A DEVELOPMENT OF THE UPPER SECONDARY SCIENCE CURRICULUM ON GENETICS TO ENHANCE SOCIO-SCIENTIFIC DECISION MAKING ABILITY

A DISSERTATION

BY

SUREEPORN KAEWMUANGMOON

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Doctor of Education Degree in Science Education

at Srinakharinwirot University

September 2008

A DEVELOPMENT OF THE UPPER SECONDARY SCIENCE CURRICULUM ON GENETICS TO ENHANCE SOCIO-SCIENTIFIC DECISION MAKING ABILITY

A DISSERTATION

BY

SUREEPORN KAEWMUANGMOON

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Doctor of Education Degree in Science Education

at Srinakharinwirot University

September 2008

Copyright 2008 Srinakharinwirot University

A DEVELOPMENT OF THE UPPER SECONDARY SCIENCE CURRICULUM ON GENETICS TO ENHANCE SOCIO-SCIENTIFIC DECISION MAKING ABILITY

AN ABSTRACT

BY

SUREEPORN KAEWMUANGMOON

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Doctor of Education Degree in Science Education

at Srinakharinwirot University

September 2008

Sureeporn Kaewmuangmoon (2008). *A Development of the Upper Secondary Science Curriculum on Genetics to Enhance Socio-Scientific Decision Making Ability*. Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assoc. Prof. Dr. Somson Wongyounoi, Assist. Prof.Dr. Parin Chaivisuthangkura, Dr. Precharn Dechsri.

The purposes of the study were to develop and implement an upper secondary science curriculum on genetics that was beyond the core curriculum and enhance students' ability to use genetic knowledge for making decisions on socio-scientific issues and to study the results of the curriculum implementation on the students' understanding of genetics, the students' socio-scientific decision making ability, the students' opinions toward the curriculum and the teachers' opinions toward the curriculum. The research study was conducted through three stages including curriculum development, curriculum implementation, and curriculum evaluation.

Following these stages and procedures, a draft of the upper secondary science curriculum on genetics to enhance socio-scientific decision making ability was developed based on the science strand 1.2 and sub standard of living things and living processes in Thailand's Basic Education Curriculum (B.E.C) 2001 at grade 10-12. The content of curriculum included 4 learning units: the basic knowledge of DNA, genetic engineering, DNA fingerprinting, and human genome project. The 5Es model of inquiry based on socio-scientific issues combined with the socio-scientific decision making framework were used as the curriculum approach in this study. The draft curriculum was verified for quality, appropriateness, and validity by experts. The draft curriculum was tried out with forty 12^{th} grade students at Mahidol Wittayanuson School, Nakhonpatom province, Thailand in the first semester of the academic year 2007.

The revised curriculum was implemented in the class with the students from Mahidol Wittayanuson School. There were thirty-eight students from 11^{th} and 12^{th} grades in the second semester of the academic year 2007 and the instruction was conducted in 22 learning periods. The assessment tools were the achievement test, the socio-scientific decision making ability test, the questionnaire of students' opinions toward the curriculum, and the questionnaire of

teachers' opinions toward the curriculum. The data were analyzed by using mean and standard deviation. Research hypotheses were tested by *t*-test for one-sample statistics. The results of the curriculum implementation indicated that the students' achievement scores after the curriculum implementation were significantly different at 0.05 level above the cut-off score of the achievement test. The students' socio-scientific decision making scores after the curriculum implementation were significantly different at 0.05 level above the cut-off score of the socio-scientific decision making ability test. Moreover, the students' opinion scores and the teachers' opinion scores toward the curriculum after using the curriculum were also significantly higher at the 0.05 level. The research findings revealed that the upper secondary science curriculum on genetics to enhance socio-scientific decision making ability was effective and could be used in the classroom.

การพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พันธุศาสตร์ ที่ส่งเสริมความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม

บทคัดย่อ

ของ

สุรีย์พร แก้วเมืองมูล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตรศึกษา
กันยายน 2551

สุริย์พร แก้วเมืองมูล. (2551). *การพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเรื่อง พันธุศาสตร์ ที่ส่งเสริมความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม.* ปริญญานิพนธ์. กศ.ด. (วิทยาศาสตรศึกษา).กรุงเทพ ฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรรมการควบคุม: รศ.ดร. สมสรร วงษ์อยู่น้อย, ผศ.ดร. ปรินทร์ ชัยวิสุทธางกูร, ดร. ปรีชาญ เดชศรี

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาหลักสูตรสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมเรื่องพันธุศาสตร์ที่เน้นการส่งเสริมความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจเรื่องพันธุศาสตร์ของนักเรียนและเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางพันธุศาสตร์มาใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม การวิจัยและพัฒนาหลักสูตรแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ การพัฒนาหลักสูตร การนำหลักสูตรไปใช้ และการประเมินหลักสูตร โดยหลักสูตรได้พัฒนาขึ้นตามมาตรฐานการเรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์ที่ 1.2 เรื่องสิ่งมีชีวิตและกระบวนการของสิ่งมีชีวิตสำหรับนักเรียนในระดับช่วงชั้นที่ 4 ซึ่งเนื้อหาของหลักสูตรประกอบด้วย 4 หน่วยการเรียนรู้ได้แก่ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับดีเอ็นเอ พันธุวิศวกรรม ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ และโครงการศึกษาจีโนมมนุษย์ มีรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5Es ที่เน้นการใช้ประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมควบคู่กับการฝึกการตัดสินใจในประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม หลักสูตรได้รับการประเมินความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญก่อนการนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 40 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 ที่โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ จ. นครปฐม

หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นนำมาใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 6 จำนวน 38 คน ที่โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ เป็นระยะเวลา 22 คาบเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 โดยระหว่างการใช้หลักสูตรมีการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือ 4 ชนิดคือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อหลักสูตร และแบบสอบถามความคิดเห็นของครูที่มีต่อหลักสูตร ข้อมูลที่ได้นำมาใช้วิเคราะห์เพื่อตรวจสอบสมมติฐานงานวิจัยโดยใช้ค่าสถิติ t-test สำหรับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว ผลการทดลองพบว่าภายหลังจากการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมสูงกว่าคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากนี้พบว่านักเรียนและครูที่ร่วมวิจัยมีความคิดเห็นต่อหลักสูตรอยู่ในระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

The Dissertation titled

"A Development of the Upper Secondary Science Curriculum on Genetics to Enhance Socio-Scientific Decision Making Ability"

by

Sureeporn Kaewmuangmoon

has been approved by the Graduate School as partial fulfillment of the requirements for the Doctor of Education degree in Science Education of Srinakharinwirot University.

……Dean of Graduate School

(Associate Professor Dr. Somchai Suntiwatanakun)

September 2008

Advisor Committee

…… Chair

(Assoc. Prof. Dr. Somson Wongyounoi)

…… Co-advisor

(Assist. Prof. Dr. Parin Chaivisuthangkura)

…… Co-advisor

(Dr. Precharn Dechsri)

Oral Defense Committee:

…… Chair

(Dr. Wanida Tanaprayothsak)

…… Committee

(Assoc. Prof. Dr. Somson Wongyunoi)

…… Committee

(Assist. Prof. Dr. Parin Chaivisuthangkura)

…… Committee

(Dr. Precharn Dechsri)

…… Committee

(Assoc. Prof. Dr. Weerawan Sithigorngul)

This study was financially supported by

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST)

Acknowledgement

This research could not complete without help, support, guidance, and encouragement from many people. I would like to express deep gratitude to Assoc. Prof. Dr. Somson Wongyounoi, Assist. Prof. Dr. Parin Chaivisuthangkura, and Dr. Precharn Dechsri for their assistance and encouragement throughout the study.

My thankfulness is also for Prof. Dr Jim Stewart, my mentor, and Dr. Paul Williams for their help and suggestions during my study at the University of Wisconsin at Madison. Special thanks goes to Assist. Prof. Dr. Orvil L. White for editing this dissertation. In addition, I also want to thank Assoc. Prof. Dr.Prayaong Pongthongchareon, former Director of Science Education Center, all professors and staff in the Science Education Center for their recommendations and encouragement during the study.

I would like to extend my appreciation to Assist. Prof. Dr. Achariya Rangsiruji, Dr. Sunanta Manutmongkol, and Dr. Wanida Tanaprayothsak for their suggestions in examining and verifying the draft curriculum and the research instruments. I wish to express my gratitude to Ms. Tanyaratana Dumkua and Ms. Sataporn Wantanawijarn for their participation in the research and also the Institute for Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) for the financial support throughout my study. I would like to give a special thanks to my family and my friends for their love, support, and encouragement throughout my study.

Sureeporn Kaewmuangmoon

TABLE OF CONTENTS

Chapter	Page
1. INTRODUCTION	1
Background	1
Purposes of the study	6
Significance of the study	6
Research questions	7
Scope of the study	7
Limitation of the study	8
Participants/Sample	8
Variables of the study	8
Definition of terms	9
Conceptual Scheme of the study	10
Research hypotheses	11
2. REVIEW OF THE LITERATURE	12
The Status of Genetic Education	12
Genetic education in Thailand	14
Genetic education in other countries	15
Genetic education for this study	15
Socio-Scientific Issues and Science Education	16
Socio-scientific issues	16
Status of socio-scientific issues in science education	17
Socio-Scientific Issues in Thai science education	17
Socio-Scientific Issues in other countries' science education	18
Socio-Scientific Issues in this study	23

TABLE OF CONTENTS (Continued)

Chapter	Page
Socio-Scientific Decision Making Ability	23
Decision making	23
Socio-scientific decision making ability.....	25
Prior studies on students' decision making ability with socio-scientific issues.....	26
Teaching to Enhance Socio-Scientific Decision Making Ability.....	34
The explicit teaching for socio-scientific decision making	34
Classroom setting for teaching with socio-scientific decision making.....	35
Teaching Science with Socio-Scientific Issues.....	36
Issues / Application-based approach	37
Inquiry based approach	38
The approach of this study	41
Learning theory related to inquiry based socio-scientific issues approach....	42
Curriculum Development.....	46
Curriculum design	47
Curriculum implementation	50
Curriculum evaluation	51

TABLE OF CONTENTS (Continued)

Page

Chapter

3. METHODOLOGY…….. 53

Section 1 Target Source of the Research……..…… 53

Section 2 Procedures of Curriculum Development ……..…… 54

Curriculum development stage ……..……. 55

Curriculum implementation stage……..…….. 70

Curriculum evaluation stage ……..……... 73

Section 3 Statistics ……..……...……..…… 76

4. RESULTS …….. 82

Section 1 The results of curriculum development ……. 82

Section 2 The results of curriculum implementation and curriculum evaluation ….. 102

5. CONCLUSIONS, DISCUSSIONS, and RECOMMENDATIONS …… 121

Section 1 The conclusion of the study …….. 121

Section 2 Discussions ……. 129

Section 3 Recommendations …… 141

BIBLIOGRAPHY…… 144

APPENDIX ……... 154

Appendix A The list of experts and participating teachers …… 155

Appendix B The results of evaluation on quality of the research materials ……... 158

Appendix C The gathered data from the study ……... 169

TABLE OF CONTENTS (Continued)

Chapter	Page
Appendix D The cut-off score	191
Appendix E The assessment tools	194
Appendix F The sample of the students' guidebook	222
Appendix G The sample of the lesson plans	264
Appendix H The pictures of learning activities	297
VITAE	302

LIST OF TABLES

Table		Page
1	Rubric for the complexity, perspective, inquiry and skepticism aspects of socio-scientific reasoning ……	29
2	Summary of the BSCS 5Es instructional model ……	39
3	The contents in the draft curriculum …… ……	56
4	The template of backward design ……	57
5	The six categories of the cognitive process dimension ……	59
6	The numbers of test items for each learning unit ……	62
7	The research tools and data collection periods ……	73
8	The contents and activities of the draft student guidebook ……	85
9	The details of the draft lesson plan: teacher guidebook ……	86
10	The results of evaluation on the appropriateness of the draft student guidebook ……	88
11	The results of evaluation on the appropriateness of the draft lesson plan….	90
12	The results of evaluation on the appropriateness of overall curriculum…….	93
13	The curriculum consistency evaluation ……	95
14.	The students' opinions toward the draft curriculum ……	98
15.	The comparison between the mean score of students opinion toward the draft of upper secondary science curriculum on genetics to enhance socio-scientific decision making ability after using the draft curriculum and criterion according to the pilot study……	100
16	The summary of the revised learning periods in the lesson plans ……	101
17	The student achievement mean score before and after using the revised curriculum in each learning units according to the main ……	103
18	The comparison of students curriculum implementation and the cut-off score in the main study ……	105

LIST OF TABLES (Continued)

Table		Page
19	The comparison of student socio-scientific decision making ability mean scores before and after using the revised curriculum according to the main study ……..……..	107
20	The comparison of students socio-scientific decision making ability mean scores after using the revised curriculum and the cut-off score in main study group ……..……	109
21	Student's opinions toward the revised curriculum ……	111
22	The comparison of student 's opinion toward the upper secondary science curriculum on genetics to enhance socio- scientific decision making ability mean score and the criterion after using the curriculum according to the main study group ……..……	113
23	Teacher's opinions toward the revised curriculum……	115
24	The comparison of the mean scores of teacher's opinion toward the upper secondary science curriculum on genetics to enhance socio- scientific decision making ability after using the curriculum and the criterion……	119
25	List of experts for verify and examining the draft curriculum ……..……	156
26	General information regarding participating teachers in the second semester, 2007 academic year ……	157
27	The results of evaluation on appropriateness of the draft student guidebook by experts …….	159
28	The results of evaluation on the appropriateness of the draft lesson plans..	161
29	The results of overall curriculum appropriateness…….	165
30	The curriculum consistency evaluation ……..….	166
31	The results' evaluation of the achievement test …….	167

LIST OF TABLES (Continued)

Table		Page
32	The students' achievement scores before and after using the curriculum in pilot study group ……..……	170
33	The students' achievement scores before and after using the curriculum in main study group ……..……	171
34	The students' socio-scientific decision making ability scores before and after using the curriculum in pilot study……	172
35	The students' socio-scientific decision making ability scores before and after using the curriculum in main study ……..……	173
36	The summaries of teachers' opinions toward the curriculum ……..	182
37	The probability of correct decision, the probability of incorrect decision and the validity of coefficient for the achievement test …….....	192
38	The probability of correct decision, the probability of incorrect decision and the validity of coefficient for the achievement test ……..……	193

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1	Conceptual scheme of this study……..……	11
2	Higher order Thinking……..……..…….	24
3	Decision making procedure model in Korthland' s study……..	31
4	Socio-scientific decision making framework for this study …….……	34
5	Teaching science, technology and society ……	37
6	Framework of active learning approach to develop student's understand of science and enhance their socio-scientific decision making ability….	42
7	A possible representation of ZPD …….	45
8	The curriculum planning process of Saylor, Alexander, and Lewis ….....	47
9	The Tyler's framework ……..…	48
10	Predictor X criterion classification of students for instructed and uninstructed group score distributions on the capitalization test……..	52
11	The conceptual framework for the curriculum Development …….....	54
12	A framework of setting criteria to assess student's socio-scientific decision ability ……	64
13	Graph of students' achievement scores and frequency of each score	104
14	The graph of the frequency number of students in each Score of the socio-scientific decision making ability test …….	108
15	The pictures of learning activities ……..…	261

CHAPTER 1
INTRODUCTION

Background

The publication of the structure of DNA in 1953 (Watson and Crick in Peters, 1959:16) has resulted in rapid advances in genetic knowledge. One of the consequences of this explosion of knowledge has been an emphasis on genetics in biology curricula throughout the world. Genetics, the study of heredity, has long held a place of central importance in biology because it unifies what otherwise might appear to be a jumble of dissimilar phenomena. Now, genetics is playing an increasingly important role in the practical affairs of humans because we have entered what is being called the biotechnology century. Accordingly, Rifkin (1998: 648) states that

> Scientists around the world are quickly deciphering the genetic code, as they unlock the mystery of millions of years of the Earth's biological evolution. As a result of the new breakthroughs in molecular biology and biotechnology, our way of life is likely to be more fundamentally transformed in the next several decades than in the previous thousand years.

Moreover, at present, a rapid advancement of genetic science and the impact of new genetic technologies present socio-scientific issues[1] and the application of advanced genetic knowledge is being debated because of an increasing emphasis on citizen participation in making policy decisions. However, it is perceived that there has been little exploration of the opportunities for diverse publics to be involved in decisions about the development or the applications of the genetic technologies that affect them or are likely to affect them (Bunton, 2001).

---

[1] **Socio-scientific issues** are issues that involve the products or the processes of science and create social debate or controversy that frequently are at the frontiers of scientific knowledge (Sadler and Zeidler, 2003).

For science education, socio-scientific issues have become important because they occupy a central role in the promotion of scientific literacy (Sadler and Zeidler, 2005 cited Bingle & Gaskell, 1994; Driver, Leach, Millar& Scott, 1996; Zeidler & Keefer, 2003). This perspective on scientific literacy, which is consistent with standards and reform documents in the United States (American Association for Advancement of Science, 1990; and National Research Council,1996) and other countries (Council of Ministers of Education Canada Pan-Canadian Science Project,1997; Millar & Osborne, 1998; Queensland School Curriculum Council, 2001), holds that science students need to develop the ability to make informed decisions regarding scientific issues that are important to society (Sadler and Zeidler, 2005). Abd-El-Khalick (2003) has also highlighted the ability to make informed decisions regarding science-related personal and social issues as a significant component and outcome of scientific literacy.

As such, the importance of preparing students for decision making on genetics-related socio-scientific issues have been recognized by organizations such as the American Association for Advancement of Science (AAAS, 1989) and the National Research Council (NRC, 1996). For example in the National Science education standards of NRC 1996: 256) it is stated that

> Because molecular biology will continue into the twenty-first century as a major frontier of science, students should understand the chemical basis of life not only for its own sake, but because of the need to take informed positions on some of the practical and ethical implications of humankind‘s capacity to manipulate living organisms.

Jeglian, (2000: 627) also pointed out "…all of us will have a responsibility to ensure that the advances from genome science are used to benefit as many people as possible and to hurt no one". As thus, the 21st century citizen with the ability to make a reasonable and right decision is aimed at by science education especially biology.

Because of the rapid growth in genetic knowledge, there has been an increased emphasis on providing students with an education that promotes their understanding of

contemporary genetic concepts. There is a need to prepare future citizens to be able to deal with biotechnology and the social, political, economic and ethical issues raised by its rapid development. This is critical for the scientific literacy of future citizens. In science education, it is also important to consider ways to engage students with all aspects of socio-scientific issues so that they can develop the understanding and skills necessary to assist them in their decision making and actions.

In an attempt to portray science in a more contextualized way and to bridge scientific knowledge and social responsibility, it has been argued that an issues-based approach is appropriate. Pedretti (1999) discussed the project of Pedretti (1996), Ramsey (1993), and Thei & Nagle (1994) that an issues-based approach utilized in science instruction has the potential for capturing the complex relationship between scientific knowledge and social responsibility. Van Driel, Beijaard and Verloop (2001:3) also argued that "… to focus on inquiry as a central element of the curriculum, to promote students to actively develop their understanding of scientific concepts, along with reasoning and thinking skills…" In socio-scientific decision making, either the decision making model (Kortland,1996; Ratcliffe,1997; Cambell and et al., 1997; Pedretti, 1999; and Edelson and et al., 2006) or socio-scientific reasoning (Sadler D.T., Barab A. S., and Scott B., 2007) can help student to make well and reasonable decision on socio-scientific issues.

However, Souter's (2003:57) analysis of several syllabus guidelines and school textbooks indicated that "DNA appears mainly in upper-school curricula, with the emphasis remaining on cellular responses and classical Mendelian genetics. This pattern of progression is consistent. Substantial areas of contemporary genetics are omitted".

In Thailand, genetics is one of the biological topics in the science strand of the Basic Education Curriculum (BEC) of 2001, a core curriculum for Thai education. The national science curriculum standards were set by Thailand's institution, The Institution for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), and genetics is included within Standard Sc 1.2 of the first sub-strand, living things and living processes, The Standard 1.2 states that

> 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, have scientific mind, communicate what is learned and apply the knowledge gained (The National Science Curriculum Standards: 6).

An analysis of genetics education in Thailand also reveals a lack of contemporary genetic content at both the primary and secondary school level. For example in school curricula, the topic of DNA and classical genetics is mainly restricted to the upper-secondary school level. Molecular and biotechnology appear at the university level. This insufficiency of genetics and its technological education is pointed out Trumbo (2000:258) in that teachers and researchers have an obligation to provide opportunities for all students to develop the best possible foundation knowledge of genetics as a basis for ongoing learning about emerging genetic technologies as well as the limitations and realities of the impact of those technologies. Genetic education should be instructed as it is a part of society and should include the understanding of genetic knowledge, the role of genetics in relation to other areas of life and the approaches for preparing citizens to deal with genetic issues. This purpose corresponds with one of the visions for science learning which is in compliance with the Basic Education Curriculum from IPST which states

> Learning of science should be a developmental process so that the learner acquires proper knowledge, process and attitude. Every learner should be stimulated and encouraged to be interested in and enthusiastic about learning science. The learner should also be curious and eager to learn about the surrounding natural world, be determined and happy about doing research and searching for knowledge, be capable of accumulating data, analyzing results to reach to answers for questions, making decision based on reasonable use of data and finally, communicating questions, answers, data and discoveries from their learning to others (The national science curriculum standards: 3).

From this notion, genetics curricula will prepare Thai citizens to be able to deal with the biotechnological age are required. If genetic education does not place an emphasis on biotechnology and the social, political, economic and ethical issues, Thai citizen will be less

able to deal with biotechnological progress and its socio-scientific issues. For developing the genetic curriculum for Thai students, it requires not only the basic of genetic knowledge within the national science curriculum standards and current issues of genetics in society but also the opportunities for students to deal with various kinds of problems regarding genetic issues. The students therefore have to use their knowledge and thinking skills, especially, a decision making one. The education in genetic curriculum thus should include 1) understanding of genetic knowledge and the role of genetics in relation to other areas of life and 2) approaches for preparing citizens to deal with genetic issues.

This study focused on developing the upper secondary science curriculum on genetics and its related instructional materials aimed to help students develop an understanding of genetics beyond the core curriculum and to enhance their abilities to use genetic knowledge to make decision on socio-scientific issues. To achieve the curriculum's purposes, the curriculum was approached by using the inquiry instructional cycle which fits with the 5Es model (BSCS, 2001) and was based on socio-scientific issues combined with a socio-scientific decision making framework developed by the researcher. Therefore, the genetic curricula in this study had on one hand the teaching of students for science content and inquiry practices. On the other hand it provided practice for students in developing thinking skills on decision-making by using a systematic thinking framework along with the teacher's guidance.

Purposes of the Study

The purposes of this study are as follows:

1. To develop the science curriculum on genetics to enhance upper secondary students' socio-scientific decision making ability

2. To implement the science curriculum on genetics to enhance upper secondary students' socio-scientific decision making ability

3. To evaluate the result after using the curriculum on

3.1 The students who are participating in this study on learning achievement

3.2 The students who are participating in this study on socio-scientific decision making abilities

3.3 The students who are participating in this study on opinions toward the curriculum

3.4 The participating teachers' opinions toward the curriculum.

Significance of the Study

The main result of this study was the development of a science curriculum for upper secondary school on genetics to enhance socio-scientific decision making ability. This curriculum incorporated an inquiry instructional cycle, the activities included socio-scientific issues along with the socio-scientific decision making framework. The curriculum aims to help students develop an understanding of genetics beyond the core curriculum and to enhance their abilities for using genetic knowledge to make decision on socio-scientific issues. This curriculum was used to develop students' ability to appropriately deal with social changes. In addition, the results of this study provide guidelines for teachers in science rather than genetic topics, who wish to include socio-scientific issues in their courses.

Research Questions

The curriculum was assessed by research studies and sought to answer the following questions.

1. Can students' study by the genetic curriculum gain more understanding of genetics?

2. Can students' study by the genetic curriculum improve their socio-scientific decision making ability?

3. What are the students' opinions toward the genetic curriculum?

4. What opinions do teachers have of the genetic curriculum in relation to five domains: content, instruction, instructional materials, assessment and evaluation, and overall of the curriculum?

Research Design

The research design of the development of the upper secondary science curriculum on genetics to enhance decision making ability on socio-scientific issues used in this study is the Research and Development (R and D) type.

Scope of the Study

This study aims to design and develop the science curriculum for the upper secondary school students to enhance their socio-scientific decision making ability. The curriculum and its related instructional materials was developed based on the first sub-strand of the science strand—living and life existence processes (MOE, 2002).

Limitation of the Study

This study is limited by the requirement of basic genetic knowledge and the characteristics of the participating students.

1. The content of curriculum in this study are far beyond the genetic topics in the regular science curriculum for upper secondary students in that this curriculum requires students to pass the requirement on basic a genetics course.

2. The participating students in this study are the high achievement in science and mathematics students who study at Mahidol Wittayanuson School, the special science high school for high achievement in mathematics and science students.

Participants/Sample

The participants of this study were two groups as follows:

1. **Participants of curriculum development stage**

The participating students in this study were forty12th grade students at the Mahidol Wittayanuson School, Nakhonpatom province, Thailand. They were interested in studying the draft curriculum on genetics in the first semester of the academic year 2007.

2. **Participants of curriculum implementation**

The participating students in this study were thirty-three students in the 11th grade and five students in the 12th grade at the Mahidol Wittayanuson School, Nakhonpatom province, Thailand. They were interested in studying the revised curriculum on genetics in the second semester of the academic year 2007.

Variables of the Study

The variables of this study were as follows:

1. **Independent variable:**

The implementation of the upper secondary science curriculum on genetics to enhance socio-scientific decision making ability.

2. **The dependent variables** consist of:

2.1 Students' learning achievement

2.2 Students' socio-scientific decision making ability

2.3 Students' opinions toward the curriculum

2.4 Participating teachers' opinions toward the curriculum.

Definition of Terms

The terms used in this study are defined as follows:

1. **The Genetic Curriculum:** the science curriculum on genetics for the upper secondary students to enhance their socio-scientific decision making ability. This curriculum was designed and developed by using genetic issues as themes for development of the curriculum and its related materials. The curriculum content was treated under four main topics: Basics of DNA, Genetic Engineering, DNA fingerprinting, and the Human Genome Project.

2. **Socio-Scientific Issues:** issues which involve the products or processes of science and technology on social debate or controversies that frequently involved moral and ethical implications. In this study, socio-scientific issues for the curriculum were socio-biological issues involving only genetics and its technology.

3. **The 5 Es model based on socio-scientific issues combined with a socio-scientific decision making framework:** the strategies or approach for studying socio-scientific issues on genetics as theme based instruction and related to the science content as well as the framework's steps of socio-scientific decision making ability. Therefore, the 5Es model (BSCS, 2001) based on socio-scientific issues was used for curriculum instruction. The steps of 5Es model were integrated with steps of the socio-scientific decision making framework. The strategies of this approach consist of five steps: 1) engagement with socio-scientific issues by identifying problems in socio-scientific issues, 2) exploration through genetic technology by sorting the relevant facts and finding more information of socio-scientific issues, 3) explanation about genetic technology and socio-scientific issues by identifying stakeholders of socio-scientific issues, 4) elaboration of knowledge for new socio-scientific issues by listing possible

solutions for socio-scientific issues, and 5) evaluation of students' understanding of genetics by applying their knowledge to make decision on socio-scientific issues.

4. **Student's Learning Achievement:** students' achievement in science content on genetics after learning through the curriculum which means students' abilities to remember, understand, apply, and the use of scientific process within the curriculum content.

5. **Student's Socio-Scientific Decision Making Ability:** student's ability to make decisions on socio-scientific issues. The students' quality of socio-scientific decision making ability indicates that students' abilities to identify the problems from socio-scientific issues, inquire more information for understanding socio-scientific issues, indentify the stakeholders of socio-scientific issues, list of possible solutions, use of genetic knowledge to make reasonable and ethical decisions on socio-scientific issues. The students had the opportunity to develop their socio-scientific decision making by practicing in the socio-scientific decision making framework developed by researcher.

6. **Students' Opinions toward the Curriculum:** view of the participating students toward the implementation of the genetic curriculum to enhance socio-scientific decision making ability as well as their impression and suggestions for the curriculum.

7. **Teachers' Opinions toward the Curriculum:** view of the participating teachers toward the implementation of the curriculum on five domains: curriculum content, instruction, instructional materials, assessment and evaluation, and overall view of the curriculum.

Conceptual Scheme of the Study

The curriculum development in this study was developed according to the view that it is adequate and important to increase students' knowledge about science as a process and also develop their skills in participating in socio-scientific issues particularly on decision making on socio-scientific issues. The conceptual framework in this research study is shown in Figure 1.

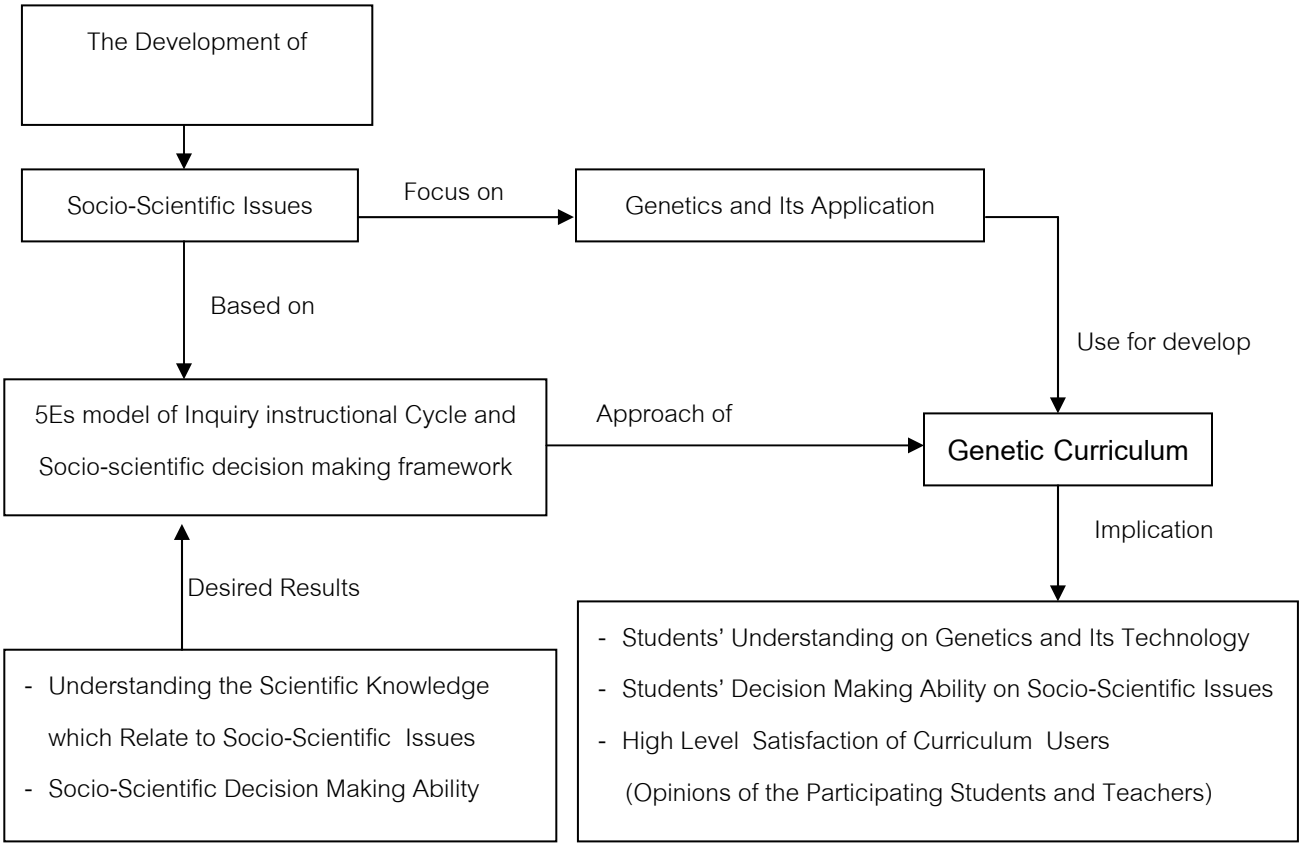


FIGURE 1 Conceptual Framework of this Study

Research Hypotheses

The hypotheses of this study are:

1. Student achievement scores after the curriculum was implemented are higher than the cut-off score of achievement test.

2. Student socio-scientific decision making ability scores after the curriculum was implemented are higher than the cut-off score of socio-scientific decision making ability test.

3. Student opinion scores toward the revised curriculum after the curriculum was implemented are at high level.

4. Teacher opinion scores toward the revised curriculum after the curriculum was implemented are at high level.

CHAPTER 2

Review of Related Literature

The goal of this research was to improve Thai genetics education by preparing and evaluating curricular and instructional materials designed to provide students with opportunities to learn about biotechnology as well as allow them to develop and practice their abilities to make decisions on controversial issues. The scholarly literature that is relevant to the research and research objectives are reviewed in this chapter and described in five sections as follows: section 1: the status of genetic education; section 2: socio-scientific issues and science education; section 3: socio-scientific decision making ability; section 4: teaching science with socio-scientific issues; and section 5: curriculum development.

Section 1: The Status of Genetics Education

The Thai education system was reformed according to the Thai National Education Act (TNEA) of 1999. As a result of the TNEA, the Basic Education Commission of Thailand prescribed a core curriculum known as the Basic Education Curriculum (BEC) 2001 of which Science is one of eight stands. The eight strands are: 1) Thai language; 2) mathematics; 3) science; 4) social studies, religion and culture; 5) health and physical education; 6) arts; 7) career and technology; and 8) foreign languages (MOE. 2002).

Genetics is taught as a part of the science subject. In terms of the science strand, the National Science Curriculum Standards for a basic education (grades 1-12) was set by the IPST in 2001. The aims of an education in science, as spelled out by the IPST include the following:

1. To understand the principles and theories basic to science.
2. To understand the scope, limitations and nature of science.
3. To provide skills for discovery and creation in science and technology.

4. To develop the thinking process, imagination, ability to solve problems, data management, communication skills and ability to make decisions.

5. To be aware of relationships between science, technology, humans and the environment in terms of influence and impact on one another.

6. To utilize knowledge and understanding of science and technology for the benefit of society and daily life.

7. To bestow the scientific mind, moral and ethical sense of responsibility and proper values so the science and technology will be used constructively (The National Science Curriculum Standards: 4).

The subject groups specified in the National Science Education Standards for the basic science that all students should learn consist of contents, concepts, principles and processes. The subject matters encompass the following eight sub-strands: Sub-strand 1: Living things and living processes; Sub-strand 2: Life and environment; Sub-strand 3: matters and properties; Sub-strand 4: Forces and motion; Sub-strand 5: Energy; Sub-strand 6: Processes that shape the earth; Sub-strand 7: Astronomy and space; and Sub-strand 8: Nature of science and technology. Each science substance is separated into 4 grade level standards: first level standard grades 1-3, second level standards grades 4-6, third level standards grades 7-9, and fourth level standards grades 10-12. The core basic science curriculum runs from simple to more complex content for different grades and is structured so that students will experience two inseparable components, knowledge and processes.

One vital component in creating strength in science is the management of education in order to prepare citizens for living in and contributing to a science and technology intensive society as both efficient producers and consumers (The National Science Curriculum Standards:1). The expectation was expressed within the National Science Curriculum Standards that Thai students will participate in activities that will help them develop reasoning, critical and creative thinking, analytical abilities and skills in research and creating knowledge. These skills are to be developed through activities that will engage the students in investigations, systematic problem solving and decision making

based on diverse data and verifiable evidences. It is also expected that they will become skilled at utilizing technology in data acquisition and management.

1.1 Genetics Education in the Thai National Science Standards

Genetics is one biological topic in the science strand of the Basic Education Curriculum (BEC) of 2001. Genetics is included within the first sub-strand, living things and living processes, which have two standards.

> *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, have a scientific mind, communicate what is learned and apply the knowledge gained (National Science Curriculum Standard: 6).

In terms of Genetics within Standard Sc 1.2, at the end of the highest grade of each level the student should be able to:

> Level Standards grade 1 – grade 3: observe, explore various characteristics of living things in the neighborhood and explain inheritance of characteristics from father and/or mother to progeny.
>
> Level Standards grade 4 – grade 6: explore, observe, compare one's own characteristics with members of the family and also for living things nearby and explain the inheritance of characteristics of living things through generations, also characteristics that differ from their ancestors.
>
> Level Standards grade 7 – grade 9: search for information and discuss the genetic material in the nucleus, which controls characteristics and processes in the cell, the inheritability of genetic material and know the positive applications of genetic knowledge
>
> Level Standards grade 10 – grade 12: search for information, discuss and explain the process of inheritance through genetic material, genetic variation, mutation and biodiversity and

search for information, discuss and explain positive applications of biotechnology, biodiversity, impacts of biotechnology and biodiversity on the society and environment (From: National Science Curriculum Standards:11-12)

1.2 Genetics Education in Other Countries

The importance of a biotechnology component is reflected in high school curricula in many countries such as England and Australia (Harms, 2002). These curricula typically include modules that address topics such as cloning, the use of genetic engineering in the production of novel crop species, production of pharmaceuticals in animals and the use of transgenic animals for human organ donation. Cavanagh, Hood and Wilkinson (2005) in a discussion of the works of Oka and Macer, 2000; Harms, 2002, and New South Wales' s Department of Education stated that the social and ethical issues associated with the use and development of biotechnology are also included by many high schools in the rural Riverina region of New South Wales, Australia. It has been suggested that student opinions of biotechnology can be strongly influenced by the manner in which the material is presented and the source of their information. Further, a general understanding of science and its interaction with society is thought to be more beneficial than detailed knowledge about scientific procedures.

1.3 Genetics for this Study

For Thai genetic education to be equivalent with other countries in terms of its ability to prepare Thai students for their role in society there is a need for a genetic curricula that will address both the science of biotechnology and the social issues that arise. However, from the analysis of the national science curriculum standards and the biology textbook that is used by all Thai students, it is apparent that there is a lack of contemporary genetics contents as well as any explicit connection between the genetic knowledge and issues in students' daily lives. Thus, given the recommendations of the National Science Education Standards students will not have opportunities to develop or practice making decisions similar to those that they will be called on to make as Thai citizens. It is only when such curricula are in place will we be able to say that students have been adequately educated to fully participate as citizens. For this reason, an upper secondary science

curriculum on genetics to enhance socio-scientific decision making ability was developed in this study. This curriculum provided students with a foundation of genetics knowledge related genetic issues. The genetic understanding was necessary in order to deal with genetic controversies and also utilized interdisciplinary teaching and pedagogical skills in order to enhance students' abilities to deal in reasoned ways with the genetic issues.

Section 2: Socio-Scientific Issues and Science Education

The increasing number and variety of controversial scientific and technological issues with which citizens are confronted has led, in recent years, to calls for an education in science which prepares future citizens to participate in resolving such issues. Understanding of socio-scientific is necessary for a science education which emphasizes the interconnections between science and society.

2.1 Socio-Scientific Issues

The phrase "Socio-Scientific Issues" has come to represent a variety of social dilemmas with conceptual, procedural, or technological associations with science (Fleming, 1986(a); Kolstø, 2001; and Zeidler, Walker, Ackett, &Simmond, 2002). Socio-scientific issues are so named because of the central role of both social and scientific factors in these dilemmas. Ratcliffe and Grace (2003:2-3) described the nature of socio-scientific issues as follows:

- have a basis in science, frequently that are at the frontiers of scientific knowledge;
- involve forming opinions, making choices at the personal or societal level;
- are frequently media-report, with attendant issues of presentation based on thepurposes of the communicator;
- deal with incomplete information because of conflicting/incomplete scientific evidence and inevitably incomplete reporting;
- address local, national and global dimensions with attendant political and societal framework;
- involve some cost-benefit analysis in which risk interacts with values;
- may involve consideration of sustainable development;

- involve values and ethical reasoning;
- may require some understanding of probability and risk;
- are frequently topical with a transient life.

Socio-scientific issues differ from other issues because they are real-world issues where the problem is open-ended, ill structured, and subject to multiple perspective and solutions. Sadler and Zeidler (2005: 112) stated that current socio-scientific issues stem from biotechnological advances such as cloning, stem cells, and genetically modified foods and environmental challenges such as global climate change, land-use decisions, and the introduction of exotic substances, both biotic and abiotic, into the environment.

2.2 Status of Socio-Scientific Issues in Science Education

Socio-scientific issues used as organizers for science education present many advantages in science education. This agrees with Pedretti (2001) who argued that issues present a point of departure for developing and exploring future inquiry, provide a rationale for the search for information, and more accurately reflect the multi-disciplined nature, discourse, and activities of the scientific pursuit. Many organizations for science education in many countries have acknowledged the relationship of scientific knowledge, socio-scientific issues and society as being an important part of students' science education.

2.2.1 Socio-scientific issues in Thailand's science education

In Thailand, IPST also attempts to prepare quality Thai citizens by promoting scientific literacy that can be a guideline to prepare Thai students who are capable of applying scientific knowledge in economic development, international competitiveness, and are happy with a coexistence in a global community and living in the science and technology intensive society as efficient citizens. More importantly, Thai students should use their science knowledge reasonably, creatively, responsibly and ethically. This emphasis was shown in the National Science Curriculum Standards as follows:

> Science makes us develop our mental process, e.g., reasoning, creating, analyzing, criticizing, inquiring, solving problems systematically and making decision based on diverse data and verifiable evidence. Now that science is considered by many to be a global culture for our knowledge-based societies, it is necessary for everyone to be equipped with sufficient knowledge

> of science and its implications. This goal of scientific literacy for all is to enable us to understand nature and man-made technological products and to use our scientific knowledge reasonably, creatively, responsibly and ethically. However, one should not exploit science solely for one's own better quality of life, but should use it to guide us toward better utilization, preservation and even development of the environment and natural resources with equilibrium and long-term sustainability in mind (National Science Curriculum Standard:1).

However, analysis of science education in Thailand reveals a science and technology curriculum that is taught as pure science contents. Moreover, the controversies related to science and technology which occur in Thai society and the global community are not show much in Thai science education. For example, the genetic technological issues in Thailand such as the issues of planting GM papaya in Khonkhean province, local socio-scientific issues, should be added firstly because these issues involved immediate problems in their communities and they represent real problems. These issues can be used to encourage the integration of personal and scientific knowledge as more accessible to the participants. Individual reasoners perceive a greater personal stake in the debates and their resolutions. Pedretti & Hodson(1995) suggested that if educators desire to use socio-scientific issues as a means of making science more relevant to students' lives, then they need to select local issues. This suggestion was supported by the research of Tytler et al. (2001) and Patronis et al. (1999) that focused on local issues that produced direct impacts on their participants. The alternative is developing strategies to help students envision the connections that exist between more global issues and themselves. Researchers and practitioners may perceive significant impacts of general socio-scientific issues such as global warming and genetic engineering, but their students may possess vastly different perceptions. Therefore, curricula that include these kinds of issues require components that help students integrate classroom science experiences with their personal lives.

2.2.2 Socio-scientific issues in other countries' science education

In the United States, two important science education organizations; the American Association for the Advancement of Science (AAAS) and the National Research Council (NRC), realize the importance of not divorcing science from its social function. The AAAS initiated *Project 2061: Science for All Americans* that set five major criteria for the

selection of science content that may provide a foundation for all subsequent learning science both in classrooms and in the world:

- Utility: Will the proposed content knowledge or skills significantly enhance the graduate's long- term employment prospects? Will it be useful in making personal decisions?
- Social Responsibility: Is the proposed content likely to help citizens participate intelligently in making social and political on matter involving science and technology?
- The Intrinsic Value of Knowledge: Does the proposed content present aspect of science, mathematics, and technology that are so important in human history or so pervasive in our culture that a general education would be incomplete without them?
- Philosophical Value: Does the proposed content contribute to the ability of people to ponder the enduring question of human meaning such as life and death, perception and reality, the individual good versus the collective welfare, certainty and doubt?
- Childhood Enrichment: Will the proposed content enhance childhood (a time that is important in its own right and not society for what it may lead to in later life? (AAAS,1989: 21 describe in Zeidler and Keefer, 2003: 9)

Those criteria acknowledge the importance of socio-scientific issues and emphasize on scientific discourse and reasoning. According to the AAAS, the science content should be selected in order to develop students' life-long science literacy and to enhance students' power to deal with controversies that are raised by science and technological progress. The AAAS (1993) also strongly encourages the link between science and social function (*Benchmarks for Science Literacy*, AAAS, 1993) which stated that "To the degree that schooling concerns itself with values and attitudes-a matter of great sensitivity in a society that prizes cultural diversity and individuality and is wary of ideology--it must take scientific values and attitudes into account when preparing young people for life beyond school (AAAS, 1993: 285 in described of Zeidler and Keefer, 2003: 9)".

Scientific literacy should be concerned not only with science content and scientific methods in classrooms but also with science in the context of the real world where students encounter controversies related to science. For science teaching to reach the goals of science literacy, the National Science Education Standards was developed by the NRC. The standard has four central goals:

> School science reflects the intellectual and cultural traditions that characterize the practice of contemporary science. To develop a rich knowledge of science and the natural world, students must become familiar with modes of scientific inquiry, rules of evidence, ways of formulating questions, and ways of proposing explanations. The relation of science to mathematics and to technology and an understanding of the nature of science should also be part of their education. (National Science Education Standards, NRC, 1996:21)

The considering of the use of socio-scientific issues science classroom is also found in United Kingdom as represented by the *"Beyond 2000: Science Education for the Future"* report from a series of working seminars at United Kingdom's, King's College. This report concerned the successes and failures of science education to date, current science education needs of children, a suitable model for a science curriculum, and implementation issues. This report provided direction for contemporary science education curriculum concerns. It is clear that deliberate and explicit attention has been given to nature of science issues in the context of socio-scientific concerns:

> To sustain a healthy and vibrant democracy, such issues do not require an acquiescent (nor a hostile and suspicious) public, but one with a broad understanding of major scientific ideas who, whilst appreciation of the value of science and its contribution to our culture, can engage critically with issues and argument which involve scientific knowledge. For individuals need to be able to understand the methods by which science derive the evidence for the claims made by scientists; to appreciated the strengths and limits of scientific evidence; to able to make a sensible assessment of risk; and to recognize the ethical and moral implications of the choices that science offers for actions. (Millar & Osborne, 1998: 2004)

Zeidler and Keefer (2003) in discussing this report stated that the cultural embeddings of science showed that the fusion of science in culture becomes intertwined and are inseparable as found in this report in that

> "In the popular mind, science-and–technology is often seen as a single entity. It would therefore be artificial to separate the two and attempt to teach only 'pure' science….Technology is not simply applied science, it is the cultural response of people to problems and opportunities they have perceived that has shaped the ways we live and work" (Millar & Osborne, 1998: 2018).

They suggested that science education, therefore, should stress social, political, economic and ethical implication of science as well as an understanding of socio-scientific issues.

In Canada, the Council of Ministers of Education also has the *Pan-Canadian Science Project* which selected science as its first area for collaboration on school curriculum to help strengthen the personal and professional educative experiences of citizens in terms of contributing to social, economic and Canadian culture as well as international communities. The project set the framework of science learning outcomes from K to 12 and reflects a vision of science literacy that clearly is linked with providing opportunities for students to develop for inquiry, problem-solving, and decision making.

> Science literacy is an evolving combination of the science-related attitudes, skills, and knowledge students need to develop inquiry, problem-solving, and decision-making abilities, to become lifelong learners, and to maintain a sense of wonder about the world around them. Diverse learning experiences…will provide students with many opportunities to explore, analyze, evaluate, synthesize, appreciate, and understand the interrelationship among science, technology, and society, and the environment that will affect their personal lives, their careers, and their future. Specifically, science education aims to prepare students to critically address science-related societal, economic, ethical, and environment issues (CMEC's Pan-Canadian Science Project, 1997: 2-3).

Other science organizations like the Queensland School Curriculum Council and the Australian Science Teachers Association also advocated for broader conceptualizations of scientific literacy similar to those described above. Science can also be equated with social and cultural contexts. In such a view, core scientific values can be seen as a part of the broader cultural values such as the democratic processes, social justice, ecological and economic sustainability and peace. Cultural values like these are no longer viewed as abstract concepts but set in the context of real places and events, past and present (QSCC, 2001).

In order to respond to reach the goals from science education organizations in many countries, science educators in the latter part of the 20th century attempted to integrate controversy related science with other areas of real life. For example, the Science-

Technology-Society (STS) approach focus on the impact of science and technology on society. The next movement, Science-Technology-Society-and Environment (STSE), attempt to connect the progressiveness of science and technology with society and environment concerns. This approach tends to describe the connections among science with a larger social, cultural and political context. As the 21st century unfolds, socio-scientific issues have come to represent important social issues and problems which are conceptually related to science. Many educators have recently argued that the thoughtful negotiation of socio-scientific issues is fundamental to modern notions of scientific literacy and that socio-science is a necessary element of today's classrooms (e.g. Hughes,2000; Driver, Newton, & Osborne,2000; Zeidler, Walker, Ackett & Simmons,2002).

The literature reviews revealed that many science educators argued that socio-scientific issues have high advantages because they are used to promote not only scientific literacy facets such as decision making (e.g. Aikenhead, 1989; Bingle & Gaskell, 1994; Pedretti, 1999; Kolsoto, 2001, Sadler & Zeidler, 2005), argumentation (e.g. Patronis et al., 1999; Driver, Newton & Osborne,2000; Zohar & Nemet, 2002) but also informal reasoning (Fleming, 1986a,b; Yang & Anderson, 2003; Sadler & Zeidler,2005), nature of science (e.g. Lederman,1992; Bell & Lederman, 2003, Sadler, Chamber & Zeidler,2004), science for citizens (e.g. Kolsto, 2001a,b; and ethic and moral development (e.g. Zeidler, 1984; Andrew & Robottom, 2001).

2.2.3 Socio-Scientific Issues for this Study

The literature reviews showed that socio-scientific issues are useful for teaching science related to the issues and social responsibility. In this research, the socio-scientific issues on genetics in a Thai context were used as a part of the curriculum development. The genetic issues and its related genetic knowledge for this curriculum were selected by using the information of students' prior knowledge, the National Science Standard of Thailand, and the criterion for selection of science content from AAAS. These issues were used as vehicle for useful contexts to instruct genetics and its technology and also to promoted scientific literacy for Thai students especially as part of the socio-scientific decision making ability. The curriculum was implemented to help students have an understanding of genetics and genetic issues and to enhance their socio-scientific decision

making ability. Participating students had opportunities to practice the decision making on genetic issues and to link the genetic content to a Thai context so that this curriculum could empower students in dealing with the socio-scientific issues.

Section 3: Socio-Scientific Decision Making Ability

3.1 Decision Making

Many different descriptions of the decision making process exist. For example, Raths et al. (1967: 272) stated that "Decision making involves making' choices and selecting among alternatives on the basis of laws, principles, generalizations, and rules". Another example, McWhorter (1988:122) stated that "Decision making is a process of making choice". Thinking for decision making is a thinking strategy or process which is used with problems which have no clear solutions.

The decision making process is often considered to be identical to problem solving. Indeed, some experts combine the two into one extended procedure and treat all problems as essential situations requiring decisions about solutions. Other experts see decision making as a process that differs considerably from problem solving. As in description of Beyer (1987: 29), he argued that decision making, unlike problem solving, involves:

> (1) Choosing from a number of acceptable alternatives when there is no single, objectively correct alternative,
> (2) Simultaneous evaluation of such alternatives rather than serial testing of potential solutions,
> (3) Use of qualitative as well as quantitative criteria in analyzing various alternatives, and
> (4) Repeated reference to values in applying these criteria.

According to the idea of Bloom's cognitive domain, the cognitive thinking domain is divided into two levels, the lower-order thinking and the higher-order thinking. The thinking of decision making is one of the higher-order thinking process or a complex thinking strategy. Kerr (1996) suggests that developing thinking for making decisions is a

part in the development of higher-order thinking which also can be developed through four thinking processes which are 1) problem-solving 2) decision-making 3) creative thinking and 4) critical thinking. The relationship of the four thinking processes is shown in Figure 2.

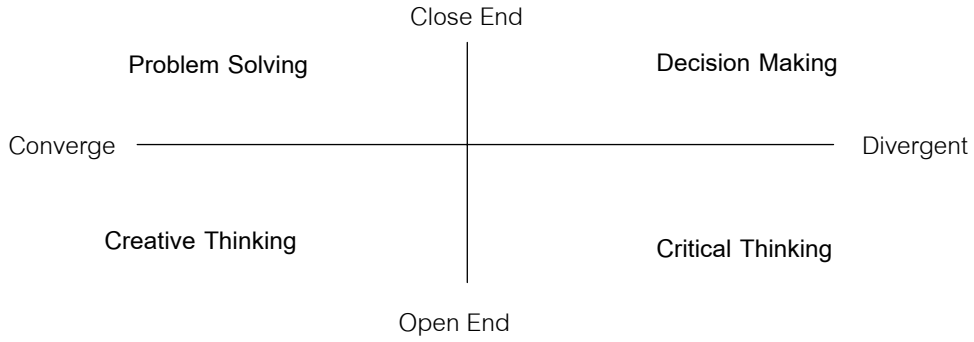


FIGURE 2: Higher Order Thinking Process

From: Kerr, C. (1996). *Assessing Complex Reasoning Process in Senior School Chemistry*. Paper presented for the 14th International Conference on Chemical Education. Brisbane, Australia.

3.2 Socio-Scientific Decision Making Ability

Socio-scientific issues encompass social dilemmas with conceptual or technological links to science which frequently are at the frontiers of scientific knowledge. By definition, socio-scientific issues are complex, open-ended and subject to multiple perspective and solution. Therefore, the socio-scientific issues decision making ability is a process to select a most suitable alternative to solve problems or conflicts which involve the products or the processes of science and create social debate or controversy. The result of the decision making depends on a situation and available information because a socio-scientific issue is a problem which is open-ended, ill structured and has no definitive answers.

The significance of encouragement on students' socio-scientific decision making ability has been considered by many science education organizers and researchers. As in the aforementioned documents, several major educational organizations

in the Unite States of America have argued that scientific literacy should include ability to make knowledge-based decisions on such issues (NRC, 1996; and AAAS, 1989). For example, the recognition of the need for decision-making skills in the National Science Education Standards of America (1996) was stated as "…describe a vision of the scientifically literate person and present criteria for science education that will allow that vision to become reality". The need and relevance of emphasizing decision-making in science teaching have also been argued by several science educators through the last few decades (Aikenhead, 1985; Millar & Osborne, 1998; Osborne, 1997; Zeidler, Sadler, Simmons & Howes, 2004). The skills of decision making are embedded in new content standards that augment the traditional fields: Science as Inquiry, Science and Technology, Science in Personal and Social Perspectives, and History and Nature of Science (Campbell, Lofstrom and Jerome, 1997). Students learning science this way would not just memorize information, but use scientific thinking to make everyday decisions. By mastering the skills of decision making, students would be able to identify and state a decision problem; identify viable options; research risk and benefits; make a decision based on reason methods; and present the decision coherently and logically. Therefore, a scientifically literate person makes decisions based on science.

3.3 Prior Studies on Students' Socio-Scientific Decision Making Ability

The four important factors of students' socio-scientific decision-making ability include 1) informal reasoning, 2) socio-scientific reasoning, 3) significance of content knowledge for socio-scientific decision making, and 4) socio-scientific decision making model. These factors have been several studies within science education. The details of each factor are summarized and presented as follows:

3.3.1 Informal Reasoning in Socio-Scientific Issues

The process of resolving the socio-scientific issues is best characterized by informal reasoning which describes the generation and evaluation of positions in response to complex situations. This agreed with Means and Voss (1996: 140) who provided an illustrative description of informal reasoning that assumes importance when information is less accessible, or when the problems are more open-ended, debatable,

complex or ill-structured and especially when the issue requires that the individual build an argument to support a claim. Sadler (2004) also argued that the process of resolving these issues is best characterized by informal reasoning which describes the generation and evaluation of positions in response to complex situations. Zohar and Nemet (2002: 38) described the concept of informal reasoning in socio-scientific issues that "It involves reasoning about causes and consequences and about advantages and disadvantages, or pros and cons, of particular propositions or decision alternatives. It underlies attitudes and opinions, involves ill-structured problems that have no definite solution, and often involves inductive (rather than deductive) reasoning problems". Therefore, informal reasoning is often used in situations where reasons exist both supporting and against the conclusion, such as making decisions about what to believe or what action to take.

3.3.2 Socio-Scientific Reasoning and Socio-Scientific Decision Making

Sadler, Barab and Scott (2006) have recently used the term *"Socio-Scientific Reasoning"* in describing their study of the socio-scientific reasoning in water quality issues with 24 sixth grade students via the 3D virtual world known as "*Quest Atlantis*". These studies were designed to help students build a multi-dimensional understanding of the water quality dilemma drawing on factors related to water chemistry, aquatic biology, human-nature interactions, resource management, economics, and politics. Students completed a series of quests which challenged them to evaluate evidence, synthesize their findings, and propose a solution to the observed problem. From this study, they suggested that socio-scientific reasoning is fundamental to the thoughtful negotiation of socio-scientific issues and address the citizenship goal. They also suggested that the practice of socio-scientific reasoning is the most significant practice for decision-making in the context of socio-scientific issues. The socio-scientific reasoning has four specific practices as follows:

3.3.2.1 Recognizing the inherent complexity of socio-scientific issues

Sadler, Barab and Scott (2006) in a discussion of several reports where issues ranged from local environmental issues (Kortland, 1996; Pedretti, 1999) to the use of nuclear fuels (Yang & Anderson,2003) and genetic engineering (Sadler & Zeidler, 2005) have explicitly highlighted participant perceptions of the socio-scientific issues'

complexity as a desired education outcome. Students, who approach a socio-scientific issue, should understand issue complexity and adopt rational strategies for evaluation of a conflicting form of evidence, and engage in thinking consistent with their reflection.

3.3.2.2 Examining issues from multiple perspectives

Sadler, Barab and Scott (2006) suggested that advance practice should entail the ability to analyze socio-scientific issues and potential solutions from diverse perspectives and recognizing substantive challenges to one's own espoused position. Therefore, students who approach socio-scientific issues should consider solution creation for these issues as well-meaning and thoughtful individuals who can adopt dissimilar but equally plausible solution to socio-scientific issues based on differences in personal priorities, principles, and biased.

3.3.2.3 Appreciating that socio-scientific issues are subject to ongoing inquiry

In the inquiry dimension of socio-scientific reasoning references the fact that socio-scientific issues are ill-structured problems subject to ongoing investigation. When scientific and social dimensions are taken together, open questions will create possibilities for ongoing inquiry. Therefore, Sadler, Barab and Scott (2006:6) stated that socio-scientific issues are necessarily characterized by a degree of uncertainty; stakeholders never know all that could be known or have the kinds of information that would be most helpful in making decision. They therefore argued that advanced practice regarding the inquiry aspect of socio-scientific reasoning should entail the ability to conceptualize socio-scientific issues as areas of open inquiry.

3.3.2.4 Exhibiting skepticism when presented potentially biased information

The last element of socio-scientific reasoning is skepticism which is a habit of mind foundation to inquiry and scientific practice more generally (NRC, 2000). Sadler, Barab and Scott (2006:7) argued that many students are not as skeptical of information as they ought to be. In terms of socio-scientific reasoning, they suggested that the advanced practice should include the ability to demonstrate skepticism in the face of potentially biased information and strategies to make well-ground decisions regarding the

selection of information sources. Less sophisticated practice would entail a tendency to accept information at face value without recognizing potential biases.

From this study (Sadler, Barab and Scott ,2006:9), the rubric for documenting socio-scientific reasoning emerged. The socio-scientific reasoning rubric for the complexity, perspective, inquiry and skepticism aspects are shown in TABLE 1. This rubric was used to develop the rubric scoring of socio-scientific decision making ability test in this study.

TABLE 1 RUBRIC FOR THE COMPLEXITY, PERSPECTIVE, INQUIRY AND SKEPTICISM ASPECTS OF SOCIO-SCIENTIFIC REASONING

	Level			
	1	2	3	4
Complexity	Offers a very simplistic or illogical solution without considering multiple factors	Considers pros and cons but ultimately frames the issue as being relatively simple with a single solution.	Constructs the issue as relatively complex primarily because of a lack of information. Potential solution tends to be tentative or inquiry-base	Perceives general complexity of the issue based on different stakeholder, Interests, & opinions. Potential solutions are tentative or inquiry-based.
Perspectives	Fails to carefully examine the issue.	Assesses the issue from a single perspective.	Can examine a unique perspective when asked to do so.	Assesses the issue from multiple perspectives.
Inquiry	Fails to recognize the need for inquiry.	Presents vague suggestions for inquiry.	Suggests a plan for inquiry focused on the collection of scientific OR social data.	Suggests a plan for inquiry focused on the collection of scientific AND social data.
Skepticism – Branville case	Denies differences among stakeholder positions.	Ascribes differences in stakeholder positions to difference in information.	Ascribes differences in stakeholder positions to a desire to avoid blame.	Recognizes conflicting interests and purposes among various stakeholders.
Skepticism- Triveca case	Declares no differences among stakeholders.	Suggests that differences likely exist among stakeholders.	Describes differences among stakeholders.	Describes differences and discusses the significance of conflicting interests.

Adaped from: Sadler, Barab and Scott (2006:9), What Do Students Gain by Engaging in Socio-Scientific Inquiry, Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco, CA

3.3.3 The Significance of Content Knowledge for Socio-Scientific Decision Making Ability

Many researches indicated that the notion for conceptual understanding of the material underlining socio-scientific issues is important for informal reasoning regarding those issues. For example, Patronis, Potari, and Spiliotopoulou (1999: 745) articulate this position as they discuss socio-scientific issues decision making competence: “a lot of knowledge and information needs to be developed about the nature of particular socio-scientific issues”. The results of Hogan study (2002) also argued that conceptual understanding improved reasoning. This similar result was found in Tytler, et al. study (2001) which also revealed that lack of conceptual understanding limited informal reasoning. One example of the influence of genetic content for socio-scientific issue on genetics can be found in the Sadler and Zeidler’s study (2004) Where the results of using mix-method approach to analyze 269 students in the case of applying genetics knowledge to genetic engineering issues, the authors also indicated that differences in content knowledge are related to variation in informal reasoning quality. Participants, with more advanced understandings of genetics, demonstrated fewer instances of reasoning flaws, as defined by a priori criteria, and were more likely to incorporate content knowledge in their reasoning patterns than the participants with more naïve understandings of genetics. Sadler (2004) also argued that in the context of a socio-scientific issue such as genetic engineering, this claim is analogous to asserting that an individual must have some basic knowledge of heredity to meaningfully engage in informal reasoning. Beyond this most fundamental application of knowledge, the influence of conceptual understanding on informal reasoning, argumentation, and decision making is rather minimal according to current research.

All studies reviewed supported the notion that conceptual understanding of the material that underlies socio-scientific issues is important for informal reasoning regarding socio-scientific issues. Therefore, the curriculum was developed and implemented to develop students understanding on genetics and to enhance their socio-scientific decision making ability. The students begin able to use knowledge, skills, and adjusted understandings well in novel, diverse, and difficult contexts.

3.3.4 Decision Making Model for Dealing with Socio-Scientific Issues

As a response, several teaching models for thoughtful decision-making for use in the science classroom have been proposed by Kortland (1996); Ratcliffe (1997); Campbell, Lofstrom and Jerome (1997); Pedretti (1999); and Edelson, C. D. et al., (2006). The details of each decision making model is presented as follows:

For the first example, a model of a decision making procedure to teaching waste management with a problem-posing approach was develop by Kortland (1996) as shown in Figure 3.

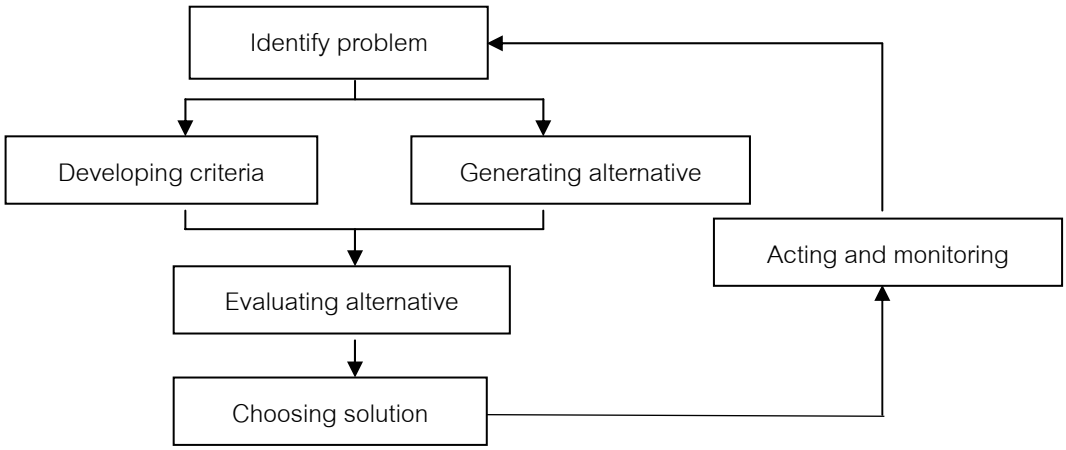


FIGURE 3 A decision making procedure model in Korthland's study

From Kortland, J (1996). An STS case study about students' decision making on the waste issue. *Science Education*, 80(6), 673-689.

The model used in this case study was about students' decision making on the waste issue in the physical science curriculum. A teaching unit limiting the waste issue to household packaging waste was developed and trialed with grade 8 middle ability classes with students aged 13-14 in the Netherlands. The students' existing and developing decision making ability was assessed against the background of a normative model of the decision making process, with evaluating alternatives on relevant criteria at its core. The research connected to the classroom trials shows that before teaching the unit students were able to evaluate alternatives on one (or more no conflicting) criteria. After teaching the unit the students argumentations about a decision making situation had improved as far as

validity and clarity of the criteria used for evaluating alternatives is concerned, but remained stable with respect to the limited range of criteria used.

Ratcliffe (1997) conducted a study to explore the skills, knowledge, and values of 15-year-old pupils' decision making, in a United Kingdom school. The pupils made a decision on environment issues tasks by using a decision making structure. The decision making contained six steps which may have encouraged a particular logic in following the structure: 1) Options, 2) Criteria, 3) Information, 4) Survey, 5) Choice,6) Review. The result of this study found that the chosen discussions represented the observed extremes of ability to cope with the decision making process. However, the written work produced did not capture the nuances of the discussions but in all cases, where the written work was examined alongside the audio-taped discussion, there was a clear reflection of the key points of the discussion in relation to the decision-making structure.

The next example of thoughtful of a decision making model, Campbell, Lofstrom and Jerome (1997) published a student-centered curriculum which provided a model for teaching decision-making that focused on defining the problem, using available information to predict possible outcomes, identifying stakeholders and values, and reaching informed decision with four main questions: Step One: What's the Decision?, Step Two: What Should Happen?, Step Three: What Do We Know?, and Step Four: What's the Answer? The Cambell, Lofstrom and Jerome's Model emphasized identification of personal values and the role they play in decision making.

Pedretti (1999) used "Science World's Exhibit Mine Game" to present facts about mining issues for sixth grade students in geology unit. The students did the role play activity for town meeting in a fictitious town where they had to consider the need of a zinc mining contract, and if so, which of the two companies would be awarded the construction contract and why. The students received some information about these two companies and they were responsible for researching and presentation the issues from their particular perspective and in accordance with their developed company policies. This is an issue-based approach in which it was found that there was no significant difference between girls' and boys' response in resolving the mining issues. This study argued that participation in decision making and values education in science curriculum is appreciated

and necessary for young children. The young students can learn to “unpack” socio-scientific issues, and a town meeting strategy can be an effective way to reach the research goal.

The last example, Edelson, C. D. et al. (2006) created the Stakeholder Consequence Decision-Making (SCDM) process which was used to help students develop their systematic decision making skills. The SCDM process consists of four stages: 1) establishing constraints and considerations; 2) identifying consequences; 3) assessing impacts on stakeholders; and 4.) weighing impacts on stakeholders. This process was used in the eight-week unit for Florida high school students on planning new school and environmental issues. The researcher found that this decision-making process was accessible and engaging to a broad range of students.

It was found in all literature reviews that a decision making model can help students to have systematic thinking which supports students ability to make a sound decision on socio-scientific issues. From this notion, teaching a model aimed at thoughtful decision making ideally should build on knowledge of strengths and weaknesses in students’ way of dealing with controversial issues. For this research, the socio-scientific decision making framework was developed based on these literature reviews which agreed that the significant factors of socio-scientific decision making including informal reasoning, socio-scientific reasoning, understanding of content, and a decision making model.

3.4 Socio-Scientific Decision Making Framework for this study

The traits of socio-scientific decision making ability were summarized from the previous reviews of the literatures including the characteristic of decision making (Kerr, 1996), socio-scientific reasoning (Sadler, Barab and Scott, 2006), and significant factors of socio-scientific decision making. These trails of socio-scientific decision making ability were used as important goals for practice and to improve students’ socio-scientific decision making ability by including in the steps of the socio-scientific decision making framework.

From this notion, decision making thinking process can be practiced by using a decision making model. Therefore, the socio-scientific decision making framework for this study was developed based on the aforementioned literatures. This framework was used to enhance students’ socio-scientific decision making ability in this study. This framework

consists of six main steps which begin with the identification of problems, relevant facts of decision maker defining, searching for more information, identifying stakeholders, setting criteria for selecting solution, and reaching informed decision as shown in Figure 4.

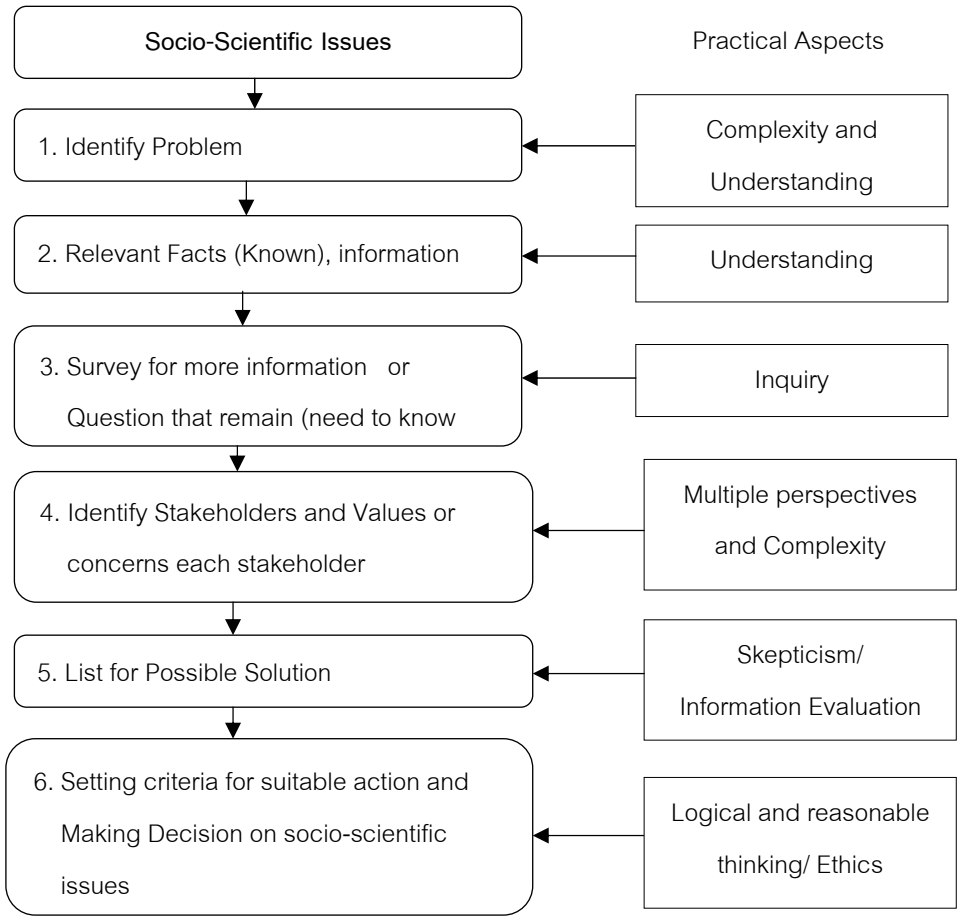


FIGURE 4 Socio-Scientific Decision Making Framework for this Study

Each step of the socio-scientific decision making framework was integrated with the practical components of socio-scientific reasoning and involved factors of socio-scientific decision making. Using this framework could help students have systematic thinking and practice their socio-scientific reasoning at the same time; therefore students could improve their socio-scientific decision making ability.

