมาใช้ในชีวิตประจำวัน รวมถึงสนับสนุนหรือช่วยเหลือผู้เรียนอื่น ๆ ให้สามารถเรียนรู้เกี่ยวกับสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติได้ดีขึ้น

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบการเรียนการสอนแล้ว ผู้เรียนจะเกิดพฤติกรรมดังนี้

1. มีความรู้และความเข้าใจในสาระสำคัญของคำว่าผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (Natural Product) และการประยุกต์ใช้สารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติไปใช้ประโยชน์ในทางเภสัชกรรม การเกษตร อุตสาหกรรม

2. จำแนกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติตามลักษณะโครงสร้างทางเคมีหรือสมบัติบางประการของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติได้

3. มีความรู้และความเข้าใจในกระบวนการชีวสังเคราะห์สารประกอบที่เกิดในธรรมชาติได้

4. มีความรู้และความเข้าใจในวิธีการสกัดแยกสารประกอบอินทรีย์จากส่วนต่าง ๆ ของพืช รวมถึงการทำให้สารบริสุทธิ์ได้

5. สามารถสกัดแยกสารประกอบอินทรีย์จากส่วนต่าง ๆ ของพืช รวมถึงการทำให้สารบริสุทธิ์ได้ด้วยวิธีการที่เหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6. มีความรู้และความเข้าใจในเทคนิคสเปกโทรสโกปีเพื่อพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ

7. สามารถค้นคว้า หาข้อมูลงานวิจัยทางเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติจากแหล่งอ้างอิงทางวิชาการต่าง ๆ ได้ พร้อมทั้งสรุป เชื่อมโยงและนำเสนอได้

8. สามารถนำเสนอผลการค้นคว้างานวิจัยทางเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติด้วยการเขียนรายงานและการนำเสนอผลงานด้วยวาจา

9. สามารถออกแบบการทดลองและมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการปฏิบัติการทางเคมีของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติได้อย่างถูกต้อง

10. ตระหนักถึงคุณค่าและความสำคัญของการใช้ประโยชน์จากสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ

สาระสำคัญ

สารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ หมายถึง สารประกอบทางเคมีที่มีความบริสุทธิ์และสามารถสกัดได้จากทรัพยากรทางธรรมชาติ อาจมีฤทธิ์หรือไม่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ นักวิทยาศาสตร์จำแนกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติออกได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะความสำคัญต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต คือ เมตาบอไลต์ปฐมภูมิ (Primary metabolite) และเมตาบอไลต์ทุติยภูมิ (Secondary metabolite) แบ่งย่อยออกเป็นสารกลุ่มต่าง ๆ และมีคุณสมบัติเฉพาะ รวมถึงรายละเอียดเชิงลึกเป็นจำนวนมาก

ปัจจุบัน นักเคมีอินทรีย์พยายามค้นหาสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพและมีผลข้างเคียงต่อมนุษย์น้อยลง เพื่อนำมาใช้ในการป้องกันและรักษาโรคภัยต่าง ๆ รวมถึงนำไปใช้เป็นสารออกฤทธิ์ หรือส่วนผสมสำคัญในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ แต่ทว่าการสกัดสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติทำได้ยากและสารได้ปริมาณสารน้อย ถึงแม้จะใช้ทรัพยากรธรรมชาติในปริมาณที่มากก็ตาม ด้วยเหตุนี้นักเคมีจึงคิดค้นและพัฒนาการสังเคราะห์สารเพื่อเลียนแบบสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติด้วยวิธีการที่เรียกว่า การสังเคราะห์ทางเคมีอินทรีย์ (Organic Synthesis) ต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจเพื่ออธิบายกลไกการเกิดปฏิกิริยาในวิถีชีวสังเคราะห์ของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเป็นพื้นฐานสำคัญ

นอกจากนั้นสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติส่วนใหญ่มีโครงสร้างทางเคมีซับซ้อนและหลากหลาย ทำให้ขั้นตอนการแยกสารเหล่านี้ต้องอาศัยวิธีทางโครมาโทกราฟีที่เหมาะสม เพื่อให้ได้สารบริสุทธิ์และเข้าสู่กระบวนการทำนายโครงสร้างของสารที่แยกได้ด้วยความรู้ทางเทคนิคสเปกโทรสโกปี อาทิ เทคนิค Liquid Chromatography, Mass Spectrometry หรือ MS, Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy หรือ NMR, Infrared Spectroscopy หรือ IR เป็นต้น เพื่อให้ทราบโครงสร้าง น้ำหนักโมเลกุล ลักษณะทางสเตอริโอเคมีของสารที่ถูกต้อง การออกแบบการทดลองเพื่อสกัดแยกและทำสารให้บริสุทธิ์ รวมถึงพิสูจน์ลักษณะบางประการของโครงสร้างอย่างง่ายจึงเป็นสิ่งที่ผู้ปฏิบัติการทดลองต้องออกแบบการทดลองได้ และทำการทดลองอย่างรอบคอบและชัดเจน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กิจกรรมการเรียนการสอน

สัปดาห์ที่	ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน	กิจกรรมการเรียนการสอน
1	**ขั้นที่ ❶ สร้างเป้าหมายจากปัญหา** 1.4 เปิดโลกรายวิชา	🗣 ปฐมนิเทศเพื่อเตรียมความพร้อมผู้เรียนและชี้แจงรายละเอียดของรายวิชา ✯ กิจกรรมส่งเสริมความคิดนอกกรอบ 🕮 การบรรยายความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสาระสำคัญของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ *(ความหมาย ความสำคัญ ลักษณะและการแบ่งประเภท ประโยชน์ การค้นพบ ความก้าวหน้าของงานวิจัยด้านผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ การประยุกต์ใช้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ)* 🗣 กิจกรรม “หาคำตอบหลาย ๆ แนวทาง” *กิจกรรมคิดนอกกรอบเพื่อหาคำตอบเกี่ยวกับเหตุผลการเรียนวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ* 🗣 กิจกรรม “ตามหาของดีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ” *กิจกรรมนำเสนอและอภิปรายตัวอย่างนวัตกรรมทางเคมีที่เกี่ยวข้องสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ*
2	**ขั้นที่ ❶ สร้างเป้าหมายจากปัญหา** 2.2เปิดโลกรายวิชา 2.3รู้จักปัญหา 2.4ตั้งเป้าหมายในอนาคต	✯ กิจกรรมส่งเสริมความคิดนอกกรอบ 🗣 กิจกรรม “ตามหาของดีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ” (ต่อ) 🗣 กิจกรรม “เปิดโลกความจริง”*การอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้สภาพปัญหาหรือการพัฒนารอบตัวที่เกี่ยวข้องกับสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เพื่อการระบุปัญหา* ✍ กิจกรรม “ระดมสมอง มาเลือกปัญหา” *การศึกษาและกำหนดปัญหาและแนวทางแก้ปัญหาที่ตนสนใจผ่านการคิดนอกกรอบ และกำหนดภาพแห่งความสำเร็จในอนาคตเพื่อเป็นเป้าหมายในการทำงาน*
3	**ขั้นที่ ❷ วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์** 1.1 วิเคราะห์ตนและเติมความรู้	🕮 กิจกรรม “รู้จัก SWOT” *กิจกรรมเสริมพื้นฐานในการวิเคราะห์ SWOT โดยใช้กรณีตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ทางเคมี* ✍ กิจกรรม “SWOT by myself” *ให้ผู้เรียนวิเคราะห์ตนเองเป็นรายบุคคลในการแก้ไขปัญหาและสร้างแนวทางไปสู่ภาพอนาคตที่สร้างไว้ ผ่านการตั้งคำถามสำคัญในการวิเคราะห์ SWOT* 🕮 การบรรยายความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะโครงสร้างและสมบัติของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติกลุ่มต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน	กิจกรรมการเรียนการสอน
4	**ขั้นที่ ❷ วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์** 2.3 วิเคราะห์ตนและเติมความรู้ 2.4 กำหนดกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม	🕮 การบรรยายความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับรวมถึงกลไกการเกิดปฏิกิริยาในวิถีชีวสังเคราะห์ของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติกลุ่มต่าง ๆ ✍ กิจกรรม “เมื่อจะเริ่มเดินทาง” *ตั้งคำถามให้ผู้เรียนทบทวนถึงการเดินทางไปสู่ภาพความสำเร็จที่ตั้งไว้ และเขียนเป็นแผนกลยุทธ์ เพื่อนำเสนอ* ✯ กิจกรรมส่งเสริมความคิดนอกกรอบ
5	**ขั้นที่ ❷ วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์** 2.2 วิเคราะห์ตนและเติมความรู้ 2.3 กำหนดกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม	✯ กิจกรรมส่งเสริมความคิดนอกกรอบ 🕮 การบรรยายความรู้พื้นฐานวิธีหรือเทคนิคที่เหมาะสมในการสกัดแยกสารประกอบอินทรีย์จากส่วนต่าง ๆ ของพืช และการทำสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติให้บริสุทธิ์ 🗣 กิจกรรม “เมื่อจะเริ่มเดินทาง” (ต่อ) *นำเสนอแผนกลยุทธ์รายบุคคล*
6	**ขั้นที่ ❷ วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์** 2.2 วิเคราะห์ตนและเติมความรู้ 2.3 กำหนดกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม	✯ กิจกรรมส่งเสริมความคิดนอกกรอบ 🕮 การบรรยายความรู้พื้นฐานวิธีการในการพิสูจน์ทราบโครงสร้างทางเคมีของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ 🗣 กิจกรรม “เมื่อจะเริ่มเดินทาง” (ต่อ) *นำเสนอแผนกลยุทธ์รายบุคคล*
7	**ขั้นที่ ❷ วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์** 2.3 วิเคราะห์ตนและเติมความรู้ 2.4 กำหนดกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม **ขั้นที่ ❸ ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม** 3.1 ออกแบบนวัตกรรม	✯ กิจกรรมส่งเสริมความคิดนอกกรอบ ✍ กิจกรรม “เมื่อจะเริ่มเดินทาง” (ต่อ) *ทบทวนแผนกลยุทธ์รายบุคคลให้สมบูรณ์ก่อนจะนำไปใช้ในการออกแบบนวัตกรรม* 🕮 การบรรยายความรู้พื้นฐานตัวอย่างและแนวทางในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีจากสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ *(กรณีศึกษาตัวอย่างการวางแผนและออกแบบนวัตกรรมทางเคมีที่เกี่ยวข้อง)* ✍🗣 กิจกรรม “ออกแบบจากแนวคิด” *ร่างแบบนวัตกรรมทางเคมี และสนทนากลุ่มเพื่อร่วมกันวิพากษ์วิธีการที่เกี่ยวข้องสารผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสกัดแยก และการทำสารให้บริสุทธิ์*

