# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยและพัฒนาการวิจัยนี้ให้มีคุณภาพและบรรลุผลสำเร็จด้วยดี จึงเสนอผลการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. การวิเคราะห์องค์ประกอบ
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skills) ที่นักวิทยาศาสตร์ และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ในการศึกษาค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาต่างๆ นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมาย และแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำว่า “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์” ไว้ต่างๆ กันดังนี้คือ

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542 : 13-14) กล่าวว่า วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ประกอบไปด้วยความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ ในกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นนักวิทยาศาสตร์ได้ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และต้องมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้วย นักวิทยาศาสตร์ที่ทำงานตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ จะประสบความสำเร็จหรือล้มเหลวขึ้นอยู่กับความสามารถและ ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคน วิธีการหนึ่งที่ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์คือการค้นคว้าทดลองในขณะที่ทำการทดลอง ผู้ทดลอง มีโอกาสฝึกฝนทั้งในด้านการปฏิบัติและพัฒนาความคิดด้วย เช่น ฝึกการสังเกต การบันทึกข้อมูล การตั้งสมมติฐาน และการทำการทดลองเป็นต้น พฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบนี้เรียกว่า ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการทางปัญญา (Intellectual Skills)

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531 : 260-261) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือของนักวิทยาศาสตร์ ที่ใช้ค้นคว้าหาความรู้ของธรรมชาติ เป็นทักษะทางปัญญาที่ดีที่สุดเท่าที่มนุษย์มี มันก่อให้เกิดความริเริ่มและความคิดสร้างสรรค์ด้วย ฉะนั้นถ้าวัตถุประสงค์ของการศึกษาของชาติต้องการให้คนคิดเป็น คิดเก่ง คิดรอบคอบ และแก้ปัญหาเป็น การสอนวิทยาศาสตร์จะต้องสอนให้นักเรียนได้รับความรู้วิทยาศาสตร์โดยผ่านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ปรีชา วงค์ชูศิริ (2527 : 249) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เปรียบเสมือนเครื่องมือที่จำเป็นในการใช้เสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540 : ค) ให้ความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นความสามารถในการใช้กระบวนการด้านต่างๆ ได้แก่ การสังเกต การวัด การคำนวณ การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา การจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมาย การลงความเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและการควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปอย่างคล่องแคล่วถูกต้องแม่นยำ

Gagne (1965 : 3) ได้กล่าวเน้นถึงลักษณะของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า

1. กระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการทางด้านสติปัญญา และเป็นทักษะกระบวนการทางปัญญาเฉพาะ นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ

2. แต่ละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำแนกได้จากพฤติกรรมของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนสามารถเรียนรู้กระบวนการนี้ได้ เพื่อจะได้มีความสามารถในการหาความรู้เยี่ยงนักวิทยาศาสตร์

3. แต่ละกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถถ่ายโอนจากวิชาวิทยาศาสตร์ไปยังสาขาอื่นๆ ได้และสามารถนำไปใช้เป็นหลักในการคิดอย่างมีเหตุผลในการแก้ปัญหาที่ประสบในชีวิตประจำวันได้

Klopfer (1971 : 568-573) กล่าวไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกับที่ Kusland and Stone(1968 : 229) ที่กล่าวว่า เป็นการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

Nay et al.(1971 : 201-203) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นการลำดับกิจกรรมหรือลำดับการปฏิบัติการซึ่งทำให้นักวิทยาศาสตร์เข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติ โดยมีกระบวนการต่างๆ ในการจัดเรียงลำดับขั้นตอนของการทำงาน

Peterson (1978 : 153) ได้ให้ความเห็นว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นปฏิบัติการ แสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย การสังเกต การตั้งคำถาม การทดลอง การเปรียบเทียบ การสรุปพาดพิง การสรุปหลักเกณฑ์ การสื่อความหมาย และการนำไปใช้ประโยชน์

จากความหมายและความคิดเห็นของนักการศึกษาที่ได้กล่าวถึงข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนาญ มีระบบ และสามารถแก้ปัญหาต่างๆ ได้โดยใช้ทักษะต่างๆ ที่เกิดจากการได้ฝึกฝนความนึกคิดอย่างมีเหตุผลและมีระบบ

America Association for the Advancement of Science หรือ AAAS(1970 : 30-176) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 13 กระบวนการ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (2522 : 1-17) ได้รวบรวมและปรับปรุงภาษาที่ใช้ให้เหมาะสม โดยแบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ออกเป็น 2 ระดับ

**ทักษะขั้นพื้นฐาน**

1. ทักษะการสังเกต (Observation) หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างร่วมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป

ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ประกอบด้วย การชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุได้โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณ และบรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

2. ทักษะการวัด (Measurement) หมายถึง ความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมืออย่างเหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด แสดงวิธีใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง พร้อมทั้งบอกเหตุผลในการเลือกใช้เครื่องมือวัดรวมทั้งระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้แล้วคือ เลือกหน่วยกลางได้เหมาะสมกับสิ่งที่ใช้วัด เลือกเครื่องมือเหมาะสมกับสิ่งที่วัด วัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร และน้ำหนัก ฯลฯ ด้วยวิธีการที่ถูกต้อง

3. ทักษะการจำแนกประเภท (Classification) หมายถึง ความสามารถในการจัดจำแนกหรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่างๆ ออกเป็นหมวดหมู่ โดยมีเกณฑ์ในการจัดจำแนก เกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน ความแตกต่างกัน หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ โดยจัดสิ่งที่มีสมบัติบางประการร่วมกันให้อยู่กลุ่มเดียวกัน

