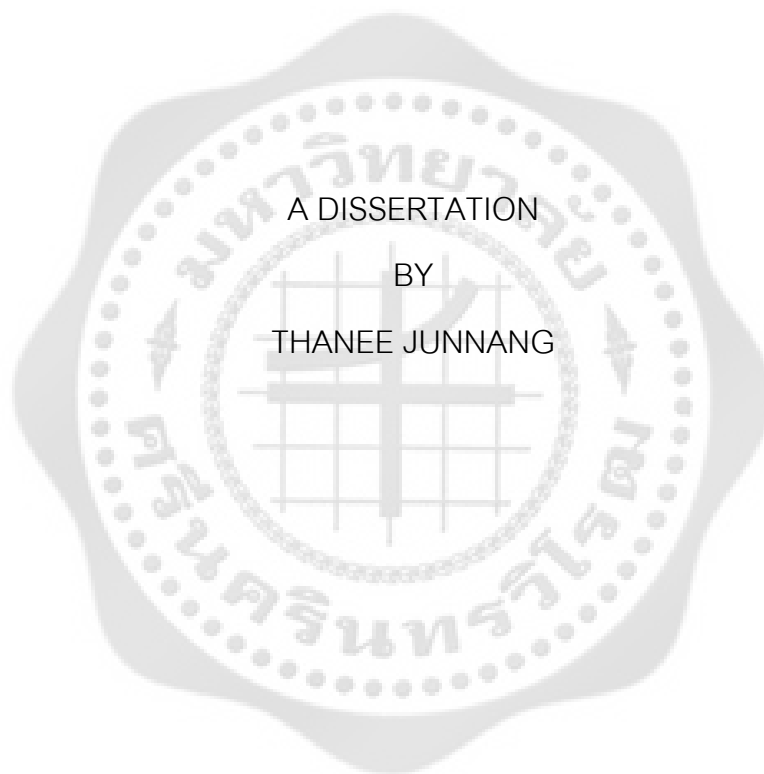


THE DEVELOPMENT OF ESRU-GUIDED INQUIRY-BASED CURRICULUM FOR
ENHANCING PRESERVICE SCIENCE TEACHERS' UNDERSTANDING INQUIRY,
PRACTICING INQUIRY AND CORE TEACHING CONCEPTIONS.

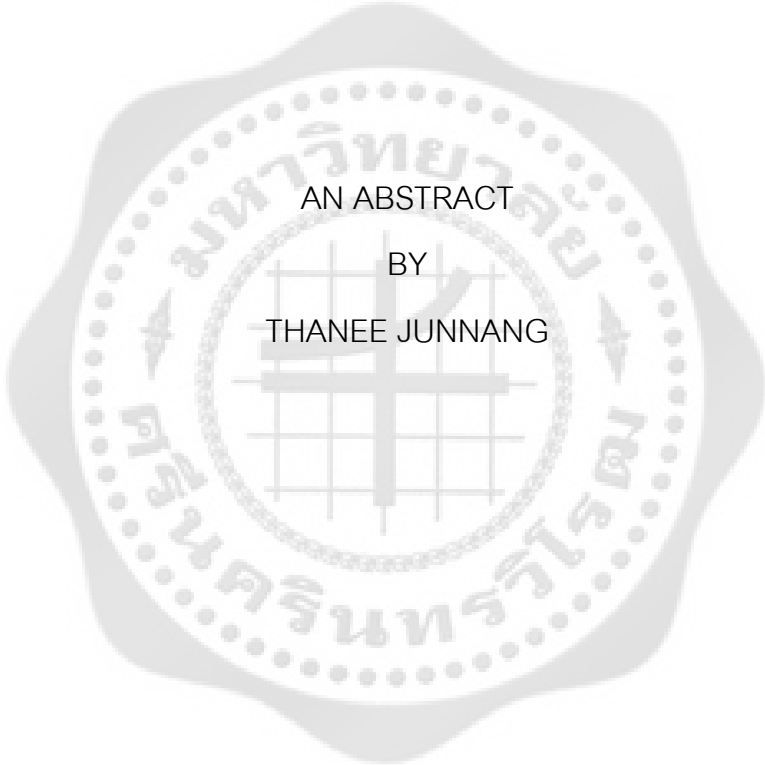


Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Education Degree in Science Education
Srinakharinwirot University

March 2014

Copyright 2006 by Srinakharinwirot University

THE DEVELOPMENT OF ESRU-GUIDED INQUIRY-BASED CURRICULUM FOR
ENHANCING PRESERVICE SCIENCE TEACHERS' UNDERSTANDING INQUIRY,
PRACTICING INQUIRY AND CORE TEACHING CONCEPTIONS.



AN ABSTRACT
BY
THANEE JUNNANG

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Education Degree in Science Education
Srinakharinwirot University
March 2014

Thanee Junnang. (2014). **The Development of ESRU-guided inquiry-based Curriculum for Enhancing Preservice Science Teachers' Understanding Inquiry, Practicing Inquiry and Core Teaching Conceptions.** Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok: Graduate School, Srikharinirot University. Advisor Committee: Assoc. Prof. Dr. Nason Phonphok, Dr. Chanya Dasa, Dr. Savitree Rochanasmita Arnold.

This research studied the effects of the ESRU-guided inquiry-based curriculum on preservice science teachers' understanding inquiry, practicing inquiry and core teaching conceptions. The research consists of two phase: 1) developing the ESRU-guided inquiry-based curriculum 2) implementing the ESRU-guided inquiry-based. In phase one, there were twenty eight volunteer preservice science teacher participated in the pilot study. In phase two, the curriculum implementation, there were twenty three volunteer preservice science teacher participated in the process.

The curriculum consisted 1) ESRU cycle 2) guided inquiry-based learning experience about rice farming crisis and 3) reflective writing about core teaching conceptions. The pre- and post test one group experimental designed was use in order the tracked the changes in preservice science teachers' understanding of inquiry, practicing inquiry and core teaching conceptions. Frayer model was used to evaluate understanding inquiry before and after implementation. Participants were asked to design one inquiry-based lesson plan before and after the curriculum implementation to evaluate the changes of practicing inquiry. The questionnaire about core teaching conception was use before the implementation and the reflective writing activity during the curriculum implementation were the evaluation for the changes of core teaching conceptions.

The data indicated that before the implementation, participants understanding inquiry as a process of searching existing scientific knowledge. Most of the participants used 5E model to design inquiry-based lesson plan with the misconception about expanding and evaluation (step four and five). The strongest core teaching conceptions that participants held which could lead to not practice inquiry in the class was the idea of students as a limited learning ability. The participants thought that students might not ready

for learning through inquiry. After the curriculum implementation, participants understand inquiry as the way scientist do science. For practicing inquiry after the implementation, participants used more structure of five features of inquiry beside 5E model. Finally, core teaching conceptions of the participants after the curriculum implementation understand that students have the expandable learning ability. The findings showed that when the preservice science teachers understand inquiry as the process of learning new thing; therefore, they think of students as the expandable learning ability.



การพัฒนาหลักสูตรการสืบเสาะหาความรู้เชิงแนะนำโดยใช้ความเข้าใจก่อนเรียนเป็นฐานเพื่อ
เสริมสร้างความเข้าใจเรื่องการสืบเสาะหาความรู้ การนำไปใช้ในชั้นเรียนและแก่นความคิด
รวบยอดที่มีต่อการสอนของนิสิตครูวิทยาศาสตร์



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฐ์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา
มีนาคม 2557

ธานี จันทรวง. (2557). การพัฒนาหลักสูตรการสืบเสาะหาความรู้เชิงแนะนำโดยใช้ความ
เข้าใจ ก่อนเรียนเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจเรื่องการสืบเสาะหาความรู้
การนำไปใช้ในชั้นเรียนและแก่นความคิดรวบยอดที่มีต่อการสอนของนิสิตครู
วิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์กศ.ด.(วิทยาศาสตร์ศึกษา).กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: รองศาสตราจารย์
ดร.ณสร ด้ ผลโกคม อาจารย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา,
อาจารย์ ดร.สาวิตรี โจนสมิต อาร์โนลด์.

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการใช้หลักสูตรการสืบเสาะหาความรู้เชิงแนะนำโดยใช้ความเข้าใจ
ก่อน เรียนเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจเรื่องการสืบเสาะหาความรู้ การนำไปใช้ในชั้นเรียนและ
แก่นความคิดรวบยอดที่มีต่อการสอนของนิสิตครูวิทยาศาสตร์ งานวิจัยประกอบไปด้วยสองขั้นตอน คือ
1) การสร้างหลักสูตรการสืบเสาะหาความรู้เชิงแนะนำโดยใช้ความเข้าใจก่อนเรียนเป็นฐาน
2) การทดลองใช้หลักสูตรกับนิสิตครูวิทยาศาสตร์ ในขั้นตอนแรก การสร้างหลักสูตรก่อนนำมาใช้จริงมี
นิสิตครูวิทยาศาสตร์อาสาเข้าร่วมจำนวน 28 คน ในขั้นตอนที่ 2 ของการทดลองหลักสูตรมีนิสิตครู
วิทยาศาสตร์อาสาเข้าร่วมจำนวน 23 คน

หลักสูตรประกอบด้วย 1) การตรวจสอบความเข้าใจก่อนเรียนเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน
2) กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เชิงแนะนำ 3) การเขียนสะท้อนความคิด ของแก่น
ความคิดรวบยอดเกี่ยวกับการสอน ใช้การเก็บข้อมูลก่อนและหลังการใช้หลักสูตร เพื่อประเมินความ
เปลี่ยนแปลงของความเข้าใจเรื่องการสืบเสาะหาความรู้ ความสามารถในการนำไปใช้และแก่น
ความคิดรวบยอดเกี่ยวกับการสอน โดยใช้เฟรย์ โมเดล เพื่อทดสอบด้านความเข้าใจเรื่องการสืบ
เสาะหาความรู้ ในส่วนของความสามารถในการนำกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ไปใช้ ผ่านการ
ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ก่อนและหลังหลักสูตร ในส่วนของแก่นความคิด
รวบยอดใช้แบบสอบถามก่อนใช้หลักสูตรและการเขียนสะท้อนความคิดในกิจกรรมของหลักสูตรเพื่อ
ประเมินความเปลี่ยนแปลงในนิสิตครูวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ก่อนทดลองผู้เข้าร่วมทดลองหลักสูตรมีความเข้าใจการสืบ
เสาะหาความรู้ ว่าเป็นกระบวนการในการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้ว ผู้เข้ารับการ
ทดลองส่วนใหญ่ใช้โครงสร้าง 5E ในการออกแบบแผนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยมีความ
เข้าใจคลาดเคลื่อนในขั้นการขยายความรู้และขั้นประเมินผล (ขั้น 4 และขั้น 5) แก่นความคิดรวบยอดที่
มีค่าสูงสุดคือมุมมองที่มีต่อผู้เรียนว่ามีข้อจำกัดในการเรียนรู้ซึ่งส่งผลให้ไม่นำการสอนแบบสืบเสาะหา
ความรู้ไปใช้ในห้องเรียนเนื่องจากคิดว่านักเรียนไม่พร้อมต่อการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้

ภายหลังจากเรียนรู้ด้วยหลักสูตร ผู้เข้ารับการอบรมเข้าใจกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นกระบวนการค้นหาความรู้ใหม่ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการทำงาน ในส่วนของการออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผู้เข้ารับการทดลองใช้โครงสร้างของห้าคุณลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้แทนการใช้โครงสร้าง 5E เพียงอย่างเดียวในส่วนของการวัดความคืบหน้าที่มีต่อการสอนผู้เข้ารับการทดลองเข้าใจว่าผู้เรียนมีศักยภาพในการเรียนรู้ที่ ไรซ์ดจำกัดการค้นพบนี้บ่งชี้ว่าเมื่อนิสิตครูวิทยาศาสตร์เข้าใจการสืบเสาะหาความรู้ว่า เป็นกระบวนการ ในการค้นหาความรู้ใหม่ ๆ ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้นิสิตครูวิทยาศาสตร์มองเห็นผู้เรียนว่ามีศักยภาพในการเรียนรู้ และสามารถเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ได้



This study was financially by
Srinakharinwirot University and The Institute for the Promotion of Teaching
Science and Technology (IPST), Thailand



Acknowledgement

I would like to acknowledge and express my deep gratitude to Assoc. Prof. Dr. Nason Phonphok, my chair advisor and Dr. Chanya Dasa, Dr. Savitree Rochanasmita Arnold, my advisor, for their valuable comments, kind assistance and encouragement.

I would also like to thank for Acting Sub Lt. Dr. Manat Boonprakob, Dr. Chatree Faikhamta and Dr. Wanphen Pratoomtong, the experts, for their valuable suggestions.

I am very grateful to Dr. Suphawut Pookcharoen, my reader, for helping me proofread this dissertation and for sincere guidance.

Finally, my special thanks for my father and my mother who always in my heart even you cannot be here with me to see my success.

Thanee Junnang



TABLE OF CONTENTS

Chapter	Page
1 INTRODUCTION.....	1
Background.....	1
Research objectives.....	4
Research questions.....	4
Significance of study.....	5
Delimitations.....	6
Theoretical framework.....	9
 2 REVIEW OF THE LITERATURE.....	 11
Introduction.....	11
Preservice science teacher.....	11
Inquiry.....	14
Professional development.....	28
Preservice teacher, inquiry-based approach and professional development interrelated to the idea of this research.....	 45
 3 METHODOLOGY.....	 48
Introduction.....	48
Phase one: Curriculum creation.....	49
Phase two: Curriculum implementation.....	53
Phase three: Curriculum evaluation.....	57
Data gathering.....	57
Data analysis.....	58

TABLE OF CONTENTS (Continued)

Chapter	Page
4 FINDINGS.....	60
Section one: The result of developing curriculum.....	60
Section two: The result of the implementation and evaluation.....	64
5 CONCLUSIONS AND DISCUSSIONS.....	77
Conclusions.....	77
Discussions.....	78
Recommendations.....	81
BIBLIOGRAPHY.....	85
APPENDIXES.....	92
Appendix A: Overview of the ESRU-guided inquiry-base curriculum.....	93
Appendix B: Schedule of the ESRU-guided inquiry-base curriculum implementation.....	100
Appendix C: Lesson plans for the ESRU-guided inquiry-base curriculum implementation.....	111
Appendix D: Project report for each activities.....	121
Appendix E: Reflective writing form for core teaching conceptions.....	129
VITAE.....	141

LIST OF TABLES

Table	Page
1 Levels of inquiry.....	20
2 Inquiry science instruction conceptual framework.....	22
3 Eighteen strategies for professional learning.....	29
4 Teachers and teachers' learning needs.....	34
5 Critical levels of professional development evaluation.....	40
6 The assessments of the curriculum.....	52
7 The inquiry scoring rubric for lesson plan.....	66
8 The t test score of practicing inquiry.....	69
9 The average mean score of core teaching conception and the understanding inquiry.....	73
10 The participants who understand inquiry as the process and the connection of core teaching conceptions.....	74
11 The calculation of chi square test for independent of understanding of inquiry and core teaching conceptions that support inquiry.....	76

LIST OF Figures

Figure	Page
1 Theoretical framework.....	10
2 Design frameworks for the professional development in science and mathematics.....	31
3 Overview of the curriculum designing process.....	49
4 The professional development design of this curriculum.....	52
5 The overview of phase two.....	54
6 The percentage of understanding inquiry in the participants before and after the curriculum implementation.....	54
7 The comparison of inquiry-based lesson plan scoring before and after the implementation.....	64
8 The percentage of core teaching conceptions before and after the curriculum implementation.....	68

CHAPTER 1

INTRODUCTION

Background

It has been more than decades that many countries around the world have been focusing on educational reform. Science education has been more than the center of attention arena as the key for improving education. Why is that? Considering that science and technology has become a key role in the global evolution, scientists have a role to play as the leader of global development. Science education paradigm has been slowly shifting from studying science as a body of content to studying science as the way scientists work which is well known as “inquiry approach”. Through these years research studies of how inquiry influences student performances and other areas in education have been examined and published for serving the demand of science education communities (Taylor; et al. 2008; Crawford. 2007; Eick; & Reed. 2002; Minner; Levy; & Century. 2010). There has been proven evidence of scientific inquiry enhancing student performance, nature of science, higher order thinking etc. (Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004; Ruiz-Primo; et al. 2010). These findings from research studies encourage teachers to bring scientific inquiry to their classroom practices, reflecting more findings and understanding about practicing inquiry in the classroom. Most importantly, the student outcomes as they can perform inquiry-based tasks as a scientist, solve problems systematically, make decisions based on evidence and articulate their ideas of inquiry are qualities that teachers want their students to be capable of. As the results of a set of skills concerning scientific inquiry that students gain from inquiry-based class, the purpose of the education reform will be achieved. Studying of how to appropriately approach inquiry into classroom will still be very exciting methodology to examine. (Forbes; & Davis. 2010; Windschitl; Thompson; & Braaten. 2003; Apedoe. 2008)

According to the educational reform occurring around the world, the necessity and demand for the reform of education raised up, consequently the National Education Act of B.E. 2542 (1999) was passed as the guiding principles for education reform (ORE. 2002). The goals of the National Education Act are to develop learners in four areas: morality, intellectual growth, quality of life, and competitive ability. Education institutions are

burdened with the responsibility of managing learning development which emphasizes thinking processes, managing and confronting real situations, applying knowledge for solving problems. (Ministry of education. 2001)

Take a closer look at the scientific area. The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) (2011: Online) developed The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008). Science consists of eight standard areas, which can be divided into seven standards of explicit content based and one standard of implicit skill based. The first to seventh content based standards are placed as guideline content for science teacher for classroom practicing, including the eight standard of nature of science and technology along with every content based standard. Consequently, the teachers have to plan the classroom practice to approach the content based standards while students are learning eight standards implicitly. The eighth standard itself consists of scientific skills, scientific mind, scientific inquiry and understanding of the nature of science. However, thinking about inquiry as an approach that scientists use to construct new knowledge, and using inquiry approach in science classroom practicing can bridge the alignment of science standards requirements with the actual classroom practicing. Underlying the science education attention about inquiry, it clearly points out the benefits of applying inquiry approach in the classroom practice, which will yield positive influence on teachers, students, and science educators.

However, as a key role of educational process, science teachers themselves need to have a clear concept of inquiry, and then integrate it with the science body of knowledge to create the inquiry-based classroom curriculum. Starting to teach science as a beginning science teacher could be very difficult when constructing inquiry based classroom practice. There are problems that beginning science teachers are struggling with during the first year of professional science teaching. Many factors that influence them to implement inquiry-based classroom practice include the perception of inquiry among the beginning science teacher themselves, prior experience of practicing inquiry, background of inquiry-based course they were taken in the university, support of the mentors, school culture, professional development experience etc (Windschitl; Thompson; & Braaten. 2003; Luehmann. 2007; Crawford. 2007; Eick; & Reed. 2002; Schwarz. 2009; Forbes; & Davis. 2010).

Based on the constructivist theory that students construct new knowledge from the prior knowledge, helping beginning teachers to deal with applying inquiry approach to classroom practice and the prior inquiry based course experiences of the preservice science teachers can be substantially important. Preservice science teacher period is the peak time of teacher students to experience professional life. The experience they learn will build up the core beliefs in science teaching (Schwarz; & Gwekwerere. 2007; Forbes; & Davis. 2010). Also in Thailand, many research studies reported the need of preservice science teachers for the better real experience teaching preparation.. Also, professional development could be one of the choices to increase practicing skill for preservice science teachers.

Moreover, there were many studies discovering the gap between understanding inquiry and practicing inquiry in the classroom. Many teachers understand what inquiry is, and realize how important teaching science is as the way scientists work will bring the best outcome for students, but still use other approaches besides inquiry in the classroom practice. Until the linkage of understanding and practicing inquiry of science has been found out by a study of Schwarz (2007) about the influence of core teaching conceptions on teachers' use of inquiry teaching practices, the results revealed that a set of four core conceptions guided science teachers use of inquiry-based practices in their classrooms. The teacher's conceptions of science, their students, effective teaching practices, and the purpose of education influenced the type and amount of inquiry instruction performed in the classroom. Researchers claimed that to be successful inquiry professional development must not only teach inquiry knowledge, but it must also assess and address teachers' core teaching conceptions. Additionally, the findings of Riuz-Primo (2007) include ESRU cycles – the teacher elicits a question; the student responds; the teacher recognizes the student's response; and then uses the information collected to support student learning- showed the higher performance of students in her study about understanding in the context of scientific inquiry than the traditional cycles of inquiry. Underlying the importance of prior knowledge of students (Akerson; & Hanuscin. 2007) the idea of using ESRU-guided inquiry-based curriculum to experience preservice science teacher seem to be interesting.

According to all information above, helping preservice science teacher to be more understanding and practice inquiry by bridging the gap of understanding and practicing inquiry with the ESRU-guided inquiry-based curriculum will smoothly connect the inquiry oriented experience for preservice science teachers. This research will present the framework of constructing the ESRU-guided inquiry-based curriculum professional development for preservice science teachers, find out the core conceptions preservice science teachers hold before the curriculum, experience inquiry based project during the curriculum, articulate their understanding and reflect the experience, and finally find out how they change those core teaching conceptions related to the degree of understanding and practicing inquiry.

Research Objectives

The purposes of this research are summarized as follows :

1. To develop the ESRU-guided inquiry based curriculum for preservice science teachers. The curriculum development was based on inquiry approach.
2. To explore the use of ESRU-guided inquiry based curriculum on preservice science teachers' understanding of inquiry, practicing inquiry and core teaching conceptions by analyzing the quantitative data and supporting with the qualitative data.
3. To evaluate the ESRU-guided inquiry based curriculum based on the critical level of professional development evaluation.

Research Questions

This research focuses on developing inquiry-based curriculum for preservice science teachers with an emphasis on the relationship of preservice science teachers' core conceptions and the degree of understanding and practicing inquiry. The research questions are :

1. Do preservice science teachers' understanding and practicing inquiry significantly increase after participating in ESRU-guided inquiry based curriculum?
2. What are teachers' core teaching conceptions that preservice science teachers hold before and change after participating in ESRU-guided inquiry based curriculum?
3. What are the interrelations of the core teaching conceptions with understanding inquiry of the preservice science teachers?

Significance of the Study

Beginning teachers struggle when starting their professional teaching career, dealing with science standard education, creating inquiry-based curriculum, managing classroom activities, and trying to improve students' performances (Crawford, 2007; Schwarz, 2009; Forbes; & Davis, 2010) A clear concept of inquiry for teaching science as the way scientists work such as modeling, observing, presenting, and arguing, encourage students to actively engage in the content matter. This will hopefully lead to an increase in understanding and practicing inquiry in preservice science teachers as the result of facilitating beginning science teachers. Moreover, finding the relationships between preservice science teacher's core teaching conceptions and the level of understanding and practicing inquiry will bridge the gap between understanding and practicing inquiry, and hopefully the inquiry-based oriented transformation in preservice science teachers will be revealed from findings of this research. This research is important because

1. It will create an ESRU-guided inquiry-based curriculum that improve an understanding and practicing inquiry as a professional development for preservice science teachers and also inservice teachers.
2. It will yield important information of preservice science teacher's core teaching conceptions which will be useful guideline for improving science teacher preparation curriculum in the future.

3. It will yield important information of the most influential core teaching conception on practicing inquiry and lead to the future research of enhancing practicing inquiry in the classroom by focusing on the most influential core teaching conception revealed from this research.

Delimitations

Population

Population in this research is the preservice science teachers of a five years teacher preparation program at Rajabhat Universities.

Participants/Sample

Phase 1: Curriculum Survey

The target samples were 67 preservice science teachers in the fourth year of a five-year teacher preparation program at Rajabhat University.

Phase 2: Pilot Study

The target samples were 28 volunteered preservice science teachers in the fourth year of a five-year teacher preparation program at Rajabhat University.

Phase 3: Curriculum Implementation

Target samples were 23 volunteered preservice science teachers in the third year of a five-year teacher preparation program at Rajabhat university.

Variables

1. Independent variable is the ESRU-guided inquiry-based curriculum.
2. Dependent variables are the levels of
 - a. understanding inquiry
 - b. practicing inquiry
 - c. the preservice science teachers' core teaching conceptions.

Definitions

1. **Curriculum** : the curriculum in this research is the set of well planned activities in order to change students' behaviors to intended goals (Uttaranun. 1989:16). The structure of the curriculum will be based on the ESRU-guided inquiry approach.

2. **Inquiry**: The teaching strategy that emphasizes how scientists do science and as the matter of this strategy in learning science. The definition that can clearly explain inquiry is the one that was given by the National Science Education Standards (NSES. 1996, cited in Crowther. 1999) that defines inquiry as: Inquiry is a set of interrelated process by which scientists and students pose questions about the natural world and investigate phenomena; in doing so, students acquire knowledge and develop a rich understanding of concepts, principles, models, and theories. Inquiry is a critical component of a science programs at all grade levels and in every domain of science, and designers of curricula and programs must be sure that the approach to concept, as well as the teaching and assessment strategies, reflect the acquisition of scientific understanding through inquiry. Students then will learn science in a way that reflects how science actually works (p.214)

3. **ESRU-guided inquiry based curriculum** : the curriculum that will be used in this research which consists of 1) ESRU cycle, 2) guided inquiry, 3) reflective writing

a. **ESRU cycle** is the informal assessment practices model to assess preservice science teachers prior knowledge in inquiry which stand for:

- 1) E is the teacher elicits and questions
- 2) S is the student responds
- 3) R is the teacher recognizes the students' response
- 4) U is the information collected to support student learning.

b. Guided inquiry is the sub level of inquiry that emphasizes the roles of teachers and students. Useful descriptions of inquiry come from Schwab (1962) and Colburn (2000) cited in Branchard. 2010, which focuses on three key activities: asking questions, collecting data, and interpreting those data – guided inquiry curriculum is the design of curriculum that teachers' role is only providing questions, and the students' roles are collecting data and interpreting those data.

c. Reflective writing is the final part of each unit in order to reflect preservice science teachers' core teaching conceptions and see the change occurring during the intervention by giving the participants the conflict stories about these four main core teaching conceptions

- i. Teachers' view of science
- ii. Teachers' view of students' abilities
- iii. Teachers' view of effective teaching
- iv. Teachers' orientations toward teaching science

Participants are asked to reflect their ideas based on the stories and write it down whether they agree or disagree with the explanations.

4. **Understanding inquiry:** the understanding inquiry in this research refer to the understanding of the concept of what inquiry, levels of inquiry and features of inquiry. The participants are assessed their understanding of inquiry before and after the ESRU – guided inquiry based curriculum by the two questionnaires and the Frayer's model. The open-ended questionnaires ask about the definition of inquiry in participants' idea and include this item as a part of pre and post questionnaire about core teaching conceptions.

5. **Practicing inquiry:** the abilities of classroom practicing in this research refers to the ability to write inquiry based lesson plans that finally are scored by using inquiry scoring rubric for lesson plan of Forbes (2010) and the teaching demonstration from the lesson plan.

6. **Core teaching conceptions :** the core teaching conceptions in this research refer to the set of conceptions preservice science teachers hold in four main areas which strongly influence the decision making in bringing inquiry to classroom (Lotter. 2007). Those four core teaching conceptions are

- i. Teachers' view of science
- ii. Teachers' view of students' abilities
- iii. Teachers' view of effective teaching
- iv. Teachers' orientations toward teaching science

All participants were administered a pre-post questionnaire using the modified questionnaires form SRI interview protocol by Lotter (2007) on these four core teaching

conceptions and the reflective writing determined whether the participants' core teaching conceptions changed during the curriculum implementation.

Theoretical Framework

Figure 1 shows framework of the study that evolved as the consequence of the literatures review of preservice science teachers' need, science education, inquiry based approach, and professional development together which become the frame work of this research. The intention of this research are to increase the understanding and practicing inquiry, explore the core teaching conceptions and evaluate ESRU-guided inquiry based curriculum.

The relation of independent factor as and the dependent factors together shaped up the framework for this study. Scientific inquiry is the required skill in every science education standard according to the Thai National Standard. The assessments are authentic assessments consisting of qualitative information and quantitative information in order to confirm each other. The teaching and learning process are guided inquiry based approach.

This research hypothesized that the participants of the ESRU-guided inquiry based curriculum showed the increase in understanding and practicing inquiry, and the correlation of core teaching conceptions and practicing inquiry.