สัปดาห์ที่	ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน	กิจกรรมการเรียนการสอน
8	**ขั้นที่ ❸ ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม** 3.1 ออกแบบนวัตกรรม	✸ **สอบกลางภาค** ✍🗣 กิจกรรม “ออกแบบจากแนวคิด” *นำเสนอแบบร่างนวัตกรรมทางเคมี*
9	**ขั้นที่ ❸ ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม** 3.2 สร้างนวัตกรรม	✍ ปฏิบัติการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี *นำเสนอความก้าวหน้าการสร้างนวัตกรรมทางเคมี* 🗣 กิจกรรม “เปลี่ยนปรับขยับกลยุทธ์” *แลกเปลี่ยนความคิดเชิงวิเคราะห์วิพากษ์เพื่อทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์ในการสร้างนวัตกรรม*
10	**ขั้นที่ ❸ ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม** 3.2 สร้างนวัตกรรม	✍ ปฏิบัติการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี (ต่อ) *นำเสนอความก้าวหน้าการสร้างนวัตกรรมทางเคมี* 🗣 กิจกรรม “เปลี่ยนปรับขยับกลยุทธ์” (ต่อ) *แลกเปลี่ยนความคิดเชิงวิเคราะห์วิพากษ์เพื่อทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์ในการสร้างนวัตกรรม*
11	**ขั้นที่ ❸ ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม** 3.2 สร้างนวัตกรรม	✍ ปฏิบัติการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี (ต่อ) *นำเสนอความก้าวหน้าการสร้างนวัตกรรมทางเคมี* 🗣 กิจกรรม “เปลี่ยนปรับขยับกลยุทธ์” (ต่อ) *แลกเปลี่ยนความคิดเชิงวิเคราะห์วิพากษ์เพื่อทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์ในการสร้างนวัตกรรม*
12	**ขั้นที่ ❸ ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม** 3.2 สร้างนวัตกรรม	🕮 การบรรยายความรู้พื้นฐานวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประโยชน์ในการประเมินผลการใช้นวัตกรรมทางเคมี ✍ ปฏิบัติการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี (ต่อ) *นำเสนอนวัตกรรมทางเคมีในชั้นเรียน และเตรียมการนำนวัตกรรมไปทดลองใช้* 🗣 กิจกรรม “เพื่อนช่วยเพื่อน” *อภิปรายสะท้อนคิดเพื่อปรับปรุงนวัตกรรม*
13	**ขั้นที่ ❸ ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม** 3.3 นำเสนอนวัตกรรม	🗣 กิจกรรม “เล่าเรื่องเบื้องหน้า” *นำผลการนำนวัตกรรมไปใช้ อภิปรายผลเพื่อปรับปรุงนวัตกรรม* ✍ ปฏิบัติการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี (ต่อ) *ปรับปรุงนวัตกรรมตามคำแนะนำ* 🗣 กิจกรรม “เปลี่ยนปรับขยับกลยุทธ์” (ต่อ) *แลกเปลี่ยนความคิดเชิงวิเคราะห์วิพากษ์เพื่อทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์ในการสร้างนวัตกรรม*

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัปดาห์ที่	ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน	กิจกรรมการเรียนการสอน
14	**ขั้นที่ ❸ ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม** 3.3 นำเสนอนวัตกรรม	🗣 กิจกรรม “นำเสนอผลงาน” *นำนวัตกรรมและกระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีต่อผู้ทรงคุณวุฒิ พร้อมซักถาม*
15	**ขั้น ❹ ตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์**	🗣 กิจกรรม “เปลี่ยนปรับขยับกลยุทธ์” (ต่อ) *อภิปราย นำเสนอ ประเมินผลงานนวัตกรรมทางเคมี และสรุปผลงานนวัตกรรม เพื่อทบทวนแผนงาน วิเคราะห์ปัญหาในการทำงาน* 🕮 การบรรยายความรู้พื้นฐานกระบวนการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ *(อภิปราย สร้างข้อสรุป วิเคราะห์เทียบเคียงกับกระบวนการที่ได้ดำเนินการมาตลอดการศึกษาในรายวิชา)* 🗣 กิจกรรมสรุปประมวลความรู้ความเข้าใจ
16	-	✹ **สอบปลายภาค**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำอธิบายสัญลักษณ์ในกิจกรรมการเรียนการสอน

สัญลักษณ์	ลักษณะกิจกรรม
	บรรยายหรือสืบสอบเพื่อเติมความรู้
	ปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์เสริมความคิดนอกกรอบ
	เตรียมงานหรือปฏิบัติงาน
	ประชุม หารือ อภิปราย
	นำเสนอ
	สอบประจำภาคการศึกษา

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือ/ตำรา และเอกสารประกอบการสอน
2. บทความ/งานวิจัยด้านเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ
3. แบบฝึกหัด/ใบงานกิจกรรม
4. สื่ออินเตอร์เน็ต
5. แบบทดสอบ
6. สารเคมีและอุปกรณ์สำหรับการทดลองทางเคมี
7. อุปกรณ์ประกอบการทำกิจกรรม ได้แก่ กระดาษ A4 ปากกา สี

การวัดและประเมินผล

วัตถุประสงค์ทั่วไป	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล
1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติอย่างถูกต้อง	- ประเมินความรู้จากการทดสอบ - ตรวจสอบความรู้จากการวางแผนการสร้างนวัตกรรม	- แบบทดสอบ - แบบประเมินความรู้
2. สามารถออกแบบและทดลองเกี่ยวกับสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติได้ตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการสกัดแยกจนถึงการทำสารให้บริสุทธิ์	- สังเกตจากพฤติกรรมในการปฏิบัติการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี	- แบบประเมินทักษะการปฏิบัติ
3. ตระหนักถึงคุณค่าความสำคัญและประโยชน์ของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติและการนำสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติมาใช้ในชีวิตประจำวัน	- สังเกตจากการวางแผนในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี - สังเกตจากพฤติกรรมในการปฏิบัติการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี	- แบบประเมินทักษะการปฏิบัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการสอนที่ 1 (ครั้งที่ 1-3 จำนวน 9 ชม.)

รายวิชา 1005444 เคมีของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ

เรื่อง *ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสาระสำคัญของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ*

ผลลัพธ์การเรียนรู้

เมื่อจบการเรียนการสอนแล้ว ผู้เรียนจะเกิดผลลัพธ์การเรียนรู้ ดังนี้

1. มีความรู้และความเข้าใจในสาระสำคัญของคำว่าผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (Natural Product) และการประยุกต์ใช้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติไปใช้ประโยชน์ในทางเภสัชกรรม การเกษตร อุตสาหกรรม ฯลฯ

2. สามารถค้นคว้าหาข้อมูลงานวิจัยทางเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติจากแหล่งอ้างอิงทางวิชาการต่าง ๆ ได้ พร้อมทั้งสรุป เชื่อมโยงและนำเสนอได้อย่างเหมาะสม

3. สามารถนำเสนอผลการค้นคว้างานวิจัยทางเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติด้วยการเขียนรายงานและการนำเสนอผลงานด้วยวาจา

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบการเรียนการสอนแล้ว ผู้เรียนสามารถ

1. อธิบายความหมาย ความสำคัญ และประโยชน์ของคำว่าผลิตภัณฑ์ธรรมชาติได้

2. อธิบายการแบ่งประเภท และแบ่งประเภทของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติตามลักษณะสำคัญโครงสร้าง หรือฤทธิ์ทางชีวภาพจากตัวอย่างที่กำหนดได้

3. อธิบายและยกตัวอย่างการค้นพบสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ และความก้าวหน้าของงานวิจัยด้านเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่สำคัญตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันได้

4. อธิบายและยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้

5. วิเคราะห์และวิพากษ์ผลงานนวัตกรรมทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติได้

6. สามารถค้นคว้าข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ธรรมชาติจากแหล่งอ้างอิงทางวิชาการต่าง ๆ ได้ พร้อมทั้งสรุป เชื่อมโยงได้

7. นำเสนอผลการค้นคว้างานวิจัยทางเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติด้วยการเขียนรายงานและการนำเสนอผลงานด้วยวาจาได้อย่างถูกต้องและคล่องแคล่ว

สาระสำคัญ

สารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ หมายถึง สารประกอบทางเคมีที่มีความบริสุทธิ์ อาจมีฤทธิ์หรือไม่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเหล่านี้สามารถสกัดได้จากทรัพยากรทางธรรมชาติ ไม่ว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จะเป็นพืช, สัตว์ และจุลชีพ เช่น ในปี ค.ศ. 1967 M.E. Wall และคณะ นำลำต้นของ Pacific yew มาสกัด พบสาร ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่สำคัญ คือ Taxol มีฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็ง หรือการสกัดฟองน้ำทะเล *Penares schzeii* พบสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ คือ Schulzeines มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโกลซิเดส (**α**-glucosidase enzyme) เป็นต้น

สารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ เมตาบอไลต์ปฐมภูมิ (Primary metabolite) และเมตาบอไลต์ทุติยภูมิ (Secondary metabolite)

เมตาบอไลต์ปฐมภูมิ เป็นสารที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด สารเหล่านี้ประกอบด้วย กรดอะมิโน กรดไขมัน นิวคลีโอไทด์ น้ำตาล สารเมตาบอไลต์ปฐมภูมิมักจะเป็นสารตั้งต้นในการผลิตเมตาบอไลต์ทุติยภูมิต่อไป

เมตาบอไลต์ทุติยภูมิพบในสิ่งมีชีวิตบางจำพวกเท่านั้น และไม่จำเป็นต่อการดำรงชีพ แต่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตที่ผลิตสารนั้น ๆ เช่น อาจเป็นสารที่ใช้ในขบวนการป้องกันตัวเองจากสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่น สารปฏิชีวนะ สารหอมระเหย หรือสารที่มีฤทธิ์ทางยา เช่น มอร์ฟีน และโคเคน เมตาบอไลต์ทุติยภูมิ สามารถแบ่งออกได้ 8 ประเภทตามโครงสร้าง ได้แก่ โพลีคีไทด์ (Polyketides), สารอนุพันธ์ของกรดไขมัน (Fatty acids derived compounds), เทอร์ปีน (Terpene), สารอนุพันธ์ของชิคิเมต (Shikimate derived compound), แอลคาลอยด์ (Alkaloids), เปปไทด์ (Peptide), สารอนุพันธ์ของน้ำตาล (Modified sugars), สารที่มีวิถีสังเคราะห์แบบผสม (Mixed Biogenesis)

ปัจจุบัน นักเคมีอินทรีย์พยายามค้นหาสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ที่อาจมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดีขึ้น และมีผลข้างเคียงในเชิงลบต่อมนุษย์น้อยลง เพื่อนำมาใช้ในการป้องกัน เยียวยา และรักษาโรคภัยต่าง ๆ รวมถึงนำไปใช้เป็นสารออกฤทธิ์ หรือส่วนผสมสำคัญในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์ที่ดีขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กิจกรรมการเรียนการสอน

<u>สัปดาห์ที่ 1</u>

ขั้นตอนการสอน	กิจกรรม	พฤติกรรมการเรียน
1.1 เปิดโลกรายวิชา (4 ชั่วโมง)	1) ผู้สอนบรรยายความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสาระสำคัญของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ประกอบด้วยความหมาย ความสำคัญ ลักษณะและการแบ่งประเภท ประโยชน์ การค้นพบ ความก้าวหน้าของงานวิจัยด้านผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ การประยุกต์ใช้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ	— รับฟังการบรรยาย บันทึกข้อความรู้ที่ได้รับ และซักถาม — ทำแบบฝึกหัดตามที่ได้รับมอบหมาย — จัดทำบันทึกการเรียนรู้
	2) ผู้สอนจัดกิจกรรม “หาคำตอบหลาย ๆ แนวทาง” ให้ผู้เรียนตอบคำถามว่า ทำไมต้องเรียนเคมีผลิตภัณฑ์	— ร่วมกิจกรรมตามที่ได้รับมอบหมาย และร่วมกันสรุป

ขั้นตอนการสอน	กิจกรรม	พฤติกรรมการเรียน
	ธรรมชาติ และให้ผู้เรียนใช้คำตอบแรกของตนเองมาถามเป็นคำถามทำไมต่อไป แล้วตอบคำถามนั้นอีก จนกระทั่งคำถามหรือคำตอบย้อนกลับที่เดิม และนำคำถามคำตอบมาวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่าความเชื่อเดิมที่กำหนดแนวคิดเดิมเป็นอย่างไรและเพื่อเปลี่ยนความเชื่อเดิมว่า ไม่จำเป็นที่แนวคิดแบบเดิมนี้เท่านั้นที่จะใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาได้ ถ้าหากเรามีความเชื่อใหม่เกิดขึ้น จะมีแนวคิดใหม่ในการแก้ปัญหาได้หลายแนวคิด *ลักษณะกิจกรรม* คำถาม 1: ทำไมต้องเรียนวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ คำตอบ 1: เพื่อ..... คำถาม 2: ทำไมต้อง..... คำตอบ 2: เพื่อ..... คำถาม 3: ทำไมต้อง..... คำตอบ 3: เพื่อ..... ฯลฯ	กิจกรรมให้ได้ข้อสรุปว่าการทราบวัตถุประสงค์ที่สำคัญของปัญหาสามารถทำให้สร้างแนวคิดในการแก้ปัญหาได้มากขึ้น — จัดทำบันทึกการเรียนรู้
	3) ผู้สอนจัดกิจกรรม “ตามหาของดีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ” บรรยายและนำเสนอตัวอย่างนวัตกรรมทางเคมีที่เกี่ยวข้องสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ หรือกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่มีผู้สร้างสรรค์ไว้แล้ว และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสืบค้นและนำเสนอนวัตกรรมทางเคมีที่น่าสนใจและไม่ซ้ำกับที่นำเสนอไปแล้ว มานำเสนอเพิ่มเติมชั้นเรียน	— ร่วมกิจกรรม โดยสืบค้นข้อมูลตามที่ได้รับมอบหมายจากผู้สอน และนำเสนอต่อชั้นเรียน — จัดทำบันทึกการเรียนรู้