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้แล้ว ได้แก่ การแบ่งพวกของสิ่งต่างๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้ สามารถเรียงลำดับสิ่งของด้วยเกณฑ์ของตัวเอง พร้อมกับบอกได้ว่าผู้อื่นแบ่งพวกสิ่งของนั้นโดยใช้เกณฑ์อะไร

4. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา

สเปส(Space) ของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างบริเวณที่วัตถุนั้นครอบครองอยู่ ซึ่งจะมีรูปร่างและลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้ว สเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ (Dimensions) ซึ่งได้แก่ ความกว้าง ความยาว ความสูงหรือความหนาของวัตถุ

การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา (Space/Space Relationship and Space/Time Relationship) เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับ สเปสของวัตถุซึ่ง ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง และเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ซึ่งได้แก่ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ ได้แก่ สามารถวาดรูป 2 มิติจากรูป 3มิติ ที่กำหนดให้หรือวาดรูป 3 มิติ จากรูป 2 มิติที่กำหนดให้ได้ บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติได้ บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและเงาในกระจกว่าเป็นซ้ายเป็นขวาของกันและกันอย่างไร บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา

5. ทักษะการใช้ตัวเลข (Using Number) หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุและการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร หรือการหาค่าเฉลี่ย

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ ได้แก่ การนับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง เช่น ใช้ตัวเลขแทนจำนวนในการนับได้ ตัดสินใจได้ว่าวัตถุในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือแตกต่างกัน เป็นต้น การคำนวณ เช่น บอกวิธีคำนวณ และแสดงวิธีคำนวณได้อย่างถูกต้อง การหาค่าเฉลี่ย เช่น การบอกและแสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ยได้ถูกต้อง

6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communication) หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นมาจัดกระทำเสียใหม่โดยวิธีการต่างๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ จัดแยกประเภทหรือคำนวณหาค่าใหม่เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาจนำเสนอในรูปตาราง แผนภูมิ กราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจดีขึ้น โดยจะต้องรู้จักเลือกรูปแบบที่ใช้ในการเสนอข้อมูลได้อย่างเหมาะสม บอกเหตุผลในการเสนอข้อมูลในการเลือกแบบเสนอข้อมูลขึ้น

7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ข้อมูลที่มีอาจได้มาจากการสังเกต การวัด หรือการทดลอง คำอธิบายนั้นเป็นสิ่งที่ได้จากความรู้หรือประสบการณ์เดิมของผู้สังเกตที่พยายามโยงบางส่วนของความรู้หรือประสบการณ์เดิมให้มาสัมพันธ์กับข้อมูลที่ตนเองมีอยู่

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ ได้แก่ การอธิบาย หรือสรุปโดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลโดยใช้ความรู้ หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

8. ทักษะการพยากรณ์ (Prediction) หมายถึง ความสามารถในการทำนาย หรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าโดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนาย การทำนายอาจทำได้ภายในขอบเขตของข้อมูล (Interpolating) และภายนอกขอบเขตข้อมูล (Extrapolating) การพยากรณ์ที่แม่นยำเป็นผลมาจากการสังเกตที่รอบคอบ การวัดที่ถูกต้อง การบันทึกและการจัดกระทำกับข้อมูลได้อย่างเหมาะสม

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ คือ สามารถใช้ข้อมูลสรุปจากการทดลองที่ได้ทำมาแล้วหรือใช้ปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำๆ ใช้หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่ได้เป็นที่ยอมรับแล้ว มาคาดคะเนคำตอบในเรื่องที่ยังไม่ได้ทำการทดลองหรือเรื่องที่ยังไม่เกิดขึ้นได้

**ทักษะกระบวนการขั้นสูงหรือขั้นผสม**

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis) หมายถึง ความสามารถในการให้คำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้นๆ ต่อไป

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ ได้แก่ สามารถสรุป คาดคะเนคำตอบของการทดลองล่วงหน้า โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิม สามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้

2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่างๆ ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตได้และวัดได้

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ คือ สามารถกำหนดความหมายหรือขอบเขตของตัวแปรต่างๆ เพื่อจะสามารถทำการวัดหรือทดสอบได้

3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables) หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง การควบคุมตัวแปรนั้นเป็นการควบคุมสิ่งอื่นๆ นอกจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากว่าไม่ควบคุมให้เหมือนกัน

ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (Independent Variable) เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลที่ต้องการศึกษา หรือเป็นตัวแปรที่ต้องการทดลองดูว่าจะก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม (Dependent Variable) เป็นตัวแปรที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนไป ตัวแปรตามจะเปลี่ยนตามไปด้วย

ตัวแปรควบคุม (Controlled Variable) เป็นตัวแปรต้นอื่นๆ ที่ยังไม่สนใจศึกษาที่อาจจะมีผลต่อตัวแปรตามในขณะนั้น จึงจำเป็นต้องควบคุมให้คงที่ไว้ก่อน

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถที่จะชี้บ่งได้ว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรใดเป็นตัวแปรควบคุมในการหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรในสมมติฐานหนึ่งๆ หรือในปรากฏการณ์หนึ่ง

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ คือ สามารถชี้บอกตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้ถูกต้อง

4. ทักษะการทดลอง(Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน

4.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีดำเนินการทดลองซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร และวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการทดลอง

4.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริงๆ

4.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจจะเป็นผลของการสังเกต การวัด และอื่นๆ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้วคือ

