

รายงานการวิจัย

เรื่อง

ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ
ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้พืชท้องถิ่น

(กรณีศึกษา: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม)

The Efficiency of Local Plant for Treatment of Waste Water
from Laboratory of Science Center.

(case study : faculty of science and technology rajabhat pibulsongkram)

ผู้ทำการวิจัย

ประกรณ์ เลิศสุวรรณไพศาล

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม

2545

งานวิจัยนี้ได้รับทุน สนับสนุนจากสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม

(1)

คำนำ

การนำเอาเทคโนโลยีทางใช้เป็นการพัฒนาการที่มีคุณค่า แต่การใช้อย่างขาดความรู้และความเข้าใจและงบประมาณในการจัดการและการวางแผนที่ดี อาจส่งผลกระทบต่อผู้ใช้เอง งานวิจัยฉบับนี้เป็นข้อมูลเผื่อระวัง ปัญหาทางด้านมลพิษ สำหรับเมืองที่มีการเจริญเติบโต ที่ต้องได้รับการวางแผนทุก ๆ ด้าน เพื่อลดปัญหาที่จะตามมา

ผู้วิจัยหวังว่าข้อมูลดังกล่าว คงเป็นประโยชน์กับผู้เกี่ยวข้อง และผู้มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและรักษาค้นเอง

—
ประกรณ์ เลิศสุวรรณไพศาล

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
Pibulsongkram Rajabhat University

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้โดยได้รับความกรุณาจากสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม และ
โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม และสำนักกิจการ
นักศึกษา ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือต่าง และขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยว
ข้องและให้การสนับสนุนมาโดยตลอด

ผู้วิจัยหวังว่าข้อมูลที่ได้คงเป็นประโยชน์กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้มีจิตสำนึกกับการ
รักษาสืบแวดล้อมให้ยั่งยืนต่อไป

ประกรณ์ เลิศสุวรรณไพศาล

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

รายงานการวิจัยเรื่อง	ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้พืชท้องถิ่น (กรณีศึกษา : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม)
ผู้วิจัย	นายประกรณ์ เลิศสุวรรณไพศาล
โปรแกรมวิชา	เคมี
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สถาบัน	ราชภัฏพิบูลสงคราม
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ได้ทำการวิเคราะห์และศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ พืชท้องถิ่น (กรณีศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม) โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้.1.เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการอาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ 2.เพื่อศึกษาความสามารถของพืชท้องถิ่นในการดูดซับ โลหะหนักและค่าพารามิเตอร์ของน้ำ3.เพื่อเป็นการประยุกต์ใช้พืชท้องถิ่นเพื่อการจัดการน้ำทิ้งอย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำทิ้งอาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ มาใส่ในวงบ่อที่ใช้ศึกษา ตลอด 4 เดือนเริ่มในเดือน สิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน 2544 และใช้พืช 3 ชนิด ตบชวา จอก ผักบุ้ง เต็มผิวหน้าของวงบ่อเพื่อใช้เป็นตัวดูดซับ แล้ววิเคราะห์หาพารามิเตอร์ต่าง ๆ และปริมาณโลหะหนักต่าง ๆ จากน้ำเสียเช่น ความเป็นกรด - เบส ค่าอุณหภูมิ ค่า ดีโอ ค่าบีโอดี ทองแดง เหล็ก ตะกั่ว สังกะสีโดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทร โฟโตเมตริแล้วทำการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย จากการศึกษาวิเคราะห์พบว่าน้ำเสียจากวงบ่อ ตบชวา จอก และผักบุ้ง มีค่าความเป็นกรด - เบส เฉลี่ย 7.55,7.64 และ7.66 มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย27.42, 27.51 . 27.44 องศาเซลเซียส ค่าสัมประสิทธิ์ในการเพิ่มค่า DO 1.74 ,1.64 ,1.51 เปอร์เซนต์ ค่า BOD ลดลงจากเดิม1.50,1.28,1.30 เปอร์เซนต์ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์ในการลดปริมาณทองแดงในน้ำลดลง 97.7 , 89.02 ,85.36 เปอร์เซนต์ ค่าสัมประสิทธิ์ในการลดปริมาณเหล็กในน้ำลดลง 96.51 , 95.72

,79.51 เปอร์เซ็นต์ ค่าสัมประสิทธิ์ในการลดปริมาณตะกั่วในน้ำลดลง 61.70,55.39,55.51 เปอร์เซ็นต์
ค่าสัมประสิทธิ์ในการลดปริมาณสังกะสีในน้ำลดลง 24.91,22.83,22.08 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

จากการศึกษาวิเคราะห์พบว่าผักตบชวาเป็นพืชที่ควบคุมค่าความเป็นกรดค่าอุณหภูมิ
ทองแดง เหล็ก ตะกั่ว สังกะสี ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ จอกและผักบุ้งตามลำดับและพบว่าค่าพารามิเตอร์ต่างและปริมาณของโลหะหนักต่าง ๆ อยู่ในระดับที่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงาน
อุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

7

Research Title **The Efficiency of Local Plant for Treatment of Waste Water
from Laboratory of Science Center.**

Name **Mr PRAGORN LERTSUWANPISAL**

Department **Chemistry**

Faculty **Science and Technology**

Institute **Rajabhat institute Pibulsongkram**

Year **2002**

ABSTRACT

The objective of this research was to study the efficiency of the local plant (water hyacinth ,water lectuce,water spinach) for treating of waste water from laboratory.1.To study and quantitative heavy metal in waste water form from laboratory 2.To study ability of local plant for absorbtion heavy metal andsome parameters.3.For use applies local plant to treat waste water for environment sustainable. the local plants were cultured in raw waste water with density of full-coverange of the pond 's surface and hydraulic 4 month (August september October and November 2002) to study and quantitative heavy metal the result showed that the averrange pH 7.55 - 7.66, temprerature 27.42 - 27.51°C the efficiency of DO increase1.15 -.174 %,BOD decrease1.28 -1.50 %,Cu decrease 8 -20 % ,Fe decrease20.97 - 26.32 %,Pb decrease 19.17 - 28.6,Zn decrease15.88 - 33.00 respectively.

The quantitative of all heavy metals are under the limit of standard for waste water from factory an industrial estate.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
รายการอักษรย่อ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.5 สถานที่ทำการวิจัย	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 ความหมายของน้ำ	6
2.3 ความหมายของน้ำเสีย	9
2.4 สาเหตุของการเน่าเสียของแหล่งน้ำ	9
2.5 คุณภาพน้ำ	10
2.6 คุณภาพน้ำทางกายภาพ	10
2.7 การบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชน้ำ	11
2.8 พรรณไม้	11
2.9 การเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำ	14
2.10 สรุปข้อควรปฏิบัติทั่วไปในการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ	17
2.11 เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ	18
2.12 ข้อควรพิจารณาในการเลือกภาชนะบรรจุ	19
2.13 การถนอมคุณภาพตัวอย่างน้ำ	23
2.14 สมบัติน้ำทางเคมี	27
2.15 โลหะหนัก	36

สารบัญต่อ

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	44
3.1 รูปแบบการวิจัย	44
3.2 อุปกรณ์เครื่องมือการวิจัย	44
3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	45
3.4 การหาค่าความเป็นกรด - เบส	45
3.5 การหาค่าอุณหภูมิ	46
3.6 การหาค่า DO	46
3.7 การหาค่า BOD	47
3.8.การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก	60
3.8.1 การวิเคราะห์หาปริมาณทองแดง	60
3.8.2 การวิเคราะห์ปริมาณสังกะสี	61
3.8.3 การวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก	61
3.8.4 การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว	61
3.9 การวิเคราะห์ทางสถิติ	61
บทที่ 4 ผลการวิจัย	62
4.1 ค่าความเป็นกรด-เบส	62
4.2 ผลการศึกษาค่าอุณหภูมิ	62
4.3 ผลการศึกษาค่าปริมาณ DO	63
4.4 ผลการศึกษาค่าปริมาณ BOD	63
4.5 ผลการตรวจวิเคราะห์การหาปริมาณทองแดง	64
4.6 ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณเหล็ก	64
4.7 ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว	65
4.8 ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสี	65
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย	66
5.1 สรุปผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย	66
5.2 ข้อเสนอแนะ	70

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 Summary of special Sampling or Handle Requirements	25
ตารางที่ 2.2 การละลายของออกซิเจนในน้ำภายใต้สภาวะต่าง ๆ	32
ตารางที่ 2.3 ปริมาณโลหะหนักที่ร่างกายทนได้ โดยไม่เกิดอันตรายและปริมาณที่ร่างกายรับได้ต่อวันและปริมาณที่มีบนผิวโลก	37
ตารางที่ 3.1 Dilution and Type of Sample.	51
ตารางที่ 3.2 BOD Measurable with Various Dilution of sample	52
ตารางที่ 3.3 แสดงความยาวคลื่นและชนิดขีของสารวิเคราะห์หาโลหะต่าง ๆ	58
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความเป็นกรดเบสของน้ำเสียก่อนและหลังทำการทดลอง	62
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำเสียก่อนและหลังทำการทดลอง	62
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าปริมาณออกซิเจนของน้ำเสียก่อนและหลังทำการทดลอง	63
ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณ บีโอดีของน้ำเสียก่อนและหลังทำการทดลอง	63
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าปริมาทองแดงของน้ำเสียก่อนและหลังทำการทดลอง	64
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าปริมาณเหล็กของน้ำเสียก่อนและหลังทำการทดลอง	64
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าปริมาณตะกั่วของน้ำเสียก่อนและหลังทำการทดลอง	65
ตารางที่ 7.8แสดงค่าปริมาณสังกะสีของน้ำเสียก่อนและหลังทำการทดลอง	65

ณ
รายการอักษรย่อ

ml	=	Mililite
ppm	=	Part per milion
Abs	=	Absorbance
G	=	Gram
ND	=	Non detectable
mg/l	=	Miligram per lite
AAS	=	Atomic Absorbtion Spectrophotometry

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีพของมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ และเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจพื้นฐานเช่นการประมง การเกษตร การคมนาคม การอุตสาหกรรม และพลังงาน ตลอดจนเป็นแหล่งรองรับของเสียต่าง ๆ จากกิจกรรมของมนุษย์ ในปัจจุบันประชากรได้มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมีการนำเอาทรัพยากรต่าง ๆ มาใช้อย่างมาก ในการเพิ่มผลผลิตและการจัดการสาธารณูปโภคต่าง ๆ ตลอดถึงพลังงาน ทำให้ระบบนิเวศของน้ำเสียสมดุลธรรมชาติมากขึ้น ถ้าหากมีการใช้น้ำอย่างไม่มีการวางแผนที่ถูกต้องในอนาคตคุณภาพของน้ำจะเสื่อมลงและเกิดปัญหามลพิษน้ำ (Water Pollution) ทำให้คุณสมบัติของน้ำทางเคมีและทางชีวภาพมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่อยู่ในน้ำและปัญหาการแก้ไข ต้องใช้งบประมาณสูงมาก หรืออาจไม่สามารถแก้ไขได้เลย

น้ำทิ้งจากอาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ จัดเป็นน้ำทิ้งที่เจือปนสารเคมี หรือทางจุลินทรีย์ ซึ่งสารเคมีและเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้จะเป็นแหล่งก่อเกิดปัญหามลพิษในอนาคตได้ทางผู้วิจัยได้ใช้แนวคิดในการลดสารมลพิษดังกล่าวโดยใช้วิธีทางชีวเคมี หรือทำให้สารเคมีบางชนิดเปลี่ยนรูปไม่อยู่ในรูปสารประกอบชนิดอื่นที่ไม่เป็นพิษ โดยใช้พืชน้ำในท้องถิ่นเพื่อการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งดังกล่าวเพื่อเป็นการลดต้นทุนหรือศึกษาแนวทางในการคัดเลือกพืชท้องถิ่นเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสีย เพื่อเป็นการประยุกต์เอาวิธีทางชีวภาพ เคมี ฟิสิกส์ โดยถือเอาระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้พืชน้ำเพื่อแยกเอามลสารออกจากน้ำ ซึ่งเป็นวิธีการที่ประหยัดตามเศรษฐกิจเพราะค่าใช้จ่ายต่ำ และเป็นระบบที่ช่วยเสริมประสิทธิภาพของระบบน้ำเสียที่ใช้ในปัจจุบันเพราะพืชน้ำเช่นผักตบชวา (Water hyacinth) เป็นพืชที่ขยายพันธุ์และเจริญเติบโตได้รวดเร็วและมีอัตราการดูดซับ (uptake) ได้ค่อนข้างสูง ส่วนพืชน้ำในประเทศไทยยังมีการศึกษาอยู่น้อย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาจากการนำพืชน้ำหลายชนิดในท้องถิ่นมาศึกษาเพื่อหาข้อมูลและเป็นแนวทางในการบำบัดน้ำเสียและน้ำทิ้งและการพัฒนาและการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของพืชท้องถิ่น (ตบชวา จอก ผักบุง) มาบำบัดสารเคมีที่ปนเปื้อนออกจากน้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
2. เพื่อศึกษาว่าพืชน้ำใดมีความสามารถในการลดการปนเปื้อนสารเคมีได้ดีที่สุด

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ระบบต้นแบบการบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
2. เพื่อทราบความสามารถในการดูดซับสารมลพิษจากน้ำของพืชน้ำแต่ละชนิด
3. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานและความรู้กับชุมชนวิชาการต่อไป

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1. ศึกษาเฉพาะกรณีน้ำในห้องปฏิบัติการในห้องวิทยาศาสตร์ ตึกวิทยาศาสตร์สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม
 2. พืชตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา จอก ผักนึ่ง ตบชวา
 3. ในการวิเคราะห์หาโลหะหนักเช่น ทองแดง เหล็ก ตะกั่ว สังกะสี โดยใช้วิธี AAS
- ศึกษาพารามิเตอร์ น้ำดังนี้ อุณหภูมิ pH , DO BOD

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อาภรณ์ อึ้งยง ; 2539 การบำบัด BOD และ COD ในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีโดยใช้ดินในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตรสิ่งแวดล้อม) สาขา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสหวิทยาการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ปรธานกรรมการที่ปรึกษา : อาจารย์ไมตรี ดวงสวัสดิ์, Ph.D.

การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัด BOD และ COD ในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีโดยใช้ดินในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชที่ระยะเวลาบำบัดน้ำท่วมขัง 3, 5 และ 7 วัน สลับแห้ง 3 วัน ใช้พืช 2 ชนิด คือ กกกลม และรูปฤาษี วางแผนการทดลองแบบ Split Plot Design จำนวน 3 ซ้ำ ทำการวิจัยตั้งแต่เดือนธันวาคม 2538 ถึงกุมภาพันธ์ 2539

ผลการศึกษาพบว่าระยะเวลาขังน้ำมีผลต่อการบำบัด BOD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยระยะเวลาขังน้ำ 5 และ 7 วัน สลับแห้ง 3 วัน สามารถบำบัด BOD ได้ดีกว่าระยะเวลาขังน้ำ 3 วัน สลับแห้ง 3 วัน แต่ไม่มีผลต่อการบำบัด COD นอกจากนี้พบว่า การบำบัด BOD โดยใช้ดินในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช และดินเพียงอย่างเดียวในสภาพน้ำขังสลับแห้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระบบที่มีการใช้ดินร่วมกับพืช สามารถบำบัด BOD ได้ดีกว่าระบบที่ใช้ดินเพียงอย่างเดียว แต่ไม่มีผลต่อการบำบัด COD ส่วนชนิดพืชที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการบำบัด BOD และ COD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ไม่พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาขังน้ำและชนิดพืชที่มีผลต่อการบำบัด BOD และ COD

ผลการทดลองสรุปได้ว่า ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการบำบัด BOD และ COD คือ ระยะเวลาขังน้ำ 5 วัน สลับแห้ง 3 วัน และ กกกลมเป็นพืชที่เหมาะสมที่สุด

วนิดา ธนประโชชน์ศักดิ์ ; 2530 ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของพืชน้ำกับสารอาหารในบึงผักกาดสัน วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรสิ่งแวดล้อม) บัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตของพืชน้ำกับสารอาหารในบึงผักกาดสัน ได้ทำการปลูกผักบุ้ง ผักคะเจด ผักคบบชวา ใน 3 แนว ผลการศึกษาพบว่า อัตราการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 3 ชนิดนั้นใกล้เคียงกันในสัปดาห์ที่ 8 ผักบุ้งและผักคะเจดมีน้ำหนักดอกสูงสุด ส่วนผักคบบชวาน้ำหนักดอกสูงสุดในสัปดาห์ที่ 17 ความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ในน้ำหนักแห้ง พบว่ามีโพแทสเซียม ไนโตรเจน แคลเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม ในผักบุ้งเฉลี่ยเท่ากับ 4.403, 3.589, 0.865, 0.544 และ 0.201 ในผักคะเจดเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 2.002, 3.585, 1.054, 0.442 และ 0.176 และในผักคบบชวาเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ

4.750, 2.280, 1.133, 0.633 และ 0.246 ตามลำดับ ความสามารถในการดูดซับโลหะหนักคิดเป็น ไมโครกรัม/กรัม ในน้ำหนักแห้ง พบว่ามีเมงกานีส สังกะสี ตะกั่ว ทองแดง และแคดเมียมใน ผักนึ่ง เฉลี่ยทั้งหมด 908.34, 202.36, 86.38, 21.48, 11.39 และ 0.74 ในผักกะเจดเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 1160.27, 288.51, 111.70, 32.40, 16.15 และ 0.64 และในผักคอบขวาเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 1212.10, 415.68, 148.58, 30.63, 16.12 และ 0.69 ตามลำดับ ปริมาณธาตุอาหารคิดเป็นมิลลิกรัม/ ลิตร โดยส่วนธาตุอาหารพบว่ามีโพแทสเซียม ไนโตรเจน แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเมงกานีส เฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 4.403, 3.589, 0.865, 0.544 และ 0.201 ตามลำดับ ส่วนโลหะหนักพบว่า เมงกานีส แคดเมียม เหล็ก สังกะสี ทองแดง และตะกั่ว เฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 0.27, 0.19, 0.15, 0.04, 0.03 และ 0.01 ตามลำดับ จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า ผักนึ่ง ผักกะเจดและผักคอบขวา มีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหาร และโลหะหนักในน้ำได้ดี และมีความเป็นไปได้มากที่จะนำพืชเหล่านี้มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียในบึงมักกะสันได้

จิตติมา วสุสิน ; 2539 การศึกษาประสิทธิภาพของพืชน้ำในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชน และที่พักอาศัย กรณีศึกษา : น้ำเสียจากศูนย์ศาลาชา วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยี ที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร) บัณฑิตมหาวิทยาลัยมหิดลมหาวิทาลัย

ได้ทำการศึกษาเอาพืชน้ำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชนและที่พักอาศัย โดยนำเอา พืชน้ำ 3 ชนิด คือ ผักกะเจด จอก และผักคอบขวา ผลการศึกษาพบว่าน้ำเสียที่ออกจากสภาพธรรมชาติ ผักกะเจด son และผักคอบขวา มีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 8.35, 8.43, 7.78, และ 7.66 มีค่าประสิทธิภาพในการลดค่า BOD 35.70%, 4.70%, 56.17% และ 76.74% มีค่าประสิทธิภาพในการลด COD เท่ากับ 37.58%, 41.86%, 55.24% และ 76.86% มีค่าประสิทธิภาพในการลดค่า TKN เท่ากับ 26.76%, 87.74%, 56.17% และ 62.56% มีประสิทธิภาพในการลดค่า TP เท่ากับ 15.68%, 61.78%, 56.41% และ 44.09% ผลการศึกษามวลชีวภาพของพืชน้ำทั้ง 3 ชนิด พบว่า แต่ละชนิดมีอัตราการเจริญเติบโตดังนี้ ผักกะเจดมีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.18 กิโลกรัมน้ำหนักเปียก/ตารางเมตร/สัปดาห์ จอกมีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.34 กิโลกรัมน้ำหนักเปียก/ตารางเมตร/สัปดาห์ ผักคอบขวามีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.17 กิโลกรัมน้ำหนักเปียก/ตารางเมตร/สัปดาห์

ผลการศึกษาพบว่าผักคอบขวามีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้ดีที่สุด ผักกะเจดและจอก มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียเช่นเดียวกับผักคอบขวา

บุญเต็ม แซ่บึง ; 2536 ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และสังกะสีในน้ำและดินตะกอน จากชั้นคุณภาพลุ่มน้ำต่าง ๆ บริเวณลุ่มน้ำแม่ จังหวัดตาก ปรินญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา ปรธานกรรมการที่ปรึกษา : ผศ.ดร.วิไล สันติโสภาศรี

การปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และสังกะสีในน้ำและดินตะกอนจากชั้นคุณภาพ ลุ่มน้ำต่าง ๆ จำนวน 5 ชั้น รวม 20 ลุ่มน้ำย่อย จากบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ จังหวัดตาก ทำการเก็บ

ตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายน 2533 มกราคม มีนาคม พฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน 2534 มาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ พบว่าผลการศึกษาปริมาณโลหะหนัก 4 ชนิด ตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ฤดูกาล และสภาพการใช้ที่ดินมีความแตกต่างกัน โดยตะกั่วในน้ำมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในชั้นคุณภาพ น้ำที่ 5 และทองแดงในน้ำมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2 ส่วนแคดเมียม ทองแดง และสังกะสี มีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 ฤดูหนาวมีปริมาณตะกั่ว และแคดเมียม ในน้ำสูงสุด ทองแดงในน้ำมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในฤดูฝน และสังกะสีในน้ำมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดใน ฤดูฝน และสังกะสีในน้ำมีปริมาณสูงสุดในฤดูร้อน และสภาพการใช้ที่ดินเป็นพื้นที่อื่น ๆ มีปริมาณ แคดเมียม และสังกะสี ในน้ำและดินตะกอนสูงกว่าการใช้ที่ดินเป็นป่าไม้ ซึ่งได้ผลตรงกันข้ามกับ ปริมาณตะกั่วในน้ำและดินตะกอน ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ในน้ำที่ตรวจพบ ในการศึกษครั้งนี้ไม่เกินมาตรฐานน้ำผิวดิน และค่ามาตรฐานน้ำดื่มของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ และของกรมอนามัยโลก ส่วนปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดในดินตะกอนมี ปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณที่ตรวจในดินตะกอนของแม่น้ำสายหลักที่สำคัญอื่น ๆ ในประเทศไทย

อภิชาติ โพธิ์สุ ; การศึกษาปริมาณตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี ในน้ำและดินตะกอน จาก ชั้นคุณภาพน้ำต่าง ๆ จำนวน 5 ชั้น รวม 15 ลุ่มน้ำย่อย จากบริเวณลุ่มน้ำเลย โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2533 ถึงเดือนกันยายน 2543 มาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ใน การศึกษาความสัมพันธ์ของโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดในน้ำและดินตะกอนกับชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ฤดูกาล และสภาพการใช้ที่ดิน ผลปรากฏว่า ปริมาณโลหะหนัก ในน้ำและดินตะกอนในแต่ละชั้นคุณภาพลุ่ม น้ำมีความแตกต่างกัน โดยปริมาณตะกั่ว และสังกะสี มีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 4 ส่วนแคดเมียมและทองแดงมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 และชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 ส่วนในดินตะกอน ตะกั่วและแคดเมียม มีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 4 และทองแดง กับสังกะสีมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 และ 1 แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ในน้ำมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในฤดูร้อน ส่วนตะกั่วในน้ำมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในฤดูหนาว ตะกั่ว ทองแดงและสังกะสีในดินตะกอนมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในฤดูฝนส่วนแคดเมียมในดินตะกอนมี ปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในฤดูหนาว สำหรับปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ทั้งในน้ำและดินตะกอน ใน สภาพพื้นที่ที่เป็นป่าไม้มีปริมาณน้อยกว่าพื้นที่อื่น ๆ โดยปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณโลหะ หนัก ได้แก่ ลักษณะทางธรณีวิทยา สภาพการใช้ที่ดิน และกิจกรรมของมนุษย์ อย่างไรก็ตาม ปริมาณตะกั่วทองแดง แคดเมียม และสังกะสี ในบริเวณลุ่มน้ำเลย ยังมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำผิวดินที่คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2529) กำหนดไว้ และปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดใน ดินตะกอน มีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณที่พบในแม่น้ำสายหลักของประเทศไทย

2.2 ความหมายของน้ำ

โลกของเราประกอบขึ้นด้วยพื้นดินและพื้นน้ำ โดยส่วนที่เป็นพื้นน้ำนั้น มีอยู่ประมาณ 3 ส่วน (75%) และเป็นพื้นดิน 1 ส่วน (25%) (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2540 : 57) น้ำที่มีอยู่บนพื้นโลกจะอยู่ในสถานะต่างๆ กัน ทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ และกระจายอยู่ทั่วไปทั้งบนภาคพื้นดินและภาคพื้นน้ำ ได้แก่ ห้วย หนอง คลอง บึง ทะเล และมหาสมุทรบริเวณขั้วโลกในปริมาณที่แตกต่างกันดังนี้ คือ อยู่ในทะเลและมหาสมุทร 97.41% อยู่บนพื้นดิน 2.59% โดยได้ทำการแบ่งน้ำบนพื้นดินออกเป็น 2 ส่วน คือ เป็นน้ำที่นำมาใช้ไม่ได้ เพราะเป็นน้ำแข็งในบริเวณขั้วโลกและบนยอดเขาสูง 2.576% เป็นน้ำที่นำมาใช้ได้ ได้แก่ น้ำในทะเลสาบ น้ำบนผิวดิน น้ำใต้ดิน น้ำในแม่น้ำลำคลอง น้ำในบรรยากาศและน้ำในสิ่งมีชีวิตซึ่งน้ำที่นำมาใช้ได้มีเพียง 9,000 ลูกบาศก์กิโลเมตร

น้ำเป็นทรัพยากรที่สามารถเกิดหมุนเวียนได้เรื่อย ๆ ไม่มีวันหมดสิ้นเมื่อนำมาใช้แล้ว ยังสามารถนำมาใช้ได้อีก น้ำจึงเป็นทรัพยากรที่จำเป็นและสำคัญยิ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์ไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าทรัพยากรธรรมชาติอื่น ๆ และนอกนั้นยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของระบบนิเวศที่มีการเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงเป็นโครงข่ายอยู่อย่างต่อเนื่อง น้ำมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด น้ำไม่ได้เป็นเพียงส่วนประกอบหนึ่งของร่างกายของสัตว์หรือลำต้นของพืชเท่านั้น มนุษย์ยังต้องใช้น้ำในการอุปโภคบริโภค และในกิจกรรมทั้งทางด้านเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมแทบทุกชนิด นอกนั้นน้ำยังเป็นที่พักอาศัยของสัตว์และพืชจำนวนมากด้วย (มีชัย วรสาธิต, 2535 : 37)

แหล่งน้ำ (Water Sources)

แหล่งน้ำตามธรรมชาติที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์เพื่อการดำรงชีวิต และกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่สำคัญแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

2.2.1 แหล่งน้ำผิวดิน

แหล่งน้ำผิวดินที่สำคัญ ได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง ห้วย หนอง บึง และทะเลสาบ เป็นที่น่าสังเกตว่าการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์จะปรากฏอยู่อย่างหนาแน่นตามสองฟากฝั่งของลำน้ำ หรือแหล่งน้ำจืดอื่น ๆ น้ำจืดที่ได้จากแหล่งน้ำดังกล่าว 75% จะนำมาใช้เพื่อการอุปโภค บริโภค และการชลประทาน สำหรับน้ำที่นำมาใช้เพื่อการอุตสาหกรรมนั้น 90% จะได้จากแหล่งน้ำจืดผิวดินเช่นเดียวกัน น้ำจืดที่แช่แข็งอยู่ตามแหล่งน้ำผิวดินจะมาจาก (1) น้ำฝน (2) หิมะละลาย และ (3) ไหลซึมออกมาจากใต้ดิน

การนำน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินมาใช้จะมีวิธีการที่แตกต่างกันออกไป บางแห่งจะใช้แรงงานคนหาบน้ำ ใช้ระหัดขูดดึงขึ้นมา หรือใช้เครื่องสูบน้ำ แต่บางห้องที่อาจจะทำเหมืองฝาย เขื่อน หรือทำนบกักกั้นลำน้ำ เพื่อยกระดับน้ำให้สูงซึ่งพอที่จะไหลบ่าเข้าไปในพื้นที่ทำการเพาะปลูก หรือเพื่อนำเอาพลังงานน้ำมาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า

2.2.2 แหล่งน้ำใต้ดิน

จะเป็นแหล่งน้ำที่ปรากฏอยู่ใต้พื้นดิน ซึ่งน้ำเหล่านี้อาจจะแช่แข็งอยู่ในเนื้อดินที่อยู่ระดับลึกลงไป หรือในหินเนื้อฟอส สำหรับน้ำใต้ดินที่แช่แข็งอยู่ในหินเนื้อฟอสจะเรียกว่า “น้ำบาดาล” ตามปกติแล้ว น้ำใต้ดินจะอยู่ในระดับลึก พืชจะไม่สามารถดูดขึ้นมาใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้ น้ำใต้ดินจะมีกำเนิดมาจากน้ำฝนหรือน้ำจากการละลายของหิมะที่แทรกซอนลงไปได้พื้นดิน ระดับของน้ำใต้ดินจะเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตลอดเวลา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ไหลซึมลงไปเพิ่มเติม และปริมาณของน้ำใต้ดินที่ถูกสูบขึ้นมาในช่วงฤดูฝนระดับน้ำใต้ดินจะตื้นกว่าในช่วงฤดูแล้ง

ตามธรรมชาติแล้วน้ำใต้ดินจะปรากฏอยู่เป็นแห่ง ๆ เท่านั้น และขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของหินเนื้อฟอสที่ดูดซับน้ำเอาไว้ ดังนั้นการนำน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ต้องกระทำอย่างระมัดระวัง

2.2.3 แหล่งน้ำจากทะเล

แหล่งน้ำจากทะเลและมหาสมุทรสามารถนำมาคัดแปลงใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค และการชลประทานในบริเวณชายฝั่งที่มีสภาพภูมิอากาศแห้งแล้งได้ ทั้งนี้เพราะพื้นผิวโลกจะปกคลุมด้วยพื้นน้ำที่เป็นทะเลมหาสมุทรอยู่ถึง 92.7% ของพื้นผิวโลกทั้งหมด การที่ไม่สามารถนำน้ำทะเลมาใช้โดยตรงได้ก็เพราะมีเกลือและแร่ธาตุผสมอยู่ในน้ำทะเลมากเกินไป ดังนั้นก่อนที่จะนำมาใช้จึงต้องผ่านกรรมวิธีในการแปรสภาพน้ำเค็มให้เป็นน้ำจืดเสียก่อน โดยกระบวนการกลั่น กล่าวคือ จะต้องนำน้ำทะเลมาต้มให้เดือดแล้วปล่อยให้ไอน้ำผ่านความเย็นเพื่อให้ควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำต่อไป ต้นทุนที่นำมาใช้ดำเนินการค่อนข้างสูง และไม่คุ้มค่าหากนำมาที่ได้ไปใช้เพื่อการเกษตร โดยเฉพาะแล้วค่าใช้จ่ายในการลงทุนทำน้ำทะเลให้บริสุทธิ์จะสูงกว่าทำน้ำจืดให้บริสุทธิ์ถึง 4 เท่า จากสภาพการขาดแคลนน้ำที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรงในบางบริเวณจึงจำเป็นต้องดำเนินการแปลงสภาพน้ำทะเลมาใช้

2.2.4 แหล่งน้ำจากฟ้า

แหล่งน้ำจืดที่นำมาใช้เพื่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งคือ “น้ำจากฟ้า” หรือ “เมฆน้ำในท้องฟ้า” ความจริงแล้วน้ำจากบรรยากาศแม้ว่าจะอยู่ในรูปของละอองไอน้ำแต่ก็จะมีคุณค่าต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในสองรูปแบบด้วยกัน คือ (1) ปรากฏกระจัดกระจายทั่วไปและ (2) ไม่มีแร่ธาตุที่เป็นอันตรายเจือปน การหาวิธีการนำเอาความชุ่มชื้นในอากาศมาใช้จะช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำได้ เช่น การทำฝนเทียม เป็นต้น น้ำฝนที่ตกลงมาบางครั้งจะไม่ปลอดภัยสำหรับนำมาใช้เพื่อการบริโภคโดยเฉพาะอย่างยิ่งฝนที่ตกลงมาในบ้านอุตสาหกรรมที่หนาแน่น แต่สำหรับในประเทศไทยน้ำฝนที่ตกลงมายังปลอดภัยสำหรับนำไปใช้เพื่อการบริโภค (ดร.วิชัย เทียนน้อย และ ประชา อินทร์แก้ว , 2539 : 99-102)

2.3 ความหมายของน้ำเสีย

ความหมายของคำว่า น้ำทิ้ง น้ำเน่า น้ำเสีย มีคำจำกัดความหมายดังนี้

น้ำทิ้ง หมายถึง น้ำซึ่งระบายลงสู่คลองหรือราง หรือท่อระบายสาธารณะเป็นน้ำซึ่งผ่านการใช้งานและถูกบำบัดมาก่อนหรือไม่ก็ตาม ดังนั้น น้ำทิ้งอาจมีสภาพหรือลักษณะเช่นเดียวกับน้ำเสีย ก็ได้ ขึ้นอยู่กับได้การบำบัดมาก่อนหรือไม่

น้ำเน่า (Polluted Water) หมายถึง น้ำหรือลำน้ำซึ่งมีมลสาร (Pollutant) ในรูปของสารอินทรีย์เข้ามาปะปนอยู่และเกิดการย่อยสลายทางชีวเคมีจนเกิดสภาพเน่าเหม็น (Septicity) ขึ้น หรือไม่เน่าก็ได้

น้ำเสีย ตรงกับภาษาอังกฤษว่า Sewage (น้ำเสียชุมชน) และ Wasterwater (น้ำเสีย) โดยน้ำเสียคือ น้ำซึ่งผ่านการใช้งานแล้ว จะโดยชุมชนหรืออุตสาหกรรม หรือสถาบัน หรือการใช้งานประเภทอื่นก็ตามที่จะมีมลสารปะปนอยู่ ซึ่งเมื่อระบายลงสู่แหล่งน้ำแล้วจะก่อให้เกิดการเปดเปื้อน หรืออาจกล่าวได้ว่า “น้ำเสีย” หมายถึง น้ำที่เสื่อมคุณภาพหรือน้ำที่มีลักษณะสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิมตามธรรมชาติ จนทำให้เกิดผลเสียหายต่อการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ การดำรงชีพของสัตว์น้ำ เช่น มีสิ่งปฏิกูล สารอินทรีย์และอนินทรีย์ ทั้งที่ละลายน้ำได้และละลายน้ำไม่ได้ปะปนอยู่ โดยมีมนุษย์เป็นต้นเหตุสำคัญทั้งทางตรงและทางอ้อม

