

ความคงตัวของยาน้ำแขวนตะกอน ฟีนัยโตอินเตรียมเฉพาะหน้า

ภก.เจษฎา นพวิญญูวงศ์, ภญ.อรุณา เขียวเสาวนีย์

หน่วยผลิตยา งานเภสัชกรรม โรงพยาบาลศรีนครินทร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

หลักการและเหตุผล ฟีนัยโตอิน (phenytoin) เป็นยาที่ใช้ในการรักษาโรคลมชักชนิด grand mal และ complex partial ป้องกันและรักษาอาการชักที่เกิดจากการผ่าตัดสมอง รูปแบบยาที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ได้แก่ ยาเม็ด และยาแคปซูล แต่ไม่มีรูปแบบยาน้ำ ทำให้ประสบปัญหาการให้ยาแก่ผู้ป่วยที่กลืนยาไม่ได้ และต้องรับยาทางสายยาง จำเป็นต้องเตรียมยาในรูปแบบยาน้ำแขวนตะกอนเฉพาะหน้าขึ้นใช้ในโรงพยาบาล โดยใช้ยาเม็ดบดผสมกับน้ำกระสายยา เพื่อประกันคุณภาพของยาที่เตรียมขึ้น การระบุวันหมดอายุของผลิตภัณฑ์จึงเป็นสิ่งจำเป็น **วัตถุประสงค์** เพื่อศึกษาความคงตัวของยาน้ำแขวนตะกอนฟีนัยโตอินเตรียมเฉพาะหน้า ระยะเวลาศึกษา 56 วัน **วิธีการศึกษา** เตรียมยาน้ำแขวนตะกอนฟีนัย

โตอิน ความแรง 10 มก./มล. โดยบด Dilantin Infatab™ 50 มก.เป็นผง ผสมกับน้ำกระสายยา ซึ่งมีส่วนประกอบของ carboxymethylcellulose 0.5%, methyl paraben 0.1%, propyl paraben 0.02%, glycerin 10%, sorbitol 10%, propylene glycol 10%, syrup 25% และน้ำ บรรจุยาเตรียมในขวดโพลีเอทิลีน เก็บตัวอย่างยาที่อุณหภูมิห้อง ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณฟีนัยโตอินที่ระบุในฉลาก ณ วันที่ 0, 7, 14, 28, 42 และ 56 นับจากวันเตรียม โดยใช้ HPLC **ผลการศึกษา** ค่าเฉลี่ยของปริมาณตัวยาลำดับที่ระบุในฉลากเท่ากับ ร้อยละ 98.48, 99.24, 99.48, 98.02, 96.83 และ 96.41 ณ วันที่ 0, 7, 14, 28, 42 และ 56 ตามลำดับ **สรุปและวิจารณ์** ตลอดระยะเวลาศึกษา 56 วัน ค่าเฉลี่ยของปริมาณยาที่ระบุในฉลากมีค่าร้อยละ 96.41 - 99.48 อยู่ในเกณฑ์ 95 - 105 ตามที่ USP กำหนด แสดงว่ายาน้ำ

แขวนตะกอนฟีนัยโตอินตำรับนี้ มีความคงตัวของเคมีไม่น้อยกว่า 56 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง

คำสำคัญ: ความคงตัวของเคมี, ฟีนัยโตอิน, ยาน้ำแขวนตะกอนเตรียมเฉพาะหน้า

Abstract

Principles and Rationale: Phenytoin is an anticonvulsant drug used in management of tonic-clonic (grand mal) and complex partial seizures. It is also used for prevention and treatment of seizures occurring during or following neurosurgery. Dosage forms of phenytoin available in Thailand are injections tablets and capsules, except liquid dosage forms. The oral liquid dosage form of phenytoin is extemporaneously prepared in hospitals for patients that need nasogastric tube feeding. To assure the quality of the prepared product thus, the providing of an expiration date is essential.

Objective: To study chemical stability of phenytoin extemporaneous oral suspension for 56-days period. **Methods:** Phenytoin suspension was prepared at concentration

10 mg/ml by triturating Dilantin Infatab™ 50 mg and incorporating with vehicle consisting of carboxymethylcellulose 0.5%, methyl paraben 0.1%, propyl paraben 0.02%, glycerin 10%, sorbitol 10%, propylene glycol 10%, syrup 25% and water. The suspension was filled in polyethylene bottles and stored at room temperature. The samples were analyzed for the concentrations of phenytoin on days 0, 7, 14, 28, 42 and 56 by using HPLC. **Results:** The mean percentages of labeled amount were 98.48, 99.24, 99.48, 98.02, 96.83 and 96.41 on days 0, 7, 14, 28, 42 and 56 respectively. **Conclusions and Discussions:** Throughout 56-days period, the mean percentages of labeled amount were 96.41 - 99.48 within 95-105, according to the USP limits. The results of this study indicated that the phenytoin extemporaneous oral suspension was stable at least 56 days when stored at room temperature.

Keywords: chemical stability, phenytoin, extemporaneous suspension.

หลักการและเหตุผล

ฟีนัยโตอิน (phenytoin) เป็นยาที่ใช้ในการรักษาโรคลมชัก ชนิด grand mal และ complex partial ป้องกันและรักษาอาการชักที่เกิดจากการผ่าตัดสมอง¹ รูปแบบยาที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ได้แก่ ยาฉีด DilantinTM 50 มก./มล. ยาเม็ด Dilantin InfatabTM 50 มก. และยาแคปซูล DilantinTM 100 มก.² แต่ไม่มีการผลิตหรือนำเข้ารูปแบบยาน้ำแขวนตะกอนเข้ามาจำหน่ายในประเทศไทย ทำให้ประสบปัญหาการให้ยาแก่ผู้ป่วยที่กลืนยาไม่ได้ ต้องบดยาเม็ดให้เป็นผงและผสมกับน้ำเพื่อให้ยาทางสายยาง ซึ่งพบว่าการรักษาไม่ได้ผล เนื่องจากผู้ป่วยได้รับยาต่ำกว่าขนาดที่ควรได้รับ เพราะมีผงยาติดค้างตามสายยาง กระบอกให้ยา และอุปกรณ์ผสมยา จึงเป็นหน้าที่ของเภสัชกรในการเตรียมยาเฉพาะหน้า (extemporaneous preparations) สำหรับผู้ป่วยกลุ่มนี้ การเตรียมยาลักษณะนี้ไม่มีตำรับยามาตรฐานกำหนดไว้ เภสัชกรต้องคิดค้นและพัฒนาตำรับยาขึ้น โดยอาศัยหลักการทางเภสัชกรรมและคุณสมบัติเฉพาะของตัวยาสำคัญแต่ละชนิด เพื่อเป็นการประกันว่าผู้ป่วยจะได้รับยาเตรียมที่ไม่เสื่อมสภาพ จึงมีการกำหนดวันหมดอายุผลิตภัณฑ์ ซึ่งโดยทั่วไปมีเกณฑ์พิจารณาจากผลการศึกษาความคงตัวทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยาของยา³ USP กำหนดให้ยาน้ำแขวนตะกอนฟีนัยโตอินต้องมีปริมาณตัวยาสำคัญที่ระบุในฉลาก (labeled amount) ร้อยละ 95 - 105

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความคงตัวทางเคมีของยาน้ำแขวนตะกอนฟีนัยโตอิน ความแรง 10 มก./มล. เตรียมเฉพาะหน้า ระยะเวลาศึกษา 56 วัน

วัสดุและวิธีการศึกษา

สารเคมี สารเคมีที่ใช้เตรียมยา ได้แก่ Dilantin InfatabTM 50 มก.(Pfizer), carboxymethylcellulose (Triumph Supply), methyl paraben (Triumph Supply), propyl paraben (B.L.Hua), glycerin (Triumph Supply), sorbitol (Triumph Supply) และ propylene glycol (Triumph Supply) สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ ได้แก่ standard phenytoin (Sigma-Aldrich), methanol (Burdick&Jackson), potassium dihydrogen phosphate (Carlo Erba Reagents) และ orthophosphoric acid (Carlo Erba Reagents)

อุปกรณ์และเครื่องมือ ได้แก่ HPLC (Agilent Technologies 1260 Infinity), column ชนิด reverse phase 250 มม. x 4.6 มม. บรรจุด้วย C₁₈ ขนาดอนุภาค 5.0 ไมครอน, UV detector (Agilent Technologies 1260 Infinity), Integrator (Agilent Technologies 1260 Infinity), pH meter (Mettler toledo), ultrasonicator (Crest, USA)

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมยาน้ำแขวนตะกอนพินัยโตอิน ความแรง 10 มก./มล. ปริมาตร 50 มล. โดยบดยาเม็ด Dilantin InfatabTM 50 มก. จำนวน 10 เม็ด ผสมกับน้ำกระสายยา (vehicle) 46.5 มล. ซึ่งประกอบด้วย carboxymethylcellulose 0.5%, methyl paraben 0.1%, propyl paraben 0.02%, glycerin 10%, sorbitol 10%, propylene glycol 10%, simple syrup 25% และน้ำ บรรจุยาในขวดโพลีเอทิลีน และเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง จำนวน 3 รุ่นการผลิต

2. การวิเคราะห์หาปริมาณด้วยวิธีสำคัญพินัยโตอิน เพื่อหาปริมาณพินัยโตอิน ณ วันที่ 0, 7, 14, 28, 42 และ 56 ด้วย HPLC

2.1 ระบบของ HPLC column เป็นชนิด reverse phase 250 มม. x 4.6 มม. บรรจุด้วย C₁₈ ขนาดอนุภาค 5.0 ไมครอน mobile phase ประกอบด้วย methanol (60%) และ 0.05 M potassium dihydrogen phosphate buffer (40%) ปรับค่า pH เท่ากับ 2.8 มีอัตราการไหล 0.7 มล./นาที และใช้ uv-visible detector ที่ความยาวคลื่น 220 นม.⁵