1. ออกแบบการทดลองโดยกำหนดตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ถูกควบคุม
2. เลือกเครื่องมือที่จะใช้ในการทดลองได้อย่างเหมาะสม
3. ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้
4. ใช้เครื่องมือต่างๆ ในการทดลองได้ถูกต้อง
5. สังเกตการทดลองโดยละเอียด โดยใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้า โดยไม่ใส่ความคิดเห็น
6. จัดกระทำข้อมูลที่สังเกตได้และเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการเสนอข้อมูล
7. บรรยายลักษณะและสมบัติและบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ ได้อย่างถูกต้องและสรุปความถูกต้องตามสมมติฐานได้

5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion) หมายถึง การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่และการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ คือ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหรือข้อมูลที่ได้จากการทดลองได้ถูกต้อง

## การวิเคราะห์องค์ประกอบ

การวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็นวิธีการทางสถิติที่จะช่วยค้นหาลักษณะของตัวแปรหลายๆ ตัวที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เป็นการลดจำนวนตัวแปรให้น้อยลงเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ ทำให้สามารถมองเห็นโครงสร้าง และแบบแผนของตัวแปรในลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรซึ่งจะช่วยอธิบายความหมายและลักษณะของตัวแปร ทำให้สามารถให้คำจำกัดความของตัวแปรให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ช่วยตัดสินว่าควรศึกษาตัวแปรด้านใดบ้าง และตัวแปรใดเกี่ยวข้องกับตัวแปรใด

ส. วาสนา ประวาลพฤกษ์ (ม.ป.ป. : 8-12) ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์ยึดหลักที่ว่าตัวแปรหรือข้อมูลต่างๆ มีความสัมพันธ์กันนั้น เนื่องมาจากตัวแปรเหล่านี้มีองค์ประกอบร่วมกัน (Common Factor) สังเกตได้จากการจับกลุ่มของตัวแปร หรือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ดังนั้นสามารถใช้องค์ประกอบร่วมแทนตัวแปรกลุ่มนั้นได้ เป็นการลดจำนวนข้อมูลให้น้อยลง การจับกลุ่มของตัวแปร ซึ่งเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างกันของตัวแปร ทำให้ทราบถึงโครงสร้างและแบบแผนของข้อมูล ทำให้หาองค์ประกอบร่วมของตัวแปรได้ และสามารถหาน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ของตัวแปรแต่ละตัวได้ ซึ่งค่าน้ำหนักองค์ประกอบนี้สามารถอธิบายได้ ถึงความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรองค์ประกอบนั้น อันแสดงถึงขนาด (Magnitude)ของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับองค์ประกอบ

ดังนั้น การวิเคราะห์องค์ประกอบจึงเป็นวิธีการทางสถิติที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเสนอชุดของตัวแปรหลายๆ ตัวในรูปของตัวแปรมิติ (Factor) ที่มีจำนวนน้อยลง

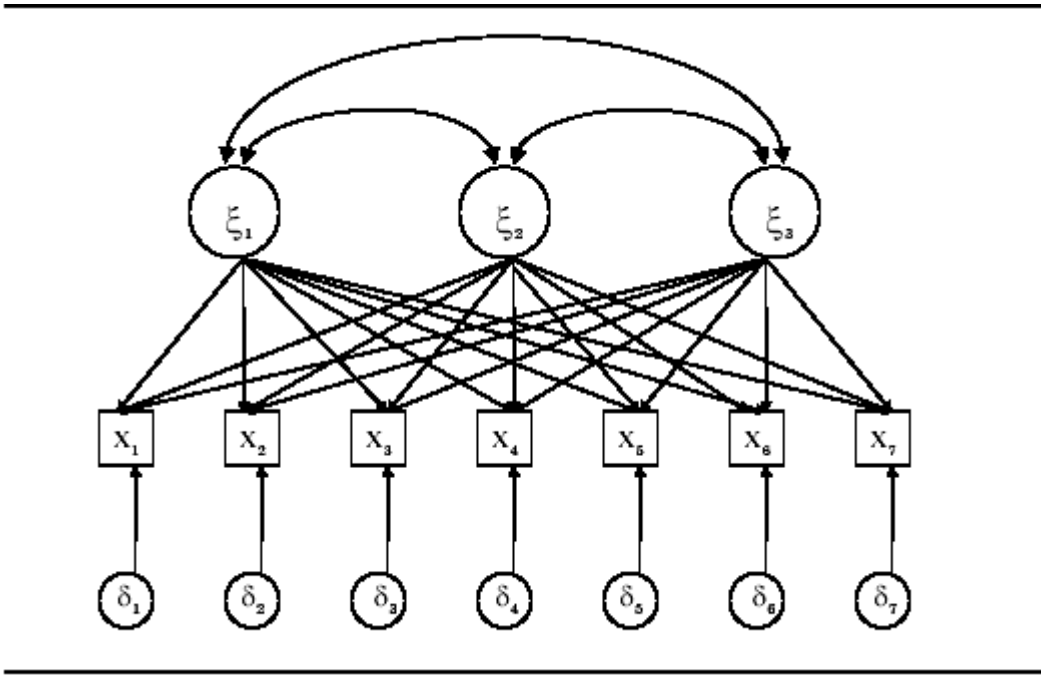
จุดมุ่งหมายในการวิเคราะห์องค์ประกอบมี 2 ประการคือ

1. เพื่อสำรวจหรือค้นหาตัวแปรแฝงที่ซ่อนอยู่ภายใต้ตัวแปรที่สังเกตหรือวัดได้ เรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory factor analysis)