ประเภทของน้ำเสียแบ่งตามลักษณะและสาเหตุ ได้ดังนี้คือ

1. น้ำเน่า ได้แก่ น้ำซึ่งแสดงอาการเน่าเหม็น เนื่องจากขาดออกซิเจนในน้ำเพราะสิ่งต่างๆ เหล่านี้ถูกทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ ได้แก่

1.1 สารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในน้ำ หากมีสารอินทรีย์มากปริมาณออกซิเจนก็จะหมดไป

1.2 สารจำพวกน้ำมัน เป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เพราะมันจะกั้นผิวน้ำไม่ให้สัมผัสกับอากาศ ทำให้อัตราการละลายของออกซิเจนในน้ำลดลง

1.3 สารจำพวกปุ๋ย ทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลงได้มากเช่นกัน เพราะทำให้เกิดการเร่งการเจริญเติบโตของพวกสาหร่ายและพืชน้ำ

2. น้ำเป็นพิษ เป็นน้ำซึ่งมีสารพิษเจือปนอยู่ เช่น กรด ด่าง เกลือแร่ โลหะหนัก สารประกอบเคมีบางชนิด แม้จะไม่ก่อให้เกิดการเน่าเสียแต่ก็ก่อให้เกิดความเสียหายต่อแหล่งน้ำได้ สารพิษเหล่านี้เกิดจากอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และเมื่อสารพิษอยู่ในวงจรของห่วงโซ่อาหาร ข่อมเป็นผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์เมื่อนำมาบริโภค

3. น้ำเป็นสื่อถ่ายเชื้อโรค โดยการระบายสิ่งปฏิกูลลงสู่แหล่งน้ำจะเป็นการแพร่กระจายเชื้อโรค

4. น้ำร้อน เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ มักใช้น้ำในกระบวนการระบายความร้อนแล้วปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้สิ่งมีชีวิตไม่สามารถดำรงชีพและแพร่พันธุ์ได้ดั้งเดิม อีกทั้งอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงอีกด้วย

5. น้ำที่มีกัมมันตรังสี มักเป็นน้ำที่ใช้ระบายความร้อนจากโรงงานพลังงานปรมาณูเป็นสื่อนำกัมมันตรังสีมาสู่มนุษย์ได้ (ผศ.กิตติภูมิ มีประดิษฐ์ , :242-243)

2.4 สาเหตุของการเน่าเสียของแหล่งน้ำ

ความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำ มีสาเหตุจากการระบายน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่าง ๆ โดยไม่มีการบำบัดหรือปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งก่อนระบายลงสู่แหล่งน้ำ ปกติแหล่งน้ำธรรมชาติสามารถรักษามวล ไม่ให้เกิดปัญหาเน่าเสียได้ จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในน้ำจะทำการย่อยสลายสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนโดยอาศัยออกซิเจนซึ่งละลายในน้ำเป็นแหล่งพลังงานในการสันดาป

ปัญหาน้ำเน่าเสียในปัจจุบัน เป็นผลมาจากแหล่งน้ำได้รับสารปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกมากเกินไป ความสามารถที่ธรรมชาติจะรักษามวลไว้ได้ น้ำทิ้งที่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสียมีแหล่งกำเนิดจากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้คือ (สุกลักษณ์ จันทรสมบัติ , 2543 : 6)

1. น้ำเสียจากคนและสัตว์ ได้แก่ อุจจาระ ปัสสาวะ และมูลสัตว์ที่ระบายลงสู่ท่อน้ำเสีย น้ำเสียเหล่านี้อาจมีเชื้อโรคปนอยู่ด้วย

2. น้ำเสียจากครัวเรือน ได้แก่ น้ำซักผ้า น้ำอาบ น้ำห้องน้ำ น้ำล้างจาน น้ำในครัว น้ำประกอบอาหาร เป็นต้น น้ำเสียเหล่านี้จะมีสบู่ ผงซักฟอก เศษอาหาร ไขมัน ฯลฯ ปนอยู่

3. น้ำฝนและน้ำค้างถนน เป็นน้ำที่ไหลไปตามพื้นดินพาเอาดิน ทราย ใบไม้ และขยะลงสู่ท่อน้ำเสีย

4. น้ำใต้ดินที่ไหลซึมเข้าท่อน้ำเสีย ปกติท่อน้ำเสียมักฝังอยู่ใต้ดิน และอาจอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน น้ำใต้ดินสามารถซึมเข้าท่อตามข้อต่อได้ อัตราการซึมขึ้นอยู่กับลักษณะข้อต่อของท่อลักษณะของดิน ภาวะของน้ำใต้ดิน อัตราฝนตก เป็นต้น

5. น้ำเสียจากการอุตสาหกรรม ขึ้นอยู่กับชนิดของอุตสาหกรรม อาจมีผงซักฟอก air เติมนานาชนิด ซึ่งต้องมีการกำจัดอย่างสมบูรณ์ที่โรงงานก่อนจะปล่อยลงสู่ท่อน้ำเสีย หรือแหล่งน้ำสาธารณะ

น้ำเสียจากข้อ 1, 2, 4 รวมเรียกว่าน้ำเสียชุมชน (Domestic or Sanitary Sewage) เป็นน้ำเสียจากชุมชนที่เป็นที่พำอาศัย ไม่มีกิจกรรมอุตสาหกรรมหรือมีเพียงเล็กน้อย ส่วนน้ำเสียรวม (Combined Sewage) คือ น้ำฝนรวมกับน้ำเสียชุมชน (ผศ.กิตติภูมิ มีประดิษฐ์ , :2544)

2.5 คุณภาพน้ำ (Water Quality)

คุณภาพน้ำมีความหมายที่กว้างขวางมาก และใช้แตกต่างกันในแต่ละท้องถิ่น นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของความต้องการใช้น้ำอีกด้วย คุณภาพน้ำนั้นต้องเหมาะสมในการนำมาใช้ทั้งอุปโภค บริโภคซึ่งคุณภาพนี้ต้องเป็นไปตามที่ผู้ใช้งานน้ำที่เป็นประโยชน์สนองความต้องการของมนุษย์ได้นั้นจำเป็นต้องมีคุณสมบัติพร้อมทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ และระยะเวลาการไหลของน้ำ ดังนั้นคุณภาพน้ำ หมายถึง ความเหมาะสมของน้ำเพื่อใช้กิจกรรมเฉพาะของมนุษย์ โดยคุณภาพของน้ำจำเป็นต้องคำนึงถึงคุณภาพทั้ง 3 ประเด็น มีรายละเอียดดังนี้

1. คุณภาพของน้ำทางกายภาพ (Physical Quality) ได้แก่ น้ำที่มีสารแขวนลอย มีสี กลิ่น รส เปลี่ยนไปจากธรรมชาติ รวมทั้งเกี่ยวกับอุณหภูมิ กิ่งไม้ ใบไม้ปะปน การขาดออกซิเจนในน้ำ และความกระด้าง

2. คุณภาพของน้ำทางเคมี (Chemical Quality) ได้แก่ การที่น้ำมีสารปนเปื้อนมากเกินไป เช่น สารพิษ โลหะหนัก วัตถุพิษ และสารเคมีที่เป็นพิษทุกประเภท

3. คุณภาพน้ำทางชีววิทยา (Biological Quality) ได้แก่ การที่น้ำมีสิ่งเจือปนที่มีชีวิต เช่น แบคทีเรีย ไวรัส ไข่เคื้อน และจุลินทรีย์อื่น ๆ ที่เป็นพิษ (เกษม จันทร์แก้ว, 2526 : 299)

2.6 คุณภาพน้ำทางกายภาพ

2.6.1 อุณหภูมิ (Temperatuer)

อุณหภูมิเป็นคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำอย่างหนึ่ง ที่มีความสำคัญเนื่องจาก อุณหภูมิของน้ำมีผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ โดยจะมีผลกระทบโดยตรงต่ออัตราการเจริญเติบโตของพืชน้ำ และจุลินทรีย์ รวมทั้งสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้อุณหภูมียังมีผลในเชิงลบต่อปริมาณการละลายของก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศลงไปในน้ำ กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นปริมาณการละลายของก๊าซออกซิเจนในน้ำ (Disslved Oxygen; DO) จะลดน้อยลง และในทางกลับกันถ้าอุณหภูมิน้ำต่ำก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศจะสามารถละลายลงไปในน้ำได้มากขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้พืชน้ำ และจุลินทรีย์รวมทั้งสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ ดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างดี นอกจากนี้อุณหภูมียังมีผลต่ออัตราการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในน้ำ และมีผลต่อกลิ่น รวมทั้งรสของน้ำด้วย นอกจากนั้น อุณหภูมิยังมีอิทธิพลโดยตรงต่อขบวนการทางสรีระของสิ่งมีชีวิต โดยเป็นตัวควบคุมการแพร่พันธุ์ และการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ อุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติจะแปรผันตามอุณหภูมิของอากาศ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความสูง ฤดูกาล และสภาพภูมิประเทศ นอกจากนี้รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ลม และการระเหยของน้ำ ยังมีส่วนทำให้อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน อุณหภูมิของน้ำถ้าเป็นไปตามธรรมชาติแล้วมักจะไม่มีปัญหา แต่จะเกิดปัญหาก็คือเมื่อมนุษย์เป็นผู้กระทำที่ปล่อยน้ำทิ้งที่มีอุณหภูมิสูง ๆ ลงในแหล่งน้ำ เช่น น้ำจากระบบหล่อเย็นทำให้อุณหภูมิต่ำเกินระดับปกติ กล่าวว่าน้ำเสียเกิดจากอุณหภูมิของน้ำร้อนเกินกว่าปกติที่มนุษย์และสิ่งมีชีวิตจะ

อาศัย หรือเย็นจัดเกินไปจนทำให้ได้รับอันตรายได้เช่นกัน และน้ำในแม่น้ำลำคลอง และแหล่งน้ำธรรมชาติมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 20 – 35 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิของน้ำสูงเกินกว่าระดับปกติ อาจเป็นอันตราย

2.7 การบำบัดน้ำเสียโดยพืชน้ำ (Aquatic plants for wastewater treatment)

การบำบัดน้ำเสียโดยพืชน้ำอาศัยปัจจัยหลักคือ การเจริญเติบโตของพืชน้ำเองและจุลินทรีย์ซึ่งอาศัยอยู่บริเวณรากของพืชซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะทำการย่อย (metabolism) สารอาหาร เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ยังอาศัยหลักการตกตะกอน (physical sedimentation) ของน้ำเสียเอง ซึ่งถ้าพิจารณาถึงข้อดีของระบบบำบัดน้ำเสียโดยพืชน้ำแล้วพอจะกล่าวได้ดังนี้

1. สภาพภูมิประเทศของประเทศเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชน้ำโดยทั่วไป
2. ระบบบำบัดน้ำเสียโดยพืชน้ำไม่ต้องการใช้พลังงานจากแหล่งใด ๆ นอกจากพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์
3. การควบคุมการทำงานของระบบไม่ยุ่งยาก ไม่ต้องใช้ผู้ดูแลที่มีความรู้มาก
4. พืชน้ำที่เก็บเกี่ยวได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้เช่น ทำปุ๋ยหมัก ผลิตแก๊สมีเทน หรือทำผลิตภัณฑ์หัตถกรรม เป็นต้น

2.8 พรรณไม้น้ำ

พรรณไม้หรือพืชน้ำ ตรงกับภาษาอังกฤษว่า aquatic plants หรือ hydrophytes หมายถึงพืชที่ขึ้นอยู่ในน้ำ โดยอาจจะอยู่ใต้น้ำ อยู่ผิวน้ำเหนือน้ำ ลอยอยู่ผิวน้ำ หรือขึ้นอยู่ตามริมชายน้ำ ริมตลิ่ง นอกจากนี้ยังรวมถึงพวกที่เจริญเติบโตอยู่ในบริเวณที่น้ำขังและค้ำว

พรรณไม้หรือพืชน้ำมีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศวิทยาแหล่งน้ำมาก นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับทั้งทางตรงและทางอ้อมในการเป็นอาหาร เป็นที่หลบภัยของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ ปลาต่าง ๆ ตลอดจนทั้งสัตว์ปีกที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ ข้าวซึ่งเป็นอาหารที่สำคัญของมนุษย์ส่วนใหญ่ จัดได้ว่าเป็นพืชน้ำชนิดหนึ่ง พืชน้ำอีกหลายอย่างใช้เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ เช่น กระเจี๊ยบ บัว ผักบุ้ง ผักกระเฉด บางอย่างใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับขบวนการด้านอุตสาหกรรม วัสดุก่อสร้างแปรสภาพเป็นปุ๋ย พืชลอยน้ำหรือพืชใต้น้ำมีคุณสมบัติในการดูดซับแร่ธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำและเพิ่มปริมาณออกซิเจนในระหว่างขบวนการสังเคราะห์แสง คุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้มีความสัมพันธ์และให้ประโยชน์ต่อมนุษย์มาก เพราะเป็นส่วนช่วยทำให้แหล่งน้ำสะอาดและช่วยแปรสภาพน้ำให้มีคุณภาพดีขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตาม การรบกวนหรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำอาจจะทำให้อัตราการเจริญของพืชน้ำเปลี่ยนไปอย่างรวดเร็วจนเป็นผลต่อแหล่งน้ำใช้ของมนุษย์ได้

พืชน้ำหรือพรรณไม้น้ำนั้น พบว่ามีตั้งแต่ขนาดเล็กมากต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ไปจนถึงขนาดใหญ่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ซึ่งพืชเหล่านี้จะแยกออกได้เป็นกลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มแอลจิก กลุ่มมอส กลุ่มเฟิร์นและกลุ่มพืชมีเมล็ด ดังนั้นจะเห็นได้ว่า พรรณไม้น้ำนั้นประกอบด้วยกลุ่มพืชตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงใหญ่

พรรณไม้น้ำเป็นกลุ่มพืชที่มีการเจริญเติบโตได้ในแหล่งน้ำที่แตกต่างกันไป เช่น บางชนิดเจริญเติบโตที่ระดับผิวน้ำ บางชนิดเจริญเติบโตอยู่ที่ใต้น้ำ เป็นต้น นั่นคือมีลักษณะทางนิเวศวิทยาแตกต่างกันออกไปจากลักษณะเช่นนี้ให้มีการแบ่งประเภทของพรรณไม้น้ำ ได้ดังนี้

2.8.1 พืชใต้น้ำ (submerged plants) พรรณไม้น้ำประเภทนี้เป็นพวกที่มีการเจริญเติบโตอยู่ใต้น้ำทั้งหมด โดยอาจจะมีรากยึดเกาะกับพืชใต้น้ำหรือไม่ยึดเกาะก็ได้ บางชนิดทั้งลำต้นและรากเจริญอยู่ใต้น้ำ ส่วนลำต้นและใบเจริญอยู่ใต้ระดับน้ำ บางชนิดรากเกาะยึดกับพื้นดินใต้น้ำ ส่วนลำต้นและใบเจริญอยู่ใต้ระดับน้ำ บางครั้งพืชพวกนี้จะส่งดอกขึ้นมาเจริญเติบโตที่ผิวน้ำหรือเหนือน้ำและเมื่อเป็นผลแล้วบางอย่างเจริญที่ผิวน้ำหรือใต้น้ำ พืชพวกนี้ เช่น สาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายพวงกะโศ เป็นต้น

2.8.2 พืชโผล่เหนือน้ำ (emerged plants) พรรณไม้น้ำประเภทนี้เป็นพวกที่มีการเจริญเติบโตอยู่ใต้น้ำบางส่วนและเหนือน้ำบางส่วน โดยที่มีรากหรือทั้งรากและลำต้นเจริญอยู่ในพื้นดินใต้น้ำแล้วส่งส่วนใบและดอกขึ้นมาเจริญเหนือน้ำ พืชพวกนี้ เช่น บัวต่าง ๆ กกบางชนิด ต้นเทียนนา เป็นต้น พืชประเภทนี้บางชนิดตามโคนมีเนื้อเยื่อโปร่ง ทำหน้าที่เก็บอากาศเพื่อช่วยในการหายใจ

2.8.3 พืชลอยน้ำ (floating plant) พรรณไม้น้ำประเภทนี้เป็นพวกที่เจริญลอยอยู่ระดับน้ำ โดยมีรากห้อยลอยอยู่ในน้ำ ส่วนต้น ใบ และดอก เจริญที่เหนือน้ำ พรรณไม้น้ำประเภทนี้บางอย่างถ้าน้ำตื้น ๆ รากจะหยั่งพื้นดินใต้น้ำก็ได้ นอกจากนี้พวกที่มีขนาดเล็กมักลอยตัวได้เป็นอิสระ พืชลอยน้ำส่วนใหญ่มักจะมีส่วนหนึ่งส่วนใดเป็นท่อนเพื่อพยุงลำต้นให้ลอยน้ำได้

2.8.4 พืชชายน้ำ (marginal plants) พรรณไม้น้ำประเภทนี้มักขึ้นอยู่ตามชายน้ำ ริมตลิ่ง ชายคลอง หนองน้ำ หรือทะเลสาบ ลักษณะโดยทั่วไปนั้นจะมีรากหรือทั้งรากและลำต้นเจริญอยู่ในพื้นดินบางส่วนของดิน ใบ และดอกเหนือน้ำ พืชน้ำประเภทนี้ใกล้เคียงกับพืชประเภทพวกโผล่เหนือน้ำมาก พืชบางอย่างพบว่าจำแนกได้ทั้งเป็นพืชโผล่เหนือน้ำและพืชชายน้ำ เช่น ต้นผักตบไทย ต้นโสน และกกบางอย่าง เป็นต้น