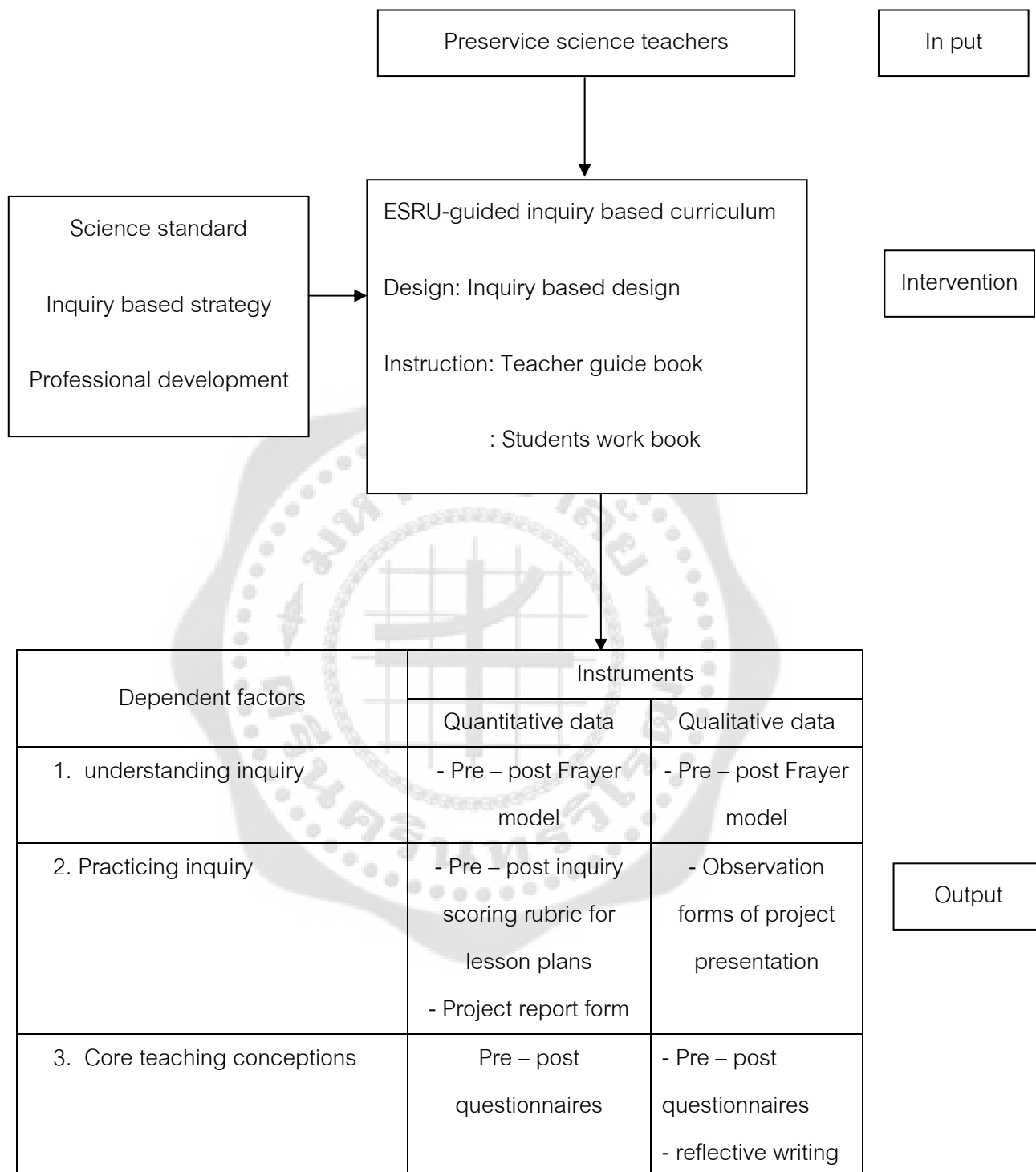


Figure 1 Theoretical Framework

The following chapter, Chapter 2, is the literature review concerning designing professional development, scientific inquiry, and preservice science teacher professional development. Chapter 3 details the methodology which is used in this research.

CHAPTER 2

LITERATURE REVIEW

Introduction

This chapter is the review of important research studies that are related to this research. The literature reviews aim to identify the various relevant background knowledge in science education that can be used to describe: 1) preservice teacher; 2) inquiry-based approaches;

3) professional development; and 4) preservice teacher, inquiry-based approach and professional development interrelated to the idea of this research. The purpose is to present a broad view of related theories and previous research studies conducted.

2.1 Preservice teacher

Subsequent to the Asian economic crisis emanating in July, 1997, The Kingdom of Thailand has undertaken an extensive program of reformation in numerous policy arenas. Among the most important of these reforms is that of education. The analysis from the report synthesized by Fry (2002) suggests that Thailand is not achieving its potential in the education and human resource development areas. Although it spends a relatively high percentage of its' national budget on education, Thailand continues to lag behind on key indicators of international competitiveness in human resource development. One of the recommendations is the need to promote quality teacher learning.

Thailand's plan for teacher development in support of education reform

Building on the National Education Act of 1999, the work of the Office of Education Reform (OER) (1999-2002), the extensive work of the Teacher Education Reform Office (TERO), the new curriculum of the Ministry of Education (MOE), the Thai government has developed a major and systematic plan for teacher development in support of educational reformation. The plan has involved the following key elements (Fry. 2002: 26):

- The establishment of the Office of Teacher Education Reform (TERO)

- The development of a program to identify and recognize national, master and lead (“spearhead”) teachers as a means to enhance the teaching profession and develop a corps and expanding network of learning-reform minded teachers who could assist their peers in becoming more effective teachers. The government has also established a program to identify “Thai wisdom” teachers (to promote local knowledge) and model administrators.

- The establishment of the Teacher Development Task Force (TDTF) and the Teacher Training Task Force (TTTF)

- The establishment of the Office of Education Standards and Evaluation (OESE)

- Proposal for a system of teacher licensing and registration. The new system was approved by the Cabinet on May 29, 2002.

- Development of two new models for pre-service teacher education:

- a 4 + 2 years program (BA or BS and a B.Ed. with a year of professional classroom practice)

- A 5 year program proposed by the Rajabhat Institute.

The major recommendations related to teacher development and learning reform.

- In terms of teacher development, given the large number of teachers already in service, this needs to be a priority group. Critical to the success of educational reform is teachers’ “solid understanding of the concepts, principles and processes involved in the new approaches of teaching and learning”. Innovation models of delivering training must be explored which will involve hybrids of school-based training, intensive workshops, and use of ICT. The emphasis should be on the development of life-long teacher learning.

- With respect to teacher development, it is critically important to strengthen both faculties of Education in universities and at the Rajabhat Institutes. Their teaching and curricula need to be more closely aligned with both Thai local educational realities and international best practices.

According to the major recommendation about teacher development and the five-year program of teacher preparation, the preservice teachers are the important key for success educational development. The experiences during the teacher preparation scaffold the shape of teaching conception in preservice teachers, yielding the perspective to start the teaching profession (Avraamidou. 2010; Demir. 2010; Eick. 2002). One of the most common problems preservice teachers are struggling with is the teaching strategies, especially the scientific inquiry approach (Luehmann. 2007).

Windschitl (2003) examined how preservice teachers' inquiry experiences in a science methods course influenced and were influenced by their conceptions of inquiry and assessed how these experiences were associated with eventual classroom practice. Findings revealed that participants' project conceptions of the inquiry process were related to the conduct and interpretation of their own inquiry project, and that the project experience modified the inquiry conceptions of participants who already have sophisticated understandings of scientific investigations. Finally, this research supports that independent science investigations be part of preservice education and that these experiences should be scaffolded to prompt reflection specifically about the nature of inquiry and conceptually linked to ways in which inquiry can be brought into classroom. Support with the finding of Forbes (2010) that preservice elementary teachers were able to accurately assess how inquiry-based existing curriculum materials are and to adapt them in order to make them more inquiry-based. It is important for the design of teacher education experiences that help to develop preservice elementary teachers' pedagogical design capacities for inquiry, and the development of inquiry-based science curriculum materials will support preservice and beginning elementary teachers to engage in effective science teaching practice.

In Thailand, after the educational reform started the five-year teacher preparation program to produce young blood teachers who will be ready for the educational standard, there are research findings revealing the need of preservice teachers themselves for the process of teacher preparation. The needs of the seminar about teaching strategies especially scientific inquiry were reported (Avraamidou. 2010). However, many efforts of putting scientific inquiry into teacher preparation has been done since the educational

reform started. Findings show that somehow teachers who understand inquiry very well might not bring inquiry to classroom practice (Lotter. 2007).

Summary

After Thailand started the five-year teacher preparation by adding one year of the teaching experience, there was still the need of preservice teachers for more intensive teaching preparation, especially the scientific inquiry experience (Avraamidou. 2010). Support by the research studies that preservice teachers showed a low level of classroom practice even though they have a high level of understanding inquiry (Lotter. 2007). The experiences during teacher preparation strongly influence preservice teachers (Avraamidou. 2010; Demir. 2010; Eick. 2002; Fry. 2002; Windschitl. 2003). Then the need of inquiry experience is one key role to feed the need of preservice science teachers and support the educational standard.

2.2 Inquiry

The National Research Council of America stated that “inquiry into authentic questions generated from student experiences in the central strategy for teaching science” (NRC. 2000: 29). Inquiry consists of the activities which are students posing questions, planning investigations, and reviewing what is already known from experimental evidence, making decisions using evidence-based explanation that demonstrate what scientists do. “Inquiry requires identifying assumptions, use of critical and logical thinking, and consideration of alternative explanations” (National Research Council. 2000 : 23; Claxton. 1991:82). The context of scientific inquiry is well presented by Bybee and Ben-Zvi (1998) as follows:

With respect to the method of science, students should learn a disciplined way of asking questions, making investigations and constructing explanations of a scientific and technological nature. The latter can certainly be developed in a personal/society context. Students should learn that scientific inquiry is a powerful, but not the only, route for progress in our world. Inquiry should not be taught in isolation but as a tool for finding answers to questions about the world in which students live... (491–492).

The National Science Education Standards (NSES. 1996, cited in Crowther. 1999) defines inquiry as:

Inquiry is a set of interrelated processes by which scientists and students pose questions about the natural world and investigate phenomena; in doing so, students acquire knowledge and develop a rich understanding of concepts, principles, models, and theories. Inquiry is a critical component of a science program at all grade levels and in every domain of science, and designers of curricula and programs must be sure that the approach to content, as well as the teaching and assessment strategies, reflect the acquisition of scientific understanding through inquiry. Students then will learn science in a way that reflects how science actually works (p.214).

A Comprehensive definition of Inquiry

Educators typically employ inquiry in the classroom in the service of one or more of the following goals: (1) understanding how scientific inquiry proceeds and how that shapes the knowledge in processes (learning about nature of science and scientific inquiry), (2) being able to successfully perform some semblance of scientific inquiry (learning to inquire), and (3) constructing and understanding of the knowledge of science (learning scientific knowledge).

The need of scientific inquiry in the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008) Science.

The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008) Science emphasized the need of scientific inquiry implicitly along with all the science standards, starting from the science learning areas about what is to be learned in science, in the topic of Nature of science and Technology: scientific processes; scientific inquiry, problem solving, and scientific mind.

Take a closer look at each learning standard to see the level of scientific inquiry, as underlined, address in each stand to be implemented in classroom practice as follows:

Learning standards

Standard 1: Living Things and Living Processes

Standard Sc 1.1 The student should be able to understand the fundamental unit of living things and the relationship between structure and function of various systems that

work together, carry out investigative processes, communicate what is learned and apply the knowledge for one's own existence and to care for other living things.

Standard Sc 1.2 The student should be able to understand the processes of reproduction and inheritance, evolution of living things, biodiversity, technological applications that impact on man and the environment, carry out investigative processes, develop a scientific mind, communicate what is learned and apply the knowledge gained.

Standard 2: Life and the Environment

Standard Sc 2.1 The student should be able to understand the local environment, relationship between living things and environment, interrelationship between living things in different ecosystems, master the investigative processes and develop a scientific mind, communicate the acquired knowledge for positive use.

Standard Sc 2.2 The student should be able to understand the importance of natural resources, utilization of natural resources at local, national and international levels, master the investigative processes and develop a scientific mind, communicate the acquired knowledge for positive use and sustainable management of natural resources and local environment.

Standard 3: Matters and Properties of Matters

Standard Sc 3.1 The student should be able to understand properties of matters, relationship between properties and structures and forces among particles, acquire skills in investigative processes and develop a scientific mind, communicate acquired knowledge and apply it positively.

Standard Sc 3.2 The student should be able to understand the principles and nature of change of states of matters, formation of solution, chemical reaction, master investigative processes, and develop a scientific mind, communicate knowledge acquired and apply it positively.

Standard 4: Forces and Motion

Standard Sc 4.1 The student should be able to understand nature of electromagnetic force, gravitational force and nuclear force, have experienced investigative processes and communicate the knowledge acquired and makes correct and ethical use of it.

Standard Sc 4.2 The student should be able to understand types of motion of natural objects, apply investigative processes and develop a scientific mind, communicate knowledge acquired and make good use of it.

Standard 5: Energy

Standard Sc 5.1 The student should be able to understand the relationship between energy and living, energy transformation, interaction between matter and energy, effects of energy utilization on life and environment, practice investigative skills, communicate knowledge acquired and make good use of energy.

Standard 6: Processes that Shape the Earth

Standard Sc 6.1 The student should be able to understand processes that occur on and inside the Earth surface, relationship between different processes that cause climatic changes, topography, shape of the Earth, acquire investigative process skills and a scientific mind, communicate knowledge acquired and apply it.

Standard 7: Astronomy and Space

Standard Sc 7.1 The student should be able to understand the evolution of the Solar System and galaxies, interactions within the Solar System, their effects on living things on earth, have experiences in investigative process and develop a scientific mind, communicate the acquired knowledge and make use of it.

Standard Sc 7.2 The student should be able to understand the importance of space technology for investigating space, natural resources, agriculture and communication, to communicate acquired knowledge and ethically apply it for the benefits of living and the environment.

Standard 8: Nature of Science and Technology

Standard Sc 8.1 The student should be able to use the scientific process and scientific mind in investigation, solve problems, know that most natural phenomena have definite patterns explainable and verifiable with the limitations of data and instrumentation during the period of investigation, understand that science, technology and environment are interrelated.

All the underline parts are the emphasized about scientific inquiry needs in every learning standard in science. For support the learning standards, the learners' quality is addressed for the teacher to be focused as a guideline for the classroom practice in each level as follows (only the scientific concerned part):

Grade 3 Graduates

After completion of grade 3, students should be able to:

- Pose questions about living things, materials and objects as well as various phenomena in the surroundings; observe and investigate using simple instruments, and communicate what has been learned through story – telling, writing or drawing.

Grade 6 Graduates

- After completion of grade 6, students should be able to :

- Pose questions related to the topic to be learned; predict several possible answers; plan and carry out investigations using tools and instruments; analyze data; and communicate knowledge gained as a result of the investigation.

Grade 9 Graduates

- Pose questions that involve determination and control of variables; examine and predict several possible answers; plan and carry out investigations; analyze and evaluate reliability of data; and construct knowledge from the results of the investigation.

- Communicate ideas and knowledge gained from the results of investigations using various methods including verbal or written presentation, exhibition, or application of information technology.

Grade 12 Graduates

- After completion of grade 12, students should be able to:

- Identify problems; pose questions to be investigated by recognizing relationships between various variables; search for information from different sources; propose several possible hypotheses; make decisions to investigate feasible hypotheses.
- Plan an investigation to solve problems or answer questions; analyze and establish relationships of various variables by applying mathematical equations or creating models from results of, or knowledge gained from the investigation.
- Communicate ideas and knowledge gained from the results of investigations using various methods including verbal or written presentation, exhibition, or application of information technology.
- Apply knowledge and processes of science and technology in life, in learning and seeking additional knowledge, and in carrying out project work or product creation as interested.
- Work constructively with others; express opinions, with reliable references and sound reasoning about the ethical issues related to scientific and technological development and application which affect the society and the environment; recognize perspectives of others.

The most important part is the indicators and core content areas that bridge teachers in the classroom practice with the science learning standard. The eighth standard is different from other standards because it does not have core content; it only has the indicators. Considering this characteristic, the teacher must be on their own to integrate the eighth standard with the teaching process so students can perform the indicators which are addressed in the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008) Science. The different levels of scientific inquiry stated in the learning standard need more understanding for the proper classroom practice of inquiry. However, the level of scientific inquiry has interested researchers in science education areas for many years. Useful descriptions of inquiry come from Schwab (1962) and Colburn (2000) cited in Blanchard. 2010, who focuses on three key activities: asking questions, collecting data, and interpreting those data (see Table 1). The degree of inquiry depends on who is responsible for the activity.

TABLE 1 LEVELS OF INQUIRY (Abrams; et al. 2007) cited in Blanchard (2010)

	Source of the Question	Data Collection Methods	Interpretation of Results
Level 0: Verification	Given by teacher	Given by teacher	Given by teacher
Level 1: Structured	Given by teacher	Given by teacher	Open to student
Level 2: Guided	Given by teacher	Open to student	Open to student
Level 3: Open	Open to student	Open to student	Open to student

Source: Blanchard, Margaret R. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*. 94: P.580.

Sadeh (2009) studied the development of dynamic inquiry using an open inquiry setting compare to guided inquiry setting. The researcher defined the “dynamic inquiry” as: learning is a process, changes during the inquiry procedural understanding, and affective points of views. The study compared the influence of open inquiry versus guided inquiry on performances among high school biology students. Participants were divided into two groups: guided and open inquiry approaches. Both groups were followed throughout their two-year inquiry learning process. The data collected were interviews, students’ inquiry summary papers, logbooks, and reflections. Using dynamic inquiry performances index to analyze the data quantitatively, the findings revealed that open inquiry students show significantly higher levels of performances in the criteria “changes during inquiry” and “procedural understanding.” However, the study’s results indicated no significant differences in the criteria “learning as a process and affective points of view.” The implementation from this research would help to shed light on the procedural and epistemological scientific understanding of students conducting inquiries.

Additionally, there are research studies of improving these levels of inquiry practicing in classroom, one of the interesting models is the work of Ruiz-Primo (2007), who explored teachers informative assessment practices and students' understanding in the context of scientific inquiry. The study presented the model for examining these practices based on three components of formative assessment (eliciting, recognizing, and using information) and the three domains linked to scientific inquiry (epistemic frameworks, conceptual structures, and social processes).

The informal assessment practices model was described as ESRU cycles which stand for:

- E is the teacher elicits question;
- S is the student responds;
- R is the teacher recognize the students' response; and
- U is the teacher uses the information collected to support student learning.

By following the teacher using ESRU cycle the research can capture differences in assessment practices across the three teachers participated during the implementation of four investigations of a physical science unit on buoyancy. Moreover, the researcher can link students' level of performance to the teachers' informal assessment practices. The results showed that the teacher who more frequently used complete ESRU cycles had students with a higher performance on the embedded assessment as compared to the other two teachers (Blanchard. 2009; Sandoval. 2003; Taber. 2003). The researcher claimed that the ESRU model is a useful and effective informal formative assessment practices and may be associated with student learning in scientific inquiry classrooms.

David (2004) suggested the small-group collaborative inquiry, better than individual inquiry, mostly leads to better inquiry products and better learning. The features of effective use of inquiry methods should consist of 3 characteristics. Firstly, allowing students to choose the tasks that they will carry out increases in chance that they will be interested in the topics. Secondly, they have the investigation skills needed for the tasks. Finally, they have useful prior knowledge. Those three circumstances can produce the motivation and capabilities required for successful task completion.

After many decades of attention in inquiry approach, many research studies were claimed as an inquiry-based instruction implementation. Minner (2010) reviewed the science education research studies from 1984 – 2002 for 138 papers to find out the characteristics of an inquiry-based instruction. In Table 2 is the inquiry science instruction conceptual framework of an inquiry-based instruction.

TABLE 2 INQUIRY SCIENCE INSTRUCTION CONCEPTUAL FRAMEWORK

Presence of Science Content		- Science as inquiry - Life Science - Physical Science - Earth and Space Science		
Type of Student Engagement		- Students manipulate materials - Students watch scientific phenomena - Students watch a demonstration of scientific phenomena - Students watch a demonstration that is NOT of scientific phenomena - Students watch a demonstration that is NOT of scientific phenomena - Students use secondary sources (e.g., reading material, the Internet, discussion, Lecture, others. Data)		
		Elements of the Inquiry Domain		
		Instruction emphasizes Student Responsibility for Learning when it demonstrates the expectation that students will:	Instruction emphasizes Student Active Thinking when it demonstrates the expectation that students will:	Instruction emphasizes Student Motivation when:
Components of Instruction	Question	Decide which questions to investigate; seek clarification of the investigation question (s).	Generate investigation question(s); using prior knowledge to inform the question(s); consider or predict possible outcomes of the question; explore the reasons question(s) are being asked to determine if they are appropriate for scientific investigation; refine questions so that they can be investigated; discuss questions based on previous study or data collected	It demonstrates the expectation that students will: display/express interest, involvement, curiosity, enthusiasm, perseverance, eagerness, focus, concentration, pride (all affective)
	Design	Identify when and where they need help understanding the design; ensure that they (or the class/group/partner) grasps the design and how to implement it; decide what investigation design to use; ensure that the design address the research question.	Use prior knowledge to inform the design; determine if the design is an appropriate match for the question including variables and procedures; debate the merits of different investigation designs and whether it is 'doable' and will result in needed data; consider where and how issues of bias may need to be addressed; generate investigation designs.	
	Data	Decide the data organization strategy; decide what data collection strategy to use and/or how to adapt it; identify if they or others need help collecting or organizing data; seek out clarification and advice when it is needed.	Alter and refine their approach to gathering recording, or structuring the data based on information they acquire as they proceed.	

	Conclusion	Decide what strategies to use to summarize interpret or explain the data; identify when they or others need help in summarizing interpreting or explaining; and seek out other relevant information to assist in drawing conclusions.	Ensure that their conclusions are supported by their data; apply prior knowledge to summarize, interpret, or explain the data; construct conclusions; consider conclusions' reasonableness and credibility; identify applications of their findings to other situations and/or contexts; offer explanations for variations in the findings among the class and/or within their working groups; generate new questions that arise out of their explanations.	
	Communic	Decide how to structure their communication: seek advice and suggestions from others about how-what to communicate; provide feedback to others about their communication.	Engage in sound discussion and debate; demonstrate the logic they used to draw conclusions and interpretations; articulate the reasonableness and credibility of others' work; discuss appropriate communication mechanisms including language, visual aids, technology, etc.; articulated the merits and limitations of their work.	

Source : D. D. Minner, A.J. Levy, & J. Cjentry. 2010. Inquiry-Based Science Instruction-What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 200. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 474-496.

What have been studied about inquiry?

Minner (2010) had reviewed research studies from 1984 – 2002 about the impact of inquiry science instruction on K-12 student outcomes. Research studies were selected during the period of study to see timeline of inquiry research. The research question of the project was addressed by developing a conceptual framework that clarifies and specifies what is meant by “inquiry-based science instruction” and by using a mixed methodology approach to analyze both numerical and text data describing the impact of instruction on K-12 students science conceptual learning. Findings across 138 analyzed studies indicated a clear positive trend favoring inquiry-based instructional practices, particularly instruction that emphasizes student active thinking and drawing conclusions from data. Teaching strategies that actively engage students in the learning process through scientific investigations are more likely to increase conceptual understanding than are strategies that rely on more passive techniques (Apedoe. 2008; Ben-Zvi-Asaraf. 2010; Geier; et al. 2008; Lee. 2010; Lee. 2006; Kanter. 2010). Therefore, inquiry-based learning is necessary in the current standardized assessment laden educational environment.

Prior knowledge influence inquiry approach

According to ESRU cycle that was mentioned earlier, many research studies emphasized the prior knowledge and the development of mental model by using inquiry-

based instruction. Taber (2003) studied the conceptualizations of mental model in college students about the bonding and structure of metals. Findings indicated that these mental models may be understood in terms of student's prior learning, consequently to illustrate the prominence of prior learning in channeling the interpretation of subsequent teaching, textbook authors, and teachers on the order of presenting subject content, the degree of simplification of scientific models, and the selection and presentation of metaphors. The constructivist perspective on teaching science is based upon the assumptions that (i) information is interpreted through, and (ii) new learning highly dependent upon existing conceptual frameworks. This study exemplifies these principles. Student learning about metallic bonding was found to be strongly channeled by prior learning. As the same result reported in Blanchard (2009) who conducted the research with secondary science teachers using an inquiry professional development and followed participants to their classroom, to observe their practicing inquiry, the teachers who entered the course with more sophisticated, theory-based understanding of teaching and learning were more likely to understand inquiry as a model and to use classroom-based inquiry throughout their teaching following the program. Also using inquiry approach can develop students mental model (Kanter. 2010; Taber. 2003) as it consists of prior knowledge. However, Sandoval (2003) found out that many teachers realize how important prior knowledge is but do not actually practice assessing the prior knowledge in their classes, because of the lack of repertoire, as none of the teachers ever mention the formal way of assessing the prior knowledge of students. The researcher suggested that teacher need to be taught how to use strategies effectively. Experience with the strategies and experience with the use of the information gathered to adjust their teaching should be a part of all teacher education programs.

Enhancing students' performance with inquiry approaches

Students' outcome is the most important goal of learning activities. Implementing inquiry approach has been indicating outstanding results in many research studies. The work of Lee (2010) about how technology-enhanced inquiry science unit impacts classroom learning focused on the impact of 27 teachers who switched from typical to inquiry instruction in a delayed cohort comparison design, using mixed effects analysis of variance

to investigate effects related to inquiry instruction, teaching context, and science course. The finding showed the significant main effects of inquiry instruction and teaching context, and the significant interaction effects between inquiry instruction and science course and between inquiry instruction and teaching context on students' knowledge integration. The study confirmed to earlier research studies that the well-designed inquiry science units can improve student understanding of complex topics across science course and teaching contexts. Further analysis revealed that there is a significant interaction related to the index of teacher experience (Fogleman. 2011), but not related to the index of student experience. Researchers stated that they need additional studies of the many experience factors as well as investigations of the potentially beneficial effects of specific professional development practices to fully understand the role of teacher experience.

Supporting the impressive result of practicing inquiry is the work of Fogleman (2001) who conducted his research on the effect of teachers' adaptations of a middle school science inquiry-oriented curriculum unit on student learning. Participants were 19 teachers and 1,234 students. The findings revealed that 38% of the variance in student gain scores occurred between teachers. Two variables significantly predicted student learning, teacher experience and activity's structure. Firstly, teachers who had previously taught the inquiry-oriented curriculum had greater student gains (Blanchard. 2009). Secondly, activity's structure, students who completed investigations themselves had greater learning gains (Apedoe. 2008; Ben-Zvi-Asaraf. 2010; Geier; et al. 2008; Lee. 2006; Kanter. 2010) compared to students in classrooms who observed their teacher completing the investigations as demonstrations. This study provides evidence for the importance of having students actively engage in inquiry investigations to develop an understanding of key science concepts.

However, there are some findings showing the limitations of practicing inquiry, including the work of Crawford (2005) who studied the teachers' understanding of scientific inquiry. Participants were 21 teachers using inquiry-based task. Findings indicated that participants held an uninformed understanding of the nature of scientific inquiry; even the teachers with research experience failed to understand the diverse methods used by scientists. As the same result of the schools that used inquiry-based curriculum, from the

study of Ruiz-Primo (2010) about analyzing the quality of students' written scientific explanations in their note books from eight schools of five states. Results indicated that:

(a) Students' written explanations can be reliably scored with the proposed approach.

(b) Constructing explanations were not widely implemented in the classrooms studied despite its' significance in the context of inquiry-based science instruction.

(c) Overall, a low percentage of students (18%) provided explanations with the three expected components. The major of the participants (40%) provided only claims without any supporting data or reasoning.

(d) The magnitude of the correlations between students' quality of explanations and their performance, were all positive but varied in magnitude according to the type of assessment. The opportunities to construct explanations in science-inquiry based classrooms seem to be limited.

One of the research studies that reported the useful finding is the work of Lotter (2007) about the influence of core teaching conceptions on teachers' use of inquiry teaching practices. Science teachers did realize how useful inquiry approach is; many teachers understand inquiry very well, but some of these teachers do not practice inquiry in their class (Brown. 2006; Tang. 2010). Lotter founded the gap between understandings and practicing inquiry in his/her inquiry-based professional development program. The researcher investigated sets of teachers' conceptions during the program. Teachers' conceptions of inquiry teaching were established through intensive case-study research that incorporated extensive classroom observations and interviews. Data analysis revealed that a set of four core conceptions guided the teachers' use of inquiry-based practices in their classrooms. The teachers' conceptions of science, the students learning ability, the idea of effective teaching practices, and the purpose of education all influenced the type and amount of inquiry instruction performed in the high school classrooms. The research findings suggested that to be successful inquiry professional development must not only teach inquiry knowledge, but it must also assess and address teachers' core teaching conceptions. Take a closer look at four core teaching conceptions from Lotters' research as follow:

1. Teachers' views of science

Lotter divided teachers into two groups: the group of teachers who are into learning and knowledge constructivists and the group of teachers who are learning and knowledge empiricists. Constructivist teachers held views of learning and science that support reformed teaching processes, while the empiricist teachers believed in the use of one scientific method to gather facts and teacher transmission of knowledge that ignored student preconceptions.

2. Teachers' views of students' abilities

Teachers' belief about their students' abilities to learn could be a constraints to reform-based instruction.

3. Teachers' views of effective teaching

Teachers' views of what constitutes effective teaching and learning influence their choice of instructional strategies. Teachers' beliefs of effective instruction can support inquiry-based teaching strategies.

4. Teachers' orientation toward teaching science

The teachers, who viewed science process skills as a pathway to improve students' life skills, will include observing, data analysis, and other "inquiry" research skills in their science instruction. Teacher beliefs can act as considerable constraints or supports to implementing reform-based teaching methodologies.