3.5 Teaching to Enhance Socio-Scientific Decision Making Ability

3.5.1 The explicit teaching for socio-scientific decision making ability

Beyer (1987) suggested that teaching to enhance students' decision making ability was explicit teaching with the decision making model and students' practice

making decision by following the steps of the decision making model. Moreover, Arvai et al. (2004) also suggested that for thoughtful decision making, teaching students science content and inquiry practices are important. It is not sufficient to just prepare students to make well-reasoned decisions. Students must also learn decision-making skills. Allen (2000) and Arvai et al. (2004) also argued that to be effective, instruction on decision making should be based on an understanding of how thoughtful decision are made and common pitfalls of the decision making process. Therefore the decision making model should be constructed in an explicit way.

However, teaching on values and morals involving socio-scientific issues would need to be pursued carefully. It would be a mistake for teachers to merely indoctrinate students with their own particular value with this explicit instruction. The instruction should strive to make students aware of how value and moral reasoning are used in decision-making. Bell (2003: 72) gave an example that a skilled teacher might use to help students realize that when it comes to science and technology, there are no value-free issues. Whether the topic is nuclear power, space exploration, evaluation, or saving the condors, public decisions on scientific matters always involve social implications. Therefore, the curriculum in this study was designed to make students aware of this fact, as well as the influence of their own values when considering scientific issues as a good start toward helping them think critically about decision-making.

3.5.2 The classroom setting for the teaching thinking's socio-scientific decision making

Beyer (1987) argued that to be effective, the teaching and learning of thinking, like any subject, requires environments that reinforce and support this teaching and learning. He suggested that

> The most supportive classroom environment for the teaching and learning of thinking exists where student and teacher thinking can occur continuously, where learning activities regularly require thinking, and where students and teachers frequently reflect on and discuss their thinking Beyer (1987).

Oulton et al. (2004: 423) suggested that the teachers' roles in teaching about controversial issues who need to make an explicit account of the nature of issues include:

- Groups within society hold differing views about them.
- Groups base their views on either different sets of information or they interpret the same information in different ways.
- The interpretations may occur because of the different ways that individuals or groups understand or 'see' the world (i.e. their worldview).
- Differing worldviews can occur because the individuals adhere to different value systems.
- Controversial issues cannot always be resolved by recourse to reason, logic or experimental.
- Controversial issues may be resolved as more information becomes available.

Effective learning of the skills, strategies, knowledge, and dispositions that constitute thinking ability requires the use of appropriate classroom climate, subject matter, teaching processes that provide encouragement, opportunity, and exercise. These are necessary components of the teaching of thinking which were used to teach thinking of socio-scientific decision making.

Section 4: Teaching Science with Socio-Scientific Issues

The implications of scientific and technological knowledge for society, for communities, and for individuals require science and technology to be taught as more than simply "the facts" or as a passing score on a standardized exam. According to the literature review, it was found that socio-scientific issues can serve as useful contexts for teaching and learning science content as well as science in social context. Therefore, using issues related science can be one way to teach students not only knowledge but also a relation of the scientific knowledge and society.

There are many styles of the integration science controversy within science curriculum. Holman (1987) argued that teaching science that relates with technology and

society can be taught in two possible ways: a science first approach and an application and issues first approach as shown in Figure 5:

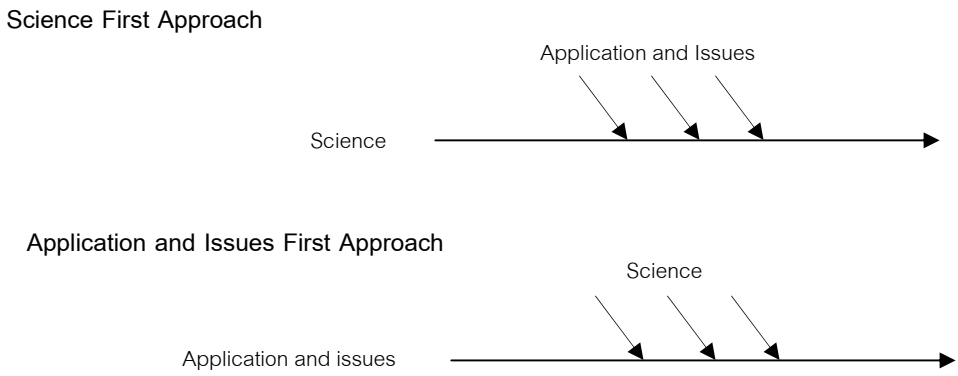


FIGURE 5 Teaching Science, Technology and Society

From Holman, J. S. (1987:31-32). Contrasting Approaches to the Introduction of Industry and Technologyinto the Secondary Science Curriculum. *Education, Industry & Technology*.

4.1 Issues-Based Approach

The issues-based teaching and learning is the instructional method that can be the effective approach to instruct science knowledge and its controversies in society. Alsop and Pedretti (2001) argued that in issues-based learning (IBL), or event-centered learning (ECL) societal issues (such as waste management, genetic engineering, nuclear power, cloning, endemic disease, poverty, etc) become central organizers for science curriculum and instruction. They also suggested that societal issues used as organizers for science education present many advantages because the issues provide a rationale for the search of information, and more accurately reflect the multi-disciplined nature, discourse and activities of a scientific pursuit. Issues (particularly controversial ones) challenge our beliefs, values, fears and action. Furthermore, socio-scientific issues can act as valuable tools in curriculum planning, and can provide the impetus for designing relevant and meaningful experience for students. The issue forms the building block of the curriculum and encourages explorations that are socially relevant and personally compelling. The discussion of socio-scientific issues stimulated dissatisfaction with current level of science

understanding among many participants. This result suggests that the educator could use socio-scientific issues as a way of motivating students to engage in meaningful learning of the science concepts which underlie these issues.

Many studies presented show that using issues first approach makes students more interesting and achievement in science learning. For example in a biotechnology subject, MacKenzie (2005) used the O. J. Simpson case to teach DNA evidence in a jury trial and human cloning is of inherent interest to teens. This research found that using a Crime Scene Investigation (CSI) can stimulate student interest to learn more about biology and chemistry. Therefore, she suggested that the controversy must interest students. The controversy needs to relate to their adolescent lives as well as to their lives as future citizens.

4.2 Inquiry Bases Approach

The "Inquiry" word is a well-know approach in science education. Inquiry is defined as a seeking for truth, information, or knowledge--seeking information by questioning. The National Research Council gave the following definition of the inquiry:

> Inquiry is a multifaceted activity that involves making observations; posing questions, examining books and other sources of information to see what is already known in light of experimental evidence; using tools to gather, analyze, and interpret data; proposing answers, explanations, and predictions; and communicating the results, inquiry requires identification of assumptions, use of critical and logical thinking, and consideration of alternative explanations. (NRC, 1996:23)

As in the previous review, the practice of inquiry can be useful for negotiation of socio-scientific issues. To enhance inquiry for students, the three major aspects of the inquiry concepts should be considered as describe in that the:

> 1) science process skills, include the usual range of science processes, such as observing and measuring, seeing and seeking solutions to problems, interpreting data, generalizing, and building, testing, and revising theoretical models;
>
> 2) the nature of scientific inquiry is essentially epistemological;

3) general inquiry process, includes strategies, such as problem-solving, use of evidence, logical and analogical reasoning, clarification of values, decision-making, and safeguards and custom of inquiry. (Welch; et al. ,1981: 34)

Learning science based on inquiry involves students using past experiences in science to design and carry out an investigation: gather information, formulate hypotheses, collect and interpret data, and draw logical conclusions (Cain, 2002). In an inquiry class, students are active participants as they explore their own questions, and develop their thinking processes. Teachers act as facilitators, initiators, and coaches in order to maintain and manage appropriated classrooms that engage students in inquiry-based learning.

4.2.1 The 5Es Instructional Model

The 5Es model, one instruction model of inquiry instruction, was developed by the Biological Science Curriculum Study (BSCS). The 5Es include five steps that begin with the letter "E": Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration, and Evaluation. Each E step is explained in TABLE 2:

TABLE 2 SUMMARY OF THE BSCS 5-E INSTRUCTION MODEL

Stage	Summary
Engagement	The teacher or a curriculum task accesses the learners' prior knowledge and helps them become engaged in a new concept through the use of short activities that promote curiosity and elicit prior knowledge. The activity should make connections between past and present learning experiences, expose prior conceptions, and organize students' thinking toward the learning outcomes of current activities
Exploration	Exploration experiences provide students with a common base of activities within which current concepts (i.e., misconceptions), processes, and skills are identified and conceptual change is facilitated. Learners may complete lab activities that help them use prior knowledge to generate new ideas, explore questions and possibilities, and design and conduct a preliminary investigation.

TABLE 2 (Continued)

Stage	Summary
Explanation	The explanation phase focuses students' attention on a particular aspect of their engagement and exploration experiences and provides opportunities to demonstrate their conceptual understanding, process skills, or behaviors. This phase also provides opportunities for teachers to directly introduce a concept, process, or skill. Learners explain their understanding of the concept. An explanation from the teacher or the curriculum may guide them toward a deeper understanding, which is a critical part of this phase.
Elaboration	Teachers challenge and extend students' conceptual understanding and skills. Through new experiences, the students develop deeper and broader understanding, more information, and adequate skills. Students apply their understanding of the concept by conducting additional activities.
Evaluation	The evaluation phase encourages students to assess their understanding and abilities and provides opportunities for teachers to evaluate student progress toward achieving the educational objectives.

From Rodger W. Bybee, et. al. *"Full report of The BSCS 5-E Instructional Model; Origin, Effectiveness, and Applications"*, 2006: Online

4.2.2 The 5Es model base on Socio-Scientific Issues

As previously mentioned, socio-scientific issues become central organizers for science curriculum and instruction because the issues can provide a rationale for the search for information, and more accurately reflect the multi-disciplined nature, discourse and activities of a scientific pursuit as well as a way of motivation students. Therefore, socio-scientific issues were integrated within each step of 5 Es model, a well-know of effective approach for science education, to be the approach for this study. This approach can make meaningful learning and show the relation among science content, technology and society. The 5Es model base on socio-scientific issues consists of five steps as follows: 1) Engagement with socio-scientific issues; 2) Exploration through genetic technology; 3) Explanation about genetic technology and socio-scientific issues; 4) Elaboration knowledge for new socio-scientific issues; and 5) Evaluation of students' understanding of genetics.

This model had a beginning stage with the engagement of students with socio-scientific issues on genetic issues which can motivate and make students interested in the knowledge which is behind the socio-scientific issues. Next, teacher encourages students to inquire to understand the science related to the socio-scientific issues as well as to understand the socio-scientific issues. They can use their understanding to make a decision on such socio-scientific issues.

4.3 The approach for this study

This study aimed to develop the science curriculum on genetics to enhance socio-scientific decision making ability. The literature review revealed that socio-scientific issues can serve as useful contexts for teaching and learning science content and also be positioned as central vehicles for addressing scientific literacy for citizens. The implications of scientific and technological knowledge for society, for communities, and for individuals require science and technology to be taught as more than simply “the facts” or as a passing score on a standardized exam. Kerr C. (1996) also suggests that the decision making ability can be developed when students learn subjects combined with decision making aspects and activities for making the decision.

The curriculum approach in this study was integrated with the science teaching method within the socio-scientific decision making framework for teaching science content and the development socio-scientific decision making ability at the same time. Hence, the 5 Es model based on socio-scientific issues was combined with the socio-scientific decision making framework and was used as an approach in this study, named as the 5 Es model based on socio-scientific issues combined with the socio-scientific decision making framework. Each step of the 5 Es model was base on socio-scientific issues and was integrated with the practical steps of the socio-scientific decision making framework. The approach used socio-scientific issues related to science to teach students not only scientific knowledge but also to practice their socio-scientific decision making ability.

The 5 Es model of inquiry based on socio-scientific issues combined with the socio-scientific decision making framework is summarized as in FIGURE 6.

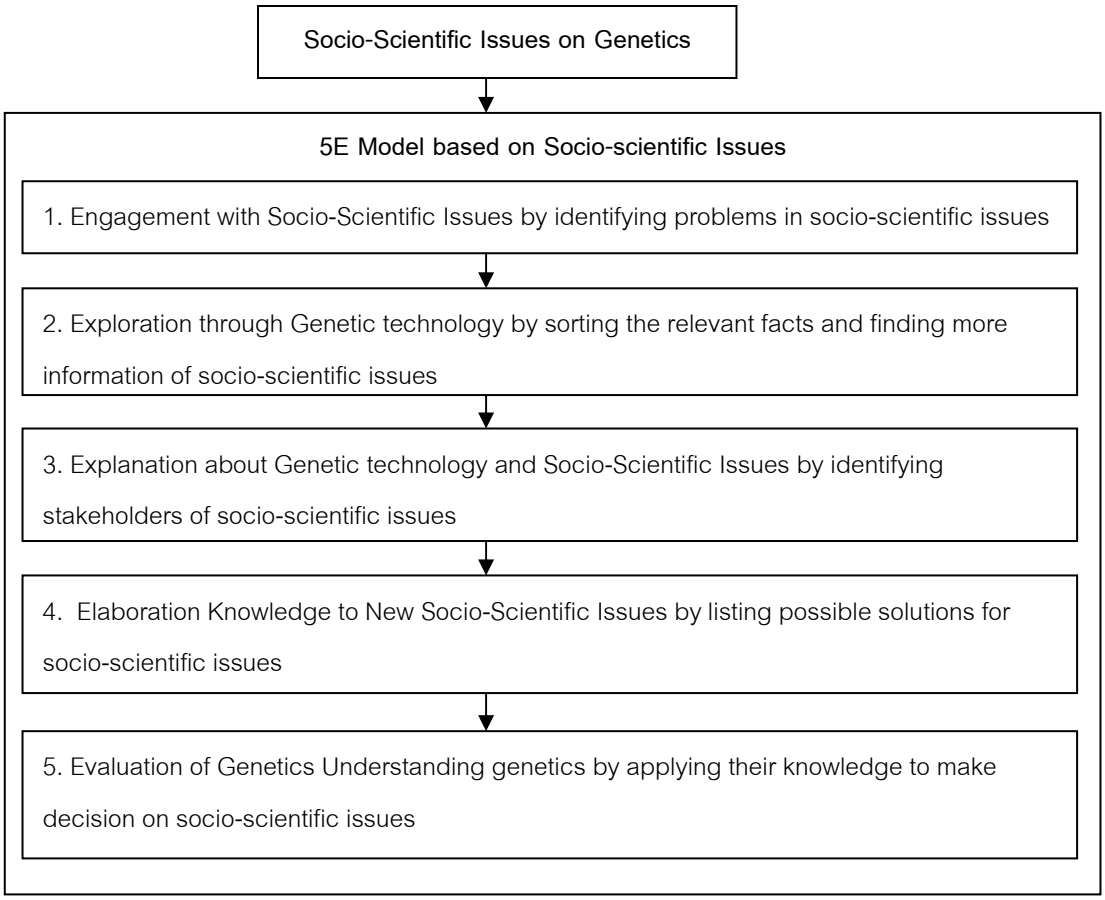


FIGURE 6 Framework of Active Learning Approach to Develop Student's Understand of Science and Enhance Their Socio-Scientific Decision Making Ability

4.4 Learning Theory Related to the 5Es mode base on Socio-Scientific Issues Combine with the Socio-Scientific Decision Making Framework Approach

This research attempted to link relationships among science, technology and society because science is a part of society and it cannot be taught separately from the world. The 5Es model is based on "constructivism", a term that express a view of the student as an active agent who constructs meaning out of his/her interactions with events (Perkins, 1992). Each "E" represents part of the process of helping students sequence their learning experiences to develop a connection between prior knowledge and new concepts. The teacher serves as a facilitator while students construct new knowledge based on thoughtful inquiry and decision-making.

4.4.1 Dewey's theory

The purpose of this research conforms to the perspective of John Dewey, a famous philosopher in American education, who agreed with the relation among science, technology and society. He argued that teaching science content only was not sufficient to develop an informed populace capable of using science as a method of inquiry into any subject. Students should have opportunity to learn knowledge, to apply and to link it with their world.

> Science has as yet had next to nothing to do with forming the social and moral ideas for the sake of which she is used…(Science) has remained a servant of ends imposed from alien tradition…science must have something to say about what we do, and not merely about how we may do it most easily and economically…When our schools truly become laboratories of knowledge-making, not mills fitted out with information hoppers, there will no longer be the need to discuss the place of science in education. (Dewey, 1974:192 described in Dana L. Zeidler & Matthew Keefer, 2003: 7)

This theory can be applied in the research in which students are encouraged to learn science and to practice their socio-scientific decision making ability through the real world issues. The situation can help them practice to be faced with the complex of socio-scientific issues.

4.4.2 Constructivism Theory

The constructivism theory also holds that each builds a personal set of knowledge which evolves as he or she relates new information and puts it to own meanings. This is an idea of postmodern philosophy which holds that knowledge is individually created and that people determine reality as they interact with others and with the perspectives of their culture. Because of the variety of people and conditions individual learners encounter in their lives, school programs should provide students with opportunities to learn about different peoples and cultures (Armstrong, 2002). Beck (1993) argued that it is the same reason to explain why we have a unique view of reality because every one of us has a private set of purposes and understandings.

To consider with individuals prior knowledge, the educator will attempt to design activities in order for students to practice constructing their own knowledge. From constructivist perspective, instruction should be students' center which will pass through many methods, for example inquiry techniques and problem solving. Armstrong (2002:111) argued that educators have an obligation to provide curricula that provides them with opportunities to engage rich and diverse perspectives. This is true because today's students will come to adulthood in a culturally and racially mixed world. The educators will provide students' opportunities to encounter the perspectives of many cultures and to consider diverse value sets as they strive to work out their own personal priorities. Instructional approaches should emphasize democratic decision making, open-ended conclusions, and the importance of ongoing dialogue about important issues.

Learning science from the constructivism view is the process in which students will inquire, search, and investigate knowledge by themselves. They will understand and gain knowledge and could construct concepts on their own.

4.4.3 Social constructivism

Lev Vygotsky is responsible for the social development theory of learning. He proposed that social interaction profoundly influences cognitive development which is called "Zone of Proximal Development". He describes this as "the distance between the actual development level as determined by independent problem solving and the level of potential development as determined through problem solving under adult guidance or in collaboration with more capable peers (Vygotsky, 1979 cited by Department of Psychology, Massey University, 2003: Online). Students' learning requires interaction with adult or peer as seen in Figure 7.

.

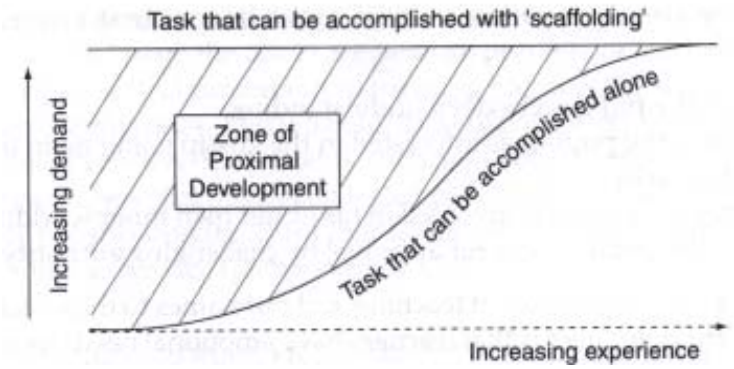


FIGURE 7 A Possible Representation of ZPD

From: Steve Alsop. (2001: 50). *Learning Science in Teaching Science: a Handbook for Primary &Secondary School Teacher*.

Vygotsky's views emphasize the importance of teaching; intellectual development is seen as a process of teaching and learning that involves a social exchange in which meanings are shared between teacher and student until the student is able to work on his or her own. In this context, the role of teachers is to facilitate the learning task to make it possible for the child to accomplish. During instruction, teacher does not adjust the task but offers support and guidance in such a way that learners are able to extend their intellectual range so that teacher facilitation can come in variety of forms, depending on the nature of the task.

From this perspective, curricula should be designed to emphasize interaction between learners, learning tasks, and the adult's guidance. In terms of teaching, the zone of proximal development was considered to teach for the improvement of the students' actual developmental level to their potential development by social interaction. In terms of assessment, the zone of proximal development was used for assessment for what students can do on their level of actual development and what they can do with help in their potential development.

Section 5: Curriculum Development

With respect to genetics education in Thailand there is a need for curricula that prepares Thai students to become active citizens. To achieve this goal, genetics curricula needs to be developed in order to include the consideration of the relationships among society, the learner, and knowledge. These curricula embed science learning in the context of realistic societal decision making.

To develop the curricula, curriculum specialists (Tanner & Tanner, 1995; Tyler, 1949) have identified three major sources of, or major influences, on the curriculum; 1) society, 2) the learner, and 3) knowledge. Davis (2002) also argued that much interest in the source of the curriculum can be traced back to the work of John Dewey. Davis stressed the importance of Dewey's work that led educators to focus increased attention on the connection among students, their social world, and the application of academic knowledge to the students' world. Dewey's efforts encouraged curriculum developers to orient school programs in ways that blurred the lines of separation between the school and the larger society. In terms of science education, Dewey argued that teaching science as "ready-made knowledge" consisting of facts, principles, and laws divorced from the social activity of science was not sufficient to develop a populace informed about scientific knowledge and the methods of inquiry that scientists use to generate that knowledge.

To develop the curriculum, Saylor, Alexander, and Lewis (1981) outlined a concise four step planning model, which includes 1) goals and objectives, 2) curriculum design, 3) curriculum implementation, and 4) curriculum evaluation. This planning model is influenced by several social forces and three social sources of curriculum society, the learner, and knowledge. The Saylor, Alexander and Lewis's planning process is show in Figure 8:

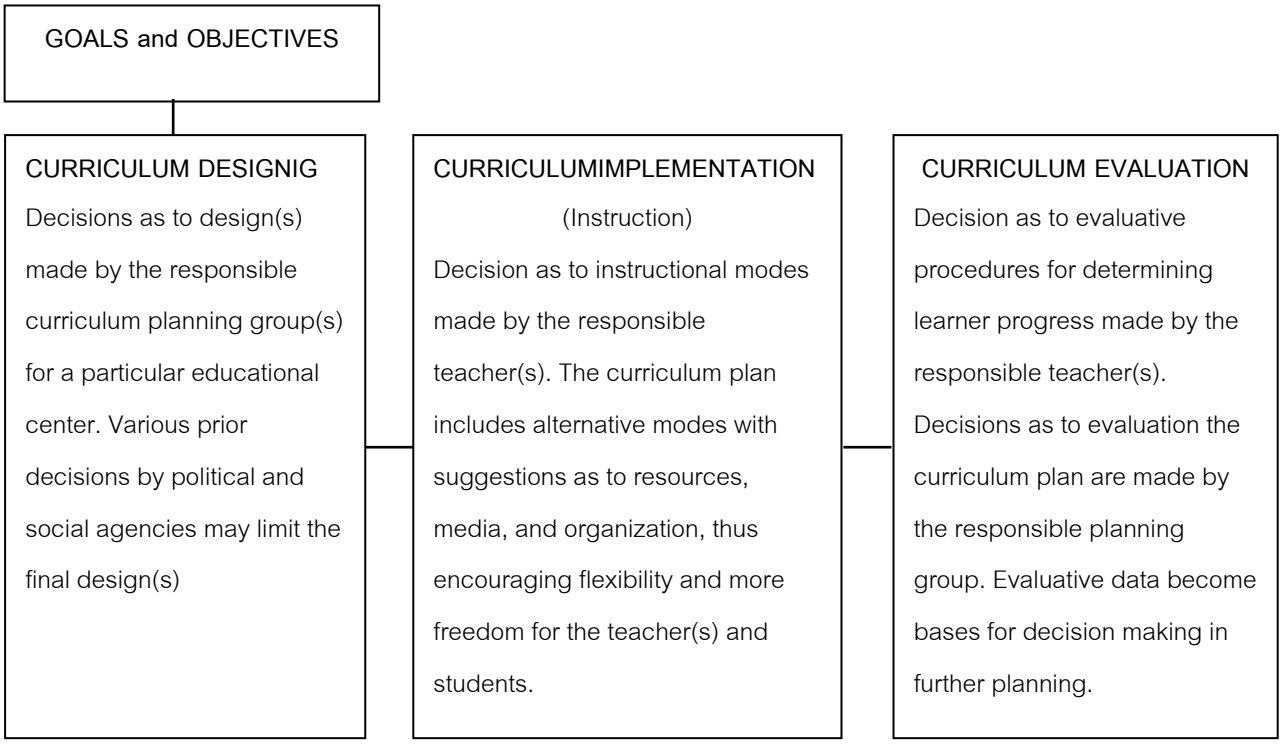


FIGURE 8 The Curriculum Planning Process of Saylor, Alexander, and Lewis

From: Saylor, Alexander, and Lewis. (1981: 30). *Curriculum Planning for Better Teaching and Learning*. 4th ed. New York: Holt, Rinehart and Winston

5.1 Curriculum Design

Ornstein & Hunkins (1993: 232) wrote that curriculum design is "…the way in which curricula are created, especially the actual arrangement of the parts of the curriculum planning". In the design phase, curriculum development models act as a roadmap for curriculum construction for curriculum developers. There are many curriculum development models that have been proposed by educators (Tyler, 1949 and Taba, 1962).

The backward design framework (Wiggins and McTighe, 1998) is a recent curriculum development framework that encourages curriculum developers to design a curriculum by starting with the end—the desired results (goals)—and then deriving the actual curriculum so that the goals are realized and so that students can provide evidence of learning in the form of performances. The backward design framework has three stages, including 1) identify desired result, 2) determine acceptable evidence, and 3) plan learning experiences and instruction (Wiggins and McTighe, 1998: 9). In the first stage, the desired

results are identified in light of the curriculum goals; content standards; review of curriculum expectations; and what students should know, understand, and are able to do. This step will help the curriculum developer to consider what students should gain during the course. The backward design process begins with a diagnosis of need which is like the curriculum development framework of Tyler (1949) and Taba (1962).

Tyler's framework for developing curriculum is based on four fundamental questions:

1. What educational purposes should the school seek to attain?
2. What educational experiences can be provided that is likely to attain these purposes?
3. How can these educational experiences be effectively organized?
4. How can we determine whether these purposes are being attained?

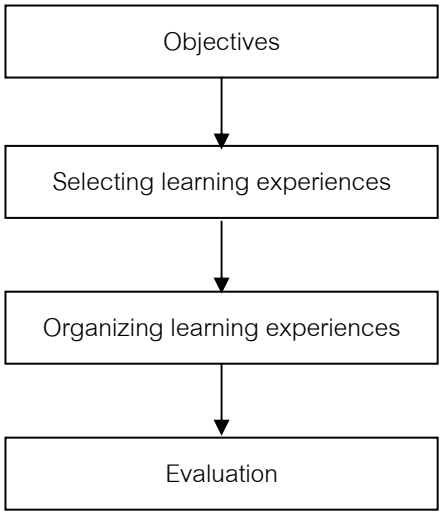


FIGURE 9 Tyler's framework for answering the four basic curriculum questions
From Colin J. Marsh. (2004: 203). *Key Concept for Understanding Curriculum.* RoutledgeFalmer: New York.

Tyler pointed out the importance of the educational objectives as criteria by which instructional materials are selected, content is outlined, instructional procedures are developed, and examinations are prepared. He stated that "The purpose of a statement of objectives is to indicate the kinds of changes in the student to be brought about so that instructional activities can be planned and developed in a way likely to attain these objectives (Tyler, 1949: 45)".

The importance of a clear educational objectives is also found in the curriculum development model of Taba which consists of seven steps as follows: 1) analyzing the needs, 2) setting objectives, 3) selecting content, 4) organizing content, 5) selecting learning experiences, 6) organizing learning experiences, and 7) determining what to be

evaluated by what ways and means (Taba, 1962: 12). The Taba's model also begins with the need for curriculum development.

All curriculum development models in this literature review strongly agreed with Wiggins and McTighe who strongly argued that clear goals are essential. The clear goals will lead to the worth selection of topics, significant materials, and good teaching methods. They argued that the backward design process is the most effective curriculum design because they advocate beginning for deriving curriculum from targeted goals or standards rather than to begin with a textbook, favored lessons, or time-honored activities. The framework helped curriculum developers to avoid common inadequacies in the curriculum and assessments.

The second stage of the backward design process is the determination of acceptable evidence of student understanding. In this step curriculum developers need to identify what is acceptable evidence of student understanding for the curriculum. The backward design approach encourages curriculum developers to think about a unit or course in terms of the collected assessment evidence needed to document and validate that the desired learning has been achieved. The backward design approach encourages teachers and curriculum developers to first think like an assessor before designing specific units and lessons and thus to consider up front how they will determine whether students have attained the desired understanding. The desired outcomes on students in this curriculum development were students' understanding of genetics, the students' socio-scientific decision making ability, and the students' opinions toward the curriculum.

The last stage of the backward design involves planning of learning experiences and developing the actual instruction. This step leads to instructional activities which are matched with the previously identified enduring understandings and appropriate evidence of understanding. Wiggins and McTighe (1998: 13) suggest several key questions that must be considered at this stage of the backward design process:

1. What enabling knowledge (fact, concepts, and principles) and skills (procedures) will students need to perform effectively and achieve desired result?
2. What activities will equip students with the needed knowledge and skills?

3. What will need to be taught and coached, and how should it best be taught, in light of performance goals?

4. What materials and resources are best suited to accomplish these goals?

5. Is the overall design coherent and effective?

The Backward design is goal directed. The desired results of stage 1 dictate the nature of the assessment evidence needed in stage 2 and suggest the types of instruction and learning experiences planned in stage 3. The logic of backward design suggests a planning sequence for curricula. This backward design framework was therefore used for development the curriculum in this study.

5.2 Curriculum Implementation

The term “implementation” refers to the “actual use” of a curriculum/syllabus, or what it consists of in practice (Fullan and Pomfret, 1977 cited by Marsh J., 2004: 65). Curriculum starts as a plan. It only becomes a reality when teachers implement it with real students in a real classroom. Marsh J. (2004: 65) stresses that “careful planning and development are obviously important, but they count for nothing unless teachers are aware of the product and have the skills to implement the curriculum in their classrooms”. Therefore, participating teachers were prepared and trained for using the curriculum including their understanding on genetics and its issues, the curriculum approach, and assessment before using the curriculum. This phase is the implementation of the curriculum in the classroom to collect desired learning outcomes of the curriculum including the students’ achievement, the students’ socio-scientific decision making ability, the students’ opinion toward the curriculum, and the teachers’ opinion toward the curriculum as well as to test the feasibility of using the curriculum. During this phase, data were collected by using assessment tools including the students’ achievement tests, students’ socio-scientific decision making ability test, the questionnaire of the students’ opinion toward the curriculum, and the questionnaire of the teachers’ opinion toward the curriculum.

6.3 Curriculum Evaluation

Although evaluation of the curriculum is the last step of curriculum development, it is an essential phase of curriculum development. This is because the reason for curriculum evaluation is to make improvements to the curriculum. As new curricula are developed and implemented, there is a need to determine whether they are being used effectively and whether they are meeting the needs of students. The curriculum evaluation includes analyzing data and making judgments based on the data collected during the curriculum implementation. Through evaluation a curriculum developer discovers whether a curriculum is fulfilling its purpose and whether students are actually learning. As such, in this step, all data from the curriculum implementation were analyzed by curriculum developer. The results were used to determine the effectiveness of the curriculum.

Cut-off score and curriculum evaluation

To determine the effectiveness of curriculum, the cut-off score was set for using as an optimal criterion-referenced score, a pass point score or minimal competence score for an assessment tool. The cut-off score was used to determine or identify students who possess the minimally acceptable learning outcome. This score maximizes the probability of correct mastery-non-mastery decisions. The cut-off is used as the score to separate those who pass a test form those who do not. Therefore, students who take a test and do not have their score higher than the cut-off score are interpreted as the non-mastery students. Students who take the test and do have their score higher than the cut-off score are interpreted as the master students. Sayyod and Sayyod (2000) suggested that setting a cut-off score is highly important. Because if a cut-off score is too high or too low score, it will cause the wrong determination for students.

The a cut-off score was set and used to indentify students into four groups including True Masters (TM), False Masters (FM), True Non-masters (TN), and False Non-masters (FN) as presented in FIGURE 10.

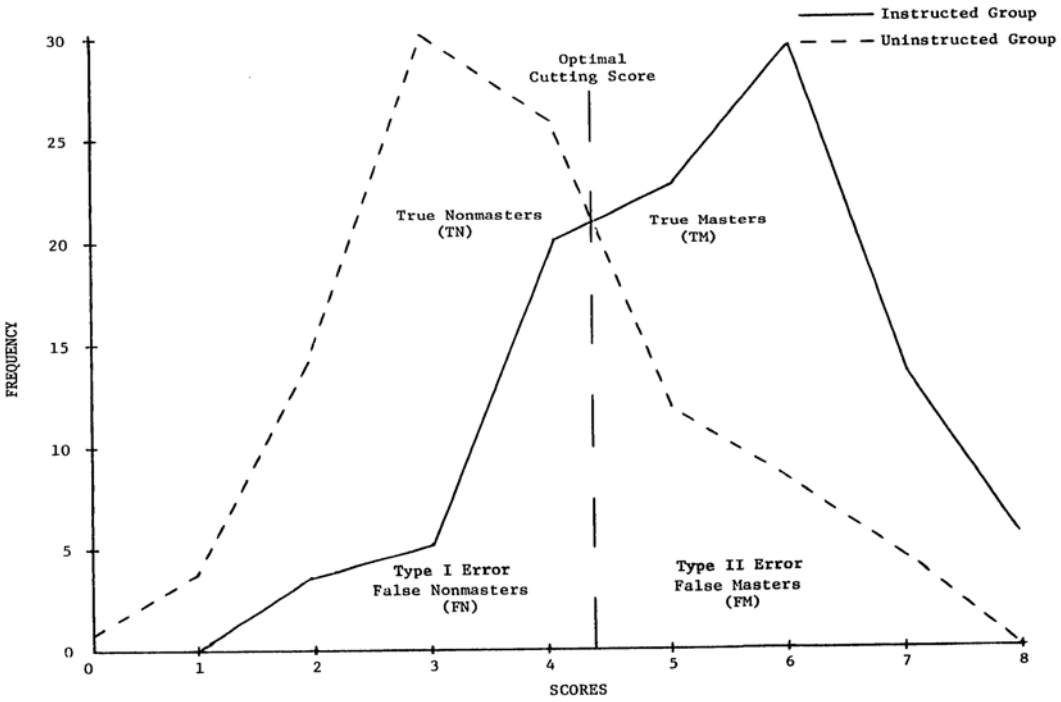


FIGURE 10 Predictor X criterion classifications of students for instructed and uninstructed group score distributions on the capitalization test

From Berk, A. R. (1976:6).Determination of optional cutting scores in criterion-referenced measurement. *Experimental Education*.

The effectiveness of a cut-off score could be set by several methods; however, the Berk A.P. (1976) has a famous method to find the cut-off score. This method consists of three steps including 1) finding the probability of decision, 2) finding the highest probability of correct decision and the lowest probability of incorrect decision, and 3) finding the validity of the coefficient. These steps help to determine the optimal cut-off score which was use as a criterion-reference score for identify students who passed or failed in the assessment. The success of using the cut-off score in curriculum evaluation was found in Singweeo, A. (2006) who used the cut-off score as the standard score to evaluate the effectiveness of his study on achievement, science process skills, problem solving and decision making. Therefore, this curriculum development set the cut-off score of achievement and socio-scientific decision making ability which was used as the standard score to evaluated the effectiveness of this curriculum.

CHAPTER 3
RESEARCH METHODOLOGY

This chapter describes the details of the research methodology used for developing the upper secondary science curriculum on genetics to enhance socio-scientific decision making ability. This chapter consisted of three sections as follows: section: 1: target source of the research; section 2: procedures of curriculum development; and section 3: statistics.

Section 1: Target Source of the Study

Pilot Study Phase

The pilot study aimed to check the quality of the draft curriculum such as the student guidebook, the lesson plans and to familiarize the teachers with the teaching strategies before the curriculum implementation stage.

The target source of this phase was a biology teacher and two classrooms of 12^{th} grade students who were studying in the first semester of the 2007 academic year at Mahidol Wittayanuson School, Nakhonpatom province, Thailand.

Main Study Phase

The purpose of curriculum implementation was to assess the effectiveness of the revised curriculum as well as to test the feasibility of using the curriculum.

The target source of this phase was two biology teachers and two classrooms of 11^{th} grade and 12^{th} grade students who were studying in the second semester of the 2007 academic year at the same school as in the pilot phase, Mahidol Wittayanuson School.

Section 2: Procedures of Curriculum Development

The science curriculum on genetics for the upper secondary student to enhance socio-scientific decision making ability was developed by three main stages as follows: stage 1: curriculum development; stage 2: curriculum implementation; and stage 3: curriculum evaluation. Three stages are summarized as a concept scheme of study shown in Figure 11 .

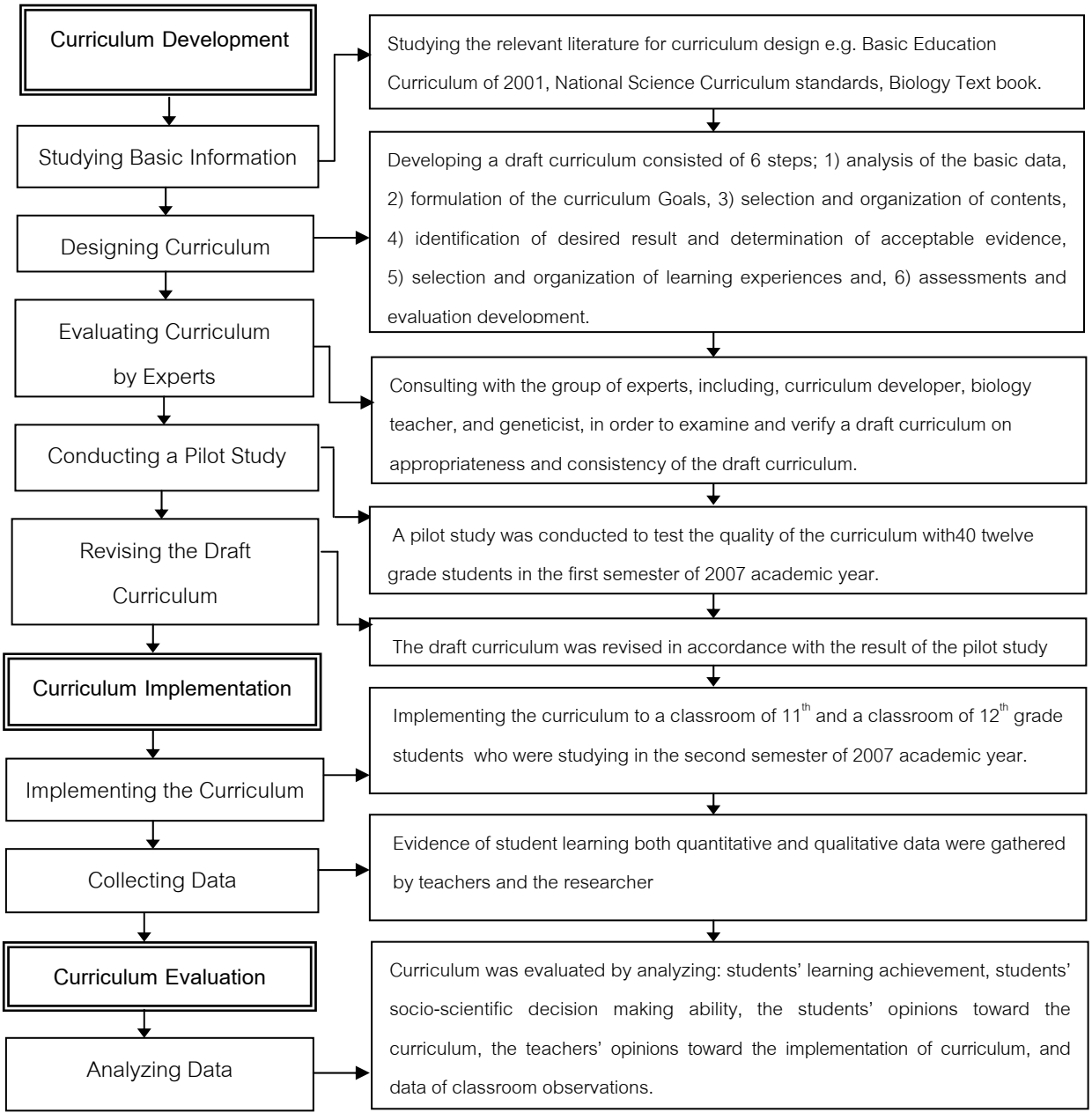


FIGURE 11 The conceptual framework for the curriculum development

Stage 1: Curriculum Development

1.1 Studying Basic Information

The purposes of this stage were to study the relevant science education for the curriculum development such as Thai National Education Act (TNEA) of 1999 and Amendments (Second TNEA of 2002), Basic Education Curriculum of 2001, National Science Curriculum Standards, Biology text book from IPST. Moreover, the relevant documents on genetic education such as genetic content, biotechnological instructions in Thailand and other countries, relationships of socio-scientific issues and science education, inquiry approaches and its relevant learning theories, teaching for thinking, and assessment were also studied.

1.2 Designing a Draft Curriculum

In this stage, the draft curriculum was designed and developed according to gathered information from previous stage by using six main steps as follows:

Step 1: Analyzing of the Basic Data

This step aims to analyze the information from previous stage, the gathered information including the basic information, the needs of learners and teachers, status of genetic education in Thai society and other societies, genetic researches and genetic issues were analyzed for use in designing the draft curriculum on genetics. The draft curriculum was developed in line with the Thai National Education Act (TNEA) of 1999 and Amendments (Second TNEA of 2002), the Basic Education Curriculum (BEC) of 2001 and the National Science Curriculum Standards from IPST as well as the analyzed information. The draft curriculum consisted of the content and activities, lesson plans, instructional materials, and the assessments and evaluations.

Step 2: Formulating of the Curriculum Description and Goals

The curriculum description and the curriculum learning goals were formulated in order to provide a framework for setting learning experience for learners. The goals had to be in concordance with the basic data, the goals of the TNEA of 1999 and Amendments (Second TNEA of 2002), the goals of the BEC of 2001 and the National Science Curriculum Standard.

Step 3: Selecting and Organizing of Contents

According to the curriculum goals, the content was selected and organized based on the BEC of 2001, the National Science Education Curriculum Standard, and students' prior knowledge of genetics. The curriculum content gone beyond the core science curriculum for helping students develop an understanding of genetics and its technologies and enhancing their abilities to use genetic knowledge to make decisions on socio-scientific issues. The framework of the curriculum contents consisted of four learning units as shown in TABLE 3.

TABLE 3 THE CONTENTS IN THE DRAFT CURRICULUM

Learning Units	Contents	Weeks	Lesson Plans	Learning Periods
Introduction Time	- Achievement Test Before Using the Curriculum - Socio-Scientific Decision Making Test Before Using the Curriculum	1	-	2
	Introduction Course Framework	2	-	1
1. Basics of DNA	1.1 Mendelian and Non-Mendelian Genetics 1.2 DNA as the Genetic Material 1.3 From Gene to Protein		1	1
2.Genetic Engineering	2.1 Genetic Engineering Method	3	2	2
	2.4 Genetic Engineering: Plant Aspect	4	3	2
3. DNA Fingerprinting	3.1 DNA Fingerprinting Method	5	4	2
	3.2 Use of DNA Fingerprinting	6	5	2
4. Human Genome Project	4.1 Introduction of Human Genome Project	7	6	2
	4.2 Use of Human Genome Project	8	7	2
Conclusion Time	- Achievement Test after using the curriculum - Socio-Scientific Decision Making Test After Using the Curriculum	9	-	2
Total		9	7	18

Step 4: Identifying of Desired Result and Determining of Acceptable Evidence

After setting the curriculum goals, the desired results, acceptable evidences and learning plans for each goal was identified by using the template of backward design for designing the learning units. The template design in this research is shown in TABLE 4.

TABLE 4 THE TEMPLATE OF BACKWARD DESIGN

<table>
<tr><td colspan="2">Stage 1 – Desired Results</td></tr>
<tr><td colspan="2">Established Goals: What relevant goals (e.g., content standards, course or program objectives, learning outcomes) will this design address?</td></tr>
<tr><td>Understandings: Students will understand that…
● What are the big ideas?
● What specific understandings about them are desired
● What misunderstandings are predictable?</td><td>Essential Questions:
● What provocative questions will foster inquiry, understanding, and transfer of learning?</td></tr>
<tr><td>Students will know…</td><td>Students will be able to…</td></tr>
<tr><td colspan="2">● What key knowledge and skills will students acquire as a result of this unit?
● What should they eventually be able to do as a result of such knowledge and skills?</td></tr>
<tr><td colspan="2">Stage 2 – Assessment Evidence</td></tr>
<tr><td>Performance Tasks:
● Through what authentic performance tasks will students demonstrate the desired understandings?
● By what criteria will performances of understanding be judged?</td><td>Other Evidence:
● Through what other evidence (e.g., quizzes, tests, academic prompts, observations, homework, and journals) will students demonstrate achievement of the desired results?
● How will students reflect upon and self-assess their learning?</td></tr>
<tr><td colspan="2">Stage 3 – Learning Plan</td></tr>
<tr><td colspan="2">Learning Activities: 1) Engagement with Socio-Scientific Issues; 2) Exploration for Genetic technology; 3) Explanation between Genetic technology and Socio-Scientific Issues; 4) Elaboration of Knowledge to New Socio-Scientific Issues; and 5) Evaluation based on application to make decision on socio-scientific issues</td></tr>
</table>

Adapted from Wiggins, G and McTighe, J. (2005: 22) *Understanding by Design*.

Step 5: Selecting and Organizing of Learning Experiences and Assessments

The analyzing results of the backward design's template were used as guidelines to organize content and activities in student guidebook and to setting assessments in according with the desired result and exceptional evidences. The lesson plans were designed according to the student guidebook including the instructional materials such as documents for instruction, worksheets, and evaluation tools. The lesson plans consisted of 8 components as follows: 1) main concept, 2) learning objectives, 3) prior knowledge, 4) topics of content, 5) teaching and learning processes, 6) instructional materials, 7) learning resources, and 8) assessments and evaluations.

Step 6: Developing of Assessment and Evaluation

The assessment tools were developed for gathering four main data: the students' learning achievement, the students' socio-scientific decision making ability, the students' opinions toward the curriculum, and the teachers' opinions toward the implementation of the curriculum. The following sections described the details of construction the assessment tools for each data.

1. The Students' Learning Achievement

For assessing of the students' learning achievement, both of the formative assessment and summative assessment were used to gain the data.

1.1 The formative assessments looked for students' performances during the instructional process using an authentic assessment by a variety of assessment methods such as questioning, classroom observation, worksheets, students' group working.

1.2 The summative assessment was the test considering the students' cognitive domain the students' understanding of genetics. In this study, the students' cognitive domain was categorized by using the categories of the cognitive dimension of a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives (Anderson and et al, 2001: 28). The test was given as pre and posttest of the curriculum implementation and developed in eight steps as follows:

Step 1: The construction of the achievement test and the relevant documents were studied.

Step 2: The curriculum goals, learning outcomes, and content were identified by using the categories of the cognitive dimension of a revision of Bloom's taxonomy of educational objective. The details of six categories of cognitive process dimension are described in TABLE 5.

TABLE 5 THE SIX CATEGORIES OF THE COGNITIVE PROCESS DIMESION

CATEGORIES COGNITIVE PROCESSES	ALTERNATIVE NAME	DEFINITIONS AND EXAMPLES
1. REMEMBER-Retrieve relevant knowledge form long-term memory		
1.1 RECOGNIZING	Identifying	Location knowledge in long-term memory that is consistent with presented material (e.g., Recognize the dates of important events in U.S. history
1.2 RECALLING	Retrieving	Retrieving relevant knowledge from long-term memory (e.g., Recall the dates of important events in U.S. history
2. UNDERSTAND-Construct meaning from instructional messages, including oral, written, and graphic communication		
2.1. INTERPRETING	Clarifying, paraphrasing, representing, translating	Changing from one form of representation (e.g., numerical) to another (e.g., verbal) (e.g., Para phases important speeches and documents)
2.2 EXAMPLIFYING	Illustrating, instantiating	Finding a specific example or illustration of a concept or principle (e.g., Give examples of various artistic painting styles)
2.3 CLASSIFYING	Categorizing, subsuming	Determining that something belongs to a category (e.g., concept or principle)(e.g., Classify observed or described cases of mental disorders)
2.4 SUMMARIZING	Abstracting, generalizing	Abstracting a general theme or major point(s)(e.g., Write a short summary of the events portrayed on a videotape)
2.5 INFERRING	Concluding, extrapolating, interpolating, predicting	Drawing a logical conclusion from presented information (e.g., In learning a foreign language, infer grammatical principlesfrom examples)

TABLE 5 (Continued)

CATEGORIES COGNITIVE PROCESSES	ALTERNATIVE NAME	DEFINITIONS AND EXAMPLES
2.6 COMPARING	Contrasting, mapping, matching	Detection correspondences between two ideas, objects, and the like (e.g., Compare historical event to contemporary situations)
2.7 EXPLAINING	Constructing models	Constructing cause-and-effect model of a system (e.g., Explain the causes of important 18th-century events in France
3. APPLY--Carry out or use a procedure in a given situation		
3.1 EXECUTING	Carrying out	Applying a procedure to a familiar task (e.g., Divide one whole number by another whole number, both with multiple digits)
3.2 IMPLEMENTING	Using	Applying a procedure to an unfamiliar task (e.g., Use Newton's Second Law in situations in which it is appropriate)
4. ANALYZE—Break material into its constituent parts and determine how the parts relates to one another and to an overall structure or purpose		
4.1 DIFFERENTIATING	Discriminating, distinguishing, focusing, selecting	Distinguishing relevant from irrelevant parts or important from unimportant parts of presented material (e.g. Distinguish between word problem)
4.2 ORGANIZING	Finding coherence, intergrading, outlying, parsing, structuring	Determining how elements fits or functions within a structure (e.g. Structure evidence in a historical description into evidence for and against a particular historical explanation)
4.3 ATTRIBUTING	Deconstructing	Determine a point of view, bias, values, or intent underlying presented material (e.g. Determine the point of view of the author of an essay in terms of his or her political perspective)

TABLE 5 (Continued)

CATEGORIES COGNITIVE PROCESSES	ALTERNATIVE NAME	DEFINITIONS AND EXAMPLES
5. EVALUATE—Make judgments based on criteria and standards		
5.1 CHECKING	Coordinating, detecting, monitoring, testing	Detecting inconsistencies or fallacies within a process or product; determining whether a process or product has internal consistency; detecting the effectiveness of a procedure as it is being implemented (e.g. Determine if a scientist's conclusions follow from observed data)
5.2 CRITIQUING	Judging	Detecting inconsistencies between a product and external criteria, determining whether a product has external consistency; detecting the appropriateness of a procedure for a given problem (e.g. Judge which of two methods is the best way to solve a given problem)
6. CREATE—Put elements together to form a coherent or functional whole; reorganize elements into a new pattern or structure		
6.1 GENERATING	Hypothesizing	Coming up with alternative hypotheses based on criteria (e.g. Generate hypotheses to account for an observed phenomenon
6.2 PLANING	Designing	Devising a procedure for accomplishing some task (e. g. Plan a research paper on a given historical topic)
6.3 PRODUCING	Constructing	Inventing a product (e.g. Build habitats for a specific purpose)

From: Lorin W. Anderson and *et al* (2001:68-69), A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives

Step 3: The achievement test on genetics, the test consisting of 60 multiple-choice questions, in which each item had four alternatives and one correct answer were constructed. The numbers of test items for each learning unit were shown in TABLE 6.

TABLE 6 NUMBERS OF TEST ITEMS FOR EACH LERNING UNIT

LEARNING UNITS	COGNITIVE PROCESS DIMENSION						
	REMEMBER	UNDERSTAND	APPLY	ANALYZE	EVALUATE	CREATE	TOTAL
1. Basics of DNA	4	5	5	1	-	-	15
2.Genetic Engineering	4	5	4	1	1	-	15
3. DNA Fingerprinting	4	5	4	2	-	-	15
4. Human Genome Project	5	6	2	1	1	-	15
Total	17 (28.3%)	21 (35.0%)	15 (25.0%)	5 (8.3%)	2 (3.4%)	-	60 (100%)

Step 5: The draft test was checked for the appropriateness, precision, accuracy, and wording by the three dissertation advisors. The draft test was revised according to their comments and their suggestions.

Step 6: The draft test was checked for content validity and suggestions such as accuracy of the test, wording by the three experts: a biology teacher, a curriculum developer, and a geneticist. The experts considered the draft test on the Index of Item Objective Consistency (IOC) between test items and learning outcomes in the IOC evaluation form. If the Index of Item Objective Consistency (IOC) is higher than 0.5, it means the item of the test has internal consistency. After analyzing the data obtained from the IOC evaluation form, the test was improved according to the experts' suggestions.

Step 7: The item difficulty (p) and item discrimination (D) by trying out the test with 40 grade twelve students at the Mahidol Wittayanuson School were measured. These students enrolled to study with the draft curriculum in the pilot study on the first

semester of the 2007 academic year. The achievement test was given to the students at the beginning and at the end of the pilot study.

Step 8: Each test item from students' achievement scores was analyzed after learning the draft curriculum in pilot study to fine out not only the items difficulty (p) and items discrimination (P) but also the reliability of the test by using the Kuder and Richardson formula 20 (KR-20).

Step 9: After analyzing the item difficulty (p) and item discrimination (D), the item which had the difficulty (p) level between 0.20 – 0.80 and the item reliability (D) between 0.20 – 1.00 were selected for use in the students' learning achievement test for curriculum implementation stage.

2. Students' socio-scientific decision making ability

To assess the students' socio-scientific decision making ability, a socio-scientific decision making test containing a scenario of genetic issue was developed and given to students for asking them to make decision on the genetic issues. From the scenario, the students were asked to use the decision framework. The test was given as pre and posttest of the curriculum implementation. The scoring guide of socio-scientific decision making process was set according to the framework of traits' socio-scientific decision making ability which was summarized as shown FIGURE11.

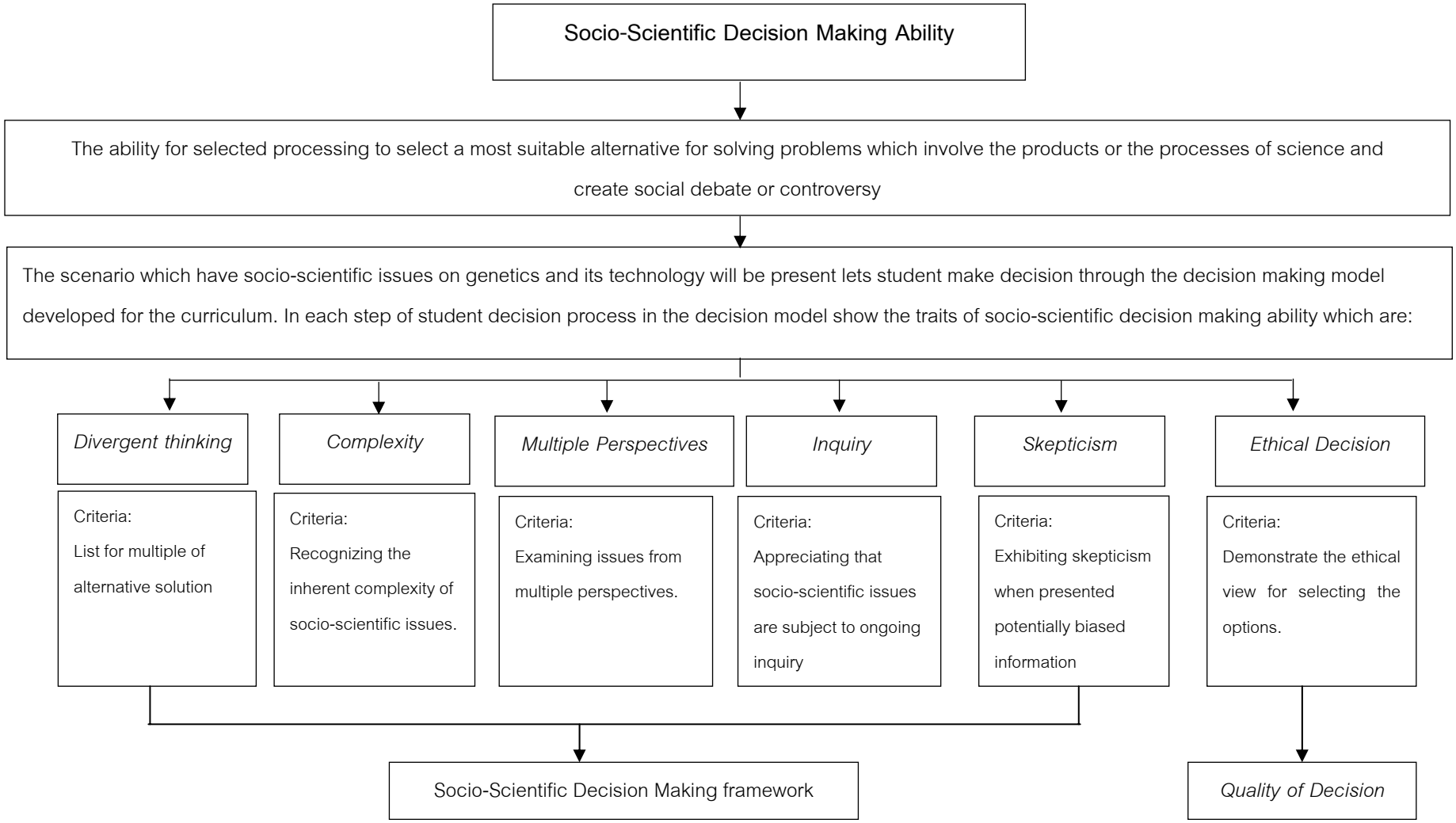


FIGURE 12 A framework of setting criteria to assess student's socio-scientific decision ability

The researcher developed the socio-scientific decision making ability test to assess the students' decision making ability in a scoring guide format through the following six steps:

Step 1: Documents related to socio-scientific decision making ability and scoring guide technique were studied.

Step 2: The socio-scientific decision making traits which corresponded with the socio-scientific decision making framework were analyzed.

Step 3: The draft of the socio-scientific decision making test was constructed as well as a seven part of rubric criteria which were based on the decision making framework and the components of socio-scientific decision making traits.

Step 4: This draft test was checked for the appropriateness by the three dissertation advisors. The draft of test was improved according to their suggestions.

Step 5: The draft test with 40 students of 12^{th} grade at Mahidol Wittayanuson School on pilot study phase was carried out.

Step 6: The data from pilot study were used to revise this test for use in curriculum implementation phase.

3. The students' opinions toward the curriculum

The questionnaire of the students' opinions toward the curriculum was developed for collecting both quantitative and qualitative data from the students' opinion toward the curriculum implementation such as curriculum content, instructional activities, instructional materials, and overall of the curriculum. The following are the steps of the construction of the questionnaire.

Step 1: The related documents for constructing questionnaires were studied.

Step 2: The draft questionnaire was constructed consisting of three main parts. The first part recorded the students' personal information. The next part was constructed asking for the level of the students' opinions toward the curriculum in 16 statements with the five point Likert ranged as follows:

- Strongly agree	the score = 5
- Agree	the score = 4
- Neither agree nor disagree	the score = 3
- Disagree	the score = 2
- Strongly disagree	the score = 1

The last part of the questionnaire was open-ended questions which asked the students' impression and suggestions toward the curriculum.

Step 3: The draft questionnaire was summated to the three dissertation advisors for checking the appropriateness of the questionnaire. The questionnaire was revised according to their suggestions.

Step 4: The questionnaire, with 40 students in 12^{th} grade at the Mahidol Wittayanuson School in the pilot study, to check the ambiguity in the language of questionnaire's questions was tried out. The gathered data from pilot study were used to revise the questionnaire and to improve the curriculum for use in the curriculum implementation phase.

4. The participating teachers' opinions toward the curriculum

The participating teachers were asked to express their opinion towards the curriculum with the questionnaire of the teachers' opinions toward the curriculum after curriculum implementation. The questionnaire was designed including 24 statements of the five level rating scale items on a Likert-scale and four open-ended questions. This questionnaire was given to assess the participating teachers after the curriculum implementation. The following steps was used in the constructional of the questionnaire.

Step 1: The related documents for constructing questionnaires were studied.

Step 2: The draft questionnaire was constructed consisting of three parts. The first part recorded the teacher's personal information. The next part was constructed for asking the level of the teachers' opinions toward the curriculum in a five point Likert scale in 24 statements divided into five domains: the content domain, the instruction domain, the instructional material domain, the assessment domain, and the overall of the curriculum. The five point Likert scale ranged as follows:

- Strongly agree the score = 5
- Agree the score = 4
- Neither agree nor disagree the score = 3
- Disagree the score = 2
- Strongly disagree the score = 1

The last part of questionnaire used open-ended questions which asked the teachers' opinions toward the curriculum implementation.

Step 3: The draft questionnaire was summated to the three dissertation advisors for checking the appropriateness of the questionnaire. The questionnaire was revised in accordance with their suggestions.

In conclusion of the six steps of the curriculum design stage, the draft curriculum, the assessment tools including the students' learning achievement test, the students' socio-scientific decision making ability test, the questionnaire of the students' opinions toward the curriculum, and the questionnaire of the teachers' opinions toward the curriculum implementation were constructed and developed.

1.3 Evaluating the draft curriculum by experts

The effectiveness of the draft curriculum was assessed by the group of three experts: a biology teacher, a curriculum developer, and a geneticist. The draft curriculum was evaluated regarding on the appropriateness and the consistency of the curriculum components. After the draft curriculum was evaluated, it was revised by the researcher according to their suggestions.

The appropriateness evaluation involved the appropriateness of the student guidebook, lesson plans, and the overall curriculum. The consistency evaluation of the draft curriculum involved the internal consistency of the curriculum elements such as the consistency between the course descriptive and the goals of the curriculum, the consistency between the goals and the content of the curriculum, the consistency between the content and the instructional strategies.

1.3.1 Constructing the curriculum evaluation form

The research tool for the evaluation of the appropriateness and the consistency of the draft curriculum was constructed in four steps as follows:

Step 1: Studying the documents related to constructing the curriculum evaluation form.

Step 2: Determining the statements for evaluating the components of the draft curriculum.

Step 3: Writing the curriculum evaluation form. The curriculum evaluation form consisted of six parts.

The first part was recorded the experts' personal information.

The second part was the appropriateness evaluation form for the student guidebook. The third part was the appropriateness evaluation form for the lesson plans or teacher guidebook. The next part was the appropriateness evaluation form for the overall curriculum. The format of all appropriateness evaluation forms used a five-point rating scale questionnaire ranging the level of the appropriateness (Best, J., 1981:182) as follows:

The appropriateness level	Scale value (points)
Very high level	5
High level	4
Moderate level	3
Low level	2
Very low level	1

The fifth part was the consistency evaluation form of the draft curriculum's components. The format of the consistency evaluation form was a three-point rating scale questionnaire range from consistent, not sure, and inconsistent as follows:

The consistency level	Scale value (points)
Consistent	+ 1
Not sure	0
Inconsistent	- 1

The last part was a blank space area which was provided for additional opinions, comments and suggestions to improve the draft curriculum from the experts.

Step 4: Checking the content validity and wording of the curriculum evaluation form by three dissertation advisors. The curriculum evaluation form was revised according to their comments and suggestions.

1.3.2 Data collection and data analysis of the curriculum evaluation form

The draft curriculum and the curriculum evaluation form were submitted to the experts. The gathered data from the experts were analyzed for the appropriateness and the consistency of the draft curriculum. If the draft curriculum, evaluated by the experts, had the level of appropriateness higher than 3.50, it meant that the draft program is appropriate. For the evaluation of the Index of Item Objective Consistency (IOC), if IOC evaluation was higher than 0.5, it meant the components of the curriculum had internal consistency. After analyzing the data obtained from the curriculum evaluation form, the draft curriculum was improved according to the experts' suggestions.

1.4 Conducting a Pilot Study

The pilot study aimed to check the quality of the draft curriculum such as the lesson plans and to familiarize the teachers with the teaching strategies before curriculum implementation stage was carried out. This stage helped to reveal the problems that happen during the use of the draft curriculum. After conducting the pilot study, the finding results were used to revise the draft curriculum by the researcher.

1.4.1 The research tools for a pilot study

The research tools used in conducting the pilot study phase were the student guidebook, the lesson plans and related instructional materials, and assessment tools including the students' learning achievement test, the students' socio-scientific decision making ability test, and the questionnaire of the students' opinions toward the curriculum.

1.4.2 The Procedure of a Pilot Study

The pilot study was conducted with 40 grade twelve students who were studying in the first semester of the 2007 academic year. This group of students was not the same group as sample group for implementation of the curriculum. Those students were

taught by a prepared biology teacher with a full scale of curriculum instruction in the classroom.

1.4.3 Data Collection

During the period of instruction, the researcher observed and recorded problems in using the lesson plan and the instructional materials. After the instruction of each lesson plan, the participating teacher and the researcher discussed with regards to classroom events in order to revise the lesson plans, teaching strategies, and assessment tools. They brainstormed to develop the lesson plans, instructional materials, and assessment tools. The students' achievement scores and socio-scientific decision making ability scores, after studying the draft curriculum in pilot study, were used to find the cut-off scores of the achievement test and the socio-scientific decision making ability test, respectively, by computing with the students' achievement scores and socio-scientific decision making ability scores before studying the curriculum in main study with the Berk A.R.'s method (1976).

1.5 Revising the curriculum

The draft curriculum was revised by using the data gathered from the questionnaire of the students' opinions toward the draft curriculum, the opinions of the participating teachers during the conversations and informal interviews as well as data obtained from the classroom observations.

Stage 2: Curriculum Implementation

The purpose of the curriculum implementation was to assess the effectiveness of the revised curriculum as well as to test the feasibility of using the curriculum.

2.1 The Methodology of Curriculum Implementation

The one-group pretest – posttest design was used as a procedure to study the effectiveness of curriculum implementation on the students' achievement and students' socio-scientific decision making ability. For the students' opinions toward the curriculum and the teachers' opinions toward the curriculum only used a posttest design.

2.2 Selection of Population and Sample

2.2.1 Population: The population of this study were students who were studying at the 11th and 12th grade in the second semester of the 2007 academic year at the Mahidol Wittayanuson School, Nakhonpatom province, Thailand.

2.2.2 Sample: The sample was 38 students of 11th and 12th grade who were interested in the curriculum and enrolled to study this curriculum as an elective course.

2.3 The research tools

The research tools used in this stage consisted of: 1) the lesson plans and instructional materials of the curriculum, 2) the students' guidebook, 3) the students' learning achievement test, 4) the socio-scientific decision making test, 5) the questionnaire of the students' opinions toward the curriculum, and 6) the questionnaire of the teachers' opinions toward the curriculum.

2.4 The Procedure of a Curriculum Implementation

2.4.1 The preparation before implementation of the curriculum

Before implementation of the curriculum to a sample group, the researcher prepared this processes:

1 Preparing the curriculum documents such as lesson plans, instructional materials, and assessment tools for use in the implementation stage.

2 The participating biology teachers who were involved in the use of the curriculum and the curriculum materials were trained by using an informal workshop to prepare the participating teachers for good understanding of curriculum content. The 5Es model based on socio-scientific issues approach combined with a practical framework of socio-scientific decision making, instructional materials, and how to assess student learning outcomes were used.

2.4.2 Collecting data before curriculum implementation

1. Before using the curriculum, the sample students were given the pre-test consisting of the achievement test and the socio-scientific decision making ability test.

2. The students' achievement scores and students' socio-scientific decision making ability scores before curriculum implementation were used for computing with the students' achievement scores and students' socio-scientific decision making ability scores after using the draft curriculum in the pilot study to find the cut-off score of the achievement test and

the socio-scientific decision making ability test by using the Berk A.R.'s method (1976). The cut-off scores were used as criterion for evaluation on the effectiveness of the curriculum on the students' achievement and socio-scientific decision making ability.

2.4.3 Implementation of the revised curriculum

The procedures for implementation of the revised curriculum were as follows:

1. The instruction of the revised curriculum was followed by the lesson plans. The classrooms of grade 11 students and grade 12 students were taught by the biology teacher in the second semester of the 2007 academic year. The students learned with the revised curriculum in two learning periods a week (50 minutes/ a classroom period).

2. During the revised curriculum implementation, the formative assessment of the student's achievement and the practices of socio-scientific decision making ability were given to the students. The researcher observed and recorded the data about the teaching-learning process, learning environment, and the students and teacher behaviors which occurred in the class period.

3. After finishing the instruction in each lesson plan, the researcher and the teacher discussed the learning results and problems found during the instruction.

4. By the end of the semester, those students were given the post-test consisting of the achievement test and the socio-scientific decision making ability test as well as the questionnaire of the students' opinions toward the curriculum. The participating teachers were also asked to assess their opinion with the questionnaire of the teachers' opinions toward the curriculum.

2.4.4 Collecting Data

Data were collected from two major sources: the participating students and participating teachers as follows:

2.4.4.1 Data from Students: Students' Learning outcomes were collected and summarized both quantitative and qualitative data which are:

Qualitative data from informal interview, observation data were gathered during the instruction of curriculum.

Quantitative data were obtained from both various kinds of research instruments at different times (see TABLE 7).

TABLE 7 RESEARCH TOOLS AND DATA COLLECTION PERIODS

Tools	Before curriculum implementation	After curriculum implementation	Subjects
1. The achievement test	/	/	All participating students
2. The socio-scientific decision making ability test	/	/	All participating students
3. Questionnaire of students' opinion towards the curriculum		/	All participating students

2.4.4.2 Data from Teachers: The data were collected from the following: the questionnaire of teachers' opinion towards the revised curriculum after curriculum implementation, the teachers' reflective journal in each lesson plan, the informal interviews, and the observations data of teacher behaviors during their participation in the curriculum implementation.

Stage 3: Curriculum Evaluation

3.1 Analyzing data

In this study, both quantitative and qualitative data were analyzed for assessment the effectiveness of curriculum. The qualitative data were analyzed and interpreted in terms of descriptive report. The results of analysis on qualitative data were used for support the discussion on the effectiveness of the curriculum. The quantitative data were analyzed by using the statistical computations.

3.1.1 Data of the Students' Learning Achievement Test

Basic statistics such as percentage, mean, and standard deviation were used for analyzing the achievement test scores. The statistics used in determining the significant difference between students' achievement score after curriculum implementation and the cut-off score of the students' learning achievement test was the *t*-test for one sample statistics scores. The data for statistical computations is statistically analyzed at a 0.05 level of significance using the SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) program for windows.

3.1.2 Data of the Students' Socio-Scientific Decision Making Ability Test

Basic statistics such as percentage, mean, and standard deviation were used for analyzing the socio-scientific decision making ability scores. The statistics used in determining the significant difference between students' socio-scientific decision making ability score after curriculum implementation and the cut-off score of the students' socio-scientific decision making ability test was the *t*-test for one sample statistics scores. The data for statistical computations is statistically analyzed at a 0.05 level of significance using the SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) program for windows.

3.1.3 Data of the Questionnaire from Students' Opinion towards the curriculum

Basic statistics such as percentage, mean, and standard deviation were used for analyzing the students' opinion towards the curriculum scores. The mean score of students' opinion was evaluated comparing with the criteria score setting (Gunnasud, 1993: 85). The five category scores as follows:

- The mean score 4.51-5.00 interpreted as the highest level of opinion
- The mean score 3.51-4.00 interpreted as the high level of opinion
- The mean score 2.51-3.00 interpreted as the medium level of opinion
- The mean score 1.51-2.00 interpreted as the low level of opinion
- The mean score 0.00-1.50 interpreted as the lowest level of opinion

The statistics used in determining the significant difference of students' opinion towards the curriculum scores at the high level of criterion setting (Gunnasud, 1993: 85) was the *t*-test for one sample statistics scores. The data for statistical computations is

statistically analyzed at a 0.05 level of significance using the SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) program for windows.

3.1.4 Data of the Questionnaire from Teachers' Opinion towards the Curriculum

Basic statistics, such as mean score and standard deviation were used to analyze the students' opinions and the teachers' opinion towards the curriculum. The mean score of teachers' opinion was evaluated comparing with the criteria score setting (Gunnasud, 1993: 85). The five category scores as follows:

- The mean score 4.51-5.00 interpreted as the highest level of opinion
- The mean score 3.51-4.00 interpreted as the high level of opinion
- The mean score 2.51-3.00 interpreted as the medium level of opinion
- The mean score 1.51-2.00 interpreted as the low level of opinion
- The mean score 0.00-1.50 interpreted as the lowest level of opinion

The statistics used in determining the significant difference of teachers' opinion towards the curriculum scores and the criterion setting at high level criterion (Gunnasud, 1993: 85) was the *t*-test for one sample statistics scores. The data for statistical computations is statistically analyzed at a 0.05 level of significance using the SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) program for windows.