พรรณไม้น้ำทั้งหมดที่กล่าวมานี้จะเห็นว่า การจัดแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ นั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของแหล่งที่อยู่ของพืชน้ำนั้น ๆ ทุกประเภทก่อนข้างจะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ยกเว้นพืชโผล่เหนือน้ำและพืชชายน้ำเท่านั้นที่แยกไม่ได้เด็ดขาด นอกจากนี้ยังมีพืชอีกหลายอย่างที่พบว่าสามารถขึ้นได้ทั้งบนบกและในน้ำ หรือขึ้นอยู่ในน้ำแล้วแต่ถ้าบริเวณนั้นขาดน้ำจนดินเริ่มแห้งก็ยังสามารถปรับตัวอยู่ได้ เช่น ต้นกระเม็ง ต้นผักแว่น ต้นปรงทอง ปรงไข่ เป็นต้น

สำหรับการศึกษาคั้งนี้เลือกศึกษาเฉพาะพืชลอยน้ำ 3 ชนิด คือ ผักตบชวา ผักนึ่งและจอก

2.8.4.1 ผักตบชวา

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Eichhonia crassipes (Mart.) Solms*

ชื่อพ้อง *Eichhonia speciosa Kunth*

ชื่ออื่น water hyacinth ผักสวะ ผักปอง ผักบ่ง ผักตบปอง

ลักษณะทั่วไป พืชในวงศ์นี้เป็นพืชน้ำประเภทล้มลุกที่มีอายุปีเดียวหรือหลายปี เป็นพืชลอยน้ำ พืชเจริญขึ้นเหนือน้ำ หรือพืชริมน้ำ ลำต้นมีทั้งที่เป็นเหง้าอยู่ใต้ดิน เป็นไหลทอดไปตามน้ำ และมีลำต้นเหนือดินเป็นที่เกิดของช่อดอก

ใบ ใบเดี่ยว แฉกเป็นกอรอบลำต้น หรือแฉกแรงสลับกันเป็นสองแถว โดยก้านใบแผ่เป็นกาบหุ้มประกบกันไว้ มีหูใบเป็นเยื่อบาง ๆ อยู่ตรงโคนก้านใบ แผ่นใบมีรูปร่างหลายรูปแบบ

ดอก เป็นช่อมีได้หลายแบบ โดยช่อดอกเจริญอยู่ภายในลำต้นเหนือดินที่มีลักษณะ

เหมือนก้านใบธรรมดา เมื่อช่อดอกเจริญเต็มที่ส่งทะลุผ่านช่อดอกออกมาเจริญข้างนอก ดอกย่อยอาจจะมีก้านหรือไม่มีก็ได้ ดอกย่อยเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ลักษณะของดอกมีทั้งที่ได้สัดส่วนและไม่ได้สัดส่วนกัน ส่วนของดอกประกอบด้วยกลีบรวม 6 กลีบ เกสรเพศผู้มี 1,3 ช่อ หรือ 6 อัน อับเรณูมี 2 ช่อ เกสรเพศเมียมีรังไข่อยู่เหนือส่วนของดอก รังไข่มี 3 พู ภายในมี 3 ช่อ มีไข่อ่อนอยู่จำนวนมากติดกับแกนกลางของรังไข่ ดอกเมื่อได้รับการผสมพันธุ์แล้ว ก้านช่อดอกจะยึดโค้ง

ผล ผลเดี่ยวแบบผลแห้งเมื่อแก่แล้วแตก หรือเป็นผลขนาดเล็กมีเปลือกเป็นเยื่อบาง ๆ หุ้มไว้

เมล็ด ขนาดเล็ก บางชนิดก็มีจำนวนมาก

2.8.4.2 ผักนึ่ง

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Ipomoea aquatica Forssk.*

ชื่อพ้อง *Ipomoea aquatica (L.) Poir.*

ชื่ออื่น morninglort, water morninglory, water spinach ผักทอดยอด

ลักษณะทั่วไป พืชล้มลุกที่มีอายุหลายปีหรือปีเดียว เป็นไม้เลื้อยพันหรือเป็นไม้ยืนต้น ลำต้นไหลยาวทอดไปตามพื้นดินหรือพื้นน้ำ มีข้อ ปล้อง เห็นได้ชัดเจน ภายในลำต้นมีน้ำยางสีขาว

ใบ ใบเดี่ยว หรือเป็นใบประกอบ มีก้านแต่ไม่มีหูใบ ใบแตกจากลำต้นแบบสลับ รูปร่างของใบมีหลายแบบ เช่น รูปไข่ รูปสามเหลี่ยม รูปหอก รูปหัวใจ หรือใบที่มีฐานใบกางออก

ดอก ดอกเดี่ยว หรือออกเป็นช่อแบบปลายดอกบานก่อน ดอกสมบูรณ์เพศ ลักษณะ

ดอกได้สัดส่วนกัน ส่วนของดอกประกอบด้วยกลีบเลี้ยง 4-5 กลีบ ติดกันตรงโคนหรือแยกกัน กลีบดอกติดกันตั้งแต่โคน ปลายกลีบดอกอาจจะเว้าเป็นแฉกหรือไม้แยกมองดูเหมือนรูปแตร เกสรเพศผู้

5 อัน ติดกันตรงโคนกลีบดอก โดยติดสลับกันรอยหยักเว้าของกลีบดอก ก้านชูอับเรณูสั้นยาวไม่เท่ากัน ตรงโคนก้านอาจจะมีขนละเอียด อับเรณูมี 2 ช่อ เมื่อแก่แตกตามยาว เกสรเพศเมียมีรังไข่อยู่เหนือส่วนของดอก รังไข่มี 2-4 พู ภายในมี 2-4 ฟอง ยอดเกสรเพศเมียลักษณะเป็นก้อนกลม 2 ก้อนติดอยู่บนก้าน ชูยอดเกสรอันเดียวกัน

ผล โดยทั่วไปเป็นผลเดี่ยวแบบผลแห้งแก่แตกแล้ว

เมล็ด เมล็ดขนาดใหญ่ 1-6 เมล็ด มีเนื้อในมาก

2.8.4.3 จอก

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Pistia stratiotes*

ชื่ออื่น water lettuce

ลักษณะทั่วไป จอกจัดอยู่ใน family Araceae เป็นวัชพืชลอยน้ำที่พบในแหล่งน้ำต่าง ๆ ทั่วประเทศที่จริงแล้วจอกไม่ใช่วัชพืชพื้นเมืองของประเทศไทย สันนิษฐานว่าแหล่งกำเนิดดั้งเดิมอยู่ที่ทวีปอเมริกาใต้ ปัจจุบันแพร่หลายในทุกแห่งของโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน ลำต้นของจอกเป็นลำต้นที่ประกอบเป็นใบแล้วแตกเป็นกอแบบ rosette มีรากฝอยเป็นกระจุกอยู่ด้านล่าง มีลำต้นแบบไหล แตกออกรอบ ๆ เป็นใบเดี่ยว ไม่มีก้าน แผ่นใบกว้าง และอวบพองช่วยให้จอกลอยน้ำได้ดี ด้านบนของใบมรสเขียวสด ส่วนด้านล่างมีสีจางกว่า จอกสามารถขยายพันธุ์ได้ 2 แบบ คือ อาศัยเพศ และแบบไม่อาศัยเพศ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศเป็นการผสมพันธุ์กันระหว่างเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียซึ่งแยกจากกันคนละดอก ดอกเพศผู้และเพศเมียจะมารวมกันเป็นช่อดอกขนาดเล็ก เกิดแทรกอยู่ตามโคนชอกใบ โดยดอกเพศผู้จะอยู่ด้านบนดอกเพศเมีย เมื่อมีการผสมกันแล้วจะเกิดผลแบบ berry สีเขียวภายในผลนี้มีเมล็ดจำนวนมากการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เกิดขึ้นโดยการแตกไหลออกไปรอบ ๆ ต้นแม่แล้วออกรากและลำต้นใหม่ขึ้นมา ดังนี้เรื่อย ๆ

2.9 การเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาต้องเป็นตัวแทนของน้ำที่ต้องการจะศึกษาหรือวิเคราะห์ เพื่อให้ทราบถึงคุณภาพในการนี้ต้องคำนึงถึงปริมาณของน้ำที่จะเก็บ เวลา ชนิด และแหล่งของน้ำที่จะเก็บว่าเป็นน้ำคือน้ำหรือน้ำเสีย การบรรยายถึงวิธีการเก็บตัวอย่างอย่างละเอียดเพื่อนำไปใช้กับตัวอย่างทุกชนิดและทุกที่นั้นเป็นไปได้ยาก เพราะความแตกต่างกันของวัตถุประสงค์ และวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ จึงขอกล่าวถึงโดยทั่ว ๆ ไปเท่านั้น

1. ชนิดของตัวอย่าง

1.1 ตัวอย่างแยก (grab or catch samples) โดยทั่วไปหมายถึง ตัวอย่างที่เก็บ ณ เวลาและสถานที่แล้วนำมาวิเคราะห์เป็นตัวอย่าง ๆ ไป ตัวอย่างแยกนี้ จะเป็นตัวแทนของแหล่งน้ำนั้น เฉพาะเวลาและจุดที่เก็บเท่านั้น อย่างไรก็ตาม เป็นตัวแทนของแหล่งน้ำมากกว่า ณ เวลาและจุดที่ทำการเก็บในกรณีนี้ ตัวอย่างแยกเพียงตัวอย่างเดียว อาจใช้เป็นตัวแทนของแหล่งน้ำบางแห่งได้เลย เช่น น้ำประปา น้ำผิวดิน และน้ำบ่อลึก

ถ้าแหล่งน้ำ มีคุณภาพแปรผันตามเวลา การเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาที่เหมาะมาทำการวิเคราะห์ จะช่วยให้ทราบถึงขอบเขต ความถี่และช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงได้ ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างขึ้นอยู่กับความถี่ของการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น จึงอาจจะแปรผันได้ตั้งแต่ 5 นาที ถึง 1 ชั่วโมง หรือนานกว่านี้ ในกรณีที่คุณภาพของแหล่งน้ำแปรผันตามระยะทางแทนที่จะแปรผันตามเวลาใช้เก็บชุด (set) ของตัวอย่างจากจุดที่เหมาะสม โดยให้มีการเจาะจงเวลาน้อยที่สุด เพื่อจะได้ข้อมูลที่มีประโยชน์มากที่สุด

ในการเก็บตัวอย่างที่เป็นสลัดจ์ (sludges) และโคลนตม (muds) จะต้องใช้ความระมัดระวังอย่างมากเป็นพิเศษ เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของตัวอย่างทั้งหมด

1.2 ตัวอย่างแบบรวม composite (composite smles) หมายถึง ส่วนผสมของตัวอย่างแยกที่ทำการเก็บ ณ จุดเดียวกัน แต่ต่างเวลา บางครั้งใช้คำว่า time composite samples มีประโยชน์สำหรับการใช้งานที่ต้องการทราบความเข้มข้นเฉลี่ย เช่น ในการคำนวณความสามารถที่จะกำจัดน้ำเสีย หรือประสิทธิภาพของเครื่องจักรในโรงงานกำจัดน้ำเสีย แทนที่จะทำการวิเคราะห์ตัวอย่างแยกเหล่านี้ แล้วทำการวิเคราะห์ครั้งเดียว เป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายอย่างมาก สำหรับการวิเคราะห์ทั่วไปมักใช้ตัวอย่างรวมในทุกช่วงเวลา 24 ชั่วโมงเป็นมาตรฐาน แต่ถ้าต้องการผลเฉพาะการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำทิ้ง อาจต้องการตัวอย่างรวมที่เป็นตัวแทนของตัวอย่างในช่วงเวลาที่มีการปล่อยน้ำทิ้ง ตัวอย่างรวมที่ได้ถือเป็นตัวอย่างเป็นเฉลี่ย ภายใต้สภาวะดังกล่าวจะตัดปัญหาเกี่ยวกับเวลากักเก็บ (detention time) ไปได้ โดยที่แต่ละตัวอย่างน้ำที่เก็บขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์เดียว คือ อัตราการไหล ณ เวลานั้น (คือผสมกันตามอัตราส่วนปริมาตรไหล)

ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบบางอย่างของน้ำ เช่น แก๊สที่ละลายในน้ำคลอรีนตกค้าง อุณหภูมิและพีเอช ค่าเหล่านี้เปลี่ยนแปลงได้ง่ายเมื่อเก็บรักษาตัวอย่างไว้ ดังนั้น จึงไม่เหมาะที่จะใช้ตัวอย่างรวมแบบ composite ใช้เฉพาะการหาค่าส่วนประกอบที่ทราบได้แน่นอนว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงภายใต้สภาวะของการเก็บและรักษาตัวอย่างเท่านั้น ให้นำแต่ละส่วนของตัวอย่างที่ทำการเก็บโดยใช้ขวดปากกว้าง ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย 35 มิลลิเมตร และจุได้อย่างน้อย 120 มิลลิลิตร เก็บแต่ละส่วนเหล่านี้ทุกชั่วโมง บางกรณีอาจจะทุกครึ่งชั่วโมงหรือทุก 5 นาที และนำมาผสมกันในขวดใบใหญ่ขวดเดียวเมื่อสิ้นสุดเวลาการเก็บตัวอย่างแล้ว ถ้าต้องการใช้สารช่วยรักษา (preservatives) ให้เติม

ลงในขวดเริ่มต้นทุกขวดก่อนทำการเก็บ ปกติมักทำการรวมแต่ละตัวอย่างในปริมาตรที่เป็นสัดส่วนกับปริมาตรที่ไหล สำหรับน้ำโสโครก (sewage) น้ำทิ้งจากระบบกำจัดน้ำเสีย (effluent) และน้ำเสีย (wastes) แล้วปริมาตรสุดท้าย 2 – 3 ลิตร นับว่าพอเพียง ถ้าจะใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างชนิดอัตโนมัติ ควรเติมสารช่วยรักษาลงไปก่อนทำความสะอาดเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรักษาตัวอย่างทั้งหมดในวัน เพื่อกำจัดการเจริญเติบโตทางชีวะและการเกาะของตะกอน

1.3 ตัวอย่างรวมแบบ integrated (integrated samples) หมายถึง ส่วนผสมของตัวอย่างที่แยกที่เก็บจากจุดต่าง ๆ กันในเวลาเดียวหรือในเวลาใกล้เคียงกันที่สุด ตัวอย่างที่จำเป็นต้องเก็บโดยวิธีนี้ ได้แก่ แม่น้ำ ลำธาร ซึ่งคุณภาพแปรผันตามความกว้างและลึก ในการประเมินค่าส่วนประกอบเฉลี่ยหรือปริมาณสารทั้งหมด (total loading) ก็ต้องใช้ของผสมของตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของจุดต่าง ๆ ในส่วนตัด (cross section) ของแหล่งน้ำซึ่งเป็นสัดส่วนกับการไหลการเตรียมตัวอย่างรวมแบบ integrated นี้ต้องการเครื่องมือพิเศษในการเก็บตัวอย่างจากจุดที่ทราบความลึก โดยไม่มีการปะปนจากน้ำเบื้องบนเลย นอกจากนี้ควรทราบเกี่ยวกับปริมาตรการเคลื่อนไหวและส่วนประกอบต่าง ๆ ของน้ำที่จะทำการเก็บก่อนด้วย จะเห็นได้ว่าเก็บตัวอย่างรวมแบบนี้ยุ่งยากและมีขั้นตอนพิเศษกว่าแบบอื่น

2. ปริมาณ

ในการตรวจหาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำนั้น โดยทั่วไปแล้ว ปริมาณมากกว่านี้ข้อควรจำ คือ อย่าพยายามใช้ตัวอย่างเดียวกัน สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีทางแบคทีเรีย และด้วยการใช้กล้องจุลทรรศน์ เพราะวิธีที่ใช้ในการเก็บและปฏิบัติต่อตัวอย่างจะแตกต่างกัน

3. ช่วงระยะเวลาระหว่างการเก็บและการวิเคราะห์

เป็นการยากที่จะบอกว่าช่วงเวลานี้ควรจะเป็นเท่าไร เพราะช่วงเวลานี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะตัวอย่าง สารที่จะวิเคราะห์และวิธีในการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำมาแล้วควรทำการวิเคราะห์ให้เร็วที่สุดเพราะยิ่งทิ้งไว้นาน ส่วนประกอบของตัวอย่างน้ำอาจจะเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำความผิดพลาดข้อนี้อาจลดลงได้โดยเก็บตัวอย่างน้ำไว้ในที่มีอุณหภูมิ (4 °C) จนถึงเวลาที่วิเคราะห์ ระยะเวลาที่ยอมรับให้มากที่สุดที่จะเก็บตัวอย่างไว้ก่อนทำการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีเป็นดังนี้

น้ำสะอาด (unpolluted water)	72	ชั่วโมง
น้ำค่อนข้างสกปรก (slightly polluted water)	48	ชั่วโมง
น้ำสกปรก (polluted water)	24	ชั่วโมง

ถ้าช่วงเวลาดังกล่าวมีนานพอที่จะให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในความเข้มข้นหรือสภาพทางกายภาพของส่วนประกอบที่จะทำการวัด อย่างถึงจนเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง เวลาทำการวิเคราะห์ และสารช่วยรักษาที่ใช้