Discussion after inquiry-based curriculum

Yacoubian (2010) studied the effect of reflective discussions following inquiry-based laboratory activities on students' view of nature of science. Thirty-eight grade sixth students participated in this research using pretest-posttest control-group design and focused on collecting mainly qualitative data. Results indicated that explicit and reflective discussions following inquiry-based laboratory activities enhanced students' views of the target nature of science aspects more than implicit inquiry-based instruction.

Summary

According to the science educational standard, scientific inquiry teaching is a must strategy for teaching science considering the emphasis in all eight standards. Research studies showed that prior knowledge of teachers and students both influence the outcome

of anticipating in inquiry curriculum (Taber. 2003; Sandoval. 2003; Blanchard. 2009), which supports the result of Ruiz-rimo (2007) that teachers who more frequently used complete ESRU cycles had students with higher performance than the teachers who did not.

Scientific inquiry can enhance students understanding of nature of science (Schwartz. 2004; Akerson. 2007), students' ability (Apedoe. 2008; Blanchard. 2010; Geier; et al.2008; Khan. 2007; Lee. 2006) and meaningful understanding in science (Lee. 2010). Moreover, inquiry teaching can help students develop their mental models that can sustain longer than traditional method (Ben-Zvi-Assaraf. 2010; Kanter. 2010; Taber. 2003). However, even though there are so much effort in the implementation of scientific inquiry in the classroom, there are still some misunderstandings by teachers, even with the teachers who had experience with real scientific research previously (Crawford. 2005). Not only teachers, but also the students, in the inquiry based schools themselves, still lack the adequate evidence-based explanation (Ruiz-Primo. 2010). Even in the university level, some faculty members still think that inquiry-based teaching is not appropriate for undergraduate students.

However, considering the strength of scientific inquiry teaching and the need of science educational standard, the effort of giving information about inquiry teachings has begun right after educational reform. More understanding can be accomplished. Consequently, preservice science teachers and in-service science teachers gain more understanding. Somehow, even teachers who understand scientific inquiry do not bring scientific inquiry into classroom practice (Brown. 2006; Sandoval. 2003). Lotter (2007) suggested that core teaching conceptions is the key to hold teachers' understanding of inquiry to classroom practicing inquiry, and suggested that to be successful, inquiry professional development must not only teach inquiry knowledge, but it must also assess and address teachers' core teaching conceptions.

2.3 Professional Development

There are many definitions of professional development based on the goals and different contexts. For example the definition of professional development by Billing (1977, p. 22 cited in Bell; & Day. 1991) as follows:

A deliberate and continuous process involving the identification and discussion of present and anticipated needs of individual staff for furthering their job satisfaction and career prospects and of the institution for supporting its academic work and plans, and the implementation of programs of staff activities designed for the harmonious satisfaction of needs.

Another interesting definition of professional development is in Craft (1996) which stated that professional development is used interchangeably, to mean all types of professional learning undertaken by teachers beyond the point of initial training. So, the professional development could be a short course, seminar or sets of activities which intend to enhance skills needed in the specific careers and solving one significance issue in a set of participants of that professional development (McGill; & Brockbank. 2004).

However, Loucks-Horsley.; et al. (2003) presented the strategies for professional learning to be a useful guideline to design professional development as shown in Table 3

TABLE 3 EIGHTEEN STRATEGIES FOR PROFESSIONAL LEARNING

Aligning and implementing curriculum
● Curriculum alignment and instructional materials selection ● Curriculum implementation ● Curriculum replacement units
Collaborative structure
● Partnerships with scientists and mathematicians in business, industry and universities ● Professional networks ● Study groups

TABLE 3 (Continued)

Examining teaching and learning
● Action research ● Case discussions ● Examining student work and thinking, and scoring assessment ● Lesson study
Immersion experiences
● Immersion in inquiry in science and problem solving in mathematics ● Immersion into world of scientists and mathematics
Practicing teaching
● Coaching ● Demonstration lessons ● Mentoring
Vehicles and mechanisms
● Developing professional developers ● Technology for professional development ● Workshops, institutes, courses, and seminars

Source: Loucks-Horsley, Susan.; et al. (2003). Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics. P.113.

Figure 2 shows the design framework for professional development in science and mathematics (Loucks-Horsley, Susan; et al.2003:4.) which will model to construct the ESRU-guided inquiry-based curriculum in this research which will be explained in more details.

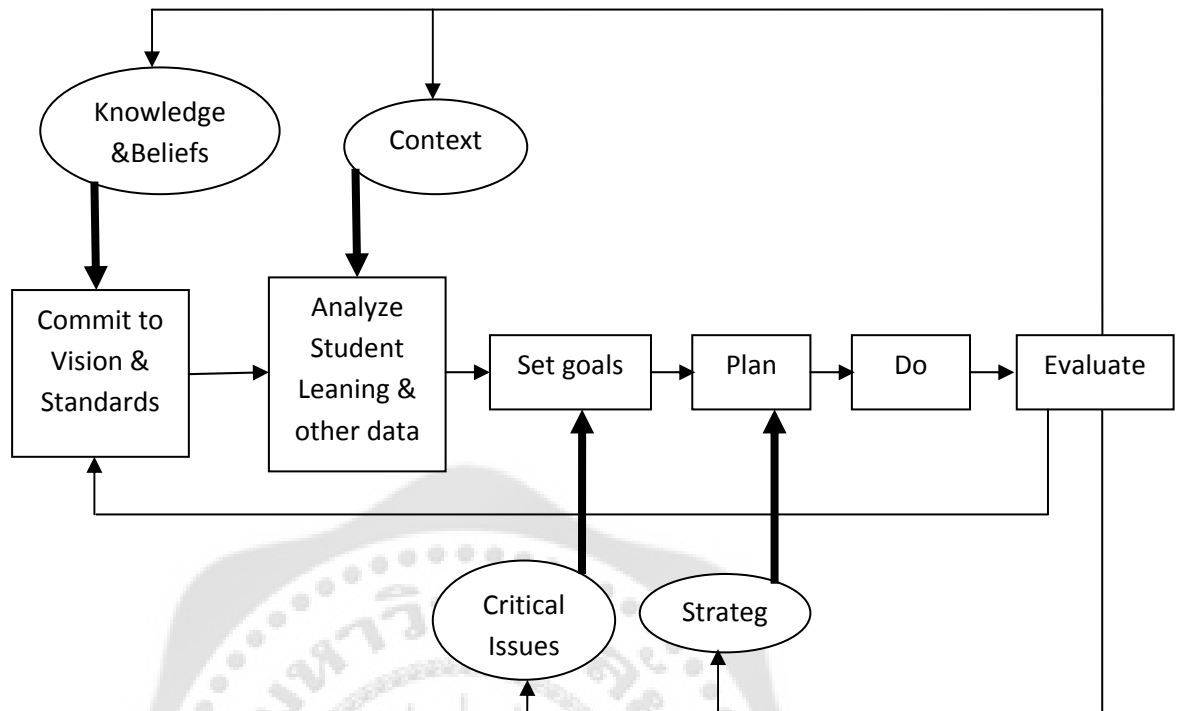


Figure 2 Design Frameworks for Professional Development in Science and Mathematics.

Knowledge and Beliefs

Much is known about effective professional development for science education, and more is being learned every day. Five distinct, but related knowledge bases inform the work of professional developers. First is what we know about learners and learning. An explosion of cognitive research in the past 20 years has resulted in a rich body of knowledge about learners and learning in general and science in particular. A second knowledge base is what is known about teachers and teaching. Third is the nature of the disciplines of science. Fourth are the principles of effective professional development. Last is the knowledge base about change and the change process. From the body of knowledge in science education, the features of effective professional development are presented (Loucks; Horsley; et al. 2003: 46 - 47):

- Effective professional development experiences are driven by a well-defined image of effective classroom learning and teaching, for example, commitment to all children learning science, and emphasis on inquiry-based learning, investigations, problem solving and applications of knowledge, and approach that emphasizes in-depth understanding of core concepts and challenges students to construct new understandings, and clear means to measure meaningful achievement.

- Effective professional development experiences provide opportunities for teachers to build their content and pedagogical content knowledge and skills and examine practice critically. They help teachers develop in-depth knowledge of their science as well as pedagogical content knowledge (understanding how children learn the content, listening to students' ideas, posing question, and recognizing misconceptions), and help in choosing and integrating curriculum and learning experiences.

- Effective professional development and learning experiences are research based and engage teachers as adult learners in the learning approaches they will use with their student, for example, start where teachers are and build from there; provide ample time for in-depth investigations, collaborative work, and reflection; and connect explicitly with teachers' other professional development experiences and activities.

- Effective professional development provides opportunities for teachers to work with colleagues and other experts in learning communities to improve their practice, for example, continuous learning is a part of the school norms and culture, teachers are rewarded and encouraged to take risks and learn, teachers learn and share together.

- Effective professional development experiences support teachers to serve in leadership roles, for example, as supporters of other teachers, as agents of change, as promoters of reform.

- Effective professional development experiences are designed based on data that determine their focus and priority as they relate to student learning, and they are continuously evaluated to ensure a positive impact on teacher effectiveness, student learning, leadership, and the school community.

Furthermore, considering about the experience teachers learn from the professional development, there are requirements for transformative learning experiences (Thompson & Aeuli. 1999: 355.):

- Create a high level of cognitive dissonance.
- Provide sufficient time. Structure and support for teachers to think through the dissonance experienced.
- Embed the dissonance creating and resolving activities in teachers' situations and practices.
- Enable teachers to develop a new repertoire of practice that fits with their new understanding.
- Engage teachers in a continuous process of improvement.

Participating in professional development, teachers will slowly transform their experience adapting to their prior knowledge. Professional developers should know the characteristics of the change process that happen during the professional development which are:

- Change is a process that takes time and persistence.
- At different stages in the change process, individuals need different kinds of support and assistance.
- Change efforts are effective when the change to be made is clearly defined and communicated, support and assistance are available, and leaders and policies support the change.
- Most systems resist change.
- Organizations that are continuously improving analyze data, set goals, take actions, assess their results, and make adjustments.
- Change requires communication about complex topics in organizations that are, for the most part large and structured.

Context

Professional development does not match in every context, a program that is a great success in one place may fail in another. What makes the difference is the context in which the program operates. Professional developer will use the context as a clue to guide the

designing of professional development. There are nine context factors that influence professional development design:

1. Students, standards, and student learning.
2. Teachers and teacher learning needs.
3. Practices as a curriculum instruction, assessment, and the learning environment.
4. Organizational culture.
5. Organizational structures and leadership.
6. National, state, and local policies.
7. Resources.
8. History of professional development.
9. Parents and the community.

In this research the context that the professional development will be based on is the context of teachers and teacher learning needs, which explains the criteria in table 4.

TABLED 4 TEACHERS AND TEACHERS' LEARNING NEEDS

Question to Consider	Data Sources	Resources
1. Who are the teachers (demographics, years of experience, cultural background)?	Teacher demographic data	Report of the 2000 National Survey of Science and Mathematics Education by Horizon Research by Iris Weiss et al. (Web site: 2000survey.horizon-research.Com/reports/status.php)

TABLED 4 (Continued)

Question to Consider	Data Sources	
2. How well prepared are teachers to teach challenging science content (course work, credentials, professional development experiences, perceptions)? What percentage are teaching subjects for which they are not certified?	Teacher credential, course work, and professional development records, interviews, surveys, observations, content assessments, lesson plans	Surveys of the Enacted Curriculum from Council of Chief State School Officers (Web site: www.ccsso.org) Local Systemic Change Through Teacher Enhancement:2001 Teacher Questionnaires from Horizon Research (Web site: www.horizon-research.com)
3. How are new teachers inducted and support	Teacher interviews, surveys, focus groups, state and local policies, and programs for new teacher	
4.What goals do teachers have for their leaning?	Teacher interviews, surveys, individual professional development plans	Global Perspective for Local Action: Using TIMSS to Improve U.S. Mathematics and Science Professional Development Guide, National Resources Research Council, 1993
5.What are their beliefs, perceptions, concern related to the professional development program? To science improvement based on national standard	Teacher interviews, surveys, classroom observations, lesson plans, student learning data, student work	

TABLED 4 (Continued)

Question to Consider	Data Sources	
6. What are their strengths in science content and pedagogy? What specific content knowledge and pedagogical skills do teachers need if students are to achieve the learning goals for the program?	Teacher interviews, surveys, classroom observations, lesson plans, content assessments, student learning data, student work	

Source: Loucks-Horsley, Susan.; et al. (2003). Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics.

Critical Issues

To develop an effective professional development there are seven critical issues to be considered during the design decision.

Strategies for Professional Learning

There are six strategies for professional learning including of aligning and implementing curriculum, collaborative structures, examining and learning, immersion experiences, practicing teaching, and vehicles and mechanism. Considering the goal of this research the detail which will be deeply studied is the strategy of examining teaching and learning. There are four sub-strategies in examining teaching and learning which are: action research, case discussion, examining student work and thinking and scoring assessments, and lesson study. As the goal of this research is to construct an ESRU-guided inquiry-based curriculum for preservice science teachers to make them better in both understanding and practicing inquiry, then the sub category of the strategy that matches the required curriculum would be lesson study. It was supported by the increase of educators in the United States that explores ways to transfer lesson study as a strategy for professional development especially in science into school in the United States and presents the more attention of the lessons strategy that influence students achievement.

Key elements for lesson study

- Teachers collaborate on the development and refinement of lessons.
- The results of lesson study and research are directly related to standards and school goals.
- Critical feedback is on the effectiveness of the lesson and not the teachers' performance while teaching. Enhancing teacher and student learning is grounded in practice.
- There is a structured process for guiding the lesson study. Most researchers and educators outline a similar process which includes the following:
 - Defining the theme or concept to guide the lesson study: The theme, topic, or concept to be studied should be based on data indicating a need to improve student learning as determined by local, state, or national standards and goals.
 - Designing the lesson: Teachers research the topic or concept of the study, including examining what the research says about how students learn the concept and what common misconceptions students hold, and then collaborate to develop a lesson plan, which is then shared with a larger group of teachers for additional feedback and revision. Although individual lessons are developed and studied several lessons relating to the defined concept or goal are designed and studied over time.
 - Teaching the lesson: One teacher teaches the lesson, although all teachers participate in the preparation of the lesson and, sometimes teachers role-play the classroom prior to teaching it in the classroom with students.
 - Observing the lesson: While the lesson is being taught, the other teachers observe and take notes on what the students and presenting teacher do and say, following the "storyline" of the lesson, and document the questions the presenting teacher asks and the student responses.
 - Reflecting and evaluating: Critical, in-depth discussions focus on what was observed during the teaching of the lesson.
 - Revising the lesson: Based on their reflections and evaluation the lesson is collaboratively revised and, frequently, examining student work is used to guide decisions regarding how to enhance the lesson to increase student understanding and learning.

- Teaching the revised lesson: The revised lesson is taught and observed; the same teacher may teach the lesson again, to either the same or a different group of students, or another teacher may conduct the lesson and often additional faculty members are invited to observe when the revised lesson is taught.

- Reflecting and evaluating: This second debriefing is attended not only by the lesson study teachers but also by a larger group of the faculty, the principal, and a “knowledgeable other” – a content expert university faculty, or other outside professional. Normally, in this second reflecting the more general issues arise. What about teaching and learning more generally, was learned from the lesson and its implementation?

- Sharing the results: The lesson that has been researched and developed is shared with a broader audience of teachers and other educators. Articles might be published, and many school and districts have established websites to share lessons that result from the process.

Implementation requirements

Lesson study teachers need readily available access to the resources required to study and research the theme or concept that they are exploring through the research lesson and have appropriate resource people who can serve in the “knowledgeable other” role.

The Implementation Process

Commit to Vision and Standard

What actually happens in the phase “commit to vision and standards” of the design process? The vision of teaching and learning in science must be a guide line for the professional developer to build up the curriculum that support teachers to reach the qualities required in school science standards and vision of science.

Analyze Student Learning and Other Data

The purpose of analyzing student learning and other data is to identify specific targets for improving student learning that will determine the goals for teacher learning and form the basis for a professional development program clearly focused on results for students. Most important in this phrase, professional developers examine multiple sources

of student learning data to determine what essential knowledge and skills students are and are not learning and what performance gaps exist between varieties of students.

Relevant data

- Demographic data about students and teachers
- Multiple measure of students' achievement of standards
- Student learning data disaggregated by racial, economic, language, and gender groups
- Data about classroom practice and students' opportunity to learn
- Data about professional development, the school culture, and leadership

Set Goals

Learning goals for teachers are informed by referring to the standards, as well as data about teacher performance, knowledge and skills, needs, and supports available. Planners must consider what knowledge and skills, professional development, and structural support teachers needed to successfully implement the new science curriculum.

Plan

When the goals are set, it is the time to revisit and clarify the beliefs under the program. Input the critical issues, also considering how to confront challenges like helping preservice science teachers to have a better understanding and also the improvement of practicing inquiry. And, finally, during planning, professional developers think strategically about which strategy combination of strategies to employ and start with the design framework to be more thoughtful guideline to plan the professional development curriculum.

Do

Starting to implement what have been planned, professional developers try the designed curriculum and gain new understanding from the experiment of new behavior, which usually takes time and unpredictable steps. After getting the feedback, professional developers utilized the feedback to improvise the designed curriculum. Implementing professional development is recursive and usually messy, demanding flexibility and continuous learning throughout the process.

Evaluate

An essential part of the professional development design process is evaluation, which will determine whether and in what ways the designed curriculum are successful. There are several questions that professional developers can ask themselves that may help them address the challenges of evaluation of their programs and initiatives.

- What are the goals or desired outcomes?
- How do you assess the accomplishment of the outcomes?
- How do you acknowledge and evaluate how a professional development initiative and its participants change over time?
- How do you take advantage of evaluation as a learning experience in itself?

Another resource of evaluation professional development comes from Thomas Gusky's (2000) book "Evaluating Professional Development". Guskey indentifies five critical levels of professional development evaluation ranging from simple to more complex. Each level builds on the one before it.

Level 1: Participants' reaction

Level 2: Participants' learning

Level 3: Organizational support and change

Level 4: Participants' use of new knowledge and skills

Level 5: Student learning outcomes

TABLE 5 CRITICAL LEVELS OF PROFESSIONAL DEVELOPMENT EVALUATION

Evaluation Level	What Questions are Addressed?	How will Information Be Gathered?	How will Information be Used?
1.Participants' reactions	-Did they like it? -Was their time well spent? -Did the material make sense? -Will it be useful? Was the leader knowledgeable and helpful?	-Questionnaires administered at the end of the session - Focus group -Interview -Personal learning logs	-To improve program design and delivery

TABLE 5 (Continued)

Evaluation Level	What Questions are Addressed?	How will Information Be Gathered?	How will Information be Used?
2.Participants' learning	-Did the participants acquire the intended knowledge and skills?	-Paper-and pencil test -Simulations and demonstrations Participant reflections (oral and/or written) Participant portfolios	To improve program content, format, and organization
3.Organization support and change	-What was the impact on the organization? -Did it affect organizational climate and procedures? -Was implementation advocated, facilitated, and supported? -Was the support public and overt? -Were problems addressed quickly and efficiently? -Were sufficient resources made available? -Were successes recognized and shared?	-District and school records -Minutes from follow-up meetings -Questionnaires -Focus groups -Structured interviews with participants and school or district administrations -Participant portfolios	- To document and improve organizational support - To inform future change efforts

TABLE 5 (Continued)

Evaluation Level	What Questions are Addressed?	How will Information Be Gathered?	How will Information be Used?
4.Participants' use of new knowledge and skills	-Did participants effectively apply the new knowledge and skills?	-Questionnaires -Structured interviews with participants and their supervisors -Participant portfolios -Direct observations -Video or audiotapes	- To focus and improve all aspects of program design, implementation and follow-up
5.Students' learning outcomes	-What was the impact on student? -Did it affect student performance or achievement? -Did it influence students' physical or emotional well being? -Are students more confident as learner? -Is student attendance improving? -Are dropouts decreasing?	-Students' records -School records -Questionnaires -Structured interviews with students, parents, teachers, and/or administrator -Participants' portfolios	-To demonstrate the overall impact of professional development

Source: Guskey, Thomas R. (2000). Evaluating Professional Development. Pp.79-81

Professional development in inquiry

Many research studies have been conducted in order to see how professional development can help teachers to improve their professional teaching. The work of Harlow (2010) showed that teachers can transform inquiry experience in the professional development into their classroom practice and even improve their skill of using inquiry more than they had in the course, which was in line with Barab (2006) that reported the abilities of carrying inquiry experience to classroom practice of teacher after professional development. This confirms the earlier reports that previous experiences of inquiry influence the teacher's classroom practice.

A research study that supports the useful outcome of professional development is the work of Oliveira (2010) who found out that inquiry-based professional development can enhance teachers' questioning skill. Also, another work of Geier (2008) reported the result of inquiry-based professional development where the teachers can enhance the student gains in national test higher than students who studied with the teachers who did not experienced the inquiry-based professional development. Moreover, Trundle (2007) reported the result of the retention time that teachers hold the inquiry-based explanation after inquiry-based professional development in the major group of participants which lasted longer than six months.

The outstanding research in professional development was done by Crawford (2007) who studied the result after five teachers participated in the professional development about teaching science as inquiry. These teachers spent over one year experiencing high school fieldwork. Barbara collected data from interviewing, field notes and artifacts to see if these prospective teachers engaged in learning how to teach science. Four research questions from this research were as follows:

- 1) What were these prospective teachers' beliefs of teaching science?
- 2) To what extent did these prospective teachers articulate understanding of teaching science as inquiry?
- 3) In what ways, if any, did these prospective teachers endeavor to teach science as inquiry in their classrooms?

4) In what ways did the mentor teachers' views of teaching science appear to support or constrain these prospective teachers' intentions and abilities to teach science as inquiry?

The course showed the spectrum of development of prospective teachers from lecture-driven lessons, to innovative, open, full-inquiry projects. Despite being immersed in a cohort experience in learning about and working with aspects of how to teach science as inquiry, and despite having mentors well acquainted with the goals of the preservice program, these prospective teachers demonstrated widely varying practice. The mentor's openness or reluctance to allow a prospective teacher to try out new approaches did not fully explain the differentially enacted levels of inquiry. Related to the question, "to what extent did these prospective teachers articulate understanding of teaching science as inquiry?" there was evidence that some simply could not articulate what it means to teach science as inquiry. Several prospective teachers seemed to lack a clear idea of how to enact teaching science as inquiry in their classroom. Not knowing how to use inquiry-based strategies was a fact of some of the interns, despite the university's emphasis on inquiry throughout the year. Another research question is "what these prospective teachers' beliefs of teaching science?" It stood out that the beliefs about teaching science as inquiry played a critical part in decisions about planning instruction. There was evidence that a prospective teacher's set of beliefs about pedagogy, schools, student learning, and the nature of scientific inquiry may have been the overriding factor influencing choice and eventual success in teaching science as inquiry (Lotter, 2007). One constraining set of beliefs arose from the school culture; there was clear evidence that at least some of the prospective teachers developed beliefs that inquiry-based approaches were generally inappropriate for their high school students.

Most critical factor influencing a prospective teacher's intentions and abilities to teach science as inquiry is the prospective teachers' complex set of personal beliefs about teaching and views of science. A prospective teacher's personal view of teaching science as inquiry, comprised of his or her knowledge of scientific inquiry and of inquiry-based pedagogy and his or her beliefs of teaching and learning, is a strong predictor of a prospective teacher's actual practice of teaching science. These findings suggest that

modeling the design of inquiry-based lessons in theoretically stopped methods courses is clearly not enough. The study of teachers' beliefs of teaching and learning cannot be isolated from the real world of classroom practice. The role of facilitator is helping prospective teachers to change their beliefs that teaching science as inquiry must be possible for them. Facilitators need to show them that things can work, that it is possible to carry out inquiry-based instruction in actual classrooms, and be able to evaluate their current beliefs for effectiveness.

Summary

Using professional development as a tool to solve teachers' problems could be a possible way, as a tool for the professional teaching. Research studies support the professional development can enhance the teaching skill (Oliveira. 2010), students' gain in the nation test (Geier. 2008), and the retention time of professional development that can last longer than 6 months. Reports that support the importance of professional development were studied (Barab. 2003; Harlow. 2010). However, the professional development that only teaches theory, especially in scientific inquiry, is not enough to help teachers, the need of more practicing inquiry professional development were articulated in many research studies (Barab. 2003; Brown. 2006; Crawford. 2007; Harlow. 2010; Lotter. 2007)

2.4 Preservice teacher, inquiry-based approach and professional development interrelated to the idea of this research

According to the literature review above, the situation of preservice teachers struggling with using inquiry teaching in classroom practice and the need for inquiry teaching strategy. Also the need of science educational stands that emphasized teaching science as inquiry, and the research studies that showed essential benefits of practicing in the classroom (Apedoe. 2008; Geier; et al. 2008; Lee. 2010; Liu. 2010). Reasonably assuming that finding the way to improve preservice teachers' experience in inquiry is necessary; however, one of the tools that effectively help teachers to enhance their teaching profession is the professional development (Barab. 2003; Harlow. 2010), but the theoretically based professional development is not enough to improve teaching profession

in practicing inquiry, so the ESRU-guided inquiry based curriculum might rise the proper answer as a key tool to develop preservice teachers' understanding and practicing inquiry.

Courses Syllabus of the Professional Development Program

Phase 1: Developing Teachers' experience in inquiry

Day 1: experience inquiry

Workshop 1: Water crisis

Introduce the participants to the curriculum and explain the whole picture of the professional development. The participants were grouped into four groups and each group was assigned to solve the water crisis situation in rice farming using the information provided from the instructor. Each group created the project to solve the crisis and presented their projects.

The participants were told the conflict story of the goal of education and asked to reflect the idea to the article received in order to understand the core teaching conception of the participants. Each participant wrote down the reflective idea to the story.

Workshop 2: Soil crisis

The participants were provided the information about the rice farming crisis from soil. They had to gather the data received from the instructor in order to create the project to solve the crises and reported to the class, explained the reason and the evidence for making conclusion.

During the last 30 minutes, participants were given the conflict article about student's learning ability, and reflected their opinion toward the article.

Day 2: experience inquiry

Workshop 3: Fertilizer crisis

The participants were provided the information about the rice farming crisis from fertilizer. They had to analyze the data received from the instructor in order to create the project to solve the crises and reported to the class, explained the reason and the evidence for making conclusion.

During the last 30 minutes, participants were given the conflict article about effective teaching method, and reflected their opinion toward the article.

Workshop 4: Pesticide crisis

The data about pesticide problems were given to the participants who designed the project of solving pesticide problems in rice farming. Participants had to analyze the data received from the instructor in order to create the project to solve the crises and reported to the class, explained the reason and the evidence for making conclusion.

During the last 30 minutes, participants were given the conflict article about the goal of teaching science, and reflected their thought to the article.

Phase 2: Concluding teachers' understanding and practicing inquiry**Day 3: wrap-up inquiry****Workshop 5: Organization crisis**

The five features of inquiry were introduced to the participants. The instructor reviewed the activities that the participants have tried and engaged the activities to five features of inquiry. All data from every previous activity were given to the participants. Each participant was asked to write the inquiry-based lesson plan according to five features of inquiry.

Workshop 6: classroom inquiry practice

Four participants from each group were randomly selected to demonstrate their lesson plan. The chosen participants role played as the science teacher while the rest of the participants were evaluating the demonstration.

CHAPTER 3

METHODOLOGY

Introduction

This study investigated whether preservice science teachers have better understanding and practicing inquiry after experiencing in the ESRU-guided inquiry-based curriculum. This research answered the following questions:

1. Do preservice science teachers' understanding and practicing inquiry increase significantly after participating in the ESRU-guided inquiry-based curriculum?
2. What are teachers' core teaching conceptions that preservice science teachers hold and change after participating in the ESRU-guided inquiry-based curriculum?
3. What are the interrelationships of the core teaching conceptions with understanding inquiry of the preservice science teachers?

This chapter presents the methodology of this research, including the instruments and procedures which were employed in this research under the following headings:

1. Phase one: Curriculum Creation
 - 1.1 Identifying science educational standard needs
 - 1.2 Goals setting
 - 1.3 Planning instruction
 - 1.4 Consulting experts
 - 1.5 First draft modify
 - 1.6 Pilot study
 - 1.7 Second modify
2. Phase two: Curriculum implementation
 - 2.1 Research design
 - 2.2 The participants
 - 2.3 Settings
 - 2.4 Instruments for data collection

3. Phase three: Curriculum evaluation

3.1 Quantitative data analysis

3.2 Qualitative data analysis

The details of each phase are presented respectively by the heading.

1. Phrase one: Curriculum Creation

Phase one will be the designing of the ESRU-guided inquiry based curriculum.

Shown in Figure 3 is the overview of the curriculum designing process.