สัปดาห์ที่ 2

ขั้นตอนการสอน	กิจกรรม	พฤติกรรมการเรียน
1.1 เปิดโลกรายวิชา (2 ชั่วโมง)	1) ผู้สอนจัดกิจกรรม “ตามหาของดีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ” ให้ผู้เรียนนำเสนอตัวอย่างนวัตกรรมทางเคมีที่เกี่ยวข้องสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ที่ผู้เรียนสืบค้นมา	— นำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน
1.2 รู้จักปัญหา (2 ชั่วโมง)	2) ผู้สอนจัดกิจกรรม “เปิดโลกความจริง” โดยตั้งคำถามถึงการประยุกต์ใช้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในด้านต่าง ๆ ว่าเกิดจากเหตุหรือปัญหาใด และให้ผู้เรียนลองยกตัวอย่างสภาพปัญหาหรือการพัฒนารอบตัวที่เกี่ยวข้องกับสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติให้ได้มากที่สุด	— หาคำตอบจากกิจกรรม — สำรวจความสนใจของตนเองเกี่ยวกับสภาพปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<table>
<tr><th>ขั้นตอนการสอน</th><th>กิจกรรม</th><th>พฤติกรรมการเรียน</th></tr>
<tr><td></td><td>ในเวลา 30 นาที และร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ถึงสภาพปัญหาหรือการพัฒนารอบตัวที่เกี่ยวข้องกับสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ระบุปัญหาที่ตนสนใจ</td><td>— สืบค้นและศึกษาสภาพปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ จากเอกสารหรือกลุ่มเป้าหมายให้ได้มากกว่า 1 แนวทาง
— จัดทำบันทึกการเรียนรู้</td></tr>
<tr><td></td><td>3) ผู้สอนจัดกิจกรรม “ระดมสมอง มาเลือกปัญหา” ให้ผู้เรียนนำเสนอปัญหาที่ตนเองสืบค้นมา จัดกิจกรรมการคิดแบบโป (Provocation Operation: PO) โดยอธิบายถึงแนวคิดที่มองปัญหาในเชิงบวกและการพยายามคิดว่ามีทางเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา ให้ผู้เรียนทุกคนกำหนดปัญหาและพยายามคิดหาทางแก้ไขปัญหาให้ได้มากที่สุด
<u>ลักษณะกิจกรรม</u>
ปัญหา: ปัจจุบันคนนิยมไปใช้สีผสมอาหารสังเคราะห์มากกว่าสีจากธรรมชาติ
<table>
<tr><th>แนวคิดที่เกิดขึ้น:ปัญหา</th><th>โป:การพยายามคิดหาทาง</th></tr>
<tr><td>1.การใช้สีธรรมชาติยุ่งยาก</td><td>1.ปรับปรุงให้ผลิตภัณฑ์น่าใช้</td></tr>
<tr><td>2.พืชที่ให้สีหายาก</td><td>2.รณรงค์ให้คนปลูกพืชให้สีในบ้านเพื่อง่ายต่อการใช้งาน</td></tr>
<tr><td>3.ขาดความรู้ในการใช้</td><td>3.ให้ความรู้กับผู้ใช้</td></tr>
<tr><td>4.สีธรรมชาติไม่คงทน</td><td>4.ใช้ความรู้ทางเคมีปรับปรุงสารสี</td></tr>
<tr><td>5.ไม่เข้าใจคุณและโทษจากสีสังเคราะห์</td><td>5.เผยแพร่โดยใช้สื่อที่เหมาะสมกับผู้ใช้</td></tr>
<tr><td>6. .....</td><td>6. .....</td></tr>
<tr><td>7. .....</td><td>7. .....</td></tr>
</table>
ผู้สอนแสดงให้ผู้เรียนเห็นว่าแนวทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจะนำไปสู่การกำหนดทิศทางในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีได้ เช่น จากตัวอย่างปัญหา ผู้เรียนจะพบแนวทางการแก้ปัญหาจากการปรับปรุงโครงสร้างของสีธรรมชาติให้คงทนมากขึ้น หรือปรับปรุงให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานง่ายด้วยองค์ความรู้ทางเคมี</td><td>— นำเสนอปัญหาที่ตนเองสืบค้นมา ใช้กิจกรรมหาการคิดแบบโป ช่วยสร้างแนวคิดเพื่อหาคำตอบและเลือกปัญหาที่เหมาะสมในการแก้ไข มาเป็นเป้าหมายสำคัญในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว
— จัดทำบันทึกการเรียนรู้</td></tr>
</table>

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สัปดาห์ที่ 3

ขั้นตอนการสอน	กิจกรรม	พฤติกรรมการเรียน
1.3 ตั้งเป้าหมายในอนาคต (1 ชั่วโมง)	1) ผู้สอนจัดกิจกรรมส่งเสริมความคิดนอกกรอบ (ช่วยฉันได้อย่างไร) โดยแบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน เล่าเรื่องให้ผู้เรียนฟัง และให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันหาแนวทางแก้ปัญหาจากเรื่องเล่ากลุ่มละ 3 วิธีขึ้นไป โดยให้คัดเลือก แนวทางที่สมาชิกในกลุ่มเห็นเป็นเอกฉันว่าแก้ปัญหาได้ดีที่สุดออกมานำเสนอเพียง 3 วิธี *<u>เรื่องเล่า</u>* พ่อค้าและลูกสาวเป็นหนี้ก้อนใหญ่กับเจ้าหนี้จอมเจ้าเล่ห์ เจ้าหนี้รายนี้ชอบพอลูกสาวของพ่อค้าจึงเสนอเงื่อนไขว่าถ้าหากยกลูกสาวให้จะยกหนี้ทั้งหมด แต่ถ้าไม่ยินยอม จะใช้วิธีเสี่ยงดวง โดยใส่ก้อนกรวดสีดำและสีขาวในถุงอย่างละ 1 ก้อน และให้ลูกสาวเสี่ยงหยิบก้อนกรวด ถ้าหยิบได้สีขาว ลูกสาวจะเป็นอิสระ แต่ถ้าหยิบได้สีดำ หนี้สินจะถูกยกเลิกแต่ลูกสาวจะต้องมาเป็นภรรยาเจ้าหนี้ ถ้าเลือกที่จะไม่หยิบ พ่อค้าจะถูกปองร้ายและตัวเธอจะต้องลำบาก ในวันรุ่งขึ้นทั้งสามพร้อมกับเพื่อนบ้านมาพบกันที่สวนซึ่งโรยด้วยก้อนกรวดสองสีจำนวนมาก เจ้าหนี้หยิบก้อนกรวดขึ้นมา 2 ก้อนและใส่ลงในกระเป๋า แต่พ่อลูกทั้งสองเห็นว่าก้อนกรวดที่หยิบขึ้นมานั้นเป็นสีดำทั้งสองก้อน แต่ก็ไม่กล้าที่จะเรียกร้องใด ๆ ถ้าคุณเป็นลูกสาวของพ่อค้า คุณจะทำอย่างไร เพื่อตัดสินชะตาชีวิตตัวเอง หรือคุณจะแนะนำเธออย่างไร โดยต้องเป็นวิธีที่ทำให้เธอและพ่อหลุดพ้นจากการหยิบก้อนกรวดสีดำในถุงของเจ้าหนี้ จากนั้นผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปกิจกรรม และชี้ให้เห็นว่าการแก้สถานการณ์เช่น การเลือกหยิบก้อนกรวดแต่ทำหล่นขณะหยิบออกจากปากถุง และเสนอให้ลองดูก้อนกรวดที่เหลือ เพื่อบอกว่าก้อนกรวดที่ตกลงไปเป็นสีใด เป็นการคิดนอกกรอบที่พยายามหาทางเลี่ยงในการหาคำตอบ ทำให้คิดค้นแนวทางใหม่ เพื่อช่วยแก้ปัญหาบางประการได้ นอกจากนี้ผู้สอนต้องเปรียบเทียบลักษณะการคิดนอกกรอบและการคิดใน	— ร่วมกิจกรรมตามที่ได้รับมอบหมาย และร่วมกันสรุปกิจกรรมให้ได้ข้อสรุปว่าการคิดมี 2 ลักษณะ คือ การคิดในกรอบและการคิดนอกกรอบ และลักษณะของการคิดทั้ง 2 แบบนี้สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร รวมถึงการนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่ตนเองเลือกมาได้อย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการสอน	กิจกรรม	พฤติกรรมการเรียน
	กรอบ เพื่อนำไปสู่การกำหนดกลยุทธ์เพื่อแก้ปัญหาด้วยความรู้ทางเคมีที่มีประสิทธิภาพ	
	2) ผู้สอนตั้งคำถามให้ผู้เรียนทบทวนถึงลักษณะของการแก้ปัญหา ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและจำเป็นในการแก้ปัญหา และให้ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหา และตัวชี้วัดความสำเร็จหรือผลลัพธ์ในการประเมินการบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ด้วยความคิดนอกกรอบ เช่น การหลีกเลี่ยงการตั้งเป้าหมายที่มีลักษณะซ้ำเดิม หรือการใช้แนวคิดที่หลากหลายในการกำหนดกลยุทธ์ และนำส่งเป็นรายงานรายบุคคล *<u>คำถามสำคัญ</u>* 1. ปัญหาที่กำหนดขึ้นเกิดจากอะไร เราจะแก้ปัญหานี้ได้อย่างไร ด้วยความรู้เรื่องอะไร เพราะเหตุใดจึงต้องแก้ปัญหานี้ 2. ถ้าสามารถแก้ปัญหานี้ได้จะเกิดผลอะไรขึ้นต่อตัวเรา สังคม และชุมชน จากปัญหาที่กำหนดไว้ สนใจจะทำนวัตกรรมทางเคมีที่มีวัตถุประสงค์อย่างไรในการแก้ปัญหา เพราะเหตุใดจึงต้องสร้างนวัตกรรมทางเคมีนี้	— ศึกษาค้นคว้าและกำหนดวิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยความรู้ทางเคมีอย่างหลากหลายจากแหล่งข้อมูลหรือแหล่งเรียนรู้ — กำหนดภาพแห่งความสำเร็จในอนาคตเพื่อเป็นเป้าหมายในการทำงาน รวมถึงวัตถุประสงค์ของการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีจากปัญหาที่ระบุไว้ — จัดทำรายงานผลการเรียนรู้และบันทึกการเรียนรู้ — จัดทำบันทึกการเรียนรู้

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือ/ตำรา และเอกสารประกอบการสอน
2. แบบฝึกหัด/ใบงานกิจกรรม
3. สื่ออินเตอร์เน็ต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวัดและประเมินผล

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล
1. อธิบายความหมาย ความสำคัญ และประโยชน์ของคำว่าผลิตภัณฑ์ธรรมชาติได้	ประเมินความรู้ความเข้าใจจากการทำใบงาน การใช้คำถาม และแบบฝึกหัด	ใบงานและการตอบคำถาม
2. อธิบายการแบ่งประเภท และแบ่งประเภทของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติตามลักษณะสำคัญ โครงสร้าง หรือฤทธิ์ทางชีวภาพจากตัวอย่างที่กำหนดได้	ประเมินความรู้ความเข้าใจจากการทำใบงาน การใช้คำถาม และแบบฝึกหัด	ใบงานและการตอบคำถาม