2. เพื่อพิสูจน์ ตรวจสอบหรือยืนยันทฤษฎีที่ผู้อื่นค้นพบ เรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory factor analysis)

**การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ**

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจจะใช้ในการสำรวจข้อมูล กำหนดจำนวนองค์ประกอบอธิบายความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรเมื่อผู้วิจัยไม่มีหลักฐานอ้างอิงเพียงพอสำหรับเป็นกรอบของสมมติฐานเกี่ยวกับจำนวนขององค์ประกอบภายใต้ข้อมูลที่สอบวัดได้




ภาพประกอบ1 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

จากภาพประกอบ1 แสดงให้เห็นรูปแบบการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ ในรูปนี้ ตัวแปรในสี่เหลี่ยม คือตัวแปรที่สังเกตได้ และตัวแปรในวงกลมคือตัวแปรแฝงหรือองค์ประกอบ ลูกศรตรงชี้จากตัวแปรแฝงไปยังตัวแปรที่สังเกตได้ แสดงให้เห็นความเป็นสาเหตุของตัวแปรแฝงที่ส่งผลต่อตัวแปรที่สังเกตได้ เส้นโค้งระหว่างตัวแปรแฝง 2 ตัว แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง

วงกลมด้านบนในภาพประกอบ 1 แสดงตัวแปรแฝง $\xi_1$ , $\xi_2$ และ $\xi_3$ ($\xi$ อ่านว่าไซด์-xi) เส้นโค้งระหว่างตัวแปรแฝงแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงแต่ละตัว ตัวแปรแฝงแต่ละต้วเป็นสาเหตุที่ส่งผลไปยังตัวแปรที่สังเกตได้แต่ละตัว ซึ่งอยู่ในกล่องสี่เหลี่ยมมีชื่อว่า $x_1$ - $x_2$ เป็นลูกศรชี้จาก $\xi$ ถึง x ตัวแปรแฝงหรือองค์ประกอบ $\xi$ เรียกว่า common factors ในรูปภาพนี้ common factors จะมีผลโดยตรงต่อตัวแปรที่สังเกตได้มากกว่า 1 ตัว วงกลมในด้านล่างของรูปมีชื่อ

ว่า $\xi_1$ - $\xi_7$ นั่นเรียกว่า unique factors 1 ตัวจะมีผลกระทบต่อตัวแปรที่สังเกตได้เพียงตัวเดียว ในรูปแบบการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ จะสมมติ unique factors ว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน และไม่มีความสัมพันธ์กับ common factors ดังจะเห็นได้ว่าไม่มีเส้นโค้งระหว่าง unique factors ด้วยกันและไม่มีเส้นโค้งระหว่าง unique factors กับ common factors ดังในภาพประกอบ 1

รูปแบบที่นำเสนอ เป็นโมเดลองค์ประกอบเชิงสำรวจ มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า

1. common factors ทุกตัวมีความสัมพันธ์กัน
2. ตัวแปรที่สังเกตได้ทั้งหมดจะต้องเป็นผลทางตรงจาก common factors ทุกตัว
3. unique factors แต่ละตัวจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน
4. ตัวแปรที่สังเกตได้ทุกตัวจะต้องเป็นผลทางตรงจาก unique factors
5. common factors ทั้งหมดไม่สัมพันธ์กับ unique factors

**กระบวนการวิเคราะห์องค์ประกอบและแปลความหมาย**

ขั้นตอนในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจอาจแบ่งได้คร่าวๆ 5 ขั้นตอนคือ

1. เก็บข้อมูลและสร้างเมตริกสหสัมพันธ์
2. การสกัดองค์ประกอบ
3. เลือกวิธีการหมุนแกน (Orthogonal หรือ oblique)
4. เลือกค่า loading
5. ตั้งชื่อองค์ประกอบที่วิเคราะห์ได้

1. เก็บข้อมูลและสร้างเมตริกสหสัมพันธ์

อันดับแรกในขั้นตอนของการวิเคราะห์องค์ประกอบคือการเก็บรวบรวมข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่ต้องการวิเคราะห์ และนำเสนอในรูปของเมตริกสหสัมพันธ์

2. การสกัดองค์ประกอบ มีจุดมุ่งหมาย คือ การหาจำนวน Factor ที่สามารถใช้แทนตัวแปรทั้งหมดทุกตัวได้ หรือเป็นการดึงรายละเอียดจากตัวแปรมาไว้ใน Factor วิธีการสกัดองค์ประกอบ มีหลายวิธี เช่น

- Principal Component Analysis (PC)
- Least Square Analysis (LS)
- Maximum Likelihood
- Alpha Factoring
- Image

3. การหมุนแกนองค์ประกอบ (Factor Rotation) กรณีที่ค่า Factor loading มีค่ากลาง ๆ ทำให้ไม่สามารถจัดตัวแปรว่าควรอยู่ใน Factor ใดได้นั้น จะต้องทำการหมุนแกน ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการหมุนแกนปัจจัยคือ เพื่อทำให้ค่า Factor loading ของตัวแปร มีค่ามากขึ้น หรือลดลงจนกระทั่งทำให้ทราบว่าตัวแปรนั้นควรอยู่ใน Factorใด หรือไม่ควรอยู่ใน Factor ใด วิธีหมุนแกนมี 2 วิธี คือ