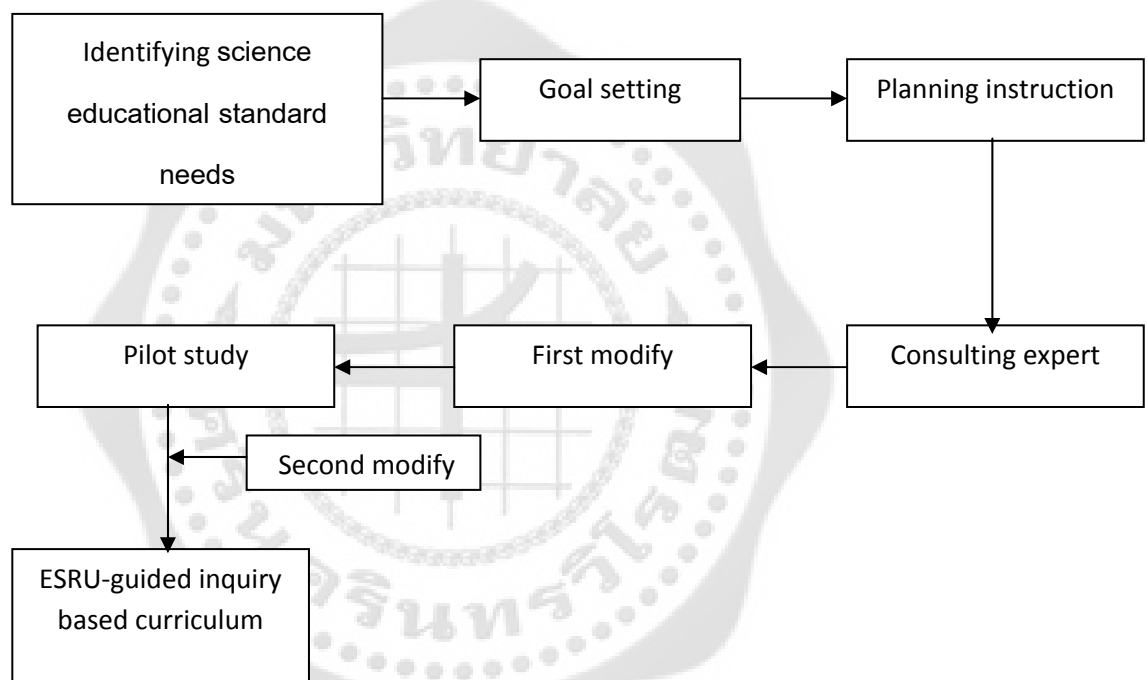


FIGURE 3 OVERVIEW OF THE CURRICULUM DESIGNING PROCESS

The details in each step of curriculum designing are described as follows:

1.1 Identifying science educational standard needs

Commit to vision and standard: based on the goals of eighth science standard of National science education to teach science as the way scientist do science, including the knowledge and believe of research studies that confirm the effects of inquiry approach. The eighth standard in science educational standard is the focus of this research because it

is the only implicit one that has no content area to fit in, so the science teacher must try to figure out how to implement inquiry skill in eighth standard into other science standards.

1.2 Goal setting

Form critical issue of beginning science teachers that have a hard time dealing with the complex context, also have to integrated inquiry approach into classroom practice. The aims of this curriculum is enhancing understanding and practicing inquiry in preservice science teachers in order to support the eighth standard of science educational standard, and aim to improve core teaching conceptions of preservice science teachers as well.

1.3 Planning instruction

1.3.1 content

The content of this curriculum are five crises of rice farming considering inquiry as a tool to investigate the way to solve problems, using crisis of rice farming to start the problems and the preservice science teacher were investigated with all data provided in order to solve problems. Five topics of rice farming crisis are:

- Water crisis
- Soil crisis
- Pesticide crisis
- Fertilizer crisis
- Organization crisis
- Conclusion of inquiry

The last unit of the curriculum is the conclusion of inquiry which was the discussion about the whole picture of inquiry that all participants experienced during the intervention.

1.3.2 Activity's structure

1.3.2.1 ESRU cycle initiation

E = Instructor elicits questions for all students.

S = Students respond to the question.

R = Instructor uses the information to support students.

U = Instructor uses the information to support students.

In first step, after bringing up the crisis of rice farming for an issue and asking students for the response, use the response to group students (participants) into

five groups with the same level of understanding from the answer that students' response to the question.

1.3.2.2 Second step, guided inquiry implementation

Implement guided inquiry-based curriculum using the crisis of rice farming issues for participants to solve the crisis as the scientists. Four groups of participants set up the project to solve the crisis of rice farming, starting from posing scientific questions, identifying the data, finding the pattern of the data, making decisions from evidence, presenting the result from evidence, and justifying their presentation.

Five topics of crisis in rice farming

1. Water crisis
2. Soil crisis
3. Fertilizer crisis
4. Pesticide crisis
5. Organization crisis

1.3.2.3 Reflective the core teaching conceptions

Participants were given the work sheets about the conflict situation in science teaching. They were asked to reflect their ideas about the story. At the end of each unit, participants were asked to explain how they plan to bring what they have learnt to apply in the classroom as well as what they have learnt about rice farming and inquiry.

1.3.3 Time structure

The curriculum was implemented for a total of eighteen hours, divided into three days of six hours. Three hours for each unit, the structure of activities in three hours of each unit is as follows:

Guided inquiry-based lesson on rice farming crisis	2.30 hours
Reflective writing on core teaching conceptions	30 minutes

1.3.4 Professional development design

The professional development design model was used in order to design this curriculum presented by Loucks-Horsley.; et al. (2003). It was merged with the goals of this curriculum as a result of the ESRU-guided inquiry-based curriculum.

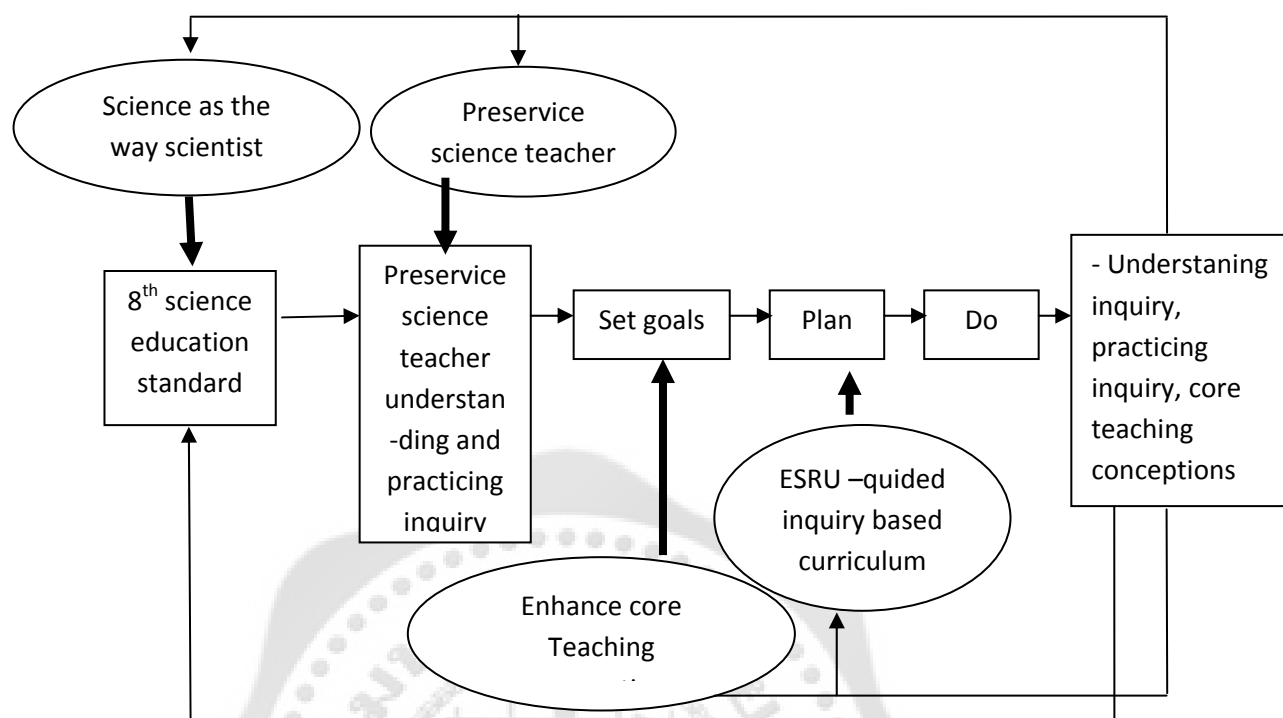


FIGURE 4 THE PROFESSIONAL DEVELOPMENT DESIGN OF THIS CURRICULUM

1.3.5 Plan for assessment

The assessment for this curriculum is shown in table 6 .

TABLE 6 THE ASSESMENT OF THE CURRICULUM

Dependent factors	Instrument	
	Quantitative data	Qualitative data
1. understanding inquiry	Fraye model	Fraye model
2. practicing inquiry	Pre-post inquiry scoring rubric for lesson plans	- Observation of teaching demonstration
3. core teaching conceptions	- Pre-post questionnaires - Reflective writing	- Reflective writing

1.4 Consulting expert

In this step the curriculum validity and reliability were examined by three experts in order to check the detail of created curriculum, and gave the recommendation for improvement of the curriculum to achieve the proper quality of each instrument which was used in the ESRU-guided inquiry based curriculum.

1.5 First modify

The information that was given from three experts was used to modify the curriculum in order to develop the curriculum before the pilot study was processed.

1.6 First pilot study

Twenty-eight volunteer preservice science teachers in the fourth year of a five-year teacher preparation program at Rajabhat University were asked to participate in pilot study in order to develop instrument and check the validity of each instrument and instruction.

1.7 Second modify

The information given from twenty eight participants in the pilot study was used to improve the curriculum for the better validity, reliability and communication.

2. Phrase two: Curriculum implementation

2.1 Research design

The design of this study is a mixed method, one group pre-test, post-test design, where the ESRU-guided inquiry-based curriculum is an independent variable and the outcome of preservice science teachers on understanding inquiry, practicing inquiry and core teaching conceptions are dependent variables. All instruments that were used in this research are as shown in table 6.

The information which is collected from the instruments was both quantitative and qualitative which confirm each other to answer questions:

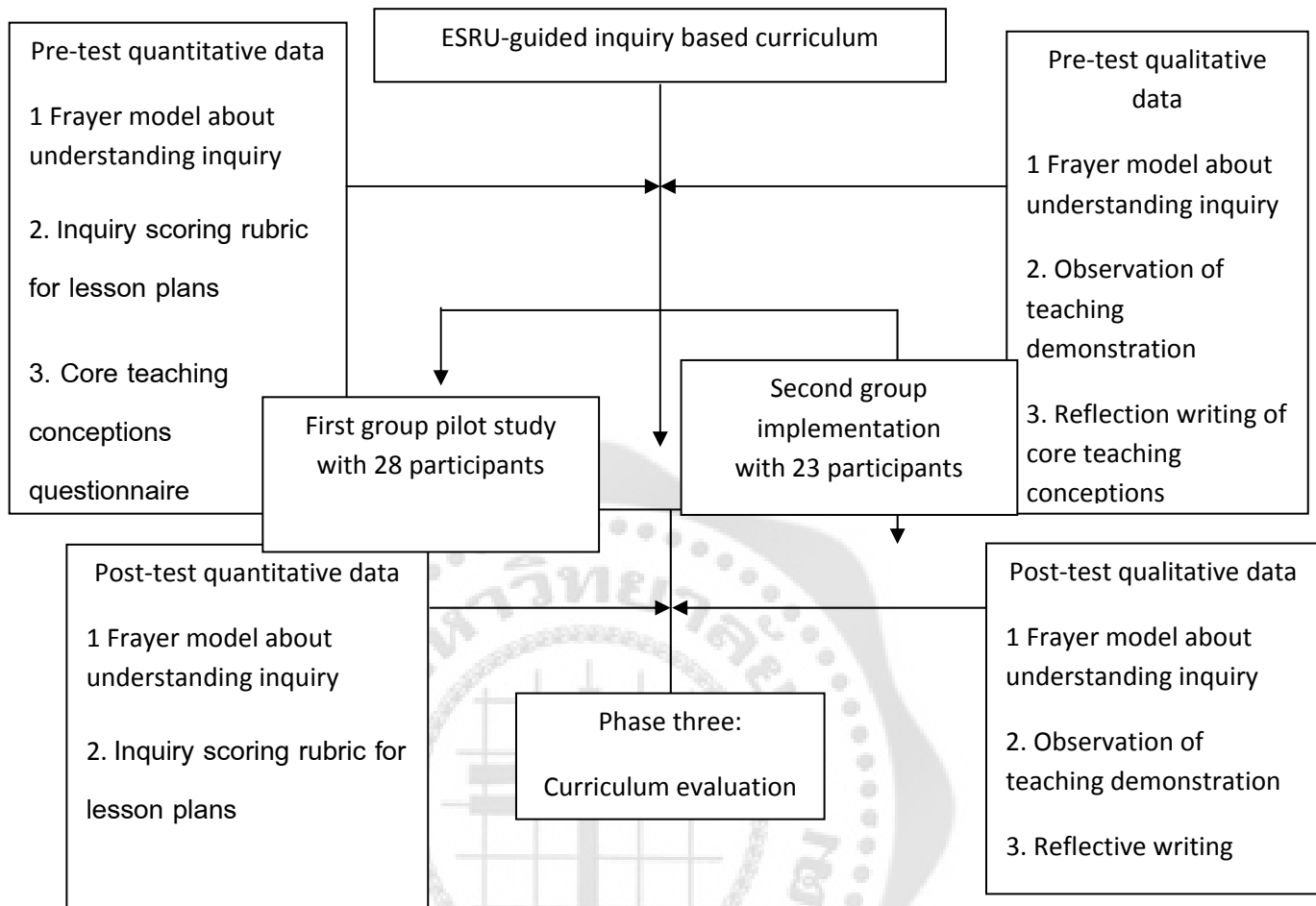


FIGURE 5 THE OVERVIEW OF PHASE TWO

The diagram of dependent one group pretest posttest design is shown in figure 7. The diagram shows that: (1) the subjects are measured or observed (O_1) before the intervention (pretest); (2) the intervention (X) is applied afterward; and (3) The subjects are measured or observed (O_2) after the intervention (posttest)

O_1 X O_2

FIGURE 6 THE DEPENDENT ONE GROUP PRETEST-POSTTEST DESIGN DIAGRAM

The preservice science teachers participated in the intervention for 3 days (6 hours per day)

The research design (FIGURE 6) was developed using t-test to answer the following aspects:

1. Whether difference in understanding inquiry exists between pretest and posttest.
2. Whether difference in practicing inquiry exists between pretest and posttest.
3. Whether correlation of core teaching conceptions with understanding and practicing exists between pretest and posttest.

2.2 The participants

Participants in this workshop were 51 preservice science teachers in two universities. As the eighth science standard emphasizes learning science as the way scientists do science, so that the teachers have to play the role of the supporter for students to practice inquiry. The 28 volunteered preservice science teachers participated in the pilot study and 23 volunteered preservice science teachers participated in the curriculum implementation. A total of 51 preservice science teachers participated in the ESRU-guided inquiry-based curriculum.

Participants were selected purposely from volunteered preservice science teachers because the questionnaire and reflective writing part may not elicit the true information from the non-volunteer participants.

2.3 Settings

The curriculum was tried out once for pilot study for three days of six hours per day with 28 volunteer preservice science teachers using the classroom of Rajabhat. The information and work sheets were provided to participants individually and as a group. Each unit took 3 hours to finish.

2.4 Instruments for data collection

2.4.1 Quantitative data collection

2.4.1.1 Understanding inquiry assessment for preservice science teachers

The understanding inquiry assessment for preservice science teachers was used to identify the preservice science teachers understanding inquiry was measured by Frayer model.

2.4.1.2 Practicing inquiry assessment for preservice science teachers

The practicing inquiry assessment for preservice science teacher was evaluated by inquiry scoring rubric for lesson plans by Lotter (2007) as shown in appendix 1. The five features of inquiry were considered in order to understand the level of the ability to design inquiry-based lesson plan of preservice science teachers; those five features consist of:

1. Engage students in scientifically oriented questions.
2. Engage students in gathering, organizing and analyzing data.
3. Engage students in formulating explanations from evidence to address scientifically oriented questions.
4. Engage students in evaluating their explanations in light of alternative explanations.
5. Engage students in communicating and justifying their explanations.

The participants were asked to write a lesson plan before and after the intervention and the lesson plans are the indicators of the practicing inquiry.

2.4.1.3 The reliability for instruments in Thai version

The reliability for each instrument in Thai version was qualified by the content validity index. Each answer from the questionnaire of three level rating scales was weighed by the three experts as follows (Reinard. 2006: 137-139.):

Consistent is weighed as +1

Unsure is weighed as 0

Inconsistent is weighed as -1

The formula uses to calculate the CVI is $CVI = \frac{\sum R}{N}$

Where CVI means the content validity index

$\sum R$ means summation of experts' opinion marks

N means a number of experts

2.4.2 Qualitative data collection

According to the mixed method design, the qualitative data is the important part of the work. The support data of qualitative data were used in this research in

order to understand the quantitative data in details. These tools were used to gather qualitative data from participants:

2.4.2.1 Frayer model for the understanding inquiry

2.4.2.2 Observation of teaching demonstration

2.4.2.3 Questionnaires (adopt from SRI interview protocol) for

exploring preservice science teachers' core teaching conception show in appendix 2.

2.2.2.4 Reflective writing

3. Phrase three: Curriculum evaluation

3.1 Quantitative data analysis

According to all instruments which were used in order to collect data in this research; Frayer model, inquiry scoring rubric for lesson plans, all data were collected and analyzed using the following procedures:

1. Descriptive statistics, mean, standard deviation, and variance were calculated for all instruments.
2. The t-test of significance was performed using the data from Frayer model, inquiry scoring rubric for lesson plans before and after the intervention.

3.2 Qualitative data analysis

The questionnaire, observation of teaching demonstration and reflective writing were used to explore preservice science teachers' core teaching conceptions. The data were used to find out the connection with quantitative data.

Data Gathering

The data were collected to answer the questions:

1. Do preservice science teachers' understanding and practicing inquiry increase significantly after participating in the ESRU-guided inquiry-based curriculum?

The data were collected from

Pretest posttest Frayer model: Before the beginning of the intervention preservice science teachers were given the pretest about understanding inquiry, and asked to write the inquiry-based lesson plan. At the end of the curriculum participants were taken the posttest

Fayer model about understanding inquiry and, asked to write an inquiry-based lesson plan. The lesson plans were scored using inquiry scoring rubric for lesson plans by Forbes (2010).

2. What are core teaching conceptions that preservice science teachers hold and change after participating in the ESRU-guided inquiry based curriculum?

Pre-questionnaires (adopt from SRI interview protocol by Schwarz (2007)) were applied to the participants before the implementation and at the end of each day the reflective worksheets were given to the participants.

3. What are the interrelationships of the core teaching conceptions with understanding inquiry of the preservice science teachers?

The data from the pretest posttest questionnaires and the about understanding inquiry and the ability of designing inquiry-based lesson plan together with the data from the pretest of core teaching conceptions were used to find the answer for this research question.

Data Analysis

To answer the research questions, the data were analyzed in the following ways:

For question 1. Do preservice science teachers' understanding and practicing inquiry increase significantly after participating in the ESRU-guided inquiry based curriculum?

The understanding inquiry was identified into two main categories that are "Fact or Process", the change of participants ideas were analyzed using t-test in order to find out whether the change was significantly or not. For the practicing inquiry by designing inquiry-based lesson plan, the pretest posttest mean score were compared. The changes of the mean scores were analyzed whether there were significantly differences between before and after implementation.

For question 2: What are core teaching conceptions that preservice science teachers hold and change after participating in the ESRU-guided inquiry based curriculum?

The pre-questionnaires data and reflective work sheets were analyzed to classify the core teaching conceptions of participants.

For question 3: What are the interrelationships of the core teaching conceptions with understanding of the preservice science teachers?

The results from all instruments were collected and analyzed to find the most decreasing or increasing of the core teaching conceptions matched with the result of understanding inquiry and practicing inquiry to indicate the cause-effect from both tails.



CHAPTER 4

FINDINGS

This chapter presents the findings of phrase 1: developing the ESRU-guided inquiry-based curriculum for science preservice teachers and phrase 2: The ESRU-guided inquiry-based curriculum implementation and evaluation. The findings were collected and reported respectively to answer the research questions below:

1. Do preservice science teachers' understanding and practicing inquiry significantly increase after participating in ESRU-guided inquiry-based curriculum?
2. What are core teaching conceptions that preservice science teachers held before and change after participating in the ESRU-guided inquiry-based curriculum?
3. What are the interrelationships of the core teaching conceptions with understanding inquiry of preservice science teachers?

The findings are separated into two sections:

Section 1: The results of the developing the ESRU-guided inquiry-based curriculum. Section 2: The results of the implementation and evaluation of the curriculum on preservice science teachers' understanding, practicing inquiry and core teaching conceptions.

Section 1: The results of the developing the ESRU-guided inquiry-based curriculum.

Context of the curriculum

This part explains how the ESRU-guided inquiry-based were designed and developed before the implementation.

1.1 The design of the draft ESRU-guided inquiry-based curriculum

The content of the curriculum is divided into two parts. The main content was about rice farming in order to integrate science with real life issue and the topic to investigate should be something that the participants do not have much knowledge about it. Five activities were created for the participants to investigate about crisis in rice farming. Each crisis had four different conditions; therefore the participants in the different groups

needed the different way to solve their own problems. Each group got the different data to use for exploring, analyzing and making conclusions from evidence.

ESRU-guided inquiry-based curriculum design

ESRU-guided inquiry-based curriculum consists of 3 steps

First step: ESRU cycle initiation.

Instructor elicits questions for all students

Students respond to the question

Instructor recognizes the response

Instructor uses the information to support students

In first step the crisis of rice farming is brought to ask participants for the responses. After the participants' response to the question, teacher recognized the response and used it to correct participants along the implementation. These are the explicit questions in each activity which were used to start the ESRU cycle.

Question for water crisis activity: What are the characteristics of good scientific questions?

Question for soil crisis activity: How do we collect data and analyze data properly?

Question for fertilization crisis activity: How do we make proper explanation from evidence?

Question for pesticide crisis activity: How do we connect what we found to the existed knowledge?

Question for organization crisis activity: How do we communicate the findings and justify our communication?

Question for inquiry wrap-up activity: What do five features of inquiry consist of?

Second step: guided inquiry implementation

Implement full guided inquiry using crisis of the rice farming issues for participants to solve the crisis as a scientist. Four groups of participants received the data to use for creating the project to solve the crisis of rice farming, starting from posing scientific

questions, looking for the data, finding the pattern of the data, making decisions for evidence, presenting the result from evidence, and justifying their presentation.

Five topics of crisis in rice farming:

1. Water crisis
2. Soil crisis
3. Fertilizer crisis
4. Pesticide crisis
5. Organization crisis

Third step: reflective writing the core teaching conceptions

Participants were given the work sheets about the conflict situation in science teaching. They were asked to reflect their ideas about the story. At the end of each unit, participants were asked to explain how they plan to bring what they have learnt to apply in the classroom as well as what they have learnt about rice farming and inquiry.

1.2 The evaluation of draft ESRU-guided inquiry-based curriculum by experts

Three experts examined the curriculum materials. The experts who provided critique of these research materials have expertise in curriculum, professional development and inquiry. The result from consistency evaluation of each component of the curriculum was 0.8; therefore, the curriculum had consistency among its components.

From the experts' recommendations, three main things in the curriculum had been changed which are:

1. Decreasing the amount of the data which were given to each group. According to the conditions of the problems and the massive amount of information the participants were received, the process of collecting data consumed too much time, and the whole activity was not successful under the limitation of time.

2. Adding the final wrap-up part at the end of the day in order to remind the participants of what they have done and what they have learned. The learning experienced that the participants gained can last longer with the whole group repeating the concept learned with the instructor.

3. Changing the activity from reflective discussion to reflective writing, because of the group discussion cannot allow every participant to share their ideas, on the other way, personal reflective writing can elicit the true feeling from participants without peer pressure.

1.3 The pilot study

Pilot study was attended by 28 volunteer preservice science teachers. Participants spent three days for the curriculum implementation. The results of the pilot study showed that three main things need to be adjusted for the suitable time.

1. Time controlling was unable to do; the activity cannot follow the schedule of the curriculum. Every activity took longer than the plan especially the inquiry process. Therefore, the data provided to each group of participants need to be reduced, but the activity still remains the same detail. The communication part is also longer than the time given in the schedule, and the presentation of each group needs more time. As a result, the instructor needed to explain the important of time limitation to participants.

2. The reflective writing process needs more time to finish in order to elicit the true ideas from the participants; the limit of time could not accomplish the goal. The instructor decided to give participants to take the article back home and spent private time reflecting their ideas toward the article. The lesson plan presentations lack the evaluation process, so the unit of the curriculum must change and add the lesson plan evaluation to the curriculum.

3. The participants enjoyed the activity and had fun learning about rice farming problems and the scientific knowledge about the content. Therefore most of the participants did not notice the inquiry experience they had along the way. In the conclusion step at the end of each day, some participants did not realize that what they have done was inquiry process. The instructor needed to make a clear explanation about the activity and inquiry skill that participants used to solve the problems.

Section 2: The results of the implementation and evaluation of the curriculum

The ESRU-guided inquiry-based curriculum was evaluated based on the data analyzed from participants' pre-post questionnaires, the reflective writing about core teaching conceptions and the pre-post inquiry-based lesson plans. The information gathered from participants was analyzed in order to present below.

2.1 Evaluation of the understanding of inquiry

To evaluate the understanding of inquiry before and after the ESRU-guided inquiry-based curriculum implementation, the pre-post Frayer model was used to collect the answers from the participants. The answers were categorized into 2 main groups as the content-based or process-based. Also, participants were asked to give the examples and non examples of inquiry-based learning activities. All of the data were analyzed by content analysis in order to categorize each meaningful statement from participant responses.

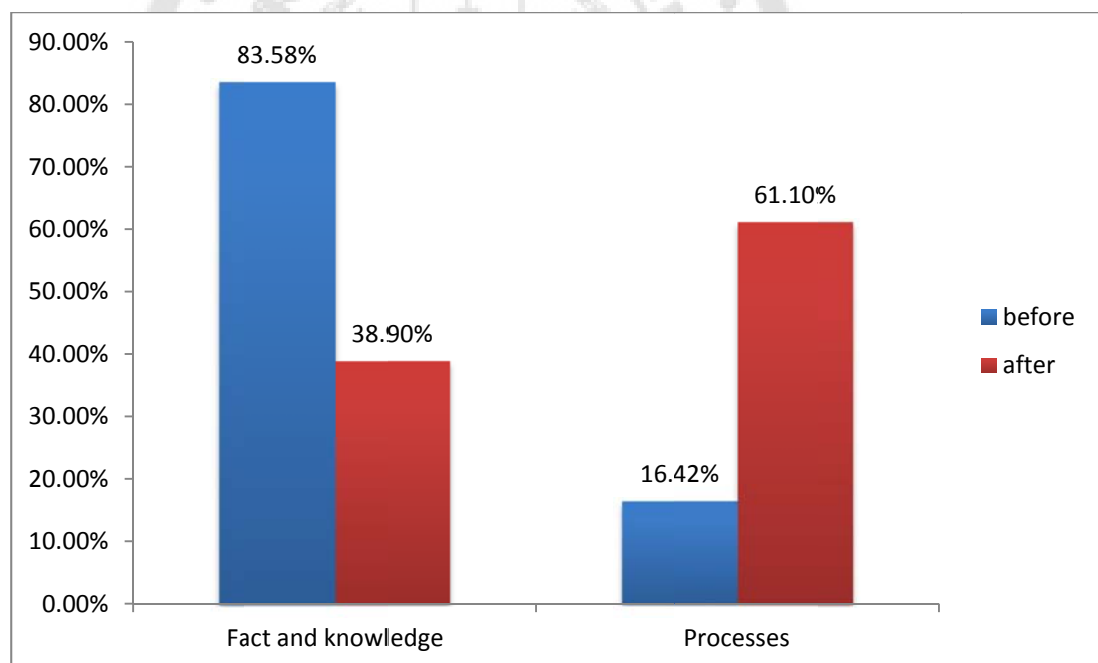


Figure 6 The percentage of understanding inquiry in the participants before and after the curriculum implementation

Before the curriculum implementation 83.58% of the participants' responses the questionnaires to the question of the definition of inquiry as facts and knowledge, only 16.42 % of the participants talked about process and skills.

The examples of the response are

“inquiry is letting students learning science by themselves”

“inquiry means letting students learn and searching scientific knowledge by themselves”

The answers were mostly short and has explanation about five features of inquiry I. The participants explained inquiry as the process of searching information, searching knowledge, making report, and looking for existing scientific knowledge. While after the curriculum implementation, the answer has changed differently. The responses about inquiry as the process based rose up from 16.42 % before the implementation to be 61.10 % after the implementation. A total of 44.68% of the participants changed their ideas of inquiry from content-based to be skill-based after the curriculum implementation.

2.2 Practicing of inquiry

The evaluation of practicing inquiry was assessed by asking participants to write the inquiry-based lesson plans in their ideas before and after the curriculum implementation. The topics of the lesson plans were opened freely to their interest. Four participants were volunteered to demonstrate their lesson plans at the end of the curriculum implementation. All the lesson plans were evaluated using the inquiry rubric score for lesson plans. The inquiry rubric score is the tool that was based on the five features of inquiry defined by NRC.

Five features of inquiry consist of:

1. Lesson engages students in scientifically oriented questions
2. Lesson engages students in gathering, organizing, and analyzing data
3. Lesson engages students in formulating explanations from evidence to address scientifically oriented questions
4. Lesson engages students in evaluating their explanations in light of alternative explanations

5. Lesson engages students in communicating and justifying their explanations

In each feature of the inquiry, the rubric was separated into three levels of inquiry activities to evaluate the lesson plan. The inquiry rubric score is shown in table 7.