3.2 Evaluating Curriculum

After finishing the curriculum implementation, the curriculum was evaluated to assess the effectiveness of the curriculum by testing four research hypotheses as following:

1) The students' achievement scores after the curriculum implementation were higher than the cut-off score of the achievement test with a statistically significance difference.

2) The students' socio-scientific decision making ability score after curriculum implementation were higher than the cut-off score of the socio-scientific decision making ability test with a statistically significance difference.

3) The students' who do activities through the curriculum had mean score of their opinions towards the curriculum at a high level of criterion setting (Gunnasud, 1993: 85) with a statistically significance difference.

4) The participating teachers had mean score of their opinions toward the curriculum at high level of the criterion setting (Gunnasud, 1993: 85) with a statistically significance difference.

The results of evaluating curriculum were used to indicate the effectiveness of the curriculum.

Section 3 Statistics

The statistics used in this research study were as follows:

1. **Basic Statistics**

The basic statistics such as mean, standard deviation and percentage were used to analyze the score from the achievement test, the socio-scientific decision making test, the questionnaire of the students' opinion toward the curriculum, and the questionnaire of the teachers' opinion toward the curriculum.

2. **Statistics for Testing Materials**

The developed materials in this research study were analyzed as follows:

2.1 The Index of Item Objective Consistency (IOC)

The IOC was used to evaluate the consistency of draft curriculum and the consistency of the achievement test. The IOC evaluation had the ranging of items assigned weight as follows:

The consistency level	Scale value (points)
Consistent	+ 1
Not sure	0
Inconsistent	- 1

The data of IOC evaluation form were analyzed to find the Index of Item objective Consistency (IOC) using the following formula (Taweerat, 1997:117):

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

IOC means Index of Item Objective Consistency

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

N means number of experts

2.2 The appropriateness evaluation form

In the evaluation form on appropriateness, each statement was ranged score for level of appropriateness (Best, 1981:182) as following:

The appropriateness level	Scale value (points)
Very high level	5
High level	4
Moderate level	3
Low level	2
Very low level	1

The data from the draft evaluation form were analyzed by calculating the mean scores and assigned weightings as follows:

Mean scores	Appropriateness level
4.50-5.00	Very high
3.50-4.49	High
2.50-3.49	Moderate
1.50-2.49	Low
1.00-1.49	Very low

2.3 The item difficulty (*p*)

Analyzing the test items difficulty (*p*) of the achievement test was use the formula (Taweerat, 1997:129) as follows:

$$p = \frac{R}{N}$$

p means the item difficulty

R means the number of students who answered the item correctly

N means the total number of students who answered the item

2.3 The item discrimination (D)

Analyzing the test items of discrimination (d) of the achievement test was computed by using the formula (Cunningham, 1988:156) as follows:

$$D = \frac{(R_U - R_L)}{N}$$

D means the item discrimination

R_U means the total number of students in the upper group

R_L means the total number of students in the lower group

N means the total number of student in the upper group and the lower group

2.4 The reliability of the assessment

2.4.1 The reliability of achievement test in this study was computed by using the Kuder and Richardson formula 20: KR-20 (Taweerat, 1997: 123) as shown below:

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left\{1 - \frac{\sum pq}{s_t^2}\right\}$$

r_{tt} means reliability of the test

k means the total number of items in the tests

p means ratio of right answer in each item = $\frac{\text{total of right item}}{\text{total of students}}$

q means ratio of wrong in each item = 1 - p

s_t^2 means variable of whole tests

2.4.2 The reliability of the socio-scientific decision making ability test was computed by using the α- Coefficient of Cronbach formula (Charoenpitay, 1999:226) as shown below:

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left\{1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2}\right\}$$

α means α- Coefficient reliability

k means the total number items in the test

S_i^2 means the variable score of each item

S_t^2 means the variable score of whole test

3. Statistics for testing research hypothesis

3.1 The cut-off score

The cut-off score was an optimal criterion-referenced score to determine the learning outcomes for finding the effectiveness of curriculum implementation. The cut-off score of the achievement test and the socio-scientific decision making ability test was set by using the Berk A.R.'s method (1976) as in following steps:

Step 1: Finding a cutting point or cutting score, the students' learning scores after using the draft curriculum in pilot study were used for classifying the students as an instructed group or true masters. The students' learning outcome scores before using the revised curriculum in main study were used for classifying the students as non-masters or an uninstructed group. Both score groups were used as data for plotting a graph of frequencies of the student number in each score. The graph was expected to present an intersection point which was a cutting point or a cutting score. The cutting point was used to classify students according to their test scores result in four possible outcomes described as True Masters (TM), False Masters (FM), True Nonmasters (TN), and False Nonmasters (FN).

Step 2: Finding the probability of decision: In this step, the probabilities of four outcomes could be calculated from following formulas (Berk, 1976: 7):

p(TM) = TM / (M+N)

p(FM) = FM / (M+N)

p(TN) = TN / (M+N)

p (FN) = FN / (M+N)

Step 3: Computing the validity coefficient

The group of scores that may be the possible cut-off scores was set including the score at the cutting point, two of higher scores from the cutting point score and two of lower scores from the cutting point score. All possible cut-off scores were calculated the validity coefficient by using the Pearson correlation formula (Berk, 1976: 7) as shown below:

$$Ø_{VC} = \frac{p(TM) - BR(SR)}{\sqrt{BR(1-BR)SR(1-SR)}}$$

$Ø_{VC}$ means the validity coefficient

p(TM) means the probabilities of True Master-instructed students whose test score lie at or above the cut-off score

BR means the probability of mastery in the population

BR = p(FN) + p(TM)

SR mean the probability of predicted masters in the population

SR = p(TM)+p(FM)

The one score for the group's possible cut-off score which gave the highest validity coefficient was selected for used as a cut-off score for a test.

3.2 The t-test for one sample

The students' learning achievement scores, the students' socio-scientific decision making ability scores, the students' opinions toward the curriculum and the teachers' opinions toward the curriculum was used to evaluate the effectiveness of curriculum by testing with the one sample *t*-test statistics comparing with the criterion score

of each assessment tool. The formula of one sample *t*-test statistics (Ferguson, 1976: 152) was presented as follows:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s_{\bar{x}}}$$

t means the t distribution

$\bar{x}$ means the sample mean

μ_0 means the population mean

$s_{\bar{x}}$ means the standard error of mean

CHAPTER 4
RESULTS

This chapter presents the results of the study on the development of an upper secondary science curriculum on genetics to enhance socio-scientific decision-making ability. The findings of the study include two sections as follows: section 1) the results of the curriculum development and section 2) the results of the curriculum implementation and evaluation.

Section 1: The Results of Curriculum Development

To develop a new curriculum of this study, five major steps of the curriculum development process were used as follows: 1) studying of basic information, 2) designing a draft curriculum, 3) evaluating the draft curriculum by experts, 4) piloting the draft curriculum and 5) revising the draft curriculum. The results of each step are as follows:

1) The Results of the Studying of Basic Information

In this study, the curriculum development was reviewing started with studying and analyzing related documents regarding curriculum development. They were the learning standards of the Basic Education Curriculum of 2001, the National Science Curriculum Standards, biology textbooks, genetic issues, socio-scientific decision making methods, the instructional techniques with an inquiry and issues-based approach, the methods of assessment and evaluation and also other research reports related to this study.

The results of the basic information study in the Basic Education Curriculum and National Science Curriculum Standard, and biology textbooks showed that the genetic topics in biological curriculum is included within Standard Sc 1.2 of the sub-strand, living things and living processes which indicates that the genetic knowledge for four levels of grade standards. According to the Standard Sc 1.2, the genetic knowledge ran from simple to a more complex content for the different grade levels. Focus on biotechnology, the biological curriculum included biotechnology topic in grades 10-12. At the end of this level standards grade, the student should be able to discuss and explain both positive applications of biotechnology and the impacts of biotechnology on the society and the

environment. The analysis of biotechnology topics in IPST biology textbooks revealed that the biotechnology showed a small part and a little relationship between genetic knowledge and society. Only the IPST biology textbook for science students contain more biotechnology topics such as the recombinant DNA, gel electrophoresis, the human genome project, application of DNA technology in medicine, forensics, and agriculture, and small part of the ethical and social aspects for biotechnology. The genetic and biotechnological contents had focus only on the science content. The analysis showed that the biotechnology for Thai students did not include the social and ethical issues associated with the use and development of biotechnology as well as the preparation for the students' abilities to deal with biotechnological issues in reasonable ways. The findings were used for an indication of the students' basic genetics knowledge and guided the selection of the appropriate genetic content and biotechnology as related to genetic issues.

The results of literature review revealed that the 5Es model of the inquiry learning cycle and an issues based approach were appropriate for constructing science content and its related issues, as well as a practical framework of socio-scientific decision making, necessary for studying students' ability in making decisions on socio-scientific issues. For developing the curriculum in this study, the combination of the 5Es model, issues based approach, and a socio-scientific decision making framework for construction of science knowledge and practicing socio-scientific decision making at the same time of learning were used.

The effectiveness of curriculum implementation was assessed on students' achievement, students' socio-scientific decision making ability, and their opinion toward curriculum. In terms of developing of the assessment tools, the learning achievement test was developed base on the categories of the cognitive dimension of a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives (Anderson and et al., 2001) and used for the assessment of students' understanding of genetics. The socio-scientific decision making ability test was developed based on the characteristics of socio-scientific issues, the characteristics of divergent thinking, the socio-scientific reasoning (Sadler, Barab and Scott, 2006: 4), and ethical was used for the assessment of the students' ability in making decision

on socio-scientific issues. The students' opinions toward the curriculum were assessed by the questionnaire. In addition the participating teachers were assessed on their opinion toward the curriculum for an assessment of effectiveness on the curriculum implementation.

The information gained from this step was used to design a draft curriculum of an upper secondary science curriculum on genetics to enhance student's socio-scientific decision making ability.

2. The Results of the Designing the Curriculum

The draft of an upper secondary science curriculum on genetics to enhance socio-scientific decision making ability consists of five components: 1) curriculum principles, 2) learning outcomes, 3) genetic contents and learning activities: student guidebook, 4) lesson plans: teacher guidebook, and 5) curriculum assessment and evaluation.

2.1 The curriculum principle and learning outcomes

These were drawn from the analysis of the National Science Standard, basic knowledge of genetics, genetic issues in Thai society. The designing of the draft curriculum, the 5Es model based on socio-scientific issues combined with a practical framework of socio-scientific decision making, the curriculum approach, were used as a roadmap to design not only the genetic content and learning activities but also the lesson plans.

2.2 The contents and learning activities of a student guidebook

The contents and learning activities of the student guidebook were selected and developed from the basic knowledge of genetics contained in the core biology curriculum. The draft student guidebook was designed by using socio-scientific issues on genetics as platforms for learning the science contents and its issues as well as for developing students' socio-scientific decision making ability. The draft student guidebook consisted of four learning units including the contents, science activities, and the socio-scientific decision making activities were summarized as presents in TABLE 8.

TABLE 8 THE CONTENTS AND ACTIVITIES OF DRAFT STUDENT GUIDEBOOK

Learning Units	Hands-on Activities	Socio-scientific decision making activities
1. Basic knowledge of DNA	1.1 Mendel laws in Wisconsin Fast Plants® 1.2 DNA extraction and DNA properties testing	1.1 Introduction to Socio-scientific issues
2. Genetic engineering	2.1 Model of recombinant bacteria	2.1 GMOs : miracle or harm technology 2.2 Planting GM papaya in Thailand
3. DNA fingerprinting	3.1 Gel electrophoresis of food dye and indicators 3.2 CSI Juniors and crime scene at biology department	3.1 The unwanted information from the DNA fingerprinting analysis 3.2 Thai Smart card and DNA fingerprinting
4. Human genome project	4.1 Model of chain termination technique 4.2 DNA Sequencing and Single Nucleotide Polymorphism (SNP)	4.1 Human genome information and life insurance 4.2 Germ-line modification for desired characteristics

The contents and activities in draft student guidebook were beyond the genetic contents and activities in core curriculum. Therefore, the student guidebook provided various sources of additional knowledge, which students could use to gain more understanding of genetics. More details of student guidebook are presented in Appendix F.

2.3 The draft of lesson plans: teacher guidebook

The draft lesson plans were developed by using the student guidebook as a guideline. Each lesson plan used a genetic issue as a major component for learning not only science contents behind these issues but also practice of socio-scientific decision making ability. Therefore, each lesson plan was designed regarding to one socio-scientific issue and one socio-scientific decision making by using the curriculum approach, the 5Es model based on socio-scientific issues approach combined with a practical framework of socio-scientific decision making. More details of the lesson plans are presented in Appendix G. The summary of the draft of lesson plans is describes in TABLE 9.

TABLE 9 THE DETAILS OF THE DRAFT LESSON PLANS: TEACHER GUIDEBOOK

Learning Units	Lesson Plan	learning periods (1 periods = 50 min)	Main concepts
1. Basic Knowledge of DNA	1	1.0	Mendelian and Non-Mendelian Genetics, DNA, and Protein synthesis
2. Genetic Engineering	2	2.0	Recombinant technique, Genetic Engineering Method , and GM pants issued
	3	2.0	
3. DNA Fingerprinting	4	2.0	DNA fingerprinting method and using the DNA fingerprinting in society
	5	2.0	
4. Human Genome Project	6	2.0	Chain Termination, SNP, and the personal genome information issues
	7	2.0	

2.4 The assessment tools

To assess the effectiveness of the curriculum implementation as describe in stage 1, the assessment tools were developed according to the curriculum goals and the teaching-learning process of the curriculum. More details of assessment tools are presented in Appendix E.

2.4.1 The learning achievement test was developed using 60 items of multiple choices question. The test items were divided to 15 items for each learning unit.

2.4.2 The socio-scientific decision making ability test was designed and developed. The test consists of a socio-scientific issue on genetics, founding a DNA bank in Thailand, and seven steps of the socio-scientific decision making framework.

2.4.3 The questionnaire for the evaluation of the participating students' opinion towards the curriculum was designed including 16 statements of the five level rating scales (Likert scale) and 2 open-ended questions.

2.4.4 The questionnaire of the teachers' opinion towards the curriculum was designed and included 24 statements of the five level rating scale items on Likert-scale and 4 open-ended questions.

3. The Results of Evaluation on the Draft curriculum Qualities

The draft curriculum was evaluated and verified, in terms of the quality, appropriateness, and validity by three experts, namely an experienced biology teacher, a curriculum developer, and a geneticist. The results of the draft curriculum evaluation by the experts consist of two main parts: its appropriateness evaluation and consistency.

3.1 The evaluation on appropriateness of draft curriculum

The evaluation included three subparts as follows: 3.1.1) the draft of student guidebook appropriateness evaluation, 3.1.2) the draft of instructional plan appropriateness evaluation, and 3.1.3) the overall curriculum appropriateness evaluation.

3.1.1 The evaluation on appropriateness of the draft student guidebook

The student guidebook was evaluated for the appropriateness of content and the activities in each unit, difficulty for students, curriculum times, curriculum approach, and additional knowledge. The mean score, the standard deviation and the level of the appropriateness of each list in the evaluation form are presented in TABLE 10.

TABLE 10 THE RESULTS OF EVALUATION ON THE APPROPRIATENESS OF THE DRAFT STUDENT GUIDEBOOK

List of Evaluation	N = 3		Level of appropriateness
	Mean	S.D.	
Learning Unit 1 1. The content and activities of learning unit 1: basic knowledge of DNA was consistent to the socio-scientific issues	4.00	0.00	High
2. The content and activities of learning unit 1: basic knowledge of DNA was suitably difficult for students	4.00	0.00	High
Learning Unit 2 3. The content and activities of learning unit 2: genetic engineering was consistent to the socio-scientific issues	4.00	0.00	High
4. The content and activities learning unit 2: genetic engineering was suitably difficult for students	4.00	0.00	High
Learning Unit 3 5. The content and activities of learning unit 3: DNA fingerprinting was consistent to the socio-scientific issues	4.00	0.00	High
6. The content and activities of learning unit 3: DNA fingerprinting was suitably difficult for students	4.00	0.00	High
Learning Unit 4 7. The content and activities of learning unit 4: human genome project was consistent to the socio-scientific issues	4.00	0.00	High
8. The content and activities of learning unit 4: human genome project was suitably difficult for students	4.00	0.00	High

TABLE 10 (Continued)

List of Evaluation	N = 3		Level of appropriateness
	Mean	S.D.	
9. The contents and activities were appropriate for the goal of the curriculum	4.33	0.58	High
10. The contents and their socio-scientific issues were abreast of times	4.33	058	High
11. The student book was appropriate for using the 5E model with emphasis on socio-scientific issues approach	4.33	0.58	High
12. The student book had additional knowledge from various sources	4.33	0.58	High

The results of evaluation on appropriateness of the draft student guidebook showed mean scores between 4.00 and 4.33. It indicated that the draft student guidebook was at highly appropriate level in all lists.

3.1.2) The evaluation on appropriateness of draft lesson plans

The draft lesson plans were evaluated for the appropriateness of the curriculum goals, instructional method, idea-flowing chart, and seven lesson plans. The mean score, the standard deviation and the level of the appropriateness of each list in the evaluation form are presented in TABLE 11.

TABLE 11 THE RESULTS OF EVALUATION ON THE APPROPRIATENESS OF THE DRAFT LESSON PLANS

List of Evaluation	N = 3		Level of appropriateness
	Mean	S.D.	
1. The goals of curriculum was appropriate for the neccessary of curriculum development and the needs of society	4.67	0.58	Highest
2. The instructional method was appropriate for the goals of curriculum	4.33	0.58	High
3. The goal of curriculum was appropriate for preparation on the teaching-learning process	4.00	0.00	High
4. The 5Es model based on socio-scientific issues approach combined with a practical framework of socio-scientific decision making could promote students' understanding of science contents and developing socio-scientific decision making ability	4.33	0.58	High
5. The idea-flowing chart in each learning uint was clear and appropriate for planning the instructional process	4.00	0.00	High
Lesson plan 1 6. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of curriculum	4.00	0.00	High
7. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process	4.33	0.58	High
8. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process	4.00	0.00	High
9. Time allocation in the lesson plan 1 was appropriate for learning of students	3.67	0.00	High

TABLE 11 (Continued)

List of Evaluation	N = 3		Level of appropriateness
	Mean	S.D.	
Lesson plan 2 10. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of curriculum	4.00	0.00	High
11. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process	4.33	0.57	High
12. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process	4.00	0.00	High
13. Time allocation in the lesson plan 2 was appropriate for learning of students	4.00	0.00	High
Lesson plan 3 14. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of curriculum	4.00	0.00	High
15. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process	4.33	0.57	High
16. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process	4.00	0.00	High
17. Time allocation in the lesson plan 3 was appropriate for learning of students	4.00	0.00	High
Lesson plan 4 18. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of curriculum	4.00	0.00	High
19. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process	4.33	0.57	High
20. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process	4.00	0.00	High
21. Time allocation in the lesson plan 4 was appropriate for learning of students	4.00	0.00	High

TABLE 11 (Continued)

List of Evaluation	N = 3		Level of appropriateness
	Mean	S.D.	
Lesson plan 5 22. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of curriculum	4.00	0.00	High
23. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process	4.33	0.58	High
24. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process	4.00	0.00	High
25. Time allocation in the lesson plan 5 was appropriate for learning of students	4.00	0.00	High
Lesson plan 6 26. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of curriculum	4.00	0.00	High
27. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process	4.33	0.58	High
28. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process	4.00	0.00	High
29. Time allocation in the lesson plan 6 was appropriate for learning of students	4.00	0.00	High
Lesson plan 7 30. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of curriculum	4.00	0.00	High
31. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process	4.33	0.58	High
32. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process	4.00	0.00	High
33. Time allocation in the lesson plan 7 was appropriate for learning of students	4.00	0.00	High

The results of the instructional plan appropriateness evaluation showed mean scores from 3.67 to 4.67. It indicated that the instructional plan was appropriate at the highest and high levels. The appropriateness of the goal of curriculum was appropriate at the highest level for the necessary of curriculum development and the needs of society, whereas the rest was appropriate at the high level. However, the results showed that the appropriateness of time allocation in the lesson plan 1 had the lowest mean score. It indicated that the time for lesson 1 should be longer. Therefore, the time for lesson plan 1 was revised from one learning period to two learning periods.

3.1.3 The evaluation on appropriateness of overall curriculum

The overall curriculum was evaluated for appropriateness of the draft curriculum including the draft student guidebook, the draft lesson plans, the instructional method, the appropriateness of curriculum on students' age, their prior knowledge, and the appropriateness of curriculum implementation. The mean score, standard deviation and the level of the appropriateness of the overall curriculum appropriateness are shown in TABLE 12.

TABLE 12 THE OVERALL CURRICULUM APPROPRIATENESS EVALUATION

List of Evaluation	N = 3		Level of appropriateness
	Mean	S.D.	
1. The student guidebook was appropriate for the goal of curriculum	4.00	0.00	High
2. The student guidebook was appropriate for the lesson plan	4.00	0.00	High
3. The instructional plan promoted students' learning according to the goal of curriculum	4.00	0.00	High
4. The instructional method in this curriculum supported student centered activities	4.33	0.58	High

TABLE 12 (Continued)

List of Evaluation	N = 3		Level of appropriateness
	Mean	S.D.	
5. The instruction of the curriculum promoted students to use their ability to make decision on socio-scientific issues	4.33	0.58	High
6. Time allocation in the curriculum was appropriate for students	4.00	0.00	High
7. The curriculum was appropriate for students' age	3.67	0.58	High
8.The curriculum was appropriate for students' prior knowledge and their prior experience	3.67	0.58	High
9. The curriculum was appropriate for implementation	4.00	0.00	High

The results of the overall curriculum appropriateness evaluation showed mean scores between 3.67 and 4.33 indicating that the draft curriculum was appropriate at high level in all lists. The results of appropriateness evaluation of curriculum on students' age, prior knowledge and their prior experience showed the lowest mean scores in this evaluation form. The reason could be the contents in this curriculum are normally found at the university level. However, the contents of this curriculum are beyond the regular biology curriculum, they were adjusted to be suitable for the upper secondary school level. The contents and activities in the curriculum used simple words and simple laboratories in order to make students understand genetics.

3.2 The consistency of the draft curriculum

The draft curriculum was examined by three experts on the consistency of curriculum components by determining IOC index. The results of the IOC index are presented in TABLE 13.

TABLE 13 THE CURRICULUM CONSISTENCY EVALUATION

The item consideration	N = 3		Interpretation
	IOC	S.D.	
1. The curriculum goal with the need of society	1.00	0.00	Consistent
2. The curriculum goal with the 5E model emphasis on socio-scientific issues approach	1.00	0.00	Consistent
3. The curriculum goal with curriculum description and learning outcomes	1.00	0.00	Consistent
4. The curriculum goal with the instructional plan	1.00	0.00	Consistent
5. The curriculum goal with the content of curriculum	1.00	0.00	Consistent
6. The curriculum goal with the assessment and evaluation	1.00	0.00	Consistent
7. The content of curriculum with the teaching-learning process	1.00	0.00	Consistent
8. The teaching-learning process with instructional materials	1.00	0.00	Consistent
9. The student guidebook with the instructional plan	1.00	0.00	Consistent
10. The curriculum with students' prior knowledge	0.67	0.58	Consistent

The Index of Item Objective Consistency (IOC) showed mean scores between 0.67 -1.00, indicating that every component of curriculum evaluated by experts is consistent with one another. However, the student guidebook was consistent to their prior knowledge at the lowest mean score; the reason could be the contents in this curriculum were normally found at the university level. Therefore, the contents and activities in the student guidebook were designed and developed to be suitable with the upper secondary school level. In addition, the student guidebook had the various sources of the additional knowledge for helping students gain more understanding on the genetic content in the curriculum.

In addition, at the bottom of the curriculum evaluation forms, a space for the experts' suggestions to the draft curriculum was given. The content analysis of the

experts' suggestions revealed that the quality of the draft curriculum was appropriate and consistent with all of the items. The curriculum documents were well prepared and highly interesting and related to socio-scientific issues in genetics. The experts' suggestions were used in revising the draft curriculum, in which the student guidebook should be revised in terms of wording and pictures and the instructional plan should have the answers of activities according to the student guidebook. More details of the curriculum evaluation by experts are shown in Appendix B.

4. The Results of Piloting the Draft Curriculum to Classroom

After revising the draft curriculum according to the experts' suggestion, the draft curriculum was used to study the results and appropriateness in the real classroom with content, instructional materials, instructional method levels as well as finding the criterion-referenced of assessments. The pilot study processes were as follows:

4.1 Piloting the draft curriculum to classrooms

The sample group of pilot study was two classrooms of 40 students at 12^{th} grade who were studying in the first semester of the 2007 academic year at the Mahidol Wittayanusorn School. The students who participated in the pilot study learned the core curriculum on biology in the 10^{th} and 11^{th} grade. In focusing on genetics according to the core biology curriculum, the genetic content was taught in the second semester for 10^{th} grade students.

The draft curriculum was introduced to a participant biology teacher and a head of the biology department for preparing them to use the draft curriculum. The draft curriculum was used as a part of SC 40249: Biotechnology, elective science course, in 9 weeks (2 learning periods a week) in August through October, 2007 with a full scale of curriculum instruction in the classroom. During the instruction, problems of using the lesson plan and the instructional material were recorded as a data for curriculum improvement.

4.2 Evaluating the assessment tools for the curriculum implementation

The pilot study of the draft curriculum was evaluated the three assessment tools including: 1) a students' learning achievement test on genetics, 2) an assessment of students' socio-scientific decision making ability, and 3) an assessment of

the students' opinion toward the draft curriculum. The results of this pilot study evaluation were analyzed and presented as follows:

4.2.1. The students' learning achievement test on genetics

The students' learning achievement test on genetics was design using 60 items of multiple-choice questions .This test was verified the IOC between test items and learning outcomes by experts to find the consistency of items and learning outcomes. After revising some test items for wording according to their suggestions, the students learning achievement test was collected at the beginning and at the end of the class of pilot study group. The students' achievement scores after using the draft curriculum were used for testing the items difficulty (*p*) and the items-discrimination (D). To select the test items for the achievement test, the 35 test items were chosen by considering the *p* value and the D value for using in the curriculum implementation. More details for the analysis of IOC, *p*, and D are presented in Appendix B. The reliability of the selected achievement test by KR-20 was 0.76. More details of the achievement test are presented in Appendix E.

4.2.2 The students' socio-scientific decision making ability test

The socio-scientific decision making ability test consisted of seven open-ended questions involving steps of socio-scientific decision making process and the socio-scientific issue on the founding of a DNA bank topic. More details for the socio-scientific decision making ability test are presented in Appendix E. The students' socio-scientific decision making ability were collected using this test at beginning and at end of class. The reliability of the socio-scientific decision making ability was tested by using Cronbach's alpha (0.72) which was computed from the students' socio-scientific decision making ability scores at the end of the class in pilot study.

4.2.3 The assessment of students' opinion towards the draft curriculum

The students' opinion towards the draft curriculum were evaluated using 16 statement items on Likert-scale type and 2 open-ended questions after using the draft curriculum. More details for the questionnaire of students' opinion towards the curriculum are presented in Appendix E.

4.2.3.1 The results of students' opinion in the statement items

The draft curriculum was evaluated with the students' opinion towards the draft curriculum implementation in the 16 statement items on 5 scales of Likert-scale type. The mean score, standard deviation and the results of evaluation were presented in TABLE 14.

TABLE 14 STUDENTS' OPINIONS TOWARD THE DRAFT CURRICULUM

List of evaluation	Result (N= 40)		
	mean	S.D	Interpretation
1. Using socio-scientific issues made students interested and want to learn the science related issues.	4.22	0.63	High level
2. The contents and socio-cientific issues on genetics were abreast of time.	4.40	0.60	High level
3. The contents were appropriately difficult for students.	3.80	0.72	High level
4. The learning acitivities were consistent to the socio-scientific issues.	4.30	0.52	High level
5. The instruction had variety and an interesting method.	4.35	0.53	High level
6. Students had opportunity to learn with various kinds of instructional material.	4.15	0.66	High level
7. Students had a chance to search information from several sources of additional knowledge.	3.88	0.72	High level
8. Students participated in disscusion and express the ideas.	3.98	0.73	High level
9. Students could link what they had learned with real life.	4.05	0.64	High level
10. Students could apply the knowledge in their daily life.	4.18	0.71	High level

TABLE 14 (Continued)

List of evaluation	Result (N= 40)		
	mean	S.D	Interpretation
11. The students' inquiry and student centered method were used.	3.92	0.80	High level
12. The 5Es model with emphasis on socio-scientific issues approach promoted the developement of students' developing socio-scientific ability.	4.25	0.59	High level
13. Students had opportunities to practice making decision on genetic issues.	4.52	0.60	Highest level
14. After learning process, students had more confidence in making decision on genetic controversies.	4.28	0.64	High level
15. Students could apply the socio-scientific decision making process which they had learn in the class to make decision on other socio-scientific issues.	4.20	0.56	High level
16. Students continually follow and paid attention with the news related socio-scientific issues.	4.12	0.76	High level
Total	4.16	0.35	High level

The results from the question items in the questionnaire of the students' opinion towards the draft curriculum showed that the students' opinions towards the draft curriculum after learning with this curriculum were satisfying at a high level in 15 items and at the highest level in the opportunity of practicing in making decisions on genetic issues. The mean score of each statement items were analyzed by using *t*-test for one-sample statistics, which compared to the criterion setting at a high level (Prakong, 1993: 85). The results are summarized in TABLE 15.

TABLE 15 THE COMPARISON BETWEEN THE MEAN SCORE OF STUDENTS OPINION TOWARDS THE DRAFT OF UPPER SECONDARY SCIENCE CURRICULUM ON GENETICS TO ENHANCE SOCIO-SCIENTIFIC DECISION MAKING ABILITY AFTER USING THE DRAFT CURRICULUM AND THE CRITERION ACCORDING TO THE PILOT STUDY GROUP

The question items analysis	Criterion	Mean	S.D.	t	α
Students' opinion toward the curriculum	3.51	4.16	0.35	11.80	0.05

The students' opinion mean score toward the draft curriculum were significantly higher than the criterion at the 0.05 level of significance.

4.2.3.2 The results of students' opinion in open-ended questions

At the end of the questionnaire on the students' opinion towards the draft curriculum had two open-ended questions to assess students' impression and other concerns and suggestions after using the draft curriculum. The results of the content analysis are presented as follows:

In the question of the students' impression after using the draft curriculum, the students gave their opinion related to these four categories. 1) The subject was very fun and the content was interesting. 2) The students were impressed with the learning activities because they were very interesting and contained various kinds of activities. 3) The instructional materials could interest students and help them understand a complex content. 4) The teacher taught and linked the genetic content and activities very well.

Even though most of the students were happy with learning activities, they still had concerns and suggestions toward the draft curriculum. Their concerns were 1) they would like to have more laboratories and activities; 2) the students also asked to have more time in doing activities and lecture in some topics, and 3) other suggestions, the activities of socio-scientific decision making should have various topics not

only genetic issues and decreasing practical exercises. More details of the students' opinion toward the draft curriculum are shown in Appendix C.

5. The Revision the Draft Curriculum

The results of the pilot study revealed the problems of the instructional process. During the instruction, the researcher observed and recorded the problems of using the lesson plans and the instructional materials for improvement the draft curriculum. At the end of every lesson plan, the researcher and the teacher who participated in teaching the draft curriculum discussed and shared opinions toward the using of lesson plan. The results of the discussion showed that the draft curriculum was suitable for using genetic issues for teaching and learning genetic content and socio-scientific decision making. However, the teachers thought that the length of each step of lesson plans should be revised. For example, the first lesson plan used to refresh the students' basic genetic content should be longer because the students spent more time to review their prior genetic knowledge learned in 10^{th} grade. Therefore, this lesson plan should be three learning periods. For the rest of the lesson plans, each lesson should be longer because the students need more time to do the activities and search for more information to making decisions on genetic issues. Each lesson plan should be extended to 2.5 learning periods. The revised lesson plan is described in TABLE 16.

i

TABLE 16 THE SUMMARY OF REVISED LEARNING PERIODS IN THE LESSON PLANS

Learning Units	Lesson Plan	Total of learning periods	
		Before revised	After revised
Unit 1: Basic Knowledge of DNA	1	2.0	3.0
Unit 2: Genetic Engineering	2	2.0	2.5
	3	2.0	2.5
Unit 3: DNA Fingerprinting	4	2.0	2.5
	5	2.0	2.5
Unit 4: Human Genome Project	6	2.0	2.5
	7	2.0	2.5
Total	7	14.0	18.0

The information gathered from the pilot study was used to revise not only the appropriateness of time for doing the activities according to the lesson plans but also the wording; avoiding the ambiguity in student guidebook. The revision of lesson plans and student guidebook were consulted and determined by the advisors before the next implementation stage.

Section 2: The Results of the Curriculum Implementation and Curriculum Evaluation

After revising the draft curriculum according to the data gathered from conducting the pilot study, the revised curriculum was implemented as an elective science course, SC 40254: Ethical genetics, for 11th and 12th grade students in the second semester of the 2007 academic year at the Mahidol Wittayasusorn School, Nakhonpratom, Thailand. There were 10 classrooms of each grade in this school and 24 students of each classroom. The students learned biology in 10th and 11th grade and had opportunities to select and learn elective science courses according to their interests. Focus in genetics, the genetic content according to the core biology curriculum was taught in the second semester for 10th grade students. The revised curriculum was implemented for 11 weeks (2 learning periods a week) in November 2007 through February 2008.

The sample group of the curriculum implementation was 38 students who enrolled to this course consisted of 33 students from 11th grade and 5 students from 12th grade. They were divided into two classes. The class of 11th grade students studied the revised curriculum on Monday and the other class was for 12th grade students studying the revised curriculum on Friday. The same teacher who taught in the pilot study taught both classes. During the revised curriculum implementation, data and information was gathered by using the assessment tools including the achievement test on genetics, the socio-scientific decision making test, the questionnaire of the students' opinion towards the curriculum, and the questionnaire of the teachers' opinion towards the curriculum. The gathered data in curriculum implementation were used for evaluation of the effectiveness of the revised curriculum by testing the four research hypotheses. The gathered data and results of testing research hypotheses are presented as follows:

1. **The students' achievement on genetics**

The students' learning achievement test on genetics was used for gathering the data of students' understanding on genetics. These tests composed of 35 multiple choices test question which consisted of 12 knowing questions, 8 understanding questions, 5 applied questions, and 10 scientific process questions. The gathered data of students' achievement, the cut-off score setting of the achievement test, and the research hypothesis testing are presented as follows:

1.1 The gathered data of the students' achievement on genetics

The achievement test was used to gathered data of both classrooms at the beginning and at the end of the class. The students achievement scores before and after using the revised curriculum in each learning unit were presented in TABLE 17. More details of the students' achievement score in the main study group were presented in Appendix C.

TABLE 17 THE STUDENT ACHIEVEMENT MEAN SCORE BEFORE AND AFTER USING THE REVISED CURRICULUM IN EACH LEARNING UNIT ACCORDING TO THE MAIN STUDY GROUP

Units	No. of items	Before using the revised Curriculum		After using the revised curriculum		$\overline{D}$	$S.D._{\bar{D}}$	t	α
		Mean	S.D.	Mean	S.D.				
1	8	3.82	1.45	5.47	1.08	1.66	1.44	7.11	0.05
2	9	5.11	1.50	6.26	1.45	1.16	1.69	4.24	0.05
3	9	4.58	1.77	6.32	1.47	1.74	1.86	5.77	0.05
4	9	2.50	1.64	6.03	1.52	3.53	1.91	11.36	0.05
Total	35	15.97	3.81	24.08	3.31	8.11	2.95	16.95	0.05

The students' achievement mean scores in all learning units and the total mean score after using the revised curriculum were statistically higher than the students' achievement mean scores in the same group before using the revised curriculum at 0.05 level of significance. This result indicated that the achievement of the students was

improved after using the revised curriculum compared to the achievement scores before using this curriculum.

1.2 The setting a cut-off score of the students' learning achievement test

The cut-off score of the achievement test is the score which maximizes the probability of correct non-mastery decisions to mean the students who got the achievement scores higher than the cut-off score of the achievement test on genetics were determined as the genetic mastery students after the curriculum implementation. This cut-off score of the achievement test was used as the optimal criterion-referenced score to determine the participating students for finding the effectiveness of curriculum implementation.

To find the cut-off score of the achievement test on genetics, the students' achievement score after using the draft curriculum in the pilot study and the students' achievement score before using the revised curriculum in the main study were used for analysis and calculation by Berk A.R.'s method (1976). The first step of the Berk A.R. method was to find a cutting point in the plotting graph of the frequency of student numbers in each score. The cutting point was used to set up the score rank for finding the validity coefficient. The cutting point in the graph of the students' achievement score after using the draft curriculum and the students' achievement score before using the revised curriculum showed seven cutting points including 12,16,18,19,21,22 and 27 as shown in FIGURE 13.

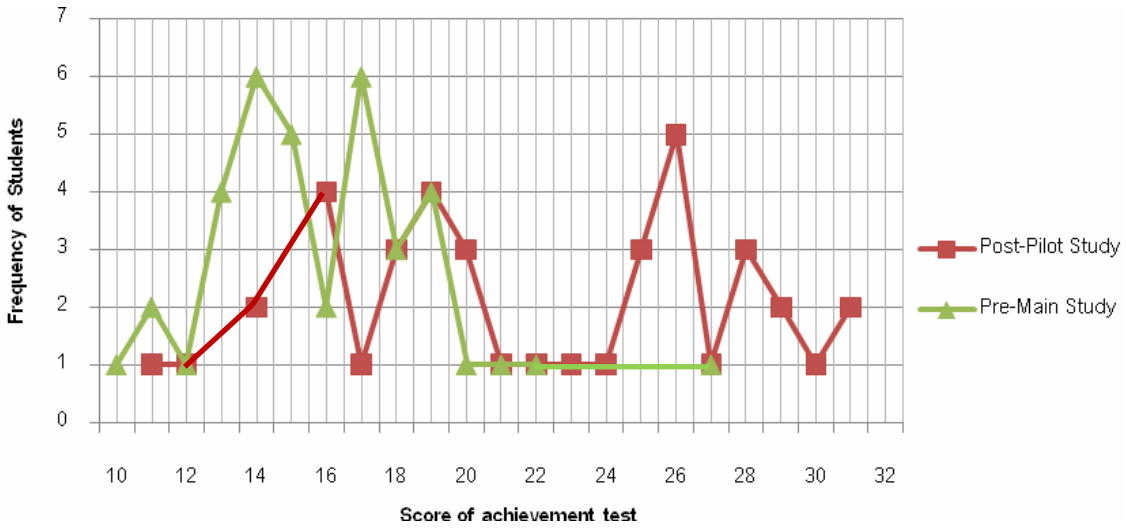


FIGURE 13 Graph of students' achievement scores and frequency of each score

Therefore, the group of students' achievement scores between 12-27 scores were used to calculate in the second step of the Berk, A.R.'s method (1976). This step was to find the cut-off score from three accepted values including the highest of probability of correct decision, the lowest of probability of incorrect decision, and the highest validity coefficient. The cut-off score was 20, which was used as a criterion-reference score of the achievement test. More details of the cut-off score for the achievement test on genetics is shown in Appendix D

1.3 The testing research hypothesis I

The first hypothesis stated, "Student achievement scores after the curriculum was implemented are higher than the cut-off scores' achievement." According to this hypothesis, it was expected that students who participated in the revised curriculum would gain the achievement scores higher than the cut-off score of the achievement test, which mean they were the genetic mastery students after studying in the curriculum.

The gathered data of the achievement test was used for testing the research hypothesis 1. For testing this research hypothesis, the students' achievement score after using the revised curriculum was used for comparing with the cut-off score of the achievements test by using *t*-test for one sample statistics as shown that in TABLE 18.

TABLE 18 THE COMPARISION OF STUDENTS ACHIEVEMENT MEAN SCORE AFTER CURRICULUM IMPLEMENTATION AND THE CUT- OFF SCORE IN THE MAIN STUDY

The test	Mean	S.D	Cut-off score	t	df	α
After using the revised curriculum	24.08	3.31	20	7.60	37	0.05

The results of the first hypothesis testing represented by students' achievement scores after studying the revised curriculum was significantly different at 0.05 level of significance above the cut-off score. This indicated that after the revised curriculum implementation, the student were genetic-mastery students at 0.05 level of signification; therefore, the curriculum implementation had the effectiveness on the students' achievement

on genetics. In addition, 89.47% of students (34 students) had achievement scores higher than the cut-off score of the achievement test after using the revised curriculum.

2. The students' socio-scientific decision making ability

The socio-scientific decision making ability test was used for gathering the data of students' ability to make decisions on socio-scientific issues. This test composed of the socio-scientific issue on founding a DNA bank in Thailand and seven open-ended test questions for the steps of socio-scientific decision making ability framework. The gathered data of students' socio-scientific decision making ability, the cut-off score setting of the socio-scientific decision making ability test, and the research hypothesis testing are presented as follows:

2.1 The gathered data on students' socio-scientific decision making ability

The socio-scientific decision making ability test was used to collect data of both classrooms at the beginning and at the end of the class. The students' socio-scientific decision making ability mean scores before and after using the revised curriculum in each question and the results of *t*-test dependent for pair sample statistics analysis were presented in TABLE 19. More details of the students' socio-scientific decision making ability scores in the main study group are presented in Appendix C.

TABLE 19 THE COMPARISION OF STUDENT SOCIO-SCIENTIFIC DECISION MAKING ABILITY MEAN SCORES BEFORE AND AFTER USING THE REVISED CURRICULUM ACORDING TO THE MAIN STUDY

Steps of socio-scientific decision making	Full score	Before using the revised curriculum		After using the revised curriculum		$\bar{D}$	$S.D_{\bar{D}}$	t	α
		Mean	S.D.	Mean	S.D.				
1 Identify problems	5	2.62	1.13	4.16	0.95	1.55	1.29	7.43	0.05
2. Identify related science	5	2.13	1.07	3.26	1.08	1.13	1.28	5.46	0.05
3. Inquiry for knowledge	2	1.39	0.60	1.74	0.45	0.34	0.71	2.98	0.05
4. Identify advantageous	5	1.66	0.71	3.42	1.13	1.76	1.19	9.09	0.05
5. Identify disadvantageous	5	0.82	0.56	3.29	1.18	2.47	1.20	12.68	0.05
6. List of possible solutions	5	1.08	0.63	3.89	1.06	2.81	1.21	14.41	0.05
7.Make decision by suitable criterions	5	1.84	1.41	3.82	0.90	1.97	1.46	8.33	0.05
Total	32	11.53	3.15	23.58	4.25	0.12	4.50	16.50	0.05

The students' scores in each step of socio-scientific decision making framework and in total mean score after using the revised curriculum were statistically higher than the students' mean scores in the same group before using the revised curriculum at the 0.05 level of significance. The conclusion from these results indicated that the students' socio-scientific decision making ability was improve after using the revised curriculum compared to the scores before using this curriculum.

2.2 The setting of cut-off score's the socio-scientific decision making ability test

The cut-off score of the students' socio-scientific decision making ability test was used as a criterion-referenced score to determine students who are masters in the socio-scientific decision making ability test after using the curriculum. This cut-off score of

the socio-scientific decision making ability test was used as the optimal criterion-referenced score to determine the participating students for finding the effectiveness of curriculum implementation.

The students' socio-scientific decision making scores after using the draft curriculum in the pilot study group and the students' socio-scientific decision making scores before using the curriculum in main study group were used for finding this cut-off score by using the Berk A.R.'s method (1976). In the first step of the Berk A.R.'s method was to find a cutting point by plotting the graph of the frequency of student numbers in each score. The result of graph plotting showed one cutting point as shown in FIGURE 14.

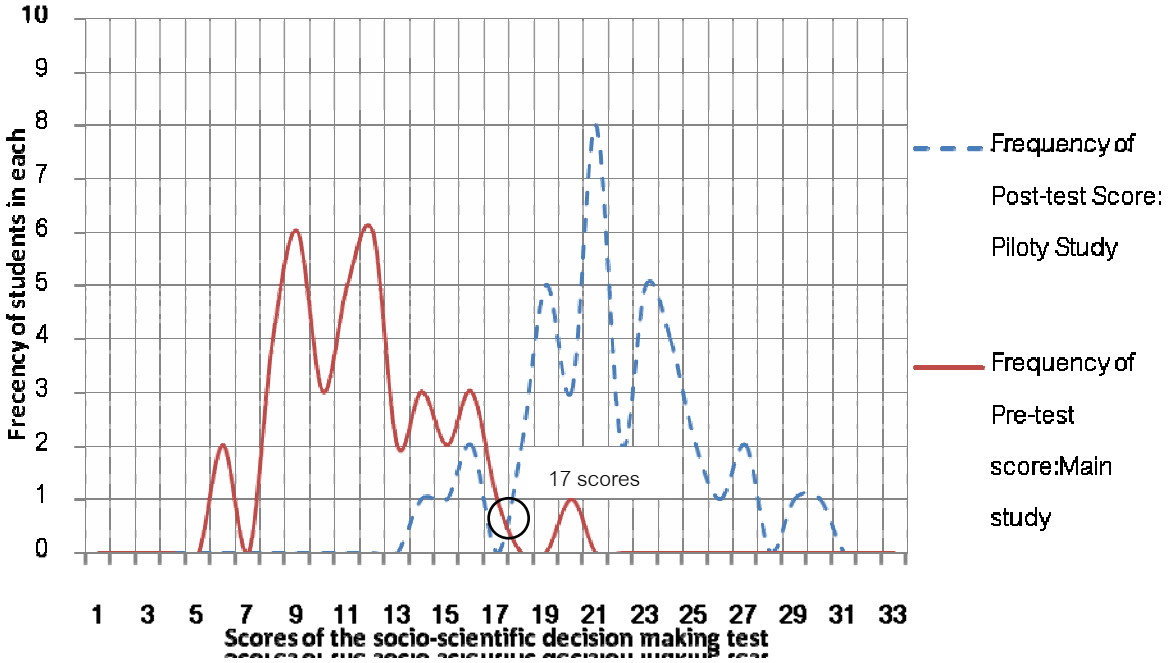


FIGURE 14 The graph of the frequency number of students in each Score of the socio-scientific decision making ability test

The graph showed the cutting point of the socio-scientific decision making test at 17 scores. For finding the validity coefficient, the 17 scores were used for set up the group of scores which consisted of the two higher scores from the cutting point score, the two lower scores from the cutting point score, and the cutting point score. This score group (15-20) was used to calculate in the second step of the Berk A.R.'s method (1976). This step was to find the cut-off score from three accepted values including the highest of probability

of correct decision, the lowest of probability of incorrect decision, and the highest validity coefficient. The cut-off score was 18 score which was used as a criterion-referenced score for the socio-scientific decision making ability test. More details of the cut-off score for the achievement test on genetics are shown in Appendix D.

2.3 The testing of research hypothesis II

The second hypothesis stated, "Student socio-scientific decision making ability scores after the curriculum was implemented are higher than the cut-off score's socio-scientific decision making ability." According to the second research hypothesis, it was expected that students who participated in the revised curriculum gain the socio-scientific decision making ability scores higher than the cut-off score of the socio-scientific decision making test which mean they were the mastery students on socio-scientific decision making ability after studying in the curriculum.

To test this hypothesis, the student socio-scientific decision making ability test was used to collect data of both classrooms at the beginning and the end of the class. The answers were scored using a rubric scheme. More detail of the rubric scheme of the socio-scientific decision making ability test is shown in Appendix E. The students' socio-scientific decision making ability mean score after using the revised curriculum was used to compare with the cut-off score of the socio-scientific decision making ability test by using *t*-test for one sample statistics. The results showed that the students' socio-scientific decision making ability mean scores after using the revised curriculum were significantly different at 0.05 level of significance above the cut-off score as shown in TABLE 20.

TABLE 20 THE COMPARISON OF STUDENTS SOCIO-SCIENTIFIC DECISION MAKING ABILITY MEAN SCORES AFTER USING THE REVISED CURRICULUM AND THE CUT-OFF SCORE IN MAIN STUDY GROUP

The test	Mean	S.D	Cut-off score	t	df	α
After using the revised curriculum	23.58	4.25	18	8.08	37	0.05

The results of the second hypothesis testing represented by socio-scientific decision making ability mean score after studying the revised curriculum were significantly different at 0.05 level of significance above the cut-off score of the socio-scientific decision making ability test. In addition, 81.58 % of students (31 students) had the socio-scientific decision making ability scores higher than the cut-off score after using the revised curriculum. This indicated that after curriculum implementation, the students were the mastery students on the socio-scientific decision making ability at 0.05 level of significance; therefore, the curriculum implementation had the effectiveness on the students' socio-scientific decision making ability.

3. The students' opinion towards the revised curriculum

The questionnaire of students' opinion towards the revised curriculum which consisted of 16 items of five Likert scale and two open-ended questions. The gathered data of students' opinion towards the revised curriculum and the research hypothesis testing are presented as follows:

3.1 The gathered data on students' opinion towards the revised curriculum

The research methodology of this hypothesis test was post-test only design by using the students' opinion questionnaire towards the revised curriculum. After implementing the revised curriculum, the data were collected by using the questionnaire of students' opinion towards the revised curriculum. The mean score, standard deviation, and the result of evaluation of are presented in TABLE 21.

TABLE 21 STUDENTS' OPINION TOWARDS THE REVISED CURRICULUM

List of evaluation	Result (N=38)		
	mean	S.D	Interpretation
1. Using of socio-scientific issues made students interested and wanted to learn the science related issues.	4.05	0.61	High level
2. The contents and socio-cientific issues on genetics were abreast of time.	4.42	0.64	High level
3. The contents were appropriately difficult for students.	3.94	0.52	High level
4. The instruction had variety and interesting methods.	4.18	0.77	High level
5. The learning activities were consistent to the socio-scientific issues.	4.26	0.60	High level
6. Students had opportunity to learn with various kinds of instructional material.	4.00	0.81	High level
7. Students had chance to search and used the several additional knowledge sources.	3.76	0.91	High level
8. Students participated in discussion and showed their ideas.	4.03	0.64	High level
9. Students could link what they had learned with their real life.	4.13	0.71	High level
10. Students could apply the knowledge to their daily life.	3.92	0.67	High level
11. The learning process used students' inquiry and student centered methods.	3.92	0.78	High level
12. The 5-E model with emphasis on socio-scientific issues approach promoted the developement of students' developing socio-scientific ability.	4.08	0.67	High level

TABLE 21 (Continued)

List of evaluation	Result (N=38)		
	mean	S.D	Interpretation
13. Students had opportunities to practice in making decisions on genetic issues.	4.39	0.72	High level
14. After learning process, students had more confidence in making decisions on genetic controversies.	4.16	0.80	High level
15. Students could apply the socio-scientific decision making process learned in class to make decisions on other socio-scientific issues.	4.11	0.73	High level
16. Students will continually attend to the news related to socio-scientific issues.	4.29	0.70	High level
Total	4.10	0.19	High level

The data in TABLE 21 indicated that the students' opinions toward the revised curriculum were satisfied with teaching-learning process of the revised curriculum at highest level in the practice of socio-scientific decision making and a high level in the rest of question items in the questionnaire.

Moreover, the qualitative data on the students expression their opinions on two open-ended questions were used to assess their impression and suggestions after learning with this curriculum. More details of the students' opinions towards the revised curriculum are show in Appendix C. The results of content analysis were presented in four main points as follows.

1) The content of the curriculum were up-to-date and interesting for the students. There were consistencies between the content and socio-scientific issues, which made the students more interested and want to follow up on the science news. The students gave opinions that they had learned both science and social knowledge.

2) The learning activities were also interesting to students because they were novel, fun with various activities. The students wanted to do the simulated laboratories

in the area of biotechnology more frequently which helped them to have clearer ideas and more understanding of the content. Moreover, they were impressed with the socio-scientific decision making activities, which allowed them to have an opportunity in practicing the decision making on genetic issues. The students liked to learn with various ways of teaching-learning processes. They enjoyed learning and had fun in learning with the curriculum.

3) The instructional materials of the curriculum were well prepared with various aspects. The students enjoyed studying various news items on genetic issues.

4) The other suggestion for the revised curriculum was that the students would like to prepare more laboratories by themselves. They also needed the activity and laboratory, which were connected to the real situation.

3.2 The testing of the research hypothesis III

The third hypothesis stated that "Student opinion toward the revised curriculum scores after the curriculum was implemented are at high level." According to this research hypothesis, it was expected that the participating students gained positive opinions toward learning genetics in a high level after they participated in the revised curriculum.

To test the third of research hypothesis, the mean score of students' opinions toward the revised curriculum was used to test with one sample *t*-test statistic which compared to the high level of the criterion setting at high level (Prakong, 1993: 85). The result of analysis are presented in TABLE 22.

TABLE 22 THE COMPARISON OF STUDENTS' OPINION TOWARDS THE UPPER SECONDARY SCIENCE CURRICULUM ON GENETICS TO ENHANCE SOCIO-SCIENTIFIC DECISION MAKING ABILITY MEAN SCORE AND THE CRITERION AFTER USING THE CURRICULUM ACCORDING TO THE MAIN STUDY GROUP

The question items analysis	Criterion	Mean	S.D.	t	α
After using the revised curriculum	3.51	4.10	0.38	9.71	0.05

The student opinion scores toward the revised curriculum after using the curriculum were significantly higher at the 0.05 level of significance. Moreover, the analysis of qualitative data of the students' opinion on two open-ended questions indicated that they were satisfied and enjoyed studying with the revised curriculum. This finding supports the third research hypothesis that students who do activities in the curriculum were satisfied with the study in the curriculum and had a positive opinion toward the revised curriculum at high level.

4. The teachers' opinion towards the revised curriculum

To assess the teachers' opinion towards the curriculum, the questionnaire of teachers' opinions toward the revised curriculum was used at the end of using the revised curriculum. The questionnaire was 24 items of with a Likert-scale type scale, which were provided in five domain topics; 1) the content domain, 2) the instruction domain, 3) the instructional material domain, 4) the assessment domain, and 5) the overall of the revised curriculum domain. The gathered data of teachers' opinions toward the revised curriculum and the research hypothesis testing are presented as follows:

4.1 The gathered data on teachers' opinion towards the revised curriculum

The participating teachers who participated in this curriculum development and its implementation were asked to express their opinions toward the revised curriculum. The first teacher participated in teaching with the draft and revised curriculum and another was a head of the biology department who participated in the verification of the revised curriculum and in making some observations in the class that used the revised curriculum. The mean score, standard deviation, and the results of evaluation of teachers' opinions are presented in TABLE 23.

TABLE 23 TEACHERS' OPINION TOWARDS THE REVISED CURRICULUM

List of evaluation	Result (N=2)		
	mean	S.D	Interpretation
Contents Domain 1. The content was consistent to the learning outcomes.	5.00	0.00	Highest level
2. The content in each topic was in order and related.	4.50	0.71	High level
3. The content was appropriately difficult for students.	3.50	0.71	Medium level
4. The content was related to socio-scientific issues	5.00	0.00	Highest level
5. The content was appropriate for students to connect and apply what they had learned to their daily life.	4.50	0.00	High level
Mean of contents domain	4.50	0.28	High level
Instructional domain 6. Using the 5Es model approach was appropriate with the socio-scientific issues.	5.00	0.00	Highest level
7. The instructional process promoted students to learn both scientific knowledge and its related issues at the same time	5.00	0.00	Highest level
8. The teaching-learning process had variety and was interesting.	5.00	0.00	Highest level
9. The instructional approach of the curriculum enhanced students to express their point of view and develop their thinking of decision making on socio-scientific issues.	5.00	0.00	Highest level
10. Using the curriculum, teacher's observation and facilitation were appropriate for helping students.	4.00	0.00	High level
11. Time allocation in the curriculum was appropriate for the curriculum implementation.	5.00	0.00	Highest level
Mean of instructional domain	4.83	0.00	Highest level

TABLE 23 (Continued)

List of evaluation	Results (N=2)		
	Mean	S.D.	Interpretation
Instructional materials domain 12. The instructional materials and additional knowledge sources were consistent to the contents of curriculum.	5.00	0.00	Highest level
13. Using the instructional materials and additional knowledge sources were appropriate for development of the students' learning.	5.00	0.00	Highest level
14. The instructional materials were appropriate for students to do the learning activities.	5.00	0.00	Highest level
15. The instructional materials and additional knowledge sources had variety and were interesting.	4.50	0.71	High level
Mean of instructional materials domain	4.88	0.18	Highest level
Assessment and evaluation domain 16. The assessment and evaluation were consistent to the learning outcomes.	4.50	0.71	High level
17. The assessment and evaluation were consistent to teaching-learning process of using the curriculum.	4.50	0.71	High level
18. The assessment and evaluation were appropriate with the contents of curriculum.	4.00	1.41	High level
19. The assessment and evaluation were used to assess both the students understanding of genetics and socio-scientific decision making ability.	5.00	0.00	Highest level
20. The students were assessed by authentic assessment and evaluation to improve their knowledge and socio-scientific decision making.	4.00	1.41	High level
Mean of assessment and evaluation domain	4.40	0.85	High level

TABLE 23 (Continued)

List of evaluation	Result (N=38)		
	mean	S.D.	Interpretation
The overall curriculum domain 21. The curriculum was appropriately developed for the social needs.	4.50	0.71	High level
22. The curriculum was appropriate for high school students.	4.00	1.41	High level
23. The curriculum was appropriately integrated with the thinking instruction on socio-scientific decision making.	5.00	0.00	Highest level
24. The instructional materials and additional knowledge sources had variety and interesting.	4.50	0.71	High level
Mean of overall curriculum domain	4.50	0.71	High level

From the TABLE 23, the result of teachers' opinion towards the revised curriculum after using the revised curriculum showed mean scores of the five domains from 4.40 to 4.83 indicating that the teachers' opinions toward the revised curriculum were satisfied with the revised curriculum implementation at high and highest level. The teachers' opinions toward the revised curriculum in instruction and instructional material domains were at the highest level, whereas the rest of the domains, which were content, assessment and evaluation, and overall of the revised curriculum domains were at the high level.

In addition, the qualitative data of the teachers' opinions toward the revised curriculum on open-ended questions are summarized in three main points as follows;

1) The results of instruction, the participating teachers were satisfied with the curriculum because the learning activities were based on inquiry and a student centered approach. They gave the opinion that using the genetic issues in the curriculum could make students more realize the relationship between science and society. In curriculum implementation, the learning activities helped the students understanding genetics and its issues. The students were more attentive and well cooperated in learning and doing the

activities especially by doing group worki because the learning activities had various activities and were interesting and challenging activities. The results of classroom observations revealed that the teacher taught well to encourage the students' curiosity and in facilitating the students' learning. This was an inspiration to the students to have fun and active learning. In part of the instructional materials, they were appropriate for teaching-learning process in this curriculum. The instructional materials were simply setting with low cost materials; however, using these materials could make the students become more interested and understand the related topics. For all of those reasons, the classroom atmosphere was good because the students enjoyed learning and had more fun in doing the activities. The learning activities also improved students' genetic knowledge and their socio-scientific decision making ability. The overall opinions of participating teachers with the instruction according to the revised curriculum and the related instruction materials were good.

2) The problems of curriculum implementation, the problems that the participating teachers faced are as follows. (A) The setting time of instruction according to the curriculum was appropriate but some of the actual instructions ran over setting time because the students spend more time for refreshing prior knowledge and time for doing school activities. (B) Although the students loved to do activities, some students did not want to complete their paper work and to express and share their ideas to their group and classroom. (C) Some students had little intention of studying in an elective science course. (D) Some topics were too difficult for students. (E) The teachers who want to use this curriculum should have good knowledge on genetics and biotechnology as well as related social knowledge.

3) The participating teachers suggested that the curriculum was appropriate for implementation with 20-24 students per one class. The instruction should have longer time for students' thinking and discussion in a classroom. The assessment and evaluation should have situations that are more authentic. This curriculum should be in the core science curriculum because learning the content are related to issues in society. It could make students understand science content and be able to make a reasonable decision on

the issues. More details of the teachers' opinions toward the curriculum are presented in Appendix C

4.2 The testing of research hypothesis IV

The fourth research hypothesis stated, "Teacher opinion scores towards the revised curriculum after the revised curriculum was implemented are at high level." According to this hypothesis, it was expected that the participating teacher gained a positive opinion towards the implementation of the revised curriculum at a high level.

To test the fourth research hypothesis, the mean score of teachers' opinions in each domain and in total score were used for testing with *t*-test for one sample statistics, which were compared to the criterion setting at high level (Prakong, 1993: 85). The summary details of the results are presented in TABLE 24.

TABLE 24 THE COMPARISON OF THE MEAN SCORES OF TEACHERS' OPINION TOWARDS THE UPPER SECONDARY SCIENCE CURRICULUM ON GENETICS TO ENHANCE SOCIO- SCIENTIFIC DECISION MAKING ABILITY AFTER USING THE CURRICULUM AND THE CRITERION

Domain	Criterion	Mean	S.D.	t	α
1. Content	3.51	4.50	0.61	3.62	0.05
2. Instruction Methods	3.51	4.83	0.41	7.94	0.05
3. Instructional materials	3.51	4.88	0.25	10.92	0.05
4. Assessment	3.51	4.40	0.42	4.76	0.05
5. Overall of the curriculum	3.51	4.50	0.41	4.85	0.05
Total	3.51	4.62	0.22	11.44	0.05

The results of the fourth research hypothesis testing represented by the participating teachers' opinion mean scores after using the revised curriculum were significantly higher at the 0.05 level of significance in all domains. In addition, the analysis

results of qualitative data from two open-ended questions in the questionnaire of teachers' opinions toward the curriculum indicated that the participating teachers were satisfied with the instruction according to the revised curriculum and the related instruction materials. This result supported the fourth research hypothesis which means the participating teachers' opinion toward the curriculum were at the high level of satisfaction in using the curriculum.

Summary of the research finding

The gathered results from the revised curriculum implementation were evaluated for the effectiveness of the curriculum on students' achievement, students' socio-scientific decision-making ability, students' opinion towards the curriculum and the teachers' opinion towards curriculum by testing four research hypotheses. The results of the curriculum evaluation after implementation of the curriculum indicated that:

1. The students' achievement scores after the curriculum implementation were significantly different at 0.05 level of significance above the cut-off score of the achievement test.

2. The students' socio-scientific decision-making scores after the curriculum implementation were significantly different at 0.05 level of significance above the cut-off score of the socio-scientific decision making ability test.

3. The students' opinion score toward the curriculum after using the curriculum was significantly higher at the 0.05 level of significance.

4. The teachers' opinion score toward the curriculum after using the curriculum were significantly higher at the 0.05 level of significance.

The results of evaluation on effectiveness of the curriculum implementation indicated that the upper secondary science curriculum on genetics enabled students to develop their understanding on genetics and enhanced their socio-scientific decision making ability. The participating students and teachers were satisfied with the curriculum implementation at high level. The results of the research findings supported all of research hypotheses in this study, which means the curriculum was a curriculum for implementation in the classroom.

CHAPTER 5
CONCLUSIONS, DISCUSSIONS and RECOMMENDATIONS

This is the concluding chapter of the research study on the development of the upper secondary science curriculum on genetics to enhance socio-scientific decision making ability. It is presented in 3 sections as follows: section 1: the conclusions of the study; section 2: discussions; and section 3: recommendations.

Section 1: The Conclusions of the Study

The main ideas behind of the study were to portray science in a more contextualized way and to bridge the gap between scientific knowledge and social responsibility. In order to achieve this idea, the curriculum was developed to help students develop their understanding in genetics which is advanced beyond the core curriculum and enhance their ability to use genetic knowledge for making decisions on socio-scientific issues. Therefore, the purposes of this study were as follows:

1. To develop the science curriculum on genetics to enhance upper secondary students in socio-scientific decision making ability.

2. To study the implementation of the science curriculum on genetics to enhance upper secondary students in socio-scientific decision making ability.

3. To evaluate the effectiveness of the curriculum on students' understanding of genetics, students' socio-scientific decision making ability, students' opinions toward curriculum, and teachers' opinions toward the curriculum.

The hypotheses of this study were as follows:

1. Student achievement scores after the curriculum implementation are higher than the cut-off score of the achievement test.

2. Student socio-scientific decision making ability scores after the curriculum implementation are higher than the cut-off score of the socio-scientific decision making ability test.

3. Student opinion scores toward the revised curriculum scores after the curriculum implemented are at a high level.

4. Teacher opinion scores toward the revised curriculum after the curriculum implementation are at high level.

1.1 Research Methodology

Three stages of research procedures to develop the upper secondary science curriculum on genetics to enhance socio-scientific decision making ability are described as follows:

1.1.1 Curriculum development stage

The curriculum in this study was developed in five steps: 1) studying the basic information, 2) designing a draft curriculum, 3) evaluating the draft curriculum by experts, 4) piloting the draft curriculum and 5) revising the draft curriculum. The details of the results of each step are summarized as follows:

Step 1 Studying of the basic information: This step started with studying and analyzing the related documents regarding the curriculum development. The gathered data were used to indicate the students' prior knowledge on genetics, to guide the selecting of the appropriate genetic content and related genetic issues, and to select the appropriate approach and assessments.

Step 2 Designing a draft curriculum: The analysis of the results of the basic information were used to design the curriculum components which consisted of: 1) curriculum principle, 2) learning outcomes, 3) genetic contents and learning activities, 4) lesson plans and 5) curriculum assessment and evaluation. All of the draft curriculum components were developed based on the 5Es model, socio-scientific issues approach and socio-scientific decision making framework. In this approach, each step of 5 Es model based on socio-scientific issues was integrated with a practical step of socio-scientific decision making framework.

Step 3 Evaluating of the draft curriculum by experts: Before using the draft curriculum in the pilot study, the quality of the draft curriculum was evaluated and

verified by three experts, namely, an experienced biology teacher, a curriculum developer, and a geneticist, regarding the appropriateness and consistency of the draft curriculum.

Step 4 Piloting the draft curriculum: The draft curriculum was tried out in the pilot study for testing the quality of the draft curriculum. The draft curriculum was used as a part of an elective course for teaching-learning with two classes of 12th grade students at the Mahidol Wittayanusorn School for 9 weeks of the first semester of the 2007 academic year. This curriculum was designed to have two learning periods per week. The total time using the draft curriculum was 14 learning periods (7 weeks) for instructing with lesson plans and 4 learning periods (2 weeks) at the beginning and at the end of the revised curriculum implementation for gathering data to assess the effectiveness of the draft curriculum.

Step 5 Revising the draft curriculum: The gathered data from the pilot study were used for revising the draft curriculum. The draft curriculum was adjusted for suitable time for doing the activities and revision of the wording of the draft curriculum and avoiding the ambiguity.

1.1.2 Curriculum implementation stage

The revised curriculum was implemented as an elective course for two classes of 11th and 12th grade students who enrolled in this curriculum in the second semester in the 2007 academic year at the Mahidol Wittayanusorn School. The total time for teaching and learning with the revised curriculum was 11 weeks of 18 learning periods (9 weeks) for instructing with lesson plans and 4 learning periods (2 weeks) at the beginning and the end of the revised curriculum implementation for gathering data on the effectiveness of the revised curriculum. After the revised curriculum was used, the data for curriculum evaluation were gathered by using the achievement test, socio-scientific decision making ability test, students' opinions toward the curriculum questionnaire, and teachers' opinions toward the curriculum questionnaire.

1.1.3 Curriculum evaluation stage

The gathered data from the revised curriculum were of both quantitative and qualitative types. For testing the research hypotheses, the quantitative data were used for analyzing by using the program of Statistic Package for the Social Science for Windows

version 16.0 (SPSS for Window version 16.0). The collected quantitative data were analyzed and tested by t-test for one sample statistics with a comparison to the setting criterion score. For examining other effects of the revised curriculum implementation, the qualitative data were used for analyzing in terms of a content analysis.

1.2 Research Finding

The research findings in each stage of the research methodology in this study are concluded and presented as follows:

1.2.1 The results of the curriculum development stage

The data from studying the relevant literature and the basic information were used in designing the draft curriculum. Therefore, the draft curriculum, the student guidebook and the lesson plans were designed based on the 5Es model with emphasis on socio-scientific issues approach combined with a practical framework of socio-scientific decision making.

1.2.1.1 The draft curriculum was designed and developed including the student guidebook, the lesson plans, and the assessment which are summarized and presented as follows:

1. The student guidebook consisted of genetic content and activities identified in four learning units; unit 1: basic knowledge of DNA, unit 2: genetic engineering, unit 3: DNA fingerprinting, and unit 4: the human genome project. Each learning unit was approached by using genetic issues as a main guideline to instruct students with genetic content and enhance their ability to make decision on socio-scientific issues.

2. The lesson plans consisted of the seven lesson plans which used the 5Es model with emphasis on socio-scientific issues approach combined with a practical framework of socio-scientific decision making for the instruction.

3. The assessment tools developed for assessing the effectiveness of curriculum implementation consisted of the achievement test on genetics, the socio-scientific decision making test, the questionnaire of the students' opinion towards the curriculum, and the questionnaire of the teachers' opinion towards the curriculum.

1.2.1.2. Before the draft curriculum was used in the pilot study, its quality was verified by the experts. The results of the draft curriculum evaluation indicated that:

1. The appropriateness of the student guidebook was at the high level because the mean scores ranging from 4.00 to 4.33 were higher than the criteria (3.51). This indicated that the student guidebook was appropriate for implementation with students.

2. The appropriateness of the instructional plans was at the high to highest level regarding the gathered mean scores ranging from 3.67 to 4.67, which were higher than the criteria (3.51). This result showed that the lesson plans were appropriate for using and implementation within a classroom.

3. The appropriateness of the overall curriculum was at the high level with the mean scores of 3.67 to 4.33, which were higher than the criteria (3.51). The findings indicated that the curriculum was appropriate for implementation within a classroom.

4. The consistency level of the curriculum components showed the mean scores of IOC index from 0.67-1.00, which were higher than the criteria (0.50). These results indicated that the curriculum components had consistency.

In conclusion, all of the results of the draft curriculum evaluated by experts indicated that not only the mean scores of the appropriateness of the draft curriculum but also the mean scores of the IOC of curriculum components were higher than the criteria score in all items. Therefore, the draft curriculum was suitable for implementation in the classroom.

1.2.1.3 In the pilot study, the results after using draft curriculum with two classes of 12^{th} grade students drawn from the Mahidol Wittayanusorn School indicated that the draft curriculum was effective and appropriate for teaching and learning genetics content and socio-scientific decision making in the classrooms. The mean scores of the participating students' opinion toward the draft curriculum after using the curriculum were significantly higher than 3.51, the criterion setting at high level (Prakong, 1993: 85), at the 0.05 level of significance.

1.2.1.4 The draft curriculum was revised according to the results from the pilot study by adjusting the time for each step of lesson plans as determined by the researcher and collaborating teachers. Therefore, the first lesson plan was revised to use 3

learning periods, and the rest of the lesson plans were revised to use 2.5 learning periods per lesson plan.

1.2.2 The results of the curriculum implementation stage

In the main study, the revised curriculum was implemented with 33 students of 11th grade and 5 students of 12th grade at the Mahidol Wittayanusorn School for 11 weeks (2 learning periods/ week) in the second semester of the academic year 2007. This curriculum was implemented as a scientific elective course, SC 40254 which was taught by the same teacher as in the pilot study. The findings of the curriculum implementation are presented as follows:

1.2.2.1 The students' learning achievement

The students' learning achievement test on genetics was used for collecting data at the beginning and at the end of the revised curriculum implementation. The cut-off score of the achievement test was 20 scores setting by using the Berk A.R.'s method (1976) for computation the students' achievement scores before using the revised curriculum in the main study and the students' achievement scores after using the draft curriculum in the pilot study.

After the revised curriculum implementation, it was found that the students' learning achievement scores after using the revised curriculum were significantly higher than those in the same group before using the revised curriculum at 0.05 level of significance in all learning units. The scores of 89.47% of students had the achievement scores higher than the cut-off score on the achievement test after using the revised curriculum.

1.2.2.2 The students' socio-scientific decision making ability

At the beginning and at the end of using the curriculum, the socio-scientific decision making ability test was used for collecting data from the participating students. The cut-off score of the socio-scientific decision making ability test was 18 scores setting by using the Berk A.R.'s method (1976) for computation the students' socio-scientific decision making ability scores before using the revised curriculum in the main study and the students' socio-scientific decision making ability scores after using the draft curriculum in the pilot study.