2.2 การเตรียม mobile phase เตรียม phosphate buffer โดยละลาย potassium dihydrogen phosphate 7 ก. ใน HPLC water และปรับปริมาตรจนครบ 1,000 มล. ปรับค่า pH ให้เท่ากับ 2.8 ด้วย orthophosphoric acid แล้วผสม potassium dihydrogen phosphate buffer 400 มล. กับ methanol 600 มล. กำจัดฟองอากาศด้วย ultrasonicator นาน 5 นาที กรอง

ผ่านแผ่นกรอง 0.45 ไมครอน

2.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง เขย่าขวดยาให้ยากระจายตัวเป็นเนื้อเดียวกัน ดูดตัวอย่างยาเตรียม 1 มล. ละลายและปรับปริมาตร 10 มล. ด้วย mobile phase เขย่าให้เข้ากัน กรองผ่านแผ่นกรอง 0.45 ไมครอน ดูดสารละลาย 0.4 มล. ปรับปริมาตร 10 มล. ด้วย mobile phase เขย่าให้เข้ากัน กรองผ่านแผ่นกรอง 0.45 ไมครอน

2.4 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน ซึ่ง standard phenytoin 10 มก. ละลายและปรับปริมาตร 10 มล. ด้วย mobile phase เขย่าให้เข้ากัน กรองผ่านแผ่นกรอง 0.45 ไมครอน ดูดสารละลาย 0.4 มล. ปรับปริมาตร 10 มล. ด้วย mobile phase เขย่าให้เข้ากัน กรองผ่านแผ่นกรอง 0.45 ไมครอน

ผลการศึกษา

ยาน้ำพินัยโตอินที่เตรียมขึ้นมีลักษณะเป็นยาน้ำแขวนตะกอน รสหวาน สีเหลืองอ่อนที่เกิดจากสีของ Dilantin InfatabTM ที่ใช้เตรียมกระจายตัวได้ดี เมื่อเขย่าขวด และมีค่า pH เท่ากับ 6.9 ± 0.05 ส่วนน้ำกระสายยามีลักษณะเป็นสารละลายน้ำใส รสหวาน ไม่มีสี และมีค่า pH เท่ากับ 6.5 ± 0.04 ค่า pH และ ลักษณะทางกายภาพของยาเตรียมและน้ำกระสายยาที่ได้จากการสังเกต ไม่เปลี่ยนแปลง ตลอดการศึกษา 56 วัน ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณตัวอย่างสำคัญที่ระบุในฉลาก เท่ากับร้อยละ 98.48, 99.24, 99.48, 98.02, 96.83 และ 96.41 ณ วันที่ 0, 7, 14, 28, 42 และ 56 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของปริมาณตัวยาสำคัญที่ระบุในฉลากและค่าเฉลี่ยปริมาณตัวยาสำคัญคงเหลือของปริมาณเริ่มต้น (ร้อยละ) ของยาน้ำแขวนตะกอนฟิไนโทอิน (10 มก./มล.)

วันที่	ปริมาณตัวยาสำคัญที่ระบุในฉลาก (ร้อยละ) (n = 3)
0	98.48 ± 0.24
7	99.24 ± 0.15
14	99.48 ± 0.16
28	98.02 ± 0.52
42	96.83 ± 0.23
56	96.41 ± 0.01

สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

รูปแบบยาเม็ดฟิไนโทอินที่ใช้เตรียมควรเป็นยาเม็ด Dilantin Infatab™ 50 มก. เพราะบดเป็นผงละเอียดได้ง่าย ได้ยาน้ำแขวนตะกอนที่มีการกระจายตัวได้ดี ไม่แนะนำให้ใช้ยาแคปซูล Dilantin™ 100 มก. เนื่องจากแคปซูลมีเปลือกแข็งเกาะผงยาออกยาก ตัวยามีลักษณะเป็นเกร็ดแข็งผสมให้เข้ากับน้ำกระสายยาได้ไม่ดี ยาน้ำแขวนตะกอนฟิไนโทอินที่มีจำหน่ายในต่างประเทศมี 2 ความแรง ได้แก่ 6 มก./มล. และ 25 มก./มล. แต่เลือกตั้งตำรับยาที่ความแรง 10 มก./มล. เพราะสะดวกในการเตรียมจากยาเม็ด 50 มก. ยาเตรียมที่ได้มีความหนืดเหมาะสมสำหรับการให้ยาทางสายยาง หากต้องการยาเตรียมที่มีความแรงสูงกว่านี้ควรคำนึงถึงความหนืดที่เกิดจาก diluents ของยาเม็ดที่ใช้เตรียม ซึ่งจะส่งผลถึงความสามารถในการไหลของยาเตรียม และเป็นอุปสรรคต่อการให้ยา

เนื่องจากฟิไนโทอินเป็นยาที่มีดัชนีการรักษา (therapeutic index) แคบ ทำให้การรักษาไม่ได้ผล หากผู้ป่วยได้รับยาที่ต่ำกว่าขนาดที่ควรได้รับ หรือ เกิดพิษจากยา หากได้รับยาเกินขนาด ดังนั้นจึงควรให้ความระมัดระวังในการเตรียมยาทั้งด้านความถูกต้องและความแม่นยำเป็นพิเศษ ด้วยเหตุผลดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงเลือกเกณฑ์พิจารณาความคงตัวของเคมีของยาน้ำแขวนตะกอนฟิไนโทอินที่เตรียมขึ้น ตามเกณฑ์ของ USP ซึ่งระบุให้ฟิไนโทอินทุกรูปแบบต้องมีปริมาณตัวยาสำคัญที่ระบุในฉลาก (labeled amount) ร้อยละ 95 - 105⁶ ขณะที่ยาทั่วไป กำหนดไว้ที่ร้อยละ 90 - 110 และไม่ใช้เกณฑ์วันหมดอายุโดยพิจารณาปริมาณตัวยาสำคัญคงเหลือไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของปริมาณเริ่มต้น ตามที่ระบุในเภสัชตำรับโรงพยาบาล⁴

ตลอดระยะเวลาศึกษา 56 วัน ค่าเฉลี่ยของปริมาณตัวยาสำคัญฟิไนโทอินที่ระบุในฉลากทุกค่าอยู่ในช่วง ร้อยละ 95 - 105 ผลการศึกษาแสดง

ว่ายาน้ำแขวนตะกอนฟีนัยโทอิน ความแรง 10 มก./มล. เตรียมจากยาเม็ด Dilantin InfatabTM 50 มก. กับน้ำกระสายยา ที่มีส่วนประกอบของ carboxymethylcellulose 0.5%, methyl paraben 0.1%, propyl paraben 0.02%, glycerin 10%, sorbitol 10%, propylene glycol 10%, simple syrup 25% และน้ำ มีความคงตัวทางเคมีไม่น้อยกว่า 56 วัน หรือ 8 สัปดาห์ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารอ้างอิง

1. Philip J, Holcomb I J, Fusari SA. Phenytoin. In : Florey K. Analytical profiles of drug substances. New York: Academic press 1984:417-45.
2. Zharmaine JS. MIMS Thailand. 132nd ed. Bangkok: TIMS (Thailand); 2013:112.
3. จูไรรัตน์ รักวาทิน. แนวทางการเสนอรายงานความคงสภาพของตำรับยา. กรุงเทพมหานคร: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์; 2536. หน้า 18.
4. คณะกรรมการแห่งชาติด้านยา. เกณฑ์ตำรับโรงพยาบาล พ.ศ. 2549 (List of hospital formulary A.D. 2006). กรุงเทพมหานคร: คณะกรรมการแห่งชาติด้านยา; 2549. หน้า 65.
5. Varaprasad A, Sriram N, Godwin Isaac Blessing A, Jawahar M, Thangamuthu S. Method development and validation of phenytoin sodium in bulk and its pharmaceutical dosage form by rp-hplc method. Int J Biol Pharm Res 2012;3:126-9.
6. The United States Pharmacopeia 36 and National Formulary NF 31. Rockville. The United States Pharmacopeial Convention 2013:4784-5.

ผลการใช้รูปแบบการสอนที่อาศัยแนวคิดประสาทวิทยาศาสตร์ ศาสตร์เป็นฐานที่มีต่อความตั้งใจ ความจำขณะทำงาน และความสามารถในการพัฒนานวัตกรรม

ณัฐ ต่อณิ¹, สร.ดร.กัศณีย์ บุญเต็ม², พศ.ดร.สุภาพร มีชฌิมะปุระ³

¹ นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์ สาขาหลักสูตรและการเรียนการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

² คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

³ ภาควิชาสารัตถวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลการใช้รูปแบบการสอนวิชาเคมีตามแนวคิดสร้างสรรค์ความรู้นิยมและประสาทวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น เพื่อส่งเสริมความสามารถเชิงปัญญาด้านความตั้งใจและความจำขณะทำงานและความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโคกสีพิทยาสรรพ์ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 65 คน ที่ได้จากการสุ่มห้องเรียน 2 ห้องเรียน จากประชากร 3 ห้องเรียน แล้วสุ่มห้องเรียน 1 ห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลอง

จำนวน 34 คน และ 1 ห้องเรียนเป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 31 คน รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยแบบทดลองที่มีกลุ่มควบคุมทดสอบก่อนและหลัง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แบบประเมินชิ้นงาน 2) แบบวัดความตั้งใจ 3) แบบวัดความจำขณะทำงาน การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้การหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การทดสอบค่าสถิติ HotellingT² ผลการวิจัยพบว่า การสอนตามรูปแบบการสอนวิชาเคมีที่มีการบูรณาการความรู้ทฤษฎีสร้างสรรค์ ความรู้นิยมและประสาทวิทยาศาสตร์ โดยจัดการเรียนการสอน 7 ขั้นตอน คือขั้นการนำเสนอสิ่งกระตุ้นสิ่งเร้า ขั้นการกำหนดเป้าหมายของการเรียน ขั้น