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล
3. อธิบายและยกตัวอย่างการค้นพบสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ และความก้าวหน้าของงานวิจัยด้านเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่สำคัญตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันได้	ประเมินความรู้ความเข้าใจจากการทำใบงาน การใช้คำถาม และแบบฝึกหัด	ใบงานและการตอบคำถาม
4. อธิบายและยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้	ประเมินความรู้ความเข้าใจจากการทำใบงาน การใช้คำถาม และแบบฝึกหัด	ใบงานและการตอบคำถาม
5. วิเคราะห์และวิพากษ์ผลงานนวัตกรรมทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติได้	สังเกตจากการนำเสนอผลงาน	แบบสังเกตและประเมินการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม
6. สามารถค้นคว้าข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติจากแหล่งอ้างอิงทางวิชาการต่าง ๆ ได้ พร้อมทั้งสรุปและเชื่อมโยงได้	สังเกตจากการนำเสนอผลงาน	แบบสังเกตและประเมินการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม
7. นำเสนอผลการค้นคว้างานวิจัยทางเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติด้วยการเขียนรายงานและการนำเสนอผลงานด้วยวาจาได้อย่างถูกต้องและคล่องแคล่ว	สังเกตจากการนำเสนอผลงาน	แบบสังเกตและประเมินการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผนวก ง — เครื่องมือที่ใช้ในเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

แบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีคิดน้ำหนักคะแนนเป็นร้อยละ 100 แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การประเมินกระบวนการสร้างนวัตกรรมทางเคมี เป็นการประเมินกระบวนการทำงานของนักศึกษาโดยสังเกตพฤติกรรมในขั้นเรียน ชิ้นงานที่ได้รับมอบหมาย บันทึกการเรียนรู้ตั้งแต่สัปดาห์แรกของการเรียนการสอนจนถึงสัปดาห์สุดท้าย คะแนนในส่วนนี้คิดเป็นร้อยละ 75

ส่วนที่ 2 คือ การประเมินผลงานนวัตกรรม เป็นผลการทดลองใช้นวัตกรรมทางเคมีที่นักศึกษาสร้างขึ้น ในสัปดาห์สุดท้ายของการเรียนการสอน คะแนนในส่วนนี้คิดเป็นร้อยละ 25

การคิดคะแนน จะนำคะแนนรวมในแต่ละองค์ประกอบคูณด้วยน้ำหนัก แล้วนำคะแนนแต่ละองค์ประกอบมารวมกัน เป็นคะแนนความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

ขอให้ท่านพิจารณาพฤติกรรมและผลงานของนักศึกษาในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีและระบุระดับคุณภาพจากเกณฑ์ที่กำหนดตามความเห็นของท่าน ในกรณีที่ไม่ปรากฏข้อมูลให้เห็นในเชิงประจักษ์ สามารถซักถามผู้พัฒนานวัตกรรมทางเคมีเพิ่มเติมจากข้อคำถามในบันทึกการเรียนรู้ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนในการประเมินความสามารถของนักศึกษา

ส่วนที่ 1 กระบวนการสร้างนวัตกรรมทางเคมี (ร้อยละ 75)

องค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี (ร้อยละ 15)

ตัวบ่งชี้	ระดับคุณภาพ	ระดับที่ได้	หมายเหตุ
1.1 การได้มาของข้อมูลสภาพปัญหาหรือประเด็นในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี	ระดับ 2 ศึกษา ค้นคว้า และเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการพัฒนาอย่างเพียงพอและรอบด้าน		
	ระดับ 1 ศึกษา ค้นคว้า และเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการพัฒนาได้บางส่วน แต่ยังไม่เพียงพอ		
	ระดับ 0 ไม่มีการศึกษา ค้นคว้า และเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการพัฒนา		
1.2 การระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี	ระดับ 2 ระบุปัญหาในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่สามารถแก้ไขได้ด้วยการบูรณาการองค์ความรู้ทางเคมี		
	ระดับ 1 ระบุปัญหาในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีที่สามารถแก้ไขได้ด้วยองค์ความรู้เคมีพื้นฐาน		
	ระดับ 0 ระบุปัญหาที่แก้ไขได้ด้วยองค์ความรู้ทั่วไป หรือไม่สามารถระบุปัญหาในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีได้		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวบ่งชี้	ระดับคุณภาพ	ระดับที่ได้	หมายเหตุ
1.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ระดับ 2 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จนทราบสาเหตุของปัญหาอย่างชัดเจน		
	ระดับ 1 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แต่ไม่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้แน่ชัด		
	ระดับ 0 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นโดยไม่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ หรือไม่มีการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา		
	รวมคะแนนองค์ประกอบที่ 1 ($=\frac{x}{6}\times 15$)		

องค์ประกอบที่ 2 การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี (ร้อยละ 20)

ตัวบ่งชี้	ระดับคุณภาพ	ระดับที่ได้	หมายเหตุ
2.1 การกำหนดประเด็นสำคัญในการสืบค้นข้อมูลและความรู้ที่จำเป็น	ระดับ 2 กำหนดประเด็นสำคัญในการสืบค้นความรู้ได้ถูกต้องครบถ้วน และสอดคล้องกับนวัตกรรมที่จะพัฒนาขึ้นหรือปัญหาที่กำหนดไว้		
	ระดับ 1 กำหนดประเด็นสำคัญในการสืบค้นความรู้ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และสอดคล้องกับนวัตกรรมที่จะพัฒนาขึ้นหรือปัญหาที่กำหนดไว้ เพียงบางส่วน		
	ระดับ 0 ไม่กำหนดหรือกำหนดประเด็นสำคัญในการสืบค้นความรู้ไม่ถูกต้อง และไม่สอดคล้องกับนวัตกรรมที่จะพัฒนาขึ้นหรือปัญหาที่กำหนดไว้		
2.2 การสืบค้นองค์ความรู้ในสาขาวิชาเคมีและนวัตกรรมทางเคมีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	ระดับ 2 ค้นคว้าองค์ความรู้เคมีที่จำเป็นในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีครอบคลุมและตรงตามประเด็นที่ตนเองกำหนดไว้อย่างครบถ้วน มีการใช้แหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ มีการอ้างอิงชัดเจน และสามารถนำไปใช้ได้ (รวมถึงสำรวจนวัตกรรมทางเคมีที่มีอยู่แล้ว และวิเคราะห์องค์ประกอบของนวัตกรรมทางเคมีอื่น ๆ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีของตนเอง)		
	ระดับ 1 ค้นคว้าองค์ความรู้เคมีที่จำเป็นในการสร้างนวัตกรรมทางเคมียังไม่ครอบคลุม ไม่ชัดเจนหรือไม่ตรงตามประเด็นที่กำหนดไว้		
	ระดับ 0 ไม่มีการค้นคว้าองค์ความรู้ที่จำเป็นในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี		

ตัวบ่งชี้	ระดับคุณภาพ	ระดับที่ได้	หมายเหตุ
2.3 การเลือกใช้ข้อมูลทางเคมีที่มีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรม	ระดับ 2 มีหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีทางเคมีเป็นพื้นฐานในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีอย่างชัดเจน และนำมาใช้แก้ปัญหาหรือสนองตอบวัตถุประสงค์ของนวัตกรรมที่จะพัฒนาได้อย่างครบถ้วน สมบูรณ์ โดยไม่ต้องหาข้อมูลเพิ่มเติม		
	ระดับ 1 มีหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีทางเคมีเป็นพื้นฐานในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีอย่างชัดเจน แต่นำมาใช้แก้ปัญหาในการพัฒนานวัตกรรมได้เพียงบางส่วน ต้องการข้อมูลหรือองค์ความรู้ทางเคมีที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมอีกส่วนหนึ่งจึงจะทำให้ปัญหาในการพัฒนานวัตกรรมแก้ไขได้อย่างสมบูรณ์		
	ระดับ 0 ไม่มีหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีทางเคมี เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาในการพัฒนานวัตกรรม หรือมีหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีทางเคมี แต่ไม่เกี่ยวข้องกับการพัฒนานวัตกรรม		
2.4 การศึกษาข้อจำกัดต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการพัฒนานวัตกรรม	ระดับ 2 มีการศึกษาข้อจำกัดต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการพัฒนานวัตกรรมอย่างรอบด้านครบถ้วนสมบูรณ์		
	ระดับ 1 มีการศึกษาข้อจำกัดต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการพัฒนานวัตกรรมแต่เพียงบางประเด็นเท่านั้น		
	ระดับ 0 ไม่มีการศึกษาข้อจำกัดต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการพัฒนานวัตกรรมหรือมีการศึกษาข้อจำกัดน้อยมาก จนไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้พัฒนานวัตกรรมได้		
2.5 การบูรณาการความรู้และประสบการณ์เดิมเพื่อแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมทางเคมี	ระดับ 2 มีการบูรณาการความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าร่วมกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม และนำไปใช้แก้ปัญหาและพัฒนานวัตกรรมทางเคมีได้ อย่างชัดเจน เป็นรูปธรรม		
	ระดับ 1 มีการบูรณาการความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าร่วมกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม แต่นำไปใช้แก้ปัญหาและพัฒนานวัตกรรมทางเคมีไม่ได้หรือได้เพียงบางส่วน		
	ระดับ 0 ไม่มีการบูรณาการความรู้ ใช้เพียงความรู้หรือประสบการณ์เดิมในการปัญหาและพัฒนานวัตกรรมทางเคมี		
	รวมคะแนนองค์ประกอบที่ 2 (= $\frac{x}{10} \times 20$*)*		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

องค์ประกอบที่ 3 การพัฒนานวัตกรรมทางเคมี (ร้อยละ 40)