3.1 Orthogonal องค์ประกอบร่วมต่าง ๆ ไม่สัมพันธ์กัน มี 3 วิธี คือ

3.1.1 Quartimax หมุนแกนโดยเน้นการเปลี่ยนแถวให้ง่ายขึ้น

3.1.2 Varimax หมุนแกนโดยเน้นการเปลี่ยนคอลัมน์ให้ง่ายขึ้น คือ ให้เกิดความแปรผันของคอลัมน์ใน Factor Pattern Matrix

3.1.3 Equimax ใช้วิธีประนีประนอมระหว่าง Quartimax กับ Varimax

3.2 Oblique มี 2 วิธีหลักคือ

3.2.1 Oblimin หมุนแกนโดยยึด reference axes

- Quartimin r = 0 most oblique
- Biquartimin r = .5 least oblique
- Covarimin r = 1 least oblique

3.2.2 Oblimax หมุนแกนโดยไม่ใช้ reference axes แต่ใช้ Pattern matrix หมุนแกนเช่นเดียวกับ Quartimax Orthogonal

4. เลือกค่า loading

เพื่อจะได้ทราบว่าตัวแปรใดบรรจุอยู่ในองค์ประกอบใดให้พิจารณาที่ค่า loading โดยปกติในงานวิจัยส่วนใหญ่จะใช้เกณฑ์ที่ .3 - .4 เพราะในงานวิจัยนั้นมักจะใช้กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนมาก

5. การตั้งชื่อองค์ประกอบ

เมื่อเรารู้ความหมายของ loading แล้ว ถัดมาคือตั้งชื่อให้แต่ละองค์ประกอบ มีกฎในการตั้งชื่อดังนี้

ชื่อขององค์ประกอบควรจะ

สั้น อาจตั้งชื่อเพียง 1- 2 คำ

มีความหมายสอดคล้องกันระหว่างตัวแปรที่อยู่ในองค์ประกอบ ถ้าผู้วิจัยค้นคว้ามาตามโครงสร้างของทฤษฎี ผู้วิจัยอาจจะต้องการใช้ชื่อองค์ประกอบตามทฤษฎีที่ได้ค้นคว้ามา หรือผู้วิจัยอาจจะตั้งชื่อใหม่ที่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้วิจัยเอง

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์องค์ประกอบ

เชาวน์ ทับทิมทอง (2522 : 45-46) ได้ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์องค์ประกอบความพร้อมทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในเขตการศึกษา 12 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่1 ในเขตการศึกษา 12 จำนวน 290 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบทดสอบวัดความพร้อมทางการเรียนคณิตศาสตร์มี 5 องค์ประกอบ และนักเรียนชายมีความพร้อมทางการเรียนสูงกว่านักเรียนหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เสริม ทัศศรี (2522 : 40-44) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์และเปรียบเทียบองค์ประกอบความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนชายและนักเรียนหญิงระดับมัธยมศึกษาปีที่1 โดยใช้เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 11 ด้าน คือ การสังเกต การจำแนก การวัด การอธิบาย การตั้งปัญหา การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การทดลอง การตีความข้อมูล การสรุปการนำไปใช้ และการฝึกทักษะ พบว่า ความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์มี 3 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบด้านทักษะในการนำเอาไปใช้ องค์ประกอบด้านความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหา องค์ประกอบด้านความสามารถในการแก้ปัญหาโดยการทดลอง จากการเปรียบเทียบพบว่า นักเรียนหญิงมีทักษะในการนำเอาไปใช้สูงกว่านักเรียนชาย ส่วนความสามารถด้านการวิเคราะห์ปัญหาและด้านความสามารถในการแก้ปัญหาไม่แตกต่างกัน

จินตนา ทองย้อย (2525 : 95-96) ได้ศึกษาเรื่องการสร้างแบบทดสอบวัดบุคลิกภาพของเยาวชนที่กระทำผิดกฎหมาย กลุ่มตัวอย่างเป็นเยาวชนที่กระทำผิดกฎหมายซึ่งอยู่ที่สถานฝึกอบรมเด็กและเยาวชนรุ่นใหญ่จำนวน 351 คน เครื่องมือที่ใช้วัดเป็นเครื่องมือวัดบุคลิกภาพ พบว่า องค์ประกอบของบุคลิกภาพของเยาวชนที่กระทำผิดกฎหมายมี 10 องค์ประกอบ คือ ด้านการฝ่าฝืนระเบียบข้อบังคับของสังคม ด้านการเปลี่ยนแปลงของอารมณ์ ด้านความไม่มั่นใจในตนเอง ด้านความขัดแย้งในสังคม ด้านการไม่ยอมรับในงาน ด้นความอาฆาตแค้น ด้านความไม่มีจุดมุ่งหมายในชีวิต ด้านการกระทำผิดพลาด ด้านการไม่สำนึกในความผิด และด้านการเก็บตัว

ลือชัย ชื่นอิ่ม (2525 : 49) ได้ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถด้านเหตุผลของนักเรียนชั้นอนุบาล ในกรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นอนุบาลปีที่2 จำนวน 247 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถด้านเหตุผลจำนวน 8 ฉบับ พบว่า นักเรียนชายมีความสามารถด้านเหตุผล ในแต่ละองค์ประกอบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สมนึก คู่เมือง (2527 : 88-89) ได้ศึกษาเรื่องการสร้างแบบทดสอบวัดค่านิยมพื้นฐานด้านการประหยัดและออม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมะยมศึกษาปีที่1 มีจำนวน 356 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบวัดค่านิยมพื้นฐานด้านการประหยัดและออม 56 สถานการณ์ พบว่าองค์ประกอบค่านิยมพื้นฐานด้านการประหยัดและออมมี 2 องค์ประกอบ คือการประหยัดและออมสิ่งต่างๆ กับความสำนึกในคุณค่าของการประหยัดและออม