Table 7 The inquiry scoring rubric for lesson plan

Features of inquiry	Inquiry Variations		
	3	2	1
Lesson plan engages learners in scientifically oriented questions	Lesson plan gives learners chances for students to pose a question	Lesson plan gives learners chances to selects among questions, poses new question or learner sharpens or clarifies question provide by teacher, materials, or other source	Lesson plan engages learners in question provided by teacher, materials, or other source
Lesson plan engages learners to give priority to evidence in responding to questions	Lesson plan engages learners to determines what constitutes evidence and collect it	Lesson plan engages learners to directly collect certain data or learner given data and asked to analyzed	Lesson plan engages learners to be given data and told how to analyze

Table 7 (Continued)

Features of inquiry	Inquiry Variations		
	3	2	1
Lesson plan engage learners to formulate explanations from evidence	Lesson plan engages learners to formulates explanations after summarizing evidence	Lesson plan engages learners to be guided in process of formulating explanations from evidence or learner given possible ways to use evidence to formulate explanation	Lesson plan engages learner to be provided with evidence and how to use evidence to formulate explanation
Lesson plan engages learner to connect explanation to scientific knowledge	Lesson plan engages learners to independently examines other resources and forms the links to explanations	Lesson plan engages learners to be directed toward areas and sources of scientific knowledge	Lesson plan engages learners to the given possible connection
Lesson plan engages learners to communicate and justify explanation	Lesson plan engages learners to form reasonable and logical argument to communicate exchange	Lesson plan engages learners to be coached in development of communication or learner provided broad guidelines to use sharpen communication	Lesson plan engages learners to be given steps and procedures for communication

The lesson plans were scored by inquiry rubric scoring based on five features of inquiry. Most of the lesson plans lacked letting students evaluate their explanation and formulate scientific question. Writing the lesson plan showed the difference from the understanding of inquiry, the definition of inquiry before the curriculum implementation was 83.58% of knowledge based, but in practicing inquiry, it was different. Most of the participants designed the lesson plan about giving the experiment to the students, which is process-based for 62.30 %. The other four features of inquiry besides doing experiment were found in the very low percentage before the curriculum implementation.

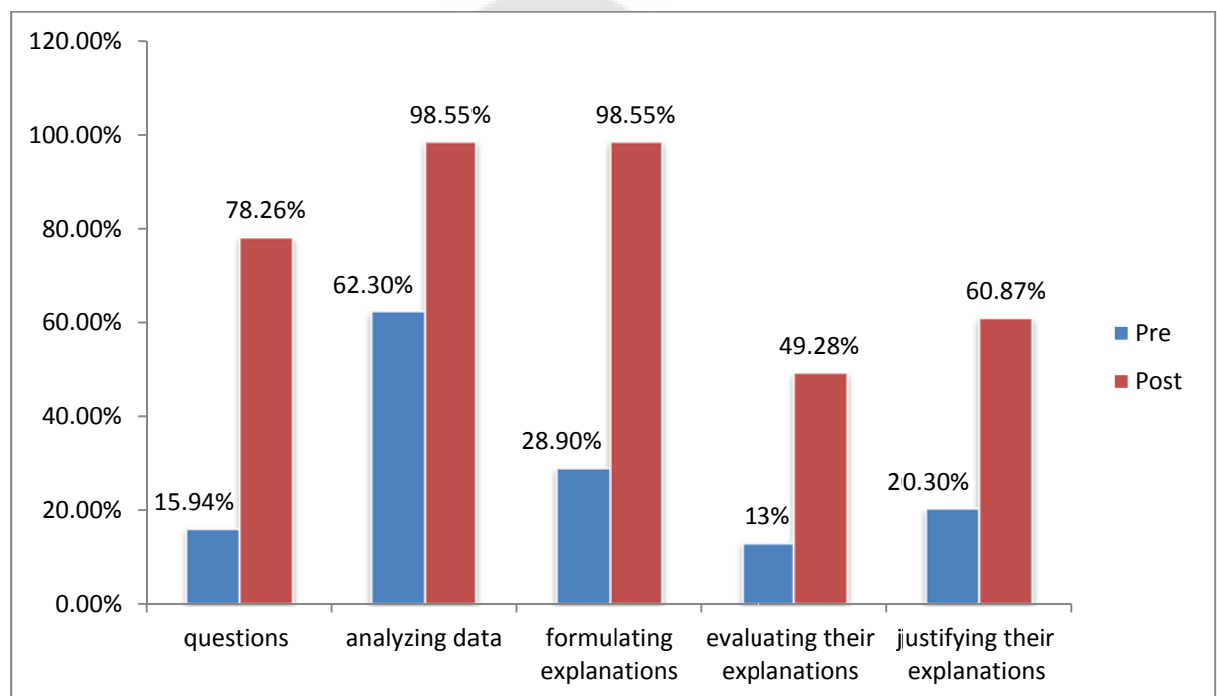


Figure 7 The comparison of inquiry-based lesson plan scoring before and after the implementation of the experimental group.

After the curriculum implementation, all five features of inquiry appeared more in the lesson plan of the participants. The feature of engage students with the formulating explanations is the feature that was the most different from 28.90 % before to be 98.55 % after the curriculum implementation. A total of 69.65% of the participants were aware of

having students formulate explanation from evidences after participating in the professional development.

The feature of engage students to make scientific question rose up from 15.94% before implementation to 78.26 after implementation, it rose up 56.92%. These results showed that after the curriculum implementation, the preservice science teachers plan to give more chances for students to engage with scientific question.

The feature of justifying data rose up 40.57% totally, from 20.30 before the implementation to 60.87 after the implementation. Beside only report the result of the experiment like before, the participants for 40.57% designed to engage students with the self evaluation of communicate scientific knowledge.

The feature of engaging the findings with existing knowledge rose up from 13% to 49.28%, totally 36.28% changed after the implementation. However this feature has the lowest percentage among five features of inquiry after the implementation. This finding implied that preservice had problems with designing for students to expand their knowledge.

The last feature is analyzing that rose up 36.25%, from 62.30 to 98.55. The percentage of this feature before the curriculum implementation is the highest feather among five features. However it still went up after the implementation and was also still the highest feature in inquiry after the curriculum implementation.

The lesson plans were scored using the inquiry rubric score, the full score is fifteen. The posttest score of all participants were higher than the pretest score. Table 8 shows the t-test score of the mean score between pretest and posttest of the lesson plans that were written by participants before and after curriculum implementation.

Table 8 The t test score of practicing inquiry

Experimental group	N	$\bar{X}$	S	$\sum D$	$\sum D^2$	t
Pre implementation	23	4.22	3.49	-169	1495	-10.3869*
Post implementation	23	11.56	1.24			

$$t (.01, 23) = -2.500$$

The t test score of the inquiry-based lesson plans as shown in table 8 means that the inquiry-based lesson plans after the curriculum implementation significantly got the higher score than the lesson plans before the implementation at level 0.01. This finding indicated that the curriculum implementation can improve the skills of designing inquiry-based lesson among participants.

2.3 Core teaching conceptions of preservice science teachers

The pre-questionnaire was used before the curriculum implementation. Also the reflective feedback stories were given to the participants to read and respond at the end of the day. All the stories were the conflict stories based on the core teaching conceptions. The responses of the pre-questionnaires showed the set of belief that the participants held before the curriculum implementation, and the response from the reflective writing from each story told the change of their belief if the participants had changed their thought.

The results of the response is shown in figure 3, before the curriculum implementation the strongest belief is about student ability of learning, which 91.30 % of the participants thought student might have the limitation of learning and that is the main key for them to practice inquiry in their classroom or not. The second strongest belief before the curriculum implementation is the perception of the effective teaching among the participants, 47.83% of the participants thought that the most effective teaching method was the method that can transfer the information to students which can be considered the content-based method because it supports participants' belief of inquiry about searching facts and knowledge.

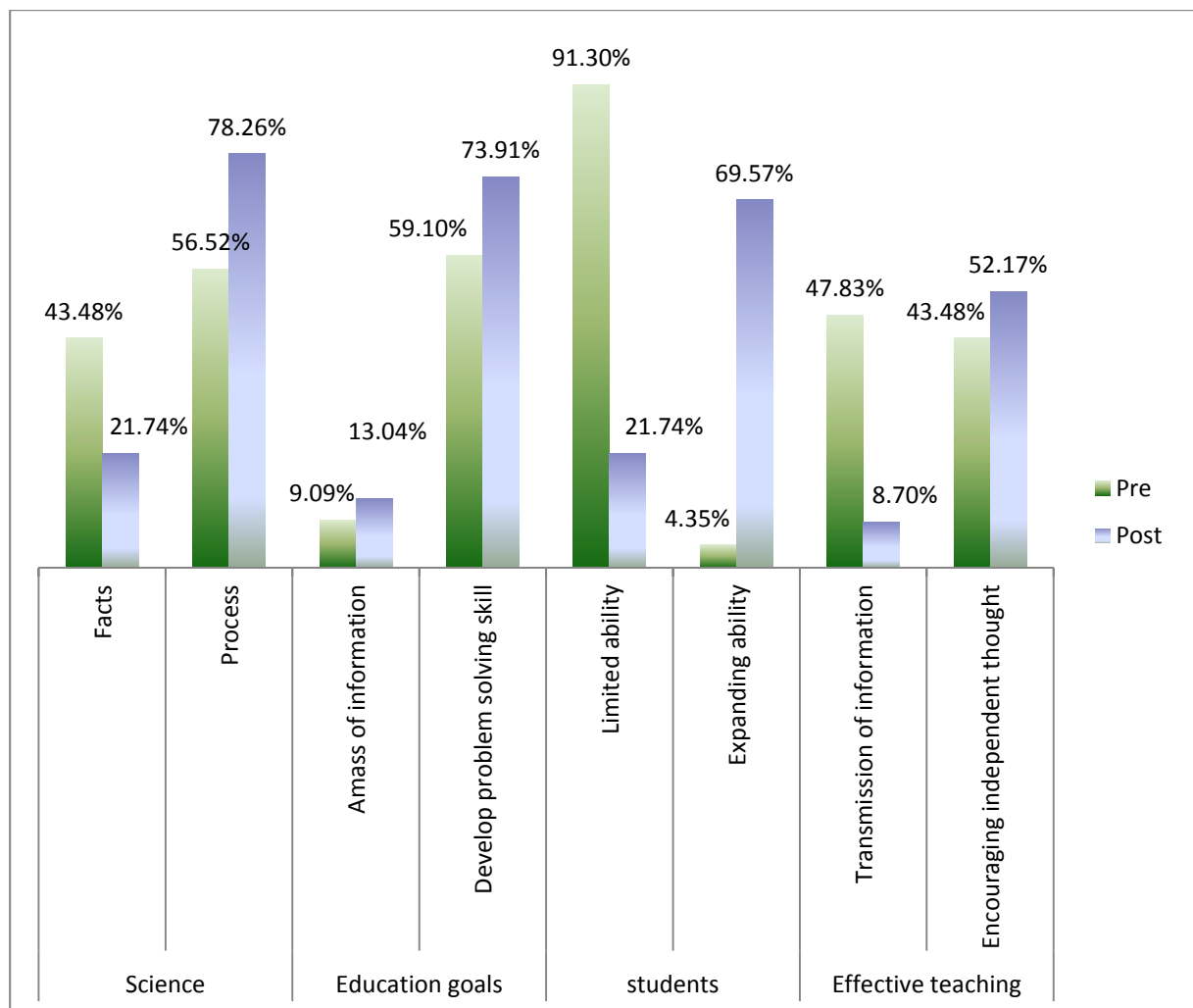


Figure 8 The percentage of core teaching conceptions before and after curriculum implementation

The results shown after the curriculum implementation changed; all core teaching conceptions that support inquiry rose up. The strongest belief about the limited learning ability of the students change by decreasing from 91.30 % to 21.74% and their belief of the expanding learning ability increased from 4.35% to 69.57 %.

The core teaching about the goal of learning science changed from the non-inquiry support to be more inquiry support. The participants' core teaching conception about teaching science as content-based decreased from 43.48% to 21.74% and changed to be more inquiry support from 56.52% before the curriculum implementation to be 78.26% after the implementation.

The result from the core teaching conception about education goal showed the difference from other core teaching conceptions. The core teaching conception that does not support inquiry also slightly rose up after the implementation from 9.09% before the implementation to 13.04 after the implementation. However the core teaching conception that support inquiry also rose up from 59.10% to 73.91% after the implementation.

The core teaching conceptions about the effective teaching showed the big difference from before to after the implementation. The core teaching conception about the effective teaching that not supports inquiry as the effective teaching is the method of transmission of information that decreased from 47.83% before the implementation to 8.70% after implementation. The core teaching conception that support inquiry about the effective teaching method as the way to encourage independent thought rose up from 43.83% before the implementation to 52.17% after the implementation.

The results from the understanding inquiry has shown that participants gain more understanding about inquiry as the process-based, and the practicing inquiry showed the most difference between before and after the curriculum implementation is the formulating the explanations of the experiment.

The most difference of the core teaching conceptions between before and after the implementation is the conception of the expanding learning ability, so this belief might relate to the practicing inquiry and understanding inquiry. This result can suggest the future research about the core teaching conception that relate to each features of inquiry.

2.3 The interrelationship between core teaching conceptions and understanding inquiry

The interrelationship between core teaching conceptions and understanding inquiry was analyzed by the information of understanding inquiry and the information of core teaching conceptions together. The changes of the participants understanding of inquiry were placed to connect with the change with the core teaching conceptions as shown in table 9. The bold participants showed the case that changed the understanding of inquiry from content-based before the curriculum implementation to the process-based after the curriculum implementation.

Table 9 Average mean score of core teaching conception and the understanding of inquiry

Participants	Understanding inquiry		Core teaching conceptions			
	before	after	before		after	
			Not support inquiry	Support inquiry	Not support inquiry	Support inquiry
1	Content	Process		+++		++++
2	Content	Content	++		+	++
3	Content	Content	++		+	++
4	Content	Process	+	+++		++++
5	Process	Process	+	+++		++++
6	Content	Content	++			+++
7	Content	Process	+	+++		++++
8	Content	Process	+	+++		++++
9	Content	Content	+++		+++	
10	Content	Content	+++		++	
11	Process	Process		++++		++++
12	Content	Process	++	++		++++
13	Content	Process	++	++		++++
14	Content	Process	+	+++		++++
15	Content	Content	++++		++	
16	Content	Content	+++		+	
17	Process	Process	+	+++		++++
18	Content	Content	+++		+	++
19	Content	Process	+++	+	+	+++
20	Content	Process	+++	+		++++
21	Content	Content	++++		+++	
22	Process	Process	+	+++		++++
23	Content	Process	+++	+		+++
Average mean score			2.0	1.52	0.65	2.74

The average mean score of the participants who held core teaching conceptions that does not support inquiry teaching decreased from 2.0 before the curriculum implementation to 0.65 after the implementation. The average mean score of the participants who held core teaching conceptions that support inquiry rose up from 1.52 before the implementation to 2.74 after the implementation. The findings showed that after the implementation the participants hold the core teaching conceptions that support inquiry more than before the implementation.

In order to see the connection of understanding inquiry and the core teaching conceptions, the participants who held the understanding of inquiry as the process-based were pooled into new table as shown in table 10. The participants who understand inquiry as the process after the implementation, the core teaching conceptions that did not support inquiry from 1.42 before implementation decreased to 0.07 after the implementation. Also the core teaching conceptions that support inquiry rose up from 2.5 before the implementation to 3.85 of 4.0 after the implementation. This finding showed that the teacher who understood inquiry as the process of scientist work held strong core teaching conceptions that support inquiry as the information shown in table 10.

Table 10 The participants who understanding inquiry and the connection of the core teaching conception.

Participants	Understanding inquiry		Core teaching conceptions			
	before	after	before		after	
			Not support inquiry	Support inquiry	Not support inquiry	Support inquiry
1	Content	Process		+++		++++
4	Content	Process	+	+++		++++
5	Process	Process	+	+++		++++
7	Content	Process	+	+++		++++
8	Content	Process	+	+++		++++
11	Process	Process		++++		++++

Table 10 (Continued)

Participants	Understanding inquiry		Core teaching conceptions			
	before	after	before		after	
			Not support inquiry	Support inquiry	Not support inquiry	Support inquiry
12	Content	Process	++	++		++++
13	Content	Process	++	++		++++
14	Content	Process	+	+++		++++
17	Process	Process	+	+++		++++
19	Content	Process	+++	+	+	+++
20	Content	Process	+++	+		++++
22	Process	Process	+	+++		++++
23	Content	Process	+++	+		+++
Average mean score			1.42	2.5	0.07	3.85

The findings implied two main things which are the participants who held the understanding of inquiry as studying about content held core teaching conceptions that does not support inquiry. On the other hand, when the participants change their understanding of inquiry after the curriculum implementation, they also change their core teaching conception to be more inquiry support.

The relation of understanding of inquiry and core teaching conceptions that support inquiry were tested by using Chi square method. The Chi square calculation of understanding of inquiry and the core teaching conceptions after the curriculum implementation are as shown in table 11.

Table 11 the calculation of chi square test for independent of understanding of inquiry and core teaching conceptions that support inquiry.

Understanding of inquiry	Goal of education	Goal of learning science	students	Effective teaching method	total	Chi square
content	0(5.09)	2(6.26)	4(7.04)	3(6.26)	9	55.4
Process	13(30.52)	14(37.57)	14(42.26)	13(37.57)	54	
รวม	13	16	18	16	63	

Degree of freedom = $(4-3)(2-1) = 3$ at $\alpha = 0.01$, chi square = 11.34

The experimental chi square is more than the table chi square at level of $\alpha = 0.01$.

The understanding of inquiry relate to the core teaching conceptions that support inquiry.

CHAPTER 5

CONCLUSION AND DISCUSSION

This chapter presents the conclusion of the study, discussion of research findings, and recommendation for further research.

Research questions

1. Do preservice science teachers' understanding and practicing inquiry significantly increase after participating in the ESRU-guided inquiry-based curriculum?
2. What are core teaching conceptions that preservice science teachers held before and change after participating in the ESRU-guided inquiry-based curriculum?
3. What are interrelationships of the core teaching conceptions with understanding inquiry of preservice science teachers?

Research hypothesis

The hypothesis of this study is as follows:

The ESRU-guided inquiry-based curriculum will be able to improve preservice science teachers' understanding, practicing inquiry and core teaching conceptions toward inquiry.

Participants

Participants in this workshop were 51 preservice science teachers in two universities. As the 8th science standard emphasized learning science as the way scientists do science, so that the teachers have to play the role of the supporter for students to practice inquiry. The 28 volunteered preservice science teachers participated in the pilot study and 23 volunteered preservice science teachers were participated in the curriculum implementation. Totally 51 volunteer preservice science teachers participated in the ESRU-guided inquiry-based curriculum.

Conclusion

1. Understanding inquiry

The results of understanding of inquiry showed that the ESRU-guides inquiry-based curriculum can change the participants' understanding about inquiry from facts and knowledge based to be more process-based. As the inquiry is learning science as scientists do their work the knowledge or facts in science can change over time, by the better technologies, the more information. The process of searching, proving, experimenting, communicating and evaluating is more important. For the understanding of inquiry, the participants mostly addressed about the scientific content, for example student doing report, searching for information, which actually is one feature of inquiry.

Findings from the curriculum implementation showed that preservice science teachers understand inquiry as only the way to find out existed scientific content not the way scientist work in order to find out new knowledge. The participants did not look at inquiry as the set of scientific skills that scientists use. In conclusion, participants did not understand the various types of inquiry; therefore they cannot make a clear definition to state their understanding of inquiry. These were similar to the study by Demir (2010) that the students of an alternative certification program were unable to demonstrate a solid understanding of what inquiry-based teaching is. Demir (2010) presented that the teachers held incomplete views of inquiry-based teaching. Moreover the study of Crawford (2005) confirms that even the teachers with research experience failed to understand the diverse method of inquiry used by scientists.

Practicing inquiry

The results of practicing of inquiry showed that the ESRU-guided inquiry-based curriculum can significantly change the practicing inquiry in the experimental group at level of 0.01. In all five features of inquiry the increase of each features are

1. Engage students to scientifically oriented questions raised up 62.32 %
2. Engage students to gathering, organizing and analyzing data raised up 36.25 %
3. Engage students to formulating explanations from evidence to address scientifically oriented questions raised up 69.65 %

4. Engage students to evaluating their explanations in light of alternative explanations raised up 36.28 %

5. Engage students to communicating and justifying their explanations raised up 40.57%

Teachers who understand inquiry as a process of scientist work, gave more chances for students to play the important role of investigate, learning and construct new knowledge by themselves. In practicing inquiry through lesson plan designing, most of the lesson plans from the preservice science teachers consisted of experimenting in order to find the result of the experiment which is conflict of the understanding of inquiry from the questionnaire that very few participants stated about doing experiment. The finding showed that when it comes to practical preservice science teachers were more aware about inquiry. Anyway the very low percentage of five features of inquiry are posting scientific questions and supporting conclusion with the existing scientific knowledge. This finding implied to the interesting issue because posting scientific questions is the most important step of inquiry, and also the step of connecting the finding from experiment with the existing scientific knowledge is essential for learning science. The participants' lesson plans showed that preservice science teachers will face the problems in practicing inquiry in the actual classroom. With the same result of the study by Demir (2010) which revealed that the teachers not just could not explicitly explain a clear understanding of inquiry-based teaching, but also they could not demonstrate inquiry-based teaching practices consistent with NRC (2000). Also Apedoe (2008) suggested that undergraduate students could not do well in inquiry without supporting and guiding. Moreover Jones (2007) proposed that teachers as professionals need collective and individual support in the classroom. Designing inquiry-based lesson plans is the first step of practicing inquiry which seems to be crucial steps and need supporting from experts. However, in the step of lesson plan designing, the findings were useful for improving the teacher preparation program in order to strengthen up preservice science teachers in practicing inquiry. Luehmann suggested two basic design principles for science teacher preparation: (a) the need to create safe places and scaffold ways for beginning science teachers to try on and develop their skills;

and (b) the need to offer opportunities to be recognized, by self and others, as a good teacher through supported reflection.

2. Core teaching conceptions

The results that showed after the curriculum implementation are all core teaching conceptions changed. The strongest belief about the limited learning ability of the students change by decreasing and their belief of the expanding learning ability increased. From core teaching conceptions that the participants held in their mind, the way participants look at students as the limited learning ability appear in the highest percentage. This will be the key factor of not practicing inquiry in the classroom with young students when the teachers think the students are not ready. The participants think that inquiry is the effective teaching method, but do not support the educational goal of reaching the national test. These findings are supported from different literature, in which the critical factors influencing teachers' intentions and abilities to teach science as inquiry is the teachers' complex set of personal beliefs about teaching and of science (Crawford, 2007. McDonald, 2008). Lotter (2007) suggested for the successful inquiry professional development that the program must not only teach inquiry knowledge, but it must also assess and address teachers' core teaching conceptions, then find the way to adjust them properly into the set of core teaching conceptions that support inquiry. Otherwise, the teachers will not practice inquiry anyway even they well understand inquiry or are able to practice it in actual classroom.

3. The relation of understanding inquiry and core teaching conception.

The results from the understanding inquiry showed that participants gained more understand about inquiry as the process-based. The mean average of the teacher that after the curriculum implementation held the understanding of inquiry as the process of scientist work has the very strong core teaching conception that support inquiry. This finding implied that during the experience in teacher preparation program, if the preservice science teachers can understand inquiry as the teaching about the process of scientist do science, the preservice science teacher will held the strong belief of core teaching conceptions that support inquiry. The chi square test result showed that the understanding of inquiry relate to the core teaching conceptions that support inquiry at the 0.01 level.

Discussion

In this study, the developing of ESRU-guided inquiry-based curriculum for enhancing preservice science teachers' understanding and practicing inquiry, the understanding inquiry of participants still look at inquiry as the knowledge, part of it might be because of Thai education style that focuses on the test score. The time of the inquiry activities might not be long enough for participants to gain new experience about inquiry and change the whole set of ideas as the same result of the work of Schwarz (2007). However, the finding could be used to improve the teacher preparation program, to provide more inquiry-based experience for preservice science teachers. Moreover, on the other hand, the core teaching conceptions of preservice science teacher should be addressed and gradually adjusted to be more inquiry supported; therefore, the preservice science teachers will apply inquiry teaching in their classroom practice when they start teaching.

The practicing inquiry raised up in all five features of inquiry-based lesson plan designing; however, the feature of engaging students to evaluate their explanations in light of alternative explanations raised up lower than others features. This difficulty was due to the prior experience of the participants they lacked, and the Thai culture about criticizing others is not well accepted. Also the proper self evaluation needed the good understanding about inquiry, the result of understanding showed the misconception of understanding inquiry, as a result of not being able to evaluate themselves properly among the participants. Designing inquiry-based lesson plan need various skills, practicing is a time consumed activity, the consistency of practicing inquiry needs a close support from experienced instructors. The process of practicing inquiry should be provided to preservice science teacher for the proper period of time.

The core teaching conceptions as shown in the results the most of the participants hold the set of belief that does not support practicing inquiry before the curriculum implementation; however, after the curriculum implementation this belief changed from thinking of students as a limited learning ability to expandable learning ability. However, even that all the core teaching conceptions of the participants changed from not supporting inquiry to be supporting more inquiry after curriculum implementation. There were still some participants that still hold the strong belief that does not support inquiry even before or after

the curriculum implementation. Feldman reported the same thing happening because of the experience in real classroom teaching. The work of Feldman implied that the different point of view on students' ability can lead to the different type of teaching that the teacher prefer to use in classroom practice.

The qualitative data should be collected from participants who held the strong believe that does not support inquiry to find out what the curriculum have missed to mention. Moreover the prior knowledge and learning experience of the participants should be addressed deeper in detail in order to find more connection among some kind of learning experiences with inquiry.

Recommendation

The recommendations by the researcher are:

1. The recommendations from the research findings

1.1 Suggestion for teacher preparation program

The result from this study implied that preservice science teacher need a clear understanding of inquiry and it plays the important role to preservice science teachers' core teaching conceptions. If the preservice science teachers understand inquiry as the content-based study, they also held the unsupported idea for inquiry teaching. The results from this study indicated that preservice science teacher needs a real inquiry experience learning, because most of participants never have any full experience about learning by inquiry before. The education system expects science teacher to teach science through inquiry, but science teachers would fail to do that if they never experienced it before.

The new structure to improve the curriculum learning by inquiry in:

- Structured inquiry
- Guided inquiry
- Open inquiry

If the participants can experience all levels of inquiry, they gain more ideas to design lesson plan. The evaluation of the inquiry-based inquiry lesson plan should be taught in the university so preservice science teachers can justify their lesson plans if their lesson plans are improvable.

Also the practicing inquiry, the process of inquiry-based lesson plan designing needs to be slow and clear. The proper time for practicing needs to be provided and the close attention by the experienced supporter is important. This experience has to be done before the preservice science teachers go out to the real classroom teaching at school.

The core teaching conceptions of the preservice science teacher need to be addressed and informed; therefore, the preservice science teachers' core teaching conceptions could be more inquiry supported.

1.2 Suggestion for professional developer

The results of this study indicated that there were three things to be aware of in order to develop the performance of inservice science teachers. First, the understanding of inquiry needs to be checked whether the inservice science teachers held the understanding of inquiry as a content-based or process-based of learning. Second, the lesson plan designing needs to be clarified and levels of inquiry need to be introduced so the inservice science teachers know how to adjust the inquiry activity to match their student's abilities. Third, the core teaching conceptions which play the key to control practicing inquiry should be considered and improved to be more inquiry supported.

2. Recommendation for further research

This study designed the guided inquiry-based, which is considered the middle level of inquiry. For further research, there should be studies on:

2.1 This research focused on developing the curriculum to improve understanding inquiry, practicing inquiry and core teaching conceptions. For further research, there should be the study on the relationship or the effect of real classroom practice of the preservice science teachers and how to support preservice science teachers. The survey of the obstacle during teaching experience should be studied to find the way to support preservice science teachers.

2.2 The qualitative study about the background learning experience and the understanding of inquiry should be studied in order to find out the key factor to the understanding of inquiry in preservice science teachers.

2.3 The relationship of each core teaching conception and practicing inquiry in science classroom, this study needs long time and many processes to find out, but the result can be used to guide the teacher preparation program for improving the teacher preparation.

2.4 The study of the relationship between school policy and the effects on decision making to chose the teaching method in science teachers. One of the factors that affect core teaching conceptions is the effective teaching method which depends on the school policy. The study will help the policy maker to support school teachers to reach the education goals.