ตัวบ่งชี้	ระดับคุณภาพ	ระดับที่ได้	หมายเหตุ
3.1 การระบุวัตถุประสงค์ของการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	ระดับ 2 ระบุวัตถุประสงค์ของนวัตกรรมทางเคมีที่จะพัฒนาขึ้นให้สอดคล้องและสามารถแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ได้อย่างสมบูรณ์		
	ระดับ 1 ระบุวัตถุประสงค์ของนวัตกรรมทางเคมีที่จะพัฒนาขึ้นให้สอดคล้องและสามารถแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ได้เพียงบางส่วน ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่กำหนดไว้ได้อย่างสมบูรณ์		
	ระดับ 0 ระบุวัตถุประสงค์ของนวัตกรรมทางเคมีที่จะพัฒนาขึ้นไม่สอดคล้องหรือไม่สามารถแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ได้		
3.2 การออกแบบนวัตกรรมทางเคมี	ระดับ 2 ออกแบบนวัตกรรมที่มีแนวโน้มที่จะแก้ปัญหาได้จริง โดยใช้องค์ความรู้ที่จำเป็นในการออกแบบนวัตกรรมอย่างครบถ้วน ชัดเจน		
	ระดับ 1 ออกแบบนวัตกรรมที่มีแนวโน้มที่จะแก้ปัญหาได้เพียงบางส่วน เนื่องจากใช้องค์ความรู้ที่จำเป็นในการออกแบบนวัตกรรมเพียงบางส่วน		
	ระดับ 0 ออกแบบนวัตกรรมที่แก้ปัญหาไม่ได้ เนื่องจากไม่ใช้องค์ความรู้ที่จำเป็นในการออกแบบนวัตกรรม		
3.3 การวางแผนการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	ระดับ 2 มีการวางแผนและกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างเป็นระบบและเป็นรูปธรรม มีขั้นตอนชัดเจนในกรอบเวลาที่เหมาะสม		
	ระดับ 1 มีการวางแผนและกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างเป็นระบบและเป็นรูปธรรม แต่ปฏิบัติได้ยาก		
	ระดับ 0 ไม่มีการวางแผนหรือกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงาน		
3.4 การสร้างนวัตกรรมทางเคมีด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ระดับ 2 สร้างนวัตกรรมโดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อใช้ทดลองหรือทดสอบ และนำข้อผิดพลาดจากการดำเนินการมาใช้ในการแก้ปัญหา		
	ระดับ 1 สร้างนวัตกรรมโดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน หรือยังไม่สามารถนำข้อผิดพลาดจากการดำเนินการมาใช้ในการแก้ปัญหาได้		
	ระดับ 0 สร้างนวัตกรรมโดยไม่อาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวบ่งชี้	ระดับคุณภาพ	ระดับที่ได้	หมายเหตุ
3.5 ระยะเวลาในการสร้างนวัตกรรม	ระดับ 2 สร้างนวัตกรรมสำเร็จตามแผนที่กำหนดไว้ และสามารถนำไปใช้งานสมบูรณ์		
	ระดับ 1 สร้างนวัตกรรมสำเร็จตามแผนที่กำหนดไว้ แต่ขาดความพร้อมด้านการนำนวัตกรรมไปใช้งาน		
	ระดับ 0 สร้างนวัตกรรมไม่สำเร็จตามแผนที่กำหนดไว้		
3.6 การรับข้อคิดเห็นเพื่อนำมาปรับปรุงนวัตกรรม	ระดับ 2 รับฟังข้อคิดเห็นหรือแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเพื่อน และสามารถนำข้อคิดเห็นที่เป็นไปได้มาปรับปรุงนวัตกรรมได้อย่างสมบูรณ์		
	ระดับ 1 รับฟังข้อคิดเห็นและแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเพื่อน แต่ไม่นำข้อคิดเห็นที่เป็นไปได้มาใช้ปรับปรุงนวัตกรรม หรือนำมาปรับใช้เพียงบางส่วน		
	ระดับ 0 ไม่มีการรับฟังข้อคิดเห็นหรือแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเพื่อนเพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงนวัตกรรม		
3.7 องค์ประกอบของนวัตกรรม	ระดับ 2 กำหนดองค์ประกอบ โครงสร้าง ลักษณะหรือประเภทของนวัตกรรม แนวทางการใช้งานนวัตกรรมครบถ้วน ชัดเจน และสัมพันธ์กัน		
	ระดับ 1 กำหนดองค์ประกอบ โครงสร้าง ลักษณะหรือประเภทของนวัตกรรม แนวทางการใช้งานนวัตกรรมไม่ครบถ้วน ไม่ชัดเจน หรือระบุเพียงบางส่วน ทำให้ไม่เห็นความสอดคล้องสัมพันธ์กัน		
	ระดับ 0 ไม่สามารถกำหนดองค์ประกอบ โครงสร้าง ลักษณะหรือประเภทของนวัตกรรม ประเภท แนวทางการใช้งานนวัตกรรมได้		
3.8 ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	ระดับ 2 นวัตกรรมเป็นผลงานที่สร้างสรรค์ขึ้นมาใหม่ทั้งหมด		
	ระดับ 1 นวัตกรรมเป็นผลงานที่พัฒนาจากสิ่งที่มีอยู่แล้วจนได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างไปจากเดิมค่อนข้างมากหรือเป็นส่วนใหญ่		
	ระดับ 0 นวัตกรรมเป็นผลงานที่มีลักษณะเหมือนที่มีอยู่โดยทั่วไป ไม่เกิดผลลัพธ์ที่แตกต่างไปจากเดิม		
	รวมคะแนนองค์ประกอบที่ 3 (= $\frac{x}{16} \times 40$*)*		
	<u>รวมคะแนนส่วนที่ 1 (เต็ม 75 คะแนน)</u>		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนที่ 2 คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี (ร้อยละ 25)

องค์ประกอบที่ 4 คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี (ร้อยละ 25)

ตัวบ่งชี้	ระดับคุณภาพ	ระดับที่ได้	หมายเหตุ
4.1 ผลการใช้งานนวัตกรรมทางเคมี	ระดับ 2 นวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้งานและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการสร้างนวัตกรรมอย่างสมบูรณ์		
	ระดับ 1 นวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้งานและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการสร้างนวัตกรรมเพียงบางส่วน		
	ระดับ 0 นวัตกรรมทางเคมีที่สร้างขึ้นไม่สามารถใช้งานได้จริง หรือไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการสร้างนวัตกรรม ต้องมีการปรับปรุงผลงานอีกบางส่วน		
4.2 ความสะดวกในการนำนวัตกรรมทางเคมีไปใช้	ระดับ 2 นวัตกรรมที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการนำไปใช้งาน ขั้นตอนการใช้งานหรือนำไปปฏิบัติได้ง่ายไม่ซับซ้อน หรือใช้เวลาไม่นานในการทำความเข้าใจ		
	ระดับ 1 นวัตกรรมที่สร้างขึ้นนำไปใช้งานได้ทั่วไป มีขั้นตอนการใช้งานมากหรือนำไปปฏิบัติได้ยาก ต้องทำความเข้าใจมากก่อนนำไปใช้งานหรือปฏิบัติ		
	ระดับ 0 นวัตกรรมที่สร้างขึ้นจำกัดผู้ใช้งานเฉพาะกลุ่มหรือผู้ที่มีความรู้เฉพาะทางในการใช้งานเท่านั้น		
4.3 แนวโน้มการขยายผลในเชิงพาณิชย์	ระดับ 2 นวัตกรรมที่สร้างมีแนวโน้มนำไปสู่การขยายผลการผลิตในเชิงพาณิชย์ได้สูง นำไปใช้ทันทีในเชิงพาณิชย์ได้ทันที		
	ระดับ 1 นวัตกรรมที่สร้างขึ้นมีแนวโน้มนำไปสู่การขยายผลการผลิตในเชิงพาณิชย์ปานกลาง ต้องปรับปรุงนวัตกรรมก่อนนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์		
	ระดับ 0 นวัตกรรมที่สร้างขึ้นมีแนวโน้มนำไปสู่การขยายผลการผลิตในเชิงพาณิชย์ต่ำ ไม่สามารถนำไปสู่การขยายผลการผลิตในเชิงพาณิชย์ได้		
	รวมคะแนนองค์ประกอบที่ 4 ($= \frac{x}{6} \times 25$)		
	<u>รวมคะแนนทั้งหมด (เต็ม 100 คะแนน)</u>		

ระดับความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

80 – 100 คะแนน หมายถึง มีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในระดับดีเยี่ยม

70 – 79 คะแนน หมายถึง มีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในระดับดี

60 – 69 คะแนน หมายถึง มีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในระดับพอใช้

0 – 59 คะแนน หมายถึง มีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในระดับต่ำหรือต้องปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกการเรียนรู้

ให้นักศึกษาเขียนบันทึกการเรียนรู้หลังการเรียนการสอนแต่ละสัปดาห์ตามแนวทางหรือประเด็นดังนี้

1. ให้นักศึกษาสรุปสิ่งที่ได้ลงมือปฏิบัติในรอบสัปดาห์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างนวัตกรรมทางเคมี

2. ให้นักศึกษาเขียนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในสัปดาห์นี้ ปัญหาและอุปสรรค รวมถึงวิธีการแก้ปัญหาที่นักศึกษาได้ใช้

3. ให้นักศึกษาเขียนข้อคิดที่ได้จากการเรียนรู้จากกระบวนการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในสัปดาห์ที่ผ่านมา

ในบางสัปดาห์ผู้วิจัยสามารถระบุให้นักศึกษาเขียนบันทึกการเรียนรู้ในประเด็นดังต่อไปนี้

<u>ด้านการระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี</u> (ใช้คำถามนี้ได้หลังสัปดาห์ที่ 4)

1. นักศึกษามีหลักและวิธีการในการเลือกปัญหาเพื่อนำมาสร้างนวัตกรรมในสำหรับแก้ไขปัญหานั้นอย่างไร เพราะเหตุใดเลือกปัญหานั้น

2. ในมุมมองของนักศึกษา ปัญหาที่นักศึกษาเลือกมามีความสำคัญในระดับสังคมหรือประเทศชาติอย่างไร ถ้าปัญหานั้นเป็นปัญหาทั่วไปของสังคม แนวทางในการแก้ปัญหาของนักศึกษาแตกต่างออกไปหรือไม่ อย่างไร

<u>ด้านการเลือกใช้ความรู้ในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี</u> (ใช้คำถามนี้ได้หลังสัปดาห์ที่ 7)

1. ให้นักศึกษาอธิบายว่า ได้ใช้ความรู้เคมีประเด็นใดหรือหัวข้อใดบ้างจากการเรียนรู้ที่ผ่านมาเพื่อใช้เรียนรู้ในการออกแบบนวัตกรรม และปฏิบัติงานการพัฒนานวัตกรรมตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น

2. นักศึกษาใช้ความรู้ตามที่ระบุมานั้นอย่างไร ในการสร้างนวัตกรรมตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุด

<u>ด้านการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีและคุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี</u> (ใช้คำถามนี้ในสัปดาห์สุดท้ายของการจัดการเรียนการสอน)

1. ให้นักศึกษาเล่าประสบการณ์ในขั้นตอนการออกแบบนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาเองและสรุปว่านักศึกษาได้เรียนรู้อะไรจากการปฏิบัติดังกล่าว

2. ในฐานะที่นักศึกษาศึกษาในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ นักศึกษาได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการพัฒนานวัตกรรมหรือไม่อย่างไร

3. การสร้างนวัตกรรมของนักศึกษาเป็นไปตามแผนงานที่กำหนดไว้หรือไม่ และนักศึกษาได้เรียนรู้อะไรจากการปฏิบัติดังกล่าว

4. นักศึกษามีปัญหาในการปฏิบัติงาน การพัฒนานวัตกรรม หรือการทดลองใช้นวัตกรรม เช่น ต้องปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรม หรือไม่ และนักศึกษาได้ปฏิบัติอย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผนวก จ — ผลการสอบถามความคิดเห็นและผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยจากผู้ทรงคุณวุฒิ

ตารางที่ 24 คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและดัชนีความสอดคล้องในรายการประเมินนิยามและองค์ประกอบของนวัตกรรมทางเคมี และความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี (n=15)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ															IOC
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
นิยามนวัตกรรมทางเคมี	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0.93
องค์ประกอบของนวัตกรรมทางเคมี																
องค์ประกอบที่ 1 การใช้ความรู้ทางวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0.87
องค์ประกอบที่ 2 ความใหม่	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0.80
องค์ประกอบที่ 3 ประโยชน์	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00
นิยามของความสามารถฯ	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0.80
องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี																
องค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.93
องค์ประกอบที่ 2 การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00
องค์ประกอบที่ 3 การพัฒนานวัตกรรมทางเคมี	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.87
องค์ประกอบที่ 4 คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.93
การกำหนดค่าน้ำหนัก																
องค์ประกอบที่ 1 ร้อยละ 15	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0.80
องค์ประกอบที่ 2 ร้อยละ 20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.93
องค์ประกอบที่ 3 ร้อยละ 40	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0.87
องค์ประกอบที่ 4 ร้อยละ 25	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0.80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 25 คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเหมาะสมของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น (n=7)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ							$\bar{X}$	SD	ผลประเมิน
	1	2	3	4	5	6	7			
1. หลักการของกระบวนการเรียนการสอน	5	5	5	4	5	5	4	4.71	0.49	เหมาะสมมากที่สุด
2. วัตถุประสงค์ของกระบวนการเรียนการสอน	5	5	5	5	5	4	4	4.71	0.49	เหมาะสมมากที่สุด
3. ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน										
ขั้นที่ 1 ตั้งเป้าหมายจากปัญหา	5	4	3	5	5	5	5	4.57	0.79	เหมาะสมมากที่สุด
พฤติกรรมการเรียนการสอนขั้นที่ 1	5	4	5	5	5	5	4	4.71	0.49	เหมาะสมมากที่สุด
ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์	5	4	5	4	5	5	5	4.71	0.49	เหมาะสมมากที่สุด
พฤติกรรมการเรียนการสอนขั้นที่ 2	5	4	5	4	5	4	4	4.42	0.53	เหมาสมมาก
ขั้นที่ 3 ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม	5	4	5	4	5	5	5	4.71	0.19	เหมาะสมมากที่สุด
พฤติกรรมการเรียนการสอนขั้นที่ 3	5	4	5	4	5	4	4	4.43	0.53	เหมาะสมมาก
ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์	5	4	5	3	5	4	5	4.43	0.79	เหมาะสมมาก
พฤติกรรมการเรียนการสอนขั้นที่ 4	5	4	4	3	5	5	4	4.29	0.76	เหมาะสมมาก
4. การวัดและประเมินผลกระบวนการเรียนการสอน	5	4	5	3	4	5	5	4.43	0.79	เหมาะสมมาก