The result of the *t*-test dependent for pair sample statistics analysis indicated that the students' socio-scientific decision making ability scores after using the revised curriculum were significantly higher than that in the same group before using the revised curriculum at the 0.05 level of significance. Moreover, 81.58 % of students (n = 38) had the socio-scientific decision making ability scores higher than the cut-off score after using the revised curriculum.

1.2.2.3 The students' opinions toward the curriculum

The questionnaire of students' opinions toward the revised curriculum including 16 statements of a five rating scale (Likert scale) and two open-end questions was used to collect students' opinion after the curriculum implementation. The analysis of the questionnaire showed that students' opinions toward the revised curriculum were at high level of satisfaction in all items.

1.2.2.4 The teachers' opinions toward the curriculum

The teachers' opinions toward the curriculum after the curriculum implementation were assessed in five domains including content, instruction, instructional materials, assessment and overall curriculum by the questionnaire of teachers' opinion toward the curriculum. The results of assessment of the teachers' opinion showed that the teachers' opinion mean scores of content, assessment and overall curriculum domains were at high level. The teachers' opinions mean scores of instruction and instructional materials domains were at the highest level.

1.2.2.5 The qualitative data

The qualitative data which were used to examine other effects of the curriculum implementation were gathered by using these research instruments:

1. The students' opinion questionnaire toward the curriculum: The student gave the opinions that the genetic content and its related issues were very interesting to study not only the science knowledge but also the social science related issues. The variety of learning activities and instructional materials impressed the students and made them like learning with the curriculum. Learning according to the curriculum help students understand genetics and its issues as well as in making decision on socio-scientific issues.

2. The teachers' opinion questionnaire toward the curriculum: After the curriculum implementation, the participating teachers expressed their opinions toward the curriculum in two main points. First of all, the instruction methods in the curriculum were useful for instructing both genetics and genetic issues. This curriculum promoted the students realizes the relationship between science and society. The curriculum implementation was appropriate with 20-24 students per a class. Problems with the curriculum implementation were the interrupted learning time by other school activities, the difficulty of the topics, and the attention in an elective course.

1.2.3 The results of curriculum evaluation

The findings of the curriculum implementation indicated that this revised curriculum was effective after testing the following research hypotheses:

1.2.3.1 Research hypothesis 1 stated that student achievement scores after the curriculum was implemented are higher than the cut-off score's achievement. The result of the first hypothesis testing found that the students' achievement scores after using the curriculum were significantly different at 0.05 level above the cut-off score of the achievement test.

1.2.3.2 Research hypothesis 2 stated that student socio-scientific decision making ability scores after the curriculum was implemented are higher than the cut-off score's socio-scientific decision making ability. The result of hypothesis testing found that the students' socio-scientific decision making ability scores after using the curriculum were significantly different at 0.05 level above the cut-off score of the socio-scientific decision making ability test.

1.2.3.3 Research hypothesis 3 staged that student opinion toward the revised curriculum scores after the curriculum was implemented are at high level. The result of the third hypothesis testing found that the students' opinion towards using the curriculum were significantly higher at 0.05 level of significance. In addition, the conclusion of qualitative data from students' opinion toward the curriculum also revealed that the students had positive attitudes toward the learning with the curriculum.

1.2.3.4 Research hypothesis 4 stated that teacher opinion scores toward the revised curriculum after the revised curriculum was implemented are at high level. The

results of assessment of teachers' opinions toward the curriculum implementation were significantly higher at the 0.05 level in all domains. Moreover, the results of qualitative data analysis from teachers' opinions toward the curriculum implementation showed that the teachers were satisfied after the curriculum implementation.

Section 2: Discussions

This research study developed the science curriculum on genetics to enhance socio-scientific decision making ability for preparing students' knowledge and ability to deal with scientific controversies in society. The results from this study agreed with the four research hypothesis and indicated that the curriculum was effective on students' achievement, students' socio-scientific decision making ability, students' opinion toward the curriculum, and teachers' opinion toward the curriculum. To give more detail on the curriculum effectiveness, in depth analyses were summarized and discussed according to these four effects of the curriculum as follows:

2.1 Students' Learning Achievement on Genetics

The results of the curriculum implementation showed that the students, achievement scores, after using the curriculum, were higher than the cut-off score of the achievement test at 0.05 level. This result supported the first research hypothesis which stated that student achievement scores after the curriculum was implemented are higher than the cut-off score of achievement test. The finding indicated that the achievement of students was improved because of the revised curriculum implementation with statistic significance. It means that after studying the curriculum, the students developed their knowledge to become the genetic masters with statistic significance.

2.1.1 The improvement of students' learning achievement of genetics in the curriculum implementation was supported by the followings:

2.1.1.1 The curriculum was developed in a stepwise manner of the curriculum development process which consisted of the curriculum development model of Saylor, Alexander, and Lewis's (1991) and the backward design framework of Wiggins G.

and McTighe J. (1998). This development started with identifying the desired results (goals) which considered what students should gain during the curriculum implementation. This agreed with Wiggins G. and McTighe J. (1998), Tyler (1994), and Taba (1962) who argued that the curriculum development should begin with the ended or the desired results of the curriculum rather than to begin with text book, or favored lesson. The desired results led to the selection of worthy topics, instructional materials, appropriated approaches, and suitable assessment. Moreover, the content and activities in this curriculum were designed and developed based on consideration of the National Science Standards from IPST, the students' prior knowledge of genetics and the criteria for selection of science content from AAAS (1989: 21). This curriculum development acknowledged the importance of not divorcing science from its social function as agreed with the learning theories including Dewey, constructivism, social constructivism, and situation learning theories.

2.1.1.2 The socio-scientific issues on genetics were used as a main vehicle for designing and developing the genetic curriculum and its related instructional materials which attempted to connect among students, their social world, and application of academic knowledge to the students' world. The learning activities of this study were provided in such a way that students learned genetics knowledge, related genetic issues and challenged them to apply their knowledge for dealing with the genetic issues. The selected socio-scientific issues on genetics could make students interested in learning the genetic contents related issues and to realize the relationship between genetic knowledge and society. This corresponded with Pedretti (2001) who argued that socio-scientific issues used as organizers for science education present many advantages; issues present a point of departure for developing and exploring future inquiry, provide a rationale for the search for information, and more accurately reflect the multi-disciplined nature, discourse, and activities of the scientific pursuit. Therefore, the participating students' achievement in this study was improved after studying with the curriculum. Many researchers also supported that socio-scientific issues to be used as pedagogical contexts (Sadler, Zeidler, & Chambers, 2004; Zeidler et al, 2002). The success of using socio-scientific issues on genetics in science classroom in this study corresponded with the Zohor and Nemet's (2002) study which reported the results of a controlled, experimental study in which intact

classes received intervention or control instruction. The intervention focused on human genetics and associated socio-scientific issues such as genetic counseling, gene therapy and cloning; whereas, the control treatment presented the same underlying genetics content without socio-scientific emphases. The intervention classes outperformed their peers on a test of genetics content knowledge. A similar result was found in the findings of Walker's (2003) study which presented the case study of improvements in high school student understanding of genetics as they worked through a web-enhanced curriculum focused on genetically modified foods. The finding of this study strongly supported that socio-scientific issues had potential to serve as effective contexts for understanding science knowledge and its issues.

2.1.1.3 The 5Es model of inquiry based on socio-scientific issues combined with the socio-scientific decision making framework was used as the curriculum approach for producing the cognitive success in this study. The curriculum approach used socio-scientific issues on genetics by integrating each step of 5 Es model based on socio-scientific issued with components of socio-scientific decision making framework. This approach could promote students' learning in the science content related to the particular issues and enhance their socio-scientific decision making ability. The students were situated with genetic issues to formulate an inquiry and construct their understanding on genetics and practice their ability on socio-scientific decision making at the same time. Therefore, the students learned genetics through real genetic issues and they were challenged to apply what they had learned in their class to make a decision on this genetic controversy situation. This approach could make students succeed in the achievement domain because the inquiry and negotiation of socio-scientific issues requires the integration of science concepts and processes with social constructs and practices (Sadler D.T., Barab A.S. and Scott B., 2006). According to this approach, students had an opportunity to learn knowledge, apply, and link it with their world which made student realize the benefits of learning in the curriculum and to gain meaningful learning. This was in line with Bennett's (1999:16) argument stating that "science current events sparked students' interest in the world around them. Allowing students to choose science articles, which are of interest to them, it can provide the spark needed to make learning relevant and meaningful." A similar

argument from Byers& Fitzgerald (2002:82), they stated that “students enthusiastically receive the inquiry learning process and promote students to investigate real problem on their own.” During the curriculum implementation, the participating students were curious in understanding the science and technology behind socio-scientific issues and effects of the science and technology on the society. This curriculum made students see the benefit of learning in each step of curriculum approach; so they paid more attention to learning science for understanding the science behind socio-scientific issues. This study thus found that using socio-scientific issues integrated into an inquiry approach could make the students succeed in the cognitive domain. This finding was similar to the study of Tanaprayothsak W. (2005) which found that student achievement scores after using the science curriculum on natural resources and environmental pollution related to real-life issues based on inquiry cycle approach were higher than student achievement scores before using the curriculum.

2.1.1.4 The hands-on activities and related instructional materials in this curriculum were used to help students have more interest and understanding in the complex science content. Even though the instructional materials were simply made from low cost materials, they greatly served to help students gain more knowledge. In the curriculum, there was at least one hands-on activity for each week allocated for the instruction on genetic content. Nevertheless, there was one exception in the week of instruction on genetic engineering in plants which featured a jigsaw activity (no laboratory) however, most of the participating students in this study liked to do the hands-on activities in the classroom. In the questionnaire of the students’ opinion toward the curriculum, they expressed their impression with the instructional material of the curriculum such as “Even though, the paper model of gel electrophoresis looked simple but it made me have more understanding on the principle of gel electrophoresis”, “I liked to do the CSI junior activity because it was a fun and interesting activity which made me understand DNA fingerprinting”. The hands-on activities and related instructional materials helped students succeed in the achievement domain. This finding corresponded with the argument of Stohr-Hunt, P M. (1996: 101) who claimed that students who did hands-on activities once or twice a week gain more on standard test scores than students who did hands-on activities 2-3 weeks at a time.

2.1.2 Problems and suggestions on students' learning achievement on genetics during the study are described as follows.

2.1.2.1 Even though the achievement of students was improved after using the curriculum by having mean scores higher than the cut-off score of the achievement test with statistic significance, 10.53% of the students (*n* = 38) gained achievement score after using the curriculum lower than the cut-off score of the achievement test. The results from the informal interview with this student group and the discussion with the participating teacher revealed that the success in studying with this curriculum depended on students' attention to it. The research finding found that most of the students liked to learn with this curriculum. However, some students paid little attention to studying this curriculum because of three reasons as follows. 1) This curriculum was implemented as an elective science course which did not require the regular grade (A-F grade). The grading system for elective courses in this school was either a pass or fail grade. Therefore, some students paid little attention in the elective course. 2) Some of participating students were 12^{th} grade students who enrolled in this curriculum simply to complete the school's requirement for graduation. 3) The rest of students in this group who liked other subjects better than biology enrolled in this curriculum. The participating teacher needed to encourage this group of students to make them interested and to study in the curriculum. Therefore, the success of students' learning achievement depended on their attention level in studying in the curriculum. The learning outcomes of the students of high attention group were satisfied because they really wanted to learn the curriculum. Therefore, the low attention group needed more teachers' facilitation and encouragement to make them succeed in the curriculum. A further study of the addition of this curriculum to the core curriculum or elective curriculum is advised.

2.1.2.2 The curriculum was revised in terms of time in each lesson plan according to the results of pilot study before using in the curriculum implementation stage. Especially, lesson plan one which was planed to refresh students' prior knowledge in genetics, had the longest learning time (three learning periods). The results of curriculum implementation found that setting this time was suitable because the achievement mean score in learning unit 1 (basic knowledge of DNA) before using the curriculum was 3.82 which was lower than the achievement score in learning unit 2 (genetic engineering) and

learning unit 3 (DNA fingerprinting) studied in the second semester of grade 10. This indicated that students' prior knowledge on genetic engineering and DNA fingerprinting were higher than basic knowledge of DNA and the human genome project. The student endured the application knowledge of DNA rather than basic of DNA. However, after using the curriculum, the students' achievement mean scores in all learning units before using the curriculum was significantly different from the mean achievement scores after using the curriculum at 0.05 level of significance. A future study of the factors affecting the retention in basic genetic knowledge and the application of DNA knowledge is advised.

2.2 Students' Socio-Scientific Decision Making Ability

The result of research indicated that the students' socio-scientific decision making ability was improved after studying the upper secondary science curriculum on genetics to enhance socio-scientific decision making ability with statistical significance. The second research hypothesis was supported because the results of testing research hypothesis found that the students' socio-scientific decision making ability scores after using the curriculum were significantly different at 0.05 level above the cut-off score of the socio-scientific decision making ability test.

2.2.1 The findings of students' socio-scientific decision making ability were supported by the followings:

2.2.1.1 This curriculum enhanced the improvement of students' socio-scientific decision making ability because of using the socio-scientific issues for the curriculum development and the curriculum effectiveness on students' achievement.

2.2.1.1.1 The curriculum in this study was developed by using socio-scientific issues to construct the connection among student, science content, and society as well as to promote students' ability to deal with the modern world. Therefore, this curriculum was constructed with the integration between the genetic content and genetic issues, by using the 5Es model based on socio-scientific issues combined socio-scientific decision making framework, as the curriculum approach for instruction both genetics and socio-scientific decision making ability at the same time. The socio-scientific issues on genetics could be used for the students to practice linking and applying their classroom knowledge

with controversies on genetics and its technology in the real world. The results of this curriculum development agreed with Beyer K. B. (1991:110) who stated that “teaching thinking skills in skill classes (Classes free of academic subject matter) is not nearly as effective in helping students learn to use these skills as is combining instruction in thinking skills with subject-matter teaching. The curriculum implementation in this study indicated that using socio-scientific issues in the curriculum could support the teaching of decision making thinking on socio-scientific. This agrees with the argument from many educators (Cajas, F., 1999; Kolstø,, S.D., 2001a; Zeidler D. L. and et al, 2005) who stated that socio-scientific curricula have been positioned as vehicles for promoting democratic citizenship through science education because the focal issues are relevant and can bridge school science and the students lived experiences. The students were improved on one hand in their understanding of genetics and on the other hand in their ability to make decision on socio-scientific issues. This indicated that developed curriculum was an effective curriculum in both achievement and socio-scientific decision making.

2.2.1.1.2 The effectiveness of curriculum implementation on students’ achievement in this study encouraged the improvement of students’ socio-scientific decision making ability. The students’ understanding of genetic content related genetic issues could be used when they made a decision on genetic issues. This finding was supported by many researchers (e.g. Patronis, T., Potari, D., and Spiliotopoulou, V.,1999; Sadler, 2004) who indicated that understanding science content is necessary for informed decisions regarding socio-scientific issues. The influence of genetic content for socio-scientific issues on genetics was also found in Sadler and Zeidler’s (2004) study which used the mix-method approach to analyze 269 students in a case of applying genetic knowledge to genetic engineering issues. The results of this study indicated that differences in content knowledge are related to variation in informal reasoning quality. Participants, with more advanced understandings of genetics, demonstrated fewer instances of reasoning flaws, as defined by a priori criteria, and were more likely to incorporate content knowledge in their reasoning patterns than participants with more a naïve understanding of genetics. This approach was appropriated for curriculum implementation for the development of both the understanding of science and socio-scientific decision making ability because this approach agreed with

Kerr C. (1996) who suggested that decision making ability can be developed when students learn subjects combined with decision making aspects and activities for making the decision.

2.2.1.2 The socio-scientific decision making framework

The socio-scientific decision making framework in this study could help students improve their socio-scientific decision making ability because of two reasons as follows:

2.2.1.2.1 The socio-scientific decision making framework in this study was the effective framework for the improvement of the students' socio-scientific decision making ability because the framework was developed based on the socio-scientific reasoning. This framework contained the steps for practicing the components of socio-scientific reasoning including 1) recognizing the inherent complexity of socio-scientific issues, 2) examining issues from multiple perspectives, 3) appreciating the socio-scientific issues are subjected to ongoing inquiry, and 4) exhibiting skepticism when presented potentially biased information. The practice of the socio-scientific reasoning made students improve their making reasonable decisions on socio-scientific issues. This research finding was supported by the study of Sadler, D.T., Barab, A.S. and Scott, B. (2006) who stated that the practice of socio-scientific reasoning was the most significant practices for decision-making in the context of socio-scientific issues.

2.2.1.2.2 Using this socio-scientific decision making framework could promote students' systematic thinking. This framework acted as a guideline for thinking to make a sound decision on socio-scientific issues because it helped students think in stepwise manner of socio-scientific decision making process. Many researches had success in teaching for thoughtful socio-scientific decision making by using the socio-scientific decision making framework (Kortland, 1996; Ratcliffe, 1997; Pedretti, 1999; and Edelson, and et al, 2006). These researches reported the students' decision making on socio-scientific issues in environment class improved after using the decision making model. The results of using the socio-scientific decision making framework in this study strongly supported the previous research studies that teaching decision making on socio-

scientific issues was successful due to using decision making model/framework/process to help students develop their socio-scientific decision making ability.

2.2.1.3 The good environment in classroom during the curriculum implementation was a factor affecting the improvement of socio-scientific decision making ability. The curriculum provided active learning activities and the students were active in various hands-on activities. The interactions of both the participating teacher with the students and the students with students were warm and good. The students enjoyed studying with the curriculum and did not fear expressing their ideas and their points of view. This classroom environment occurred because the curriculum was implemented as an elective course which made students feel more relaxed and unstressed than they did in learning in a core course. The learning activities according to the curriculum implementation including hands-on activities, the practice of socio-scientific decision making ability with the genetic issues occurred in the students' society made students be more interested and cooperate well to learning and doing the activities. These reasons made the classroom environment good and encouraged the students thinking to make sound decisions on the socio-scientific issues. This result from this study agreed with the result of Thipatdee's (1996) study which found the formal implementation of enrichment curriculum on developing complex thinking ability of the upper secondary school students with high achievement could inhibited students' complex thinking behaviors including their decision making ability. This similar result found in Nuankaew (2000) research which was the program for developing higher order thinking in science of 7^{th} grade students. This research finding also indicated that the classroom environment for teaching higher order thinking should be organized as a informal classroom and encouraged their thinking rather than focused on achievement domain.

2.2.2 Problems and suggestions on students' socio-scientific decision making ability during the study are described as follow.

2.2.2.1 The sample group in this study was the 11^{th} and 12^{th} grade students who were high achievement students at the Mahidol Wittayanuson School, the special science high school for high achievement in mathematics and science students. Even though, the aims of promoting socio-scientific issues are focused to empower students to

handle the science-based issues that shape their current and future worlds. The students should consider both positive and negative effects of science and technology which may occur in society to be able to deal with socio-scientific issues. However, this study revealed that most students in the sample group had a very positive attitude towards science and technology and paid little attention to consider the other aspects of science and technology. During the curriculum implementation, the participating teacher needed to encourage them to have more realization to the negative effects of science and technology in society. With this finding, a future study of a comparison the socio-scientific decision making ability among high achievement in science students, normal science students, and non-science students is advised.

2.2.2.2 The sample students were only guided to practice on making decisions on socio-scientific issues via the socio-scientific decision making framework. This practical way provided in such a way that students collaborated with peers and with facilitation from the teacher. This practical way was believed that students' learning required interaction with adults or peers which agreed with the zone of proximal development theories of Vygotsky. The previous report stated "the distance between the actual development level as determined by independent problem solving and the level of potential development as determined through problem solving under adult guidance or in collaboration with more capable peers (Vygotsky, 1979 cited by Department of Psychology, Massey University, 2003: Online). However, a future study of how to reduce the guided practice for effective teaching on socio-scientific decision making ability is advised.

2.3 Students' Opinion towards the Curriculum

The result of the third research hypothesis tested found that the students' opinion scores toward the upper secondary science curriculum on genetics to enhance socio-scientific decision making ability after the curriculum implementation were significantly higher at the 0.05 level of significance. These findings were supported by the following:

2.3.1 The development of this curriculum used the socio-scientific issues on genetics which were really found in the students' life. The students enjoyed and were interested to learning the science related issues for having more understanding on the

genetic issues. The curriculum approach, the 5Es model of inquiry based on socio-scientific issues combined with the socio-scientific decision making framework, made students realized the benefits of learning in the curriculum and gain meaningful learning because they could link their knowledge to their real world. This curriculum development agreed with Shepard, L. (2007) who stated that "school learning should be authentic and connected to the world outside of school not only to make learning more interesting and motivating to students but also to develop the ability to use knowledge in real world setting." This result was similar to the finding of Tanaprayothsak W. (2005) who found that the student opinion scores toward the science curriculum on natural resource and environmental pollution after the science curriculum implementation were at high level of satisfaction with statistical significance.

2.3.2 The curriculum implementation made students have fun during the learning process. The students enjoyed learning with the variety of learning activities according to the curriculum because they were active learners. These activities could be used to support students' understanding on genetics. The research found that the learning activities which were very close to the students' daily life made them pay more attention. For example, the qualitative data analysis found that the most favorite activity for student was the CSI junior activity because of using members of the biology department, at the sample students' school, as actors in scenario.

2.4 Teachers' Opinion towards the Curriculum

The result of the fourth research hypothesis tested found that the teachers' opinion scores toward the upper secondary science curriculum on genetics to enhance socio-scientific decision making ability after the curriculum implementation were significantly higher at the 0.05 level of significance.

2.4.1 These findings on teachers' opinions toward curriculum were supported by the following:

2.4.1.1 The development of curriculum by using socio-scientific issues on genetics as a main vehicle for construction both science content and socio-scientific decision making ability made the curriculum effective with both achievement and thinking

ability of socio-scientific decision making. The curriculum made students realize the relationship between science and society. In this study, the participating teachers had positive opinions on using socio-scientific issues in classroom. A similar result was also found in the finding of Simonneaux, L. and Simonneaux, J. (2006) which reported that 81% of French teachers in their research survey argued that controversial socio-scientific issues must be taught.

2.4.1.2 The teachers' opinions to the curriculum implementation on instruction method and instructional materials domains were at the highest level of satisfaction. The instruction method of the curriculum was a useful method because it could save time for teaching science and thinking. This approach may be used for solving the allocation of scarce instructional time in socio-scientific curricula which consumed significance classroom time in study of Sadler, D.T., Barab, A.S. and Scott, B. (2006). The participating teachers in this study were satisfied with instructional materials because they had good preparation and covered topics in the curriculum. Moreover, the instructional materials also provided various kinds of additional resources which students may want to study in genetic content and to support their socio-scientific decision making.

2.4.2 Problems and suggestions on teachers' opinions toward the curriculum are described as following.

2.4.2.1 Even though most of the results on the teachers' opinions toward the curriculum were at high and at highest level in 23 items but only on the mean score of teachers' opinion on third item stating that "the content was appropriately difficult for students" was at medium level. The reason could be the content in the curriculum were normally found at the university level which made the content in curriculum looked difficult. However, the content in this curriculum was adjusted for the difficulty suitable for the upper secondary school level and the instructional materials were used to make student had more understanding with complex contents. The result of students' opinions analysis found that the content **was** appropriately difficult for students at high level.

2.4.2.2 The finding results during the curriculum implementation indicated that a classroom of 33 students in 11^{th} grade was too big for teaching with the curriculum. The participating teachers suggested that the curriculum was appropriate for

implementation with 20-24 students per classroom which is the normal classroom size for this school. Therefore, a future study on how to use the curriculum with the bigger classroom size, normal classroom size in a normal school (40-50 students per one classroom) is advised.

Section 3: Recommendations

This section provides suggestions for future science education research that focuses on the integration of frontiers science and socio-scientific issues into the future science classroom.

3.1 Recommendations for Policy Making

3.1.1 The development of upper secondary science curriculum on genetics to enhance socio-scientific decision making ability had positive effects to the students' achievement, their socio-scientific decision making ability and their opinion toward the curriculum. Therefore, the school administrators should give great importance to a curriculum development which is emphasized on bringing science knowledge and issues socio-scientific issues to the students' world. The school administrators should encourage teachers to develop their own curriculum to promote learning and thinking ability continuously by using the 5Es model of inquiry based on socio-scientific issues combined with the socio-scientific decision making framework

3.1.2 The director or school administrator should also support the teachers for this development by organizing professional development programs to enhance knowledge on curriculum development, new science knowledge, instructional techniques, and assessment and evaluation. These supports will make teachers be able to develop their own curriculum and to teach science more effectively.

3.1.3 The success results of this curriculum development should be supported and distributed to other schools, for teachers who wish to include socio-scientific issues in their courses.

3.2 Recommendations for Apply the Results of This Study

3.2.1 Before beginning the curriculum to use in the classroom, teachers should prepare themselves both to be familiar with the curriculum by studying the curriculum and its instructional materials and in understanding with the curriculum content and related socio-scientific issues. If the teachers who wish to use this curriculum do not have a background in biotechnology, the professional development on biotechnology and its issues might be needed for the teachers' implementation the curriculum to be more effective.

3.2.2 An active learning environment effects both the students' achievement and the students' socio-scientific decision making ability. The teachers can promote an active learning environment by providing genetic controversies which is a useful way to construct the curriculum. The teachers should encourage students to express their ideas and points of view.

3.2.3 Teachers should study and analyze the target students on their prior knowledge of genetics and their level of achievement in science. The class time will be extended, if this curriculum is implemented with the target students who have low or not enough prior knowledge of genetics with that level of achievement, extended learning time will help the students to study and practice enough science content and socio-scientific decision making ability.

3.3 Recommendations for further studies

There were several recommendations for future studies suggested by the findings of this study as follows:

3.3.1 The study should be extended into a larger sample of subject which consists of the different sample characteristics such as normal science students and non-science student. This would allow results to be generalized to the population of the high school.

3.3.2 The patterns of students' socio-scientific decision making ability should be studied for setting the standard level of this ability. It would be useful for a future study of socio-scientific decision making ability shift.

3.3.3 The curriculum approach, the 5Es model of inquiry based on socio-scientific issues combined with the socio-scientific decision making framework, should be employed and its effectiveness should be further examined in other science content areas and their related socio-scientific issues such as the effects of dam construction in environment, nanotechnology issues in chemistry.

3.3.4 Most of the practices on socio-scientific decision making ability in this study were guided practices. The future study of how to reduce the guided practice for effective teaching on socio-scientific decision making ability is highly recommended.

3.3.5 The study found the success of using socio-scientific issues to improve socio-scientific decision making ability which was one type of higher-order thinking. Therefore, the future study should study how to use socio-scientific issued for improvement others type of higher-order thinking such as socio-scientific problem solving, socio-scientific creative thinking, and socio-scientific critical thinking.

3.3.6 The future studies should investigate students who were taught by the curriculum to study how they apply their knowledge and socio-scientific decision making ability in new science contexts and new socio-scientific issues. In addition, the students should be tested several times over a course of at least one year for studying the retention time on students' socio-scientific decision making ability.

BIBLIOGRAPHY

BIBLIOGRAPHY

Abd-El-Khalick, S. G. (2003). Socio-scientific issues in pre-college science classroom. In D.L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education.* Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Aikenhead, S.G. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, 69(4), 453-475.

----------. (1989). Decision-Making Theories as Tools for Interpreting Student Behavior During a Scientific Inquiry Simulation. *Journal of Research in Science Teaching*. 26(3): 189-203.

Allen, R.F. (2000). Civic Education and the decision-making process. *The social Studies*. 91(1): 5-8.

Alsop, S. & Pedretti, E. (2001). Science Technology Society. *Teaching Science: a Handbook for Primary and Secondary School Teacher*. UK: Korgan Page Limited

Andrew, J. & Robottom, I. (2001). Science and ethics: Some issues for education. *Science Education*, 85, 769–780.

American Association for the Advancement of Science. (1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, DC: Author.

----------. (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.

----------. (1993). *Benchmarks for science literacy: A Project 2061 report*. New York: Oxford University press.

Arvai et al. (2004). Teaching student to make better decision about the environment: Lessons from the decisions science. *The Journal of Environmental Education*. 36(1):33-34.

Beck, C. (1993). *Postmodernism, Pedagogy, and philosophy of education.* Chicago, Illinois: University of Chicago at Urbana-Champaign, Philosophy of Education Society.

Bell, R.L. & Lederman, N.G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, 87: 352–377.

Bennett, J.M. (1999). Students learning science through collaborative discussion on current events in science. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching at Boston, Boston: Massachusetts.

Berkowitz, M. W. & Simmona, P. (2003). Integrating science education and character education. In D.L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning on socio-scientific issues and discourse in science education* (p. 117-138). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Best, Jhon W. (1981). *Research in Education*. New Jersey: Prentice Hall.

Beyer, K. B. (1987). *Practical Strategies for the Teaching of Thinking*. Boston: Allyn and Bacon

Bingle, W. H. &Gaskell, P.J. (1994). Scientific literacy for decision making and the social construction of scientific knowledge. *Science Education*. 78(2): 185-201.

Borich, D. G. (1990). *Observation Skills for Effective Teaching*. New York: Merrill Publishing.

Bunton, R. (2001). *New Genetics and New Public Health.* London, UK: Rutledge.

Cain, S.E. (2002). *Sciencing.* 4th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education.

Cajas, F. (1999). Public understanding of science: Using technology to enhance school science in everyday life. International Journal of Science Education.21: 185-201.

Campbell, V., Lofstrom, J. & Jerome, B. (1997). *Decision Based on Science*. Virginia: National Science Teachers Association.

Cavanagh, H., Hood, J. & Wilkinson J. (2005). Riverina high school students' views of biotechnology. *Electronic Journal of Biotechnology*. 8(2):121-127
Retrieved December 10, 2005. From: http://www.bioline.org.br/request?ej05014#16

Chrouenpittaya, N. (1999). *The measurement of learning science.* Bangkok: Srinakharinwirot University

Chinn, C. A. & Brewers, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Education Research*. 63: 1-49.

Colin J. M. (2004).*Key Concept for Understanding Curriculum*.3th ed. New York: Rutledge Flamer.

Council of Ministers of Education Canada Pan-Canadian Science Project. (1997). *Common framework of science learning outcome: K 12.* Retrieved September 20, 2005
From http://www.qscc.qld.edu.au/kla.sosr.publications.html

Cunnignham, K. G. (1988). *Educational and Psychological Measurement*. New York: Macmilian.

Davis, G. A. (2002). *Curriculum Today.* New Jersey: Merrill Prentice Hall.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education.* 84(--):287-312

Edelson, C. D., et al. (2006). Learning to Make Systematic Decision. *The Science Teacher*. April/May: 40-45.

Einsiedel, E. F. (2000) Cloning and its discontents – A Canadian perspective. *Nature Biotechnology*.18 (September): 943-944.

Ferguson, A. G. (1976). *Statistical Analysis in Psychology & Education*. 4th ed. Tokyo: Mcgraw-Hill.

Fleming, R. (1986: a). Adolescent Reasoning in Socio-Scientific Issues, Part I: Social Cognition. *Journal of Research in Science Teaching*. 23(8): 677-687.

---------- . (1986: b). Adolescent Reasoning in Socio-Scientific Issues, Part II: Nonsocial Cognition. *Journal of Research in Science Teaching*. 23(9): 689-698.

Gall, D. M., Gall, P. J. & Borg. R. W. (2003). *Educational Research: An Introduction*. 7th ed. USA: Allyn and Bacon.

Gunnasud, P. (1993). *Statistics for social behaviour research*.Bangkok: Bunnagite.

Harms, U. (2002). Issues in Biotechnology Teaching. *Electronic Journal of Biotechnology*. 5(3): 1-7. Retrieved February 2, 2006. From: http://www.bioline.org

Hogan, K. (2002). Small groups' ecological reasoning while making an environmental management decision. *Journal of Science Education*. 25:645-670.

Holman, J. S. (1987). Contrasting Approaches to the Introduction of Industry and Technology into the Secondary Science Curriculum. *Education, Industry & Technology*, 31-32.

Hughes, G. (2000). Marginalization of socio-scientific material in science-technology-society curricula: Some implications for gender inclusively and curriculum reform. J*ournal of Research in Science Teaching*. 37:426-440.

Jeglian, K. (2000). The human genome project-Its implication for educator. *The American Biology Teacher*. 62(9):626-627.

Kerlinger, N. F. & Lee, B. H. (2000). *Foundations of Behavioural Research. 4th ed. FL: Harcourt.*

Kerr, C. (1996). *Assessing Complex Reasoning Process in Senior School Chemistry*. Paper presented for the 14th International Conference on Chemical Education. Brisbane, Australia.

Kim, Y.C. (1997). *Teacher training for thinking skills into content instruction*. Paper presented for the 7th International Conference on Thinking in Singapore.

Kolstø, S.D. (2001a). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension on controversial socio-scientific issues. *Science Education*, 85(3), 291-310.

----------. (2001b). "To trust or not to trust Pupils' s way of judging information encountered in socio-scientific issues". *Science Education*. 85(3): 291-310.

Kortland, K. (1996). An STS case study about students' decision making on the waste issue. *Science Education*. 80: 673-689.

Laskey, K. B. & Campbell, V. (1991). Evaluation of on Intermediate level Decision Analysis Course. In *Teaching Decision Making to Adolescents*. Baron, Jonathan and Brown, Rex w. pp.123-145. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates

Lederman, N. G.(1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.

Llewellyn, D. (2002). *Inquire Within: Implementing Inquiry-Based Science Standards.* California: Corwin Press.

Lorin E. A. and et. al. (2001). *Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Abridged Edition. New York: Addison and Wesley Longman.

MacKenzie, H., A. (2005). Ruffling the Feathers of Controversy in the Biology Classroom. *The American Biology Teacher*. 67(7): 389-390.

Massey University. Department of Psychology. (2003).*Nature of Human Nature.* Retrieved December 28,2006. From:http://evolution.massey.ac.nz/emural/Schedu03.htm.

McWhorter, K.T. (1988). *Study and Thinking Skills in College*. Glenview: Scott Foreman.

Means, L. M., & Voss, J. F. (1996). Who reasons well? Two studies of informal reasoning among children of different grade, ability, and knowledge levels. *Cognition and Instruction*. 14(2): 139-178.

Millar, R & Osborne, J. Eds. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future.* London: Kings' College School of Education.p2004

Ministry of Education (MOE). (2002). *Basic Education Curriculum B.E 2544 (A.D.2001)*. Bangkok: The Express Transportation Organization of Thailand.

Nation Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.

Nuankeal, C. (2000). A development of Higher-Order Thinking Ability in Science of First Year Secondary School Students. Dissertation of Doctor of Education (Science Education). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.

Office of the National Education Commission (ONEC): Thailand. (1999).*National Education Act of B.E. 2542*. Bangkok: Seven Printing Group.

Ornstein, A.C., & Hunkins, F.P. (1993). *Curriculum: Foundations, Principles and Issues*. 2nd ed. Boston: Allyn and Bacon.

Oulton, C., Dillon, J. & Grace, M. (2004). Reconceptualising the teaching of controversial issues. *International Journal of Science Education,* 26(4) 411-424

Patronis, T., Potari, D., & Spiliotopoulou, V. (1999). Students' argumentation in decision-making on a socio-scientific issue: Implications for teaching. *International Journal of Science Education.* 21: 745-754.

Pedretti, E. (1999). Decision Making and STS Education: Exploring Scientific Knowledge and Social Responsibility in Schools and Science Centres Through an Issues-Based Approach. *School Science and Mathematics*. 94(4):174-181.

----------. (2001). *Teaching through science, technology, society and environment (STSE) education: Pre-service teachers' dealings and dilemmas.* Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching. St. Louis, MO

Pedretti, E. & Hodson, D. (1995). From rhetoric to action: Implementing STS education through action research. *Journal of Research in Science Teaching*. 32: 463-485.

Perkin, D. (1992). *Smart schools: Better Thinking and Learning for every child*. New York: The Free Press.

Peters A. J. (1959). *Classic Peters in Genetics*. 5th ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Posner, G. J., et al. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*. 66(2): 211-227.

Queensland School Curriculum Council: QSCC. (2001). *Studies of society and environment*. Retrieved August 12, 2005. From: www.cmec.ca/science/framework/index.htm.

Ratcliffe, M. (1997). Pupil decision-making about socio-scientific issues within the science curriculum. *International Journal of Science Education*. 19(2): 167-182.

Ratcliffe, M. & Grace, M. (2003). *Science Education for Citizenship: Teaching Socio-Scientific Issues*. Philadelphia: Open University Press.

Raths, L.E., et al (1967). *Teaching For Thinking: Theory And Application,* Columbus: Charles E. Merrill.

Rifkin, J. (1998). *The Biotech Century: harnessing the gene and remaking the world*. New York: Penguin Putnam.

Rodger W. B. and et. al (2006). *Full report of The BSCS 5E Instructional Model; Origin, Effectiveness and Application.* Retrieved December 20, 2006. From: http://www.bscs.org/library/BSCS_5E_Model_Full_Report2006.pdf

Sadler, D. T. (2004:a). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socio-scientific issues: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*. 89:71-93.

----------. (2004: b). Informal Reasoning Regarding Socio-scientific Issues: A Critical Review of Research. *Journal of Research in Science Teaching*. 41(5): 513-536.

Sadler, D. T. & Zeidler, L. D. (2004). Negotiating Gene Therapy Controversies. *The American Biology Teacher*. 66 (6): 428-433.

---------- . (2005). Patterns of Informal Reasoning in the Context of Socio-scientific Decision Making. *Journal of Research in Science Teaching*. 42(1): 112-138.

Sadler, D. T., Barab, A. S. & Scott, B. (2006). *What Do Students Gain by Engaging in Socio-Scientific Inquir*. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco, CA.

Sadler, T. D., Chambers, F. W., & Zeidler, D. L. (2004). Student conceptualization of the nature of science in response to socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*. 26: 387-409.

Saylor, J, G., Alexander, W. M., &Lewis, A.J. (1981). *Curriculum Planning for Better Teaching and Learning*. 4th ed. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Sayyod, L. and Sayyod, A. (2000). *Learning Measurement Teachnique*. 2nd ed. Bangkok: Suveriyasarn.

Schiever, W. S. (1991). *A Comprehensive Approach to Teaching Thinking*. Boston: Allyn and Bacon.

Shepard, L. (2007). The role of assessment in a learning culture. *Educational Researcher*. 29(7): 4-14.

Shaw, V. F. (1996). The cognitive processes in informal reasoning. *Thinking and Reasoning*. 2(3): 52-80.

Simonneaux, L. and Simonneaux, J. (2006). How do French teachers perceive their role in the teaching of controversial socio-scientific issues? Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco, CA.

Singseewe, A. (2006). Developing of school based curriculum on stoichiometry with emphasis on development of problem solving and decision making ability. Dissertation of Doctor of Education (Science Education) Srinakharinwirot University: Bangkok. Photocopied.

Stohr-Hunt, P.M (1996, January)). An Analysis of Frequency of Hands-on Experience and Science Achievement," *Journal of Research in Science Teaching.* 33(1): 100-109.

Souter, N. (2003). DNA in the school curriculum-a poorly exploited asset? *School Science Review*. 84(308): 57-63.

Taba, H. (1962). *Curriculum Development: Theory and practice*. New York and Burlingame: Harcourt, Brace& World, Inc.

Tanaprayothsak W. (2005). The development of high school science curriculum on natural resources and environmental pollution related to real-life issues based on inquiry cycle approach. Dissertation of Doctor of Education (Science Education) Srinakharinwirot University: Bangkok. Photocopied.

Tanner, D., & Tanner, L. (1995). *Curriculum development: Theory into practice*. 3rd ed. Upper Saddle River, New Jersey: Merrill Prentice Hall.

Taweerat, P. (1997). *The Methodology of behavioral and social research*. 7th ed. Bangkok: Srinakarinwirot university.

Thipatdee, G. (1996). The construction of an enrichment curriculum developing complex thinking ability of the upper secondary school students with high achievement. Dissertation, Ph. D. (Curriculum and Instruction). Bangkok: Chulalongkorn University. Photocopied.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. *The National Science Curriculum Standards B.E 2544 (A.D.2001)*. Bangkok: IPST press.

Trumbo, S. (2000). Introducing Students to the Genetic Information Age. *The American biology teacher*. 64(4): 259-261.

Tyler, R., et al. (2001). Dimensions of evidence, the public understanding of science and science education. *International Journal of Science Education*. 23: 815-832.

Tyler, W., R. (1949). *Basic Principles of Curriculum and Instruction*. Chicago: The University of Chicago Press.

Van D.H., Beijaard, D. & Verloop, N. (2003). Professional Development and Reform In Science Education: The Role of Teachers' Practical Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*. 38(2): 137-158.

Welch, W.W., et al. (1981). The Role of Inquiry in Science Education : Analysis and Recommendations. *Science Education*. 65(1): 33-50.

Wiggins, G. & McTighe, J. (1998). *Understanding by Design*. Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development press.

Yang, F. Y., & Anderson, O. R. (2003). Senior high school students' preference and reasoning modes about nuclear energy use. *International Journal of Science Education*. 25: 221-244.

Zeidler, D. L. & Keefer, M. (2003). The role of moral reasoning and the status of socio-scientific issues in science education: Philosophical, psychological and pedagogical considerations. In D.L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education.* Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Zeidler, D. L.; Sadler, T. D.; Simmons, M. L., & Howes, E. (2004). Beyond STS: A research-based framework for socio-scientific issues education. *Science Education*. 89: 342-367.

Zeidler, D. L.; Walker, K. A.; Ackett, W. A., & Simmons, M.L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socio-scientific dilemmas. *Science Education*. 86: 342-367.

Zohar, A. & Nemet, F. (2002). Fostering Students' Knowledge and Argumentation Skills Through Dilemmas in Human Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*. 39(1): 35-62.

Appendix

Appendix A: The list of involving persons in this study

A.1 The list of experts who examined and verified the research materials

A.2 The list of teachers who participated in this study

A.1 The list of experts who examined and verified the research materials

This is a list of three experts who examined and verified the research materials including the draft student guidebook, draft lesson plans, overall of the draft curriculum, consistency of the draft curriculum, and consistency of the achievement test . The details of each expert was presented in TABLE 25.

TABLE 25 LIST OF EXPERTS FOR VERIFY AND EXAMINING THE DRAF CURRICULUM

Name	Status	Qualifications
1. Asst.Prof. Dr. Achariya Rangsiruji	- Geneticist - Associate dean for research and public relations of science faculty at Srinakharintarawirot University	Ph.D. (Molecular Systematics and Evolution)
2. Dr. Wanida Tanaprayotsak	- Curriculum developer, - Head of biology department at the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology	Ed. D. (Science Education)
3. Dr. Sunanta Manutmongkol	- Biology teacher at Prasarnmit Demonstration school (high school)	Ed. D (Science Education)

A.2 The list of teachers who participated in this study

The list of two participating teachers who involved in this study were teachers at the Mahidol Wittayasusorn School. The first teacher were a biology teacher who taugh the curriculum in the pilot study and main study. The another teacher who examined and verified the curriculum before curriuclum implementation was a head of biology department. the details of the participating teachers were described as in TABLE 26.

TABLE 26: GENERAL INFORMATION REGARDING PARTICIPATING TEACHERS IN THE SECOND SEMESTER, 2007 ACADEMIC YEAR

Name	Education	Teaching Experiences (year)	Responsibilities
Tanyaratana Dumkua	M.S. (Genetic Engineering)	8	- Biology teacher
Sataporn Wantanawijarn	M.S. (Biology)	8	-Biology teacher - Head of Biology Department

Appendix B: The results of evaluation on quality of the research materials by the experts

B.1 The results of evaluation on appropriateness of the draft student guidebook

B.2 The results of evaluation on appropriateness of the lesson plans

B.3 The results of evaluation on appropriateness of the overall curriculum

B.4 The results of IOC evaluation on the curriculum components

B.5 The results of evaluation on IOC, p value and D value of achievement test items

B.1 The results of evaluation on appropriateness of the draft student guidebook

TABLE 27 THE RESULTS OF EVALUATION ON APPOPRIATENESS OF THE DARFT STUDENT GUIDEBOOK BY EXPERTS

List of Evaluation	N = 3					Level of appropriateness
	E_1	E_2	E_3	Mean	S.D.	
Learning Unit 1 1. The content and activities of learning unit 1: basic knowledge of DNA was consistent to the socio-scientific issues	4	4	4	4.00	0.00	High
2. The content and activities of learning unit 1: basic knowledge of DNA was suitably difficult for students	4	4	4	4.00	0.00	High
Learning Unit 2 3. The content and activities of learning unit 2: genetic engineering was consistent to the socio-scientific issues	4	4	4	4.00	0.00	High
4. The content and activities learning unit 2: genetic engineering was suitably difficult for students	4	4	4	4.00	0.00	High
Learning Unit 3 5. The content and activities of learning unit 3: DNA fingerprinting was consistent to the socio-scientific issues	4	4	4	4.00	0.00	High
6. The content and activities of learning unit 3: DNA fingerprinting was suitably difficult for students	4	4	4	4.00	0.00	High

TABLE 27 (Continued)

List of Evaluation	N = 3					Level of appropriateness
	E_1	E_2	E_3	Mean	S.D.	
Learning Unit 4						
7. The content and activities of learning unit 4: human genome project was consistent to the socio-scientific issues	4	4	4	4.00	0.00	High
8. The content and activities of learning unit 4: human genome project was suitably difficult for students	4	4	4	4.00	0.00	High
9. The contents and activities were appropriate for the goal of the curriculum	5	4	4	4.33	0.58	High
10. The contents and their socio-scientific issues were abreast of times	5	4	4	4.33	058	High
11. The student book was appropriate for using the 5E model with emphasis on socio-scientific issues approach	5	4	4	4.33	0.58	High
12. The student book had additional knowledge from various sources	5	4	4	4.33	0.58	High

B.2 The results of evaluation on appropriateness of the lesson plans

TABLE 28 THE RESULTS OF EVALUATION ON THE APPROPRIATENESS OF THE DRAFT LESSON PLANS

List of Evaluation	N = 3					Level of appropriateness
	E_1	E_2	E_3	Mean	S.D.	
1. The goals of curriculum was appropriate for the neccessary of curriculum development and the needs of society	5	5	4	4.67	0.58	Highest
2. The instructional method was appropriate for the goals of curriculum	5	4	4	4.33	0.58	High
3. The goal of curriculum was appropriate for preparation on the teaching-learning process	5	4	4	4.00	0.00	High
4. The 5Es model based on socio-scientific issues approach combined with a practical framework of socio-scientific decision making could promote students' understanding of science and developing socio-scientific decision making ability	4	4	4	4.00	0.00	High
5. The idea-flowing chart in each learning uint was clear and appropriate for planning the instructional process	4	4	4	4.00	0.00	High
Lesson plan 1 6. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of curriculum	4	4	4	4.00	0.00	High
7. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process	5	4	4	4.33	0.58	High

TABLE 28 (Continued)

List of Evaluation	N = 3					Level of appropriateness
	E_1	E_2	E_3	Mean	S.D.	
8. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process	4	4	4	4.00	0.00	High
9. Time allocation in the lesson plan 1 was appropriate for learning of students	4	3	4	3.67	0.00	High
Lesson plan 2 10. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of curriculum	4	4	4	4.00	0.00	High
11. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process	5	4	4	4.33	0.57	High
12. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process	4	4	4	4.00	0.00	High
13. Time allocation in the lesson plan 2 was appropriate for learning of students	4	4	4	4.00	0.00	High
Lesson plan 3 14. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of curriculum	4	4	4	4.00	0.00	High
15. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process	5	4	4	4.33	0.57	High
16. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process	4	4	4	4.00	0.00	High
17. Time allocation in the lesson plan 3 was appropriate for learning of students	4	4	4	4.00	0.00	High

TABLE 28 (Continued)

List of Evaluation	N = 3					Level of appropriateness
	E_1	E_2	E_3	Mean	S.D.	
Lesson plan 4 18. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of curriculum	4	4	4	4.00	0.00	High
19. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process	5	4	4	4.33	0.57	High
20. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process	4	4	4	4.00	0.00	High
21. Time allocation in the lesson plan 4 was appropriate for learning of students	4	4	4	4.00	0.00	High
Lesson plan 5 22. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of curriculum	4	4	4	4.00	0.00	High
23. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process	5	4	4	4.33	0.58	High
24. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process	4	4	4	4.00	0.00	High
25. Time allocation in the lesson plan 5 was appropriate for learning of students	4	4	4	4.00	0.00	High
Lesson plan 6 26. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of curriculum	4	4	4	4.00	0.00	High
27. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process	5	4	4	4.33	0.58	High

TABLE 28 (Continued)

List of Evaluation	N = 3					Level of appropriateness
	E_1	E_2	E_3	Mean	S.D.	
28. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process	4	4	4	4.00	0.00	High
29. Time allocation in the lesson plan 6 was appropriate for learning of students	4	4	4	4.00	0.00	High
Lesson plan 7 30. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of curriculum	4	4	4	4.00	0.00	High
31. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process	5	4	4	4.33	0.58	High
32. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process	4	4	4	4.00	0.00	High
33. Time allocation in the lesson plan 7 was appropriate for learning of students	4	4	4	4.00	0.00	High

B.3 The results of evaluation on appropriateness of the overall curriculum

TABLE 29 THE RESULTS OF OVERALL CURRICULUM APPROPRIATENESS

List of Evaluation	N = 3					Level of appropriateness
	E_1	E_2	E_3	Mean	S.D.	
1. The student guidebook was appropriate for the goal of curriculum	4	4	4	4.00	0.00	High
2. The student guidebook was appropriate for the lesson plan	4	4	4	4.00	0.00	High
3. The instructional plan promoted students' learning according to the goal of curriculum	4	4	4	4.00	0.00	High
4. The instructional method in this curriculum supported student centered activities	5	4	4	4.33	0.58	High
5. The instruction of the curriculum promoted students to use their ability to make decision on socio-scientific issues	5	4	4	4.33	0.58	High
6. Time allocation in the curriculum was appropriate for students	4	4	4	4.00	0.00	High
7. The curriculum was appropriate for students' age	4	3	4	3.67	0.58	High
8.The curriculum was appropriate for students' prior knowledge and their prior experience	4	3	4	3.67	0.58	High
9. The curriculum was appropriate for implementation	4	4	4	4.00	0.00	High

B.4 The results of IOC evaluation on the curriculum components

TABLE 30 THE CURRICULUM CONSISTENCY EVALUATION

The item consideration	N = 3					Interpretation
	E_1	E_2	E_3	IOC	S.D.	
1. The curriculum goal with the need of society	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
2. The curriculum goal with the 5E model emphasis on socio-scientific issues approach	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
3. The curriculum goal with curriculum description and learning outcomes	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
4. The curriculum goal with the instructional plan	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
5. The curriculum goal with the content of curriculum	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
6. The curriculum goal with the assessment and evaluation	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
7. The content of curriculum with the teaching-learning process	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
8. The teaching-learning process with instructional materials	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
9. The student guidebook with the instructional plan	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
10. The curriculum with students' prior knowledge	1	0	1	0.67	0.58	Consistent

B.5 The results of evaluation on IOC, p value and D value of achievement test items

TABLE 31 THE RESULTS' EVALUATION OF THE ACHIEVEMENT TEST

No.	IOC	p	D	Note	No.	IOC	p	D	Note
1	1.00	1.00	0.00		16	1.00	0.80	0.30	Can be used-9
2	1.00	0.75	0.10		17	1.00	0.88	0.25	
3	0.67	0.20	0.30	Can be used-1	18	0.67	0.85	0.30	
4	1.00	1.00	0.00		19	0.67	0.68	0.05	
5	0.67	0.65	0.20	Can be used-2	20	1.00	0.90	0.20	
6	1.00	1.00	0.00		21	1.00	0.50	0.20	Can be used-10
7	1.00	0.78	0.25	Can be used-3	22	0.34	0.83	0.15	
8	0.67	0.33	0.25	Can be used-4	23	0.67	0.80	0.40	Can be used-11
9	0.34	0.63	0.05		24	0.67	0.20	0.30	Can be used-12
10	0.67	0.68	0.35	Can be used-5	25	1.00	0.77	0.25	Can be used-13
11	1.00	0.80	0.40	Can be used-6	26	1.00	0.98	0.05	
12	1.00	0.775	0.25	Can be used-7	27	1.00	0.80	0.20	Can be used-14
13	1.00	0.675	0.15		28	1.00	0.375	0.15	To be revised-15
14	1.00	0.35	0.20	Can be used-8	29	1.00	0.65	0.20	Can be used-16
15	1.00	0.60	0.20		30	0.67	0.60	0.40	Can be used-17

TABLE 31 (Continued)

No.	IOC	p	D	Note	No.	IOC	p	D	Note
31	1.00	0.35	0.20	Can be used-18	46	1.00	0.75	0.20	Can be used-27
32	1.00	0.80	0.20	Can be used-19	47	1.00	0.68	0.65	Can be used-28
33	1.00	0.85	0.00		48	1.00	0.45	0.00	
34	1.00	0.80	0.20	Can be used-20	49	1.00	0.33	0.05	
35	1.00	0.60	0.30	Can be used-21	50	0.67	0.33	-0.25	
36	0.67	0.88	0.15		51	1.00	0.65	0.20	Can be used-29
37	1.00	0.88	0.15		52	1.00	0.35	0.30	Can be used-30
38	1.00	0.02	-0.05		53	0.67	0.55	0.20	Can be used-31
39	1.00	0.38	0.35	Can be used-22	54	1.00	0.75	0.20	Can be used-32
40	1.00	0.80	0.40	Can be used-23	55	1.00	0.75	0.20	Can be used-33
41	1.00	0.80	0.20	Can be used-24	56	1.00	0.80	0.30	Can be used-34
42	1.00	0.78	0.25	Can be used-25	57	1.00	0.75	0.20	
43	1.00	0.68	0.45	Can be used-26	58	1.00	0.80	0.20	
44	1.00	0.23	0.15		59	1.00	0.65	0.20	Can be used-35
45	0.67	0.23	-0.05		60	1.00	0.80	0.00	

Appendix C: The gathered data from the study

C.1 The gathered data of achievement test

C.2 The gathered data of the socio-scientific decision making test

C.3 The gathered data of the questionnaire of students' opinion towards the curriculum

C.2 The gathered data of the questionnaire of teachers' opinion towards the curriculum

C.1 The gathered data on student's achievement test

TABLE 32 THE STUDENTS' ACHIVEMENT SCORE BEFORE AND AFTER USIGN THE CURRICULUM IN PILOT STUDY GROUP

Students	Before using the curriculum	After using the curriculum	Students	Before using the curriculum	After using the curriculum
1	23	31	21	14	21
2	14	31	22	13	20*
3	21	30	23	18	20*
4	21	29	24	11	20*
5	20	29	25	18	19*
6	20	28	26	14	19*
7	15	28	27	16	19*
8	16	28	28	15	19*
9	15	27	29	9	18*
10	17	26	30	16	18*
11	13	26	31	12	18*
12	23	26	32	8	17*
13	17	26	33	15	16*
14	17	26	34	0	16*
15	17	25	35	11	16*
16	19	25	36	13	16*
17	15	25	37	13	14*
18	20	24	38	13	14*
19	11	23	39	4	12*
20	14	22	40	5	11*

* The post-test score were equal and lower than the cut-off score of the achievement test (20).

TABLE 33 THE STUDENTS' ACHIVEMENT SCORE BEFORE AND AFTER USIGN THE CURRICULUM IN MAIN STUDY GROUP

Students	Before using the curriculum	After using the curriculum	Students	Before using the curriculum	After using the curriculum
1	27	33	21	12	24
2	17	31	22	15	24
3	17	30	23	14	23
4	22	28	24	14	23
5	11	28	25	17	23
6	17	27	26	19	23
7	19	27	27	15	22
8**	19	27	28	14	21
9	18	26	29	13	21
10	18	26	30	14	21
11	20	26	31	15	21
12	13	25	32	16	21
13**	17	25	33	16	21
14	15	25	34	15	21
15	18	25	35**	14	20
16	11	24	36	13	20
17	13	24	37	14	19
18	20	24	38**	9	18
19**	19	24	-	-	-
20	27	33	-	-	-

* * The post-test score were equal and lower than the cut-off score of the achievement test (20).

** The 12th grade students

C2: The gathered data on socio-scientific decision making ability test

TABLE 34 THE STUDENTS' SOCIO-SCIENTIFIC DECISION MAKING ABILITY SCORE BEFORE AND AFTER USIGN THE CURRICULUM IN PILOT STUDY GROUP

Students	Before using the curriculum	After using the curriculum	Students	Before using the curriculum	After using the curriculum
1	9	26	21	16	18*
2	4	16*	22	11	30
3	16	24	23	14	24
4	9	19	24	3	15*
5	4	29	25	9	21
6	7	24	26	11	16*
7	7	26	27	11	22
8	5	20	28	10	14*
9	11	24	29	13	21
10	7	19	30	5	21
11	6	24	31	6	20
12	13	20	32	12	19
13	8	24	33	7	21
14	11	20	34	7	22
15	9	21	35	14	21
16	12	22	36	9	23
17	7	19	37	6	23
18	5	26	38	8	25
19	9	18*	39	6	28
20	10	27	40	13	21

* The post-test score were equal and lower than the cut-off score of the socio-scientific decision making test (18)

TABLE 35 THE STUDENTS' SOCIO-SCIENTIFIC DECISION MAKING ABILITY SCORE BEFORE AND AFTER USIGN THE CURRICULUM IN MAIN STUDY GROUP

Students	Before using the curriculum	After using the curriculum	Students	Before using the curriculum	After using the curriculum
1	15	25	21	11	25
2	12	31	22	9	27
3	9	25	23	11	25
4	12	28	24	12	28
5	20	28	25	16	30
6	12	26	26	8	17*
7	9	25	27	8	23
8**	14	17*	28	6	24
9	11	26	29	12	21
10	14	23	30	13	28
11	16	28	31	9	22
12	9	26	32	15	26
13**	17	25	33	8	22
14	9	18*	34	10	13*
15	10	20	35**	12	16*
16	11	25	36	8	28
17	14	24	37	11	23
18	10	22	38**	6	18*
19**	13	16*	-	-	-
20	16	22	-	-	-

* The score were equal and lower than the cut-off score of the achievement test (20).

** The 12th grade students

C.3 The gathered data of the questionnaire of students' opinion towards the curriculum

C.3.1 The summarize of gathered data from the pilot study

1.General information of students

1. ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. อายุ
   - อายุ 17 ปี จำนวน 24 คน
   - อายุ 18 ปี จำนวน 8 คน
   - ไม่ระบุ จำนวน 8 คน

2. เพศชาย จำนวน 18 คน เพศหญิง จำนวน 22 คน

3. นักเรียนเคยเลือกเรียนรายวิชาเลือกของชีววิทยา

☐ ไม่เคย จำนวน 12 คน

☐ เคย จำนวน 20 คน จำแนกเป็น

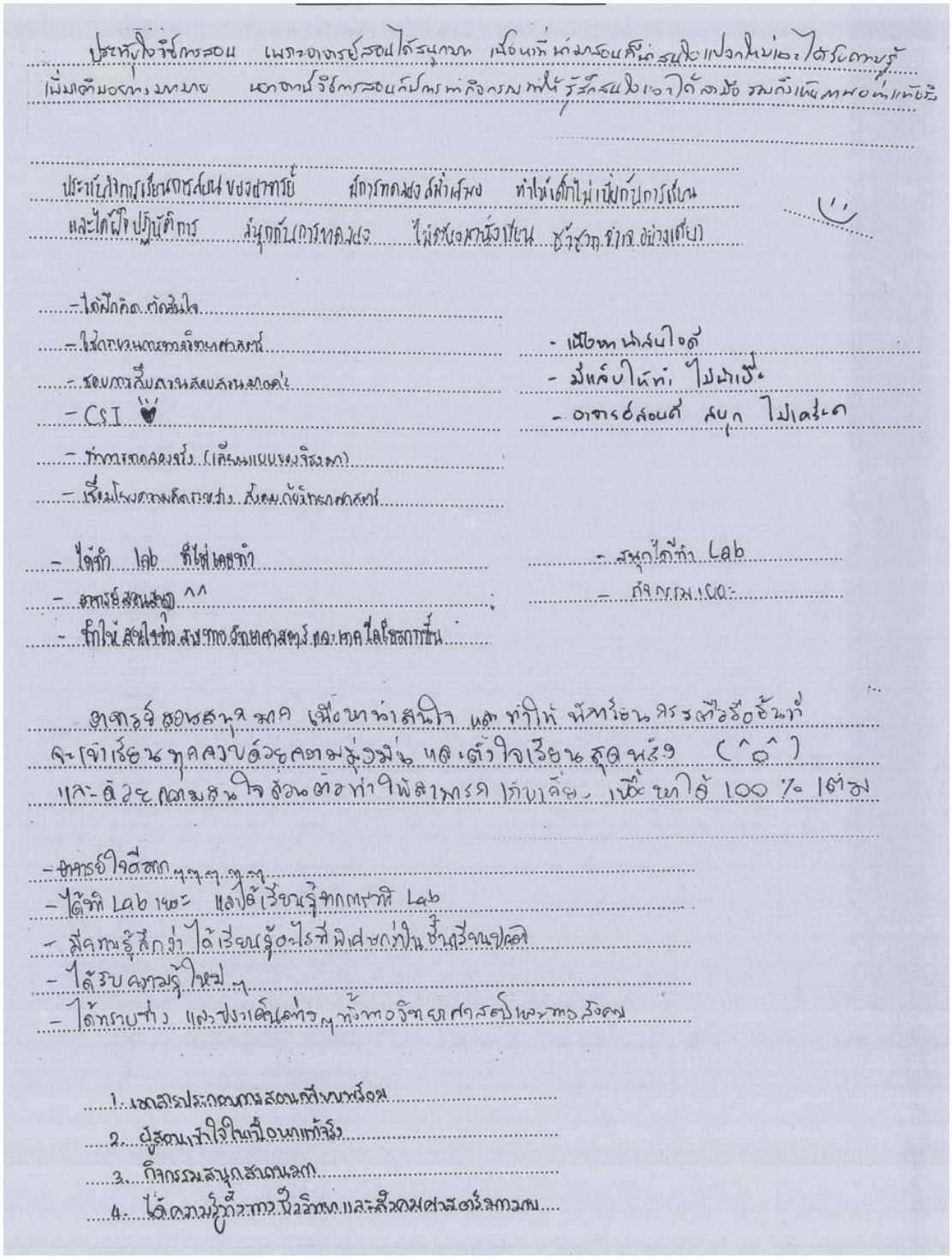
-	กายวิภาค	11	คน
-	สัมมนาทางชีววิทยา	1	คน
-	ชีวโมเลกุล	3	คน
-	พันธุศาสตร์	4	คน
-	เทคโนโลยีชีวภาพ	2	คน
-	ชีววิทยาของเซลล์และพันธุศาสตร์	2	คน
-	ชีววิทยาสิ่งแวดล้อม	4	คน
-	เทคนิคปฏิบัติการทางชีววิทยา	4	คน
-	วิทยาศาสตร์การอาหาร	2	คน

4. นักเรียนเข้าเรียนรายวิชานี้บ่อยครั้งเพียงใด

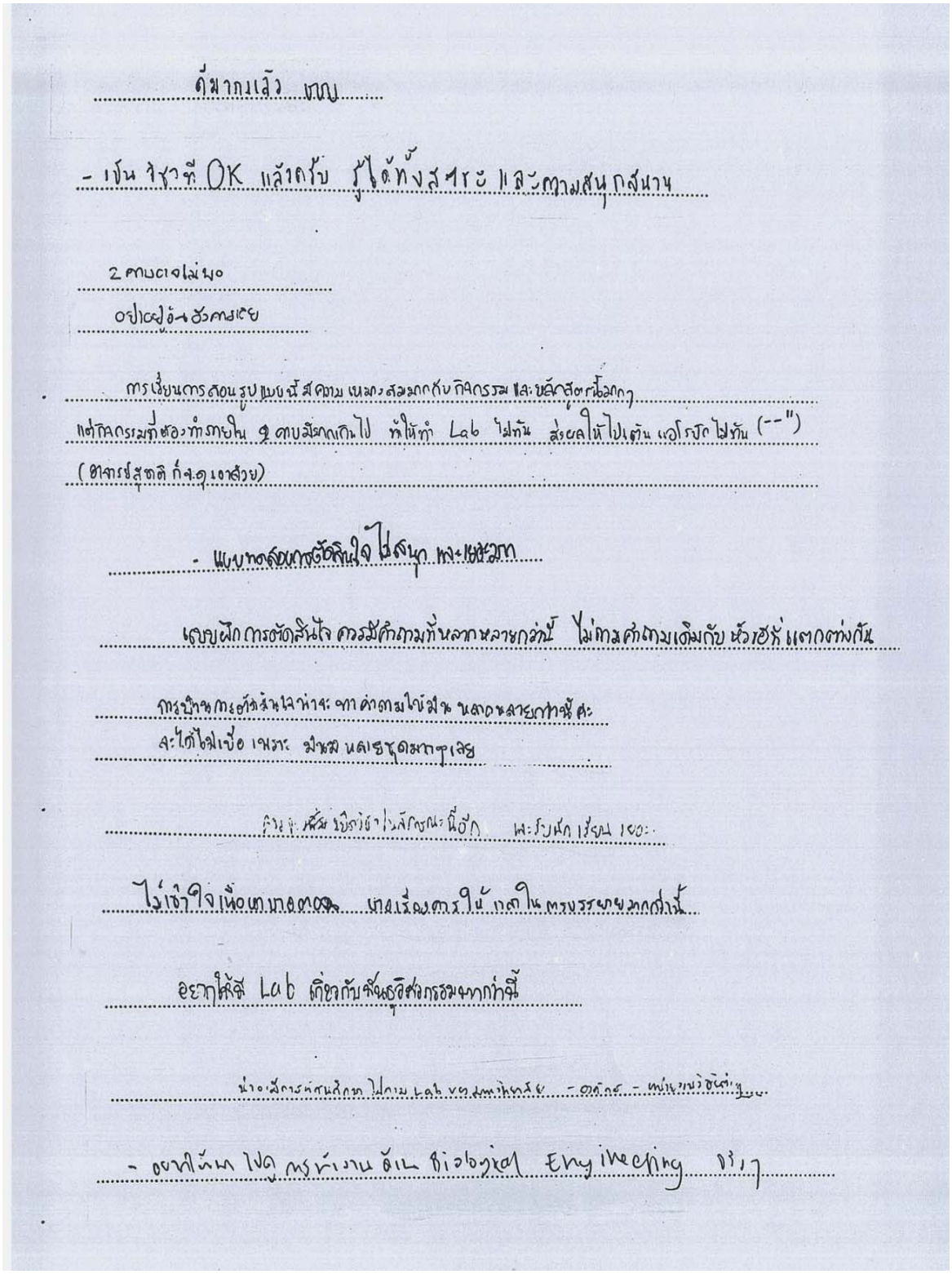
- เข้าเรียนเสมอ	จำนวน	20	คน
- เข้าเรียนเป็นส่วนใหญ่	จำนวน	10	คน
- เข้าเรียนบ้าง	จำนวน	2	คน
- แทบจะไม่ได้เข้าเรียน	จำนวน	-	คน

2. Qualitative data

2.1 Impression on the curriculum



2.2 Suggestion for the curriculum



C.3.2 The summarize of gathered data from the main study

1. General information of students

1. ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 33 คน มัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 5 คน
2. อายุ
   - อายุ 16 ปี จำนวน 9 คน
   - อายุ 17 ปี จำนวน 26 คน
   - อายุ 18 ปี จำนวน 3 คน

3. เพศชาย จำนวน 17 คน เพศหญิง จำนวน 21 คน
4. นักเรียนเคยเลือกเรียนรายวิชาเลือกของชีววิทยา
   4.1 ไม่เคย จำนวน 13 คน
   4.2 เคย จำนวน 25 คน จำแนกเป็น

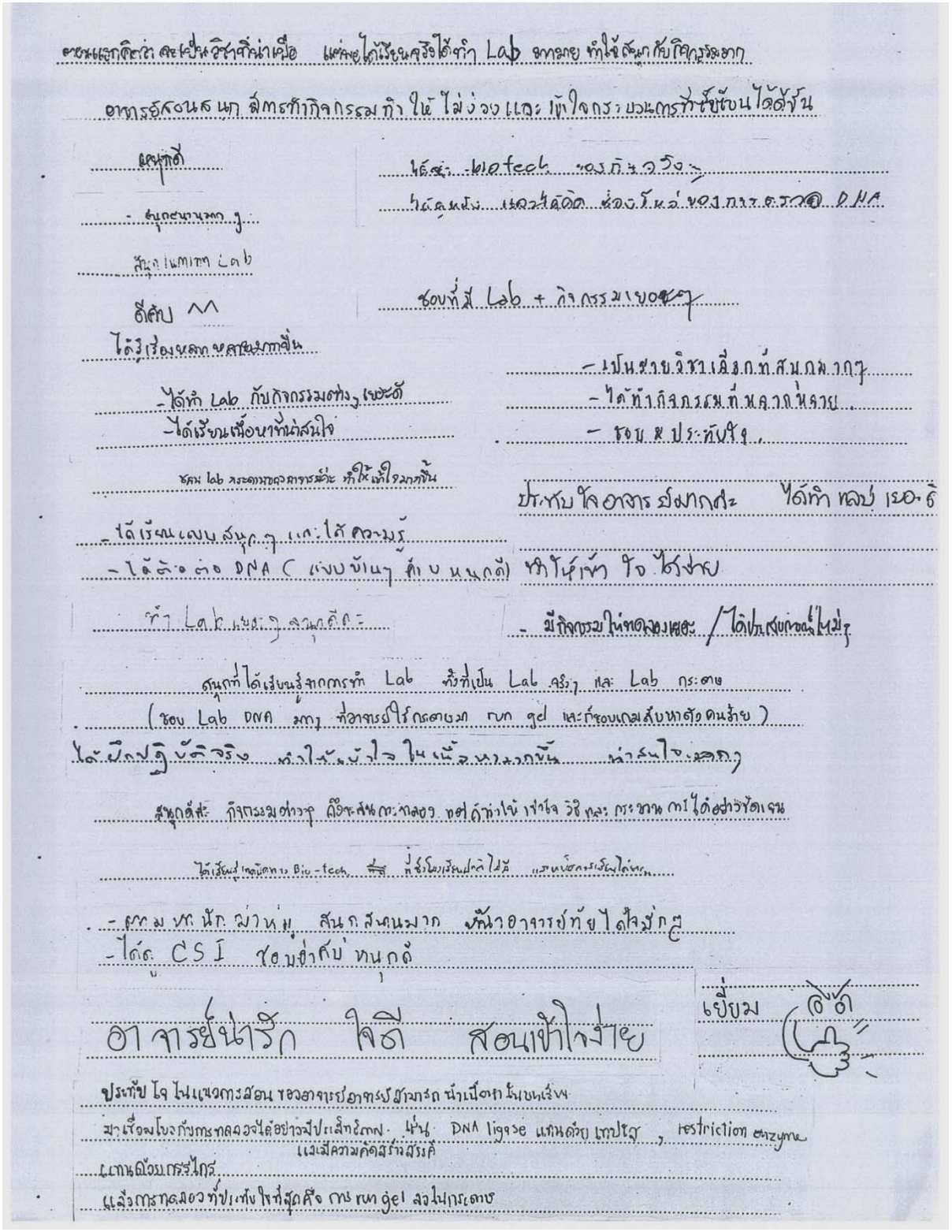
- กายวิภาค	1	คน
- สัมมนาทางชีววิทยา	6	คน
- ชีววิทยาของเซลล์และพันธุศาสตร์	6	คน
- ความหลากหลายทางชีวภาพ	8	คน
- เทคนิคปฏิบัติการทางชีววิทยา	10	คน
- วิทยาศาสตร์การอาหาร	6	คน

5. นักเรียนเข้าเรียนรายวิชานี้บ่อยครั้งเพียงใด

- เข้าเรียนเสมอ	จำนวน	23	คน
- เข้าเรียนเป็นส่วนใหญ่	จำนวน	13	คน
- เข้าเรียนบ้าง	จำนวน	2	คน
- แทบจะไม่ได้เข้าเรียน	จำนวน	-	คน

2. Qualitative data

2.1 Impression on the curriculum



- อาจารย์ตั้งใจสอนมากๆ ให้ความรู้แก่นักเรียนเต็มที่

- การทดลองปฏิบัติ และทำแล็ป มีความน่าสนใจดี
- อาจารย์ผู้สอนตั้งใจสอน และเอาใจใส่นักเรียนดี

- เรียนวิชานี้ ทำ Lab เยอะดีค่ะ สนุกดี แต่อยากเตรียมแล็บของค่ะ
- อาจารย์มีเทคนิคการสอนที่หลากหลายดีค่ะ