การเชื่อมโยงความรู้เดิม ขั้นการเรียนรู้ ขั้นการเชื่อมโยงเพื่อสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ ขั้นการฝึกใช้ความรู้ และขั้นการประเมินผลและสะท้อนผล สามารถส่งเสริมความสามารถเชิงปัญญาและความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมของนักเรียนได้ โดยนักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการพัฒนานวัตกรรม และความสามารถทางปัญญา ด้านความจำขณะทำงานและความตั้งใจสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างไรก็ตาม ระดับของความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมของนักเรียนกลุ่มทดลองแม้จะสูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่ก็ยังอยู่ในระดับที่ยังไม่ถึงระดับสูงสุดหรือระดับสามารถสร้างนวัตกรรมใหม่ได้ ซึ่งอาจเป็นเพราะนักเรียนในโรงเรียนทดลองนี้ ไม่ใช่ นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง เมื่อเทียบกับโรงเรียนอื่นๆ ดังนั้นเป็นที่น่าสนใจว่าหากขยายผลโดยการนำรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถทางการเรียนสูง หรือ ใช้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์อื่น รูปแบบการสอนดังกล่าวจะทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการพัฒนานวัตกรรม ในระดับการสร้างนวัตกรรมใหม่ได้หรือไม่

Abstract

The purposes of this research was study the result of the Chemistry teaching model based on Constructivism and Educational Neuroscience implementation for optimizing cognitive ability (attention

and working memory) and innovation development ability in high school students. Sample was Grade 11 students Koksi Pitayasan school during the second semester of the 2013 academic year. Two classes of students were sampling from three classes Grade 11 students and re-sampled into one experimental group of 34 and one control group of 31. A pretest-posttest control group design was administered in this experiment. The instruments included:1) innovation development scale,2) attention battery test, 3) working memory battery test. The collected data were analyzed by arithmetic mean, standard deviations (S.D.), and Hotelling T^2 . Research results finding: The instructional from this Chemistry teaching model consist 7 phase of instruction:

1) introducing emotional arousal, 2) setting goals, 3) revising prior knowledge, 4) learning, 5) connecting new knowledge and setting knowledge network, 6) practicing and 7) evaluating and reflecting. The innovation development ability and cognitive ability (attention and working memory) in the experiment group were significantly higher than control group at .05 level. Although the innovation development ability

in experiment group more than control group but the level of development ability was only in adaptation product level, they didn't contribute new innovative product maybe the students in experiment school was at medium level achievement. The sug-

gestion in this research was implementation of the teaching model in the school that have higher level achievement students and measure the result of innovation development.

1. หลักการและเหตุผล

สภาวะสังคมไทยในปัจจุบันเป็นสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ด้านเศรษฐกิจ สังคมและวัฒนธรรม การจัดการเรียนการสอนเพื่อทันต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว นอกจากจะทำให้ผู้เรียนมีความรู้ในเนื้อหาวิชาที่เรียนแล้ว ควรให้ความสำคัญกับกระบวนการคิด การประดิษฐ์และการสร้างสิ่งใหม่ หรือการพัฒนานวัตกรรมนั่นเอง¹ การจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสร้างนวัตกรรม สามารถทำได้โดยให้ผู้เรียนระบุประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเป้าหมายของปัญหา แล้วพยายามสร้างแนวคิดหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหา ผลของการแก้ปัญหาคือความรู้ที่สามารถพัฒนาไปสู่การสร้างนวัตกรรมได้² ความสำเร็จของการแก้ปัญหา นอกจากผู้เรียนมีความรู้เกี่ยวกับกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแล้วผู้เรียนต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชาที่เกี่ยวข้องกับตัวปัญหาด้วย³ ดังนั้นเป้าหมายที่ต้องการพัฒนาให้ผู้เรียนสร้างนวัตกรรมได้ต้องประกอบด้วยการพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ในสิ่งที่เรารู้จักควบคู่ไปกับพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน

การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสร้างสรรค์ความรู้นิยมผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านกระบวนการซึมซาบ (assimilation) และการปรับ (accommodation) เพื่อสร้างความเข้าใจในสิ่งที่ได้รับ มีการจัดระบบของความรู้จนเกิดภาวะสมดุล (equilibrium) เกิดโครงสร้างของความรู้⁴⁻⁶ (knowledge structure) อีกทั้งการเรียนรู้ยังเกิดจากกระบวนการทางสังคม ในบรรยากาศการดำเนินการที่มีการแลกเปลี่ยน ครูจัดสิ่งช่วยเหลือหรือที่เรียกว่า scaffolding เพื่อช่วยนักเรียนในการเรียนรู้ การแก้ปัญหาหรือการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งนักเรียนไม่สามารถทำได้ด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้เต็มตามศักยภาพของตนเอง^{5,6} ผลที่เกิดจากการเรียนรู้คือผู้เรียนสร้างประสบการณ์ที่มีความหมาย (meaningful experiences) สำหรับผู้เรียนแต่ละคน⁷

ตามแนวคิดประสาทวิทยาศาสตร์การเรียนรู้เกิดจากมนุษย์รับข้อมูลจากประสาทสัมผัสทั้งห้าข้อมูลเหล่านั้นจะเปลี่ยนเป็นสัญญาณประสาทซึ่งมีลักษณะเป็นคลื่นไฟฟ้า เกิดการเชื่อมโยงเป็นกระแสประสาท การเรียนรู้เป็นผลที่เกิดขึ้นจากวิถีทางของกระแสประสาท (rewiring of

neural pathway) อีกทั้งเมื่อสมองรับข้อมูลใหม่ สมองยังมีลักษณะยืดหยุ่น (plasticity) เพื่อปรับวิธีทางของกระแสประสาททำให้เกิดการเรียนรู้สิ่งใหม่ได้^{8,9} ผลของการเรียนรู้คือความจำ การสร้างความเข้าใจเชิงสติปัญญา (intellectual understanding) การสร้างความหมายจากประสบการณ์ (making sense of experience) ของแต่ละคน ตลอดจนสามารถสร้างการตัดสินใจในโลกของความเป็นจริงบนฐานของความรู้และประสบการณ์ของแต่ละบุคคล¹⁰ ความสามารถเชิงปัญญาที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนคือความตั้งใจ (attention) และความจำขณะทำงาน (working memory) โดยความตั้งใจเป็นความสามารถทางปัญญาในการจัดการข้อมูลจำนวนมากที่รับเข้าสู่ระบบรับรู้รู้สึก และใช้ข้อมูลเพื่อการแสดงพฤติกรรมตอบสนองเป็นความสามารถทางสมองที่จะเลือกรับการกระตุ้นอย่างใดอย่างหนึ่งและไม่สนใจสิ่งกระตุ้นอื่นๆ^{11,12} ส่วนความจำขณะทำงานเป็นระบบการจัดเก็บข้อมูลชั่วคราว การจัดการกับข้อมูลและนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ในกระบวนการทางปัญญา¹³

ดังนั้นในการจัดการเรียนที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมได้ดี รูปแบบการสอนจึงควรใช้แนวคิดสร้างสรรค์ ความรู้นิยมเพื่อให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ใช้แนวคิดประสาทวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความตั้งใจและความจำขณะทำงานของผู้เรียนซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี ตลอดจนบูรณาการการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริม

กระบวนการแก้ปัญหา และการพัฒนานวัตกรรมในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยนำรูปแบบการสอนวิชาเคมีที่พัฒนาขึ้นตามแนวคิดข้างต้นไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนและศึกษาผลที่เกิดขึ้นที่มีต่อความสามารถในการพัฒนานวัตกรรม ความตั้งใจและความจำขณะทำงานของนักเรียน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการสอนวิชาเคมีที่ยึดแนวคิดการสร้างสรรค์ความรู้นิยมและประสาทวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น ที่มีต่อ

1) ความสามารถในการพัฒนานวัตกรรม โดยการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2) ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความตั้งใจและคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาผลการใช้รูปแบบการสอน ใช้การวิจัยเชิงทดลอง pretest - posttest control group design ตามรายละเอียดดังนี้

1) ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโคกสีพิทยาสรรพ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 3 ห้องเรียน จำนวน 100 คน

2) กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโคกสีพิทยาสรรพ์

รวม 65 คน ใช้การสุ่มห้องเรียน 2 ห้องเรียน และ สุ่มเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอีกครั้งได้ 1 ห้องเรียน จำนวน 34 คน เป็นกลุ่มทดลอง และ อีก 1 ห้องเรียนจำนวน 31 คนเป็นกลุ่มควบคุม

3) ตัวแปรต้น ได้แก่ รูปแบบการสอน ซึ่งประกอบด้วยรูปแบบการสอนวิชาเคมีที่ยึดแนวคิดการสร้างสรรคความรู้นิยมและประสาทวิทยาศาสตร์และรูปแบบการสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ตารางที่ 1 การจัดการเรียนการสอนตามการนำแนวคิดสร้างสรรค์ความรู้นิยมและแนวคิดประสาทวิทยาศาสตร์ แนวคิดในการพัฒนาวัตกรรมการเรียนการสอนและแนวคิดในการแก้ปัญหาใช้เป็นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน

แนวคิดสร้างสรรค์ความรู้นิยม	แนวคิดประสาทวิทยาศาสตร์	แนวคิดในการพัฒนาวัตกรรมการเรียนการสอน	แนวคิดในการแก้ปัญหา
<ol style="list-style-type: none"> จัดสิ่งกระตุ้นเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในเรื่องที่จะเรียน ส่งเสริมการซึมซาบข้อมูลเข้าสู่โครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียน^{14,15} สร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้เดิมในเรื่องที่เรียนและขยายความรู้เพื่อให้เกิดโครงข่ายของความรู้^{15,14-16} 	<ol style="list-style-type: none"> จัดสถานการณ์ที่กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดความตั้งใจในการเรียน (การรับข้อมูล)^{15,17} สร้างแรงจูงใจในการเรียน เพื่อให้ผู้เรียนทราบเป้าหมายในการเรียนตลอดจนส่งเสริมการเลือกรับข้อมูลของผู้เรียน^{9,15} 	<p>ใช้แนวคิดของ Compton^{15,18} ประกอบด้วย</p> <ol style="list-style-type: none"> ระยะสังเกต ใช้กระบวนการสำรวจ สืบค้นข้อมูล กำหนดปัญหาให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกสนใจในสิ่งที่ศึกษา ใช้กระบวนการ ระยะการสร้างความรู้เชื่อมโยงโดยจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่ท้าทาย ใช้สถานการณ์ หรือภาระงานที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหา และการตัดสินใจคุณค่า 	<p>ให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้กรอบแนวคิดของ OECD (2013) ประกอบด้วย</p> <ol style="list-style-type: none"> การสำรวจและสร้างความเข้าใจในปัญหา การนำเสนอและสร้างความสัมพันธ์ การวางแผนและลงมือปฏิบัติ การกำกับติดตามและสะท้อนผลซึ่งแนวทางในการจัดการเรียนการสอนใช้แนวคิดของ Eggen & Kauchak¹⁹ ประกอบด้วย

แนวคิดสร้างสรรค์ความรู้นิยม	แนวคิดประสาทวิทยาศึกษา ศาสตร์	แนวคิดใน การพัฒนานวัตกรรม	แนวคิดใน การแก้ปัญหา
3. จัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่ท้าทายความรู้ความสามารถของผู้เรียน ลักษณะกิจกรรมประกอบด้วยภาระงานที่ซับซ้อน ใช้การสำรวจค้นหา การแก้ปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจอย่างมีความหมาย (meaningful understanding) ในเนื้อหาที่เรียน ^{14,16}	3. จัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนจดจ่อ (concentrate) ในสิ่งที่เรียน เพื่อสร้างความตั้งใจในการเรียน ⁹	3. ระยะเวลาใช้ความรู้ ทักษะ และจินตนาการ ผู้เรียนใช้ความรู้ ทักษะ และจินตนาการในเรื่องที่ศึกษาเพื่อสร้างสิ่งใหม่โดยสิ่งที่สร้างมีคุณค่าต่อกลุ่ม	1. การนำเสนอปัญหา ในบริบทที่มีความหมาย สำหรับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการสำรวจและสร้างความเข้าใจในปัญหา
4. ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับครู โดยครูหรือนักเรียนที่มีความสามารถมากกว่าเป็นผู้ให้การช่วยเหลือแก่นักเรียนที่ไม่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองให้สามารถเรียนรู้ได้เต็มตามศักยภาพของผู้เรียนแต่ละคน	4. ให้ผู้เรียนทำซ้ำ (repeating) และฝึกปฏิบัติ (practice) เพื่อให้เกิดความคงทนของวงจรประสาท ⁹	4. ระยะเวลาสร้างสิ่งใหม่ต่อสังคม ผู้เรียนใช้ความรู้ ทักษะ ความเข้าใจในการทำงานเพื่อสร้างชิ้นงานหรือผลงานที่มีคุณค่าต่อสังคม	2. นำเสนอตัวอย่างที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการสำรวจและสร้างความเข้าใจในปัญหา
5. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับสภาพจริงของผู้เรียน ให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้จากองค์ความรู้ในท้องถิ่นตลอดจนนำความรู้จากท้องถิ่นมาสร้างเป็นชิ้นงานหรือนวัตกรรม ^{5,14}	5. จัดข้อมูลที่มีลักษณะโครงข่ายความรู้ ส่งเสริมให้เกิดการเชื่อมโยงของโครงข่ายประสาทประสาท ซึ่งเป็นกระบวนการ assimilation และ accommodation ตามแนวคิด cognitive constructivism ^{4,8,9,17}		3. การอภิปรายในรายละเอียดของปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการนำเสนอและสร้างความสัมพันธ์
6. ใช้วิธีการประเมินที่หลากหลายเพื่อติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียน	6. จัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ และใช้กระบวนการคิด (hands - on and minds - on) ⁴		4. จัดเตรียมเครื่องช่วยเหลือในการแก้ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการวางแผนและลงมือปฏิบัติ
7. การสะท้อนผลการเรียนรู้ทันที เพื่อปรับหรือเพิ่มเติมความรู้ของผู้เรียนตลอดจนป้องกันความคลาดเคลื่อนในมนมิตที่อาจเกิดขึ้น	7. ให้ผู้เรียน พูด เขียน อภิปราย ตลอดจนนำความรู้ไปใช้ ^{4,8,9,17}		5. สร้างความเข้าใจในเหตุผลเชิงตรรกะของแต่ละขั้นตอนของการแก้ปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการกำกับติดตามและสะท้อนผล

จากแนวคิดทฤษฎีที่ใช้เป็นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน สามารถกำหนดขั้นตอนการสอนตามรูปแบบการสอนได้ 7 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นการนำเสนอสิ่งเร้า สิ่งกระตุ้น 2) ขั้นกำหนดเป้าหมายของการเรียน 3) ขั้นการเชื่อมโยงความรู้เดิม 4) ขั้นการเรียนรู้ 5) ขั้นการเชื่อมโยงเพื่อสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ 6) ขั้นฝึกใช้ความรู้และ 7) ขั้นประเมินและสะท้อนผล

4) ตัวแปรตาม ได้แก่ 1) ความสามารถในการพัฒนานวัตกรรม 2) ความสามารถเชิงปัญญา (Cognitive ability) ด้านความจำขณะทำงานและความตั้งใจ

5) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แบบประเมินชิ้นงาน 2) แบบวัดความตั้งใจซึ่งเป็นชุดแบบทดสอบความตั้งใจ 3) แบบวัดความจำขณะทำงานซึ่งเป็นชุดแบบทดสอบความจำขณะทำงาน

6) การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้การหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การทดสอบค่าสถิติ Hotelling T^2

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการนำรูปแบบการสอนวิชาเคมีตามแนวคิดสร้างสรรค์ความรู้นิยมและประสาทวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อส่งเสริมความสามารถเชิงปัญญา การแก้ปัญหา และความสามารถในการพัฒนานวัตกรรม เป็นดังนี้

4.1 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการพัฒนา

นวัตกรรมหลังเรียน โดยการทดสอบค่าสถิติ Hotelling T^2 ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($T^2 = 10.53$; $F_{(6, 58)} = 101.81$; $p = .00$) และจากการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทีละคู่โดยการทดสอบ univariate พบว่ากลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตามตารางที่ 2

4.2 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความตั้งใจและความจำขณะทำงานก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยการทดสอบค่าสถิติ Hotelling T^2 พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความตั้งใจไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ($T^2 = .22$; $F_{(12, 52)} = .96$; $p = .49$) และคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ($T^2 = .559$; $F_{(13, 51)} = 2.193$; $p = .053$)

4.3 ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความตั้งใจหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยการทดสอบค่าสถิติ Hotelling T^2 พบว่ามีความแตกต่างระหว่างกลุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($T^2 = 10.379$; $F_{(14, 50)} = 37.067$; $p = 0.00^*$) ดังนั้นจึงทดสอบความแตกต่างทีละคู่โดยการทดสอบ univariate ผลการทดสอบพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความตั้งใจสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงดังตารางที่ 4

4.4 ผลการทดสอบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานหลังเรียน ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยการทดสอบค่าสถิติ Hotelling T^2 พบว่ามีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (T^2

= 4.153; $F_{(12,52)} = 17.99$; $p = 0.00^*$) ดังนั้นจึงทดสอบความแตกต่างทีละคู่โดยการทดสอบ univariate ผลการทดสอบพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมการหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยการทดสอบ univariate

ตัวแปร	คะแนนเต็ม	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		F	P
		\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.		
Originality	5	2.89	0.19	2.08	0.50	106.68	.000*
Practicality	5	3.29	0.33	2.83	0.61	14.47	.000*
Elaboration	5	3.78	0.37	2.30	0.48	117.69	.000*
Multi-dimensional	5	3.88	0.25	1.86	0.63	441.08	.000*
Environmental friendliness	5	3.60	0.37	2.84	0.28	62.82	.000*
Aesthetic and attractive	5	3.48	0.47	2.25	0.44	114.61	.000*

* $p < .05$ เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความตั้งใจ หลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยการทดสอบ univariate

แบบทดสอบย่อย	คะแนนเต็ม	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		F	P
		\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.		
SR - Thai - sound	50	41.088	3.334	29.871	3.948	154.08	0.000*
Sustain - sound	50	40.000	3.348	29.000	3.899	149.64	0.000*
Selected - ch - sound	50	36.853	1.438	33.581	1.996	58.243	0.000*
SR - Thai - lette	50	37.853	1.438	34.516	1.913	63.89	0.000*
Focus - letter Thai	50	39.000	3.348	27.903	3.534	168.91	0.000*

แบบทดสอบย่อย	คะแนน เต็ม	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		F	P
		\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.		
Sustain - letter Thai	50	31.853	1.258	28.258	1.237	134.43	0.000*
Selected - ch - letter Thai	50	35.794	1.431	32.581	1.996	56.38	0.000*
Selected - ch - letter Thai	50	33.500	1.674	31.484	1.895	20.73	0.000*
SR - dot	50	42.000	1.255	38.548	2.063	67.73	0.000*
Focus - dot	50	40.000	3.348	29.065	3.366	172.09	0.000*
Sustain - dot	50	32.912	1.311	29.516	1.151	122.09	0.000*
Selected - ch - dot	50	34.706	1.404	31.645	1.907	54.95	0.000*
Selected - ch - dot	50	35.559	1.078	33.645	1.907	25.36	0.000*
Series Thai letter	50	33.765	1.208	30.710	1.006	121.45	0.000*