ประชา ผ่องใส (2530 : 233-237) ได้ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์องค์ประกอบบุคลิกภาพความเป็นไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดกรุงเทพมหานครกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของนักเรียนโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานครจำนวน 887 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามบุคลิกภาพความเป็นไทย แบบมาตราส่วนประมาณค่า พบว่าองค์ประกอบบุคลิกภาพความเป็นไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่6 สังกัดกรุงเทพมหานคร มีบุคลิกภาพความเป็นไทย 28 องค์ประกอบ นักเรียนชายมี 30 องค์ประกอบ นักเรียนหญิงมี 31 องค์ประกอบ นักเรียนที่นับถือศาสนาพุทธมี 30 องค์ประกอบ นับถือศาสนาอิสลามมี 30 องค์ประกอบ บุคลิกภาพความเป็นไทยของนักเรียนชายกับนักเรียนหญิงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัจฉรา ลักขณาวสันต์ (2535 : 53-54) ได้ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์องค์ประกอบของความสามัคคีในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เลือกมาโดยการสุ่มอย่างง่ายจำนวน 1,334 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 มาตรา ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามมีค่าเท่ากับ .8629 ผลการวิจัยพบว่า องค์ประกอบความสามัคคีมี 8 องค์ประกอบ คือ การเข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรม เป็นผู้สร้างความเข้าใจอันดีในหมู่คณะ ปรับตัวให้เข้ากับผู้อื่นได้ การมีมนุษยสัมพันธ์ รับผิดชอบต่อส่วนรวม เคารพในเหตุผลของคนส่วนใหญ่ รักหมู่คณะมีใจหวังดีช่วยเหลือหมู่คณะ และไม่แบ่งเป็นพวกเขาพวกเรา

จรุงศักดิ์ บุญฤทธิ์ (2536 : 72-74) ได้ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์องค์ประกอบความสันโดษตามหลักพระพุทธศาสนาของนักเรียนชั้นมะยมศึกษาปีที่6 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่6 จำนวน 870 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบวัดความสันโดษในรูปของสถานการณ์ 45 สถานการณ์ พบว่าองค์ประกอบความสันโดษมี 3 องค์ประกอบ คือมีความพอใจตามได้ มีความพอใจตามกำลัง และมีความพอใจตามสมควร การเปรียบเทียบคะแนนองค์ประกอบของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงพบว่า องค์ประกอบ1 (ความพอใจตามได้) กับองค์ประกอบ3 (มีความพอใจตามสมควร) นักเรียนหญิงมีคะแนนองค์ประกอบสูงกว่านักเรียนชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนในองค์ประกอบ 2 (มีความพอใจตามกำลัง) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนการเปรียบเทียบคะแนนองค์ประกอบของนักเรียนที่เรียนแผนการเรียนวิทย์-คณิต มีคะแนนองค์ประกอบสูงกว่านักเรียนที่เรียนแผนการเรียนศิลป์-ภาษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนในองค์ประกอบ2 (มีความพอใจตามกำลัง) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พิณภา ภูมิอมร (2538 : 82-88) ได้ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะของสุขภาพจิตของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 1,509 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบวัดคุณลักษณะของสุขภาพจิต มี 7 องค์ประกอบ คือ สัมพันภาพ มองโลกในแง่ดี ความเชื่อมั่นในตนเอง เจตคติต่อตนเอง สมรรถภาพในการทำงาน ความมีเหตุผลและกล้าเผชิญความจริง ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะของสุขภาพจิต เมื่อจำแนกตามระดับชั้น พบว่าองค์ประกอบ1 (สัมพันธภาพ) องค์ประกอบ2 (มองโลกในแง่ดี) องค์ประกอบ4 (เจตคติต่อตนเอง) องค์ประกอบ 7 (กล้าเผชิญความจริง) ไม่แตกต่างกัน ส่วนองค์ประกอบ 3 (ความเชื่อมั่นในตนเอง) องค์ประกอบ5 (สมรรถภาพในการทำงาน) และองค์ประกอบ6 (ความมีเหตุผล) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์องค์ประกอบ จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบสามารถกำหนดคุณลักษณะ ของสิ่งที่ศึกษาออกมาเป็นโครงสร้างของคุณลักษณะได้ชัดเจนขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ทราบส่วนประกอบ หรือโครงสร้างของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าประกอบไปด้วยคุณลักษณะด้านใดบ้าง

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในประเทศ

จากการศึกษางานวิจัยพบว่า มีผู้สนใจและทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับคุณภาพผู้เรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลายท่าน ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.) (2523 อ้างถึงใน สิรภพ กาฬสุวรรณ, 2546 : 38) ได้วิจัยศึกษาคุณภาพผู้เรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยสร้างเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะ จำนวน 65 ข้อ ทำการศึกษากับนักเรียนในเขตกรุงเทพฯ เขตการศึกษา 3, 5, 9 และ 12 จำนวน 12 โรงเรียน พบว่า นักเรียนในแต่ละชั้นมีคุณภาพด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง ทั้งตอนต้นและตอนปลายปีการศึกษา แต่ตอนปลายปีการศึกษามีแนวโน้มที่จะสูงกว่า

ส่วนคุณภาพผู้เรียนด้านการพัฒนาทักษะ เมื่อพิจารณาตามระดับชั้นพบว่า นักเรียนมีพัฒนาการทางทักษะสูงขึ้นตามระดับชั้น