สถาบันวิทยบริการ
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 26 คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์และรายละเอียดในรายการประเมินกระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ (n=7)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ							IOC	ผลประเมิน
	1	2	3	4	5	6	7		
1. หลักการของกระบวนการเรียนการสอน	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2. วัตถุประสงค์ของกระบวนการเรียนการสอน	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. ขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน									
ขั้นที่ 1 ตั้งเป้าหมายจากปัญหา	1	1	0	1	1	1	1	0.86	สอดคล้อง
พฤติกรรมการเรียนการสอนขั้นที่ 1	1	0	0	1	1	1	1	0.71	สอดคล้อง
ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ตนและกำหนดกลยุทธ์	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
พฤติกรรมการเรียนการสอนขั้นที่ 2	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
ขั้นที่ 3 ดำเนินกลยุทธ์เพื่อนวัตกรรม	1	0	1	1	1	1	1	0.86	สอดคล้อง
พฤติกรรมการเรียนการสอนขั้นที่ 3	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลการใช้กลยุทธ์	1	0	1	0	1	1	1	0.71	สอดคล้อง
พฤติกรรมการเรียนการสอนขั้นที่ 4	1	1	0	0	1	1	1	0.71	สอดคล้อง
4. การวัดและประเมินผลกระบวนการเรียนการสอน	0	0	1	1	1	1	1	0.71	สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 27 คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์และรายละเอียดในรายการประเมินคู่มือการใช้กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบ (n=7)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ							IOC	ผลประเมิน
	1	2	3	4	5	6	7		
1. แนวคิดพื้นฐานของกระบวนการเรียนการสอน									
1.1 แนวคิดการวางแผนกลยุทธ์	1	1	1	0	1	1	1	0.71	สอดคล้อง
1.2 แนวคิดการคิดนอกกรอบ	1	1	1	1	1	1	1	0.86	สอดคล้อง
2. แนวทางการนำกระบวนการเรียนการสอนไปใช้									
2.1 การศึกษารายละเอียดของกระบวนการเรียนการสอน	1	1	0	1	1	1	1	0.71	สอดคล้อง
2.2 การคัดเลือกและวิเคราะห์เนื้อหาสาระของรายวิชาเพื่อนำมาใช้ในการเรียนการสอน	1	1	0	1	1	1	1	0.71	สอดคล้อง
2.3 การเขียนแผนการจัดการเรียนการสอน	1	1	1	1	1	1	1	0.86	สอดคล้อง
2.4 การเตรียมความพร้อมของผู้สอน	1	1	1	0	1	1	1	0.71	สอดคล้อง
2.5 การเตรียมความพร้อมของผู้เรียน	1	1	0	1	1	1	1	0.71	สอดคล้อง
2.6 การเตรียมวิธีสอนและเทคนิคการสอน	0	1	1	1	1	1	1	0.71	สอดคล้อง
2.7 การเตรียมสื่อการเรียนรู้	1	1	0	1	1	1	1	0.71	สอดคล้อง
2.8 การเตรียมการประเมินผู้เรียน	1	1	1	0	1	1	1	0.71	สอดคล้อง
3. เงื่อนไขในการใช้กระบวนการเรียนการสอน									
3.1 เงื่อนไขด้านเนื้อหาสาระในรายวิชา	1	1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
3.2 เงื่อนไขด้านเวลา	0	1	1	1	1	1	0	0.71	สอดคล้อง
3.3 เงื่อนไขด้านผู้เรียน	1	1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 28 ดัชนีความสอดคล้องในรายการประเมินแผนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นในรายวิชาเคมีของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (n=7)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ							IOC	ผลประเมิน
	1	2	3	4	5	6	7		
1. ผลลัพธ์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	0	1	0.86	สอดคล้อง
2. จุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. สาระสำคัญ	0	1	1	1	1	1	1	0.86	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนการสอน	1	0	1	1	1	1	0	0.71	สอดคล้อง
5. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้	1	0	1	1	1	1	1	0.86	สอดคล้อง
6. การวัดและประเมินผล	0	1	1	0	1	1	1	0.71	สอดคล้อง

ตารางที่ 29 คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์และรายละเอียดในรายการประเมินแบบประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี (n=7)

ตัวบ่งชี้ในแต่ละองค์ประกอบ	คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ							IOC	ผลประเมิน
	1	2	3	4	5	6	7		
องค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี									
1.1 การได้มาของข้อมูลสภาพปัญหาหรือประเด็นในการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.2 การระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี	1	1	0	1	1	1	1	0.86	ใช้ได้
1.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
องค์ประกอบที่ 2 การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี									
2.1 การกำหนดประเด็นสำคัญในการสืบค้นข้อมูลและความรู้ที่จำเป็น	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2.2 การสืบค้นองค์ความรู้ในสาขาวิชาเคมีและนวัตกรรมทางเคมีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	1	1	0	1	1	1	1	0.86	ใช้ได้
2.3 การเลือกใช้ข้อมูลทางเคมีที่มีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมทางเคมี	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2.4 การศึกษาข้อจำกัดต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการพัฒนานวัตกรรมทางเคมี	1	1	0	1	1	1	1	0.86	ใช้ได้
2.5 การบูรณาการความรู้และประสบการณ์เดิมเพื่อแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมทางเคมี	1	1	0	1	1	1	1	0.86	ใช้ได้
องค์ประกอบที่ 3 การพัฒนานวัตกรรมทางเคมี									
3.1 การกำหนดวัตถุประสงค์ของนวัตกรรมทางเคมี	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3.2 การออกแบบนวัตกรรมทางเคมี	0	1	0	1	1	1	1	0.71	ใช้ได้
3.3 การวางแผนการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3.4 การสร้างนวัตกรรมทางเคมีด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3.5 ระยะเวลาในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3.6 การรับข้อคิดเห็นเพื่อนำมาปรับปรุงนวัตกรรมทางเคมี	1	1	0	1	1	1	1	0.86	ใช้ได้
3.7 องค์ประกอบของนวัตกรรมทางเคมี	1	1	0	1	1	1	1	0.86	ใช้ได้
3.8 ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
องค์ประกอบที่ 4 คุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี									
4.1 ผลการใช้งานนวัตกรรมทางเคมี	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
4.2 ความสะดวกในการนำนวัตกรรมทางเคมีไปใช้	1	1	0	1	1	1	1	0.86	ใช้ได้
4.3 แนวโน้มการขยายผลนวัตกรรมทางเคมีในเชิงพาณิชย์	1	1	1	0	1	0	1	0.71	ใช้ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 30 คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์และรายละเอียดในรายการประเมินข้อคำถามในบันทึกการเรียนรู้ (n=7)

คำถามในบันทึกการเรียนรู้	คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ							IOC	ผลประเมิน
	1	2	3	4	5	6	7		
คำถามทั่วไป									
1. ให้นักศึกษาสรุปสิ่งที่ได้ลงมือปฏิบัติในรอบสัปดาห์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างนวัตกรรมทางเคมี	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2. ให้นักศึกษาเขียนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในสัปดาห์นี้ ปัญหาอุปสรรครวมถึงวิธีการแก้ปัญหาที่นักศึกษาได้ใช้	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3. ให้นักศึกษาเขียนข้อคิดที่ได้จากการเรียนรู้จากกระบวนการสร้างนวัตกรรมทางเคมีในสัปดาห์ที่ผ่านมา	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
ด้านการระบุปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมทางเคมี									
1. นักศึกษามีหลักและวิธีการในการเลือกปัญหาเพื่อนำมาสร้างนวัตกรรมสำหรับแก้ไขปัญหานั้นอย่างไร เหตุใดเลือกปัญหานั้น	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2. ในมุมมองของนักศึกษา ปัญหาที่นักศึกษาเลือกมามีความสำคัญในระดับสังคมหรือประเทศชาติอย่างไร ถ้าปัญหานั้นเป็นปัญหาทั่วไปของสังคม แนวทางในการแก้ปัญหาของนักศึกษาแตกต่างออกไปหรือไม่ อย่างไร	1	1	0	1	1	1	1	0.86	ใช้ได้
ด้านการเลือกใช้ความรู้ในการสร้างนวัตกรรมทางเคมี									
1. ให้นักศึกษาอธิบายว่า ได้ใช้ความรู้เคมีประเด็นใดหรือหัวข้อใดบ้างจากการเรียนรู้ที่ผ่านมา เพื่อใช้เรียนรู้ในการออกแบบนวัตกรรม และปฏิบัติงานการพัฒนานวัตกรรมตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2. นักศึกษาใช้ความรู้ตามที่ระบุมานั้นอย่างไร ในการสร้างนวัตกรรมตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุด	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
ด้านการพัฒนานวัตกรรมทางเคมีและคุณภาพของนวัตกรรมทางเคมี									
1. ให้นักศึกษาเล่าประสบการณ์ในขั้นตอนการออกแบบนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษาเอง และสรุปว่านักศึกษาได้เรียนรู้อะไรจากการปฏิบัติดังกล่าว	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2. นักศึกษาได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการพัฒนานวัตกรรมหรือไม่อย่างไร	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3. การสร้างนวัตกรรมของนักศึกษาเป็นไปตามแผนงานที่กำหนดไว้หรือไม่ และนักศึกษาได้เรียนรู้อะไรจากการปฏิบัติดังกล่าว	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
4. นักศึกษามีปัญหาในการปฏิบัติงาน การพัฒนานวัตกรรม หรือการทดลองใช้นวัตกรรม เช่น ต้องปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรม หรือไม่ และนักศึกษาได้ปฏิบัติอย่างไร	1	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผนวก ฉ — ตัวอย่างผลงานนวัตกรรมทางเคมีของนักศึกษา

เจลลดคราบเลือดจากเอนไซม์โบรมีเลนในส่วนเหลือใช้ของสับปะรด

วัตถุประสงค์

ลดคราบเลือดบนเสื้อผ้าก่อนการล้างหรือซัก

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ผู้ที่ทำงานกับคราบเลือด เช่น แพทย์พยาบาลห้องผ่าตัด คนที่ทำงานโรงฆ่าสัตว์ หรือร้านขายเนื้อสัตว์ มักประสบกับเหตุการณ์ที่คราบเลือดเปื้อนเสื้อผ้าเครื่องแต่งกายและซักล้างไม่ออก ทำให้เสื้อผ้าไม่น่าใช้ แม้ปัจจุบันจะมีวิธีหรือเทคนิคในการล้างคราบเลือดในอินเตอร์เน็ตเป็นจำนวนมาก แต่บางวิธีทิ้งคราบเลือดจางไว้บนเสื้อผ้า จึงเกิดความสนใจในการพัฒนานวัตกรรมเพื่อขจัดคราบเลือดจากสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ

นอกจากนั้นยังเห็นได้ว่า เปลือกและแกนสับปะรดนั้นเป็นสิ่งที่ร้านขายผลไม้หลาย ๆ ร้านได้นำมาทิ้ง โดยไม่ได้ทำให้เกิดประโยชน์ จากการสืบค้นคว้าพบว่า สับปะรดมีเอนไซม์โบรมิเลนสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น หมักอาหารประเภทเนื้อสัตว์ เป็นต้น เนื่องจากเอนไซม์โบรมิเลนเป็นเอนไซม์ประเภทโปรติเอสจะเข้าทำปฏิกิริยากับโปรตีนในเลือดได้ ทำให้คราบเลือดนั้นจางหายไปได้ ในงานวิจัยนี้จึงเลือกนำเปลือกและแกนของสับปะรดซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้มาสกัดเอนไซม์โบรมิเลน และจัดทำเป็นเจลขจัดคราบเลือดซึ่งพบว่ายังไม่มีการผลิตนวัตกรรมที่ใช้ประโยชน์จากสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาตินี้มาก่อน สามารถนำไปใช้แก้ไขปัญหาเกี่ยวกับคราบเลือกที่จะเกิดขึ้นในโรงพยาบาลตามห้องผ่าตัดหรืออาจจะนำไปใช้ในงานเกี่ยวกับโรงงานฆ่าสัตว์ที่จะมีคราบเลือดมาเปื้อนเสื้อผ้า เจลสับปะรดขจัดคราบเลือดที่ผลิตนี้มีต้นทุนต่ำ เพราะเปลือกและแกนสับปะรด สามารถหาได้ทั่วไปตามร้านขายผลไม้เพราะเป็นสิ่งที่ร้านขายผลไม้นั้นนำเอามาทิ้ง