BIBLIOGRAPHY



BIBLIOGRAPHY

- Akerson, V. L.;& Hanuscin, D. L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: Results of a 3- year professional development program. *Journal of Research in Science Teaching*. 44: 653–680.
- Apedoe, X. S. (2008). Engaging students in inquiry: Tales from an undergraduate geology laboratory-based course. *Science Education*. 92: 631–663.
- Avraamidou, L.;& Zembal-Saul, C. (2010). In search of well-started beginning science teachers: Insights from two first-year elementary teachers. *Journal of Research in Science Teaching*. 47: 661–686.
- Barab, S. A. and Luehmann, A. L. (2003), Building sustainable science curriculum: Acknowledging and accommodating local adaptation. *Science Education*. 87: 454–467.
- Bianchini, J. A.;& Cavazos, L. M. (2007). Learning from students, inquiry into practice, and participation in professional communities: Beginning teachers' uneven progress toward equitable science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*. 44: 586–612.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A.;& Granger, E. M. (2009). No silver bullet for inquiry: Making sense of teacher change following an inquiry-based research experience for teachers. *Science Education*. 93: 322–360.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A.;& Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*. 94: 577–616
- Ben-Zvi-Assaraf, O.;& Orion, N. (2010). Four case studies, six years later: Developing system thinking skills in junior high school and sustaining them over time. *Journal of Research in Science Teaching*. 47: 1253–1280.
- Brown, S. L.;& Melear, C. T. (2006). Investigation of secondary science teachers' beliefs and practices after authentic inquiry-based experiences. *Journal of Research in Science Teaching*. 43: 938–962.

- Crawford, B. A., Zembal-Saul, C., Munford, D.;& Friedrichsen, P. (2005). Confronting prospective teachers' ideas of evolution and scientific inquiry using technology and inquiry-based tasks. **Journal of Research in Science Teaching**. 42: 613–637.
- Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. **Journal of Research in Science Teaching**. 44: 613–642.
- Crowther, D.T. (1999). Here We Grow Again: Applications of research and model inquiry lessons. **Electronic Journal of Science Education**. 3.
- Demir, A;& Abell, S. K. (2010). Views of inquiry: Mismatches between views of science education faculty and students of an alternative certification program. **Journal of Research in Science Teaching**. 47: 716–741.
- Ebenezer, J., Kaya, O. N;& Ebenezer, D. L. (2011). Engaging students in environmental research projects: Perceptions of fluency with innovative technologies and levels of scientific inquiry abilities. **Journal of Research in Science Teaching**. 48: 94–116.
- Eick, C. J;& Reed, C. J. (2002). What makes an inquiry-oriented science teacher? The influence of learning histories on student teacher role identity and practice. **Science Education**. 86: 401–416.
- Forbes, C. T;& Davis, E. A. (2010). Curriculum design for inquiry: Preservice elementary teachers' mobilization and adaptation of science curriculum materials. **Journal of Research in Science Teaching**. 47: 820–839.
- Fogleman, J., McNeill, K. L;& Krajcik, J. (2011). Examining the effect of teachers' adaptations of a middle school science inquiry-oriented curriculum unit on student learning. **Journal of Research in Science Teaching**. 48: 149–169.
- Fry, Gerald W. (September, 2002). The Evolution of Educational Reform in Thailand. Paper presented at the second international forum on Education reform. Organized by the office of the national education commission, Office of the Prime Minister, Kingdom of Thailand.(online)
- Furtak, E. M. (2006). The problem with answers: An exploration of guided scientific inquiry teaching. **Science Education**. 90: 453–467.

- Geier, Robert; Blumenfeld, Phyllis C.; Marx, Ronald W.; Krajcik, Joseph S.; Fishman, Barry; Soloway, Elliot; Clay-Chambers, Juanita (2008). "Standardized test outcomes for students engaged in inquiry-based science curricula in the context of urban reform." *Journal of Research in Science Teaching* 45(8): 922-939.
- Guskey, Thomas R. (2000). *Evaluating Professional Development*. California: Corwin Press.
- Harlow, D. B. (2010). Structures and improvisation for inquiry-based science instruction: A teacher's adaptation of a model of magnetism activity. *Science Education*. 94: 142–163.
- Hunter, A.-B., Laursen, S. L.; & Seymour, E. (2007). Becoming a scientist: The role of undergraduate research in students' cognitive, personal, and professional development. *Science Education*. 91: 36–74.
- Irez, S. (2006). Are we prepared?: An assessment of preservice science teacher educators' beliefs about nature of science. *Science Education*. 90: 1113–1143.
- Jones, M. T. and Eick, C. J. (2007), Implementing inquiry kit curriculum: Obstacles, adaptations, and practical knowledge development in two middle school science teachers. *Science Education*. 91: 492–513.
- Joshua, P. G., Sue, A. (2010). Facilitation family group inquiry at science museum exhibits. *Science Education*, 94, 710 – 742.
- Kang, N.-H. (2007). Elementary teachers' epistemological and ontological understanding of teaching for conceptual learning. *Journal of Research in Science Teaching*. 44: 1292–1317.
- Kanter, D. E. (2010). Doing the project and learning the content: Designing project-based science curricula for meaningful understanding. *Science Education*. 94: 525–551.
- Kanter, D. E.; & Konstantopoulos, S. (2010). The impact of a project-based science curriculum on minority student achievement, attitudes, and careers: The effects of teacher content and pedagogical content knowledge and inquiry-based practices. *Science Education*. 94: 855–887.
- Khan, S. (2007). Model-based inquiries in chemistry. *Science Education*. 91: 877–905.
- Khishfe, R. (2008). The development of seventh graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*. 45: 470–496.

- Krystyniak, R. A;& Heikkinen, H. W. (2007). Analysis of verbal interactions during an extended, open-inquiry general chemistry laboratory investigation. **Journal of Research in Science Teaching**. 44: 1160–1186.
- Lee, H.-S., Linn, M. C., Varma, K;& Liu, O. L. (2010). How do technology-enhanced inquiry science units impact classroom learning?. **Journal of Research in Science Teaching**. 47: 71–90.
- Lee, O., Buxton, C., Lewis, S;& LeRoy, K. (2006). Science inquiry and student diversity: Enhanced abilities and continuing difficulties after an instructional intervention. **Journal of Research in Science Teaching**. 43: 607–636.
- Liu, O. L., Lee, H.-S;& Linn, M. C. (2010). An investigation of teacher impact on student inquiry science performance using a hierarchical linear model. **Journal of Research in Science Teaching**. 47: 807–819.
- Lotter, C., Harwood, W. S. and Bonner, J. J. (2007), The influence of core teaching conceptions on teachers' use of inquiry teaching practices. **Journal of Research in Science Teaching**. 44: 1318–1347.
- Loucks-Horsley, Susan.; et al. (2003). Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics. P.113.
- Luehmann, A. L. (2007). Identity development as a lens to science teacher preparation. **Science Education**. 91: 822–839.
- Lunsford, E., Melear, C. T., Roth, W.-M., Perkins, M;& Hickok, L. G. (2007). Proliferation of inscriptions and transformations among preservice science teachers engaged in authentic science. **Journal of Research in Science Teaching**. 44: 538–564.
- McDonald, Scott; Songer, Nancy Butler (2008). "Enacting classroom inquiry: Theorizing teachers' conceptions of science teaching". **Science Education**. 92(6): 973-993.
- Minner, D. D., Levy, A. J. and Century, J. (2010), Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. **Journal of Research in Science Teaching**. 47: 474–496
- Niaz, M., Aguilera, D., Maza, A;& Liendo, G. (2002). Arguments, contradictions, resistances, and conceptual change in students' understanding of atomic structure. **Science Education**. 86: 505–525.

- Oliveira, A. W. (2010). Improving teacher questioning in science inquiry discussions through professional development. **Journal of Research in Science Teaching**. 47: 422–453.
- Park Rogers, M. A; & Abell, S. K. (2008). The design, enactment, and experience of inquiry-based instruction in undergraduate science education: A case study. **Science Education**. 92: 591–607.
- Pugh, K. J., Linnenbrink-Garcia, L., Koskey, K. L. K., Stewart, V. C; & Manzey, C. (2010). Motivation, learning, and transformative experience: A study of deep engagement in science. **Science Education**. 94: 1–28.
- Ruiz-Primo, M. A; & Furtak, E. M. (2007). Exploring teachers' informal formative assessment practices and students' understanding in the context of scientific inquiry. **Journal of Research in Science Teaching**. 44: 57–84.
- Ruiz-Primo, M. A., Li, M., Tsai, S.-P; & Schneider, J. (2010). Testing one premise of scientific inquiry in science classrooms: Examining students' scientific explanations and student learning. **Journal of Research in Science Teaching**. 47: 583–608.
- Sadeh, I. and Zion, M. (2009), The development of dynamic inquiry performances within an open inquiry setting: A comparison to guided inquiry setting. **Journal of Research in Science Teaching**. 46: 1137–1160.
- Sandoval, W. A. and Morrison, K. (2003), High school students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. **Journal of Research in Science Teaching**. 40: 369–392.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G; & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. **Science Education**. 88: 610–645.
- Schwarz, C. V; & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. **Science Education**. 91: 158–186.
- Schwarz, C. V., Gunckel, K. L., Smith, E. L., Covitt, B. A., Bae, M., Enfield, M; & Tsurusaki, B. K. (2008). Helping elementary preservice teachers learn to use curriculum materials for effective science teaching. **Science Education**. 92: 345–377.

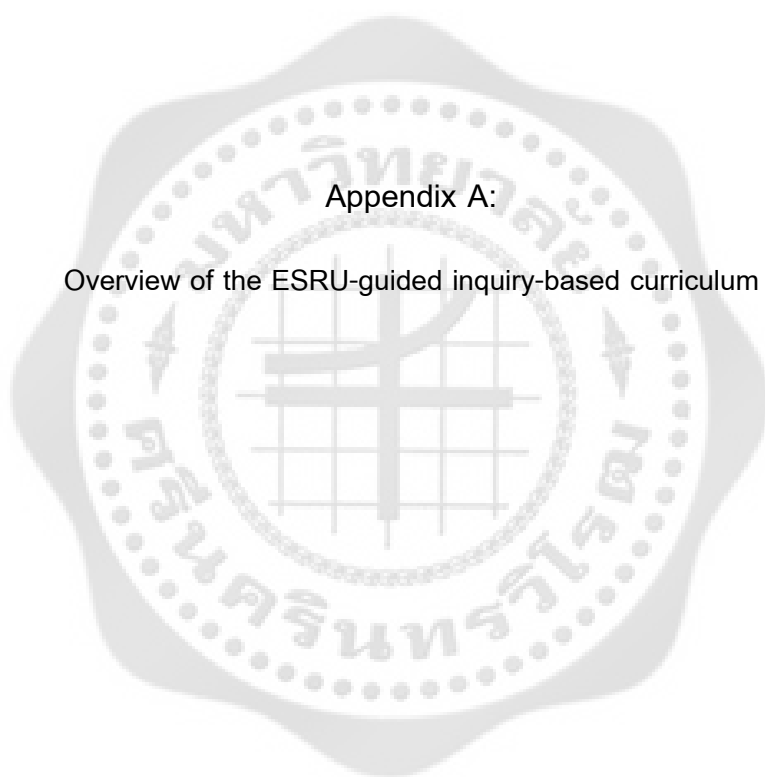
- Schwarz, C. (2009). Developing preservice elementary teachers' knowledge and practices through modeling-centered scientific inquiry. *Sci. Ed.*, 93: 720–744
- Taber, K. S. (2003). Mediating mental models of metals: Acknowledging the priority of the learner's prior learning. *Science Education*. 87: 732–758.
- Tang, X., Coffey, J. E., Elby, A.;& Levin, D. M. (2010). The scientific method and scientific inquiry: Tensions in teaching and learning. *Science Education*. 94: 29–47.
- Taylor, A. R., Jones, M. G., Broadwell, B.;& Oppewal, T. (2008). Creativity, inquiry, or accountability? Scientists' and teachers' perceptions of science education. *Science Education*. 92: 1058–1075.
- Trundle, K. C., Atwood, R. K.;& Christopher, J. E. (2007). A longitudinal study of conceptual change: Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases. *Journal of Research in Science Teaching*. 44: 303–326.
- Wilson, C. D., Taylor, J. A., Kowalski, S. M.;& Carlson, J. (2010). The relative effects and equity of inquiry-based and commonplace science teaching on students' knowledge, reasoning, and argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*. 47: 276–301.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice?. *Science Education*. 87: 112–143.
- Windschitl, M., Thompson, J.;& Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*. 92: 941–967.
- Yacoubian, H. A.;& BouJaoude, S. (2010). The effect of reflective discussions following inquiry-based laboratory activities on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*. 47: 1229–1252.



APPENDIXES

Appendix A:

Overview of the ESRU-guided inquiry-based curriculum



Courses Syllabus of the Professional Development Program

Phase 1: Developing Teachers' experience in inquiry

Day 1: experience inquiry

Workshop 1: Water crisis

Introduce the participants to the curriculum and explain the whole picture of the professional development. The participants were grouped into four groups and each group was assigned to solve the water crisis situation in rice farming using the information provided from the instructor. Each group created the project to solve the crisis and presented their projects.

The participants were told the conflict story of the goal of education and asked to reflect the idea to the article received in order to understand the core teaching conception of the participants. Each participant wrote down the reflective idea to the story.

Workshop 2: Soil crisis

The participants were provided the information about the rice farming crisis from soil. They had to gather the data received from the instructor in order to create the project to solve the crises and reported to the class, explained the reason and the evidence for making conclusion.

During the last 30 minutes, participants were given the conflict article about student's learning ability, and reflected their opinion toward the article.

Day 2: experience inquiry

Workshop 3: Fertilizer crisis

The participants were provided the information about the rice farming crisis from fertilizer. They had to analyze the data received from the instructor in order to create the project to solve the crises and reported to the class, explained the reason and the evidence for making conclusion.

During the last 30 minutes, participants were given the conflict article about effective teaching method, and reflected their opinion toward the article.

Workshop 4: Pesticide crisis

The data about pesticide problems were given to the participants who designed the project of solving pesticide problems in rice farming. Participants had to analyze the data received from the instructor in order to create the project to solve the crises and reported to the class, explained the reason and the evidence for making conclusion.

During the last 30 minutes, participants were given the conflict article about the goal of teaching science, and reflected their thought to the article.

Phase 2: Concluding teachers' understanding and practicing inquiry

Day 3: wrap-up inquiry

Workshop 5: Organization crisis

The five features of inquiry were introduced to the participants. The instructor reviewed the activities that the participants have tried and engaged the activities to five features of inquiry. All data from every previous activity were given to the participants. Each participant was asked to write the inquiry-based lesson plan according to five features of inquiry.

Workshop 6: classroom inquiry practice

Four participants from each group were randomly selected to demonstrate their lesson plan. The chosen participants role played as the science teacher while the rest of the participants were evaluating the demonstration.

หลักสูตรการสืบเสาะหาความรู้เชิงแนะนำ

โดยใช้ความเข้าใจก่อนเรียนเป็นฐาน

(ESRU-guided inquiry based curriculum)

หลักการ

หลักสูตรการสืบเสาะหาความรู้เชิงแนะนำร่วมกับการประเมินบทสนทนาแบบ ESRU cycle นั้นเป็นหลักสูตรเชิงปฏิบัติที่มุ่งเน้นให้ผู้เข้ารับการอบรมได้ฝึกฝน ปฏิบัติในทักษะการสืบเสาะหาความรู้ ด้วยองค์ประกอบของหลักสูตร ส่วนดังนี้ 3

ส่วนแรก คือ ส่วนนำเข้าสู่บทเรียน การนำเข้าสู่บทเรียนของหลักสูตร ใช้วงจร ESRU ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการประเมินผลผู้เข้ารับการอบรมอย่างไม่เป็นทางการ ซึ่งเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาในระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดย ESRU ประกอบด้วย

- Teacher Eliciting ครูถามคำถามที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการเรียน
- Student's response ผู้เข้ารับการอบรมตอบคำถาม
- Teacher Recognizing ครูจดจำคำตอบของผู้เข้ารับการอบรม เพื่อนำไปใช้ในการพาผู้เข้ารับการอบรมไปสู่จุดมุ่งหมายแห่งการเรียนรู้
- Teacher Using student's response ครูใช้คำตอบของผู้เข้ารับการอบรมเพื่อเพิ่มเติมในสิ่งที่ผู้เข้ารับการอบรมขาด

วงจรการประเมินผลแบบไม่เป็นทางการในแบบเดิมคือ แบบ IRF/IRA หมายถึง

Teacher Initial ครูเริ่มต้นบทสนทนา หรือคำถาม

Student response ผู้เข้ารับการอบรมตอบสนอง ด้วยการตอบคำถาม

Teacher giving the Feedback/ Teacher asses student ครูให้การตอบกลับ ว่าผิดหรือถูก ดีหรือไม่ดี หรือใช้คำตอบนั้นในการประเมินผู้เข้ารับการอบรม

อย่างไรก็ตามการประเมินผลแบบไม่เป็นทางการดังกล่าว ได้ข้อมูลปัญหาของผู้เข้ารับการอบรมแต่เพียงอย่างเดียวไม่แก้ปัญหาในขณะนั้น เพราะเพียงแต่ต้องการรู้ว่า ก่อนเรียนและหลังเรียนผู้เข้ารับการอบรมมีพัฒนาการต่างกันอย่างไร ดังนั้นในส่วนของกระบวนการ ESRU นั้นจึงมีความจำเพาะ

เจาะจงเพื่อแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า ในขณะที่เกิดปัญหาขึ้นในทันทีซึ่งดีกว่า ในส่วนนำเข้าสู่บทเรียนของทุก ๆ หน่วยการเรียนรู้ทำขึ้นเพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมมีความเข้าใจเรื่องการสืบเสาะหาความรู้ เพราะในทุก ๆ หน่วยการเรียนรู้จะนำเข้าสู่บทเรียนด้วยลักษณะสำคัญของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

ส่วนที่สอง คือส่วนของเนื้อหากิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้เทคนิคการสืบเสาะหาความรู้เชิงแนะนำ โดยให้ผู้เข้ารับการอบรมได้ลงมือทำจริงเพื่อให้เกิดทักษะในการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตาม ลักษณะสำคัญดังนี้คือ 5

- การตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ไขปัญหา
- การรวบรวม จัดกระทำ วิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นในการตอบคำถามที่ตั้งขึ้น
- การสรุป ข้อมูลจากหลักฐานที่วิเคราะห์ได้
- การสร้างคำอธิบายข้อสรุปด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นปัจจุบัน
- การสื่อสาร ประเมินค่าคำตอบของคำถามที่สืบเสาะหาความรู้ได้

อย่างไรก็ตามในส่วนที่สองซึ่งเป็นการปฏิบัตินี้จะเน้นไปที่ทักษะของการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถใช้การสืบเสาะหาความรู้ได้ และสามารถเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เข้ารับการอบรมใช้ทักษะการสืบเสาะหาความรู้ให้ได้

ส่วนที่สามคือ ส่วนของการสะท้อนแค้นความคิดรวบยอดเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากในหลาย ๆ ประเทศทั่วโลกกำลังให้ความสนใจกับการใช้เทคนิคการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาศักยภาพในการเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เข้ารับการอบรมงบประมาณจำนวนมากถูกทุ่มเทไปในการสอน การอบรมครูวิทยาศาสตร์ให้มีความเข้าใจเรื่องการสืบเสาะหาความรู้ อย่างไรก็ตาม มีตัวแปรหลากหลายที่ทำให้ครูที่ผ่านการอบรมและมีความรู้เกี่ยวกับการสืบเสาะหาความรู้แล้ว แต่กลับไม่นำการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง มีงานวิจัยรายงานว่าสาเหตุดังกล่าวเป็นเพราะแก่นความคิดรวบยอดของครูที่มีต่อการสอนวิทยาศาสตร์ มุมมอง ซึ่งหากไม่สามารถเปลี่ยนมุมมองดังกล่าวที่มีในครูวิทยาศาสตร์ได้ ครู 4 เหล่านั้นก็จะไม่นำวิธีการดังกล่าวไปใช้สอนผู้เข้ารับการอบรม ซึ่ง มุมมองทั้ง ได้แก่ 4

- มุมมองต่อเป้าหมายการสอนวิทยาศาสตร์
- มุมมองต่อผู้เข้ารับการอบรม
- มุมมองต่อวิธีสอนที่มีประสิทธิภาพ

- มุมมองความสนใจของครูวิทยาศาสตร์

การเปลี่ยนมุมมองความคิดของผู้เข้ารับการอบรมทำโดยใช้ใบงานสะท้อนความคิดเห็น ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เข้ารับการอบรมได้คิดถึงเหตุผลและสะท้อนความคิดจากเรื่องที่อ่าน

อย่างไรก็ตามหลักสูตรนี้จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมมีความเข้าใจเรื่องเทคนิคการสอน ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ สามารถนำเทคนิคการสอนเรื่องการสืบเสาะหาความรู้ไปใช้ได้และมีมุมมองแนวคิดที่จะนำเทคนิคการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไปใช้ในการเรียนการสอนจริง

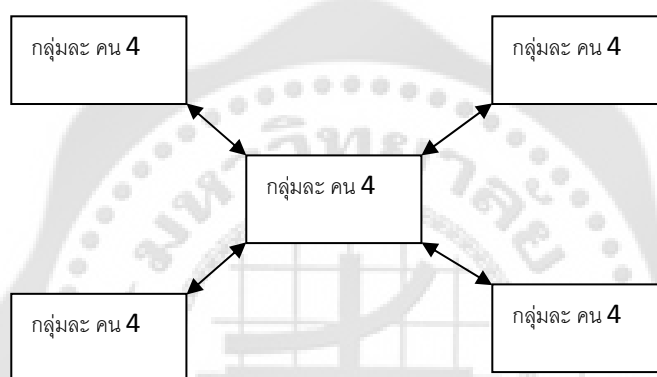
จุดมุ่งหมาย

1. ผู้เข้ารับการอบรมสามารถสร้างคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ได้
2. ผู้เข้ารับการอบรมสามารถรวบรวม จัดกระทำ และวิเคราะห์ข้อมูลได้
3. ผู้เข้ารับการอบรมสามารถสร้างคำอธิบายและข้อสรุปจากข้อมูลที่ได้
4. ผู้เข้ารับการอบรมสามารถอธิบายข้อสรุปที่ได้โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์รองรับอย่างมีเหตุผล
5. ผู้เข้ารับการอบรมสามารถนำเสนอโครงการที่เกิดจากการสืบเสาะหาความรู้ เปรียบเทียบอภิปราย ประเมินค่าและหาแนวทางใหม่ ๆ เพื่อพัฒนาโครงการของตนให้ดีขึ้น
6. ผู้เข้ารับการอบรมเข้าใจสิ่งที่สอนในวิชาวิทยาศาสตร์
7. เข้าใจศักยภาพของผู้เข้ารับการอบรมในวัยที่แตกต่างกันในการสืบเสาะหาความรู้
8. เข้าใจประโยชน์ของการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ได้
9. เข้าใจเป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ได้
10. ผู้เข้ารับการอบรมสามารถอธิบายถึงความสำคัญของแก่นความคิดรวบยอดเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการสอนด้วยการสืบเสาะหาความรู้ได้
11. เข้าใจกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์เอกของโลก

วิธีการจัดการเรียนรู้

การแบ่งกลุ่ม

การจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลุ่มทดลอง คน ต่อหนึ่งหน่วยการ 5 คนต่อกลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มละ 20 กลุ่มจะทำหน้าที่ 4 กลุ่มนั้นจะทำหน้าที่ผู้ช่วยครู และอีก 5 ใน 1 เรียนรู้ โดยผู้เข้ารับการอบรม และเมื่อขึ้นหน่วยการเรียนรู้ต่อไปก็จะเปลี่ยนกลุ่มผู้ช่วยครูไปเป็นผู้เข้ารับการอบรมและเปลี่ยนกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมมาเป็นผู้ช่วยครูแทน จนทุกกลุ่มได้ทำบทบาทผู้ช่วยครูและผู้เข้ารับการอบรม



การสืบเสาะหาความรู้

แต่ละกลุ่มจะได้ข้อมูลปัญหาในการทำงานซึ่งแตกต่างกัน แต่ละกลุ่มต้องใช้การสืบเสาะหาความรู้เพื่อทำโครงการแก้ไขปัญหการทำงานดังกล่าวให้บรรลุผลสำเร็จ โดยระดับของการสืบเสาะหาความรู้จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จากบทแรกยังบทสุดท้าย

การสะท้อนแก่นความคิดรวบยอดในการสอนวิทยาศาสตร์

ในส่วนท้ายของกิจกรรม ผู้เข้ารับการอบรมอ่านเรื่องเกี่ยวกับสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนและเขียนสะท้อนความคิดที่มีต่อแก่นความคิดรวบยอดเกี่ยวกับการสอนในเรื่องนั้น ๆ

การวัดและการประเมินผล

ประเมินผลจากแบบรายงานโครงการ ไปงาน แบบสะท้อนความคิด ของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ๖ ๗ การสืบเสาะหาความรู้แบบสอบวัดความเข้าใจแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่เขียนขึ้น แบบสอบถามเรื่องแก่นความคิดรวบยอดในการสอนวิทยาศาสตร์

Appendix B:

Schedule of the ESRU-guided inquiry-based curriculum implementation

ตารางกำหนดการอบรมหลักสูตร ESRU-guided inquiry-based curriculum (หน่วยที่ 1)

กิจกรรม	เวลา	วิธีการ	เครื่องมือ, อุปกรณ์	ประเมินผล
1. ปฐมนิเทศหลักสูตร	20 นาที	- กล่าวต้อนรับกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมอบรมในหลักสูตร ESRU guided inquiry based curriculum - อธิบายโครงสร้างการอบรม จุดประสงค์ของการอบรมและการประเมินผลของการอบรม	- คู่มือเข้าร่วมอบรมหลักสูตร ESRU guided inquiry based curriculum	
2. วัดความเข้าใจเรื่อง การสืบเสาะหาความรู้ ก่อนอบรม	15 นาที	- ผู้เข้าร่วมอบรมทำแบบวัดความเข้าใจเรื่องการสืบเสาะหาความรู้ ก่อนเข้ารับการอบรม	- Frayer model of inquiry - แบบวัดความเข้าใจเรื่องการสืบเสาะหาความรู้	- ประเมินจากคำตอบใน Frayer model - ระดับความเข้าใจจากแบบวัดด้วย inquiry rubric scoring
3. แบ่งกลุ่ม ชี้แจงหน้าที่	5 นาที	- แบ่งกลุ่มเข้ารับการอบรม เป็น 5 กลุ่ม - ชี้แจงบทบาทความรับผิดชอบของกลุ่มผู้เรียนและกลุ่มผู้ช่วยครู		

4. หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ปัญหาวิกฤติน้ำในการทำนา	110 นาที	- ผู้เรียนสืบเสาะหา ความรู้เพื่อแก้ไขปัญหา วิกฤติน้ำในการทำนา จากข้อมูลปัญหาต่าง ๆ ที่ให้มาในเอกสาร หลักสูตร	-หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องปัญหาวิกฤติน้ำ ในการทำนา	- แบบรายงานโครงการ แก้ปัญหาวิกฤติน้ำใน การทำนา - วีดิโอบันทึกการ นำเสนอโครงการปัญหา วิกฤติน้ำ
5.สะท้อนความคิด แก่น ความคิดรวบยอดใน การสอนวิทยาศาสตร์	30 นาที	- อภิปราย, สะท้อน ความคิดเรื่อง “เรียน อะไรในวิทยาศาสตร์”	-ใบงาน “Butterfly effect”	- แบบสอบถามแก่น ความคิดรวบยอดเรื่อง การสอนวิทยาศาสตร์ หลังการอบรม - วีดิโอบันทึกการ อภิปราย
6. ได้อะไรในชั้นนี้	20 นาที	- แบ่งปันสิ่งที่ได้เรียนรู้ ในภาคเช้าในฐานะ กลุ่มผู้ช่วยครูและกลุ่ม ผู้เรียน - สรุปลักษณะของ คำถามทาง วิทยาศาสตร์ที่ดี	- แบบสะท้อน ความคิดสำหรับ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เราจะนำอะไรจากที่ เราเรียนรู้ไปใช้ใน ห้องเรียนได้?	- แบบสะท้อนความคิด - วีดิโอบันทึกการ แบ่งปันสิ่งที่ได้เรียนรู้
พักทานอาหารกลางวัน 40 นาที				

ตารางกำหนดการอบรมหลักสูตร ESRU guided inquiry based curriculum (หน่วยที่ 2)

กิจกรรม	เวลา	วิธีการ	เครื่องมือ, อุปกรณ์	ประเมินผล
1. แบ่งกลุ่ม ชี้แจงหน้าที่	5 นาที	- เข้ากลุ่มเดิมที่เคยแบ่งไว้ เปลี่ยนกลุ่มผู้เรียน 1 กลุ่มมาเป็นกลุ่มผู้ช่วยครู แล้วให้กลุ่มผู้ช่วยครูเดิมไปเป็นกลุ่มผู้เรียน - ชี้แจงบทบาทความรับผิดชอบของกลุ่มผู้เรียนและกลุ่มผู้ช่วยครู		
2. หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ปัญหาวิกฤตการณ์ในการทำนา	120 นาที	- ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้เพื่อแก้ไขปัญหาวิกฤตการณ์ในการทำนาจากข้อมูลปัญหาต่างๆ ที่ให้มาในเอกสารหลักสูตร	- หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องปัญหาวิกฤตการณ์ในการทำนา	- แบบรายงานโครงการแก้ปัญหาวิกฤตการณ์ในการทำนา - วิดีโอบันทึกการนำเสนอโครงการปัญหาวิกฤตการณ์
3. สะท้อนความคิด แก่นความคิดรวบยอดในการสอนวิทยาศาสตร์	30 นาที	- อภิปราย, สะท้อนความคิดเรื่อง “เด็กไทยพร้อมหรือไม่กับการเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบเสาะหาความรู้”	- ใบงาน “If you want the right answer from me, then ask me the right question”	- แบบสอบถามแก่นความคิดรวบยอดเรื่องการสอนวิทยาศาสตร์หลังการอบรม - วิดีโอบันทึกการอภิปราย