งานวิจัยที่เกี่ยวกับคุณภาพผู้เรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นงานวิจัยทำนองเดียวกันต่อไปนี้คือ งานวิจัยที่เปรียบเทียบคุณภาพผู้เรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ได้แก่งานวิจัยของ บุญญรัตน์ ศรีอาชากุล (2522 : 68) รุจี โรจนประศาสน์ (2523 : 47) ผกามาศ วรานุสันติกุล (2524 : บทคัดย่อ) ได้ผลการวิจัยในทำนองเดียวกัน คือ คุณภาพผู้เรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ คือนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูง จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงด้วยเช่นกัน

ส่วนปราโมทย์ แก้วสุข (2528 : 86-87) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นคุณภาพผู้เรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นทักษะการตั้งสมมติฐาน และทักษะการพยากรณ์ กับการสอนตาม คู่มือ สสวท. ใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า การสอนเน้นทักษะการตั้งสมมติฐาน การพยากรณ์ และการสอนตามคู่มือ สสวท. ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งรายงานผลวิจัยต่างจาก นงนุช มาบุตร (2532 : 88) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และคุณภาพผู้เรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านทักษะการตั้งสมมติฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้แบบฝึกการคิดอย่างมีเหตุผล กับการสอนตามคู่มือครู ซึ่งรายงานผลวิจัยว่าทักษะการตั้งสมมติฐานของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกการคิดอย่างมีเหตุผลกับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

ประทิว มีเสน (2537 : 78-80) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่สอนโดยใช้เกมทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามแผนการสอนของกรมวิชาการ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ.01 แต่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน

มนูญ พืชสะกะ (2540 : 78) ได้ศึกษาสมรรถภาพด้านการสอนของครูที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดยะลา พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยภาพรวมอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ มีทักษะขั้นพื้นฐานอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ และทักษะชั้นผสมอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ งานวิจัยของอุทัย บุญมาดี (2529 : 60-6) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหา ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยชุดการเรียนด้วยตนเอง และตามคู่มือครู สสวท. ผลปรากฏว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน แต่ในกลุ่มทดลองนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์สูงและปานกลางจะมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มความสามารถต่ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อภิรดี สุวีรานนท์ (2531 : 79) ที่ได้ศึกษาผลการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับที่เรียนตามคู่มือครู มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

งานวิจัยที่ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับรูปแบบการสอน รูปแบบการฝึก หรือตัวแปรอื่นๆ ทั้งในและต่างประเทศที่ผู้วิจัยนำเสนอมีดังต่อไปนี้

สุรวุฒิ สุชินโรจน์ (2523 : 76) ได้เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนแบบสืบสวนสอบสวนที่มีคำแนะนำปฏิบัติการและไม่มีคำแนะนำปฏิบัติการ สรุปผลได้ว่า ผลการเรียนทั้งสองแบบทำให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนแบบสืบสวนสอบสวนที่ไม่มีคำแนะนำปฏิบัติการ สูงขึ้นมากกว่ากลุ่มมีคำแนะนำปฏิบัติการ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อารยา แสงไชย (2529 : 79-80) และ กัญญา ทองมั่น (2534 : 96) ที่ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะโดยจัดกิจกรรมการทดลองแบบกำหนดแนวทาง และไม่กำหนดแนวทาง พบว่า นักเรียนที่ทำการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ทำการทดลองแบบมีกำหนดแนวทาง

ประสานวงศ์ บูรณะพิมพ์ (2528 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในโรงเรียนสาธิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดมหาวิทยาลัย ที่มีรูปแบบการคิดต่างกัน และเพื่อเปรียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนหญิงและชายในรูป แบบการคิดแต่ละแบบ ปรากฏว่า นักเรียนที่มีรูปแบบการคิดต่างกันมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหญิงและชายที่มีรูปแบบการคิดแบบเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกัน

งานวิจัยของประสาน วัฒนประดิษฐ์ (2533 : 52) ได้ศึกษาเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยวิธีการค้นพบด้วยตนเองกับการสอนแบบปกติ มีผลรายงานว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีการค้นพบด้วยตนเอง มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ

สมจิตร ศรีคะ (2539 : 53) ได้ศึกษาผลของวิธีสอนแบบสืบสวนสอบสวนมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสนใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดพัทลุง พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบสืบสวนสอบสวนมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ .01 และนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบสืบสวนสอบสวน และวิธีสอนตามปกติมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

ส่วนงานวิจัยที่ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ วิไลวรรณ ปิยะปกรณ์ (2534 : 86) ได้ศึกษาในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดอย่างทีวิจารณญาณ เปรียบเทียบกับการสอนตามคู่มือครูพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยการสอนตามคู่มือครู

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ งานวิจัยของ บุญเลิศ เสียงสุขสันติ (2531 : บทคัดย่อ) และ สำราญ ชวนวัน (2534 : บทคัดย่อ) โดยบุญเลิศได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้ชุดการสอนฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการสอนแบบปกติ สำราญศึกษาผลการใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบการสอนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5-6 ที่มีต่อความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งให้ผลวิจัยตรงกัน คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุมาลี ดำรงไชย (2537 : 111-112) ที่ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และคุณภาพผู้เรียนด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการทดลองจากวัสดุในท้องถิ่นกับการสอนตามคู่มือครู พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และคุณภาพผู้เรียนด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