ขั้นตอนการสร้างนวัตกรรม

1. นำส่วนเหลือใช้ของสับปะรด คือ เปลือกสับปะรด และแกนสับปะรดสับให้ละเอียด โดยใส่ภาชนะแยกออกจากกัน

2. นำเปลือกสับปะรดใส่ในเครื่องปั่นและใส่น้ำแข็งที่ทำจากน้ำกลั่นในอัตรา 1:1 ปั่นเข้าด้วยกัน

3. แยกกากออกด้วยผ้าขาวบาง หลังจากนั้นปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง จำนวน 5000 รอบ/นาที กรองสิ่งสกัดที่ได้ด้วยกระดาษกรอง เก็บสิ่งสกัดเอนไซม์ที่ได้ใส่ภาชนะที่สะอาดและในที่เย็น

4. นำสิ่งสกัดเอนไซม์ที่ได้ไปทำเจล ด้วยการนำสิ่งสกัดเอนไซม์ 1 mL ผสมกับ Glycerin 15 mL (สัดส่วน 1:6.67) หลังจากนั้นเติม Xanthan gum 1 g คนให้เข้ากัน

5. ทดสอบการขจัดคราบเลือด ด้วยการใช้ผ้าดิบหยดเลือดหมูลงบนผ้า 3 ผืน ผืนละ 10 หยด ทิ้งไว้ 30นาที นำเจลสับปะรดทาลงบนรอยเปื้อนเลือด ทิ้งไว้ 15 นาที นำผ้าไปล้างออกด้วยน้ำประปา

ลักษณะและองค์ประกอบและวิธีการใช้งานนวัตกรรม

เจลลดคราบเลือดจากเอนไซม์โบรมิเลนในส่วนเหลือใช้ของสับปะรด เป็นเจลหนืดใช้สารก่อเจลเป็น Xanthan gum ซึ่งเป็นสารเพิ่มความหนืดที่สกัดจากธรรมชาติ การใช้งาน คือ นำเสื้อผ้าที่เปื้อนเลือดมาป้ายด้วยเจลสับปะรด ทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นล้างด้วยด้วยน้ำเปล่า หรือนำไปซักได้ตามปกติ เจลนี้เมื่อทำเสร็จแล้วต้องเก็บไว้ในที่เย็นเสมอ

ผลการใช้นวัตกรรมและข้อเสนอแนะในการนำนวัตกรรมไปใช้

นวัตกรรมนี้ได้นำไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้ใช้ที่ทำงานอยู่ในร้านขายหมูสดและมีปัญหาคราบเลือดติดบนเสื้อผ้า ผลการทดลองใช้นวัตกรรมพบว่า กลุ่มเป้าหมาย 5 คน พึงพอใจต่อการใช้เจลในระดับคะแนน 4.25 และเจลสามารถขจัดคราบเลือดใหม่ที่เกิดขึ้นให้จางลงได้ แต่ไม่สามารถขจัดคราบที่แห้งหรือเกิดขึ้นนานแล้วได้

นวัตกรรมเจลลดคราบเลือดนี้ มีข้อดี สามารถนำเจลสับปะรดนี้ไปขจัดคราบเลือดได้จริง สามารถช่วยให้นำของเหลือจากการขายสับปะรด เช่น แกนและเปลือกสับปะรดที่ผู้ขายจะนำไปทิ้งให้นำกลับมามีประโยชน์ได้ แต่จากการพัฒนานวัตกรรมยังพบว่าข้อเสีย ยังสามารถขจัดคราบเลือดที่ทิ้งไว้เป็นเวลาไม่นาน คือถ้าเป็นคราบเลือดที่แห้งมาเป็นเวลานานแล้ว จะทำให้เหลือคราบตกค้างบนผ้า ข้อเสนอแนะคือ ควรทำให้เจลสับปะรดสามารถขจัดคราบเลือดที่ทิ้งไว้เป็นเวลานานขึ้นได้ และทำให้เนื้อเจลน่าใช้ไม่เกิดเป็นฟองขึ้นระหว่างการใช้งาน

เจลลดคราบเลือดจากเอนไซม์โบรมีเลนจากแกนสับปะรด

สเฟียริฟิเคชันอัญชันสำหรับปรุงแต่งเครื่องดื่ม

วัตถุประสงค์

สร้างเม็ดบีดจากสิ่งสกัดดอกอัญชันที่เปลี่ยนสีได้ เพื่อเพิ่มมูลค่าของอาหารและเครื่องดื่ม

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในร้านเครื่องดื่มในมหาวิทยาลัยหลายร้านประสบปัญหายอดขายเนื่องจากมีร้านจำนวนมากและขายเครื่องดื่มเหมือนกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจจะเพิ่มมูลค่าของเครื่องดื่มให้กับร้านค้าในมหาวิทยาลัย ประกอบกับเทคนิคการทำอาหารแบบ Molecular Gastronomy กำลังได้รับความนิยมอย่างมาก จึงสนใจนำเทคนิคดังกล่าวมาใช้กับวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อผลิตนวัตกรรม

อัญชัน (*Clitoria ternatea L.*) เป็นไม้เลื้อยเนื้ออ่อน อายุสั้น มีดอกสีขาว ฟ้า และม่วง ดอกออกเดี่ยว ๆ ออกดอกเกือบตลอดปี ผลแห้งแตก เป็นฝักแบน คนไทยใช้ประโยชน์จากดอกอัญชันในการทำอาหารมาตั้งแต่โบราณ ด้วยการนำดอกอัญชันไปต้มและคั้นน้ำเนื่องจากให้สีน้ำเงินสดใส ทำเป็นสีผสมอาหารได้ หรือนำดอกมาประกอบอาหาร สีน้ำเงินจากดอกอัญชันได้จากสารแอนโธไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ที่ให้สีแดงและสีน้ำเงิน มีคุณสมบัติเป็นอินดิเคเตอร์ (Indicator) มีประโยชน์มากมายต่อสุขภาพ เช่น ช่วยเพิ่มความสามารถในการมองเห็น เนื่องจากสารตัวนี้จะไปเพิ่มการไหลเวียนในหลอดเลือดฝอย เพิ่มประสิทธิภาพของตา เช่น ตาเสื่อมจากโรคเบาหวาน โรคต้อหิน โรคต้อกระจก เป็นต้น และยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติอีกด้วย นอกจากนั้น ในตำรายาไทยยังได้กล่าวถึงสรรพคุณของอัญชันอีกจำนวนมาก เช่น ยาขับปัสสาวะ ยาระบาย ยาบำรุงสายตา แก้ตาอักเสบ ตาฟาง ตาแฉะ นอกจากนี้ยังมีการนำรากอัญชันมาถูฟันแก้ปวดฟัน ทำให้ฟันคงทนแข็งแรงได้ด้วย

จากประโยชน์ดังกล่าวจึงสนใจสร้างเม็ดบีดกักเก็บสารแอนโทไซยานินจากอัญชันจากโซเดียมแอลจิเนตด้วยเทคนิคการขึ้นรูปแบบ Reverse Spherification ทำให้ได้เม็ดบีดที่สามารถเปลี่ยนสีตามสภาพแวดล้อม และศึกษาสภาวะที่เหมาสมในการเตรียมเม็ดบีด เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีความน่าสนใจในการนำไปปรุงแต่งเครื่องดื่มให้กับร้านขายเครื่องดื่มในมหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการสร้างนวัตกรรม

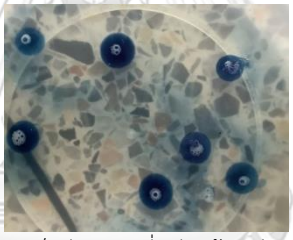
สกัดสารแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันแห้ง 10 กรัม ด้วยการต้มในน้ำร้อน 30 mL จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง นำสารสกัดสีที่ได้ผสมกับน้ำกลั่นและโซเดียมแลคเตทให้ได้ความเข้มข้น 1 % เติมน้ำตาลปรุงแต่งรสตามชอบ และนำสารละลายไปแช่เย็นให้แข็งตัว เมื่อสารละลายแข็งตัวแล้วนำมาใสในสารละลายโซเดียมแอลจิเนต 2% ที่ได้เตรียมไว้ ทิ้งไว้ 5 นาที ให้โซเดียมแอลจิเนตเคลือบจนเป็นเม็ดบีด นำเม็ดบีดที่ได้เก็บไว้ในสารละลายโซเดียมแลคเตท 1% และเก็บไว้ในที่เย็น สามารถนำเม็ดบีดใปใช้ทำอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีความเป็นกรด จะทำให้ได้เม็ดบีดที่เปลี่ยนสีจากน้ำเงินเป็นสีม่วงตามค่า pH ของสารที่เป็นกรด

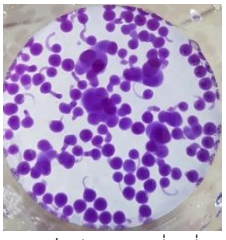
ในการทดลองยังศึกษาปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่เหมาะสมในการผสม ตั้งแต่ 0.5-1 g/100 mL เวลาที่ใช้ในการแช่โซเดียมแอลจิเนต ระหว่าง 5 และ 10 นาที และการใช้สารละลายโซเดียมแอลจิเนตที่ไม่เคยและเคยผ่านการแช่มาก่อนที่อุณหภูมิ 15 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่เหมาะสมคือ 1% และแช่โซเดียมแอลจิเนตที่เวลา 10 นาที ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตที่ไม่เคยผ่านการแช่มาก่อนที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียม จะให้เม็ดบีดที่มีลักษณะทางกายภาพดีที่สุด

ลักษณะและองค์ประกอบและวิธีการใช้งานนวัตกรรม

เม็ดบีดจากสารสกัดอัญชันเกิดจากการนำสิ่งสกัดอัญชันไปกักเก็บในพอลิเมอร์โซเดียมแอลจิเนต ด้วยเทคนิค Reverse Spherification ทำให้รสสัมผัสของเม็ดบีดจะมีน้ำอัญชันอยู่ภายใน และเม็ดบีดจะเปลี่ยนสีไปได้ตามสภาวะความเป็นกรด เนื่องจากแอนโธไซยานินเป็นอินดิเคเตอร์ธรรมชาติเปลี่ยนสีในช่วงกรด จากสีน้ำเงินเป็นสีม่วง ตามค่า pH ของสารที่เป็นกรด ทั้งนี้ ในขั้นตอนการทำเม็ดบีดอาจเติมน้ำมะนาวลงในสารละลายโซเดียมแลคเตทเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนสีได้ แต่ไม่สามารถใช้ในสภาวะที่เป็นเบสเนื่องจากโซเดียมแอลจิเนตเป็นกรดอ่อน จะสลายตัวเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นเบส

การเตรียมสิ่งสกัดอัญชัน


เม็ดบีดอัญชันที่เตรียมด้วยวิธี Reverse Spherification


เม็ดบีดอัญชันที่เปลี่ยนสีเมื่ออยู่ในน้ำมะนาว

ผลการใช้นวัตกรรมและข้อเสนอแนะในการนำนวัตกรรมไปใช้

ผู้วิจัยทดลองนำเม็ดบีดที่ได้ไปใช้เป็นตกแต่งในเมนูเครื่องดื่มน้ำมะพร้าวใส่เม็ดบีดอัญชันที่มีสีสันสวยงาม และนมเปรี้ยวเย็นปั่นที่โรยหน้าด้วยเม็ดบีด ให้กลุ่มเป้าหมายคือ นิสิตระดับชั้นปีที่ 1-4 ในมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา จำนวน 30 คน ประเมินความพึงพอใจในการนำเม็ดบีดมาทำเป็นเครื่องดื่ม ผลการประเมินพบว่า นิสิตมีคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 4.78 จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน และมีข้อเสนอจากอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินนวัตกรรมให้นำสารสกัดธรรมชาติจากพืชในท้องถิ่นอื่น ๆ มาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับท้องถิ่น