* $p < .05$ เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยการทดสอบ univariate

ความจำขณะทำงาน	คะแนน เต็ม	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		F	P
		\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.		
Stroop	50	34.735	2.885	31.774	2.565	18.976	.000*
Flanker - arrow	50	33.382	3.635	30.387	2.418	14.991	.000*
Odd - even	50	34.676	1.471	30.161	2.051	105.379	.000*
Vowel - consonant	50	34.912	1.288	30.484	1.630	148.941	.000*
SW - switch - Thai letter number	50	33.647	2.827	31.258	2.323	13.696	.000*
Left - right	50	34.265	3.562	31.387	2.418	14.242	.000*
Up - down	50	34.941	3.237	32.387	2.418	12.785	.000*
SW - switch - up - down - left - right	50	32.647	2.827	30.258	2.323	13.696	.000*

ความจำขณะทำงาน	คะแนน เต็ม	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		F	P
		\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.		
Thai - word span	50	32.676	2.625	30.452	1.748	15.846	.000*
Number updating	10	5.765	1.075	4.742	1.154	13.691	.000*
รวมเกียรติ - 0 back	10	5.559	.927	4.581	.848	19.577	.000*
รวมเกียรติ - 1 back	10	5.588	.925	4.548	.810	23.055	.000*
รวมเกียรติ - 2 back	10	4.882	.640	4.290	.902	9.443	.000*

* p<.05 เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

5. อภิปรายผลการวิจัย

ผลการใช้รูปแบบการสอนวิชาเคมีตามแนวคิดสร้างสรรค์ความรู้นิยมและประสาทวิทยศึกษาศาสตร์พบว่า

1) คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม เป็นผลมาจากรูปแบบการสอนที่ใช้กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการพัฒนานวัตกรรม ตามข้อเสนอของ Compton¹⁸ ที่เริ่มต้นจากให้ผู้เรียนสังเกตเพื่อกำหนดประเด็นที่สนใจ สร้างความเชื่อมโยงโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้ภาระงานที่เน้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนอีกทั้งผู้เรียนสร้างจินตนาการโดยใช้การขยายความรู้ไปในบริบทอื่นๆ จนสร้างองค์ความรู้และนำความรู้ไปพัฒนาผลงานซึ่งสอดคล้องกับ Wulfen² ที่เสนอว่าแนวทางที่ใช้ในการสร้างนวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพควรเริ่มจากให้ผู้เรียนระบุประเด็นที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา พยายามสร้างแนวคิด

เพื่อหาคำตอบของปัญหาเกิดเป็นความรู้เพื่อนำไปพัฒนาผลงาน ในกลุ่มทดลองมีการใช้กระบวนการแก้ปัญหาและการพัฒนานวัตกรรมเป็นพื้นฐานในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน มีการใช้การแก้ปัญหาที่ซับซ้อนเพื่อให้ผู้เรียนฝึกการเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อสร้างองค์ความรู้ในกระบวนการพัฒนานวัตกรรมเกิดขึ้นเชื่อมโยงเพื่อสร้างโครงข่ายของความรู้ ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้จากการขยายโครงข่ายความรู้ ผู้เรียนสามารถนำความรู้มาเชื่อมโยงเพื่อสร้างและอธิบายผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้นได้ แต่เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมพบว่าระดับของนวัตกรรมที่นักเรียนพัฒนาขึ้นอยู่ในระดับการปรับปรุงงานเดิมให้ดีขึ้น (adaption) แต่ยังไม่สามารถพัฒนางานใหม่ (innovation) ได้ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากบริบทของโรงเรียนโคกสีพิทยาสรรพ์ นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับกลาง ทำให้ไม่สามารถในการสร้างองค์ความรู้ที่นำไปสู่การสร้างชิ้นงานที่เป็นนวัตกรรมใหม่ได้

2) คะแนนเฉลี่ยความสามารถเชิงปัญญา ในด้านความตั้งใจ และ ความจำขณะทำงานกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม เป็นผลจากการจัดการเรียนการสอนที่กระตุ้นการรับข้อมูลของนักเรียนทำให้เกิดกระบวนการ assimilation และ accommodation เกี่ยวข้องกับการสร้างความเชื่อมโยงของกระแสประสาทจนเกิดเป็นโครงข่ายของกระแสประสาท¹⁵ ให้ผู้เรียนจดจ่อ (concentrate) ในสิ่งที่เรียน ใช้การทำซ้ำ (repeating), การฝึกปฏิบัติ (practicing) และการท่อง (rehearsal) ทำให้เกิดความแข็งแรงของการเชื่อมโยงของโครงข่ายกระแสประสาท และส่งผลต่อความสามารถเชิงปัญญาทั้งความจำขณะทำงานและความตั้งใจของผู้เรียน⁹ และสอดคล้องกับข้อเสนอของ Solaz - Portoles & Sanjose - Lopez²⁰ พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานกับความสามารถในการแก้ปัญหา โดยความจำขณะทำงานทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลที่ผู้เรียนรับเข้ามาส่งผลให้ผู้เรียนสามารถควบคุมความตั้งใจ ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการข้อมูลที่รับเข้ามาเพื่อความสำเร็จในการแก้ปัญหาในและขั้น ตลอดจนทำให้ผู้เรียนสามารถผสมผสานข้อมูลเพื่อจัดเก็บในหน่วยความจำระยะยาว

6. สรุปผลการวิจัย

ผลการใช้รูปแบบการสอนวิชาเคมีที่ยึดแนวคิดสร้างสรรค์ความซู้นิยมและประสาทวิทยศึกษาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถเชิงปัญญา การแก้ปัญหา และความสามารถในการ

พัฒนานวัตกรรมพบว่ามีรูปแบบการสอน ๆ ทำให้ความสามารถในการพัฒนานวัตกรรม และความสามารถเชิงปัญญา ด้านความจำขณะทำงานและความตั้งใจ เพิ่มสูงขึ้นโดยผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่าน่าจะนำรูปแบบการสอนที่พัฒนาขั้นนี้ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถทางการเรียนสูงหรือ ใช้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์อื่น เพื่อขยายผลว่ารูปแบบการสอนดังกล่าวจะทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการพัฒนานวัตกรรม ในระดับการสร้างนวัตกรรมใหม่ได้หรือไม่

บรรณานุกรม

1. ไพฑูรย์ สีนลาร์ตน์ (2554) CCPR กรอบคิดใหม่ทางการศึกษา กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. Wulfen, Gijs van (2013) Effective Innovators Start with a Problem <http://www.innovationmanagement.se/2013/10/24/effective-innovators-start-with-a-problem/>
3. Jonassen, David H. (2007) What Makes Scientific Problems Difficult? In Jonassen, David H. (2007) editor Learning to Solve Complex Scientific Problems Taylor & Francis Group.
4. Anderson, O. Roger & Brandoni, Chira (2009) Neurocognitive Theory and Constructivism in Science Education : Review of Neurobiological, Cognitive and Cultural Perspectives Brunei Int. of Sci. & Math. Edu. 2009 1(1)

5. Woolfolk, (2010) Educational Psychology Boston. Pearson and Allyn
6. สุรางค์ โค้วตระกูล (2550)จิตวิทยาการศึกษา กรุงเทพฯสำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
7. Rahmawati, Yuli (2008) The Role of Constructivism in Teaching and Learning Chemistry. <http://pendidi.Kansains.wordpress.com/2008/04/14>
8. Longstaff, Alan. (2011) Neuroscience Garland Science, New York Taylor & Francis Group.
9. Nevills, Pamela. (2011) Build the Brain for Reading Grades 4 - 12. California. Corwin. Organization for Economic Co - operation and Development (2013) PISA 2012 Assessment and Analytical Framework Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy OECD publications, www.oecd.org/publishing/corrigenda.
10. Caine , et, al (2005) 12 Brain/Mind Learning Principles in Action : The Fieldbook for Making Connections, Teaching, and The Human Brain. Corwin Press
11. Klaver, Peter (2009) in Binder, Marc D., Hirokawa, Nobutaka and Windhorst, Uwe (Editor) Encyclopedia of Neuroscience Volume 3. Springer - Verlag GmbH Berlin Heidelberg.
12. ราชรี สุตทรวง และ วีระชัย ลิงหนิยม (2550) ประสาทสรีรวิทยา กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
13. Baddeley, Alan D. (2010) Working memory. Scholarpedia, 5 (2) : 3015
14. Muijs, Daniel , David, Reynolds (2005) Effective teaching : evidence and practice SAGE Publications
15. Anderson, O. Roger (2009) A New Neurocognitive model for Assessing Divergent thinking Columbia University USA.
16. Good, Thomas L. & Brophy, Jere E. (2003) Looking in Classroom Boston. Pearson Education.
17. Goswami, Usha (2008) Principle of Learning, Implications for Teaching : Cognitive Neuroscience Perspective Journal of Philosophy of Education. Vol. 42 No. 3 -4
18. Johnston ,Jane , Halocha, John and Chater, Mark (2007) Developing teaching skills in the primary school. England McGraw-Hill Education.
19. Eggen, Paul D. & Kauchak (2007) Learning and Teaching Research - Based Methods. Boston Pearson Education .
20. Solaz-Portolêsa, Joan Josep, & Sanjosêb, Vicent (2008) Piagetian and Neo-Piagetian variables in science problem solving: directions for practice. Ciências& Cogniëão Vol 13 (2): 192-200

การศึกษาผลการใช้รูปแบบการสอนโดยใช้แนวคิด Constructionism และความรู้ประสาทวิทยาศาสตร์เป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการพัฒนานวัตกรรม ความคิดสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ศุภธิดา ศรีพงษ์วิวัฒน์¹, สก.ดร.กศนีย์ บุญเติม², พศ.ดร.นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์²

¹ นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์ สาขาศึกษาศาสตร์และการเรียนการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

² คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการใช้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นที่มีต่อความสามารถในการพัฒนานวัตกรรม ความคิดสร้างสรรค์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และสาเหตุของความเครียดในการเรียน กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนน้ำพองศึกษา อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 83 คน ที่ได้จากการสุ่มห้องเรียน 2 ห้องเรียน จากประชากร 10 ห้องเรียน และสุ่มห้องเรียน 1 ห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 49 คนและ 1 ห้องเรียนเป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 34 คน รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยแบบทดลองที่มีกลุ่มควบคุมทดสอบก่อนและหลัง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แบบประเมินชิ้นงาน แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ

เรียน แบบประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามสาเหตุของความเครียดในการเรียน การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้การหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการทดสอบค่าสถิติ Hotelling T^2 ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น เปิดโอกาสให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยมีทางเลือกที่หลากหลายและเรียนรู้ด้วยความสุข สามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้เก่าได้ เน้นให้ความสำคัญของการเรียนรู้ร่วมกัน และการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการแสวงหาความรู้จากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ขั้นตอนการสอนมี 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) กระตุ้นความสนใจ 2) รวบรวมข้อมูล 3) ทำความเข้าใจ 4) จัดระเบียบความคิด 5) ความคิดที่กว้างชัด และ 6) ทดสอบ

ความคิด ทั้งนี้ นักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการพัฒนานวัตกรรม ความคิดสร้างสรรค์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในด้านความรู้วิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่คะแนนความคิดเห็นต่อสาเหตุของความเครียดในการเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ABSTRACT

The purposes of this research aimed to study the effects of the teaching developed model on the innovation development ability, creative thinking, students' achievement (science knowledge, scientific attitudes and science process skill), and learning stressor. Two classes of students were sampling from 10 classes Grade 11 Nampongsuksa school during the second semester of the 2013 academic year and re-sampled into one experimental group of 49 and one control group of 31. A pre-test - posttest control group design was administered in this experiment. The instruments were 1) the innovation development scale 2) creative thinking test 3) the achievement test (science knowledge, scientific attitudes scale and science proc-

ess skill test) and 4) the student's learning stressor questionnaire. The collected data were analyzed by arithmetic mean (\bar{X}), standard deviations (S.D.) and Hotelling T². The findings of the studies were as follows: The developed teaching model gave the opportunities for the students to do activities themselves from multiple given learning activities. So they learned with happiness and able to associate the new and old knowledge. The developed teaching model focused on cooperative learning and using information technology. The six stages of teaching model were (1) stimulating the interest, (2) collecting information, (3) comprehending, (4) ordering the thoughts, (5) thinking clearly, and (6) testing the thought measurement. The implementing teaching model showed : The innovation development ability, creative thinking and student's achievement (science knowledge, scientific attitudes and science process skill) posttest scores of the experimental group were higher than the control group at .05 level of significance, but the opinion of learning stressor score between experiment group and control group was not significantly difference at .05 level.

1. หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันเป็นยุคที่โลกมีการเปลี่ยนแปลง มีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว อันสืบเนื่องมาจากการใช้ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสารสนเทศ เชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ของทุกภูมิภาคของโลกเข้าด้วยกัน กระแสการปรับเปลี่ยนทางสังคมที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 ส่งผลต่อวิถีการดำรงชีพของสังคมอย่างทั่วถึง ดังนั้นจึงได้มีการสร้างกรอบความคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (learning for the 21st century) เพื่อเตรียมความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงนี้ โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญได้แก่ รายวิชาหลัก ทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรม ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี ทักษะชีวิตและการทำงาน และระบบสนับสนุนการศึกษาของศตวรรษที่ 21 กรอบความคิดนี้ได้นำมาเป็นแนวทางให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องนำมาใช้ในการวางแผนดำเนินการพัฒนาการเรียนการสอนที่จะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา¹ จะเห็นได้ว่า ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม (learning and innovation skills) เป็นอีกทักษะหนึ่งที่เป็นทักษะพื้นฐานที่มนุษย์ในศตวรรษที่ 21 ทุกคนต้องเรียนเพราะโลกจะยิ่งเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้นเรื่อยๆ และมีความซับซ้อนอ่อนไหวมากขึ้น คนที่อ่อนแอในทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมจะเป็นคนที่ตามโลกไม่ทัน เป็นคนอ่อนแอ ชีวิตก็จะยากลำบาก ผู้สอนจึงต้องมีความสามารถในการออกแบบเพื่อให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะนี้ วิธีที่จะออกแบบการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีทักษะนี้

ใช้หลักการว่า ต้องมีการเรียนรู้แบบที่ผู้เรียนร่วมกันสร้างความรู้เองคือ เรียนรู้โดยการสร้างความรู้ และเรียนรู้เป็นทีม ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ประกอบด้วยทักษะย่อย ได้แก่ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) และการแก้ปัญหา (problem solving) การสื่อสาร (communication) และความร่วมมือ (collaboration) ความริเริ่มสร้างสรรค์ (creativity) และนวัตกรรม (innovation)² และเมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศกับนานาชาติโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ร่วมกับ Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) ได้ดำเนินการโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment : PISA) ปี 2009 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของการประเมินความรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยมีค่า 425 คะแนน (ค่าเฉลี่ยของทุกประเทศเท่ากับ 501 คะแนน) อยู่ในลำดับที่ 47 จากทั้งหมด 65 ประเทศ³ และผลการประเมินความรู้และทักษะวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจากการประเมินผลนานาชาติ (Trends in International Mathematics and Science Study : TIMSS)⁴ ปี 2007 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนไทย มีค่า 471 คะแนน (ค่าเฉลี่ยของทุกประเทศเท่ากับ 500 คะแนน) อยู่ในลำดับที่ 23 จากทั้งหมด 50 ประเทศ โดยนักเรียนไทยร้อยละ 52 มีความรู้และทักษะวิทยาศาสตร์ไม่ถึงขั้นกลาง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552)

และจากผลการประเมินคุณภาพภายนอกของสถานศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานรอบที่ 2 ปี พ.ศ. 2549 - 2551 ภาพรวมทั้งประเทศพบว่าคะแนนเฉลี่ยในมาตรฐานที่ 4 การคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ และมีวิจรรณญาณเท่ากับ 2.72 อยู่ในระดับพอใช้ ส่วนมาตรฐานที่ 5 ความรู้ทักษะที่จำเป็นตามหลักสูตร ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.68 อยู่ในระดับพอใช้และมาตรฐานที่ 6 ทักษะในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.95 อยู่ในระดับพอใช้⁵ จากข้อมูลดังกล่าว จะเห็นได้ว่าความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์ของเด็กไทยยังไม่เพียงพอสำหรับอนาคต ที่จะนำไปสู่การคิด การหาความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ และกระบวนการสร้างความรู้ประเทศไทยยังอยู่ห่างไกลจากเป้าหมายความเข้มแข็งทางการศึกษาและไม่สามารถเตรียมเยาวชนให้มีศักยภาพในการแข่งขันในอนาคต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552, 2553) และจากการสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับคุณภาพการศึกษาไทย ของนางลักษณ์ วิรัชชัย และคณะ⁶ พบว่า ลักษณะของครูและกระบวนการของครูอาจารย์มีอิทธิพลต่อคุณภาพผู้เรียนสูงสุด ดังนั้นครูจึงต้องพัฒนาตนเองให้เป็นผู้ที่มีทักษะในการถ่ายทอดความรู้ การจัดหลักสูตร และการพัฒนาหลักสูตร มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับจิตวิทยาของผู้เรียน พัฒนาการตามวัย สามารถบูรณาการการเรียนการสอนให้เข้ากับชีวิตประจำวันได้อย่างกลมกลืน อีกทั้งสามารถใช้นวัตกรรม

จัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ⁴

ดังนั้นในยุคที่โลกมีการเปลี่ยนแปลง ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้ที่มีทักษะการเรียนรู้และมีความสามารถในการพัฒนานวัตกรรม ครูจะต้องมีการปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะที่ตอบสนองต่อความต้องการของสังคม สำหรับความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมนั้น สิ่งแรกที่ต้องได้ว่ามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการของนวัตกรรม คือ ความคิดสร้างสรรค์โดยความคิดสร้างสรรค์จะเป็นสิ่งทีุ่ก่อให้เกิดความคิดเริ่มแรกขึ้น และยังเป็นสิ่งที่ช่วยปรับปรุงความคิดนั้นให้ดีขึ้น ซึ่งผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์สามารถประเมินได้จากคุณภาพของชิ้นงาน^{7,8} การที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการนวัตกรรมจึงควรจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ แนวคิด constructionism เป็นอีกแนวคิดหนึ่งที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม แนวคิดนี้เชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ในสภาพแวดล้อมได้ด้วยตนเอง เพื่อสร้างประสบการณ์ และใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือประกอบการเรียนการสอนทำให้ผู้เรียนเรียนเข้าใจมากยิ่งขึ้น⁹ และหากผู้เรียนมีโอกาสดำเนินการสร้างความรู้และนำความรู้ของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน¹⁰ การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด construction-

ism ผู้สอนควรเชื่อมโยงสิ่งที่รู้แล้วกับสิ่งที่ผู้เรียนกำลังเรียน ให้โอกาสผู้เรียนเป็นผู้ริเริ่มทำโครงการที่ตนเองสนใจ เปิดโอกาสให้มีการนำเสนอความคิดเห็น ผลงาน และให้เวลาทำงานอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งคอยช่วยเหลือแนะนำผู้เรียนให้สามารถเรียนไปตามความสามารถของตนเองให้มากที่สุด¹¹