4. วิธีที่ใช้ในการเก็บรักษา

การเก็บรักษาตัวอย่างทำได้ยาก สารช่วยรักษาเกือบทุกตัวขัดขวางการหาสารบางตัว ดังนั้นถ้าเป็นไปได้ ควรทำการวิเคราะห์ทันที หากการวิเคราะห์ไม่สามารถกระทำได้ การเก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด ในการรักษาตัวอย่างเพื่อใช้วิเคราะห์ในวันถัดมา ใช้สารเคมีในการเก็บรักษาต่อเมื่อสารนั้นไม่ขัดขวางการวิเคราะห์ และให้เติมลงในขวดตัวอย่างก่อนทำการเก็บเพื่อว่าทุกส่วนของตัวอย่างจะถูกเก็บรักษาทันทีที่ทำการเก็บเลือกสารช่วยรักษาให้ถูกกับสารที่จะทำการวิเคราะห์ ฟอรั่มลดีไฮด์มีผลมากต่อการวิเคราะห์สารเกือบทุกตัว จึงไม่ควรใช้

วัตถุประสงค์ในการเก็บรักษาตัวอย่างเพื่อชะลอปฏิกิริยาทางชีววิทยา ชะลอการเกิดไฮโดรลิซิสของสารเคมีและสารเชิงซ้อน (complex) และเพื่อลดการระเหยตัวของส่วนประกอบของสาร วิธีที่ใช้ในการเก็บรักษาตัวอย่างทำได้โดยการควบคุมพีเอช การเติมสารเคมี การแช่เย็นและการแช่แข็ง

2.10 สรุปข้อควรปฏิบัติทั่วไปในการเก็บตัวอย่างน้ำ

1. ขวดที่ใช้เก็บตัวอย่างน้ำควรทำด้วยพลาสติก (polyethylene) เพราะขนส่งสะดวกไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่นในน้ำ ข้อสำคัญต้องล้างให้สะอาดก่อนใช้ คือล้างด้วยกรดโครมิก น้ำก๊อก และน้ำกลั่นตามลำดับ และก่อนทำการเก็บให้ล้างด้วยน้ำตัวอย่างที่จะเก็บก่อนสัก 2-3 ครั้ง
2. เขียนฉลากติดที่ขวดตัวอย่างให้เรียบร้อย บอกชื่อผู้เก็บ เวลา สถานที่ วันที่เก็บ อุณหภูมิของน้ำ ชนิดของสารช่วยรักษา
3. ควรวัดอุณหภูมิ พีเอช แก๊สที่ละลายน้ำ เช่น CO_2 และ O_2 ทันทีที่เก็บเพราะค่าเหล่านี้เปลี่ยนแปลงได้ง่าย
4. บางกรณีการเก็บตัวอย่างไว้มีผลต่อการวิเคราะห์มาก เช่น ไอออนบวก บางตัวจะสูญหายไปโดยการดูดซับ (absorption) หรือโดยการแลกเปลี่ยนของไอออน (ionexchange) กับผิวของภาชนะที่ทำด้วยแก้ว ไอออนบวกเหล่านั้นได้แก่ Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, Ag และ Zn จึงควรทำการเก็บแยกต่างหากโดยใช้ขวดที่สะอาด และทำให้เป็นกรดด้วยกรดเกลือเข้มข้น หรือกรดดินประสิวเข้มข้นจนพีเอชต่ำกว่า 2 เพื่อลดการตกตะกอน ลากรูดซับบนผิวภาชนะ
5. แอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3 - \text{N}$) ในน้ำ ถ้าพีเอชสูงจะไปเปลี่ยนไปอยู่ในรูปแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3 - \text{N}$) ทำให้ค่าลดลง ฉะนั้น ควรเก็บแยกขวดและปรับพีเอชให้ต่ำลง

6. น้ำทิ้งในโรงงานอุตสาหกรรม ให้เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากทุก ๆ จุดที่ปล่อยน้ำออกมา หรือที่จุดรวมของน้ำทิ้ง

7. น้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน ให้เก็บตัวอย่างน้ำจากท่อระบายน้ำโสโครก

8. น้ำทิ้งจากระบบกำจัดน้ำเสีย ให้เก็บจากจุดต่าง ๆ ตามขั้นตอน

9. น้ำประปาให้ใช้ทิ้งสักครู่ก่อนเก็บ

10. น้ำบ่อควรเก็บภายหลังจากบ่อนั้นถูกสูบน้ำระยะหนึ่งแล้ว ควรจดอัตราเร็วของการสูบน้ำด้วย

11. แม่น้ำและลำธาร ควรเก็บน้ำจากผิวน้ำจนถึงก้นแม่น้ำตรงใจกลางแม่น้ำแล้วเอามารวมกันเป็นตัวอย่างรวมแบบ integrated ถ้าจะเก็บเป็นตัวอย่างแยกให้เก็บจากใจกลางแม่น้ำที่จุดกึ่งกลางของความลึก จึงจะนับว่าเป็นตัวอย่างที่ดีที่สุด

12. น้ำในทะเลสาบมักจะมีการแปรผันในคุณภาพทั้งในแนวตั้งและแนวนอน แต่ในภาพทั่วไปแล้ว เราไม่สนใจค่ารวมหรือเฉลี่ยของสภาพเหล่านี้ สนใจแต่การเปลี่ยนแปลงในแต่ละจุดเท่านั้น ดังนั้น จึงควรใช้ตัวอย่างมากกว่า

2.11 เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ

เครื่องมืออุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างน้ำ อาจทำด้วยพลาสติก เหล็กกล้า ไร้สนิมสำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก เครื่องใช้ที่ใช้ควรทำด้วยพลาสติก และมีส่วนประกอบของโลหะน้อยที่สุด ส่วนที่สัมผัสน้ำโดยตรงก็ไม่ควรเป็นโลหะ กระบอกเก็บตัวอย่างและน้ำหนักถ่วงควรหุ้มด้วยพลาสติก สายสลิงที่ใช้หย่อนเครื่องมือดังกล่าวควรทำจากพลาสติกหรือลวดที่เคลือบด้วยพลาสติก เครื่องมือเก็บตัวอย่างที่นิยมใช้ได้แก่ Van Dom, Niskin, Nansen ฯลฯ

สำหรับการวิเคราะห์สารป้องกันและสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ (pesticide) เครื่องมือควรทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม และภาชนะบรรจุที่ใช้แตกต่างกัน โดยคำนึงถึง

- วัสดุ
- รูปร่างและขนาด
- สี
- การเตรียมภาชนะบรรจุก่อนใช้

วัสดุ วัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุตัวอย่างน้ำควรเป็นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ กรดค่าง และมลพิษในตัวอย่างน้ำ มีความแข็งแรงทนทาน ไม่เปราะหรือแตกง่าย สามารถล้างทำความสะอาดได้ง่าย มี

ฝาปิดสนิท โดยทั่วไปนิยมใช้ขวดแก้ว หรือพลาสติกอย่างดีที่สุดที่แข็งและทนความร้อน เช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน แต่วัสดุที่ดีที่สุด คือ ควอตซ์ (quartz) หรือ เทฟลอน (teflon) แต่ราคาแพง

รูปร่างและขนาด ควรจะมีขนาดพอเหมาะที่จะบรรจุตัวอย่างน้ำได้พอเพียง สำหรับการวิเคราะห์ และไม่ใหญ่เกินไปที่จะถือหรือตั้งได้สะดวก และควรเป็นรูปทรงที่ไม่มีซอกมุมที่ทำให้ความสะอาดยาก เช่น ขวดทรงกระบอกสูงปากกว้าง เป็นต้น

สี โดยทั่วไปควรใช้วัสดุที่ไม่มีสี นอกจากในกรณีที่ต้องการสีเข้ม เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวอย่างน้ำถูกแสงแดด นิยมใช้พลาสติกขาวขุ่นหรือขวดแก้วสีชา เป็นต้น

2.12 ข้อควรพิจารณาในการเลือกภาชนะบรรจุ

การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ เช่น ไขมัน (oil) ควรใช้ภาชนะบรรจุที่ทำด้วยแก้ว ไม่ควรใช้ภาชนะที่ทำด้วยพลาสติก เนื่องจากเกิดขบวนการดูดซับสารที่ผิวผนังของภาชนะบรรจุได้ง่าย สำหรับวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ มีข้อควรคำนึง ดังนี้

1. ขวดแก้วสีชา ขวดแก้วสีชาเป็นภาชนะบรรจุที่เหมาะสมที่สุด ในการบรรจุตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สารป้องกันและสารฆ่าศัตรูพืช และสัตว์ แต่อาจแตกง่ายและมีน้ำหนักมาก ซึ่งไม่สะดวกในการเคลื่อนย้าย ในกรณีที่ไม่มีขวดแก้วสีชา อาจใช้ขวดแก้วใสห่อด้วยอะลูมิเนียม หรือกระดาษเพื่อ กันแสง ทั้งนี้เนื่องจากแสงอาจทำให้สารป้องกันและสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์สลายตัวได้ ขวดแก้วที่อาจนำมาบรรจุของเหลวได้ดี คือ ขวดสีชาที่บรรจุตัวทำละลาย (solvent) เช่น อะซิโตน (acetone) เฮกเซน (hexane) คลอโรฟอร์ม (chloroform) ปีโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) ฯลฯ สำหรับฝาจุกปิดขวดควรเป็นฝาแก้วหรือฝาพลาสติกที่เคลือบด้วยเทฟลอน หรือใช้อะลูมิเนียมที่ผ่านการล้างด้วยอะซิโตนหุ้มก่อนปิดฝาพลาสติก

2. ขวดพลาสติก ขวดพลาสติกไม่ควรนำมาใช้ในการบรรจุตัวอย่างที่เป็นของเหลว ประเภทสารอินทรีย์ โดยเฉพาะพลาสติกชนิด พอลิเอทิลีนชนิดหนาแน่นสูง (high density polyethylene, HDPE) เนื่องจากอาจเกิดการปนเปื้อนจากพอลิเอทิลีน แต่อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่จำเป็นอาจอนุโลมให้ใช้พลาสติกคุณภาพดี (inert or non degradable) ซึ่งผ่านการตรวจวิเคราะห์ได้ (limit of detection) ภาชนะบรรจุดังกล่าวได้แก่ พลาสติก ชนิดเทฟลอนหรือพลาสติกนาลีน (nalgene) ชนิดพอลิโพรพิลีน

3. ถูพลาสติก ถูพลาสติกไม่ควรนำมาบรรจุตัวอย่างโดยตรง เช่น บรรจุตัวอย่างน้ำ ถูพลาสติกจะใช้ได้กับตัวอย่างที่เป็นของแข็งหรือกึ่งของแข็ง ซึ่งห่อด้วยอะลูมิเนียมเปลวก่อนชั้นหนึ่ง อย่างไรก็ตามในกรณีที่ตัวอย่างมีขนาดใหญ่ และไม่สามารถบรรจุในขวดแก้ว ขวดพลาสติกหรือห่อ

ด้วยอะลูมิเนียมเปลว เช่น ผัก ผลไม้ อนุโลมให้ใช้ถุงพลาสติกได้ แต่ต้องเป็นถุงพลาสติกชนิดสำหรับบรรจุอาหารที่ใหม่และสะอาดเท่านั้น

4. ภาชนะโลหะ ภาชนะบรรจุที่เป็นโลหะ ดอกเห็อกจากภาชนะเหล็กกล้าไร้สนิมไม่ควรนำมาบรรจุตัวอย่างโดยตรง เนื่องจากอาจมีสารปนเปื้อน เช่น วัสดุเคลือบผิวประเภทแลคเกอร์ (oil film lacquer) หรือเรซิน (resin) จากตะเข็บรอยต่อ

การวิเคราะห์โลหะหนัก เช่น ทองแดง เหล็ก แมงกานีส สังกะสี โครเมียม แคดเมียม ตะกั่ว อะลูมิเนียม เป็นต้น ข้อควรคำนึงในการเลือกดังนี้

1. ขวดพลาสติกเป็นภาชนะที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โลหะหนักทั้งในแง่ของสารปนเปื้อนและอายุการใช้งาน พลาสติกที่ใช้สำหรับการเก็บตัวอย่างหนักได้แก่ พลาสติกชนิดพอลิฟลูออโรคาร์บอน พอลิเอทิลีน พอลิเมทิลเมทาไครเลต (polymethylmethacrylates หรือ plexiglas) และเทฟลอน ปัจจุบันภาชนะพลาสติกที่นิยมใช้กันมากเป็นชนิดพอลิเอทิลีน

2. ถุงพลาสติก ถุงพลาสติก ไม่ควรนำมาใช้ในการบรรจุตัวอย่างที่เป็นของเหลวโดยตรง อาจนำมาใช้ใส่ตัวอย่างที่เป็นของแข็ง หรือกึ่งของแข็งได้ อย่างไรก็ตามถุงพลาสติกที่ใช้ควรเป็นถุงพลาสติกชนิดสำหรับบรรจุอาหารใหม่และสะอาดเท่านั้น

3. ขวดแก้ว ไม่ค่อยเหมาะสม ในการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก เนื่องจากมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุสูง (high ion – exchange capacity) และมีสารโลหะหนักปนเปื้อนอยู่สูง นอกจากนี้ยังแตกเสียหายได้ง่าย ขวดแก้วที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ ขวดแก้วชนิดบอโรซิลิเกต แต่ขวดประเภทนี้มีราคาค่อนข้างสูง

4. ภาชนะบรรจุที่เป็นโลหะ ไม่ควรนำมาบรรจุตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์โลหะหนัก นอกจากนี้ การวิเคราะห์หาปริมาณโซเดียม ซิลิกา โบรอน ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมควรทำด้วยพลาสติกเช่นเดียวกัน เพื่อป้องกันการเปลี่ยนไอออนที่ผิวของภาชนะ

การทำความสะอาดเครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำและภาชนะบรรจุ

การเตรียมเครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำและภาชนะบรรจุก่อนใช้ โดยทั่วไปควรจะต้องล้างทำความสะอาดด้วยผงซักฟอกหรือน้ำยาล้างแก้ว ล้างด้วยน้ำสะอาดและล้างด้วยน้ำกลั่นในครั้งสุดท้าย แล้วทำให้แห้งในห้องที่ปราศจากฝุ่นละอองก่อนที่จะนำไปใช้ นอกจากนี้บางกรณีจะต้องมีกรรมวิธีพิเศษ เช่น ภาชนะที่ใช้บรรจุตัวอย่างที่จะวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ สารป้องกันและฆ่าศัตรูพืช และสารที่ตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์ทางด้านแบคทีเรีย ซึ่งมลพิษดังกล่าวโดยทั่วไปมีปริมาณน้อย (trace) การปนเปื้อนที่เกิดขึ้นจึงมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ การล้างเครื่องมือเก็บตัวอย่างและภาชนะบรรจุ มีขั้นตอนและวิธีการที่แตกต่างกัน ดังนี้

สำนักวิทยบริการสถาบันราชภัฏเทพสตรี

1. การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะที่ตกค้าง ขั้นตอนและวิธีการล้างเครื่องมือ เมื่อเก็บตัวอย่าง และภาชนะบรรจุขึ้นกับลักษณะของการศึกษาและปริมาณโลหะหนักที่มีในตัวอย่างที่ต้องการตรวจ จำแนกออกได้ 2 วิธี ดังนี้

- 1) การล้างเครื่องมือเก็บตัวอย่างและภาชนะบรรจุโดยทั่วไป ให้ดำเนินการดังนี้
 - ล้างด้วยผงซักฟอก
 - ให้น้ำประปาไหลผ่าน
 - ล้างภาชนะบรรจุด้วยกรดไนตริก 50% ชนิดที่มีความบริสุทธิ์สูง (deionized water)
 - ทำให้แห้งโดยวางในห้องที่สะอาด ปราศจากฝุ่นละออง
- 2) การล้างเครื่องมือเก็บตัวอย่างและภาชนะบรรจุเพื่อการวิจัย

(ก) เครื่องมือเก็บตัวอย่าง

1. เครื่องมือเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์โลหะหนักทั่วไป

- ล้างด้วยผงซักฟอก
- ล้างตามน้ำที่ปราศจากไอออน (deionized water)
- บรรจุเกลือชนิดอัลตราเพียวร์ 1 โมลาร์ ทิ้งไว้ 2-3 วัน
- ล้างด้วยน้ำกลั่นบริสุทธิ์ แล้วห่อถุงพลาสติก

2. เครื่องมือเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ปรอท

- ล้างด้วยผงซักฟอก
- ล้างแล้วบรรจุกรดไนตริก 0.5 โมลาร์ ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
- ล้างแล้วบรรจุด้วยส่วนผสมของกรดไนตริก 0.5 และโพแทสเซียมเปอร์มังกาเนต ($KMnO_4$) 0.1% และโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$) 0.01% ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
- เติมไฮดรอกซิลเอมีนไฮโดรคลอไรด์ (NH_2OHCl) 12% ลงไป
- ล้างแล้วบรรจุกรดซัลฟูริก 0.1 โมลาร์ ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
- ล้างด้วยน้ำกลั่นบริสุทธิ์ แล้วห่อด้วยถุงพลาสติก

(ข) ภาชนะบรรจุ

1. ภาชนะพลาสติก พลาสติกเป็นภาชนะที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่าง แต่ในการผลิตอาจมีอนุภาคโลหะขนาดเล็กฝังตัวอยู่บริเวณใต้ผิวหรือถูกดูดซับบนผิว นอกจากนี้ สารเติมแต่ง (additive) ในพลาสติก ซึ่งอาจจะรบกวนผลการวิเคราะห์โดยทำปฏิกิริยากับโลหะในน้ำ ดังนั้น ภาชนะใหม่จึงควรล้างด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น คลอโรฟอร์ม และล้างตามด้วยน้ำกลั่น ส่วนวิธีการล้างอนุภาคโลหะที่ปนเปื้อนอยู่ใช้วิธีการของ Patterson และ Settle ดังนี้