4. ได้อะไรในภาคบ่าย	25 นาที	- แบ่งปันสิ่งที่ได้เรียนรู้ ในภาคบ่ายในฐานะ กลุ่มผู้ช่วยครู และกลุ่มผู้เรียน - สรุปลักษณะของการ รวบรวมข้อมูล การ จัดการและการ วิเคราะห์ข้อมูลที่ดี	-แบบสะท้อน ความคิดสำหรับ หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เราจะนำอะไร จากที่เราเรียนรู้ไป ใช้ในห้องเรียนได้?	- แบบสะท้อนความคิด - วิธีออกแบบที่การ แบ่งปันสิ่งที่ได้เรียนรู้
จบการอบรมในวันแรก				

ตารางกำหนดการอบรมหลักสูตร ESRU guided inquiry based curriculum (หน่วยที่ 3)

กิจกรรม	เวลา	วิธีการ	เครื่องมือ, อุปกรณ์	ประเมินผล
1. เรียนรู้อะไรไปเมื่อ วานนี้	20 นาที	- แบ่งปันสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใน เมื่อวานนี้สิ่งที่ชอบและสิ่งที่ ยังมีข้อสงสัยหรือไม่เข้าใจ ไม่ แน่ใจ	- กระดาษ โพสต์เตอร์สำหรับ แบ่งปันสิ่งที่ได้ เรียนรู้ไปและ วาดแผนภาพ ความคิด ติดบน ผนัง	โพสต์เตอร์สะท้อน ความคิดและแผนภาพ ความคิดของแต่ละกลุ่ม

2. แบ่งกลุ่ม ชี้แจงหน้าที่	5 นาที	- เข้ากลุ่มเดิมที่เคยแบ่งไว้ - เปลี่ยนกลุ่มผู้เรียน 1 กลุ่มมาเป็นกลุ่มผู้ช่วยครู แล้วให้กลุ่มผู้ช่วยครูเดิมไปเป็นกลุ่มผู้เรียน - ชี้แจงบทบาทความรับผิดชอบของกลุ่มผู้เรียนและกลุ่มผู้ช่วยครู		
4. หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปัญหาวิกฤติปัญหาในการทำนา	120 นาที	- ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้เพื่อแก้ไขปัญหาวิกฤติปัญหาในการทำนา จากข้อมูลปัญหาต่าง ๆ ที่ให้มาในเอกสารหลักสูตร	- หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องปัญหาวิกฤติปัญหาในการทำนา	- แบบรายงานโครงการแก้ปัญหาวิกฤติปัญหาในการทำนา - วิดีโอบันทึกการนำเสนอโครงการปัญหาวิกฤติปัญหาในการทำนา
5. สะท้อนความคิด แก่นความคิดรวบยอดในการสอนวิทยาศาสตร์	35 นาที	- อภิปราย, สะท้อนความคิดเรื่อง “การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ คุ่มค่าหรือไม่ในการสอนวิทยาศาสตร์”	- ไปงาน “I heard it but I just don't get it”	- แบบสอบถามแก่นความคิดรวบยอดเรื่องการสอนวิทยาศาสตร์หลังการอบรม - วิดีโอบันทึกการอภิปราย
6. ได้อะไรในขั้นนี้	20 นาที	- แบ่งปันสิ่งที่ได้เรียนรู้ในภาคเช้าในฐานะกลุ่มผู้ช่วยครูและกลุ่มผู้เรียน - สรุปวิธีการสรุปข้อมูลจากการจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล	- แบบสะท้อนความคิดสำหรับหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เราจะนำอะไรจากที่เราเรียนรู้ไปใช้ในห้องเรียนได้?	- แบบสะท้อนความคิด - วิดีโอบันทึกการแบ่งปันสิ่งที่ได้เรียนรู้
พักทานอาหารกลางวัน 40 นาที				

ตารางกำหนดการอบรมหลักสูตร ESRU guided inquiry based curriculum (หน่วยที่ 4)

กิจกรรม	เวลา	วิธีการ	เครื่องมือ, อุปกรณ์	ประเมินผล
1. แบ่งกลุ่ม ชี้แจงหน้าที่	5 นาที	- เข้ากลุ่มเดิมที่เคยแบ่งไว้ - เปลี่ยนกลุ่มผู้เรียน 1 กลุ่มมาเป็นกลุ่มผู้ช่วยครู แล้วให้กลุ่มผู้ช่วยครูเดิมไปเป็นกลุ่มผู้เรียน - ชี้แจงบทบาทความรับผิดชอบของกลุ่มผู้เรียนและกลุ่มผู้ช่วยครู		- ประเมินผลจากแบบบันทึกในคู่มือ - ปฏิบัติการของผู้เรียนและผู้ช่วยครู
2. หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 ปัญหาวิกฤติภัยในการทำนา	120 นาที	- ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้เพื่อแก้ไขปัญหาวิกฤติภัยในการทำนาจากข้อมูลปัญหาต่างๆ ที่ให้มาในเอกสารหลักสูตร	- หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องปัญหาวิกฤติภัยในการทำนา	- แบบรายงานโครงการแก้ปัญหาวิกฤติภัยในการทำนา - วิดีโอบันทึกการนำเสนอโครงการปัญหาวิกฤติภัย
3. สะท้อนความคิด แก่นความคิดรวบยอดในการสอนวิทยาศาสตร์	25 นาที	- อภิปราย, สะท้อนความคิดเรื่อง “เป้าหมายของครูวิทยาศาสตร์อยู่ที่ไหน”	- ใบงาน “There's a will, there's a way”	- แบบสอบถามแก่นความคิดรวบยอดเรื่องความพร้อมของผู้เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ - วิดีโอบันทึกการอภิปราย

4. ได้อะไรในภาคบ่าย	30 นาที	- แบ่งปันสิ่งที่ได้เรียนรู้ในภาคบ่ายในฐานะกลุ่มผู้ช่วยครูและกลุ่มผู้เรียน - สรุปวิธีการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์อธิบายรองรับข้อสรุป	- แบบสะท้อนความคิดสำหรับหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เราจะนำอะไรจากที่เราเรียนรู้ไปใช้ในห้องเรียนได้?	- แบบสะท้อนความคิด - วิดีโอบันทึกการแบ่งปันสิ่งที่ได้เรียนรู้
จบการอบรมในวันที่ 2				

ตารางกำหนดการอบรมหลักสูตร ESRU guided inquiry based curriculum (หน่วยที่ 5)

กิจกรรม	เวลา	วิธีการ	เครื่องมือ, อุปกรณ์	ประเมินผล
1. เรียนรู้อะไรไปเมื่อวานนี้	20 นาที	- แบ่งปันสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปในเมื่อวานนี้สิ่งที่ชอบและสิ่งที่ยังมีข้อสงสัยหรือไม่เข้าใจ ไม่แน่ใจ	กระดาษโปสเตอร์สำหรับแบ่งปันสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปและวาดแผนภาพความคิดติดบนผนัง	โปสเตอร์สะท้อนความคิดและแผนภาพความคิดของแต่ละกลุ่ม
2. แบ่งกลุ่ม ชี้แจงหน้าที่	5 นาที	- เข้ากลุ่มเดิมที่เคยแบ่งไว้เปลี่ยนกลุ่มผู้เรียน 1 กลุ่มมาเป็นกลุ่มผู้ช่วยครู แล้วให้กลุ่มผู้ช่วยครูเดิมไปเป็นกลุ่มผู้เรียน - ชี้แจงบทบาทความรับผิดชอบของกลุ่มผู้เรียนและกลุ่มผู้ช่วยครู		

4. หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปัญหาวิกฤติการบริหาร จัดการ ในการทำ นา	120 นาที	- ผู้เรียนจับคู่ เขียน แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ จากข้อมูลปัญหาวิกฤติ การบริหารจัดการใน การทำนา	- หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่องปัญหาวิกฤติ การบริหารจัดการ ในการทำนา - แผนการจัดการ เรียนรู้ที่นักเรียน จับคู่กันเขียน	- inquiry rubric scoring - วีดิโอบันทึกการ นำเสนอโครงการปัญหา วิกฤติการบริหารจัดการ ในการทำนา
5.สะท้อนความคิด แก่น ความคิดรวบยอดในการ สอนวิทยาศาสตร์	35 นาที	- ทำกิจกรรม “เราไม่ได้ มองทุกสิ่งอย่างที่มัน เป็น เรามองทุกสิ่งอย่าง ที่เราเป็น” อภิปรายสิ่งที่ได้ - สรุปวิธีการสื่อสาร ข้อมูลที่ค้นพบ การ ประเมินผลการสื่อสาร ของตน	- ไปงาน “True or false, believe it or not ?”	- แบบสอบถามแก่น ความคิดรวบยอดเรื่อง การสอนวิทยาศาสตร์ หลังการอบรม - วีดิโอบันทึกการ อภิปราย
6. ได้อะไรในภาคเช้า	20 นาที	- แบ่งปันสิ่งที่ได้เรียนรู้ ในภาคเช้าในฐานะ กลุ่มผู้ช่วยครูและกลุ่ม ผู้เรียน	- แบบสะท้อน ความคิดสำหรับ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เราจะนำอะไรจากที่ เราเรียนรู้ไปใช้ใน ห้องเรียนได้?	- แบบสะท้อนความคิด - วีดิโอบันทึกการ แบ่งปันสิ่งที่ได้เรียนรู้
พักทานอาหารกลางวัน 40 นาที				

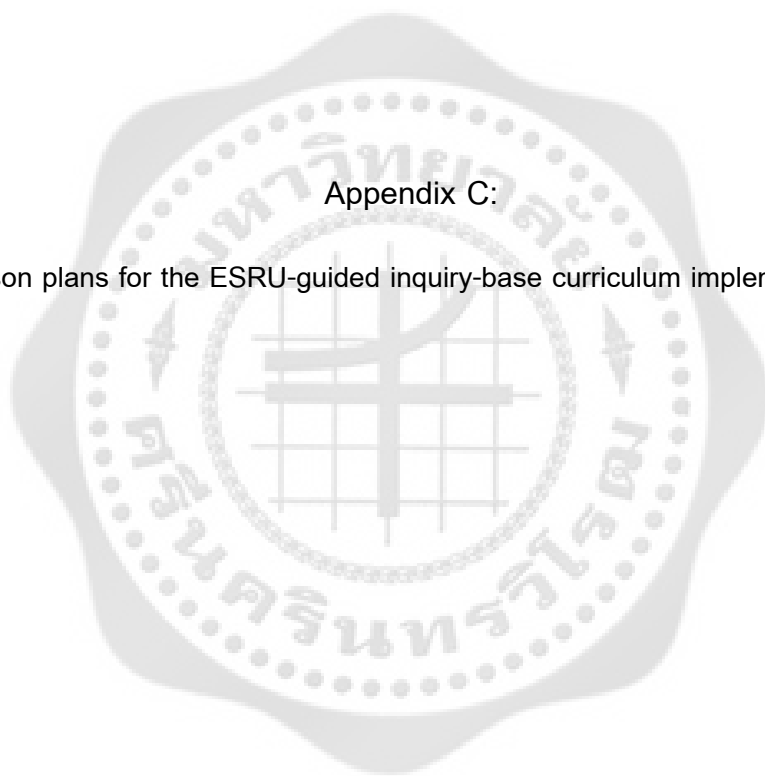
ตารางกำหนดการอบรมหลักสูตร ESRU guided inquiry based curriculum (หน่วยที่ 6)

กิจกรรม	เวลา	วิธีการ	เครื่องมือ, อุปกรณ์	ประเมินผล
1. หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 การสืบเสาะหาความรู้	20 นาที	- ผู้เรียนทบทวนสิ่งที่ได้เรียนรู้มา จากใบสรุปโครงการแก้ปัญหาวิกฤติในการทำนา และสิ่งที่ได้ทำมาวิเคราะห์ว่าขั้นตอนใดบ้างเป็นองค์ประกอบของการสืบเสาะหาความรู้ - วัดความเข้าใจการสืบเสาะหาความรู้ด้วย Frayer model	- ใบสรุปโครงการแก้ปัญหาวิกฤติในการทำนา ทั้ง 4 โครงการของแต่ละกลุ่ม - แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องปัญหาวิกฤติการจัดการในการทำนาที่จับคู่เขียน	- Frayer model of inquiry - แบบวัดความเข้าใจเรื่องการสืบเสาะหาความรู้ - วีดีโอบันทึกการนำเสนอโครงการปัญหาวิกฤติน้ำ
2. ร่วมกันสืบเสาะหาความรู้	100 นาที	- ทุกกลุ่มร่วมกันระดมสมองแก้ปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาในการทำนา พร้อม ๆ กัน ในแต่ละชั้นของการสืบเสาะหาความรู้ พร้อมทั้งวิเคราะห์อภิปรายว่า ความคิดของแต่ละกลุ่มในแต่ละชั้นของการสืบเสาะหาความรู้เป็นอย่างไร	- ใบความรู้สถานการณ์แห่งชาติ - ไปสเตอร์โครงการปลูกข้าวเลี้ยงชาวไทย	- ไปสเตอร์โครงการปลูกข้าวเลี้ยงชาวไทย

3. สะท้อนความคิด แก่นความคิดรวบยอด ในการสอนวิทยาศาสตร์	30 นาที	- อภิปรายเรื่อง ความสำคัญของ แก่น ความคิดรวบยอดทั้ง 4 ประเด็นที่มีต่อการนำการ จัดการเรียนรู้แบบสืบ เสาะหาความรู้ไปใช้ใน ห้องเรียน	- แบบสะท้อน ความคิดสำหรับ หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 เราจะนำอะไร จากที่เราเรียนรู้ไป ใช้ในห้องเรียนได้?	- แบบสะท้อน ความคิด - วิดีโอบันทึกการ อภิปรายแบบสะท้อน ความคิด
4. ปิดการอบรม	30 นาที	- กล่าวขอบคุณผู้เข้ารับ การอบรม - แบ่งปันสิ่งที่ได้จากการ อบรม 3 วัน และมอบประกาศนียบัตร	- กระดาษ โปสเตอร์สำหรับ เขียนสิ่งที่ได้จาก 3 วันของการ อบรม ประกาศนียบัตร	- แบบประเมินความ พึงพอใจ
ปิดการอบรม				

Appendix C:

Lesson plans for the ESRU-guided inquiry-base curriculum implementation



แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค

การสืบเสาะหาความรู้เชิงแนะนำโดยใช้ความเข้าใจก่อนเรียนเป็นฐาน

หน่วยที่ 2 เรื่อง ภาวะวิกฤติดินในการทำนา (150 นาที)

หลักสูตรการสืบเสาะหาความรู้เชิงแนะนำร่วมกับการประเมินผลบทสนทนาด้วย ESRU cycle

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถสร้างคำถามเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ไขปัญหาวิกฤติดินในการทำนาได้
2. นักเรียนสามารถรวบรวม จัดกระทำ ข้อมูลที่จำเป็นเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการแก้ปัญหาวิกฤติดินในการทำนาได้
3. นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายและข้อสรุปจากข้อมูลที่ได้จัดกระทำเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาวิกฤติดินในการทำนาได้
4. นักเรียนสามารถอธิบายข้อสรุปที่ได้โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมถูกต้อง
5. นักเรียนสามารถนำเสนอโครงการแก้ไขปัญหาวิกฤติดินในการทำนา เปรียบเทียบ อภิปราย ประเมินค่าและหาแนวทางใหม่ ๆ เพื่อพัฒนาโครงการของตนให้ดีขึ้น
6. เข้าใจศักยภาพของผู้เรียนในวัยที่แตกต่างกันในการสืบเสาะหาความรู้

ผลการเรียนรู้ตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา

ด้านที่ 2 ความรู้

ข้อ 2 มีความรู้ความเข้าใจสาขาวิชาชีพและสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

ด้านที่ 3 ทักษะทางปัญญา

ข้อที่ 1 มีความสามารถในการคิด วิเคราะห์และวิพากษ์ได้อย่างเป็นระบบ

ข้อที่ 2 มีความสามารถในการศึกษา ตีความ ประเมินและสรุปประเด็น

ข้อที่ 3 มีความสามารถในการประยุกต์ความรู้ที่ได้รับเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นและนำไปบูรณาการกับศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ด้านที่ 4 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

ข้อที่ 1 มีความรับผิดชอบต่อภาระหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายทั้งในระดับปัจเจกและ

องค์กร

ข้อที่ 2 มีความสามารถในการปรับตัวในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

ข้อที่ 3 มีภาวะการณเป็นผู้นำ ช่วยเหลือผู้อื่นและแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้
อย่างเหมาะสม

ข้อที่ 4 มีความสามารถในการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเอง
ทั้งด้านวิชาการและวิชาชีพ

ด้านที่ 5 ทักษะวิเคราะห์ เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ข้อที่ 1 มีความสามารถเลือกใช้ทักษะทางภาษาและรูปแบบการสื่อสารที่เหมาะสม

ข้อที่ 2 มีความสามารถนำเทคนิคทางสถิติและทางคณิตศาสตร์พื้นฐานมาใช้ในการ
การศึกษา ค้นคว้า วิเคราะห์และนำเสนอประเด็นต่าง ๆ ได้

ตัวชี้วัด

1. อธิบายลักษณะของคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีในการสืบเสาะหาความรู้ได้
2. อธิบายเหตุผลในการเลือกจัดกระทำกับข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหาวิกฤตินำในการทำนา
ได้
3. สรุปผลจากข้อมูลที่ได้จัดกระทำแล้ว อย่างถูกต้องเหมาะสม มีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์
4. อธิบายข้อสรุปด้วยเหตุผลรองรับโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง
5. นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาของตนเองและร่วมกันอภิปรายเพื่อพัฒนาโครงการของเพื่อน
ร่วมห้องได้
6. อภิปรายให้เหมาะสมของการสืบเสาะหาความรู้ของผู้เรียนในวัยที่ต่างกันได้

แนวความคิดหลัก

ปัจจัยที่สำคัญในการปลูกข้าวคือปัจจัยเรื่องดิน เนื่องจากปัจจุบันภาคเกษตรประสบภาวะ
ทำโรงงานอุตสาหกรรมแล้วหันขาดทุนต่อเนื่อง เกษตรกรหลายรายตัดสินใจขายที่ให้นายทุนเพื่อนำไป
ไปประกอบอาชีพรับจ้าง เป็นลูกจ้างโรงงานแทนพื้นที่ในการเพาะปลูกของภาคเกษตรจึงลดลง

นอกเหนือจากพื้นที่ภาคเกษตรที่ลดลงจะทำให้ปริมาณผลผลิตข้าวของไทยต่ำลงแล้ว สภาพ
ดินอันเนื่องมาจากของดินในแต่ละภูมิภาคซึ่งมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ปัญหาของการเสื่อมสภาพของ

การทำนาข้าวชากโดยไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพของดิน ทำให้ปริมาณผลผลิตลดลงอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ ปริมาณข้าวต่อไร่ของชาวนาในแต่ละภาคที่มีผลผลิตสูงที่สุดเมื่อเทียบกับภาคที่มีการผลิตต่ำที่สุดต่อไร่ มีปริมาณต่างกันถึง ๓ เท่าของดินในการทำนาจึงเป็นปัญหาที่โลกรู้จักต่อไร่ ดังนั้นปัจจัยเรื่อง 200 สำคัญที่เกษตรกรต้องระมัดระวังและวางแผนให้ดี ซึ่งจะเป็นกุญแจสำคัญในการแก้ปัญหาปริมาณข้าว ตกต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าสามารถเพิ่มปริมาณข้าวต่อไร่ได้

กระบวนการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เรียน (110 นาที)

ขั้นนำ ESRU 2 cycles (10 นาที)

1. ครูประเมินผลบทสนทนากับนักเรียนด้วยคำถามต่อไปนี้
 - 1.1 Eliciting ครูถามนักเรียนว่า “หลังจากที่เราตั้งคำถามที่ถูกต้องกับคำตอบที่เรา ต้องการแล้ว เราควรทำอย่างไรเพื่อหาคำตอบที่เราต้องการ”
 - 1.2 Student response นักเรียนตอบ “ทำการทดลอง, เก็บข้อมูล, ค้นหาข้อมูล ฯลฯ”
 - 1.3 teacher Recognizing ครูพูดย้ำคำตอบของนักเรียน, ครูสรุปความจากคำตอบของ นักเรียน, ครูโหวตหาแนวร่วมที่มีความคิดเดียวกับผู้ตอบและครูขอบคุณสำหรับ
 - 1.4 คำตอบและการร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน
 - 1.5 teacher Using student response ครูใช้คำตอบที่นักเรียนตอบเพื่อต่อยอดไปสู่ คำตอบที่ต้องการ คือ การรวบรวมข้อมูล การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล
2. ครูประเมินผลบทสนทนากับนักเรียนด้วยคำถามต่อไปนี้
 - 2.1 Eliciting ครูถามนักเรียนว่า “ถ้าหากว่าข้อมูลที่เราต้องการใช้เพื่อหาคำตอบนั้นเรา สามารถค้นพบได้มากมาย หรือข้อมูลที่เรได้จากทดลองแล้วเราทำการทดลอง หลายครั้ง เราจะนำข้อมูลมาทำอย่างไรต่อจึงจะสามารถใช้ข้อมูลนั้นให้เป็นประโยชน์ ได้”
 - 2.2 Student's response นักเรียนตอบ “นำมาหาค่าเฉลี่ย, นำมาทำตาราง, นำมาทำ กราฟ, นำมาใช้สูตรคำนวณ”
 - 2.3 Teacher Recognizing ครูพูดย้ำคำตอบของนักเรียน, ครูสรุปความจากคำตอบของ นักเรียน, ครูโหวตหาแนวร่วมที่มีความคิดเดียวกับผู้ตอบและครูขอบคุณสำหรับ คำตอบและการร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน

2.4 Teacher Using student response ครูใช้คำตอบที่นักเรียนตอบเพื่อต่อยอดไปสู่

คำตอบที่ต้องการ คือ รวบรวมข้อมูลนำมาจัดกระทำด้วยวิธีการที่เหมาะสมกับเป้าหมายของคำตอบที่ต้องการ เช่น การทำการทดลองหลายครั้ง อาจต้องหาค่าเฉลี่ย, การเปรียบเทียบข้อมูล จากนั้นจึงวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาข้อสรุป

ชั้นสอน (80 นาที)

กิจกรรมของกลุ่มผู้เรียน 4 กลุ่ม

- a. ให้สมาชิกในกลุ่มผู้เรียนร่วมกันศึกษาข้อมูลปัญหาวิกฤตดินในการทำนาที่มีให้ (10 นาที) แต่ละกลุ่มจะได้รับข้อมูลในการแก้ไขปัญหาวิกฤตดินในการทำนาอย่างแตกต่างกันดังนี้
 - กลุ่มที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาของดินที่เป็นอุปสรรคในการทำนา
 - กลุ่มที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพันธุ์ข้าวและการเตรียมดินให้เหมาะสมกับพันธุ์ข้าวที่เลือกปลูก
 - กลุ่มที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการศึกษาคุณภาพดิน
 - กลุ่มที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับการปรับปรุงดิน
- b. ให้สมาชิกในกลุ่มผู้เรียนร่วมกันทำใบงานเรื่องโครงการแก้ปัญหาภาวะวิกฤตดินในการทำนา (40 นาที) โดยในใบงานประกอบไปด้วยขั้นตอนที่ให้นักเรียนสืบเสาะหาความรู้จากข้อมูลที่ให้ดังนี้
 - ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ซึ่งจะนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาวิกฤตน้ำในการทำนา
 - รวบรวม จัดกระทำกับข้อมูลเพื่อหาคำตอบที่ตั้งไว้
 - สรุปผลจากข้อมูลที่ได้จัดกระทำไว้
 - ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในเรื่องที่เหมาะสมในการอธิบายข้อสรุปที่ได้จากกา รรวบรวมข้อมูล
 - ประเมินข้อสรุปจากข้อมูลที่สรุปไว้และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้เพื่อเป็นเหตุผลในการรองรับข้อมูลดังกล่าว มีหนทางใดที่จะพัฒนาโครงการให้ดีขึ้น หากมีจำเป็นต้องใช้สิ่งใดเพิ่มเติม ข้อมูลใดเพิ่มเติม

- c. ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอโครงการแก้ปัญหาภาวะวิกฤติดินในการทำนาแก่ห้องเรียน
ให้สมาชิกนักเรียนในกลุ่มอื่น ๆ อภิปรายประเมินคุณภาพร่วมกัน เพื่อหาวิธี
ปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น และสรุปรวมเป็นโครงการเดียวกัน (30 นาที)

ขั้นสรุป (30 นาที)

ให้นักเรียนช่วยกันสรุปสิ่งที่ได้ทำในการคิดโครงการแก้ไขปัญหาวิกฤติดินในการทำนา โดยสรุป
การทำงานแต่ละขั้นตอนลงในตารางเพื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอนการสืบเสาะหา ความรู้	ก่อนการนำเสนอ	หลังการนำเสนอ	สาเหตุในการแก้ไข
1. ตั้งคำถามเชิง วิทยาศาสตร์			
2. จัดกระทำรวบรวม , ข้อมูล			
3. ตั้งข้อสรุปที่ สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้มา			
4. ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ ในการอธิบายข้อสรุป			
5. นำเสนอความรู้ทาง วิทยาศาสตร์			

กระบวนการจัดการเรียนรู้สำหรับกลุ่มผู้ช่วยครู (120 นาที)

ขั้นสอน (90 นาที)

1. กลุ่มผู้ช่วยครูสังเกตการใช้การประเมินบทสนทนาในการนำนักเรียนเข้าสู่การสืบเสาะหา
ความรู้ (10 นาที)
2. ทำความเข้าใจแผนการสอน (20 นาที)

3. แยกย้ายกันไปสังเกต กลุ่มผู้เรียนที่ตนดูแล สอบถามหาความต้องการเพิ่มเติม ในเรื่อง วัสดุอุปกรณ์ ในเรื่องข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม พร้อมบันทึกลงในแบบสังเกต ด้วยคำถาม ดังต่อไปนี้ (30 นาที)
 - ผลการทำงานเป็นอย่างไรบ้าง?
 - ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ครบถ้วนหรือไม่, ต้องการวัสดุอุปกรณ์เพิ่มเติมหรือไม่?
 - โครงการแก้ปัญหาวิกฤติดินในการทำนาที่คิดขึ้นมานั้นเป็นอย่างไร?
4. สังเกตการนำเสนอโครงการแก้ปัญหาวิกฤติดินในการทำนาของกลุ่มผู้เรียนแต่ละกลุ่ม ทำหน้าที่ผู้ฟัง สอบถามถึงความเหมาะสมของโครงสร้างการสืบเสาะหาความรู้ดังนี้ (30 นาที)
 - 4.1 การตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ของแต่ละกลุ่มนั้นเป็นมาอย่างไร
 - 4.2 วิธีการจัดกระทำกับข้อมูลที่ได้มานั้นได้มาอย่างไร ทำไมจึงเลือกใช้วิธีนี้
 - 4.3 การสรุปข้อมูลจากการจัดกระทำนั้นมีการตัดสินใจ ใช้หลักฐานเหตุผลอย่างไร
 - 4.4 สามารถใช้ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์อธิบายรองรับข้อสรุปได้อย่างไร
 - 4.5 การนำเสนอสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้อย่างไร

ขั้นสรุป (30 นาที)

ผู้วิจัยใช้ESRU cycle กับกลุ่มผู้ช่วยครู

1. Eliciting ผู้วิจัยถามกลุ่มผู้ช่วยครูว่า “รู้สึกอย่างไรกับบทบาทผู้ช่วยครู”
2. Students Response กลุ่มผู้ช่วยครูตอบคำถาม “ รู้สึกอึดอัด, เฉย ๆ, รู้สึกเหมือนไม่ได้ทำอะไรเลย”
3. teacher Recognizing ครูพุดำคำตอบของนักเรียน, ครูสรุปความจากคำตอบของนักเรียน, ครูโหวตหาแนวร่วมที่มีความคิดเดียวกับผู้ตอบและครูขอบคุณสำหรับคำตอบ และการร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน
4. teacher Using student response ครูใช้คำตอบที่นักเรียนตอบเพื่อต่อยอดไปสู่คำตอบที่ต้องการ คือ จริง ๆ แล้วหน้าที่ที่ได้ทำไปคือหน้าที่ของครูในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เพราะครูจะไม่ใช้ผู้บอกความรู้ให้กับผู้เรียน แต่เป็นผู้นำพา ผู้อำนวยความสะดวก

หรือสนองความต้องการในการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้ได้
อย่างสมบูรณ์ด้วยตนเอง