มีกิจกรรมขยายรูปแบบ น่าทำ ไม่น่าเบื่อ — อาจารย์ใจดี ^^"

- ได้ทำ lab ต่างๆ ด้วยตนเอง ทำน่าตื่นเต้น โดยเฉพาะ gel electrophoresis
- ได้ดูภาพยนตร์ เกี่ยวกับ อาชญากรรม ที่น่าสนใจ
- ได้ความรู้ใหม่ๆ ด้านพันธุวิศวกรรม เช่น DNA sequencing

1. ได้ฝึกปฏิบัติการทดลองจริง — ได้ทำ Lab สนุกๆ
2. ได้ความรู้ความเข้าใจในการทำการทดลอง

ในคาบ Lab ปฏิบัติการต่างๆ ของ Lab มาก รายงานประมาณ 4 ใช้เครื่องมือ ต่างๆ ใน Lab ที่ไม่เคยเห็นเคยใช้ในการเรียน

เนื้อหาสาระไม่มากไปน้อยเกินไป หนังสือเรียนสนุก การเรียนการสอนสนุกดี
มีสื่อการสอนมากมาย
อาจารย์บรรยายได้น่าสนใจ --
มีข่าวสารวิชาการมาให้ศึกษา

เนื้อหาของหลักสูตรเกี่ยวกับสังคมปัจจุบันดีมาก สื่อการสอนดี

- ได้ทำในสิ่งที่แปลกใหม่ เช่น การตัดต่อชิ้นส่วน DNA แล้วนำมาแปะเพื่อศึกษา
- ได้ลอง Gel Electrophoresis
- มีความรู้มากขึ้นเกี่ยวกับพันธุกรรมมนุษย์

- ได้รับฟัง ค. คิดเห็นของคนอื่นๆ ถึงแนวทางการแก้ปัญหา สนุกดีครับ
- ได้รับความรู้ด้านพันธุศาสตร์มากขึ้น

- ได้รับความรู้ ความท้อแท้ทางพันธุศาสตร์ ขอหลากหลาย น่าสนใจมาก

ปรับปรุงให้ในเรื่องที่ทำให้รู้สึก ภาย นาสดับ DNA ทำก็พอจ้างไร

ประทับใจ สื่อการสอนที่ ฮา แต่ ขบขันสนุกสนาน แก้ข่อที่มีขบขันสนุกสนาน

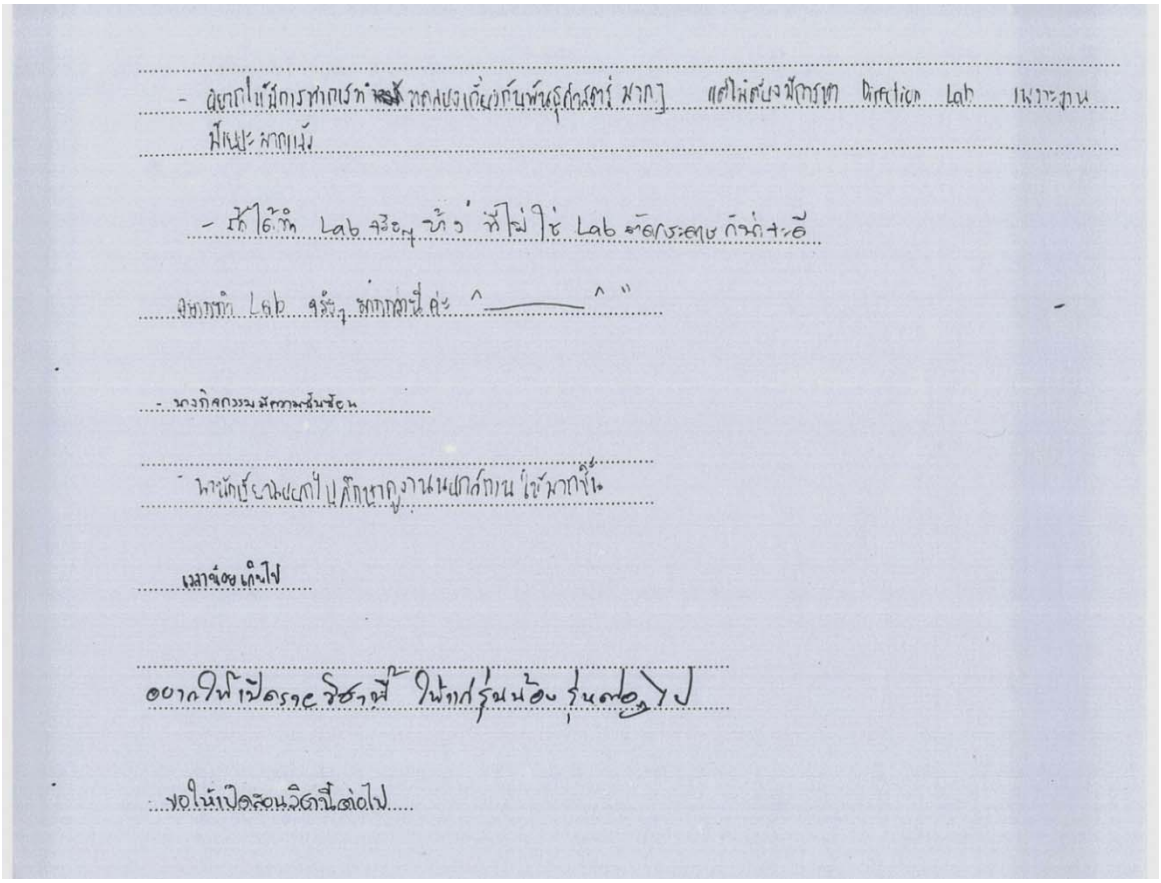
- ชอบสื่อ การเรียนการสอน เช่น กระโดด - ทะ-กาย-เทปกาว
- ผู้สอนใจดี

ระบบ CSI ค่ะ อยากให้เข้าใจแบบๆ นักเรียนน่าสนใจมากขึ้น เหมือได้ลงมือ ลงมือทำไปด้วย

- การได้ลงมือทำ Gel electrophoresis สนุกดีค่ะ
- การเรียนรู้การทำ DNA walking etc
- ได้ดูแลวิเคราะห์หน้าที่ CSI ใช้กระโดดได้คล่องขึ้น

ได้ทดลองทำการตัดต่อ โดยไม่ใช้ตัวต่างๆ ช่วยในการสอน ทำให้การสอนมีความสนุกสนานไม่น่าเบื่อ

2.2Suggestion for the curriculum



C.4 The gathered data from the questionnaire of teachers' opinion towards the curriculum

1. The summaries of teachers' opinions toward the curriculum

TABLE 36 THE SUMMARIES OF TEACHERS' OPINIONS TOWARD THE CURRICULUM

List of evaluation	Result (N=2)				Interpretation
	T_1	T_2	mean	S.D	
Contents Domain 1. The contents were consistent to the learning outcomes.	5.00	5.00	5.00	0.00	Highest level
2. The content in each topic was in order and related.	4.00	5.00	4.50	0.71	High level
3. The contents were appropriately difficult for students.	3.00	4.00	3.50	0.71	Medium level
4. The contents were related to socio-scientific issues	5.00	5.00	5.00	0.00	Highest level
5. The contents were appropriate for students to connect and apply what they had learned to their daily life.	4.00	5.00	4.50	0.00	High level
Mean of contents domain	4.20	4.80	4.50	0.28	High level
Instructional domain 6. Using the 5Es model approach was appropriate with the socio-scientific issues.	5.00	5.00	5.00	0.00	Highest level
7. The instructional process promoted students to learn both scientific knowledge and its related issues at the same time	5.00	5.00	5.00	0.00	Highest level
8. The teaching-learning process had variety and was interesting.	5.00	5.00	5.00	0.00	Highest level

TABLE 36 (Continued)

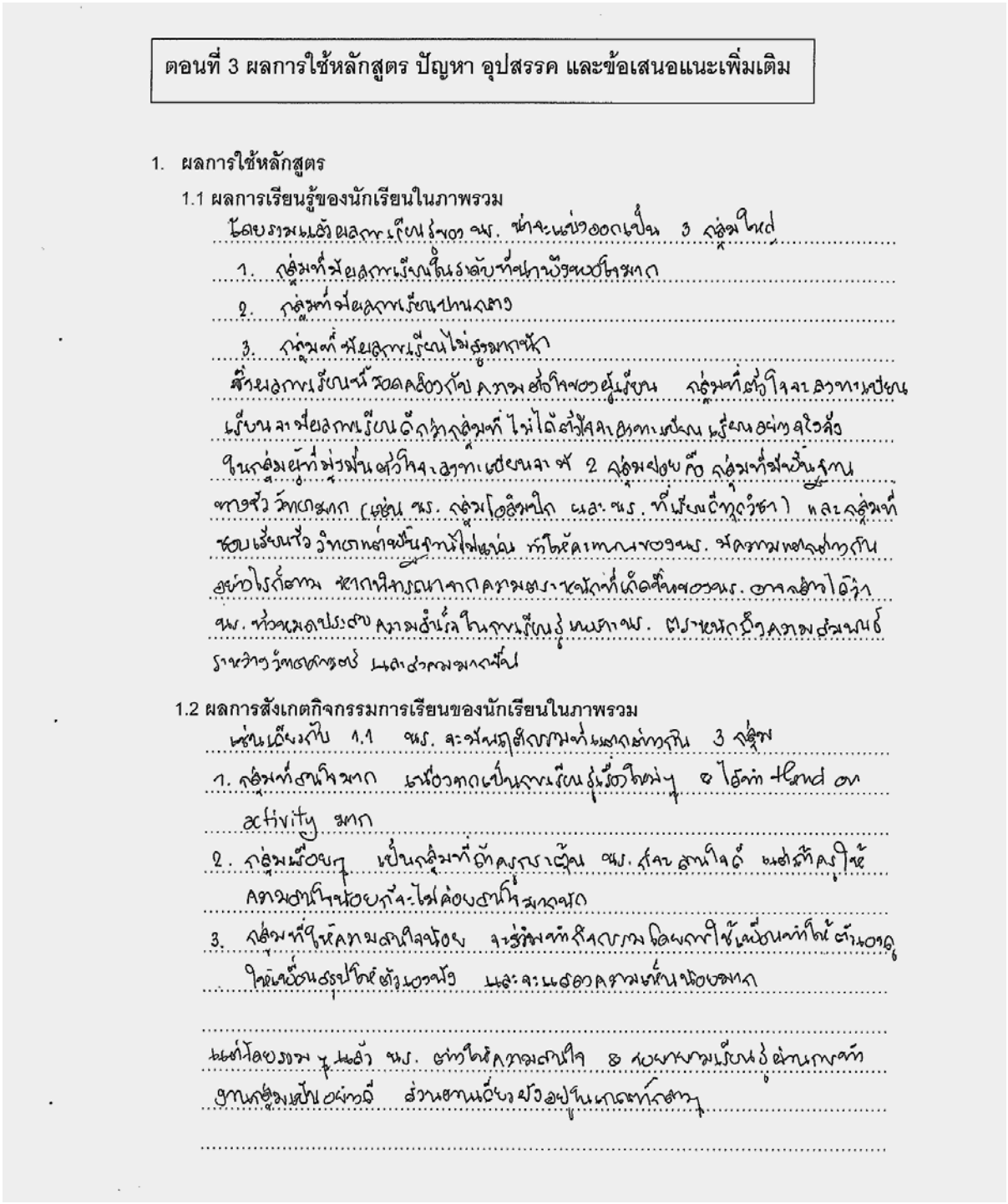
List of evaluation	Result (N=2)				Interpretation
	T_1	T_2	mean	S.D	
9. The instructional approach of the curriculum enhanced students to express their point of view and develop their thinking of decision making on socio-scientific issues.	5.00	5.00	5.00	0.00	Highest level
10. Using the curriculum, teacher's observation and facilitation were appropriate for helping students.	4.00	4.00	4.00	0.00	High level
11. Time allocation in the curriculum was appropriate for the curriculum implementation.	5.00	5.00	5.00	0.00	Highest level
Mean of instructional domain	4.83	4.83	4.83	0.00	Highest level
Instructional materials domain 12. The instructional materials and additional knowledge sources were consistent to the contents of curriculum.	5.00	5.00	5.00	0.00	Highest level
13. Using the instructional materials and additional knowledge sources were appropriate for development of students' learning.	5.00	5.00	5.00	0.00	Highest level
14. The instructional materials were appropriate for students to do the learning activities.	5.00	5.00	5.00	0.00	Highest level
15. The instructional materials and additional knowledge sources had variety and were interesting.	5.00	4.00	4.50	0.71	High level
Mean of instructional materials domain	5.00	4.75	4.88	0.18	Highest level
Assessment and evaluation domain 16. The assessment and evaluation were consistent to the learning outcomes	4.00	5.00	4.50	0.71	High level

TABLE 36 (Continued)

List of evaluation	Result (N=2)				Interpretation
	T_1	T_2	mean	S.D	
17. The assessment and evaluation were consistent to teaching-learning process of using curriculum.	4.00	5.00	4.50	0.71	High level
18. The assessment and evaluation were appropriate with contents of curriculum.	3.00	5.00	4.00	1.41	High level
19. The assessment and evaluation were used to assess students both understanding of genetics and socio-scientific decision making.	5.00	5.00	5.00	0.00	Highest level
20. The students were assessed by authentic assessment and evaluation to improve their knowledge and socio-scientific decision making.	3.00	5.00	4.00	1.41	High level
Mean of assessment and evaluation domain	3.80	5.00	4.40	0.85	High level
The overall curriculum domain 21. The curriculum was appropriately developed for the social needs.	4.00	5.00	4.50	0.71	High level
22. The curriculum was appropriate for high school students.	3.00	5.00	4.00	1.41	High level
23. The curriculum appropriately integrated with thinking instruction on socio-scientific decision making.	5.00	5.00	5.00	0.00	Highest level
24. The instructional materials and additional knowledge sources had variety and interesting.	4.00	5.00	4.50	0.71	High level
Mean of overall curriculum domain	4.00	5.00	4.50	0.71	High level

2. The qualitative data of the teachers' opinion toward the curriculum

2.1 The biology teacher



ตอนที่ 3 ผลการใช้หลักสูตร ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1. ผลการใช้หลักสูตร

1.1 ผลการเรียนรู้ของนักเรียนในภาพรวม

โดยรวมแล้วผลการเรียนรู้ของ ผม. ข้าพเจ้าแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่

1. กลุ่มที่มีผลการเรียนในอันดับที่น่าพึงพอใจมาก

2. กลุ่มที่มีผลการเรียนปานกลาง

3. กลุ่มที่มีผลการเรียนไม่ผ่านเกณฑ์

สำหรับผลการเรียนนี้รวมถึงความตั้งใจ ความสนใจในการเข้าเรียน กลุ่มที่เข้าใจและสามารถเปลี่ยนแปลงและพัฒนาผลการเรียนได้ รวมถึงกลุ่มที่ไม่ได้สนใจและมีผลการเรียนแย่ลงอย่างเห็นได้ชัด ในกลุ่มหลังที่ผ่านเกณฑ์ก็จะมีผลการเปลี่ยนแปลงเช่น 2 กลุ่มย่อย คือ กลุ่มที่มีพื้นฐานทางชีววิทยามาก (เช่น ผม. กลุ่มโอลิมปิก และ ผม. ที่เรียนวิทยาศาสตร์) และกลุ่มที่ชอบเรียนชีววิทยาแต่มีพื้นฐานไม่แน่น ทำให้ผลการเรียนของ ผม. มีความแตกต่างกันอย่างไรก็ตาม จากการสังเกตจะพบว่านักเรียนที่เก่งมีความรับผิดชอบต่อการเรียนของ ผม. ค่อนข้างสูง ผม. ทั้งหมดมีประสบการณ์ความสำเร็จในการเรียนรู้มาแล้ว ผม. ส่วนหนึ่งมีความสนใจในวิทยาศาสตร์ และสาขาอื่นๆ

1.2 ผลการสังเกตกิจกรรมการเรียนของนักเรียนในภาพรวม

เช่นเดียวกับ 1.1 ผม. จะมีพฤติกรรมที่แตกต่างกัน 3 กลุ่ม

1. กลุ่มที่สนใจมาก เนื่องจากเป็นการเรียนรู้เรื่องใหม่ๆ & ได้ทำ Hand on activity มาก

2. กลุ่มเฉยๆ เป็นกลุ่มที่ยังคงรับเข้าไป ผม. ได้ แต่ไม่ได้ใช้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์มากนัก

3. กลุ่มที่ให้ความสนใจน้อย จะรู้สึกเบื่อกับการอธิบายการใช้เครื่องมือต่างๆ ให้เป็นธรรมชาติ ตั้งแต่ต้น และจะแสดงความเห็นน้อยมาก

แต่โดยรวม ๆ แล้ว ผม. ยังให้ความสนใจ & ชอบการเรียนรู้ด้านการปฏิบัติมากกว่าเรียนอย่างเดียว ส่วนหนึ่งเรียนยังอยู่ในเกณฑ์ดีๆ

1.3 ผลประเมินบรรยากาศในการเรียนการสอน

- นร. ส่วนใหญ่ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมต่างๆ ดี นร. ชอบความแปลกใจ-
ที่ได้ลงมือทำใน มันที่ว่า Hand on activity

- นร. ไม่ค่อย share ความคิดเห็น ส่วนมากจะแสดงออกมาเป็นรูปภาพ
1-2 คนที่เป็นผู้นำของความคิด ส่วนที่เหลือคุยกัน แต่ไม่ออกความเห็น

1.4 ความคิดเห็นของครูผู้สอนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

- กิจกรรมที่ความหลากหลาย ๑ ตัวกระตุ้น นร.
- ชอบที่ข้อที่ความอิสระทั้งมาก ๑ เป็นการเปิดโอกาส นร. ได้แสดงออก
- ถ้าครูผู้สอนตามบทบาทเป็นผู้นำห้อง. ควรเพื่อให้ได้ความหลากหลาย ความรู้ที่ได้
แต่ละห้องเรียนต่างๆ ๑ ถ้าที่จะ share idea กันมากขึ้น นร. น่าจะ
ความคิดที่ได้ในกิจกรรมต่างๆ มากขึ้น

2. ปัญหา อุปสรรคของการใช้หลักสูตร

1. ขาดเนื้อหาสำคัญๆ มาก (อาจเทียบเท่า ป.โท/เอก)
2. เวลาที่ระบุเนื้อหาในการสอนสูงเกินไป ทำให้ต้องเพิ่มเติมส่วนของเนื้อหาขึ้นเองนอกเหนือจากที่ สอน และการวัดผลที่เป็นอุปสรรคต่อการจัดการเรียนการสอน
3. การปรับเปลี่ยนลดบางส่วนไม่สอดคล้อง / ความต่อเนื่อง ขาดความเป็นจริง
4. นร. ไม่ต้องตอบแบบวิเคราะห์ คิดเป็น ไม่ต้องสอบคัดกรอง
5. นร. ชอบทำวิจัย แต่ไม่ต้องสอบเขียน report
6. บางครั้ง นร. มีเวลาน้อยในการทำวิจัยมากกว่าที่คาดไว้ เป็นงานวิจัยเพื่อนเรียน (แม้ว่าจะคาดหวังงานวิจัยเพื่อนำไปสู่การตีพิมพ์ PAX)

3. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ถ้าเป็นไปได้อยากสอน course นี้อีกครั้งโดยไม่มี

1. ขนาด class 20-24 คน
2. ช่วงเวลาให้ นร. คิด & วิเคราะห์ รวมถึง discussion ในแต่ละสัปดาห์
3. ครูสามารถวางแผนการเรียนการสอนให้ นร. ได้มากขึ้น นร. ต้องทำตัวเองมากขึ้น (ครูน้อยลง)
4. อยากให้ปรับเปลี่ยนลดวิชาบางอย่าง ออกแล้วเพิ่มการ Paper base on

ลงชื่อผู้ประเมิน .....

(นางสาวอัจฉรียา ต่วนมาน)

2.2 The head of biology department

ตอนที่ 3 ผลการใช้หลักสูตร ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1. ผลการใช้หลักสูตร

1.1 ผลการเรียนรู้ของนักเรียนในภาพรวม

ผลการเรียนรู้ของนักเรียนในภาพรวม อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก

1.2 ผลการสังเกตกิจกรรมการเรียนของนักเรียนในภาพรวม

นักเรียนให้ความสนใจ และกระตือรือร้นในการเรียน แสดงความคิดเห็นอย่างดี หรือถามคำถามเมื่อสงสัย นักเรียนมีความตั้งใจ มีวินัย มีความรับผิดชอบ ตั้งใจเรียนในวิชาที่ตนเองชอบ และไม่ชอบ หรือมีปัญหาในการเรียนมากน้อยแค่ไหน ในเวลาเรียนหรือนอกเวลาเรียน

1.3 ผลประเมินบรรยากาศในการเรียนการสอน

จากการสังเกตุ นักศึกษาสนใจกิจกรรมการเรียนการสอน ตั้งใจฟังครู ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี

1.4 ความคิดเห็นของครูผู้สอนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน - โดยใช้วิธีสอนหลากหลาย ๆ วิธี ทำให้นักศึกษาเกิดความสนใจในการเรียนมากขึ้น ช่วยให้นักศึกษาเข้าใจการเรียนการสอนได้ดีมาก

2. ปัญหา อุปสรรคของการใช้หลักสูตร

- เนื้อหาค่อนข้างยาก ทำให้นักเรียนจะขาดความสนใจในเนื้อหาไปบ้าง
ดังนั้น และมีเทคนิคในการสอนที่ดีด้วย

3. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ควรมีการแก้ไขตามที่กล่าวมาข้างต้น ในส่วนของการใช้งาน
ในห้องเรียน เนื่องจาก เนื้อหาบางส่วนในหลักสูตรควรเพิ่มเติม
เพื่อที่จะได้เรียนรู้ และสามารถต่อยอดไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ
และเข้าใจมากขึ้น และผู้เข้าอบรมประเภทต่างๆ ในอนาคตจะได้
ทำความเข้าใจประเด็น

ลงชื่อผู้ประเมิน .....

(น.ส. ศิริภาพร ...นามสกุล...)

Appendix D: The cut-off scores of this study

D.1 The cut-off score of the achievement test

D.2 The cut-off score of the socio-scientific decision making ability test

D.1 The cut-off score of the achievement test

TABLE 37 THE PROBABILITY OF CORRECT DECISION, THE PROBABILITY OF INCORRECT DECISION, AND THE VALIDITY OF COEFFICIENT FOR THE ACHIEVEMENT TEST

Achievement scores	P (FM)+P(FN)	P(TM) +P(TN)	Validity of Coefficient	note
12*	0.461538	0.538462	0.122249	
13	0.461538	0.538462	0.103661	
14	0.410256	0.589744	0.240001	
15	0.358974	0.641026	0.318439	
16*	0.294872	0.705128	0.438467	
17	0.320513	0.679487	0.364709	
18*	0.256411	0.74359	0.486809	
19*	0.256410	0.743589	0.490767	
20	0.256410	0.743589	0.515504	The cut-off score
21*	0.717949	0.282052	-0.48306	
22*	0.282051	0.717948	0.496915	
23	0.282052	0.717949	0.51361	
24	0.294872	0.705128	0.493357	
25	0.307693	0.692308	0.472976	
26	0.346154	0.653846	0.410513	
27*	0.410257	0.589744	0.297051	

* cutting point in the graph

D.2 The cut-off score of the socio-scientific decision making ability test

TABLE 38 THE PROBABILITY OF CORRECT DECISION, THE PROBABILITY OF INCORRECT DECISION, AND THE VALIDITY OF COEFFICIENT FOR THE SOCIO- SCIENTIFIC DECISION MAKING ABILITY TEST

Achievement scores	P (FM)+P(FN)	P(TM) +P(TN)	Validity of Coefficient	note
15	0.102565	0.897436	0.803579	
16	0.102565	0.910256	0.822489	
17*	0.089744	0.923076	0.847368	
18	0.064103	0.935897	0.874548	The cut-off score
19	0.089744	0.910256	0.827777	

* cutting point in the graph

Appendix E: The Assessment tools

E.1 The achievement test on genetics

E.2 The Socio-scientific decision making ability test

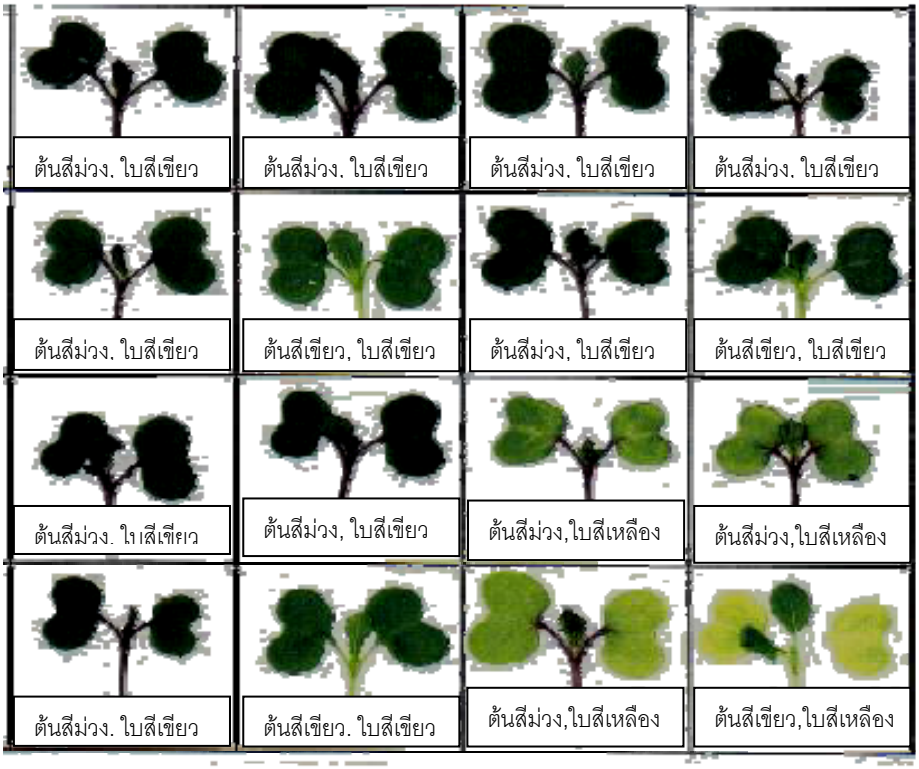
E.3 The questionnaire of students' opinions toward the curriculum

E.4 The questionnaire of teacher' opinions toward the curriculum

E.1 The achievement test on genetics

คำชี้แจง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับนี้มีข้อสอบจำนวน 35 ข้อ
ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องลงในกระดาษคำตอบ

1. จงใช้ข้อมูลสีของลำต้นและสีของใบที่ปรากฏในต้นไม้รุ่น F_2 ตอบคำถามต่อไปนี้



กำหนดยีนที่ควบคุมลักษณะดังนี้ P ลำต้นสีม่วง p ลำต้นสีเขียว
G ใบสีเขียว g ใบสีเหลือง

ข้อสรุปใด **ไม่** ถูกต้อง

ก. ต้นไม้มีพันธุ์แท้ของลักษณะเด่นและด้อยอย่างละ 1 ต้น

ข. จำนวนต้นที่มีลำต้นสีม่วง กับจำนวนต้นที่มีใบสีเขียวมีจำนวนเท่ากัน

ค. สีของใบเป็นสีเขียวเหลืองเนื่องจากการข่มไม่สมบูรณ์ระหว่างยีน G กับ g

ง. อัตราส่วนของลำต้นสีม่วง ใบสีเขียว ต่อ ลำต้นสีเขียว ใบสีเหลือง เท่ากับ 3 : 1

2. การผสมทดสอบ (test cross)ของต้นไม้ที่เกิดจากการแสดงออกของลักษณะพันธุกรรมแบบข่มไม่สมบูรณ์ระหว่างต้นดอกสีชมพู กับต้นดอกสีขาว จะได้รุ่นลูกที่มีฟีโนไทป์เป็นอย่างไร

ก. ดอกสีชมพูทั้งหมด

ข. ดอกสีขาว : ดอกสีชมพู มีอัตราส่วน 1: 1

ค. ดอกสีแดง : ดอกสีขาว มีอัตราส่วน 3: 1

ง. ดอกสีแดง : ดอกสีชมพู: ดอกสีขาว มีอัตราส่วน 1: 2: 1

3. ยีนในตำแหน่งเดียวกันของโครโมโซมหนึ่งมี 3 อัลลีล โดย 2 อัลลีลแสดงลักษณะพันธุกรรมแบบเด่นร่วมกัน อีกอัลลีลหนึ่งแสดงลักษณะด้อย ลักษณะฟีโนไทป์จากอัลลีลเหล่านี้มีได้กี่แบบ

ก. 2 แบบ ข. 3 แบบ ค. 4 แบบ ง. 6 แบบ

4. พันธะเคมีใด **ไม่** พบในโครงสร้างของดีเอ็นเอ

ก. Peptide bond ข. Hydrogen bond

ค. Disulfide bond ง. 3' -5' Phosphodiester bond

5. ข้อใดกล่าวถึงดีเอ็นเอ **ไม่** ถูกต้อง

ก. มีน้ำตาลเพนโตสเป็นองค์ประกอบ ข. พบได้ในคลอโรพลาสต์และไมโทคอนเดรีย

ค. โมเลกุลมีผลรวมของประจุเป็นลบ ง. ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสได้สีน้ำเงิน

6. ดีเอ็นเอสายใดเกิดขึ้นจากการจำลองตัวเองจากดีเอ็นเอแม่แบบที่มีลำดับเบสดังนี้

-------5' A T A C G C T A A G 3'-----

-------3' T A T G C G A T T C 5'------

A. 3' A T A C G C T A A G 5'

B. 5' A T A C G C T A A G 3'

C. 3' T A T G C G A T T C 5'

D. 5' T A T G C G A T T C 5'

ก. A และ B ข. B และ C ค. C และ D ง. D และ A

.7. ลำดับเบสของดีเอ็นเอ 3' TAC TGC AAA ACG TGG 5' จะเป็นแม่แบบสร้าง mRNA สายใด

ก. 3' TAC TGC AAA ACG TGG 5' ข. 5' ATG ACG TTT TGC ACC 3'

ค. 3' AUG ACG UUU UGC ACC 5' . ง. 5' AUG ACG UUU UGC ACC 3'

จงใช้ข้อมูลจากตารางรหัสพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตตอบคำถามต่อไปนี้

2nd base in codon

1st base in codon	U	C	A	G	3rd base in codon
U	Phe Phe Leu Leu	Ser Ser Ser Ser	Tyr Tyr STOP STOP	Cys Cys STOP Trp	U C A G
C	Leu Leu Leu Leu	Pro Pro Pro Pro	His His Gln Gln	Arg Arg Arg Arg	U C A G
A	Ile Ile Ile Met	Thr Thr Thr Thr	Asn Asn Lys Lys	Ser Ser Arg Arg	U C A G
G	Val Val Val Val	Ala Ala Ala Ala	Asp Asp Glu Glu	Gly Gly Gly Gly	U C A G

ภาพจาก http://encyclopedia.learn.in.th/content.php?encid=63&p_encid=76

8. จากตาราง ถ้ามี mRNA เป็น 3’ UAC UCG CGU UGC GCA 5’ จะสร้างสายพอลิเพปไทด์ใด

ก. Tyr – Ser – Arg – Cys - Ala
ข. Thr – Arg – Cry – Ala - His
ค. Met – Ser – Ala – Thr – Ser
ง. Ser – Thr – Ala – Ser - Met

9. ข้อความใดกล่าวถึงเทคโนโลยีพันธุวิศวกรรมได้ถูกต้อง

ก. การใช้รังสีก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ในเซลล์สืบพันธุ์
ข. การสร้างดีเอ็นเอโมเลกุลผสมและการถ่ายฝากยีน
ค. การเลี้ยงสิ่งมีชีวิตเพื่อให้ปรับตัวตามลักษณะสิ่งแวดล้อมที่ต้องการ
ง. การคัดเลือกพันธุ์ตามกฎการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของเมนเดล

จงใช้ภาพแสดงลำดับเบสและตำแหน่งของยีน B ของดีเอ็นเอเส้นหนึ่งตอบคำถามข้อ 10

5’ A T G A A T T A A G G C C C T T A A G A A A T T C T 3’
3’ T A C T T A A T T C C G G G A A T T C T T T A A G A 5’
ยีน B

10. เอนไซม์ตัดจำเพาะข้อใด ใช้ตัดเพื่อให้ได้ชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่มียีน B เพื่อนำมาเชื่อมต่อกับพลาสมิดในภาพนี้

พลาสมิด

ภาพจาก http://encyclopedia.learn.in.th/content.php?encid=63&p_encid=76

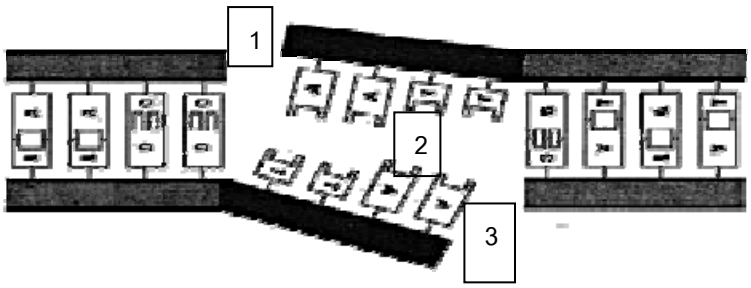
ก.
5' G G ↓C C 3'
3' C C ↑G G 5'

ข.
5' T T ↓A A 3'
3' A A ↑T T 5'

ค.
5' G A A T T ↓C 3'
3' C ↑T T A A G 5'

ง.
5' G ↓A A T T C 3'
3' C T T A A ↑G 5'

11. จากภาพเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส (ligase) จะทำหน้าที่เชื่อมต่อดีเอ็นเอที่ตำแหน่งใด



ภาพจาก http://campus.queens.edu/faculty/jannr/bio103/helpPages/C16DNAtech.htm

ก. 1 และ 2 ข. 1 และ 3 ค. 2 และ 3 ง. 1, 2 และ 3

12. เพราะเหตุใดจึงสามารถตัดต่อดีเอ็นเอเพื่อนำมาสร้างเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

ก. สิ่งมีชีวิตใช้รหัสพันธุกรรมเดียวกัน

ข. ดีเอ็นเอเป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด

ค. ยีนของสิ่งมีชีวิตได้รับการถ่ายทอดจากพ่อและแม่

ง. ความแตกต่างของลำดับเบสซ้ำบนดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิต

13. สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือ GMO คืออะไร

ก. สิ่งมีชีวิตที่ได้รับการดัดแปลงยีนโดยการใช้รังสีก่อให้เกิดการกลายพันธุ์

ข. สิ่งมีชีวิตที่ผ่านกระบวนการผสมพันธุ์และคัดเลือกให้ได้สายพันธุ์ที่ต้องการ

ค. สิ่งมีชีวิตที่มีสารพันธุกรรมที่ได้รับยีนจากสิ่งมีชีวิตต่างชนิดทำให้มีสารพันธุกรรมเปลี่ยนไป

ง. สิ่งมีชีวิตที่มีสารพันธุกรรมเปลี่ยนไปเนื่องจากการใช้สารเคมีกระตุ้นระหว่างเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

14. จงเรียงลำดับขั้นตอนการดัดแปรพันธุกรรมเพื่อสร้างส้มโอเนื้อสีทอง

A. นำต้นกล้าส้มโอปลูกลงในแปลง

B. เอนไซม์ตัดจำเพาะตัดยีนสร้างเนื้อสีทอง

C. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเซลล์ส้มโอเพื่อสร้างต้นกล้าส้มโอ

D. เชื่อมต่อยีนสีทองกับดีเอ็นเอพาหะ

E. นำดีเอ็นเอพาหะที่เป็นดีเอ็นเอโมเลกุลผสมเข้าเซลล์ส้มโอด้วยปืนยิงดีเอ็นเอ

ก. A-B-C- D- E ข. B-D-E-C-A

ค. C-A-B-D-E ง. D-B-E-C-D

15. มะละกอจีเอ็มถูกดัดแปรพันธุกรรมให้เกิดการต้านทานโรคจุดวงแหวนอย่างไร

ก. มะละกอจีเอ็มก่อให้เกิดโรคในไวรัสโรคจุดวงแหวน

ข. มะละกอจีเอ็มผลิตสารพิษทำลายไวรัสโรคจุดวงแหวน

ค. มะละกอจีเอ็มทำลายสารพันธุกรรมของไวรัสโรคจุดวงแหวน

ง. มะละกอจีเอ็มมีความทนต่อสารเคมีที่ใช้ฆ่าไวรัสโรคจุดวงแหวน

16. ข้อกังวลใด **ไม่ได้** เกิดจากพืชดัดแปรพันธุกรรม

ก. ศัตรูพืชมีพัฒนาการดื้อต่อสารกำจัดศัตรูพืช

ข. ยีนต้านทานยาปฏิชีวนะที่ใช้เป็นยีนเครื่องหมายอาจถ่ายทอดสู่สิ่งมีชีวิตอื่น

ค. ร่างกายผู้บริโภคจะมีภูมิต้านทานต่อโรคพืชเช่นเดียวกับพืชดัดแปรพันธุกรรม

ง. พืชอื่น ๆ ในธรรมชาติอาจมีการเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรมจากยีนของพืชดัดแปรพันธุกรรม

17. การประยุกต์ใช้เทคนิคพันธุวิศวกรรมทางการแพทย์ทำให้เกิดสิ่งใด

ก. การนำเซลล์ต้นกำเนิดมาใช้รักษาโรค ข. การตรวจหาลำดับเบสของคนไข้

ค. การแก้ไขยีนที่ทำให้เกิดโรค ง. การสร้างร่างกายคนไข้ขึ้นมาใหม่

18. ข้อความใดกล่าวถึงการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอถูกต้อง

ก. ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของคนจะมีการเปลี่ยนแปลงตามอายุขัย

ข. ลายพิมพ์ดีเอ็นเอเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคลซึ่งไม่มีทางเหมือนกันได้

ค. ลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ตรวจจากดีเอ็นเอในนิวเคลียสสามารถบอกความสัมพันธ์ของแม่ลูกได้

ง. ลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ตรวจจากดีเอ็นเอในไมโทคอนเดรียใช้พิสูจน์ความสัมพันธ์ระหว่างพ่อลูกได้

19. เพราะเหตุใดลำดับเบสซ้ำของดีเอ็นเอจึงสามารถใช้จำแนกบุคคลได้

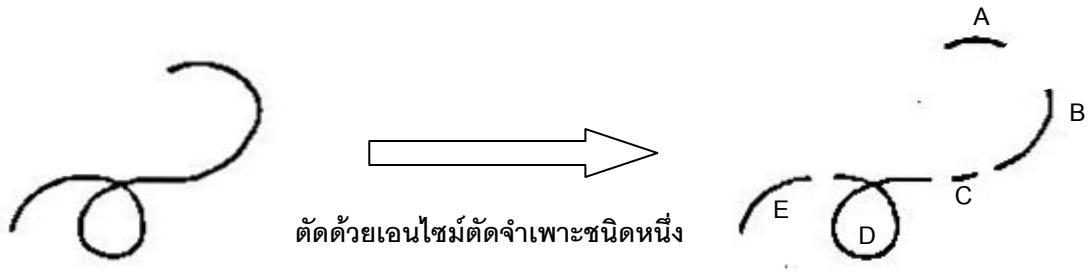
ก. ลำดับเบสซ้ำทำให้ยีนของแต่ละคนแตกต่างกันทำให้เกิดลายพิมพ์ต่างกัน

ข. ลำดับเบสซ้ำของแต่ละคนมีลักษณะของเบสซ้ำและจำนวนซ้ำที่แตกต่างกัน

ค. ลำดับเบสซ้ำมีรูปแบบการซ้ำที่ทำให้หมู่เลือดของแต่ละคนมีความแตกต่างกัน

ง. ลำดับเบสซ้ำของแต่ละบุคคลทำให้เกิดการสร้างพลังงานของเซลล์ที่แตกต่างกัน

20. ภาพแสดงชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดหนึ่ง



จากภาพชิ้นส่วนดีเอ็นเอ A B C D และ E เมื่อนำมาแยกด้วยวิธี gel electrophoresis จะมีการเรียง

ลำดับจากจุดเริ่มต้นอย่างไร

ก. A → B → C → D → E

ข. B → D → E → A → C

ค. C → A → E → B → D

ง. D → B → E → A → C

21. ข้อความใดกล่าวถึงการนำปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสมาใช้ในการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอได้ถูกต้อง

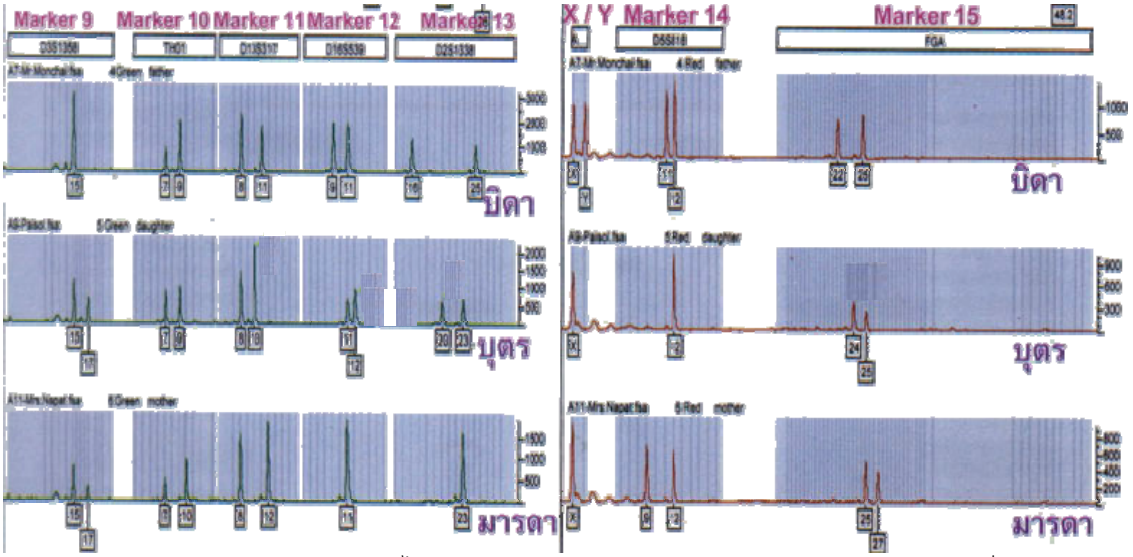
ก. ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสจะเพิ่มปริมาณบริเวณลำดับเบสซ้ำในดีเอ็นเอตัวอย่าง

ข. ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสจะเติมสารเรืองแสงลงในบริเวณลำดับเบสซ้ำของดีเอ็นเอ

ค. บริเวณลำดับเบสซ้ำจะถูกตัดออกจากดีเอ็นเอตัวอย่างในปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส

ง. ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสจะหาลำดับเบสของบริเวณลำดับเบสซ้ำในดีเอ็นเอตัวอย่าง

ภาพแสดงผลการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอบางส่วนด้วยเครื่องอัตโนมัติของพ่อ แม่ และลูก จงตอบคำถามข้อ 22



ภาพจาก สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทยและสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2548: 9-11). *สาระน่ารู้อณูพันธุศาสตร์*. กรุงเทพ ฯ : เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล

22. จากผลการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ ข้อใดสรุปความสัมพันธุ์ระหว่างบุตร บิดา และมารดาที่มาตรวจ ได้ถูกต้อง

ก. บุตรมีความสัมพันธ์เฉพาะกับบิดา
ข. บุตรมีความสัมพันธ์เฉพาะกับมารดา
ค. บุตรมีความสัมพันธ์ทั้งบิดาและมารดา
ง. บุตรไม่มีความสัมพันธ์ทั้งบิดาและมารดา

23.นางสาว A ได้เข้าแจ้งความกล่าวหาว่าถูกชายคนหนึ่งข่มขืน แพทย์ได้ตรวจพบคราบอสุจิและนำไปตรวจวิเคราะห์ร่วมกับดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัย 4 คน จากหลักฐานจากผลการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอสามารถสรุปได้ว่าผู้ต้องสงสัยคนใดที่เป็นคนร้าย

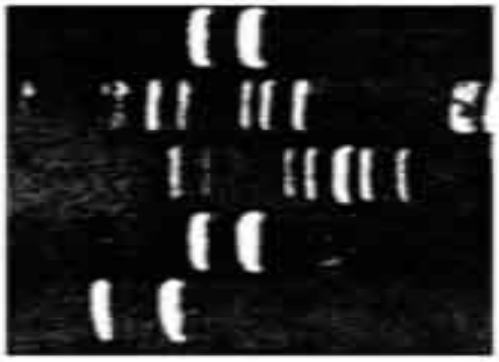
หลักฐานคราบอสุจิ

ผู้ต้องสงสัยคนที่ 1

ผู้ต้องสงสัยคนที่ 2

ผู้ต้องสงสัยคนที่ 3

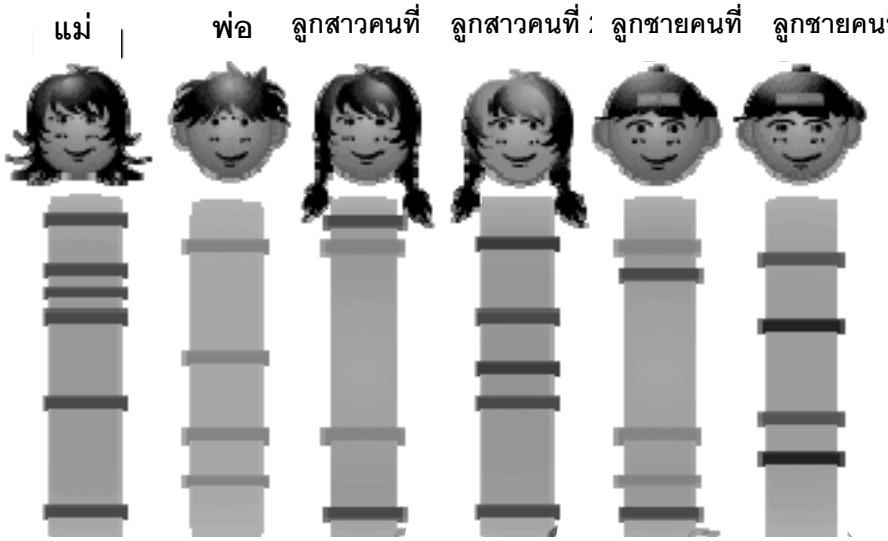
ผู้ต้องสงสัยคนที่ 4



ก. ผู้ต้องสงสัยคนที่ 1
ข. ผู้ต้องสงสัยคนที่ 2
ค. ผู้ต้องสงสัยคนที่ 3
ง. ผู้ต้องสงสัยคนที่ 4

ภาพจาก http://www.biotech.iastate.edu/lab_protocols/DNA_Fingerprinting.html

ภาพแสดงผลการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอของครอบครัวที่มีสมาชิกในครอบครัว 6 คน ได้แก่ แม่ พ่อ ลูกสาว 2 คน และลูกชาย 2 คน จงตอบคำถามข้อ 24-25



ภาพจาก สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทยและสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2548: 9-5). *สาระน่ารู้อณูพันธุศาสตร์*. กรุงเทพ ฯ : เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล

24. ลูกคนใดของครอบครัวนี้เป็นลูกติด

ก. ลูกสาวคนที่ 1 ข. ลูกสาวคนที่ 2

ค. ลูกชายคนที่ 1 ง. ลูกชายคนที่ 2

25. ลูกคนใดเป็นลูกที่ถูกขอมาเลี้ยง

ก. ลูกสาวคนที่ 1 ข. ลูกสาวคนที่ 2

ค. ลูกชายคนที่ 1 ง. ลูกชายคนที่ 2

26.เมื่อผู้ป่วยโรคมะเร็งเม็ดโลหิตขาวได้รับการปลูกถ่ายไขกระดูกสำเร็จแล้ว การตรวจหาลายพิมพ์ดีเอ็นเอของผู้ป่วยที่แสดงผลแบบก่อนการปลูกถ่ายไขกระดูกจะต้องตรวจได้จากสิ่งใด

ก. เซลล์ไขกระดูก ข. เซลล์เม็ดเลือดขาว

ค. เซลล์เม็ดเลือดแดง ง. เซลล์เยื่อบุกระพุ้งแก้ม

27. ข้อใดกล่าวเกี่ยวกับโครงการจีโนมมนุษย์ได้ถูกต้อง

ก. การสร้างมนุษย์ดัดแปรพันธุกรรม

ข. การศึกษาลำดับของเบสในดีเอ็นเอมนุษย์

ค. การสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอมาตรฐานของมนุษย์

ง. ศึกษาจากโครโมโซมของเพศชายเท่านั้น

28. Dideoxyribonucleotide triphosphate ชนิดใด ก่อให้เกิดชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่สร้างขึ้นในปฏิกิริยาของ chain-termination ดังภาพ

5' G A A T G T T T T C 3'
5' G A A T G T T T T C G T A A A C 3'
5' G A A T G T T T T C G T A A A C T T A G C 3'

ก. ddATP ข. ddCTP ค. ddGTP ง. ddTTP

29. หลักการใดใช้สำหรับการหาลำดับเบสด้วยการใช้เครื่องอ่านแบบอัตโนมัติ

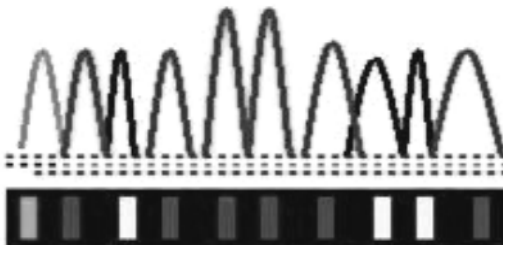
ก. ขนาดของชิ้นส่วนดีเอ็นเอทำให้เกิดการเรืองแสงที่ต่างกัน

ข. สารเรืองแสงทำให้ชิ้นส่วนดีเอ็นเอมีการเคลื่อนที่ในแผ่นวุ้นแตกต่างกัน

ค. ชนิดเบสตัวสุดท้ายของปลายของชิ้นส่วนดีเอ็นเอทำให้เรืองแสงต่างกัน

ง. ดีเอ็นเอแม่แบบจะปล่อยเบสและสารเรืองแสงออกจากสายดีเอ็นเอทีละตัว

30. จากภาพผลการหาลำดับเบสของดีเอ็นเอด้วยเครื่องอัตโนมัติ ลำดับเบสใดคือลำดับเบสของดีเอ็นเอสายแม่แบบของภาพนี้



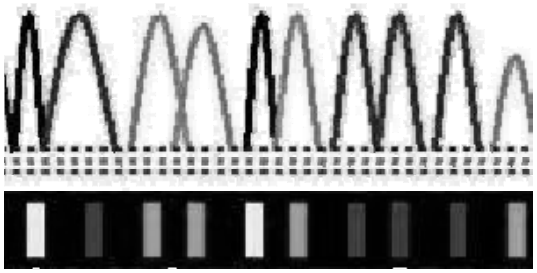
A T G C T T C G G C

ปรับปรุงภาพจาก http://dnasequencing.wordpress.com/2007/10/

ก. 3' C G G C T T C G T A 5' ข. 5' C G G C T T C G T A 3'

ค. 3' G C C G A A G C A T 5' ง. 5' G C C G A A G C A T 3'

31. ภาพแสดงผลการหาลำดับเบสด้วยเครื่องอัตโนมัติของดีเอ็นเอสายหนึ่ง

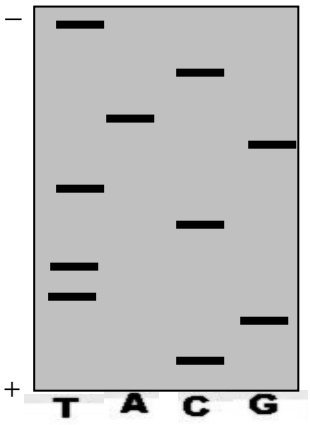


G C A A G A C T G A

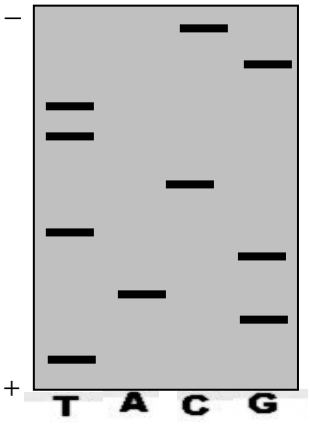
ปรับปรุงภาพจาก http://dnasequencing.wordpress.com/2007/10/

แผ่นรุ้นข้อใ าดับเบสของภาพนี้

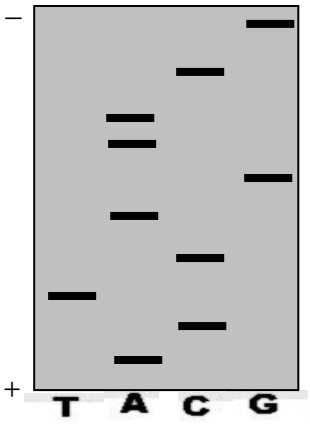
ก



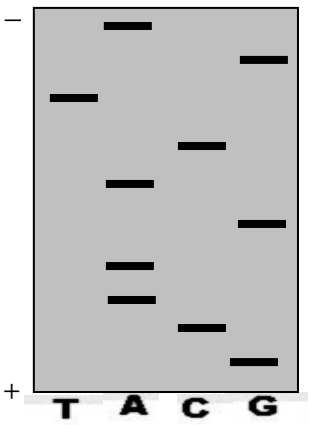
ข



ค



ง



32. หลักการใดใช้สำหรับการเรียงลำดับชิ้นส่วนดีเอ็นเอเพื่อหาลำดับเบสของจีโนม

ก. ชิ้นส่วนดีเอ็นเอจะเรียงตามขนาดของชิ้นส่วนดีเอ็นเอจากเล็กไปใหญ่

ข. ชิ้นส่วนดีเอ็นเอจะเรียงโดยหาบริเวณเบสคู่สมกับชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่อยู่ถัดไป

ค. ชิ้นส่วนดีเอ็นเอจะเรียงโดยหาบริเวณเบสที่เหมือนของชิ้นต่อไปมาซ้อนทับกัน

ง. ชิ้นส่วนดีเอ็นเอเรียงตามผลรวมของประจุไฟฟ้าของแต่ละชิ้นส่วนดีเอ็นเอจากมากไปน้อย

33. ภาพแสดงลำดับเบสของชิ้นส่วนดีเอ็นเอจำนวน 3 ชิ้นส่วน

5’ G A G T A C C 3’	5’ C T C A A T G G 3’	5’ T A C C G G C T C A 3’

ลำดับเบสในข้อใดเป็นลำดับเบสที่ได้จากการเรียงชิ้นส่วนดีเอ็นเอ 3 ชิ้นส่วนนี้

ก. 5’ G A G T A C C G G C T C A A T G G 3’

ข. 5’ C T C A T A C C G G G G A G T A C C 3’

ค. 5’ G A G T A C C C T C A A T G G T A C C G G C T C A 3’

ง. 5’ T A C C G G C T C A C T C A A T G G G A G T A C C 3’

จากภาพการเปลี่ยนแปลงชนิดของนิวคลีโอไทด์บนสายดีเอ็นเอจาก C เป็น T ของโครโมโซมคนที่ 3 จงตอบคำถามข้อ 34

Chromosome 1 AACAC*GCCA…
Chromosome 2 AACAC GCCA…
Chromosome 3 AACAT GCCA…
Chromosome 4 AACAC GCCA…

34. ความแตกต่างของนิวคลีโอไทด์ที่ตำแหน่งหนึ่งๆ บนโครโมโซมเรียกว่าอะไร

ก. จีโนมิกส์ ข. สนิปส์ ค. เบสเฉพาะ ง. ยีโนมิกส์

35. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. จีโนมิกส์ (genomics) ศึกษากระบวนการเกิดเมตาบอลิซึมต่าง ๆ

ข. โปรตีโอมิกส์ (proteomics) ศึกษา mRNA เพื่อศึกษาการแสดงออกของยีน

ค. ชีวสารสนเทศ (bioinformatics) ศึกษาวิธีการจัดการกับข้อมูลของการศึกษาจีโนม

ง. เภสัชพันธุศาสตร์ (pharmacogenomics) ศึกษาหายีนที่ก่อให้เกิดโรคทางพันธุกรรม

E.2 The Socio-scientific decision making ability test

แบบทดสอบความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับ

ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่

ธนาคารดีเอ็นเอ ก้าวที่พร้อม ในการพัฒนาชีววิทยาศาสตร์ไทย !!

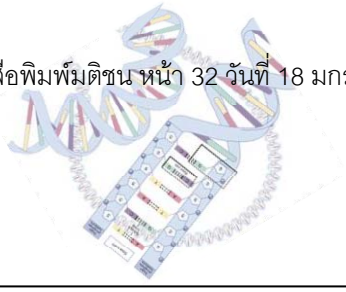
16 มกราคมที่ผ่านมา ณ โรงแรมรามาการ์เด้นส์ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ของประเทศไทย (ทีเซลล์) เป็นโต้โผเชิญผู้เชี่ยวชาญระดับโลกมาบรรยาย และให้คำปรึกษาถึงการก่อตั้ง "ธนาคารดีเอ็นเอ" หรือ BIO BANK การหารือครั้งนี้ นพ.ธงชัย ทวิชาชาติ ประธานเจ้าหน้าที่บริหารทีเซลล์ (TCELS) เชื้อเชิญ รศ.ดร.กันเนล ไทบริงก์ ผู้อำนวยการสถาบัน Karolinska Institutet Bio bank แห่งประเทศสวีเดน และเป็นที่ปรึกษาในการจัดตั้ง Bio Bank ในไต้หวัน และ ดร.เดวิด เวลลิส ประธานบริษัท GenVault ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มีชื่อเสียงด้านระบบจัดเก็บเลือดและดีเอ็นเอในระดับโลก มาบรรยายในหัวข้อ "เราจะจัดตั้ง Bio Bank ในประเทศไทยได้อย่างไร"

เหตุผลของการพูดคุยครั้งนี้ ประธานบริหารทีเซลล์บอกว่า ด้วยเหตุผลความสำเร็จของนักวิทยาศาสตร์ไทย ที่สามารถระบุรูปแบบพันธุกรรมที่เหมือนกันของคนไทยได้ ภายใต้โครงการเภสัชพันธุศาสตร์ (Pharmacogenomics)ความสามารถในจัดเก็บกลุ่มตัวอย่าง ผู้ป่วยโรคเครียดจากเหตุการณ์สึนามิ หรือPTSD (Post Traumatic Stress Disorder)ได้เป็นจำนวนมากที่สุดในโลกภายใต้โครงการ TSUNAMI PTSD GENOMICS CENTER ทั้งสองเป็นโครงการหลักของศูนย์ ทีเซลล์"ผมเห็นว่าถึงเวลาแล้วที่ประเทศไทยต้องมีธนาคารเก็บดีเอ็นเอ (Bio Bank) เป็นของตัวเอง เพื่อประโยชน์ของผู้ป่วยในกลุ่มโรคต่างๆ อาทิ เอดส์ เบาหวาน หัวใจ มะเร็ง PTSD ไข้หวัดนก ฯลฯซึ่งเป็นโรคที่มีผู้ป่วยเป็นจำนวนมากและยังไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ "ขณะนี้มีหน่วยงาน กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ สถาบันราชานุกูล กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยต่างๆ รวมทั้งบริษัทเอกชนบางแห่ง ได้มีการจัดเก็บดีเอ็นเอในกลุ่มโรคต่างๆ กันบ้างแล้ว แต่มีลักษณะต่างคนต่างทำไม่รวมศูนย์ จึงคิดว่าจะดีกว่าหรือไม หากสามารถเชื่อมโยงหน่วยงานเหล่านั้นเข้าด้วยกันเพื่อจัดตั้ง Bio Bank รวบรวมดีเอ็นเอ ชิ้นส่วนวัสดุอื่นๆ จากร่างกาย โปรตีน น้ำเหลืองในร่างกายมาเก็บเข้าด้วยกันเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใหญ่ เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์และนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด "

ธนาคารดีเอ็นเอ ก้าวที่พร้อม ในการพัฒนาชีววิทยาศาสตร์ไทย !! (ต่อ)

เราจึงเชิญผู้เชี่ยวชาญระดับโลก มาให้ความรู้ในหัวข้อ "จัดตั้ง Bio Bank ในประเทศไทยได้อย่างไร" เพื่อให้คำแนะนำขั้นตอนทำอย่างไร อุปสรรคคืออะไร วิธีดีที่สุดในการเริ่มต้นอย่างไร จนถึงการเก็บตัวอย่างดีเอ็นเอ ด้วยเทคโนโลยีที่ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ โดยจะเปิดให้ผู้เข้าร่วมฟังได้แสดงความคิดเห็นกันอย่างเต็มที่ จากนั้นจะสรุปเป็นแนวทางเพื่อจัดทำเสนอเป็นโครงการต่อรัฐบาลและเรายังต้องการความรู้จากทุกฝ่ายในประเทศไทยที่ประสบเหตุการณ์มาช่วยกันคิดวิเคราะห์ถึงความต้องการสิ่งไหนเรียงลำดับความสำคัญสูงสุดตามกันมา รวมถึงจริยธรรมใน[illegible]กำกับ ซึ่งมีความสำคัญมาก จึงต้องหารือ ปรึกษาและระดมความคิดกันมา เพื่อนำข้อมูลที่ไดรวบรวมทำเป็นโครงการเสนอของบประมาณสนับสนุนจากรัฐบาลในปี 2551

โดยทีเซลล์มีหน้าที่เสนอนโยบาย ประสานความร่วมมือกับความต้องการด้านชีววิทยาศาสตร์ "เราทราบดีว่ามี ดีเอ็นเอจากการเก็บเลือดของทารกจากพันธุกรรม และจากสิ่งแวดล้อมที่เป็นพิษของหลายสถาบัน ซึ่งจำเป็นต่อการทำวิจัยมากมาย ขั้นตอนนี้นักวิจัยมีความลำบาก ดังนั้น การมีธนาคารดีเอ็นเอ เพื่อจัดเก็บและบริหารจัดการอย่างเป็นระบบ ตอบสนองและรับใช้นักวิจัยจึง จำเป็น "ทีสำคัญเราค้นหา และรับรู้ มองการดำเนินการถึงความพร้อม เพื่อสนองต่อนโยบายเศรษฐกิจพอเพียง โดยไม่จำเป็นต้อง ใช้งบประมาณจำนวน มากอย่างที่คิดมาก่อตั้งธนาคารดีเอ็นเอครั้งนี้ เพราะเราสามารถ เริ่มได้[illegible]ต้องการเศรษฐกิจพอเพียง และการรู้ทันเทคโนโลยีเพื่อที่จะก่อ ให้เกิดประโยชน์กับประเทศสูงสุด ธนาคารดีเอ็นเอ มีส่วนช่วยพัฒนา บุคลากรในประเทศและการแลก[illegible]
ข้อมูลกับต่างประเทศ เพื่อทำให้ไม่ตกเป็นเหมือนเบี้ยล่างชาติใดในพัฒนาความก้าวหน้าทางชีววิทยาศาสตร์อีก"



ที่มา: คอลัมน์ Matichon Guest หนังสือพิมพ์มติชน หน้า 32 วันที่ 18 มกราคม พ.ศ. 2550 ปีที่ 30 ฉบับที่ 10540

1. เมื่อนักเรียนอ่านข่าว “ธนาคารดีเอ็นเอก้าวที่พร้อมในการพัฒนาชีววิทยาศาสตร์ไทย นักเรียนคิดว่าปัญหาหรือข้อขัดแย้งที่อาจเกิดขึ้นจากประเด็นการจัดตั้งธนาคารดีเอ็นเอของประไทยคืออะไ (คิดหลากหลายแง่มุมให้มากที่สุด)

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใดที่เกี่ยวข้องกับประเด็นเรื่องการจัดตั้งธนาคารดีเอ็นเอ ของประเทศไทยที่เกิดขึ้นนี้

.....

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนต้องการความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือเทคโนโลยีและความรู้ทางสังคมอะไรเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเข้าใจในประเด็นเกี่ยวกับการจัดตั้งธนาคารดีเอ็นเอของประเทศไทยที่เกิดขึ้นนี้

.....

.....

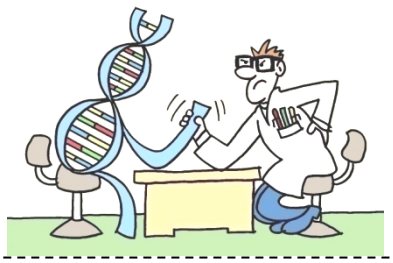
.....

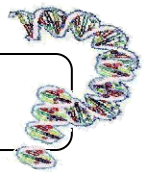
.....

.....

จากความก้าวหน้าของการศึกษาทางพันธุศาสตร์ให้นักเรียนระบุว่าการจัดตั้งธนาคารดีเอ็นเอในประเทศไทย จะทำให้เกิด - ประโยชน์ด้านใด ผู้มีส่วนได้ประโยชน์มีใครบ้างและได้ประโยชน์อย่างไร

- การสูญเสียผลประโยชน์ด้านใด ผู้ที่เสียประโยชน์มีใครบ้างและเสียประโยชน์อย่างไร





นักเรียนคิดว่าประเทศไทยควรมีแนวทางอย่างไรกับการจัดตั้งธนาคารดีเอ็นเอ

4.นักเรียนระบุทางเลือกหรือแนวทางที่เป็นไปได้สำหรับการจัดตั้งธนาคารดีเอ็นเอของประเทศไทย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.นักเรียนคิดว่าจะเลือกทางเลือกใดที่คิดว่าเหมาะสมกับประเด็นการจัดตั้งธนาคารดีเอ็นเอของประเทศไทยมากที่สุด และอธิบายถึงเกณฑ์ที่นักเรียนใช้ในการเลือกทางเลือกนี้

.....

.....

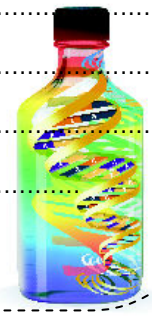
.....

.....

.....

.....

.....



เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับแบบทดสอบความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม

แนวทางการประเมินของการตัดสินใจ		**คะแนนที่ได้รับ**
1. **ระบุปัญหาหรือความขัดแย้งที่เกิดจากประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม** *หมายเหตุ* ปัญหา หรือความขัดแย้งที่เป็นด้านที่ต่างกันและมีความชัดเจนจึงเป็น 1ด้าน	♦ไม่สามารถระบุปัญหาหรือความขัดแย้ง	0
	สามารถระบุปัญหาหรือความขัดแย้งที่อาจเกิดขึ้นได้ 1 ด้าน	1
	สามารถระบุปัญหาหรือความขัดแย้งที่อาจเกิดขึ้นได้ 2 ด้าน	2
	สามารถระบุปัญหาหรือความขัดแย้งที่อาจเกิดขึ้นได้ 3 ด้าน	3
	สามารถระบุปัญหาหรือความขัดแย้งที่อาจเกิดขึ้นได้ 4 ด้าน	4
	สามารถระบุปัญหาหรือความขัดแย้งที่อาจเกิดขึ้นตั้งแต่ 5 ด้าน	5
2.**ความรู้วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง**	♦ไม่สามารถระบุความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องได้	0
	♦สามารถระบุความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง 1 ด้าน	1
	♦สามารถระบุความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง 2 ด้าน	2
	♦สามารถระบุความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง 3 ด้าน	3
	♦สามารถระบุความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง 4 ด้าน	4
	♦สามารถระบุความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้องตั้งแต่ 5 ด้าน	5
3. **ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมที่ต้องการเพิ่มเติม**	♦ไม่ต้องการหรือไม่สนใจหาข้อมูลวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพิ่มเติม	0
	♦ต้องการ วางแผน หรือแสวงหาความรู้เฉพาะด้านวิทยาศาสตร์**หรือ**ด้านสังคม	1
	♦ ต้องการ วางแผน หรือแสวงหาความรู้ทั้งด้านวิทยาศาสตร์**และ**ด้านสังคม	2

แนวทางการประเมินของการตัดสินใจ		หมายเหตุ
4. **การระบุผู้ได้รับประโยชน์** *หมายเหตุ* กลุ่มผู้ได้รับประโยชน์ที่ต่างกันชัดเจนเป็น 1 กลุ่ม	♦ไม่สามารถระบุผู้มีส่วนได้ประโยชน์จากประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคม	0
	♦สามารถระบุผู้มีส่วนได้ประโยชน์จากประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคมได้ 1 กลุ่ม	1
	♦สามารถระบุผู้มีส่วนได้ประโยชน์จากประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคมได้ 2 กลุ่ม	2
	♦สามารถระบุผู้มีส่วนได้ประโยชน์จากประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคมได้ 3 กลุ่ม	3
	♦สามารถระบุผู้มีส่วนได้ประโยชน์จากประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคม ได้ 4 กลุ่ม	4
	♦สามารถระบุผู้มีส่วนได้ประโยชน์จากประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคมได้ตั้งแต่ 5 กลุ่ม	5
5. **การระบุผู้สูญเสียประโยชน์** *หมายเหตุ* กลุ่มผู้สูญเสียประโยชน์ที่ต่างกันชัดเจนเป็น 1 กลุ่ม	♦ไม่สามารถระบุผู้มีส่วนเสียประโยชน์จากประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคม	0
	♦สามารถระบุผู้มีส่วนเสียประโยชน์จากประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคมได้ 1 กลุ่ม	1
	♦สามารถระบุผู้มีส่วนเสียประโยชน์จากประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคมได้ 2 กลุ่ม	2
	♦สามารถระบุผู้มีส่วนเสียประโยชน์จากประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคมได้ 3 กลุ่ม	3
	♦สามารถระบุผู้มีส่วนเสียประโยชน์จากประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคม ได้ 4 กลุ่ม	4
	♦สามารถระบุผู้มีส่วนเสียประโยชน์จากประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคมได้ตั้งแต่ 5 กลุ่ม	5

แนวทางการประเมินของการตัดสินใจ		หมายเหตุ
6. **การระบุทางเลือกที่เป็นไปได้สำหรับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม** *หมายเหตุ* - ทางเลือกที่ต่างกันเป็นทางเลือกละ 1 ทางเลือก - ทางเลือกจะต้องเป็นทางเลือกที่เป็นการปฏิบัติทางบวก มีคุณธรรม จริยธรรม - ทางเลือกต้องมีความชัดเจน เป็นเหตุเป็นผล	♦ไม่สามารถทางเลือกได้	0
	♦สามารถระบุทางเลือกได้ 1 ทางเลือก	1
	♦สามารถระบุทางเลือกได้ 2 ทางเลือก	2
	♦สามารถระบุทางเลือกได้ 3 ทางเลือก	3
	♦สามารถระบุทางเลือกได้ 4 ทางเลือก	4
	♦สามารถระบุทางเลือกได้ตั้งแต่ 5 ทางเลือก	5
7. **การเลือกทางเลือกและเกณฑ์ที่ใช้เพื่อตัดสินใจเลือกทางเลือก** *หมายเหตุ* - ทางเลือกที่คิดว่าดีที่สุด - เกณฑ์ที่ใช้ตัดสินใจเลือกมีความชัดเจนเป็นเหตุเป็นผล มีคุณธรรมจริยธรรม	♦ ไม่สามารถตัดสินใจเลือกทางเลือกได้	0
	♦ตัดสินใจเลือกทางเลือกที่**ไม่**สอดคล้องกับกลุ่มทางเลือกที่ระบุไว้	1
	♦ ตัดสินใจเลือกทางเลือกจากกลุ่มทางเลือกที่ระบุไว้แต่**ไม่มี**เกณฑ์การเลือก	2
	♦ ตัดสินใจเลือกทางเลือกจากกลุ่มทางเลือกที่ระบุไว้แต่เกณฑ์การเลือก**ไม่**ชัดเจน	3
	♦ตัดสินใจเลือกทางเลือกจากกลุ่มทางเลือกที่ระบุไว้และมีเกณฑ์การเลือกชัดเจน	4
	♦ตัดสินใจเลือกทางเลือกจากกลุ่มทางเลือกที่ระบุไว้และใช้เกณฑ์การเลือกที่ชัดเจนมากกว่า 1 เกณฑ์	5

E.3 The questionnaire of students' opinions toward the curriculum

แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนหลักสูตรวิทยาศาสตร์เรื่องพันธุศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม
2. ขอให้นักเรียนตอบแบบสอบถามฉบับนี้ให้ครบถ้วนและตรงกับความเป็นจริง
3. แบบสอบถามฉบับนี้มี 2 ตอนคือ

   ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของนักเรียน

   ตอนที่ 2 แบบสอบถามแสดงความคิดเห็นแบบเลือกตอบและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของนักเรียน

คำชี้แจง โปรดเติมข้อมูลส่วนตัวของนักเรียนลงในช่องว่างที่กำหนดให้หรือทำเครื่องหมาย / ลงใน ☐ หน้าตัวเลือก

1. ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ..... อายุ ..... ปี
2. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
3. นักเรียนเคยเลือกเรียนรายวิชาเลือกของชีววิทยา

   ☐ ไม่เคย

   ☐ เคย ระบุชื่อรายวิชา .....

   .....

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน

คำชี้แจง นักเรียนพิจารณารายการต่อไปนี้แล้วทำเครื่องหมายลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1	ประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมทำให้นักเรียนสนใจที่และอยากเรียนรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับประเด็นดังกล่าวมากขึ้น					
2	ประเด็นทางวิทยาศาสตร์และเนื้อหามีความทันสมัย					
3	ระดับความยากของเนื้อหาสาระ					
4	กิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีความสอดคล้องกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และ สังคม					
5	กิจกรรมการจัดการเรียนการสอนมีความหลากหลายและน่าสนใจ					
6	นักรียนมีโอกาสได้เรียนรู้จากสื่อหลากหลายประเภท					
7	นักเรียนมีโอกาสศึกษา ค้นคว้าหาความรู้และข้อมูลข่าวสารจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ					
8	นักเรียนมีโอกาสร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างกว้างขวาง					
9	นักเรียนมีโอกาสเชื่อมโยงความรู้ที่เรียนกับชีวิตจริง					
10	นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียนในชีวิตประจำวัน					
11	นักเรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง					
12	การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมทำให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการคิดตัดสินใจ					
13	นักเรียนได้ฝึกคิดตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมที่เกี่ยวข้องกับพันธุศาสตร์					
14	จากการเรียนรู้นักเรียนมีความมั่นใจในการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และ สังคมด้านพันธุศาสตร์เพิ่มมากขึ้น					
15	นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้กระบวนการคิดตัดสินใจมาใช้ตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมอื่น ๆ					
16	นักเรียนสนใจจะติดตามข่าวสารที่เป็นประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมต่อไป					

บันทึกความประทับใจ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/ความคิดเห็นอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

E.4 The questionnaire of teacher' opinions toward the curriculum

แบบสอบถามความคิดเห็นของครูที่มีต่อหลักสูตร

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและรวบรวมความคิดเห็นของครูที่เกี่ยวข้องที่มีต่อหลักสูตรวิทยาศาสตร์เรื่องพันธุศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม
2. แบบสอบถามฉบับนี้มี 3 ตอนคือ

   ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของครู

   ตอนที่ 2 แบบสอบถามแสดงความคิดเห็นแบบเลือกตอบ

   ตอนที่ 3 ผลการใช้หลักสูตร ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ชื่อ นามสกุล.....

ตำแหน่ง.....

สถานที่ทำงาน.....

.....

ประสบการณ์ในการทำงาน.....

……

……

……...

e-mail……

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นของครูที่มีต่อหลักสูตร

คำชี้แจง ให้ท่านพิจารณารายการต่อไปนี้แล้วทำเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1	**ด้านเนื้อหาของหลักสูตร** เนื้อหามีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของหลักสูตร					
2	เนื้อหามีการเรียงลำดับเนื้อหาเหมาะสม					
3	เนื้อหามีระดับความยากที่พอเหมาะกับนักเรียน					
4	เนื้อหามีความสัมพันธ์กับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม					
5	เนื้อหามีความเหมาะสมให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงและประยุกต์ใช้สิ่งที่เกิดการเรียนรู้กับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน					
6	**ด้านการจัดการเรียนการสอนของหลักสูตร** การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่สอดคล้องกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมมีความเหมาะสม					
7	กิจกรรมการเรียนรู้มีลักษณะส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ควบคู่กับการเรียนรู้ในประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมเกี่ยวข้อง					
8	กิจกรรมการเรียนการสอนในหลักสูตรมีความหลากหลาย น่าสนใจ					
9	การจัดการเรียนการสอนส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและพัฒนาการคิดตัดสินใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมที่เกี่ยวข้อง					
10	ความเหมาะสมของ การสังเกต การให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือกับนักเรียนในขณะจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตร					
11	ระยะเวลาการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรมีความเหมาะสม					

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
12	**ด้านสื่อการเรียนการสอนของหลักสูตร** สื่อการเรียนการสอนและแหล่งเรียนรู้มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับเนื้อหาของหลักสูตร					
13	สื่อการเรียนการสอนและแหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมสำหรับใช้เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน					
14	สื่อการเรียนการสอนเหมาะสมต่อการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน					
15	สื่อการเรียนการสอนและแหล่งเรียนรู้มีความหลากหลายและน่าสนใจ					
16	**ด้านการวัดและประเมินผลของหลักสูตร** การวัดผลการเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของหลักสูตร					
17	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตร					
18	การวัดและประเมินผลสอดคล้องและเหมาะสมกับเนื้อหาของหลักสูตร					
19	การวัดและประเมินผลครอบคลุมทั้งเนื้อหาและการคิดตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมของหลักสูตร					
20	หลักสูตรมีการวัดและประเมินผลตามสภาพจริงของนักเรียนตลอดการจัดการเรียนการสอนเพื่อมุ่งพัฒนาความรู้ความสามารถของนักเรียน					
21	**ภาพรวมของหลักสูตร** ความจำเป็นของการพัฒนาหลักสูตรนี้มีความเหมาะสม					
22	หลักสูตรมีความเหมาะสมกับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย					
23	ความเหมาะสมของหลักสูตรที่บูรณาการการสอนการคิดตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม					
24	หลักสูตรมีความเหมาะสมกับการนำมาใช้จัดการเรียนการสอน					

ตอนที่ 3 ผลการใช้หลักสูตร ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1. **ผลการใช้หลักสูตร**

1.1 ผลการเรียนรู้ของนักเรียนในภาพรวม

……

……

……

……

……

……

1.2 ผลการสังเกตกิจกรรมการเรียนของนักเรียนในภาพรวม

……

……

……

……

……

……

……

1.3 ผลประเมินบรรยากาศในการเรียนการสอน

……

……

……

……

……

……

……

……

……

1.4 **ความคิดเห็นของครูผู้สอนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน**

……

……

……

……

……

……

2. **ปัญหา อุปสรรคของการใช้หลักสูตร**

……

……

……

……

……

……

3. **ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม**

……

……

……

……

……

ลงชื่อผู้ประเมิน

……..

(……)

Appendix F: The Sample of the student guidebook

เอกสารประกอบการเรียนรู้ เรื่อง พันธุศาสตร์

สำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ที่ส่งเสริมความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม

คณะกรรมการที่ปรึกษา **โดย**

รศ.ดร. สมสรร วงษ์อยู่น้อย นางสาวสุรีย์พร แก้วเมืองมูล
ผศ.ดร. ปรินทร์ ชัยวิสุทธางกูร นิสิตดุษฎีบัณฑิตสาขาวิทยาศาสตรศึกษา
ดร.ปรีชาญ เดชศรี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คำนำ

เอกสารประกอบการเรียนรู้เรื่องพันธุศาสตร์นี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นเอกสารประกอบการเรียนรู้สำหรับนักเรียนตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเรื่องพันธุศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม

เอกสารประกอบการเรียนรู้นี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ ดีเอ็นเอ พันธุวิศวกรรม การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ และการศึกษาจีโนมมนุษย์ รูปแบบการนำเสนอ จะมุ่งเน้น การเรียนรู้เพื่อเข้าใจวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางพันธุศาสตร์ที่ เกิดขึ้นในสังคมโดยมุ่งหวังว่าจะทำให้นักเรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ควบคู่ไปกับการพัฒนาความ สามารถที่จะประยุกต์ใช้ความรู้นี้ในการคิดตัดสินใจที่จะเป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการพัฒนาความก้าวหน้าทางด้านพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ต่อไป

นางสาวสุรีย์พร แก้วเมืองมูล

ตัวอย่างเอกสารประกอบการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3
ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA Fingerprinting)

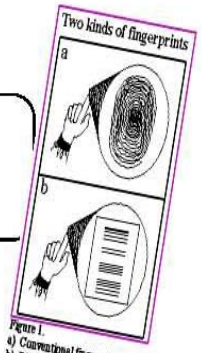


Figure 1.
a) Conventional fingerprint
b) DNA fingerprint

สารบัญเอกสารประกอบการเรียนของนักเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA

3.1 ดีเอ็นเอกับการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ 3-3

- ข่าว “นิติวิทยาศาสตร์” ที่พึ่งสุดท้ายญาติเหยื่อคลื่นยักษ์สึนามิ 3-4
- ใบความรู้ที่ 1 ดีเอ็นเอมนุษย์ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ 3-5
- ใบงานที่ 1 ทบทวนความรู้เกี่ยวกับชนิดของเบสซ้ำบนดีเอ็นเอ 3-7

3.2 การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยใช้นิวเคลียร์ดีเอ็นเอ

- ข่าว “ดีเอ็นเอยืนยันอีกครั้ง...นักร้องชื่อดังไม่ใช่พ่อของเด็ก (ตอนที่ 1)” 3-8
- ใบความรู้ที่ 2 วิธีการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเทคนิค RFLP 3-9
- กิจกรรมที่ 1 การทำ Gel Electrophoresis 3-11
  + แบบบันทึกผลการทำกิจกรรมที่ 1 3-14
  +แบบฝึกหัดทบทวนท้ายกิจกรรมที่ 1 3-15
- ใบความรู้ที่ 3 เรื่อง PCR-based STR analysis 3-16
- กิจกรรมฝึกการตัดสินใจครั้งที่ 3 เรื่อง การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นนำมาสู่ข้อมูลที่ไม่อยากรู้ 3-19

#การเตรียมตัวก่อนเรียน ศึกษาภาพยนต์สืบสวน CSI ตอน Blood DNA #

3.2 หลักการระบุตัวบุคคลด้วยลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

- ข่าว “ดีเอ็นเอยืนยันอีกครั้ง...นักร้องชื่อดังไม่ใช่พ่อของเด็ก (ตอนที่ 2)” 3- 23
- ใบความรู้ที่ 4 เรื่องหลักการ CODIS: Combined DNA Index System 3-24

3.3 ประโยชน์และประเด็นที่เกิดจากการประยุกต์ใช้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

- กิจกรรมนักสืบ CSI รุ่นเยาว์ 3-26
- ใบความรู้ที่ 5 เรื่อง ประโยชน์และประเด็นที่เกิดจากลายพิมพ์ดีเอ็นเอ 3-30
- กิจกรรมฝึกการตัดสินใจครั้งที่ 4 3-33

เรื่องรัฐบาลควรมีการเก็บข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอลงในบัตรสมาร์ทการ์ดหรือไม่

บรรณานุกรมของหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 3-39

เอกสารความรู้เพิ่มเติมเรื่อง PCR และแบบฝึกหัดทบทวนเรื่อง PCR 3-40

แหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติมสำหรับกิจกรรมการฝึกการตัดสินใจครั้งที่ 4 3-46

เรื่อง การสำรวจความรู้ ความเข้าใจและการใช้ประโยชน์จากข้อมูลพันธุกรรมผ่าน

บัตรประชาชนอเนกประสงค์

ตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบันวิธีที่นำมาใช้ในการพิสูจน์บุคคลแบ่งออกเป็นการตรวจลักษณะทางกายภาพของบุคคลนั้น ๆ เช่น ลักษณะเส้นผมหรือเส้นขน ลายพิมพ์นิ้วมือ และการตรวจทางห้องปฏิบัติการคลินิก เช่นการตรวจสอบหมู่เลือด การตรวจหาแอนติเจนบนผิวของเซลล์เม็ดเลือดขาว อย่างไรก็ดีวิธีการเหล่านี้มีข้อจำกัดในการนำมาใช้เพื่อพิสูจน์บุคคลเนื่องจากลักษณะ ทางกายภาพอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงตามอายุหรือสิ่งแวดล้อม เช่น ลายพิมพ์นิ้วมือมีการ เปลี่ยนแปลงลายเส้นเนื่องมาจากลักษณะของงาน รวมไปถึงกรณีที่ต้องการพิสูจน์ตัวบุคคลที่เสีย ชีวิตแล้วและไม่อยู่ในสภาพที่บ่งบอกว่าเป็นใครจากรูปพรรณสัณฐานภายนอกเช่น ในกรณีเรือล่ม เครื่องบินตก ไฟไหม้ เป็นต้น

3.1 ดีเอ็นเอกับการตรวจลาย

ปัจจุบันวิทยาศาสตร์สาขาอณูพันธุศาสตร์ มีความก้าวหน้าและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจพิสูจน์และบ่งบอกบุคคลได้โดยเทคนิคการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA fingerprinting) ซึ่งเป็นการตรวจสอบความแตกต่างในระดับดีเอ็นเอ เนื่องจากมนุษย์มีดีเอ็นเอเป็นรหัสที่เก็บและถ่ายทอดข้อมูลพันธุกรรมไปสู่ลูกหลาน ดีเอ็นเออยู่ภายในเซลล์ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะต่างๆ เปรียบเสมือนรหัสที่กำหนดความเป็นมนุษย์ของคนนั้นๆ ซึ่งจะแตกต่างจากสิ่งมีชีวิตอื่นและแตกต่าง จากคนอื่นๆ ดังนั้นรหัสของดีเอ็นเอจึงเป็นเสมือนปริศนาที่จะช่วยไขปัญหาให้เรารู้ว่าคนๆ นั้นเป็นใคร มาจากไหน ทำให้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอมีลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคลที่ไม่เหมือนใคร เช่นเดียวกับลายพิมพ์นิ้วมือที่มีลายเส้นแตกต่างกันในแต่ละบุคคล

การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ ได้กลายมาเป็นที่รู้จักและรับรู้ต่อสาธารณะชนมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากมีการนำมาใช้ในการตรวจเอกลักษณ์บุคคล เช่น การตรวจพิสูจน์ร่างผู้เสียชีวิตในเหตุภัยพิบัติต่าง ๆ เช่น แผ่นดินไหว การหาร่องรอยจากผู้สูญหายในอุบัติเหตุ เช่น เครื่องบินตก การพิสูจน์บุคคลในคดีอาชญากรรมต่างๆ เช่น หาตัวคนร้ายในคดีข่มขืน คดีฆาตกรรม นอกจากนี้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอสามารถใช้พิสูจน์ความสัมพันธ์ทางสายเลือดได้ เพราะ ดีเอ็นเอได้รับถ่ายทอดมาจากพ่อและแม่ หรือมีการถ่ายทอดตามกฎเมนเดล ปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้กับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ได้แก่ พืช สัตว์ และจุลชีพอย่างกว้างขวาง

ตัวอย่างข่าวการใช้การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอในการพิสูจน์บุคคลจากร่างผู้เสียชีวิตกรณีเหตุการณ์คลื่นยักษ์สึนามิใน 6 จังหวัดภาคใต้ของประเทศไทย ในเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2547

คมชัดลึก

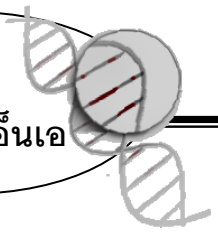
"นิติวิทยาศาสตร์" ที่พึ่งสุดท้าย ญาติเหยื่อคลื่นยักษ์ "สึนามิ"

วันเสาร์ที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2548

ภัยพิบัติคลื่นยักษ์ "สึนามิ" ถล่ม 6 จังหวัดภาคใต้ฝั่งทะเลอันดามัน เป็นเหตุให้นักท่องเที่ยวทั้งชาวไทย และชาวต่างชาติ รวมถึงประชาชนที่อาศัยอยู่ตามชายหาดและเกาะแก่งต่างๆ ใน จ.ระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสตูล เสียชีวิตไปกว่า 5 พันคน บาดเจ็บกว่าหมื่นคน และสูญหายอีกกว่า 6 พันคน

ใบความรู้ที่ 1

เรื่อง ดีเอ็นเอของมนุษย์ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ



ดีเอ็นเอในส่วนที่สามารถจะนำมาใช้ประโยชน์ในการศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอได้แก่ ดีเอ็นเอในนิวเคลียส (nuclear DNA) และดีเอ็นเอในไมโทคอนเดรีย (mitochondrial DNA)

1.ลักษณะและคุณสมบัติของดีเอ็นเอในนิวเคลียส (nuclear DNA)

เป็นดีเอ็นเอเส้นตรงสายคู่พันเป็นเกลียว (linear double-stranded DNA) ซึ่งอยู่ที่นิวเคลียส โดยดีเอ็นเอชนิดนี้พบมากถึง 99.9995 % ของจีโนมทั้งหมดเป็นดีเอ็นเอที่ได้รับการถ่ายทอดมาจาก พ่อและแม่อย่างละครึ่ง

ลักษณะของลำดับเบสในนิวเคลียร์ดีเอ็นเอจำแนกได้ 2 ส่วน คือ

1. **ลำดับเบสที่ทำหน้าที่เป็นยีน (gene)** ทำหน้าที่ในการสร้างโปรตีนที่จำเป็น ต่อการทำงานของเซลล์ พบ 25 % ของจำนวนดีเอ็นเอในนิวเคลียสทั้งหมด

2. **ลำดับเบสที่ไม่ใช่ยีน** ไม่ได้ทำหน้าที่ในการสร้างโปรตีน แต่ยังไม่ทราบบทบาทที่ชัดเจน พบ 75% ของจำนวนดีเอ็นเอในนิวเคลียสทั้งหมด แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

2.1 **ลำดับเบสแบบเฉพาะ (non-repetitive DNA/unique sequence)**

2.2 **ลำดับเบสแบบซ้ำ (repetitive DNA)** ซึ่งแบ่งได้อีก 2 ชนิดคือ

2.2.1 **ลำดับเบสซ้ำกระจาย (interspersed repetitive sequence)** พบกระจายอยู่ทั่วจีโนม

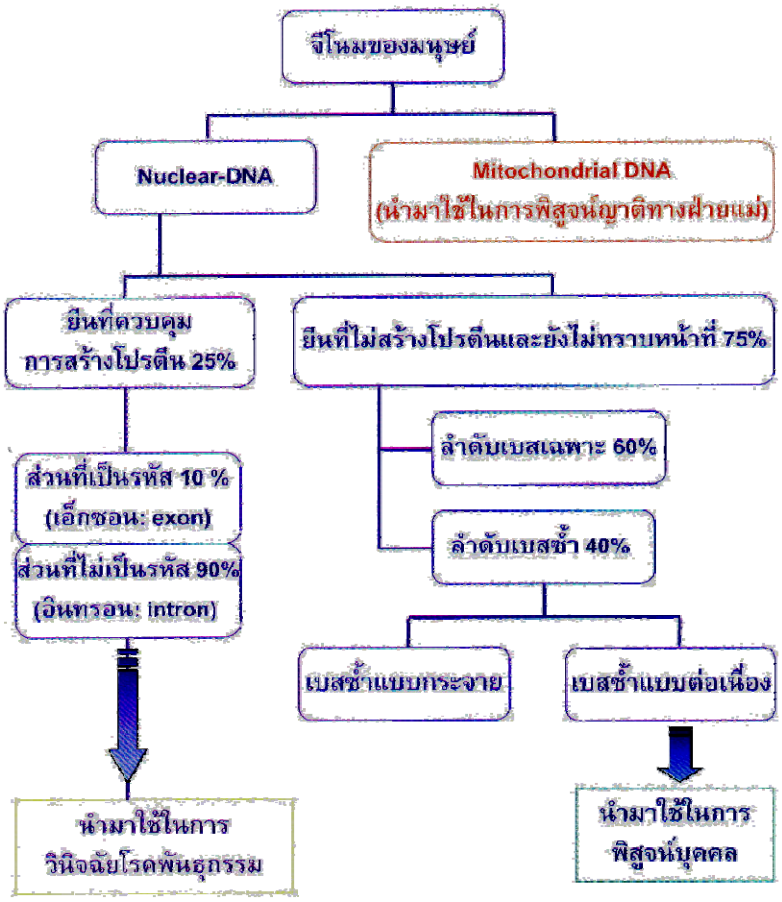
2.2.2 **ลำดับเบสซ้ำที่เรียงตัวแบบต่อเนื่อง (tendemly repeated sequence)** เป็นลำดับเบสที่เรียงตัวซ้ำกันอย่างต่อเนื่อง การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอส่วนใหญ่มุ่งศึกษาตรงส่วนของดีเอ็นเอที่มีลักษณะเป็นชุดที่มีลำดับเบสแบบซ้ำแบบต่อเนื่อง ลำดับเบสซ้ำที่เรียงตัวแบบต่อเนื่องแบ่งตามจำนวนซ้ำและความยาวของซ้ำออกเป็น 3 ชนิดคือ

- ***Satellite*** ซึ่งมีชุดเบสซ้ำขนาด 1-6 คู่เบส เรียงซ้ำกันยาว 10^3-10^7คู่เบส จัดว่าเป็นซ้ำของเบสเป็นจำนวนมาก มักพบที่ตำแหน่ง Centromere ของโครโมโซม
- ***Minisatellite*** ซึ่งมีชุดเบสซ้ำขนาด 6-64 คู่เบส เรียงซ้ำกันยาวตั้งแต่ 10 และไม่เกิน 1000 ครั้ง จัดว่ากลุ่มที่มีการซ้ำของเบสลปานกลาง มักพบที่ตำแหน่ง Telomere ซึ่งลำดับเบสซ้ำชนิดนี้ถูกนำมาใช้ตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอแบบดั้งเดิม
- ***Microsatellite*** เป็นส่วนของดีเอ็นเอที่มีชุดเบสซ้ำ 1-6 คู่เบส เช่น CACACA.. เรียงซ้ำกันไม่เกิน 100 คู่เบสต่อครั้ง พบทั่วไปทั้งโครโมโซมเนื่องจาก Microsatellite มี ลักษณะเป็นลำดับเบสซ้ำขนาดสั้น ๆ ไม่ซับซ้อนจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า short tandem repeat (STR) ซึ่งจะใช้ในการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอแบบสมัยใหม่

โดยพบว่าในบุคคลแต่ละคนจะมีชุดจำนวนเบสซ้ำไม่เท่ากัน และโอกาที่จำนวนซ้ำ จากต่างบุคคลจะเท่ากันในทุกโครโมโซมแทบจะเป็นไปไม่ได้ ยกเว้นฝาแฝดที่เกิดจากไข่ใบเดียวกัน ดังนั้นจึงมีการใช้ลำดับเบสซ้ำของดีเอ็นเอจากนิวเคลียสในการพิสูจน์บุคคลด้วยการตรวจ ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

ลักษณะและคุณสมบัติของดีเอ็นเอในไมโทคอนเดรีย (mitochondrial DNA)

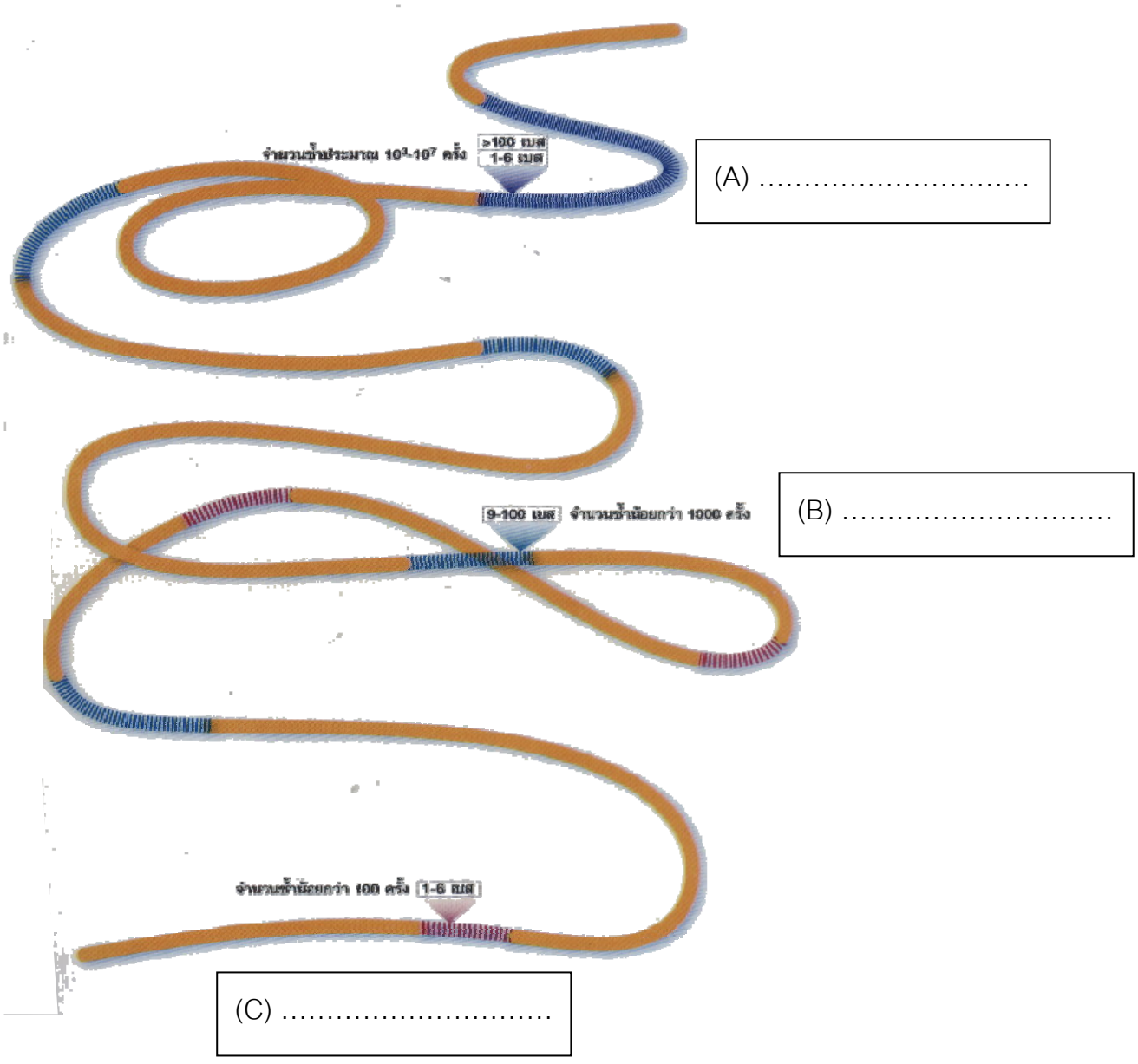
เป็นดีเอ็นเอรูปวงกลมสายเดี่ยว (circular single-strand DNA) อยู่ในไมโทคอนเดรีย พบเพียงร้อยละ 0.0005 ของจีโนมทั้งหมด และเป็นดีเอ็นเอที่ได้รับการถ่ายทอดจากแม่เท่านั้น ดังนั้นจึงนำมาใช้ประโยชน์ในการพิสูจน์บุคคลที่มีสายสัมพันธ์ทางฝ่ายแม่ แต่มิได้เป็น ลักษณะเฉพาะบุคคล เนื่องจากพี่น้องที่สืบทอดจากแม่เดียวกันก็จะมีลำดับเบสที่เหมือนกัน



ภาพที่ 3-1 องค์ประกอบของจีโนมมนุษย์

ภาพปรับปรุงจาก สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทยและสสวท. สาระน่ารู้อณูพันธุศาสตร์. 2548. หน้า 9-4.

คำชี้แจง บนสายดีเอ็นเอบริเวณใดที่มีการเรียงตัวของเบสซ้ำแบบ Satellite , Microsatellite และ Minisatellite



(ปรับปรุงภาพจาก วิชัย บุญแสง และคณะ. (2547:17). *ลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากสารพันธุกรรมสู่เทคโนโลยีพิสูจน์บุคคล.* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพ ฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ)

3.2 การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

คุณสมบัติของนิวเคลียร์ดีเอ็นเอที่นำมาใช้ตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

1. มีการถ่ายทอดนิวเคลียร์ดีเอ็นเอที่มาจากพ่อและแม่อย่างละครึ่ง
2. มีความหลากหลายของจำนวนซ้ำต่อเนื่องที่มีความจำเพาะในแต่ละบุคคลซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะที่มีโอกาสซ้ำกับผู้อื่นน้อยมาก จึงใช้สำหรับการพิสูจน์เอกลักษณ์ (identity) ได้

จากคุณสมบัติดังกล่าวนี้จึงสามารถใช้นิวเคลียร์ดีเอ็นเอในการตรวจพิสูจน์บุคคลและการตรวจความเป็นพ่อ แม่ ลูก ได้ โดยเมื่อนำดีเอ็นของลูกมาตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอเทียบกับพ่อแม่ ผลการตรวจของดีเอ็นเอลูกที่ได้ย่อมแสดงลักษณะของลายพิมพ์ที่มาจากพ่อหรือแม่เท่านั้น

ตัวอย่างการใช้การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นมาพิสูจน์ความสัมพันธ์ของพ่อ แม่ และลูก

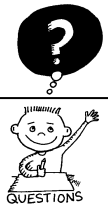
ดีเอ็นเอ ยืนยันอีกครั้ง "นักร้องชื่อดังไม่ใช่พ่อของเด็ก"

(ข่าวส่วนที่ 1)

"นักร้องชื่อดัง" โล่งอก หลังทราบผลการตรวจดีเอ็นเอว่าเด็กที่ถูกนำมาอ้างไม่ใช่ลูก แพทย์นิติเวชแถลงยืนยัน ผลตรวจขัดต่อหลักความสัมพันธ์ พ่อ-แม่-ลูก

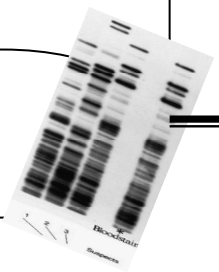
วันนี้เวลา 11.00 น.ที่สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ กระทรวงยุติธรรม แพทย์นิติเวช เปิดแถลงผลการตรวจรหัสพันธุกรรม (ดีเอ็นเอ) ของนักร้องชื่อดังคนนี้ กับหญิงสาวคนหนึ่ง พร้อมบุตรที่เกิดจากหญิงสาวคนนี้ เพื่อพิสูจน์ว่าเด็กคนนี้เป็นบุตรของนักร้องคนนี้หรือไม่

แพทย์นิติเวชกล่าวว่า ผลการตรวจดีเอ็นเอของสถาบันนิติวิทยาศาสตร์และนิติเวชโรงพยาบาล รามาธิบดี ตรงกัน คือ นักร้องคนนี้ไม่ใช่พ่อของเด็กที่นำมาพิสูจน์เพราะผลดีเอ็นเอ ไม่ตรงกับของนักร้องคนนี้



การตรวจดีเอ็นเอเพื่อพิสูจน์ความเป็นบุตรหรือพิสูจน์ตัวบุคคลมีวิธีการอย่างไร

ใบความรู้ที่ 2
เรื่อง วิธีการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเทคนิค RFLP

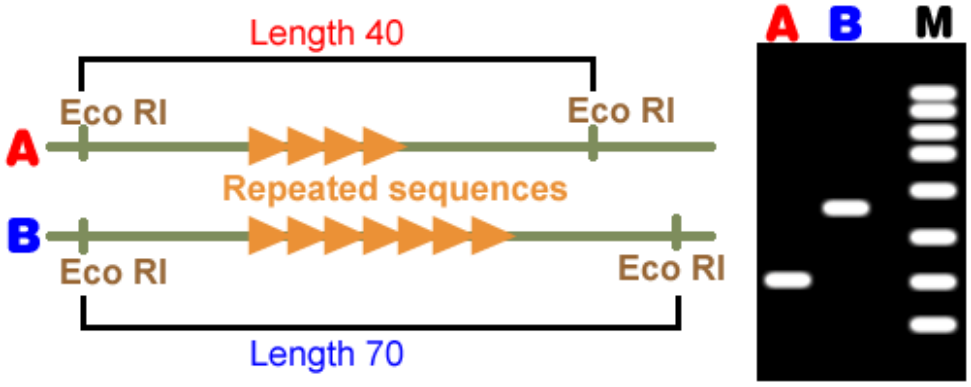


เทคนิคทางอณูพันธุศาสตร์ที่สามารถนำมาประยุกต์การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอมี 2 วิธีคือ เทคนิค RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) และอีกเทคนิคหนึ่งที่เป็นที่นิยมคือ เทคนิค PCR-based STR analysis

เทคนิค RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism)

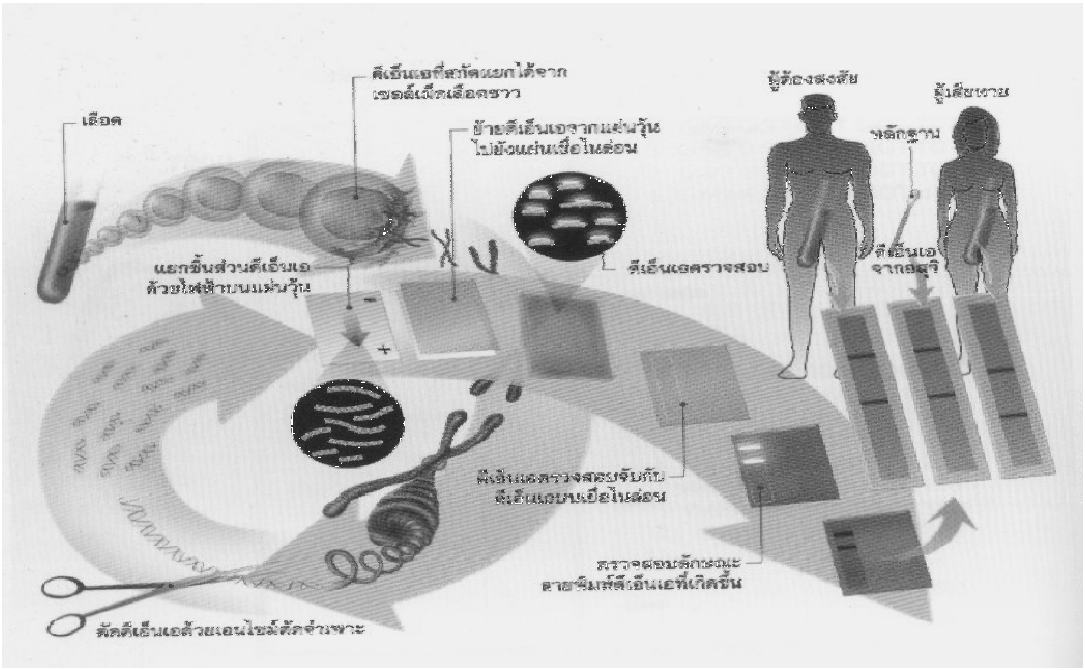
เทคนิค RFLP เป็นเทคนิคการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอแบบดั้งเดิม โดยวิธีการตรวจแบบนี้ ถูกค้นพบครั้งแรกในปี พ.ศ. 2528 โดยศาสตราจารย์ ดร.อเล็ก เจฟฟรีย์ส (Alec Jeffreys) และคณะ จากมหาวิทยาลัยเลสเตอร์ประเทศอังกฤษ ซึ่งได้ค้นพบส่วนของสายดีเอ็นเอที่มีลำดับเบสขนาดสั้นๆ ที่เรียกว่า minisatellites เรียงตัวซ้ำกันกระจายอยู่เป็นช่วงๆ หลายตำแหน่งบนเส้นดีเอ็นเอ จำนวนเบสที่ซ้ำกันในสายดีเอ็นเอนี้ ในแต่ละคนจะไม่เหมือนกัน ดังนั้นถ้าต้องการพิสูจน์ว่า ดีเอ็นเอมาจากเซลล์ของใครสามารถตรวจจากตำแหน่งของ minisatellites ของดีเอ็นเอ

การตรวจสอบพิสูจน์เริ่มต้นการตรวจโดยการสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างที่ต้องการตรวจ จากนั้นใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะตัดดีเอ็นเอที่ต้องการตรวจสอบ เอนไซม์ตัดจำเพาะจะสามารถตัดสาย ดีเอ็นเอของแต่ละบุคคลได้แตกต่างกันเนื่องจากมนุษย์แต่ละคนมีลำดับเบสของดีเอ็นเอที่แตกต่างกันทำให้ชิ้นดีเอ็นเอที่ถูกตัดมีขนาดของชิ้นดีเอ็นเอที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 3-2 การใช้เทคนิค RFLP ตรวจความแตกต่างในดีเอ็นเอ โดยอาศัยหลัก ในการตรวจหาความแตกต่างของจำนวนเบสซ้ำ เนื่องจากคนแต่ละคนมีจำนวนเบสซ้ำที่ต่างกัน ทำให้การตัดดีเอ็นเอด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะเพื่อแยกส่วนที่เป็นเบสซ้ำออกมา จะให้ได้ชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่มีขนาดแตกต่างกัน
http://isbibbio.wikispaces.com/Gene+Profiling+-+Fingerprinting

จากนั้นใช้เทคนิคเจลอิเล็กโตรโฟรีซิส (Gel Electrophoresis) แยกชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่มีขนาดแตกต่างกันออกจากกัน โดยนำชิ้นดีเอ็นเอทั้งหมดหยอดลงหลุมในแผ่นวุ้นแล้วผ่านกระแสไฟฟ้าลงไป ชิ้นส่วนดีเอ็นเอจะเกิดการเคลื่อนที่ไปยังด้านที่เป็นขั้วบวกทำให้ชิ้นดีเอ็นเอเกิดการแยกออกจากกัน ชิ้นส่วนที่สั้นจะวิ่งได้เร็วกว่า ในที่สุดชิ้นส่วนแต่ละชิ้นจะเรียงลำดับตามขนาดที่แตกต่างกัน และเพื่อให้สะดวกในการตรวจสอบจะย้ายชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่ถูกแยกขนาดกันอยู่ในแผ่นวุ้นให้มาอยู่บนแผ่นไนลอน (nylon membrane) ซึ่งวิธีการนี้เรียกว่าเซาเทิร์นบลอท (Southern blot) จากนั้น ตรวจสอบโดยการใช้ดีเอ็นเอตรวจสอบ (probe) ที่ติดฉลากซึ่งดีเอ็นเอตรวจสอบมีลำดับเบสที่เป็น คู่สมกับ minisatellites ในดีเอ็นเอที่ต้องการตรวจ นำแผ่นไนลอนนั้นมาประกบกับฟิล์มเอ็กซเรย์ เพื่ออ่านผล โดยดูจากขนาดของชิ้นดีเอ็นเอที่ปรากฏแตกต่างกันเป็นแถบดำบนแผ่นฟิล์มเรียกว่า “ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ” ซึ่งแต่ละคนจะให้ลักษณะลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่เป็นเอกลักษณ์ของตน



ภาพที่ 3-3 กระบวนการการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอเทคนิค RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) ซึ่งเป็นเทคนิคในการตรวจความแตกต่างของชิ้นดีเอ็นเอที่ถูกตัดโดยเอนไซม์ตัดจำเพาะ
ภาพจาก วิชัย บุญแสง และคณะ. (2547:29). *ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ จากสารพันธุกรรมสู่เทคโนโลยี*พิสูจน์บุคคล. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพ ฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

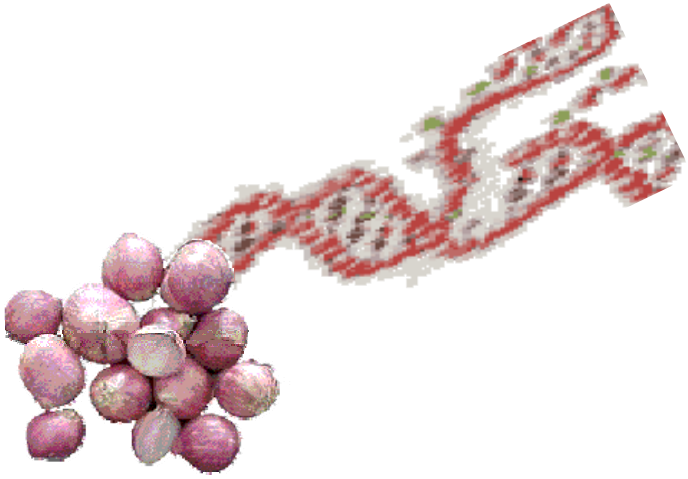
นักเรียนสามารถศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับเทคนิค RFLP ได้จากภาพเคลื่อนไหว เรื่อง Gel electrophoresis จาก ซีดีประกอบการเรียนหน่วยการเรียนรู้ที่ 3

จุดประสงค์ของกิจการม

1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการแยกสารของ gel electrophoresis ได้
2. นักเรียนสามารอธิบายคุณสมบัติของดีเอ็นเอที่ใช้ในการแยกด้วย gel electrophoresis
3. นักเรียนสามารถสรุปหลักการแยกดีเอ็นเอด้วย gel electrophoresis ได้
4. นักเรียนสามารถเชื่อมโยงหลักการแยกดีเอ็นเอด้วย gel electrophoresis กับการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอได้

วัสดุ-อุปกรณ์

1. กล่องนม / กล่องบรรจุเนย หรือกล่องบรรจุน้ำผลไม้ขนาดเล็กหรือกลาง
2. แผ่นอะลูมิเนียมฟอยด์ขนาด 50 cm x 80 cm
3. สายไฟ 2 เส้น แทนขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมปากหนีบ
4. ถ่านไฟฉายขนาด 9 โวลต์ 5 ก้อน (ชนิดก้อนสี่เหลี่ยม)
5. แผ่นโฟมแข็ง
6. 0.1 % ไบคาร์บอเนตบัฟเฟอร์ (ละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.2 กรัม ในน้ำ 200 ml)
8. 1% ของอะการ์โรสเจล (ละลายอะการ์โรสเจล 1 กรัม ในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 100 ml)
9. กระบอกตวง 50 ml
10. บีกเกอร์ขนาด 250 ml
11. ตะเกียงอัลกอฮอล์ พร้อมที่กั้นลม
12. ที่คนสาร
13. เครื่องชั่ง
14. สีผสมอาหารสีเหลือง
15. Safranin O
16. Bromophenal Blue
17. DNA ที่สกัดจากหัวหอม



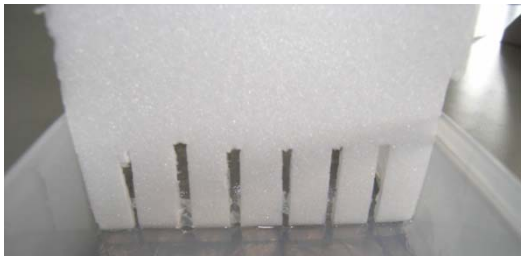
* กิจกรรมปรับปรุงจาก

1. University of California Davis. (2005) "*Biotechnology in the Classroom: Gelelectrophoresis of Dyes*".California: Department of Plant Pathology.
2. เอกสารเสริมความรู้เรื่อง DNA โครโมโซม และยีน จากเอกสารใช้ในการอบรมครูเพื่อเพิ่มพูนศักยภาพโรงเรียนแกนนำปี 2549 สาขาชีววิทยา สสวท

การเตรียมอุปกรณ์สำหรับ Gel Electrophoresis

1. ตัดกล่องนมด้านข้างออกให้อยู่ในรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

2. นำแผ่นอะลูมิเนียมฟอยด์มาหุ้มด้านในของกล่องนม
3. ตัดแผ่นโฟมแข็งให้มีขนาดความกว้างประมาณ 4 cm (ความกว้างเท่ากับขนาดของกล่องนม) แล้วตัดด้านปลายให้เป็นซี่ ๆ คล้ายซี่หวีดังภาพ



4. เตรียมอะการ์โรสเจล โดยละลายผงอะการ์โรสเจล 1 กรัม ในสารละลายไบคาร์บอเนตบัฟเฟอร์ 0.1% 100 ml จากนั้นนำไปต้มบนตะเกียงอัลกอฮอล์จนเดือด แล้วตั้งทิ้งไว้ให้อุ่นพอประมาณ (สังเกตโดยใช้หลังมือแตะที่บีกเกอร์)

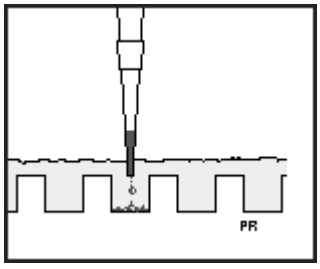
5. เทสารละลายในข้อ 4 ที่อุ่นพอประมาณลงในกล่องนมให้สูงประมาณ 1 cm จากนั้นนำแผ่นโฟมแข็งที่ตัดเป็นรูปซี่หวีเรียบร้อยแล้ววางลง <u>ตรงกลาง</u> ของในกล่องนมที่มีสารละลายอะการ์โรสเจลอยู่ โดยอย่าให้ซี่หวีแตะที่ก้นกล่องนม
6. ทิ้งไว้ให้สารละลายอะการ์โรสเจลแข็งตัว ใช้เวลาประมาณ 15 นาที ระวังอย่าให้กระทบกระเทือนเพราะจะทำให้เกิดฟองอากาศบนแผ่นวุ้น
7. เมื่อแผ่นวุ้นแข็งตัวดีแล้ว ค่อย ๆ ดึงซี่หวีออกแล้วจะเห็นเป็นหลุมเกิดขึ้นบนแผ่นวุ้น

วิธีการการย้อมสีให้ DNA

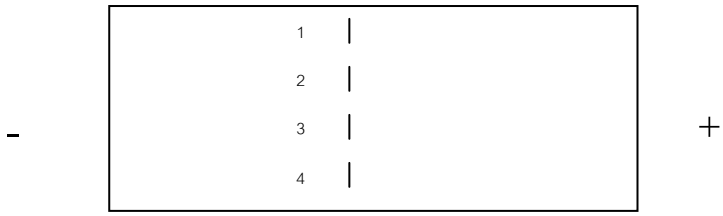
1. ใช้หลอดหยดปลายแหลมหรือ ไมโครไปเปต ดูด DNA ที่สกัดได้วางบนจานหลุม
2. นำสีผสมอาหารที่ละลายในสารละลายไบคาร์บอเนตบัฟเฟอร์เล็กน้อยหยดลงไปบนจานหลุมที่มี DNA คนให้สีผสมอาหารเข้ากัน

การทำ gel electrophoresis

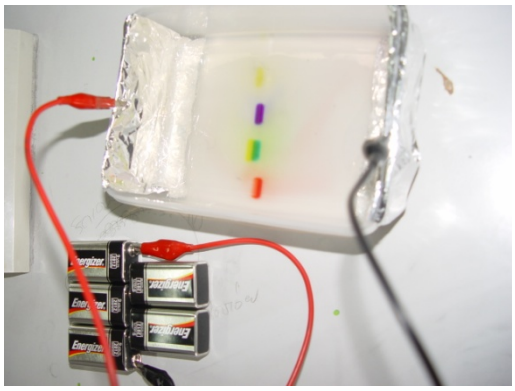
1. นำกล่องนมที่มีวุ้นแข็งมา แล้วใช้หลอดหยดปลายแหลมดูดสารละลาย DNA ที่ย้อมสีมา แล้วหยอดลงไปในหลุมที่ 1 พยายามอย่าให้ฟุ้งออกนอกหลุม



2. หยอดสี Safranin O สี Bromophenal Blue และสีผสมอาหารสีเหลือง ลงไปในหลุมที่ 2, 3 และ 4 ของแผ่นวุ้นตามลำดับ



3. เทสารละลายไบคาร์บอเนตบัฟเฟอร์ 100 ml ลงในกล่องนมที่มีเวุ้นแข็งตัวอยู่ จากนั้นต่อวงจร ไฟฟ้า เพื่อให้เกิดสนามไฟฟ้าดังภาพ (อาจใช้จำนวนโวลต์ที่มากขึ้นได้โดยเพิ่มจำนวนถ่านไฟฉาย)
4. จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้ประมาณ 45 นาที เพื่อให้โมเลกุลของ DNA และสารตัวอย่างอื่นเคลื่อนที่ ในแผ่นวุ้น โดยสังเกตจากสีที่เคลื่อนไปในเนื้อวุ้น

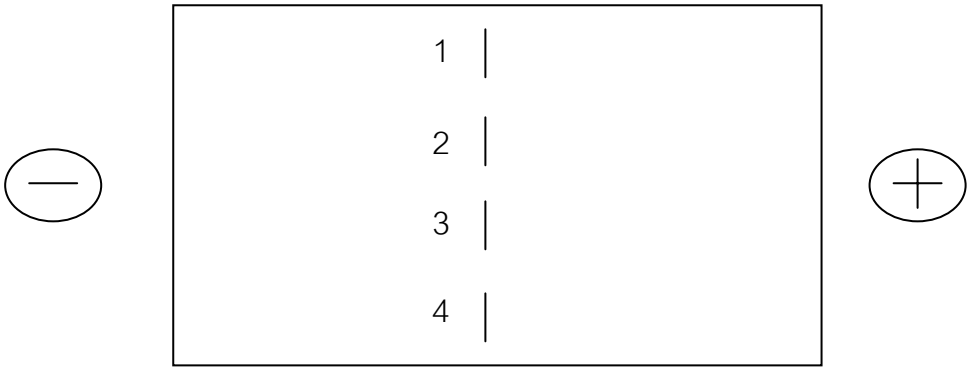


ภาพ 3-4 แสดงชุด Gel Electrophoresis อย่างง่าย

5. นักเรียนสังเกตแถบสีที่เกิดขึ้นในแผ่นวุ้น บันทึกผลลงในแบบบันทึกผลกิจกรรมที่ 1 และตอบคำถามให้สมบูรณ์

บันทึกผลของกิจกรรมที่ 1 การทำ Gel Electrophoresis

1. ให้นักเรียนบันทึกผลทิศทางการเคลื่อนที่ของสารตัวอย่างทั้ง 4 ชนิดในแต่ละหลุมที่ได้จากการทดลองลงในภาพ



2. สารตัวอย่างที่มีทิศทางการเคลื่อนที่ไปยังขั้วบวกคือ .....
3. สารตัวอย่างที่มีทิศทางการเคลื่อนที่ไปยังขั้วลบคือ .....
4. เพราะเหตุใดสารตัวอย่างจึงมีทิศทางการเคลื่อนที่ในแผ่นวุ้นที่ผ่านกระแสไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

   .....

   .....

   .....

5. จงเรียงลำดับระยะทางการเคลื่อนที่ของสารตัวอย่างจากจุดเริ่มต้น โดยให้เรียงลำดับจากสารตัวอย่างที่เคลื่อนที่ได้ระยะทางมากไปยังน้อยตามลำดับ

   .....

   .....

   .....

6. จงสรุปหลักการแยกสารด้วยวิธี gel electrophoresis

   .....

   .....

   .....

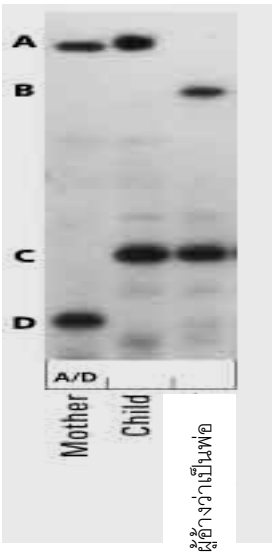
แบบฝึกหัดทบทวนท้ายกิจกรรมที่ 1

1. ดีเอ็นเอมีคุณสมบัติเป็นประจุ.....

2. ดีเอ็นเอจะมีทิศทางการเคลื่อนที่ในแผ่นวุ้นที่ผ่านกระแสไฟฟ้าอย่างไ
   ร.....
   .....
   .....

3. ถ้านำชิ้นดีเอ็นเอของมนุษย์ที่มีขนาดต่าง ๆ กันเนื่องจากถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะมาทำการแยกชิ้นส่วนดีเอ็นเอด้วยวิธี gel electrophoresis ชิ้นส่วนของดีเอ็นเอจะมีลักษณะการเคลื่อนที่ในแผ่นเจลเป็นอย่างไร
   .....
   .....
   .....
   .....

4. ผลการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเทคนิค RFLP เพื่อพิสูจน์ความเป็นพ่อลูกของผู้ที่กล่าวอ้างว่าเป็นบิดาของเด็กจากผลการตรวจที่ได้นักเรียนคิดว่าผู้ชายที่กล่าวอ้างว่าเป็นบิดาของเด็กเป็นพ่อของเด็กคนนี้จริงหรือไม่ เพราะเหตุใด



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

นักเรียนสามารถเป็นนักวิทยาศาสตร์ทดลองการแยกดีเอ็นเอด้วยวิธี Gel Electrophoresis ด้วยเครื่องมือมาตรฐานจากห้องทดลองเสมือนจริง

ใบความรู้ที่ 3

เรื่อง การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วย PCR-based STR analysis

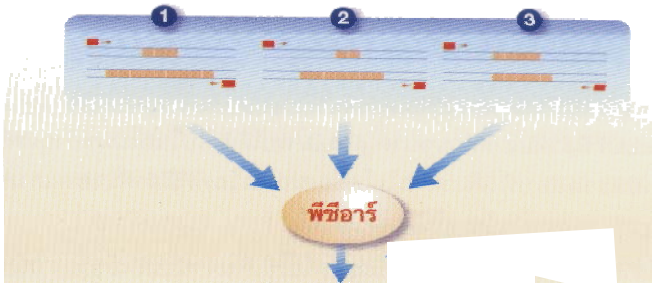
การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยเทคนิค RFLP ใช้ดีเอ็นเอในปริมาณมากและต้องเป็น ดีเอ็นเอที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์ ซึ่งหาได้ยากในที่เกิดเหตุ รวมไปถึงกรรมวิธีที่ยุ่งยากซับซ้อน ใช้เวลาตรวจหลายสัปดาห์ ทำให้ปัจจุบันมีการนำเทคนิค PCR (Polymerase Chain Reaction) หรือปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส มาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยเทคนิคพีซีอาร์เป็นเทคนิค ในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอแบบวงจรในหลอดทดลองโดยอาศัยเอนไซม์ดีเอ็นเอพอลิเมอเรส (DNA polymerase) ที่สามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิสูงที่ใช้ในปฏิกิริยาได้ ปฏิกิริยาลูกโซ่ พอลิเมอเรสนี้อาศัยดีเอ็นเอที่เป็นแม่แบบ (DNA template) เพียงเล็กน้อยก็สามารถเพิ่มปริมาณ ดีเอ็นเอที่ต้องการให้เป็นล้าน ๆ เท่าภายในระยะเวลาเพียง 2-3 ชั่วโมง

(ศึกษาหลักการของพีซีอาร์ได้จากส่วนความรู้เพิ่มเติม)

การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอแบบใหม่นี้ จึงนำเทคนิค PCR มาใช้ตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ โดยเริ่มต้นจากการหาส่วนดีเอ็นเอที่สามารถนำมาใช้เพื่อบอกความแตกต่างระหว่างบุคคลได้ นั้นคือ บริเวณ STR จากนั้นทำการเลือกไพรเมอร์ (primer) ที่ติดฉลากด้วยสารเรืองแสงซึ่ง ไพรเมอร์นี้จะมีลำดับเบสคู่สมกับลำดับเบสในส่วนของดีเอ็นเอที่ให้ความแตกต่างในแต่ละบุคคล จากนั้นจึงทำการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของตัวอย่างได้โดยประกอบด้วยขั้นตอนเพียง 3 ขั้นตอนได้แก่

1.การสกัดดีเอ็นเอออกจากตัวอย่าง

2.การนำดีเอ็นเอตัวอย่างมาทำปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส เพื่อเพิ่มจำนวนส่วนของดีเอ็นเอที่ ให้ความแตกต่างของแต่ละบุคคลนั่นคือทำโดยการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอบริเวณ STR

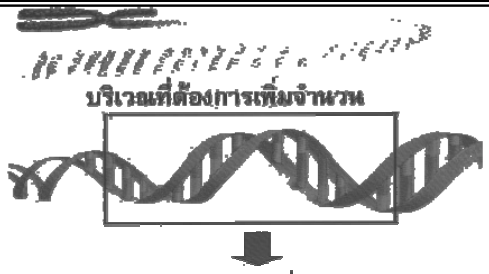


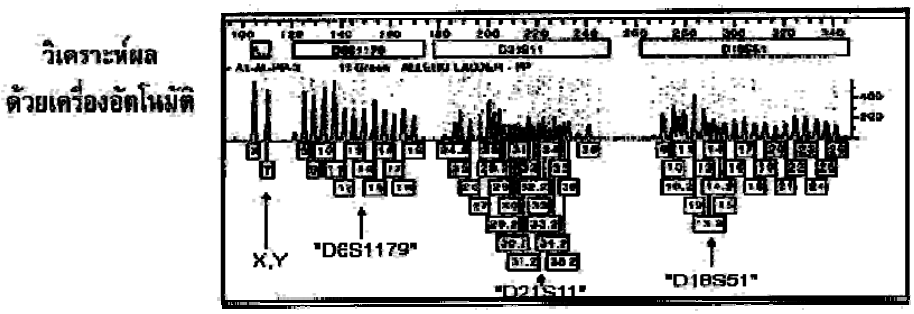
ภาพที่ 3-5 การประยุกต์ใช้เทคนิค PCR ในการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

ที่มา วิชัย บุญแสง และคณะ. (2547:17). *ลายพิมพ์ ดีเอ็นเอจากสารพันธุกรรมสู่เทคโนโลยีพิสูจน์บุคคล.*

3. การแยกผลผลิตดีเอ็นเอคือชิ้นดีเอ็นเอที่มีขนาดแตกต่างกันเนื่องจากมีจำนวนซ้ำของของเบสซ้ำ ไม่เท่ากัน วิเคราะห์ผลผลิตที่ได้ด้วยเครื่องอัตโนมัติและสำหรับแยกขนาดสารพันธุกรรม บันทึกผลตรวจสอบความแตกต่างของบุคคลได้

ใบความรู้ที่ 3 (ต่อ)



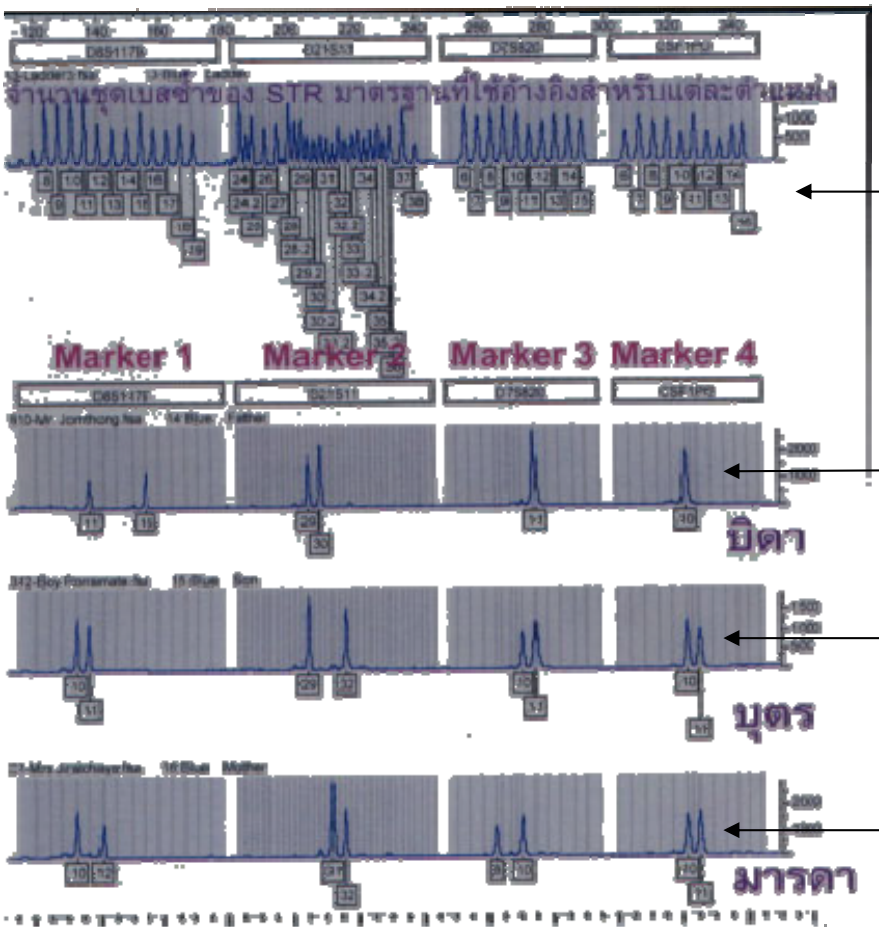


ภาพที่ 3-6 การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยใช้สารเรืองแสงและอ่านผลด้วยเครื่องอ่านผลอัตโนมัติ

ภาพจาก สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทยและสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2548: 9-8). *สาระน่ารู้อณูพันธุศาสตร์*. กรุงเทพ ฯ : เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องตรวจแบบอัตโนมัติสำหรับแยกขนาดสารพันธุกรรม(Automate sequencing machine) ส่งผลให้การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอในปัจจุบันมีความสะดวกรวดเร็ว ดังนั้นในห้องปฏิบัติการที่มีความเชี่ยวชาญอาจใช้เวลาตรวจเพียง 1-2 วัน ที่สำคัญสามารถตรวจได้ จากตัวอย่างที่หลากหลาย และมีปริมาณไม่มากนักได้ เช่น คราบเลือด คราบอสุจิ เส้นผม เส้นขน กระดูก นอกจากนี้เป็นวิธีที่ง่ายในการทำให้เป็นมาตรฐานและใช้กับเครื่องอัตโนมัติ ดังนั้นเมื่อทำซ้ำ จึงให้ผลการตรวจสอบเหมือนเดิม (reproducible result)

การอ่านผลลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเครื่องอัตโนมัติอ่านได้โดยสังเกตหมายเลขใต้กราฟ (peak) ที่แต่ละตำแหน่งของ marker ซึ่งแสดงถึงจำนวนชุดเบสซ้ำของ STR ที่ทำการตรวจ โดย STR ของลูกจะมาจากพ่อแม่อย่างละครึ่ง ส่วนในตำแหน่ง STR ของลูกที่ตรวจพบว่ามีเพียง 1 peak แสดงว่าตำแหน่งนั้นพ่อและแม่มีจำนวนชุดเบสซ้ำเท่ากัน ทำให้อ่านจำนวนเบสซ้ำได้เพียงค่าเดียว ตัวอย่างอ่านผลจากเครื่องอัตโนมัติ แสดงได้ดังภาพ



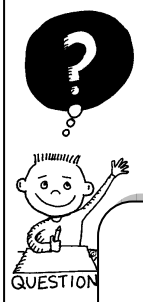
ตัวอย่างจำนวนชุดของเบสซ้ำของส่วน STR มาตรฐาน ของ Marker 4 ซึ่งจำนวนชุดของเบสซ้ำ6 ชุด หรือ 7 ชุดหรือ 8 ชุด ... 15 ชุด

สำหรับตำแหน่งอัลลีลที่ Marker 4 **บิดา** ทั้ง 2 อัลลีล มีชุดของเบสซ้ำคือ 10 ชุด

สำหรับตำแหน่งอัลลีลที่ Marker 4 **บุตร** มีชุดของเบสซ้ำที่อัลลีลหนึ่งเป็น 10 ชุด อีกอัลลีลเป็น 11 ชุด

สำหรับตำแหน่งอัลลีลที่ Marker 4 **มารดา** มีชุดของเบสซ้ำที่อัลลีลหนึ่งเป็น 10 ชุด อีกอัลลีลเป็น 11 ชุด

ภาพจาก สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทยและสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2548: 9-10). *สาระน่ารู้อณูพันธุศาสตร์*. กรุงเทพ ฯ : เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล



1. ถ้าพิจารณาที่ตำแหน่ง Marker 4 นักเรียนคิดว่าบุตรคนนี้ได้รับอัลลีลที่มีชุดเบสซ้ำ 10 ชุด มาจาก.....และอัลลีลที่มีชุดเบสซ้ำ 11 ชุดมาจาก .....

2. ถ้าที่ตำแหน่งเดียวกันนี้ บุตรคนนี้มีลำดับเบสซ้ำเป็น 10 ชุดอย่างเดียวถือว่าเขายังถือว่า

กิจกรรมฝึกการตัดสินใจครั้งที่ 3
เรื่อง เมื่อการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอนำมาสู่ข้อมูลที่ไม่อยากรู้

สมมติให้นักเรียนเป็นที่ปรึกษาด้านพันธุศาสตร์ของโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง อำเภอประสบ

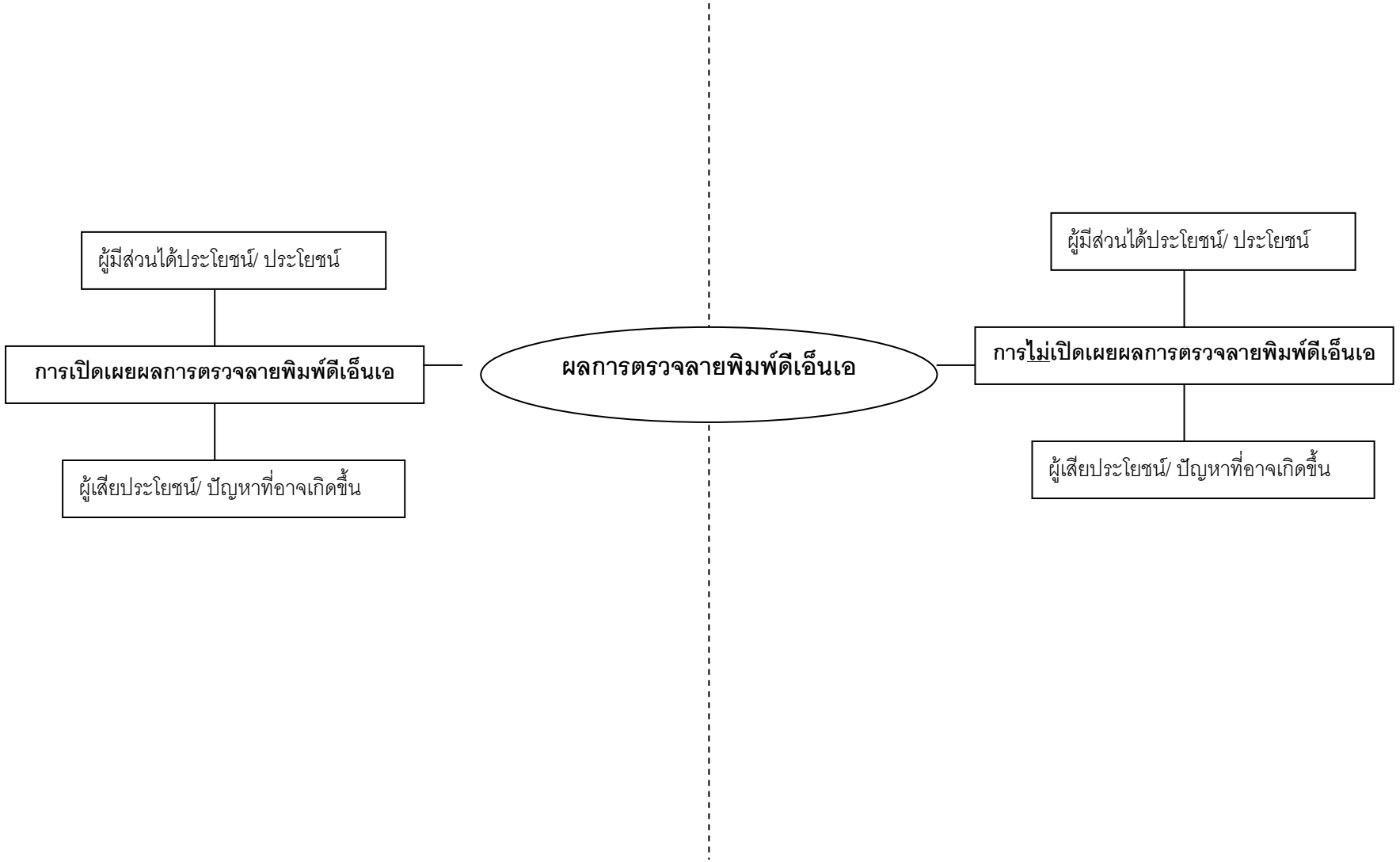
นักเรียนคิดว่าปัญหาหรือข้อขัดแย้งที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากสถานการณ์ดังกล่าวคืออะไร (พยายามมองให้หลากหลายแง่มุมหรือหลาย ๆ ด้านให้มากที่สุด)

.....

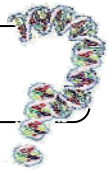
.....

.....

คำชี้แจง ความสามารถในการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอเพื่อพิสูจน์ความสัมพันธ์ พ่อ แม่ และลูก รวมถึงความก้าวหน้าของการศึกษาพันธุศาสตร์มนุษย์ทำให้สามารถตรวจสอบความสัมพันธ์พร้อมกับการตรวจหายีนที่ทำให้เกิดโรคทางพันธุกรรมไปพร้อมกัน ถ้าผลการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอเป็นดังสถานการณ์นักเรียนในฐานะที่ปรึกษาด้านพันธุศาสตร์คิดว่าการเปิดเผยผลการตรวจหรือการไม่เปิดเผยผลการตรวจจะมีผู้มีส่วนได้ประโยชน์และ ผู้ที่เสียประโยชน์มีใครบ้าง จงสร้างแผนภาพเพื่อแสดงความสัมพันธ์นี้



จากสถานการณ์ดังกล่าวที่ปรึกษาด้านพันธุศาสตร์ควรทำอย่างไร



1.นักเรียนระบุทางเลือกที่เป็นไปได้สำหรับการเปิดเผยข้อมูลด้านพันธุกรรมในสถานการณ์นี้ พร้อมทั้งระบุข้อมูลที่จะแสดงเกี่ยวกับทางเลือกที่คิด เช่น ควรเปิดเผยข้อมูล โดยบอกครอบครัวนี้ว่า (กำหนดให้บอกอย่างน้อย 3 ทางเลือก)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.นักเรียนคิดว่าจะเลือกทางเลือกใดที่คิดว่าเหมาะสมกับสถานการณ์ของที่ปรึกษาด้านพันธุศาสตร์มากที่สุด และอธิบายถึงเกณฑ์ที่นักเรียนใช้ในการเลือกทางเลือกนี้

.....

.....

.....

3. ข้อสรุปทางเลือกที่ได้จากการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันในกลุ่มเป็นอย่างไร สอดคล้องหรือแตกต่างกับทางเลือกของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

3.3 หลักการระบุตัวบุคคลจากพันธุ์

ดีเอ็นเอ ยืนยันอีกครั้ง "นักร้องชื่อดังไม่ใช่พ่อของเด็ก"

(ข่าวส่วนที่ 2)

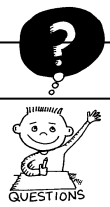
แพทย์นิติเวชกล่าวว่าทั้งนี้ตามหลักการดีเอ็นเอลูกจะต้องมีดีเอ็นเอเหมือนแม่ครึ่งหนึ่ง และเหมือนพ่อ อีกครึ่งหนึ่ง แต่ผลดีเอ็นเอ ของ เด็กคนนี้ 16 ตำแหน่ง ตรงกับแม่ 8 ตำแหน่ง ขณะที่ผลดีเอ็นเออีกครึ่งหนึ่งไม่ตรงกับนักร้อง ถึง 7 ตำแหน่ง จึงพิสูจน์ได้อย่างชัดเจนว่า เด็กคนนี้ไม่ใช่ลูกของนักร้องชื่อดังอย่างแน่นอน โดยทางฝ่ายของแม่ของเด็ก ก็ได้รับทราบผลตรวจดีเอ็นเอแล้ว และไม่มีความคลางแคลงใจใดๆอีก ส่วนการแถลงข่าวในครั้งนี้ ฝ่ายหญิงปฏิเสธที่จะเดินทางมาร่วมการแถลงข่าว และไม่ต้องการเปิดเผยตัว อีกต่อไป

แพทย์นิติเวชท่านนี้ได้กล่าวอีกว่า กรณีดังกล่าวต้องถือเป็นบทเรียนให้กับสังคม หลังจากนี้คงต้องมีทางออกให้กับผู้หญิงที่ต้องการหาพ่อให้กับลูก ก่อนที่จะนำเข้าสู่กระบวนการยุติธรรม เพราะกว่าที่ขั้นตอนทางกฎหมาย จะให้ความจริงก็ได้สร้างความเจ็บปวดให้ทุกฝ่าย โดยสถาบันนิติวิทยาศาสตร์ พร้อมจะเป็นหน่วยงาน ให้คำปรึกษากับผู้หญิงที่ตกเป็นฝ่ายเสียหายทุกราย ทั้งนี้เพื่อรวบรวมข้อเท็จจริงให้ได้มากที่สุดก่อนจะถึงมือตำรวจ

“ทุกหน่วยงานต้องปรับเปลี่ยนการทำงาน โดยเฉพาะการตรวจดีเอ็นเอซึ่งเป็นเรื่องส่วนบุคคลไม่ควร อย่างยิ่งที่จะแถลงผลตรวจผ่านสื่อ แต่จะต้องเรียกเจ้าของดีเอ็นเอมาพูดคุยและอธิบายเพื่อไม่ให้ฝ่าย ที่เข้าถึงข้อมูลได้น้อยรู้สึกคลางแคลงใจ หลังจากนี้ไม่อยากให้ใครไปตามหาตัวน้องฝ่ายอีก เพราะเขาเจ็บปวดมามากแล้ว”

ด้านนักร้องชื่อดังได้ให้สัมภาษณ์ว่า รู้สึกโล่งใจที่สามารถพิสูจน์ตัวเองให้พ้นจากการตกเป็นจำเลยของสังคม ส่วนคดีพรากผู้เยาว์นั้นตนไม่ทราบขั้นตอนทางกฎหมาย แต่ขอให้เป็นไปตามกระบวนการสำหรับความรู้สึก ต่อเรื่องที่เกิดขึ้น เป็นเพราะตนเป็นบุคคลซึ่งเป็นที่รู้จักในสังคม จึงทำให้ถูกชักนำไปในทางที่ไม่มีใครอยากให้เป็น เหตุการณ์ดังกล่าวจึงเป็นประสบการณ์ใหม่ที่เข้ามาสู่ชีวิต ซึ่งตนคงต้องเก็บไว้ในหัวใจ ในส่วนของแฟนคลับ ตนต้องขอขอบคุณทุกกำลังใจและคำด่าที่ส่งมาให้ โดยตนจะเก็บทุกความคิดเห็นไว้ตลอด ต่อไปนี้จะใช้ชีวิตอย่าง ระมัดระวังขึ้นและจะกลับไปทำอัลบั้มชุดใหม่ หลังจากนี้คงไม่ต้องไปเจาะเลือดตรวจดีเอ็นเอที่ไหนอีกเพราะแขนของตน จะพรุนหมดแล้ว

อย่างไรก็ตามสำหรับผลการตรวจดีเอ็นเอครั้งนี้ เป็นผลการตรวจครั้งที่ 2 โดยครั้งแรกที่ทำการตรวจพิสูจน์ โดยสถาบันนิติเวชวิทยา สำนักงานตำรวจแห่งชาติ โดยผลตรวจดีเอ็นเอทั้งหมด 16 จุด ปรากฏว่าผลตรวจดีเอ็นเอของ เด็กคนนี้ตรงกับดีเอ็นเอของผู้เป็นมารดาทุกประการ แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับดีเอ็นเอของนักร้อง คนนี้ปรากฏว่าตรงกันเพียง 7 จุด ไม่ตรงกัน 9 จุด ซึ่งในทางการแพทย์นั้น การยอมรับความสัมพันธ์กันระหว่างบุคคล ผลตรวจดีเอ็นเอจะต้องตรงกันทั้งหมด จึงจะยอมรับได้ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าเด็กคนนี้เป็นบุตรของฝ่ายหญิงแต่ไม่ได้เป็นบุตรของนักร้องชื่อดังคนนี้



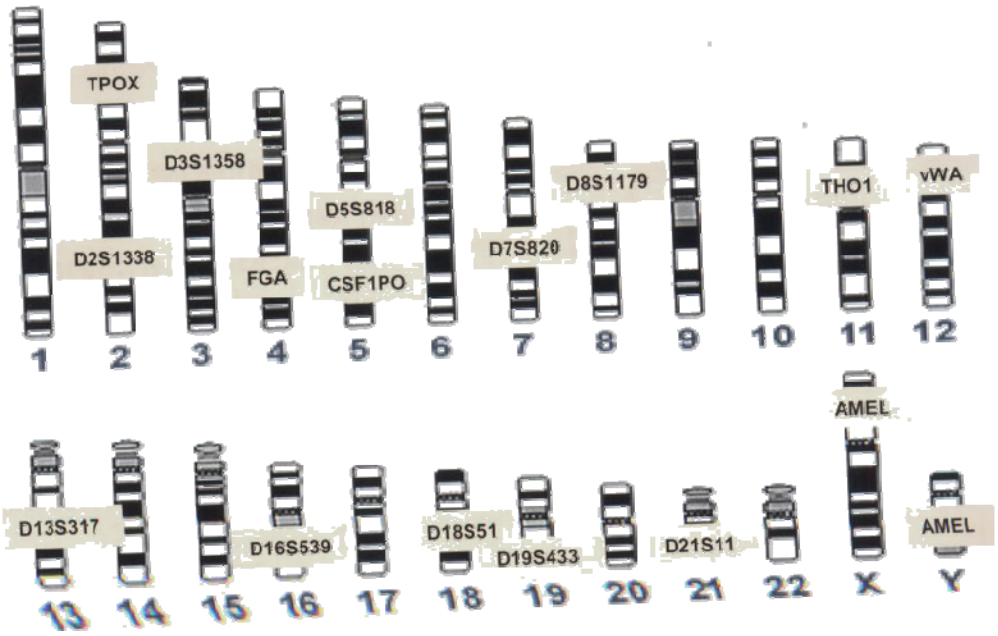
จากข่าวนักเรียนคิดว่ามีหลักการใดที่ใช้ระบุว่าไม่มีความสัมพันธุ์ของพ่อลูก

ใบความรู้ที่ 4

การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากนิวเคลียสในปัจจุบันนิยมตรวจโดยใช้ DNA marker ในส่วนที่เรียกว่า Microsatellite หรือ Short tandem repeat (STR) เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่มีความแปรผันหลากหลาย สูงมากในประชากร (Highly polymorphic) และมีจำนวนมากมายให้เลือกตรวจประมาณ 3,000 ตำแหน่ง ซึ่งในทางปฏิบัติการตรวจเพื่อพิสูจน์หรือจำแนกบุคคลจะเลือกใช้การตรวจเปรียบเทียบบางตำแหน่ง

ปัจจุบันหน่วยสืบสวนของประเทศสหรัฐอเมริกาหรือเอฟบีไอได้กำหนดมาตรฐานการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอไว้ว่า จะต้องทำการตรวจอย่างน้อย 16 ตำแหน่งของดีเอ็นเอ เพื่อจะระบุว่าบุคคล จะเป็นคนๆเดียวกันได้ จะต้องมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอตรงกันทุกตำแหน่งจะแตกต่างแม้แต่ ตำแหน่งเดียวกันก็ไม่ได้ โดยตำแหน่งที่ตรวจทั้ง 16 ตำแหน่ง ถูกระบุไว้เป็นมาตรฐาน เรียกว่าระบบ CODIS (Combined Offender DNA Indexing System) ซึ่งสามารถใช้พิสูจน์บุคคลหนึ่งแยกออก จากบุคคลหนึ่งได้ดีมีความน่าเชื่อถือสูงถึง 99.999%

การตรวจ STR ที่ถือเป็นมาตรฐานทั้งหมด 16 ตำแหน่งจะตรวจโดยชุดน้ำยาที่ชื่อ Identifer เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยตำแหน่งการตรวจทั้ง 16 ตำแหน่งจะมีชื่อเรียกแต่ละตำแหน่งแตกต่างกัน สามารถแสดงได้ดังภาพ



ภาพที่ 3-7 แสดงตำแหน่งที่ใช้ในการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอบนโครโมโซมทั้ง 16 ตำแหน่ง
(ที่มา www.cstl.nist.gov/biotech/strase/ppt/intro.ppt)

การแปลผลลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

หลักการทางวิทยาศาสตร์เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าดีเอ็นเอเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของบุคคล จะไม่มีใครมีรหัสดีเอ็นเอเหมือนกัน ยกเว้นก็แต่ฝาแฝดแท้ (Identical twins) ที่เกิดจากไข่ใบเดียวกัน เท่านั้น การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอเพื่อพิสูจน์บุคคลเป็นการตรวจ เทียบลักษณะของดีเอ็นเอ ที่ตำแหน่งต่างๆ เกิดเป็นลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA fingerprint) หรือโพรไฟล์ ของดีเอ็นเอ (DNA profile) การแปลผลลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้มีดังนี้

1. **คอนคลูสีฟ** (Conclusive) หมายถึงลายพิมพ์ดีเอ็นเอทุกตำแหน่งที่ใช้ตรวจให้ผลตรงกัน เช่น ในกรณีการพิสูจน์ความสัมพันธ์พ่อ แม่ และลูก ซึ่งพบว่าลายพิมพ์ดีเอ็นเอของลูกทั้ง 16 ตำแหน่ง ตรงกับของพ่อและแม่คนละครึ่ง (ตามลักษณะการถ่ายทอดของเมนเดล) ทำให้ผลการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอสามารถสรุปผลได้โดยไม่มีข้อขัดแย้งตามมาตรฐานสากล

2. **เอ็กซ์คลูสีฟ** (Exclusive) หมายถึงลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้ผลไม่ตรงกันอย่างน้อย 1 ตำแหน่งขึ้นไป ผลการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอมีข้อขัดแย้ง อย่างไรก็ตามหากผลการตรวจลายพิมพ์ ดีเอ็นเอของพ่อ แม่และ ลูก มีความแตกต่างเพียง 1 ตำแหน่งอาจมีสาเหตุจากการเกิดมิวเทชั่น ดังนั้นจึงควรมีการพิสูจน์เพิ่มเติม ดังต่อไปนี้

- กรณีผลการตรวจของพ่อกับลูกชายไม่ตรงกันจะมีการตรวจเพิ่มในโครโมโซม Y จำนวน 11 ตำแหน่ง
- ถ้าผลของพ่อกับลูกสาวไม่ตรงกันจะมีการตรวจเพิ่มในโครโมโซม X จำนวน 9 ตำแหน่ง
- กรณีผลตรวจของแม่กับลูกชาย และแม่กับลูกสาวไม่ตรงกันจะต้องมีการตรวจเพิ่มดีเอ็นเอในไมโทคอนเดรีย ซึ่งถ้าผลการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอเหมือนกัน จึงกล่าวยืนยันได้ว่าเป็นแม่กับลูก ที่แท้จริงและตำแหน่งที่ไม่ตรงกันนั้นเกิดจากมิวเทชั่น แต่หากผลการตรวจดีเอ็นเอในตำแหน่งดังกล่าว ไม่ตรงกันแสดงว่าไม่ใช่แม่กับลูกที่แท้จริง

3. **อินคอนคลูสีฟ** (Inconclusive) หมายถึงผลการตรวจดีเอ็นเอ ที่ไม่สามารถทำได้ครบ ทุกตำแหน่ง หรือผลการตรวจที่ไม่สามารถสรุปผลได้ เนื่องจากมีการเสื่อมสลายของวัตถุพยาน การปนเปื้อนของวัตถุพยายานในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง หรือการตรวจมีความผิดพลาดจากเครื่องมือ หรือจากผู้ทำการตรวจเป็นต้น

กิจกรรมที่ 3 นักสืบ CSI รุ่นเยาว์

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. นักเรียนสามารถเข้าใจและสรุปหลักฐาน คำกล่าวอ้างของผู้ต้องสงสัยได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายอ่านและแปลผลลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่มาจากเลือดผู้ต้องสงสัยได้
3. นักเรียนสามารถวิเคราะห์ผลการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอเพื่อพิสูจน์ตัวบุคคลได้
4. นักเรียนสามารถวิเคราะห์หลักฐานจากลายพิมพ์นิ้วมือ รอยเท้า เพื่อระบุตัวผู้ร้ายได้
5. นักเรียนสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ การวิเคราะห์หลักฐานลายพิมพ์นิ้วมือและการวิเคราะห์รอยเท้าเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนในการระบุตัวผู้ร้ายได้

วัสดุ-อุปกรณ์

1. ชุดกิจกรรมนักสืบ CSI รุ่นเยาว์
2. แบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 นักสืบ CSI รุ่นเยาว์
3. กรรไกร กาวหรือเทปใส
4. กระดาษแข็งขาว-เทาที่เตรียมไว้เป็นแผ่นเจลในการทำ gel electrophoresis

ขั้นตอนการทำกิจกรรม

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน สมาชิกในกลุ่มอ่านรายงานบันทึกการสอบสวนการเกิดเหตุฆาตกรรม
2. สมาชิกคนที่ 1 บันทึกข้อสรุปสิ่งที่ได้จากสอบสวนของผู้ต้องสงสัยทั้ง 5 คน
3. สมาชิกคนที่ 2 และ 3 ทำกิจกรรมจำลองตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากหยดเลือดที่พบในที่เกิดเหตุและบันทึกผลการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้
4. สมาชิกคนที่ 4 เปรียบเทียบลายพิมพ์นิ้วมือที่พบในที่เกิดเหตุกับลายพิมพ์นิ้วมือของผู้ต้องสงสัย
5. สมาชิกคนที่ 5 เปรียบเทียบรอยเท้าที่พบในที่เกิดเหตุกับรอยเท้าของผู้ต้องสงสัย
6. สมาชิกแต่ละคนนำเสนอข้อมูลของตนเองให้สมาชิกในกลุ่ม โดยสมาชิกในกลุ่มช่วยกันตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแต่ละส่วน
7. สมาชิกทุกคนร่วมกันอภิปรายสรุปหาตัวคนร้ายจากหลักฐานที่ได้มา
8. บันทึกผลลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 นักสืบ CSI รุ่นเยาว์

แบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 นักสืบ CSI รุ่นเยาว์

1. ให้นักเรียนสรุปคำกล่าวอ้างสถานที่อยู่ขณะเกิดเหตุและแรงจูงใจของผู้ต้องสงสัยทั้ง 5 คนจากรายงานบันทึกการสอบสวนการเกิดเหตุฆาตกรรมลงในตารางให้สมบูรณ์

ผู้ต้องสงสัย	คำกล่าวอ้างสถานที่อยู่
1	
2	
3	
4	
5	
นักเรียนคิดว่าผู้ต้องสงสัยคนไหนที่มีคำกล้าวอ้างเรื่องสถานที่อยู่ที่น่าสงสัยที่สุด เพราะเหตุใด	
นักเรียนคิดว่าอะไรน่าจะเป็นแรงจูงใจในการเกิดเหตุฆาตกรรมนี้ เพราะเหตุใด	

2. ให้นักเรียนบันทึกผลการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอของหยดเลือดที่พบในที่เกิดเหตุเทียบกับผลตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัยทั้ง 5 คนและเหยื่อผู้เคราะห์ร้าย

เหยื่อ	หยดเลือด	ผู้ต้องสงสัยคนที่ 1	ผู้ต้องสงสัยคนที่ 2	ผู้ต้องสงสัยคนที่ 3	ผู้ต้องสงสัยคนที่ 4	ผู้ต้องสงสัยคนที่ 5

นักเรียนคิดว่าหยดเลือดที่พบในที่เกิดเหตุเป็นใคร.....

เพราะเหตุใด .....

.....

.....

3. ลายพิมพ์นิ้วมือที่พบในที่เกิดเหตุตรงกับลายพิมพ์นิ้วมือของผู้ต้องสงสัยคนใด เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. นักเรียนคิดว่ารอยเท้าที่พบในที่เกิดเหตุ เป็นของผู้ต้องสงสัยคนใด เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

5. จากการที่สมาชิกในกลุ่มของนักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายและวิเคราะห์หลักฐานต่าง ๆ ที่มี กลุ่มของนักเรียนสรุปว่าใครเป็นคนร้ายในคดีนี้ และใช้หลักฐานใดบ้างในการสรุปผล

.....

.....

.....

.....

.....

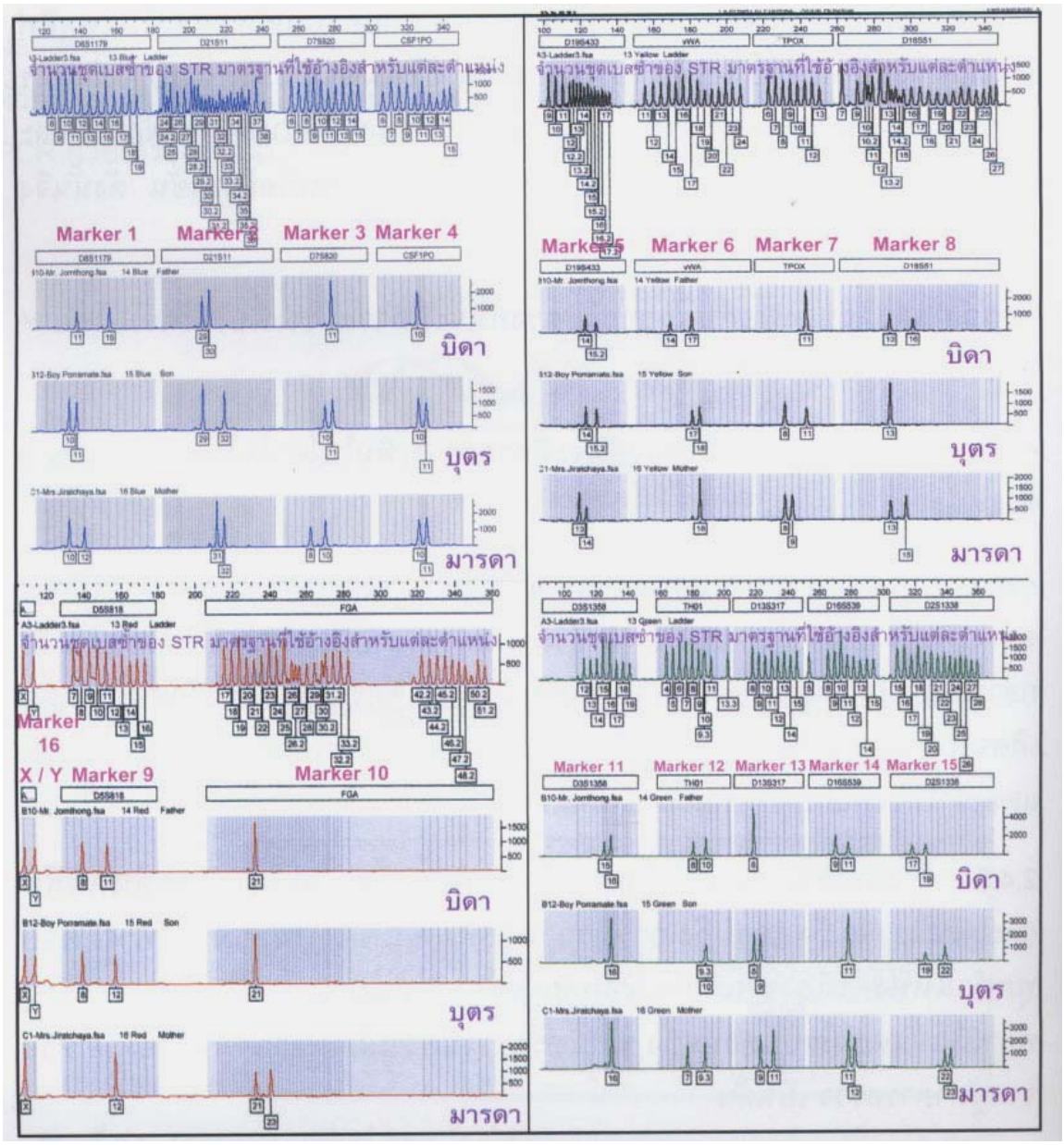
ใบความรู้ที่ 5

เรื่อง ประโยชน์และประเด็นจากการพิมพ์ดีเป็นเอ

ตัวอย่างผลการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอในกรณีต่าง ๆ

1. การตรวจพิสูจน์ความเป็นพ่อ แม่ ลูก

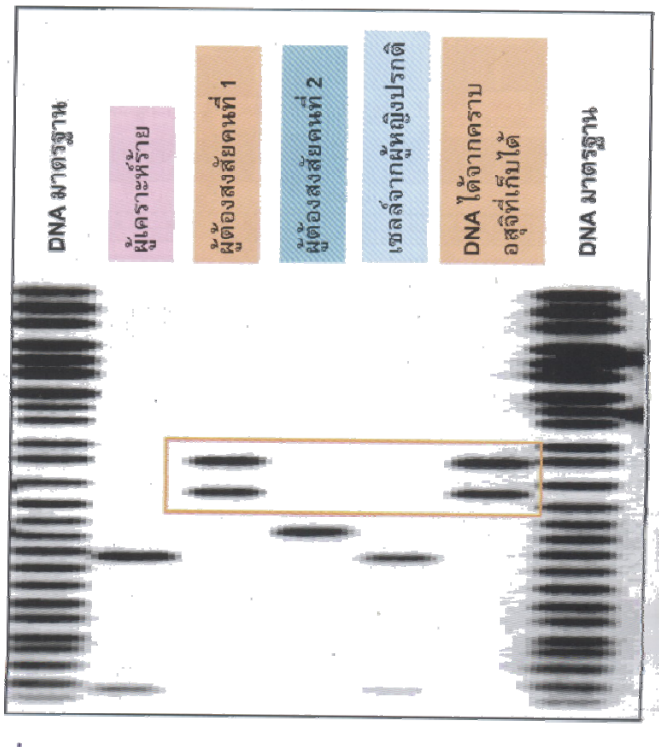
ถ้าความสัมพันธ์กันของพ่อ แม่ ลูก กรณีนี้จะพบว่าลายพิมพ์ดีเอ็นเอของลูกทั้ง 15 ตำแหน่ง (ไม่รวมโครโมโซมเพศ) ตรงกับพ่อและแม่คนละครึ่ง โดยไม่มีตำแหน่งที่ขัดแย้งกัน ดังภาพ



ภาพจาก สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทยและสสวท. สาระน่ารู้ฉบับพันธุศาสตร์. 2548. หน้า 9-10.

ใบความรู้ที่ 5 (ต่อ)

การตรวจพิสูจน์ ทำร้ายทางเพศ

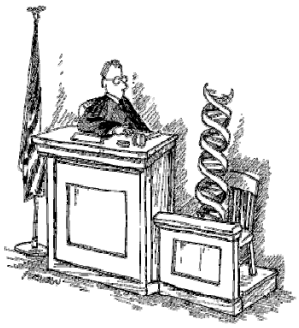


ภาพปรับปรุงจาก สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทยและสสวท. สาระน่ารู้อณูพันธุศาสตร์. 2548. หน้า 9-12.

ประโยชน์ของการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

1. ใช้พิสูจน์ความเป็นพ่อ-แม่-ลูก
2. ใช้พิสูจน์หลักฐานพยานทางนิติเวช
3. ใช้ในทางการแพทย์ เช่น การตรวจหาโครโมโซมเพศเพื่อนำมาคัดกรองโรคที่เกี่ยวกับ X-linked gene ในการวินิจฉัยก่อนคลอด
4. การตรวจสายพันธุ์ของพืช

นอกจากนี้ความสำเร็จของโครงการจีโนมมนุษย์ ซึ่งเป็นโครงการถอดรหัสดีเอ็นเอทั้งหมดของมนุษย์จะทำให้ นักวิทยาศาสตร์ เข้าใจความหมายของรหัสมากขึ้น ดังนั้นในอนาคตลายพิมพ์ดีเอ็นเอ จึงอาจมิใช่เพียงสิ่งที่ใช้ พิสูจน์บุคคล แต่อาจจะใช้บอกหรือทำนายความเป็นตัวตนของเจ้าของ ลายพิมพ์นั้นได้



ตัวอย่างประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์และสังคมที่เกี่ยวข้องกับการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

1.ประเด็นด้านสิทธิส่วนบุคคลและความยุติธรรม

1.1 การเก็บและเข้าถึงฐานข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

- ควรออกกฎหมายให้มีการเก็บฐานข้อมูลดีเอ็นเอของทุกคนไว้หรือไม่ เพื่อการพิสูจน์ตัวบุคคลได้อย่างรวดเร็ว
- ใครที่สามารถตรวจดูข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอได้และสามารถกระทำได้ในสถานการณ์เช่นไร
- สิทธิในการปกป้องข้อมูลของแต่ละครอบครัว เช่น ถ้าครอบครัวหนึ่งแม่ไม่ต้องการเปิดเผยหรือไม่ต้องการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ เนื่องจากพ่อของลูกไม่ใช่พ่อที่แท้จริง

1.2 การตรวจเทียบลายพิมพ์ดีเอ็นเออย่างไม่ยุติธรรม มาตรฐานการตรวจที่ต้องเท่าเทียมกัน

1.3 การออกกฎเกณฑ์ให้มีการระบุข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอไว้ที่บัตรประชาชน พาสปอร์ตเพื่อทำให้การตรวจง่ายขึ้น รวมถึงการเผยแพร่ข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัยที่ต้องการหาตัวเหมือนกับการเผยแพร่รูปภาพของคนที่สงสัย

1.4 การมีธนาคารลายพิมพ์ดีเอ็นเอของนักโทษทุกคนในเรือนจำไว้ เพื่อสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบในการหาตัวผู้ร้ายในอนาคต

2. การเก็บรักษาตัวอย่างเช่น เลือด ผม เศษชิ้นเนื้อ กระดูก ควรเก็บรักษาไว้นานเท่าใด และสามารถนำตัวอย่างมาใช้ประโยชน์ในการทำการวิจัยด้านพันธุกรรมอื่น ๆ ได้หรือไม่

3. การกีดกัน หรือการแบ่งแยกผู้มีลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่บ่งบอกถึงการเกิดโรคในอนาคต หรือยีนที่แสดงลักษณะไม่ดี

ที่ 4 กิจกรรมฝึกการตัดสินใจครั้ง เรื่อง การเปิดเผยข้อมลลาย

บทความที่ 1 เรื่อง..... ควรใส่อะไรในสมาร์ทการ์ด .....

นายแพทย์ประเสริฐ ผลิตผลการพิมพ์

เรามีชื่อและนามสกุลเพื่อระบุตัวบุคคลหากเพียงเท่านี้สามารถระบุตัวบุคคลได้โดยไม่ผิดพลาด ก็คงไม่มีปัญหาอะไร แต่สังคมที่ซับซ้อน มากขึ้น ทำให้เพียงชื่อและนามสกุลไม่สามารถใช้ระบุตัวบุคคลได้อีกต่อไป

เราจำเป็นต้องใช้มากกว่าชื่อและนามสกุลเข้ามาช่วย เช่นลายเซ็นเอาไว้ใช้กับนามธนาคารหรือรหัสผ่านเอาไว้ใช้กับอีเมลล์แอดเดรสยกตัวอย่างเช่นนี้ดูเหมือนว่าการระบุตัวบุคคลเป็นไปเพื่อประโยชน์ของตัวเราเอง

แต่ที่จริงแล้วรัฐกังวลเรื่องการระบุตัวบุคคลมากกว่าพวกเราเสียอีกทำให้รัฐต้องขอระบุกลุ่มเลือดและขอเก็บลายพิมพ์นิ้วมือเมื่อไปทำบัตรประชาชน พบว่าคนส่วนใหญ่ให้ข้อมูลกลุ่มเลือดและลายพิมพ์นิ้วมือแก่รัฐ โดยไม่ กังวลใจมากนัก ทั้ง ๆ ที่กลุ่มเลือดเป็นถึงข้อมูลพันธุกรรมชนิดหนึ่งและลายพิมพ์นิ้วมือเป็นถึงส่วนหนึ่งของ ร่างกายมนุษย์ที่เป็นเช่นนี้เพราะคนส่วนใหญ่เล็งเห็นประโยชน์มากกว่าโทษ เช่นหากบาดเจ็บที่ไหนโรงพยาบาล จะได้ทราบกลุ่มเลือดแล้วให้เลือดได้ทันทีและการให้ลายพิมพ์นิ้วมือแก่รัฐเป็นไปเพื่อประโยชน์ของการป้องกัน อาชญากรรม มีคำถามว่าจริงหรือ?

อันที่จริงเราได้เปิดเผยตัวเองเพื่อระบุตัวบุคคลมากอยู่แล้ว นอกจากชื่อ นามสกุล ลายเซ็น กลุ่มเลือด และลายนิ้วมือแล้ว เรายังได้ให้ข้อมูลอื่น ๆ อีกคือ เพศ วันเดือนปีเกิด ส่วนสูง ที่อยู่อาศัย ศาสนา เชื้อชาติและสัญชาติ ในต่างประเทศอาจจะให้ข้อมูลสีของตา บางคนบางสถานการณ์จะถูกบันทึกรอยสักและแผลเป็น ทั้งหมดนี้เป็นข้อมูลส่วนบุคคล ที่เรามอบให้แก่รัฐทั้งสิ้น

คำถามในขั้นตอนนี้มีว่า รัฐได้ข้อมูลเหล่านี้ไปเพื่อประโยชน์ของใคร ของรัฐ ของเราหรือของใคร เหตุที่ควร ตั้งคำถามเช่นนี้เพราะน่าสงสัยทำไมจึงปรากฏข่าวต่างประเทศชาวอังกฤษจำนวนหนึ่งเผาบัตรประชาชนอิเล็กทรอนิกส์ที่รัฐบาลทำให้ หากบัตรเหล่านั้นเป็นของที่มีประโยชน์ต่อพวกเขา พวกเขาจะเผาทำไม หรือหากบัตรเหล่านั้นเป็นของ ที่มีประโยชน์ต่อ รัฐในแง่ที่สามารถใช้คุ้มครองและป้องกันความปลอดภัยให้แก่พวกเขาแล้ว พวกเขาจะเผาทำไม

บทความที่ 1 เรื่อง..... ควรใส่อะไรในสมาร์ทการ์ด .....(ต่อ)

เรื่องข้อมูลส่วนบุคคลเป็นประโยชน์แก่ใครนั้น มีเรื่องน่าขำอยู่อย่างหนึ่งเมื่อครั้งที่ผู้เขียนย้ายบ้านนั้น ปรากฏว่า ดิสเคานต์สโตร์ยักษ์ใหญ่ 2 ห้าง สามารถส่งใบโฆษณามาถึงบ้านตามที่อยู่ ใหม่ได้ในเวลาเพียงไม่กี่สัปดาห์ หลังย้ายบ้าน แต่ชื่อของผู้เขียนไม่ปรากฏในหน่วยเลือกตั้งใด ๆ เลยเป็นเวลาอีก 1 ปีหลังย้ายบ้าน

ในขณะเดียวกันก็มีเรื่องไม่น่าขำ เช่นการปลอมลายเซ็น การถอดรหัสบัตรเครดิตหรือแม้กระทั่งการนำสำเนาบัตรประชาชนไปใช้ประโยชน์ในทางคดโกงบิลค่าโทรศัพท์ก็ปรากฏเป็นข่าว

ข้อมูลส่วนบุคคลมีไว้เพื่อระบุตัวบุคคลและอำนวยความสะดวกให้แก่เจ้าตัว ดังนั้นหากข้อมูลยิ่งละเอียดความสะดวก ก็ยิ่งมากขึ้น เช่นหากข้อมูลในบัตรประชาชนละเอียดถึงขั้นระบุโรคประจำตัว ประวัติการรักษาในอดีตและประวัติการแพ้ยา เมื่อแพทย์ทราบข้อมูลเหล่านี้ย่อมสั่งการรักษาต่อเนื่องและปลอดภัย แม้กระทั่งหากเจ้าตัว ไปหมดสติที่ใดโดยหาตัวญาติยังไม่พบ แพทย์ก็สามารถเริ่มการรักษาได้ทันที นี่คือประโยชน์

ในขณะเดียวกันเราไม่อยากให้ข้อมูลเรื่องโรคประจำตัวหลุดไปถึงมือของบริษัทประกันชีวิตเพราะเขาอาจจะขึ้นเบี้ยประกันหรือหลุดไปถึงมือเจ้านายเพราะเขาอาจเพ่งเล็งและหาทางไล่ออกสักวันหนึ่ง การมอบข้อมูลที่ละเอียดเกินไปให้แก่ผู้อื่นจึงรบกวนความเป็นส่วนตัวไม่มากก็น้อยเรื่องนี้อาจจะได้เถียงได้ว่า หากเป็นคนไม่แข็งแรง ก็สมควรถูกขึ้นเบี้ยประกันหรือถูกไล่ออก แต่ยังติดขัดที่ว่าเรารู้ได้โดยไม่มีอคติเลยหรือว่าอย่างไรจึงเรียกว่าเป็นโรคอย่างไรเรียกว่าเป็นคนปกติ

ความเป็นส่วนตัวเป็นส่วนหนึ่งของศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์ เราทุกคนต้องการความเป็นส่วนตัวและ ไม่ชอบถูกล่วงล้ำความเป็นส่วนตัวแต่ในหลาย ๆ ครั้งเราเองกลับเป็นฝ่ายมอบความเป็นส่วนตัว ให้แก่รัฐโดยเปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคลให้แก่รัฐจำนวนมาก ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการติดต่อธุรกรรม ความสะดวกที่รัฐจะใช้ปกครองประเทศหรือต่อต้านการก่อการร้ายเป็นต้น

คำถามในขั้นตอนนี้จึงเป็นว่าเราจะมอบข้อมูลส่วนบุคคลให้แก่รัฐมากเท่าใดจึงจะเหมาะสม เมื่อมอบไปแล้วรัฐจะจัดการข้อมูลอย่างใดให้เกิดประโยชน์แก่เราโดยไม่ละเมิดความเป็นส่วนตัว เช่นข้อมูลสุขภาพ ดังที่ยกตัวอย่างจะถึงมือแพทย์ผู้รักษาเท่านั้นได้อย่างไร โดยที่คนอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้เป็นต้น

บัตรประชาชนอเนกประสงค์หรือสมาร์การ์ดเป็นบัตรที่สามารถเก็บข้อมูลได้จำนวนมากกว่ามากไม่เหมือนบัตรประชาชนแบบเดิมหรือบัตรแถบแม่เหล็กที่เก็บข้อมูลได้จำกัด เมื่อมีที่ว่างมากให้ใส่ข้อมูลก็รับรองได้ว่าอยาก จะใส่เหมือนเทคโนโลยีอื่น ๆ ที่เมื่อเกิดขึ้นมากจะจำเป็นหรือไม่จำเป็นก็ต้องใช้..... ควรใส่อะไรในสมาร์ทการ์ดบ้าง

จากหนังสือ *สเต็มเซลล์ ดีเอ็นเอและชีวจริยธรรม*

กรุงเทพ ฯ : มติชน (2549)

บทความที่ 2 เรื่อง การจัดทำฐานข้อมูลด้านจีโนมเป็นรายบุคคล
-- กรณีตัวอย่างการเก็บลายพิมพ์ดีเอ็นเอของประเทศอังกฤษ--

สมศักดิ์ ชุณหรัศมิ์ และทิพยวรรณ ธนะไพศาล

นอกเหนือจากการทำฐานข้อมูลจีโนมของประชากรกลุ่มต่าง ๆ เพื่อทำการวินิจฉัย วิจัย สิ่งที่มักเป็นห่วงคือการจัดทำฐานข้อมูลจีโนมของคนทั่วไป เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่นใช้ในกรณีการพิสูจน์ ชิ้นส่วนจากร่างกายว่าเป็นของใคร หากมีการเก็บข้อมูลจีโนมของคนทุกคนไว้ตั้งแต่เกิด ก็จะทำให้การพิสูจน์ เพื่อหาตัวบุคคลง่ายขึ้น เพราะข้อมูลจีโนมของแต่ละคนนั้นไม่มีวันจะซ้ำกัน เหมือนลายนิ้วมือและรูปร่างฟันของ แต่ละคน ที่จะไม่มีวันเหมือนกันเลย แต่ที่ได้เปรียบอย่างอื่นก็เพราะการตรวจหาจีโนมนั้นทำกับชิ้นส่วนใด ก็ได้และยังต้องการตัวอย่างไม่มากก็ตรวจได้ ในขณะที่ลายนิ้วมือต้องทำจากนิ้วมือหรือรูปร่างฟันก็ต้องมีฟันประกอบ อย่างไรก็ตามยังไม่มีรัฐบาลประเทศใดลงทุนหรือกล้าทำฐานข้อมูลในลักษณะดังกล่าว ด้านหนึ่งก็เพราะค่าใช้จ่าย ยังสูงมากอาจจะไม่คุ้มเมื่อเทียบกับโอกาสที่จะได้ใช้ประโยชน์ แต่ที่อาจจะสำคัญกว่าก็คือความกังวล ว่าจะเป็นการละเมิดสิทธิส่วนบุคคล

ที่ประเทศอังกฤษมีการจัดเก็บข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอ โดยเก็บเฉพาะลายพิมพ์ดีเอ็นเอของคนร้ายที่มีประวัติอาชญากรรม รวมทั้งผู้ต้องสงสัยที่ถูกนำมาตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วย ผลปรากฏว่าก่อให้เกิดความไม่พอใจแก่ประชาชนทั่วไปมาก เพราะในหลักการแล้วไม่ควรเก็บข้อมูล ของผู้ต้องสงสัยที่เพียงแต่ถูกนำมาสอบสวน ซึ่งอาจเป็นผู้บริสุทธิ์ก็ได้ แต่ที่น่าสนใจกว่านั้นคือทางกรมตำรวจ ขอเก็บข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอของตำรวจทุกคน เข้าไป ในฐานข้อมูลด้วย โดยให้เหตุผลว่าเพื่อจะได้แยกแยะได้ถูกต้องหากเกิดว่าชิ้นส่วนจากร่างกายตำรวจที่ปฏิบัติหน้าที่ เก็บตัวอย่างเกิดไปปนเปื้อนกับตัวอย่างที่เก็บได้จากที่เกิดเหตุ ซึ่งการขอเก็บข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอของตำรวจ ทำให้เหล่าตำรวจไม่พอใจเป็นอย่างยิ่งและไม่ยอมให้เก็บข้อมูลดังกล่าวเข้าไปในฐานข้อมูล แม้ว่าจะเกิดจาก ความหวังดีของผู้เป็นต้นคิดเรื่องนี้ก็ตาม จะเห็นได้ว่าเรื่องข้อมูลเกี่ยวกับยีน และดีเอ็นเอของแต่ละคนนี่เป็น เรื่องที่ละเอียดอ่อนจริง ๆ

ปรับปรุงจากบทความเรื่อง จริยธรรมและสังคม กับความก้าวหน้าทางจีโนมิกส์
จากส่วนหนังสือ *จีโนมิกส์ ภาษาแห่งชีวิต* (2545)
กรุงเทพ ฯ : ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

จากบทความทั้ง 2 บทความ เป็นเรื่องเกี่ยวกับการใช้ข้อมูลพันธุกรรมในการระบุตัวบุคคล นักเรียนคิดว่าการใช้ข้อมูลพันธุกรรมในการพิสูจน์บุคคลอาจก่อให้เกิดปัญหาหรือข้อขัดแย้งที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้อะไรบ้าง (ให้ระบุผลกระทบในหลากหลายแง่มุมหรือหลาย ๆ ด้านให้มากที่สุด)

.....

.....

.....

.....

.....

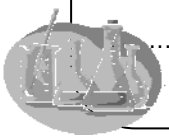
.....

นักเรียนคิดว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใดที่เกี่ยวข้องกับประเด็นเรื่องการระบุตัวบุคคลด้วยข้อมูลพันธุกรรมนี้

.....

.....

.....

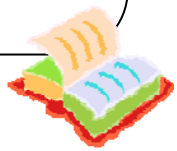


นักเรียนต้องการความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือเทคโนโลยี และความรู้ทางสังคมอะไรเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเข้าใจในประเด็นที่เกิดขึ้นนี้

.....

.....

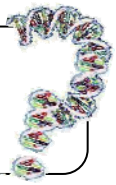
.....



คำชี้แจง ให้นักเรียนระบุผู้ได้ผลประโยชน์หรือประโยชน์ที่จะได้รับ และผู้เสียประโยชน์หรือผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น บจากการใช้ข้อมูลพันธุกรรมในการระบุหรือพิสูจน์ตัวบุคคล

การกำหนดให้แสดงข้อมูลทางพันธุกรรม
เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการพิศุจน์ตัวบุคคล

ผู้ที่ได้รับประโยชน์	ผู้ที่สูญเสียประโยชน์



ประเทศไทยควรมีการกำหนดให้ทุกคนแสดงข้อมูลพันธุกรรมลงในบัตรสมาร์ทการ์ดหรือไม่

1.นักเรียนระบุทางเลือกที่เป็นไปได้สำหรับการกำหนดให้คนไทยแสดงข้อมูลพันธุกรรมลงในบัตรสมาร์ทการ์ด (กำหนดให้บอกอย่างน้อย 3 ทางเลือก)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.นักเรียนคิดว่าจะเลือกทางเลือกใดที่คิดว่าเหมาะสมกับประเด็นการระบุข้อมูลพันธุกรรมลงในบัตรสมาร์ทการ์ดสำหรับประเทศไทย และอธิบายถึงเกณฑ์ที่นักเรียนใช้ในการเลือกทางเลือกนี้

.....

.....

.....

3. ข้อสรุปทางเลือกที่ได้จากการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันในกลุ่มเป็นอย่างไร มีความสอดคล้องหรือแตกต่างกับทางเลือกของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

บรรณานุกรมหน่วยการเรียนรู้ที่ 3

ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ. (2546). *พันธุศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 3.กรุงเทพ ฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรินทร์ ชัยวิสุทธางกูร. (2549). *เอกสารประกอบการสอนวิชาพันธุวิศวกรรม*. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

วิชัย บุญแสง และคณะ. (2547). *ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ จากสารพันธุกรรมสู่เทคโนโลยี*พิสูจน์บุคคล. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพ ฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

สุรินทร์ ปิยะโชคณากุล.(2544). *จีโนมและเครื่องหมายดีเอ็นเอ ปฏิบัติการอาร์เอพีดีและเอเอฟแอลพี* กรุงเทพ ฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2548). *สาระน่ารู้อณูพันธุศาสตร์*. กรุงเทพ ฯ: เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น

Appendix G: The Sample of the lesson plans

คำอธิบายรายวิชา

วิชาเลือกในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ **สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย**
2 คาบ / สัปดาห์ / ภาคเรียน **1 หน่วยกิต**

รายวิชานี้เป็นรายวิชาเลือกสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนเน้นทางกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ โดยในรายวิชานี้จะเน้นศึกษาความก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางพันธุศาสตร์ และการนำมาใช้ประโยชน์ รวมถึงผลกระทบที่เกิดจากการใช้เทคโนโลยีดังกล่าวทั้งต่อมนุษย์ สัตว์ พืช และสิ่งแวดล้อม โดยในรายวิชานี้จะมุ่งให้นักเรียนได้

ศึกษาองค์ประกอบและโครงสร้างทางเคมีของดีเอ็นเอ อาร์เอ็นเอ โปรตีน รวมถึงคุณสมบัติบาง ประการของสารพันธุกรรม กระบวนการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม การแสดงออกของยีน

ศึกษา ค้นคว้า อธิบายขั้นตอนการทำพันธุวิศวกรรมในสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ รวมถึงเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับงานด้านพันธุวิศวกรรม และความก้าวหน้าของงานด้านพันธุศาสตร์โมเลกุล อภิปรายผลกระทบที่เกิดจากการทำพันธุวิศวกรรมของสิ่งมีชีวิต

ศึกษา ค้นคว้า อธิบายขั้นตอนการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ อภิปราย วิเคราะห์การประยุกต์ ใช้เทคโนโลยีและผลกระทบต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิต สังคม

สืบค้น วิเคราะห์ อภิปราย ความสำคัญของการพัฒนางาน ด้านพันธุศาสตร์โมเลกุลในโครงการหาลำดับสารพันธุกรรมมนุษย์ และผลกระทบที่มีมนุษย์ ทั้งด้านสุขภาพ สังคม

เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจ มีทักษะกระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ สามารถ นำหลักการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และมีความเข้าใจในเทคโนโลยีชีวภาพ สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน รวมถึงสามารถ นำความรู้มาใช้การตัดสินใจ ในประเด็นปัญหาในสังคมที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีเหล่านี้ได้อย่างมีจริยธรรม

ข้อตกลงเบื้องต้น

รายวิชาพันธุศาสตร์และการประยุกต์ใช้ในสังคม เป็นวิชาเลือกที่ใช้จัดการ เรียนการสอนเพิ่มเติม จากหลักสูตรวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ที่ผู้เรียนต้องผ่านการเรียนในเรื่อง พันธุศาสตร์ ตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ก่อน จึงสามารถเลือกเรียนในรายวิชานี้ได้

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. อธิบายและอภิปรายเกี่ยวกับการค้นพบถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นตามกฎของเมนเดล และที่นอกเหนือจากกฎของเมนเดล และสามารถประยุกต์ใช้และอภิปรายการถ่ายทอด ลักษณะทางพันธุกรรมที่จะเกิดในจีโนไทป์ของรุ่นต่อไป การคำนวณและทำนายอัตราส่วนของ ฟีโนไทป์
2. อธิบายและอภิปรายโครงสร้างทางเคมีและความสัมพันธ์ของ ยีน ดีเอ็นเอ โครโมโซม
3. อธิบายกระบวนการแสดงออกของยีนในสิ่งมีชีวิต และกระบวนการควบคุมการแสดงออกของยีน
4. อธิบาย อภิปราย หลักการของเทคนิคพันธุวิศวกรรม (Genetic engineering)
5. อธิบายการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมชนิดต่าง ๆ เช่นแบคทีเรีย สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม และพืช
6. อภิปรายและวิเคราะห์การประยุกต์ใช้พันธุวิศวกรรมและผลกระทบเนื่องจากการสร้างสิ่งมีชีวิต ดัดแปรพันธุกรรมที่มีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม
7. สืบค้นและ อธิบายขั้นตอนของกระบวนการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ อภิปรายและวิเคราะห์การนำเทคนิคการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นมาประยุกต์ใช้และผลกระทบของเทคโนโลยีที่มีต่อสังคม
8. อธิบาย อภิปราย ขั้นตอนและความก้าวหน้าของโครงการหาลำดับสารพันธุกรรมของมนุษย์ (Human Genome Project)
9. วิเคราะห์และอภิปราย การประยุกต์ใช้ผลที่ได้จากโครงการหาลำดับสารพันธุกรรมของมนุษย์ มาใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์ สังคม และผลกระทบที่เกิดจากการนำความรู้มาประยุกต์ใช้
10. สำรวจ อภิปราย วิเคราะห์ผลกระทบของการประยุกต์ใช้ เทคโนโลยีทางพันธุศาสตร์ กับคุณภาพชีวิต ของสิ่งมีชีวิตในด้านที่มีต่อสุขภาพสิ่งมีชีวิต ด้านสังคม ด้านสภาพแวดล้อม

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

รายวิชาพันธุศาสตร์และการประยุกต์ใช้ในสังคม เป็นรายวิชาเลือกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เน้นสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ รายวิชานี้มุ่งให้นักเรียนได้เรียนรู้ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีชีวภาพโดยเฉพาะเทคโนโลยีด้านพันธุศาสตร์ ได้แก่ พันธุวิศวกรรม การทำลายพิมพ์ดีเอ็นเอ โครงการศึกษาจีโนมมนุษย์ การโดยผ่านการจัดการเรียนรู้ ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางเรียนรู้ นักเรียนจะเรียนรู้อยู่บนผ่านวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองที่มี การนำประเด็น ทางวิทยาศาสตร์และสังคม ที่เกิดเนื่องจากเทคโนโลยีทางพันธุศาสตร์มาใช้ในการ จัดการเรียนการสอน ความรู้ที่ได้ยังเป็นพื้นฐานที่จะใช้ในการฝึกพัฒนาความ สามารถการตัดสินใจ เกี่ยวกับ

ประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีด้านพันธุกรรม ให้ผู้เรียนได้ฝึกการตัดสินใจอย่างมีขั้นตอน มีเหตุผลและมีจริยธรรม

ในรายวิชานี้จึงมีการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการใช้ประเด็นทางวิทยาศาสตร์ และสังคมมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ควบคู่กับการฝึกการคิดตัดสินใจ ในประเด็นทาง วิทยาศาสตร์และสังคมดังกล่าว รูปแบบการจัดการเรียนการสอนสรุปได้ดังนี้

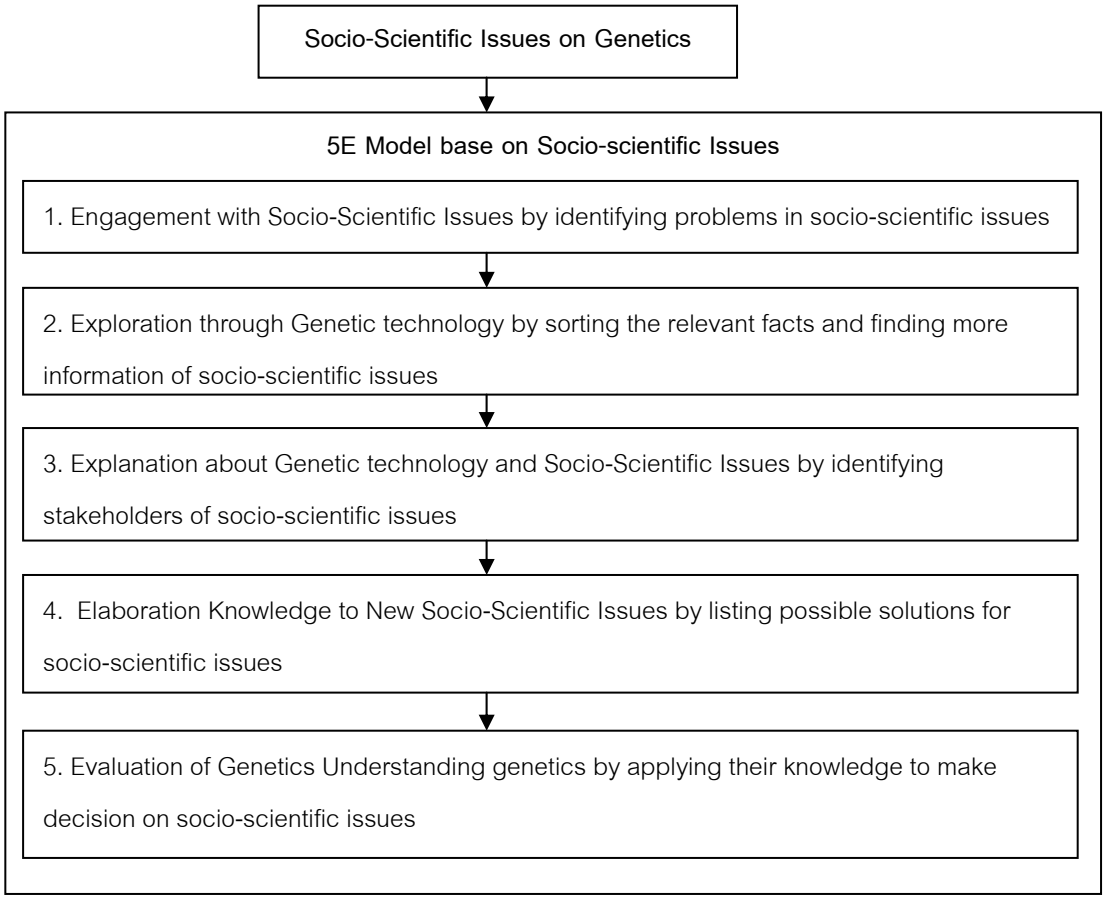


TABLE OF THE CONTENTS IN THE CURRICULUM

Learning Units	Contents	Lesson Plans	Learning Periods
Introduction Time	- Achievement Test before using the curriculum - Decision Making Time before using the curriculum	-	2.0
	Introduction Course Framework	-	1.0
1. Basic of DNA	1.1 Mendelian and Non-Mendelian Genetics 1.2 DNA as the Genetic Material 1.3 From Gene to Protein	1	3.0
2.Genetic Engineering	2.1 Genetic Engineering Method	2	2.5
	2.4 Genetic Engineering: Plant Aspect	3	2.5
3. DNA Fingerprinting	3.1 DNA Fingerprinting Method	4	2.5
	3.2 Use of DNA Fingerprinting	5	2.5
4. Human Genome Project	4.1 Introduction of Human Genome Project	6	2.5
	4.2 Use of Human Genome Project	7	2.5
Conclusion time	Achievement Test after using the curriculum Decision Making Test after using the curriculum	-	2
Total		7	23

แผนการจัดการเรียนรู้
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

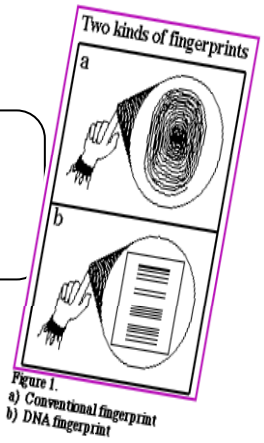


Figure 1.
a) Conventional fingerprint
b) DNA fingerprint

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3

ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ **เวลา 5 ชั่วโมง**

จุดมุ่งหมายของหน่วยการเรียนรู้

1. อธิบายความสัมพันธ์ของดีเอ็นเอกับการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอได้
2. อธิบายความสัมพันธ์ของการตรวจลำดับเบสซ้ำกับความการตรวจพิสูจน์บุคคลได้
3. วิเคราะห์หลักการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอแบบ Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP) ได้
4. อธิบายวิธีการการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยแบบ PCR-based STRได้
5. วิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้จากวิธี PCR-based STR ได้
6. ตรวจสอบเพื่อจำแนกบุคคลหรือระบุตัวบุคคลตามระบบ CODIS ได้
7. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของบุคคลจากผลการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอได้
8. สืบค้นและยกตัวอย่างประโยชน์และประเด็นที่เกิดจากการใช้การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอได้
9. ตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคมที่เกิดจากการใช้เทคโนโลยีการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอได้

เนื้อหา กิจกรรม และเวลาที่ใช้สอน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ 150 นาที

3.1 ดีเอ็นเอกับการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

- ใบงานที่ 1 ทบทวนความรู้เกี่ยวกับชนิดของลำดับเบสซ้ำบนดีเอ็นเอ

3.2 การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยใช้นิวเคลียสดีเอ็นเอ

- กิจกรรม การทำ Gel Electrophoresis
- กิจกรรมฝึกการตัดสินใจครั้งที่ 3 เรื่อง การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอนำมาสู่ข้อมูลที่ไม่อยากรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การระบุตัวบุคคลด้วยลายพิมพ์ดีเอ็นเอ 150 นาที
และการเปิดเผยลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

3.3 หลักการระบุตัวบุคคลด้วยลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

- กิจกรรมนักสืบ CSI รุ่นเยาว์

3.4 ประโยชน์และประเด็นที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ของลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

- กิจกรรมฝึกการตัดสินใจครั้งที่ 4 เรื่อง ลายพิมพ์ดีเอ็นเอกับบัตรสมาร์ทการ์ดของไทย

ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องของ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ	กิจกรรมของนักเรียน	สื่อการจัดการเรียนรู้

ดีเอ็นเอเปรียบเสมือนรหัสที่กำหนดความเป็นมนุษย์ของคนนั้นๆ ซึ่งจะแตกต่างจากคนอื่นๆ ดังนั้นการตรวจความแตกต่างของดีเอ็นเอจึงให้พิสูจน์ลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคล ↓ ความแตกต่างของดีเอ็นเอในนิวเคลียสของแต่ละคนเกิดที่บริเวณที่เรียกว่าลำดับเบสซ้ำ ซึ่งจะมีความแตกต่างทั้งลำดับนิวคลีโอไท์ที่เรียง ตัวซ้ำกันและจำนวนซ้ำ โดยแบ่งชนิดเบสซ้ำออกเป็นลำดับเบสซ้ำต่อเนื่อง และลำดับเบส ซ้ำกระจาย ↓ ลำดับเบสซ้ำต่อแบบต่อเนื่องเป็นเบสซ้ำที่ถูกนำมาใช้ในการตรวจความแตกต่างของดีเอ็นเอในแต่ละบุคคลแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทตามจำนวนซ้ำและความยาวของหน่วยซ้ำ ↓ ลำดับเบสซ้ำต่อเนื่องแบบ minisatellites ใช้ในการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอแบบดั้งเดิมด้วยเทคนิค RFLP ซึ่งอาศัยเอนไซม์ตัดจำเพาะตัดสายดีเอ็นเอ และนำชิ้นดีเอ็นเอมาทำ gel electrophoresisแยกชิ้นดีเอ็นตามขนาดที่ต่างกัน ↓ ส่วนลำดับเบสซ้ำต่อเนื่องเรียกว่า Microsatellite หรือบางครั้งเรียกเบสซ้ำชนิดนี้ว่า STR ใช้ในการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอแบบสมัยใหม่ คือ วิธี PCR-based STR analysis วิธีนี้ใช้เวลาตรวจเพียง 1-2 วัน ↓ ผลที่ได้จากการตรวจคือลายพิมพ์ดีเอ็นที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคลเนื่องจากแต่ละบุคคลจะมีขนาดและจำนวนที่ซ้ำกันที่ต่างกัน	กิจกรรมที่ 1 การทำ Gel electrophoresis การศึกษาภาพเคลื่อนไหวเรื่องหลักการ gel electrophoresis กิจกรรมการฝึกการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมที่เกี่ยวข้องกับพันธุศาสตร์ครั้งที่ 3	ข่าว "นิติวิทยาศาสตร์" ที่พึ่งสุดท้ายญาติเหยื่อคลื่นยักษ์ "สึนามิ" ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง ดีเอ็นเอของมนุษย์ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการตรวจลายพิพม์ดีเอ็นเอ ใบงานที่ 1 ทบทวนความรู้เกี่ยวกับชนิดของเบสซ้ำบน ดีเอ็นเอ ข่าวการตรวจพิสูจน์ความเป็นพ่อลูกของนักร้องดัง (ส่วนที่ 1) - กิจกรรมที่ 1/แบบบันทึกกิจกรรม1 - ใบความรู้ที่ 2วิธีการตรวจ ลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเทคนิค RFLP - ภาพเคลื่อนไหว Gel Electrophoresis จากซีดี - ใบความรู้ที่ 3 PCR-based STR analysis - ใบความรู้เพิ่มเติมเรื่อง PCR - ภาพเคลื่อนไหว PCR จากซีดี แบบฝึกการตัดสินใจครั้งที่ 3 เรื่อง “การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอนำมาสู่ข้อมูลที่ไม่อยากรู้” - แหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติมสำหรับกิจกรรมการ ฝึกตัดสินใจครั้งที่ 3 เรื่อง การตรวจสอบและการให้คำปรึกษาโรคทางพันธุกรรม

ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องของหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ	กิจกรรมของนักเรียน	สื่อการจัดการเรียนรู้

การระบุตัวบุคคลว่าเป็นคนๆเดียวกันได้นั้น ลายพิมพ์ดีเอ็นเอจะต้องตรงกันทั้ง 16 ตำแหน่งตามระบบ CODIS ที่กำหนดโดย FBI ↓ การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ นำมาใช้พิสูจน์ความเป็นพ่อ-แม่-ลูก ใช้พิสูจน์หลักฐานพยานทางนิติเวช การวินิจฉัยก่อนคลอด การพิสูจน์สายพันธ์ของพืช ↓ ข้อกังวลเกี่ยวกับการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ เช่น มาตรฐานการตรวจ สิทธิส่วนบุคคลในการ เปิดเผยลายพิมพ์ดีเอ็นเอ การเรียกร้อง เก็บ ข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอของรัฐบาล การใช้ประโยชน์อื่น ๆ จากตัวอย่างที่ถูกเก็บรักษาไว้เป็นวัตถุพยาน ↓ จากความสำเร็จของ**โครงการจีโนมมนุษย์** ทำให้ ในอนาคตลายพิมพ์ ดีเอ็นเอจึงอาจมิใช่เพียงสิ่งที่ใช้พิสูจน์บุคคล แต่อาจจะใช้บอกหรือทำนายความเป็นตัวตนของเจ้าของลายพิมพ์ดีเอ็นเอนั้นได้	กิจกรรมที่ 3 นักสืบCSI รุ่นเยาว์ กิจกรรมที่ 4 โต้วาทีในประเด็นการออกกฎหมายการแสดงข้อมูลดีเอ็นเอของบุคคล ในบัตรสมาร์ทการ์ด การฝึกการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมที่เกี่ยวข้องกับพันธุศาสตร์ครั้งที่ 4	- ข่าวการตรวจพิสูจน์ความเป็น พ่อ ลูกของนักร้องดัง (ส่วนที่ 2) - ใบความรู้ที่ 4 เรื่อง ระบบ CODIS - ชุดกิจกรรม นักสืบ CSI รุ่นเยาว์ - ใบความรู้ที่ 5 เรื่องประโยชน์และประเด็นจากการใช้ประโยชน์จากลายพิมพ์ดีเอ็นเอ - แบบฝึกการตัดสินใจ ครั้งที่ 4 เรื่องการเก็บข้อมูลลายพิมพ์ ดีเอ็นเอลงกับบัตรสมาร์ทการ์ดของประเทศไทย - แหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติมสำหรับกิจกรรมการตัดสินใจครั้งที่ 4 เรื่อง “บทสรุปสำหรับผู้บริหาร-การสำรวจความรู้ ความเข้าใจ และการใช้ประโยชน์จากข้อมูลพันธุกรรมผ่านบัตรประชาชนอเนกประสงค์”

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4
เรื่อง เทคโนโลยีการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เทคนิคการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ เวลา 150 นาที

สาระสำคัญ

ดีเอ็นเอในนิวเคลียสของแต่ละคนจะมีลำดับเบสขนาดสั้น ๆ เรียงตัวซ้ำกัน กระจายอยู่เป็นช่วงๆ หลายตำแหน่งบนเส้นดีเอ็นเอ จำนวนเบสที่ซ้ำกันในสายดีเอ็นเอนี้ในแต่ละคนจะไมเหมือนกันจึงสามารถใช้ในการพิสูจน์ตัวบุคคลได้ วิธีการตรวจมี 2 แบบ คือ วิธีที่การตรวจด้วยเทคนิ RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism)อาศัยการตัดดีเอ็นเอตัวอย่างเป็นชิ้นๆ โดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ จากนั้นนำไปแยกขนาดดีเอ็นเอ ซที่ ได้ จากการตัดโดยหยอดลงในแผ่นวุ้น (agarose gel) จากนั้นผ่านกระแสไฟฟ้าลงไป ทำให้ชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่มีขนาดแตกต่างกันเคลื่อนที่ได้แตกต่างกันจนในที่สุดชิ้นส่วนแต่ละชิ้นจะเรียงลำดับตามขนาดที่แตกต่างกัน ส่วนอีกวิธีได้แก่ PCR-based STR analysis ซึ่งเป็นวิธีการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอแบบใหม่ โดยมีการนำเทคนิค PCR มาใช้ในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ และได้มีการพัฒนาเครื่องตรวจแบบอัตโนมัติ ทำให้ได้ผลการตรวจที่รวดเร็ว ซึ่งทั้งสองวิธีให้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ(DNA fingerprint หรือ DNA profile) ที่เป็นเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคล การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอได้ถูกประยุกต์ นอกเหนือจากการพิสูจน์บุคคลแล้วยังสามารถตรวจหายีนที่อาจก่อให้เกิดโรคได้ทำให้เกิดเป็นประเด็นถึงการไม่อยากรับรู้ข้อมูลเหล่านี้

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความสัมพันธ์ของดีเอ็นเอกับการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอได้
2. อธิบายความสัมพันธ์ของการตรวจลำดับเบสซ้ำกับความการตรวจพิสูจน์บุคคลได้
3. วิเคราะห์หลักการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอแบบ Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP) ได้
4. อธิบายวิธีการการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยแบบ PCR-based STRได้
5. วิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้จากวิธี PCR-based STR ได้
9. ตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคมที่เกิดจากการใช้เทคโนโลยีการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอได้

ความรู้และประสบการณ์เดิม

เอนไซม์ตัดจำเพาะและคุณสมบัติของดีเอ็นเอ และเทคนิค PCR: Polymerase Chain Reaction

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. **สร้างความสนใจด้วยประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคมที่เกี่ยวข้องกับลายพิมพ์ดีเอ็นเอ**(10 นาที)

ข่าวนิติวิทยาศาสตร์
กับเหยื่อสึนามิ

1.1 ศึกษาข่าว “นิติวิทยาศาสตร์ ที่พึ่งสุดท้ายญาติเหยื่อคลื่นยักษ์สึนามิ”

1.2 ครูถามคำถามนำการอภิปราย

“เหตุใดดีเอ็นเอจึงสามารถใช้ตรวจสอบระบุตัวบุคคลได้ หรือระบุความสัมพันธ์ในครอบครัวได้”

“การตรวจสอบดีเอ็นเอบริเวณใดที่จะระบุความแตกต่างระหว่างบุคคลได้”

2. **สำรวจและค้นหาเทคโนโลยีลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่เกี่ยวข้องกับประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคม** (20 นาที)

ใบความรู้ที่ 1

2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มกลุ่มละ 4 คนศึกษาใบความรู้ที่ 1 เรื่องชนิดของเบสซ้ำบนดีเอ็นเอ

2.2นักเรียนร่วมกันอภิปรายหาคำตอบในใบงานที่ 1 ทบทวนความรู้เกี่ยวกับลำดับเบสซ้ำบนดีเอ็นเอ

ลายพิมพ์ดีเอ็นเอกับการพิสูจน์พ่อ แม่ ลูก

2.3 นักเรียนศึกษาตัวอย่างการจำแนกบุคคลด้วยการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากข่าว “ดีเอ็นเอ ยืนยันอีกครั้ง"นักร้องชื่อดังไม่ใช่พ่อของเด็ก(ส่วนที่ 1)” เป็นข่าวที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องการการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอเพื่อพิสูจน์ความเป็นพ่อลูก

2.4 ครูถามคำถามนำการอภิปราย

“เราจะมีวิธีการตรวจสอบความแตกต่างของดีเอ็นเอในแต่ละบุคคลได้อย่างไร”

3. **อธิบายและเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม** (40 นาที)

3.1 ครูถามคำถามนำการอภิปรายของนักเรียน

“จากข่าวการตรวจพิสูจน์ความสัมพันธ์พ่อลูก นักเรียนคิดว่าวิธีการตรวจพิสูจน์ ลายพิมพ์ดีเอ็นเอมีวิธีการอย่างไร ”

กิจกรรมที่ 1

3.2 นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน เพื่อทำกิจกรรมที่ 1 การทำ Gel Electrophoresis

ใบความรู้ที่ 3

3.3 ขณะรอผลของ Gel Electrophoresis ของกิจกรรมที่ 1 นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 3 เรื่อง PCR-based STR analysis

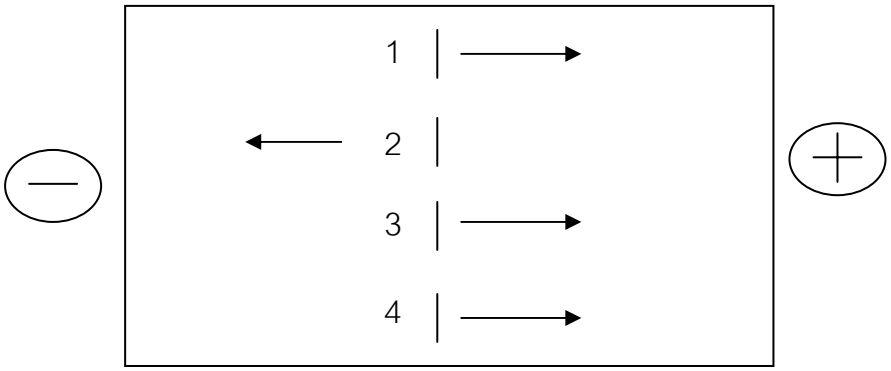
ภาพเคลื่อนไหว เรื่อง PCR

(ทบทวนวิธีการ PCR ได้จากภาพเคลื่อนไหวเรื่อง PCR จากซีดีประกอบการเรียน หน่วยการเรียนที่ 3)

แบบบันทึกผลกิจกรรมที่ 1

3.4 นักเรียนบันทึกผลกิจกรรมที่ 1 ลงในแบบบันทึกผลกิจกรรมที่ 1 พร้อมตอบคำถามทบทวนความรู้ของกิจกรรมที่ 1

3.5 นักเรียนศึกษาและอภิปรายสรุปผลที่ได้จากกิจกรรมที่ 1 เพื่ออธิบายหลักการแยกสารด้วยวิธี Gel Electrophoresis จากผลที่ได้จากกิจกรรมที่ 1



นำมาสู่ข้อสรุปถึงหลักการแยกสารโดยอาศัยคุณสมบัติการแยกในสนามไฟฟ้า โดยแต่ละสารจะมีผลรวมประจุต่างกัน ทำให้ความสามารถ ในการเคลื่อนที่ ในสนามไฟฟ้าแตกต่างกัน สารที่ประจุรวมของโมเลกุลเป็นบวกจะเคลื่อนที่หาขั้วลบ ส่วนสารที่ประจุรวมของโมเลกุลเป็นลบจะเคลื่อนที่หาขั้วบวก และสารที่มีขนาดเล็ก จะเคลื่อนที่ในแผ่นวุ้นได้เร็วกว่าสารที่มีขนาดใหญ่ (ศึกษาเพิ่มเติมเรื่อง Gel Electrophoresis ได้จากซีดีประกอบการเรียนการสอนหน่วยการเรียนรู้ที่ 3)

ภาพเคลื่อนไหวเรื่อง Gel Electrophoresis

ใบความรู้ที่ 2

3.6 นักเรียนศึกษาการนำหลักการแยกสารใน Gel Electrophoresis มาใช้ในการแยก ดีเอ็นเอเพื่อตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากใบความรู้ที่ 2 เรื่อง การตรวจลายพิมพ์ ดีเอ็นเอด้วยเทคนิค RFLP

3.7 นักเรียนอภิปรายสรุปความสำคัญของเทคนิค Gel Electrophoresis กับการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเทคนิค RFLP

4. นำความรู้ที่ได้มาอธิบายผลกระทบหรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ และเทคโนโลยีทางพันธุกรรม (20 นาที)

ข่าวลายพิพม์ดีเอ็นเอกับการพิสูจน์พ่อ แม่ ลูก

4.1 นักเรียนศึกษาข่าว “การตรวจพิสูจน์ความเป็นพ่อ แม่ ลูกของนักร้องดัง (ส่วนที่ 2)” โดยเน้นให้นักเรียนมองในประเด็นการถูกเปิดเผยข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอต่อที่สาธารณะโดยไม่ผ่านการขออนุญาตจากเจ้าของข้อมูล

4.2 ครูถามคำถามนำอภิปราย “ถ้าถูกเปิดเผยข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอแสดงผล การตรวจที่ไม่ต้องการเปิดเผยต่อผู้อื่น จะส่งผลต่อเจ้าของข้อมูลอย่างไรบ้าง”

5. **ประเมินความเข้าใจวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ และสังคม** (25 นาที)

5.1 ครูถามคำถามนำการอภิปรายทบทวนความรู้ "หลักการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเทคนิค RFLPและเทคนิค PCR-based STR analysis มีความแตกต่างกัน อย่างไร"

5.2 นักเรียนวิเคราะห์เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมกับการตรวจลายพิมพ์ ดีเอ็นเอ ซึ่งนักเรียนควรอธิบายผลการตรวจ ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ เชื่อมโยงกับสมาชิก คนอื่น ๆ ในครอบครัวหรือ วงศ์ตระกูล ตัวอย่างเช่น ถ้าคนในครอบครัวคนหนึ่งตรวจ ลายพิพม์ดีเอ็นเอพบว่ามียีนที่เกี่ยวข้องกับโรคทางพันธุกรรม ก็ทำให้สามารถเชื่อม โยงผลที่ได้กับสมาชิกครอบครัวที่เหลือ

6. **ประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคม** (30 นาที)

แบบฝึก
การคิดตัดสินใจที่ 3

6.1 นักเรียนนำความรู้ที่ได้เรียนมาฝึกการตัดสินใจตามแบบฝึกการคิดตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมครั้งที่ 3 เรื่อง การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอนำมาสู่ข้อมูลที่ไม่อยากรู้

6.2 นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ของประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม จากนั้นระบุปัญหาที่เกี่ยวข้อง ทบทวนความรู้ที่จะใช้อธิบายในประเด็นทางวิทยาศาตร์และสังคมดังกล่าว

6.3 นักเรียนค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์และสังคมที่เกี่ยวข้องกับประเด็นดังกล่าวเพิ่มเติม จากนั้นระบุผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียกับประเด็นปัญหานี้

6.4 นักเรียนอ่านคำถามเพื่อการตัดสินใจของประเด็นนี้ "ถ้านักเรียนเป็นนักปรึกษาทาง พันธุศาสตร์ ในสถานการณ์ดังกล่าวนักเรียนจะเลือกตัดสินใจทำอย่างไรเพราะเหตุใด"

6.5 นักเรียนระบุทางเลือกที่เป็นไปได้จากนั้นตัดสินใจเลือกทางเลือกที่นักเรียนเห็นว่าเหมาะสม กับสถานการณ์นี้ที่สุดพร้อมอธิบายเหตุผลที่เลือกทางเลือกนี้

6.6 นักเรียนแบ่งกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันในกลุ่ม ถึงทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดกับปัญหานี้จากนั้นนักเรียนทบทวนเปรียบเทียบการตัดสิน ใจของตนเอง

6.7 นักเรียนอภิปรายร่วมกันในชั้นถึงความหลากหลายของทางเลือกที่นักเรียนแต่ละคนได้เลือกครูต้องพยายามทำความเข้าใจว่าไม่มีคำตอบใดถูกหรือผิด

เตรียมพร้อมสู่การเรียนครั้งต่อไป

ครูให้นักเรียนศึกษาการใช้ประโยชน์จากลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากซีรีย์เรื่อง CSI-LV ตอน Blood DNA มีเนื้อหาเกี่ยวกับการนำลายพิมพ์ดีเอ็นเอมาใช้พิสูจน์ผู้ต้องสงสัยและนำมาตรวจสอบความสัมพันธ์ของพี่น้องในครอบครัวผู้ต้องสงสัย พบว่าคนร้ายเป็นคนที่มีดีเอ็นเอสองชุดอยู่ในร่างกาย

สื่อการเรียนรู้

1. ข่าว "นิติวิทยาศาสตร์" ที่พึ่งสุดท้ายญาติเหยื่อคลื่นยักษ์ "สึนามิ"
2. ข่าวการตรวจพิสูจน์ความเป็นพ่อลูกของนักร้องดัง (ส่วนที่ 1)
3. ข่าวการตรวจพิสูจน์ความเป็นพ่อลูกของนักร้องดัง (ส่วนที่ 2)
4. ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง ดีเอ็นเอของมนุษย์ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการตรวจลายพิพม์ดีเอ็นเอ
5. ใบความรู้ที่ 2 วิธีการตรวจลายพิมพ์ ดีเอ็นเอด้วยเทคนิค RFLP
6. ใบความรู้ที่ 3 PCR-based STR analysis
7. กิจกรรมที่ 1 Gel Electrophoresis
8. ใบงานที่ 1 ทบทวนความรู้เกี่ยวกับ ชนิดของเบสซ้ำบนดีเอ็นเอ
9. แบบฝึกการตัดสินใจครั้งที่ 3 เรื่อง “เมื่อการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอนำมาสู่ข้อมูลที่ไม่อยากรู้”
10. แหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติมสำหรับกิจกรรมการฝึกตัดสินใจครั้งที่ 3 เรื่อง การตรวจสอบและการให้คำปรึกษาโรคทางพันธุกรรม
11. ซีดีประกอบการเรียนหน่วยการเรียนที่ 3
12. ใบความรู้เพิ่มเติมเรื่องเทคนิค PCR: Polymerase Chain Reaction
13. ซีดีเรื่อง CSI-LV ตอน Blood DNA

การวัดผลประเมินผล

1. ด้านความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม
   - -ใบงานที่ 1 ทบทวนความรู้เกี่ยวกับชนิดของลำดับเบสซ้ำบนสายดีเอ็นเอ
   - -แบบบันทึกผลกิจกรรมที่ 1 เรื่อง Gel Electrophoresis
   - -สังเกตการอภิปรายและแสดงความคิดเห็นในการเรียน
2. ด้านความสามารถในการตัดสินเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาตร์และสังคม
   - -แบบฝึกการคิดตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมครั้งที่ 3

แหล่งการเรียนรู้

1. สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย. *สาระน่ารู้ อณูพันธุศาสตร์*. สมาคมพันธุศาสตร์: กรุงเทพฯ, 2548

2. http://learn.genetics.utah.edu/units/biotech/gel/ ของ University of Utah เป็นเวบไซค์ ที่จำลองห้องปฏิการด้านพันธุศาสตร์(Virtual Laboratory)โดยเรื่องนี้จะเป็นปฏิบัติการเจลอิเล็กโทรโฟลิซิส โดยจะทบทวบขั้นตอนของเทคนิคที่สนใจก่อนจากนั้นจะให้ ผู้เรียนได้ลงมือทำผ่านรูปแบบจำลอง

กิจกรรมเสนอแนะ

1. ศึกษาดูงานศูนย์นิติวิทยาศาสตร์ สามารถติดต่อได้ตามที่อยู่ดังนี้
   ศูนย์นิติวิทยาศาสตร์ อาคารกระทรวงยุติธรรม ชั้น2 ถนนแจ้งวัฒนะ อำเภอปากเกร็ด จังหวัด นนทบุรี 11120 โทรศัพท์ 0-2502-6676 โทรสาร 0-02502-6676
2. ศึกษาดูงานห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ดีเอ็นเอ ของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บันทึกผลการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เทคโนโลยีการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

1. **ผลการเรียนรู้**

.....

.....

.....

.....

.....

2. **ปัญหาและอุปสรรค**

.....

.....

.....

.....

.....

3. **ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไข**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(.....)

สื่อสำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

1. **สื่อที่มีในเอกสารประกอบการเรียนของหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 สำหรับนักเรียน**

ข่าว "นิติวิทยาศาสตร์" ที่พึ่งสุดท้ายญาติเหยื่อคลื่นยักษ์ "สึนามิ"

ข่าวการตรวจพิสูจน์ความเป็นพ่อลูกของนักร้องดัง (ส่วนที่ 1)

ข่าวการตรวจพิสูจน์ความเป็นพ่อลูกของนักร้องดัง (ส่วนที่ 2)

ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง ดีเอ็นเอของมนุษย์ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการตรวจลายพิพม์ดีเอ็นเอ

ใบความรู้ที่ 2 วิธีการตรวจลายพิมพ์ ดีเอ็นเอด้วยเทคนิค RFLP

ใบความรู้ที่ 3 PCR-based STR analysis

กิจกรรมที่ 1 Gel Electrophoresis

ใบงานที่ 1 ทบทวนความรู้เกี่ยวกับ ชนิดของเบสซ้ำบนดีเอ็นเอ

แบบฝึกการตัดสินใจครั้งที่ 3 เรื่อง “เมื่อการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอนำมาสู่ข้อมูลที่ไม่อยากรู้”

2. **สื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้สำหรับครูผู้สอน**

2.1 ซีดีประกอบการเรียนการสอนหน่วยการเรียนรู้ที่ 3

- ภาพเคลื่อนไหวเรื่อง PCR
- ภาพเคลื่อนไหวเรื่อง Gel Electrophoresisrestriction enzyme and DNA ligase

2. 2 แหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติมสำหรับกิจกรรมการฝึกตัดสินใจครั้งที่ 3 เรื่อง การตรวจสอบและการให้คำปรึกษาโรคทางพันธุกรรม

3. **สื่อสำหรับเตรียมความพร้อมในการเรียนในครั้งต่อไป**

- ซีดีเรื่อง CSI-LV ตอน Blood DNA

แหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติมสำหรับกิจกรรมการฝึกตัดสินใจครั้งที่ 3

การตรวจสอบและการให้คำปรึกษาโรคทางพันธุกรรม (Genetic testing and genetic counseling)

ที่มา..หนังสือ นิตยสารใกล้หมอปีที่ 24 ฉบับที่ 2 กุมภาพันธ์ 2543

โรคทางพันธุกรรมนับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งทางด้านสาธารณสุขที่อาจทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิต ตั้งแต่คลอดออกมาหรือเมื่อคลอดออกมาแล้ว ผู้ป่วยได้รับความทรมานจากโรค ในปัจจุบันนี้โรคทางพันธุกรรม ส่วนมาก เมื่อเกิดขึ้นแล้วไม่มีทางที่จะรักษาให้หายได้ จะมีการรักษาก็เพียงแต่ บรรเทาอาการของโรคเท่านั้น หรือ อาจจะควบคุมทำให้โรคไม่มีการแสดงออกมา เพราะฉะนั้นการตรวจสอบ โรคทางพันธุกรรม และการให้คำปรึกษา ทางด้านพันธุศาสตร์ จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ที่จะได้ทราบ ถึง รูปแบบของการถ่ายทอดทางพันธุกรรม และโอกาสเสี่ยงที่จะเป็นโรคทางพันธุกรรมดังกล่าวทำให้แพทย์ สามารถที่จะให้คำปรึกษาแก่ผู้ป่วย หรือบุคคลที่มี โอกาสเสี่ยงต่อการเป็นโรค เพื่อที่จะป้องกันการเกิดอุบัติการของโรค หรือทำให้อุบัติการของโรคลดลงในประชากร

การตรวจสอบทางพันธุกรรม

การตรวจสอบทางพันธุกรรม (genetic testing) หมายถึงการตรวจสอบโรคทางพันธุกรรมด้วยเทคนิค และวิธีการทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ เพื่อที่จะทราบว่าบุคคลที่มารับการตรวจเป็นบุคคลที่เป็นโรคทางพันธุกรรม หรือไม่ หรืออาจจะมียีนที่ทำให้เกิดโรคแฝงอยู่หรือไม่ โดยการวิเคราะห์จากโปรตีน, โครโมโซม (chromosome เป็นที่อยู่ของยีน ในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีจำนวนโครโมโซมที่แตกต่างกันไป) การตรวจสอบในระดับของโครโมโซม จะมีการเจาะเลือดของผู้ที่สงสัยมาเพาะเลี้ยง เพื่อตรวจสอบว่าโครโมโซมมีผิดปกติหรือไม่เนื่องจากมี โรคทางพันธุกรรมหลายโรค ที่เกิดจากความผิดปกติของโครโมโซม หรือความก้าวหน้าในปัจจุบันนี้ สามารถที่ จะทำการตรวจสอบได้ในระดับโมเลกุลของสารพันธุกรรม ที่เราเรียกกันว่า ดีเอ็นเอนั่นเอง

ตัวอย่างของการตรวจสอบทางพันธุกรรม ในโรคเลือดไหลไม่หยุด (hemophilia) และโรคซิสติคไฟโบรซิส (cystic fibrosis) โดยบุคคลอาจจะอยู่ในสภาพที่เป็นโรคหรืออยู่ในสภาพมียีนด้อย ที่ทำให้เกิดโรคแฝงอยู่แต่อาจไม่รู้ ตัว(เป็นพาหะของโรค) บุคคลดังกล่าวสามารถที่จะถ่ายทอดยีน ที่แฝงอยู่ไปให้กับลูกได้ จึงต้องมีการตรวจสอบทางพันธุกรรมขึ้น ซึ่งเมื่อทราบว่บุคคลนั้นเป็นโรคทางพันธุกรรมจริง หรืออยู่ในสภาพที่มียีนด้อยที่ทำให้เป็นโรคแฝงอยู่จริงจะต้องได้รับคำแนะนำจากแพทย์ และจะต้องมีการวางแผนครอบครัวเป็นอย่างดี

การให้คำปรึกษาทางด้านพันธุศาสตร์

งานให้คำปรึกษาทางด้านพันธุศาสตร์ (genetic counseling) นับว่ามีความสำคัญมาก เป็นส่วนหนึ่ง ของสาธารณสุขชุมชน ศูนย์การแพทย์ในปัจจุบันนี้จำเป็นต้องมีหน่วยงานดังกล่าว เพื่อเป็นที่ให้คำปรึกษาแก่ผู้ป่วย และครอบครัว ของผู้ป่วย การบริการให้คำปรึกษาย่อมทำให้เราทราบ ถึงอัตราของการเสี่ยงที่จะเป็นโรคทาง พันธุกรรม และจะได้ให้ความช่วยเหลือแก่ครอบครัวผู้ป่วย หรือบุคคลที่มีความเสี่ยงต่อโรคทางพันธุกรรมดังกล่าว

โดยปกติแล้วแพทย์มักจะต้องตอบคำถาม และให้คำแนะนำต่อครอบครัวซึ่งมีโรคทางพันธุกรรมเกิดขึ้น หรือในครอบครัวที่ไม่มีการปรากฏของโรคทางพันธุกรรมแต่มีบรรพบุรุษที่เป็นโรค ที่ต้องการทราบว่าจะมีอัตราการเสี่ยง ของโรค จากตนไปสู่รุ่นลูก-หลานของตน หรือพ่อแม่ที่มีอาการของโรคทางพันธุกรรม ต้องการทราบว่าบุตร ที่เกิดขึ้นมาของ

ตน จะมีโอกาสที่จะเกิดเช่นเดียวกันกับตนมากน้อยเพียงใด หรือมารดาที่เคยมีบุตรคนก่อนๆ เป็นโรคทางพันธุกรรม ต้องการที่จะทราบว่าลูกที่กำลังจะเกิดมา คนต่อไปนี้จะมีโอกาสของการเกิดโรคมากน้อย เพียงใดหรือแม้แต่ในบุคคลที่เป็นปกติ ซึ่งมีพี่น้องร่วมท้องเดียวกันเมื่อทราบว่าพี่หรือน้องของตนเป็นโรคทาง พันธุกรรม อาจจะต้องการทราบว่า ตนมียีนที่ทำให้เป็นโรคแฝงอยู่หรือไม่

สิ่งที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ เป็นงานที่จำเป็นจะต้องใช้แพทย์ ที่มีความรู้ทางด้านพันธุศาสตร์ หรือที่เราเรียกกันว่า จีนนีติก เคาร์ซัลริ่ง (genetic counseling) โดยจุดมุ่งหมายของการแนะนำทางพันธุศาสตร์ คือการให้คำอธิบายอย่างกระจ่างแก่บุคคลที่ต้องการความช่วยเหลือ คำอธิบายนี้จะประกอบไปด้วย

1. ความผิดปกติทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้นนี้ มีความเป็นมาอย่างไร และเกิดขึ้นได้อย่างไร
2. เหตุใดจึงเรียกว่าโรคทางพันธุกรรม
3. โอกาสที่โรคพันธุกรรมนี้ในมารดาที่เคยมีบุตรและเป็นโรค หรือกำลังตั้งครรภ์อยู่เป็นเท่าใด
4. ให้คำแนะนำในการปฏิบัติตัวของพ่อ-แม่ ที่มีบุตรซึ่งเป็นโรคพันธุกรรม หรือในการตัดสินใจการให้กำเนิดบุตร ที่อาจจะเกิดมาเป็นโรคทางพันธุกรรม หรือบอกทางเลือกที่จะหลีกเลี่ยงมิให้บุตรเป็นโรค และมิให้สมาชิกในครอบครัวเป็นโรคนี้เพิ่มมากขึ้นอีก
5. มีแนวทางการรักษา เพื่อให้อาการของโรคบรรเทาลงถ้าเป็นไปได้ ซึ่งในบางกรณีอาจพบว่า คู่สามีภรรยาบางคู่อาจจะต้องการคำแนะนำ เพื่อต้องการที่จะทราบว่าบุตรที่เกิดมาจะมีอัตราการเสี่ยง ที่จะเป็นโรคทางพันธุกรรมเท่าใด แม้ว่าเขาทั้งสองจะไม่มีญาติที่เป็นโรคนี้ก็ตาม แต่เป็นคู่แต่งงานที่อยู่ในประชากร ที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการเป็นโรคนี้สูง ตัวอย่างดังกล่าวเช่น โรคธาลัสซีเมีย ฮีโมโกลบิน-เอ จะสามารถพบได้มากในประชากรของประเทศไทย ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อีสาน)

การหาคำอธิบายที่ถูกต้องนั้น ในอันดับแรกแพทย์ผู้แนะนำทางพันธุศาสตร์ จะต้องทำการตรวจสอบ โดยการวินิจฉัยทางด้านการแพทย์เสียก่อน เพื่อให้เป็นที่แน่ชัดว่าผู้ป่วย หรือผู้ที่ต้องการความช่วยเหลือนั้น มีสาเหตุ เกิดมาจากโรคพันธุกรรมชนิดใด ซึ่งพบว่ามีหลายโรค ที่ไม่ใช่โรคทางพันธุกรรม แต่มีอาการคล้ายคลึงหรือเหมือนกับ โรคทางพันธุกรรม ผลของโรคเหล่านี้อาจเกิดมาจากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมก็ได้ ซึ่งบุคคลดังกล่าวนี้ จะมีโอกาสเสี่ยง ที่น้อยมาก ที่บุตรจะเป็นโรคดังกล่าว

โรคทางพันธุกรรมนั้น นอกจากการศึกษาจากอาการของผู้ป่วย และการวินิจฉัยทางการแพทย์แล้ว ยังต้องมี การตรวจสอบประวัติบุคคลในครอบครัว และเครือญาติของผู้ป่วย ที่เราเรียกกันว่าพันธุประวัติ (pedigree) ด้วย เมื่อเราทราบแน่ชัด แล้วว่าผู้ป่วยได้เป็นโรคทางพันธุกรรมจริง และทราบอัตราเสี่ยง ของการถ่ายทอด ที่ผู้ป่วยจะ ถ่ายทอดไปยังบุตรว่ามีโอกาสเป็นเท่าใด แพทย์ผู้แนะนำจะเป็นผู้อธิบาย ถึงค่าโอกาสที่จะเป็นโรค (probability)

ให้กับผู้ป่วยเพื่อให้เข้าใจอย่างชัดเจน เพื่อใช้ในการตัดสินใจ ที่จะมีบุตรคนต่อไป ซึ่งโดยปกติทั่วไปแล้วผู้ป่วยมัก จะไม่เข้าใจถึงค่าของโอกาสที่จะทำให้เกิดโรค ว่ามีความหมายว่าอย่างไร

ลักษณะการอธิบายของแพทย์ เกี่ยวกับโรคทางพันธุกรรมให้แก่ผู้ป่วย จะต้องเป็นไปในทาง ที่ทำให้ผู้ป่วยสามารถที่จะลดความวิตกกังวล มีสภาพของจิตใจที่ดีขึ้นหรือเข้าใจยอมรับสภาพความเป็นจริง พร้อมที่ จะปฏิบัติตามคำแนะนำของแพทย์ โดยแพทย์จะต้องแสดงให้ผู้ป่วยเหล่านี้เห็นถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้น มาจากความผิดปกติในระดับของยีนหรือโครโมโซม และเป็นสิ่งที่ยากต่อการเปลี่ยนแปลง เมื่อได้เกิดขึ้นแล้วแพทย์ อาจจะสามารถที่จะแนะนำจนถึงขั้นสุดท้ายนี้ได้ และอาจที่จะย้อนคำถามกลับคืนไปยังผู้ป่วยเพื่อให้ผู้ป่วยได้ อธิบายถึงสาเหตุต่างๆ ของโรคที่เขาเป็น เพื่อความเข้าใจอย่างถ่องแท้ นอกจากนี้ทางเลือกของการแนะนำ ยังต้องถูกต้อง ตามจารีตประเพณี วัฒนธรรม และศาสนาของประเทศด้วย เช่น ทางเลือกของการมีบุตร, การคุมกำเนิด, การทำหมัน หรือการทำแท้ง เป็นต้น

ในการให้คำแนะนำทางพันธุศาสตร์มีความจำเป็นต้องใช้การยืนยันการตรวจโรค (อาการของโรค) โดยใช้ เทคนิคทางห้องปฏิบัติการ เพื่อให้คำแนะนำเป็นไปอย่างถูกต้อง ตัวอย่างได้แก่ การวินิจฉัยโดยตรวจดูโครโมโซม ทั้งการตรวจวินิจฉัยโรคก่อนและหลังคลอด, การตรวจสอบสารอินทรีย์ หรือโปรตีนที่เกี่ยวข้องทางชีวเคมีของโรค, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อตรวจสอบการทำงานของยีน และรวมไปถึงการใช้ตัวตรวจสอบ (prob) ยีนที่ทำให้เกิดโรค เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ในทางโรงพยาบาล ที่มีความพร้อมสมบูรณ์ควรจะมีห้องปฏิบัติการร่วมกับสำนักงานให้คำ แนะนำทางพันธุศาสตร์

สำหรับในประเทศไทยแล้ว มีแผนกให้บริการทางพันธุศาสตร์ อยู่ตามโรงพยาบาลใหญ่ในกรุงเทพฯ ทั้งของเอกชน และรัฐบาลหลายแห่ง โดยทั้งนี้แพทย์ทางด้านพันธุศาสตร์ จะต้องคำนึงถึงคำถามที่จะทำให้ได้รับซึ่งคำตอบ ที่ถูกต้องดังต่อไปนี้

1. โรคที่เป็นที่สนใจ (เป็นปัญหา) อยู่นั้น เป็นชนิดยีนเดียว (single gene) หรือหลายยีน (multiple alleles) ที่ทำให้เกิดความผิดปกติของโรค
2. ลักษณะการถ่ายทอดของโรค ภายในครอบครัวของผู้ป่วยเป็นอย่างไร
3. มีความผิดปกติของโครโมโซมหรือไม่
4. ถ้าเป็นความผิดปกติของยีนเดียว จะมีการตรวจสอบด้วยวิธีการใด
5. ถ้าเป็นความผิดปกติชนิดที่เกิดจากการกลายพันธุ์ (mutation) จะสามารถตรวจสอบได้โดยตรง หรือต้องมีการค้นหาเครื่องหมายทางพันธุกรรม (genetic marker) ของโรคร่วมด้วย
6. สามารถตรวจสอบจากการตั้งครรภ์ (prenatally) ได้หรือไม่ เป็นต้น

ผู้เขียน อลงกลด แทนออมทอง, กฤษฎา บูรณาภิรมย์ และอนุพร ชำนิไพบูลย์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5
เรื่อง การระบุตัวบุคคลด้วยลายพิมพ์ดีเอ็นเอและการเปิดเผยข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ **เวลา 150 นาที**

สาระสำคัญ

ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ สามารถแสดงลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล หรือแต่ละสิ่งมีชีวิตได้ ดังนั้นจึงมีการประยุกต์ใช้การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอเพื่อการพิสูจน์ความสัมพันธ์ทางสายเลือด นอกจากนี้ยังใช้พิสูจน์บุคคลในหลักฐานพยานทางนิติเวช ซึ่งการระบุตัวบุคคลจะต้องทำ การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอให้ตรงกันทั้ง 16 ตำแหน่งตามมาตรฐานของระบบ Combined Offender DNA Indexing System (CODIS) นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ ใช้ในการตรวจหาโรคที่เกิดจาก ความผิดปกติทางพันธุกรรม

ในอนาคตความสำเร็จของโครงการจีโนมมนุษย์จะทำให้เราทราบสิ่งที่เป็นไปได้ทั้งหมดในดีเอ็นเอของตนเองใช้บอกความเป็นตัวตนทุกอย่างของเจ้าของลายพิมพ์นั้นได้ การใช้ประโยชน์ความก้าวหน้าอาจทำให้เกิดคำถามหรือข้อขัดแย้งขึ้นในสังคม เช่น เรื่องสิทธิส่วนบุคคลกับ การเรียกร้องให้เปิดเผยข้อมูลดีเอ็นเอ มาตรฐานการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ การลำเอียงจากการทราบข้อมูลดีเอ็นเอ การเกิดการแบ่งชนชั้นจากข้อมูลดีเอ็นเอเป็นต้น

จุดประสงค์การเรียนรู้

6. ตรวจสอบเพื่อจำแนกบุคคลหรือระบุตัวบุคคลตามระบบ CODIS ได้
7. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของบุคคลจากผลการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอได้
8. สืบค้นและยกตัวอย่างประโยชน์และประเด็นที่เกิดจากการใช้การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอได้
9. ตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคมที่เกิดจากการใช้เทคโนโลยีการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอได้

ความรู้และประสบการณ์เดิม

1. การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอในนิวเคลียสเพื่อพิสูจน์ตัวบุคคล
2. โครโมโซมของมนุษย์

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. **สร้างความสนใจด้วยประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคมที่เกี่ยวข้องกับลายพิมพ์ดีเอ็นเอ** (10 นาที)

   1.1 ครูใช้อุปกรณ์จากชุดกิจกรรมนักสืบ CSI รุ่นเยาว์ สร้างสถานที่เกิดเหตุไว้หน้าห้องเรียน พร้อมทั้งวางหลักฐานได้แก่ลายพิมพ์นิ้วมือ รอยเท้า หยดเลือด

1.2 แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 คนจากนั้นให้นักเรียน แต่ละกลุ่มเป็นทีมนักสืบและนักพิสูจน์หลักฐาน คล้ายกับทีมนักสืบจากซีรีย์ เรื่อง CSI ที่นักเรียนได้ดูไปแล้ว

1.3 ครูถามนำการอภิปรายว่า “ถ้าจะใช้หลักฐานลายพิมพ์ดีเอ็นเอในการระบุตัวคนร้าย จะมีหลักหรือมาตรฐานเพื่อตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอหรือไม่”

2. **สำรวจและศึกษาความรู้และเทคโนโลยีทางพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับประเด็น ทางวิทยาศาสตร์และสังคม** (50 นาที)

ใบความรู้ที่ 4

ลายพิพม์ดีเอ็นเอกับการพิสูจน์พ่อ แม่ ลูก

กิจกรรมที่ 3

2.1 นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 4 เรื่องระบบ CODIS: Combined Offender DNA Indexing System เป็นระบบสากลโดยสามารถใช้พิสูจน์บุคคลหนึ่งแยกออกจาก บุคคลหนึ่งได้

2.2 นักเรียนศึกษาตัวอย่างการนำระบบ CODIS มาใช้ในการระบุความสัมพันธ์ของพ่อ แม่ ลูก จากข่าว ““ดีเอ็นเอ ยืนยันอีกครั้ง"นักร้องชื่อดังไม่ใช่พ่อของเด็ก (ส่วนที่ 2)”

2.3 นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมที่ 3 นักสืบ CSI รุ่นเยาว์ กำหนดให้นักเรียนใช้ความรู้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ ลายพิมพ์นิ้วมือ การเปรียบเทียบรอยเท้า หลักฐานพยานบุคคลเพื่อหาตัวคนร้าย ตัวแทนแต่ละ กลุ่มนำเสนอผลการพิสูจน์หลักฐานหาตัวผู้ร้าย

3. **อธิบายและเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม** (15 นาที)

3.1 จากนั้นนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปผลการตรวจหาผู้ร้าย การใช้ผลการตรวจดีเอ็นเอเป็นหลักฐานร่วมกับหลักฐานนิติวิทยาศาสตร์อื่น ๆ

3.2 ให้นักเรียนร่วมกันสืบค้นและอภิปราย การใช้ประโยชน์จากเทคนิคการตรวจดีเอ็นเอ ในด้านอื่น ๆ เช่น เกษตร แพทย์ การเลี้ยงสัตว์ รวมถึงปัญหาที่จะเกิดจากการ เปิดเผยผลการตรวจดีเอ็นเอ

ใบความรู้ที่ 5

3.3 นักเรียนศึกษาความรู้เพิ่มเติมถึงประโยชน์จากการประยุกต์ใช้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอได้ จากใบความรู้ที่ 5 เรื่องประโยชน์และประเด็นจากการใช้ประยุกต์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

4. **นำความรู้ที่ได้มาอธิบายผลกระทบหรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ และเทคโนโลยีทางพันธุกรรม** (35 นาที)

4.1 นักเรียนแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดย

- นักเรียนกลุ่มที่ 1 อภิปรายประโยชน์ที่ได้รับจากการแสดง ลายพิมพ์ดีเอ็นเอหรือ ข้อมูลพันธุกรรมในบัตรประชาชนอเนกประสงค์ (สมาร์ตการ์ด) โดยนักเรียนกลุ่มนี้อยู่ในบทบาทที่สนับสนุนให้มีการเปิดเผยข้อมูลพันธุกรรม
- นักเรียนกลุ่มที่ 2 อภิปรายผลกระทบหรือการเสียประโยชน์จากการแสดงลายพิมพ์ ดีเอ็นเอหรือข้อมูลพันธุกรรมในบัตรประชาชนอเนกประสงค์ (สมาร์ตการ์ด) เป็นกลุ่มที่คัดค้านการเปิดเผยข้อมูลทางพันธุกรรม

4.2 ให้เวลานักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายและศึกษาแหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติม เรื่อง “บทสรุปสำหรับผู้บริหาร: การสำรวจความรู้ ความเข้าใจ และการใช้ประโยชน์จาก ข้อมูลพันธุกรรมผ่านบัตรประชาชนอเนกประสงค์”

4.3 ตัวแทนนักเรียนกลุ่มละ 3 คนออกมาโต้วาทีในประเด็น

“เราควรใส่ข้อมูลพันธุกรรมหรือลายพิมพ์ดีเอ็นเอลงในบัตรประชาชนอเนกประสงค์หรือไม่” โดยครูทำหน้าที่เป็นพิธีกรควบคุมการโต้วาที ให้มีความคิดเห็นใน หลากหลายแง่มุม

5. **ประเมินความเข้าใจวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม** (10 นาที)

นักเรียนร่วมกันสรุปวิธีการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ และความสามารถ ในการบ่งบอกความแตกต่างระหว่างบุคคล และความสามารถในการตรวจสอบยีนที่ไม่พึงประสงค์หรือยีนของโรคทางพันธุกรรม

6. **ประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคม** (30 นาที)

6.1 ครูเริ่มต้นด้วยคำถามเพื่อการคิดที่ยังไม่ให้นักเรียนตอบว่า

“หากรัฐบาลประเทศไทยกำลังทำประชาพิจารณ์เรื่องการออกกฎหมายให้มีหน่วยงานของรัฐทำหน้าที่เก็บคลังข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอของชาวไทยทุกคน และทุกคนต้องแสดงผลการตรวจดีเอ็นเอของตนเองเหมือนการแสดงลาย พิมพ์นิ้วมือไว้ในบัตรประชาชน นักเรียนจะออกเสียงว่า ควรมีกฎหมายข้อนี้ หรือไม่”

แบบฝึก
การคิดตัดสินใจที่ 4

6.2 นักเรียนทำกิจกรรมแบบฝึกการคิดตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมครั้งที่ 4 เรื่อง ลายพิมพ์ดีเอ็นเอกับบัตรสมาร์ทการ์ดของไทย

6.3 นักเรียนแต่ละคนบันทึกสรุปปัญหาที่อาจเกิดขึ้น ผู้ได้และผู้เสียผลประโยชน์ ทางเลือกของที่เป็นไปได้สำหรับประเด็นดังกล่าวและนักเรียนเลือกทาง เลือกใด เพราะเหตุใด

6.4 สุ่มนักเรียนนำเสนอทางเลือกและเหตุผลในการเลือกทางเลือกดังกล่าวให้ สมาชิกในห้อง

สื่อการเรียนรู้

1. ข่าวการตรวจพิสูจน์ความเป็นพ่อลูกของนักร้องดัง (ส่วนที่ 2)
2. ใบความรู้ที่ 4 เรื่อง ระบบ CODIS
3. ใบความรู้ที่ 5 เรื่องประโยชน์และประเด็นจากการใช้ประโยชน์จากลายพิมพ์ดีเอ็นเอ
4. แบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 นักสืบ CSI รุ่นเยาว์
5. แบบฝึกการตัดสินใจ ครั้งที่ 4 เรื่อง ลายพิมพ์ดีเอ็นเอลงกับบัตรสมาร์ทการ์ดของไทย
6. แหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติมสำหรับกิจกรรมการฝึกตัดสินใจครั้งที่ 4 เรื่อง "บทสรุปสำหรับผู้บริหาร-การสำรวจความรู้ ความเข้าใจและการใช้ประโยชน์จากข้อมูลพันธุกรรมผ่านบัตรประชาชนอเนกประสงค์"
7. ชุดสื่อการเรียนรู้กิจกรรม นักสืบ CSI รุ่นเยาว์ ซึ่งจะประกอบด้วยข้อมูลของผู้ต้องสงสัยไม่ว่าจะเป็นลายนิ้วมือ รอยเท้า ภาพที่เกิดเหตุดีเอ็นเอที่ต้องตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ รวมถึงอุปกรณ์สร้างฉากสมมติการลักพาตัว

การวัดผลประเมินผล

1. ด้านความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม
   -สังเกตการณ์อภิปรายและแสดงความคิดเห็นในการเรียน
   -สังเกตขณะทำกิจกรรม CSI และการแปลผลและร่วมอภิปรายผลที่ได้
   -แบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 เรื่อง นักสืบ CSI รุ่นเยาว์
2. ด้านความสามารถในการตัดสินเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม
   -แบบฝึกการคิดตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมครั้งที่ 4

การเตรียมพร้อมสู่การเรียนครั้งหน้า

นักเรียนเตรียมศึกษาบทความ ของหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 คือบทความที่ 1 เรื่อง "โครงการจีโนมมนุษย์:ถอดรหัสพันธุกรรมมนุษย์สู่ชีวิตที่ดีกว่า" ผู้เขียนดร.นำชัย ชีววิวรรธน์ จากหนังสือ *Up date* ฉบับ สิงหาคม ปี 2543

แหล่งการเรียนรู้

1. http://www.maxanim.com/genetics/RFLP/RFLP.htm สามารถกำหนดเป็นการบ้านได้ เนื่องจากมีสถานการณ์ให้นักเรียนได้ทำปฏิบัติการตรวจสอบ ลายพิมพ์ดีเอ็นเอแบบ RFLP เพื่อหาตัวผู้กระทำผิด ซึ่งทำให้นักเรียนได้ทบทวน วิธีการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอและการอ่านผลลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

บันทึกผลการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การระบุตัวบุคคลด้วยลายพิมพ์ดีเอ็นเอและการเปิดเผยข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

1. **ผลการเรียนรู้**

.....

.....

.....

.....

.....

2. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(.....)

สื่อสำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

1. **สื่อที่มีในเอกสารประกอบการเรียนของหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 สำหรับนักเรียน**

   1.1 ข่าวการตรวจพิสูจน์ความเป็นพ่อลูกของนักร้องดัง (ส่วนที่ 2)

   1.2 ใบความรู้ที่ 4 เรื่อง ระบบ CODIS

   1.3 ใบความรู้ที่ 5 เรื่องประโยชน์และประเด็นจากการใช้ประโยชน์จากลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

1.4 แบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 นักสืบ CSI รุ่นเยาว์

1.5 แบบฝึกการตัดสินใจ ครั้งที่ 4 เรื่อง ลายพิมพ์ดีเอ็นเอลงกับบัตรสมาร์ทการ์ดของไทย

2. สื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้สำหรับครูผู้สอน

2.1 แหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติม เรื่อง “บทสรุปสำหรับผู้บริหาร-การสำรวจความรู้ ความเข้าใจและการใช้ประโยชน์จากข้อมูลพันธุกรรมผ่านบัตรประชาชนอเนกประสงค์”

2.2 ชุดสื่อการเรียนรู้กิจกรรม นักสืบ CSI รุ่นเยาว์ ซึ่งจะประกอบด้วยข้อมูลของผู้ต้องสงสัย ไม่ว่าจะเป็นลายนิ้วมือ รอยเท้า ภาพที่เกิดเหตุ ดีเอ็นเอที่ต้องตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ รวมถึงอุปกรณ์สร้างฉากสมมติการลักพาตัว

3. เอกสารสำหรับการเรียนในครั้งต่อไป

บทความที่ 1 เรื่อง “โครงการจีโนมมนุษย์:ถอดรหัสพันธุกรรมมนุษย์สู่ชีวิตที่ดีกว่า” ผู้เขียน ดร.นำชัย ชีววิวรรธน์ จากหนังสือ *Update* ฉบับ สิงหาคม ปี 2543 ในเอกสารประกอบการเรียนหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 โครงการศึกษาจีโนมมนุษย์

◉◉ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร ◉◉

การสำรวจความรู้ ความเข้าใจ และการใช้ประโยชน์จาก ข้อมูลพันธุกรรมผ่านบัตรประชาชนอเนกประสงค์

1. ความเป็นมา

ในปัจจุบันกระทรวงมหาดไทย ได้เริ่มจัดทำบัตรประจำตัว ประชาชนแบบแถบแม่เหล็กขึ้น ทำให้เกิดความสะดวก และประหยัดงบประมาณ และสามารถพัฒนาเป็นแบบ Smart card ที่สามารถเพิ่ม Computer chips ที่มีหน่วยความจำเพิ่ม มากขึ้น ทำให้สามารถเก็บข้อมูลส่วนบุคคล และนำไปใช้ ประโยชน์ในเรื่องต่าง ๆ ได้มากยิ่งขึ้น เช่น อาจใช้สำหรับ การลงทะเบียนและออกเสียงเลือกตั้งได้ เช่นเดียวกับประเทศ บราซิล และอินเดีย จึงได้มีการเสนอเรื่องการจัดทำบัตรประชาชนในลักษณะ Smart card เข้าสู่คณะรัฐบาล และได้มีการพิจารณาเรื่องนี้ในการประชุมคณะกรรมการบูรณาการและปฏิรูประบบการทะเบียน แห่งชาติ เมื่อวันจันทร์ที่ 9 ธันวาคม 2545 ณ ตึกบัญชาการทำเนียบรัฐบาล ที่ประชุมมีมติเห็นชอบในหลักการของเรื่อง ดังกล่าว

จากการพิจารณาเบื้องต้นแม้ว่าในการเก็บข้อมูลส่วนบุคคลจะเป็นเพียง ข้อมูลทั่วไปในในทะเบียนราษฎร์ แต่หากรัฐมีความ ต้องการที่จะบันทึกข้อมูลบุคคลให้มี ความละเอียดและซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยี ทั้งทางด้านอิเลคทรอนิคส์และเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์ การแพทย์มีความสามารถเพียงพอที่จะทำได้ เช่น การเชื่อมโยงข้อมูลรหัสพันธุกรรมของบุคคลในบัตรประจำตัว ประชาชน ข้อมูล ดังกล่าวก็จะเปิดเผยต่อสาธารณะมากขึ้น ปัญหาเรื่อง การ ละเมิดสิทธิมนุษยชนและสิทธิส่วนบุคคล ย่อมจะเกิดขึ้น อย่างแน่นอนในอนาคต

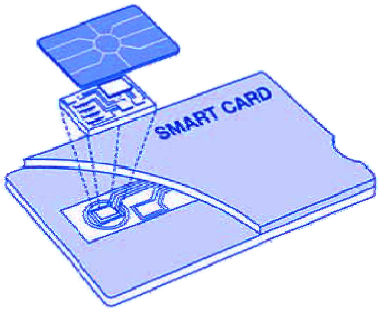
ในการสำรวจข้อมูลครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ 3 ประการคือ (1) ทบทวนสถานภาพการใช้ และความสามารถของเทคโนโลยี และสื่อด้านอิเลคทรอนิคส์ และแนวโน้มการใช้เทคโนโลยีดังกล่าวกับข้อมูลทางพันธุกรรม (2) สำรวจความคิดเห็นและการยอมรับการเก็บข้อมูล ด้านพันธุกรรมมนุษย์ ผ่านทางเทคโนโลยีและสื่อ ด้านอิเลคทรอนิคส์และ (3) นำเสนอประเด็นถกเถียงสู่สังคมและประชาชน ในเรื่องการใช้ ประโยชน์จากข้อมูลทางพันธุกรรมมนุษย์

2. ข้อมูลภูมิหลังผู้ตอบแบบสอบถาม

เพื่อให้เห็นภาพรวมของกลุ่มผู้ให้ข้อมูล สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ แบ่งพื้นที่ เก็บข้อมูล เป็นภาค และเก็บข้อมูลภาคละ 1-2 จังหวัด รวม 10 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ นครสวรรค์ ลพบุรี สุพรรณบุรี ชลบุรี อุบลราชธานี สกลนคร นครศรีธรรมราช ยะลา และกรุงเทพมหานคร มีผู้ให้ข้อมูลทั้งสิ้น 1,639 ราย

2) ผู้ให้ข้อมูลเป็นหญิงมากกว่าชายเล็กน้อย (ร้อยละ 55.6 และ 44.4 ตามลำดับ)



3) ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่อายุ 26-35 ปี (ร้อยละ 34.9) ลดหลั่นลงมาได้แก่อายุ 19-25 ปี (ร้อยละ 30.7) อายุ 36-45 ปี (ร้อยละ 16.2) อายุ 46-60 ปี (ร้อยละ10.6) อายุไม่เกิน 18 ปี (ร้อยละ 6.2) และ อายุ 61 ปีขึ้นไป (ร้อยละ 1.5)

4) ผู้ให้ข้อมูลประมาณกึ่งหนึ่งมีการศึกษาระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 50.8) รองลงมาคือต่ำกว่าปริญญาตรี (ร้อยละ 38.3)เพียงส่วนน้อยที่สำเร็จการศึกษาระดับ ปริญญาโท และเอก (ร้อยละ 8.1 และ 2.8 ตามลำดับ)

5) ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นโสด (ร้อยละ 60.6) มีคู่ครอง (ร้อยละ 36.2) และหม้าย/หย่าร้าง (ร้อยละ 3.2)

6) สำหรับอาชีพ ได้กระจายไปยัง 14 กลุ่มอาชีพ ได้แก่ พนักงานบริษัท/รัฐวิสาหกิจ (ร้อยละ 24.3) นักศึกษา (ร้อยละ 16.4) รับจ้างทั่วไป (ร้อยละ 11.7) ค้าขาย ธุรกิจส่วนตัว (ร้อยละ 11.0) พระนักบวช (ร้อยละ 2.9) และยังเก็บข้อมูล จากกลุ่มที่ต้องเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี ชีวภาพ ได้แก่ หมอ พยาบาล เจ้าหน้าที่ ทางการแพทย์ และสาธารณสุขอื่น ๆ (ร้อยละ 3.1) นักวิชาการ นักวิจัย นักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ ห้องแล็ป บุคลากรด้าน วิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 4.5) และเจ้าหน้าที่องค์กรพัฒนา เอกชน (ร้อยละ 1.5)

7) ทางด้านรายได้ต่อเดือนพบว่าส่วนใหญ่มีรายได้ระหว่าง 5,001-10,000 บาท (ร้อยละ 34.6) ลำดับรองลงมา คือ รายได้ระหว่าง 10,001-20,000 บาท (ร้อยละ 22.6) รายได้ ระหว่าง 20,001-40,000 บาท (ร้อยละ 13.0) มีเพียงส่วนน้อย ที่มีรายได้มากกว่า 40,000 บาท (ร้อยละ 2.6) นอกนั้นมีรายได้ต่ำกว่า 5,000 บาท (ร้อยละ 27.3)

8) สำหรับการนับถือศาสนาพบว่า ส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ (ร้อยละ 84.4) นอกนั้นนับถือ ศาสนาคริสต์และอิสลาม(ร้อยละ 9.9 และ 5.7 ตามลำดับ)

9) สำหรับการติดตามข้อมูลข่าวสารพบว่า ส่วนใหญ่สนใจข่าวสารด้านการเมือง (ค่าเฉล ี่ย .67 จากคะแนนเต็ม 1) ลำดับรองลงไปได้แก่ เศรษฐกิจ (ค่าเฉลี่ย .57) การสำรวจ ความรู้ ความเข้าใจ และการใช้ประโยชน์จากข้อมูลพันธุกรรม ผ่านบัตรประชาชนอเนกประสงค์ (2) สังคม ชุมชน วัฒนธรรม (ค่าเฉลี่ย 0.54) การศึกษา (ค่าเฉลี่ย 0.48) การแพทย์และสุขภาพ (ค่าเฉลี่ย 0.40) และที่ สนใจน้อยที่สุดคือด้านศาสนา (ค่าเฉลี่ย 0.26)

3. ารรับรู้เกี่ยวกับบัตรประชาชนอเนกประสงค์

1) การรับรู้ข่าวสารเรื่องเกี่ยวกับสมาร์ทการ์ด ส่วนใหญ่ได้ยินข่าวจากโทรทัศน์เป็นหลัก (ค่าเฉลี่ย .72 จากคะแนนเต็ม1) รองลงมาคือหนังสือพิมพ์ (ค่าเฉลี่ย .48) วิทยุ (ค่าเฉลี่ย .26) ส่วนสื่ออื่น ๆ มีไม่มากนัก

2) ในการตั้งคำถามว่าสมาร์ทการ์ดคืออะไร มีคำตอบ ให้เลือกตอบ 6 ข้อ พบว่าส่วนใหญ่ตอบถูกว่าเป็น บัตรประชาชนอเนกประสงค์ จำนวน 1,166 (ร้อยละ 71.1) นอกนั้นตอบผิด (ร้อยละ 28.9)

3)ผู้ที่ตอบถูกว่าสมาร์ทการ์ดคือบัตรประชาชนอเนกประสงค์ สัมพันธ์กับระดับการศึกษากล่าวคือ ผู้ที่จบการศึกษา ระดับ ปริญญาเอกตอบถูกทั้งหมด(ร้อยละ 100.0) ปริญญาโท (ร้อยละ 86.5) ปริญญาตรี (ร้อยละ 74.3) และต่ำกว่า ปริญญาตรี (ร้อยละ 61.6) แต่ทั้งหมดตอบถูกเกินครึ่ง

4) กลุ่มอาชีพที่ตอบถูกมากที่สุดคือองค์กรพัฒนาเอกชน (ร้อยละ 95.8) รองลงมาคือ อาจารย์ ครู (ร้อยละ 81.2) นักวิชาการ นักวิจัย นักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ห้องแล็ป บุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 81.1) หมอ พยาบาล เจ้าหน้าที่ทางการแพทย์และสาธารณสุขอื่น ๆ (ร้อยละ 80.0)

5) เมื่อจำแนกตามกลุ่มศาสนาพบว่า ผู้นับถือศาสนาอิสลามตอบถูกมากที่สุด (ร้อยละ 92.6) รองลงมาคือ พุทธ (ร้อยละ 68.8) คริสต์ (ร้อยละ 67.7)

4. การจัดการข้อมูลทางพันธุกรรมในบัตรประชาชนอเนกประสงค์

1) จากผู้ให้ข้อมูล 1,639 รายและตอบถูก 1,166 ราย ทางคณะผู้สำรวจจึงใช้ฐานผู้ตอบถูกเป็นฐานในการ วิเคราะห์ กล่าวคือ ผู้ที่ตอบผิดจะไม่ถูกนำมาคำนวน

2) เมื่อทำการตั้งคำถามว่า เจ้าหน้าที่ของรัฐ/ราชการทั่วไป มีสิทธิ์ดู หรือรับรู้ข้อมูลภายในสมาร์ทการ์ดของท่าน มากน้อยเพียงใด พบว่า มีเพียงส่วนน้อยที่ให้ดูทั้งหมด (ร้อยละ 8.2) ยอมให้ดูได้ในเรื่อง ที่เกี่ยวข้อง (ร้อยละ 50.7) และยอมให้ดูได้เมื่ออนุญาต (ร้อยละ 41.0)

3) เมื่อทำการตั้งคำถามว่า เจ้าหน้าที่ธนาคาร มีสิทธิ์ดูหรือรับรู้ข้อมูลภายในสมาร์ทการ์ด ของท่านมากน้อยเพียงใด พบว่ามี เพียงส่วนน้อยที่ให้ดูทั้งหมด (ร้อยละ 4.1) ยอมให้ดูได้ในเรื่องที่เกี่ยวข้อง (ร้อยละ 45.9) และยอมให้ดูได้ เมื่ออนุญาต (ร้อยละ 50.0)

4) เมื่อทำการตั้งคำถามว่า เจ้าหน้าที่สรรพากร มีสิทธิ์ดูหรือรับรู้ ข้อมูลภายในสมาร์ทการ์ดของท่านมากน้อยเพียงใด พบว่ามีเพียง ส่วนน้อยที่ให้ดูทั้งหมด (ร้อยละ 5.6) ยอมให้ดูได้ในเรื่องที่ เกี่ยวข้อง (ร้อยละ 51.2) และยอม ให้ดูได้เมื่ออนุญาต (ร้อยละ 43.2)

5) เมื่อทำการตั้งคำถามว่า เจ้าหน้าที่ตำรวจ/ทหาร มีสิทธิ์ดูหรือ รับรู้ข้อมูลภายในสมาร์ทการ์ดของท่าน มากน้อยเพียงใด พบว่ามี เพียงส่วนน้อยที่ให้ดูทั้งหมด (ร้อยละ 7.4) ยอมให้ดูได้ในเรื่อง ที่เกี่ยวข้อง (ร้อยละ 45.4) และยอมให้ดูได้เมื่ออนุญาต (47.2%)

6) เมื่อทำการตั้งคำถามว่าเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ของโรงพยาบาล มีสิทธิ์ดูหรือรับรู้ข้อมูลภายในสมาร์ทการ์ด ของท่าน มากน้อยเพียงใด พบว่าให้ดูทั้งหมด(ร้อยละ 1.9) ยอมให้ดูได้ในเรื่อง ที่เกี่ยวข้อง (ร้อยละ 54.8) และยอมให้ดู ได้เมื่ออนุญาต (33.2 %)

7) เมื่อทำการตั้งคำถามว่าเจ้าหน้าที่สำนักงานประกันสังคมมีสิทธิ์ดูหรือรับรู้ข้อมูลภาย ในสมาร์ทการ์ดของท่านมากน้อยเพียงใด พบว่า มีเพียงส่วนน้อยที่ให้ดูทั้งหมด (ร้อยละ 6.9) ยอมให้ดูได้ในเรื่องที่เกี่ยวข้อง *(ร้อยละ 55.7)* และยอมให้ดู ได้เมื่ออนุญาต *(ร้อยละ 37.4)*

8) เมื่อทำการตั้งคำถามว่า บริษัทเอกชน เช่น ประกันภัยบัตรเครดิต มีสิทธิ์ดูหรือรับรู้ข้อมูลภายในสมาร์ทการ์ดของท่านมากน้อยเพียงใด พบว่า มีเพียงส่วนน้อยที่ให้ดูทั้งหมด *(ร้อยละ 3.6)* ยอมให้ดูได้ในเรื่องที่เกี่ยวข้อง*(ร้อยละ 35.4)* และยอมให้ดูได้เมื่ออนุญาต *(ร้อยละ 61.0)*

5. การจัดการของหน่วยงานรัฐที่รักษาข้อมูล

ประเด็นที่น่าสนใจคือ การจัดการข้อมูลของ หน่วยงานที่รักษา ข้อมูลหรือสำนักงานทะเบียนของรัฐ ในการเปิดเผยข้อมูล ส่วนบุคคลแก่บุคคล ที่เข้ามาติดต่อ ซึ่งผู้ให้ข้อมูลมีความเห็น ดังนี้

1) การเปิดเผยข้อมูลแก่บุคคลทั่วไปทำได้เมื่อบุคคล เข้ามา ติดต่อ (ร้อยละ 6.8) เมื่อแสดงความเกี่ยวข้อง (ร้อยละ 27.9) เมื่อท่านอนุญาตหรือศาลสั่ง (ร้อยละ 63.9) ด้วยวิธีอื่น (ร้อยละ 1.5)

2) การเปิดเผยข้อมูลแก่บริษัทเอกชนทำได้ เมื่อบริษัทเอกชน เข้ามาติดต่อ (ร้อยละ 6.6) เมื่อแสดงความเกี่ยวข้อง (ร้อยละ 25.7) เมื่อท่าน อนุญาต หรือศาลสั่ง (ร้อยละ 65.8) ด้วยวิธีอื่น (1.9 %)

3) การเปิดเผยข้อมูลแก่หน่วยงานรัฐทำได้ เมื่อหน่วยงานรัฐเข้ามาติดต่อ (ร้อยละ 12.4) เมื่อแสดงความเกี่ยวข้อง (ร้อยละ 40.1) เมื่อท่านอนุญาตหรือศาลสั่ง (ร้อยละ46.9) ด้วยวิธีอื่น(ร้อยละ 0.7)

4) เมื่อมีการรวบรวมข้อมูลส่วนบุคคลมาก ในทางปฏิบัติ ข้อมูล ดังกล่าวก็จะมีมูลค่าดังนั้นสำนักงานทะเบียน ของรัฐ ซึ่งเป็นหน่วยงานรักษาข้อมูล อาจจะใช้ประโยชน์ ในเชิงพาณิชย์ได้ในประเด็นนี้ผู้ให้ข้อมูลชี้ว่าไม่มีสิทธิ์ ขายข้อมูล (ร้อยละ 75.9) มีสิทธิ์ขายเฉพาะข้อมูล ที่เจ้าของข้อมูลอนุญาต (ร้อยละ 13.9) มีสิทธิ์ขาย ข้อมูลทั้งหมดเพื่อเป็นรายได้ให้กับรัฐ (ร้อยละ 5.5) มีสิทธิ์ขายข้อมูลทั้งหมดแต่ต้องแบ่งผลประโยชน์ ให้เจ้าของข้อมูล (4.7%)

5) สำหรับการแก้ไข ดัดแปลงข้อมูล ในสมาร์ทการ์ด ให้มีความเป็น ปัจจุบัน ผู้ให้ข้อมูลชี้ว่าควรแก้ไขด้วยตนเอง หรือเมื่ออนุญาตให้แก้ไข (ร้อยละ 42.1) แก้ไขอัตโนมัติเมื่อรูดบัตรแต่ต้องแจ้งให้ เจ้าของบัตรทราบด้วย(ร้อยละ 41.2) แก้ไขอัตโนมัติโดยไม่ต้องแจ้ง ให้เจ้าของบัตรทราบ (ร้อยละ 9.1) แก้ไขระยะไกลโดยไม่ต้อง เอาบัตรสัมผัส (ร้อยละ 7.1) ที่เหลือเป็นวิธีอื่น (ร้อยละ 0.5)

6. ความคิดเห็นต่อการจัดการข้อมูลพันธุกรรมในบัตรประชาชนอเนกประสงค์

1) สิทธิ์ของคู่รักที่วางแผนจะแต่งงานกันในอนาคต ในการขอดู ข้อมูลด้านพันธุกรรมในสมาร์ทการ์ด เช่น ยีนแฝง ลักษณะด้อยทางพันธุกรรมเพื่อเป็นข้อมูล ประกอบการตัดสินใจแต่งงาน ผู้ให้ข้อมูล ชี้ว่า ไม่มีสิทธิ์ (ร้อยละ 13.6) มีสิทธิ์เพราะมีส่วนได้เสีย (ร้อยละ 27.0) มีสิทธิ์ถ้าเจ้าของข้อมูลยินยอม (ร้อยละ 59.1) ด้วยวิธีอื่น (ร้อยละ 0.3)

2) การพยากรณ์ถึงแนวโน้มในการเป็นอาชญากร หรือการเป็น โรคจิต หรือการเบี่ยงเบนทางเพศ ผู้ให้ข้อมูลชี้ว่าไม่ควรเปิดเผย (ร้อยละ 20.8) ควรเปิดเผยเฉพาะ กับผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อการรักษา เท่านั้น (ร้อยละ 46.6) เปิดเผยได้ถ้าเจ้าของ ข้อมูลยินยอมหรืออนุญาต (ร้อยละ 32.0) ด้วยวิธีอื่น (0.6 %)

3) ในกรณีข้อมูลทางพันธุกรรมสามารถพยากรณ์การเกิด โรคในอนาคต ได้ซึ่งจะทำให้บริษัทประกันอาจจะเก็บค่าเบี้ยประกัน สูง ขึ้นสำหรับคนที่มีอัตราเสี่ยง และเก็บค่าเบี้ยประกันต่ำลงสำหรับคนที่ไม่มีอัตราเสี่ยง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวควรเปิดเผย ต่อบริษัทประกันหรือไม่ผู้ให้ข้อมูล ชี้ว่าไม่ควรเปิดเผย (ร้อยละ 35.8) ควรเปิดเผยเพราะมีส่วนได้เสีย(ร้อยละ 21.5) เปิดเผยได้ถ้า เจ้าของ ข้อมูลยินยอม(ร้อยละ 42.5) ด้วยวิธีอื่น (0.3 %)

4) ในกรณีการรับสมัครงาน ท่านคิดว่า นายจ้าง หรือ ผู้ที่รับสมัครงาน มีสิทธิ์ตรวจสอบข้อมูล ทางพันธุกรรมของบุคคลผู้สมัครงานนั้นว่ามี แนวโน้มที่จะเป็น โรคบางอย่าง เช่นโรคทาง พันธุกรรม หรือโรคทางจิต เพื่อประกอบการ พิจารณารับเข้าทำงานในบริษัทหรือไม่ ผู้ให้ข้อมูล ชี้ว่าไม่ควรเปิดเผย (ร้อยละ28.6) ควรเปิดเผยเพราะมีส่วน ได้เสีย (ร้อยละ 22.1) เปิดเผยได้ถ้าเจ้าของข้อมูลยินยอม (ร้อยละ 48.8) ด้วยวิธีอื่น (ร้อยละ 0.6)

5) หน่วยงานที่มีหน้าที่ในการเก็บรักษาฐานข้อมูลทางชีวภาพ และพันธุกรรม มีสิทธิ์ขายหรือให้ข้อมูลของบุคคลแก่บริษัท ยาหรือไม่ ผู้ให้ข้อมูลชี้ว่าไม่มีสิทธิ์เปิดเผย (ร้อยละ 67.8) มีสิทธิ์ พื่อเป็นรายได้ ให้กับรัฐ(ร้อยละ4.9) มีสิทธิ์แต่ต้องแบ่งผลประโยชน์ที่ได้ให้กับเจ้าของข้อมูล(ร้อยละ 7.9) มีสิทธิ์ขายเฉพาะ ข้อมูล ที่เจ้าของข้อมูลอนุญาตเท่านั้น (ร้อยละ 19.2) ด้วยวิธีอื่น (ร้อยละ 0.2)

6) ในกรณีดังกล่าว ถ้ามีการติดต่อขอซื้อข้อมูล จากเจ้าของ ข้อมูลโดยตรง ท่านคิดว่าเจ้าของข้อมูลนั้น มีสิทธิ์ขายข้อมูล ได้หรือไม่ ผู้ให้ข้อมูลชี้ว่าไม่มีสิทธิ์ (ร้อยละ 33.2) มีสิทธิ์ เพราะเป็นเจ้าของข้อมูล (ร้อยละ 64.5) ด้วยวิธีอื่น (ร้อยละ 2.3)

7) ในกรณีเดียวกัน ถ้าเจ้าของ ข้อมูลต้องการที่ จะรู้ข้อมูล ของ ตนเอง มีสิทธิ์ขอดูจากหน่วยงานที่ เก็บรักษาฐานข้อมูลได้หรือไม่ ผู้ให้ข้อมูลชี้ว่า ไม่มีสิทธิ์ (ร้อยละ 10.4) มีสิทธิ์เพราะเป็นเจ้าของข้อมูล (ร้อยละ 89.0) ด้วยวิธีอื่น (ร้อยละ 0.6)

8) เมื่อเกิดอาชญากรรมขึ้น ณ ที่แห่งใดแห่งหนึ่ง เจ้าหน้าที่ ตำรวจได้ตรวจพบลายนิ้วมือแฝง คราบเลือด เส้นผม ซึ่ง คาดว่าน่าจะเป็นของคนร้าย ท่านคิดว่า เจ้าหน้าที่ตำรวจมีสิทธิ์ค้น ข้อมูลจากฐานข้อมูล ทะเบียนกลางหรือไม่ ผู้ให้ ข้อมูลชี้ว่าไม่มีสิทธิ์(ร้อยละ 8.3) มีสิทธิ์ (ร้อยละ 87.1) อื่น ๆ (ร้อยละ 4.5)

9) ในกรณีที่คนไข้หรือผู้ป่วยหมดสติ ไม่รู้สึกตัว หรือความจำเสื่อมท่านคิดว่า เจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ มีสิทธิ์ใช้บัตรสมาร์ทการ์ดเพื่อเข้าถึงข้อมูล ส่วนตัวของคนไข้นั้นได้หรือไม่ ผู้ให้ข้อมูลชี้ว่า ไม่มีสิทธิ์ (ร้อยละ 4.6) มีสิทธิ์เพราะเกี่ยวข้องกับการรักษา พยาบาล(ร้อยละ 64.1) มีสิทธิ์ถ้าผู้ปกครองหรือญาติ ให้การยินยอม(ร้อยละ 30.2) อื่น ๆ (ร้อยละ 1.1)

10) ควรบันทึกข้อมูลการใช้ยา หรือข้อมูลการแพ้ยา ลงในบัตรสมาร์ทการ์ดหรือไม่ ผู้ให้ข้อมูลชี้ว่าไม่ควร (ร้อยละ 9.9) ควร (ร้อยละ 88.9) อื่น ๆ (ร้อยละ 1.2)

11) ควรบันทึกข้อมูลดีเอ็นเอ (DNA) ลงในบัตรสมาร์ทการ์ดหรือไม่ ผู้ให้ข้อมูลชี้ว่า ไม่ควร (ร้อยละ 18.1) ควร (ร้อยละ 79.1) อื่น ๆ (ร้อยละ 2.7)

12) ในอนาคตเทคโนโลยีด้านการถ่ายโอนข้อมูล ของบัตร สมาร์ทการ์ดจะพัฒนาไปไกลขึ้น เช่น เป็นชิปเก็บข้อมูล ขนาดเล็กกว่าเหรียญสลึง ซึ่งสามารถฝังไปในร่างกายของมนุษย์ได้โดย ไม่กระทบต่อสุขภาพแต่ประการใด เมื่อเวลานั้น มาถึงท่านยินดีให้ฝังชิปดังกล่าวในร่างกาย ของท่าน แทนการ พกบัตรสมาร์ทการ์ดหรือไม่ ผู้ให้ข้อมูลชี้ว่าไม่ยินดี (ร้อยละ 62.8) ยินดี (ร้อยละ 32.8) อื่น ๆ (ร้อยละ 4.4)

7. ความคิดเห็นต่อการบรรจุข้อมูลลงบัตรประชาชนอเนกประสงค์

1) สำหรับข้อมูลทั่วไปที่ควรบรรจุลงในบัตรสมาร์ทการ์ดได้เลย ผู้ให้ข้อมูลชี้ว่าควรเป็นข้อมูลด้านเลขประจำตัว ประชาชน(ร้อยละ 96.9) วันเดือนปีเกิด (ร้อยละ 96.6) ที่อยู่ปัจจุบัน (ร้อยละ 94.0) ศาสนาที่นับถือ (ร้อยละ 93.8) ภูมิลำเนาเดิม (ร้อยละ 92.6) เพศ (ร้อยละ 92.2)

2) ข้อมูลด้านอาชีพและการงาน ถึงแม้ว่าจะยอมให้ใส่ได้เลยเป็นส่วนใหญ่ แต่มีบางส่วนเห็นว่า มีได้เมื่ออนุญาตและไม่ควรมี เช่น ประวัติการ ประกอบอาชีพควรมี (ร้อยละ60.8) ไม่ควรมี (ร้อยละ 16.3) และมีได้เมื่ออนุญาต (ร้อยละ 22.9) การใช้บริการประกันสังคมควรมี (ร้อยละ48.8) ไม่ควรมี (ร้อยละ 25.1) และ มีได้เมื่ออนุญาต (ร้อยละ 26.1) การใช้บริการ ประกัน สุขภาพควรมี (ร้อยละ48.3) ไม่ควรมี(ร้อยละ 25.6) และมีได้เมื่ออนุญาต (ร้อยละ 26.2) ส่วนจำนวนเงินที่เสียภาษีใน แต่ละปี เห็นว่าควรมี (ร้อยละ54.3) ไม่ควรมี (ร้อยละ 22.6) และมีได้เมื่ออนุญาต (ร้อยละ 23.2)

3) ข้อมูลด้านการประกอบอาชญากรรม เห็นว่าควรมี (ร้อยละ54.4) ไม่ควรมี (ร้อยละ 23.2) และมีได้เมื่อ อนุญาต (22.5 %)

4) ข้อมูลที่ระบุตัวบุคคล ได้แก่ ลายนิ้วมือ (ทุกนิ้ว) เห็นว่า ควรมี (ร้อยละ 78.1) ไม่ควรมี (ร้อยละ 8.2) และมีได้เมื่ออนุญาต(ร้อยละ 13.6) ภาพใบหน้าทุกมุม เห็นว่าควรมี (ร้อยละ71.0) ไม่ควรมี (ร้อยละ 12.5) และมีได้เมื่อ อนุญาต(ร้อยละ 16.5)

5) ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพได้แก่ หมู่เลือด เห็นว่า ควรมี (ร้อยละ 93.9) ไม่ควรมี (ร้อยละ 1.2) และมีได้เมื่ออนุญาต(ร้อยละ 4.9) ข้อมูลการตรวจร่างกายประจำปี เห็นว่า ควรมี (ร้อยละ62.5) ไม่ควรมี (ร้อยละ 16.9) และมีได้เมื่ออนุญาต (ร้อยละ 20.6) ประวัติการเจ็บป่วยของบุคคลในครอบครัว เห็นว่า ควรมี(ร้อยละ 41.8) ไม่ควรมี (ร้อยละ 31.6) และมีได้เมื่ออนุญาต (ร้อยละ 26.6) ประวัติการรักษา พยาบาล เห็นว่า ควรมี (ร้อยละ64.1) ไม่ควรมี (ร้อยละ 14.2) และมีได้เมื่ออนุญาต (ร้อยละ 21.7) โรคทางพันธุกรรม เห็นว่า ควรมี (ร้อยละ 53.8) ไม่ควรมี (ร้อยละ 18.9) และมีได้เมื่ออนุญาต (ร้อยละ 27.4) โรคประจำตัว เห็นว่า ควรมี (ร้อยละ 74.6) ไม่ควรมี (ร้อยละ 8.4) และมีได้เมื่อ อนุญาต(ร้อยละ 17.0) ข้อมูลการแพ้ยา เห็นว่า ควรมี(ร้อยละ 82.7) ไม่ควรมี (ร้อยละ 7.4) และมีได้เมื่ออนุญาต (ร้อยละ 9.9)

6) ส่วนลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA Finger print) **ซึ่งใช้เฉพาะการระบุตัวบุคคลเท่านั้น เห็นว่าควรมี (ร้อยละ** 75.0) **ไม่ควรมี (ร้อยละ** 11.8) **และมีได้เมื่ออนุญาต(ร้อยละ** 13.1)

8. ความยินดีใช้สมาร์ทการ์ด

ขณะนี้ประเทศไทยกำลังเริ่มใช้บัตรสมาร์ทการ์ด ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่ยินดีใช้ (ร้อยละ 77.0) ไม่ยินดี (6.8) ไม่แน่ใจ (ร้อยละ 16.2)

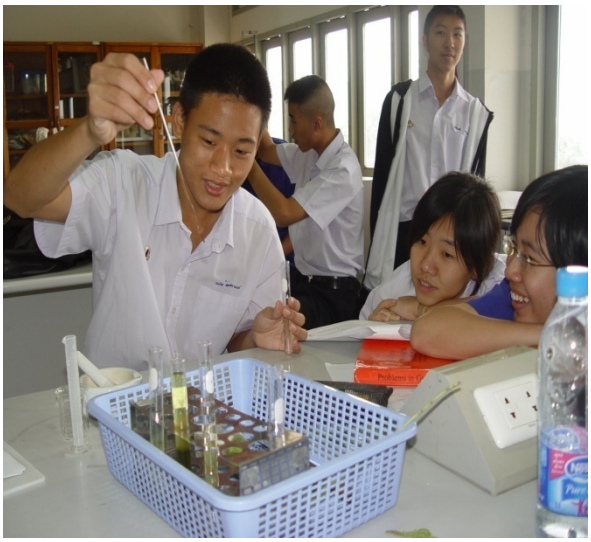
Appendix H: The pictures of learning activities

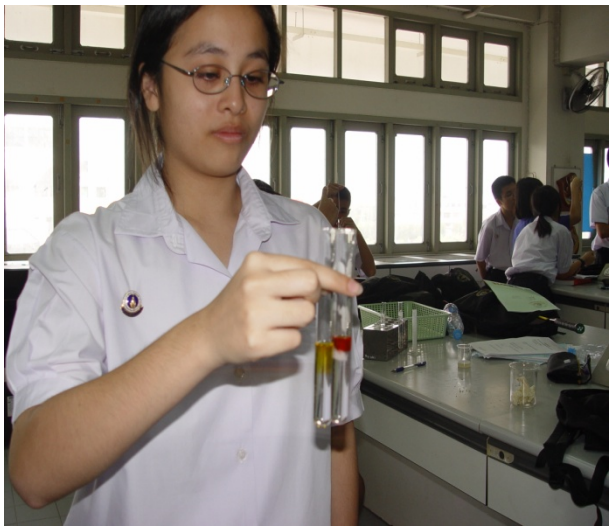
H. 1 The pictures of learning activities from learning unit 1
H. 2 The pictures of learning activities from learning unit 2
H. 3 The pictures of learning activities from learning unit 3
H. 4 The pictures of learning activities from learning unit 4

H. 1 The pictures of learning activities from learning unit 1

H.1.1 The DNA extraction activities

H.1.2 The Testing of DNA properties



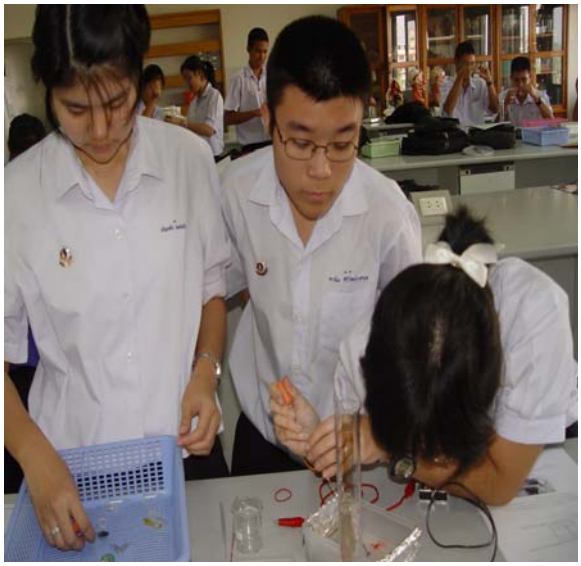


H. 2 The pictures of learning activities from learning unit 2

H.2.1 The model of recombinant bacteria activity

H. 3 The pictures of learning activities from learning unit 3

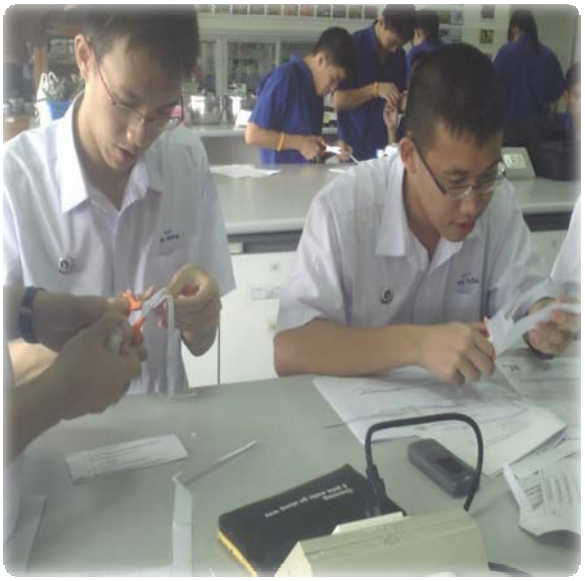
H.3.1 The Simple gel electrophoresis activity



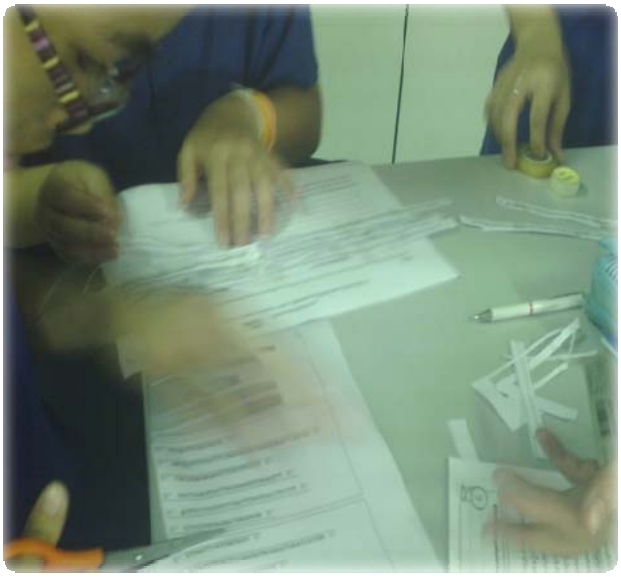
H.3.2 The CSI junior activity

H. 4 The pictures of learning activities from learning unit 4

H.4.1 The Chain termination activity



H.4.2 The SNPs activity



VITAE

VITAE

Name: Miss Sureeporn Kaewmuangmoon

Date of Birth: April, 24 1978

Place of Birth: Phayao

Home Address: 23 M. T. Maejai A. Maejai Phayao province 56130

Office Address: Educational Department, Faculty of Education,

Naresuan University, Phitsanulok province 65000

Educational Background:

1997	Payaopittayakom school (upper secondary school)
2000	B.Sc. (Microbiology), Naresoun University
2001	Graduate Diploma (Teaching), Naresuan University
2008	Ed.D. (Science Education), Srinakharinwirot University