(1) ภาชนะพลาสติกชนิดเทฟลอน

146916

๖๒๘.๓๕
ปทุมเม
๑.๒

- ล้างด้วยกรดไนตริกเข้มข้น
- แช่กรดไนตริกเข้มข้นใน acid bath ที่ 70 °C เป็นเวลา 3 วัน
- ล้างด้วยน้ำกลั่นที่บริสุทธิ์
- เปลี่ยนเป็นกรดแล้วทำซ้ำอีกครั้ง
- แช่กรดไนตริกชนิดอัลตราเพียวร์ 0.1% ใน acid bath ที่ 70 °C เป็นเวลา 3 วัน
- ล้างด้วยน้ำกลั่น

ภาชนะบรรจุที่เป็นขวดให้บรรจุกรดไนตริกชนิดอัลตราเพียวร์ 0.1% แล้วห่อด้วยถุงพลาสติก โพลีเอทิลีนจนกว่าจะใช้

(2) ภาชนะพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน

- เต็มกรดเกลือในภาชนะบรรจุ
- ล้างด้วยน้ำกลั่นที่บริสุทธิ์
- เต็มกรดเกลือชนิดอัลตราเพียวร์ 1% ให้ความร้อนที่ 50 °C เป็นเวลา 3 วัน
- ล้างด้วยน้ำกลั่นที่บริสุทธิ์
- เต็มกรดเกลือชนิดอัลตราเพียวร์ 1% อีก 3 วัน
- ล้างด้วยน้ำกลั่น
- ภาชนะที่บรรจุที่เป็นขวดให้บรรจุน้ำกลั่น แล้วห่อด้วยถุงพลาสติก พอลิเอทิลีนจนกว่าจะใช้

(3) ภาชนะแก้วชนิดไพเรกซ์

แก้วไพเรกซ์ใช้สำหรับบรรจุตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปรอท ให้ล้างโดยวิธีของ Bothbner และ Robertson (1957) ดังนี้

- เต็มสารละลายผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต 0.1% และโปแตสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.1% ในกรดไนตริก 2.5% ให้ความร้อน 80 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็น
- เต็มไฮดรอกซิลเอมีนไฮโดรคลอไรด์ 12 % จำนวน 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- เต็มสแตนนัสคลอไรด์ (SnCl₂) 10 % ลงไป 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- ผ่านก๊าซไนโตรเจนเพื่อไล่สแตนนัสคลอไรด์ที่ทำปฏิกิริยาไม่หมด
- ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง
- เครื่องแก้วใหม่ให้ล้างด้วยวิธีการดังกล่าว 2 – 3 ครั้ง ก่อนใช้

หมายเหตุ การล้างภาชนะซึ่งแนะนำให้เต็มสารลงในภาชนะบรรจุแล้วนำไปใช้ความร้อนใน water bath อาจจะดัดแปลงเป็นการแช่ภาชนะบรรจุลงในสารต่าง ๆ ใน acid bath แทนได้

2. การวิเคราะห์หาปริมาณสารป้องกันและสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ มีขั้นตอนดังนี้

- ชะด้วยน้ำหรือตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ เช่น hexane
- ล้างด้วยผงซักฟอกชนิดปราศจากสารอินทรีย์หรือสารอินทรีย์ปะปนอยู่น้อยที่นิยม เช่นalconox
- ล้างด้วยน้ำประปา
- ล้างด้วยน้ำกลั่น
- ชะด้วย hexane ชนิด pesticide grade
- ทำให้แห้งและเก็บในที่ที่ไม่มีฝุ่น

3. การวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรีย ขวดเก็บตัวอย่าง ขวดแก้วปากกว้าง ความจุประมาณ 125 ลูกบาศก์เซนติเมตร พร้อมฝาจุกแก้ว ผ่านการล้างให้สะอาด คว่ำหรืออบให้แห้ง ปิดฝาจุกให้สนิท ใช้กระดาษอะลูมิเนียมหุ้มจุกขวดไว้ สำหรับจับเวลาเปิด บรรจุลงในกระป๋องโลหะเพื่อป้องกันการปนเปื้อนนำไปอบที่อุณหภูมิ 160 – 180 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

สำหรับตัวอย่างน้ำประปา หรือน้ำดื่มบางชนิด ที่มีคลอรีนตกค้างอยู่ในตัวอย่างน้ำ จะมีผลในการทำลายแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำ จำเป็นต้องกำจัดเสียก่อน โดยเติมสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ซึ่งมีความเข้มข้น 10 % จำนวน 0.1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในขวดเปล่าก่อนนำไปอบฆ่าเชื้อ

2.13 การถนอมคุณภาพตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำนั้น หากไม่ได้ทำการวิเคราะห์ทันทีแล้ว ส่วนประกอบของตัวอย่างน้ำจะเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำมลพิษหลายชนิดที่ไม่คงตัว มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เช่น แบคทีเรีย ความเป็นกรดค่า สารประกอบในโคโรเจน สารอินทรีย์ และอื่น ๆ เป็นต้น จึงได้มีการศึกษาวิธีการถนอมหรือรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำให้คงที่หรือเปลี่ยนแปลงให้น้อยที่สุด เพื่อลดหรือหยุดปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจำแนกออกได้ดังนี้ คือ

1. การแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C หรือแช่แข็ง เช่น การตรวจหาปริมาณความเป็นกรดความเป็นด่าง ซัลเฟต คลอไรด์ เป็นต้น ผลของการแช่เย็น ก็คือ

- ลดการทำงานของพวกจุลินทรีย์
- ลดอัตราเร็วของการเกิดขบวนการทางกายภาพและเคมี
- ข้อดีของวิธีนี้ คือ ไม่สารรบกวน (interference) ในการวิเคราะห์

ก) เติม Biocides เพื่อยับยั้งการทำงานของพวกจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ เช่น $HgCl_2$ เติมในปริมาณ 20 – 40 mg/l

ข) เติมกรด เช่น HNO_3 , H_2SO_4 เป็นการรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำโดยการควบคุม pH <2 เพื่อวัตถุประสงค์คือ

- ป้องกันการดูดซับไอออนที่ผิวภาชนะบรรจุและการตกตะกอน
- ยับยั้งการทำงานของพวกจุลินทรีย์

3. สารเคมีเฉพาะข้อมูล สารเคมีอื่น ๆ เช่น การวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์ รักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำได้โดยการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ให้ pH อยู่ในช่วง 10 – 11 การวิเคราะห์หา Hg นอกจากรักษาคุณภาพโดยการเติมกรดแล้ว อาจรักษาคุณภาพได้โดยการเติม 2 มล. 20 % (น.น. โดยปริมาตร) ของโพแทสเซียมไดโครเมต ในตัวทำละลาย 1 + 1 กรด HNO_3 ต่อน้ำตัวอย่าง 1 ลิตร หรือเติม 1 มิลลิลิตร กรด H_2SO_4 เข้มข้น และ 1 มิลลิลิตร 5 % (น.น. โดยปริมาตร) ของโพแทสเซียมไดโครเมต ตัวอย่างน้ำ 100 มล.

การเก็บคุณภาพตัวอย่างน้ำเฉพาะข้อมูลหนึ่ง ๆ นั้น กระทำได้ยากและถึงแม้จะมีการเติมสารเคมีลงไปในตัวอย่างสำหรับรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำเป็นกลุ่มแล้ว ก็ยังอาจมีผลกระทบต่อวิเคราะห์ได้ หากตัวอย่างน้ำนั้นมีสารแขวนลอยหรือความขุ่นอยู่ด้วย

นอกจากนี้ ระยะเวลาในการเก็บรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำหลังจากเติมสารเคมี เพื่อรักษาคุณภาพ ก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน เนื่องจากในช่วงที่เก็บรักษาคุณภาพน้ำนั้น อาจเกิดขบวนการต่าง ๆ ที่ทำให้ส่วนประกอบหรือมวลสารต่าง ๆ น้ำเปลี่ยนแปลง ขบวนการดังกล่าว ได้แก่

(1.) ขบวนการทางชีววิทยา

- ปฏิกริยาหมักของจุลินทรีย์ในน้ำ

(2.) ขบวนการทางเคมี

- การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน : $\text{Fe}^{2+} + e$
- การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ จะมีผลให้ pH ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เปลี่ยนแปลง
- การเกิดขบวนการ depolymerization

(3.) ขบวนการทางกายภาพ

- การดูดซึมของพวกคอลลอยด์
- การดูดซึมสารที่ผิวภาชนะบรรจุ ตะกอนดินที่มีอยู่ในน้ำ
- การรวมตัวเป็นตะกอนของพวกคอลลอยด์ สารแขวนลอย

ดังนั้น ในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เพื่อให้ผลการตรวจวิเคราะห์ที่ได้ไม่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ควรทำการวิเคราะห์ทันที โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามเวลา เช่น อุณหภูมิ pH ค่าความนำไฟฟ้า เป็นต้น สำหรับมลพิษบางชนิดในน้ำเป็นสารที่ไม่คงตัว มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จำเป็นต้องใช้วิธีการถนอมคุณภาพที่เหมาะสม ซึ่งต้องคำนึงถึงระยะเวลาในการเก็บรักษาควบคุมไปด้วย หากเก็บตัวอย่างไว้นานเกินไป จะทำให้เกิดการสลายตัวของมลพิษบางชนิด เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 Summary of Special Sampling or Handling Requirements

Determination	Container	Minimum Sample Size (ml)	Storage and/ or Preservation
Acidity	P, G(B)	100	24 hr; refrigerate
Alkalinity	P, G(B)	200	24 hr; refrigerate
BOD	P, G	1,000	6 hr; refrigerate
Boron	P	100	
Carbon, organic, total	G(brown)	100	Analyze as soon as possible refrigerate or add HCL to pH ≤ 2
Carbon dioxide	P, G	100	Analyze immediately
COD		100	Analyze as soon as possible add H ₂ SO ₄ to pH ≤ 2
Chlorine dioxide	P, G	500	Analyze immediately
Chlorine, residual	P, G	500	Analyze immediately
Chlorophyll	L	500	30 days in dark; freeze
Color	G	500	
Cyanide	P, G	500	24 hr; and NaOH to pH 12 : refrigerate
Fluoride	P	300	
	Calibrated	1,000	Add HCl to pH ≤ 2
Iodine	P, G	500	Analyze immediately
Metals	P, G	-	For dissolved, metals separate by filtration immediately add 5 ml conc HNO ₃ /l
Nitrate	P, G	100	Analyze as soon as possible; add 0.8 ml conc H ₂ SO ₄ /l; Refrigerate

(ต่อ)

Determination	Container	Minimum Sample Size (ml)	Storage and/ or Preservation
Nitrate	P, G	100	Analyze as soon as possible; add 40 mg. HgCl_2/l and refrigerate on freeze at -20°C
Organic	P, G	500	Analyze as soon as possible; refrigerate or add 0.8 ml. Conc $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{l}$
Oder	G	500	Analyze as soon as possible; Refrigerate
Oxygen, dissolved	P	300	Analyze immediately
Ozone	G BOD bottle	1,000	Analyze immediately
Pesticides (organic)	G	-	-
PH	G (s)	-	-
Phenol	P, G(B)	500	24 hr; and H_3PO_4 to $\text{pH} \leq 0.4$ and 1 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}/\text{l}$; refrigerate
Phosphate	G(A)	100	For dissolved phosphates separate by filtration immediately; freeze at $\leq -10^\circ\text{C}$ and/ or add 40 mg HgCl_2/l
Residue	P, G(B)	-	-
Salinity	G, was seal	240	Analyze immediately or use wax
Sulfate	P, G	-	Refrigerate
Sulfide	P, G	100	Add 4 drops 2N zinc Acetate /100 ml.

(ต่อ)

Determination	Container	Minimum Sample Size (ml)	Storage and/ or Preservation
Sulfite	P, G	-	Analyze immediately
Taste	G	500	Analyze as soon as possible. Refrigerate
Temperrature	-	-	Analyze immediately
Turbidity	P, G	-	Analyze same day ; store in dark for up to 24 hr.
Silica	P	-	-

* see text for additional details, for determinations not listed, no special requirements have been set: use glass or plastic containers, preferably refrigerate during storage, and analyze as soon as possible.

p = plastic (polyethylene or equivation); G = glass, G(A) or P(A) = rinsed with 1 + 1 HNO₃; G(B) = glass, borosilicate; G(S) = glass, rinsed with organic solvents.

ที่มา : Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 14th Edition, 1975, p.42

2.14 สมบัติของน้ำทางเคมี

2.14.1 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิ หมายถึง ระดับความร้อน อุณหภูมิของน้ำที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำลำธารสาธารณะ มีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยที่สิ่งมีชีวิตในน้ำอาจถึงตายได้ในกรณีที่อุณหภูมิของน้ำที่สูงเกินไป และยังมีผลให้การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลงอีกด้วย ตามประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรมยอมให้อุณหภูมิของน้ำที่ปล่อยลงสู่สาธารณะได้ไม่เกิน 40 °C

เครื่องมือ

เทอร์โมมิเตอร์ (mercury filled thermometer) ชนิดอ่านค่าออกมาเป็นองศาเซลเซียส สเกลอ่านได้ละเอียด 0.1 °C

2.14.2 พีเอช (pH)

ความเป็นกรดของน้ำ เป็นความสามารถของน้ำที่จะให้โปรตอน หรือ ทั้งนี้รวมถึงกรดอ่อนที่แตกตัวได้น้อย (weakly ionizing acids) เช่น กรดคาร์บอนิก กรดแทนนิก ตลอดจนพวกเกลือ ซึ่งไฮโดรไลส์ได้ เช่น เฟอร์รัสซัลเฟต อลูมิเนียมซัลเฟต และพวกกรดแร่ เหล่านี้ล้วนมีส่วนเพิ่มความเป็นกรดเมื่อตัวอย่างน้ำมีค่าพีเอชต่ำ ความเป็นกรดมีความสำคัญ เพราะเป็นตัวที่ทำให้เกิดการกัดกร่อน และมีค่าพีเอชต่ำ ความเป็นกรดมีความสำคัญ เพราะเป็นตัวที่ทำให้เกิดการกัดกร่อน และมีอิทธิพลต่อกระบวนการทางเคมีและชีวะ หากความเป็นกรดของน้ำได้โดยการไทเทรตน้ำนั้นด้วยด่างแก่ ทราบความเข้มข้นแน่นอน เช่น NaOH จนถึงพีเอชที่กำหนด ความเป็นกรดเบสของน้ำทำให้ทราบถึงคุณภาพของน้ำ ความเป็นกรดเป็นเบสในน้ำที่สำคัญ คือ

1. Carbon Dioxide Acidity

คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำตามธรรมชาติทั่วไป สำหรับน้ำผิวดินจะได้รับแก๊สนี้จากบรรยากาศโดยการดูดซึม แต่ในกรณีนี้จะเป็น ไปก็ต่อเมื่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำน้อยกว่าในอากาศ คาร์บอนไดออกไซด์อาจเกิดขึ้นจากการออกซิเดชันทางชีวะของสารอินทรีย์ในน้ำ โดยเฉพาะในน้ำโสโครก ในกรณีนี้ ถ้าการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นน้อย ความดันของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำจะสูงกว่าในอากาศ ก็จะหนีสู่บรรยากาศ จะเห็นได้ว่าการดูดและคายคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างน้ำและอากาศ จะมีอยู่ตลอดเวลา เพื่อรักษาปริมาณของมันให้คงที่ คือให้อยู่สมดุลกับน้ำ

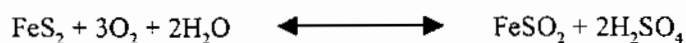
สำหรับน้ำบาดาลและน้ำจากชั้นล่างของทะเลสาบ หรืออ่างเก็บน้ำที่มีการแบ่งชั้นของน้ำ เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ (thermal stratification) จะมีคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในปริมาณสูงกว่าน้ำผิวดิน ทั้งนี้การออกซิเดชันของสารอินทรีย์ โดยแบคทีเรียทั้งแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน ดังนั้นความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ จะไม่ถูกจำกัดโดยปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ตอนเริ่มต้น ปกติมักพบน้ำใต้ดินมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง 30 – 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเกิดขึ้นได้เมื่อน้ำไหลผ่านชั้นของดินที่มีแคลเซียมคาร์บอเนต หรือแมกนีเซียมคาร์บอเนต ไม่พอที่จะสะเทินคาร์บอน ไดออกไซด์ เพื่อให้เกิดความเป็นไบคาร์บอเนต ดังสมการ



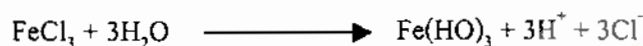
ความเป็นกรดของน้ำที่เกิดจากคาร์บอนไดออกไซด์เรียกว่า carbon dioxide acidity ซึ่งพบว่าคาร์บอนไดออกไซด์หรือกรดคาร์บอนิกอย่างเดียวจะไม่ทำให้พีเอชของน้ำลดลงต่ำกว่า 4.5

2. ความเป็นกรดเนื่องจากกรดแร่ (Mineral Acidity)

ความเป็นกรดที่เกิดขึ้นเนื่องจากกรดแร่ที่เป็นกรดแก่ น้ำที่มีความเป็นกรดชนิดน้ำจะมีพีเอชต่ำกว่า 4.5 พบในน้ำทิ้งจากโรงงานถลุงโลหะ โรงงานผลิตสารอินทรีย์ แต่น้ำธรรมชาติอาจมี mineral acidity ได้ เช่น ในกรณีที่น้ำไหลผ่านเหมืองเก่า ๆ ซึ่งมากจะมีพวกกรดกำมะถัน เกลือของกรดกำมะถัน ซัลไฟด์เหล็กไพไรต์ (FeS) สำหรับ 2 ตัว หลังอาจถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดกำมะถัน และซัลเฟต โดยอาศัย sulfuroxidizing bacteria ภายใต้อากาศที่มีออกซิเจน ดังสมการ