จากแนวคิดประสาทวิทยาศึกษา พบว่าอารมณ์และความรู้สึกมีผลต่อการตัดสินใจและการเลือกรับข้อมูล¹² เช่น หากมีสิ่งเร้ามาดึงความสนใจจากสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายหรืออารมณ์เชิงลบ เช่น ความเครียด (stress) ความสนใจต่อสิ่งเร้าก็จะลดลง และหากเราไม่ต้องการให้ความสนใจต่อสิ่งเร้าลดลง เราก็ต้องกระตุ้นหรือเร้าให้ตื่นตัวเพื่อให้เพิ่มความสนใจต่อสิ่งเร้า¹³ ความเครียดมีผลต่อการเรียนรู้ทั้งในด้านบวกและด้านลบ จากผลการวิจัย พบว่าความเครียดในระดับพอเหมาะทำให้ความสามารถในการเรียนรู้และความจำดีขึ้น แต่ความเครียดในระดับที่มากเกินไปกลับทำให้ความสามารถในการเรียนรู้และความจำขณะทำงานลดลง ความเครียดในระดับพอดีจะช่วยกระตุ้นให้เรา มีพลังมีความกระตือรือร้นในการต่อสู้ชีวิต และทำงานในสภาวะที่มีความรู้สึกว่าเผชิญปัญหาทางความคิดต้องหาทางแก้ปัญหา¹⁴ แต่ถ้าความเครียดมีมากเกินไปจะส่งผลให้กระบวนการทำงานของเซลล์ประสาทลดลง และทำลายสมองส่วนที่จะเกิดการเรียนรู้ทำให้ความสามารถในการเรียนรู้ จดจำ และสมาธิลดลง¹⁵ ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ควรที่จะให้ผู้เรียนมีความเครียดอยู่ในระดับที่พอเหมาะและเกิดขึ้นใน

เวลาอันสั้น ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนมีความสามารถในการเรียนรู้และความจำดีขึ้น สำหรับผู้เรียนที่อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 13 - 17 ปี ถือได้ว่าอยู่ในช่วงวัยรุ่นสาเหตุของความเครียดของผู้เรียน อาจจะเป็นผลที่เกิดจากสภาพจิตใจ อารมณ์ และสุขภาพของผู้เรียน โดย Yusoff¹⁵ ได้แบ่งสาเหตุของความเครียด (stressor) ออกเป็น 6 ด้าน ได้แก่ ด้านวิชาการ (academic related stressors) ด้านความเข้าใจภายในบุคคล (intrapersonal related stressors) ด้านความเข้าใจระหว่างบุคคล (interpersonal related stressors) ด้านการเรียนและการสอน (learning and teaching related stressors) ด้านครู (teacher related stressors) และด้านสังคมกลุ่ม (group social related stressors)

ดังนั้น การพัฒนารูปแบบการสอนโดยใช้แนวคิด constructionism และความรู้ประสาทวิทยาศาสตร์เป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมนั้นจะเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดสร้างสรรค์และมีความสามารถในการสร้างนวัตกรรม ซึ่งสอดคล้องกับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทบทวนความรู้ พัฒนาสมรรถนะของสมอง โดยคำนึงถึงสภาวะความเครียด ที่จะนำไปสู่การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และสร้างสรรค์ชิ้นงานได้ต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลการสอนโดยใช้แนวคิด constructionism และความรู้ประสาทวิทยาศาสตร์

เป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการพัฒนา
นวัตกรรม ความคิดสร้างสรรค์ ผลสัมฤทธิ์ทางการ
เรียน และผลต่อสาเหตุของความเครียดในการเรียน

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาผลการใช้รูปแบบการสอนโดยใช้
แนวคิด constructionism และความรู้ประสาท
วิทยาศาสตร์เป็นฐาน โดยการเปรียบเทียบ
ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามรูปแบบ
ที่พัฒนาขึ้นในประเด็นดังต่อไปนี้ (1) ความ
สามารถในการพัฒนานวัตกรรม (2) ความคิด
สร้างสรรค์ (3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ (4)
สาเหตุของความเครียดในการเรียน ใช้รูปแบบ
การวิจัยเชิงทดลอง pretest - posttest control
group design ตามรายละเอียดดังนี้

3.2.1 ประชากรคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียน
น้ำพองศึกษา อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น
ที่ใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน
พุทธศักราช 2551 จำนวน 10 ห้องเรียน โดยจัด
ห้องเรียนแบบคลัสต์รวม 441 คน

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับ
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา
2556 โรงเรียนน้ำพองศึกษา อำเภอน้ำพอง จังหวัด
ขอนแก่น จำนวน 2 ห้องเรียน รวมจำนวน 83 คน
ที่ได้จากการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 2 กลุ่ม และสุ่ม
อีกครั้งหนึ่งเพื่อเป็นกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง

3.2.3 ตัวแปรต้น ได้แก่ วิธีการจัดการเรียน
รู้ซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตาม

รูปแบบการสอนโดยใช้แนวคิด constructionism
และความรู้ประสาทวิทยาศาสตร์เป็นฐานเพื่อ
ส่งเสริมความสามารถในการพัฒนานวัตกรรม และ
การจัดการเรียนรู้แบบปกติ

3.2.4 ตัวแปรตาม ได้แก่ (1) ความสามารถ
ในการพัฒนานวัตกรรม (2) ความคิดสร้างสรรค์
(3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ (4) สาเหตุของ
ความเครียดในการเรียน (stressor)

3.2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือ
ที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แบบประเมินชิ้น
งาน 2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ 3) แบบวัดผล
สัมฤทธิ์ทางการเรียน 4) แบบประเมินเจตคติทาง
วิทยาศาสตร์ 5) แบบวัดทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ และ 6) แบบสอบถามสาเหตุของ
ความเครียดในการเรียน

3.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้การหาค่าเฉลี่ย
(\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การทดสอบค่า
สถิติ Hotelling T^2

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบความแตกต่าง
ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการพัฒนา
นวัตกรรมหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่ม
ควบคุม โดยการทดสอบค่าสถิติ Hotelling T^2

เนื่องจากไม่มีการเก็บคะแนนความสามารถ
ในการพัฒนานวัตกรรมของนักเรียนก่อนเรียน
จึงทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความ
สามารถในการพัฒนานวัตกรรมเฉพาะคะแนน
หลังเรียน โดยการทดสอบค่าสถิติ Hotelling T^2

ซึ่งพบว่ามี ความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($T^2 = 5.06$; $F_{(6, 76)} = 64.10$; $p = .00$) ดังนั้นจึงทดสอบความแตกต่าง

ทีละคู่โดยการทดสอบ univariate ผลการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยการทดสอบ univariate

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		F	p
	(\bar{X})	S.D.	(\bar{X})	S.D.		
Originality	3.05	0.81	2.50	0.40	13.119	.001*
Practicality	2.66	0.75	2.22	0.27	10.988	.001*
Elaboration	2.47	0.55	2.02	0.08	22.138	.000*
Multi-dimensional	2.88	0.43	2.25	0.33	52.128	.000*
Environmental friendliness	2.76	0.57	2.33	0.00	18.653	.000*
Aesthetic and attractive	2.18	0.37	2.91	0.24	105.620	.000*

* $p < .05$ เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

จากตารางที่ 1 พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมด้าน originality, practicality, elaboration, multi-dimensional และ environmental friendliness สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนด้าน aesthetic and attractive ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2 ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดเห็นต่อสาเหตุของความเครียดในการเรียน ก่อนเรียน ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูล

หลายตัวแปร โดยการทดสอบค่าสถิติ Hotelling T^2 พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ($T^2 = 0.078$; $F_{(5,77)} = 1.197$; $p = 0.32$)

4.3 ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และสาเหตุของความเครียดในการเรียนหลังเรียน ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยการทดสอบค่าสถิติ Hotelling T^2 พบว่ามีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($T^2 = 1.44$; $F_{(5,77)} = 22.12$; $p = .00$) ดังนั้นจึงทดสอบความแตกต่างทีละคู่โดยการทดสอบ univariate ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดเห็นต่อสาเหตุของความเครียดในการเรียนหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยการทดสอบ univariate

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		F	P
	(\bar{X})	S.D.	(\bar{X})	S.D.		
1. ความคิดสร้างสรรค์	224.76	77.88	163.50	58.24	15.14	.000*
1.1 ความคล่องในการคิด	66.22	24.24	47.65	17.86	14.491	.000*
1.2 ความยืดหยุ่นในการคิด	25.57	3.89	21.09	5.63	18.434	.000*
1.3 ความคิดริเริ่ม	140.86	50.02	95.53	36.36	20.403	.000*
2. ความรู้วิทยาศาสตร์	22.43	2.89	16.79	3.22	69.61	.000*
3. เจตคติทางวิทยาศาสตร์	104.16	8.36	96.24	9.65	15.90	.000*
4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	33.86	4.07	30.35	3.02	18.19	.000*
5. สาเหตุของความเครียดในการเรียน	97.16	20.56	104.47	27.49	1.92	.170

* $p < .05$ เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

จากตารางที่ 2 พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งในด้านความรู้วิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของการทดสอบหลังเรียน สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กับกลุ่มควบคุม

ส่วน คะแนนความคิดเห็นต่อสาเหตุความเครียดในการเรียนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาคะแนนความคิดเห็นต่อสาเหตุของความเครียดในการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของแต่ละกลุ่มพบว่า คะแนนความคิดเห็นหลังเรียนของกลุ่มทดลองต่ำกว่าคะแนนความคิดเห็นก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่คะแนนความคิดเห็นต่อสาเหตุของความเครียดในการเรียนก่อนเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนความคิดเห็นต่อสาเหตุของความเครียดในการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	คะแนนก่อนเรียน		คะแนนหลังเรียน		Pair t - test	p
	(\bar{X})	S.D.	(\bar{X})	S.D.		
กลุ่มทดลอง	101.88	24.58	97.16	20.56	1.838	.04*
กลุ่มควบคุม	102.88	29.60	104.47	27.49	-1.263	.11