ก้อนไล่มอดข้าวสารจากสิ่งสกัดเมล็ดและใบสะเดา

วัตถุประสงค์

ศึกษาประสิทธิภาพของสิ่งสกัดเมล็ดและใบสะเดาในการป้องกัดและกำจัดมอดในข้าวสาร และศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำสิ่งสกัดพืชมาทำก้อนไล่มอดในข้าวสารอินทรีย์

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวอินทรีย์เป็นสินค้าเกษตรที่สำคัญของชุมชนตำบลหนองบัวสะอาด อำเภอบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา แต่ในปัจจุบันยังพบปัญหาที่ เป็นอุปสรรคในการขยายตลาดคือ ปัญหาการเกิดมอดในข้าวอินทรีย์ นอกจากนั้นผู้วิจัยในฐานะที่นำข้าวอินทรีย์มาใช้โดยตรง ยังพบปัญหาดังกล่าวด้วยเช่นกัน เนื่องจากข้าวอินทรีย์เป็นข้าวปลอดสารเคมี ทำให้เกิดมอดในข้าวได้ง่าย แม้ว่าจะใช้ภูมิปัญญาชาวบ้านในการนำพืชกลิ่นฉุนใส่ลงในภาชนะเก็บข้าว เช่น ใบมะกรูด พริกแห้ง เป็นต้น แต่ยังพบปัญหา ข้าวดูดซับกลิ่นของพืชที่ใส่ไปไล่มอด และเกิดเชื้อราจากความชื้นที่ตกค้างอยู่ในพืชที่ใส่ลงไป ผู้วิจัยจึงคิดค้นนวัตกรรมทางเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติด้วยการใช้สารไล่มอดจากพืชธรรมชาติมาดัดแปลงเป็นก้อนแข็งเพื่อใช้ใส่ไล่มอดแทน

สะเดา (Azadirachta indica) เป็นไม้ท้องถิ่นของไทยพบมากในภาคเหนือและภาคใต้ ส่วนต่าง ๆ ของสะเดา มีสารเคมีมากกว่า 60 ชนิด เป็นสารประกอบประเภทไตรเทอร์ปีน (Triterpenoids) โดยเฉพาะลิโมนอยด์ (Limonoids) เตตระนอร์ไตรเทอร์ปีนอยด์(Tetranortriterpenoids) ได้แก่ แอซาดิแรคติน (Asadirachtin) ซาแลนนิน (Salannin) นิมบิน (Nimbin) ซึ่งพบมากในเมล็ด และมีรายงานว่าออกฤทธิ์ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ยับยั้งการลอกคราบของหนอนและแมลง รวมถึงการกินอาหารของแมลง การวางไข่ การเจริญเติบโตของไข่หนอน และดักแด้อย่างถาวร

ขั้นตอนการสร้างนวัตกรรม

1. *การเตรียมมอดข้าวสาร* เพาะเลี้ยงมอดด้วยการนำข้าวใส่ลงไปในกล่อง และใส่มอดตัวเต็มวัยลงในกล่องจำนวน 20 ตัว ปิดด้วยผ้าขาวบางและรัดด้วยหนังยาง วางไว้ในที่แห้งและมีลมพัดผ่าน และนำมอดตัวเต็มวัยในรุ่นถัดไปไปใช้ในการศึกษาวิจัย
2. *การเตรียมสารสกัดพืช* นำเมล็ดและใบสะเดาที่ตากแห้งและสับละเอียด อย่างละ 1 กิโลกรัม แช่ในเอทานอล 95 % เป็นเวลา 3-5 วัน จากนั้นกรองแยกกาก และระเหยแห้งด้วยเครื่อง evaporator จนได้สิ่งสกัดน้ำหนักประมาณ 50-100 g และสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนเพื่อแยกกำจัดสารกลุ่มลิพิด 3 ครั้ง และตามด้วยคอลัมน์โครมาโทกราฟีใช้เอทิลแอซีเตทเป็นตัวทำละลายในเฟสเคลื่อนที่ ตามวิธีของ Silva จนได้สิ่งสกัดสารกลุ่มลิโมนอยด์และเตตระนอร์ไตรเทอร์ปีนอยด์ ไว้ใช้ในการทดลองต่อไป

3. *การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ก้อนไล่มอด* นำสิ่งสกัดสะเดาผสมกับเมทานอลในสัดส่วน 20% w/v ปริมาตร 15 mL และนำไปใส่ในพาราฟินละลาย 85 g จากนั้นเทใส่แม่พิมพ์ ขนาด 1.7x1.7x1.7 cm และทิ้งไว้ให้แห้ง ก่อนนำไปทดสอบประสิทธิภาพการไล่มอด
4. *การทดสอบประสิทธิภาพการไล่มอด* นำก้อนไล่มอดที่ขึ้นรูปได้ 1,2,5,8,10 g ใส่ในกล่อง 2 ช่องที่บรรจุข้าวสารกล่องละ 100 g และมอดกล่องละ 20 ตัว ในกล่อง และอีกหนึ่งกล่องใส่เพียงข้าวสารกับมอด เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ สังเกตจำนวนของมอดที่เดินข้ามมาอีกฝั่งของกล่องทุก ๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง สังเกตผลอีกครั้งหนึ่ง นำผลที่สังเกตได้จัดทำเป็นข้อมูลเพื่อแนะนำการใช้งานผลิตภัณฑ์และข้อควรระวังเพื่อการใช้งาน
5. *การทดลองใช้นวัตกรรม* นำก้อนไล่มอดขนาด 10 g ใส่บรรจุภัณฑ์ พร้อมด้วยรายละเอียดการใช้งาน ให้กลุ่มเป้าหมายทดลองใช้ และประเมินความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ หลังการใช้งาน พร้อมทั้งนำข้อมูลมาปรับแก้ไขนวัตกรรม

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการไล่มอดและผลการใช้นวัตกรรม

นวัตกรรมที่สร้างขึ้นสามารถไล่มอดข้าวสารได้ โดยความเข้มข้นของก้อนมอด 10% 20% และ 40% ของสิ่งสกัดใบสะเดา ไล่มอดในข้าวจ้าวได้ 50, 70 และ 70 % ตามลำดับ ในขณะที่สิ่งสกัดเมล็ดสะเดา ไล่มอดในข้าวจ้าวได้สูงถึง 75, 85 และ 90 % ตามลำดับ และหลังจาก 24 ชั่วโมง พบว่ามอดบางส่วนตายลง ผลการทดลองใช้นวัตกรรมพบว่า ก้อนไล่มอดมีคะแนนความพึงพอใจจากผู้ใช้งานอยู่ในระดับสูงที่สุด 4.89 คะแนน เนื่องจากใช้งานสะดวกสามารถวางก้อนสารในข้าวสารได้เลย และช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของมอด ไม่ทำให้เกิดมอดเพิ่มในข้าว เมล็ดข้าวไม่เกิดความเสียหายจากการกัดกินของมอด สามารถทดแทนการใช้สารเคมีในการกำจัดมอดได้ แต่พบว่าก้อนไล่มอดอาจไม่เหมาะกับใช้ในการไล่มอดในข้าวเหนียว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะและการพัฒนาต่อยอดนวัตกรรม

1. จากการทดลองใช้นวัตกรรมพบว่า ข้าวมีกลิ่นของสะเดา ดังนั้นจึงอาจจะทำเป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อไม่ให้ก้อนสารสัมผัสกับข้าวโดยตรง หรือใส่สารแต่งกลิ่นเพิ่ม แต่สารนั้นต้องไม่ทำลายประสิทธิภาพของสารเดิม

2. การทดลองในครั้งนี้ทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นผู้ใช้งานข้าวเพียง 2 ชนิด ซึ่งยังไม่มีความหลากหลาย ควรลองทดสอบกับข้าวหลายชนิดมากขึ้น และในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไป

3. เพิ่มระยะเวลาในการทดสอบมากขึ้น เพื่อดูผลในระยะยาว

การเตรียมสิ่งสกัดที่มีสารออกฤทธิ์ไล่มอดจากใบและเมล็ดของสะเดา
และการแยกสิ่งสกัดเบื้องต้นด้วยวิธีโครมาโทรกราฟี

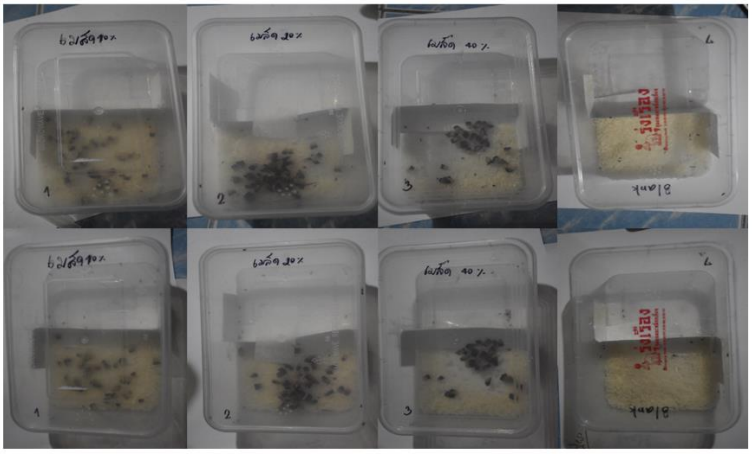
ลักษณะก้อนไล่มอดที่เตรียมได้จากสิ่งสกัดเมทานอลของใบและเมล็ดของสะเดา

การทดสอบฤทธิ์การไล่มอดข้าวสาวในตัวอย่างข้าวจ้าว

ข้าวจ้าว

ก่อน

หลังผ่าน 24 ชม.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	เธียรดนัย เสริมบุญไพศาล
วัน เดือน ปี เกิด	3 พฤษภาคม 2530
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เคมี) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	39 ซอยกรุงเทพ-นนทบุรี 23 เขตบางซื่อ แขวงบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
ผลงานตีพิมพ์	1. Sabphon, C., Sermboonpaisarn, T., & Sawasdee, P. (2012). Cholinesterase inhibitory activities of xanthones from Anaxagorea luzonensis A. Gray. Journal of Medicinal Plants Research, 6(21), 3781-3785. 2. Sermboonpaisarn, T. & Sawasdee, P. (2012). Potent and selective butyrylcholinesterase inhibitors from Ficus foveolata. Fitoterapia. 83, 783-785. 3. Sermboonpaisarn T. & Sawasdee, P. (2011). Highly Potential Activity Against Butyrylcholinesterase of Stilbenes. Proceeding of the 3rd Science Research Conference 2011 March 14th - 16th, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand, 462-466. 4. เธียรดนัย เสริมบุญไพศาล, พัชณิตา ธรรมยงค์กิจ และ วิชัย เสวกงาม. (อยู่ระหว่างการตีพิมพ์). การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการวางแผนกลยุทธ์และการคิดนอกกรอบของนักศึกษาระดับปริญญาตรี. วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต. 15(2). 5. ระวี สัจจโสภณ และ เธียรดนัย เสริมบุญไพศาล. (2560). จากวังหลวงสู่ระเบียงหอพัก ตึกจักรฯ และตึกจุลฯ : กิจการนิสิตเมื่อจุฬาฯ 100 ปี. สำนักบริหารกิจการนิสิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 6. ปกรัฐ กนกธนาพร และ เธียรดนัย เสริมบุญไพศาล. (2558). ปิยมหาราชานุสาวรีย์. อัมรินทร์ พริ้นติ้งแอนด์พลับลิชชิ่ง.
รางวัลที่ได้รับ	รางวัลเงินทุนภูมิพล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2559-2562

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University