เกลือของโลหะหนักโดยเฉพาะพวกที่มีเวเลนซ์ 3 เช่น Fe^{3+} , Al^{3+} จะถูกไฮโดรไลสในน้ำ ปล่อยพวก mineral acidity ออกมา เช่น



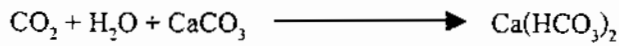
ซึ่งในกรณีที่มีสารนี้ จะเกิดเป็นตะกอนขึ้น เมื่อมีพีเอชของสารละลายเพิ่มขึ้นในปฏิกิริยาสะเทิน สำหรับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิดที่มีกรดอินทรีย์อยู่ จะทำการหาปริมาณกรดได้ดี โดยใช้ electrometric titration curve

ความเป็นกรดมีความสำคัญเพียงเล็กน้อยทางด้านสุขาภิบาลและสาธารณสุขและปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ในเครื่องต้มต่าง ๆ จัดว่าสูงกว่าที่มีอยู่ตามธรรมชาติมากแต่ยังไม่รายงานเกี่ยวกับอันตรายต่อสุขภาพของคนเลย น้ำที่มี Mineral acidity โดยทั่วไปจะมีรสไม่น่าบริโภค แต่ยังไม่เคยมีปัญหาทางด้านสุขาภิบาล ความเป็นกรดในน้ำนั้นมีสมบัติในการกัดกร่อน ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำใช้ในการคำนวณหาปริมาณปูนขาวที่จะใช้เพื่อกำจัดความกระด้างของน้ำโดยวิธี lime soda นอกจากนี้ ในการกำจัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางชีวจะต้องควบคุมพีเอชให้อยู่ในระหว่าง 5.6 - 8.5 ซึ่งเป็นพีเอชที่เหมาะสม ในการนี้ต้องใช้สารเคมีซึ่งการหาค่าคำนวณปริมาณที่จะต้องใช้อาศัยค่าความเป็นกรดด้วย

ความเป็นด่างเป็นความสามารถของน้ำที่จะรับโปรตอนหรือเป็น quantitative capacity ของน้ำสะเทินกรดแก่จนถึงพีเอชที่ต้องการ ค่าที่วัดอาจแตกต่างกันไปแล้วแต่จุดยุติ (end point) พีเอช ที่ใช้ในการหาค่าความเป็นด่างของน้ำตามธรรมชาติมักเกิดจาก

1. เกลือของกรดอ่อน (salt of weak acids) เช่น คาร์บอเนต บอเรต ฟอสเฟต ซิลิเกต ตลอดจน เกลือของกรดอินทรีย์บางตัวที่มีความทนทานต่อการออกซิเดชันทางชีว เช่น กรดฮิวมิก ส่วนใหญ่

แล้วจะได้แก่ พวกไบคาร์บอเนต ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของ CO_2 , H_2O และเป็นสารที่เป็นค่าที่มีอยู่ดังสมการ



2. เบสแก่และเบสอ่อน (strong and weak base) เช่น ไฮดรอกไซด์ ในบางสภาวะ ธรรมชาติ อาจมีพวกคาร์บอเนตและไฮดรอกไซด์อยู่ในปริมาณสูง เช่น น้ำผิวดิน ซึ่งมีสาหร่ายมาก สาหร่ายมีการสังเคราะห์ CO_2 จากน้ำไปใช้ในการปรุงอาหาร (photosynthesis) ทำให้พีเอชของน้ำสูงขึ้นประมาณ 9 – 10 น้ำที่ใส่หม้อต้มน้ำ (boiler water) จะมีพีเอชสูง ทั้งนี้เพราะเมื่อต้มไบคาร์บอเนตที่มีอยู่ในน้ำจะถูกเปลี่ยนให้เป็นคาร์บอเนตและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งคาร์บอเนตจะถูกเปลี่ยนต่อไปเป็นไฮดรอกไซด์กับคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งคาร์บอเนตจะถูกเปลี่ยนต่อไปเป็นไฮดรอกไซด์กับคาร์บอนไดออกไซด์ และถูกขับออกไปเมื่อน้ำเดือดเหลือไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นค่าแก่ ฉะนั้น ในบางสภาวะจะทำให้พีเอชสูง

น้ำที่ผ่านกรรมวิธีทางเคมี โดยเฉพาะการทำให้หายกระด้าง (water softening) โดยใช้ไลม์โซดาแอส น้ำพวกนี้จะมีพีเอชสูง เพราะมีไฮดรอกไซด์เหลืออยู่ในน้ำ สรุปแล้วความเป็นค่า สาเหตุส่วนใหญ่มาจากองค์ประกอบของสารละลาย 3 ชนิดด้วยกัน ซึ่งจะเรียงกันไป โดยพิจารณาการที่มันทำให้น้ำมีค่าพีเอชสูงจากมากไปหาน้อย คือ

1. ไฮดรอกไซด์
2. คาร์บอเนต
3. ไบคาร์บอเนต

น้ำที่ผ่านกรรมวิธีต่าง ๆ ทางเคมีจะมีพีเอชสูง เนื่องจาก alkalinity ค่าความเป็นค่าในน้ำควรมีเพียงพอสำหรับการเกิดเป็นตะกอน ในน้ำประปามีปริมาณของ CO_3^{2-} , OH^- และ HCO_3^- ซึ่งเป็นบ่อเกิดของความเป็นค่าของแข็งที่ละลายน้ำและแคลเซียม ทั้งนี้ เพราะข้อบังคับซึ่งอนุญาตให้มีค่าของที่ละลายน้ำมีลิตรต่อลิตร และพีเอช 6 – 8.5 จะต้องมีค่าความเป็นค่าอย่างต่ำ 30 mg/l ส่วนค่าค่าสูงที่สุดในน้ำประปาขึ้นอยู่กับปริมาณค่า 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่เหมาะที่จะทำน้ำประปา น้ำที่จะทำน้ำประปามีค่าความเป็นค่าระหว่าง 30 – 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นค่ามีความสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำธรรมชาติ และน้ำเสียต่าง ๆ ใช้การชี้บอกถึงความเข้มข้นของ CO_3^{2-} , OH^- และ HCO_3^- ซึ่งเป็นองค์ประกอบของความเป็นค่าในน้ำ ธรรมชาติค่าที่วัดได้อาจใช้ค่าความเป็นค่าในการพิจารณาความเหมาะสมของน้ำนั้น ในการชลประทานค่าความเป็นค่ายังใช้ในการแปรผลและควบคุมขบวนการปรับปรุงน้ำเสีย น้ำโสโครกดิบจากอาคารบ้านเรือนมีค่าความเป็นค่าสูงกว่าน้ำประปาเพียงเล็กน้อย การทำ anaerobic digest ที่เหมาะจะทำให้มีค่าความเป็นค่าในช่วง 2,000 – 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต สำหรับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ค่าความเป็นค่า

จะชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ถ้าแหล่งของตัวอย่างที่เก็บมามีระดับความเป็นด่างที่ค่อนข้างคงตัว

2.14.3 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen, DO)

ออกซิเจนนับว่าเป็นแก๊สที่มีความสำคัญมากในการดำรงชีวิตของคน สัตว์และพืช เพราะต้องถูกนำไปใช้ในขบวนการต่าง ๆ เพื่อก่อให้เกิดพลังงาน ขบวนการต่าง ๆ ที่ต้องการออกซิเจนเรียกว่า aerobic process แก๊สต่าง ๆ ในบรรยากาศละลายน้ำได้มากน้อยต่างกันแล้ว แต่ละชั้นของแก๊สสำหรับไนโตรเจนและออกซิเจนเป็นแก๊สที่ละลายน้ำได้น้อยมาก และเนื่องจากไม่ได้ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำ ดังนั้น การละลายจึงขึ้นอยู่กับความดันบรรยากาศ (partial pressure) ความเค็ม (salinity) และอุณหภูมิ

ค่าการละลาย (solubility) ของออกซิเจนในน้ำจะอยู่ในช่วง 14.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 0 °C และ 7 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ 35 °C ภายใต้ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ ซึ่งจะเห็นว่าลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความจริงข้อนี้สำคัญมาก เพราะอัตราของการออกซิเดชันทางชีวะ จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และความต้องการออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะที่ออกซิเจนที่ละลายในน้ำน้อยลง ความจริงข้อนี้จะเห็นได้ชัดในต่างประเทศ หรือแม้แต่ในประเทศไทยเอง คือ ในฤดูร้อนปริมาณออกซิเจน (DO) ละลายในน้ำน้อยลงเพราะว่าอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้เกิดการเน่าเหม็นของน้ำในแม่น้ำลคลอง เนื่องจากออกซิเจนไม่พอสำหรับทำให้เกิด aerobic process เป็นตัวอย่างที่เห็นได้ชัดในเรื่องนี้ low solubility ของออกซิเจนในน้ำจะมีมากหรือน้อยกว่าที่ปริมาณอิ่มตัวขึ้นอยู่กับสถานะของน้ำ เช่น ถ้ามีการสังเคราะห์แสงมากจะมีปริมาณออกซิเจนในน้ำสูง มีการละลายดีขึ้น แต่ถ้ามีการสลายตัวของสารอินทรีย์ทำให้ออกซิเจนในน้ำถูกนำไปใช้ ดังนั้น ปริมาณออกซิเจนในน้ำจะลดลง นอกจากนี้ปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ การออกซิไดส์ของโลหะต่าง ๆ เช่น F^{2+} , Mn^{2+} , S^{2-} น้ำเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง

การละลายของออกซิเจนในน้ำที่มีเกลือแร่ต่ำกว่าในน้ำสะอาด ดังนั้น ณ อุณหภูมิจุดหนึ่ง การละลายของออกซิเจนในน้ำจืดจะค่อย ๆ ลดลง เมื่อน้ำนั้นเข้าใกล้ทะเลทุก ๆ ที่ คือการละลายของออกซิเจนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและปริมาณคลอไรด์ในน้ำ (คลอไรด์ในน้ำทะเลมีประมาณ 20,000 มิลลิกรัมต่อลิตร) และในทำนองเดียวกันในน้ำเสีย ค่าอิ่มตัวของออกซิเจนที่ละลายจะน้อยกว่าในน้ำสะอาด

ตารางที่ 2.2 การละลายของออกซิเจนในน้ำภายใต้สภาวะต่าง ๆ

อุณหภูมิ °C	ปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	Chlorinity : 0	5	15	25
0	14.621	13.728	15.097	10.657
5	12.770	12.024	10.656	9.441
10	11.288	10.656	9.493	8.545
15	10.084	9.541	8.540	7.624
20	9.092	8.621	7.749	6.964
25	8.263	7.850	7.083	6.390
30	7.559	7.194	6.513	5.896
35	6.950	6.624	6.017	5.464
40	6.412	6.121	5.576	5.078
45	5.927	5.665	5.174	4.724
50	5.477	5.242	4.799	4.392

$$\text{Salinity} = 1.80655 \times \text{Chlorinity}$$

จากตาราง ปริมาณ salinity และอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทำให้ออกซิเจนละลายได้น้อยลง

ความสำคัญของ DO

1. DO ในน้ำเสียเป็นตัวชี้ว่าปฏิกิริยาทางชีวะที่เกิดขึ้น จะเกิดโดยจุลินทรีย์ aerobic หรือ anaerobic organism ประเภท aerobic organism ใช้ ออกซิเจนอิสระเพื่อออกซิไดส์สารอินทรีย์ และ สารอนินทรีย์ เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีอันตราย ในขณะที่ anaerobic organism ทำให้เกิดออกซิเดชัน โดยการรีดิวซ์เกลืออนินทรีย์บางตัว เช่น SO_4^{2-} เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นเหม็น จุลินทรีย์ทั้งสองชนิดพบทั่วไปในธรรมชาติ จึงจำเป็นที่จะต้องรักษาสภาวะที่พวก aerobic organism ชอบไว้ (คือมีออกซิเจน) มิฉะนั้น anaerobic organism จะเข้ามาแทนที่ การหาค่า DO เพื่อที่จะรักษาสภาพ aerobic condition ในน้ำธรรมชาติ ซึ่งจะสามารถรับสิ่งสกปรกจากแหล่งต่าง ๆ นอกจากนี้ยังใช้ในการรักษาสภาวะที่เหมาะสมในขบวนการ aerobic treatment process ด้วย

2. ค่า DO มีความสำคัญในการที่จะรักษาสภาวะของน้ำให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ คือให้มี DO ปริมาณพอเหมาะ เช่น ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นต้น

นั่นคือ ค่า BOD มาตรฐานจะใช้ incubate ที่อุณหภูมิ 20 ± 1 °C เป็นเวลา 5 วัน สาเหตุที่ต้องใช้อุณหภูมิและเวลาดังกล่าวก็เพราะที่ 20 °C เป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับน้ำทั่วไปและ nitrifying bacteria เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมินี้ ส่วนการเลือกใช้เวลาที่ incubate 5 วัน ก็เพราะถ้าเวลาน้อยกว่านี้ ปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไปจะน้อยมาก และเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ O_2 ในระยะที่ 2 ดังกล่าวข้างต้น ประการสุดท้าย ถ้าเวลา incubate นานเกินไปอาจไม่ทันกับการที่จะปล่อยน้ำเสียต่าง ๆ ลงแม่น้ำลำคลองมักเขียนสัญลักษณ์ของค่า BOD ที่ใช้เวลา incubate 5 วัน BOD_5

ในการหาค่า BOD ของน้ำควรคำนึงถึงแฟกเตอร์ต่าง ๆ ที่จะทำให้ค่า BOD ที่ได้มีค่าแน่นอนเชื่อถือได้ โดยยึดหลักทั่วไปดังนี้

1. ใช้อุณหภูมิ 20 ± 1 °C ในการ incubate เป็นเวลา 5 วัน
2. ไม่ควรให้ตัวอย่างสัมผัสกับอากาศและแสงสว่างเพื่อป้องกันการเติมออกซิเจนและการสังเคราะห์แสง (โดย incubate ในตู้มืด จุกขวดปิดให้แน่นและใช้น้ำกลั่นหล่อบนจุกขวดเสมอ)
3. น้ำบางชนิดมีความสกปรกมากจะต้องทำให้เจือจางก่อน มิฉะนั้นออกซิเจนในน้ำอาจไม่พอตลอดช่วงของการทดลอง ปกติสำหรับ raw sewage ใช้ 1 – 5% การทำเจือจาง ส่วนน้ำธรรมชาติทั่วไปใช้ 25 – 100% การทำเจือจาง ด้วยน้ำสำหรับใช้เจือจาง ซึ่งจะกล่าวต่อไปภายหลัง นอกจากนี้จะต้องให้ปริมาณของออกซิเจนลดน้อยลงไปอย่างน้อย 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และเหลือออกซิเจน 1 มิลลิกรัมต่อลิตรของแต่ละตัวอย่าง
4. น้ำสำหรับใช้เจือจางควรปราศจากสารซึ่งไปหยุดยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย เช่น ทองแดง คลอรีน นอกจากนี้ควรมี พีเอช ที่เหมาะสม และประกอบด้วย ธาตุอาหารที่จำเป็น ตลอดจนสารอื่น ๆ ที่แบคทีเรียต้องการ เช่น ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน แคลเซียม และแมกนีเซียม ข้อสำคัญจะต้องอิมตัวด้วยออกซิเจน
5. การเติมเชื้อ (seeding) เนื่องจากในน้ำตัวอย่างบางชนิดมีแบคทีเรียที่จะย่อยสารอาหารไม่เพียงพอ ดังนั้น จึงต้องเติมแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ซึ่งพบมากในน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนลงไปด้วย เรียกแบคทีเรียที่เติมลงไปว่าน้ำเชื้อ (seed)
6. เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำสำหรับใช้เจือจางไม่มีสารหรือสิ่งที่จะไปหยุดยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ทุกครั้งที่ทำการมีตัวอย่างที่มาตรฐาน เช่น กลูโคส หรือกรดกลูตามีนทำควบคู่ไปกับตัวอย่างน้ำด้วย

ประโยชน์ของค่า BOD

1. เพื่อศึกษาของ sewage และ industrial waste ในทอมของออกซิเจนที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์
2. ใช้หาปริมาณของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเพื่อนำไปหาอัตราการออกซิไดส์ที่เกิดหรือเพื่อหาอัตราที่ BOD จะถูกใช้ไป
3. ใช้ในการควบคุมความสกปรกของลำธาร แม่น้ำ ว่าควรจะทำจัดการอินทรีย์ที่จะทิ้งลงน้ำแค่ไหน เพื่อที่จะให้มีระดับของออกซิเจนในน้ำเหลืออยู่ตามต้องการ
4. ใช้วัดความสามารถของแหล่งน้ำที่จะกำจัดความสกปรกโดยธรรมชาติ
5. ใช้ตรวจคุณภาพของ effluent ที่ปล่อยทิ้งลงน้ำ
6. ใช้หาประสิทธิภาพของโรงบำบัดน้ำโสโครก
7. ใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพของแหล่งน้ำและน้ำเสีย

การวิเคราะห์หาค่าบีโอดี (BOD) เป็นการวัดความสกปรกของน้ำเสียในทอมของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน การหาบีโอดีเป็นกระบวนการทดสอบทางชีววิทยาเพื่อหาปริมาณค่าออกซิเจนซึ่งแบคทีเรียใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายใต้สภาวะที่เหมือนกับที่เกิดในธรรมชาติที่สุด เพื่อที่จะให้การวิเคราะห์เป็นปริมาณวิเคราะห์ จึงต้องทำให้แฟกเตอร์ต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการย่อยสลายคงที่ นั่นคือค่าบีโอดีมาตรฐานต้อง incubate ที่อุณหภูมิ $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5 วัน