สื่อและอุปกรณ์

1. กระดาษสี
2. กระดาษกราฟ
3. กรรไกร
4. ปากกาสีเมจิก
5. ดินสอ
6. ยางลบ

เอกสารประกอบการเรียนรู้

1. รูปภาพสภาพปัญหาวิกฤติดินในการทำนา
2. ข้อมูลทั่วไปเรื่องดิน
3. ข้อมูลปัญหาและอุปสรรคของชาวนาไทย
4. ข้อมูลปริมาณผลผลิตของข้าวนาปีและข้าวนาปรังของแต่ละภาคในปี พ.ศ. 2548 – 2549, ข้อมูลปัญหาดินเสื่อมและข้อมูลดินที่มีปัญหาทางการเกษตร (เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เกิดปัญหาวิกฤติดินในการทำนา)
5. ข้อมูลพันธุ์ข้าวเจ้า 5 สายพันธุ์, ข้อมูลชนิดของดินและวิธีการทำนา (เพื่อใช้วิเคราะห์พันธุ์ข้าวที่เหมาะสมและวิธีการเตรียมดินที่เหมาะสมในการแก้ภาวะวิกฤติดินในการทำนา)
6. ข้อมูลประเภทของดิน, ทรัพยากรดินและการศึกษาคุณภาพของดิน (เพื่อใช้วิเคราะห์หาวิธีตรวจสอบสภาพของดินเพื่อแก้ปัญหาวิกฤติดินในการทำนา)
7. ข้อมูลองค์ความรู้สืบสานแนวพระราชดำริ เรื่องดิน, ข้อมูลการแก้ปัญหาดินเปรี้ยว, ข้อมูล (เพื่อใช้ทำนายปริมาณน้ำในการทำนาของปี 2555 และระยะเวลาที่เหมาะสมในการเริ่มทำนาเพื่อแก้ไขปัญหาวิกฤติน้ำในการทำนา)

กระบวนการสะท้อนแก่นความคิดรวบยอดในการสอนวิทยาศาสตร์ (20 นาที)

ผู้วิจัยร่วมอภิปรายกับผู้เรียนภายใต้หัวข้อ บการเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยเด็กไทยพร้อมหรือไม่ว่า
"การสืบเสาะหาความรู้"

ผู้วิจัยใช้ESRU cycle กับผู้เรียน ดังนี้

1. Eliciting ผู้วิจัยถามผู้เรียนว่า “นักเรียนคิดว่าเราจะรู้ได้อย่างไรว่านักเรียนที่เราจะทำการสอนพร้อมหรือไม่กับการเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบเสาะหาความรู้”
2. Students response นักเรียนแสดงความคิดเห็นต่อคำถาม เช่น ให้ลองทำแบบทดสอบก่อนเรียน, ดูจากความรู้พื้นฐาน, ต้องเป็นวัยตั้งแต่มัธยมต้นขึ้นไปเพราะเริ่มมีความรับผิดชอบบ้างแล้ว ฯลฯ
3. teacher Recognizing ครูพุดย่าคำตอบของนักเรียน, ครูสรุปความจากคำตอบของนักเรียน, ครูโหวตหาแนวร่วมที่มีความคิดเดียวกับผู้ตอบและครูขอบคุณสำหรับคำตอบและการร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน
4. ให้นักเรียนทำใบงาน If you want the right answer from me, then give me the right question. เพื่อวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากมุมมองที่มีต่อตัวนักเรียน (10 นาที)
5. teacher Using student response ครูใช้คำตอบที่นักเรียนตอบเพื่อต่อยอดไปสู่คำตอบที่ต้องการ คือ เด็กวัยไหนก็พร้อมที่จะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ เพียงแต่ครูผู้สอนต้องจัดระดับของการสืบเสาะหาความรู้ให้เหมาะสมกับช่วงวัยของเขาต่างหากที่เป็นประเด็นสำคัญ เพราะมนุษย์ตั้งแต่แบเบาะก็ใช้เทคนิคการสืบเสาะหาความรู้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ รอบตัวทั้งสิ้น

การวัดและประเมินผล

ประเมินผลจากความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้จากแบบรายงานโครงการเพื่อแก้ไข
ปัญหาวิกฤติน้ำในการทำนา ใบงาน If you want the right answer, then ask me the right question
และแบบสะท้อนความค



Appendix D:

Project report for each activities

แบบรายงานโครงการแก้ปัญหาวิกฤตการณ์ในการทำนา

กลุ่มที่ 1

สมาชิกในกลุ่ม

[illegible]

ประเด็นในการสืบเสาะหาความรู้ คือ ปัญหาเกิดที่ไหน

คำถามเพื่อใช้สืบเสาะหาความรู้จากข้อมูลที่ได้รับเพื่อหาว่าปัญหาวิกฤตดินในการทำนาเกิดขึ้นที่ไหน
คือ

.....

จากข้อมูลที่ได้รับให้ห็นิสิตสร้างตาราง เพื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปี และข้าวนาปรังในแต่ละภาคของประเทศไทยในปี 2548- เพื่อหาว่าผลผลิตข้าวของภาคใดที่เกิดปัญหา 2549

[illegible]

แบบรายงานโครงการแก้ปัญหาวิกฤติดินในการทำนา

กลุ่มที่ 2

สมาชิกในกลุ่ม

[illegible]

ประเด็นในการสืบเสาะหาความรู้ คือ ใช้ข่าวพันธุ์ใดและเตรียมดินอย่างไร

คำถามเพื่อใช้สืบเสาะหาความรู้จากข้อมูลที่ได้รับเพื่อหาว่าชาวแต่ละพันธุ์มีความเหมาะสมกับพื้นที่ใด และวิธีใดคือการเตรียมดินให้เหมาะสมกับข้าวที่เลือกมา

.....

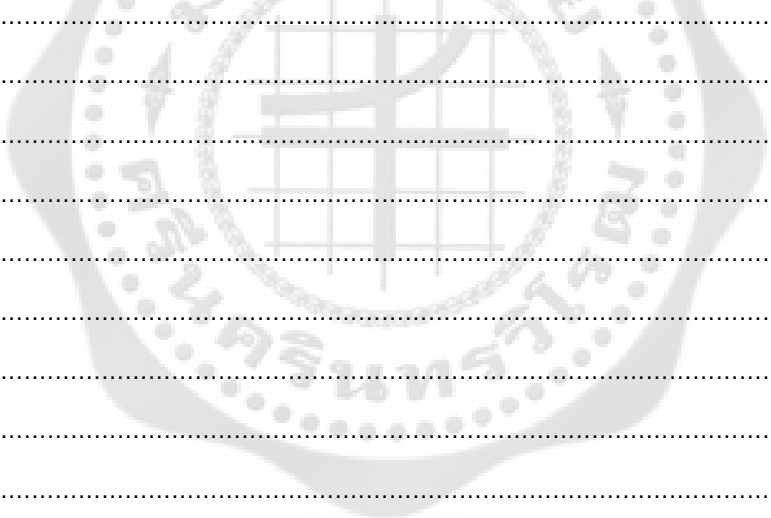
จากข้อมูลที่ได้รับให้รับผิดชอบสร้างตาราง เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของข้าวเจ้า สายพันธุ์ เพื่อหาว่าข้าว 5 พันธุ์ใดที่เหมาะสมในการนำไปปลูกในพื้นที่ ที่เกิดปัญหาในกลุ่มที่ และสร้างตารางเปรียบเทียบวิธีการเตรียมดินสำหรับการทำนาวิธีต่าง ๆ เพื่อไว้ใช้ในการเลือกวิธีการทำนาที่เหมาะสมกับพันธุ์ข้าว

[illegible]

ข้อสรุปจากตารางแสดงให้เห็นว่าข้าวพันธุ์ใดเหมาะสมในการนำไปปลูกในพื้นที่เกิดปัญหาวิกฤตดินใน การทำนาและต้องเตรียมดินสำหรับปลูกข้าวด้วยวิธีใด อย่างไร

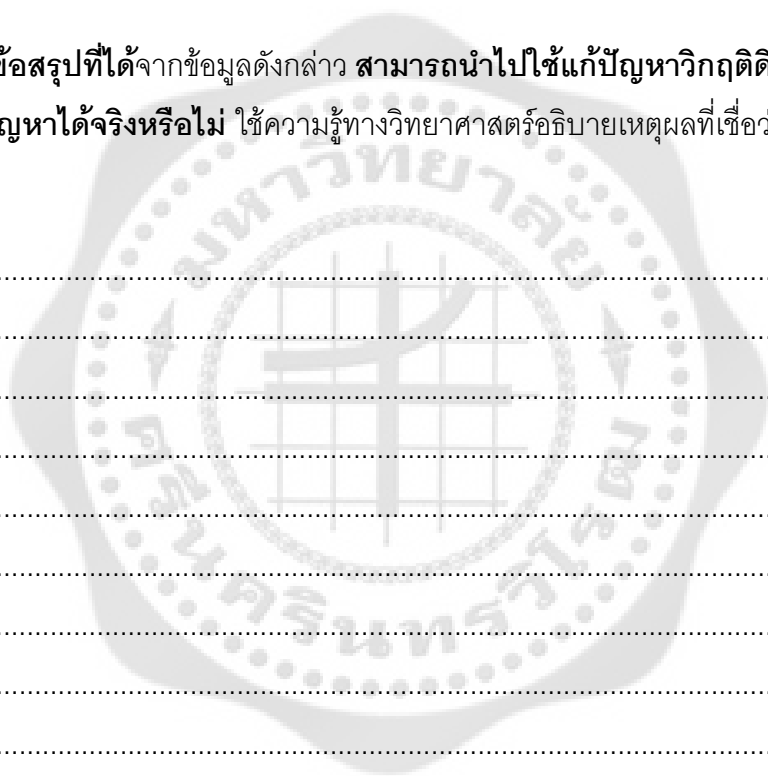
[illegible]

นักเรียนคิดว่าข้อสรุปที่ได้จากข้อมูลดังกล่าว สามารถใช้แก้ปัญหาวิกฤติดินในการทำนาได้หรือไม่ เราจะสามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบข้อสรุปของเราได้อย่างไร ว่าถูกต้องเหมาะสมแล้ว



.....ข้อสรุปจากตารางแสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ที่เกิดปัญหาวิกฤติ
ดินในการทำนาชาวนาควรปรับปรุงดินด้วยวิธีใดก่อนการทำนาครั้งต่อไป

นักเรียนคิดว่าข้อสรุปที่ได้จากข้อมูลดังกล่าว สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาวิกฤติดินในการทำนาในพื้นที่ที่เกิดปัญหาได้จริงหรือไม่ ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อธิบายเหตุผลที่เชื่อว่าวิธีการดังกล่าวจะให้ได้ผล





Appendix E:

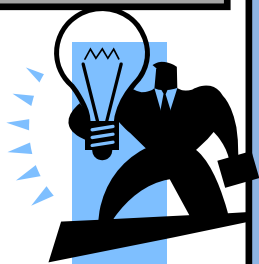
Reflective writing form for core teaching conceptions

Butterfly Effect ชุดที่ เพื่อวิเคราะห์เป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ 1

ปัญหาจากการเรียนวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในโรงเรียนแห่งหนึ่ง ซึ่งมีครูสอนวิทยาศาสตร์ คน 2 ผลการเรียนรู้ของนักเรียนนั้นประสบผลสำเร็จแตกต่างกันและประสบ ห้อง 3 สอนวิทยาศาสตร์คนละ ปัญหาในการเรียนรู้แตกต่างกันดังนี้

ห้องเรียนของคุณครู เอ

ครูเอเป็นครูที่เพิ่งเรียนจบมาด้วยคะแนนระดับเกียรตินิยมและทุ่มเทให้การสอนเต็มที่ เนื้อหาวิชาที่ยาก ๆ ครูเอก็สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจได้ด้วยเทคนิคต่าง ๆ ทั้งวิธีการท่องสูตร วิธีการคำนวณ เทคนิคในการทำข้อสอบ ทำให้ผลการสอบโอเน็ตของนักเรียนออกมาได้คะแนนดีมาก รวมถึงเด็ก ๆ ในห้องเรียนของคุณครูเอสามารถสอบเข้าเรียนต่อในสถาบันอุดมศึกษาที่มีชื่อเสียงหลายแห่ง ผู้ปกครองและผู้เรียนต่างก็รักครูเอมาก โดยเฉพาะครูเอไม่เคยให้เด็กต้องเสียเวลาทำการทดลอง จึงมีเวลาอัดเนื้อหาให้กับนักเรียนได้เต็มที่ เด็กนักเรียนชอบครูเอมากในฐานะที่ทุ่มเทสอนเต็มที่และทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของเด็กสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด



ห้องเรียนของคุณครู บี

ครูบีเป็นครูที่ทำการสอนมานานแล้ว ครูบีชอบให้เด็กทำการทดลอง ทำให้ครูบีสอนไม่เคยทันเนื้อหาที่ต้องเรียนในแต่ละเรียนห้องครูบีไม่ค่อยชอบการทดลอง เหมกการศึกษาเลย นี่เพราะขี้เกียจเตรียมอุปกรณ์การทดลองและทำความสะอาดอุปกรณ์การทดลอง

บางครั้งผลการทดลองไม่ออกมาเหมือนกับที่คาดหวังและควรจะเป็น ครูบีก็ให้ทำใหม่และให้อธิบายเหตุผล กว่าที่จะสรุปผลการทดลองแต่ละการทดลองก็ต้องค้นคว้าหาคำอธิบายมากมาย จนกว่าจะทำให้ครูบีพอใจ นักเรียนในห้องครูบี ไม่ได้มีโอกาสเรียนรู้เทคนิคในการทำต่าง ๆ เหมือนนักเรียนห้องครูเอ และไม่มีโอกาสในการตีความเทคนิคการสอบเหมือนห้องครูเอ ดังนั้นคะแนนสอบโอเน็ตของนักเรียนทั้งสามห้องของครูบีจึงออกมาต่ำกว่านักเรียนห้องครูเอมาก รวมถึงโอกาสในการเรียนต่อของนักเรียนห้องครูบีก็น้อยกว่าเนื่องจากทำคะแนนสอบเรียนต่อได้ต่ำกว่านักเรียนห้องครูเออย่างเห็นได้ชัด

ผู้ปกครองของนักเรียนห้องครูบี ไม่ค่อยพอใจวิธีการสอนของครูบี รวมถึงผู้บริหารสถานศึกษาก็ได้เรียกครูบีไปตักเตือนให้ปรับเปลี่ยนวิธีการสอนและให้ทุ่มเทกับการสอนให้มากขึ้นเพื่อให้เด็กมีผลคะแนนโอเน็ตมากขึ้นและมีโอกาสสอบเรียนต่อมากขึ้น

ถ้าท่านเป็นผู้ปกครองที่กำลังจะย้ายลูกมาเรียนที่โรงเรียนแห่งนี้ ท่านจะเลือกให้เรียนในห้อง
ของครูคนใด เพราะสาเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ถ้าท่านเป็นผู้บริหารสถานศึกษานี้ท่านจะแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงเรียนของท่านอย่างไร?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ถ้าท่านเป็นรัฐมนตรีว่าการกระทรวงศึกษาธิการ และปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงเรียนแห่งนี้เกิด
ขึ้นกับทุกโรงเรียนและกลายเป็นปัญหาระดับประเทศ ท่านจะแก้ปัญหานี้อย่างไร จุดใดที่เป็นปัญหา
สำคัญที่สุดของสถานการณ์นี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Butterfly Effect ชุดที่ 2 เพื่อวิเคราะห์เป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์

ปัญหาจากการเรียนวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในหลายมหาวิทยาลัยทั่วประเทศ นิสิตที่สามารถสอบเข้าศึกษาต่อในสาขาทางวิทยาศาสตร์มีอัตราการเรียนไม่จบที่สูงขึ้น นักเรียนที่ออกจากสาขาวิทยาศาสตร์ไป มักจะเปลี่ยนไปเรียนสาขาอื่นที่ง่ายกว่าเพื่อให้สามารถจบปริญญาตรีได้ เรามาดูข้อมูลจากการสัมภาษณ์นักศึกษาสองกลุ่มที่ประสบปัญหาในการเรียนและนักเรียนที่สามารถเรียนในระดับมหาวิทยาลัยได้ดี

มหาวิทยาลัยได้ดี

จากการสอบถามข้อมูลจากนิสิตที่ประสบปัญหาและนิสิตที่สามารถเรียนได้อย่างปกติเพื่อหาสาเหตุของปัญหา ลองมาฟัง สถานการณ์จากตัวแทนนิสิตเหล่านั้นกัน

นิสิตเอ

เนื้อหาในระดับมหาวิทยาลัยนั้นยากมาก ไม่สามารถเรียนได้ ไม่สามารถอ่านหนังสือทัน มีการทดลองที่ต้องทำเยอะ ไม่สามารถอธิบายผลการทดลองหรือสรุปผลการทดลองให้ถูกต้องตามที่อาจารย์ต้องการได้ สูตรแต่ละสูตรต้องมีที่มาที่ไปและต้องคำนวณอย่างละเอียด ไม่สามารถใช้เทคนิคคิดลัดได้ ต้องทำความเข้าใจแต่ละสูตรอย่างจริงจัง แถมยังต้องใช้สูตรในการอธิบายการทดลองให้ได้ผลที่สอดคล้องกันด้วย ไม่เหมือนตอนที่เรียนอยู่ในระดับมัธยมที่ให้แต่สูตรมา ใช้เทคนิคท่องจำ และเรียนเทคนิคการทำข้อสอบก็สามารถสอบได้เกรดดี ๆ แล้วข้อสอบก็ต้องเขียนตอบไม่เหมือนข้อสอบระดับมปลายที่กากบาท ยังพอเดาคำตอบได้บ้าง . พอต้องเขียนตอบ บ้างข้อแทบไม่รู้จะเขียนอะไรลงไป ต้องมาปรับตัวตอนเข้ามาเรียนปี ใหม่จึง 1 ไม่สามารถปรับตัวได้ทัน

นิสิต บี

เนื้อหาในระดับมหาวิทยาลัยก็คล้ายกับระดับมัธยมเพียงแต่ละเอียดขึ้น มีการทดลองที่ต้องใช้เวลาในการทำมากแต่ก็ไม่ใช่ว่าเรื่องแปลกใหม่เพราะได้เคยทำมาแล้วในระดับมัธยม การอธิบายผลการทดลองและการสรุปผลการทดลองก็ไม่ใช่ปัญหาเพราะเป็นขั้นตอนการทำงานปกติอยู่แล้ว สูตรแต่ละสูตรที่เรียนจริง ๆ แล้วก็มีที่มาจาก การทดลองจริงของนักวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบความรู้เหล่านั้น จึงเป็นเรื่องปกติที่เราต้องใช้สูตรต่าง ๆ ที่เราเรียนมาในการอธิบายผลการทดลองให้ได้ จริง ๆ ตอนที่เรียนสมัยมัธยมครูให้ทำการทดลองก็ไม่ค่อยชอบ แต่พอมาเรียนในระดับมหาวิทยาลัยได้นำทักษะเหล่านั้นมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมากและก็รู้สึกดีใจที่เราสามารถเรียนได้อย่างปกติ แถมผลการเรียนค่อนข้างดีกว่าตอนสมัยมัธยมมาก



และนิสิตปีเป็นนักเรียนคนใด 1 นักเรียนคิดว่านิสิตเอเป็นนักเรียนของครูคนใดในสถานการณ์ที่
เพราะเหตุใด 1 ในสถานการณ์ที่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

หากข้อมูลจากตัวแทนนิสิตดังกล่าวเป็นความจริงและเป็นตัวแทนของสภาพปัญหาการออก
กลางคั่นของนิสิตในระดับมหาวิทยาลัยอย่างแท้จริงแล้ว หากท่านดำรงตำแหน่งรัฐมนตรีว่าการ
กระทรวงศึกษาท่านจะแก้ปัญหายังไรในระดับมัธยมศึกษา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ความรู้สึของท่านที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนของครูเอและครูบีในสถานการณ์ที่ 1
แตกต่างไปจากเดิมหรือไม่เมื่อท่านได้ทราบข้อมูลในสถานการณ์ที่ มีสิ่งใดที่เปลี่ยนไปและ 2
เปลี่ยนแปลงไปเพราะสาเหตุใด

.....

.....

.....

แบบสะท้อนความคิดสำหรับหน่วยการเรียนรู้ที่ เรื่องภาวะวิกฤติทางน้ำ 1

1. เราจะนำประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ไปใช้ในห้องเรียนอย่างไรบ้าง

.....
.....

..... ท่านคิดว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยนั้น ครูผู้สอน
วิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่สอนอะไรให้กับผู้เรียน เนื้อหา ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ หรือ
เทคนิคในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

.....
.....
.....
.....
.....

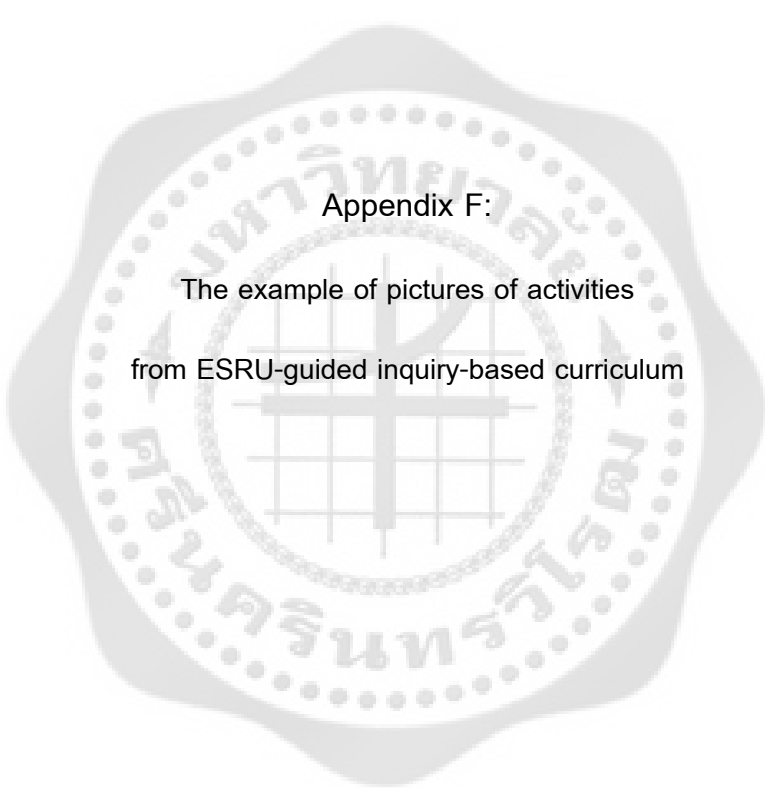
2. ในความคิดของท่าน เป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์คืออะไร เหมือนหรือแตกต่างกับที่
ครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ในประเทศไทยกำลังใช้สอนกันอยู่

.....
.....
.....
.....
.....

3. เป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์ของท่านและของกลุ่มใหญ่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
ถ้าต่างกันเหตุใดท่านจึงเปลี่ยนความคิดไปตามที่กลุ่มตัดสิน เพราะเหตุใด ถ้าเหมือนกันไม่
ต้องอธิบายรายละเอียด

.....
.....





Appendix F:

The example of pictures of activities
from ESRU-guided inquiry-based curriculum

The example of pictures of activities from ESRU-guided inquiry-based curriculum

1. Solving rice farming crisis



2. Oral presentation



3. Reflective writing



Appendix G:

Example of qualitative data

Impress of the curriculum implementation

Example of qualitative data

Impress of the curriculum implementation

ชื่อ ภัทรนันท์ สุขมาก มหาวิทยาลัย..... ราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

แบบสอบถามหลังเข้าร่วมการอบรม

เรื่อง core teaching conceptions (แก่นความคิดรวบยอดเรื่องการสอน)

ปรับปรุงจาก Post- SRI Interview Protocol

1. คุณคิดว่า คุณได้เรียนรู้ อะไรจากการอบรม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ในห้องเรียนมากที่สุด
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
การนำเข้าสู่บทเรียน.
2. คุณคิดว่า คุณสามารถนำแผนการสอนที่คุณ ได้ออกแบบในการอบรมนี้ ไปใช้ในการสอนจริงได้
 หรือไม่ จงอธิบาย
สามารถใช้ได้จริง เพราะ แผนการสอนที่มาจากความคิดของข้าพเจ้าที่ผ่าน
การฝึกอบรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มาแล้ว และสิ่งดีประกอบ
ครบถ้วน
3. โปรดอธิบายประสบการณ์ในการเรียนรู้ของคุณจากการอบรมนี้ (คำถามอะไรที่คุณสืบหาคำตอบ
 วิธีการใดที่คุณใช้ในการเรียนรู้เพื่อค้นหาคำตอบนั้น)
"ทป้าศรีอยู่ที่ไหน และเราจะแก้ปัญหารวมมีกี่วิธีได้อย่างไร"
โดยใช้การ รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ จัดกระทำ
ลงข้อสรุป → สืบเสาะหา
หาความรู้
ประเมินตนเอง .

ชื่อ

มหาวิทยาลัย

4. อะไรบ้างจากประสบการณ์การเรียนรู้ในการสืบเสาะหาความรู้จากแต่ละปัญหาในการอบรมนี้ที่คุณจะสามารถนำกลับไปใช้ในห้องเรียนได้

การกระตุ้นให้เด็กตั้งคำถาม.

การตั้งคำถามที่

กระบวนการสืบเสาะหาความรู้

5. การอบรมครั้งนี้ได้เปลี่ยนแปลงมุมมองความคิดของคุณที่มีต่อการสอนไปหรือไม่อย่างไรบ้าง

ไม่เปลี่ยนมากเท่าไร เพราะ การสอนแบบ นี้เป็นสิ่งที่จำก่อนแล้วและดีด
อย่างไรก็จะสอนแบบนี้ได้. แต่ก็ได้เดวิดส์มากมาดะ

6. มีประเด็นใดหรือไม่ที่คุณอยากจะทำอภิปรายหรืออภิปรายเพิ่มเติมให้มากกว่านี้ในการอบรมครั้งนี้

การทำหา เพราะ ไม่ค่อยมีถามสนธิ และดีดทำไปหาสนธิ.

7. การอบรมครั้งนี้เป็นไปดังที่คุณตั้งความหวังไว้หรือไม่ อย่างไร โปรดช่วยอธิบาย

ทำ ทำ คงจะเข้าใจมากกว่านี้แรก แต่ตามจริงแล้วเกินคาดมากเพราะ
พอได้ผล เจินแบบสืบหา หาตามรู้แล้วมันสนุกมาก.

มหาวิทยาลัย.....

8. ช่วยอธิบายบทเรียนที่มีประสิทธิภาพจากการอบรมครั้งนี้ และเหตุใดคุณจึงคิดว่าบทเรียนนั้นมีประสิทธิภาพ

บทเรียนเราจะตรวจสอบสถานการณ์ได้อย่างไร เพราะมันได้ดึงเอาทั้งจากทฤษฎี และ บทเรียนจากตัวเราเองมาประกอบกัน ทำให้เราได้เรียนรู้ และ ได้คิดวิเคราะห์ เป็นเพื่อน ผู้ที่ปฏิบัติจริง มีคามสนใจ

9. คุณจะนิยามความหมายของการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ว่าอย่างไร

"เปิดตลาดปลา" เพราะครูสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ นั้นไม่ใช่ให้เด็กทำตามๆ แต่ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์จากตัวเขาเอง ซึ่งเราอาจเรียกมันได้ว่า ผลิต

10. ตอนนี้คุณเชื่อหรือยังว่าคุณสอนโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้

1. ถ้าคุณคิดว่าคุณสอนโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้อยู่แล้ว ช่วยกรุณาอธิบายประเด็นเหล่านี้ด้วยถ้อยคำของคุณเอง ว่าบทเรียนเกี่ยวกับการสืบเสาะหาความรู้โดยทั่วไปแล้วมีลักษณะอย่างไร โดยให้มีหัวข้อเหล่านี้ในคำอธิบายนั้น

- คุณทำอะไรบ้างในหน้าที่ครูที่สอน โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้
- นักเรียนทำอะไรบ้างในฐานะผู้เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้
- หนังสือและทรัพยากรต่าง ๆ ถูกนำมาใช้อย่างไร

• เนื้อหาวิทยาศาสตร์ถูกสอนอย่างไร

1. ศาสตร์มา แนวทาง ในขั้นตอนของตัวเรา

2. นักเรียนทำหน้าหน้าที่ของบทเรียนที่เรารู้จักอย่างนี้แล้ว

3. เนื้อหาของเนื้อหาที่เรารู้จัก

4. ถูกสอนด้วยเนื้อหา นักเรียน และ เราจะทำอย่างไร



VITAE

VITAE

Name: Thanee Junnang
Date of Birth: December 6, 1978
Place of Birth: Bangkok, Thailand
Address: 256/1 T.Tatakiab, Tatakiab district,
 Chacheongsao, 24160 Thailand
Education Background:

1996	Wiseschaichan “Tantiwithayapoom” School, Angthong
2001	Beachelor of Science (B.Sc.), Chemistry, Rajabhat Institute Phranakhon Si Ayutthaya, Phranakhon Si Ayutthaya
2002	Graduate Diploma (Grad. Dip.), Teaching Profession, Rajabhat Institute Phranakhon Si Ayutthaya, Phranakhon Si Ayutthaya
2008	Completed the Program to Promote Research Method in Science Education, University of Wisconsin-Madison, USA
2015	Doctor of Education (Ed.D.), Science Education (English Program) Srinakharinwirot University, Bangkok