งานวิจัยของ สุธรรม อ่อนคำ (2534 : 60) ศึกษาผลการใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เปรียบเทียบกับการสอนตามคู่มือครู พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนที่เรียนตามคู่มือครูเป็นไปในทำนองเดียวกันกับงานวิจัยของ เขมิกาญจน์ ทองมา (2540 : 101-108) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยการฝึกสร้างเกมวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์กับการสอนตามแนวของ สสวท. โดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองกับ กลุ่มควบคุมผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ส่วนงานวิจัยที่ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ที่ปัจจุบันได้รับความสนใจอย่างมากในการนำมาประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน มีผลวิจัยยืนยันผลดีของโครงงานวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น งานวิจัยของ เนาวรัตน์ รุ่งเรืองบางชัน (2529 : 9) ได้ศึกษาเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เคยทำโครงงานวิทยาศาสตร์ และไม่เคยทำโครงงานวิทยาศาสตร์ พบว่า คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มที่เคยทำโครงงานวิทยาศาสตร์ สูงกว่ากลุ่มที่ไม่เคยทำโครงงานวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ

วนิดา ฉัตรวีราคม (2537 : 92-93) ได้ศึกษาการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีรายงานผลวิจัยว่า นักเรียนตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไปใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แก่ ทักษะด้านการสังเกต การเลือกใช้เครื่องมือวัดและการใช้เครื่องมือได้ถูกต้อง ทักษะการจำแนกประเภท ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับมิติ การสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล การออกแบบการทดลอง แต่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านที่นักเรียนน้อยกว่าร้อยละ 25 ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ คือ ทักษะการพยากรณ์ และการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

ศรีนวล นาคแท้ (2544 : 90-91) ได้ศึกษาผลของวิธีการสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์ต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่าทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังสอนด้วยวิธีสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และทักษะกระบวนการ

ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังสอนด้วยวิธีสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์สูงกว่าวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

**งานวิจัยที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในต่างประเทศ**

Butzow (1971 : 85) ได้ทดลองสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ โดยทดลองนักเรียนเกรด 8 จำนวน 92 คน ทำการสอนวิทยาศาสตร์กายภาพ 5 บทแรก แล้วใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนการสอน และภายหลังการสอน พบว่า คะแนนจากการทดลองทั้งสองครั้งแตกต่างกัน คือนักเรียนมีความสามารถในการสังเกต การเปรียบเทียบ การจัดจำพวก การวิเคราะห์ การสรุปอ้างอิง และการทดลองเพิ่มมากขึ้น

Weber (1972 : 74) ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักสูตรที่สร้างขึ้นเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับใช้หลักสูตรเดิม ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยทักษะการสังเกต การจัดจำพวก การวัด การทำนาย ผลปรากฏว่า กลุ่มที่ใช้หลักสูตรพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีทักษะสูงกว่ากลุ่มที่ใช้หลักสูตรเดิม

Widden (1973 : 84) ศึกษาผลของหลักสูตรที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของ SAPA กับหลักสูตรเดิมและไม่ได้รับการอบรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาก่อน ผลการวิจัยรายงานว่าผลของหลักสูตรของ SAPA มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีกว่าหลักสูตรเดิม

Vavneck (1974 : 1522-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีสอน 2 วิธี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชนบทระดับ 3 จำนวน 54 คน ระดับ 4 จำนวน 56 คน กลุ่มทดลองให้เรียนโดยการทำกิจกรรม กลุ่มควบคุมเรียนโดยใช้หนังสือ ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน

Riley(1975 : 94) ได้ศึกษาผลการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนฝึกหัดครู 2 วิธี โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 และ 2 เป็นกลุ่มทดลอง ส่วนกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 1 ได้รับการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เครื่องมือปฏิบัติการจริง ส่วนกลุ่มที่ 2 ได้รับการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เฉพาะทฤษฎีเท่านั้น กลุ่มที่ 3 ได้รับการสอนโดยทำกิจกรรมวิทยาศาสตร์ทั่วๆ ไป หลังจากนั้นได้ให้ตอบแบบสอบถาม 4 ฉบับ เพื่อศึกษาตัวแปร 5 ชนิด คือ ความรู้เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อการสอนวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลปรากฏว่า กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีความรู้เกี่ยวกับ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีกว่ากลุ่มที่ 3 แต่ความรู้ความเข้าใจวิชาวิทยาศาสตร์ของทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกัน

Haukoos and Penick(1983 : 104) ศึกษาอิทธิพลของบรรยากาศในชั้นเรียนต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษามหาวิทยาลัย Du Page, Ellyn Illinios โดยกลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนโดยครูสร้างบรรยากาศให้นักเรียนได้ค้นพบด้วยตนเองมากกว่ากลุ่มควบคุม พบว่าบรรยากาศในชั้นเรียนมีอิทธิพลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จริง โดยกลุ่มทดลองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม

จากผลการวิจัยในประเทศและต่างประเทศที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับตัวแปรต่างๆ ทำให้ได้ข้อค้นพบดังนี้

1) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์ การพัฒนาการทางสติปัญญา และความมีเหตุผล

2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหญิงและชายไม่แตกต่างกัน

3) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีการพัฒนาการสูงขึ้นเรื่อยตามระดับชั้นของนักเรียน

4) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีรูปแบบการคิดต่างกันจะไม่แตกต่างกัน

5) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เคยทำและไม่เคยทำโครงงานวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างกัน

6) การสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสอนแบบต่างๆ มีทั้งที่มีผลต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และให้ผลไม่แตกต่าง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม