

การพัฒนาคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้
สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2

ปริญญานิพนธ์

ของ

ณัฐวรรณ เอี่ยมขำ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา

กุมภาพันธ์ 2549

การพัฒนาคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้
สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2

บทคัดย่อ
ของ
ณัฐวรรณ เอี่ยมขำ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา
กุมภาพันธ์ 2549

ณัฐวรรณ เอี่ยมขำ. (2549). การพัฒนาคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้
สำหรับรายเป็นตัวบ่งชี้สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2.

ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา การสอนสิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ : บัณฑิต
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ : อาจารย์ณัฏฐิกา ไตรจินดา.

การศึกษาในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาประสิทธิผลของการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำ
ทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สำหรับรายเป็นตัวบ่งชี้ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 และ
เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นโดยใช้
สำหรับรายเป็นตัวบ่งชี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการประเมินตาม
สภาพจริงโดยใช้สมุดทดสอบ แบบวัดความพึงพอใจในการใช้คู่มือฯ ทำการศึกษาโดยให้นักเรียนทำสมุด
ทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนการใช้คู่มือฯ ให้นักเรียนศึกษาคู่มือฯพร้อมทำกิจกรรม
ในสมุดทดสอบ ทำสมุดทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังทำกิจกรรม จากนั้นทำแบบ
ประเมินความพึงพอใจต่อคู่มือฯที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นร้อยละ ค่าเฉลี่ย และ
สถิติทดสอบค่าที (t – test)

ผลการศึกษาพบว่า

1. การหาประสิทธิผลของคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้
สำหรับรายเป็นตัวบ่งชี้ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 พบว่าคู่มือการตรวจสอบ
คุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สำหรับรายเป็นตัวบ่งชี้ มีประสิทธิผล ร้อยละ 70.80 ซึ่งเป็นไปตาม
สมมติฐานที่ตั้งไว้

2. ผลเปรียบเทียบการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการ

ใช้คู่มือฯพบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการใช้คู่มือฯสูงกว่าก่อนใช้คู่มือฯ
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อเป็นการยืนยันประสิทธิผลของคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำ
ทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สำหรับรายเป็นตัวบ่งชี้ เชื่อถือได้ด้วยความมั่นใจ 95 %

3. ผลการประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพ
เบื้องต้นพบว่า นักเรียนมีความพอใจเกี่ยวกับคู่มือฯอยู่ในระดับ ดีมาก

THE DEVELOPMENT OF HANDBOOK ON THE BASIC TEST OF BIOLOGICAL WATER QUALITY USING
ALGAE AS INDICATORS FOR VOCATIONAL CERTIFICATE II STUDENTS

AN ABSTRACT

BY

NUTTAWAN IAMKHAM

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Master of Education Degree in Secondary Education
at Srinakharinwirot University.

February 2006

Nuttawan Iamkham (2005) *The Development of handbook on the Basic Test of Biological Water Quality Using Algae as Indicators for Vocational Certificate II Students* M.Ed. (Secondary Education Environment Education) Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University.
Advisor : Nunliga Tojinda

The purposes of this study were to find out the effectiveness of handbook for Vocational Certificate II students based on science process skills with the expected result of more than 70 percent and also to examine the satisfactory level of students when using this handbook.

The educational tools for this research were test book based on science process skills and satisfactory assessment with the following students' actions:

- Doing test books prior to the usage of handbooks
- Doing test books simultaneously with handbooks
- Doing test books after using handbooks

After that those forty sample students did the satisfactory assessment created by the researcher. The statistics used for this analysis were a percentage, mean and t-test.

The findings were as follows:

1. The effectiveness of handbook has reached 70.80 percent as estimated assumption.
2. After comparison, student post use of handbook score was higher than the pre use.
3. Results coming out from the satisfactory assessment of handbook was at the good level.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ สำหรับ
นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2

ของ

ณัฐวรรณ เอี่ยมขำ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)

วันที่.....เดือนกุมภาพันธ์ 2549

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธาน

(อาจารย์ณัฏฐิกา ไตจินดา)

.....กรรมการ

(อาจารย์สุนันทา เพ็ญสุต)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชูชาติ)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์อำพร คล้ายแก้ว)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้เพราะได้รับความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจากอาจารย์ณัฏฐิกา ไตรจิตา ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์สุนันทา เพ็ญสุต กรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณาอุทิศเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางในการทำวิจัยตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่อง ต่าง ๆ มาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์อำพร คล้ายแก้ว อาจารย์อาภรณ์ ล้อสังวาลย์ อาจารย์ลักษณา อนุภานนท์ อาจารย์นิศานาถ ละอองพันธ์ อาจารย์ดาราร วัฒนชัยวิทย์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านและนักเรียนแผนกการบัญชี ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ปีการศึกษา 2548 จังหวัดปทุมธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์และความสะดวกต่าง ๆ ในการดำเนินการเก็บข้อมูลให้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่น้อง ตลอดจนพี่ๆ น้องๆ นิสิตรดับปริญญาโทสาขาการสอน สิ่งแวดล้อม รุ่นที่ 2 ทุกคน และนางสาวปิยลักษณ์ รัตนวิทย์ ที่ได้ให้กำลังใจและช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

ณัฐวรรณ เขี่ยมท่า

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
	ความสำคัญของการวิจัย	5
	ขอบเขตของการวิจัย.....	5
	ตัวแปรที่ศึกษา.....	5
	นิยามศัพท์.....	6
	กรอบแนวความคิดในการวิจัย.....	8
	สมมติฐานในการวิจัย.....	9
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำ ดัชนีการชี้วัด	
	และการตรวจสอบคุณภาพน้ำ.....	10
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสาหร่าย.....	16
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคู่มือ.....	30
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ ทักษะกระบวนการทาง	
	วิทยาศาสตร์และการประเมินตามสภาพจริง.....	37
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ.....	47
3	วิธีดำเนินการ.....	52
	การสำรวจและรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน.....	53
	การสร้างคู่มือ.....	53
	การทดลองใช้คู่มือฯ	56
	เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย.....	56
	ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย.....	57

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3(ต่อ)	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	57
	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	60
	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	61
	สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	61
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	64
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	64
	การหาประสิทธิผลของคู่มือการตรวจสอบ คุณภาพน้ำทางชีวภาพ	
	เบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้.....	78
	ประเมินความพึงพอใจในการใช้คู่มือฯเพื่อศึกษาระดับ	
	ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้คู่มือฯ.....	82
5	สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	86
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	86
	สมมติฐานของการวิจัย.....	86
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	87
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	87
	การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	87
	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	88
	สรุปผลการศึกษา.....	88
	การอภิปรายผล.....	89
	ข้อเสนอแนะ.....	92
	บรรณานุกรม.....	94
	ภาคผนวก.....	103
	ประวัติย่อผู้วิจัย.....	304

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก(ต่อ) ภาคผนวก ข.....	105
แบบประเมินคุณภาพคู่มือฯสำหรับผู้เชี่ยวชาญ.....	106
แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญในการประเมินสมุดทดสอบ.....	110
แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญในการประเมิน คู่มือฯ.....	113
แบบวัดความพึงพอใจในการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำ	
ทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สารห่วยเป็นตัวบ่งชี้(สำหรับนักเรียน).....	115
ภาคผนวก ค	119
คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สารห่วยเป็นตัวบ่งชี้....	120
สมุดทดสอบ.....	221
คู่มือสมุดทดสอบ.....	239
ภาคผนวก ง.....	273
ตารางสรุปคะแนนความสอดคล้องของคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำ	
ทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สารห่วยเป็นตัวบ่งชี้.....	274
ตารางสรุปผลการประเมินความสอดคล้องของสมุดทดสอบโดย	
ผู้เชี่ยวชาญ.....	275
ตารางสรุปผลการประเมินคุณภาพคู่มือฯโดยผู้เชี่ยวชาญ.....	276
(ต่อ)ตารางสรุปผลการประเมินคุณภาพคู่มือฯโดยผู้เชี่ยวชาญ.....	277
ภาคผนวก จ.....	278
ตารางสรุปคะแนนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	
ก่อนการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้น	
โดยใช้สารห่วยเป็นตัวบ่งชี้.....	279
(ต่อ)ตารางสรุปคะแนนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	
ก่อนการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้น	
โดยใช้สารห่วยเป็นตัวบ่งชี้.....	280
ตารางสรุปคะแนนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	
หลังการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้น	
โดยใช้สารห่วยเป็นตัวบ่งชี้.....	281

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก จ (ต่อ)	
(ต่อ)ตารางสรุปคะแนนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้น โดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้.....	282
ตารางเปรียบเทียบคะแนนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการใช้คู่มือฯ.....	283
(ต่อ)ตารางเปรียบเทียบคะแนนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการใช้คู่มือฯ.....	284
ประมวลภาพประกอบการวิจัย.....	285

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายกับคุณภาพน้ำ.....	28
2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับสาหร่ายที่พบในแหล่งน้ำที่ศึกษา.....	65
3 แสดงค่าความสอดคล้องของคู่มือฯกับวัตถุประสงค์ของคู่มือฯ.....	72
4 แสดงค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพคู่มือฯ จากผู้เชี่ยวชาญ.....	73
5 ผลการประเมินความสอดคล้องของสมุดทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ.....	77
6 เปรียบเทียบคะแนนก่อน- หลังการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่าย เป็นตัวบ่งชี้.....	78
7 ผลต่างของคะแนนก่อน และหลังใช้ t – test แบบ Correlate Samples or Dependent Samples.....	81
8 คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำ ทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้.....	83
9 ความคิดเห็นทั่วไปของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับคู่มือฯ.....	84

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญ และเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย ในอดีตการตั้งถิ่นฐานบ้านเรือนของคนไทยจะเริ่มตั้งชุมชนที่บริเวณริมแม่น้ำ ลำคลอง มีวิถีชีวิตผูกพันกับสายน้ำ โดยมีทรัพยากรน้ำเป็นแหล่งหาอาหารที่สำคัญ ประชาชนให้ความสำคัญกับแม่น้ำอย่างมาก ดังเห็นได้จากประเพณีต่าง ๆ ที่สืบทอดมา ตั้งแต่อดีตจนปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น ประเพณีลอยกระทง ประเพณีตักบาตรพระร้อย เป็นต้น แต่จากการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะภาคเกษตรกรรมกลายเป็นอุตสาหกรรม อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดผลกระทบมากมายโดยเฉพาะทางด้านสิ่งแวดล้อม ที่จะกล่าวถึงในที่นี้คือ ปัญหาสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ที่เรียกว่ามลพิษทางน้ำ ส่วนใหญ่มีสาเหตุเกิดจากการกระทำของมนุษย์ อันได้แก่ การทิ้งสิ่งสกปรกและของเหลือใช้จากแหล่งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม สารตกค้างจากการทำการเกษตรที่ไหลลงสู่แม่น้ำลำคลอง ฯลฯ ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพของแหล่งน้ำดังนั้นจึงต้องให้ประชาชนได้มีส่วนร่วมในการเฝ้าระวังคุณภาพของแหล่งน้ำโดยการให้ความรู้เบื้องต้นในการตรวจสอบคุณภาพของแหล่งน้ำ

การตรวจสอบคุณภาพของแหล่งน้ำเป็นการหาสาเหตุความสกปรกของน้ำ จะต้องตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของความสกปรก เพื่อสืบหาสาเหตุของความสกปรกและระดับของความสกปรก ในการตรวจสอบคุณภาพของแหล่งน้ำสามารถกระทำได้หลายวิธี แบ่งได้เป็นวิธีการทางเคมี ทางกายภาพและทางชีวภาพ ค่าที่ใช้ประเมินระดับความสกปรกและประเภทของความสกปรกในแหล่งน้ำเรียกว่า ดัชนีคุณภาพน้ำ(มูลนิธินิศุณย์สิ่งแวดล้อมโลก.มีนาคม 2545: บทความ) ซึ่งวิธีการทางเคมี ดัชนีที่นิยมใช้ตรวจสอบ คือ ดีโอ (DO = Dissolved Oxygen) ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุของความสกปรกน้ำ ปริมาณออกซิเจนจึงมีผลกระทบอย่างมากต่อคุณภาพของแหล่งน้ำ การที่มีออกซิเจนในน้ำน้อย แสดงว่าน้ำมีความสกปรก บีโอดี (BOD = Biochemical Oxygen Demand) ค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำที่แสดงให้เห็นถึงความสกปรก ในรูปของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ ถ้าแหล่งน้ำใดมีค่า บีโอดีสูง แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นมีความสกปรกสูงด้วย ซีโอดี (COD = Chemical Oxygen Demand)ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี แสดงให้เห็นปริมาณสารอินทรีย์ที่เป็นต้นเหตุของความสกปรกในน้ำ หากมีค่ามากแสดงว่าน้ำมีความสกปรกมาก ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) แสดงค่าเป็นตัวเลขที่

บอกถึงระดับความเป็นกรดหรือด่าง โดยมีค่าตั้งแต่ 0-14 ถ้าพีเอชมีค่าเป็น 7 แสดงว่ามีสภาวะเป็นกลาง ถ้าพีเอชมีค่า 0-7 แสดงว่ามีสภาวะเป็นกรด ตัวเลขที่ลดลงแสดงถึงความแรงของกรดที่เพิ่มขึ้น ถ้าพีเอชมีค่า 7-14 แสดงว่ามีสภาวะเป็นด่าง ตัวเลขที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงความแรงของด่าง โดยทั่วไปแม่น้ำจะมีพีเอชอยู่ประเภท 6-8 แสดงถึงสภาวะเป็นกลาง วิธีการทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ สี กลิ่น ความขุ่น และสภาพการนำไฟฟ้า ส่วนวิธีการทางชีวภาพได้มีการพัฒนาใช้สิ่งมีชีวิต มาร่วมในการตรวจวิเคราะห์แหล่งน้ำ เนื่องจากลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำสามารถบ่งชี้ถึงมลภาวะหรือการรบกวนเชิงพื้นที่ได้ โดยเฉพาะสิ่งมีชีวิตบางชนิดที่มีวงชีวิตที่ยาว สามารถเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเชิงระยะเวลา (temporal) ได้เมื่อเกิดการรบกวน อันเนื่องการใช้วิธีการทางชีวภาพในการวิเคราะห์คุณภาพแหล่งน้ำนั้น สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำได้ดี เช่น *Euglena* sp. เมื่อเติบโตจำนวนมากเกิดฝ้าสีเขียวหรือแดงบนผิวน้ำ จะสังเกตเห็นกลุ่มสีเขียวลอยอยู่ใกล้บริเวณผิวน้ำหรืออยู่ก้นหนาแน่นในบริเวณพื้นดินตื้นๆ ริมแอ่งน้ำหรือบนถุงพลาสติกที่อยู่ในแอ่งน้ำ สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสภาพน้ำที่ค่อนข้างเป็นน้ำเสีย มีสารอินทรีย์สูง (เชาวน์ ทวีผล.2519 : 91) *Oscillatoria* มีความทนทานต่อความสกปรกของน้ำได้เป็นอย่างดี ซึ่งใช้เป็นดัชนีบอกความสกปรกของน้ำได้ (Palmer,1961 : 81อ้างในเชาวน์ ทวีผล.2519 : 91)และในการติดตามเฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำนิยมปฏิบัติกันอย่างแพร่หลายทั้งในยุโรป สหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย โดยใช้สิ่งมีชีวิตกลุ่มหนึ่งและที่นิยมนำมาใช้ในการเฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำคือสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน (Benthic macro invertebrate) (นฤมล แสงประดับและคณะ.2541: 279) แพลงตอนพืช พืชน้ำ ปลา ไบรโอซัว (Bryozoans) และสาหร่าย (online <http://www.rppee.org> 16/02/47) ซึ่งเป็นพืชชั้นต่ำประเภทหนึ่งที่นิยม ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ เนื่องจากสาหร่ายแต่ละชนิด มีการเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมและคุณภาพน้ำที่แตกต่างกัน ดังผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ของสาหร่ายในสภาพแหล่งน้ำที่แตกต่างกัน เช่น การสำรวจสาหร่ายในเขตอำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี พบสาหร่ายทั้งสิ้น 127 Genera สาหร่าย Division Chlorophyta เป็นพวกที่พบมากที่สุดทั้งชนิด และจำนวน สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้เป็นอย่างดี เช่น *Mougeotia* sp. สามารถอยู่ในตัวกลางที่มีสภาพความเป็นกรดต่าง 3.5-7.0 ได้(จรัล ทรัพย์ผลประพจน์. 2519 : 141) การสำรวจสาหร่ายในเขตอำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี พบว่า Diatoms เป็นสาหร่ายที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี ในการสำรวจครั้งนี้พบ Diatoms ในสภาพน้ำที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 3.5 – 8.0 อุณหภูมิของตัวกลาง 18-31 ° C สภาพแสงตั้งแต่ถูกแสงรำไร จนกระทั่งถูกแสงสว่างเต็มที่ตลอดเวลากลางวัน สภาพน้ำตั้งแต่ขุ่นจนถึงใสและพบในแหล่งน้ำทุกประเภท ส่วน *Oscillatoria* ก็พบได้ในแหล่งน้ำ แต่ไม่พบในสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง 3.5 เหมือน Diatoms ทั้งนี้เพราะ

Oscillatoria มีความทนทานต่อความสกปรกของน้ำได้เป็นอย่างดี ซึ่งใช้เป็นดัชนีบอกความสกปรกของน้ำได้ (Palmer, 1961 : 81 อ้างในเชาวน์ ทวีผล. 2519 : 91)

จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่าในสภาพแหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำต่างกัน จะมีสาหร่ายแตกต่างกันด้วย จึงพอสรุปได้ว่าสาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถนำมาเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของน้ำได้ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังมิได้มีการจัดเก็บข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของสาหร่ายกับคุณภาพน้ำอย่างเป็นระบบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของสาหร่ายกับแหล่งน้ำ จากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีการรวบรวมข้อมูลเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบข้อเท็จจริงโดยการเก็บตัวอย่างน้ำมาศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้ง ถ่ายภาพสาหร่ายได้เลนส์ และตรวจสอบคุณภาพตัวอย่างน้ำทางเคมีในห้องปฏิบัติการด้วยค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ EC , pH , BOD, DO , N เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของสาหร่ายที่พบกับแหล่งน้ำ และรวบรวมข้อมูลที่ศึกษาจัดทำเป็นรูปเล่มในรูปแบบของคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ สำหรับนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอน เกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพแหล่งน้ำ ซึ่งนับวันจะมีความสำคัญมากขึ้นทุกขณะ โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของสถาบันการอาชีวศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่จุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจกฎเกณฑ์ต่างๆ ทางธรรมชาติ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวัน และการศึกษาวิชาชีพสาขาต่างๆที่มีเนื้อหาโดยรวมเป็นวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ชีววิทยาและเคมี ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พ.ศ. 2545(ปรับปรุง 2546)(หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พ.ศ. 2545 (ปรับปรุง 2546).2546:7) ซึ่งมีได้แยกการเรียนการสอนเป็นรายวิชาดังเช่นนักเรียนสายสามัญ จึงทำให้นักเรียนระดับวิชาชีพส่วนใหญ่ขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการจัดทำคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นความสำคัญของปัญหามลพิษทางน้ำจากการศึกษาและการวิเคราะห์ด้วยตนเอง ผูกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในด้านทักษะการสังเกต(Observing) ทักษะการจำแนกประเภท(Classifying) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล (Organizing Data and Communication) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Infering) ทักษะการพยากรณ์(Predicting) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป(Interpreting Data and Conclusion) เพื่อให้นักเรียนสามารถนำไปใช้ประกอบวิชาชีพ และเสริมการเรียนรู้ในวิชาที่เกี่ยวข้องได้แก่ ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน และวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น นอกจากนี้ผู้เรียนจะสามารถใช้ค้นคว้าเนื้อหาเพื่อเสริมความรู้ ความเข้าใจ ในสาระวิชาแล้ว ผู้เรียนยังสามารถถ่ายทอดวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพที่ไม่ซับซ้อนแก่

ชุมชน เพื่อตรวจสอบคุณภาพแหล่งน้ำในท้องถิ่นเพื่อเฝ้าระวังปัญหา มลพิษทางน้ำ และหาแนวทางป้องกันหรือแก้ไขปัญหาก่อนที่น้ำจะมีสภาพเน่าเสีย รุนแรง ซึ่งยากต่อการแก้ไข

ผู้วิจัยจึงมีความมุ่งหวังที่จะพัฒนาคู่มือเล่มนี้ให้มีประสิทธิภาพเหมาะแก่การใช้งานของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ อันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนการสอนให้บรรลุผลต่อไป โดยมีแนวทางการดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการสำรวจและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของสาหร่ายกับแหล่งน้ำที่พบสาหร่าย เลือกพื้นที่เป็นกรณีศึกษาบริเวณวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี โดยแบ่งจุดเก็บตัวอย่างน้ำตามสภาพการใช้ที่ดินดังนี้คือ บริเวณนาข้าว ที่อยู่อาศัย โรงงานอุตสาหกรรม สวนผลไม้ สวนผัก เพื่อเก็บตัวอย่างน้ำมาศึกษาหาชนิดของสาหร่ายและคุณภาพน้ำบริเวณที่พบสาหร่ายโดยเก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ห้องปฏิบัติการของกรมชลประทาน และถ่ายภาพสาหร่ายใต้เลนส์ของกล้องจุลทรรศน์ โดยมีผู้เชี่ยวชาญทางด้านสาหร่ายและทางด้านการวิเคราะห์คุณภาพน้ำให้คำปรึกษา นำผลที่ได้มารวบรวมจัดทำเป็นคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ ลักษณะรูปแบบของคู่มือจะเป็นลักษณะที่นักเรียนศึกษาด้วยตนเอง ขนาด 5 x 7 นิ้ว ซึ่งสะดวกแก่การพกพาสำหรับการศึกษานอกสถานที่ ภายในประกอบด้วยวิธีการใช้คู่มือฯ การใช้อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น เนื้อหาเรื่องคุณภาพน้ำ ชนิดของสาหร่าย ความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายกับคุณภาพน้ำ ภาพถ่ายสาหร่ายน้ำจืด วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ และวิธีการวิเคราะห์ผลคุณภาพน้ำทางชีวภาพโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ หลังจากสร้างเป็นคู่มือฯแล้วนำไปประเมินคุณภาพคู่มือฯโดยผู้เชี่ยวชาญ เมื่อผ่านผู้เชี่ยวชาญแล้วนำคู่มือฯไปพัฒนาเพื่อให้คู่มือมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มทดลอง เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของคู่มือฯก่อนนำไปใช้จริง

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2
2. เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ที่มีต่อคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ ในลักษณะของหนังสือขนาดเล็ก มีขนาดประมาณ 5 x 7 นิ้ว เป็นขนาดที่เหมาะสมกับการพกพา (สุโขทัยธรรมมาธิราช 2532 : 229) จำนวน 200 - 250 หน้า โดยมีเนื้อหาเรื่องการตรวจคุณภาพของน้ำที่ใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำโดยเฉพาะ
2. พัฒนานักเรียนให้มีทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำเช่น วิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน
3. เป็นแนวทางในการจัดทำคู่มือประกอบการเรียนการสอนในวิชาอื่น ๆ ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี จำนวน 22 ห้องเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี จำนวน 1 ห้องเรียน สุ่มอย่างง่ายโดยการจับฉลาก จากจำนวน 22 ห้องเรียน

พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา

พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาคือบริเวณวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี โดยแบ่งจุดเก็บตัวอย่างน้ำตามสภาพการใช้ที่ดินดังนี้คือ บริเวณนาข้าว ที่อยู่อาศัย โรงงานอุตสาหกรรม สวนผลไม้ สวนผัก

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ

การใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

2. ตัวแปรตาม

1. ประสิทธิภาพที่ได้จากการใช้คู่มือฯ

2. ความพึงพอใจของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ต่อการใช้หนังสือคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. คู่มือหมายถึงสื่อสิ่งพิมพ์ในลักษณะของหนังสือที่มีขนาดเล็ก(handbooks) มีขนาด 5 x 7 นิ้ว จำนวน 200 – 250 หน้า เพื่อสะดวกในการถือหรือค้นคว้า (สุโขทัยธรรมาธิราช 2532 : 229) ในการวิจัยหมายถึงคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นทางชีวภาพโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ มีเนื้อหาประกอบด้วย วิธีการใช้คู่มือ เนื้อหาคุณภาพน้ำเบื้องต้นและดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำทางชีวภาพ การใช้อุปกรณ์ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นทางชีวภาพ และวิธีการเก็บตัวอย่างสาหร่ายชนิดพันธุ์ ของสาหร่ายที่นิยมใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำทางชีวภาพซึ่งประกอบด้วย รูปภาพของสาหร่ายแต่ละชนิดที่เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำเบื้องต้นทางชีวภาพ ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อสามัญ ลักษณะเด่น แหล่งที่พบ และวิธีการประเมินผลคุณภาพโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

2. การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้น หมายถึง การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำอย่างง่ายโดยการประเมินผลคุณภาพน้ำเบื้องต้นจากการสำรวจและจำแนกชนิดพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตแล้วนำมาเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ ซึ่งในคู่มือฯเล่มนี้ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อเปรียบเทียบสิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีวิตอยู่ในน้ำกับผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำโดยการตรวจสอบคุณภาพน้ำตามวิธีที่ได้มาตรฐาน และดัชนีที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพในที่นี้ คือสาหร่าย

3. สาหร่าย (Algae) คือ พืชชั้นต่ำ ที่มีคลอโรฟิลล์ แต่ไม่มีส่วนที่เป็นราก ลำต้น และใบที่แท้จริง มีขนาดตั้งแต่เล็กมากประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียว ซึ่งมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ และไปจนถึงขนาดใหญ่ ประกอบด้วยเซลล์จำนวนมาก อาจเป็นเส้นสาย (filament) หรือมีลักษณะคล้ายพืชชั้นสูง โดยมีส่วนที่คล้ายราก ลำต้น และใบ เรียกว่าทัลลัส (thallus) ในการวิจัยครั้งนี้หมายถึงสาหร่ายที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ และเป็นสาหร่ายที่มีการเจริญเติบโตในบริเวณน้ำจืด และน้ำกร่อยเท่านั้น

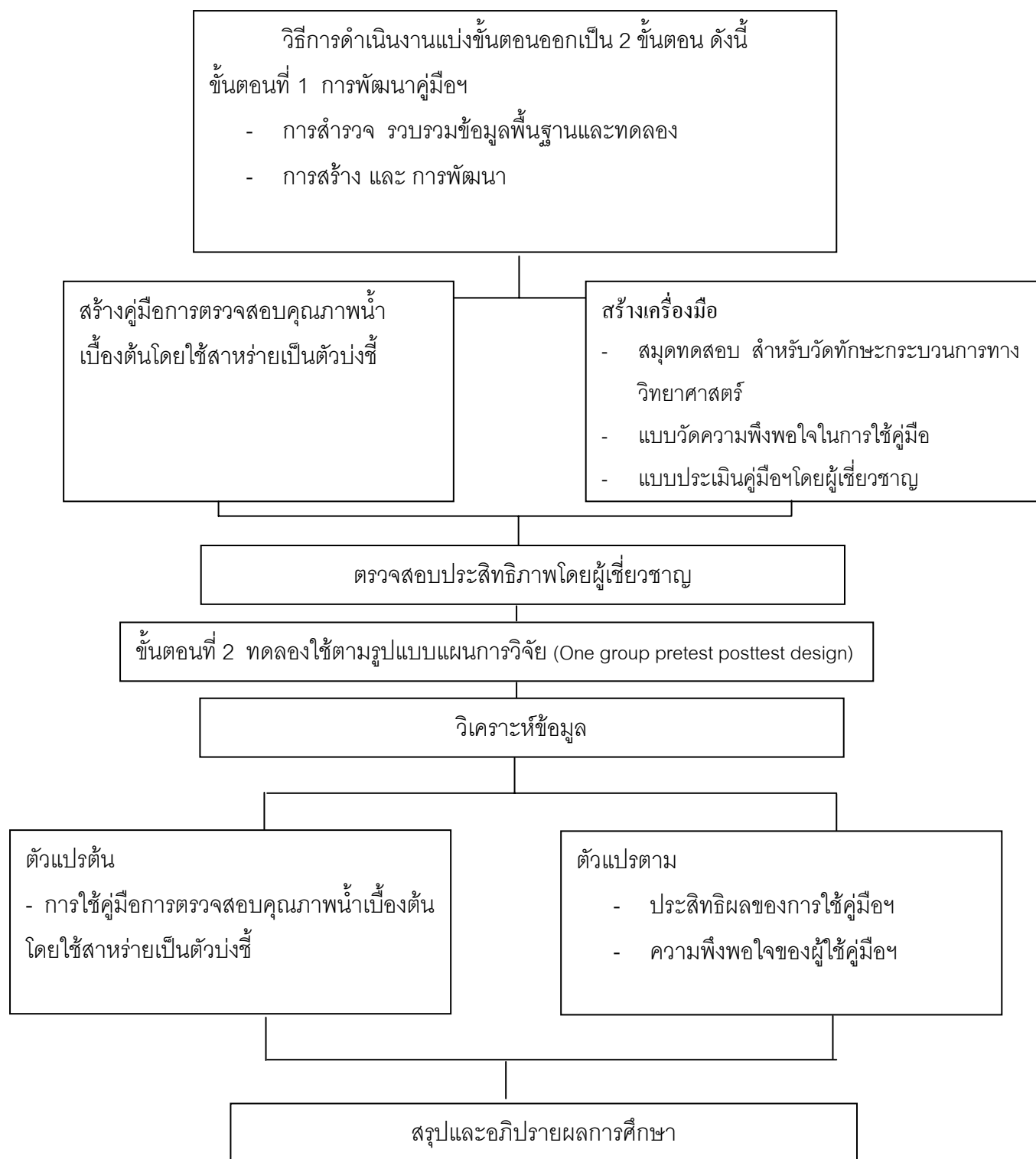
4. ประสิทธิภาพของคู่มือฯ หมายถึง ผลที่ได้จากการเรียนรู้จากคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ ด้วยการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

5. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการที่ใช้แสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองมีทั้งสิ้น 13 ทักษะ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ทักษะพื้นฐาน 8 ทักษะ และทักษะขั้นสูง 5 ทักษะในการวิจัยครั้งนี้จะใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น 6 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต(Observing) ทักษะการจำแนกประเภท(Classifying) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล (Organizing Data and Communication) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Infering) ทักษะการพยากรณ์ (Predicting) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion)

6. สมุดทดสอบ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยกิจกรรมและตัวคำถามที่ให้นักเรียนทำ และมีที่ว่างเว้นไว้ให้นักเรียนตอบคำถามและ คำชี้แจง คำตอบของนักเรียนที่เขียนอธิบายลงในสมุดทดสอบ ซึ่งสามารถนำมาตรวจให้คะแนนได้ ภายหลัง

7. ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกหรือทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อคุณภาพ ของงาน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้วัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือฯ ในเรื่องของรูปเล่ม การจัดภาพ เนื้อหาและ กิจกรรม

กรอบแนวคิดในการวิจัย



สมมุติฐานในการวิจัย

1. นักเรียนมีประสิทธิผลหลังการใช้คู่มือฯ สูงกว่าก่อนใช้ของคู่มือฯ และเป็นไปตามเกณฑ์ ร้อยละ 70 ขึ้นไป
2. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นโดยใช้สหาย่ายเป็นตัวบ่งชี้อยู่ในเกณฑ์ตั้งแต่ระดับพึงพอใจมากขึ้นไป

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

การพัฒนาคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ผู้วิจัยค้นคว้าและรวบรวมเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำทางชีวภาพ ดัชนีการชี้วัดและการตรวจสอบคุณภาพน้ำ
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สาหร่ายเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคู่มือ
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

1.เอกสารที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำ ดัชนีการชี้วัด และการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำ

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมได้ให้ความหมายของคุณภาพน้ำว่า หมายถึง ความเหมาะสมของน้ำในแง่ของการอุปโภคบริโภค มีคุณสมบัติเหมาะสมทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด และปริมาณของสารต่าง ๆ ที่ละลายในน้ำนั้น ๆ (อ้างใน www.environtnet.in.th 4/02/47) ขณะที่มันลิน ตันจุลเวศม์ ได้ให้ ความหมายของคำว่าคุณภาพน้ำคือ คุณสมบัติของน้ำทั้งในด้านฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา คุณภาพด้านฟิสิกส์ยกตัวอย่างเช่น อุณหภูมิ น้ำ คุณสมบัติด้านเคมีคือสภาวะ ออxygenในน้ำ สารที่อยู่ในสภาพแขวนลอย ทั้งยังอาจมีสารที่เป็นพิษต่อมนุษย์หรือสิ่งมีชีวิต คุณสมบัติทางชีววิทยาคือเชื้อไวรัสที่อาศัยอยู่ในน้ำ สาหร่ายหรือสิ่งมีชีวิตในน้ำอื่นๆ (มันลิน ตันจุลเวศม์.(2538: 187) และจากการสืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เว็บไซต์ <http://www.rppeo.org> เมื่อวันที่ 16/02/47คำว่าคุณภาพน้ำ หมายถึง ความเหมาะสมของน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมเฉพาะของมนุษย์คุณภาพของน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติ จะเปลี่ยนแปลงไป มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ ได้แก่ สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ลักษณะของธรณีวิทยา พืชพรรณธรรมชาติ รวมถึงกิจกรรมของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ

คุณภาพน้ำประกอบด้วย

1. คุณภาพน้ำทางกายภาพ ได้แก่ น้ำมีสารแขวนลอย สี กลิ่น รส ความขุ่น การนำไฟฟ้า อุณหภูมิ เป็นต้น
 2. คุณภาพน้ำทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรดต่าง ความเป็นด่าง ความกระด้าง ออกซิเจนละลายน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ ไนเตรต (NO_3^-) ไนไตรต์ (NO_2^-) แอมโมเนีย (NH_4^{+1}) ฟอสเฟต (PO_4^-) ปริมาณความต้องการออกซิเจน (BOD) คลอไรด์ ความเค็ม ซัลเฟต ยาปราบศัตรูพืช โลหะหนัก ผงซักฟอก คลอโรฟิลล์ เป็นต้น
 3. คุณภาพของน้ำทางชีวภาพ ได้แก่ น้ำที่มีสิ่งมีชีวิตเจือปน เช่น แพลงก์ตอนพืชและสัตว์ แบคทีเรีย พืชน้ำ และเชื้อโรคอื่น ๆ เป็นต้น
- จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่าคุณภาพน้ำหมายถึง ลักษณะของน้ำ ที่ประกอบด้วย คุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ที่สามารถบ่งชี้ลักษณะของน้ำได้ว่ามีสภาพที่ดี หรือเป็นมลพิษทางน้ำ เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

ดัชนีคุณภาพน้ำ

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้กล่าวถึงดัชนีการชี้วัดคุณภาพน้ำที่สำคัญ 8 ตัวชี้วัด ดังนี้

1. ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)
2. ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)
3. ความสกปรกในรูปบีโอดี (BOD)
4. แบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม (fecal coliform bacteria)
5. ไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$)
6. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)
7. ความขุ่น (turbidity)
8. ของแข็งทั้งหมด (total solids)

สอดคล้องกับดัชนีคุณภาพน้ำของสมชาย ดนตรี (บทความ online วันที่ 7 พฤษภาคม 2545) ซึ่งกล่าวว่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำมีดังนี้

1. ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen : DO) เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพ

น้ำที่สำคัญมากตัวหนึ่ง เพราะทำให้เห็นว่าแหล่งน้ำนั้นเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือไม่ นอกจากนี้ยังทำให้ทราบถึงความสามารถของลำน้ำ ที่จะรองรับความสกปรกได้มากน้อยเท่าไรได้เป็นอย่างดี

2. ค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand : BOD) เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำ ที่แสดงให้เห็นถึงความสกปรก ในรูปของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ ถ้าแหล่งน้ำใดมีค่า บีโอดีสูง แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นมีความสกปรกสูงด้วยโดยทั่วไปการวิเคราะห์ค่าบีโอดี เป็นการตรวจวัดความต้องการออกซิเจนที่ละลายในน้ำทางชีวภาพซึ่งแบคทีเรียนำไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ

3. แบคทีเรียจำพวกโคลิฟอร์ม (Total Coliform Bacteria) เป็นดัชนีที่สำคัญดัชนีหนึ่งที่ใช้ประกอบในการพิจารณาคุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพของแหล่งน้ำ แบคทีเรียพวกนี้มีมากในน้ำเสีย ที่เกิดจากการขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์ ตลอดจนการเน่าเสียของสารอินทรีย์

4. แบคทีเรียจำพวกฟีคัลโคลิฟอร์ม (Faecal Coliform Bacteria) เป็นดัชนีที่แสดงให้เห็นถึง คุณภาพน้ำทางชีวภาพซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมาก เพราะแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการแพร่กระจายของเชื้อโรคในแหล่งน้ำเป็นอย่างดี เพราะแบคทีเรียพวกนี้เป็น (Normal Flora) ที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่นรวมทั้งมนุษย์และสัตว์เลี้ยงทั่วไป การปนเปื้อนของแบคทีเรียชี้ให้เห็นถึงการปนเปื้อนของอุจจาระมนุษย์และสัตว์น้ำ

5. ปริมาณโลหะหนัก (Heavy metal) เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำที่สำคัญมากตัวหนึ่ง เพราะเป็นพิษต่อสุขภาพของมนุษย์มาก โดยปกติปริมาณโลหะหนักในแหล่งน้ำทั่วไป จะมีระดับต่ำ เพราะสามารถตกตะกอนได้ดีในน้ำ แต่เนื่องจากไม่สามารถถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียได้ จึงเกิดการสะสมอยู่ในแหล่งน้ำมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะส่วนที่เป็นโคลนตม การสะสมในห่วงโซ่อาหารส่วนใหญ่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่บริเวณนั้น และก็มาถึงผู้บริโภค คือมนุษย์นั่นเอง สารเคมีตกค้างจากการเกษตร เป็นดัชนีที่มีผลกระทบในทางลบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะส่วนที่เป็นอาหารของมนุษย์มากเพราะสามารถสะสมในสาหร่ายเซลล์เดียว และสัตว์น้ำรวมทั้งปลาในปริมาณที่สูงกว่าปริมาณที่ปรากฏในน้ำมากมายหลายเท่า

6. ไนเตรต – ไนโตรเจน (Nitrate – Nitrogen) สารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญในน้ำอย่างหนึ่งก็คือ ไนเตรต (NO_3^-) ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการสร้างโปรตีน เพื่อใช้เป็นอาหารของคนและสัตว์ต่อไป ไนเตรตเกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตปล่อยของเสียซึ่งมีสารประกอบไนโตรเจนออกมา และเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลง โปรตีนภายในสิ่งมีชีวิตจะถูกย่อยสลายเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียซึ่งพืชนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนได้ ถ้ามีปริมาณมากเกินไปจนความต้องการ แอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรียไปเป็น ไนไตรต์และไนเตรตต่อไป ในน้ำผิวดินจะพบไนเตรตในปริมาณน้อยมักต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และอย่างสูงก็ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่สำหรับน้ำใต้ดินอาจมีไนเตรตสูง

ตั้งแต่ 0 – 1.000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ในเขต - ในโตรเจนนอกจากเข้าสู่แหล่งน้ำจากการเน่าเปื่อยของสิ่งมีชีวิตแล้วยังมาจากปุ๋ยที่ใช้เพื่อการเกษตรกรรมและน้ำเสียอีกด้วย น้ำที่มีปริมาณไนเตรต - ไนโตรเจน สูงเกินไปอาจทำให้เกิดทารกเกิดโรค (Methemoglobinemia) ดังนั้นจึงกำหนดให้น้ำดื่มไม่ควรมีไนเตรตเกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร (มันลิน ตันจุลเวศม์.2538: 172)

7. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus). (TP) เป็นสารอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับเซลล์เดียว แหล่งที่มาของฟอสฟอรัสที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำมาจาก 3 แหล่งใหญ่ ๆ คือ ผงซักฟอกซึ่งมีสารประกอบของฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วยในปริมาณค่อนข้างสูง ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการเกษตรทั่วไป และแหล่งสุดท้ายได้แก่ ฟอสฟอรัสที่มาจากการย่อยสลายสารประกอบโปรตีน

สรุปได้ว่า ดัชนีคุณภาพน้ำเป็นคุณลักษณะของน้ำทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพภาพที่ใช้ชี้วัดคุณลักษณะของแหล่งน้ำ ซึ่งได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ความสกปรกในรูปบีโอดี (BOD) แบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) ไนเตรต-ไนโตรเจน (NO_3^- -N) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ความขุ่น (Turbidity) ของแข็งทั้งหมด (Total solids) เป็นต้น และในการวิจัยครั้งนี้ จะเป็นการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นโดยใช้สารหยาดเป็นดัชนีบ่งชี้ หมายถึงการใช้สารหยาดแต่ละชนิดบ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำว่า มีลักษณะเป็น เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) หรือความสกปรกในรูปบีโอดี (BOD) เป็นต้น

การตรวจสอบคุณภาพน้ำ

การตรวจสอบคุณภาพน้ำ ทำให้ทราบระดับการปนเปื้อนมลพิษของน้ำ ซึ่งสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย(สวสท.) (2540) ได้แบ่งการตรวจสอบคุณภาพน้ำได้เป็น 3 วิธีคือ

1. การตรวจคุณภาพน้ำทางเคมีมีดังนี้

1.1 พี เอช (pH) โดยใช้เครื่องวัดพีเอช

1.2 ความกระด้างของน้ำ โดยการไตเตรตด้วยอีดีทีเอ (EDTA Titrimetric Method)

1.3 ออกซิเจนละลาย หรือ ดีโอ (dissolved oxygen, DO) มีวิธีวิเคราะห์ โดยใช้วิธีไฮโดรไมดิฟิเคชัน ของไอโอโดเมตริก (Azide Modification of Iodometric Method)

1.4 ความต้องการออกซิเจนหรือบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand , BOD)เตรียมตัวอย่างน้ำที่หาค่า DO แล้วรินตัวอย่างน้ำใส่ขวดบีโอดี 3 ขวด ปิดจุกให้สนิท ใส่ น้ำหล่อที่ปากขวด น้ำขวดหนึ่งให้หาค่า DO อีกขวดหนึ่งนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วันนำน้ำตัวอย่าง 2 ขวด มาหาค่า DO โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

$$\text{บีโอดี (มก/ลบ.ซม.)} = D_1 - D_2$$

เมื่อ

D_1 = ค่า DO ที่ไทเทรตในวันแรก (DO_1)

D_2 = ค่า DO ที่ไทเทรตในวันที่ห้า (DO_5) (เฉลี่ย 2 ขวด)

- 1.5 ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand , COD) โดยวิธีการรีฟลักซ์
- 1.6 ของแข็งแขวนลอย (Total Suspended Solids ; TSS) โดยวิธีการอบแห้ง
- 1.7 ของแข็งที่ละลายน้ำ (Total Dissolved Solid ; TDS) โดยวิธีการอบแห้ง
- 1.8 ของแข็งทั้งหมด (Total Solid; TS) โดยวิธีการอบแห้ง
- 1.9 แอมโมเนีย – ไนโตรเจน (Ammonia-Nitrogen) โดยวิธีการไตรเตรชัน
- 1.10. การวิเคราะห์หาคะกำว โดยวิธีไดโทโซน
- 1.11. การวิเคราะห์หาไขมันและน้ำมัน โดยวิธีซอกซ์เลต (Soxhlet Method)

2. การตรวจคุณภาพน้ำทางกายภาพมีดังนี้

2.1 อุณหภูมิ (Temperature) คือ ระดับความร้อน อุณหภูมิของน้ำทิ้งที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำลำธารสาธารณะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยสิ่งมีชีวิตในน้ำอาจตายได้ในกรณีที่อุณหภูมิของน้ำสูงเกินไปและยังส่งผลให้การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลงอีกด้วย ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมยอมให้อุณหภูมิของน้ำที่ปล่อยลงสู่ลำน้ำสาธารณะได้ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส

เครื่องมือคือเทอร์โมมิเตอร์ (mercury filled thermometer) ชนิดอ่านออกมาเป็นองศาเซลเซียส

2.2 สี (Color) ต้องเก็บตัวอย่างน้ำในภาชนะแก้วที่สะอาดและควรวิเคราะห์หาค่าทันทีที่เก็บตัวอย่างมา แต่ถ้าไม่สามารถทำได้จะต้องเก็บไว้ในตู้เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส สีของน้ำแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. สีปรากฏ (Apparent Color) เกิดจากสารแขวนลอยต่างๆ
2. สีแท้ (True Color) ซึ่งเป็นสีของน้ำที่เกิดจากการย่อยสลายของพืช

หรืออนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ วิธีวัดสีแท้ของน้ำตามธรรมชาติ สีของน้ำเทียบได้กับสีที่เกิดจากเกลือแพลตตินัมในรูปของโปตัสเซียมคลอโรแพลตตินेट (K_2PtCl_6) สีที่เกิดขึ้นจากสารประกอบแพลตตินัมนั้นจะเป็นสีเหลืองที่คล้ายกับสีธรรมชาติ และถ้าผสมโคบอลต์คลอไรด์ ($CoCl_2$) เล็กน้อยลงไปจะทำให้มีสีเหมือนธรรมชาติมากขึ้น เกลือแพลตตินัมดังกล่าวเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีสีเข้มข้น 1 หน่วย

วิธีวัดสีโดยวิธีเปรียบเทียบด้วยตามีดังนี้

1. วิธีเปรียบเทียบโดยใช้หลอดเนสเลอร์
2. วิธีเปรียบเทียบโดยใช้ Test Kit

2.3 ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นหมายถึง สิ่งแขวนลอยที่กั้นทางเดินของแสงในน้ำ ความขุ่นของน้ำเกิดจากสิ่งแขวนลอยนานา ชนิดที่มีขนาดแตกต่างกัน อาจเป็นพวกอินทรีย์สาร อนินทรีย์สาร แพลงตอน และสิ่งมีชีวิตเล็กๆ สิ่งเหล่านี้จะทำให้เกิดการกระจัดกระจาย (Scattered) และดูดซึม (Absorbed) ของแสงแทนที่จะปล่อยให้แสงผ่านไปเป็นเส้นตรง สิ่งแขวนลอยที่เป็นความขุ่นในน้ำจะเป็นสิ่งใดขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำที่ไหลผ่าน ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า ความขุ่นเป็นลักษณะสมบัติเฉพาะของน้ำผิวดิน น้ำใต้ดินมักไม่มีความขุ่น ความขุ่นสามารถสังเกตได้ง่าย ความขุ่นของน้ำอาจวัดได้ 2 วิธี คือ

1. วัดปริมาณแสงที่ส่องทะลุความขุ่น (Turbidimetry)
2. วัดปริมาณแสงที่กระทบความขุ่นและสะท้อนออกมาในทิศทางตั้ง

ฉากกับลำแสง(Nephelometry)

2.4 กลิ่น นำตัวอย่างน้ำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น เขย่าจนได้กลิ่นน้อยที่สุด และทำให้เป็น 200 ลบ.ซม. ที่อุณหภูมิห้อง ในเออร์เลนเมเยอร์พลาสติกที่สะอาด ค่อย ๆ สูดกลิ่น ไม่ควรเขย่าแรง ๆ หรือเขย่าถี่เกินไป เพื่อป้องกันกลิ่นระเหยออกไปปิดจุกขวด นำไปอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นำมาเขย่าเบา ๆ แล้วสูดกลิ่น แล้วนำมาหาค่า T.O.N

$$T.O.N = \frac{A + B}{A}$$

เมื่อ

A= ลบ.ซม. ของตัวอย่างน้ำ

B= ลบ.ซม. ของน้ำที่ปราศจากกลิ่นที่นำมาเจือจาง

2.5 การนำไฟฟ้า ใช้เครื่องวัดการนำไฟฟ้า (Conductivitymeter) วัดค่าการนำไฟฟ้าตามคู่มือของเครื่อง

3. การตรวจคุณภาพน้ำทางชีวภาพดัชนีบ่งชี้มีดังต่อไปนี้

1. การศึกษาสาหร่าย นำน้ำตัวอย่างมาตรวจหาชนิดของสาหร่ายโดยศึกษารูปร่างและลักษณะของสาหร่ายที่พบ จัดจำแนกสาหร่ายที่พบตั้งแต่อาณาจักรถึงระดับสปีชีส์ บันทึกภาพโดยใช้กล้องจุลทรรศน์พร้อมอุปกรณ์ถ่ายภาพ

2. การตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรียการตรวจหาจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด

(Total Plate Count) นำตัวอย่างมาเขย่า 25 ครั้ง แล้วปิเปตน้ำตัวอย่างมาทำให้เจือจาง 1 : 10 และ 1 : 100 ตามลำดับ ในสารละลาย buffer dilution water ใส่ตัวอย่างที่เจือจางแล้ว 1 มิลลิลิตร ลงใน petri - dish ตัวอย่างละ 2 plate นำอาหาร Tryptone glucose extract agar ที่อุ่นไว้ที่ อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส ใน water bath เทลงใน petri – dish ที่ใส่ตัวอย่างน้ำแล้ว ประมาณ plate ละ 12-15 มิลลิลิตร หมุน plate เบา ๆ เพื่อให้ตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อผสมเข้ากันและกระจายไปทั่วจาน ทิ้งไว้ให้เย็นจน agar แข็งตัว นำไปบ่มที่ตู้บ่มเชื้อ อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำ plate ที่มีโคโลนี 25-250 โคโลนี เนื่องจากจำนวนโคโลนีแบคทีเรียที่เกิดขึ้นน้อยกว่า 25 หรือมากกว่า 300 โคโลนี จะให้ค่าความผิดพลาดมาก มีระดับความน่าเชื่อถือต่ำ คำนวณหาจำนวนแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำ

จำนวนแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำ 1 มิลลิลิตร = จำนวนโคโลนี x อัตราการเจือจางของน้ำตัวอย่าง

3. การตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรียโดยวิธี MPN (Most Probable Number)

หรือ Multiple tube Fermentation Technique) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนได้แก่

1. การตรวจสอบขั้นประมาณการ (Presumptive test) กระทำดังนี้
2. การตรวจสอบขั้นยืนยัน (Confirmed Test)
3. การตรวจสอบขั้นสมบูรณ์ (Completed test)

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปการตรวจสอบคุณภาพน้ำได้ว่า มีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือทางเคมี ทางกายภาพ และทางชีวภาพ ซึ่งแต่ละวิธี ก็ลักษณะการนำไปใช้งานต่างกันแล้วแต่จุดมุ่งหมายของการศึกษา

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสาหร่าย

อักษร ศรีปลั่ง (2532 : 69 – 80) กล่าวว่าสาหร่าย เป็นพืชที่มีกำเนิดมาตั้งแต่ยุค Paleozoic สมัยเริ่มต้นของ Precambrian ซึ่งนับกาลเวลาไม่ได้ โดยเฉพาะสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจัดว่าเป็นพืชเริ่มแรกที่มีกำเนิดมาบนโลก สาหร่ายมีประโยชน์มากในด้านต่างๆ เช่น

ประโยชน์ทางด้านนิเวศวิทยา

1. ทั้งสาหร่ายน้ำจืดและสาหร่ายทะเลเป็นผู้ผลิตเบื้องต้นที่สำคัญในห่วงโซ่อาหาร
2. มีบทบาทสำคัญในการแลกเปลี่ยนทางเคมีระหว่างบรรยากาศกับน้ำโดยควบคุมวัฏจักรของก๊าซ O_2 และ CO_2 ซึ่งเป็นประโยชน์แก่แหล่งน้ำและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

3. สาหร่ายน้ำจืดใช้ในขบวนการกำจัดน้ำเสีย
4. สาหร่ายน้ำจืดใช้เป็นดัชนีแสดงสภาพของน้ำดีและน้ำเสียได้ ทั้งนี้เพราะมีสาหร่ายบางสกุลที่เจริญได้ในแหล่งน้ำที่มี O_2 ต่ำ และมีไฮโดรเจนซัลไฟด์
5. สาหร่ายน้ำจืดใช้ในการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำได้
6. ทั้งสาหร่ายทะเลและสาหร่ายน้ำจืดมีประสิทธิภาพในการดูดซึมโลหะหนักได้

สูงมาก

สาหร่ายที่พบในประเทศไทย

สาหร่ายน้ำจืด

สาหร่ายน้ำจืดซึ่งประกอบด้วยดิวิชันต่างๆ ได้แก่ดิวิชัน Cyanophyta , Chlorophyta , Chrysophyta , Euglenophyta , Pyrrophyta , และ Charophyta มักจะพบตามแหล่งน้ำทั่วไป บนต้นไม้ใหญ่ชื้นๆ ดิน กำแพง โบราณสถาน ฯลฯ

ดิวิชัน Cyanophyta (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) พบได้ตามแหล่งน้ำจืดทั่วไป เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง แอ่งน้ำ ใต้ถุนบ้านและแหล่งน้ำเสียต่าง ๆ ตามถนนที่น้ำท่วมเป็นเวลานาน ดินชื้นๆ กำแพงโบราณสถาน โดยเฉพาะที่ซึ่งมีความเป็นด่างเล็กน้อย น้ำพุร้อน และสามารถทนความแห้งแล้งได้ดี เนื่องจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีความต้านทาน ต่อสภาวะแวดล้อมที่ผิดปกติได้ดี จึงใช้ชนิดและปริมาณของสาหร่ายดิวิชันนี้เป็นดัชนีชี้คุณภาพน้ำเสียได้

ดิวิชัน Chlorophyta (สาหร่ายสีเขียว) เจริญได้ดีทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม สำหรับน้ำจืดพบทั่วไปตามแหล่งน้ำที่มีแสงสว่างส่องถึง บนต้นไม้และดินชื้น ๆ ก็ขึ้นได้ สาหร่ายสีเขียวมีความทนทานต่อสภาพมลพิษได้น้อยกว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

ดิวิชัน Chrysophyta (โดยเฉพาะไดอะตอม) พบทั้งในน้ำจืด น้ำเค็ม และน้ำกร่อย ส่วนมากชอบอยู่ตามพื้นทราย น้ำใสสะอาดไหลเร็ว แต่มีบางสกุลที่สามารถทนต่อมลพิษได้

ดิวิชัน Euglenophyta (ยูกลีโนยด์) สาหร่ายกลุ่มนี้มีการแพร่กระจายมาก พบทั้งในน้ำจืด น้ำเค็ม และน้ำกร่อย หนี้อตามที่ชื้นแฉะ แต่จะพบมากตามแหล่งน้ำจืดที่มีสารอินทรีย์และฟอสเฟตสูง

ดิวิชัน Pyrrophyta (dinoflagellate) พบทั้งในแหล่งน้ำจืด น้ำเค็ม และน้ำกร่อย มีบางสกุลพบในแหล่งน้ำเสีย

ดิวิชัน Charophyta (สาหร่ายไฟ) ชอบขึ้นอยู่ใต้น้ำ พบมากในนาข้าว นาหน่อไม้ น้ำ บ่อบัว แหล่งน้ำที่พื้นน้ำเป็นโคลน

Meyer et al, 1973 : 178 – 184 .อ้างถึงใน สมศักดิ์ แสนสุข กล่าวว่าสาหร่าย (algae) เป็นพืชที่อยู่ในพวก Thallophytes ที่โครงสร้างของพืชเหล่านี้ยังไม่ได้เปลี่ยนแปลงเป็นลำต้น ราก

และใบที่แท้จริง โครงสร้างของสาหร่ายจึงได้ชื่อว่า ทัลลัส (Tallus) นอกจากโครงสร้างโดยทั่วไปแล้ว การเจริญเติบโตของสาหร่ายยังแตกต่างจากพืชแบบมีท่อลำเลียงทั้งหลาย กล่าวคือไซโทคเอดพัฒนาไปเป็นทัลลัสโดยตรงเลย การสังเคราะห์แสงของสาหร่าย ใช้รงควัตถุได้แก่คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) คาโรทีนอยด์ (Carotenoids) และไฟโคบิลิน (Phycobilins) คลอโรฟิลล์ที่พบในเซลล์ของสาหร่ายมีอยู่หลายชนิด เช่น คลอโรฟิลล์ เอ มีสีเขียวใบไม้แก่ คลอโรฟิลล์ บี มีสีเขียวใบตองอ่อน คลอโรฟิลล์ ซี มีสีน้ำตาล คลอโรฟิลล์ ดี มีสีแดง และคลอโรฟิลล์ อี มีสีทอง ส่วนรงควัตถุพวกคาโรทีนอยด์ มี 2 ชนิด คือ คาโรทีน (Carotene) และแซนโทฟิลล์ (Xanthophyll) ซึ่งมีสีเหลือง สีส้ม และสีแดง นอกจากนี้ยังมีไฟโคบิลินซึ่งประกอบไปด้วยรงควัตถุ 2 ชนิด คือ ไฟโคอีโรทริน (Phycoerythrin) มีสีแดง และไฟโคไซยานิน (Phycocyanin) มีสีน้ำเงิน (Meyer et al, 1973 : 178 – 184 .อ้างถึงใน สมศักดิ์ แสนสุข.)

ส่วนภพษณา ชุตินา สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เว็บไซต์ <http://www.school.net.th> ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า สาหร่าย หมายถึง พืชชั้นต่ำไม่มีส่วนที่เป็นราก ลำต้นและใบที่แท้จริง มีขนาดตั้งแต่เล็กมากมีเซลล์เดียว ไปจนถึงขนาดใหญ่ ประกอบด้วยเซลล์จำนวนมาก อาจเป็นเส้นสายหรือมีลักษณะคล้ายพืชชั้นสูงก็มี การแบ่งพวกสาหร่ายแบ่งตามรูปร่างลักษณะภายนอกหรือดูตามสี จึงมีสาหร่ายสีเขียว เขียวแกมน้ำเงิน น้ำตาล และสีแดง สาหร่ายสืบพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศก็มี อาศัยเพศก็มี แหล่งที่อยู่ของสาหร่ายมีต่าง ๆ กันส่วนใหญ่อยู่ในน้ำ ทั้งน้ำจืด น้ำกร่อย น้ำเค็ม คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายพบว่าไม่สูงมากนัก คาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่เป็นพวกที่ย่อยยากในตัวตน โปรตีนก็มีน้อยแต่สิ่งที่ได้จากสาหร่าย คือ แร่ธาตุและวิตามินหลายชนิด นอกจากเป็นอาหารคนแล้วยังใช้เป็นอาหารสัตว์ เป็นปุ๋ยและเป็นยา

ในการทำงานเกี่ยวกับสมศักดิ์ แสนสุขและเพ็ญประภา มงคลกุล (บทความ online วันที่ 7 พฤษภาคม 2545) กล่าวว่า สาหร่าย แท้ที่จริงแล้วนักวิทยาศาสตร์ได้จัดประเภทตามลักษณะโครงสร้างภายในและวิวัฒนาการ ได้เป็น 2 พวก ดังนี้

1. สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue green algae) เป็นโพรคาริโอต(Prokaryote) เหมือนแบคทีเรีย ซึ่งมีเซลล์เพียงเซลล์เดียว โครงสร้างภายในไม่มีออร์แกเนลล์ นอกจากไรโบโซมขนาด 70 s ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสเป็นเซลล์ที่มีวิวัฒนาการต่ำ มีขนาดเล็กมาก ต้องศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ ถูกจัดไว้ในไฟลัมไซยาโนไฟตา (Phylum Cyanophyta) อาณาจักรมอเนรา(Kingdom Monera) ตัวอย่าง เช่น สไปรูลีนา แอนาบีนา ออสซิลลาทอเรีย นอสตอก

2. สาหร่าย(algae) เป็นสาหร่ายแท้เป็นยูคาริโอต(Eukaryote)มีออร์แกเนลล์ต่างๆ มีไรโบโซม ขนาด 80 s มีนิวเคลียส จัดอยู่ใน อาณาจักรโปรติสตา(Kingdom Protista) อาจอยู่เดี่ยว ๆ

หรือเป็นกลุ่ม หรือเป็นสาย แต่ไม่มีเนื้อเยื่อ ไม่มีระยะเอมบริโอ โดยใช้รงควัตถุภายในเซลล์เป็นเกณฑ์จึงแบ่งสาหร่ายออกได้ดังนี้

สาหร่ายสีเขียว เช่น สาหร่ายไฟ ชินเดสมัส อุลวา

สาหร่ายสีน้ำตาลแกมเหลือง เช่น ไดอะตอมชนิดต่าง ๆ

สาหร่ายสีน้ำตาล เช่น ชาร์กสซัม เคลป์ พาไดนา ลามินาเรีย

สาหร่ายสีแดง เช่น พอไฟรา

สำหรับสาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายข้าวเหนียว สาหร่ายพุงชะโด ไม่ได้อยู่ในกลุ่มที่กล่าวมาแล้ว เพราะเป็นพืชชั้นสูงคือพืชดอก (Angiosperm)

Smith ,G.M อ้างใน สมศักดิ์ แสนสุข.(2530:11)ได้กล่าวว่า นักวิทยาศาสตร์ยุค ค.ศ. 1880 ได้จัดสาหร่ายไว้ในดิวิชั่น (Division) เดียวกับพวกเห็ดรา เนื่องจากว่าโครงสร้างของพืชสองชนิดนี้มีลักษณะเป็นทาลัสเหมือนกัน ต่อมาราว ค.ศ. 1920 นักวิทยาศาสตร์ได้พิจารณาเห็นว่าการจัดพืชทั้งสองชนิดดังกล่าวรวมกันไว้ในดิวิชั่น ทัลโลไฟตา (Thallophyta) ไม่สมด้วยเหตุและผล เนื่องจากการจัดการนั้นจะต้องคำนึงถึงวิวัฒนาการ ลักษณะการสืบสายพันธุ์ ลักษณะการสืบพันธุ์ โครงสร้างเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงสร้างของเซลล์ที่สำคัญที่จะต้องนำมาพิจารณา ก็คือ ชนิดของรงควัตถุ องค์ประกอบของผนังเซลล์ อาหารสะสม จำนวน ชนิด ตำแหน่งและขนาด ความยาวของแฟลกเจลลา(flagella) โครงสร้างของเซลล์สืบพันธุ์ และนิวเคลียสเป็นต้น ด้วยเหตุนี้เอง A.Pascher จึงได้เสนอให้จัดสาหร่ายประมาณ 10 คลาส ยกฐานะเป็น 7 ดิวิชั่น เพราะบางคลาสมีลักษณะใกล้เคียงกัน ได้จัดไว้ในดิวิชั่นเดียวกัน สาหร่ายเป็นพืชชั้นต่ำที่มีโครงสร้างและการจัดเรียงตัวเซลล์ในทาลัส แตกต่างกันอย่างมากมาย มีตั้งแต่เซลล์เดียวไปจนกระทั่งมีจำนวนเซลล์มากมาย เซลล์มีการจัดตัวอย่างง่าย ๆ ขึ้นไปจนสลับซับซ้อนมาก ขนาดมีตั้งแต่ขนาดไมครอน (micron) ซึ่งมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น จนกระทั่งมีขนาดยาวถึง 5 ฟุต เช่น Sargassum ของไทย หรือมีขนาดยาวถึง 300 ฟุต เช่น Macrocytis เป็นต้น

ส่วนชลธิสา จันทรดำ และอาภาวรัตน์ มหาพันธ์ (บทความ online วันที่ 7 พฤษภาคม 2545) ได้กล่าวถึงสาหร่ายดังนี้

สาหร่าย เป็นพืชชั้นสูงมีดอกที่อาศัยในน้ำพวก สาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายฉัตร และสาหร่ายอื่นๆ ที่ใสในตู้ปลาซึ่งเป็นที่รู้จักกันดี แต่ "สาหร่าย" มิใช่เป็นพืชน้ำมีดอกอย่างที่เข้าใจ หากแต่เป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่มีคลอโรฟิลล์- เอ สำหรับใช้ในการสังเคราะห์แสง (บางครั้งจึงถูกจัดเป็นพืชชั้นต่ำ) ส่วนใหญ่มีลักษณะคล้ายพืช ประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียว หรือหลายเซลล์ มีขนาดตั้งแต่เล็กมากจนมองไม่เห็นด้วยตาเปล่าจนถึงขนาดใหญ่ มีความยาวหลายสิบเมตร ไม่มีราก ลำต้น ใบที่แท้จริง สาหร่ายบางกลุ่มมีโครงสร้างเซลล์คล้ายแบคทีเรีย และบางกลุ่มก็มีลักษณะคล้ายสัตว์ สามารถแบ่งอย่างง่ายได้เป็น 10 กลุ่ม คือ กลุ่มที่คล้ายพืช ได้แก่ ส่วนใหญ่ของ

สาหร่ายสีเขียว, สาหร่ายไฟ, สาหร่ายสีน้ำตาล, สาหร่ายสีน้ำตาลแกมทอง และสาหร่ายสีแดง กลุ่มที่มีลักษณะโครงสร้างเซลล์คล้ายแบคทีเรีย ได้แก่ สาหร่าย สีน้ำเงินแกมเขียว กลุ่มที่คล้ายสัตว์จะมีหนวดเคลื่อนที่ได้

กรมประมง (บทความ online วันที่ 7 พฤษภาคม 2545) ยังได้กล่าวไว้ว่า สาหร่าย จัดเป็นพรรณไม้น้ำสวยงามได้แก่พืชน้ำในกลุ่มพืชใต้น้ำ (Submergel plant) พืชในกลุ่มนี้อาจมีต้นแขวนลอยอยู่ใต้น้ำ เช่น สาหร่ายพวงกะโหลก และสาหร่ายหางกระรอก หรือมีรากฝังอยู่ในพื้นท้องน้ำ มีบางส่วน ของต้น ใบ และดอกอยู่เหนือน้ำ เช่น บัวสาหร่าย, สาหร่ายญี่ปุ่น และสาหร่ายฉัตร จัดเป็นพืชมีดอกที่เป็นพรรณไม้น้ำอย่างแท้จริง สาหร่ายเป็นพรรณไม้น้ำสวยงามที่นิยมนำมาประดับตู้ปลาเป็นเวลานาน โดยชนิดที่เป็นที่รู้จักกันมากที่สุดในประเทศไทยได้แก่ สาหร่ายหางกระรอก ซึ่งนอกจากจะนำมาประดับตู้ปลาเพื่อความสวยงามแล้ว ยังใช้ ประโยชน์ในการเพาะพันธุ์ปลาสวยงาม โดยเป็นที่วางไข่และที่หลบซ่อนของลูกปลาวัยอ่อน นอกจากนี้สาหร่ายยังมีความทนทาน ดูแลรักษาง่าย มีสีสันทากหลายสวยงามตั้งแต่สีเขียวสดใส แดง น้ำตาลและชมพู

จากที่กล่าวถึงสาหร่ายมาแล้วข้างต้นสรุปได้ว่าสาหร่ายเป็นพืชชั้นต่ำที่มีโครงสร้างและการจัดเรียงตัวเซลล์ในทลล์ส แตกต่างกันอย่างมากมาย มีตั้งแต่เซลล์เดี่ยวไปจนกระทั่งมีจำนวนเซลล์มากมาย เซลล์มีการจัดตัวอย่างง่าย ๆ ขึ้นไปจนซับซ้อนมากขึ้น ขนาดมีตั้งแต่ขนาดไมครอน (micron) ซึ่งมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น จนกระทั่งมีขนาดยาวถึง 5 ฟุต มี 7 ดิวิชัน เพราะบางคลาสมิมีลักษณะใกล้เคียงกัน ได้จัดไว้ในดิวิชันเดียวกัน

คณาจารย์ภาควิชาพฤกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2543 : 127) ได้กล่าวถึงสาหร่ายว่า เป็นพืชสังเคราะห์แสงได้ มีอยู่ทั่วไปในน้ำ ทั้งน้ำจืด น้ำเค็มหรือตามแหล่งที่มีความชื้นสูง เช่น ตามบ่อ บึง คู คลอง ก้อนหิน ดินเปียกชื้นอยู่เสมอ และตามลำต้นของต้นไม้ใหญ่ๆ สาหร่ายมีขนาดต่างๆ กัน ตั้งแต่ขนาดเล็กมองเห็นด้วยตาเปล่าไม่เห็น จนขนาดใหญ่ยาวหลายเมตร ไม่มีราก ลำต้น และใบที่แท้จริง มี chlorophyll และ pigment อื่นๆ ที่แตกต่างกันตามแต่ละชนิดของสาหร่าย เพื่อช่วยในการสังเคราะห์แสง นิวเคลียสเป็นแบบ eukaryotic อวัยวะสืบพันธุ์ (sex organ) ประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียว ยกเว้นสาหร่ายบางชนิดที่มีขนาดใหญ่จะมีอวัยวะสืบพันธุ์ ประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์ zygote ยังไม่เปลี่ยนแปลงเป็น embryo สาหร่ายมีหลายชนิด มีทั้งที่เป็นเซลล์เดี่ยว (unicellular) เป็นเส้นสาย (filament) และเป็นกลุ่ม (colony) เคลื่อนที่ได้และเคลื่อนที่ไม่ได้ ดังนั้นนักพฤกษศาสตร์จึงจำแนกสาหร่ายออกเป็น Division ต่างๆ โดยใช้เกณฑ์

ความแตกต่างของขนาด ถิ่นที่อยู่อาศัย ความซับซ้อนของโครงสร้างการสืบพันธุ์ ตลอดจนความแตกต่างทางด้านสรีรวิทยาและชีวเคมีของสาหร่าย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างน้ำกับสาหร่ายที่เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำมีดังนี้

มณฑนา เลหาบรรจง (2517: 87) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “ การสำรวจสาหร่ายน้ำจืดในเขตฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยาในจังหวัดนนทบุรี” แหล่งสำรวจทั้งสิ้น 38 แหล่ง อยู่ในเขตอำเภอเมืองนนทบุรีและอำเภอบางกรวด สภาพแหล่งน้ำ ส่วนใหญ่เป็นแหล่งน้ำที่มีน้ำตลอดปี น้ำนิ่งมากกว่าน้ำไหล ลักษณะ คูน้ำ ร่องสวน คลอง และแม่น้ำ อุณหภูมิขณะที่เก็บ 17 – 35 ° C สภาพความเป็นกรด – ด่าง 5.0 – 8.0 สาหร่ายน้ำจืดที่สำรวจพบมีพวกไดอะตอม พวกอื่นๆ อีก 106 เป็นสาหร่ายน้ำจืดใน Division ต่าง ๆ 6 Division ด้วยกันคือ

Division Chlorophyta 68 Genera

Division Euglenophyta 10 Genera

Division Chrysophyta 1 Genera

Division Pyrrophyta 3 Genera

Division Cyanophyta 23 Genera

Division Rhodophyta 1 Genera

สาหร่ายน้ำจืดที่สำรวจพบมีทั้งเซลล์เดี่ยวและหลายเซลล์ ขนาดเล็กมากจนมองไม่เห็นด้วยตาเปล่าจนถึงขนาดใหญ่มองเห็นด้วยตาเปล่า ที่เป็นเซลล์เดี่ยวมีรูปร่างทรงกลม รูปไข่ แบบทรงกระบอก รูปเหลี่ยม รูปแฉก มีหนามยื่นยาวออกไป เป็นต้น เซลล์เดี่ยว ๆ เหล่านี้อยู่เป็นอิสระหรือเป็นกลุ่ม อาจมีหรือไม่มีวุ้นหุ้ม ที่เป็นพวกหลายเซลล์มีรูปร่างเป็นสาย แตกกิ่งและไม่แตกกิ่ง หรืออยู่เป็นกลุ่มที่มีรูปร่าง กลม รี มีทั้งมีวุ้นหุ้มหรือไม่มีวุ้นหุ้ม สีของสาหร่ายน้ำจืดที่สำรวจพบ มีตั้งแต่ ใสไม่มีสี สีเหลืองทอง สีนํ้าตาล สีเขียวอ่อน สีเขียวเข้ม สีนํ้าเงินแกมเขียว สีเทา จนถึงสีเขียวแกมม่วง

จรงค์ษ์ ผลประพฤติ (2519 : 141) ได้ทำวิจัยเรื่อง “ การสำรวจสาหร่ายในเขตอำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี” ตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2518 ถึงวันที่ 30 มกราคม 2519 พบสาหร่ายทั้งสิ้น 127 Genera การปรากฏของสาหร่ายในแต่ละดิวิชัน ดังนี้

สาหร่าย Division Chlorophyta เป็นพวกที่พบมากที่สุดทั้งชนิด และจำนวน ทั้งนี้เพราะมีสมาชิกมาก และสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้เป็นอย่างดี เช่น *Mougeotia* sp.

สามารถอยู่ในตัวกลางที่มีสภาพความเป็นกรดต่าง 3.5-7.0 ได้ Closterium sp. ,Spirogyra sp. มีกระจายอยู่ทุกบริเวณสำรวจสอดคล้องกับการศึกษาของนรินทร์ (นรินทร์ ไทรพัก,2518) และ Smith (Smith,G.M.1950:1295) นอกจากนี้จะพบ ทัลลัสธรรมดาแล้ว ยังพบทัลลัสที่กำลังจับคู่ผสมพันธุ์ (Conjugation) และทาลลัส ที่สร้างไซโกตอีกด้วย

สาหร่าย Division Euglenophyta เป็นพวกที่มีแฟลกเจลลา เคลื่อนที่ได้จึงมีการกระจายอยู่ทั่วไป แต่ที่พบมากคือ Euglena sp., Trachelomonas sp. สำหรับ Euglena sp. นั้น พบมากในบ่อ หรือสระที่มีสารอินทรีย์ปนอยู่มาก เช่น พบว่ามีการเจริญพันธุ์เป็นจำนวนมากลอยเป็นฝ้าอยู่บนผิวน้ำ ส่วน Phaous sp. นั้น พบมากในปลักควาย และพบกระจายห่างๆ ในแหล่งน้ำทั่วไปที่มีสภาพความเป็นกรดต่างระหว่าง 6-7 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Smith ,G.M.(1950 : 355)

สาหร่าย Division Chrysophyta พบ 5 Genera และ Diatoms อีกจำนวนหนึ่ง พบว่า Mallomonas sp. มักอยู่ในแหล่งน้ำที่ใสสะอาด และมีสภาพความเป็นกรดต่างประมาณ 4.6-5.5 ซึ่งจะสังเกตได้ว่าแหล่งน้ำเช่นนี้ มักมีตะกอนสีส้ม เกาะอยู่ตามขอบแหล่งน้ำหรือเกาะอยู่ตามต้นหญ้าและพืชน้ำทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Smith G,M (1950 : 415) สำหรับ Synura sp. นั้น ส่วนใหญ่พบในแหล่งน้ำที่มีสภาพความเป็นกรดต่างประมาณ 5-6 และพบอยู่รวมแหล่งน้ำเดียวกันกับ นอกจากนี้ยังพบว่า Diatoms มีการกระจายกว้างขวางคือพบทุกบริเวณสำรวจสามารถปรับตัว Mallomonas sp. อยู่ในช่วงความเป็นกรดต่าง 3.5 - 7.5 แต่ที่พบมากคือในแหล่งน้ำที่ค่อนข้างกรด คือ มีสภาพความเป็นกรดต่างประมาณ 5.5 – 6.5 สอดคล้องกับที่ นรินทร์ (นรินทร์ ไทรพัก.2518) รายงานไว้ว่า Diatoms สามารถปรับตัวอยู่ในแหล่งน้ำซึ่งมีช่วงความเป็นกรดต่างระหว่าง 6 - 8

สาหร่ายพวก Pyrrophyta นั้นพบไม่มากทั้งจำนวนและชนิด บางชนิดพบเพียง 3 ครั้ง เช่น Tetradinium sp. , Peridinium sp. , Glenodinium sp. ที่พบบ่อยก็คือ Gymnodinium sp. พบทุกฤดูพบมากในฤดูหนาวตรงกับฤดูร้อนซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สนิท บุญเคลือบ (2517 : 66) ซึ่งรายงานว่าพวก Pyrrophyta พบได้ในแหล่งน้ำที่ได้รับแสงแดดจัด และเจริญได้ดีใน ตัวกลางที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง

สาหร่ายพวก Cyanophyta มีปรากฏทุกฤดู ที่พบบ่อยที่สุดคือ Osoillatoria sp. และพบการแพร่พันธุ์เพิ่มจำนวนมากมาย (Bloom) ของ Arthrospira sp. , Osoillatoria sp. , Polyoystis sp. ในบ่อปลาสวนสำราญใกล้คลอง 3 สาหร่ายพวก Cyanophyta ส่วนใหญ่สามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำที่มีสภาพค่อนข้างเน่าเสียได้ดี เช่น Spirulina sp. , Oscillatoria sp. จึงใช้เป็นดัชนีบอกให้ทราบสภาพความเน่าเสียของน้ำได้ ซึ่งสอดคล้องกับที่ Round (Round , 1970 : 223) ได้รายงานไว้

สาหร่ายพวก Rhodophyta พบเพียง 1 Genus คือ Compsopogon sp. ซึ่งพบในแหล่งน้ำที่ใสสะอาด มีสภาพความเป็นกรดต่างประมาณ 6-7 พบทั้งในบริเวณน้ำไหล และน้ำนิ่ง ที่แปลกก็คือ พบว่าเจริญอยู่บนเปลือกหอยในสระที่น้ำนิ่งใส และพบเฉพาะฤดูฝนกับฤดูหนาวเท่านั้น ไม่พบในฤดูร้อน

สำหรับพวก Uncertain Group นั้นพบ Chilomonas sp. ซึ่งกระจายอยู่เกือบทั่วบริเวณสำรวจทั้งนี้เพราะมีแฟลกเจลลา 2 เส้น ว่ายน้ำได้รวดเร็ว พบมากในฤดูฝน และฤดูหนาว

เครือทิพย์ เจียรวานิช (2517 :) ทำการวิจัยเรื่องการสำรวจสาหร่ายน้ำจืดในเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร ผลการสำรวจสาหร่ายในเขตอำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร ในช่วง 3 ฤดู ตั้งแต่ วันที่ 1 กรกฎาคม 2517 ถึงวันที่ 30 มิถุนายน 2518 สรุปผลได้ดังนี้

เก็บตัวอย่างสาหร่ายจากแหล่งน้ำซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติของสาหร่าย 24 แหล่ง แหล่งน้ำดังกล่าวมีทั้งที่เป็นแหล่งที่มีน้ำตลอดทั้งปี และมีน้ำไม่ตลอดปี (มีเฉพาะฤดูฝนและฤดูหนาว) ค่าความเป็นกรดต่าง เฉลี่ยในช่วง 6 – 6.5 ซึ่งโดยเฉลี่ยมีความเป็นกรดเป็นด่างเพียงเล็กน้อย สาหร่ายที่สำรวจพบมีทั้งที่ลอยน้ำเป็นอิสระ เกาะกับวัตถุในน้ำ เกาะกับพืชน้ำ หรือสัตว์น้ำ หรือพื้นดินในน้ำ บางชนิดอาศัยในเขตพืช เช่น Anabeena azolli อยู่ในเซลล์ของแหวนแดง เป็นต้น

จำนวนสาหร่ายที่สำรวจพบทั้งหมดมี 5 ดิวิชั่น และ Uncertain group ประกอบด้วย 100 เจเนอรา (genera) และไดอะตอม

มัณฑนา เลหาบรรจง (2517: 89) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การสำรวจสาหร่ายน้ำจืดในเขตฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยาในจังหวัดนนทบุรี แหล่งน้ำจืด น้ำกร่อยได้สำรวจสาหร่ายในเขตฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยาในจังหวัดนนทบุรี กระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่ทั้งหมด ส่วนใหญ่เป็นบริเวณที่ใกล้เส้นทางคมนาคม มีอยู่บ้างบางส่วนที่เข้าไปสำรวจในบริเวณที่ไกลถนน แหล่งน้ำที่สำรวจทั้งหมด 38 แหล่ง มีน้ำตลอดปี 35 แหล่ง มีเพียง 3 แหล่ง ที่ไม่มีน้ำในฤดูร้อน สภาพของแหล่งน้ำที่มีสาหร่ายอาศัยอยู่มากในเขตนี้ คือ เป็นคูน้ำขนาดกว้าง 5 เมตร มีหญ้าปกคลุม อยู่ติดกับทุ่งนา น้ำค่อนข้างใส อุณหภูมิขณะเก็บ 28-34 °ซ. สภาพความเป็นกรดต่าง 5.5-6 เป็นสภาพแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่ยังไม่ถูกดัดแปลง หรือ ทำลายไปมากนัก

สาหร่ายที่สำรวจพบมีพวกไดอะตอมและสาหร่ายอื่นๆ อีก 106 Genera นั้น เป็นสาหร่ายมีพบโดยการเก็บเอาน้ำที่มีสาหร่ายอยู่ ขอนไม้ ต้นไม้ พืชน้ำ ถูพลาสติก หรือสิ่งต่างๆ ในน้ำที่มีสาหร่ายเกาะอยู่ รวมทั้งสาหร่ายที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า Division Chlorophyta พบชนิดต่างๆ มากที่สุด รองลงมาคือ Division Cyanophyta ที่พบน้อยชนิดที่สุด คือ

Rhodophyta ที่ไม่พบเลยคือ Division Phacophyta ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสภาพที่อยู่อาศัยต่างๆ ทางนิเวศวิทยาของเขตนี้ เหมาะสมกับสาหร่ายทั้งสองพวกแรก สาหร่ายสีน้ำตาลและสีแดงส่วนใหญ่ เป็นสาหร่ายทะเล มีเพียงส่วนน้อยที่เป็นสาหร่ายน้ำจืด จึงทำให้โอกาสที่พบน้อยลงรวมทั้งสภาพต่างๆทางนิเวศวิทยาด้วย

สุมลวรรณ นันทกุล (2518 : 127) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “ การสำรวจสาหร่ายในเขตบางบัวทอง นนทบุรี ผลการสำรวจสาหร่ายในเขตบางบัวทอง นนทบุรี ในช่วงเวลา 3 ฤดู ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน พ.ศ.2517 ถึงวันที่ 13 มกราคม พ.ศ.2519 ปรากฏผลดังนี้

สภาพของแหล่งน้ำ แหล่งน้ำที่ได้สำรวจมีสภาพเป็นแอ่งน้ำ สระ คูน้ำริมถนน ท้องร่องสวนไม้ผล ท้องร่องสวนผัก ทุ่งนาและลำคลอง มีทั้งแหล่งถาวรและแหล่งน้ำชั่วคราว มีสภาพน้ำนิ่ง หรือเป็นคลื่นเมื่อเรือแล่น แหล่งน้ำได้รับแสงเต็มที่หรือแสงรำไร

สภาพความเป็นกรดต่างและค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของแหล่งน้ำทั้ง 66 แหล่ง มีดังนี้

ฤดูร้อน ค่าความเป็นกรดต่าง 6- 8 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 28 ° C

ฤดูฝน ค่าความเป็นกรดต่าง 6- 7.5 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 29 ° C

ฤดูหนาว ค่าความเป็นกรดต่าง 6.5 - 7 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 22.5 ° C

สาหร่ายที่สำรวจพบมีจำนวน 18 genera และDiatoms (ซึ่งไม่ได้วินิจฉัยถึงขั้น genera) กระจายอยู่ใน 6 Divisions และ Uncertain Group

รัชณี เขียวเงิน (2535: 100)ได้ทำการศึกษาเรื่อง “ การศึกษาชนิดของสาหร่ายและคุณภาพน้ำในสระแก้ว และบึงราชนก จังหวัดพิษณุโลก” ผลการศึกษาพบว่า

ความสัมพันธ์ของสาหร่ายกับคุณภาพน้ำบางประการ ผลการศึกษาสาหร่ายในบริเวณสระแก้ว พบว่า อุณหภูมิของน้ำมีอิทธิพลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณสาหร่ายใน Division Cyanophyta พบ 22 สกุล เฉลี่ย 233,200 เซลล์ต่อมิลลิลิตร พบมากที่สุด Oscillatoria sp. PH มีอิทธิพลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณสาหร่ายใน Division Chlorophyta พบ 52 สกุล เฉลี่ย 330,600 เซลล์ต่อมิลลิลิตร พบมากที่สุด Pediastrum sp. และ Scenedesmus sp. Division Euglenophyta พบ 4 สกุล เฉลี่ย 63,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร พบมากที่สุด Euglena sp. และ Division Chrysophyta พบ 14 สกุล เฉลี่ย 153,600 เซลล์ต่อมิลลิลิตร พบมากที่สุด Fragilaria sp., Navicula sp. และ Nitzschia sp. และ Scenedesmus sp. เมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพและชีวภาพจะเห็นว่ามีความสอดคล้องกันกับคุณภาพน้ำ พบ DO มีค่า 5.6 ppm. และ BOD มีค่า 7.1 ppm. จัดว่าเป็นแหล่งน้ำที่เริ่ม

มีมลพิษเล็กน้อย (เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2518 : 89) หากไม่มีการปรับปรุงคาดว่าจะส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของ พืช สัตว์ และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในน้ำ

สำราญ ขวัญเกื้อ (2518 : 138) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “ การศึกษาสัณฐานวิทยาและการกระจายของสาหร่ายในเขตอำเภอมะนัง จังหวัดสมุทรปราการ ”

ผลการวิจัยพบว่าสาหร่ายบางชนิดปรากฏในเขตพระประแดงแต่ไม่ปรากฏในเขตอื่น และบางชนิด ปรากฏ ในเขตอื่นๆ ปรากฏในเขตพระประแดง เนื่องจากว่า ในเขตอำเภอมะนัง ในทุกตำบลที่ทำการศึกษามีสภาพเป็นน้ำกร่อยโดยตลอดเพราะมีน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาไหลขึ้นลงอยู่เป็นประจำ ดังนั้น สาหร่ายที่อยู่ได้จะต้องทนต่อสภาพน้ำกร่อยได้ โดยเราจะพบว่าสาหร่ายทะเลหลายชนิดเคลื่อนย้าย (Migrate) จากทะเลเข้ามาอยู่ในเขตอำเภอมะนัง เช่น Monostroma sp., Enteromorpha sp., Caloglossa sp., Hypoglossum sp., Polysiphonia sp., Vaucheria sp.. และนอกจากน้ำเค็มขึ้นถึงแล้ว สาหร่ายยังต้องทนต่อสภาพน้ำเสียด้วย เพราะในเขตอำเภอมะนังมีโรงงานอุตสาหกรรมมากมาย สาหร่ายที่อาศัยอยู่ในแถบนั้นจะต้อง เป็นสาหร่ายที่ทนต่อสภาพความเป็นกรดหรือเป็นด่างแล้วแต่ชนิดของโรงงานอุตสาหกรรม จึงทำให้ปรากฏของสาหร่ายแตกต่างไปจากบริเวณอื่นๆ

รายงานการวิจัยของ G.M Smith ที่อ้างใน สุนันทา มนัสมงคล (2518: 118) ได้ศึกษาเรื่อง “ การสำรวจสาหร่ายเขตราชบุรีบรูณะ กรุงเทพมหานคร ” อ้างถึง ว่า

G.M Smith สำรวจพบ Desmatriactum ซึ่งเป็นสาหร่ายเซลล์เดี่ยวว่า มักพบเจริญอยู่ในน้ำที่มีสภาพเป็นกรดและพบว่าอยู่ในวันบางๆ ติดอยู่กับพืชใต้น้ำหรือสาหร่ายชนิดอื่น แต่จากการสำรวจในครั้งนี้พบ Desmatriactum เจริญอยู่ในแหล่งน้ำที่มีสภาพของน้ำเป็นด่าง วัดค่า pH ได้เท่ากับ 8 ซึ่งแสดงว่า Desmatriactum เป็นสาหร่ายที่สามารถเจริญอยู่ในแหล่งน้ำที่มีสภาพเป็นกรดและเป็นด่าง

Euglena เกิดมากในแหล่งน้ำนิ่งในเวลาเช้าเมื่อแหล่งน้ำได้รับแสงสว่าง จะสังเกตเห็นกลุ่มสีเขียวลอยอยู่ใกล้บริเวณผิวน้ำหรืออยู่กันหนาแน่นในบริเวณพื้นดินตื้นๆ ริมแอ่งน้ำหรือบนถุงพลาสติกที่อยู่ในแอ่งน้ำนั้นและมักพบปนอยู่กับสาหร่ายพวก Phacus และ Lepocinclis แต่ Euglena มีจำนวนมากกว่าหลายเท่า น้ำมีสภาพเป็นกลาง G.M Smith สำรวจพบว่า Euglena จะมีมากในแหล่งน้ำที่มีสารอินทรีย์มาก

ส่วนทางด้านของเชาวน์ ทวีผล (2519 : 91) ได้ศึกษาเรื่อง “ การสำรวจสาหร่ายในเขตอำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี ” จากการศึกษาสรุปผลได้ว่า

การสำรวจสาหร่ายในเขตอำเภอลำลูกกา พบว่า Diatoms เป็นสาหร่ายที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี ในการสำรวจครั้งนี้พบ Diatoms ในสภาพน้ำที่มี pH 3.5 – 8 อุณหภูมิของตัวกลาง 18-31 ° C สภาพแสงตั้งแต่ถูกแสงรำไร จนกระทั่งถูกแสงสว่างเต็มที่ ตลอดเวลากลางวัน สภาพน้ำตั้งแต่ขุ่นจนถึงใส และพบในแหล่งน้ำทุกประเภท Oscillatoria ก็พบแหล่งน้ำ แต่ไม่พบในสภาพ pH 3.5 เหมือน Diatoms ทั้งนี้เพราะ Oscillatoria มีความทนทานต่อความสกปรกของน้ำได้เป็นอย่างดี ซึ่งใช้เป็นดัชนีบอกความสกปรกของน้ำได้ (Palmer, 1961 : 81) Euglena และ Phacus ก็พบในทุกแหล่งน้ำเช่นกัน ทั้งนี้ เพราะสาหร่ายทั้ง 2 ชนิดนี้มีแฟลกเจลลัมใช้ในการเคลื่อนที่ และสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสภาพน้ำที่ค่อนข้างเสีย มีสารอินทรีย์สูง

ส่วนของนรินทร์ ไทรพัก (2518 : 93) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การสำรวจสาหร่ายในเขตอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี “ ผลการศึกษาพบว่าสภาพของแสง มีบทบาทสำคัญต่อการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย แหล่งน้ำส่วนใหญ่ในเขตที่ทำการศึกษาครั้งนี้ ได้รับแสงแดดเกือบตลอดวัน มีส่วนน้อยเท่านั้นที่ได้รับแสงแดดร่มรำไร ดังนั้นจึงนับได้ว่า แหล่งน้ำได้รับแสงแดดเพียงพอที่สาหร่ายจะดำรงชีวิตอยู่ในระดับน้ำต่างๆ เช่น บางชนิด ลอยเป็นฝ้าเขียวอยู่บริเวณหน้าน้ำ เช่น *Euglena* sp. บางชนิดดำรงชีวิตแบบ Free floating หรือว่ายอยู่ในน้ำ เช่น *Pandorina* sp. *Cosmarium* sp., *Synura* sp. บางชนิดก็เกาะอยู่กับวัตถุใต้น้ำหรือเจริญอยู่บนดินเลย กัน แหล่งน้ำที่แสงสามารถส่องถึงได้ เช่น *Oedogonium* sp., *Nitella* sp. ฯลฯ

อนันต์ ปานศุภวัชร (2519 : 109) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “ การสำรวจสาหร่ายในเขตอำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร” ผลการศึกษาพบว่า

ในช่วง 3 ฤดู ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม ถึงวันที่ 30 มิถุนายน 2518 สรุปผลได้ดังนี้ เก็บตัวอย่างสาหร่ายจากแหล่งน้ำซึ่งเป็นที่อยู่ตามธรรมชาติของสาหร่าย 24 แหล่ง แหล่งน้ำดังกล่าวมีทั้งที่เป็นแหล่งน้ำที่มีน้ำตลอดปี และมีน้ำไม่ตลอดปี (มีเฉพาะฤดูฝนและหนาว) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เฉลี่ยในช่วง 6 – 6.5 ซึ่งโดยเฉลี่ยมีความเป็นกรดเป็นด่างเพียงเล็กน้อย สาหร่ายที่สำรวจพบมีทั้งที่ลอยน้ำเป็นอิสระ เกาะกับวัตถุในน้ำ เกาะพืชน้ำ หรือสัตว์น้ำ หรือพื้นดินใต้น้ำ บางชนิดอาศัยในเซลล์พืช เช่น *Anabaena azolli* อยู่ในเซลล์ของแห่นาง จำนวนสาหร่ายที่สำรวจพบทั้งหมดมี 5 ตัวยุติ และ Uncertain group ประกอบด้วย 100 จีโนรา และไดอะตอม

นงมล วิบูลย์สุข (2529 : 123 – 124) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “ การศึกษาสาหร่ายน้ำจืดในเขตอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี” ผลการศึกษาพบว่า

บริเวณสระน้ำและคลองที่มีพีชีน้ำขึ้นหลายชนิด และกระจายทั่วไป เช่น บัว จอกหูหนู ผักบุ้ง แพงพวยน้ำ สาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายหางม้า สาหร่ายข้าวเหนียว ฯลฯ ซึ่งมีพีชีน้ำเป็นดินโคลนปนทรายและมีซากพืชทับถมกันในแหล่งน้ำ มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 21-31 องศาเซลเซียส สภาพความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 7-8 มีความโปร่งแสง 0.1-0.8 เมตร จากระดับความลึกบริเวณที่เก็บตัวอย่างประมาณ 0.1-2.3 เมตร จากค่าต่างๆ ดังกล่าวจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของน้ำ ความโปร่งแสงของน้ำและค่าความเป็นกรดเป็นด่างในแต่ละแหล่งน้ำไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งความแตกต่างของอุณหภูมิแต่ละจุดเกิดจากความลึกที่ทำการวัด ช่วงเวลาที่ทำการวัด และฤดูกาล แหล่งน้ำที่มีอุณหภูมิสูงมักตื้นและอย่างกลางแจ้ง แหล่งน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำมักเป็นแหล่งน้ำที่ลึกกว่า ส่วนค่าความโปร่งแสงของแต่ละแหล่งที่วัดได้ดังกล่าวมานั้น แสดงให้เห็นว่า แหล่งน้ำในเขตที่ศึกษานี้ส่วนใหญ่มีความใส แสงสามารถส่งลงไปได้ลึกซึ่งมีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายด้วย นอกจากนี้บริเวณที่มีการเลี้ยงสัตว์ เช่น เป็ด ไก่ และหมู ช่วยทำให้แหล่งน้ำมีสารอินทรีย์ที่ได้จากมูลสัตว์ดังกล่าวเพิ่มขึ้นในแหล่งน้ำ จึงทำให้เหมาะต่อการเจริญของสาหร่ายบางพวก

จิรา จันทโรทัย (2517 : 92) ได้ศึกษาเรื่อง “ การสำรวจสาหร่ายน้ำจืดในเขตพญาไทและดุสิต กรุงเทพมหานคร ” ผลการศึกษาพบว่า

จากการสำรวจสาหร่ายน้ำจืดในแหล่งน้ำ 38 แหล่งน้ำในเขตทั้ง 2 พบว่าสาหร่ายน้ำจืดอยู่ถึง 5 Divisions 76 Genera และ Diatom ทั้งที่สภาพของแหล่งน้ำส่วนใหญ่เป็นน้ำเสีย และน้ำขุ่น ในฤดูฝนเป็นฤดูที่พบสาหร่าย Divisions Chlorophyta ซึ่งเพิ่มมากกว่า Divisions อื่น ๆ ส่วน Divisions Euglenophyta จะพบเกือบทุกแหล่งน้ำในฤดูร้อนและหนาว ซึ่งเป็นช่วงที่มีอินทรีย์สารมาก เหมาะแก่การเจริญของสาหร่ายประเภทนี้

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นั้นล้วนแล้วแต่เป็นงานวิจัยที่ศึกษาเรื่องสาหร่ายน้ำจืด ที่มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายแต่ละ Divisions ในสภาพแหล่งน้ำที่มีคุณภาพแตกต่างกัน ซึ่งแต่ละงานวิจัยที่ศึกษาจะกล่าวถึงความสัมพันธ์ของสาหร่ายกับคุณภาพของน้ำที่สาหร่ายเจริญเติบโต บอกถึง อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของแหล่งน้ำ ฤดูกาล ว่ามีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ซึ่งก็ตรงกับงานวิจัยที่ผู้วิจัยกำลังรวบรวมถึงความสัมพันธ์ของแหล่งน้ำกับการเจริญเติบโตของสาหร่ายแต่ละชนิด เพื่อเป็นกรณีวิเคราะห์คุณภาพของแหล่งน้ำที่ศึกษา ในงานวิจัยครั้งนี้จะกล่าวถึงเฉพาะสาหร่ายที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าเพียงอย่างเดียวไม่กล่าวถึงสาหร่ายเซลล์เดียวที่ดูจากกล้องจุลทรรศน์และในงานวิจัยครั้งนี้ได้รวบรวมสาหร่ายที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำไว้ดังตาราง 1

ตาราง 1 สาหร่ายที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

Division	species	ลักษณะทั่วไป
Chlorophyta	<u>Mougeotia</u> sp.	พบในแหล่งน้ำที่มีสภาพความเป็นกรด - ด่าง 3.5-7.0
	<u>Spirogyra</u> sp.	เป็นสาหร่ายน้ำจืดที่พบอยู่ทั่วไปในแหล่งน้ำแทบทุกแห่ง มีชื่อเรียกกันอีกอย่างว่า เทา พบในแหล่งน้ำที่มีสภาพความเป็นกรดต่าง 3.5-7.0
	<u>Volvox</u> sp.	เป็นกลุ่มเซลล์ทรงกลมกลวง มีขนาดใหญ่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า พบในแหล่งน้ำที่มีสภาพความเป็นกรดต่าง 3.5-7.0
Cyanophyta	<u>Microcystis</u> sp.	เป็นกลุ่มเซลล์ที่ลอยอยู่เป็นอิสระในน้ำ จัดว่าเป็นแพลงค์ตอนสกุลที่สำคัญของแหล่งน้ำจืด และเป็นสาเหตุทำให้เกิดการบลูมของน้ำ(water bloom)
	<u>Nostochopsis</u> sp.	ทลล์มีลักษณะเป็นก้อนวุ้น ภายในมีเส้นสายจำนวนมากฝังอยู่ เมื่อยังอ่อนอยู่เป็นก้อนตัน ต่อมาตรงกลางจะกลวง เส้นสายแตกแขนงได้จำนวนมาก แขนงสั้นประกอบด้วยเซลล์ 1 – 3 เซลล์ มีเฮเทอโรซิสต์อยู่ตรงปลายแขนง ส่วนแขนงยาวประกอบด้วยเซลล์จำนวนมาก เซลล์ตรงส่วนปลายจะมีลักษณะยาว ขอบขึ้นในน้ำที่เป็นกลางหรือเป็นด่างเล็กน้อย

Division	species	ลักษณะทั่วไป
Cyanophyta	<u>Oscillatoria</u> sp.	เซลล์ต่อกันเป็นเส้นสายมีความกว้างของเซลล์มากกว่าความยาวของเซลล์ปลายเส้นสายเซลล์มีลักษณะกลมมนพบการแพร่พันธุ์เพิ่มจำนวนอย่างมากมาย (Bloom) ส่วนใหญ่สามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำที่มีสภาพค่อนข้างเน่าเสียได้ดี
	<u>Spirulina</u> sp.	เซลล์ต่อกันเป็นเส้นสายมีลักษณะเป็นเกลียวคล้ายส่ววนพบการแพร่พันธุ์เพิ่มจำนวนอย่างมากมาย (Bloom) ส่วนใหญ่สามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำที่มีสภาพค่อนข้างเน่าเสียได้ดี
Charophyta	<u>Tolypella</u> sp.	สาหร่ายสกุลนี้พบขึ้นอยู่ในเขตบ่อน้ำขบขึ้นในน้ำกระด้าง หรือน้ำที่มีหินปูน
	<u>Nitellopsis</u> sp.	สาหร่ายสกุลนี้พบขึ้นอยู่ในเขตบ่อน้ำขบขึ้นในน้ำกระด้าง หรือน้ำที่มีหินปูน
	<u>Chara</u> sp.	สาหร่ายสกุลนี้พบได้ทั่วไปทั้งในเขตบ่อน้ำและเขตร้อนขบขึ้นในน้ำกระด้างหรือน้ำที่มีหินปูนสูง
Euglenophyta	<u>Euglena</u> sp.	เซลล์เป็นรูปกระสวยสั้นหรือทรงกระบอก มีแฟลกเจลลัม 2 เส้นเมื่อเติบโตจำนวนมากเกิดฝ้าสีเขียวหรือแดงบนผิวน้ำ จะสังเกตเห็นกลุ่มสีเขียวลอยอยู่ใกล้บริเวณผิวน้ำหรืออยู่กันหนาแน่นในบริเวณพื้นดินตื้นๆ ริมแอ่งน้ำหรือบนถุงพลาสติกที่อยู่ในแอ่งน้ำ
Chrysophyta	<u>Mallomonas</u> sp.	เซลล์รูปรีหรือทรงกระบอกมีหนามรอบเซลล์และมีแฟลกเจลลัม 2 เส้นแต่มี 1 เส้นเท่านั้นที่เห็นชัดเจน พบในแหล่งน้ำ

Division	species	ลักษณะทั่วไป
		ที่ใสสะอาด และมีสภาพความเป็นกรด - ด่างประมาณ 4.6-5.5 มักพบตะกอนสี ส้ม เกาะอยู่ตามขอบแหล่งน้ำหรือเกาะ อยู่ตามต้นหญ้าและพืชน้ำทั่วไป
Pyrrophyta	<u>Gymnodinium</u> sp.	เซลล์รูปไข่ขนาดเล็กไม่มีผนังเซลล์ พบ ร่องตามขวางของเซลล์ (cingulum) พบ ทุกฤดูโดยเฉพาะช่วงปลายฤดูหนาวถึง ต้นฤดูร้อน และเจริญได้ดีในแหล่งน้ำที่มี อุณหภูมิค่อนข้างสูง

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคู่มือ

คู่มือศึกษาด้วยตนเองและความหมายของคู่มือ

หนังสือคู่มือ หมายถึง สมุดหรือหนังสือที่แต่งขึ้นเพื่อใช้ประกอบวิชา หรืออำนวยความสะดวกเกี่ยวกับการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่ง (พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน 2525 : 126) คู่มือ (Hand Books) นิยมจัดทำเป็นรูปเล่มทำให้สามารถให้รายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องนั้นได้มากขึ้นและมักจะมีภาพประกอบเพื่อดึงดูดความสนใจและเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น (กัญญา ศิริกุล.2532 : 242) หนังสือคู่มือ เป็นหนังสือเล่มที่เป็นสิ่งพิมพ์เฉพาะกิจ คือ เป็นสิ่งพิมพ์ที่ใช้เพื่องานเฉพาะด้านใดด้านหนึ่ง เช่น หนังสือรายงานประจำปี หนังสือคู่มือพนักงาน ซึ่งมักจะเป็นหนังสือขนาดเล็ก มีขนาดประมาณ 4 x 7 นิ้ว ซึ่งอาจจะเล็กหรือใหญ่กว่านี้แล้วแต่การออกแบบ เพื่อความประหยัด สวยงาม หรือเพื่อความสะดวกในการจับถือ (สุโขทัยธรรมมาธิราช.2528 : 219- 229) ทั้งนี้บุญชม ศรีสะอาด ให้คำจำกัดความว่า หนังสือคู่มือ (Hand book) เป็นแหล่งสนเทศที่ให้ความรู้ในสาขาวิชานั้น ตัวอย่างได้แก่ Hand book of Research on teaching ฉบับปี 1963 มี N.L.Gage เป็นบรรณาธิการ (บุญชม ศรีสะอาด 2535:24)

จึงสรุปได้ว่า คู่มือเป็นสื่อสิ่งพิมพ์ในลักษณะของหนังสือที่ทำให้มีขนาดเล็ก(booklet) มีขนาดประมาณ 5 x 7 นิ้ว ประมาณ 100 – 150 หน้า เพื่อสะดวกในการถือหรือค้นคว้าความรู้ในสาขาวิชานั้น

ประโยชน์ของหนังสือคู่มือ

ยุพเรศ วังยายฉิม (2540 : 33) กล่าวว่า หนังสือคู่มือสามารถใช้หลักและสื่อประกอบในการสอน ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ไม่จำกัดเวลาตายตัว สามารถใช้เป็นหลักและสื่อประกอบในการสอน เมื่อใดก็ได้เมื่อมีความพร้อม นอกจากนี้ยังเป็นสื่อที่ประหยัด ลงทุนน้อยได้ผลคุ้มค่าเพราะสามารถนำมาใช้ได้หลายครั้ง หากอ่านบ่อยจะช่วยเพิ่มพูนความสามารถในการอ่าน ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ละเอียดขึ้น

การเขียนหนังสือคู่มือ

กัญญา ศิริกุล(2532 : 242)ได้ให้หลักการเขียนไว้ว่าควรเขียนให้อ่านเพลิดเพลิน การจัดองค์ประกอบระหว่างภาพและข้อความให้เหมาะสมสวยงาม และต้องอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องนั้นสอดคล้องกันกับ เซอร์ และคณะ (อ้างถึงในสร้อยทิพย์ สมัคร์เขตรการณ.2543 : 46) ได้กล่าวถึงหลักการเขียนในสื่อสิ่งพิมพ์ ซึ่งเป็นสื่อที่มีเป้าหมายไปสู่สาธารณชนไว้ว่า หลักการเขียนต้องให้อ่านง่าย เข้าใจง่าย ภาษาที่ใช้มีชีวิตชีวาและกระชับชัดเจน ในการเขียนเรื่องราวต่าง ๆ ให้เกิดความสนใจและติดตามประโยคนำมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง หรือในบางครั้งการใช้ภาษาพื้นเมืองที่ง่ายและการนำคำอุปมาต่าง ๆ มาใช้ก็พบว่าเป็นสิ่งที่ทำหาย แต่สิ่งหนึ่งที่ขาดเสียไม่ได้ก็คือ การคำนึงถึงความรู้สึกและภาพสะท้อนที่กลับมาของผู้อ่าน และการเขียน เพื่อการสื่อความหมายธรรมชาติ สิ่งที่ควรหลีกเลี่ยงโดยเด็ดขาดคือ การเขียนที่มีความอคติและลำเอียงเพื่อก่อให้เกิดความบาดหมางโดยใช้เรื่องเชื้อชาติ เผ่าพันธุ์ เพศ อายุ ตลอดจนการใช้สรรพนามที่ไม่เหมาะสมและการเขียนที่ซ้ำซากจำเจ สำหรับกระบวนการเขียนนั้นจำเป็นจะต้องศึกษาถึงหัวข้อเรื่อง การวางโครงเรื่อง การเขียนฉบับร่าง การแก้ไขฉบับร่างก่อนจัดพิมพ์ ขณะที่ฮิลล์และโนวล์ (อ้างถึงในสร้อยทิพย์ สมัคร์เขตรการณ.2543 : 46)ได้แนะนำหลักการเขียนเผยแพร่ไว้ว่าควรเขียนเปิดเผย ชัดเจน จริงใจ ยุติธรรม ชัดตรง เขียนตรงเข้าไปในเรื่องที่ต้องการอธิบาย ใช้คำธรรมดาเขียนหรือบอกเพียงเรื่องเดียว และอย่าให้เป็นการยกย่องหรือดูถูกคนใดคนหนึ่ง

สอดคล้องกันกับอนันต์ธนา อังกนันท์(2538 :8) ได้ให้หลักการเขียนที่ดีไว้ว่า ควรใช้ข้อความและภาษาง่าย คนทั่วไปเข้าใจได้เป็นอย่างดี ใช้ศิลปะการพิมพ์ที่ดี ใ้ใจผู้อ่านด้วยภาพประกอบ ตัวอักษรที่ใช้ ตลอดจนการจัดเข้าเล่ม เช่นเดียวกันกับอนันต์ อนันตโชติ (อ้างถึงในสร้อยทิพย์ สมัคร์เขตรการณ.2543 : 46) ได้ให้หลักการเขียนไว้ว่า ต้องมีประโยชน์(useful) ช่วยกระตุ้นหรือสร้างสรรค์ให้นักท่องเที่ยวเกิดจินตนาการ ข้อมูลน่าเชื่อถือ อ่านได้ง่าย และเข้าใจ ถ้อยคำที่เข้าใจง่าย มีความสวยงาม มีการออกแบบที่ดี รูปภาพต่าง ๆ ที่ใช้จะต้องใช้ศิลปะในการจัดทำ การเลือกสีสันท่าง ๆ จะต้องเป็นไปในลักษณะค่อนข้างดึงดูดนักท่องเที่ยว กระดาษที่ใช้

ควรเป็นกระดาษที่ค่อนข้างมีคุณภาพ ควรแก่การเก็บรักษา(worth keeping) จะต้องให้นักท่องเที่ยวรู้สึกที่จะเก็บรักษาไม่อย่างทิ้ง

กระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ประเภทหนังสือคู่มือ

จากเอกสารการสอนชุดวิชาความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสิ่งพิมพ์ ได้กล่าวสิ่งพิมพ์ทั่วไปมีกระบวนการผลิตดังต่อไปนี้ (สุโขทัยธรรมมาธิราช, 2528 : 436 – 493)

1. การเขียนต้นฉบับ การเขียนต้นฉบับที่ดีผู้เขียนจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องที่จะเขียนเป็นอย่างดี กำหนดแนวทางการเขียนอย่างมีหลักเกณฑ์ โดยการวางโครงเรื่องอย่างเป็นระบบ เลือกใช้วิธีการเขียนหรือภาษา ให้เหมาะสมเนื้อหาสาระที่ต้องการนำเสนอ ซึ่งจะต้องมีการวิเคราะห์เรื่องราวที่จะนำมาเขียนให้ครบถ้วนสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายที่กำหนด สิ่งที่จะต้องพิจารณาในการวิเคราะห์เรื่องได้แก่

พิจารณาขอบเขตเนื้อหาสาระ เพื่อกำหนดขอบเขตประเด็นต่าง ๆ และพยายามกำหนดเนื้อหาให้อยู่ในขอบเขตจำกัด

พิจารณาวัตถุประสงค์ เพื่อจะได้กำหนดรูปแบบภาววิธีการเขียนและเนื้อหาสาระให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเบื้องต้น ก่อนที่จะเขียนโครงเรื่องได้ ผู้เขียนมีความจำเป็นต้องมีความรู้ความคิดเกี่ยวกับเรื่องที่จะเขียนเสียก่อน ดังนั้นผู้เขียนจึงจำเป็นต้องหาข้อมูลให้ได้มากที่สุด

การจัดระเบียบความรู้และความคิด ในขั้นนี้ผู้เขียนจะต้องนำความรู้และความคิดที่ได้รวบรวมไว้มาจำแนกแยกแยะเป็นหมวดหมู่ โดยกำหนดประเด็นเป็นหัวข้อใหญ่ ๆ ตามประเด็นหลักของเรื่องก่อน

เขียนโครงเรื่อง การเขียนโครงเรื่องอาจเขียนได้ 2 แบบคือ เขียนในรูปหัวข้อ ซึ่งเป็นการนำเอาประเด็นมาเขียนคำหรือวลีสั้น ๆ การเขียนในรูปประโยค ซึ่งเป็นการนำเอาประเด็นมาเขียนเป็นประโยคที่มีความเข้าใจสมบูรณ์

2. การตรวจแก้ไขต้นฉบับ จะต้องยึดถือรูปแบบของสื่อเป็นหลักในการพิจารณา ต้องมีการตรวจสอบเนื้อหาให้ถูกต้องตามข้อเท็จจริง เหมาะสมกับผู้อ่าน สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการผลิต ลักษณะของภาษาจะต้องคงเส้นคงวาและเหมาะสมประเภทของสื่อ

3. การเตรียมต้นฉบับเพื่อการจัดพิมพ์ จะต้องตรวจสอบจัดเตรียมต้นฉบับทั้งที่เป็นเนื้อความและเป็นภาพ รวมทั้งต้องกำหนดรายละเอียด ในการพิมพ์ให้เรียบร้อย

4. การพิมพ์ เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตสิ่งพิมพ์ ซึ่งมีหลายขั้นตอน แต่ละ

ขั้นตอนจะต้องมีความต่อเนื่องสัมพันธ์กัน และทุกขั้นตอนมีความสำคัญเท่ากันหมด สิ่งพิมพ์จะมีราคาแพงหรือถูกขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้วัสดุ และเทคนิคที่เหมาะสม

การออกแบบหนังสือคู่มือ

เซอร์และคณะ(อ้างถึงในสร้อยทิพย์ สมศรีเขตรการณ.2543 : 46) กล่าวว่า การออกแบบหนังสือคู่มือ โดยทั่วไปแล้วให้หลักการออกแบบเดียวกันกับสื่อสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ สิ่งสำคัญต้องรู้ว่าผู้อ่านคือใคร ใช้อ่านที่ไหน และเพื่อวัตถุประสงค์อะไร ซึ่งสิ่งเหล่านี้ทำให้สามารถตัดสินใจออกแบบรูปลักษณ์และขนาดของหนังสือคู่มือได้ สำหรับหลักการพื้นฐานอย่างง่ายที่จะช่วยให้การออกแบบประสบความสำเร็จดังต่อไปนี้

1. ความสมดุล (Balance) ควรให้น้ำหนักในการจัดรูปแบบ ขอบเขตของเนื้อหาและภาพประกอบในแต่ละหน้าให้ได้ส่วนที่เหมาะสม
2. การลำดับ (Sequence) เป็นหนทางที่จะนำผู้อ่านไปสู่ความสนใจ โดยอาศัยหลักว่าผู้อ่านส่วนมากจะเริ่มอ่านจากมุมซ้ายบน และไล่สายตาจากหนังสือออกทางมุมขวาล่าง จากภาพใหญ่ไปสู่ภาพเล็ก จากภาพสีไปสู่ภาพขาวดำ จากหัวข้อไปสู่เนื้อเรื่อง
3. ความแตกต่าง (Contrast) ทำให้สะดวกซึ่งช่วยให้ผู้อ่านมีใจจดจ่อและสนใจยิ่งขึ้น ความต่างที่ใช้กันโดยทั่วไปนั้น มักใช้ในเรื่องของความไม่เหมือนกันของขนาด รูปร่าง สี และรูปทรง
4. ความเรียบง่าย (Simplicity) เป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบหนังสือคู่มือ ดังนั้น ในแต่ละหน้าจึงไม่ควรมีเนื้อหาและภาพประกอบจนแน่นขนัดหรือเติมแต่งสิ่งอื่นลงไปจนดูยุ่งเหยิง
5. สัดส่วน (Proportion) เป็นการพิจารณาเพื่อใช้เนื้อที่กระดาษ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเห็นว่าอัตราส่วนที่ใช้ควรจะเป็น 3 ต่อ 5 หรือ 3 ต่อ 4 จะทำให้น่าดู และเหมาะสมที่สุด
6. ความเป็นเอกภาพ (Unity) ความเป็นเอกภาพที่ดีนั้น คือ แต่ละส่วนจะต้องสมบูรณ์และไปด้วยกันได้ภาพรวมทั้งหมด เช่น การใช้ตัวพิมพ์ กระดาษ และสีของหมึกพิมพ์ เป็นต้น

การพัฒนาคู่มือ

การที่จะให้คู่มือซึ่งเป็นสื่อการเรียนประเภทหนึ่ง ที่จะผลิตขึ้นใช้นั้นมีประสิทธิภาพต่อการให้ความรู้ความเข้าใจ ก่อนที่จะนำคู่มือไปใช้จริง จึงควรมีการพัฒนาให้ได้มาตรฐานเสียก่อนขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการพัฒนาสื่อการเรียนต่าง ๆ คือ ขั้นตอนทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไข โดยวิธีการในขั้นแรก เป็นการทดลองใช้เป็นรายบุคคล หรือการทดลองแบบ 1 ต่อ 1 แล้วปรับปรุงแก้ไข หลังจากนั้นเป็นการทดลองใช้กับกลุ่มเล็กประมาณ 5 – 10 คน แล้วปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง ขั้นสุดท้าย นำคู่มือที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขครั้งสุดท้ายแล้ว ไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งเป็นกลุ่มใหญ่ในสภาพจริง และทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากนั้นวิเคราะห์ผลหาประสิทธิภาพ

ของคู่มือว่าสามารถนำไปใช้ได้หรือไม่ เพื่อพิจารณาผลดีใช้ต่อไป(บุญชม ศรีสะอาด,2537:76-100)

การผลิตคู่มือ

การผลิตคู่มือที่ได้พัฒนาแล้วให้เป็นรูปเล่มจริงขึ้นมา นั้น จะเลือกใช้วิธีการโดยขึ้นอยู่กับงบประมาณที่มี คุณภาพที่ต้องการ ข้อจำกัดในเรื่องเวลา และทรัพยากรอื่นๆ ที่ใช้ในการผลิต เพราะสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการในการผลิต ซึ่งมักจะเกี่ยวข้องไปถึงวิธีการในการผลิตเนื้อหาและหัวข้อเรื่อง การจัดทำภาพประกอบ การจัดวางรูปแบบเนื้อหาและงานกราฟฟิก การทำแม่พิมพ์ต้นแบบและการพิมพ์ออกมาเป็นรูปเล่ม (เชอร์และคณะอ้างถึงในสร้อยทิพย์ สมัคร์ เชนตรการณ.2543:49)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นภาพร ศิวกุล (2518 : 58) ได้สร้างสื่อการสอน 3 ชนิดคือ สไลด์ประกอบเสียง ตำราประกอบและการบรรยาย เรื่องการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ “ ดิน น้ำ และป่าไม้ ” นำไปทดลองกับนักศึกษาวิทยาลัยครูระดับปริญญาตรี ผลการวิจัยปรากฏว่า การเรียนจากสไลด์ประกอบเสียง ตำราประกอบภาพ และการบรรยาย ให้ผลการเรียนการสอนไม่แตกต่างกัน

ส่วนชัยวัฒน์ อินเสน (2537 : 77) ได้สร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมสิ่งแวดล้อมศึกษาเรื่อง “ ป่าที่สวยงาม ” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยสรุปได้ว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังจากที่อ่านหนังสืออ่านเพิ่มเติมสิ่งแวดล้อมศึกษาสูงกว่าคะแนนก่อนการอ่านหนังสือเพิ่มเติมสิ่งแวดล้อมศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เช่นเดียวกับ ยุพเรศ วังยายฉิม (2540 : 116) ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง “ การพัฒนาคู่มือศึกษาธรรมชาติประจำเส้นทางเดินป่าในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ “ เส้นทางที่ทำการ “ อุทยานมอสิงโต “ และศึกษาพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวในการใช้คู่มือศึกษาธรรมชาติ สัมฤทธิ์ผลในการเรียนรู้ ความพึงพอใจและความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวต่อคู่มือที่สร้างขึ้น โดยทดลองใช้กับนักท่องเที่ยวเดินป่าในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ที่มีความรู้ตั้งแต่มัธยมศึกษาตอนต้นขึ้นไป จำนวน 40 คน ทดลองแบบกลุ่มเดียวไม่มีกลุ่มควบคุม (Pretest-posttest design) ผลการวิจัยปรากฏว่าคุณภาพของคู่มืออยู่ในเกณฑ์ดี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คู่มือมีความรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการใช้คู่มือโดยการอ่านบางส่วนและแลกเปลี่ยน

ความรู้ในกลุ่ม มีความคิดเห็นต่อคู่มือที่สร้างขึ้นว่ามีความน่าสนใจมากและพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ส่วนแสงสุณี สกุลธนกฤต ศึกษาวิจัยเรื่อง “ การสร้างและทดลองใช้หนังสืออ่านเพิ่มเติมเรื่อง ป่าไม้ของกาญจนบุรี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ” ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการอ่านและหลังการอ่านหนังสือของกลุ่มควบคุม พบว่า กลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ย ก่อนการทดลอง (Pre – test) เท่ากับ 8.67 และมี คะแนนเฉลี่ย หลังการทดลอง (Post – test) เท่ากับ 12.20 ซึ่งเมื่อนำคะแนนทั้งสองชุดมาเปรียบเทียบกันโดยใช้ t – test ปรากฏว่า คะแนนทั้งสองชุดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้อ่านหนังสืออ่านเพิ่มเติมมีความรู้เรื่องป่าไม้กาญจนบุรี เพิ่มขึ้น ส่วนกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้อ่านหนังสืออ่านเพิ่มเติม มีความรู้เพิ่มขึ้น จากความรู้พื้นฐานที่มีอยู่เดิม

ศิริพร สร้อยนาคนพงษ์(2543 : 109) ศึกษาวิจัยเรื่อง “การพัฒนาและทดลองใช้คู่มือห้องเที่ยวโบราณสถานในเขตอุทยานประวัติศาสตร์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา “ ได้ดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 คน โดยมีรูปแบบการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังการอ่านคู่มือ ผ่านการตรวจแก้ไขประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิและอาจารย์ที่ปรึกษาทุกชั้นตอนอยู่ในระดับ ดี มีความพึงพอใจในระดับมาก คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการใช้คู่มือมากกว่าก่อนใช้คู่มืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นักท่องเที่ยวมีความรู้เพิ่มมากขึ้น หลังจากการอ่านคู่มือซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

แสงสุณี สกุลธนกฤต (2542 : 75) ศึกษาวิจัยเรื่อง “การสร้างและทดลองใช้หนังสืออ่านเพิ่มเติม เรื่องป่าไม้ของกาญจนบุรี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6” สรุปผลการวิจัยได้ว่า สร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมเรื่องป่าของกาญจนบุรี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ สามารถนำไปใช้เป็นหนังสืออ่านเพิ่มเติมประกอบการเรียน การสอนวิชา สร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ระดับประถมศึกษาปีที่ 6 ได้อย่างเหมาะสม เพราะนอกจากจะมีประสิทธิภาพทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มเติมขึ้นแล้ว นักเรียนยังมีความพึงพอใจต่อคุณค่าของหนังสือในด้านต่างๆ เป็นอย่างมาก อีกทั้งยังได้ผ่านเกณฑ์การประเมินคุณภาพของหนังสืออ่านเพิ่มเติมต่างๆ จากผู้ที่ประสบการณ์ทางด้านการศึกษายาวในจังหวัดกาญจนบุรีในระดับดีถึงดีมากอีกด้วย

สาวิตรี ศรีสุข (2537 : 61) ศึกษาวิจัยเรื่อง “การสร้างสื่อเพื่อการสื่อสารพัฒนาการ : คู่มือการศึกษารวมชาติในป่าดิบเขา” การวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบว่าสื่อเพื่อการสื่อสารพัฒนาการคือ

คู่มือการศึกษาธรรมชาติในป่าดิบเขา สามารถเพิ่มความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสภาพป่าดิบเขาแก่เยาวชนระหว่างช่วงอายุ 15-19 ปี ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะความรู้ที่เกี่ยวกับลักษณะเด่นและจำเพาะของป่าดิบเขา และประโยชน์ของพืชบางชนิด จะมีความแตกต่างของจำนวนผู้ตอบถูก ระหว่างนักเรียนในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองอยู่ค่อนข้างสูง ทั้งนี้เพราะข้อมูลเหล่านี้ผู้ที่มาท่องเที่ยวตามปกติจะไม่ได้รับทราบข้อมูลหากไม่สนใจค้นคว้ามาก่อน

ศิริพร สร้อยนาคพงษ์ (2543 :109) ศึกษาวิจัยเรื่อง “ การพัฒนาและทดลองใช้คู่มือท่องเที่ยวโบราณสถานในเขตอุทยานประวัติศาสตร์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา “ ผลการวิจัยสรุปว่า คู่มือท่องเที่ยวโบราณสถานใน เขตอุทยานประวัติศาสตร์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้ประกอบการท่องเที่ยวในพื้นที่อุทยานได้เป็นอย่างดี ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า มีความพึงพอใจในระดับมาก และมีคะแนนสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการใช้คู่มือท่องเที่ยวโบราณสถานมากกว่าก่อนการใช้คู่มืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 ซึ่งพอสรุปได้ว่านักท่องเที่ยวมีความรู้เพิ่มมากขึ้นหลังจากอ่านคู่มือซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

และขวัญดาว พุกกะวนิช (2546 : 65) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง “ การพัฒนาหนังสือการ์ตูนการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมป่าชายเลน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 “ ผลการวิจัยพบว่าการสร้างหนังสือการ์ตูนการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมป่าชายเลน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.67/85.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80 ส่วนผลสัมฤทธิ์หลังการอ่านหนังสือการ์ตูนสูงกว่าก่อนอ่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของคนอื่นที่พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการ์ตูนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการวิจัยจะเห็นว่าไม่ว่าจะเป็นหนังสือคู่มือหรือหนังสืออ่านเพิ่มเติมล้วนแล้วแต่ให้ประโยชน์กับนักเรียนอย่างมาก หนังสือเป็นสื่อที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ การสอน ทำให้มีความรู้เพิ่มขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะสร้างคู่มือการตรวจคุณภาพน้ำเบื้องต้นโดยใช้สารายเป็นตัวบ่งชี้ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ได้ใช้อ่านเพิ่มเติมในวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม การจัดการสิ่งแวดล้อม และวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อให้มีความรู้ในเรื่องดัชนีทางชีวภาพที่ใช้บ่งชี้คุณภาพน้ำ ว่าน้ำมีคุณภาพเป็นอย่างไรและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน และเผยแพร่ความรู้สู่ชุมชนเพื่อร่วมกันรักษาน้ำให้มากขึ้น

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills) เป็นทักษะกระบวนการที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา 2537 : 17) การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน จำเป็นต้องรู้ความหมาย ประเภท และวิธีการที่เหมาะสมเพื่อการแก้ปัญหาอย่างมีระบบ อีกทั้งยังสามารถบ่งบอกความสามารถที่เกิดทักษะได้ด้วย

1. ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

มีนักการศึกษาหลายท่าน ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

คลอปเฟอร์ (Klopfer , 1971 อ้างในเสาวภา สมวิวัฒนกุล.2541: 6) กล่าวว่า “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์”

จีก้า (Gega,1986 อ้างในเสาวภา สมวิวัฒนกุล.2541: 6)ได้ให้ความหมายว่า “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เปรียบเสมือนเครื่องมือในการเรียนรู้ของเด็กเพื่อให้เข้าใจเนื้อหาหรือผลิตผลโดยมีทักษะขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ และขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ

ผดุงยศ ดวงมาลา (2530: 19-20) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า “เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ เพื่อจะได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ฝึกการสังเกต บันทึกข้อมูล ทำการวัด ตั้งสมมติฐาน หาความสัมพันธ์ของตัวแปร ทำการทดลอง เป็นต้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524 :1) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง “ความสามารถในการสังเกตการเลือกเครื่องมือในการวัด การประมาณผลการวัด การบันทึกข้อมูล การสร้างและทดสอบสมมติฐาน การจัดกระทำข้อมูล การตีความหมายข้อมูลที่ได้จากการทดลองและการสรุป”

สุวัตรกั นิยมคำ (2531 : 164) “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะกระบวนการทางความคิด เป็นกระบวนการทางปัญญา (intellectual skills) ฉะนั้นจึงเป็นกระบวนการแก้ปัญหา”

วรรณทิพา รอดแรงคำ และจิต นวนแก้ว (2532 : V) กล่าวว่า “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะทางสติปัญญา(intellectual skills)ที่นักวิทยาศาสตร์ และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ในการศึกษาค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ ”

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา (2537 : 17) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตร Science A Process Approach (SAPA) ที่พัฒนาขึ้นจากการสนับสนุนของสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science) มีชื่อย่อ ๆ ว่า AAAs ได้จากการสัมมนาเพื่อวิเคราะห์หาขั้นตอนในการทำงาน ที่เรียกว่ากระบวนการ (Process) ที่นักวิทยาศาสตร์นำมาใช้ ซึ่งพบว่าทั้งหมดมี 13 ทักษะแบ่งเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการลงความเห็น ทักษะการวัด ทักษะการจำแนก ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปกกับสเปกสเปกกับเวลา ทักษะการคำนวณ ทักษะการจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมาย และทักษะการพยากรณ์ กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงอีก 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการและทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ส่วนบุญนำ ทายสัมฤทธิ์(2538: 211) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าหมายถึงทักษะกระบวนการหาความรู้ของมนุษย์

และผู้วิจัยได้สรุปความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือการค้นคว้าหาความรู้ ความชำนาญและความสามารถในการใช้ความคิดและกระบวนการคิดเพื่อค้นหาความรู้รวมทั้งการแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยตนเอง เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ เพื่อจะได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science,อ้างถึงในเสาวภา สมวิวัฒนกุล.2541:8) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 13 ทักษะคือ

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (Basic Science Process Skills)

- การสังเกต (Observation)
- การวัด (Measurement)
- การจำแนกประเภท (Classificating)
- การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ และมิติกับเวลา (Space/Space Relationship and Space/Time Relationship)
- การใช้ตัวเลขหรือการคำนวณ(Using Number)
- การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communication)
- การลงความเห็น (Inference)
- การทำนายหรือการพยากรณ์ (Prediction)
- 2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมหรือขั้นบูรณาการ (Integrated Science Process Skills) มี 5 ทักษะดังนี้
 - การตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis)
 - การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)
 - การกำหนดและการควบคุมตัวแปร (Identifying Controlling and Manipulating Variable)
 - การทดลอง (Experimenting)
 - การตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป (Interpreting Data and Making Conclusion)

สอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2526:1-5) ได้กล่าวถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ว่ามี 13 ทักษะ แต่ละทักษะมีความหมายดังต่อไปนี้ คือ

1. การสังเกต (Observing)หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น ๆ โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต อาจแบ่งเป็น 3 อย่าง คือ ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุ ด้วยประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างบรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้ โดยการกะประมาณ บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้
2. ทักษะการวัด(Measuring) หมายถึงการใช้เครื่องมือหาปริมาณของสิ่ง

ต่างๆ ได้อย่างถูกต้องโดยมีหน่วยกำกับเสมอและรวมไปถึงการเลือกใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้อง
เหมาะสมกับสิ่งที่ใช้วัด เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่วัด วัดความกว้าง ความยาว ความ
สูง อุนหภูมิ ปริมาตร และน้ำหนักด้วยวิธีการที่ถูกต้อง

3. การจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง การจัดแบ่งหรือเรียงลำดับวัตถุ
หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยมีเกณฑ์ในการจัดแบ่ง เกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน
ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ ผู้มีทักษะการจำแนกประเภทต้องม
ีความสามารถในการทำสิ่งต่อไปนี้ เรียงลำดับหรือแบ่งสิ่งของต่างๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนด
ได้ เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้ บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับ
หรือแบ่งพวกได้

4. การลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง การอธิบายข้อมูลที่ได้จาก
การสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ความสามารถที่แสดงว่า
เกิดทักษะแล้วคือ อธิบาย หรือสรุปเกินข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยตรง โดยใช้ความรู้หรือ
ประสบการณ์เดิมมาช่วย

5. การคำนวณ (Using Number) หมายถึง การนำจำนวนที่ได้จากการสังเกต
การวัดการทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่ เช่น การนับ การบวก ลบ
คูณ หหารและหาค่าเฉลี่ย เป็นต้น ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ บวก ลบ คูณ
หาร และหาค่าเฉลี่ยจากตัวเลขที่มีอยู่แล้วในข้อมูลได้

6. การหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา
(Space/Space Relationship and Space/Time Relationship) สเปซหมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้น
ครองที่หรือกินที่ซึ่งมีรูปร่างเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปซของวัตถุจะมี 3 มิติคือความ
กว้าง ความยาว และความสูง ความสัมพันธ์ระหว่างมิติของวัตถุหนึ่ง ได้แก่ ความสัมพันธ์
ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่อยู่หน้ากระจกกับเงาในกระจกว่าเป็นซ้ายขวา
ของกันและกันอย่างไร

การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซของวัตถุกับเวลา ก็คือ หาความสัมพันธ์ระหว่างการ
เปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหรือหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปกับ
เวลา เช่น ความสูงของต้นไม้ที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นเวลา 10 วัน ความสามารถที่แสดงว่าเกิด
ทักษะแล้วคือ

วาดรูป 2 มิติ จากรูป 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้

วาดรูป 3 มิติ จากรูป 2 มิติ ที่กำหนดให้ได้

บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติได้

บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและเงาในกระจกว่าเป็น

ซ้ายและขวาของกันและกันได้

บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีวัตถุหนึ่ง

บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับ

เวลา

7. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล(Data Handling and Communicating) การจัดกระทำ หมายถึงการนำข้อมูลดิบที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง หรือจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ โดยอาศัยวิธีการต่างๆ เช่น การหาความถี่ การเรียงลำดับ การจัดแยกประเภท การคำนวณหาค่าใหม่ เป็นต้น ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ สามารถเขียนตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ไดอะแกรม วงจร กราฟ สมมติฐาน การเขียนบรรยาย ฯลฯได้

8. การพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทดลองโดยอาศัยประสบการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการสรุปความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้วคือใช้ข้อสรุปจากการทดลองที่ได้แล้วนำมาคาดคะเนคำตอบในเรื่องนั้น ๆ ที่ยังไม่ได้ทดลอง ใช้ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ กฎ หลักการ หรือทฤษฎีที่ได้ทำการทดลองเป็นที่ยอมรับแล้ว คาดคะเนคำตอบอื่นๆ ในเรื่องนั้นที่ยังไม่ได้ทำการทดลอง

9. การตั้งสมมติฐาน (Hypothesizing) หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิม ที่ยังไม่เป็นกฎ หรือหลักการ ฯลฯ ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้วคือ

สรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ประสบการณ์เดิม บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม

10. การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Controlling Variables) หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรอิสระที่ต้องการศึกษา ตัวแปรตาม และการควบคุมตัวแปรอิสระอื่นๆ ที่ยังไม่ศึกษาเพื่อไม่ให้มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้วคือ

10.1 บ่งชี้ตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ถูกควบคุมได้

10.2 กำหนดตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ถูกควบคุมได้

11. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ(Defining Operationally)หมายถึง การกำหนดความหมาย และขอบเขตของตัวแปร หรือ คำต่าง ๆ ให้สามารถทดลองได้เป็นที่เข้าใจตรงกัน ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ การกำหนดความหมาย และขอบเขตของตัวแปร หรือคำต่าง ๆ ให้สามารถทำการทดลองได้

12. การทดลอง (Experimenting) หมายถึง การทดสอบสมมติฐาน ซึ่งเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง การใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง การรวบรวมข้อมูล ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้วคือ

12.1 การออกแบบการทดลอง โดยกำหนดตัวแปรอิสระ ตัวแปรตามและตัวแปรที่ถูกควบคุม

12.2 เลือกเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองได้อย่างเหมาะสม

12.3 ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้

12.4 ใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการทดลองได้อย่างถูกต้อง

12.5 สังเกตผลการทดลองโดยละเอียด โดยใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้า และไม่ลงความคิดเห็นส่วนตัว

12.6 การจัดกระทำข้อมูลที่สังเกตได้ และเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการเสนอข้อมูล

12.7 บรรยายลักษณะสมบัติ และบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้ถูกต้อง และสรุปความถูกต้องของสมมติฐานได้

13. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Making Conclusion)

การตีความหมายข้อมูล หมายถึง การบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลหรือตัวแปรที่ได้จากการทดลอง ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้วคือ

13.1 บรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ (ได้จากการทดลอง)

13.2 บอกความสัมพันธ์ของข้อมูล หรือตัวแปรที่มีอยู่ (ได้จากการทดลอง)

สรุปได้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีทั้งสิ้น 13 ทักษะแบ่งเป็นทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต(Observing) ทักษะการวัด (Measurement) ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติและมิติกับเวลา (Space/Space Relationship and Space/Time Relationship) ทักษะการคำนวณ (Using Number) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล (Organizing Data and Communication) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Infering) ทักษะการพยากรณ์ (Predicting) และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะได้แก่ การตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally) การกำหนดและการควบคุมตัวแปร (Identifying Controlling and

Manipulating Variable) การทดลอง (Experimenting) การตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป (Interpreting Data and Making Conclusion) ส่วนในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น 6 ทักษะได้แก่

1. ทักษะการสังเกต(Observing)
2. ทักษะการจำแนกประเภท(Classifying)
3. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล (Organizing Data and Communication)
4. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Infering)
5. ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)
6. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion)

เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการหาประสิทธิผลของกลุ่มการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นดัชนีบ่งชี้ กับกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ดำเนิน ยาท่วม (2530). ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการสอนแบบแก้ปัญหาที่ใช้เทคนิคการเรียนรู้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาโลโกกับการสอนตามแนวของสสวท. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนพระราชารัฐอุปถัมภ์ กรุงเทพมหานคร จำนวน 40 คน กลุ่มทดลองได้รับการสอนแบบแก้ปัญหาที่ใช้เทคนิคโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาโลโก กลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามแนวการสอน สสวท. พบว่า ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

ชูชาติ แพน้อย(2533). ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเซิมพิทนาคมโดยใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พบว่า ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการเรียนรู้โดยใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เกษร ใช้บางยาง (2538 : 82) ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบแก้ปัญหา^๑มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการสอนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เปรมวดี รักขวลี (2539 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และค่านิยมทางเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยีกับการสอนตามคู่มือ^๒ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยีกับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน

เขมิภาณูจน์ ทองมา (2540 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการฝึกสร้างเกมวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์กับการสอนตามแนวการสอนของ สสวท. ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองและควบคุมไม่แตกต่างกัน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกัน

จากการประมวลผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่า ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ควรให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทดลอง การปฏิบัติจริง จะทำให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะพัฒนาขึ้นอยู่กับการฝึกฝนและปฏิบัติโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์จนเกิดความชำนาญ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ควบคู่กับสมุดทดสอบที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการใช้คู่มือ เพื่อนำคะแนนที่ได้ไปหาประสิทธิภาพของคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

การประเมินตามสภาพจริง

ความหมายและความสำคัญของการวัดและประเมินตามสภาพจริง

การประเมินผลตามสภาพจริง (Authentic Assessment) หมายถึงกระบวนการสังเกต บันทึก และรวบรวมข้อมูลจากผลการเรียนรู้ ผลงานหรือกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ทำเพื่อตัดสินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนโดยใช้ข้อมูล 3 ด้าน ได้แก่

1. Performance of Learning
2. Process of Learning
3. Product of Learning

การประเมินผลตามสภาพจริง เป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะทำให้เกิดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนสำคัญที่สุด ผู้เรียนจะเรียนรู้จากกระทำมากขึ้น มิใช่เพียงแต่ทำข้อสอบให้ได้คะแนนสูงสุดเพียงอย่างเดียว

อัจฉรา กุลวัฒน์ และชาติรี เกิดธรรม ได้ให้ความหมายของการวัดและประเมินตามสภาพจริง คือ กระบวนการวัดผลการเรียนรู้ตามแนวทาง 3 ประการ คือ

1. วัดครบถ้วนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ได้จริง

วัดความสามารถทางความรู้ ความคิดได้จริง (Cognitive Ability)

วัดความสามารถในการปฏิบัติได้จริง (Performance/Practice Ability)

วัดคุณลักษณะทางจิตใจได้จริง (Affective Characteristics)

2. วัดได้ตรงความเป็นจริง คือ สิ่งที่วัดได้นั้นเป็นข้อมูล เป็นการแสดงพฤติกรรมที่สะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ทั้งความสามารถทางความรู้ ความคิด ความสามารถในการปฏิบัติและคุณลักษณะทางจิตใจ มีความคลาดเคลื่อนผิดพลาดน้อยที่สุด ไม่เปิดโอกาสให้ผู้द्यอยความสามารถได้คะแนนสูง ตัดความผิดพลาดที่ผู้มีความสามารถสูงกลับได้คะแนนน้อย

3. เลือกสรร คิดค้นเครื่องมือและเทคนิคการวัดผลที่เป็นการวัดพฤติกรรมที่แท้จริงที่แสดงออกซึ่งความสามารถของผู้เรียน (Ability to do) ซึ่งอาจได้จากการสังเกตพฤติกรรม ผู้เรียน สังเกตจากการปฏิบัติการงาน (Tasks) ที่จัดให้ปฏิบัติในสถานการณ์ที่ผู้สอนจะกำหนด สังเกตจากร่องรอยหลักฐานผลการปฏิบัติการงานของผู้เรียน เป็นต้น

เอกรินทร์ สีมหาศาลและสุปรารภนา ยุคตะนันท์.(2546:179) แนะนำเกี่ยวกับการวัดและการประเมินผล กล่าวว่า ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ผู้สอนควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. ตัดสินผลการเรียนจากข้อมูลที่ได้จากการวัดและการประเมินผลระหว่างเรียนเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมีการเก็บคะแนนหรือบันทึกผลการประเมินเป็นระยะๆ ไม่ควรนำคะแนนที่ได้จากการประเมินทักษะข้อเขียนหรือวัดสมรรถภาพเพียงครั้งเดียวมาใช้เป็นผลการตัดสินใจให้ค่าระดับคะแนนหรือตัดสินผล

2. ตัดสินผลการเรียนบนพื้นฐานของการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่แสดงพฤติกรรมที่ชัดเจน มีเกณฑ์การวัดที่จำแนกความก้าวหน้าของผู้เรียนได้ รวมถึงการกำหนดสัดส่วนน้ำหนักคะแนนจากสิ่งที่วัดและประเมินไว้อย่างชัดเจนเช่น คะแนนจากแบบทดสอบ : คะแนนพัฒนาการ : ผลงาน : การเข้าร่วมกิจกรรม : ความประพฤติ = 10 : 30 : 20 เป็นต้น

3. นำผลการประเมินมาใช้เป็นข้อมูลในการช่วยเหลือและพัฒนาความก้าวหน้าของผู้เรียนเป็นรายบุคคล การให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดเกณฑ์และประเมินตนเองจะช่วยให้ผู้เรียนรู้ว่าตนเองมีความสามารถอยู่ในระดับใด และเต็มใจที่จะพัฒนาตนเองให้ดียิ่งขึ้น จนบรรลุมาตรฐานหรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

4. ใช้วิธีการวัดและประเมินผลอย่างหลากหลาย และครอบคลุมการเรียนรู้ทั้งหมดเช่น การทดสอบด้วยข้อเขียน ทดสอบความสามารถเชิงทักษะ / ความคล่องแคล่ว / การทดสอบสมรรถภาพ การประเมินจากโครงงาน / ผลงาน / แฟ้มงาน / การสำรวจความสนใจของผู้เรียน การสังเกตพฤติกรรมการทำงาน การสัมภาษณ์ความคิดเห็น / ความรู้สึก ฯลฯ

5. นำผลการวัดและประเมินมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนพัฒนาหลักสูตรและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน และการสอนของครูให้ดียิ่งขึ้น

6. การตั้งเกณฑ์การวัดและประเมินผลขึ้นอยู่กับจุดหมาย หรือปรัชญาหลักสูตรของแต่ละสถานศึกษาเป็นผู้พิจารณากำหนดให้เหมาะสมกับสภาพผู้เรียนและชุมชน

อัจฉรา กุลวัฒน์ และชาติรี เกิดธรรม.(2547: 2 – 10)ได้กล่าวถึง

วิธีการประเมินผลการเรียนรู้นี้คือ

1. สังเกตการแสดงออกเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม
2. ชิ้นงาน ผลงาน รายงาน
3. การสัมภาษณ์
4. บันทึกของผู้เรียน
5. การประชุมปรึกษาหารือร่วมกันระหว่างผู้เรียนและครู
6. การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติ
7. การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ
8. การวัดและประเมินผลด้านการเรียนรู้โดยใช้แฟ้มผลงาน
9. อื่นๆ

วิธีการให้คะแนนมีดังนี้

1. การให้คะแนนแบบอัตวิสัย หรือตามใจผู้ประเมิน เช่น ให้คะแนนเรียงความหรือ

ชิ้นงานหรือรายงาน เป็นต้น ถ้าให้คะแนนเต็ม 10 คะแนน ผู้ตรวจอาจใช้เกณฑ์ในใจตัดสินให้คะแนนตามที่สมควรเป็น 0 , 5 , 8 คะแนน เป็นต้น การให้คะแนนเช่นนี้เป็นการยากต่อการแปลความหมายหรือกล่าวได้ว่า ขาดความเป็นปรนัย(Objectivity)เป็นอย่างยิ่ง

2. การให้คะแนนแบบถูกผิดชัดเจน เช่นในการตรวจข้อสอบปรนัย เมื่อตอบถูกต้องตามเฉลยจะได้คะแนนเต็ม แต่เมื่อตอบผิดก็ไม่ได้คะแนนดังที่ใช้ในการตรวจข้อสอบแบบถูกผิด แบบจับคู่หรือแบบตัวเลือก เป็นต้น

3. การให้คะแนนแบบมาตราส่วนค่า (Rating scales) เป็นการให้คะแนนตามช่วงความถูกต้องของคำตอบ เช่น ในมาตราส่วนค่า 5 ช่วง หรือ 3 ช่วง เมื่อตอบถูกมากที่สุดจะได้ 5 คะแนน หรือ 3 คะแนน ลดหลั่นตามลำดับจนถึง 1

4. การให้คะแนนแบบรูบรีค (Rubric) รูบรีค หรือเกณฑ์ระดับความสามารถเป็นสิ่งที่ครูและผู้เรียนตกลงร่วมกันว่าจะใช้ในการประเมินกิจกรรมหรืองานต่าง ๆ ที่นักเรียนสร้างขึ้น เป็นข้อตกลงที่ผู้เรียนรู้ว่า นี่คือนิยาม หรือจุดมุ่งหมายของการปฏิบัติงานนั้น รูบรีคเป็นวิธีให้คะแนนที่ใช้หลักการของมาตราส่วนค่าประกอบกับการพรรณนาคุณภาพ กล่าวคือ แทนที่จะใช้ตัวเลข เช่น 5 – 4 – 3 – 2 – 1 หรือ 3 – 2 – 1 (โดยแปลความหมายกำกับด้วย) อย่างลอย ๆ ก็มีการเพิ่มข้อมูลรายละเอียดว่าคะแนนที่ได้ลดหลั่นลงไปมีความบกพร่องที่บ่งชี้เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ว่าเป็นอย่างใด ข้อมูลเชิงคุณภาพที่ผนวกอยู่กับข้อมูลเชิงปริมาณในการให้คะแนนรูบรีคนี้ มีประโยชน์ในการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้ถูกประเมิน ซึ่งเป็นการตอบสนองหลักการของการประเมินผลเพื่อการปรับปรุง

จากการประมวลเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประเมินตามสภาพจริง จะเห็นได้ว่า การประเมินตามสภาพจริงเป็นการให้คะแนนโดยการสังเกต รวบรวมข้อมูลเป็นผลงานหรือกิจกรรมที่นักเรียนได้ทำ เพื่อตัดสินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนหลายแบบ ส่วนการวิจัยครั้งนี้เป็นการประเมินตามสภาพจริงโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราส่วนค่า (Rating scales) เป็นการให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ตามช่วงคำตอบ 5 ช่วง เมื่อตอบถูกมากที่สุดได้ 5 คะแนน มากได้ 4 คะแนน ลดหลั่นตามลำดับจนถึง 1 คะแนน

5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

ความหมายของความพึงพอใจ(Satisfaction)

สาธิต สันตกิจ (2528 : 10) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจ ว่าเป็นผลรวมของความรู้สึกชอบของบุคลากร อันเกิดมาจากทัศนคติและความสนใจของบุคคลที่มีต่อคุณภาพและสภาพของหน่วยงาน

ส่วนของ สมรภูมิ ขวัญคุ้ม (2530 : 9) กล่าวว่าความพึงพอใจ หมายถึง ระดับความพอใจที่เป็นผลมาจากทัศนคติและความสนใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด และทัศนคติและความสนใจดังกล่าวนี้มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของงาน โดยความพึงพอใจจากการตอบสนองความต้องการของบุคคล แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ความต้องการภายนอก หรือความต้องการทางกายภาพ
2. ความต้องการภายใน หรือความต้องการจิตใจ

แต่ทั้งนี้ความต้องการของคนจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น อายุ เพศ ตรวจสอบ รายได้ ตลอดจนสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

ในทำนองเดียวกันสุพรรณิ รอดบุญธรรม (2538 : 23) ได้กล่าวถึงความพึงพอใจในการทำงาน หมายถึง ความรู้สึกหรือทัศนคติของบุคคลที่มีต่อคุณภาพและสภาพของงาน เป็นความพึงพอใจซึ่งทำให้บุคลากรปฏิบัติงานด้วยความรักงาน และมีความสุขที่ได้ปฏิบัติงานนั้นจนสำเร็จตามวัตถุประสงค์ขององค์การ และได้รับผลตอบแทนทั้งคน วัตถุ และจิตใจ

ส่วนของอุบลลักษณ์ ไชยชนะ (2543 : 36) ได้กล่าวว่าความพึงพอใจในการเรียนหมายถึง ความรู้สึกหรือทัศนคติที่เป็นไปตามความคาดหวัง ที่จะทำให้เกิดความสามารถในการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น

ในคำจำกัดความของสุรพล เย็นเจริญ (2543 : 6) ความพึงพอใจ หมายถึง สิ่งที่ทำให้บุคคลเกิดความสบายใจ เมื่อได้ผลสำเร็จตามความมุ่งหมาย

นอกจากนี้กองนโยบายและแผน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน กระทรวงศึกษาธิการ (2543 : 15) ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่ดีหรือความประทับใจที่มีต่อการกระทำของบุคคลหรือการทำงานนั้น ๆ

ส่วนของวิลาวรรณ คุณเจริญ (2544 : 13) ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกหรือทัศนคติที่ดีที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับผลสำเร็จตามความมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ส่วน กิตติศักดิ์ มีฤทธิ์ (2545 : 19) ความพึงพอใจ หมายถึง สภาพความต้องการที่ได้รับการตอบสนองเกิดเป็นความรู้สึกที่ดี ที่ชอบ ประทับใจ ที่มีต่อสิ่งนั้น ๆ โดยเมื่อพอใจสิ่งใดแล้วก็ต้องแสดงออกทางพฤติกรรมโดยเข้าร่วมกับกิจกรรม อุทิศร่างกาย แรงใจ และสติปัญญาที่กระทำในกิจกรรมนั้น

และจารุศรี ศิริอังกาฐ (2545 : 8) ความพึงพอใจ เป็นองค์ประกอบด้านความรู้สึกของทัศนคติ ซึ่งไม่จำเป็นต้องแสดงหรืออธิบายเชิงเหตุผลเสมอไป หรือกล่าวได้ว่า ความพึงพอใจเป็นเพียงปฏิกิริยาด้านความรู้สึก (Reactionary Feeling) ต่อสิ่งเร้าหรือสิ่งกระตุ้น (Stimulus) ที่แสดงออกมา (Yield) ในลักษณะของผลลัพธ์สุดท้าย (Final Outcome) ของกระบวนการประเมิน (Evaluative Process) โดยบ่งบอกทิศทางของผลการประเมิน (Direction of Evaluation Result) ว่าเป็นไปในลักษณะทิศทางบวก (Positive Direction) หรือทิศทางลบ (Negative Direction) หรือไม่มีปฏิกิริยา (Non Reaction) ต่อสิ่งเร้าหรือสิ่งกระตุ้นนั้นก็ได้

สรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ระดับความพอใจที่เป็นผลมาจากความสนใจสิ่งหนึ่งสิ่งใด ของบุคคลและความสนใจดังกล่าวมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพหรือประสิทธิผลของงานนั้น ๆ และในการวิจัยครั้งนี้ วัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สสารร้ายเป็นตัวบ่งชี้ เพื่อยืนยันประสิทธิผลของคู่มือฯ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

กิตสุภา เจริญพร(2544 :106)ได้ศึกษาความพึงพอใจในการสร้างและทดลองใช้หนังสืออ่านเพิ่มเติมเรื่อง แนวปะการังไทย...บ้านหลังใหญ่ของสิ่งมีชีวิตใต้ทะเล สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อหนังสืออ่านเพิ่มเติม จำนวน 33 คน ปรากฏว่านักเรียนส่วนมากมีความพึงพอใจหนังสืออ่านเพิ่มเติมอยู่ในระดับดีมากในทุกๆ ส่วน รองลงมาอยู่ในระดับดี

ยุพเรศ วังฉายฉิม(2540 :116)ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาคู่มือศึกษาธรรมชาติประจำเส้นทางเดินป่าในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ เส้นทางที่ทำการ อุทยาน – มอสิงโต และศึกษาพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวในการใช้คู่มือศึกษาธรรมชาติ ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้ ความพึงพอใจ และความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวต่อคู่มือที่สร้างขึ้น โดยทดลองใช้กับนักท่องเที่ยวเดินป่าในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ที่มีความรู้ตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นขึ้นไป จำนวน 40 คน

ทดลองแบบกลุ่มเดียวไม่มีกลุ่มควบคุม (Pretest – Posttest Design) ผลการวิจัยปรากฏว่า คุณภาพของคู่มืออยู่ในเกณฑ์ดี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คู่มือมีความรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีพฤติกรรมใช้คู่มือโดยการอ่านบางส่วนและแลกเปลี่ยนความรู้ในกลุ่มมีความคิดเห็นต่อคู่มือที่สร้างขึ้นว่ามีความน่าสนใจมากและมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ศจีพร สมบุรณ์ทรัพย์ (2542:85) ศึกษาความพึงพอใจในการพัฒนาหนังสืออ่านเพิ่มเติมชุด ปา ห้องเรียนชีวิตสำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากงานวิจัยผลการ ประเมินความพึงพอใจหนังสืออ่านเพิ่มเติมชุดปา ห้องเรียนชีวิต ของนักศึกษาปรากฏว่านักศึกษา ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจหนังสืออ่านเพิ่มเติมอยู่ในระดับ ดีมาก รองลงมาอยู่ในระดับดี และ ส่วนน้อยที่มีความพึงพอใจในระดับพอใช้ เมื่อเปรียบแล้วเห็นว่านักศึกษาส่วนใหญ่มีความพึง พพอใจอยู่ในเกณฑ์ดีมากจึงสรุปได้ว่าหนังสืออ่านเพิ่มเติมชุดปา ห้องเรียนชีวิต มีคุณภาพดี เหมาะสมที่จะใช้ประกอบการเรียนการสอน

ศิริพร สร้อยนาคนพงษ์ (2543 :109) ศึกษาวิจัยเรื่อง “ การพัฒนาและทดลองใช้คู่มือ ท่องเที่ยวโบราณสถานในเขตอุทยานประวัติศาสตร์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา “ ผลการวิจัย สรุปว่า คู่มือท่องเที่ยวโบราณสถานใน เขตอุทยานประวัติศาสตร์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่ ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้ประกอบการท่องเที่ยวในพื้นที่อุทยานได้เป็นอย่างดี ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า มีความพึงพอใจในระดับมาก และมีคะแนนสัมฤทธิ์ ทางการเรียนหลังการใช้คู่มือท่องเที่ยวโบราณสถานมากกว่าก่อนการใช้คู่มืออย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติระดับ 0.05 ซึ่งพอสรุปได้ว่านักท่องเที่ยวมีความรู้เพิ่มมากขึ้นหลังจากอ่านคู่มือซึ่งเป็นไป ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

แสงสุณี สกุลธนกฤต (2542 : 75) ศึกษาวิจัยเรื่อง “การสร้างและทดลองใช้หนังสืออ่าน เพิ่มเติม เรื่องป่าไม้ของกาญจนบุรี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6” สรุปผลการวิจัยได้ว่า สร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมเรื่องป่าของกาญจนบุรี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ สามารถนำไปใช้เป็นหนังสือ อ่านเพิ่มเติมประกอบการเรียน การสอนวิชา สร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ระดับประถมศึกษาปีที่ 6 ได้อย่างเหมาะสม เพราะนอกจากจะมีประสิทธิภาพทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มเติมขึ้นแล้ว นักเรียนยังมีความพึงพอใจต่อคุณค่าของหนังสือในด้านต่างๆ เป็นอย่างมาก

จากการประมวลผลงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าความพึงพอใจมีค่ามากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องมือที่สร้าง เช่น ทำให้นักเรียนมีความรู้ สามารถนำไปใช้ ประกอบการเรียนการสอน สามารถนำไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน เป็นต้น ส่วนในการวิจัยนี้ การวัดความพึงพอใจของการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ จะวัดคุณภาพ 3 ด้านคือ คุณภาพด้านเนื้อหา คุณภาพด้านการใช้ภาษา คุณภาพด้านการจัดรูปแบบ และความคิดเห็นทั่วไป เกณฑ์คือระดับความพึงพอใจมากขึ้นไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยเป็นการทดลองแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว ทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (One group pretest posttest design) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2540 : 60- 61) ซึ่งมีวิธีการดำเนินงานตามขั้นตอนออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ แบ่งขั้นตอนได้เป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

1. การสำรวจและรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน โดยมีวิธีดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องในเรื่องแหล่งน้ำจืด คุณภาพน้ำ ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ และชนิดของสาหร่ายที่ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ
สำรวจขอบเขตพื้นที่ศึกษาและกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำโดย กำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา คือแหล่งน้ำบริเวณคลองบางหลวงเชียงใหม่ และแหล่งน้ำบริเวณวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี อ.เมือง จ.ปทุมธานี

2. เก็บตัวอย่างน้ำและสาหร่ายโดยนำมาวิเคราะห์ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทำโดยเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาตรวจสอบค่า EC, pH , BOD, DO , N ณ ห้องปฏิบัติการของกรมชลประทาน

3.2 การจำแนกและวิเคราะห์ชนิดของสาหร่ายที่ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ โดยการศึกษาข้อมูลพื้นฐานจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และศึกษาชนิดของสาหร่ายจากการเก็บตัวอย่างน้ำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์พร้อมถ่ายภาพได้เลนส์เพื่อนำมาจำแนกชนิดของสาหร่ายที่พบในแหล่งน้ำ และนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญด้านสาหร่าย เพื่อยืนยันความถูกต้องพร้อมทั้งนำภาพมาประกอบในคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

4. วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำกับชนิดของสาหร่ายที่ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและข้อมูลที่ได้ศึกษาชนิดของสาหร่ายและผลจากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญด้านสาหร่าย

5. สรุปผลข้อมูลที่ได้จากการสำรวจแหล่งน้ำในจังหวัดปทุมธานีประกอบกับเอกสารงานวิจัยที่มีอยู่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในคู่มือโดยเป็นข้อมูลชนิดของสาหร่ายที่พบในบริเวณ จังหวัดปทุมธานีเป็นหลักเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและถิ่นอาศัยของกลุ่มตัวอย่าง อันจะเป็นประโยชน์ในการนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

2. การสร้างและพัฒนาคู่มือฯ และสมุดทดสอบ

ผู้วิจัยได้มีขั้นตอนการสร้างและพัฒนา คู่มือฯ และสมุดทดสอบดังนี้

ขั้นตอนการสร้างและพัฒนาคู่มือฯ มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดความคิดรวบยอดและวัตถุประสงค์การเรียนรู้
2. กำหนดแนวการเขียน ขอบเขต และโครงเรื่อง
3. จัดทำคู่มือฯฉบับร่างในลักษณะคำบรรยาย ภายในคู่มือฯประกอบด้วย
 1. วิธีการใช้คู่มือฯ
 2. เนื้อหาคุณภาพน้ำเบื้องต้นและดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ
 3. การใช้อุปกรณ์ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นและวิธีการเก็บตัวอย่าง

สาหร่าย

4. ชนิดของสาหร่ายที่นิยมใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำซึ่งประกอบด้วย
 - รูปภาพของสาหร่ายแต่ละชนิดที่เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำเบื้องต้น
 - ชื่อวิทยาศาสตร์
 - ลักษณะเด่น
 - แหล่งที่พบ
5. วิธีการจำแนกชนิดของสาหร่าย
6. วิธีการประเมินผลคุณภาพน้ำโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

4. ตรวจสอบแก้ไขคู่มือฯโดยคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินความสอดคล้องของคู่มือฯกับวัตถุประสงค์ของคู่มือฯ โดยกำหนดค่าความสอดคล้อง (IC) ที่ตั้งไว้มากกว่า 0.5 ขึ้นไป

ผลการประเมินความสอดคล้องของคู่มือฯกับวัตถุประสงค์ของคู่มือฯ จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน คือ 0.9 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ซึ่งวัตถุประสงค์ทั้ง 6 ข้อ แต่ละข้อค่าความสอดคล้องสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ทุกข้อ (ภาคผนวก ง) แสดงว่าคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้มีความเหมาะสมในการนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

5. นำคู่มือฯที่ผ่านการตรวจสอบโดยคณะกรรมการควบคุมปริญญาานิพนธ์ มาประเมิน

คุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางด้านสหรัาย 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านคุณภาพน้ำ 1 ท่านผู้เชี่ยวชาญทางการศึกษา (การประเมินผล) 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน และ ผู้เชี่ยวชาญทางการสร้างคู่มือ 1 ท่าน เพื่อประเมินทางคุณภาพด้านเนื้อหา ด้านการใช้ภาษา ด้านการจัดภาพประกอบ ด้านการจัดรูปเล่ม และความคิดเห็นเพิ่มเติมด้านอื่น ๆ เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน คือ ดีมาก ดี พอใช้ ควรปรับปรุง และไม่มีคุณภาพ คิดเป็นคะแนนคือ 5,4,3,2 และ 1 ตามลำดับ (กฤษฎณา ลำไย. 2534 : 158 – 159 ; อ้างใน ขวัญดาว พุกกะวนิช.2546 : 48) โดยมีเกณฑ์ดังนี้

5	หมายถึง	มีคุณภาพดีมาก
4	หมายถึง	มีคุณภาพดี
3	หมายถึง	มีคุณภาพพอใช้
2	หมายถึง	มีคุณภาพต้องปรับปรุง
1	หมายถึง	ไม่มีคุณภาพ

เกณฑ์การแปลความหมายระดับคะแนนมีดังนี้

4.50 – 5.00	หมายถึง	มีคุณภาพระดับ ดีมาก
3.50 – 4.49	หมายถึง	มีคุณภาพระดับ ดี
2.50 – 3.49	หมายถึง	มีคุณภาพระดับ พอใช้
1.50 – 2.49	หมายถึง	ต้องปรับปรุงแก้ไข
1.00 – 1.49	หมายถึง	ไม่มีคุณภาพ

เกณฑ์การประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดต้องมีระดับคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป จึงถือว่าคู่มือที่สร้างขึ้นมีคุณภาพที่ดีเพียงพอสำหรับนำไปใช้ทดลองแต่หากไม่ผ่านตามเกณฑ์ดังกล่าวผู้วิจัยต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขใหม่ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญพร้อมกับให้ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดประเมินอีกครั้งจนกว่าจะผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

ผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านเกี่ยวกับคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สหรัายเป็นตัวบ่งชี้ อยู่ในระดับดีมาก (ภาคผนวก ง) สามารถนำมาประกอบเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนได้

การสร้างและพัฒนาสมุดทดสอบ

เพื่อใช้วัดหาค่าประสิทธิผลของคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สหรัายเป็นตัวบ่งชี้ มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสมุดทดสอบ

2. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการประเมินตามสภาพจริงเพื่อนำมาใช้ในการประเมินกิจกรรมใน
สมุดทดสอบ

3. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4. ศึกษาจุดประสงค์การทดลองแล้วนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาสร้างสมุดทดสอบเพื่อวัด
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งพฤติกรรมที่จะวัดออกเป็น 6 ทักษะ คือ

1. ทักษะการสังเกต(Observing)

2. ทักษะการจำแนกประเภท(Classifying)

3. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล (Organizing Data and
Communication)

4. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Infering)

5. ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)

6. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and
Conclusion)

5. นำกิจกรรมเรื่องการสำรวจคุณภาพแหล่งน้ำ ที่เป็นกิจกรรมในบทเรียนเรื่องทรัพยากรน้ำ
ของวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มาเป็นกิจกรรมในสมุดทดสอบเพื่อใช้วัดประสิทธิผลของคู่มือ
การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สารหยาดเป็นตัวบ่งชี้ โดยมีเกณฑ์การ
ประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ท้ายสมุดทดสอบ

6. จัดทำสมุดทดสอบ ภายในสมุดทดสอบประกอบด้วย

- คำชี้แจง
- วิธีใช้สมุดทดสอบ
- กิจกรรมการศึกษาระบบนิเวศน้ำจืดบริเวณวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี
- คำถามท้ายกิจกรรม
- แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูผู้สอน
- เกณฑ์การให้คะแนน

7. ตรวจสอบแก้ไขสมุดทดสอบโดยคณะกรรมการควบคุมปริมาณงาน และผู้เชี่ยวชาญ
เพื่อประเมินความสอดคล้องของกิจกรรมกับวัตถุประสงค์ของสมุดทดสอบ โดยกำหนดค่าความ
สอดคล้อง (IC) ที่ตั้งไว้มากกว่า 0.5

ผลการประเมินความสอดคล้อง (IC) จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน คือ 0.97 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้ง
ไว้ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ได้ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 ทักษะว่ามีค่า
ความสอดคล้อง (IC) แต่ละทักษะสูงกว่า 0.5 (ภาคผนวก ง) มากกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้แสดงว่า
สมุดทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นมีคุณภาพที่ดีสำหรับนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำไปใช้

ในวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับการใช้คู่มือฯ เพื่อนำผลที่ได้จากการทดสอบมาหาประสิทธิภาพของคู่มือฯ

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองใช้คู่มือฯ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ปีการศึกษา 2548 จังหวัดปทุมธานี สังกัดสถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร 2 จำนวน 22 ห้องเรียน

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ปีการศึกษา 2548 จังหวัดปทุมธานี จำนวน 1 ห้องเรียน ได้จากการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลาก มา 1 ห้องเรียน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือ คู่มือตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ ซึ่งภายในประกอบด้วย

1. วิธีการใช้คู่มือ
2. เนื้อหาคุณภาพน้ำเบื้องต้นและดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ
3. การใช้อุปกรณ์ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นและวิธีการเก็บตัวอย่าง

สาหร่าย

4. ชนิดของสาหร่ายที่นิยมใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำซึ่งประกอบด้วย
 - รูปภาพของสาหร่ายแต่ละชนิดที่เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำเบื้องต้น
 - ชื่อวิทยาศาสตร์
 - ลักษณะเด่น
 - แหล่งที่พบ
5. วิธีการจำแนกชนิดของสาหร่าย
6. วิธีการประเมินผลคุณภาพโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ในช่วงเวลาที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เรื่องทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยเน้นเรื่องทรัพยากรน้ำ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. คู่มือตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้
2. สมุดทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. แบบประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้คู่มือฯ
4. แบบประเมินคุณภาพของคู่มือของผู้เชี่ยวชาญ

1. คู่มือตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

คู่มือตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้มีขั้นตอนการดำเนินการหลังจากสร้างเป็นคู่มือฯโดย

1. นำคู่มือฯที่สร้างเสร็จให้ประธานและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และปรับแก้เพิ่มเติมตามที่ประธานและกรรมการฯแก้ไข
2. นำคู่มือฯที่สร้างมาตรวจสอบคุณภาพโดยผ่านผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางด้านสาหร่าย 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านคุณภาพน้ำ 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางการศึกษา (การประเมินผล) 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน และ ผู้เชี่ยวชาญทางการสร้างคู่มือ 1 ท่าน เพื่อประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา ด้านการใช้ภาษา ด้านการจัดภาพประกอบ ด้านการจัดรูปเล่ม และความคิดเห็นเพิ่มเติมด้านอื่น ๆ โดยกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดต้องมีระดับคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไปจึงถือว่าคู่มือที่สร้างขึ้นมีคุณภาพที่ดีเพียงพอสำหรับนำไปใช้ทดลองต่อไป

3. สมุดทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยการประเมินตามสภาพจริง

สมุดทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการดำเนินการหลังจากสร้างเป็นคู่มือฯดังนี้

1. นำสมุดทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญทางการศึกษาและผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องโดยมีการปรับแก้ดังนี้

2. นำสมุดทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางด้านสาขา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านคุณภาพน้ำ 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางการศึกษา (การประเมินผล) 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน และ ผู้เชี่ยวชาญทางการสร้างคู่มือ 1 ท่าน เพื่อพิจารณาค่าความสอดคล้องระหว่างคำถามกับพฤติกรรม (IC) ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง .05 ตามเกณฑ์ที่กำหนด (ภาคผนวก ง)

3. นำสมุดทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. แบบประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้คู่มือฯ

1. ลักษณะแบบประเมิน

แบบประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้คู่มือฯ เป็นแบบที่ใช้วัดความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้มีการเรียนรู้โดยใช้คู่มือฯ (ภาคผนวก ข) ประเมินด้านรูปเล่ม การจัดภาพ เนื้อหา ความเข้าใจในเรื่องการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นทางชีวภาพโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ และเกณฑ์ที่ใช้ประเมินแบ่งเป็น 5 ระดับได้แก่

5 หมายถึง ความพึงพอใจมากที่สุด

4 หมายถึง ความพึงพอใจมาก

3 หมายถึง ความพึงพอใจปานกลาง

2 หมายถึง ความพึงพอใจน้อย

1 หมายถึง ความพึงพอใจน้อยที่สุด

เกณฑ์การแปลความหมายระดับคะแนนมีดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	1	-	1.79	หมายความว่า	ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด
	1.8	-	2.59	หมายความว่า	ระดับความพึงพอใจน้อย
	2.60	-	3.39	หมายความว่า	ระดับความพึงพอใจปานกลาง
	3.40	-	4.19	หมายความว่า	ระดับความพึงพอใจมาก
	4.20	-	5.00	หมายความว่า	ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

2. การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

2. สร้างแบบวัดความพึงพอใจต่อคู่มือฯ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ ได้แก่ ความพึงพอใจมากที่สุด ความพึงพอใจมาก ความพึงพอใจปานกลาง ความพึงพอใจน้อย ความพึงพอใจน้อยที่สุด ซึ่งจะพิจารณาโดยรวมในการวัดความพึงพอใจ แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

ตอนที่ 2 การประเมินความพึงพอใจคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สารห่วยเป็นตัวบ่งชี้

ตอนที่ 3 การแสดงความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สารห่วยเป็นตัวบ่งชี้

3. นำแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือฯ ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท โดยตรวจสอบความเหมาะสมของแบบประเมินแล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข(ภาคผนวก ข)

4. นำแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือฯ ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

5. นำคะแนนวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือฯ มาหาค่าร้อยละ (ภาคผนวก ง)

3. แบบประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ

การสร้างแบบประเมินคุณภาพคู่มือฯ สำหรับผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับเนื้อหา ด้านสารห่วย ด้านการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ด้านการศึกษา และด้านการสร้างหนังสือ และความคิดเห็นเพิ่มเติม ด้านอื่น ๆ เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน คือ ดีมาก ดี พอใช้ ควรปรับปรุง และไม่มีคุณภาพ คิดเป็นคะแนน คือ 5,4,3,2 และ 1 ตามลำดับ (กฤษณา ลำไย. 2534 : 158 – 159 ; อ่างใน ขวัญดาว พุกกะนง นิข.2546 : 48) โดยมีเกณฑ์ดังนี้

5 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

4 หมายถึง มีคุณภาพดี

3 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

2 หมายถึง มีคุณภาพต้องปรับปรุง

1 หมายถึง ไม่มีคุณภาพ

เกณฑ์การแปลความหมายระดับคะแนนมีดังนี้

4.50 – 5.00 หมายถึง มีคุณภาพระดับ ดีมาก

3.50 – 4.49 หมายถึง มีคุณภาพระดับ ดี

2.50 – 3.49 หมายถึง มีคุณภาพระดับ พอใช้

1.50 – 2.49 หมายถึง ต้องปรับปรุงแก้ไข

1.00 – 1.49 หมายถึง ไม่มีคุณภาพ

การสร้างแบบประเมินคุณภาพคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้
สำหรับเป็นตัวบ่งชี้ โดยผู้เชี่ยวชาญ แบ่งออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพ
เบื้องต้นโดยใช้สำหรับเป็นตัวบ่งชี้

ตอนที่ 3 การแสดงความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำ
ทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สำหรับเป็นตัวบ่งชี้

นำแบบประเมินคุณภาพคู่มือที่สร้างเสร็จเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท
โดยตรวจสอบความเหมาะสมของแบบประเมินแล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข(ภาคผนวก ง)
นำแบบประเมินคุณภาพคู่มือที่ปรับปรุงแล้วไปให้กับผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านเพื่อใช้ประเมินคู่มือที่
นำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างประเมินคู่มือโดยใช้เกณฑ์การประเมินคุณภาพตั้งแต่ 3.50 ขึ้น
ไปจึงถือว่ามีความเหมาะสม แล้วก็ทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อสร้างเป็นคู่มือที่จะนำไปทดลองกับกลุ่ม
ตัวอย่าง สถิติพื้นฐานที่ใช้ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ภาคผนวก ง)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจัดทำในชั่วโมงวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมในบทเรียนเรื่อง ทรัพยากร
น้ำ โดยใช้กิจกรรมเรื่องการศึกษาระบบนิเวศน้ำจืดบริเวณวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ซึ่งรายวิชานี้มี
เวลาเรียน 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ
(ปวช.) ชั้นปีที่ 2/4 แผนกวิชาเลขานุการมีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 40 คนและในการวิจัยนี้ขั้นตอน
การทดลองรูปแบบการวิจัย เป็นกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม ทดสอบก่อนการใช้คู่มือและหลังการใช้
คู่มือ (One group pretest posttest design) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2540 : 60-61) มีขั้นตอน ดังนี้

1. ครูอธิบายวิธีการใช้สมุดทดสอบในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ โดยใช้เวลาประมาณ 5 นาที
2. ให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบเพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนใช้คู่มือ โดยแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน ได้กลุ่มทั้งหมด 8 กลุ่ม
3. ครูแจกสมุดทดสอบให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 8 กลุ่ม เพื่อลงมือปฏิบัติและบันทึกผลการทำกิจกรรมการศึกษาระบบนิเวศน้ำจืดบริเวณวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี โดยให้ใช้เวลาในการศึกษาเป็นเวลาทั้งสิ้น 60 นาที แล้วส่งสมุดทดสอบคืนครู

4. หลังจากนั้นครูแจกคู่มือฯและชี้แนะการใช้คู่มือฯให้กลุ่มตัวอย่าง เป็นเวลา 10 นาที และให้กลุ่มตัวอย่างศึกษาด้วยตัวเองโดยการอ่านรายละเอียดเนื้อหาของคู่มือฯเพื่อทำความเข้าใจ กับวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นเป็นเวลา 30 นาที

5. หลังจากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการใช้ คู่มือฯโดยใช้สมุดทดสอบพร้อมกับคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้ สหรัยเป็นตัวบ่งชี้ โดยแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน (กลุ่มเดิม) ทั้งหมด 8 กลุ่ม โดยใช้เวลาในการศึกษา ทำกิจกรรมเป็นเวลาทั้งสิ้นใช้เวลา 60 นาที โดยใช้เกณฑ์การวัดทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์เหมือนก่อนการใช้คู่มือฯ

6. หลังกลุ่มตัวอย่างทั้ง 8 กลุ่ม ทำกิจกรรมเสร็จครูแจกแบบประเมินความพึงพอใจให้กับ กลุ่มตัวอย่างเพื่อวัดความพึงพอใจในการใช้คู่มือฯ โดยใช้เวลา 20 นาที ในการตอบแบบประเมิน

7. ครูนำคะแนนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนการใช้คู่มือฯกับคะแนน หลังการใช้คู่มือฯที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. พัฒนาเครื่องมือ วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1.1 วิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงของคู่มือฯ สมุดทดสอบวัดทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินคุณภาพของการใช้คู่มือฯ โดยใช้ค่าดัชนีความ สอดคล้อง (IC)

2. ทดสอบสมมติฐาน

2.1 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของคู่มือฯ ตามเกณฑ์ ร้อยละ 70 ขึ้นไป
2.2 วิเคราะห์คะแนนจากสมุดทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนทดลองและหลังทดลองโดยใช้สถิติ $t - test dependent$ เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในประสิทธิภาพ ของคู่มือฯ

2.3 วิเคราะห์ความพึงพอใจจากแบบประเมินความพึงพอใจ โดยหาค่าเฉลี่ย และร้อยละ

การวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัย กระทำโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) version 11.5

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ย (mean) โดยใช้สูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2540 : 137) ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \text{คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง} \\ \sum X &= \text{ผลรวมของคะแนน} \\ N &= \text{จำนวนตัวอย่าง} \end{aligned}$$

1.2 หาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน (Standard Deviation) โดยใช้สูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2540 : 141)

$$S.D = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} S.D &\text{ แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน} \\ (\sum X)^2 &\text{ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง} \\ \sum X^2 &\text{ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง} \\ N &\text{ แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด} \end{aligned}$$

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดสมุดทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ

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

เมื่อ

ต้องการ

$$\begin{aligned} IC &\text{ แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามตามเนื้อหาที่} \\ \sum R &\text{ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดของผู้เชี่ยวชาญ} \\ N &\text{ แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ} \end{aligned}$$

2.2 การวิเคราะห์หาประสิทธิผลของคู่มือฯ

การหาดัชนีประสิทธิผลหาโดยใช้คะแนนของกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์ ร้อยละ 70 ขึ้นไป โดยใช้สูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2546 : 157 – 159)

ดัชนีประสิทธิผล = ผลรวมของคะแนนหลังเรียนของทุกคน - ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนของทุกคน

(จำนวนนักเรียน x คะแนนเต็ม) - ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนของทุกคน

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

1. ทดสอบสมมติฐานข้อ 1 โดยใช้ ค่าเฉลี่ยแล้วปรับเป็น ร้อยละ และเพื่อยืนยันสมมติฐานข้อ 1 ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการวัดทักษะกระบวนการก่อนและหลังการใช้คู่มือฯ มาทดสอบค่าที (t Value) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการสอบวัดจากกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน 2 ครั้ง(test – retest or paired measurement) ผลต่างของคะแนนก่อน และหลังใช้ t – test แบบ Correlate Samples or Dependent Samples (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540 : 165) โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

$$t = \frac{\sum D}{\frac{\sqrt{N \sum D^2 - (\sum D)^2}}{N - 1}}$$

เมื่อ

$\sum D$	แทน	ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังใช้คู่มือฯ กับ คะแนนการทดสอบก่อนใช้คู่มือฯ
$\sum D^2$	แทน	ผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังใช้คู่มือฯ กับ คะแนนการทดสอบก่อนใช้คู่มือฯ
N	แทน	จำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

2. ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 ใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย แล้วปรับเป็นร้อยละ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้สร้างคู่มือตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 เพื่อหาประสิทธิภาพของคู่มือและศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้คู่มือฯ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยเป็นการทดลองแบบกลุ่มตัวอย่างเดี่ยว ทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (One group pretest posttest design) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2/1 แผนกวิชาการบัญชี วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี โดยมีความมุ่งหมายดังนี้

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2
2. เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ที่มีต่อคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งการดำเนินการศึกษาค้นคว้าได้เป็น 2 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาคู่มือฯ

- การสำรวจ รวบรวมข้อมูลพื้นฐานและทดลอง
- การสร้าง และ การพัฒนา

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองใช้คู่มือฯ

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาคู่มือฯ

การวิจัยขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยได้มีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. การสำรวจ รวบรวมข้อมูลพื้นฐานและทดลอง

โดยมีวิธีดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. สำรวจขอบเขตพื้นที่ศึกษา
3. เก็บตัวอย่างน้ำและสาหร่ายโดยนำมาวิเคราะห์ เพื่อนำมาตรวจสอบหาค่า EC, pH , BOD , N ณ ห้องปฏิบัติการของกรมชลประทานเพื่อยืนยันความถูกต้องจากข้อมูลพื้นฐานจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
4. จำแนกและวิเคราะห์ชนิดของสาหร่ายที่ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ นำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญด้านสาหร่าย เพื่อยืนยันความถูกต้องพร้อมทั้งนำภาพที่ถ่ายได้เลนส์กล้องจุลทรรศน์มาประกอบในคู่มือฯ

5. วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำกับชนิดของสาหร่ายจากผู้เชี่ยวชาญด้านสาหร่าย

6. สรุปผลข้อมูลที่ได้จากการสำรวจแหล่งน้ำในจังหวัดปทุมธานี กับเอกสารงานวิจัยที่มีอยู่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบใน คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ ดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับสาหร่ายที่พบในแหล่งน้ำที่ศึกษา

ชื่อสาหร่าย	ค่าดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำทางเคมี				แหล่งที่พบ
	EC	BOD	pH	Temperature	
1. <i>Oscillatoria</i> sp	448	4.51	3.5 - 7.0	20 - 31	พบได้ทุกหนทุกแห่งที่มีความชื้นมีความคงทนต่อความสกปรกของน้ำได้ดี
2. <i>Spirulina</i> sp.	448	4.51	3.5 - 7.0	20 - 31	พบในน้ำจืดทั่วไป โดยเฉพาะน้ำที่มีของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม
3. <i>Phormidium</i> sp.	448	4.51	3.5 - 7.0	20 - 31	พบได้ทุกหนทุกแห่งที่มีความชื้น ตามบ่อน้ำ คู ลำธาร ท่อระบายน้ำซึ่งมีสารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อย บริเวณที่มีสาหร่ายชนิดนี้จะมีสีเขียวคล้ำ มีความคงทนต่อความสกปรกของน้ำได้ดี
4. <i>Nostoc</i> sp.	448	4.51	3.5 - 7.0	20 - 31	พบในน้ำนิ่ง ส่วนพวกที่มีสีทึบ มักพบในน้ำไหล ชอบขึ้นในน้ำที่เป็นกลางหรือเป็นด่างเล็กน้อย

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อสาหร่าย	ค่าดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำทางเคมี				แหล่งที่พบ
	EC	BOD	pH	Temperature	
5. <i>Scytonem endolithicum</i>	97.4	5.0	7.8	25 – 32	พบอยู่ในน้ำจืดทั่ว ๆ ไป บ้าง จะเจริญได้ดีในน้ำที่มีความเป็นด่างสูง
6. <i>Tolypothrix</i> sp.	878	2.42	7.8–11.0	25 – 31	พบขึ้นอยู่ในเขตอบอุ่น ชอบขึ้นในน้ำกระด้าง หรือน้ำที่มีหินปูน
7. <i>Gloeotrichia</i> sp.	878	2.42	7.8–11.0	25 – 31	เจริญได้ดีในน้ำที่มีความเป็นด่างสูงและปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำสูง ก่อให้เกิดวอลเทอริบลูมได้
8. <i>Chlamydomonas</i> sp.	257	มาก	7 – 10	25 – 32	ขึ้นอยู่ในแหล่งน้ำจืดที่มีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม
9. <i>Mougeotia</i> sp	68.7	4.18	3.5-7.0	25 – 32	สามารถอยู่ในตัวกลางที่มีสภาพความเป็นกรดต่ำ
10. <i>Pyrobotrys</i> sp.	525	มาก	7 – 10	25 - 32	มักพบในบ่อ หรือสระที่มีสารอินทรีย์มาก
11. <i>Spirogyra</i> sp.	68.7	4.18	3.5-7.0	25 – 32	อยู่ทั่วไปในแหล่งน้ำแทบทุกแห่ง มีชื่อเรียกกันอีกอย่างว่า เทา สามารถอยู่ในตัวกลางที่มีสภาพความเป็นกรดต่ำ

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อสาหร่าย	ค่าดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำทางเคมี				แหล่งที่พบ
	EC	BOD	pH	Temperature	
12. <i>Volvox</i> sp.	68.7	4.18	3.5-7.0	25 – 32	สามารถอยู่ในตัวกลางที่มีสภาพความเป็นกรดต่าง
13. <i>Ulothrix</i> sp	68.7	4.18	3.5-7.0	25 – 32	พบทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม ชื้นบนหินหรือท่อนไม้ที่จมน้ำ ทั้งน้ำนิ่ง และน้ำไหล หรือที่ขึ้นแฉะที่น้ำสาต กระเซ็นถึง เช่นตามหน้าผาที่มีน้ำตกสามารถอยู่ในตัวกลางที่มีสภาพความเป็นกรดต่าง
14. <i>Microspora</i> sp.	68.7	4.18	3.5-7.0	25 – 32	พบขึ้นในน้ำนิ่งและค่อนข้างเป็นกรด
15. <i>Cosmarium</i> sp.	68.7	4.18	3.5-7.0	25 – 32	เป็นสาหร่ายที่จะเป็นดัชนีว่าในแหล่งน้ำที่มีสาหร่ายชนิดนี้เป็นน้ำที่มีคุณภาพดี ไม่ใช่น้ำเสีย เป็นน้ำที่มีสภาพกรดเล็กน้อย
16. <i>Chlorella</i> sp.	68.7	4.18	3.5-7.0	25 – 32	เป็นสาหร่ายที่พบได้ทั่วไป โดยเฉพาะในดิน แม้กระทั่งในขวดน้ำหรือถึงน้ำที่ไม่ค่อยได้ล้าง
17. <i>Scenedesmus</i> sp.	878	2.42	7.8–11.0	25 – 32	เป็นสาหร่ายที่มีชีวิตแบบแพลงค์ตอนพืช ในน้ำจืดหรืออาจพบในดินบ้าง

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อสาหร่าย	ค่าดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำทางเคมี				แหล่งที่พบ
	EC	BOD	pH	Temperature	
18. <i>Ankistrodesmus</i> sp.	525	มาก	7 – 10	25 - 32	เป็นสาหร่ายที่มีชีวิตแบบแพลงค์ตอนพืช ในน้ำจืด น้ำกร่อย หรือน้ำทะเลก็ได้ บางชนิดพบในดิน
19. <i>Netrium</i> sp.	330	มาก	3.5 – 7.0	25 - 31	เป็นสาหร่ายน้ำจืด พวกที่เป็นเส้นสายอาจปล่อยเมือกออกมาแล้วรวมตัวกันเป็นก้อนลอยอยู่บนผิวน้ำ เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า พอนด์สค์ม
20. <i>Closterium</i> sp.	257	มาก	5.5 – 8.0	25 – 32	ขึ้นอยู่ในแหล่งน้ำจืดที่มีสภาพเป็นกรดอ่อน เจริญได้ดีมาก
21. <i>Chara</i> sp.			4.6 – 7.0	25 -30	ชอบขึ้นในน้ำกระด้าง หรือน้ำที่มีหินปูนสูง
22. <i>Nitella</i> sp.			4.6 – 7.0	25 -30	สาหร่ายสกุลนี้ชอบขึ้นในน้ำที่เป็นกรดอ่อน ๆ หรือเป็นกลาง
23. <i>Tolypella</i> sp.			4.6 – 7.0	25 -30	ชอบขึ้นในน้ำกระด้าง หรือน้ำที่มีหินปูน
24. <i>Nitellopsis</i> sp.			4.6 – 7.0	25 -30	ชอบขึ้นในน้ำที่เป็นกรดอ่อน ๆ หรือเป็นกลาง

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อสาหร่าย	ค่าดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำทางเคมี				แหล่งที่พบ
	EC	BOD	pH	Temperature	
25. <i>Euglena</i> sp.	257	มาก	5.5 – 8.0	25 – 32	เกิดมากในแหล่งน้ำนิ่งในเวลาเช้าเมื่อแหล่งน้ำได้รับแสงสว่าง จะสังเกตเห็นบริเวณผิวน้ำหรืออยู่ก้นหนาแน่นในบริเวณพื้นดินตื้นๆ ริมแอ่งน้ำหรือบนถุงพลาสติกที่อยู่ในแอ่งน้ำนั้น
26. <i>Phacus</i> sp.	153	5.40	5.5 - 8	25 – 31	พบมากในปลักควาย และพบกระจายห่างๆ ในแหล่งน้ำทั่วไปที่มีสภาพความเป็นกรดต่างระหว่าง 6-7 น้ำมีสภาพเป็นกลาง จะมีมากในแหล่งน้ำที่มีสารอินทรีย์มาก
27. <i>Trachelomanas</i> sp.	153	5.40	5.5 - 8	25 – 31	พบมากในบ่อ หรือสระที่มีสารอินทรีย์ปนอยู่มาก เช่น พบว่ามีการเจริญพันธุ์เป็นจำนวนมากลอยเป็นฝ้าอยู่บนผิวน้ำ

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อสาหร่าย	ค่าดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำทางเคมี				แหล่งที่พบ
	EC	BOD	pH	Temperature	
28. <i>Diatoma</i> sp.	153	5.40	5.5 - 8	25 – 31	พบกระจายห่างๆ ในแหล่งน้ำทั่วไปที่มีสภาพความเป็นกรดต่างระหว่าง 6-7 น้ำมีสภาพเป็นกลาง จะมีมากในแหล่งน้ำที่มีสารอินทรีย์มาก
29. <i>Cabomba aquatica</i> Aubl.	247	4.51	3.5 – 7.0	20 – 31	เจริญได้ดีในน้ำที่มีความกระด้างต่ำถึงปานกลาง
30. <i>Cabomba caroliniana</i> A. Gray	247	4.51	3.5 – 7.0	20 – 31	เจริญได้ดีในน้ำที่มี แสงปานกลาง เมื่อเจริญเต็มที่ จะเกิดรากฝอยแตกออกตามข้อ การขยายพันธุ์ทำได้โดยตัดลำต้นไปปักชำในพื้นดินโคลนใต้น้ำ
31. <i>Hydrilla verticillatae</i>	247	4.51	6.0 – 7.3	25 – 31	พบในน้ำที่มีแสงสว่างส่องถึง น้ำค่อนข้างใส ความลึกน้ำ 0.6-1 เมตร ลักษณะพื้นเป็นดินโคลนหรือโคลนปนทราย เจริญได้ดีในน้ำที่มี แสงสว่างปานกลางถึงมาก

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อสาหร่าย	ค่าดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำทางเคมี				แหล่งที่พบ
	EC	BOD	pH	Temperature	
31. <i>Limnophila heterophylla</i> (Roxb.) Bentham	247	4.51	6.0 – 7.3	25 – 31	มีความกระด้างน้อยถึงปานกลางโดยอยู่ในช่วง 50-150 มิลลิกรัม/ลิตร ต้องการแสงสว่างปานกลางถึงมาก มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว เป็นพรรณไม้น้ำที่ขยายพันธุ์ได้ง่าย
32. <i>Ceratophyllum Demersum</i> Linnaeus	247	4.51	6.0 – 7.3	25 – 31	สามารถอยู่ได้ทั้งที่มีแสงน้อยจนถึงแสงมาก มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว สามารถขยายพันธุ์ได้รวดเร็วโดยวิธีตัดลำต้นปักชำได้น้ำ

จากตาราง 2 เป็นการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายกับคุณภาพแหล่งน้ำที่ศึกษา โดยการสำรวจพื้นที่กรณีศึกษาและจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ

2. การสร้างและพัฒนา คู่มือและสมุดทดสอบ

ผู้วิจัยได้มีขั้นตอนการสร้างและพัฒนา คู่มือฯ และสมุดทดสอบดังนี้

ขั้นตอนการสร้างและพัฒนาคู่มือฯ มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดความคิดรวบยอดและวัตถุประสงค์การเรียนรู้
2. กำหนดแนวการเขียน ขอบเขต และโครงสร้าง
3. จัดทำคู่มือฉบับร่างในลักษณะคำบรรยายประกอบด้วย
 1. วิธีการใช้คู่มือฯ

2. เนื้อหาคุณภาพน้ำเบื้องต้นและดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ
3. การใช้อุปกรณ์ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นและวิธีการเก็บตัวอย่าง

สาหร่าย

4. ชนิดของสาหร่ายที่นิยมใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำซึ่งประกอบด้วยรูปภาพของสาหร่ายแต่ละชนิดที่เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำเบื้องต้น

- ชื่อวิทยาศาสตร์
- ลักษณะเด่น
- แหล่งที่พบ

5. วิธีการจำแนกชนิดของสาหร่าย

6. วิธีการประเมินผลคุณภาพน้ำโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

4. ตรวจสอบแก้ไขคู่มือฯโดยประธาน กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและปรับแก้เพิ่มเติมตามที่ประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์แก้ไข โดย

- ปรับแก้รูปภาพสาหร่ายที่ใช้ประกอบในคู่มือฯให้เป็นภาพที่ถ่ายได้เลนส์แทนการใช้ภาพทางอินเทอร์เน็ต

- เพิ่มชนิดของสาหร่ายเซลล์เดียวที่ใช้เป็นดัชนีตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นในคู่มือฯโดยให้เพิ่มชนิดของสาหร่ายที่พบจริงในแหล่งน้ำที่ศึกษาโดยร่วมกับผู้เชี่ยวชาญด้านสาหร่ายจำแนกชนิดของสาหร่ายที่พบ

- เพิ่มมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำในภาคผนวกของคู่มือฯ

เพื่อประเมินความสอดคล้องของคู่มือฯกับวัตถุประสงค์ โดยกำหนดค่าความสอดคล้อง (IC) คือ 0.5 ขึ้นไป

ผลการประเมินความสอดคล้องของเนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของคู่มือฯ จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ดังตาราง 3

ตาราง 3 คะแนนความสอดคล้องของคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้
สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้กับวัตถุประสงค์ของคู่มือฯ

รายการประเมิน	IC
1. ให้นักเรียนได้ศึกษาถึงความสำคัญของคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นด้วยตนเอง	1
2. ให้นักเรียนเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายกับคุณภาพน้ำ	0.8
3. ให้นักเรียนตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นจากคู่มือฯ ด้วยตนเอง	1
4. ให้นักเรียนวิเคราะห์และสรุปคุณภาพน้ำเบื้องต้นด้วยตนเอง	1
5. ให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	0.8
6. ให้นักเรียนเกิดความรู้สึกรักและมีส่วนร่วมในการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในท้องถิ่นของตนเอง	0.8
รวม	0.9

จากตาราง 3 ค่าความสอดคล้องของคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้กับวัตถุประสงค์ของคู่มือฯ มีค่าความสอดคล้อง (IC) 0.9 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 0.5 ขึ้นไป และวัตถุประสงค์แต่ละข้อมีค่าความสอดคล้อง (IC) สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ แสดงว่าคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้กับวัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกัน สามารถนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้

5. นำคู่มือที่ผ่านการตรวจสอบแก้ไขโดยคณะกรรมการควบคุมปริญญาบัณฑิต และผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่านประเมินคุณภาพและความเหมาะสมในการนำไปใช้สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ช่วง ซึ่งมี

น้ำหนักคะแนนตั้งแต่ 1 – 5 ผู้วิจัยนำระดับการประเมินมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยในแต่ละส่วน และจัดระดับตามค่าเฉลี่ย เป็น 5 ระดับ คือ

4.50 – 5.00 หมายถึง มีคุณภาพระดับ ดีมาก

3.50 – 4.49 หมายถึง มีคุณภาพระดับ ดี

2.50 – 3.49 หมายถึง มีคุณภาพระดับ พอใช้

1.50 – 2.49 หมายถึง ต้องปรับปรุงแก้ไข

1.00 – 1.49 หมายถึง ไม่มีคุณภาพ

ผลการประเมินคุณภาพคู่มือฯจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านปรากฏดังตาราง 4 ตาราง 4 แสดงค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพคู่มือฯ จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ระดับของคุณภาพ
คุณภาพด้านเนื้อหา		
1. เนื้อหามีความถูกต้องตามหลักวิชาการ	4	ดี
2. มีการกำหนดหัวข้อเรื่องสอดคล้องกับเนื้อหาของเรื่องนั้น ๆ	4.6	ดีมาก
3. เนื้อหาทำให้ผู้อ่านเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นทางชีวภาพ	5	ดีมาก
4. เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4.6	ดีมาก
5. เนื้อหาทำให้ผู้อ่านเกิดความรู้เรื่องการตรวจสอบคุณภาพน้ำ ทางชีวภาพเบื้องต้น	4.4	ดี
6. เนื้อหามีลำดับขั้นตอนต่อเนื่อง	4.6	ดีมาก
7. เนื้อหา มีประโยชน์ สามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวันได้	5	ดีมาก
8. เนื้อหา มีส่วนช่วยส่งเสริมการป้องกันและแก้ไขปัญหา สิ่งแวดล้อม	4.6	ดีมาก

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ระดับของคุณภาพ
คุณภาพด้านการใช้ภาษา		
9. การใช้ภาษาเหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้อ่าน	5	ดีมาก
10. การใช้ภาษา มีความถูกต้อง ชัดเจน	5	ดีมาก
11. การลำดับขั้นตอนมีความต่อเนื่องเข้าใจง่าย	5	ดีมาก
11. การลำดับขั้นตอนมีความต่อเนื่องเข้าใจง่าย	5	ดีมาก
12. ภาพประกอบตรงกับเนื้อหา	5	ดีมาก
13. ภาพประกอบชัดเจนสีสันสวยงาม	5	ดีมาก
14. ภาพประกอบสามารถสื่อความหมายให้เข้าใจได้ง่าย	5	ดีมาก
15. รูปเล่มคู่มือฯ เหมาะสมและน่าสนใจ	5	ดีมาก
16. ปกคู่มือฯ น่าสนใจ และสื่อความหมายถึงเนื้อหาในคู่มือฯ	4.6	ดีมาก
17. วิธีการเรียบเรียงเนื้อหา	4.6	ดีมาก
รวม	4.76	ดีมาก

ส่วนการแสดงความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับคู่มือฯของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านผลดังตารางที่ 5

ตาราง 5 แสดงความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับคู่มือฯของเชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
1. มีความเหมาะสมในการใช้ประกอบการเรียนเรื่องทรัพยากรน้ำ วิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	4.60	ดีมาก
2. มีเนื้อหาที่ให้ความรู้เรื่องการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้น มากน้อยเพียงใด	4.6	ดีมาก
3. คู่มือฯ นี้แล้ว ท่านคิดว่าตนเองสามารถมีส่วนร่วมในการป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ระดับใด	4.40	ดี
รวม	4.53	ดีมาก

จากตาราง 4 และ 5 การประเมินคุณภาพคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สหรัายเป็นตัวบ่งชี้ จากผู้เชี่ยวชาญค่าเฉลี่ยของคะแนนคือ 4.76 เทียบกับเกณฑ์อยู่ในระดับดีมาก ทั้งด้านของคุณภาพเนื้อหา ด้านการใช้ภาษา ด้านการจัดรูปเล่ม รวมทั้งความคิดเห็นทั่วไป มีคะแนนเฉลี่ยคือ 4.53 เทียบกับเกณฑ์อยู่ในระดับดีมาก มีความเหมาะสมในการใช้ประกอบการเรียน มีเนื้อหาที่ให้ความรู้เรื่องการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้น และคู่มือฯฉบับนี้มีส่วนร่วมในการป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม จากคะแนนการประเมินคุณภาพคู่มือฯ คะแนนเฉลี่ยที่ได้ สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 3.50 ขึ้นไป แสดงว่าคู่มือตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สหรัายเป็นตัวบ่งชี้ ที่จะนำไปใช้กับกลุ่มทดลอง

ขั้นตอนการสร้างและพัฒนาสมุดทดสอบ

ผู้วิจัยมีขั้นตอนในการสร้างและพัฒนาสมุดทดสอบดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสมุดทดสอบ
2. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการประเมินตามสภาพจริงเพื่อนำมาใช้ในการประเมินกิจกรรมในสมุดทดสอบ
3. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. ศึกษาจุดประสงค์การทดลองแล้วนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาสร้างสมุดทดสอบเพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งพฤติกรรมที่จะวัดออกเป็น 6 ทักษะ คือ
 1. ทักษะการสังเกต(Observing)

2. ทักษะการจำแนกประเภท(Classifying)
3. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล (Organizing Data and Communication)
4. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Infering)
5. ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)
6. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion)

5. นำกิจกรรมเรื่องการสำรวจคุณภาพแหล่งน้ำ ที่เป็นกิจกรรมในบทเรียนเรื่องทรัพยากรน้ำของวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มาเป็นกิจกรรมในสมุดทดสอบเพื่อใช้วัดประสิทธิผลของคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สารหยาดเป็นตัวบ่งชี้ โดยมีเกณฑ์การประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ท้ายสมุดทดสอบ

6. จัดทำสมุดทดสอบ ภายในสมุดทดสอบประกอบด้วย

- คำชี้แจง
- วิธีใช้สมุดทดสอบ
- กิจกรรมการเรียนรู้ระบบนิเวศน้ำจืดบริเวณวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี
- คำถามท้ายกิจกรรม
- แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูผู้สอน
- เกณฑ์การให้คะแนน

7. ตรวจสอบแก้ไขโดยประธาน กรรมการควบคุมปริญาพันธ์ และผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน โดยมีการปรับแก้ดังนี้

- ให้ปรับแก้กิจกรรมที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการสำรวจระบบนิเวศบริเวณวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานีให้ปรับเป็นการศึกษาระบบนิเวศน้ำจืดบริเวณวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานีเพื่อให้สอดคล้องกับคู่มือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
- กิจกรรมที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนการใช้คู่มือกับหลังการใช้คู่มือเป็นกิจกรรมเดียวกัน
- ปรับเกณฑ์ที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 ทักษะให้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมที่ทำและเป็นเกณฑ์เดียวกันทั้งก่อนและหลังการใช้คู่มือ

8. นำสมุดทดสอบที่ปรับแก้ มาหาค่าความสอดคล้องของสมุดทดสอบกับวัตถุประสงค์ของสมุดทดสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านเดิม ผลประเมินความสอดคล้องของคู่มือจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านปรากฏผลดังตาราง 5

ตาราง 5 ผลการประเมินความสอดคล้องของสมุดทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 ท่าน

รายการประเมิน	IC
1. ทักษะการสังเกต	1
2. ทักษะการจำแนก	1
3. ทักษะการจัดกรทำและสื่อความหมายข้อมูล	0.8
4. ทักษะการลงความคิดเห็นข้อมูล	1
5. ทักษะการพยากรณ์	1
6. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	1
รวม	5.8
ค่าเฉลี่ย	0.97

ผลการประเมินความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มี ค่าความสอดคล้อง (IC) 0.97 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งในแต่ละวัตถุประสงค์ค่าความสอดคล้อง(IC) สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ทั้งหมด แสดงว่าสมุดทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นวัดคุณสมบัติของสมุดทดสอบกับกิจกรรมมีความสอดคล้องกันเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองใช้คู่มือฯ

ผู้วิจัยนำคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี เพื่อศึกษาดังนี้

1. ประสิทธิภาพที่ได้จากการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้
 2. ความพึงพอใจของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ต่อการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้
- การวิเคราะห์ข้อมูล ปรากฏผลดังนี้

1. ประสิทธิภาพที่ได้จากการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้ สารรายเป็นตัวบ่งชี้

ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อหาประสิทธิภาพของคู่มือฯ โดยการวัดทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนการใช้คู่มือฯ และหลังการใช้คู่มือฯ มาเปรียบเทียบ ผลดังตาราง 6

ตาราง 6 เปรียบเทียบคะแนนก่อน- หลังการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คู่มือ
การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สารรายเป็นตัวบ่งชี้

ผลคะแนนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์		
เลขที่	คะแนนก่อน	คะแนนหลัง
	คะแนนเต็ม 30 คะแนน	คะแนนเต็ม 30 คะแนน
1	7	23
2	6	21
3	6	21
4	7	23
5	7	23
6	7	23
7	7	23
8	6	21
9	6	21
10	6	21
11	8	25
12	8	25
13	7	25
14	7	25

ตาราง 6 (ต่อ)

เลขที่	ผลคะแนนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	
	คะแนนก่อน	คะแนนหลัง
	คะแนนเต็ม 30 คะแนน	คะแนนเต็ม 30 คะแนน
15	7	25
16	7	25
17	7	25
18	6	21
19	8	25
20	8	25
21	8	25
22	6	22
23	8	24
24	8	24
25	8	24
26	8	24
27	8	24
28	6	21
29	6	21
30	6	21
31	6	21
32	6	22
33	6	22
34	6	22
35	6	22
36	7	25

ตาราง 6 (ต่อ)

เลขที่	ผลคะแนนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	
	คะแนนก่อน	คะแนนหลัง
	คะแนนเต็ม 30 คะแนน	คะแนนเต็ม 30 คะแนน
37	7	25
38	7	25
39	7	25
40	7	25
รวม	275	930

นำผลที่ได้มาหาค่าดัชนีประสิทธิผลโดยใช้สูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2546 : 157 – 159)

$$\text{ดัชนีประสิทธิผล} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนหลังเรียนของทุกคน} - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนของทุกคน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนของทุกคน}}$$

$$\begin{aligned} \text{ดัชนีประสิทธิผล} &= \frac{930 - 275}{(40 \times 30) - 275} \\ &= 0.708 \end{aligned}$$

ผลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบก่อนการใช้คู่มือและหลังการใช้คู่มือผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในด้านการสังเกต การจำแนก การลงความคิดเห็นและการจัดกระทำและสื่อความหมาย การพยากรณ์ และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป นำมาหาค่าดัชนีประสิทธิผลของคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ที่มีค่าเท่ากับ 0.708 แสดงว่าหลังการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นร้อยละ 70.80 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือร้อยละ 70 ขึ้นไป แสดงว่าคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้มีประสิทธิผลสำหรับนำมาใช้ประกอบในกิจกรรมการเรียนรู้บทเรียนเรื่องทรัพยากรน้ำ ในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและชีววิทยาศาสตร์พื้นฐาน

เพื่อเป็นการยืนยันประสิทธิผลของคู่มือผู้วิจัยได้นำคะแนนก่อนการใช้คู่มือและหลังการใช้คู่มือมาทดสอบค่าที (t Value) ข้อมูลที่ได้จากการสอบวัดจากกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน 2

ครั้ง โดยผลต่างของคะแนนก่อน และหลังใช้ t – test แบบ Dependent Samples ดังปรากฏในตาราง 7

ตาราง 7 ผลการเปรียบเทียบของคะแนนก่อนและหลังการใช้คู่มือฯ ใช้ t – test แบบ Dependent Samples

ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์	คะแนนก่อนการใช้		คะแนนหลังการใช้		t	sig.
	คู่มือฯ		ใช้คู่มือฯ			
	(40 คน)		(40 คน)			
	X	S.D.	X	S.D.		
1.การสังเกต	1.62	0.490	4.50	0.506	54.28	0.00
2.การจำแนก	1.25	0.439	4.25	0.670	26.495	0.00
3.การจัดกระทำและสื่อ ความหมาย	1.00	0.000	3.63	0.490	33.861	0.00
4.การลงความคิดเห็น	1.00	0.000	3.63	0.490	33.861	0.00
5..การพยากรณ์	1.00	0.000	3.50	0.506	32.225	0.00
6.การตีความหมายข้อมูลและลง ข้อสรุป	1.00	0.000	3.63	0.490	31.225	0.00
รวม	6.87	0.929	23.14	2.088	211.948	0.00

จากตาราง 7 คะแนนของผลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบก่อนการใช้คู่มือฯและหลังการใช้คู่มือฯผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในด้านการสังเกต การจำแนก การลงความคิดเห็นและการจัดกระทำและสื่อความหมาย การพยากรณ์ และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เมื่อพิจารณาคะแนนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยภาพรวม พบว่าคะแนน t จากการคำนวณ คือ 65.599 แสดงว่า ผลคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังใช้คู่มือฯกับก่อนการใช้คู่มือฯ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปได้ว่าคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 ทักษะ อย่างเชื่อถือได้ด้วยความมั่นใจ 95 % เป็นการยืนยันสมมติฐานข้อ 1 ที่ตั้งไว้

2. ความพึงพอใจของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ต่อการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาร่ายเป็นตัวบ่งชี้

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาร่ายเป็นตัวบ่งชี้ โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ ได้แก่ ความพึงพอใจมากที่สุด ความพึงพอใจมาก ความพึงพอใจปานกลาง ความพึงพอใจน้อย ความพึงพอใจน้อยที่สุด ซึ่งจะพิจารณาโดยรวมในการวัดความพึงพอใจ แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

ตอนที่ 2 การประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาร่ายเป็นตัวบ่งชี้

ตอนที่ 3 การแสดงความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาร่ายเป็นตัวบ่งชี้

ผู้วิจัยได้คำนวณคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจเกี่ยวกับคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาร่ายเป็นตัวบ่งชี้ โดยกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ประเมินดังนี้

- | | | | | |
|------|---|------|-------------|----------------------------|
| 1 | – | 1.79 | หมายความว่า | ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด |
| 1.8 | – | 2.59 | หมายความว่า | ระดับความพึงพอใจน้อย |
| 2.60 | – | 3.39 | หมายความว่า | ระดับความพึงพอใจปานกลาง |
| 3.40 | – | 4.19 | หมายความว่า | ระดับความพึงพอใจมาก |
| 4.20 | – | 5.00 | หมายความว่า | ระดับความพึงพอใจมากที่สุด |

ผลคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาร่ายเป็นตัวบ่งชี้ ปรากฏดังตาราง 8

ตาราง 8 คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	การแปลผล
คุณภาพด้านเนื้อหา		
1. เนื้อหามีความถูกต้องตามหลักวิชาการ	4	ดี
2. มีการกำหนดหัวข้อเรื่องสอดคล้องกับ เนื้อหาของเรื่องนั้น ๆ	4.6	ดีมาก
3. เนื้อหาทำให้ผู้อ่านเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นทางชีวภาพ	5	ดีมาก
4. เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4.6	ดีมาก
5. เนื้อหาทำให้ผู้อ่านเกิดความรู้เรื่องการตรวจสอบคุณภาพน้ำ ทางชีวภาพเบื้องต้น	4.4	ดี
6. เนื้อหามีลำดับขั้นตอนต่อเนื่อง	4.6	ดีมาก
7. เนื้อหามีส่วนช่วยส่งเสริมการป้องกันและแก้ไขปัญหา สิ่งแวดล้อม	4.6	ดีมาก
8. เนื้อหามีส่วนช่วยส่งเสริมการป้องกันและแก้ไขปัญหา สิ่งแวดล้อม	4.6	ดีมาก
คุณภาพด้านการใช้ภาษา		
9. การใช้ภาษาเหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้อ่าน	5	ดีมาก
10. การใช้ภาษามีความถูกต้อง ชัดเจน	5	ดีมาก
11. การลำดับขั้นตอนมีความต่อเนื่องเข้าใจง่าย	5	ดีมาก
คุณภาพด้านการจัดรูปเล่ม		
12. ภาพประกอบตรงกับเนื้อหา	5	ดีมาก
13. ภาพประกอบชัดเจนสีสันทนสวยงาม	5	ดีมาก

(ต่อ) ตาราง 8 คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	การแปลผล
14. ภาพประกอบสามารถสื่อความหมายให้เข้าใจได้ง่าย	5	ดีมาก
15. รูปเล่มคู่มือฯ เหมาะสมและน่าสนใจ	5	ดีมาก
16. ปกคู่มือฯ น่าสนใจ และสื่อความหมายถึงเนื้อหาในคู่มือฯ	4.6	ดีมาก
17. วิธีการเรียบเรียงเนื้อหา	4.6	ดีมาก
รวม	4.76	ดีมาก

ด้านความความคิดเห็นทั่วไปของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ ผลปรากฏดังตาราง 9

ตาราง 9 ความคิดเห็นทั่วไปของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับคู่มือฯ

ความคิดเห็นของนักเรียน	ค่าเฉลี่ย	การแปลผล
1. คู่มือฯ เล่มนี้แล้ว มีเนื้อหาน่าสนใจ	4.72	มากที่สุด
2. คู่มือฯ เล่มนี้แล้ว มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการตรวจสอบคุณภาพทางน้ำเบื้องต้นทางชีวภาพโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ อย่างน้อยเพียงใด	4.62	มากที่สุด
3. คู่มือฯ เล่มนี้แล้วจะนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันอย่างน้อยเพียงใด	4.82	มากที่สุด
รวม	4.73	มากที่สุด

จากตาราง 8 และ 9 คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งนักเรียนมีความพึงพอใจคุณภาพด้านเนื้อหา การใช้ภาษา คุณภาพด้านการจัดรูปเล่ม และด้านความคิดเห็นทั่วไป คะแนนเฉลี่ย คือ 4.74 อยู่ในระดับดีมาก แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อการใช้คู่มือ

การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ สูงกว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือ มากขึ้นไป คิดเป็นร้อยละได้ ร้อยละ 94.85 ของกลุ่มตัวอย่างแสดงว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลและเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อหาประสิทธิภาพของ
คู่มือและศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทาง
ชีวภาพเบื้องต้นโดยสาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2
ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนของการวิจัย และผลโดยสรุปดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการใช้คู่มือสำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่
2 โดยวัดทักษะการบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการประเมินตามสภาพจริงให้มีประสิทธิภาพตาม
เกณฑ์ ร้อยละ 70 ขึ้นไป
2. เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำ
เบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

สมมุติฐานในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งสมมุติฐานดังนี้

1. นักเรียนมีประสิทธิผลหลังการใช้คู่มือสูงกว่าก่อนใช้ของคู่มือ เป็นไปตามเกณฑ์ ร้อยละ
70 ขึ้นไป
2. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นโดยใช้สาหร่าย
เป็นตัวบ่งชี้อยู่ในเกณฑ์ตั้งแต่ระดับพึงพอใจมากขึ้นไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่าย
เป็นตัวบ่งชี้ แบ่งขั้นตอนได้เป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

1. การสำรวจ รวบรวมข้อมูลพื้นฐาน และทดลอง
2. การสร้างและพัฒนา คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้
สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ และสมุดทดสอบ

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองใช้คู่มือฯ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี สังกัดสถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร 2 จำนวน 22 ห้องเรียน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี จำนวน 1 ห้องเรียน ได้จากการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับฉลาก มา 1 ห้องเรียน คือ ปวช. 2/1 แผนกการบัญชี จำนวน 40 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. คู่มือตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้
2. สมุดทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. แบบประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้คู่มือฯ
4. แบบประเมินคุณภาพคู่มือฯโดยผู้เชี่ยวชาญ

การดำเนินการทดลอง

การเก็บรวบรวมข้อมูลจัดทำในช่วงโม่งวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมในบทเรียนเรื่อง ทรัพยากรน้ำ โดยใช้กิจกรรมเรื่องการศึกษากระบวนการนิเวศน้ำจืดบริเวณวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ซึ่งรายวิชานี้มีเวลาเรียน 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2/4 แผนกวิชาเลขานุการมีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 40 คนและในการวิจัยนี้ขั้นตอนการทดลองรูปแบบการวิจัย เป็นกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม ทดสอบก่อนการใช้คู่มือฯและหลังการใช้คู่มือฯ (One group pretest posttest design) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2540 : 60-61) มีขั้นตอน ดังนี้

1. ครูอธิบายวิธีการใช้สมุดทดสอบในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ โดยใช้เวลาประมาณ 5 นาที
2. ให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบเพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนใช้คู่มือฯ โดยแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน ได้กลุ่มทั้งหมด 8 กลุ่ม
3. ครูแจกสมุดทดสอบให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 8 กลุ่ม เพื่อลงมือปฏิบัติและบันทึกผลการทำกิจกรรมการศึกษาระบบนิเวศน้ำจืดบริเวณวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี โดยให้ใช้เวลาในการศึกษาเป็นเวลาทั้งสิ้น 60 นาที แล้วส่งสมุดทดสอบคืนครู
4. หลังจากนั้นครูแจกคู่มือฯและชี้แนะการใช้คู่มือฯให้กลุ่มตัวอย่าง เป็นเวลา 10 นาที และให้กลุ่มตัวอย่างศึกษาด้วยตัวเองโดยการอ่านรายละเอียดเนื้อหาของคู่มือฯเพื่อทำความเข้าใจกับวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นเป็นเวลา 30 นาที

5. หลังจากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการใช้คู่มือฯ โดยใช้สมุดทดสอบพร้อมกับคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยให้สำหรับเป็นตัวอย่าง โดยแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน (กลุ่มเดิม) ทั้งหมด 8 กลุ่ม โดยใช้เวลาในการศึกษาทำกิจกรรมเป็นเวลาทั้งสิ้นใช้เวลา 60 นาที โดยใช้เกณฑ์การวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เหมือนก่อนการใช้คู่มือฯ

6. หลังกลุ่มตัวอย่างทั้ง 8 กลุ่ม ทำกิจกรรมเสร็จครูแจกแบบประเมินความพึงพอใจให้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อวัดความพึงพอใจในการใช้คู่มือฯ โดยใช้เวลา 20 นาที ในการตอบแบบประเมิน

7. ครุมนาคะแผนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนการใช้คู่มือฯ กับคะแนนหลังการใช้คู่มือฯ ที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. พัฒนาเครื่องมือ วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1.1 วิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงของคู่มือฯ สมุดทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินคุณภาพคู่มือฯ โดยผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) และแบบวัดความพึงพอใจของการใช้คู่มือฯ

2. ทดสอบสมมติฐาน

2.1 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของคู่มือฯ ตามเกณฑ์ ร้อยละ 70 ขึ้นไป

2.2 วิเคราะห์คะแนนจากสมุดทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนทดลองและหลังทดลองโดยใช้สถิติ t - test dependent เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของการใช้คู่มือฯ เป็นการยืนยันสมมติฐานข้อที่ 1

2.3 วิเคราะห์ความพึงพอใจจากแบบประเมินความพึงพอใจ โดยหาค่าเฉลี่ยและร้อยละ

การวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัย กระทำโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) version 11.5

สรุปผลการวิจัย

1. การหาประสิทธิภาพของคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยให้สำหรับเป็นตัวอย่าง สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 มีค่าดัชนีประสิทธิภาพของคู่มือฯ 0.7081 คิดเป็นร้อยละที่เพิ่มหลังใช้การคู่มือฯ จากก่อนการใช้คู่มือฯ ร้อยละ 70.81 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือร้อยละ 70 ขึ้นไป เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

2. เปรียบเทียบคะแนนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนการใช้คู่มือฯ กับหลังการใช้คู่มือฯ พบว่าคะแนน t จากการคำนวณ มีค่า 65.599 แสดงว่า ผลคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการใช้คู่มือฯ กับก่อนการใช้คู่มือฯ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปได้ว่าคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 ทักษะได้อย่างเชื่อถือได้ด้วยเชื่อมั่น 95 % เป็นการยืนยันสมมติฐานข้อ 1 ที่ตั้งไว้

3. ผลการประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นพบว่า นักเรียนมีความพอใจเกี่ยวกับคู่มือฯ อยู่ในระดับ ดีมาก เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

การอภิปรายผล

ผู้วิจัยนำคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 (ปวช.2) ไปทดลองใช้ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. การหาประสิทธิภาพของคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 โดย เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สมุดทดสอบวัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงว่า นักเรียนมีความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นหลังการใช้คู่มือฯ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและคู่มือฯ มีประสิทธิภาพ 0.708 แสดงว่าหลังการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นร้อยละ 70.80 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือร้อยละ 70 ขึ้นไป แสดงว่าคู่มือตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้เหมาะสำหรับนำมาประกอบการเรียนเรื่องทรัพยากรน้ำ ในวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานเป็นอย่างดี โดยสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับการใช้คู่มือฯ ได้โดยเริ่มจากทักษะขั้นพื้นฐานได้แก่

1. ทักษะการสังเกต(Observing)
2. ทักษะการจำแนกประเภท(Classifying)
3. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล (Organizing Data and Communication)
4. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Infering)

5. ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)

6. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and

Conclusion)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 ทักษะที่กล่าวข้างต้น นักเรียนที่ใช้คู่มือฯพร้อมสมุดทดสอบจะสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 6 ทักษะได้จากการทำกิจกรรมการศึกษาระบบนิเวศน้ำจืด กรณีศึกษาบริเวณวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ซึ่งนักเรียนได้ศึกษาและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนมา เริ่มจากการกำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง ลงมือปฏิบัติ บันทึกผลและสรุปผลการทดลองตอบคำถามทำการทดลอง การที่นักเรียนได้ปฏิบัติด้วยตนเองตามขั้นตอนต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ด้วยตัวเอง ทำให้นักเรียนได้รับความรู้ทั้งที่เป็นตัวความรู้และพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะเกิดขึ้นได้นั้น นักเรียนจะต้องมีความสามารถในการใช้ความคิดและกระบวนการคิดเพื่อค้นหาความรู้ รวมทั้งการแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยตนเอง และต้องลงมือปฏิบัติหลายครั้งจนเกิดความชำนาญ ดังที่ คลอปเฟอร์ (Klopper , 1971 อ้างในเสาวภา สมวิวัฒนกุล,2541: 6) กล่าวว่า “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการที่ใช้ในการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์” และ ผดุงยศ ดวงมาลา (2530: 19-20) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า “เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ เพื่อจะได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ฝึกการสังเกต บันทึกข้อมูล ทำการวัด ตั้งสมมติฐาน หาความสัมพันธ์ของตัวแปร และทำการทดลอง เป็นต้น ซึ่งจากการให้ความหมายดังกล่าวแสดงว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาขึ้นได้โดยการปฏิบัติและฝึกฝนโดยวิธีทางวิทยาศาสตร์จากการศึกษาด้วยตนเอง ดังนั้นจากการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมในสมุดทดสอบคู่กับคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ มีผลให้นักเรียนมีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวิช แจ่มจรัส (2545 : 87) พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องน้ำสกปรกชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p = .000$) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (อ้างในทวิช แจ่มจรัส,2545 : 87) พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากนักเรียนที่เรียนด้วยคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการคู่มือการตรวจสอบ

คุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ สูงกว่าก่อนการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นการยืนยันประสิทธิผลของคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ที่มีความเชื่อมั่นได้ 95% ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

2. ผลการประเมินความพึงพอใจคู่มือของนักเรียน

ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ทำแบบประเมินความพึงพอใจหลังเสร็จกิจกรรม โดยแบบประเมินความพึงพอใจมีเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน คือ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย พึงพอใจน้อยที่สุด ผลปรากฏว่านักเรียนมีความพอใจมากที่สุดนักเรียนส่วนใหญ่มีความคิดว่าลักษณะการจัดรูปเล่ม สวยงาม น่าสนใจ คู่มือฯ มีขนาดที่พกพาสะดวก การเปิดอ่านคู่มือฯ สามารถทำได้สะดวก ลักษณะการจัดภาพ ภาพปกสวยงาม ภาพประกอบเหมาะสมกับเนื้อเรื่อง ภาพประกอบชัดเจน เข้าใจง่าย น่าสนใจ ลักษณะเนื้อหา เนื้อหาให้ความรู้เรื่องการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นและช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เนื้อหามีส่วนช่วยส่งเสริมการป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมทางน้ำ เนื้อหาเข้าใจง่าย เนื้อหามีความยาวเหมาะสม เนื้อหาตรงกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ลักษณะภาษาที่ใช้ใช้ภาษาเข้าใจง่าย ภาษามีความถูกต้อง ขนาดตัวอักษรพอเหมาะ มองเห็นได้ชัดเจนการจัดวางเป็นระเบียบ โดยสรุปนักเรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อคู่มือฯ อยู่ในระดับ มากที่สุด สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ แสดงว่าคู่มือฯ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิผลเพียงพอที่จะนำไปประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ในบทเรียนเรื่องทรัพยากรน้ำได้ ดังที่ สมรภูมิ ขวัญคุ้ม (2530 : 9) กล่าวว่า ระดับความพอใจที่เป็นผลมาจากทัศนคติและความสนใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด และทัศนคติและความสนใจดังกล่าวนี้มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของงาน โดยความพึงพอใจจากการตอบสนองความต้องการของบุคคล ส่วนอุบลลักษณ์ ไชยชนะ (2543 : 36) ได้กล่าวว่า ความพึงพอใจ เป็นความรู้สึกหรือทัศนคติที่เป็นไปตามความคาดหวังที่จะทำให้เกิดความสามารถในการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น และกิตติศักดิ์ มีฤทธิ์ (2545 : 19) กล่าวว่าความพึงพอใจ หมายถึง สภาพความต้องการที่ได้รับการตอบสนองเกิดเป็นความรู้สึกที่ดี ที่ชอบ ประทับใจ ที่มีต่อสิ่งนั้น ๆ โดยเมื่อพอใจสิ่งใดแล้วก็ต้องแสดงออกทางพฤติกรรมโดยเข้าร่วมกับกิจกรรม อุทิศแรงกาย แรงใจ และสติปัญญาที่กระทำในกิจกรรมนั้น จากเหตุผลดังกล่าวการยืนยันได้ว่าคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นนั้นสามารถนำไปประกอบการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมในบทเรียนเรื่องทรัพยากรน้ำได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศัจพร สมบูรณ์ทรัพย์ (2542:85) ที่ศึกษาความพึงพอใจในการพัฒนาหนังสืออ่านเพิ่มเติมชุดป่า ห้องเรียนชีวิตสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากงานวิจัยผลการประเมินความพึงพอใจหนังสืออ่านเพิ่มเติมชุดป่า ห้องเรียนชีวิต ของนักศึกษาปรากฏว่า

นักศึกษาส่วนใหญ่มีความพึงพอใจหนังสืออ่านเพิ่มเติมอยู่ในระดับ ดีมาก รองลงมาอยู่ในระดับดี และส่วนน้อยที่มีความพึงพอใจในระดับพอใช้ เมื่อเปรียบเทียบแล้วเห็นว่านักศึกษาส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์ดีมากจึงสรุปได้ว่าหนังสืออ่านเพิ่มเติมชุดป่า ห้องเรียนชีวิต มีคุณภาพดีเหมาะสมที่จะใช้ประกอบการเรียนการสอน รวมทั้ง แสงสุณี สกุลธนกฤต (2542 : 75) ศึกษาวิจัยเรื่อง “การสร้างและทดลองใช้หนังสืออ่านเพิ่มเติม เรื่องป่าไม้ของกาญจนบุรี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6” สรุปผลการวิจัยได้ว่าสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมเรื่องป่าของกาญจนบุรี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ สามารถนำไปใช้เป็นหนังสืออ่านเพิ่มเติมประกอบการเรียน การสอนวิชา สร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ระดับประถมศึกษาปีที่ 6 ได้อย่างเหมาะสม เพราะนอกจากจะมีประสิทธิภาพทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มเติมขึ้นแล้ว นักเรียนยังมีความพึงพอใจต่อคุณค่าของหนังสือในด้านต่างๆ เป็นอย่างมาก และศิริพร สร้อยนาคนพงษ์ (2543 :109) ศึกษาวิจัยเรื่อง “ การพัฒนาและทดลองใช้คู่มือท่องเที่ยวโบราณสถานในเขตอุทยานประวัติศาสตร์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา “ ผลการวิจัยสรุปว่า คู่มือท่องเที่ยวโบราณสถานในเขตอุทยานประวัติศาสตร์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้ประกอบการท่องเที่ยวในพื้นที่อุทยานได้เป็นอย่างดี ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างพบว่า มีความพึงพอใจในระดับมาก และมีคะแนนสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการใช้คู่มือท่องเที่ยวโบราณสถานมากกว่าก่อนการใช้คู่มืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 ซึ่งพอสรุปได้ว่า นักท่องเที่ยวมีความรู้เพิ่มมากขึ้นหลังจากอ่านคู่มือซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

จากงานวิจัยที่กล่าวข้างต้นเป็นข้อมูลที่ยืนยันได้ว่า ความพึงพอใจในสิ่งหนึ่งสิ่งใดมาก แสดงให้เห็นว่า สิ่ง ๆ นั้นมีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำมาใช้ประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ได้ดี เช่นเดียวกับงานวิจัยครั้งนี้

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. การนำคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ไปใช้ในการเรียนการสอนนั้น ครูจะต้องทดลองก่อนเพื่อที่จะได้ทราบข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นในระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรม
2. การนำคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ไปใช้เป็นกิจกรรมในการเรียนการสอน ต้องให้เวลาในการทำกิจกรรมเพิ่มขึ้นเพราะเป็นการเรียนรู้ด้วยตนเอง นักเรียนต้องใช้เวลาในการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ
3. การใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

นั้น ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดทักษะปฏิบัติในเรื่องของการใช้กล้องจุลทรรศน์ ควรให้ความรู้เรื่องการใช้กล้องจุลทรรศน์ก่อนการใช้คู่มือฯ

4. ควรนำคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ ไปใช้ในกิจกรรมการศึกษาคุณภาพแหล่งน้ำในหลาย ๆ แหล่งน้ำเป็นการปฏิบัติและฝึกฝน ให้เกิดความชำนาญ เพื่อเป็นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เพิ่มขึ้น

5. ควรนำคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ ไปใช้ในท้องถิ่นของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้เฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำในท้องถิ่นของตนเอง

2. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย

1. ควรทำการวิจัยโดยพัฒนาคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ ให้สามารถนำมาใช้ในการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในท้องถิ่นของนักเรียน

2. ควรทำการวิจัยโดยพัฒนาคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ กับตัวแปรอื่น ๆ เช่น เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความตระหนักทางสิ่งแวดล้อม ความสามารถในการตัดสินใจและคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

3. ควรมีการนำคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ ไปวิจัยเพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นอื่นๆ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กฤษณา ชูติมา. (2541). *รู้ไว้ใช้ว่า ประสาวิทยาศาสตร์เล่ม 2*. กรุงเทพฯ:จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
- กาญจนาภรณ์ ลิ้มโนมนต์. (2527). *สาหร่าย*. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 343 หน้า.
- กาญจนาภรณ์ ลิ้มโนมนต์. (2529). *งานวิจัยสาหร่ายทะเลในประเทศไทย*. วารสารวิทยาศาสตร์.
- กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ. (2544). *หนังสือคือชีวิต* กรุงเทพฯ โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กิดานันท์ มลิทอง. (2540). *เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม*. กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กิตติศักดิ์ มีฤทธิ์. (2545). *ความพึงพอใจในการใช้บัตรเครดิตอเมริกันเอ็กเพรส (Amex) ของผู้บริโภค*. สารนิพนธ์ บธ. (การตลาด). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน. ถ่ายเอกสาร.
- กิตสุภา เจริญพร. (2544). *การสร้างและทดลองใช้หนังสืออ่านเพิ่มเติม เรื่อง แนวปะการังไทย...บ้านหลังใหญ่ของสิ่งมีชีวิตใต้ทะเล สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. ปริญญานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล ถ่ายเอกสาร.
- เกษร ใช้บางยาง. (2538). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนโดยใช้วิธีสอนแบบแก้ปัญหา กับวิธีสอนแบบปกติ*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การประถมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- เขมิกาญจน์ ทองมา. (2540). *การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการฝึกสร้างเกมวิทยาศาสตร์ คอมพิวเตอร์กับการสอนตามแนวการสอนของ สสวท*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- ขวัญดาว พุกกะวนิช. (2546). *การพัฒนาหนังสือการ์ตูนการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมป่าชายเลน สำหรับ นักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4*. ปริญญานิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิตการมัธยม (การสอนสิ่งแวดล้อม) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถ่ายเอกสาร.

คณะกรรมการการศึกษาเอกชน, สำนักงาน. (2543). *ความพึงพอใจของผู้รับบริการที่มีต่อ*

การปฏิบัติงานของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน. กรุงเทพฯ : กอง

นโยบายและแผน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน กระทรวงศึกษาธิการ.

เครือทิพย์ เจียรวานิช. (2517). *การสำรวจสาหร่ายน้ำจืดในเขตบางเขน*

กรุงเทพมหานคร. ปรินูณานิพนธ์ (กศ.ม.) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย

วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร ถ่ายเอกสาร.

จรงค์ษ์ ผลประพุดติ.(2519).*การสำรวจสาหร่ายน้ำจืดในเขตอำเภอ ัญบุรี ปทุมธานี*.

ปรินูณานิพนธ์ กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถ่ายเอกสาร.

จารุศรี ศิริธังคาภูธ. (2545). *ความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อการให้บริการของบริษัท WPI*

Electronics Co.,Ltd. สารนิพนธ์ บธม.(การตลาด). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน. ถ่ายเอกสาร.

จินตนา เสริมพงษ์พันธ์.(2545). *คณิตศาสตร์ประยุกต์ 2* กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด.

จิรา จันทโรทัย.(2517). *การสำรวจสาหร่ายน้ำจืดในเขตพญาไทและดุสิตกรุงเทพมหานคร*.

ปรินูณานิพนธ์ กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถ่ายเอกสาร.

ชูชาติ แพน้อย. (2533). *ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติ*

ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเซิมพิทยาคม โดย

ใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. ปรินูณานิพนธ์ศิลปศาสตร์

มหาบัณฑิต ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เชาว์ ทวีผล. (2519). *การสำรวจสาหร่ายในเขตอำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี*. ปรินูณานิพนธ์มหาบัณฑิต กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถ่ายเอกสาร.

นิพนธ์มหาบัณฑิต กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถ่ายเอกสาร.

เชาว์ สังข์จันทร์. (2532). *การสำรวจสาหร่ายทะเลที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ในบริเวณชายฝั่งของ*

จังหวัดนครศรีธรรมราช. ปรินูณานิพนธ์ (กศ.ม.) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน. ถ่ายเอกสาร.

ชัยวัฒน์ อินเสน. (2537). *การสร้างและทดลองใช้หนังสืออ่านเพิ่มเติมสิ่งแวดล้อมศึกษา*

เรื่อง ป่าที่สวยงาม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ศึกษา

มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

ณัฐพงษ์ เจริญทิพย์. (2542). *การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ดวงกมลการ

พิมพ์.

ดำเนิน ยาท่วม. (2536). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางด้านทักษะกระบวนการทาง*

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1 โดยการสอนแบบแก้ปัญหาที่ใช้เทคนิคการ

เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาโลโกกับการสอนตามแนวของ สสวท.

ปริญญาานิพนธ์ กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร ถ่ายเอกสาร.

ทวิช แจ่มจรัส (2545). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำสกัดชีวภาพจาก
วัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น : กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านน้ำพุร้อน จังหวัดสุพรรณบุรี.

ปริญญาานิพนธ์ กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร ถ่ายเอกสาร.

นันทา วิทวุฒิสักดิ์. (2529). หนังสือและการพิมพ์ กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์รุ่งวัฒนา.

นฤมล วิบูลย์สุข. (2529). การศึกษาสาหร่ายน้ำจืดในเขตอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี.

ปริญญาานิพนธ์ (กศ.ม.) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร ถ่ายเอกสาร.

นฤมล แสงประดับ และคณะ. (2541). ดัชนีชีวภาพ สำหรับการจำแนกคุณภาพน้ำทาง
ชีววิทยา ในลุ่มน้ำอ่ง ด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน. ภาควิชาชีววิทยา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นภาพร ศิวกุล. (2521). การเปรียบเทียบสัมฤทธิ์ผลวิชาการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ “
เรื่องดินน้ำและป่าไม้” ด้วยการเรียนจากสไลด์ประกอบเสียง ตำราประกอบ
ภาพ และการบรรยายของนักศึกษาระดับปริญญาตรีในสถาบันฝึกหัดครู.

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

นันทวรรณ สุภากิจ. (2531). การแพร่กระจายของสาหร่ายสีแดงบริเวณชายฝั่งทะเลภาค
ตะวันออกของประเทศไทย. ปริญญาานิพนธ์ (กศ.ม.) : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน ถ่ายเอกสาร.

บุญชม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2534). เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย.

กรุงเทพฯ B & B Publishing.

บุญชม ศรีสะอาด.(2546). การวิจัยสำหรับครู. กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์สุวิทย์สาส์น.

พจน์ สะเพียรชัย. (2517). พัฒนาการวัดผล. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เจริญพัฒน์.

พรพรรณ เลิศทวีสินธุ์, วรวิทย์ ชีวาพร และ ลอ อัมพรพรวดี. (2529). การศึกษาสายพันธุ์ของ
สาหร่ายขนาดเล็กในแหล่งน้ำจืด. รายงานการวิจัย ภาควิชาชีววิทยา คณะ
วิทยาศาสตร์ กรุงเทพมหานครมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พลศึกษา.

พรรณี ภิรมย์ศักดิ์. (2519). การสำรวจสาหร่ายทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดตราด.

ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประธานมิตร ถ่ายเอกสาร.

- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมและสังคมศาสตร์*. สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประธานมิตร
- พิศิษฐ์ แสงวงศ์. (2520). *การศึกษาสำหรับวัยทะเลทางสัณฐานวิทยาและการกระจายในบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี*. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประธานมิตร ถ่ายเอกสาร.
- พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประธานมิตร ถ่ายเอกสาร.
- ไพศาล หวังพานิช. (2523). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ภาพ เลหาไพบูลย์. (2534). *การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา*. เชียงใหม่ : เชียงใหม่คอมเมอร์เชียล.
- มัทธนา เลหาบรรจง. (2517). *การสำรวจหาแร่ในเขตฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยาในจังหวัดนนทบุรี*. ปรินูญานิพนธ์ (กศ.ม.) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประธานมิตร ถ่ายเอกสาร.
- มันลิน ตันทกุลเวศม์.(2538). *คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*.
- เมตตา ศรีสุข. (2546). *ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการเรียนการสอนภาษาญี่ปุ่นของโรงเรียนภาษาและ วัฒนธรรม สยามสงเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น)*. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรี นครินทรวิโรฒ ประธานมิตร ถ่ายเอกสาร.
- ยุพเรศ วังยาฉิม. (2540). *การพัฒนาคู่มือศึกษาธรรมชาติประจำเส้นทางเดินป่าในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขา สิ่งแวดล้อมศึกษา บัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยมหิดล ถ่ายเอกสาร.
- ราเมศ เลียบสื่อตระกูล. (2530). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดชัยนาท ที่มีพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติวิทยาศาสตร์ต่างกันโดยพิจารณาชาวปัญญาเป็นองค์ประกอบร่วม*. ปรินูญามหาบัณฑิต ภาควิชาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถ่ายเอกสาร.

- รัชนี้ เขียวเงิน. (2535). *การศึกษาชนิดของสาหร่ายและคุณภาพน้ำในสระแก้วและบึง*
ราชนกจังหวัดพิษณุโลก. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. พิษณุโลก : บัณฑิตวิทยาลัย
 มหาวิทยาลัยนเรศวร ถ่ายเอกสาร.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ และจิต นวนแก้ว. (2532). *กิจกรรมทักษะกระบวนการทาง*
วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพทางวิชาการ.
- วลีรัตน์ สุภานันท์. (2541). *การสร้างและทดลองใช้คู่มือประกอบการสอนการศึกษานอก*
สถานที่ เรื่องการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมสำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต,
 สาขาสิ่งแวดล้อมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาลัษณ์มิดล ถ่ายเอกสาร.
- วารี เอกสาร. (2537). *ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จาก*
แบบสอบถามปฏิบัติกับแบบสอบถามข้อเขียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่
2 จังหวัดกาญจนบุรี. ปริญญาานิพนธ์ มหาบัณฑิต ภาควิชาการศึกษา
 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถ่ายเอกสาร.
- วันเพ็ญ ภูติจันทร์. (2520). *การสำรวจสาหร่ายทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดชุมพร*.
 ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 ประสานมิตร ถ่ายเอกสาร.
- วัฒนา ระงับทุกข์. (2541). *การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ
 : ต้นอ้อ 1999.
- วิลาวรรณ คุณเจริญ. (2544). *ความพึงพอใจของมหาบัณฑิตต่อโครงการปริญญาโท สาขา*
สังคมสงเคราะห์ในกระบวนการยุติธรรม(ส่วนภูมิภาค) ปริญญาานิพนธ์ (การ
 บริหารและนโยบายสวัสดิการสังคม.) กรุงเทพฯ : คณะสังคมสงเคราะห์ศาสตร์
 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- วีรยา ภัทรอาชาชัย. (2539). *หลักการวิจัยเบื้องต้น* กรุงเทพฯ อินเทอร์เน็ต – เทค ฟรีดิง จำกัด.
- ศจีพร สมบูรณ์ทรัพย์ (2542). *การใช้หนังสืออ่านเพิ่มเติม ชุด ป่า ; ห้องเรียนชีวิตสำหรับ*
นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. ปริญญาานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย
 มหาวิทยาลัยมหิดล ถ่ายเอกสาร.
- ศรีสุวรรณา เดชอุดม. (2528). *ทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น*
มัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัชรวิทยา จังหวัดกำแพงเพชร. ปริญญาานิพนธ์
 ภาควิชาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศรีสุดา จินดาพล. (2519). *การสำรวจสาหร่ายทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดตรัง*.
 ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประสานมิตร ถ่ายเอกสาร.

- ศิริพร สร้อยนาคนพงษ์. (2543). *การพัฒนาและทดลองใช้คู่มือท่องเที่ยวโบราณสถาน ในเขตอุทยานประวัติศาสตร์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา*. วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล ถ่ายเอกสาร.
- สร้อยทิพย์ สมัคร์เขตรการณ. (2543). *การพัฒนาคู่มือศึกษาธรรมชาติเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศประจำเส้นทางศึกษาธรรมชาติ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว*. วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล ถ่ายเอกสาร.
- สมชาย สกุลทับ. (2519) *การศึกษาสาหร่ายทะเลบริเวณชายฝั่งรอบเกาะภูเก็ต*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ถ่ายเอกสาร.
- สมทรง สิตลายัน. (2516). *การศึกษาเกี่ยวกับลักษณะหนังสือที่ได้กชอบ*. วิทยานิพนธ์ วิทยานิพนธ์โท บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมศักดิ์ โชคนุกูล. (2518). *การศึกษาการแพร่กระจายของสาหร่ายชนิดต่างๆ ในเขตตลิ่งชันกรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์ (กศ.ม.) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ถ่ายเอกสาร.
- สมศักดิ์ แสนสุข. (2530). *ความรู้บางประการเกี่ยวกับสาหร่าย และแนววินิจฉัยสาหร่ายน้ำจืดและน้ำกร่อย*. เอกสารประกอบการสอน ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, เจริญวิทย์การพิมพ์, กรุงเทพฯ,
- สรวีศ เผ่าทองสุข. (2543). *สาหร่าย ศักยภาพการวิจัยและพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายในประเทศไทย*. เอกสารเผยแพร่ชุดโครงการ “อุตสาหกรรมสัตว์น้ำ “ สกว. ชุดที่ 2 กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ลาวัณตรี ศรีสุข. (2537). *การหนังสือเพื่อการสื่อสารพัฒนาการ : คู่มือการศึกษาธรรมชาติในป่าดิบเขา*. วิทยานิพนธ์ วารสารศาสตร์มหาบัณฑิต(สื่อสารมวลชน) : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ถ่ายเอกสาร.
- สุโขทัยธรรมมาธิราช, มหาวิทยาลัย. (2532). *ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต*. เอกสารประกอบการสอนชุดวิชานิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- สุชาดา ศรีเพ็ญ, คุณหญิง. (2542). *พรรณไม้น้ำในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง.
- สุทธิ แสงพนัสธาดา. (2528). *การศึกษาแพลงค์ตอนในอ่างเก็บน้ำมาบประชัน จังหวัดชลบุรี*. วิทยานิพนธ์ (กศ.ม.) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน ถ่ายเอกสาร.

สุมลวรรณ นันทกุล. (2518). *การสำรวจสาหร่ายในเขตบางบัวทอง นนทบุรี. ปรินิพนธ์*

(กศ.ม.) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
ถ่ายเอกสาร.

สุพัฒน์ ศรีสัมฤทธิ์. (2545). *ความพึงพอใจของผู้เรียน และผู้สอนหลักสูตร*

ประกาศนียบัตรวิชาชีพในวิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม ที่มีต่อการเรียน
อาชีวศึกษาระบบทวิภาคี. ปรินิพนธ์ (กศ.ม.) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ถ่ายเอกสาร.

สุนันทา มั่นสมงคล. (2518). *การสำรวจสาหร่ายเขตราชบุรีบูรณะ กรุงเทพมหานคร.*

ปรินิพนธ์ (กศ.ม.) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร ถ่ายเอกสาร.

สุรพล วิทโณบลย์ (2543). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย*

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ถ่ายเอกสาร.

สุรินทร์ , สมสุข มัจฉาชีพ. (2539). *สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ. กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์แพรววิทยา.*

สุวัฒน์ นิยมคำ. (2517). *การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด. กรุงเทพฯ : วัฒนา*
พานิช.

แสงสุณี สกุลธนกฤต. (2542). *การสร้างและทดลองใช้หนังสืออ่านเพิ่มเติมเรื่องป่าไม้ของ*

กาญจนบุรีสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ปรินิพนธ์
ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสิ่งแวดล้อมศึกษา : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยมหิดล ถ่ายสำเนา.

ลำราญ ขวัญเกื้อ. (2518). *การศึกษาพื้นฐานวิทยาและการกระจายของสาหร่ายในเขต*

อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ. ปรินิพนธ์ (กศ.ม.)
กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
ถ่ายเอกสาร.

สมศักดิ์ แสนสุข. (2521). *สาหร่ายภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัย*

ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

หทัย ดันหยง. (2528). *การเขียนหนังสือแบบเรียน คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัย*

ศรีนครินทรวิโรฒ.

อรอุมา ละมุล (2541). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องความสามารถของวัสดุ*

ธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนัก ที่ใช้สอนในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. ปรินิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ :

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ถ่ายเอกสาร.

อนันต์ ปานสุภวัชร. (2519). *การสำรวจสาหร่ายในเขต อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร*.

ปริญญาานิพนธ์ (กศ.ม.) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร ถ่ายเอกสาร.

อนันต์ ศรีโสภ. (2527). *หลักการวิจัยเบื้องต้น* กรุงเทพฯ วัฒนาพานิช.

อังคณา สายยศ. (2523). *วิธีการวิจัยทางการศึกษา*. สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา กรุงเทพฯ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อุดมลักษณ์ ไชยชนะ. (2543). *การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจในการเรียน
กับความสอดคล้องในการเลือกคณะของนักศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่*.

ปริญญาานิพนธ์ กศม. (จิตวิทยาการแนะแนว). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ถ่ายเอกสาร.

อุไร จิรมงคลการ. (2542). *คู่มือคนรักต้นไม้ พรรณไม้น้ำ*. กรุงเทพฯ บ้านและสวน

หนังสือพิมพ์ สยามรัฐ 9 ตุลาคม 2546 online

<http://www.school.net.th/library/create-web/10000/science/10000-5671.html>

<http://www.thaibase.com/research/g05/ks00931.htm>

<http://www.marine.biotech.or.th/AlgalClub/Newslet1-1.htm>

<http://techno.fisheries.go.th/>

<http://www.rppeo.org> 16/02/47

<http://www.environnet.in.th>

<http://www.rb.ac.th/org/research/rajabhat/ris>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญเครื่องมือในการวิจัย

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพคู่มือฯสำหรับผู้เชี่ยวชาญ
ในการประเมินคุณภาพคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

คำชี้แจง แบบประเมินคุณภาพคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้น
โดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

คำชี้แจง แบบประเมินคุณภาพคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้
สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ แบ่งออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพ
เบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

ตอนที่ 3 การแสดงความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำ
ทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

โปรดเขียนเครื่องหมาย **✓** ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด และ
โปรดระบุข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

ชื่อ-สกุล

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของคู่มือฯ

รายการประเมิน	ดีมาก 5	ดี 4	พอใช้ 3	ควร ปรับปรุง 2	ไม่มี คุณภาพ 1
คุณภาพด้านเนื้อหา					
1. เนื้อหามีความถูกต้องตามหลักวิชาการ					
2. มีการกำหนดหัวข้อเรื่องสอดคล้องกับ เนื้อหาของเรื่องนั้น ๆ					
3. เนื้อหาทำให้ผู้อ่านเกิดทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์เรื่องการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นทางชีวภาพ					

รายการประเมิน	ดีมาก 5	ดี 4	พอใช้ 3	ควร ปรับปรุง 2	ไม่มี คุณภาพ 1
4. เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์					
5. เนื้อหาทำให้ผู้อ่านเกิดความรู้เรื่องการ ตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้น					
6. เนื้อหามีลำดับขั้นตอนต่อเนื่อง					
7. เนื้อหามีประโยชน์ สามารถนำความรู้ที่ได้มา ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้					
8. เนื้อหามีส่วนช่วยส่งเสริมการป้องกันและ แก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม					
คุณภาพด้านการใช้ภาษา					
9. การใช้ภาษาเหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้ อ่าน					
10. การใช้ภาษามีความถูกต้อง ชัดเจน					
11. การลำดับขั้นตอนมีความต่อเนื่องเข้าใจง่าย					
คุณภาพด้านการจัดภาพประกอบ					
12. ภาพประกอบตรงกับเนื้อหา					
13. ภาพประกอบชัดเจนสีสันสวยงาม					
14. ภาพประกอบสามารถสื่อความหมายให้เข้าใจ ได้ง่าย					
คุณภาพด้านการจัดรูปเล่ม					
15. รูปเล่มคู่มือฯ เหมาะสมและน่าสนใจ					
16. ปกคู่มือฯ น่าสนใจ และสื่อความหมายถึง เนื้อหาในคู่มือฯ					
17. วิธีการเรียบเรียงเนื้อหา					

ตอนที่ 3 การแสดงความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับคู่มือฯ

1. คู่มือฯ มีความเหมาะสมในการใช้ประกอบการเรียนเรื่องทรัพยากรน้ำ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์
สิ่งแวดล้อม

- | | | |
|---------|--------------------------|-------------|
| เหมาะสม | ☐ | ดีมาก |
| | ☐ | มาก |
| | ☐ | พอใช้ |
| | ☐ | ควรปรับปรุง |
| | ☐ | ไม่มีคุณภาพ |

2. คู่มือฯ มีเนื้อหาที่ให้ความรู้เรื่องการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นทางชีวภาพ

- | | | |
|----------------------|--------------------------|-------------|
| เนื้อหาที่ให้ความรู้ | ☐ | ดีมาก |
| | ☐ | มาก |
| | ☐ | พอใช้ |
| | ☐ | ควรปรับปรุง |
| | ☐ | ไม่มีคุณภาพ |

3. เมื่ออ่านคู่มือฯ นี้แล้ว ท่านคิดว่าตนเองสามารถมีส่วนร่วมในการป้องกันและแก้ไขปัญหา

- | | | |
|-----------------------|--------------------------|-------------|
| สิ่งแวดล้อมได้ระดับใด | ☐ | ดีมาก |
| | ☐ | มาก |
| | ☐ | พอใช้ |
| | ☐ | ควรปรับปรุง |
| | ☐ | ไม่มีคุณภาพ |

4. ข้อเสนอแนะที่ควรปรับปรุงแก้ไขจากตอนที่ 2

(มีต่อ)

5. ความคิดเห็นอื่นๆ เกี่ยวกับ คู่มือฯ

ขอขอบพระคุณอย่างสูง
นางสาวณัฐวรรณ เอี่ยมขำ

แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญในการประเมินสมุดทดสอบเพื่อใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ที่ได้เรียนโดยใช้คู่มือฯ

วัตถุประสงค์

แบบประเมินนี้ใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญใช้ประเมินสมุดทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินประสิทธิผลของคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2

คำชี้แจง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการประเมินประสิทธิผลของคู่มือโดยใช้สมุดทดสอบเป็นเครื่องมือในการวัดโดยใช้การวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 6 ทักษะได้แก่

1. ทักษะการสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น ๆ โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต อาจแบ่งเป็น 3 อย่าง คือ ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง

2. ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง การจัดแบ่งหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยมีเกณฑ์ในการจัดแบ่ง เกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือนความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้

3. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล (Organizing Data and Communication) หมายถึงการนำข้อมูลดิบที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง หรือจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ โดยอาศัยวิธีการต่างๆ เช่น การหาความถี่ การเรียงลำดับ การจัดแยกประเภท การคำนวณหาค่าใหม่ เป็นต้น ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ สามารถเขียนตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ไดอะแกรม วงจร กราฟ สมมติฐาน การเขียนบรรยาย ฯลฯ ได้

4. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Infering) หมายถึง การอธิบายข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้วคือ อธิบาย หรือสรุปเกินข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยตรง โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

5. ทักษะการพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทดลอง

โดยอาศัยประสบการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการสรุปความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้วคือใช้ข้อสรุปจากการทดลองที่ได้แล้วนำมาคาดคะเนคำตอบในเรื่องนั้น ๆ ที่ยังไม่ได้ทดลอง ใช้ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ กฎ หลักการ หรือทฤษฎีที่ได้ทำการทดลองเป็นที่ยอมรับแล้ว คาดคะเนคำตอบอื่นๆ ในเรื่องนั้นที่ยังไม่ได้ทำการทดลอง

6. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion) หมายถึง การบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลหรือตัวแปรที่ได้จากการทดลอง ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้วคือ บรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ (ได้จากการทดลอง) บอกความสัมพันธ์ของข้อมูล หรือตัวแปรที่มีอยู่ (ได้จากการทดลอง)

ในสมุดทดสอบการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ ประกอบด้วย กิจกรรม 1 กิจกรรม คือกิจกรรมการศึกษาระบบนิเวศน้ำจืดบริเวณวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี โดยให้นักเรียนทำลงในสมุดทดสอบ ซึ่งกิจกรรมที่สร้างขึ้นจะเป็นการนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 6 ทักษะมาใช้ควบคู่กับการใช้คู่มือฯ

ชื่อ – สกุล

ตำแหน่ง.....

สถานที่ทำงาน.....

คำชี้แจง

โปรดประเมินความสอดคล้องของข้อความ ตัวเลือก กับทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างใต้เครื่องหมายที่แสดงระดับ
น้ำหนักความคิดเห็นของท่านและหากมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม โปรดเขียนลงในช่องหมายเหตุ โดย
กำหนดให้

+ 1	หมายถึง	สอดคล้อง
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
- 1	หมายถึง	ไม่สอดคล้อง

ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์	ระดับความคิดเห็น			หมายเหตุ
	+1	0	-1	
1. การสังเกต				
2. การจำแนก				
3. การจัดกระทำและสื่อ ความหมายข้อมูล				
4. การลงความคิดเห็นข้อมูล				
5. การพยากรณ์				
6. การตีความหมายข้อมูลและ ลงข้อสรุป				

ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

...../...../.....

แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญในการประเมิน คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้น
โดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2

วัตถุประสงค์

แบบประเมินนี้ใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญใช้ประเมินคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2

คำชี้แจง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการสร้างคู่มือฯ เล่มนี้ เพื่อให้ให้นักเรียนได้ศึกษาถึงความสำคัญของคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นด้วยตนเอง เข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดพันธุ์ของสาหร่ายกับคุณภาพน้ำ สามารถตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นจากคู่มือฯ วิเคราะห์และประเมินคุณภาพน้ำเบื้องต้นด้วยตนเอง

ภายในคู่มือฯ จะประกอบด้วย วิธีการใช้คู่มือ เนื้อหาคุณภาพน้ำเบื้องต้นและดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ การใช้อุปกรณ์ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นและวิธีการเก็บตัวอย่าง ชนิดของสาหร่ายที่นิยมใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำซึ่งประกอบด้วย รูปภาพของสาหร่ายแต่ละชนิดที่เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำเบื้องต้นพร้อมทั้งรายละเอียดเกี่ยวกับ ชื่อวิทยาศาสตร์ ลักษณะเด่น แหล่งที่พบ วิธีการจำแนกชนิดของสาหร่าย และวิธีการประเมินผลคุณภาพน้ำโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

ชื่อ – สกุล

ตำแหน่ง.....

สถานที่ทำงาน.....

คำชี้แจง

โปรดประเมินความสอดคล้องของคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ กับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างใต้เครื่องหมายที่แสดงระดับน้ำหนักความคิดเห็นของท่านและหากมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม โปรดเขียนลงในช่องหมายเหตุ โดยกำหนดให้

+ 1	หมายถึง	สอดคล้อง
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
- 1	หมายถึง	ไม่สอดคล้อง

รายการประเมิน	ความสอดคล้อง				
	ผู้เชี่ยวชาญ				
	1	2	3	4	5
1. ให้นักเรียนได้ศึกษาถึงความสำคัญของคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นด้วยตนเอง					
2. ให้นักเรียนเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายกับคุณภาพน้ำ					
3. ให้นักเรียนตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นจากคู่มือฯด้วยตนเอง					
4. ให้นักเรียนวิเคราะห์และสรุปคุณภาพน้ำเบื้องต้นด้วยตนเอง					
5. ให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้น					
6. ให้นักเรียนเกิดความรู้สึกรักและมีส่วนร่วมในการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในท้องถิ่นของตนเอง					
รวม					

ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

...../...../.....

แบบวัดความพึงพอใจ

ในการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้
(สำหรับนักเรียน)

- คำชี้แจง** แบบประเมินความพึงพอใจคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้น
โดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ แบ่งออกเป็น 3 ตอน
- ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว
- ตอนที่ 2 การประเมินความพึงพอใจคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพ
เบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้
- ตอนที่ 3 การแสดงความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำ
ทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

โปรดเขียนเครื่องหมาย **✓** ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด และ
โปรดระบุข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

ชื่อ – สกุล

เพศ.....อายุกำลังศึกษาอยู่ในระดับ.....

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของคู่มือฯ

รายการประเมิน	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1
ลักษณะการจัดรูปเล่ม					
1. รูปเล่มสวยงาม น่าสนใจ					
2. คู่มือฯ มีขนาดที่พกพาสะดวก					
3. การเปิดอ่านคู่มือฯ สามารถทำได้สะดวก					

รายการประเมิน	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1
ลักษณะการจัดภาพ					
4. ภาพปกสวยงาม น่าสนใจ					
5. ภาพประกอบเหมาะสมกับเนื้อเรื่อง					
6. ภาพประกอบชัดเจน เข้าใจง่าย					
ลักษณะเนื้อหา					
7. เนื้อหาให้ความรู้เรื่องการตรวจสอบคุณภาพ น้ำทางชีวภาพเบื้องต้นและช่วยพัฒนาทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์					
8. เนื้อหามีส่วนช่วยส่งเสริมการป้องกันและ แก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมทางน้ำ					
9. เนื้อหาเข้าใจง่าย					
10. เนื้อหามีความยาวเหมาะสม					
11. เนื้อหาตรงกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้					
ลักษณะภาษาที่ใช้					
12. ใช้ภาษาเข้าใจง่าย					
13. ภาษามีความถูกต้อง					
14. ขนาดตัวอักษรพอเหมาะ มองเห็นได้ชัดเจน การจัดวางเป็นระเบียบ					

ตอนที่ 3 การแสดงความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับคู่มือฯ

1. เมื่ออ่านคู่มือฯ เล่มนี้แล้ว นักเรียนมีความเห็นอย่างไรเกี่ยวกับเนื้อหา

- เนื้อหาที่น่าสนใจ
- ☐ มากที่สุด
- ☐ มาก
- ☐ ปานกลาง
- ☐ น้อย
- ☐ น้อยที่สุด

2. เมื่ออ่านคู่มือฯ เล่มนี้แล้ว นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นทางชีวภาพโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ มากน้อยเพียงใด

- มีความรู้ความเข้าใจ ☐ มากที่สุด
☐ มาก
☐ ปานกลาง
☐ น้อย
☐ น้อยที่สุด

3. เมื่ออ่านคู่มือฯ นี้แล้ว นักเรียนคิดว่าจะนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มากน้อยเพียงใด

- นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ☐ มากที่สุด
☐ มาก
☐ ปานกลาง
☐ น้อย
☐ น้อยที่สุด

4. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับที่ควรปรับปรุงแก้ไขจากตอนที่ 2

5. ความคิดเห็นอื่นๆ เกี่ยวกับ คู่มือฯ

ขอขอบคุณนักเรียนทุกคน
 นางสาวณัฐวรรณ เอี่ยมขำ

ภาคผนวก ค

คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้น

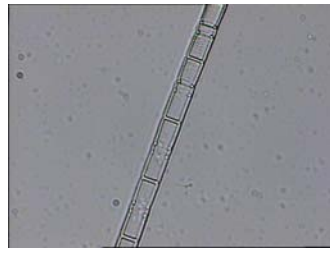
โดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2



ณัฐวรรณ เอี่ยมคำ

คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้น
 โดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้
 สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2



ณัฐวรรณ เอี่ยมขำ

คำนำ

คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ เป็นคู่มือที่นำมาใช้ประกอบการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ในบทเรียนเรื่องทรัพยากรน้ำ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 เพื่อให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำและวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น อันจะเป็นแนวทางให้นักเรียนสามารถดูแลและเฝ้าระวังทรัพยากรน้ำในท้องถิ่นของตนเองได้

ผู้วิจัยได้รวบรวมชนิดของสาหร่ายที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า และสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยจะจำแนกตามชนิดของสาหร่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อให้ข้อมูลที่ถูกต้องชัดเจนยิ่งขึ้น จากนั้นทำการตรวจสอบสาหร่ายที่พบกับเอกสารอ้างอิงเพื่อให้ได้เนื้อหาที่ถูกต้องตามหลักวิชาขณะเดียวกันผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยการทดลองภาคสนามและในห้องปฏิบัติการหลังจากนั้นจึงรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดจัดเป็นรูปเล่มในลักษณะคู่มือที่มีรูปภาพประกอบที่ชัดเจนสวยงามและง่ายต่อการใช้งานสำหรับให้นักเรียนใช้ประกอบการฝึกปฏิบัติภาคสนาม

นางสาวณัฐวรรณ เอี่ยมจำ

วันที่ 20 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2548

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1. ให้นักเรียนได้ศึกษาถึงความสำคัญของคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นด้วยตนเอง
2. ให้นักเรียนเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายกับคุณภาพน้ำ
3. ให้นักเรียนตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นจากคู่มือฯด้วยตนเอง
4. ให้นักเรียนวิเคราะห์และสรุปคุณภาพน้ำเบื้องต้นด้วยตนเอง
5. ให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 6 ทักษะได้แก่ ทักษะการสังเกต(Observing) ทักษะการจำแนกประเภท(Classifying) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล (Organizing Data and Communication) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Infering) ทักษะการพยากรณ์ (Predicting) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion)
6. ให้นักเรียนเกิดความรู้สึกรักและมีส่วนร่วมในการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในท้องถิ่นของตนเอง

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 วิธีการใช้คู่มือ	1
บทที่ 2 คุณภาพน้ำทางชีวภาพและดัชนีบ่งชี้	
คุณภาพน้ำทางชีวภาพ	3
- คุณภาพน้ำทางชีวภาพ	3
- คุณภาพน้ำทางกายภาพ	7
- คุณภาพน้ำทางเคมี	11
- ลักษณะแหล่งน้ำต่าง ๆ	15
- แหล่งน้ำเปิด	17
- ดัชนีบ่งชี้คุณภาพ	18
- การตรวจสอบคุณภาพน้ำ	22
บทที่ 3 การใช้อุปกรณ์ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพและวิธีการเก็บ	
ตัวอย่างสาหร่าย	27
- อุปกรณ์ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำโดย	
ใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้	27
- ส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์และ	
หน้าที่	27
- การใช้กล้องจุลทรรศน์	28
- ข้อควรระวังในการใช้กล้องจุลทรรศน์	29
- วิธีการเก็บตัวอย่างสาหร่าย	30
- การเลือกสถานที่เก็บตัวอย่าง	31
- เวลาที่เก็บตัวอย่าง	31
- การคำนึงถึงความปลอดภัย	32
บทที่ 4 สาหร่ายที่ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ	
ทางชีวภาพเบื้องต้น	33
- ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสาหร่าย	33
- สาหร่ายน้ำจืดที่พบในประเทศไทย	34
- สาหร่ายที่เจริญอยู่ในน้ำ	35
- สภาพนิเวศวิทยาที่มีผลกระทบต่อ	

	การกระจายของสาหร่าย	37
	- ความสำคัญของสาหร่ายต่อระบบนิเวศ	38
	- การใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้สภาพมลพิษทางน้ำ	39
	- ส่วนประกอบของเซลล์สาหร่าย	43
	- สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	46
	- ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	47
	- สาหร่ายสีเขียว	56
	- สาหร่ายไฟ	64
	- ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายไฟ	65
	- พวกร Tracheophyta	70
บทที่ 5	วิธีการจำแนกชนิดของสาหร่าย	81
บทที่ 6	วิธีการประเมินผลคุณภาพน้ำโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้	82

บทที่ 1

วิธีการใช้คู่มือ

คู่มือฉบับนี้เป็นแนวทางที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเซลล์เดียว และสาหร่ายที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าที่มีเซลล์เรียงกันเป็นสายที่เรียกว่า ทัลลัส (thallus) ประกอบด้วยสาหร่าย จำนวน 4 คิวชั้น ได้แก่ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Division Cyanophyta) สาหร่ายสีเขียว (Division Chlorophyta) สาหร่ายไฟ (Division Charophyta) สาหร่ายยูกลีโนยด์ (**Division Euglenophyta**) และรวมถึงพืชชั้นสูงที่ชาวบ้านเรียกว่าสาหร่าย Tracheophyta รวมทั้งสิ้น 30 ชนิด เป็นตัวแทนบ่งชี้คุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้น ของแหล่งน้ำธรรมชาติในตำบลบ้านกลาง อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี กรณีศึกษาแหล่งน้ำบริเวณสวนผักผลไม้ ที่อยู่อาศัยและบ้านพักครูวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยการใช้คู่มือฯ ประกอบการตรวจสอบคุณภาพน้ำซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

1. สำนวณลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำที่ทำ

การเก็บตัวอย่างน้ำและสาหร่ายบันทึกอธิบายลักษณะ ลงในตารางที่กำหนดให้ และวาดรูปบริเวณที่สำรวจแหล่งน้ำโดยศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำทางกายภาพเพิ่มเติมได้จากจากบทที่ 2

2. กำหนดจุดที่จะเก็บตัวอย่างสาหร่าย โดยศึกษา

รายละเอียดของวิธีการกำหนดจุดตัวอย่างของแหล่งน้ำจาก บทที่ 2

3. ศึกษารายละเอียดการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการเก็บ

ตัวอย่างสาหร่ายและตัวอย่างน้ำจากบทที่ 3

2 เปรียบเทียบชนิดของสาหร่ายที่พบกับรูปสาหร่ายที่

ปรากฏในคู่มือ ฯ บทที่ 4

3 จำแนกสาหร่าย ด้วยกล้องจุลทรรศน์ในห้อง

ปฏิบัติการ โดยเทียบลักษณะของเซลล์สาหร่ายแต่ละชนิดในบทที่ 4 อีกครั้งซึ่งจะมีลักษณะของเซลล์ที่ระบุชนิด (species) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและชัดเจนยิ่งขึ้น

4 ศึกษารายละเอียดของสาหร่ายที่พบจากคำบรรยายได้

ภาพในบทที่ 4

5 ตรวจสอบชนิดของสาหร่ายที่พบให้ถูกต้องอีกครั้ง

กับรูปภาพในคู่มือก่อนที่จะบันทึกเพื่อป้องกันการผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น

6 บันทึกผลลงในตารางบันทึกผล และประเมินคุณภาพ

ของแหล่งน้ำโดยอ้างอิงจากหนังสือคู่มือฯ

บทที่ 2

คุณภาพน้ำทางชีวภาพและดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำทางชีวภาพ

น้ำเป็นสารประกอบที่มีอยู่เป็นจำนวนมากมายมหาศาลบนพื้นโลกปริมาณน้ำที่อยู่ในมหาสมุทร น้ำแข็งที่ขั้วโลก ธารน้ำแข็ง ทะเลสาบ แม่น้ำ น้ำใต้ดินและในบรรยากาศรวมกันแล้วมีอยู่ประมาณ 1.5 พันล้านลูกบาศก์กิโลเมตร แต่ในปริมาณดังกล่าวมีส่วนที่เป็นน้ำจืดเพียงร้อยละ 3 เท่านั้น คุณสมบัติของน้ำในด้านต่าง ๆ ที่มีต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต เช่น พืชและสัตว์ เราเรียกว่าคุณภาพของน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมได้ให้ความหมายของคุณภาพน้ำว่า หมายถึง ความเหมาะสมของน้ำในแง่ของการอุปโภคบริโภค มีคุณสมบัติเหมาะสมซึ่งขึ้นอยู่กับชนิด และปริมาณของสารต่าง ๆ ที่ละลายในน้ำนั้น ๆ (www.environnet.in.th 4/02/47) ซึ่งการศึกษาคุณภาพของน้ำแบ่งได้เป็น 3 ชนิดดังนี้คือ

1. คุณภาพน้ำทางชีวภาพ

การศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพเป็นการนำสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้นมาใช้บ่งชี้คุณภาพน้ำ ที่นิยมมากที่สุดคือ

1. แบคทีเรีย เพราะแบคทีเรียทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์โดยเฉพาะโรคต่าง ๆ ที่สามารถแพร่กระจายได้ในน้ำ เช่น อหิวาตกโรค โรคทางเดินอาหาร ไข้รากสาด โรคโปลิโอ โรคไวรัสตับอักเสบ และโรคบิด เป็นต้น กลุ่มแบคทีเรียที่นิยมศึกษา ได้แก่ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย(Coliform bacteria) และเฟคาลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (fecal coliform bacteria) สามารถตรวจหาได้โดยวิธีที่ไม่ซับซ้อน การตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียหรือเชื้อโรคในน้ำ

2. การศึกษาสาหร่าย นำน้ำตัวอย่างมาตรวจหาชนิดของสาหร่ายโดยศึกษารูปร่างและลักษณะของสาหร่ายที่พบ จัดจำแนกสาหร่ายที่พบตั้งแต่อาณาจักรถึงระดับสปีชีส์ บันทึกภาพโดยใช้กล้องจุลทรรศน์พร้อมอุปกรณ์ถ่ายภาพ

2. คุณภาพน้ำทางกายภาพ

คุณลักษณะทางด้านกายภาพของน้ำ เกิดขึ้นจากสารบางอย่างที่รับทราบได้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของมนุษย์ สารเหล่านี้สามารถถูกกำจัดออกจากน้ำได้ และมักเป็นอันตรายน้อยกว่าสารในน้ำประเภทอื่นๆ โดยคุณสมบัติดังนี้

2.1 ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นหมายถึง สิ่งแขวนลอยที่กั้นทางเดินของแสงในน้ำ ความขุ่นของน้ำเกิดจากสิ่งแขวนลอยนานา ชนิดที่มีขนาดแตกต่างกัน อาจเป็นพวกอินทรีย์สาร อนินทรีย์สาร แพลงตอน และสิ่งมีชีวิตเล็กๆ สิ่งเหล่านี้จะทำให้เกิดการกระจัดกระจาย (Scattered) และดูดซึม (Absorbed)

ของแสงแทนที่จะปล่อยให้แสงผ่านไปเป็นเส้นตรง สิ่งแขวนลอยที่เป็นความขุ่นในน้ำจะเป็นสิ่งใด ขึ้นอยู่กับการสัมผัสของน้ำที่ไหลผ่าน ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า ความขุ่นเป็นลักษณะสมบัติเฉพาะของน้ำผิวดิน น้ำใต้ดินมักไม่มีความขุ่น ความขุ่นสามารถสังเกตได้ง่าย ความขุ่นของน้ำอาจวัดได้

2 วิธี คือ

1. วัดปริมาณแสงที่ส่องทะลุความขุ่น (Turbidimetry)
2. วัดปริมาณแสงที่กระทบความขุ่นและสะท้อนออกมาในทิศทางตั้งฉากกับลำแสง (Nephelometry)

2.2 สี (Color)

สีในแหล่งน้ำธรรมชาติที่เราเห็นนั้นเป็นสีที่ปรากฏ ซึ่ง

มาจากแสงที่ส่องลงในน้ำแล้วเกิดการกระจายของแสงโดยโมเลกุลของน้ำกลับเข้าสู่ตาของเรา การที่ปรากฏสีของแหล่งน้ำเป็นสีต่างๆกันเพราะอนุภาคต่างๆ ที่แขวนลอยในน้ำจะสามารถดูดกลืนและกระจายแสงกลับคืนเข้าสู่ตาเราแตกต่างกัน ขึ้นกับองค์ประกอบของอนุภาคและขนาดของอนุภาคนั้นการเก็บตัวอย่างน้ำควรเก็บในภาชนะแก้วที่สะอาดและควรวิเคราะห์หาค่าทันทีที่เก็บตัวอย่างมา แต่ถ้าไม่สามารถทำได้จะต้องเก็บไว้ในตู้เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส สีของน้ำแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

6.2.1 สีปรากฏ (Apparent Color) เกิดจากสาร

แขวนลอยต่างๆ สารแขวนลอยซึ่งทำให้เกิดสีที่ปรากฏ ได้แก่ พืชเล็กๆ ในน้ำเช่น phytoplankton และ zooplankton รวมทั้งสิ่งที่ไม่มีชีวิตบางประเภท เช่นเกร็ดของซากพืชและสัตว์ต่าง ๆ ตะกอนดินและทรายหรือไม่ก็เกิดจากการสะท้อนของท้องฟ้า

2.2.2 สีแท้ (True Color) ซึ่งเป็นสีของน้ำที่เกิด

จากการย่อยสลายของพืชหรืออนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ วิธีวัดสีแท้ของน้ำตามธรรมชาติอาจทำได้ โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำขึ้นมาทำการกรองสิ่งที่แขวนลอยออกไป การกรองต้องใช้ Millipore filter หรือไม่ก็ทำการ centrifuge แล้วนำส่วนที่เป็นน้ำแท้จริงมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่เราเตรียมขึ้น สีของน้ำเทียบได้กับสีที่เกิดจากเกลือแพลตตินัมในรูปของ K_2PtCl_6 หรือโปตัสเซียมคลอโรแพลตตินेट สีที่เกิดขึ้นจากสารประกอบแพลตตินัมนี้จะเป็นสีเหลืองที่คล้ายกับสีธรรมชาติ และถ้าผสมโคบอลตคลอไรด์ ($CoCl_2$) เล็กน้อยลงไปจะทำให้มีสีเหมือนธรรมชาติมากขึ้น เกลือแพลตตินัมดังกล่าวเข้มข้น 1 มก./ล. จะมีสีเข้มข้น 1 หน่วย (1 unit = 1 mg Pt / 1) ค่าของหน่วยดังกล่าวมีตั้งแต่ 1 ซึ่งใสมาก ไปจนถึง 300 ซึ่งมีสีคล้ำมาก สารละลายที่ทำให้เกิดสีที่แท้จริงได้แก่ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตและส่วนประกอบของสารทั้งสามประเภทดังกล่าว วิธีวัดสีโดยวิธีเปรียบเทียบด้วยตามีดังนี้

1. วิธีเปรียบเทียบโดยใช้หลอดเนสเตอร์
2. วิธีเปรียบเทียบโดยใช้ Test Kit (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวด, 38-39, 2539)

2.3 กลิ่นและรส

กลิ่นและรสในน้ำเกิดจากสาเหตุดังต่อไปนี้ (มันสิน , 2538)

1. จุลินทรีย์ต่างๆ เช่น สาหร่าย ไคอะตอม และโปร-โตซัว (สาหร่ายมักเป็นสาเหตุสำคัญที่สุด)
2. ก๊าซต่างๆ ที่ละลายน้ำ เช่น ก๊าซไข่เน่า
3. การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ในน้ำ
4. ผลจากการเติมสารอินทรีย์บางอย่าง เช่น คลอรีนเหล็ก
5. สารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ

มนุษย์รับรู้กลิ่นและรสได้ด้วยการดมและชิม ตามลำดับ แต่การบอกเป็นปริมาณตัวเลขว่ามีกลิ่นมากน้อยเพียงใดนั้น ยังไม่มีวิธีมาตรฐาน ด้วยเหตุนี้ จิตจำกัของกลิ่นและรสในมาตรฐานน้ำดื่มหรือน้ำประปาจึงกำหนดไว้อย่างกว้างๆ ว่าต้องไม่เป็นที่น่ารังเกียจเท่านั้น

2.4 อุณหภูมิ (Temperature)

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแหล่งน้ำเกิดได้จากการที่มีแสงส่องผ่านลงไป ในแหล่งน้ำต่อมา มีการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อน อุณหภูมิของน้ำที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำลำธารสาธารณะ อุณหภูมิมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำมากทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยสิ่งมีชีวิตในน้ำอาจตายได้ในกรณีที่อุณหภูมิของน้ำสูงเกินไปและยังมีผลให้การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลงอีกด้วย และเป็นตัวควบคุมการแพร่พันธุ์ การเจริญเติบโตของสัตว์และพืช ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมยอมให้อุณหภูมิของน้ำที่ปล่อยลงสู่ลำน้ำสาธารณะได้ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส

เครื่องมือคือเทอร์โมมิเตอร์ (Mercury filled thermometer) ชนิดอ่านออกมาเป็นองศาเซลเซียส

3. คุณภาพน้ำทางเคมี

ลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำ เกิดขึ้นเนื่องจากมีแร่ธาตุหรือสารประกอบต่างๆ ละลายอยู่ในน้ำ สารเหล่านี้มีพิษหรือไม่มีพิษก็ได้ โดยศึกษาคุณสมบัติดังนี้

3.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นการวัดความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในน้ำ ซึ่งเกิดจากการแตกตัวของกรดในน้ำ น้ำบริสุทธิ์ควรมีพีเอชเท่ากับ 7 อย่างไรก็ตามด้วยเหตุที่ในอากาศมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ด้วย น้ำบริสุทธิ์ที่สัมผัสกับอากาศจึงมีพีเอชต่ำกว่า 7 เสมอ เนื่องจากเกิดการถ่ายเทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้กับน้ำ มาตรฐานน้ำดื่มมักกำหนดพีเอชให้อยู่ในช่วง 6.8 - 8.5 (มันสิน , 2538)

3.2 เหล็ก (Iron)

เหล็กมีความสำคัญต่อระบบนิเวศวิทยาเพราะเป็นธาตุที่มีส่วนควบคุมระบบหายใจของสัตว์น้ำ เหล็กเป็นส่วนประกอบของเม็ดเลือดแดงของสัตว์น้ำหลายประเภท และนอกจากนี้เหล็กยังมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีในแหล่งน้ำ

เหล็กที่อยู่ในรูปของ ferric ละลายน้ำได้น้อยมาก หรืออาจพูดได้ว่าไม่ละลายน้ำ แต่ถ้าอยู่ในรูปของ ferrous ก็จะละลายน้ำได้ดีมาก ตามธรรมชาติ ferrous จะรวมตัวกับน้ำที่มีคาร์บอนไดออกไซด์เป็น ferrous bicarbonate ซึ่งละลายน้ำได้ดี แต่เหล็กจะอยู่ในรูปนี้ได้ก็ต่อเมื่ออยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ถ้าอยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจน ferrous bicarbonate จะถูก oxidized แล้วเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ ferric hydroxide ดังนั้นรูปของเหล็กจึงขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

3.3 ฟลูออไรด์ (Fluoride)

สารประกอบฟลูออไรด์มีอยู่บนเปลือกโลกประมาณ 0.08% เป็นผลให้ธาตุฟลูออรีนเป็นธาตุที่มีมากเป็นอันดับที่ 13 ฟลูออไรด์พบอยู่ในน้ำธรรมชาติ ตั้งแต่จำนวนน้อยมากจนกระทั่งสูงถึง 10 มก./ล. ฟลูออไรด์ในน้ำมักมาจากแร่ธาตุ 3 ชนิดคือฟลูออรัสปาร์ (Fluorspar) ไครโอไลต์ (Cryolite) และแอปพาทิต (Appatite) ฟลูออไรด์ในน้ำระดับปริมาณ 1.0 มก./ล. ช่วยป้องกันโรคฟันผุได้ ถ้ามีฟลูออไรด์น้อยกว่า 1.0 มก./ล. อำนาจในการป้องกันโรคฟันผุจะลดน้อยลงไปตามส่วน แต่ถ้ามีฟลูออไรด์สูงกว่า 1.0 มก./ล. อาจเกิดโรคฟันลาย (Mottled Teeth) ได้ (มันสิน, 2538)

3.4 ไนเตรท (Nitrate)

ไนเตรทเป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายสารไนไตรต์ ซึ่งเกิดจากสารแอมโมเนีย ถ้าพบในน้ำแสดงว่าสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำได้ถูกย่อยสลายไปจนหมดสิ้นแล้ว โดยทั่วไปจะไม่อันตรายต่อสุขภาพถ้าหากพบในปริมาณน้อย แต่ถ้าพบในปริมาณสูงในน้ำบริโภคจะมีพิษต่อร่างกายโดยเฉพาะในเด็กทารกซึ่งจะทำให้ร่างกายเกิดการขาดออกซิเจน เกิดอาการตัวเขียวและชักอาจทำให้เด็กถึงแก่ความตายได้ ค่ามาตรฐานสำหรับไนเตรทในน้ำดื่มนั้นมีค่าไม่เกิน 4.0 มก./ล. (คณากร, 2542)

3.5 คลอไรด์ (Chloride)

คลอไรด์มักจะมียูตามแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไป โดยเฉพาะน้ำผิวดิน เช่น แม่น้ำ ลำคลอง ต่าง ๆ และจะมีมากขึ้นในน้ำที่อยู่ใกล้ปากน้ำหรือผ่านน้ำกร่อย ซึ่งเป็นบริเวณที่น้ำทะเลขึ้นถึง ปริมาณของคลอไรด์เพิ่มมากขึ้นเป็นสัดส่วนกับปริมาณเกลือแร่ที่เพิ่มขึ้น ตามภูเขาหรือที่สูงจะมีปริมาณคลอไรด์ต่ำ ส่วนน้ำทะเล มหาสมุทรจะมีคลอไรด์สูงมาก

สิ่งขับถ่ายของมนุษย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือปัสสาวะจะมีปริมาณคลอไรด์อยู่ในปริมาณที่เท่ากับคลอไรด์ที่บริโภคเข้าไปกับอาหารและน้ำดื่ม เฉลี่ย 6 กรัม ต่อคนต่อวัน และทำให้ปริมาณ

คลอไรด์ในน้ำเสียเพิ่มขึ้นจากเดิมอีกประมาณ 15 มก./ล. ซึ่งในน้ำทิ้งที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลองมีจำนวนคลอไรด์เพิ่มขึ้นด้วยดังนั้นถ้าพบคลอไรด์ อาจสันนิษฐานได้ว่าน้ำนั้นสัมผัสกับแหล่งน้ำโสโครกมาก่อน

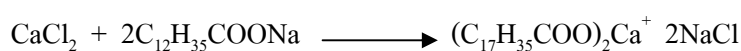
คลอไรด์ในน้ำถ้ามีปริมาณที่เหมาะสม จะไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ค่ามาตรฐานสำหรับคลอไรด์ในน้ำดื่มต้องมีค่าไม่เกิน 200 มก./ล. (วรางคณา,2539)

3.6. ความกระด้าง (Hardness)

ความกระด้างของน้ำ หมายถึง น้ำซึ่งต้องการปริมาณสบู่ให้เกิดฟองและทำให้เกิดตะกอนในอุณหภูมิสูง ๆ เช่น เครื่องทำความร้อน คำว่าน้ำกระด้างเป็นคำที่มีความหมายตรงกันข้ามกับคำว่าน้ำอ่อน (Soft water) เพราะน้ำอ่อนเป็นน้ำที่ใช้ชำระสิ่งต่าง ๆ ได้สะดวกไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องฟองแต่น้ำกระด้างมีคุณสมบัติตรงกันข้ามคือฟอกสบู่เกิดฟองได้ยากกว่า ถ้าน้ำบริโภคมีความกระด้างอยู่บ้างเล็กน้อยก็จะทำให้มีรสคืดขึ้น

สาเหตุของความกระด้างของน้ำเกิดจากพวกอออนบวกของโลหะที่มีวาเลนซ์ 2 ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม สตรอนเซียม เหล็ก และแมงกานีส ที่สามารถทำปฏิกิริยากับสบู่แล้วเกิดเป็นตะกอนขึ้น หรือทำปฏิกิริยากับอออนที่มีประจุลบในน้ำและเกิดเป็นตะกอนขึ้นได้เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น

ตัวอย่างสมการ การตกตะกอนของสบู่เนื่องจากอออน ของโลหะที่มีวาเลนซ์ 2 ในน้ำ



แต่เนื่องจากในน้ำธรรมชาติมักมีแคลเซียมและแมกนีเซียมมากกว่าโลหะอื่น ๆ ดังนั้นต้นเหตุที่สำคัญของความกระด้างจึงหมายถึงแคลเซียมและแมกนีเซียม และถือว่าเป็นค่าความกระด้างทั้งหมดของน้ำ อย่างไรก็ตามอออนโลหะตัวอื่น ๆ ดังกล่าวข้างต้น ถ้ามีอยู่เป็นจำนวนมากก็ต้องนำมาคิดรวมด้วย การดื่มน้ำที่มีความกระด้างสูงอาจทำให้เกิดโรคนิ่วได้ ความกระด้างในน้ำส่วนใหญ่มาจาก ชั้นของดินและหินของน้ำที่ไหลผ่าน น้ำใต้ดินมักจะมีค่าความกระด้างมากกว่าน้ำผิวดิน (กณากร ,2542)

3.7. ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solids)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดในที่นี้หมายถึง ปริมาณสารที่เหลืออยู่เป็นตะกอนภายหลังจากที่ผ่านการระเหยเอาไอน้ำออกและทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 -105 องศาเซลเซียส สิ่งที่กลายเป็นไอน้ำได้จะสูญไป เหลือเพียงตะกอนของสารที่มีในน้ำตัวอย่างเท่านั้นตะกอนที่เกิดขึ้นมีทั้งสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ ในการวิเคราะห์หาค่าของแข็งค่าที่ได้ จะบอกในรูปของค่าน้ำหนักของสารต่อปริมาณของน้ำตัวอย่าง ค่าของปริมาณของแข็งทั้งหมด มีประโยชน์มากในการที่จะพิจารณาถึงความเหมาะสมของน้ำที่จะนำมาอุปโภคบริโภค (ปรางศรี ,2539)

ดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กำหนดดัชนีการชี้วัดคุณภาพน้ำที่สำคัญ 8 ตัวชี้วัด ดังนี้

1. ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen : DO) เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำที่สำคัญมาก เพราะทำให้เห็นว่าแหล่งน้ำนั้นเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือไม่ นอกจากนี้ยังทำให้ทราบถึงความสามารถของลำน้ำ ที่จะรองรับความสกปรกได้มากน้อยเท่าไรได้เป็นอย่างดีสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในน้ำจำเป็นต้องใช้ออกซิเจน เช่นเดียว กับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ และใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุของความสกปรกน้ำ ดังนั้นปริมาณออกซิเจนจึงมีผลกระทบอย่างมากต่อคุณภาพน้ำ การที่มีออกซิเจนในน้ำน้อย แสดงว่าน้ำมีความสกปรก
2. ค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์(Biochemical Oxygen Demand : BOD) เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำ ที่แสดงถึงความสกปรก ในรูปของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ ถ้าแหล่งน้ำไม่มีค่า บีโอดี สูง แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นมีความสกปรกสูงด้วยโดยทั่วไปการวิเคราะห์ค่าบีโอดี เป็นการตรวจวัดความต้องการออกซิเจนที่ละลายในน้ำทางชีวภาพซึ่งจุลินทรีย์ (microorganism)นำไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ
3. แบคทีเรียจำพวกโคลิฟอร์ม (Total Coliform Bacteria) เป็นดัชนีที่สำคัญดัชนีหนึ่งที่ใช้ประกอบในการพิจารณาคุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพของแหล่งน้ำ แบคทีเรียพวกนี้มีมากในน้ำเสีย ที่เกิดจากการขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์ ตลอดจนการเน่าเสียของสารอินทรีย์
4. แบคทีเรียจำพวกฟีคัล โคลิฟอร์ม (Faecal Coliform Bacteria) เป็นดัชนีที่แสดงให้เห็นถึงคุณภาพน้ำทางชีวภาพซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมาก เพราะแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการแพร่กระจายของเชื้อโรคในแหล่งน้ำเป็นอย่างดี เพราะแบคทีเรียพวกนี้เป็น Normal Flora ที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่นรวมทั้งมนุษย์และสัตว์เลี้ยงทั่วไป การปนเปื้อนของแบคทีเรียชี้ให้เห็นถึงการปนเปื้อนของอุจจาระมนุษย์และสัตว์น้ำ
5. ปริมาณโลหะหนัก (Heavy metal) เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำที่สำคัญมากตัวหนึ่ง เพราะสามารถก่อให้เกิดเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยปกติปริมาณโลหะหนักในแหล่งน้ำทั่วไป มักมีระดับต่ำเนื่องจากสามารถตกตะกอนได้ดีในน้ำแต่ด้วยคุณสมบัติของโลหะหนักที่ไม่สามารถถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียได้ จึงทำให้มีการสะสมอยู่ในแหล่งน้ำมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะส่วนที่เป็นโคลนตมซึ่งเป็นแหล่งอาศัยและแหล่งอาหารของพืชและสัตว์น้ำหลายชนิดซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการสะสมในห่วงโซ่อาหารซึ่งจากการสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่บริเวณนั้น จนมาถึงผู้บริโภค
6. ไนเตรต – ไนโตรเจน (Nitrate – Nitrogen) สารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญในน้ำอย่างหนึ่งก็คือ ไนเตรต (NO_3^-) ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการสร้างโปรตีน เพื่อใช้เป็นอาหารของคน

และสัตว์ต่อไป ไนเตรตเกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตปล่อยของเสียซึ่งมีสารประกอบไนโตรเจนออกมา และเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลง โปรตีนภายในสิ่งมีชีวิตจะถูกย่อยสลายเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียซึ่งพืชนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนได้ ถ้ามีปริมาณมากเกินไปเกินความต้องการ แอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรียไปเป็น ไนไตรต์และไนเตรตต่อไป ในน้ำผิวดินจะพบไนเตรตในปริมาณน้อยมักต่ำกว่า 1 มก./ล.N และอย่างสูงก็ไม่เกิน 5 มก./ล.N แต่สำหรับน้ำใต้ดินอาจมีไนเตรตสูงตั้งแต่ 0 – 1,000 มก./ล.N ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ไนเตรตนอกจากเข้าสู่แหล่งน้ำจากการเน่าเปื่อยของสิ่งมีชีวิตแล้วยังมาจากปุ๋ยที่ใช้เพื่อการเกษตรกรรมและน้ำเสียอีกด้วย น้ำที่มีปริมาณไนเตรตสูงเกินไปอาจทำให้เกิดทารกเกิดโรค Methemoglobinemia ดังนั้นจึงกำหนดให้น้ำดื่มไม่ควรมีไนเตรตเกิน 10 มก./ล.N(มันสิน คณกุลเวศม์,2538)

7. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus) (TP) เป็นสารอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับเซลล์เดียว แหล่งที่มาของฟอสฟอรัสที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำมาจาก 3 แหล่งใหญ่ ๆ คือ ผงซักฟอกซึ่งมีสารประกอบของฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วยในปริมาณค่อนข้างสูง ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการเกษตรทั่วไป และแหล่งสุดท้าย ได้แก่ ฟอสฟอรัสที่มาจากการย่อยสลายสารประกอบโปรตีน

8. ความขุ่นหมายถึง สิ่งแขวนลอยที่กั้นทางเดินของแสง ในน้ำ ความขุ่นของน้ำเกิดจากสิ่งแขวนลอยนานาชนิดที่มีขนาดแตกต่างกัน อาจเป็นพวกอินทรีย์สาร อนินทรีย์สาร แพลงตอน และสิ่งมีชีวิตเล็กๆ สิ่งเหล่านี้จะทำให้เกิดการกระจัดกระจาย (Scattered) และดูดซึม (Absorbed) ของแสงแทนที่จะปล่อยให้แสงผ่านไปเป็นเส้นตรง สิ่งแขวนลอยที่เป็นความขุ่นในน้ำจะเป็นสิ่งใดขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของน้ำที่ไหลผ่าน ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า ความขุ่นเป็นลักษณะสมบัติเฉพาะของน้ำผิวดิน น้ำใต้ดินมักไม่มีความขุ่น ความขุ่นสามารถสังเกตได้ง่าย

สรุปได้ว่า ดัชนีคุณภาพน้ำบอถึงคุณลักษณะของน้ำทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพที่ใช้วัดคุณลักษณะของแหล่งน้ำ ซึ่งได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ความสกปรกในรูปบีโอดี (BOD) แบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม (fecal coliform bacteria) ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3N) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ความขุ่น (Turbidity) ปริมาณโลหะหนัก(Heavy metal) เป็นต้น

การตรวจสอบคุณภาพน้ำ

การตรวจสอบคุณภาพน้ำ ทำให้ทราบระดับการปนเปื้อนมลพิษของน้ำดัชนีชี้วัด เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำ สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย(สวสท.)ได้แบ่งการตรวจสอบคุณภาพน้ำได้เป็น 3 วิธีคือ

1. การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางเคมี มีดังนี้

1.1 พีเอช (pH) เป็นดัชนีแสดงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน แสดงค่าเป็นตัวเลขที่บอกถึงระดับความเป็นกรดหรือด่าง โดยมีค่าตั้งแต่ 0-14 ถ้าพีเอชมีค่าเป็น 7 แสดงว่ามีสถานะเป็นกลาง ถ้าพีเอชมีค่า 0-7 แสดงว่ามีสถานะเป็นกรด ตัวเลขที่ลดลงแสดงถึงความแรงของกรดที่เพิ่มขึ้น ถ้าพีเอชมีค่า 7-14 แสดงว่ามีสถานะเป็นด่าง ตัวเลขที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงความแรงของด่าง โดยทั่วไปแม่น้ำจะมีพีเอชอยู่ประเภท 6-8 แสดงถึงสถานะเป็นกลาง ซึ่งค่าพีเอชจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพน้ำที่ไหลเข้า หรือต้นไม้ที่ขึ้นอยู่ในบริเวณน้ำ เป็นต้น ตรวจสอบโดยใช้เครื่องวัดพีเอช

1.2 ความกระด้างของน้ำ โดยการไตเตรตด้วยอีดีทีเอ (EDTA Titrimetric Method)

1.3 ออกซิเจนละลาย หรือ ดีโอ (Dissolved Oxygen, DO) มีวิธีวิเคราะห์ โดยใช้วิธีเอไซด์โมดิฟิเคชัน ของไอโอไดเมตริก (Azide Modification of Iodometric Method)

1.4 ความต้องการออกซิเจนหรือบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand , BOD)

1.5 ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand , COD) โดยวิธีการรีฟลักซ์ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี แสดงให้เห็นปริมาณสารอินทรีย์ที่เป็นต้นเหตุของความสกปรกในน้ำ หากมีค่ามากแสดงว่าน้ำมีความสกปรกมาก ความสกปรกของแม่น้ำในบริเวณชุมชนโดยส่วนใหญ่ มักมีสาเหตุมาจากน้ำที่จากบ้านเมือง หรือสถานประกอบการ นอกจากนี้ยังมีน้ำที่จากโรงเรียนอุตสาหกรรม จากปศุสัตว์ หรืออาจจะมิน้ำที่จากภาคเกษตรกรรมที่มีปุ๋ยผสมรวมอยู่ด้วย น้ำที่มาจากแหล่งกำเนิดเหล่านี้ หากถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำจะทำให้มีค่า COD สูงขึ้น

1.6 ของแข็งแขวนลอย (Total Suspended Solids ; TSS) โดยวิธีการอบแห้ง

1.7 ของแข็งที่ละลายน้ำ (Total Dissolved Solid ; TDS) โดยวิธีการอบแห้ง

1.8 ของแข็งทั้งหมด (Total Solid; TS) โดยวิธีการอบแห้ง

1.9 แอมโมเนีย – ไนโตรเจน (Ammonia-Nitrogen) โดยวิธีการไตเตรชัน

1.10. การวิเคราะห์หาคะกำ โดยวิธีไดโทโซน

1.11. การวิเคราะห์หาไขมันและน้ำมัน โดยวิธีซอกซ์เลต (Soxhlet Method)

2. การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางกายภาพ มีดังนี้

2.1 อุณหภูมิ (Temperature) คือระดับความร้อน อุณหภูมิของน้ำที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำลำธารสาธารณะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยสิ่งมีชีวิตในน้ำอาจตายได้ในกรณีที่อุณหภูมิของน้ำสูงเกินไปและยังส่งผลให้การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลงอีกด้วย ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมขอให้อุณหภูมิของน้ำที่ปล่อยลงสู่ลำน้ำสาธารณะได้ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส

เครื่องมือคือเทอร์โมมิเตอร์ (Mercury filled thermometer) ชนิดอ่านออกมาเป็นองศาเซลเซียส

2.2 สี (Color) ต้องเก็บตัวอย่างน้ำในภาชนะแก้วที่สะอาดและควรวิเคราะห์หาค่าทันทีที่เก็บตัวอย่างมา แต่ถ้าไม่สามารถทำได้จะต้องเก็บไว้ในตู้เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส สีของน้ำแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- 1). สีปรากฏ (Apparent Color) เกิดจากสารแขวนลอยต่างๆ
- 2). สีแท้ (True Color) ซึ่งเป็นสีของน้ำที่เกิดจากการย่อยสลายของพืชหรืออนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ

วิธีวัดสีโดยวิธีเปรียบเทียบด้วยตามีดังนี้

- 1). วิธีเปรียบเทียบโดยใช้หลอดเนสเลอร์
- 2). วิธีเปรียบเทียบโดยใช้ Test Kit

สีของน้ำตามธรรมชาติ เป็นผลจากการที่น้ำไหลผ่านสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เช่น ใบไม้ ใบหญ้า ซากสัตว์ ซึ่งมีลักษณะเป็นองค์ประกอบ เมื่อสลายตัวจะให้สารพวกแทนนิน กรดฮิวมิก และฮิวเมต ซึ่งเป็นสารมีสีจากอียอนของ โลหะในน้ำ เช่น เหล็ก แมงกานีสจากแหล่งคอน และการปะปนของน้ำทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรม สีของน้ำตามธรรมชาติมีค่าตั้งแต่ 1 หน่วยถึงมากกว่า 200 หน่วยมาตรฐาน

2.3 ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นหมายถึง สิ่งแขวนลอยที่กั้นทางเดินของแสงในน้ำ ความขุ่นของน้ำเกิดจากสิ่งแขวนลอยนานา ชนิดที่มีขนาดแตกต่างกัน อาจเป็นพวกอินทรีย์สาร อนินทรีย์สาร แพลงตอน และสิ่งมีชีวิตเล็กๆ สิ่งเหล่านี้จะทำให้เกิดการกระจัดกระจาย (Scattered) และดูดซึม (Absorbed) ของแสงแทนที่จะปล่อยให้แสงผ่านไปเป็นเส้นตรง สิ่งแขวนลอยที่เป็นความขุ่นในน้ำจะเป็นสิ่งใด ขึ้นอยู่กับการสัมผัสของน้ำที่ไหลผ่าน ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า ความขุ่นเป็นลักษณะสมบัติเฉพาะของน้ำผิวดิน น้ำใต้ดินมักไม่มีความขุ่น ความขุ่นสามารถสังเกตได้ง่าย ความขุ่นของน้ำอาจวัดได้ 2 วิธี คือ

- 1). วัดปริมาณแสงที่ส่องทะลุความขุ่น (Turbidimetry)
- 2). วัดปริมาณแสงที่กระทบความขุ่นและสะท้อนออกมาในทิศทางตั้งฉากกับลำแสง

(Nephelometry)

ความขุ่นเป็นค่าที่บอกถึงความขุ่นของน้ำ ความขุ่นจะมีมากเมื่อน้ำสกปรก หากมีสีน้ำตาลก็แสดงว่ามีโคลนหรือดินผสมอยู่ หากมีสีเขียวแสดงว่ามีสาหร่ายหรือตะไคร่น้ำอยู่

2.4 กลิ่น นำตัวอย่างน้ำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น

เขย่าจนได้กลิ่นน้อยที่สุด และทำให้เป็น 200 ลบ.ซม. ที่อุณหภูมิห้อง ในเออร์เลนเมเยอร์ฟลาสก์ที่สะอาด ค่อย ๆ สูดกลิ่น ไม่ควรเขย่าแรง ๆ หรือเขย่าถี่เกินไป เพื่อป้องกันกลิ่นระเหยออกไปปิดจุกขวด นำไปอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นำมาเขย่าเบา ๆ แล้วสูดกลิ่น

2.5 การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) การนำไฟฟ้าของน้ำ หมายถึง ความสามารถในการเป็นสื่อกระแสไฟฟ้า ตัวกลางที่เป็นสื่อกระแสไฟฟ้าในแหล่งน้ำ คือ สารประกอบอนินทรีย์ที่ละลายน้ำแล้วให้อิออน เช่น กรดอนินทรีย์ ต่าง และเกลือ การวัดการนำไฟฟ้าสามารถอธิบายถึงความเข้มข้นของแร่ธาตุหรือสารประกอบต่าง ๆ หรือปริมาณของแข็งทั้งหมด ที่ละลายอยู่ในน้ำได้ ถ้ามีสารละลายปะปนอยู่ในปริมาณมากก็จะทำให้ค่าการนำไฟฟ้ามากขึ้นด้วย ซึ่งหมายความว่าน้ำจะมีสารที่ทำให้เกิดน้ำเสียมากขึ้นด้วยเช่นกัน แหล่งน้ำธรรมชาติจะมีการนำไฟฟ้าได้ระหว่าง 0.10 - 50 มิลลิโหมห์ / เซนติเมตร

2.6 ความกระด้าง (hardness)

ความกระด้างของน้ำ หมายถึง ความสามารถในการจะทำให้สบู่ตกตะกอนได้โดยอิออน Ca^{3+} และ Mg^{2+} ในน้ำเป็น ส่วนใหญ่ แต่อาจจะตก ตะกอนโดยอิออนตัวอื่น เช่น Al^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Sr^{2+} , Zn^{2+} ได้ด้วย เนื่องจากอิออน 2 ตัวแรกคือ Ca^{2+} , Mg^{2+} มีมากในน้ำธรรมชาติจึงใช้ Ca^{2+} และ Mg^{2+} ที่อยู่ในรูป CaCO_3 (มิลลิกรัมต่อลิตร) เป็นตัววัดความ กระด้างของน้ำ ระดับความกระด้างของน้ำ แบ่งเป็น 4 ระดับ 0-75, 75-150, 150-300 และมากกว่า 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต CaCO_3 (ไมตรี และ จารุวรรณ (2528) ส่วน Garland ได้แบ่งความกระด้างของน้ำตามธรรมชาติ 3 ระดับ ปริมาณความกระด้างน้อย 0-60, 60-120 และมากกว่า 120 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต เป็นน้ำกระด้างชั่วคราว และน้ำกระด้างถาวร

3. การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพมีดังต่อไปนี้

1. การศึกษาสาหร่าย นำน้ำตัวอย่างมาตรวจหาชนิดของสาหร่ายโดยศึกษารูปร่างและลักษณะของสาหร่ายที่พบ จัดจำแนกสาหร่ายที่พบ บันทึกภาพโดยใช้กล้องจุลทรรศน์พร้อมอุปกรณ์ถ่ายภาพ

2. การตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรียการตรวจหาจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (Total Plate Count) การตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรียโดยวิธี MPN (Most Probable Number) หรือ Multiple tube Fermentation Technique) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนได้แก่

1. การตรวจสอบขั้นประมาณการ (Presumptive test)
2. การตรวจสอบขั้นยืนยัน (Confirmed –Test)
3. การตรวจสอบขั้นสมบูรณ์ (Completed Test)

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปการตรวจสอบคุณภาพน้ำได้ว่า มีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือทางเคมี ทางกายภาพ และทางชีวภาพ ซึ่งแต่ละวิธี มีลักษณะการนำไปใช้งานต่างกันแล้วแต่จุดมุ่งหมายของการศึกษาว่าต้องการเน้นประเด็นใดเป็นสำคัญ

ลักษณะแหล่งน้ำต่าง ๆ แบ่งได้ดังนี้คือ

1. แหล่งน้ำปิด

แหล่งน้ำปิด(Closed water bodies) เป็นแหล่งน้ำที่ไม่มีทางติดต่อกับแม่น้ำลำธารหรืออยู่ใกล้บริเวณที่มีน้ำท่วมถึง แหล่งน้ำปิดในบางท้องที่อาจได้รับน้ำจากฝนแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่บางแห่งก็ได้รับน้ำจากการท่วมท้นของแม่น้ำและการไหลลงมาโดยลำธารหลายสาย แหล่งน้ำปิดจะมีรูปร่างแตกต่างกันมากและมักมีชื่อแตกต่างกันออกไปตามขนาดใหญ่ไปหาเล็ก เช่น ทะเลสาบ บึง หนอง และบ่อ เป็นต้น

ทะเลสาบ (Lake) เป็นแหล่งน้ำปิดที่อาจเกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือที่คนสร้างขึ้นก็ได้มีพื้นที่กว้างขวางและลึก ทะเลสาบที่มนุษย์สร้างขึ้นก็มี เช่น อ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนต่าง ๆ

บึง (Swap) คือที่ลุ่มที่มีน้ำท่วมตลอดปี และมีต้นไม้ใหญ่ขึ้นอยู่รอบบริเวณบึง มีความลึกพอประมาณ

หนอง (Marsh) คือ ที่ลุ่มมีน้ำท่วมบางฤดูกาล แต่ไม่ตลอดปี เป็นแหล่งน้ำตื้น ๆ บริเวณรอบๆ หนองน้ำจะมีพืชล้มลุกขึ้นอยู่โดยรอบ ในประเทศไทยมีหนองน้ำอยู่หลายแห่งส่วนใหญ่จะมีบริเวณใกล้เคียงหรือติดอยู่กับแม่น้ำ

บ่อ (Pond) คือ แหล่งน้ำที่ถูกสร้างโดยมนุษย์ มีขนาดเล็ก บ่อที่ถูกสร้างขึ้นนั้นอาจมีวัตถุประสงค์แตกต่างกันออกไป บ้างก็ใช้เป็นที่เก็บน้ำสำหรับการอุปโภคบริโภค บ้างก็อาจใช้เป็นบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

น้ำในแหล่งน้ำปิดได้มา 3 ทางด้วยกันคือ

1. การไหลเข้ามาบนผิวดิน
2. การซึมเข้ามาใต้ดิน
3. จากฝนโดยตรง

2. แหล่งน้ำเปิด

ลำธารและแม่น้ำ

น้ำที่ไหลในลำธารและแม่น้ำคือ ขบวนการไหลกลับคืนสู่ทะเลหรือแหล่งน้ำของฝนที่ตกลงมาบนพื้นดิน ลำธารมีหลายประเภทดังนี้คือ

1. ลำธารถาวร (permanent stream) คือลำธารที่มีน้ำตลอดปีในฤดูแล้งลำธารประเภทนี้จะได้รับน้ำหล่อเลี้ยงจากใต้ดิน

2. ลำธารลักปิดลักเปิด (intermittent stream) เป็นลำธารที่มีน้ำในช่วงฤดูฝนเท่านั้น ในฤดูแล้งน้ำไม่มี จะเป็นลำธารที่อยู่ในเขตที่ดินเป็นประเภทดินทราย และอยู่ในเขตป่าละเมาะ

3. ลำธารที่หายขาดบางตอน (interrupted stream) เป็นลำธารที่มีบางช่วงที่น้ำจะไหลลงสู่ใต้ดินแล้วก็จะมาเปิดออกบนพื้นดินอีกในบางบริเวณ

ลำธารและแม่น้ำมีลักษณะที่สำคัญบางประการที่เราสามารถทำการวัดและประเมินเป็นตัวเลขได้เช่น ความเร็วของกระแสน้ำ ปริมาตรไหล ซึ่งลักษณะการไหลของน้ำในลำธารและแม่น้ำมี 2 แบบคือ

1. การไหลคนละทิศละทาง (turbulence) ทำให้ผิวน้ำไม่เรียบการไหลแบบนี้อาจเกิดจากสาเหตุ 2 ประการคือ

- พื้นท้องน้ำไม่เรียบทำให้บางส่วนของน้ำที่ไหลเกิดการเปลี่ยนทิศทาง
- เกิดจากความเร็วกว่าปกติ การไหลแบบคนละทิศละทางนี้จะทำให้สารมลภาวะมีการผสมผสานกลมกลืนได้ดี

2. การไหลในทิศทางเดียวกัน (laminar) ทำให้ผิวน้ำเรียบสม่ำเสมอการไหลประเภทนี้จะทำให้สารมลพิษไม่ผสมกลมกลืนกัน ถ้าปล่อยสารมลพิษอยู่น้ำก็จะทำให้บริเวณใต้น้ำมีปริมาณสารดังกล่าวสูงกว่าบริเวณผิวน้ำ

จุดที่ทำการสังเกต

- บริเวณแผ่นดินชายน้ำ

การสังเกตแม่น้ำจะเริ่มต้นจากบริเวณแผ่นดินชายน้ำ สภาพรอบๆ แม่น้ำว่าเป็นอย่างไรบ้าง เป็นลักษณะหมู่บ้านที่มีบ้านอยู่หนาแน่น หรือเป็นเรือสวนไร่นา หรือเป็นถนนหนทางเวลาฝนตกน้ำฝนจะไหลลงแม่น้ำจากบริเวณแผ่นดินชายน้ำ ดังนั้น ดินหรือความสกปรกในบริเวณนั้นจะปะปนไหลลงสู่แม่น้ำ มีความสกปรกชนิดใดบ้างที่ไหลลงสู่แม่น้ำ

- ลักษณะการไหลของน้ำ

น้ำจะมีลักษณะการไหลสองแบบด้วยกัน แบบแรกคือ

ไหลตามแนวนอนจากต้นน้ำลงมา แบบที่สองคือไหลตามแนวขวาง เช่น เวลาฝนตกแล้วน้ำไหลลงจากตลิ่ง

- ลักษณะการไหลของแม่น้ำ

แม่น้ำตามธรรมชาติจะมีความกว้างของแม่น้ำต่างกัน และยังมีความลาดชันต่างกัน ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการไหลและอัตราความเร็วในการไหลตลอดเวลา แม่น้ำจะมีบริเวณน้ำตื้นกับน้ำลึก ซึ่งจะมีลักษณะสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่แตกต่างกัน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของแม่น้ำจะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตโดยตรง

- ขอบตลิ่ง

ระหว่างแม่น้ำกับบ้านเรือนหรือไร่นา มีขอบตลิ่งหรือไม่ ขอบตลิ่งมีทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และสิ่งมีมนุษย์ทำขึ้น

- ฝ่ายกั้นน้ำ

เป็นสิ่งก่อสร้างที่กีดขวางการไหลของแม่น้ำเพื่อบรรเทาปัญหาน้ำท่วม ในพื้นที่ต้นน้ำส่วนที่เป็นภูเขาจะมีการสร้างฝายกั้นน้ำขนาดใหญ่หรือที่เรียกว่าเขื่อน ในบริเวณพื้นที่ราบจะมีการสร้างฝายกั้นน้ำขนาดเล็กเพื่อใช้เก็บกักน้ำสำหรับประโยชน์ในทางเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม รวมทั้งเป็นแหล่งน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภคของชุมชน ทั้งเขื่อนและฝายกั้นน้ำมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการไหลของน้ำและก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม โดยน้ำที่มีธาตุอาหารอยู่มากหากถูกกักอยู่ในเขื่อนจะทำให้เกิดแพลงก์ตอนขึ้นในปริมาณมาก ทำให้น้ำขุ่นและเหม็นเขื่อนหรือฝายกั้นน้ำ โดยส่วนใหญ่จะมีอุปกรณ์ควบคุมปริมาณน้ำให้เปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลได้ การควบคุมปริมาณน้ำนี้มีไว้เพื่อให้เป็นประโยชน์สูงสุดกับความต้องการใช้น้ำเขื่อนหรือฝายกั้นน้ำที่ไม่มีบันไดปลาโจนจะทำให้ปลาไม่สามารถ ว่ายน้ำหรือลงไปตามกระแสน้ำเพื่อไปผสมพันธุ์หรือวางไข่ตามธรรมชาติได้ตามปกติ

- ตลิ่ง

คือบริเวณพื้นที่แห้งนับจากน้ำขึ้นไปถึงขอบตลิ่ง เมื่อมีปริมาณน้ำมากตลิ่งก็จะจมอยู่ใต้น้ำ เมื่อปริมาณน้ำน้อยตลิ่งก็จะโผล่พ้นผิวน้ำ บริเวณตลิ่งจะมีสิ่งมีชีวิตบางประเภทอาศัยอยู่ บางครั้งอาจมีการปลูกพืชผักบริเวณตลิ่ง เนื่องจากเป็นจุดที่มีน้ำอุดม

สมบูรณ์และมีธาตุอาหารครบถ้วน รวมทั้งมีแมลงและศัตรูพืชน้อย แต่อาจจะมีปัญหาเรื่องน้ำท่วมบ้าง ในบริเวณนี้สภาพของตลิ่งจะแตกต่างจากสภาพของตลิ่งธรรมชาติ

- ขายนํ้า

เป็นบริเวณที่น้ำในแม่น้ำเชื่อมต่อกับพื้นดิน และมีการเปลี่ยนแปลงสภาพตามการขึ้นลงของกระแสน้ำบริเวณนี้ถือเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำกับบนบก ซึ่งจะมีพืชพรรณเฉพาะ และเป็นบริเวณที่ปลา แมลง นก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมบางชนิดใช้หาอาหารและเพาะเลี้ยงตัวอ่อน

- แม่นํ้า

แม่น้ำที่มีการไหลของกระแสน้ำจะเป็นที่อยู่อาศัยอย่างดีของปลา นอกจากนี้หากน้ำมีความใสเพียงพอจะมีพืชน้ำเติบโตในท้องน้ำได้ หากน้ำขุ่นพืชน้ำเหล่านี้จะได้รับแสงแดดไม่เพียงพอทำให้ตาย

- กันแม่นํ้า

เป็นบริเวณที่มีกิ่ง หอย ตัวอ่อนของแมลงบางชนิดอาศัยอยู่ หากมีทรายละเอียดหรือสารพิษไหลลงมาจากต้นน้ำจะทำให้สิ่งมีชีวิตเหล่านี้ตายหมด ถ้าเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถว่ายน้ำได้ เช่น ปลา ก็จะสามารถว่ายน้ำไปได้ แต่โดยส่วนใหญ่แล้วสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะตายหมด

- ป่าหรือทุ่งหญ้าบริเวณริมน้ำ

บริเวณริมแม่น้ำหากมีป่าหรือทุ่งหญ้าเป็นบริเวณกว้างจะทำให้พื้นที่และแมลงมีมากขึ้นและหลากหลาย

- พื้นที่ร่มในน้ำ

เป็นบริเวณที่มีต้นไม้ใหญ่หรือพุ่มไม้ปกคลุมอยู่ ทำให้แสงแดดส่องไม่ถึงน้ำ หากเป็นแม่น้ำสายเล็ก อาจมีพื้นที่ร่มในน้ำตลอดทั้งสาย ส่งผลให้บริเวณน้ำในพื้นที่น้ำต่ำกว่าปกติปลาและสัตว์น้ำบางประเภทจะชอบเข้ามาอยู่อาศัยอย่างชุกชุม

- การดำเนินชีวิตของมนุษย์

นอกจากมนุษย์จะต้องใช้น้ำในการดำรงชีวิตแล้ว ยังต้อง
บริโภคสัตว์น้ำ หรือใช้แม่น้ำเป็นเส้นทางคมนาคมมนุษย์มีสายสัมพันธ์แน่นแฟ้นกับแม่น้ำมาตั้งแต่
สมัยดึกดำบรรพ์ ดังจะเห็นได้จากศาสนา ประเพณี วัฒนธรรม หรือรูปวาดต่างๆ เป็นต้น

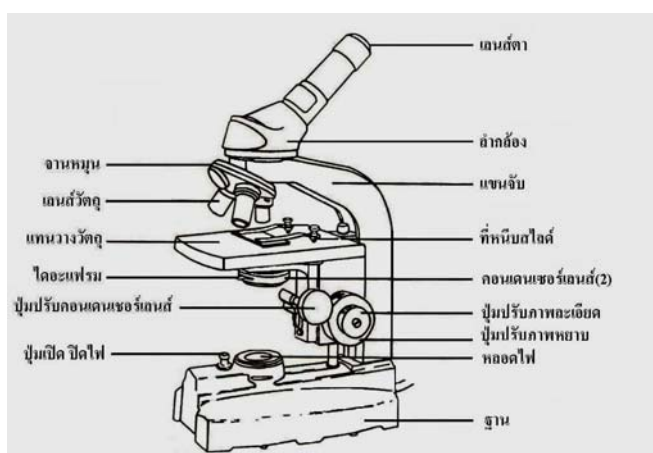
บทที่ 3

การใช้อุปกรณ์และวิธีการเก็บตัวอย่างสาหร่าย ในการตรวจคุณภาพน้ำทางชีวภาพ

1. อุปกรณ์ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

1.1 กล้องจุลทรรศน์

กล้องจุลทรรศน์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาสิ่งที่มีชีวิตขนาดเล็กมาก จนไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าชัดเจน กล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทั่วไปเป็นประเภทใช้แสง (Light microscope) มีส่วนประกอบดังรูป



รูป 1 แสดงส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์

ส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์ และหน้าที่ มีดังนี้

1. ฐาน เป็นส่วนที่รองรับส่วนประกอบทั้งหมดของลำกล้อง
2. ไดอะแฟรม ทำหน้าที่ปรับแสงให้เข้าเลนส์รวมแสงมากขึ้นตามต้องการ
3. สวิตช์ไฟ เปิด - ปิด
4. แท่นวางวัตถุ ใช้วางสไลด์มีรูปร่างเป็นเหลี่ยม ตรงกลางมีรูสำหรับให้แสงผ่านขึ้นมาได้สามารถปรับขึ้นลงได้
5. ที่หนีบสไลด์ เป็นแผ่นโลหะสปริง 1 คู่ อยู่บนแท่นใช้สำหรับกดสไลด์ให้อยู่กับที่
6. เลนส์ใกล้วัตถุ ทำหน้าที่ขยายภาพของวัตถุ ภาพจะถูกขยายโดยเลนส์ใกล้ตาอีกครั้ง โดยทั่วไปจะมีเลนส์ใกล้วัตถุ 3 ขนาด คือ กำลังขยายต่ำ 10 เท่า กำลังขยายปานกลาง 20 เท่า กำลังขยายสูง 40 เท่า
7. เลนส์ใกล้ตา อยู่ในลำกล้องตอนบน มีมากกว่า 2 เลนส์ สามารถออกจากลำกล้องได้ ทำหน้าที่ขยายภาพจากเลนส์ใกล้วัตถุ

8. ปุ่มปรับภาพหยาบ ทำหน้าที่เลื่อนลำกล้องขึ้น ลง เพื่อปรับภาพให้ชัดเจน
9. ปุ่มปรับภาพละเอียด ทำหน้าที่ปรับภาพที่ได้หลังจากการปรับภาพด้วยปุ่มปรับภาพหยาบแล้วให้ชัดเจนยิ่งขึ้น
10. แขน เป็นส่วนที่ยึดลำกล้องให้ติดกับฐาน ในการเคลื่อนย้ายกล้องจะต้องใช้มือหนึ่งจับตรงแขนและอีกมือหนึ่งรองไว้ใต้ฐานของกล้อง

การใช้กล้องจุลทรรศน์

1. วางกล้องให้ฐานอยู่บนพื้นรองรับที่เรียบสม่ำเสมอ
2. หมุนเลนส์ใกล้วัตถุ (objective lens) อันที่มีกำลังขยายสูงสุดมาอยู่ตรงกับลำกล้อง
3. เปิดสวิตช์ไฟ
4. นำสไลด์ที่จะศึกษาวางบนแท่นวางวัตถุ ให้วัตถุอยู่กลางบริเวณที่แสงผ่านแล้วหมุนปุ่ม
5. ปรับภาพหยาบ ให้ลำกล้องเลื่อนมาใกล้วัตถุที่จะศึกษามากที่สุด โดยระวังอย่าให้เลนส์ใกล้วัตถุสัมผัสกับกระจกปิดสไลด์
6. มองผ่านเลนส์ใกล้ตา ลงตามลำกล้อง หมุนปุ่มปรับภาพขึ้นช้า ๆ จนมองเห็นวัตถุที่จะศึกษา แล้วหมุนปุ่มปรับภาพละเอียดเพื่อให้ได้ภาพชัดขึ้น
7. เปลี่ยนเลนส์ใกล้วัตถุ โดยหมุนเลนส์ที่มีกำลังขยายสูงขึ้นมาในแนวลำกล้องไม่ควรขยับสไลด์อีก แล้วหมุนปุ่มปรับภาพละเอียด เพื่อให้ได้ภาพชัดขึ้น

ข้อควรระวังในการใช้กล้องจุลทรรศน์

1. สไลด์และกระจกปิดสไลด์ ต้องไม่เปียก เพราะอาจจะทำให้แท่นวางเกิดสนิมและทำให้เลนส์ขึ้นเกิดราได้
2. ห้ามใช้มือแตะเลนส์ ในการทำความสะอาดให้ใช้กระดาษเช็ดเลนส์เช็ด
3. ขณะที่ตามองผ่านเลนส์ใกล้ตา การหมุนปุ่มปรับภาพหยาบต้องหมุนขึ้นเท่านั้นห้ามหมุนลง เพราะเลนส์ใกล้วัตถุอาจกระทบกระจกสไลด์ทำให้เลนส์แตกได้
4. การหาภาพต้องเริ่มที่ การใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่กำลังขยายสูง ถ้าต้องการปรับภาพให้ชัด ควรหมุนเฉพาะปุ่มปรับภาพละเอียดเท่านั้น
5. เมื่อใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายสูง ถ้าต้องการปรับภาพให้ชัด ควรหมุนเฉพาะปุ่มปรับภาพละเอียดเท่านั้น
6. เมื่อใช้เสร็จแล้วปิดสวิตช์ไฟ เอาวัตถุออกเช็ดแท่นวางวัตถุ เช็ดเลนส์ให้สะอาดหมุนเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำสุดให้ตรงกับลำกล้อง และเลื่อนลำกล้องลงต่ำสุด ปรับกระจกให้อยู่ในแนวตั้งได้ฉากกับแท่นวางวัตถุ เก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

1.2 แวนขาย

ใช้แวนขายเพื่อตรวจสอบรายละเอียดของสาหร่ายด้วยแวนขายเพื่อจำแนกว่าสาหร่ายที่พบเป็นสาหร่ายชนิดใด โดยถือแวนขายให้ชิดกับตาข้างหนึ่งแล้วเลื่อนวัตถุจนมองเห็นได้ชัดเจนที่สุด ห้ามขูดขีดแวนขาย เมื่อเสร็จแล้วทำความสะอาดและเก็บให้เรียบร้อย

1.3 ปีกเกอร์

ใช้ปีกเกอร์เพื่อเก็บสาหร่ายที่ได้จากการเก็บตัวอย่าง โดยใส่สาหร่ายพร้อมน้ำจากบริเวณที่เก็บตัวอย่างลงในปีกเกอร์ทันทีที่เก็บพ้นจากน้ำ ณ จุดที่เก็บสาหร่าย

2. วิธีการเก็บตัวอย่างสาหร่าย

1. เลือกสถานที่เก็บตัวอย่าง (Choosing your sampling sites)
2. เก็บตัวอย่างที่สามารถเป็นตัวแทนได้ (Collecting representative sample)
3. เวลาที่เก็บตัวอย่าง (When to sample)
4. การคำนึงถึงความปลอดภัย (Safety considerations)

การเลือกสถานที่เก็บตัวอย่าง (Choosing your sampling sites)

การเลือกสถานที่เก็บตัวอย่างขึ้นอยู่กับจุดเก็บตัวอย่างที่เราต้องการตรวจสอบ

1. คุณภาพน้ำจากนาข้าว สวนผลไม้ ที่อยู่อาศัย โรงงานอุตสาหกรรม ท่าเรือริมน้ำตามธรรมชาติ จะเก็บตัวอย่างสาหร่ายพร้อมน้ำรอบจุดที่เก็บหรือบริเวณที่พบเห็นสาหร่าย
2. การเก็บตัวอย่างจะต้องทำหลายจุด ควรเก็บบริเวณต้นน้ำ ทำynnน้ำและบริเวณที่อาจเกิดผลกระทบ

การเก็บตัวอย่างที่สามารถเป็นตัวแทนได้ (Collecting representative sample)

1. แหล่งน้ำไหล ซึ่งได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง เป็นต้น ให้เก็บที่จุดกึ่งกลางความกว้างของแหล่งน้ำที่ระดับกึ่งกลางความลึก ณ จุดเก็บ
2. แหล่งน้ำนิ่ง ซึ่งได้แก่ ทะเลสาบ หนอง บึง อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น ให้เก็บที่ระความลึก 1 เมตร ณ จุดตรวจสอบสำหรับแหล่งน้ำที่มีความลึกไม่เกิน 2 เมตร

เวลาที่เก็บตัวอย่าง (When to sample)

เวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างในแต่ละวันอยู่ในช่วงระหว่าง 8.30-10.00 นาฬิกา เนื่องจากสาหร่ายจะมีการเคลื่อนที่มาที่ผิวน้ำเพื่อรับแสงในตอนเช้า ส่วนในตอนบ่าย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินส่วนมากจะจมอยู่ข้างใต้ การเก็บตัวอย่างในแต่ละจุดที่ควรเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาเดียวกัน เพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบกันได้

การคำนึงถึงความปลอดภัย (Safety considerations)

1. ในการเลือกจุดที่จะประเมิน (site) เก็บตัวอย่าง ควรเป็นบริเวณลำธารที่โล่ง ไม่ควรเลือกสถานที่ที่มักเกิดน้ำท่วม
2. ควรมีความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสถานที่และเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง
3. ไม่ควรไปเก็บตัวอย่างคนเดียว เพราะหากคนใดได้รับอันตรายอีกคนหนึ่งจะช่วยเหลือได้ทัน
4. ไม่ควรค้ำน้ำบริเวณที่เก็บตัวอย่าง เพราะอาจมีมลพิษปนเปื้อนอยู่
6. ไม่ควรเก็บตัวอย่างในตำแหน่งที่น้ำมีระดับสูงเหนือเข่า (บุญเสีียร บุญสูงการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยประชาชน online)

บทที่ 4

สาหร่ายที่ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้น

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสาหร่าย

สาหร่าย เป็นพืชสังเคราะห์แสงได้ มีอยู่ทั่วไปในน้ำ ทั้งน้ำจืด น้ำเค็มหรือตามแหล่งที่มีความชื้นสูง เช่น ตามบ่อ บึง คู คลอง ก้อนหิน ดินเปียกชื้นอยู่เสมอ และตามลำต้นของต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ สาหร่ายมีขนาดต่างๆ กัน ตั้งแต่ขนาดเล็กมองเห็นด้วยตาเปล่าไม่เห็น จนขนาดใหญ่ยาวหลายเมตร ไม่มีราก ลำต้น และใบที่แท้จริง มี chlorophyll และ pigment อื่นๆ ที่แตกต่างกันตามแต่ละชนิดของสาหร่าย เพื่อช่วยในการสังเคราะห์แสง นิวเคลียสเป็นแบบ ยูคาริโอติก เซลล์ (eukaryotic cell) เป็นเซลล์พวกที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสห่อหุ้มสารพันธุกรรม (genetic material) เช่น เซลล์ของยีสต์ รา โปรโตซัว พืช และสัตว์ต่าง ๆ อวัยวะสืบพันธุ์ (sex organ) ประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียว ยกเว้นสาหร่ายบางชนิดที่มีขนาดใหญ่จะมีอวัยวะสืบพันธุ์ ประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์ zygote ยังไม่เปลี่ยนแปลงเป็น embryo สาหร่ายมีหลายชนิด มีทั้งที่เป็นเซลล์เดียว (unicellular) เป็นเส้นสาย (filament) และเป็นกลุ่ม (colony) เคลื่อนที่ได้และเคลื่อนที่ไม่ได้ ดังนั้นนักพฤกษศาสตร์จึงจำแนกสาหร่ายออกเป็น Division ต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ความแตกต่างของขนาด ถิ่นที่อยู่อาศัย ความซับซ้อนของโครงสร้างการสืบพันธุ์ ตลอดจนความแตกต่างทางด้านสรีรวิทยาและชีวเคมีของสาหร่าย

สาหร่ายน้ำจืดที่พบในประเทศไทย

สาหร่ายน้ำจืดซึ่งประกอบด้วยดิวิชันต่างๆ ได้แก่ดิวิชัน Cyanophyta Chlorophyta Chrysophyta Euglenophyta Pyrrophyta และ Charophyta มักจะพบตามแหล่งน้ำทั่วไป บนต้นไม้ใหญ่ชั้นๆ ดิน กำแพง โบราณสถาน ฯลฯ

ดิวิชัน Cyanophyta (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) พบได้ตามแหล่งน้ำจืดทั่วไป เช่น แม่น้ำลำคลอง หนอง บึง แอ่งน้ำ ใต้ถุนบ้านและแหล่งน้ำเสียต่าง ๆ ตามถนนที่น้ำท่วมเป็นเวลานาน ดินชั้นๆ กำแพงโบราณสถาน โดยเฉพาะที่ซึ่งมีความเป็นด่างเล็กน้อย น้ำพุร้อน และสามารถทนความแห้งแล้งได้ดี เนื่องจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีความต้านทาน ต่อสภาวะแวดล้อมที่ผิดปกติได้ดี จึงใช้ชนิดและปริมาณของสาหร่ายดิวิชันนี้เป็นดัชนีชี้คุณภาพน้ำเสียได้

ดิวิชัน Chlorophyta (สาหร่ายสีเขียว) เจริญได้ดีทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม สำหรับน้ำจืดพบทั่วไปตามแหล่งน้ำที่มีแสงสว่างส่องถึง บนต้นไม้และดินชั้น ๆ ก็ขึ้นได้ สาหร่ายสีเขียวมีความทนทานต่อสภาพมลพิษได้น้อยกว่าสาหร่ายสีเขียวน้ำเงิน

ดิวิชัน Euglenophyta (ยูกลีโนยด์) สาหร่ายกลุ่มนี้มีการแพร่กระจายมาก พบทั้งในน้ำจืด น้ำเค็ม และน้ำกร่อย หรือตามที่ชื้นแฉะ แต่จะพบมากตามแหล่งน้ำจืดที่มีสารอินทรีย์และฟอสเฟตสูง

ดิวิชัน Chrysophyta (โดยเฉพาะไดอะตอม) พบทั้งในน้ำจืด น้ำเค็ม และน้ำกร่อย ส่วนมากชอบอยู่ตามพื้นทราย น้ำใสสะอาดไหลเร็ว แต่มีบางสกุลที่สามารถทนต่อมลพิษได้

ดิวิชัน Pyrrophyta (dinoflagellate) พบทั้งในแหล่งน้ำจืด น้ำเค็ม และน้ำกร่อย มีบางสกุลพบในแหล่งน้ำเสีย

ดิวิชัน Charophyta (สาหร่ายไฟ) ชอบขึ้นอยู่ใต้น้ำ พบมากในนาข้าว นาหน่อไม้ น้ำ บ่อบัว แหล่งน้ำที่พื้นน้ำเป็นโคลน

แหล่งที่อยู่ (habitat)

สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตที่พบทุกหนทุกแห่งที่มีความชื้นแต่แหล่งที่สาหร่ายเจริญได้ดีที่สุดก็คือในน้ำ ซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมี หรือกายภาพเหมาะสมกับสาหร่ายชนิดนั้น ๆ ดังนี้

สาหร่ายที่เจริญอยู่ในน้ำ (aquatic algae)

สาหร่ายที่อยู่ในน้ำจะมีจำนวนชนิดและปริมาณมากที่สุดมีทั้งอยู่ในน้ำจืด (freshwater algae) และในน้ำทะเล (marine algae) ดังนี้

สาหร่ายที่เจริญในน้ำจืด แหล่งน้ำจืดมีสภาพของแหล่งน้ำที่แตกต่างกันดังนี้

1. น้ำไหล (flowing water) ได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง

น้ำตกสาหร่ายที่ขึ้นอยู่ได้ในสภาพที่น้ำไหลนี้จะมีการปรับตัวโดยมีโครงสร้างภายนอกของทลัสส์ไปตามกระแสน้ำได้ มักจะมีโฮฟาสต์ (holdfast) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ยึดกับพื้นดิน หรือหิน เพื่อป้องกันการหลุดลอยไปกับกระแสน้ำ ในน้ำตกมักจะพบสาหร่ายสีเขียว เช่น *Ulothrix* สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น *Rivularia* สาหร่ายสีแดงพวก *Batrachospermum* และ *Lemanea* เป็นต้น สาหร่ายที่อยู่ในน้ำที่ไหลเอื่อย ๆ ก็จะมีรูปร่างและชนิดแตกต่างกันไปจากพวกที่อยู่ในน้ำ

2. บ่อน้ำและสระน้ำ (pond) น้ำมักจะนิ่งมีสาหร่าย

หลายชนิดเจริญอยู่ได้ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความอุดมสมบูรณ์ของอินทรีย์สารในแหล่งน้ำนั้น สาหร่ายที่เจริญในบ่อน้ำ สระน้ำ และทะเลสาบแบ่งได้ดังนี้

พวกที่ลอยอยู่เป็นอิสระบนผิวน้ำเรียกว่าแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) ได้แก่ สาหร่ายสีเขียว ใน Order Desmidiaceae เช่น *Cosmarium*, *Closterium* และ *Staurastrum* เป็นต้น และได้แก่พวกที่เป็นโคโลนี หรือเซลล์เดี่ยว เช่น *Pediastrum*, *Scenedesmus* และ *Chlorella* หรืออาจจะได้แก่ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น *Microcystis* และ *Anabaena* เป็นต้น

พวกที่ขึ้นอยู่บนต้นไม้ น้ำ เช่น ผักตบชวา จอก แหน เรียกสาหร่ายพวกนี้ว่าสาหร่ายอีพิไฟต์ (epiphytic algae) เช่นสาหร่ายสีเขียวพวก *Cladophora* และ *Pithophora* เป็นต้น

พวกที่ขึ้นหรือนอนกันอยู่ตามพื้นน้ำเรียกสาหร่ายพวกนี้ว่า สาหร่ายอีพิเพลลิด (epipelic algae) แบ่งออกเป็น 3 พวก

- 2.3.1 พวกที่ขึ้นอยู่ตามพื้นดิน หรือทรายก้นท้องน้ำ เช่น สาหร่ายไฟ พวก *Chara, Nitella* และ *Tolypella* เป็นต้น
- 2.3.2 พวกที่เคลื่อนที่ไม่ได้ ลักษณะเป็นเมือกอยู่ตามตะกอนก้นท้องน้ำ เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิด สาหร่ายใน Division Chrysophyta
- 2.3.3 พวกที่เคลื่อนที่ได้ อยู่ตามตะกอนก้นท้องน้ำ เช่น ไดอะตอม
- 2.4 พวกที่เกาะอยู่ตามเม็ดทราย เรียกพวกนี้ว่า สาหร่ายอีพิแซมมิก (episammic algae)
- 2.5 พวกที่ขึ้นและเจริญเติบโตอยู่ในพืชอื่น เรียกว่าสาหร่ายเอนโดไฟต์ (endophyticalgae)
- 2.6 พวกที่เกาะติดอยู่ตามสัตว์ เช่น ปู หอย เต่า ปลา และสัตว์น้ำอื่น ๆ เรียกว่า สาหร่ายอีพิซุอิก (epizootic algae)
- 2.7 พวกที่อาศัยอยู่ในตัวสัตว์ เรียกว่า สาหร่ายเอนโดซุอิก (endozo oic algae) เช่น *Cholrella* ที่อาศัยอยู่ใน *Hydra viridis, Paramecium brusaria* และในฟองน้ำน้ำจืดบางชนิด

สภาพนิเวศวิทยาที่มีผลต่อการกระจายของสาหร่าย

1. สภาพความเป็นกรดเป็นด่างของแหล่งน้ำ มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายแต่ละชนิดต่างกัน บางชนิดสาหร่ายสามารถเจริญได้ดีในค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำ หรือบางชนิดเจริญเติบโตได้ดีเฉพาะช่วงค่าความเป็นกรดเป็นด่างปานกลาง เป็นต้น
2. สภาพแสงสว่างแสงแดดมีความสำคัญต่อสาหร่าย ถือเป็นแหล่งพลังงานที่สาหร่ายนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง แหล่งน้ำที่ได้รับแสงสว่างเต็มที่ที่พบสาหร่ายปรากฏเป็นจำนวนมากกว่าบริเวณที่มีต้นไม้บัง
3. ด้านอุณหภูมิ ช่วงฤดูฝนและต้นฤดูหนาวอุณหภูมิประมาณ 20 – 29 องศาเซลเซียส สาหร่ายจะมีการเจริญเติบโตมากที่สุด และในฤดูร้อน อุณหภูมิประมาณ 30 – 33 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการเน่าเสียของน้ำโดยง่าย จึงปรากฏการกระจายของสาหร่ายเป็นจำนวนน้อยกว่าฤดูฝน

ความสำคัญของสาหร่ายต่อระบบนิเวศ

สาหร่ายดำรงชีวิตแบบออโตโทรฟิก อออร์กะนิซึม (autotrophic organism) เป็นสิ่งมีชีวิตที่ผลิตออกซิเจนให้แก่สิ่งแวดล้อมที่สำคัญ ประมาณว่า 50% ของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นโดยสาหร่าย นอกจากนี้สาหร่ายยังเป็นผู้ผลิต (producer) และเป็นส่วนหนึ่งของห่วงโซ่อาหารขั้นต้น ๆ ของสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยเป็นอาหารของตัวอ่อนแมลง ลูกกุ้ง ลูกปลา หรือแม้แต่ปลาที่โตเต็มที่แล้ว จะเห็นได้ว่า ผลผลิต (productivity) จากทะเล มหาสมุทร และ

ทะเลสาบทั่วไปก็ตาม จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่อยู่ในน้ำในแหล่งน้ำ ถ้าฤดูกาลใดมีแพลงก์ตอนพืชมากก็มักจะมีสิ่งมีชีวิตในน้ำเช่น กุ้ง หอย ปู ปลา มากตามไปด้วย

การใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้สภาพมลพิษทางน้ำ

สาหร่ายแต่ละชนิดมีแหล่งที่อยู่อาศัยและช่วงของความทน (range of tolerance) ต่อสภาพสิ่งแวดล้อมไม่เหมือนกัน โดยเฉพาะสาหร่ายแต่ละชนิดไวต่อสภาพริคิวิซ์หรือออกซิไดซ์ในแหล่งน้ำต่างๆ ได้ง่าย ดังนั้นในแหล่งน้ำต่างกันจึงมีสาหร่ายเจริญเติบโตไม่เหมือนกัน จึงสามารถใช้สาหร่ายเป็นดัชนี (indicator) แสดงสภาพของแหล่งน้ำนั้นได้ว่ามีลักษณะเช่นใด (ตารางที่ 1)

โดยทั่วไปสามารถจะแบ่งแหล่งน้ำตามความมากน้อยของสารอาหาร(trophic level) ออกเป็น 3 ระดับคือ แหล่งน้ำที่มีสารอาหารน้อย (oligotrophic) แหล่งน้ำที่มีสารอาหารปานกลาง (mesotrophic) และแหล่งน้ำที่มีสารอาหารมาก (eutrophic) ในแหล่งน้ำแต่ละสภาพจะมีสาหร่ายที่อยู่ในรูปของแพลงก์ตอนพืชแตกต่างกัน Round (อ้างในยูวดี พิรพรพิศาล:2546.70- 72) ได้รายงานถึงสิ่งมีชีวิตที่ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำได้ 2 ประเภทคือ แบคทีเรียและสาหร่าย โดยการแบ่งคุณภาพน้ำออกตามความมากน้อยของสารอินทรีย์ 9 ระดับด้วยกัน ดังตารางที่ 1 การใช้สาหร่ายเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำที่มีประสิทธิภาพนั้น ควรจะบ่งบอกถึง ชนิด (species) ของสาหร่ายดังกล่าวได้เลย จึงจะให้ความถูกต้องใกล้เคียงความจริงมากที่สุด ดังตารางที่1

ตารางที่ 1 แสดงโซนต่าง ๆ ของแหล่งน้ำจากที่มีมลพิษมากไปยังโซนที่มีมลพิษน้อยรวมทั้งสิ่งมีชีวิต (สาหร่ายและแบคทีเรีย) ที่อยู่ในแต่ละโซนนั้น

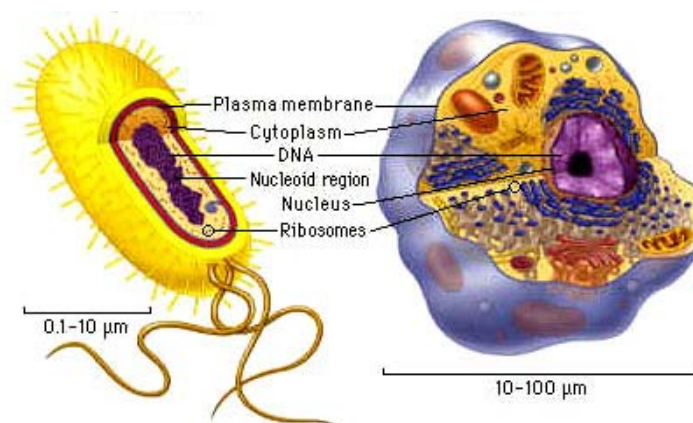
โซนที่	ชื่อโซน	สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในแต่ละโซน
1.	โซนโคโปรโซอิก (coprozoic zone) เป็นโซนที่มีสภาพมลพิษสูงมาก น้ำเสียไม่ผ่านระบบบำบัด	ไม่มีสาหร่ายเลย ก. กลุ่มแบคทีเรียประเภทซัลเฟอร์แบคทีเรีย ข. กลุ่มโปรโตซัว Bodo ค. ทั้ง 2 กลุ่ม
2.	โซนอัลฟาโพลีซาโปรบิก (Alpha – polysaprobic zone)	มีสาหร่ายและแบคทีเรียอยู่บ้าง ก. กลุ่มสาหร่ายยูกลีนา ข. กลุ่มแบคทีเรีย Rhodo – Thiobacteria ค. กลุ่มแบคทีเรีย Chlorobacteria ถิ่น ๆ
3.	โซนเบตาโพลีซาโปรบิก (Beta – polysaprobic zone)	มีสาหร่ายหลายชนิด ก. กลุ่มสาหร่าย <i>Beggiatoa</i> ข. กลุ่มสาหร่าย <i>Thiothrix nivea</i> ค. กลุ่มสาหร่ายยูกลีนา
4.	โซนแกมมาโพลีซาโปรบิก (Gamma – polysaprobic zone)	มีสาหร่ายหลายชนิด ก. กลุ่มสาหร่าย <i>Oscillatoria chlorina</i> ข. กลุ่มสาหร่าย <i>Sphaerotilus natans</i>
5.	โซนอัลฟามีโซซาโปรบิก (Alpha - mesosaprobic zone)	มีสาหร่ายหลายชนิด ก. กลุ่มสาหร่าย <i>Ulothrix zonata</i> ข. กลุ่มสาหร่าย <i>Oscillatoria benthematicum</i> ค. กลุ่มสาหร่าย <i>Stigeoclonium tenue</i>
6.	โซนเบตามีโซซาโปรบิก (Beta - mesosaprobic zone)	มีสาหร่ายหลายชนิด ก. กลุ่มสาหร่าย <i>Cladophora fracta</i> ข. กลุ่มสาหร่าย <i>Phormidium</i>

โซนที่	ชื่อโซน	สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในแต่ละโซน
7.	โซนแกมมามีโซซาโปรบิก (Gama - mesosaprobic zone)	มีสาหร่ายหลายชนิด ก. กลุ่มสาหร่ายสีเขียว (Batrachospermum vagum หรือ Lemanea fluviatilis) ข. กลุ่มสาหร่ายสีเขียว (Cladophora glomerata หรือ Ulothrix zonata)
8.	โซนโอลิโกซาโปรบิก (oligosaprobic zone) น้ำในโซนนี้เป็นน้ำจากต้นน้ำ	มีสาหร่ายหลายชนิด ก. กลุ่มสาหร่ายสีเขียว Draparnaldia glomerata ข. กลุ่มสาหร่าย Meridion circulare ค. กลุ่มสาหร่ายสีแดง (Lemanea annulata Batrachospermum
		moniliiforme Hildenbrandia rivularis)- ง. กลุ่มสาหร่าย Vaucheria sessilis จ. กลุ่มสาหร่าย Phormidium inundatum
9.	โซนคาธาโรบิก (katharobic zone) น้ำในโซนนี้มีสารอินทรีย์ปะปนอยู่น้อยมาก เช่นน้ำพุ	มีสาหร่ายหลายชนิด ก. กลุ่มสาหร่ายสีเขียว Cnlorotylum cateractum และ Drapanaldia plumosa ข. กลุ่มสาหร่ายสีแดง (Chantransia chalybea และ Hildenbrandia rivularis) ค. กลุ่มสาหร่ายที่ปกคลุมผิว Chamaesiphon Polonius และ Calothrix หลายชนิด

หมายเหตุ โซนตัวเลขน้อยตั้งแต่โซน 1 - 6 สภาพมลพิษสูง
 โซนตัวเลขมากตั้งแต่โซน 7 - 9 สภาพมลพิษต่ำ
 ตัวอักษร ก ข ค ง จ แสดงว่าในแต่ละโซนอาจมีสิ่งมีชีวิตในกลุ่ม ก หรือ ข หรือ ค หรือ จ ปะปนกันไป

ส่วนประกอบของเซลล์สาหร่าย

เซลล์ของสาหร่ายเหมือนเซลล์ของพืชทั่วไป คือประกอบด้วยเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ซึ่งอาจจะมีหรือไม่มีผนังเซลล์ (cell wall) ไซโตพลาสซึม (cytoplasm) ซึ่งประกอบด้วยออร์แกเนลล์ (organelles) ชนิดต่างๆ นิวเคลียส (nucleus) และแฟลกเจลลัม (flagellum)



ที่มา: <http://www.google.com>

ขนาด (size)

ขนาดของสาหร่ายมีความแตกต่างกันมาก ตั้งแต่เซลล์เดี่ยวที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์จนถึงสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลที่มีความยาวหลายร้อยฟุต ตัวอย่างเช่น สาหร่ายสีเขียว *chlorella vulgaris* ซึ่งมีเซลล์เดี่ยว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง 3.6 – 8.1 ไมครอน ส่วนสาหร่ายทะเลขนาดใหญ่ที่มีลักษณะเป็นทลัสซายได้แก่ สาหร่ายสีน้ำตาล (*Macrocystis pyrifera* (giant kelp)) มีความยาวถึง 700 ฟุต ซึ่งนับว่าเป็นสาหร่ายที่ยาวที่สุดในโลก

รูปร่าง (shape)

สาหร่ายมีรูปร่างหลายแบบด้วยกัน อาจจะเป็นเซลล์เดี่ยว หลายเซลล์อยู่รวมกันเป็นโคโลนี (colony) เป็นเส้นสาย เป็นท่อนติดต่อกัน จนถึงลักษณะเป็นทลัสซ

ลักษณะเป็นเส้นสาย(filamentous form หรือ filament) รูปร่างของสาหร่ายชนิดนี้เกิดจากเซลล์มาต่อกันเป็นเส้น มี 2 แบบคือ

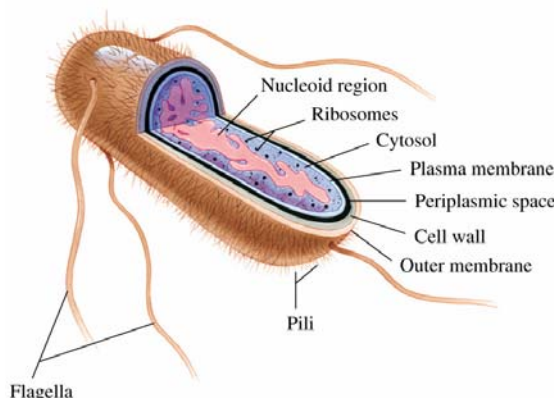
1. เส้นสายไม่แตกแขนง (unbranched filament)

แบบนี้เกิดจากเซลล์เรียงต่อกันเป็นสายอาจจะยาวหรือสั้นก็ได้ ไม่มีการแตกแขนง ตัวอย่างสาหร่ายสีเขียว เช่น *spirogyra* , *Oedogonium* และ *Ulothrix* สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น *Oscillatoria* *Gloeotrichia*, *Lyngbya* และ *Phormidium* ดังรูป

2. เส้นสายแตกแขนง (branched filament) รูปร่างของสาหร่ายแบบนี้มีการแตกแขนงออกไปด้านข้างมีรูปร่างหลายแบบไม่พบในสาหร่ายหลายพวกเช่น *Cladophora*, *Heterodendron*, *Heterococcus*, *Desmococcus*, *Chara*, *Trentepohlia* และ *Stigeoclonium*

หลอดหรือท่อติดต่อกันตลอด (siphonaceous form) เป็นเซลล์ที่มีนิวเคลียสรูปร่างเป็นหลอดหรือเป็นท่อติดต่อกันตลอดไม่มีผนังกั้น นอกจากในระยะสืบพันธุ์จะมีผนังกั้นเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ พบในสาหร่าย Division Chrysophyta เช่น *Botrydium*, *Vaucheria* และสาหร่ายสีเขียว เช่น *Bryopsis*, *Codium* และ *Halimeda* เป็นต้น

เนื้อเยื่อพาราไคมะ (parenchymatous form) ประกอบด้วยเซลล์พาราไคมะที่สามารถทำการแบ่งเซลล์ได้หลายทิศทาง ทำให้สาหร่ายพวกนี้มีลักษณะเป็นพัลลัส ถ้าเซลล์พาราไคมะทำการแบ่งแบบ 2 ทิศทาง จะทำให้พัลลัสมีลักษณะแบน พบในสาหร่ายสีเขียว *Monostroma* บางชนิดเซลล์พาราไคมะทำการแบ่งมากกว่า 2 ทิศทาง จะทำให้พัลลัสมีลักษณะเป็นท่อพบในสาหร่ายสีเขียว *Enteromorpha* และ *Ulva* สาหร่ายสีน้ำตาล เช่น *Dictyota*, *Scytosiphon* และ *Laminaria* สาหร่ายสีแดง เช่น *Batrachospermum* และ *Ceramium* เป็นต้น



ที่มา: <http://www.google.com>

การเกิดสาหร่าย

สาหร่ายหลายชนิดที่สามารถเจริญเติบโต และแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว ในเวลาอันสั้น หรือที่เรียกว่า การบลูม ทำให้มีสาหร่ายในปริมาณมหาศาล จนทำให้แหล่งน้ำนั้นๆ เปลี่ยนสีไป และมักจะทำให้สัตว์น้ำตาย เนื่องจากการอุดตันของสาหร่ายบริเวณเหงือก หรือทำให้น้ำขาดออกซิเจน โดยเฉพาะในตอนกลางคืน การบลูมของสาหร่าย นอกจากทำให้น้ำเปลี่ยนสีแล้ว ยังสร้างสารประกอบทางเคมีที่ทำให้โคลน และน้ำ มีกลิ่น เช่น จีออสมิน และ สารพวก 2-methylisoborneol ทำให้กุ้งที่เลี้ยงอยู่ในน้ำ ที่เกิดการบลูมของสาหร่าย อะนาบินา (*Anabaena*) และ ออสซิลลาโทเรีย (*Oscillatoria*) เกิดมีกลิ่นเหม็นของโคลนตามไปด้วย เมื่อสาหร่ายตาย น้ำจะเน่าเสีย ทำให้

ออกซิเจนในน้ำลดลง และเกิดสารพิษ (toxin) สายพันธุ์ของสาหร่ายที่มีรายงานว่าสร้างสารพิษ ได้แก่ ไมโครซิสติส (Microcystis), อะนาบินา (Anabaena), อะฟานิโซมินอน (Aphanizomenon), โนคูเลเรีย (Nodularia) พิษจากสาหร่ายที่มีผลกระทบต่อระบบประสาท เรียกว่า "Neurotoxin" มีผลกระทบต่อตับเรียกว่า "Hepatotoxins" สาหร่าย จัดเป็นพืชชั้นต่ำที่มีขนาดเล็กมีรงควัตถุกระจายอยู่ทั่วไปในไซโตพลาสซึมสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ สาหร่ายแตกต่างจากแบคทีเรียตรงที่มีคลอโรฟิลล์ สาหร่ายต้องการแสง และสารอนินทรีย์ เช่น ฟอสเฟต, ไนโตรเจน, คาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง สาหร่ายมีความแตกต่างกันในลักษณะของโครงสร้าง นอกจากนี้ ยังมีความหลากหลายของแหล่งน้ำซึ่งเกี่ยวข้องกับความเป็นพิษ, อุณหภูมิ, ความเข้มแสง และ สารอาหาร ดังนั้น จึงทำให้สาหร่ายบางชนิด มีประโยชน์และ บางชนิดเป็นพิษ สาหร่ายหลายชนิดที่สร้างสารพิษได้ เช่น สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว ไดโนแฟลกเจลเลต และสาหร่ายสีเขียวแกมเหลือง สารพิษที่สาหร่ายสร้างขึ้นส่วนหนึ่ง จะถูกปล่อยออกมาออกเซลล์ หรือ ปนเปื้อนกับสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น หอย กุ้ง ปลา ปู สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่เป็นพิษมีมากถึง 40 สายพันธุ์

สารพิษที่ สร้างจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว ได้แก่ เปปไทด์ (peptide), อัลคาลอยด์ (alkaloid) และฟีนอล (phenols) ปัญหาที่เกิดจากสาหร่ายที่ผู้เลี้ยงกุ้งพบอยู่เสมอ คือ การบลูมของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว เช่น ออสซิลลาทอเรีย หรือสาหร่ายขนแมว (Oscillatoria), ไมโครซิสติส (Microcystis), อะนาบินา (Anabaena) และ ไดโนแฟลกเจลเลต หรือ จี๊ปลาวาฟ ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายได้ไม่น้อยไปกว่าการเกิดโรค

การบลูมของสาหร่ายเหล่านี้มักเกิดขึ้น ในระยะที่น้ำมีค่าความเป็นด่างสูง พี.เอช. ประมาณ 7.8-11 มีปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำสูง ซึ่งเหมาะกับการ เจริญเติบโตของสาหร่าย ทำให้น้ำมีสีเขียวเข้ม เมื่อสาหร่ายตายลงน้ำในบ่อจะเปลี่ยนสี และ มีกลิ่นเหม็น ปริมาณออกซิเจนลดลงปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้น จนเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ หากสาหร่ายเข้าไปอุดตัน บริเวณเหงือก ทำให้ กินอาหารลดลง การเกิดน้ำแดง หรือจี๊ปลาวาฟ (red tide) ทำให้ออกซิเจนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล หรือ สีแดง พบได้ในสาหร่าย กลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต (Dinoflagellate) เช่น *Gonyaulax* sp. ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ เช่น หอยแมลงภู่ หอยนางรม หอยเชลล์ กุ้ง ปลา ทำให้ผู้บริโภคเกิดการท้องร่วง และ อาเจียน เนื่องจากสารพิษ Neosaxitoxin มีการวิจัยพบว่าสารพิษชนิดนี้จะยับยั้งขบวนการขนถ่ายแร่ธาตุ โดยเฉพาะโซเดียม (Na) ในร่างกาย สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวสามารถขึ้นได้ทั่วทุกแห่งในโลก ไม่ว่าในเขตร้อน หรือเขตหนาว ในน้ำ หรือบนบก หรือแม้แต่ยอดเขาสูงๆ ชอบขึ้นอยู่ในน้ำที่เป็นกลาง หรือเป็นด่างเล็กน้อย น้ำที่มี pH 4-5 จะไม่พบสาหร่ายพวกนี้เลย

Division Cyanophyta

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้เป็นอย่างดี ชอบขึ้นในน้ำที่เป็นกลางหรือเป็นด่างเล็กน้อย สภาพความเป็นกรดต่าง 3.5- 7.0 ได้ ในน้ำ pH 4 – 5 จะไม่พบสาหร่ายพวกนี้ขึ้นอยู่เลย ในน้ำจืดพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้เสมอ ทั้งในคู คลอง หนอง บึงทั่วไป พวกที่เป็นเส้นสาย มักพบในน้ำนิ่ง ส่วนพวกที่มีสีทึ่ม มักพบในน้ำไหล

ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน มีดังนี้

สี

เขียวสด

รูปร่าง

มีรูปร่าง 2 แบบคือ รูปร่างเป็นเซลล์เดี่ยวหรือโคโลนีไม่เป็นเส้นสาย (non filamentous)

การแพร่กระจาย

ส่วนมากจะพบในแหล่งน้ำทั่ว ๆ ไปและที่ดินแฉะ ๆ

ถิ่นที่อยู่อาศัย

ส่วนมากชอบลอยตัวอยู่ในลักษณะเป็น plankton ตามแม่น้ำ ลำคลอง ลำธาร บ่อ บึง อ่างเก็บน้ำ สระน้ำ ดิน ก้อนหินที่เปียกชื้นอยู่เสมอ เปลือกต้นไม้ใหญ่ กระถางต้นไม้ขึ้น ๆ และบ่อขังน้ำสำหรับเลี้ยงปลา บางชนิดพบตามอ่างและชายฝั่งทะเลเป็นต้น

การเคลื่อนที่

พวกที่เคลื่อนที่ได้จะเคลื่อนที่โดยใช้ flagellum

ประโยชน์

เป็นแหล่งสำคัญในการผลิตออกซิเจน เป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อยู่ในน้ำ และเป็นอาหารของมนุษย์

การจำแนกหมวดหมู่

การจำแนกหมวดหมู่ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในที่นี้จะยึดตามหลักเกณฑ์ของ Desikachary โดยแบ่งออกเป็น 5 ออร์เดอร์ ดังนี้

Division Cyanophyta

Order 1. Chroococcales

Family Chroococcaceae

1. Anacystis
2. Aphanothece

3. Aphanocapa
4. Chroococcus
5. Coelosphaerium
6. Eucapsis
7. Gloeocapsa
8. Gloeochaete
9. Gloeotheca
10. Merismopedia
11. Microcystis
12. Synechococcus
13. Synechocystis

Order 2. Chamaesiphonales

Family Chamaesiphonaceae

1. Chamaesiphon

Family Dermocarpaceae

1. Dermocarpa
2. Stichosiphon

Order 3. Pleurocapsales

Family Plourocapsaceae

1. Hyella
2. Myxosarcina
3. Pleurocapsa
4. Xenococcus

Order 4. Nostocales

Family Oscillatoriaceae

1. Arthrospira
2. Hydrocoleum
3. Lyngbya
4. Microcoleus
5. Oscillatoria
6. Phormidium
7. Spirulina

8. Symploca

Family Nostocaceae

1. Anabaena
2. Anabaenopsis
3. Cylindrospermum
4. Cylindrospermopsis
5. Nodularia
6. Nostoc

Family Scytonemataceae

1. Plectonema
2. Scytonema
3. Tolypothrix

Family Rivulariaceae

1. Calothrix
2. Gloeotrichia
3. Rivularia

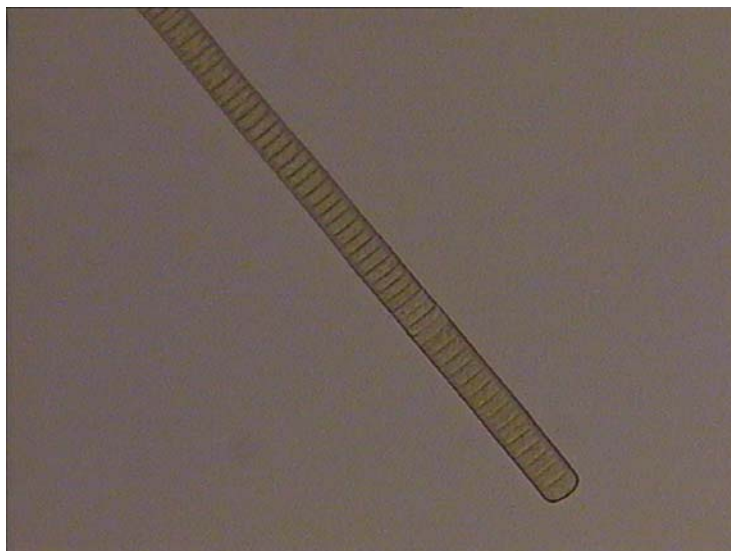
Order 5 Stigonematales

Family Nostochopsidaceae

1. Nostochopsis
2. Stigonema

Family Mastigo cladaceae

1. Brachytrichia
2. Mastigocladus



***Oscillatoria* sp. (OSCILLATORIACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง สาหร่ายขนแมว

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

เป็นเส้นสายที่อาจอยู่เดี่ยว ๆ แต่อาจจะมีกลุ่มกันหนาแน่น
ใบบางสภาพโดยทั่วไปเซลล์ในเส้นสายมีความกว้างยาวกว่าความยาวของเซลล์

แหล่งที่พบ

พบได้ทุกหนทุกแห่งที่มีความชื้น เช่นตามที่ชื้นและ
ตามบ่อน้ำ ภูเขาธารน้ำซึ่งมีสารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อย บริเวณที่มีสาหร่ายชนิดนี้จะมีสีเขียว
คล้ำ มีความคงทนต่อความสกปรกของน้ำได้ดี

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	31.36
ค่าความเป็นกรดค่า (pH)	7.00
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	248
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	5.37
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	4.51



แหล่งที่มา : <http://protist.i.hosei.ac>

***Phormidium* sp. (OSCILLATORIACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

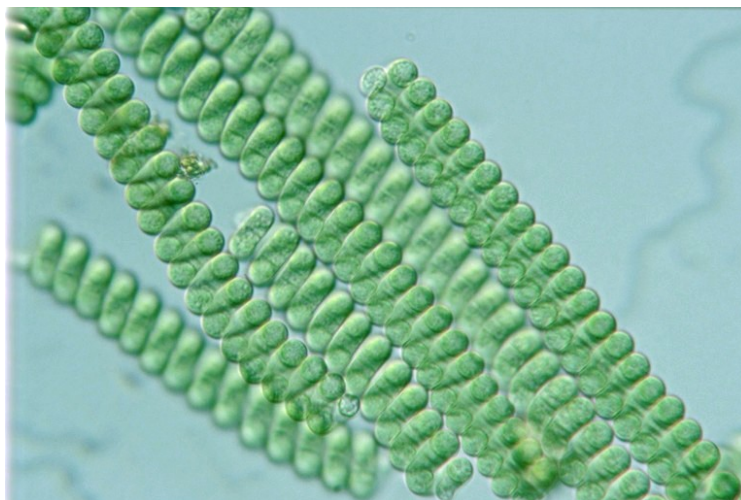
เป็นเส้นสายที่มักจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มสานกันเป็นแผ่น เซลล์มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือทรงกระบอกเรียงต่อกัน มีความกว้างของเซลล์สม่ำเสมอตลอดสาย ยกเว้นตรงปลายกลมมน บางชนิดอาจมีคาลิปตรา มีซิพหุ้มเส้นสายบาง ๆ ซิพไม่มีสี บางชนิดซิพโผล่ออกมานอกไตรโคม

แหล่งที่พบ

พบในสภาพคล้ายกับ *Oscillatoria* พบได้ทุกหนทุกแห่งที่มีความชื้น เช่นตามที่สูงชันและ ตามบ่อน้ำ คู ลำธาร ท่อระบายน้ำซึ่งมีสารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อย บริเวณที่มีสาหร่ายชนิดนี้จะมีสีเขียวคล้ำมีความคงทนต่อความสกปรกของน้ำได้ดี

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	31.36
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	7.00
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	248
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	5.37
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	4.51



แหล่งที่มา : <http://images.google.co.th/images?q=Spirulina+sp>

***Spirulina* sp. (OSCILLATORIACEAE)**

ชื่อพ้อง **Arthrospira**

ชื่อพื้นเมือง สาหร่ายเกลียวทอง

ชื่อสามัญ Spiral

ลักษณะทั่วไป

เป็นเส้นสายที่มีลักษณะเป็นเกลียวคล้ายสว่าน ประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์มาต่อกัน แต่ผนังเซลล์แต่ละเซลล์บางมาก จึงมองไม่เห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา มีการเคลื่อนไหวแบบควงสว่าน (spiral) สาหร่ายชนิดนี้มีโปรตีนสูง

แหล่งที่พบ

พบในน้ำจืดทั่วไป โดยเฉพาะน้ำที่มีของเสียจากโรงงาน

อุตสาหกรรม สามารถอยู่ในตัวกลางที่มีสภาพความเป็นกรดต่าง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	31.36
ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)	7.00
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	248
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	5.37
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	4.51



Nostoc sp. (NOSTOCACEAE)

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

พืคลัสมีลักษณะเป็นก้อนวุ้น ภายในมีเส้นสายจำนวนมาก

ฝังตัวอยู่ เมื่อยังอ่อนอยู่เป็นก้อนตัน ต่อมาตรงกลางจะกลวง เส้นสายแตกแขนงได้จำนวนมาก แขนงสั้นประกอบด้วยเซลล์ 1 – 3 เซลล์ มีเฮเทอโรซิสต์อยู่ตรงปลายแขนงจะมีลักษณะยาวเฮเทอโรซิสต์นอกจากจะเกิดตรงปลายของแขนงสั้น ๆ

แหล่งที่พบ

ในคู คลอง หนอง บึงทั่วไป พวกที่เป็นเส้นสาย มักพบใน

น้ำนิ่ง ส่วนพวกที่มีสีทึ่ม มักพบในน้ำไหลชอบขึ้นในน้ำที่เป็นกลางหรือเป็นด่างเล็กน้อย

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	31.36
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	7.00
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซิเมน/ซม.)	248
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	5.37
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	4.51



แหล่งที่มา : www.botany.hawaii.edu/.../cyanophyta-3.htm

***Scytonema endolithicum* (SCYTONEMATACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

เป็นพวงเส้นสายที่มีการแตกแขนงไม่แท้จริงเช่นเดียวกัน แขนงที่แตกออกมาจะเป็นแบบแขนงคู่ (false branch in pair) ระหว่างเฮทเทอโรซิสต์ เซลล์มีรูปร่างทรงกระบอก สีทึบหม้ออาจไม่มีสี หรือมีสีน้ำตาลอมเหลือง

แหล่งที่พบ

เป็นสาหร่ายที่ขึ้นในที่ ๆ มีความชื้น และบนดิน หิน เปลือกไม้ มีลักษณะปุยเหมือนผ้ากำมะหยี่ อาจพบอยู่ในน้ำจืดทั่ว ๆ ไปบ้าง จะเจริญได้ดีในน้ำที่มีความเป็นด่างสูง ค่า pH 7.8 – 11.0 มีปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำสูง 10 – 15 มิลลิกรัม/ลิตร ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	31.16
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	7.5
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	97.4
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	4.81
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	5.0



แหล่งที่มา : www-cyanosite.bio.purdue.edu

***Tolypothrix* sp. (SCYTONEMATACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

เป็นสายที่แตกแขนงแบบแขนงเดี่ยว (false branch in angle) ซึ่งมักเกิดติดกับเฮทเทอโรซิสต์ที่อยู่ภายในเส้นสาย ลักษณะเซลล์คล้าย *Scytonema*

แหล่งที่พบ

พบอยู่ในน้ำมีลักษณะเป็นก้อนหรือเป็นกระจุก มีลักษณะเป็นปุย หรืออาจเกาะท่อนไม้ ก้อนหินที่จมอยู่ใต้น้ำก็ได้

จะเจริญได้ดีในน้ำที่มีความเป็นด่างสูง ค่า pH 7.8 – 11.0 มีปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำสูง 10 – 15 มิลลิกรัม/ลิตร

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.34
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	7.19
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	878
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	4.88
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	2.42



***Gloeotrichia* sp. (RIVULARIACEAE)**

ชื่อพ้อง -
ชื่อพื้นเมือง -
ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

เป็นเส้นสาย แต่จะอยู่รวมกันเป็นทลัสส์ มีลักษณะเป็น

ก้อนกลม หรือแบนภายในกลวงหรือตัน โดยเส้นสายฝังอยู่ในเมือก อาจจะฝังตัวโดยเรียงขนานกันหรือเรียงเป็นรัศมีกระจายออกโดยเฮเทอโรซิสต์ของแต่ละเส้นสายจะมาชนกันตรงกลาง ปลายเส้นสายจะชี้ออกไปเป็นแฉกคล้ายรัศมีลักษณะของแต่ละเส้นสายนั้นจะมีเฮเทอโรซิสต์ ที่ส่วนโคนมีการสร้างอะคินีติดกับเฮเทอโรซิสต์ อะคินีที่มีขนาดใหญ่รูปทรงกระบอกยาว มีซี่ทึ่ม ส่วนโคนหนา ส่วนปลายจะเห็นไม่ชัด

แหล่งที่พบ

ในน้ำโดยจะมีลักษณะเป็นอิมัลชันกับไขมัน และอาจก่อให้เกิด วอเตอร์บลูม จะเจริญได้ดีในน้ำที่มีความเป็นด่างสูง ค่า pH 7.8 – 1.0 มีปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำสูง 10 – 15 มิลลิกรัม/ลิตร ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.43
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	7.19
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	878
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	4.88
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	2.42

Division Chlorophyta

สาหร่ายสีเขียว (green algae)

เป็นพวกที่พบมากที่สุดทั้งชนิด และจำนวน ทั้งนี้เพราะมีสมาชิกมาก พบทั่วไปทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม หรือแม้แต่บนดิน ขนาดมีตั้งแต่เล็กมากไปจนถึงขนาดใหญ่ และสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้เป็นอย่างดี เช่น

ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายสีเขียวมีดังนี้

สี

สีเขียวสดเหมือนหญ้า (grass green algae) เพราะในคลอโรพลาสต์มีรงควัตถุพวกคลอโรฟิลล์ทั้งเอและบีจำนวนมาก

รูปร่าง

เซลล์มีรูปร่างแตกต่างกันตามกลุ่มแพลงก์ตอนพืชบางชนิดอาจมีรูปร่างกลมอยู่เดี่ยวหรืออยู่เป็นโคโลนีบางชนิดเซลล์อาจต่อกันเป็นเส้น (filament) ทั้งพวกที่เคลื่อนที่ได้และเคลื่อนที่ไม่ได้ เส้นสาย หลอดหรือท่อและทาลัสที่ประกอบด้วยเซลล์พาราเอนไคมา

การแพร่กระจาย

ส่วนมากจะพบในแหล่งน้ำทั่ว ๆ ไปและที่ดินและ ๆ ถิ่นที่อยู่อาศัยเป็นพวกที่พบทั่วไปทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และในทะเลหรือแม้แต่บนดินก็ขึ้นอยู่ได้

การเคลื่อนที่

พวกที่เคลื่อนที่ได้จะเคลื่อนที่โดยใช้ flagellum

ประโยชน์

เป็นแหล่งสำคัญในการผลิตออกซิเจน เป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อยู่ในน้ำ และเป็นอาหารของมนุษย์

การจำแนกหมวดหมู่

การจำแนกหมวดหมู่ของสาหร่ายสีเขียวในที่นี้จะใช้ระบบของ Bold และ Wymne (1978) โดยแบ่งออกเป็น 15 ออร์เดอร์ ดังนี้

Division Chlorophyta

Order 1 Volvocales

Family Polyblepharidaceae

1. Pedinomonas

2. Dunaliella
3. Pyramimonas
4. Polyblepharides

Family Chlamydomonadaceae

1. Chlamydomonas
2. Carteria
3. Chlorogonium
4. Haematococcus
5. Polytoma

Family Phacotaceae

1. Phacotus

Family Volvocaceae

1. Gonium
2. Pandorina
3. Eudorina
4. Platydorina
5. Pleodorina
6. Volvox
7. Stephanosphaera

Family Astrephomenaceae

1. Astrephomene

Family Spondylomoraceae

1. Pyrobotrys

Order Tetrasporales

Family Palmellaceae

1. Palmella
2. Gloeocystis
3. Arterococcus

Family Chlorangiaceae

1. Prasinocladus

Family Tetrasporaceae

1. Tetraspora

2. Apiocystis
3. Paulschulzia

Order 3 Chlorococcales

Family Chlorococcaceae

1. Chlorococcum
2. Characium

Family Protosiphonaceae

1. Protosiphon

Family Characiosiphonaceae

1. Characiosiphon

Family Hydrodictyaceae

1. Pediatrism
2. Sorastrum
3. Hydrodictyon

Order 4 Chlorosarcinales

Family Chlorosarcinaceae

1. Chlorosarcina
2. Tetracystis

Order 5 Chlorellales

Family Chlorellaceae

1. Chlorella
2. Prototheca
3. Golenkinia
4. Oocystis
5. Eremoshaera
6. Ankistrodesmus

Family Scenedesmaceae

1. Scenedesmus
2. Coelastrum
3. Dictyosphaerium

Order 6 Ulotrichales

Family Ulotrichaceae

1. Ulothrix
2. Klebsormidium
3. Geminella
4. Radifilum
5. Stichococcus

Family Microsporaceae

1. Microspora

Family Cylandrocapsaceae

1. Cylandrocapsa

Order 7 Chaetophorsles

Family Chaetophoraceae

1. Chaetophora
2. Stigeoclonium
3. Draparnaldia
4. Draparnaldiopsis
5. Fritschiella
6. Microthanium
7. Protoderma

Family Aphanochaetaceae

1. Aphanochete

Family Coleochaetaceae

1. Coleochaete

Order 8 Oedogoniales

Family Oedogoniaceae

1. Oedogonium
2. Balbochaete
3. Oedocladium

Order 9 Ulvales

Family Percursariaceae

1. Percursariaceae

Family Monostromataceae

1. Monostroma

Family Ulvaceae

1. Enteromorpha
2. Ulva
3. Ulvaria

Family Schizomeridaceae

1. Trichosarcina
2. Schizomeris

Family Prasiolaceae

1. Prasiola

Order 10 Cladophorales

Family Cladophoraceae

1. Rhizoclonium
2. Chaetomorpha
3. Cladophora
4. Pithophora

Family Sphaeropleaceae

1. Sphaeroplea

Order 11 Acrosiphoniales

Family Acrosiphoniaceae

1. Urospora
2. Spongomorpha
3. Acrosiphonia

Order 12 Caulerpales

Family Codiaceae

1. Codium

Family Udoteaceae

1. Halimeda
2. Udotea
3. Penicillus
4. Chlorodesmis

Family Caulerpacae

1. Caulerpa

Family Bryopsidaceae

1. Bryopsis
2. Pseudobryopsis

Family Derbesiaseae

1. Derbesia

Family Phyllosiphonaceae

1. Phyllosiphon
2. Ostreobium

Family Dichotomosiphonaceae

1. Dichotomosiphon

Order 13 Siphonocladales

Family Siphonocladaceae

1. Cladophoropsis
2. Siphonocladus

Family Valoniaceae

1. Valonia

Family Anadyomenaceae

1. Anadyome
2. Microdictyon

Family Boodleaceae

1. Struvea
2. Boodlea

Order 14 Dasycladales

Family Dasycladaceae

1. Acetabularia
2. Neomeris
3. Batophora
4. Cymopolia

Order 15 Zygnematales

Family Zygnemataceae

1. Spirogyra

2. Sirogonium

3. Zygnema

4. Mougeotia

Family Mesotaeniaceae

1. Mesotaenium

2. Spirotaenia

3. Cylindrocystis

4. Netrium

Family Desmidiaceae

1. Closterium

2. Cosmarium

3. Micrasterias

4. Staurastrum

5. Hyalotheca

6. Desmidium



แหล่งที่มา : www.bio.uio.no

***Chlamydomonas* sp. (DESMIDIACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

มีลักษณะของคลอโรพลาสต์แตกต่างกันไป อาจเป็นรูปกล้วย รูปโกศ รูปตัว H หรือคลอโรพลาสต์อาจอยู่ข้าง ๆ เซลล์ บริเวณด้านหน้ามีแฟลกเจลลัม 2 เส้น มีอายสปอดฟิงอยู่บริเวณด้านหน้า

แหล่งที่พบ

ขึ้นอยู่ในแหล่งน้ำจืดที่มีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	31.17
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	7.46
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	257
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	6.05
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	6.77



แหล่งที่มา : <http://www.rummet>

***Volvox* sp. (VOLVOCACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

เป็นกลุ่มเซลล์ทรงกลมกลวง มีขนาดใหญ่มองเห็นได้ด้วย

ตาเปล่า ประกอบด้วยเซลล์ตั้งแต่ 500 – 50,000 เซลล์ เรียงอยู่ที่ผิวของทรงกลม แต่ละเซลล์ลักษณะกลมหรือรี มีสารเป็นเมือกหุ้ม และมีหนวด 2 เส้น

แหล่งที่พบ

สามารถอยู่ในตัวกลางที่มีสภาพความเป็นกรดต่าง 3.5-7.0 และที่อุณหภูมิ 20 – 29 องศาเซลเซียส เจริญได้ดีมาก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.60
ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)	6.43
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	64.7
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	5.65
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	4.18



แหล่งที่มา : [www .protist.i.hosei.ac.jp](http://www.protist.i.hosei.ac.jp)

***Pyrobotrys* sp. (SPONDYLORACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

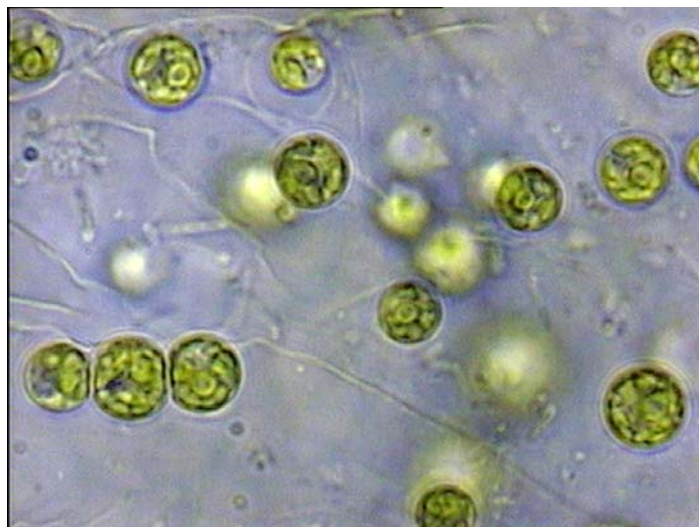
ประกอบด้วยเซลล์จำนวน 8 – 16 เซลล์เรียงตัวเบียดกันเป็นกลุ่ม โดยหันด้านเซลล์ไปทางเดียวกัน แต่ละเซลล์มีลักษณะคล้ายรูปกระสวยหัวแหลมท้ายแหลม มีแฟลกเจลลัม 2 เส้น มีอายุสเปค 1 อัน

แหล่งที่พบ

มักพบในบ่อ หรือสระที่มีสารอินทรีย์มาก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	31.29
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	8.05
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	525
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	4.60
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	4.10



***Chlorella* sp. (CHLORELLACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

รูปร่างทรงกลม หรือเป็นรูปไข่ คลอโรพลาสต์มักอยู่ด้านข้าง หรือเป็นรูปถ้วย

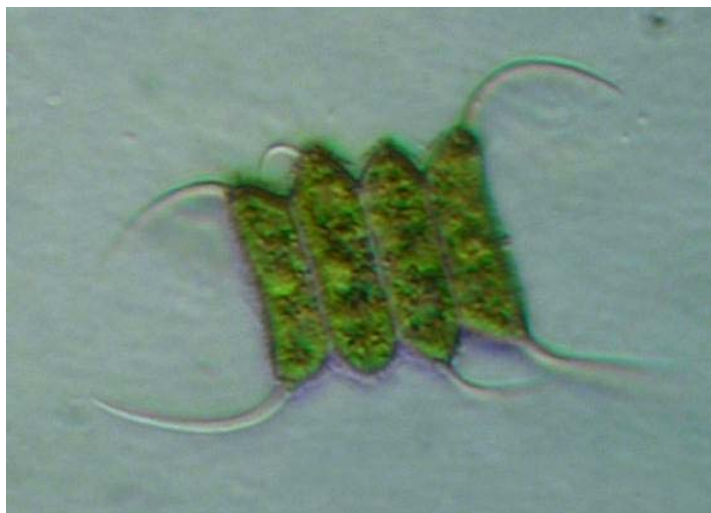
แหล่งที่พบ

เป็นสาหร่ายที่พบได้ทั่วไปโดยเฉพาะในดิน แม้กระทั่งในขบวนการหรือถึงน้ำที่ไม่ค่อยได้

ล้าง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.60
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	6.43
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	64.7
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	5.65
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	4.18



***Scenedesmus* sp. (SCENEDESMACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

เป็นโคโลนีที่ประกอบด้วยเซลล์จำนวน 4 หรือ 8 หรือ 16 เซลล์มาเรียงต่อกันด้านข้างตามความยาวของเซลล์ แต่ละเซลล์มีลักษณะเป็นรูปไข่ หรือทรงกระบอก หรือพระจันทร์ครึ่งซีก เซลล์ที่อยู่ด้านริมสุดทั้งสองด้านอาจมีหนาม (spine) ยื่นออกมา

แหล่งที่พบ

เป็นสาหร่ายที่มีชีวิตแบบแพลงก์ตอนพืช ในน้ำจืด หรืออาจพบในดินบึง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.43
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	7.19
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	878
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	4.88
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	2.42



***Ulothrix* sp. (ULOTRICHSCAE)**

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อท้องถิ่น -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

เป็นเส้นสายที่ไม่แตกแขนง เซลล์ล่างสุดทำหน้าที่เป็นราก สำหรับยึดเกาะ แต่ละเซลล์เป็นรูปทรงกระบอก มีนิวเคลียสเพียง 1 คลอโรพลาสต์เป็นแถบข้างเซลล์ หรือเป็นวงอยู่ตรงกลาง และอาจหุ้มรอบหรือเกือบรอบ มีไพรีนอยด์ 1 หรือมากกว่า

แหล่งที่พบ

พบทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม ขึ้นบนหินหรือท่อนไม้ที่จมน้ำ ทั้งน้ำนิ่ง และน้ำไหล หรือที่ขึ้นและที่น้ำสาตกระเซ็นถึง เช่นตามหน้าผาที่มีน้ำตกสามารถอยู่ในตัวกลางที่มีสภาพความเป็นกรดต่าง 3.5-7.0 เจริญได้ดีมาก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.60
ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)	6.43
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	64.7
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	5.65
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	4.18



แหล่งที่มา: <http://protist.i.hosei.ac>

***Microspora* sp. (MICROSPORACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

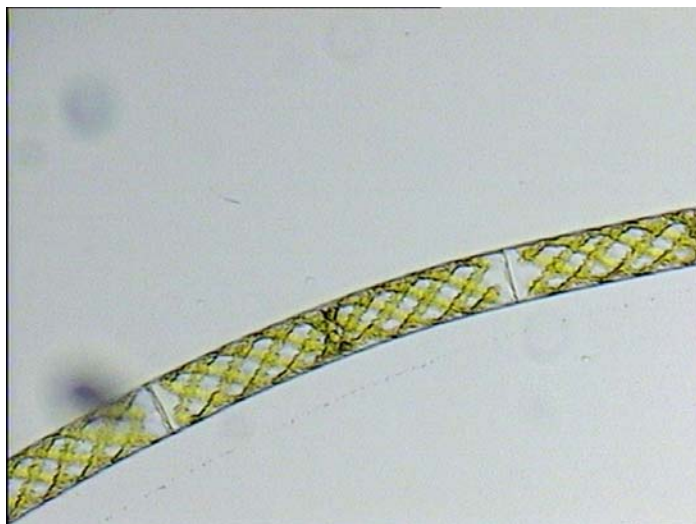
เป็นเส้นสายที่มีรากยึดเกาะกับพื้นในขณะที่ยังอ่อนอยู่ แต่เมื่อโตขึ้นจะหลุดลอยน้ำเป็นอิสระ พรางเซลล์มีลักษณะเป็นรูปตัว H เกยซ้อนกัน เมื่อขาดท่อนจะขาดตรงรอยต่อนี้ คลอโรพลาสต์เป็นรูปดาบยาว ไม่มีไพรีนอยด์

แหล่งที่พบ

พบขึ้นในน้ำนิ่ง และค่อนข้างเป็นกรดอ่อน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.60
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	6.43
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	64.7
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	5.65
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	4.18



***Spirogyra* sp. (ZYGNEMATACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง เทาน้ำ

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

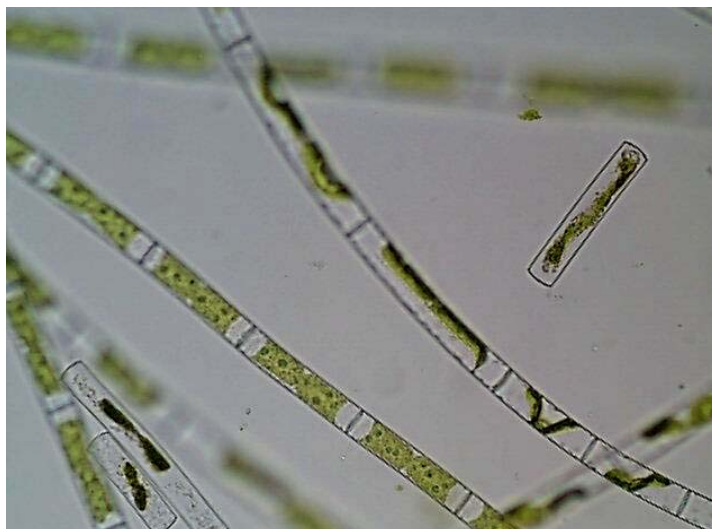
เป็นเส้นสายที่ไม่แตกแขนง มีลักษณะเหมือนเส้นผมแต่เป็นสีเขียว จับดูจะรู้สึกลื่นมือ เนื่องจากมีเมือกหุ้มภายนอก เซลล์รูปทรงกระบอกมีความยาวเท่ากับความกว้างไปจนถึงยาวหลายเท่าของความกว้าง

แหล่งที่พบ

เป็นสาหร่ายน้ำจืดที่พบอยู่ทั่วไปในแหล่งน้ำแทบทุกแห่ง มีชื่อเรียกกันอีกอย่างว่า เทา สามารถอยู่ในตัวกลางที่มีสภาพความเป็นกรดค่า 3.5-7.0 และที่อุณหภูมิ 20 – 31 องศาเซลเซียส เจริญได้ดีมาก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.60
ค่าความเป็นกรดค่า (pH)	6.43
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	64.7
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	5.65
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	4.18



แหล่งที่มา : www.sinicearasy.cz/cz/imagethumb

***Mougeotia* sp. (ZYGNEMATACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

เป็นเส้นสายที่ไม่แตกแขนง ประกอบด้วยเซลล์รูปทรงกระบอกซึ่งมีความยาวประมาณ 4 เท่าของความกว้าง ผนังเซลล์บาง เป็นพวกเพกโตส (pectose) คลอโรพลาสต์เป็นแถบยาว พาดจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง

แหล่งที่พบ

สามารถอยู่ในตัวกลางที่มีสภาพความเป็นกรดค่า 3.5 – 7.0 และที่อุณหภูมิ 20 – 29 องศาเซลเซียส เจริญได้ดีมาก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.60
ค่าความเป็นกรดค่า (pH)	6.43
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	64.7
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	5.65
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	4.18



แหล่งที่มา : <http://protist.i.hosei.ac>.

Netrium sp. (MESOTAENIACEAE)

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

รูปร่างเป็นทรงกระบอก ด้านปลายทั้งสองจะเรียวเล็ก และโค้งมน ใน 1 เซลล์ คลอโรพลาสต์มี 2 แบบแบบแรกจะเป็นแถบ 2 แถบ เรียงกันตามยาวของเซลล์ มีไฟรินอยด์เรียงบนแถบคลอโรพลาสต์ ส่วนอีกแบบหนึ่งคลอโรพลาสต์จะอยู่ที่ขอบ 2 ข้างของเซลล์ มีลักษณะการจัดกระจายนิวเคลียสมี 1 อันอยู่ตรงกลาง

แหล่งที่พบ

เป็นสาหร่ายน้ำจืด พวกที่เป็นเส้นสายอาจปล่อนเมื่อออกมาแล้วรวมตัวกันเป็นก้อนลอยอยู่บนผิวน้ำ เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า ฟองดักคัม

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.46
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	6.96
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	330
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	4.24
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	6.77



***Closterium* sp. 1 (DESMIDIACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

มีรูปร่างยาวเรียว แหลมหัวแหลมท้าย โค้งเล็กน้อย หรือรูปแบบพระจันทร์เสี้ยว มีข้อสามัญว่า สาหร่ายคืบนาง หรือสาหร่ายพระจันทร์เสี้ยว บางชนิดอาจโค้งงอคล้ายจะเป็นเกลียว มีนิวเคลียสตรงกลาง

แหล่งที่พบ

เป็นสาหร่ายที่มีชีวิตแบบแพลงก์ตอนพืช ในน้ำจืด น้ำกร่อย หรือน้ำทะเลก็ได้ บางชนิดพบในดิน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	31.29
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	8.05
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	525
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	4.60
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	6.77



Closterium sp. 2 (DESMIDIACEAE)

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

เป็นสาหร่ายเซลล์เดี่ยว รูปร่างยาวเรียว บางชนิดมีลักษณะคล้ายกระสวย หัวแหลมท้ายแหลม บางชนิดจะโค้งคล้ายพระจันทร์เสี้ยวประกอบด้วย 2 เซมิเซลล์ บริเวณกึ่งกลางระหว่าง 2 เซมิเซลล์ จะมีนิวเคลียส 1 อัน

แหล่งที่พบ

ขึ้นอยู่ในแหล่งน้ำจืดที่มีสภาพความเป็นกรดต่าง 5 – 6 ซึ่งมีสภาพเป็นกรดอ่อน เจริญได้ดีมาก ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	31.29
ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)	8.05
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	525
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	4.60
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	6.77



Cosmarium sp. (DESMIDIACEAE)

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

เป็นเซลล์เดี่ยวประกอบด้วย 2 เซมิเซลล์รูปร่างคล้ายไต บริเวณที่ 2 เซมิเซลล์มาเชื่อมกัน เกิดเป็นร่องเว้าที่เรียกว่า มีเดียคอนสตรัคชัน หรือไชนัส หรืออัสทัมัส ผนังเซลล์อาจเรียบ หรือ ขรุขระ แต่ละเซมิเซลล์มีคลอโรพลาสต์เป็นเส้น หรือแผ่น บางชนิดมีคลอโรพลาสต์เป็นรูปดาว และมีไพรีนอยด์อยู่บนคลอโรพลาสต์เซมิเซลล์ 2 อัน มีนิวเคลียสอยู่กลางระหว่างเซมิเซลล์ทั้งสอง

แหล่งที่พบ

เป็นสาหร่ายที่จะเป็นดัชนีว่าในแหล่งน้ำที่มีสาหร่ายชนิดนี้เป็นน้ำที่มีคุณภาพดี ไม่ใช่ น้ำเสีย เป็นน้ำที่มีสภาพกรดเล็กน้อย

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.60
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	6.43
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	64.7
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	5.65
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	4.18

Division Euglenophyta

สาหร่ายยูกลีโนอยด์ (Euglenoids)

เป็นพวกที่มีแฟลกเจลลา เคลื่อนที่ได้จึงมีการกระจายอยู่ทั่วไป ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม หรือตามที่ชื้นแฉะ โดยเฉพาะแหล่งน้ำจืดที่มีพืชน้ำหรือสาหร่ายอื่นที่อุดมสมบูรณ์ จะพบมาก บางครั้งจะเกิดการบลูม จนทำให้แหล่งน้ำมีสีเขียว หรือแดง หรือน้ำตาลปนเหลือง แต่ที่พบมากคือ

Euglena sp., เกิดมากในแหล่งน้ำนิ่งในเวลาเช้าเมื่อแหล่ง

น้ำได้รับแสงสว่าง จะสังเกตเห็นกลุ่มสีเขียวลอยอยู่ใกล้บริเวณผิวน้ำหรืออยู่ก้นหนาแน่นในบริเวณพื้นดินตื้นๆ ริมแอ่งน้ำหรือบนถุงพลาสติกที่อยู่ในแอ่งน้ำนั้น

Trachelomonas sp. พบมากในบ่อ หรือสระที่มี

สาหร่ายอื่นอยู่มาก เช่น พบว่ามีการเจริญพันธุ์เป็นจำนวนมากลอยเป็นฝ้าอยู่บนผิวน้ำ

Phacus sp. นั้น พบมากในปลักควาย และพบกระจายห่างๆ ในแหล่งน้ำทั่วไปที่มีสภาพความเป็นกรดค่าระหว่าง 6-7 น้ำมีสภาพเป็นกลาง จะมีมากในแหล่งน้ำที่มีสาหร่ายอื่นมาก

ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายยูกลีโนอยด์มีดังนี้

สี

เขียวสด

รูปร่าง

ยูกลีโนอยด์มีรูปร่างหลายแบบ ได้แก่ รูปร่างเรียวยาวใน *Euglena* รูปร่างเป็นแผ่นแบนคล้ายใบไม้หรือใบโพธิ์ ใน *Phacus* รูปร่างทรงกลม

การจัดจำแนกหมวดหมู่

เนื่องจากการจัดจำแนกยูกลีโนอยด์ มีความยุ่งยากเหมือนกับสาหร่ายที่มีแฟลกเจลลัมในดิวิชันอื่น ๆ เพราะยูกลีโนอยด์บางกลุ่มมีทั้งคลอโรพลาสต์และแฟลกเจลลัม และบางกลุ่มไม่มีคลอโรพลาสต์และแฟลกเจลลัม หลักการจัดจำแนกยูกลีโนอยด์จัดตามระบบของ Bold and Wynne (1978) และ Lee (1999) (อ้างในยูวดี พิรพริศาล :2546,226) แบ่งได้ 1 คลาส 3 ออร์เดอร์ 3 แฟมิลี ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Class Euglenophyceae

Order 1 Eutreptiales

Family Eutreptiaceae

Order 2 Euglenales

Family Euglenaceae

Order 2 Heteronematales

Family Heteronemataceae



แหล่งที่มา : [http:// protist.i.hosei.ac.jp/.../Euglena/sp_01/](http://protist.i.hosei.ac.jp/.../Euglena/sp_01/)

***Euglena* sp. (EUGLENACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

เซลล์รูปร่างเป็นกระสวยสั้นหรือรูปทรงกระบอกหรืออาจแบน

แหล่งที่พบ

เกิดมากในแหล่งน้ำนิ่งในเวลาเช้าเมื่อแหล่งน้ำได้รับแสงสว่าง จะสังเกตเห็นกลุ่มสีเขียวลอยอยู่ใกล้บริเวณผิวน้ำหรืออยู่ก้นหนาแน่นในบริเวณพื้นดินตื้นๆ ริมแอ่งน้ำหรือบนถุงพลาสติกที่อยู่ในแอ่งน้ำนั้น

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	31.17
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	7.46
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	257
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	6.05
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	6.77



แหล่งที่มา : www.plingfactory.com.

***Phacus* sp. (EUGLENACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

รูปร่างเซลล์คล้ายใบไม้หรือใบโพธิ์และแบนมากทางด้านท้องและด้านหลัง ปลายเซลล์อาจมีหางสั้นหรือยาวขึ้นกับสปีชีส์ มีแฟลกเจลลัมยาว 1 เส้น เคลื่อนไหวโดยใช้แฟลกเจลลัมและการพลิกตัวไปมา

แหล่งที่พบ

พบมากในปลักควาย และพบกระจายห่างๆ ในแหล่งน้ำทั่วไปที่มีสภาพความเป็นกรดต่ำระหว่าง 6-7 น้ำมีสภาพเป็นกลาง จะมีมากในแหล่งน้ำที่มีสารอินทรีย์มาก พบสาหร่ายชนิดนี้ในคุณภาพน้ำดังนี้

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.36
ค่าความเป็นกรดต่ำ (pH)	7.79
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	153
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	6.50
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	5.40



***Trachelomonas* sp. (EUGLENACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

รูปร่างเซลล์ทรงกลมคล้ายลูกกระเบิดมี เซลล์มีเปลือกหุ้ม เปลือกหุ้มเซลล์สีดำเหลืองหรือสีน้ำตาลแดงและมักมีหนามที่เปลือก มีแฟลกเจลลัม 1 เส้นยื่นออกจากช่องเปิดของเปลือก

แหล่งที่พบ

พบมากในบ่อ หรือสระที่มีสารอินทรีย์ปนอยู่มาก เช่น พบว่ามีการเจริญพันธุ์เป็นจำนวนมากลอยเป็นฝ้าอยู่บนผิวน้ำ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.36
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	7.79
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	153
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	6.50
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	5.40

Class Bacillariophyta

สาหร่ายไดอะตอม

สาหร่ายในกลุ่มนี้มีชื่อสามัญว่า “ไดอะตอม” (Diatom) ดำรงชีวิตเป็นแพลงตอนพืช หรือบางชนิดจะเกาะตามวัตถุพื้นท้องน้ำ หรือเกาะตามพืชน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดอื่น ๆ พบทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม

ลักษณะทั่วไป

สี

สีของไดอะตอมเป็นสีเหลือง สีส้มและน้ำตาลแกมทอง

รูปร่าง

รูปร่างของไดอะตอมมีหลายแบบด้วยกัน ได้แก่

- เซลล์เดี่ยว
- เซลล์ต่อกันเป็นสาย หรือสายโซ่ โดยมีการต่อกัน

อย่างหลวมๆ

- อยู่ร่วมกันเป็นกลุ่ม

แหล่งที่อยู่

พบไดอะตอมที่มีชีวิตประมาณ 250 จินัส 100,000 สปีชีส์ ไดอะตอมส่วนใหญ่พบในน้ำทะเล น้ำจืด ตามก้อนหินในเขื่อน และตามหน้าดิน ดำรงชีวิตลอยตามกระแสน้ำในรูป แพลงก์ตอนพืช หรือเกาะกับวัตถุไม่มีชีวิตได้น้ำ เช่น ก้อนหิน เรียกว่า เบเนทิกไดอะตอม (benthic diatom) หรือเกาะกับพืชน้ำหรือสาหร่ายขนาดใหญ่ เรียกว่า เพอริฟิติกไดอะตอม (periphytic diatom) มีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวางไดอะตอมมีความสำคัญมากในแหล่งน้ำ เพราะถือเป็นผู้ผลิตขั้นต้นในแหล่งน้ำ

การจำแนกหมวดหมู่

การจำแนกหมวดหมู่ของไดอะตอมมีหลายระบบด้วยกัน ขึ้นกับหลักเกณฑ์ที่ใช้จำแนก คู่มือเล่มนี้แบ่งได้เป็น 2 ออร์เดอร์ คือ Order Bidduphialnae Order Bacillariales ยูวดี (2546) มีรายละเอียดดังนี้

Class Bacillariophyceae

Order 1 Bidduphialnae

Suborder 1 Cosinodiscinae

Family 1 Thalassiosiraceae

Family 2 Melosiraceae

Family 3 Aulacoseiraceae

Family 4 Leptoculindraceae

Family 5 Coscinodiscaceae

Family 6 Stellarimaceae

Family 7 Hemidiscaceae

Family 8 Asterolampraceae

Family 9 Arachnoidiscaceae

Family 10 Heliopeltaceae

Suborder 2 Rhizosolenineae

Family 1 Rhizosoleniaceae

Suborder 3 Bidduphiineae

Family 1 Hemiaulaceae

Family 2 Cymatosiraceae

Family 3 Bidduphiaceae

Family 4 Chaetoceraceae

Family 5 Lithodesmaceae

Family 6 Eupodiscaceae

Order 2 Bacillariales

Suborder 1 Fragilarineae

Family 1 Fragilariaceae

Family 2 Rhaphoneidaceae

Family 3 Toxariaceae

Family 4 Thalassionemataceae

Family 5 Tabellariaceae

Family 6 Licmophoriaceae

Family 7 Rhabdomonetaceae

Family 8 Striatellaceae

Family 9 Climacospheniaceae

Suborder 2 Bacillariineae

Family 1 Eunotiaceae

Family 2 Acanthaceae

Family 3 Mastogloiaceae

Family 4 Cymbellaceae

Family 5 Lyrellaceae

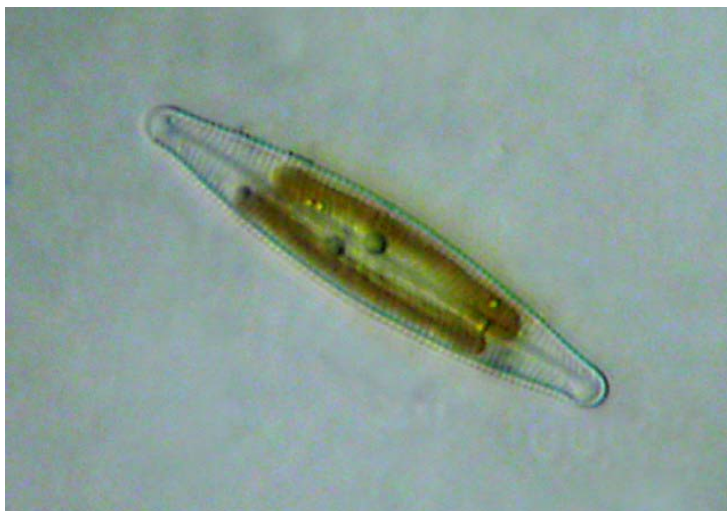
Family 6 Phaeodactylaceae

Family 7 Naviculaceae

Family 8 Bacillariaceae

Family 9 Rhopalodiaeae

Family 10 Surirellaceae



***Diatoma* sp. (FRAGILARIACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

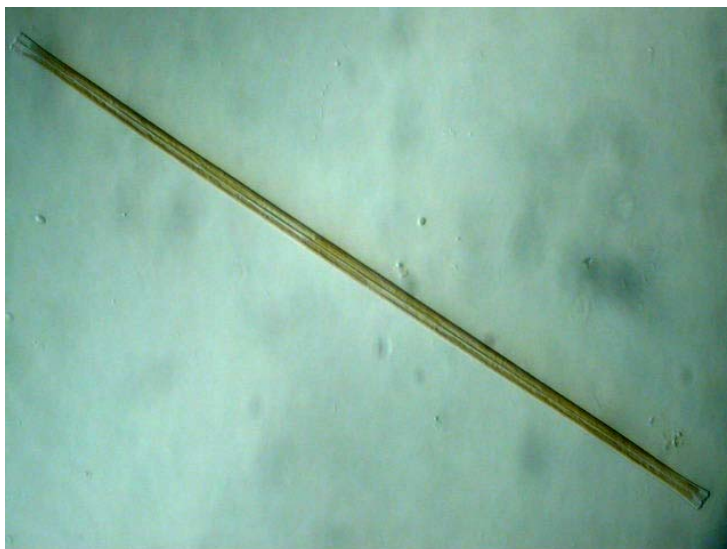
เซลล์ต่อกันเป็นสายตรงหรือซิกแซกหรือเกาะอยู่กับพื้น เซลล์เมื่อมองจากด้านเกอเดิลเป็นรูปสี่เหลี่ยมเกือบด้านเท่าจนถึงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีความยาวมากกว่าความกว้างหลายเท่า เมื่อมองจากด้านวาล์วเซลล์เป็นรูปไข่จนถึงรูปไข่ ปลายเซลล์ทั้งสองด้านแคบกว่ากลางเซลล์หรือปลายเซลล์อาจพองออก ปลายเซลล์ทั้งสองด้านมีรูขนาดเล็กรูปไข่ด้านละ 1 รู คลอโรพลาสต์รูปไข่ขนาดเล็กจำนวนมาก

แหล่งที่พบ

พบกระจายห่างๆ ในแหล่งน้ำทั่วไปที่มีสภาพความเป็นกรดต่างระหว่าง 6-7 น้ำมีสภาพเป็นกลางจะมีมากในแหล่งน้ำที่มีสารอินทรีย์มาก พบสาหร่ายชนิดนี้ในคุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.63
ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)	7.79
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	153
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	6.50
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	5.40



***Synedra acus* (FRAGILARIACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง -

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

เซลล์เดี่ยว ๆ หรืออาจอยู่รวมกันเป็นกลุ่มต่อกันคล้ายรูปพัด หรือต่อกันเป็นสายตรงเมื่อมองจากด้านข้าง ฝาเป็นรูปรียาวคล้ายเข็ม ปลายทั้งสองอาจแหลมเล็กกว่าส่วนอื่นหรือพองออกเล็กน้อย เมื่อมองจากด้านเกอเดิลเซลล์เป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านยาวกว่าด้านกว้างมากและมีปลายตัดตรง คลอโรพลาสต์เป็นแผ่นขนาดเล็กจำนวนมาก

แหล่งที่พบ

พบกระจายห่างๆ ในแหล่งน้ำทั่วไป จะมีมากในแหล่งน้ำที่มีสารอินทรีย์มาก

ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสำหรับชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.36
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	7.79
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	153
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	6.50
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	5.40

Division Charophyta

สาหร่ายไฟ

สาหร่ายในดิวิชันนี้มีการแพร่กระจายกว้างขวาง ทั้งในน้ำจืดและน้ำกร่อย ขึ้นได้ในน้ำที่พื้นเป็นทราย หรือโคลน โดยมีราก (rhizoid) ยึดเกาะ บางชนิดขึ้นได้ในบริเวณที่เป็นหินปูน พวกนี้จึงมีหินปูนเคลือบอยู่ตามต้น ต้นตั้งตรงถ้าขึ้นในน้ำนิ่ง แต่ถ้าขึ้นในน้ำไหลต้นจะเอนไปตามน้ำ บางชนิดอาจยาวถึง 1 เมตร หรือกว่านี้ ก็ได้แก่

Nitella Agardh สาหร่ายสกุลนี้ชอบขึ้นในน้ำที่เป็นกรดอ่อน ๆ หรือเป็นกลาง (pH 4.6 – 7.0)

Tolypella Leonhardi สาหร่ายสกุลนี้พบขึ้นอยู่ในเขตอบอุ่น ชอบขึ้นในน้ำกระด้าง หรือน้ำที่มีหินปูน

Nitellopsis Hy สาหร่ายสกุลนี้พบขึ้นอยู่ในเขตอบอุ่น ชอบขึ้นในน้ำกระด้าง หรือน้ำที่มีหินปูน

*Chara*__Valliant ชอบขึ้นในน้ำกระด้าง หรือน้ำที่มีหินปูนสูงลักษณะทั่วไปของสาหร่ายไฟ มีดังนี้

สี

สีเขียวที่มีลักษณะคล้ายพืชชั้นสูง

รูปร่าง

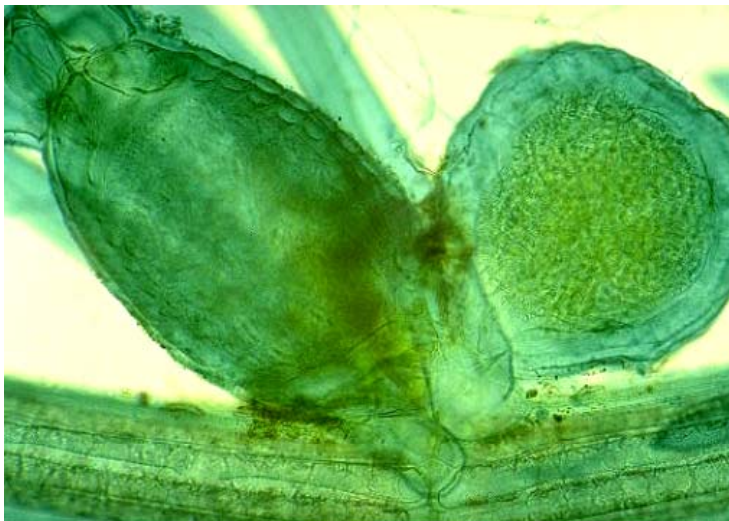
ต้นตั้งตรงถ้าขึ้นในน้ำนิ่ง แต่ถ้าขึ้นในน้ำไหลต้นจะเอนไปตามน้ำ บางชนิดอาจยาวถึง 1 เมตร หรือกว่านี้ ส่วนที่ปล้องประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียวที่ยึดยาวออก อาจยาวถึง 15 – 25 เซนติเมตร ส่วนข้อนั้นประกอบด้วยหลายเซลล์ มีเซลล์กลาง (central cell) และเซลล์ล้อมรอบ (peripheral หรือ pericentral cell) จำนวนมากในสกุล *Chara* บางชนิดที่ปล้องมีคอร์ติเคติงเซลล์(corticating cell) หุ้มอยู่ คอร์ติเคติงเซลล์นี้เกิดจากเซลล์ข้อ (nodal cell) เจริญออกเป็นเซลล์ยาวไปหุ้มปล้องไว้ โดยเจริญขึ้นไปด้านบนครึ่งหนึ่ง และลงด้านล่างอีกครึ่งหนึ่งทำให้ปล้องมีลักษณะเป็นลอนๆรอบต้น ตรงจุดที่คอร์ติเคติงเซลล์มาบรรจบกันนั้น อาจมีติ่งเล็กๆเกิดขึ้น เรียกเซลล์หนาม (spine cell)

ถิ่นที่อยู่อาศัย

ในน้ำจืดและน้ำกร่อย ขึ้นอยู่ได้ในน้ำที่พื้นเป็นทราย หรือโคลน ในแหล่งน้ำตื้นๆ หรือริมฝั่ง คู คลอง หนอง บึง ซึ่งมีน้ำท่วมถึงและไม่ลึกนักบางครั้งพบในนาข้าวในช่วงที่น้ำยังท่วมโดยมีราก (rhizoid) ยึดเกาะ บางชนิดขึ้นในบริเวณที่เป็นหินปูน พวกนี้จึงมีหินปูนเคลือบอยู่ตามต้น การเจริญเติบโตรวดเร็วมาก บางครั้งขึ้นเต็มแหล่งน้ำและปิดกั้นทางเดินของน้ำ

ประโยชน์

เพิ่มออกซิเจนให้แก่แหล่งน้ำ และทำให้น้ำใส โดยใบ
และกิ่งก้านของสาหร่ายไฟสามารถดักตะกอนไว้ได้ นอกจากนี้ยังให้ร่มเงาแก่สัตว์น้ำและเป็นที่ยึด
เกาะของสิ่งมีชีวิตเล็กๆในน้ำซึ่งเป็นอาหารของปลา



แหล่งที่มา : micol.fcien.edu.uy/atlas/nitella.JPG

***Chara* sp. (CHARACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง สาหร่ายไฟ ฆาตไฟ

ชื่อสามัญ Stone wort, Brittle wort, Muskgrass

ลักษณะทั่วไป

เป็นพืชใต้น้ำไม่มีดอก จัดเป็นพวกสาหร่ายน้ำจืด ชอบขึ้นในที่น้ำตื้น เช่น ในนาข้าว ลำต้นเป็นเส้นกลมเล็ก ๆ เห็นข้อปล้องชัดเจน มีใบเป็นเส้น ๆ อยู่ตามข้อรอบลำต้น เซลล์ที่ข้อจะเจริญยืดยาวออกไปหุ้มปล้องโดยยึดขึ้นไปด้านบนครึ่งหนึ่ง และยึดลงด้านล่างครึ่งหนึ่ง ทำให้เห็นว่าปล้องมีลักษณะมีลักษณะเป็นร่องรอบต้น ตามใบจะมีอวัยวะเป็นเม็ดกลม ๆ สีเหลืองติดอยู่ด้านใต้ของอวัยวะเพศผู้ซึ่งเป็นเม็ดกลม ๆ สีส้ม

แหล่งที่พบ

ชอบขึ้นในน้ำกระด้าง หรือน้ำที่มีหินปูนสูง



แหล่งที่มา : micol.fcien.edu.uy/atlas/nitella.JPG

***Nitella* sp. (CHARACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง สายเหมีน

ชื่อสามัญ Stone wort, Brittle wort, Muskgrass

ลักษณะทั่วไป

เป็นพืชใต้น้ำไม่มีดอก จัดเป็นพืกร้ำสาหร่ายน้ำจืด ชอบขึ้นในที่น้ำตื้น เช่น ในนาข้าว ลำต้นเป็นสายลักษณะเป็นเส้นกลมเล็ก เห็นข้อปล้องชัดเจน มีใบเป็นเส้นๆ แตกตามข้อรอบลำต้น ผิวของลำต้นเรียบและต่อกันเป็นข้อ ๆ โดยไม่มีร่องรอบลำต้น ปลายใบหรือกิ่งจะแตกออกเป็น 2 แฉก

แหล่งที่พบ

สาหร่ายสกุลนี้ชอบขึ้นในน้ำที่เป็นกรดอ่อน ๆ หรือเป็นกลาง (pH 4.6 – 7.0)



แหล่งที่มา : www.glerl.noaa.gov/.../Algae/Macrophytes.html

Tolypella sp. (CHARACEAE)

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง สาหร่ายไฟ

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป :

ทั้งแกนต้นและแขนงมีข้อ และปล้อง ทุกชนิดไม่มีคอร์

ติเคชัน และไม่มีหนามที่ข้อแขนงย่อยเกิดเป็นวงรอบข้อ มี 2 แบบ คือ แขนงย่อยที่เป็นหมัน (sterile branchlet) ซึ่งอาจแตกแขนงได้หรือไม่แตกแขนง และแขนงย่อยที่สืบพันธุ์ได้ (fertile branchlet) ซึ่งแตกแขนงได้เป็นกระจุกแน่น อวัยวะสืบพันธุ์อาจมีก้านยาวเกิดขึ้นที่ข้อของแขนงย่อยที่สืบพันธุ์ได้หรืออาจเกิดเป็นกระจุกที่โคนของแขนงย่อย

แหล่งที่พบ

ขึ้นอยู่ในเขตอบอุ่น ชอบขึ้นในน้ำกระด้าง หรือน้ำที่มีหินปูน

Tracheophyta

พืชที่มีเนื้อเยื่อโฟลเอ็มและไซเลมสำหรับลำเลียงน้ำ แร่ธาตุ และอาหาร เช่น พืชมีดอก สน เฟิร์น เป็นต้น แบ่งออกได้เป็น 4 ชั้นดิวิชันได้แก่

1. ชั้นดิวิชัน ซิโตพซิดา (PSILOPSIDA) : พญาไร้ใบ
2. ชั้นดิวิชัน ไลคอปซิดา (LYCOPSIDA) : หญ้ารังไก่ ดินตักแก
3. ชั้นดิวิชัน สเฟโนพซิดา (SPHENOPSIDA) หญ้าถอดปล้อง
4. ชั้นดิวิชัน เทอโรพซิดา (PTEROPSIDA) แบ่งออกเป็น 3 คลาสได้แก่
 - 4.1 คลาสฟิลิซินี (FILICINAE)
 - 4.2 คลาสจิมโนสเปอร์มี (GYMNOSPERMAE)
 - 4.3 คลาสแองจิโอสเปอร์มี (ANGIOSPERMAE)

คลาสฟิลิซินี ได้แก่ ผักแว่น เฟิร์น

คลาสจิมโนสเปอร์มี เป็นพืชมีเมล็ดแต่ไม่มีดอก อวัยวะสืบพันธุ์อยู่ในโคน (CONE) เช่น สน ปรง เป้งะก้วย

คลาสแองจิโอสเปอร์มี มีทั้งเมล็ดและดอก เมล็ดเกิดที่ดอกภายในผล แบ่งออกได้เป็น 2 ชั้นคลาสได้แก่

1. ชั้นคลาสโมโนโค ทิลิโดนี (MONOCOTYLEDONAE) พวกพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
2. ชั้นคลาสไดโค ทิลิโดนี (DICOTYLIDONAE) เป็นพวกพืชใบเลี้ยงคู่



***Cabomba aquatica* Aubl. (CABOMBACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง สาหร่ายบัว สาหร่ายคาบอมบ้า

ชื่อสามัญ Fanwort, Green cabomba

ลักษณะทั่วไป

เป็นพืชน้ำที่แท้จริง มีต้นพุ่มยาวในธรรมชาติอาจยาว ถึง 2 เมตร แตกกิ่งก้านจำนวนมาก ใบเรียงตัวตรงข้ามกัน และตั้งฉากกันเป็นคู่เรียงกันเป็นรูปกลม ตัวใบแตกเป็นใบประกอบแยกย่อยหลายชั้น โดยการแตกของใบ จะแตกที่ฐานใบเป็น 5 แฉก แต่ละแฉกจะแตกออก ไปอีก 4-5 ชั้น ทำให้เกิดเป็นฝอยสีเขียวประมาณ 100-300 เส้น มีดอกอยู่ในระดับเหนือน้ำ กลีบดอกสีเหลืองสด

แหล่งที่พบ

เจริญได้ดีในน้ำที่มี pH 6.2-7.0 มีความกระด้างต่ำถึงปานกลาง คืออยู่ในช่วง 40-140 มิลลิกรัม / ลิตร อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 24-28 องศาเซลเซียส สามารถแพร่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิดนี้

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.46
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	6.96
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	247
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	6.24
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	4.51



***Cabomba caroliniana* A.Gray (CABOMBACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง สาหร่ายคาบอมบ้า

ชื่อสามัญ Fanwort, Green cabomba

ลักษณะทั่วไป

เป็นพรรณไม้ต่างประเทศที่นำเข้ามาปลูกประดับเป็นตู้ปลาสวยงาม มีรากติดพื้น ลำต้นเป็นสายเรียวยาวแตกกิ่งก้านสาขามาก เห็นปล้องชัดเจน ใบเป็นใบเดี่ยว มี 2 แบบ คือ ใบใต้น้ำแผ่นใบจะแตกเป็นริ้วคล้ายพัด แตกจากลำต้นแบบตรงข้ามกัน ส่วนใบเหนือน้ำมีขนาดเล็ก ลักษณะเป็นแผ่นรูปแบนรี ขอบใบเรียบ ยาว 1-2 ซม. มีก้านใบยาวติดกับแผ่นใบทางด้านล่าง ออกแบบสลับ ดอกเป็นดอกเดี่ยวขนาดเล็ก ออกที่ซอกโคนใบเหนือน้ำ มีก้านดอกยาวส่งดอกบานเหนือน้ำ ดอกสีขาว มีกลีบ 3 กลีบ เกสรตัวผู้สี่เหลี่ยม มี 6 อัน

แหล่งที่พบ

เจริญได้ดีในน้ำที่มี pH 6.5 - 7.2 มีความกระด้างปานกลาง โดยอยู่ในช่วง 90 - 180 มิลลิกรัม/ลิตร อุณหภูมิ 23 - 26 องศาเซลเซียส ต้องการแสงปานกลาง เมื่อเจริญเต็มที่จะเกิดรากฝอยแตกออกตามข้อ การขยายพันธุ์ทำได้โดยตัดลำต้นไปปักชำในพื้นดินโคลนใต้น้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสำหรับชนิด

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.46
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	6.96
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	247
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	6.24
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	4.51



***Hydrilla verticellata* (HYDROCHARITACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง สาหร่ายหางกระรอก

ชื่อสามัญ Hydrilla

ลักษณะทั่วไป

เป็นพรรณไม้น้ำพื้นเมืองของไทย มีลำต้นเป็นสายเรียวยาว ทอดไปตามความสูงของระดับน้ำ อาจยาวได้ถึง 3 เมตร ทั้งใบและต้นจมใต้น้ำ ลักษณะของใบเป็นแผ่นบางเรียวยาวขนาดเล็กติดบนลำต้นเป็นชั้นๆ ชั้นละ 2-8 ใบ ใบยาว 10-20 มิลลิเมตร กว้าง 2-5 มิลลิเมตร มีสีเขียวแก่ เส้นกลางใบสีแดง ขอบใบหยักเป็นซี่เล็กๆ มีดอกติดอยู่ที่ซอกใบระดับใต้น้ำ เมื่อดอกแก่จึงจะลอยขึ้นมาบนเหนือผิวน้ำ

แหล่งที่พบ

พบในน้ำที่มีแสงสว่างส่องถึง น้ำค่อนข้างใส ความลึกน้ำ 0.6-1 เมตร ลักษณะพื้นเป็นดินโคลนหรือโคลนปนทราย เจริญได้ดีในน้ำที่มี pH 6.0-7.3 อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส แสงสว่างปานกลางถึงมาก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิด

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.46
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	6.96
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	247
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	6.24
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	4.51



แหล่งที่มา : <http://www.dewinters.nl/images/limnophila%20heterophylla.JPG>

***Limnophila heterophylla* (SCROPHULARIACEAE)**

ชื่อพ้อง -

ชื่อพื้นเมือง สาหร่ายจักร

ชื่อสามัญ -

ลักษณะทั่วไป

เป็นพรรณไม้น้ำพื้นเมืองของไทย ลักษณะลำต้นกลมยาว อาจยาวได้ถึง 50 เซนติเมตร ลำต้นเจริญใต้น้ำ มีรากอยู่ในพื้นดินปนทรายใต้น้ำ มีใบแตกจากลำต้นเรียงตัวรอบข้อ มีใบประกอบแตกย่อยหลายชั้น ใบที่อยู่ใต้น้ำมีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ แตกแขนงมากมาย ไม่มีก้านใบ ในแต่ละข้อมีใบประมาณ 5-14 ใบลักษณะของใบจะคล้ายกับบัวสาหร่าย แตกต่างกันว่าใบของบัวสาหร่ายมีก้านใบ และใบจะแตกจากลำต้นแบบตรงข้าม ใบของสาหร่ายจักรที่อยู่เหนือน้ำจะไม่แตกแขนง มีลักษณะเป็นแผ่นใบธรรมดา มีดอกเป็นดอกเดี่ยว สมบูรณ์เพศ กลีบดอกสีม่วงจำนวน 5 กลีบ

แหล่งที่พบ

เจริญได้ดีในน้ำที่มี pH 6.5-7.0 อุณหภูมิ 22-26 องศาเซลเซียส มีความกระด้างน้อยถึงปานกลาง โดยอยู่ในช่วง 50-150 มิลลิกรัม/ลิตร ต้องการแสงสว่างปานกลางถึงมาก มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว เป็นพรรณไม้น้ำที่ขยายพันธุ์ได้ง่าย โดยใช้วิธีตัดลำต้นปักชำ เมื่อปลูกลงดินทรายใต้น้ำจะงอกใหม่ได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากมีรากออกจากข้อของลำต้น

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิด

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.46
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	6.96
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	247
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	6.24
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	4.51



***Ceratophyllum demersum* (CERATOPHYLLACEAE)**

ชื่อพ้อง

-

ชื่อพื้นเมือง สาหร่ายพวงกะโด

ชื่อสามัญ Immersed hornwort

ลักษณะทั่วไป

เป็นพรรณไม้น้ำที่มีการแพร่กระจายทั่วโลก มีรากและลำต้นลอยอยู่ใต้น้ำ ลักษณะ ลำต้นกลมพอมยาว แตกกิ่งจำนวนมาก ใบเรียงรอบข้อ จำนวนข้อละประมาณ 7-12 ใบ ใบมีลักษณะเป็นเส้นยาว ปลายใบแตกเป็นช่อง 1-2 ชั้น ทำให้เห็นตรงปลายมี 2-4 แฉก ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ปลายใบแหลมคล้ายเส้นด้าย ตรงใกล้ปลายยอดข้อจะสั้นลง ทำให้ใบเรียงกันเป็นกระจุกแน่น ใบมีสีเขียวสดใส ส่วนบริเวณปลายยอดมีสีชมพูสวยงาม มีดอกเดี่ยวแยกเพศ แต่เกิดในต้นเดียวกัน

แหล่งที่พบ

เจริญได้ดีในน้ำที่มี pH 6- 9 อุณหภูมิ 10- 28 องศาเซลเซียส สามารถอยู่ได้ทั้งที่มีแสงน้อยจนถึงแสงมาก มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว สามารถขยายพันธุ์ได้รวดเร็วโดยวิธีตัดลำต้นปักชำได้น้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีที่พบสาหร่ายชนิด

อุณหภูมิ (° เซลเซียส)	30.46
ค่าความเป็นกรดค่า (pH)	6.96
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมน/ซม.)	247
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มล./ล.)	6.24
ค่าบีโอดี (มล./ล.)	4.51

บทที่ 5

วิธีการจำแนกชนิดของสาหร่าย

การที่จะจำแนกชนิดของสาหร่ายนั้นเพื่อที่จะสามารถบอกได้แน่ชัดว่าเป็นสาหร่าย ชนิดใด จะต้องจำแนกโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ มาศึกษาเพื่อแยกชนิดพันธุ์ (species) ดูขนาดและรูปร่างของสาหร่าย เพื่อที่นักเรียนจะได้มีความรู้ที่ถูกต้องชัดเจนมากขึ้นโดยมีวิธีการจำแนกดังนี้

1. นำน้ำที่เก็บตัวอย่างจากการสำรวจคุณภาพน้ำ

เบื้องต้นทางชีวภาพแต่ละจุดที่เก็บมาตรวจสอบคุณภาพโดยหยดน้ำลงบนสไลด์แล้วปิดด้วยแผ่นกระจกปิดสไลด์ (cover glass) จากนั้นนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ซึ่งวิธีการใช้กล้องจะอยู่ในบทที่ 3 หลังจากนั้นก็ส่องดูแล้วเปรียบเทียบกับรูปร่างเซลล์ในคู่มือฯ บทที่ 4 ซึ่งจะมีชื่อและแหล่งที่พบของสาหร่ายแต่ละชนิดกำกับไว้

2. บันทึกชื่อ ชนิดของสาหร่ายลงในตารางในสมุด

ทดสอบอย่างละเอียด

3. รวบรวมข้อมูลเพื่อจะนำไปประเมินคุณภาพ

แหล่งน้ำต่อไปในบทที่ 6

บทที่ 6

วิธีการประเมินผลคุณภาพน้ำโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

หลังจากที่ได้รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและศึกษาคุณภาพน้ำแล้ว ให้นำข้อมูลที่ได้มาศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายกับสภาพน้ำที่ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยมีวิธีการประเมินดังนี้

1. นำตารางบันทึกผลที่ได้จากการสำรวจแหล่งน้ำที่พบสาหร่ายแต่ละชนิด มาแยกชนิดของสาหร่าย เช่น สาหร่าย *Oscillatoria* สาหร่าย *Sphaerotilus* เป็นต้น
2. ในแต่ละแหล่งน้ำที่ศึกษา สาหร่ายมีความสัมพันธ์เป็นอย่างไรกับแหล่งน้ำ โดยดูจากคู่มือฯในบทที่ 4 และภาคผนวก
3. สรุปคุณภาพน้ำเบื้องต้นทางชีวภาพตามชนิดของสาหร่ายที่พบ เช่น บริเวณร่องสวนข้างวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี สาหร่ายที่พบได้แก่ *Spirogyra* sp. *Volvox* sp. เป็นสาหร่ายน้ำจืดที่เจริญได้ดีมากในตุ่มกลางที่มีสภาพความเป็นกรดต่ำ 3.5-7.0 อุณหภูมิ 20 – 29 องศาเซลเซียส

**** ข้อสำคัญคือจะต้องศึกษาสาหร่ายและจำแนกให้ถูกต้องว่าสาหร่ายที่พบเป็นสาหร่ายชนิดใดและจัดอยู่ในกลุ่มใด**

บรรณานุกรม

- กฤษณา ชูติมา.(2541). **รู้ไว้ใช้ว่า ประสาทวิทยาศาสตร์เล่ม 2.**กรุงเทพฯ:จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย,
 กาญจนภรณ์ ลีวมนันต์.(2527). **สาหร่าย. คณะประมงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์** 343 หน้า.
 กาญจนภรณ์ ลีวมนันต์.(2529). **งานวิจัยสาหร่ายทะเลในประเทศไทย.** วารสาร
 กองประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จัดเตรียมโดย : ประวิทย์ สุรนินาถ คณะประมง
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- จรงค์ ผลประพจน์.(2519).**การสำรวจสาหร่ายน้ำจืดในเขตอำเภอชัยบุรี ปทุมธานี.** ปริญญานิพนธ์
 กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถ่ายเอกสาร.
- เชาว์ ทวีผล. (2519). **การสำรวจสาหร่ายในเขตอำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี.** ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต
 กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถ่ายเอกสาร.
- นฤมล แสงประดับ และคณะ. (2541). **ดัชนีชีวภาพ สำหรับการจัดจำแนกคุณภาพน้ำทางชีววิทยาในลุ่มน้ำอ่าง
 ด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน.** ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
 ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจาก
 บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 121 ตอนที่ 49ง ลง
 วันที่ 1 พฤษภาคม 2547.
- พรพรรณ เลิศทวีสินธุ์, วรวิทย์ ชีวาพร และ ลอ อัมพรพรรค์. (2529). **การศึกษาสายพันธุ์ของสาหร่ายขนาดเล็ก
 ในแหล่งน้ำจืด.** รายงานการวิจัย ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ กรุงเทพฯ
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พลศึกษา.
- มันทนา เลหาบรรจง. (2517). **การสำรวจสาหร่ายน้ำจืดในเขตฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยาในจังหวัดนนทบุรี.**
 ปริญญานิพนธ์ (กศ.ม.) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร ถ่ายเอกสาร.
- มันสิน ตันทกุลเวศม์.(2538). **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ** ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์
 จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- มูลนิธิศูนย์สิ่งแวดล้อมโลก. (มกราคม 2545). **บทความ**
- ยุวดี พิรพรพิศาล. (2546). **สาหร่ายวิทยา (Phycology).** ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เอกสารวิชาการ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งประเทศไทย ฉบับที่ 75/2530 เรื่อง **เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครอง
 ทรัพยากรสัตว์น้ำจืด**

ภาคผนวก ก

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2525)

ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512

เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 39 (6) แห่งพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2512 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม ออกประกาศกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการที่ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานทุกประเภทหรือชนิดที่มีหน้าที่ที่กระทำการเกี่ยวกับการระบายน้ำทิ้งดังต่อไปนี้

ให้ยกเลิกความในข้อ 22 แห่งประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ.2513) ลงวันที่ 24 กรกฎาคม 2513 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน “ข้อ 22 ห้ามมิให้ระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงาน เว้นแต่ได้ทำการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง แต่ต้องไม่ใช่วิธีทำให้เจือจาง (Dilution) โดยให้น้ำทิ้งมีลักษณะดังต่อไปนี้

- (1) ค่าของความเป็นกรดด่าง (pH value) ระหว่าง 5 ถึง 9
- (2) ค่าของเปอร์มันганเต (Permanganate value) ไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (3) สารที่ละลายได้ (Dissolved Solids) ต้องมีค่าดังนี้

3.1 สารละลายได้ (Dissolved Solids) ต้องไม่มากกว่า 2,000

มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ต้องไม่มากกว่า 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.2 น้ำทิ้งซึ่งจะระบายออกจากโรงงาน ลงสู่แหล่งน้ำกร่อย

ที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลงสู่ทะเล ค่าสารที่ละลายได้ในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าสารที่ละลายได้ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อย หรือทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

- (4) ซัลไฟด์ (Sulphide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (5) ไซยาไนด์ (Cyanide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (6) โลหะหนักมีค่าดังนี้

6.1 สังกะสี (Zinc) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.2 โครเมียม (Chromium) ไม่มากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.3 อาร์เซนิก (Arsenic) ไม่มากกว่า 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.4 ทองแดง (Copper) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.5ปรอท (Mercury) ไม่มากกว่า 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.6 แคดเมียม (Cadmium) ไม่มากกว่า 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.7 บาเรียม (Barium) ไม่มากกว่า 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.8 เซเลเนียม (Selenium) ไม่มากกว่า 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.9 ตะกั่ว (Lead) ไม่มากกว่า 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.10 นิกเกิล (Nickel) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.11 แมงกานีส (Manganese) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

- (7) น้ำมันทาร์ (Tar) ไม่มีเลข

(8) น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ยกเว้นโรงงานกลั่นน้ำมันและโรงงานประกอบกิจการผสมน้ำหล่อลื่น จารบี ตามประเภทหรือชนิดโรงงานลำดับที่ 49, 50(4) แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ให้มีน้ำมันไม่มากกว่า 15 มิลลิกรัมต่อลิตร

(9) ฟอรัลดีไฮด์ (Formaldehyde) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(10) ฟีนอลและครีโซลส์ (Phenols & Cresols) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(11) คลอรีนอิสระ (Free chlorine) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(12) ยาฆ่าแมลง (Insecticide), สารกัมมันตรังสี ไม่มีเลย

(13) ถ้าอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่

ระหว่าง 1 ต่อ 8 ถึง 1 ต่อ 150 สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่มากกว่า 30 ส่วนใน 1,000,000 ส่วน ถ้าอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 301 ถึง 1 ต่อ 500 สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่มากกว่า 150 ส่วนใน 1,000,000 ส่วน

(14) ค่าของบีโอดี (BOD) (5 วันที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส)

ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตรหรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ภูมิประเทศ หรือลักษณะการระบาย ตามที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควร แต่ต้องไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร บีโอดี หรือ BOD ย่อมาจาก Biochemical Oxygen Demand ยกเว้นเฉพาะโรงงานประเภทหรือชนิดดังต่อไปนี้

14.1 โรงงานประกอบกิจการทำอาหารจากสัตว์น้ำบรรจุใน

ภาชนะที่ผนึกและอากาศเข้าไม่ได้ ตามประเภทหรือ ชนิดโรงงานลำดับที่ 7 (1) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2512) ต้องมีค่าบีโอดีไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัม ต่อลิตร และนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้น ไป ต้องมีค่าบีโอดีไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.2 โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ตามประเภทหรือชนิด

โรงงานลำดับที่ 9(3) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ซึ่งมีกรรมวิธีผลิตดังนี้

14.2.1 เหยือกแยกแป้งแล้วทำให้แห้งด้วยลมร้อน ต้อง

มีค่าบีโอดีไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไปต้องมีค่าบีโอดีไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตรหรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ภูมิประเทศหรือ ลักษณะการระบาย ตามที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควร แต่ต้องไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.2.2 แยกแป้งด้วยการตกตะกอนแล้วทำให้แห้งบน

พื้นอังไฟ ต้องมีค่าบีโอดีไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่าบีโอดีไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.3 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับทำผลิตภัณฑ์อาหาร

แป้งเป็นเส้นหรือชิ้น ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 10 (3) แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ชนิดทำ กว๊วยเตี๋ยว ขนมจีน และเส้นหมี่ที่ใช้ข้าวเป็น วัตถุดิบ ไม่เกิน 500 กิโลกรัมต่อวัน ต้องมีค่าบีโอดีไม่มากกว่า 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่าบีโอดีไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.4 โรงงานหมัก ฟอก หนังสัตว์ ตามประเภทหรือชนิด

โรงงาน ลำดับที่ 29 แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ที่ใช้หนังสัตว์สดเป็นวัตถุดิบต้องมีค่าบีโอดีไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไปต้องมีค่าบีโอดีไม่มากกว่า

100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.5 โรงงานผลิตเชื้อกระดาษจากไม้ ชานอ้อย หญ้า เศษผ้า

ฯลฯ ตามประเภท หรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 38 (1) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ต้องมีค่าบีโอดี ไม่มากกว่า 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไปต้องมีค่าบีโอดีไม่มากกว่า

100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.6 โรงงานห้องเย็น ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับ

ที่ 92 แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ชนิดที่ การแกะล้างแล้วแช่แข็งสัตว์น้ำต้องมีค่าบีโอดีไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่าบีโอดีไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

(15) อุณหภูมิของน้ำทิ้งที่ระบายลงสู่สาธารณะไม่มากกว่า 40

องศาเซลเซียส

(16) สีหรือกลิ่นของน้ำทิ้ง เมื่อระบายลงสู่สาธารณะแล้ว
ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ ”

ประกาศ ณ วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2525

พลตรี ชาคิชาย ชุณหะวัณ

(ชาคิชาย ชุณหะวัณ)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 13 (พ.ศ.2525)

ออกตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2512

เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 39 (16) แห่งพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2512 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม ออกประกาศกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีที่ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานมีหน้าที่ต้องกระทำการดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้โรงงานดังกล่าวต่อไปนี้มีความควบคุมดูแลและปฏิบัติตามประจำเครื่องรับผิชอบระบบป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ซึ่งมีคุณวุฒิตามที่กำหนดไว้ในข้อ 2

โรงงานที่มีปริมาณน้ำทิ้งตั้งแต่ 125 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (ยกเว้นน้ำหล่อเย็น) หรือมีปริมาณความสกปรกก่อนเข้าระบบขจัด (BOD Load of Influent) 200 กิโลกรัมต่อวันขึ้นไป

โรงงานที่ใช้โลหะหนักในกระบวนการผลิต ซึ่งมีปริมาณน้ำทิ้งตั้งแต่ 50 ลูกบาศก์เมตรต่อวันขึ้นไป และมีปริมาณของโลหะหนักในน้ำทิ้งออกจากโรงงาน มีค่าดังนี้

- 1.2.1 สังกะสี (Zinc) ตั้งแต่ 250,000 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
- 1.2.2 โครเมียม (Chromium) ตั้งแต่ 25,000 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
- 1.2.3 อาร์เซนิก (Arsenic) ตั้งแต่ 12,500 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
- 1.2.4 ทองแดง (Copper) ตั้งแต่ 50,000 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
- 1.2.5ปรอท (Mercury) ตั้งแต่ 250 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
- 1.2.6 แคดเมียม (Cadmium) ตั้งแต่ 1,500 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
- 1.2.7 บาเรียม (Barium) ตั้งแต่ 50,000 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
- 1.2.8 เซเลเนียม (Selenium) ตั้งแต่ 10,000 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
- 1.2.9 ตะกั่ว (Lead) ตั้งแต่ 10,000 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
- 1.2.10 นิกเกิล (Nickel) ตั้งแต่ 10,000 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
- 1.2.11 แมงกานีส (Manganese) ตั้งแต่ 250,000 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป

โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเหล็กและเหล็กกล้าดังนี้

1.3.1 โรงงานที่มีเตาอบ หรือใช้น้ำกรดหรือใช้สารที่อาจจะเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิต และมีกำลังผลิตตั้งแต่ 100 ตันต่อวันขึ้นไป

1.3.2 โรงงานที่มีขนาดเตาหลอมเหล็กมีปริมาตรรวมทั้งสิ้น (Total Capacity) ตั้งแต่ 5 ตันต่อครั้ง (Batch) ขึ้นไป

1.4 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับปิโตรเคมีคอล ที่นำวัตถุดิบซึ่งเป็นผลพลอยได้จากโรงกลั่นน้ำมันใช้ในกระบวนการผลิตด้วยปริมาณวัตถุดิบตั้งแต่ 100 ตันต่อวันขึ้นไป

1.5 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับก๊าซธรรมชาติทุกขนาดที่แยกหรือแปรสภาพก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas)

1.6 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับคลอ – แอลคาไลที่ใช้เกลือแกง (NaCl) เป็นวัตถุดิบในการผลิตโซดาแอช (Na₂CO₃) โซดาไฟ (NaOH) กรดเกลือ (HCl) คลอรีน (Cl₂) และผงฟอกขาว (NaOCl) ที่มีกำลังผลิตแต่ละวันหรือรวมกันตั้งแต่ 100 ตันต่อวันขึ้นไป

- 1.7 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการผลิตปูนซีเมนต์ทุกขนาด
- 1.8 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการถลุงแร่ หรือหลอมโลหะที่มีกำลังผลิตตั้งแต่ 50 ตันต่อวันขึ้นไป
- 1.9 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการผลิตเชื้อกระดาษได้ตั้งแต่ 50 ตันต่อวันขึ้นไป
- 1.10 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการกลั่นน้ำมันดิบ (Crude Oil Refinery) ทุกขนาด

ข้อ 2 ผู้ควบคุมดูแล ผู้ปฏิบัติงานประจำเครื่อง ซึ่งรับผิดชอบระบบป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

2.1 ผู้ควบคุมดูแลต้องเป็นผู้มีคุณวุฒิวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต หรือวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีหรือสาขาเคมีเทคนิค หรือสาขาอื่นที่มีประสบการณ์ทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้รับความเห็นชอบจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับกรณีที่บริษัทวิศวกรที่ปรึกษา (Engineering Consultant Firm) ต้องประกอบด้วยผู้มีความรู้ดังกล่าวข้างต้น

2.2 ผู้ปฏิบัติงานประจำเครื่อง (Operator) ต้องมีคุณวุฒิจบ มัธยมศึกษาชั้นต้น และได้รับการรับรองจากบุคคลใน ข้อ 2.1

2.3 บุคคลในข้อ 2.1 และ 2.2 ต้องขึ้นทะเบียนต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมตามระเบียบและวิธีการที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด

ข้อ 3 ประกาศฉบับนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดเก้าสิบวัน นับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้น

ประกาศ ณ วันที่ 4 มิถุนายน 2525

พลตรี ชาติชาย ชูณหะวัณ

(ชาติชาย ชูณหะวัณ)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ภาคผนวก ข
เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน

ลักษณะของน้ำทิ้ง	หน่วย	ค่ามาตรฐานในระดับขนาดชุมชนต่าง ๆ				หมายเหตุ
		ก.	ข.	ค.	ง.	
1. บีโอดี	มก/ลบ.คม.	20	30	60	90	เป็นบีโอดีของตัวอย่างน้ำที่ปล่อยให้ตกตะกอน 30 นาที
2. ปริมาณของแข็ง						
2.1 ปริมาณสารแขวนลอย	มก/ลบ.คม.	30	40	50	60	
2.2 ปริมาณตะกอน	ลบ.ชม/ลบ.คม.	0.5	0.5	0.5	0.5	
2.3 ปริมาณสารละลาย	มก/ลบ.คม.	+500	+500	+500	+500	เพิ่มขึ้นจากปริมาณสารละลายในน้ำใช้ไม่เกิน 500 มก./ลบ.คม.
3. ชัลไฟด์	มก/ลบ.คม.	1.0	1.0	3.0	4.0	
4. คลอรีนอิสระตกค้าง	มก/ลบ.คม.	0.3*	0.3*	-	-	เฉพาะภาวะโรคระบาดต้องเติมคลอรีนให้มีคลอรีนอิสระตกค้าง ในน้ำแต่มีค่าไม่เกิน 0.3 มก/ลบ.คม. สำหรับ

ภาคผนวก ข (ต่อ)
เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน

ค่ามาตรฐานในระดับขนาดชุมชนต่าง ๆ						
ลักษณะของน้ำทิ้ง	หน่วย	ก.	ข.	ค.	ง.	หมายเหตุ
ภาวะปกติไม่กำหนด						
5. ไนโตรเจน						
5.1 ทีเคเอ็น	มก/ลบ.ดม.	-	-	40	40	แบ่งขนาดชุมชนเป็น 2 ระดับ คือ น้อยกว่า 501 และ 501 คนขึ้นไป
5.2 ออร์แกนิก –	มก/ลบ.ดม.					
ไนโตรเจน		10	10	15	15	เครื่องหมาย – คือ ไม่กำหนด เพราะปกติไม่มีไนเตรด – ไนโตรเจนออกมาจากกระบวนการใช้ออกซิเจน
5.3 แอมโมเนีย -	มก/ลบ.ดม.					
ไนโตรเจน		-	-	25	25	เครื่องหมาย + คือ ไม่กำหนด เพราะปกติไม่มีไนเตรด – ไนโตรเจนออกมาจากกระบวนการใช้ออกซิเจน

ภาคผนวก ข (ต่อ)
เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน

ลักษณะของน้ำทิ้ง	หน่วย	ค่ามาตรฐานในระดับขนาดชุมชนต่าง ๆ				หมายเหตุ
		ก.	ข.	ค.	ง.	
5.4 ไนเตรต -						
ไนโตรเจน	มก/ลบ.ดม.	*	*	+	+	เครื่องหมาย * คือ จะกำหนดเมื่อ แหล่งน้ำมีปัญหา
6. ค่าความเป็นกรด-ด่าง -		5-9	5-9	5-9	5-9	
7. น้ำมันและไขมันมก/ลบ.ดม.		20	20	20	20	ตัวอย่างผสมเป็น เนื้อเดียวกัน (emulsified samples)
8. ฟิโคลิฟอร์ม เอ็นพีเอ็น/100						
	ลบ.ชม.	x	x	x	x	เครื่องหมาย x คือ ไม่กำหนดใน ขณะนี้แต่จะกำหนด ภายหลังเมื่อมีข้อมูล เพิ่มเติม
9. ฟอสเฟต	มก/ลบ.ดม.	x	x	x	x	

หมายเหตุ มติคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 31 มกราคม 2528

- ก. หมายถึง ชุมชนขนาด 2501 คน ขึ้นไป
- ข. หมายถึง ชุมชนขนาด 501 – 2500 คน ขึ้นไป
- ค. หมายถึง ชุมชนขนาด 101 – 500 คน ขึ้นไป
- ง. หมายถึง ชุมชนขนาด น้อยกว่า 101 คน

ภาคผนวก ก
มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินซึ่งมีใช้ทะเล

1. มาตรฐานและวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินซึ่งมีใช้ทะเล

พารามิเตอร์	ค่าทางสถิติ	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์/แหล่งน้ำประเภท				
			1	2	3	4	5
ก.คุณสมบัติทางกายภาพและชีววิทยา							
1.อุณหภูมิ(Temperature)	-	°ซ	°ซ	°ซ'	°ซ'	°ซ'	
2.ความเป็นกรดเป็นด่าง(pH)	-	-	°ซ	5-9	5-9	5-9	-
3.ออกซิเจนละลาย(DO)	20%-ile	มก./ลิตร	°ซ	6	4	2	-
4.บีโอดี(BOD)	80%-ile	มก./ลิตร	°ซ	1.5	2.0	4.0	-
5.โคลิฟอร์ม แบคเรีย	80%-ile	MPN/100มล.					
- Total Coliform			5,000	20,000	-	-	
- Fecal Coliform			1,000	4,000	-	-	
หน่วย ค่าสูง							

ภาคผนวก ง

ประกาศกรมอนามัย

ประกาศกรมอนามัย
เรื่องเกณฑ์คุณภาพน้ำประปา

ด้วยกรมอนามัยเห็นควรให้มีการทบทวนมาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม เพื่อยึดถือเป็นเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาได้ ตามนโยบายกรมอนามัย ที่ต้องการให้ประชาชน มีน้ำสะอาดที่ปราศจากพิษภัยไว้บริโภค กรมอนามัยจึงกำหนดเกณฑ์คุณภาพน้ำประปา ให้มีคุณภาพไม่ด้อยกว่าข้อกำหนดดังต่อไปนี้

หมวดที่ 1

1. คุณภาพน้ำทางกายภาพ

- 1.1 ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ต้องอยู่ในช่วงระหว่าง 6.5 - 8.5 (Field test)
- 1.2 ความขุ่น (Turbidity) ต้องไม่เกิน 10 เอ็นทียู
- 1.3 สี (Color) ต้องไม่เกิน 15 แพลตตินัมโคบอลท์

2. คุณภาพน้ำทางเคมีทั่วไป

- 2.1 สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย (TDS) ต้องไม่เกิน 100 มิลลิกรัม/ลิตร
- 2.2 ความกระด้าง (Hardness) ต้องไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/ลิตร
- 2.3 ซัลเฟต (So₄) ต้องไม่เกิน 250 มิลลิกรัม/ลิตร
- 2.4 คลอไรด์ (Cl⁻) ต้องไม่เกิน 250 มิลลิกรัม/ลิตร
- 2.5 ไนเตรท (No₃⁻ as No₃⁻) ต้องไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/ลิตร
- 2.6 ฟลูออไรด์ (F⁻) ต้องไม่เกิน 0.7 มิลลิกรัม/ลิตร

3. คุณภาพน้ำทางโลหะหนักทั่วไป

- 3.1 เหล็ก (Fe) ต้องไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร
- 3.2 แมงกานีส (Mn) ต้องไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร
- 3.3 ทองแดง (Cu) ต้องไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร
- 3.4 สังกะสี (Zn) ต้องไม่เกิน 3.0 มิลลิกรัม/ลิตร

4. คุณภาพน้ำทางโลหะหนักสารเป็นพิษ

- 4.1 ตะกั่ว (Pb) ต้องไม่เกิน 0.03 มิลลิกรัม/ลิตร
- 4.2 โครเมียม (Cr) ต้องไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร
- 4.3 แคดเมียม (Cd) ต้องไม่เกิน 0.003 มิลลิกรัม/ลิตร
- 4.4 สารหนู (As) ต้องไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร
- 4.5 ปรอท (Hg) ต้องไม่เกิน 0.001 มิลลิกรัม/ลิตร

5. คุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย

- 5.1 โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform bacteria) ต้องตรวจไม่พบ คือ มีค่าเป็น 0
- 5.2 ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal coliform bacteria) ต้องตรวจไม่พบ คือ มีค่าเป็น 0

สมุดทดสอบ
ก่อนการใช้คู่มือฯ
สำหรับ
นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2



เพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพ
เบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

วัตถุประสงค์

สมุดทดสอบสร้างขึ้นเพื่อใช้ทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 6 ทักษะมาใช้ได้แก่ ทักษะการสังเกต(Observing) ทักษะการจำแนก (Classifying) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล (Organizing Data and Communication) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Infering) ทักษะการพยากรณ์ (Predicting) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion) ซึ่งในกิจกรรมจะมีเกณฑ์การให้คะแนน แล้วรวบรวมคะแนนที่ได้มาหาประสิทธิภาพของกลุ่มการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

คำชี้แจง

สมุดทดสอบก่อนการใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ ในกิจกรรมจะประกอบด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 ทักษะดังนี้

1. ทักษะการสังเกต
2. ทักษะการจำแนกประเภท
3. ทักษะการลงความคิดเห็นของข้อมูล
4. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล
5. ทักษะการพยากรณ์
6. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

โดยให้นักเรียนทำลงในสมุดทดสอบ ซึ่งในกิจกรรมจะประกอบไปด้วย คำชี้แจงในการทำกิจกรรม คำถามและเกณฑ์การให้คะแนน ซึ่งเป็นการนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ควบคู่กับการใช้คู่มือฯ

นางสาวณัฐวรรณ เอี่ยมขำ

วิธีใช้สมุดทดสอบ

1. สมุดทดสอบแต่ละหน้าจะประกอบด้วยกิจกรรมและคำถาม มีที่ว่างให้นักเรียนตอบคำถามและคำชี้แจง
2. ให้นักเรียนเขียนลงในสมุดทดสอบเพื่อรวบรวมคำตอบ
3. นักเรียนควรปฏิบัติกิจกรรมก่อนและหลังจากนั้นตอบคำถามให้เสร็จเรียบร้อย
4. คำตอบของนักเรียนที่เขียนอธิบายลงในสมุดทดสอบสามารถนำมาตรวจให้คะแนน ตามเป้าประสงค์ของคำถามนั้น ๆ

กิจกรรม

การศึกษาระบบนิเวศน้ำจืดบริเวณวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนนำทักษะการสังเกตและทักษะการจำแนกมาใช้ในการบอกลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่พบในแต่ละแหล่งที่อยู่อาศัยในสิ่งแวดล้อมได้
2. เพื่อให้นักเรียนนำทักษะการลงความคิดเห็นการจัดกระทำและสื่อความหมายมาใช้ในการระบุชนิดสิ่งมีชีวิตกับแหล่งที่อยู่อาศัยที่พบในบริเวณที่ศึกษา
3. เพื่อให้นักเรียนนำทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปมาใช้ในการศึกษาระบบนิเวศน้ำจืดบริเวณวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี

อุปกรณ์

1. สมุดทดสอบ
2. แว่นขยาย
3. ปีกเกอร์
4. สวิง

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนออกสำรวจแหล่งน้ำรอบ ๆ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี และเก็บตัวอย่างน้ำใส่ในปิกรอร์ระบุบริเวณที่เก็บ โดยให้นักเรียนบันทึกผลรายละเอียดต่างๆ ของแหล่งน้ำและสิ่งมีชีวิตที่พบ
2. ให้นักเรียนนำสิ่งมีชีวิตที่พบจากการสำรวจแหล่งน้ำมาจำแนกชนิดด้วยแว่นเพื่อประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำบริเวณที่ศึกษา สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปของบริเวณแหล่งน้ำพร้อมเขียนบันทึกผลทั้งตีความหมายข้อมูลลงข้อสรุปและรายงานผลการศึกษา

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	ลักษณะของ แหล่งน้ำ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อ สิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	ลักษณะของ แหล่งน้ำ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อ สิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	ลักษณะของ แหล่งน้ำ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อ สิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ

สรุปผลที่ศึกษา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถาม

1. จากการสังเกตด้วยตาเปล่า จงแสดงให้เห็นว่าน้ำและสิ่งมีชีวิตที่เก็บมาแต่ละชนิดมีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จงบอกลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่พบในแหล่งน้ำอย่างพร้อมทั้งวาดรูปประกอบ

คำอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. บอกวิธีการที่ทำให้นักเรียนสามารถลงความคิดเห็นได้ว่าสิ่งมีชีวิตที่พบในแต่ละแหล่งน้ำเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. สิ่งมีชีวิตที่พบในแต่ละแหล่งน้ำที่ศึกษาเป็นชนิดเดียวกันทั้งหมดหรือไม่อย่างไรและเพราะสาเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูผู้สอน
กิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้
 ชื่อครูผู้ประเมิน.....
 ประเมินกลุ่ม.....
 วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างตามความเป็นจริง

5 หมายถึง ดีมาก 4 หมายถึง ดี 3 หมายถึง พอใช้
 2 หมายถึง ต้องปรับปรุง 1 หมายถึง ไม่มีคุณภาพ

รายการประเมิน	5	4	3	2	1	ข้อเสนอแนะ
1. การสังเกต						
2. การจำแนก						
3.การจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล						
4. การลงความคิดเห็นจากข้อมูล						
5. การพยากรณ์						
6.การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป						
เกณฑ์การแปลความหมายระดับคะแนน ร้อยละ 80 ขึ้นไป ระดับ ดีมาก ร้อยละ 70 – 79 ระดับ ดี ร้อยละ 60 – 69 ระดับ พอใช้ ต่ำกว่าร้อยละ 60 ระดับ ปรับปรุง	สรุปการประเมินผลงานกลุ่ม รวมได้คะแนน..... คิดเป็นร้อยละ..... อยู่ในเกณฑ์.....					

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการ	คะแนน	ระดับ คุณภาพ
1. ทักษะการสังเกต 1. สังเกตลักษณะของแหล่งน้ำที่ศึกษาได้ 2. สังเกตลักษณะสำคัญอย่างละเอียดของแหล่งน้ำที่ศึกษาได้ 3. สังเกตลักษณะสำคัญอย่างละเอียดของแหล่งน้ำและสิ่งที่เกี่ยวข้องกับแหล่งน้ำที่ศึกษาได้ 4. สังเกตลักษณะสำคัญอย่างละเอียดของแหล่งน้ำ สิ่งที่เกี่ยวข้องกับแหล่งน้ำและความแตกต่างของแหล่งน้ำแต่ละแหล่งน้ำได้ 5. สังเกตลักษณะสำคัญอย่างละเอียดของแหล่งน้ำ สิ่งที่เกี่ยวข้องกับแหล่งน้ำความเหมือนและความแตกต่างของแหล่งน้ำของสาหร่ายแต่ละแหล่งน้ำได้อย่างละเอียด	1 2 3 4 5	ไม่มีคุณภาพ ต้องปรับปรุง พอใช้ ดี ดีมาก
2. ทักษะการจำแนก 1. ไม่สามารถอธิบายความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตที่พบได้ 2. สามารถอธิบายความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตที่พบได้เพียงบางส่วน 3. สามารถอธิบายความแตกต่างและความเหมือนของสิ่งมีชีวิตได้ 4. สามารถอธิบายความแตกต่าง ความเหมือนของสิ่งมีชีวิตได้ 5. สามารถอธิบายความแตกต่าง ความเหมือนของสิ่งมีชีวิตได้อย่างมีหลักการ	1 2 3 4 5	ไม่มีคุณภาพ ต้องปรับปรุง พอใช้ ดี ดีมาก

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการ	คะแนน	ระดับคุณภาพ
3. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล 1. บันทึกสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำไม่ละเอียดและไม่มีข้อมูล สิ่งมีชีวิตที่พบ ไม่สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่ พบกับแหล่งน้ำ	1	ไม่มีคุณภาพ
2. บันทึกสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำไม่ละเอียดและมีข้อมูล สิ่งมีชีวิตที่พบจากการสังเกตด้วยตาเปล่าได้ ไม่สรุป ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่พบกับแหล่งน้ำ	2	ต้องปรับปรุง
3. บันทึกสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำละเอียดและมีข้อมูลสิ่งมีชีวิต ที่พบได้ ไม่สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่พบกับ แหล่งน้ำ	3	พอใช้
4. บันทึกสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำละเอียดและมีข้อมูลสิ่งมีชีวิต ที่พบ ระบุชื่อสิ่งมีชีวิตที่พบ สรุปความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตที่พบกับแหล่งน้ำได้	4	ดี
5. บันทึกสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำละเอียดและมีข้อมูล สิ่งมีชีวิตที่พบระบุชื่อสิ่งมีชีวิตที่พบ สรุปความสัมพันธ์ ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่พบกับแหล่งน้ำได้อย่างมีหลักการ	5	ดีมาก

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการ	คะแนน	ระดับคุณภาพ
4. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล 1. ไม่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีอยู่ 2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีอยู่ได้บางส่วน 3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีอยู่ได้ถูกต้อง 4. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีอยู่ได้ถูกต้องมีหลักเกณฑ์ 5. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีอยู่และเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้อย่างถูกต้องมีหลักเกณฑ์	1 2 3 4 5	ไม่มีคุณภาพ ต้องปรับปรุง พอใช้ ดี ดีมาก

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการ	คะแนน	ระดับ คุณภาพ
5. ทักษะการพยากรณ์ 1. ไม่สามารถพยากรณ์คุณภาพน้ำจากข้อมูลที่ศึกษาได้ 2. สามารถพยากรณ์คุณภาพน้ำจากข้อมูลที่ศึกษาได้ บางส่วน 3. สามารถพยากรณ์คุณภาพน้ำได้อย่างมีหลักเกณฑ์จากข้อมูลที่ศึกษา 4. สามารถพยากรณ์คุณภาพน้ำได้อย่างมีหลักเกณฑ์ ที่ได้โดย เชื่อมโยงกับข้อมูลสิ่งมีชีวิตที่พบจากการสังเกตด้วยตาเปล่าได้ 5. สามารถพยากรณ์คุณภาพน้ำได้อย่างมีหลักเกณฑ์ ที่ได้โดย เชื่อมโยงกับข้อมูลสิ่งมีชีวิตที่พบจากการสังเกตด้วยตาเปล่าได้ ถูกต้อง	1 2 3 4 5	ไม่มีคุณภาพ ต้องปรับปรุง พอใช้ ดี ดีมาก

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการ	คะแนน	ระดับ คุณภาพ
6. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 1. ตีความหมายของข้อมูลระหว่างคุณภาพน้ำกับสิ่งมีชีวิตที่พบได้ไม่ละเอียด และไม่สรุปผลข้อมูล 2. ตีความหมายของข้อมูลระหว่างคุณภาพน้ำกับสิ่งมีชีวิตที่พบได้ และสรุปผลไม่สอดคล้องกับข้อมูล 3. ตีความหมายของข้อมูลระหว่างคุณภาพน้ำกับสิ่งมีชีวิตที่พบถูกต้องสรุปผลไม่สอดคล้องกับข้อมูลบางส่วน 4. ตีความหมายของข้อมูลระหว่างคุณภาพน้ำกับสิ่งมีชีวิตที่พบถูกต้องและสรุปผลสอดคล้องกับข้อมูลบางส่วน 5. ตีความหมายของข้อมูลระหว่างคุณภาพน้ำกับสิ่งมีชีวิตที่พบถูกต้อง และสรุปผลสอดคล้องกับข้อมูล	1 2 3 4 5	ไม่มีคุณภาพ ต้องปรับปรุง พอใช้ ดี ดีมาก

สมุดทดสอบ
ก่อนการใช้คู่มือฯ
สำหรับ
นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2



เพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำทาง
ชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สารละลายเป็นตัวบ่งชี้

คู่มือสมุดทดสอบ

สำหรับ

ครูผู้สอน



เพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ
ทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

วัตถุประสงค์

คู่มือสมุดทดสอบสำหรับครูผู้สอนสร้างขึ้นเพื่อใช้ทดสอบการนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 6 ทักษะมาใช้ได้แก่ ทักษะการสังเกต(Observing) ทักษะการจำแนก (Classifying) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล (Organizing Data and Communication) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Infering) ทักษะการพยากรณ์ (Predicting) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion) ซึ่งในกิจกรรมจะมีเกณฑ์การให้คะแนน แล้วรวบรวมคะแนนที่ได้มาหาประสิทธิภาพของคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

คำชี้แจง

คู่มือสมุดทดสอบสำหรับครู ใช้เพื่อประเมินการทำกิจกรรมการสำรวจคุณภาพแหล่งน้ำ
 ของนักเรียน ซึ่งเป็นการนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ควบคู่กับการใช้คู่มือฯ
 ภายในคู่มือสมุดทดสอบสำหรับครูผู้สอน ประกอบด้วยผลการสำรวจคุณภาพแหล่งน้ำ เฉลย
 คำถามทำกิจกรรม เกณฑ์การให้คะแนน แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 สำหรับครูผู้สอน โดยประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้เพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังการ
 ใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ว่านักเรียนมี
 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นหรือไม่

นางสาวณัฐวรรณ เอี่ยมขำ

วิธีใช้คู่มือสมุดทดสอบสำหรับครูผู้สอน

1. ใช้คู่มือสมุดทดสอบสำหรับครูเพื่อให้คะแนนการทำกิจกรรมการสำรวจคุณภาพน้ำของนักเรียน โดยดูเกณฑ์การให้คะแนน

กิจกรรม

การศึกษาระบบนิเวศน้ำจืดบริเวณวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนนำทักษะการสังเกตและทักษะการจำแนกมาใช้ในการบอกลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่พบในแต่ละแหล่งที่อยู่อาศัยในสิ่งแวดล้อมได้
2. เพื่อให้นักเรียนนำทักษะการลงความคิดเห็นการจัดกระทำและสื่อความหมายมาใช้ในการระบุชนิดสิ่งมีชีวิตกับแหล่งที่อยู่อาศัยที่พบในบริเวณที่ศึกษา
3. เพื่อให้เรียนนนำทักษะพยากรณ์ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปมาใช้ในการศึกษาระบบนิเวศน้ำจืดบริเวณวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี

อุปกรณ์

1. คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้
2. สมุดทดสอบ
3. แว่นขยาย
4. กล้องจุลทรรศน์
5. ปีกเกอร์
6. สวิง

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนออกสำรวจแหล่งน้ำรอบ ๆ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี และเก็บตัวอย่างน้ำใส่ในปิ๊กเกอร์ ระบุบริเวณที่เก็บ โดยให้นักเรียนบันทึกผลรายละเอียดต่างๆ ของแหล่งน้ำและสิ่งมีชีวิตที่พบ
2. ให้นักเรียนนำสิ่งมีชีวิตที่พบจากการสำรวจแหล่งน้ำมาจำแนกชนิดด้วยแว่นขยายและกล้องจุลทรรศน์เพื่อประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำบริเวณที่ศึกษา สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปของบริเวณแหล่งน้ำพร้อมเขียนบันทึกผลทั้งตีความหมายข้อมูลลงข้อสรุปและรายงานผลการศึกษา

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่สำรวจ	คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ	ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่พบในแหล่งน้ำ	ชื่อสิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ
สวนข้างๆ วิทยาลัย	มีลักษณะใสเนื่องจากสามารถมองเห็นสิ่งมีชีวิตในน้ำได้ ไม่มีกลิ่นเหม็น	- เป็นเส้นสายสีเขียวเหมือนเส้นผม - เป็นเส้นสายสีเขียวเป็นเส้นอาจอยู่เดี่ยว ๆ แต่อาจจะมีกลุ่มกันหนาแน่นไปบางสภาพโดยทั่วไปเซลล์ในเส้นสายมีความกว้างยาวกว่าความยาวของเซลล์ มีสีเขียวคล้ำ - เป็นเส้นสายที่มีลักษณะเป็นเกลียวคล้ายสว่านประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์มาต่อกัน แต่ผนังเซลล์แต่ละเซลล์บางมาก	<i>Spirogyra</i> sp. <i>Oscillatoria</i> sp. <i>Spirulina</i> sp.	สาหร่ายที่พบในแหล่งนี้สามารถที่จะเจริญเติบโตในน้ำที่คุณภาพดี ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่ไม่มีสารอินทรีย์ในปริมาณที่มาก

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	คุณสมบัติ ของน้ำทาง กายภาพ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อสิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ
		- เป็นเส้นสายที่มักจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มสานกันเป็นแผ่น เซลล์มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือทรงกระบอกเรียงต่อกัน มีความกว้างของเซลล์สม่ำเสมอตลอดสาย ยกเว้นตรงปลายกลมมน บางชนิดอาจมีคาลิปตรามีขี้ทหุ้มเส้นสายบางๆ ขี้ทไม่มีสี บางชนิดขี้ทโผล่ออกมานอกไตรโคม	<i>Phormidium</i> sp.	

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	คุณสมบัติ ของน้ำทาง กายภาพ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อสิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ
		- เป็นก้อนวุ้น ภายในมีเส้นสาย จำนวนมากฝังตัวอยู่ เมื่อยังอ่อนอยู่เป็น ก้อนตัน ต่อมาตรง กลางจะกลวง เส้น สายแตกแขนงได้ จำนวนมาก แขนงสั้น ประกอบด้วยเซลล์ 1 – 3 เซลล์ มีไฮเทอ โรซิสต์อยู่ตรงปลาย แขนงจะมีลักษณะ ยาวไฮเทอโรซิสต์ นอกจากจะเกิดตรง ปลายของแขนงสั้น ๆ เป็นแบบ	<i>Nostoc</i> sp.	

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	คุณสมบัติ ของน้ำทาง กายภาพ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อสิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ
ท่อระบายน้ำทิ้ง โรงงาน อุตสาหกรรม	น้ำมีลักษณะ ขุ่น มีกลิ่น	- เป็นพวกเส้นสาย ที่มีการแตกแขนง ไม่แท้จริง เช่นเดียวกัน แขนงที่แตก ออกมาจะเป็นแบบ แขนงคู่ (false branch in pair) ระหว่างเซทเทอโร ซิสต์ เซลล์มีรูปร่าง ทรงกระบอก ชีท หุ้มอาจไม่มีสี หรือ มีสีน้ำตาลอม เหลือง	<i>Scytonema endolithicum</i>	สาหร่ายที่พบในแหล่ง นี้สามารถที่จะ เจริญเติบโตในน้ำที่ คุณภาพทั่วไป โดยเฉพาะน้ำที่มีของ เสียจากโรงงาน อุตสาหกรรม สามารถ อยู่ในตัวกลางที่มีสภาพ ความเป็นกรดต่าง 3.5 – 7.0 และที่อุณหภูมิ 20 – 31 องศาเซลเซียส เจริญเติบโตได้ดีมาก

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	คุณสมบัติ ของน้ำทาง กายภาพ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อสิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ
บึง	มีลักษณะสี เขียวขุ่น เนื่องจาก สามารถ มองเห็น สิ่งมีชีวิตใน น้ำได้ ไม่มี กลิ่นเหม็น	- ประกอบด้วย เซลล์จำนวน 8 – 16 เซลล์เรียงตัว เบียดกันเป็นกลุ่ม โดยหันด้านเซลล์ไป ทางเดียวกัน แต่ละ เซลล์มีลักษณะ คล้ายรูปกระสวย หัวแหลมท้าย แหลม มีแฟลก เจลล์ 2 เส้น มี อายุสเปต 1 อัน - มีรูปร่างยาว เรียว แหลม หัวแหลมท้าย โค้ง เล็กน้อย หรือ รูปแบบพระจันทร์ เสี้ยว มีชื่อสามัญ ว่า สาหร่ายคีนาง หรือสาหร่าย พระจันทร์เสี้ยว บางชนิดอาจโค้งงอ คล้ายจะเป็นเกลียว มีนิวเคลียสตรง กลาง	<i>Pyrobotrys</i> sp. <i>Ankistrodesmus</i> sp.	สาหร่ายที่พบในแหล่งนี้ สามารถที่จะ เจริญเติบโตในน้ำที่มี คุณภาพทั่วไป แม้กระทั่งในขวดน้ำ หรือถึงน้ำที่ไม่ค่อยได้ ล้าง ในน้ำนิ่ง ในบ่อ หรือสระที่มีสารอินทรีย์ มาก

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่สำรวจ	คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ	ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่พบในแหล่งน้ำ	ชื่อสิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ
บ่อน้ำในสวนข้างบ้านเรือน	มีลักษณะใสเนื่องจากสามารถมองเห็นสิ่งมีชีวิตในน้ำได้ ไม่มีกลิ่นเหม็น	- เป็นสายที่แตกแขนงแบบแขนงเดี่ยว (false branch in angle) ซึ่งมักเกิดติดกับเฮทเทอโรซิสต์ที่อยู่ภายในเส้นสายลักษณะเซลล์คล้าย <i>Scytonema</i> - เป็นเส้นสาย แต่จะอยู่รวมกันเป็นทลัส มีลักษณะเป็นก้อนกลม หรือแบนภายในกลวงหรือตัน โดยเส้นสายฝังอยู่ในเมือก อาจจะฝังตัวโดยเรียงขนานกันหรือเรียงเป็นรัศมีกระจายออกโดยเฮทเทอโรซิสต์ของแต่ละเส้นสายจะมาชนกันตรงกลาง ปลายเส้นสายจะชี้ออกไปเป็นแฉกคล้ายรัศมีลักษณะของแต่ละ	<i>Tolypothrix</i> sp. <i>Gloeotrichia</i> sp.	พบได้ทุกหนทุกแห่งที่มีความชื้น เช่นตามที่สูงและตามบ่อน้ำ คู ลำธาร ท่อระบายน้ำซึ่งมีสารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อย บริเวณที่มีสาหร่ายชนิดนี้จะมีสีเขียวคล้ำ มีความคงทนต่อความสกปรกของน้ำได้ดี

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	คุณสมบัติ ของน้ำทาง กายภาพ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อสิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับ แหล่งน้ำ
		เส้นสายนั้นจะมีเฮทเทอโรซิสต์ ที่ส่วนโคนมีการสร้างอะคินีติดกับเฮทเทอโรซิสต์ อะคินีที่มีขนาดใหญ่ รูปทรงกระบอกยาว มีซี่ท่หุ้มส่วนโคนหนา ส่วนปลายจะเห็นไม่ชัด - เป็นโคโลนีที่ประกอบด้วยเซลล์จำนวน 4 หรือ 8 หรือ 16 เซลล์มาเรียงต่อกันด้านข้างตามความยาวของเซลล์ แต่ละเซลล์มีลักษณะเป็นรูปไข่ หรือ ทรงกระบอก หรือ พระจันทร์ครึ่งซีก เซลล์ที่อยู่ด้านริมสุดทั้งสองด้านอาจมีหนาม (spine) ยื่นออกมา	Scenedesmus sp.	

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	คุณสมบัติ ของน้ำทาง กายภาพ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อสิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ
		- มีลำต้นเป็นสาย เรียวยาว ทอดไป ตามความสูงของ ระดับน้ำ อาจยาว ได้ถึง 3 เมตร ทั้ง ใบและต้นจมใต้น้ำ ลักษณะของใบ เป็นแผ่นบางเรียว ยาวขนาดเล็กติด บนลำต้นเป็นชั้นๆ ชั้นละ 2- 8 ใบ ใบ ยาว 10 - 20 มิลลิเมตร กว้าง 2 - 5 มิลลิเมตร มีสี เขียวแก่ เส้นกลาง ใบสีแดง ขอบใบ หยักเป็นซี่เล็กๆ มี ดอกติดอยู่ที่ซอก ใบระดับใต้น้ำ เมื่อ ดอกแก่จึงจะลอย ขึ้นมาบนเหนือ ผิวน้ำ	<i>Hydrilla verticellatae</i>	

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	คุณสมบัติ ของน้ำทาง กายภาพ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อสิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ
คลองน้ำ อ้อม	มีลักษณะใส ไม่มีกลิ่น เหม็น	มีลักษณะของ คลอโรพลาสต์ แตกต่างกันไป อาจเป็นรูปถ้วย รูปโกศ รูปตัว H หรือ คลอโรพ ลาสต์อาจอยู่ข้าง ๆ เซลล์ บริเวณ ด้านหน้ามีแฟลก เจลล์ 2 เส้น มี อายุสเปคตัมอยู่ บริเวณด้านหน้า - เป็นสาหร่าย เซลล์เดี่ยว รูปร่าง ยาวเรียว บาง ชนิดมีลักษณะ คล้ายกระสวย หัวแหลมท้าย แหลม บางชนิด จะโคจรรอบ พระจันทร์เสี้ยว ประกอบด้วย 2 เซมิเซลล์ บริเวณ กึ่งกลางระหว่าง 2 เซมิเซลล์ จะมี นิวเคลียส 1 อัน	<i>Chlamydomonas</i> sp. <i>Closterium</i> sp.	เป็นสาหร่ายที่จะเป็น ดัชนีว่าในแหล่งน้ำที่มี สาหร่ายชนิดนี้เป็นน้ำที่ มีคุณภาพดี ไม่ใช่ น้ำ เสีย เป็นน้ำที่มีสภาพ กรดเล็กน้อย

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	คุณสมบัติ ของน้ำทาง กายภาพ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อสิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ
บ่อน้ำข้าง บ้านเรือน	มีลักษณะใส เนื่องจาก สามารถ มองเห็น สิ่งมีชีวิตใน น้ำได้ ไม่มี กลิ่นเหม็น	- เป็นเซลล์เดี่ยว ประกอบด้วย 2 เซ มิเซลล์รูปร่างคล้าย ไต บริเวณที่ 2 เซมิ เซลล์มาเชื่อมกัน เกิดเป็นร่องเว้าที่ เรียกว่า มีเดียน คอนสตรัคชัน หรือ ไชนัส หรืออัสทรมัส ผนังเซลล์อาจเรียบ หรือขรุขระ แต่ละเซ มิเซลล์มีคลอโรพ ลาสต์เป็นสัน หรือ แผ่น บางชนิดมี คลอโรพลาสต์เป็น รูปดาวและมีไฟรินอ ยด์อยู่บนคลอโรพ ลาสต์เซมิเซลล์ 2 อัน มีนิวเคลียสอยู่ กลางระหว่างเซมิ เซลล์ทั้งสอง	<i>Cosmarium</i> sp.	เป็นสาหร่ายที่จะเป็น ดัชนีว่าในแหล่งน้ำที่มี สาหร่ายชนิดนี้เป็นน้ำที่ มีคุณภาพดี ไม่ใช่ น้ำ เสีย เป็นน้ำที่มีสภาพ กรดเล็กน้อย

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	คุณสมบัติของ น้ำทาง กายภาพ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อสิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ
		- เป็นกลุ่มเซลล์ ทรงกลมกลวง มี ขนาดใหญ่มองเห็น ได้ด้วย ตาเปล่า ประกอบด้วยเซลล์ ตั้งแต่ 500 – 50,000 เซลล์ เรียงอยู่ที่ผิวของ ทรงกลม แต่ละ เซลล์ลักษณะกลม หรือรี มีสารเป็น เมือกหุ้ม และมี หนวด 2 เส้น - เป็นเส้นสายที่ไม่ แตกแขนง เซลล์ ล่างสุดทำหน้าที่ เป็น ราก สำหรับยึด เกาะ แต่ละเซลล์ เป็นรูป ทรงกระบอก มี นิวเคลียสเพียง 1 คลอโรพลาสต์เป็น แถบข้างเซลล์ หรือ เป็นวงอยู่ตรงกลาง และอาจหุ้มรอบ	<i>Volvox</i> sp. <i>Ulothrix</i> sp.	

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	คุณสมบัติของ น้ำทาง กายภาพ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อสิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ
		หรือเกือบรอบ มี ไพลินอยด์ 1 หรือ มากกว่า - เป็นเส้นสายที่มี รากยึดเกาะกับ พื้นในขณะที่ยัง อ่อนอยู่ แต่เมื่อโต ขึ้นจะหลุดลอยน้ำ เป็นอิสระ ผง เซลล์มีลักษณะ เป็นรูปตัว H เกย ซ้อนกัน เมื่อขาด ท่อนจะขาดตรง รอยต่อนี้ คลอ โรพลาสต์เป็นรูป ตาข่าย ไม่มีไพลี นอยด์	<i>Microspora</i> sp.	

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	คุณสมบัติ ของน้ำทาง กายภาพ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อ สิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ
		- รูปร่างทรงกลมหรือเป็นรูปไข่ คลอโรพลาสต์มักอยู่ด้านข้าง หรือเป็นรูปถ้วย - เป็นเส้นสายที่ไม่แตกแขนง มีลักษณะเหมือนเส้นผมแต่เป็นสีเขียว จับดูจะรู้สึกลื่นมือเนื่องจากมีเมือกหุ้มภายนอก เซลล์รูปทรงกระบอกมีความยาวเท่ากับความกว้างไปจนถึงยาวหลายเท่าของความกว้าง	<i>Chlorella</i> sp. <i>Spirogyra</i> sp.	

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	คุณสมบัติ ของน้ำทาง กายภาพ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อสิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ
		- เป็นเส้นสายที่ไม่ แตกแขนง ประกอบด้วยเซลล์ รูปทรงกระบอกซึ่งมี ความยาวประมาณ 4 เท่าของความ กว้าง ผนังเซลล์ บาง เป็นพวกเพก โตส (pectose) คลอโรพลาสต์เป็น แถบยาว พาดจาก ด้านหนึ่งไปอีกด้าน หนึ่ง	<i>Mougeotia</i> sp.	

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	คุณสมบัติของ น้ำทาง กายภาพ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อ สิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ
คลองวัด โบสถ์	น้ำขุ่น มีกลิ่น	- รูปร่างเป็น ทรงกระบอก ด้าน ปลายทั้งสองจะ เรียวเล็ก และโค้ง มน ใน 1 เซลล์ คลอโรพลาสต์มี 2 แบบแบบแรกจะ เป็นแถบ 2 แถบ เรียงกันตามยาวของ เซลล์ มีไฟรีนอยด์ เรียงบนแถบคลอ โรพลาสต์ ส่วนอีก แบบหนึ่งคลอโรพ ลาสต์จะอยู่ที่ขอบ 2 ข้างของเซลล์ มี ลักษณะการจัด กระจายนิวเคลียสมี 1 อันอยู่ตรงกลาง	<i>Netrium</i> sp.	พบมากในบ่อ หรือสระที่มี สารอินทรีย์ปนอยู่มาก เช่น พบว่ามีการเจริญ พันธุ์เป็นจำนวนมากลอย เป็นฝ้าอยู่บนผิวน้ำ

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	คุณสมบัติ ของน้ำทาง กายภาพ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อ สิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ
		- เซลล์ต่อกันเป็น สายตรงหรือซิก แซกหรือเกาะอยู่กับ พื้น เซลล์เมื่อมอง จากด้านเกอเดลเป็น รูปสี่เหลี่ยมเกือบด้าน เท่าจนถึง สี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มี ความยาวมากกว่า ความกว้างหลายเท่า เมื่อมองจากด้าน วาล์วเซลล์เป็นรูปใบ ข้าวจนถึงรูปไข่ ปลายเซลล์ทั้งสอง ด้านแคบกว่ากลาง เซลล์หรือปลายเซลล์ อาจพองออก ปลาย เซลล์ทั้งสองด้านมีรู ขนาดเล็กรูปไข่ด้าน ละ 1 รู คลอโรพลา สต์รูปไข่ขนาดเล็ก จำนวนมาก	<i>Diatoma</i> sp.	

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	คุณสมบัติของ น้ำทาง กายภาพ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อ สิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ
		- รูปร่างเซลล์ คล้ายใบไม้หรือใบ โพธิ์และแบนมาก ทางด้านท้องและ ด้านหลัง ปลาย เซลล์อาจมีหางสั้น หรือยาวขึ้นกับสปี ชีส์ มีแฟลกเจลลัม ยาว 1 เส้น เคลื่อนไหวโดยใช้ แฟลกเจลลัมและ การพลิกตัวไปมา - เซลล์เดี่ยว ๆ หรืออาจอยู่รวมกัน เป็นกลุ่มต่อกัน คล้ายรูปพัด หรือ ต่อกันเป็นสายตรง เมื่อมองจากด้าน ข้าง ฝาเป็นรูป รียาวคล้ายเข็ม ปลายทั้งสองอาจ แหลมเล็กกว่าส่วน อื่นหรือพองออก เล็กน้อย เมื่อมอง จากด้านเกอเดิล เซลล์เป็นรูป	<i>Phacus</i> sp. <i>Synedra</i> <i>acus</i>	

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	คุณสมบัติ ของน้ำทาง กายภาพ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อสิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ
		สีเหลืองที่มีด้านยาวกว่าด้านกว้างมากและมีปลายตัดตรง คลอโรพลาสต์เป็นแผ่นขนาดเล็กจำนวนมาก - รูปร่างเซลล์ทรงกลมคล้ายลูกกระป๋องมีเซลล์มีเปลือกหุ้มเปลือกหุ้มเซลล์สีดำเหลืองหรือสีน้ำตาลแดงและมักมีหนามที่เปลือก มีแฟลกเจลลัม 1 เส้นยื่นออกจากช่องเปิดของเปลือก	<i>Trachelomonas</i> sp.	

ตารางบันทึกผล

บริเวณที่ สำรวจ	คุณสมบัติ ของน้ำทาง กายภาพ	ลักษณะของ สิ่งมีชีวิตที่ พบในแหล่งน้ำ	ชื่อสิ่งมีชีวิต	ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งมีชีวิตกับแหล่งน้ำ
		สีเหลืองที่มีด้าน ยาวกว่าด้าน กว้างมากและมี ปลายตัดตรง คลอโรพลาสต์ เป็นแผ่นขนาด เล็กจำนวนมาก - รูปร่างเซลล์ ทรงกลมคล้าย ลูกกระป๋องมือ เซลล์มีเปลือกหุ้ม เปลือกหุ้มเซลล์สี ดำเหลืองหรือสี น้ำตาลแดงและ มักมีหนามที่ เปลือก มีแฟลก เจลล์ 1 เส้นยื่น ออกจากช่องเปิด ของเปลือก	<i>Trachelomonas</i> sp.	

สรุปผลที่ศึกษา

จากการสำรวจแหล่งน้ำตามจุดต่าง ๆ พบว่าลักษณะของน้ำบริเวณที่ศึกษา เช่น บริเวณสวนข้างอุ้งถาย 90 แม่น้ำเจ้าพระยาหน้าวิทยาลัยฯ คลองวัดมะขาม คลองวัดโบสถ์ เป็นต้น ลักษณะทางกายภาพของน้ำมีทั้งน้ำที่มีลักษณะใสจนสามารถมองเห็นสิ่งมีชีวิตในน้ำได้ น้ำขุ่นมีกลิ่น น้ำทิ้งที่มีกลิ่น เป็นต้น และจากการสำรวจพืชน้ำที่พบบริเวณที่ศึกษานี้มีทั้งสามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าคือพวกพืชชั้นสูงได้แก่สาหร่ายหางกระรอก จอก แหน ผักตบชวา ทัลลัสของสาหร่ายบางชนิด และที่ไม่สามารถสังเกตเห็นด้วยตาเปล่าต้องใช้กล้องจุลทรรศน์สังเกตคือพวกสาหร่ายเซลล์เดียวชนิดต่าง ๆ ในแต่ละแหล่งน้ำ เพื่อใช้ในการแยกชนิดของสาหร่ายเซลล์เดียวที่พบโดยใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้ประกอบการศึกษา

จากข้อมูลที่สำรวจแหล่งน้ำแต่ละแหล่งที่ศึกษานั้น สาหร่ายที่พบแต่ละแหล่งมีทั้งพบสาหร่ายชนิดเดียวกันและต่างชนิดกัน หรือแหล่งน้ำบางแหล่งก็พบชนิดของสาหร่ายที่ไม่ซ้ำกับแหล่งน้ำอื่นเลย ตัวอย่างเช่น บริเวณศึกษาร่องสวนข้างวิทยาลัยฯ จะพบสาหร่าย ต่อไปนี้คือ *Spirogyra* sp. *Oscillatoria* sp. *Spirulina* sp. บ่อน้ำข้างบ้านเรือน พบสาหร่าย *Spirogyra* sp. *Chlorella* sp.

Microspora sp. *Ulothrix* sp. *Volvox* sp. *Cosmarium* sp. ส่วนบริเวณ คลองวัดโบสถ์ พบสาหร่าย *Netrium* sp. *Diatoma* sp. *Phacus* sp. *Synedra acus* จะสังเกตได้ว่าแหล่งน้ำใดที่พบสาหร่ายชนิดเดียวกันนั้นคุณภาพของน้ำจะมีค่าพารามิเตอร์ใกล้เคียงกัน เช่น บริเวณศึกษาร่องสวนข้างวิทยาลัยฯ กับ บ่อน้ำข้างบ้านเรือน ชนิดสาหร่ายที่พบเหมือนกันคือ *Spirogyra* sp. พบอยู่ในตัวกลางที่มีสภาพความเป็นกรดต่าง 3.5 -7.0 ค่า DO 5.37 BOD 4.18 ซึ่งทั้ง 2 แหล่งที่ศึกษามีสภาพใกล้เคียงกัน ส่วนแหล่งน้ำที่พบสาหร่ายไม่ซ้ำกับแหล่งน้ำอื่น ๆ นั้นเพราะว่าคุณภาพของน้ำต่างกัน

คำถาม

1. จากการสังเกตด้วยตาเปล่า จงแสดงให้เห็นว่าน้ำและสิ่งมีชีวิตที่เก็บมาแต่ละชนิดมีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

แหล่งน้ำแต่ละแหล่งที่ศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำจะมีลักษณะคล้ายกันเช่น มีลักษณะใสเนื่องจากสามารถมองเห็นสิ่งมีชีวิตในน้ำได้ ไม่มีกลิ่นเหม็น บางแหล่งน้ำที่ศึกษาน้ำจะขุ่นคือไม่สามารถมองเห็นสิ่งมีชีวิตในน้ำได้

2. จงอธิบายลักษณะของพืชที่พบในแหล่งน้ำตัวอย่าง

สาหร่ายที่พบบริเวณที่ศึกษาเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่ามีลักษณะ

- เป็นเส้นสายอยู่รวมกันเหมือนเส้นผมแต่สีเขียว สัมผัสด้วยมือจะรู้สึกลื่น

- เป็นพืชชั้นสูงที่มีใบสีเขียวลำต้นยาวลักษณะคล้ายหางกระรอกเป็นพวง
- เป็นแผ่นสีเขียวเกาะตามใบไม้ที่จมน้ำ ข้างบ่อ เกาะตามไม้ในแหล่งน้ำ
- เป็นผ้าสีเขียวลอยบนผิวน้ำ
- มีใบขนาดเล็กสีเขียวมีราก ลอยบนผิวน้ำติดกันเป็นแพ
- มีใบขนาดกลางสีเขียวมีราก ลอยบนผิวน้ำ
- มีใบสีเขียวขนาดใหญ่มีรากมีดอกสีม่วงเป็นช่อ ลอยบนผิวน้ำ

3. บอกวิธีการที่ทำให้นักเรียนสามารถลงความคิดเห็นได้ว่าสิ่งมีชีวิตที่พบในแต่ละแหล่งน้ำเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดใด

1. วาดลักษณะของสาหร่ายที่พบ
2. ใช้คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

ประกอบการจำแนกชนิดของสาหร่าย

4. สิ่งมีชีวิตที่พบในแต่ละแหล่งน้ำที่ศึกษาเป็นชนิดเดียวกันทั้งหมดหรือไม่อย่างไรและเพราะสาเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

มีทั้งชนิดเดียวกันและต่างชนิดกันเพราะว่าคุณภาพของแหล่งน้ำที่ศึกษามีคุณภาพต่างกัน เช่น มีทั้งน้ำที่ใสสะอาด ชุ่น มีสารอินทรีย์มาก มีกลิ่น น้ำทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และจากบ้านเรือนเป็นต้น

แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูผู้สอน
กิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้
 ชื่อครูผู้ประเมิน.....
 ประเมินกลุ่ม.....
 วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างตามความเป็นจริง

5 หมายถึง ดีมาก

4 หมายถึง ดี

3 หมายถึง พอใช้

2 หมายถึง ต้องปรับปรุง

1 หมายถึง ไม่มีคุณภาพ

รายการประเมิน	5	4	3	2	1	ข้อเสนอแนะ
1. การสังเกต						
2. การจำแนก						
3.การจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล						
4. การลงความคิดเห็นจากข้อมูล						
5. การพยากรณ์						
6.การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป						
เกณฑ์การแปลความหมายระดับคะแนน ร้อยละ 80 ขึ้นไป ระดับ ดีมาก ร้อยละ 70 – 79 ระดับ ดี ร้อยละ 60 – 69 ระดับ พอใช้ ต่ำกว่าร้อยละ 60 ระดับ ปรับปรุง	สรุปการประเมินผลงานกลุ่ม รวมได้คะแนน..... คิดเป็นร้อยละ..... อยู่ในเกณฑ์.....					

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการ	คะแนน	ระดับ คุณภาพ
1. ทักษะการสังเกต 1. สังเกตลักษณะของแหล่งน้ำที่ศึกษาได้ 2. สังเกตลักษณะสำคัญอย่างละเอียดของแหล่งน้ำที่ศึกษาได้ 3. สังเกตลักษณะสำคัญอย่างละเอียดของแหล่งน้ำและสิ่งที่เกี่ยวข้องกับแหล่งน้ำที่ศึกษาได้ 4. สังเกตลักษณะสำคัญอย่างละเอียดของแหล่งน้ำ สิ่งที่เกี่ยวข้องกับแหล่งน้ำและความแตกต่างของแหล่งน้ำแต่ละแหล่งน้ำได้ 5. สังเกตลักษณะสำคัญอย่างละเอียดของแหล่งน้ำ สิ่งที่เกี่ยวข้องกับแหล่งน้ำความเหมือนและความแตกต่างของแหล่งน้ำของสาหร่ายแต่ละแหล่งน้ำได้อย่างละเอียด	1 2 3 4 5	ไม่มีคุณภาพ ต้องปรับปรุง พอใช้ ดี ดีมาก
2. ทักษะการจำแนก 1. ไม่สามารถอธิบายความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตที่พบได้ 2. สามารถอธิบายความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตที่พบได้เพียงบางส่วน 3. สามารถอธิบายความแตกต่างและความเหมือนของสิ่งมีชีวิตได้ 4. สามารถอธิบายความแตกต่าง ความเหมือนของสิ่งมีชีวิตได้ 5. สามารถอธิบายความแตกต่าง ความเหมือนของสิ่งมีชีวิตได้อย่างมีหลักการ	1 2 3 4 5	ไม่มีคุณภาพ ต้องปรับปรุง พอใช้ ดี ดีมาก

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการ	คะแนน	ระดับคุณภาพ
3. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล		
1. บันทึกสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำไม่ละเอียดและไม่มีข้อมูลสิ่งมีชีวิตที่พบ ไม่สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่พบกับแหล่งน้ำ	1	ไม่มีคุณภาพ
2. บันทึกสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำไม่ละเอียดและมีข้อมูลสิ่งมีชีวิตที่พบจากการสังเกตด้วยตาเปล่าได้ ไม่สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่พบกับแหล่งน้ำ	2	ต้องปรับปรุง
3. บันทึกสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำละเอียดและมีข้อมูลสิ่งมีชีวิตที่พบได้ ไม่สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่พบกับแหล่งน้ำ	3	พอใช้
4. บันทึกสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำละเอียดและมีข้อมูลสิ่งมีชีวิตที่พบ ระบุชื่อสิ่งมีชีวิตที่พบ สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่พบกับแหล่งน้ำได้	4	ดี
5. บันทึกสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำละเอียดและมีข้อมูลสิ่งมีชีวิตที่พบระบุชื่อสิ่งมีชีวิตที่พบ สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่พบกับแหล่งน้ำได้อย่างมีหลักการ	5	ดีมาก

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการ	คะแนน	ระดับคุณภาพ
4. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล 1. ไม่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีอยู่ 2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีอยู่ได้บางส่วน 3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีอยู่ได้ถูกต้อง 4. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีอยู่ได้ถูกต้องมีหลักเกณฑ์ 5. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีอยู่และเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้อย่างถูกต้องมีหลักเกณฑ์	1 2 3 4 5	ไม่มีคุณภาพ ต้องปรับปรุง พอใช้ ดี ดีมาก

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการ	คะแนน	ระดับ คุณภาพ
5. ทักษะการพยากรณ์ 1. ไม่สามารถพยากรณ์คุณภาพน้ำจากข้อมูลที่ศึกษาได้ 2. สามารถพยากรณ์คุณภาพน้ำจากข้อมูลที่ศึกษาได้ บางส่วน 3. สามารถพยากรณ์คุณภาพน้ำได้อย่างมีหลักเกณฑ์จากข้อมูลที่ศึกษา 4. สามารถพยากรณ์คุณภาพน้ำได้อย่างมีหลักเกณฑ์ ที่ได้โดย เชื่อมโยงกับข้อมูลสิ่งมีชีวิตที่พบจากการสังเกตด้วยตาเปล่าได้ 5. สามารถพยากรณ์คุณภาพน้ำได้อย่างมีหลักเกณฑ์ ที่ได้โดย เชื่อมโยงกับข้อมูลสิ่งมีชีวิตที่พบจากการสังเกตด้วยตาเปล่าได้ ถูกต้อง	1 2 3 4 5	ไม่มีคุณภาพ ต้องปรับปรุง พอใช้ ดี ดีมาก

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการ	คะแนน	ระดับ คุณภาพ
6. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 1. ตีความหมายของข้อมูลระหว่างคุณภาพน้ำกับสิ่งมีชีวิตที่พบได้ไม่ละเอียด และไม่สรุปผลข้อมูล 2. ตีความหมายของข้อมูลระหว่างคุณภาพน้ำกับสิ่งมีชีวิตที่พบได้ และสรุปผลไม่สอดคล้องกับข้อมูล 3. ตีความหมายของข้อมูลระหว่างคุณภาพน้ำกับสิ่งมีชีวิตที่พบถูกต้องสรุปผลไม่สอดคล้องกับข้อมูลบางส่วน 4. ตีความหมายของข้อมูลระหว่างคุณภาพน้ำกับสิ่งมีชีวิตที่พบถูกต้องและสรุปผลสอดคล้องกับข้อมูลบางส่วน 5. ตีความหมายของข้อมูลระหว่างคุณภาพน้ำกับสิ่งมีชีวิตที่พบถูกต้อง และสรุปผลสอดคล้องกับข้อมูล	1 2 3 4 5	ไม่มีคุณภาพ ต้องปรับปรุง พอใช้ ดี ดีมาก

ภาคผนวก ง

ตาราง สรุปคะแนนความสอดคล้องของคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดย
ใช้สหายายเป็นตัวบ่งชี้

รายการประเมิน	ความสอดคล้อง					คะแนน	IC
	ผู้เชี่ยวชาญ						
	1	2	3	4	5	รวม	
1. ให้นักเรียนได้ศึกษาถึงความสำคัญ ของคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้น ด้วยตนเอง	1	1	1	1	1	5	1
2. ให้นักเรียนเข้าใจถึงความสัมพันธ์ ระหว่างสาหร่ายกับคุณภาพน้ำ	1	0	1	1	1	4	0.8
3. ให้นักเรียนตรวจสอบคุณภาพน้ำ ทางชีวภาพเบื้องต้นจากคู่มือด้วย ตนเอง	1	1	1	1	1	5	1
4. ให้นักเรียนวิเคราะห์และสรุป คุณภาพน้ำเบื้องต้นด้วยตนเอง	1	1	1	1	1	5	1
5. ให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ขั้น	1	0	1	1	1	4	0.8
6. ให้นักเรียนเกิดความรู้สึกรักและมี ส่วนร่วมในการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ ในท้องถิ่นของตนเอง	1	0	1	1	1	4	0.8
รวม	6	3	6	6	6	27	0.9

ตารางสรุปผลการประเมินความสอดคล้องของสมุดทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ความสอดคล้อง					คะแนน	IC
	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	
	1	2	3	4	5		
1. การสังเกต	1	1	1	1	1	5	1
2. การจำแนก	1	1	1	1	1	5	1
3. การจัดกระทำและสื่อ							
ความหมายข้อมูล	1	1	1	0	1	4	0.8
4. การลงความคิดเห็นข้อมูล	1	1	1	1	1	5	1
5. การพยากรณ์	1	1	1	1	1	5	1
6. การตีความหมายข้อมูลและลง							
ข้อสรุป	1	1	1	1	1	5	1
รวม	6	6	6	5	6	29	0.97

ตารางสรุปผลการประเมินคุณภาพคู่มือฯโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					คะแนน รวม	คะแนน เฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
1. เนื้อหามีความถูกต้องตามหลัก วิชาการ	4	5	4	3	4	20	4
2. มีการกำหนดหัวข้อเรื่องสอดคล้อง กับเนื้อหาของเรื่องนั้น ๆ	5	4	4	5	5	23	4.6
3. เนื้อหาทำให้ผู้อ่านเกิดทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่องการ ตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นทาง ชีวภาพ	5	5	5	5	5	25	5
4. เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	4	5	4	5	23	4.6
5. เนื้อหาทำให้ผู้อ่านเกิดความรู้เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพ เบื้องต้น	4	5	5	4	4	22	4.4
6. เนื้อหา มีลำดับขั้นตอนต่อเนื่อง	5	5	4	4	5	23	4.6
7. เนื้อหา มีประโยชน์ สามารถนำ ความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในชีวิต ประจำวันได้	5	5	5	5	5	25	5
8. เนื้อหา มีส่วนช่วยส่งเสริมการ ป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม	4	5	5	4	5	23	4.6
9. การใช้ภาษาเหมาะสมกับระดับ ความรู้ของผู้อ่าน	5	5	5	5	5	25	5
10. การใช้ภาษา มีความถูกต้อง ชัดเจน	5	5	5	5	5	25	5

(ต่อ)ตารางสรุปผลการประเมินคุณภาพคู่มือฯโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					คะแนน	คะแนนเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	รวม	
11. การลำดับขั้นตอนมีความต่อเนื่อง เข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	25	5
12. ภาพประกอบตรงกับเนื้อหา	5	5	5	5	5	25	5
13. ภาพประกอบชัดเจนสีสันสวยงาม	5	5	5	5	5	25	5
14. ภาพประกอบสามารถสื่อ ความหมายให้เข้าใจได้ง่าย	5	5	5	5	5	25	5
15. รูปเล่มคู่มือฯ เหมาะสมและ น่าสนใจ	5	5	5	5	5	25	5
16. ปกคู่มือฯ น่าสนใจ และสื่อความ หมายถึงเนื้อหาในคู่มือฯ	4	5	5	4	5	23	4.6
17. วิธีการเรียบเรียงเนื้อหา	5	4	4	5	5	23	4.6
รวม						405	4.76

ภาคผนวก จ

ตารางสรุปคะแนนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนการใช้คู่มือการตรวจสอบ
คุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สัหร่ายเป็นตัวบ่งชี้

เลขที่	การลง								
	การจัด			ความ		การ			
	กระทำและ			คิดเห็น		ตีความหมาย			
	การ	การ	ความหมาย	คิดเห็น	การ	และสรุป	คะแนน	ร้อยละ	
สังเกต	จำแนก	ข้อมูล	ข้อมูล	พยากรณ์	ข้อมูล	รวม	เฉลี่ย	ละ	
1	2	1	1	1	1	1	7	1.17	23.33
2	1	1	1	1	1	1	6	1.00	20
3	1	1	1	1	1	1	6	1.00	20
4	2	1	1	1	1	1	7	1.17	23.33
5	2	1	1	1	1	1	7	1.17	23.33
6	2	1	1	1	1	1	7	1.17	23.33
7	2	1	1	1	1	1	7	1.17	23.33
8	1	1	1	1	1	1	6	1.00	20
9	1	1	1	1	1	1	6	1.00	20
10	1	1	1	1	1	1	6	1.00	20
11	2	2	1	1	1	1	8	1.33	26.67
12	2	2	1	1	1	1	8	1.33	26.67
13	2	1	1	1	1	1	7	1.17	23.33
14	2	1	1	1	1	1	7	1.17	23.33
15	2	1	1	1	1	1	7	1.13	23.33
16	2	1	1	1	1	1	7	1.17	23.33
17	2	1	1	1	1	1	7	1.17	23.33
18	1	1	1	1	1	1	6	1.00	20.00
19	2	2	1	1	1	1	8	1.33	26.67
20	2	2	1	1	1	1	8	1.33	26.67

เลขที่	การสังเกต	การจำแนก	การจัดกระทำและสื่อ		การลงความ ความคิดเห็น	การพยากรณ์	การตีความ หมายและสรุปข้อมูล		คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
			ความหมายข้อมูล	สื่อ			สรุปข้อมูล	รวม		
21	2	2	1		1	1	1	8	1.33	26.67
22	1	1	1		1	1	1	6	1.00	20.00
23	2	2	1		1	1	1	8	1.33	26.67
24	2	2	1		1	1	1	8	1.33	26.67
25	2	2	1		1	1	1	8	1.33	26.67
26	2	2	1		1	1	1	8	1.33	26.67
27	2	2	1		1	1	1	8	1.33	26.67
28	1	1	1		1	1	1	6	1.00	20.00
29	1	1	1		1	1	1	6	1.00	20.00
30	1	1	1		1	1	1	6	1.00	20.00
31	1	1	1		1	1	1	6	1.00	20.00
32	1	1	1		1	1	1	6	1.00	20.00
33	1	1	1		1	1	1	6	1.00	20.00
34	1	1	1		1	1	1	6	1.00	20.00
35	1	1	1		1	1	1	6	1.00	20.00
36	2	1	1		1	1	1	7	1.17	23.33
37	2	1	1		1	1	1	7	1.17	23.33
38	2	1	1		1	1	1	7	1.17	23.33
39	2	1	1		1	1	1	7	1.17	23.33
40	2	1	1		1	1	1	7	1.17	23.33
รวม	65	50	40		40	40	40	275	45.8	22.92
SD	0.4903	0.4385	0		0	0	0	0.79	0.13	2.64
ค่าเฉลี่ย	1.625	1.25	1		1	1	1	1.15	1.14	3.83
ร้อยละ	32.5%	25.0%	20.0%		20.0%	20.0%	20.0%	22.92%	22.90%	

ตารางสรุปผลการทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยสมุดทดสอบหลังการใช้คู่มือฯ

การ เลขที่	การ สังเกต	การ จำแนก	การจัด กระทำ และสื่อ ความ หมาย ข้อมูล	การลง ความ คิดเห็น ข้อมูล	การ พยากรณ์	การ ตีความ หมาย และ สรุป ข้อมูล	คะแนน รวม	คะแนน เฉลี่ย	ร้อยละ
	5	5	5	5	5	5	30	5	
1	4	4	4	3	4	4	23	3.83	76.67
2	4	3	3	4	4	3	21	3.50	70.00
3	4	3	3	4	4	3	21	4	70.00
4	4	4	4	3	4	4	23	3.83	76.67
5	4	4	4	3	4	4	23	3.83	76.67
6	4	4	4	3	4	4	23	3.83	76.67
7	4	4	4	3	4	4	23	3.83	76.67
8	4	3	3	4	4	3	21	3.50	70.00
9	4	3	3	4	4	3	21	3.50	70.00
10	4	3	3	4	4	3	21	3.50	70.00
11	5	5	4	3	4	4	25	4.17	83.33
12	5	5	4	3	4	4	25	4.17	83.33
13	5	5	4	4	3	4	25	4.17	83.33
14	5	5	4	4	3	4	25	4.17	83.33
15	5	5	4	4	3	4	25	4.17	83.33
16	5	5	4	4	3	4	25	4.17	83.33
17	5	5	4	4	3	4	25	4.17	83.33
18	4	4	3	4	3	3	21	3.50	70.00
19	5	5	4	3	4	4	25	4.17	83.33
20	5	5	4	3	4	4	25	4.17	83.33
21	5	5	4	3	4	4	25	4.17	83.33
22	4	4	4	3	4	3	22	3.67	73.33

ตารางสรุปผลการทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยสมุดทดสอบหลังการใช้คู่มือฯ

การ เลขที่	การ สังเกต	การ จำแนก	การจัด กระทำ และสื่อ ความ หมาย ข้อมูล	การลง ความ คิดเห็น ข้อมูล	การ พยากรณ์	การ ตีความ หมาย และ สรุป ข้อมูล	คะแนน รวม	คะแนน เฉลี่ย	ร้อยละ
	5	5	5	5	5	5	30	5	
23	5	4	3	4	4	4	24	4.00	80.00
24	5	4	3	4	4	4	24	4.00	80.00
25	5	4	3	4	4	4	24	4.00	80.00
26	5	4	3	4	4	4	24	4.00	80.00
27	5	4	3	4	4	4	24	4.00	80.00
28	4	4	3	4	3	3	21	3.50	70.00
29	4	4	3	4	3	3	21	3.50	70.00
30	4	4	3	4	3	3	21	3.50	70.00
31	4	4	3	4	3	3	21	3.50	70.00
32	4	4	4	3	4	3	22	3.67	73.33
33	4	4	4	3	4	3	22	3.67	73.33
34	4	4	4	3	4	3	22	3.67	73.33
35	4	4	4	3	4	3	22	3.67	73.33
36	5	5	4	4	3	4	25	4.17	83.33
37	5	5	4	4	3	4	25	4.17	83.33
38	5	5	4	4	3	4	25	4.17	83.33
39	5	5	4	4	3	4	25	4.17	83.33
40	5	5	4	4	3	4	25	4.17	83.33
รวม	180	170	145	145	145	145	930	155.00	3100.00
เฉลี่ย	4.50	4.25	3.625	3.625	3.625	3.625	23.25	3.88	77.50
ร้อยละ	90	85	72.5	72.5	72.5	72.5	77.50	77.50	77.50

ตารางเปรียบเทียบคะแนนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการใช้คู่มือฯ

เลขที่	Pre - test	x_1^2	Pro-test	x_2^2	d	d^2
	x_1		x_2		Pro-test-Pre-test	
1	7	49	23	529	16	256
2	6	36	21	441	15	225
3	6	36	21	441	15	225
4	7	49	23	529	16	256
5	7	49	23	529	16	256
6	7	49	23	529	16	256
7	7	49	23	529	16	256
8	6	36	21	441	15	225
9	6	36	21	441	15	225
10	6	36	21	441	15	225
11	8	64	25	625	17	289
12	8	64	25	625	17	289
13	7	49	25	625	18	324
14	7	49	25	625	18	324
15	7	49	25	625	18	324
16	7	49	25	625	18	324
17	7	49	25	625	18	324
18	6	36	21	441	15	225
19	8	64	25	625	17	289
20	8	64	25	625	17	289
21	8	64	25	625	17	289
22	6	36	22	484	16	256
23	8	64	24	576	16	256
24	8	64	24	576	16	256
25	8	64	24	576	16	256
26	8	64	24	576	16	256
27	8	64	24	576	16	256

ตารางเปรียบเทียบคะแนนการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการใช้คู่มือฯ

เลขที่	Pre - test	x_1^2	Pro-test	x_2^2	d	d^2
	x_1		x_2		Pro-test-Pre-test	
28	6	36	21	441	15	225
29	6	36	21	441	15	225
30	6	36	21	441	15	225
31	6	36	21	441	15	225
32	6	36	22	484	16	256
33	6	36	22	484	16	256
34	6	36	22	484	16	256
35	6	36	22	484	16	256
36	7	49	25	625	18	324
37	7	49	25	625	18	324
38	7	49	25	625	18	324
39	7	49	25	625	18	324
40	7	49	25	625	18	324
รวม	275	75625	930	864900	655	429025
เฉลี่ย	6.88	47.26563	23.25	540.5625	16.38	268.1406
ร้อยละ						
ละ	22.92	525.1736	77.50	6006.25	54.58	2979.34

ประมวลภาพประกอบการวิจัย

บริเวณแหล่งน้ำที่ศึกษา ต.บ้านกลาง อ.เมือง จ.ปทุมธานี



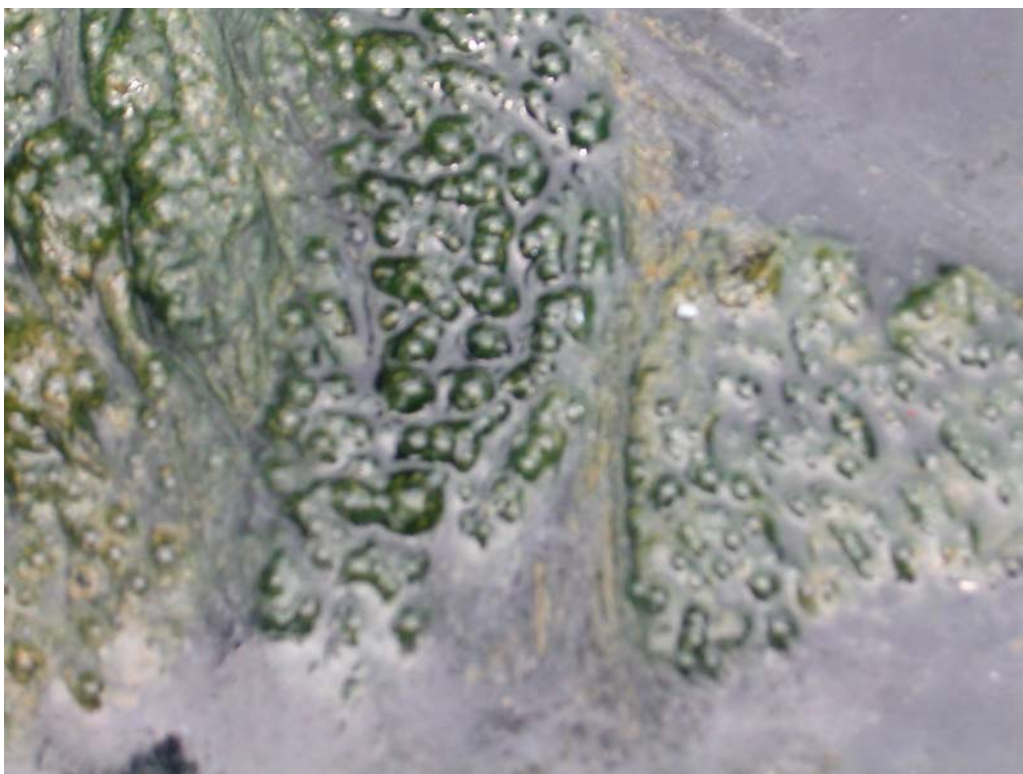
จุดที่ 1 บ่อน้ำทิ้งนิคมอุตสาหกรรมบางกระดี



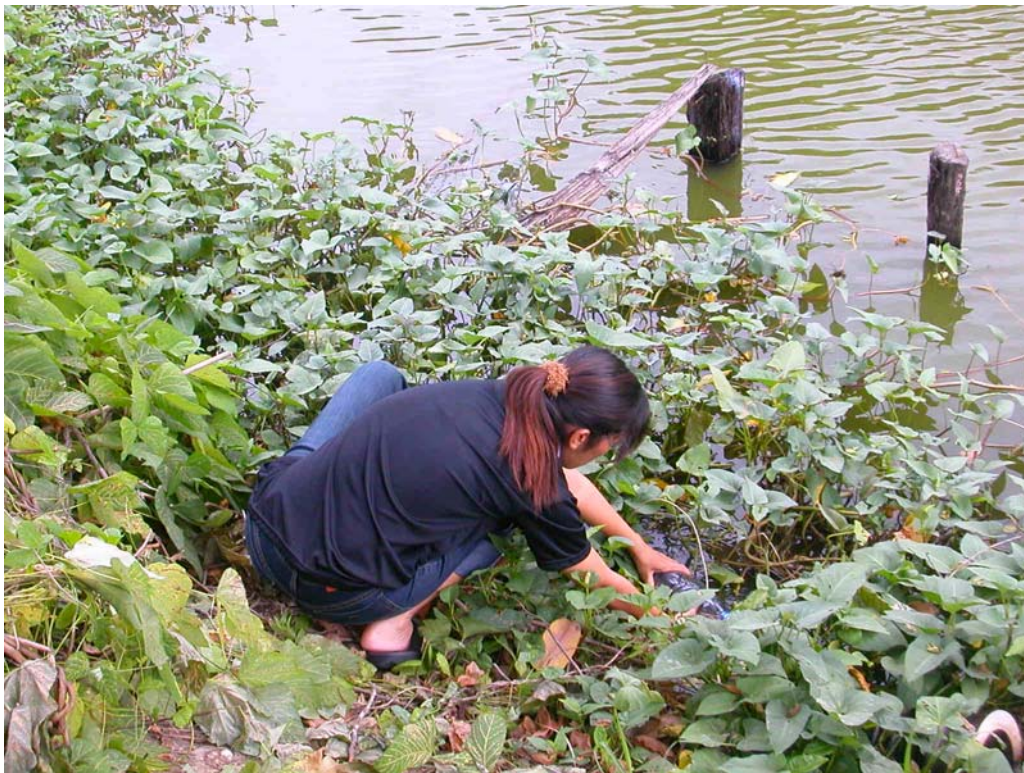
จุดที่ 2 คลองวัดมะขาม



จุดที่ 3 ชุมชนวัดโบสถ์



จุดที่ 4 บ่อน้ำทิ้งวัดโสธร



จุดที่ 5 คลองน้ำอ้อม ใกล้บ้านประชาชน



จุดที่ 6 คลองน้ำอ้อม



จุดที่ 7 สวนข้างวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี



จุดที่ 8 บ่อน้ำข้างบ้านเรือนประชาชน



จุดที่ 9 ป่อน้ำบริเวณท่ารถ 90



จุดที่ 10 แม่น้ำเจ้าพระยาหน้าวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี

ภาพการทดลอง

ภาพกิจกรรมก่อนการทดลอง





ครูอธิบายการใช้คู่มือและสมุดทดสอบ



ครูอธิบายอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทำกิจกรรม



อุปกรณ์การทำกิจกรรม



สถานที่ที่ใช้ศึกษาตามกิจกรรม



นักเรียนเริ่มลงมือทำกิจกรรมในสมุดทดสอบก่อนการใช้คู่มือฯ



นักเรียนกำลังสังเกตลักษณะทางกายภาพของน้ำและสิ่งมีชีวิตที่พบ



บันทึกผลลงในสมุดทดสอบ



นักเรียนร่วมกันบันทึกผล



คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้
กับสมุดทดสอบหลังการใช้คู่มือ



ครูแจกคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้



เริ่มทำการทดลองหลังการใช้คู่มือฯ



บันทึกผล



นักเรียนแต่ละกลุ่มนำน้ำที่เก็บแต่ละจุดมาสังเกตสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่พบในแหล่งโดยใช้กล้องจุลทรรศน์



นักเรียนกำลังสังเกตสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำด้วยกล้องจุลทรรศน์



นักเรียนกำลังสังเกตสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำด้วยกล้องจุลทรรศน์



นักเรียนแต่ละกลุ่ม สรุปลผลการทำกิจกรรม

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	น.ส.ณัฐวรรณ	เอี่ยมจำ
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 9 พ.ย. 2515	
สถานที่เกิด	จังหวัดนนทบุรี	
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	60/20 ม.4 ซ.ปากเกร็ดแจ้งวัฒนะ 25 ต.คลองเกลือ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี	
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ครูพิเศษสอน	
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี	
ประวัติการศึกษา		
พ.ศ. 2524	ประถมศึกษาตอนต้น	
	จาก โรงเรียนมานะศึกษา	
พ.ศ. 2526	ประถมศึกษาตอนปลาย	
	จาก โรงเรียนชลประทานวิทยา	
พ.ศ. 2529	มัธยมศึกษาตอนต้น	
	จาก โรงเรียนชลประทานวิทยา	
พ.ศ. 2532	มัธยมศึกษาตอนปลาย	
	จาก โรงเรียนศิลาจารพิพัฒน์	
พ.ศ. 2537	กศ.บ. (วิทยาศาสตร์ - เคมี)	
	จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน	
พ.ศ. 2549	กศ.ม. การมัธยมศึกษา (การสอนสิ่งแวดล้อม)	