* p <.05 เปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนความคิดเห็นต่อสาเหตุของความเครียดก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนความคิดเห็นต่อสาเหตุของความเครียดในการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุมพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการใช้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น มีประเด็นในการอภิปราย ดังนี้

5.1 ด้านความสามารถในการพัฒนานวัตกรรม นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมแตกต่างกับนักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งเป็นผลมาจากรูปแบบการสอนที่ใช้แนวคิด

constructionism ตามข้อเสนอของ Papert อ้างถึงใน ทิศนา แคมมณี¹⁰ ที่ให้ผู้เรียนได้ทำการสำรวจและทดลองด้วยตนเองการเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับสิ่งที่รู้มาก่อน โดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เป็นวัสดุอุปกรณ์ที่จะช่วยพัฒนาสติปัญญาของผู้เรียน อีกทั้งการทำในสิ่งที่เป็นามธรรมแสดงออกมาเป็นรูปธรรม จะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้ง สอดคล้องกับ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา¹¹ ที่ได้รายงานผลการจัดการเรียนรู้ตามแนว constructionism ว่าส่งผลให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาให้มีศักยภาพ เกิดทักษะกระบวนการคิด คิดอย่าง รู้วิธีที่จะเรียนรู้ ลงมือทำโครงการต่าง ๆ อย่างสร้างสรรค์ และแนวคิดประสาทวิทยาศาสตร์ ยังได้เสนอว่าการจัดการเรียนการสอนแบบ Hand on - mind on เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ และใช้กระบวนการคิดซึ่งเป็นการเสริมสร้างโครงข่ายของความรู้ ส่งผลให้ความจำซบะทำงานและความตั้งใจได้ผลดีขึ้น¹² ซึ่งความจำซบะทำงาน และความตั้งใจเป็นสิ่งสำคัญสำหรับความคิดสร้างสรรค์¹⁶ เมื่อผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ก็จะนำไปสู่การสร้างสรรค์ชิ้นงานต่อไป⁷

5.2 ด้านความคิดสร้างสรรค์ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เพราะในการจัดการเรียนการสอนได้มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกทั้งในด้านความคิดเห็น การเขียน และทางด้านศิลปะ ส่งเสริมการใช้ความคิดอเนกนัย ส่งเสริมการสร้างผลงาน และมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ¹⁷ อีกทั้งผู้วิจัยได้นำแนวคิดประสาทวิทยาศาสตร์ในประเด็นของความจำขณะทำงาน และความตั้งใจ มาใช้ในการพัฒนารูปแบบการสอน เมื่อผู้เรียนมีความจำขณะทำงาน และความตั้งใจที่สูงขึ้น ก็ส่งผลให้ความคิดสร้างสรรค์สูงขึ้น¹⁶

5.3 ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้โดย คะแนนความรู้วิทยาศาสตร์ คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นผลมาจากรูปแบบการที่พัฒนาขึ้นตามแนวคิด Constructionism ส่งผลให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นในตนเองที่มีความหมายต่อผู้เรียน จะอยู่คงทน ผู้เรียนจะไม่ลืมง่าย และสามารถถ่ายทอดให้ผู้อื่นเข้าใจความคิดของตนเองได้ดี^{9,10} ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัฒน์ เมืองใจมา¹⁸ ที่พบว่า กระบวนการเรียนการสอนตาม

หลักการของทฤษฎีการสร้างสรรคด้วยปัญญา (constructionism) สามารถพัฒนาผู้เรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของผู้เรียนผ่านเกณฑ์มาตรฐานการศึกษาและผู้เรียนมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ อีกการนำแนวคิดประสาทวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นฐานในการออกแบบขั้นตอนการเรียนรู้อย่างเน้นให้ผู้เรียนจดจ่อ (concentrating) กับภาระงานที่มอบหมาย และมีการฝึกปฏิบัติ (practicing) ทำให้เกิดความคงทนของกระแสประสาท ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ไปสู่ความจำระยะยาว ส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น^{12,19}

5.4 ด้านสาเหตุของความเครียดในการเรียน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของคะแนน แต่เมื่อพิจารณาความแตกต่างของคะแนนความคิดเห็นต่อสาเหตุของความเครียดในการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าคะแนนความคิดเห็นต่อสาเหตุของความเครียดในการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ ความเครียดในการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นนั้นมีการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน มีสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงออก และมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างบุคคล ทำให้เกิดบรรยากาศที่ผ่อนคลาย ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอของ จินตนาภรณ์ วัฒนธร ที่กล่าวว่าการนำ

เสนอกิจกรรมรูปแบบการเรียนรู้ที่หลากหลาย จะกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียนเพิ่มขึ้น และการจัดการเรียนรู้ควรจัดให้มีบรรยากาศที่ผ่อนคลาย และตื่นตัว¹⁷

6. สรุปผลการวิจัย

การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการพัฒนานวัตกรรม ความคิดสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเพิ่มขึ้น แต่ความเครียดในการเรียนนั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม เมื่อพิจารณาความแตกต่างของคะแนนความคิดเห็นต่อสาเหตุของความเครียดในการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า คะแนนความคิดเห็นต่อสาเหตุของความเครียดในการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองมีค่าลดลง และของกลุ่มควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้น

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ครูควรมีวิธีการแบ่งกลุ่มผู้เรียนให้ประกอบด้วยนักเรียนเก่ง กลาง อ่อน ในทุกๆ กลุ่มอย่างเท่าเทียมกัน

7.2 ควรนำการจัดการสอนตามรูปแบบไปใช้กับรายวิชาอื่นๆ เพื่อดูว่าส่งผลต่อความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมในรายวิชานั้นหรือไม่

บรรณานุกรม

1. วรพจน์ วงศ์กิจรุ่งเรือง และอชิป จิตตฤกษ์ (ผู้แปล). (2554). ทักษะแห่งอนาคตใหม่ : การศึกษาเพื่อศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ : Openworlds.
2. วิจารย์ พานิช. (2555). วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ : ตาตาพับลิเคชั่น.
3. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ บทสรุปเพื่อการบริหาร. กรุงเทพฯ : อรุณการพิมพ์.
4. คุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียนไทย สังเคราะห์การประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA 2006 และ TIMSS 2007. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
5. สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2552). รายงานความก้าวหน้าการจัดการเรียนรู้ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปี 2551 - 2552. สำนักประเมินผลการจัดการศึกษาสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.
6. นงลักษณ์ วิรัชชัย และคณะ. (2552). รายงานการสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับคุณภาพการศึกษา: การวิเคราะห์อภิมาน (meta-analysis). กรุงเทพฯ : สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.
7. ญัฐยา ลินตระกูลผล. (2550). (ผู้แปล). การบริหารจัดการนวัตกรรม. กรุงเทพฯ : เอ็กซ์เปอร์เน็ท.

8. ไชย ฌ พล อัครศุภเศรษฐ์. (2550). การสร้างสรรค้้นวัตกรรม : ค้กยภาพการแข่งข้ันสู่โลกอนาคต = Creative innovation. กรุงเทพฯ : Pluspress.
9. Ackermann E. (2001). Piaget’s Constructivism, Papert’s Constructionism: What’s the difference?. Constructivism : Uses and Perspectives in Education, (1). Retrieved September 10, 2012, from <http://www.learning.media.mit.edu>.
10. ทิศนา แชมมณี. (2551). ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ ฯ สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
11. รายงานผลการจัดการเรียนรู้ด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค้ด้วยปัญญา (Constructionism) ของสถานศึษา. เอกสารการประชุมทางวิชาการ คร้ังที่ 2 ประจำปี 2557. กรุงเทพฯ ฯ : กระทรวงศึษาธิการ.
12. Anderson, O. (2009). A New Neurocognitive model for Assessing Divergent thinking. Columbia University USA.
13. จินตนาภรณ์ วัฒนธร. (2554). บทบาทของสมองต่อการเกิด สมาธิ แรงจูงใจ การเรียนรู้ และความจำ. วารสารหลักสูตรและการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 4 (1-2), 12 - 18.
14. อัครภูมิ จารุภากร และพรพิไล เลิศวิชา. (2550). สมอง เรียน รู้ .กรุงเทพฯ ฯ : สถาบันวิทยาการการเรียนรู้.
15. Vedhara K, Hyde J, Gilchrist ID, Tytherleigh M, Plummer S. Acute stress, memory, attention and cortisol. Biological Psychology 2000; 25: 535 - 49.
16. Yusoff MSB. The validity and reliability of secondary school stressor questionnaire (3SQ) in identifying stressor among adolescents in secondary school. International Medical Journal 2011; 18: 99 - 105.
17. Dietrich A. The cognitive neuroscience of creativity. Psychonomic Bulletin & Review 2004; 11: 1011-26.
18. Goswami U. Principle of learning, implications for teaching : cognitive neuroscience perspective. Journal of Philosophy of Education 2008; 42: 3 -4.
19. Heilman MK, Nadeau ES, Beversdorf OD. Creative innovation: possible brain mechanisms. Neurocase 2003; 9: 369-79.
20. Klausmier HJ. (1985). Education Psychology. New York: Harper 1 Row.
21. พัฒน์ เมืองใจมา. (2554). การประเมินระบบการจัดการศึษาแนวคึดการสร้างสรรค้ด้วยปัญญา (Constructionism). รายงานการศึษาอิสระ สาขาวิชาการศึกษาการปกครองท้องถิ่น วิทยาลัยการปกครองท้องถิ่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

22. Nevills P. (2011). Build the brain for reading, grades 4-12. California. Corwin.
23. นัยพินิจ คชภักดี. (2548). การพัฒนาและวิวัฒนาการของประสาทวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย: อดีต ปัจจุบัน และอนาคต. วารสารประสาทวิทยาศาสตร์ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 3(4), หน้า 1-15.
24. Vedhara K. An investigation into the relationship between salivary cortisol, stress, anxiety and depression [Electronic version]. Biological Psychology 2003; 62: 89 - 96.