2.1.5 โลหะหนัก

โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความหนาแน่นเกินกว่า 5 กรัม/ลบ.ซม. ตัวอย่างเช่น ตะกั่ว แคดเมียมปรอท นิเกิล โครเมียม โคบอลต์ สังกะสี เหล็ก ทองแดง เป็นต้น แม้ว่าโลหะหนักหลายชนิด เช่น ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม จะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตสูงมาก แต่จากปริมาณและอัตราการหมุนเวียนปรากฏอยู่ในธรรมชาติมีโอกาที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตน้อยมากแต่ในระยะไม่กี่สิบปีปริมาณและการหมุนเวียนดังกล่าวได้ถูกรบกวนโดยกระบวนการทั้งด้านอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมทำให้โลหะหนักมีการสะสมเพิ่มปริมาณมากขึ้น

โลหะหนักส่วนใหญ่มีสมบัติทางกายภาพคล้ายคลึงกัน แต่สมบัติทางเคมีแตกต่างกันมาก จึงมีผลทำให้ความเป็นพิษที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตแตกต่างกันออกไปเป็นหลายแบบเราจะถือว่าโลหะหนักชนิดใดเป็นสารพิษก็ต่อเมื่อระดับความเข้มข้นสูงเกินกว่าค่าที่กำหนดหรือไม่

ตารางที่ 2.3 ปริมาณโลหะที่ร่างกายทนได้โดยไม่เกิดอันตราย ปริมาณที่ได้รับต่อวัน

ELEMENT	HUMAN BODY BURDEN (mg/70kg)	DAILY IN TAKE (mg)	EARTH'S CRUST (ppm)
Aluminium	100	36.4	81,300
Antimony	<90		0.2
Arsenic	<100	0.7	2
Barium	16	16	400
Boron	<10	0.01 – 0.02	16
Cadmium	30	0.018 – 0.20	0.2
Calcium	1,050,000		36,300
Cesium	<0.01		1
Chromium	<6	0.06	200
Cobalt	1	0.3	23
Copper	100	3.2	45
Germanium	Trace	1.5	1
Gold	<1		0.005
Iron	4,100	15	50,000
Lead	120	0.3	15
Lithium	Trace	2	30
Magnesium	20,000	500	20,900
Manganese	20	5	1,000
Mercury	Trace	0.02	0.5
Molybdenum	9	0.35	1
Nickel	<10	0.45	80
Niobium	100	0.60	24
Potassium	140,000		25,900

ELEMENT	HUMAN BODY BURDEN (mg/70kg)	DAILY IN TAKE (mg)	EARTH'S CRUST (ppm)
Rubidium	1,200	10	120
Selenium	15	0.06 – 0.15	0.09
Silver	1		0.1
Sodium	105,000		28,300
Strontium	140	2	450
Tellurium	600	0.6	0.002
Tin	30	17	3
Zinc	2,300	12	65
Zirconium	250	3.5	70

*Data derived largely from Schroeder, 1956 b.

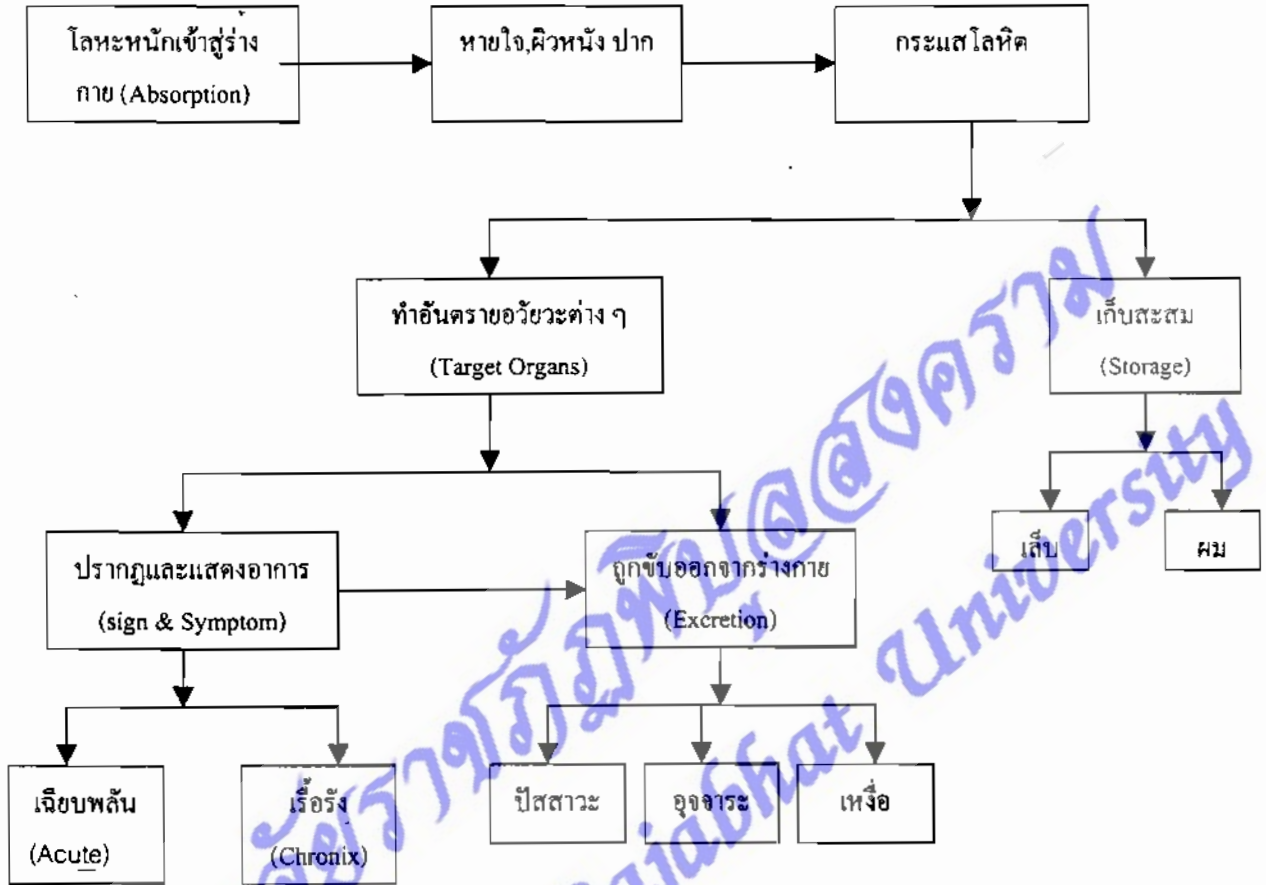
ระดับความเป็นพิษของโลหะหนักแต่ละชนิดแตกต่างกันออกไป บางชนิดมีพิษสูงมากแม้จะมีระดับความเข้มข้นต่ำมาก เช่น พรอท แคดเมียม โลหะหนักบางชนิดแม้เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต และเมตาโบลิซึม แต่ถ้ามีระดับมากเกินไปก็สามารถเป็นอันตรายได้ เช่น ทองแดง สังกะสี

— ความเป็นพิษของโลหะหนักเกิดจากการรบกวนของเมตาโบลิซึม (metabolism) ของเซลล์ที่สำคัญ คือ การรบกวนการทำงานของเอนไซม์ โลหะหนักที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงเช่นทองแดง พรอท และเงิน จะยึดจับกลุ่มอะมิโน อิมิโน และซัลไฮดริลของเอนไซม์ขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ที่มีกลุ่มเหล่านี้ ความเป็นพิษของโลหะหนักขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น คุณสมบัติของโลหะหนัก ขนาด หรือปริมาณที่ได้รับ เส้นทางที่ได้รับเข้าสู่ร่างกาย ระยะเวลาที่ได้รับ ความแตกต่างของความต้านทานในแต่ละบุคคล อายุ และมาตรการป้องกันในการใช้สารเคมี เป็นต้น

ถึงมีชีวิตตอบสนองต่อพิษของโลหะหนักได้หลายแบบ โดยเฉพาะมีผลที่สำคัญต่อพฤติกรรมในระดับเซลล์โดยแบ่งเป็นแบบต่างๆ ได้ 5 แบบ คือ

1. ทำให้เซลล์ตาย
2. เปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของเซลล์
3. เป็นตัวการชักนำให้เกิดมะเร็ง
4. เป็นตัวทำให้เกิดความผิดปกติแต่กำเนิด
5. ทำความเสียหายต่อโครโมโซม (Chromosome)

โดยทั่วไปแล้วแหล่งน้ำธรรมชาติ จะมีปริมาณของโลหะหนักอยู่น้อย โรงงาน อุตสาหกรรม ที่เกี่ยวข้องกับโลหะหนักจะเป็นสาเหตุที่จะทำให้ ปริมาณโลหะหนักในน้ำสูงขึ้นซึ่งทำให้เกิดมลภาวะทางน้ำ โลหะหนักจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคและสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ ปรอท ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม แมงกานีส สังกะสี ฯลฯ



แผนภาพแสดงการเกิดอันตรายของโลหะหนักเมื่อเข้าสู่ร่างกาย

การวิเคราะห์หาปริมาณของโลหะด้วยอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตเมตรี (Determination of Metals by atomic absorption spectrophotometry) มีหลักการคือ การดูดกลืนพลังงานที่มีความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน ของอะตอมของโลหะหนักแต่ละชนิดเมื่อโลหะหนักต่าง ๆ ที่อยู่ในสารละลายถูกเผาด้วยความร้อนสูง (Flame) จะถูกทำให้เป็นอะตอมอิสระ เมื่ออะตอมอิสระเหล่านี้ถูกพลังงานแสงที่มีความยาวช่วงคลื่นเฉพาะตัว (จาก Hollow Cathode Lamp) จะถูกดูดกลืนแสงเมื่อเราวัดการดูดกลืนพลังงานแสงที่ดูดกลืน (Absorbance) จะเป็นสัดส่วนกับปริมาณอะตอมของโลหะหนักนั้น ๆ โดยโลหะแต่ละชนิดจะดูดกลืนพลังงานที่มีความยาวช่วงคลื่นแตกต่างกัน ดังนั้นถ้าใช้แหล่งกำเนิดแสง ที่มีความยาวช่วงคลื่นเฉพาะค่าหนึ่งจะสามารถวัดปริมาณโลหะหนักได้ชนิดหนึ่ง

วิธีการวิเคราะห์ด้วยอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นี้ อาจจะมีขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงไปได้ตามชนิดของโลหะที่ต้องการวิเคราะห์และหรือความเข้มข้นหรือปริมาณของโลหะที่มีอยู่ในตัวอย่าง วิธีการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างโดยวิธี AAS จึงต้องแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมน้ำตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์

1. การเก็บและการเก็บรักษาน้ำตัวอย่าง (Sample Handling and Preservation)

ในการหาปริมาณของโลหะจำนวนน้อย ๆ นั้น ข้อที่ต้องระมัดระวังมาก ๆ ก็คือ การปนเปื้อน (Contamination) และการสูญหาย ของเนื้อโลหะ ดัชนีที่สำคัญในการทำให้เกิด การปนเปื้อนของน้ำตัวอย่าง ได้แก่ ฝุ่นในห้องทดลองสิ่งเจือปนที่อยู่ในรีเอเจนต์ที่ใช้และที่อยู่บนเครื่องใช้ในห้องทดลอง โดยทั่ว ๆ ไป การทดลองที่เกี่ยวกับสารที่เป็นของเหลว ภาชนะที่ใส่สารตัวอย่าง นั้นมีบทบาทสำคัญที่จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนเชิงบวก หรือความคลาดเคลื่อนทางลบ โดย

1. ภาชนะเป็นตัวในสิ่งปนเปื้อน ออกมาในขณะที่ทำการชะล้าง หรือเมื่อภาชนะเกิด ขบวนการคายสารออกมาจากผิว

2. ภาชนะดูดซับโลหะบางส่วนไว้ที่ผิว ทำให้ความเข้มข้นของโลหะลดน้อยลง

ดังนั้น ขวดเก็บตัวอย่างน้ำควรล้างให้สะอาด โดยทำตามลำดับต่อไปนี้ คือ

1. ล้างด้วยสารซักฟอก และน้ำ
2. ล้างด้วยกรดไนตริก 1:1 และน้ำ
3. ด้วยกรดไฮโดรคลอริก 1:1:1 ตามด้วยน้ำและ
4. ล้างด้วยน้ำกลั่นคือยอนไนซ์เป็นขั้นสุดท้าย

การเตรียมน้ำตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์

การจำแนกประเภทของโลหะในน้ำตัวอย่าง ในการหาปริมาณของโลหะในน้ำตัวอย่างนิยม แบ่งโลหะที่ต้องการวิเคราะห์ออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

(ก) ประเภท “โลหะละลาย” คือ โลหะที่ทำได้จากส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งสามารถผ่าน เขื่อกรอง ขนาด 0.45 ไมโครเมตรได้

(ข) ประเภท “โลหะแขวนลอย” คือ โลหะที่ทำได้จากส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งไม่สามารถ ผ่านเขื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตรได้

(ค) ประเภท “โลหะทั้งหมด” คือ ปริมาณโลหะที่ทำได้จากน้ำตัวอย่างที่ไม่ได้กรองและทำการย่อยสลายอย่างรุนแรง หรือ คือปริมาณโลหะที่เท่ากับผลรวมของปริมาณ โลหะละลาย” กับ ปริมาณ “โลหะแขวนลอย”

(ง) ประเภท “โลหะสกัด” คือ ปริมาณโลหะที่หาได้จากน้ำตัวอย่างที่ไม่ได้กรองและทำปฏิกิริยาสกัดด้วยกรดแร่ ที่เจือจางและร้อน

การเตรียมน้ำตัวอย่างเพื่อใช้ในการหาปริมาณโลหะแต่ละประเภทการทำดังนี้

ก. ประเภทโลหะละลาย

ในการหาปริมาณของ “โลหะละลาย” ต้องกรองน้ำตัวอย่างด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตรเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้จากเก็บน้ำตัวอย่างนั้น ใช้ 50–100 ลบ.ซม. แรกของน้ำตัวอย่างล้างขวดที่รองรับน้ำส่วนนี้ทิ้งไปแล้วเก็บน้ำตัวอย่างที่กรองได้ต่อมา จนได้ปริมาตรที่ต้องการ นำน้ำตัวอย่างที่กรองได้นี้มาทำให้เป็นกรดด้วยกรดไนตริก 1 : 1 โดยปกติแล้วใช้กรดไนตริก 1 : 1 จำนวน 3 ลบ.ซม. ก็ควรจะพอเพียงที่จะเก็บรักษาตัวอย่างน้ำไว้ได้

การวิเคราะห์น้ำตัวอย่างซึ่งได้เตรียมมาโดยวิธีนี้ เป็นการวิเคราะห์ “โลหะละลาย”

ข. ประเภทโลหะแขวนลอย

ในการนี้ให้กรองน้ำตัวอย่างจำนวนหนึ่งที่ยังไม่ได้ทำการเก็บรักษา (unpreserved sample) ด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร สำหรับน้ำตัวอย่างที่มีสารแขวนลอยปนอยู่มากให้ใช้น้ำตัวอย่างประมาณ 100 ลบ.ซม. ซึ่งกวนเข้ากันคึกก่อนนำมากรอง

จดปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่ใช้กรองและน้ำเยื่อกรอง ซึ่งมีสารที่ไม่ละลายอยู่ใส่งในบีกเกอร์ขนาด 250 ลบ.ซม. เติมกรดไนตริกเข้มข้น 3 ลบ.ซม. ปิดฝาบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟิวส์แล้วทำให้ร้อนอย่างไม่รุนแรง กรด (ซึ่งอุ่น) ในที่สุดก็จะละลายเยื่อกรองทั้งหมดเพิ่มอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าและย่อยต่อไป เมื่อกรดได้ระเหยออกไปหมดแล้ว ทำให้เย็นแล้วเติมกรดไนตริกเข้มข้นลงไปอีก 3 ลบ.ซม. เติม 1:1 ในตริก ปริมาตร 2 ลบ.ซม. ลงในสารที่เหลือที่แห้ง อุ่นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งสารละลายเพื่อกำจัดสารพวกซิลิเกต และพวกที่ไม่ละลายออกไป ปรับปริมาตรสุดท้ายของสารละลายให้เท่ากับปริมาตรที่คำนวณไว้ก่อน ซึ่งคาดว่าความเข้มข้นของโลหะจะอยู่ในช่วงที่ต้องการ สารละลายที่ได้พร้อมจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป ความเข้มข้นของโลหะที่ได้นี้จะจัดอยู่ในประเภท “โลหะแขวนลอย”

ค. ประเภทโลหะทั้งหมด

ในขณะที่เก็บน้ำตัวอย่าง ทำน้ำตัวอย่างให้เป็นกรดโดยใช้กรดไนตริก ไม่ต้องกรองน้ำตัวอย่างก่อนที่จะทำการทดลองต่อไป เลือกใช้ปริมาณของน้ำตัวอย่างที่เหมาะสม ถ้าในน้ำตัวอย่างมีสารแขวนลอยอยู่มากปริมาณที่เลือกใช้คือ 50–100 ลบ.ซม. โดยเข่าน้ำตัวอย่างให้เข้ากันดีเสียก่อน ปริมาตรน้ำตัวอย่างนี้อาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนชนิดของโลหะที่ต้องการหา ถ้ายน้ำตัวอย่างที่ผสมกันดีดังกล่าวในบีกเกอร์แล้วเติมกรดไนตริกเข้มข้น 3 ลบ.ซม. ระเหยให้แห้งด้วยความระมัดระวังบนเตาไฟฟ้า โดยไม่ให้น้ำตัวอย่างเดือดขณะทำการระเหย ทำให้บีกเกอร์ให้เย็น แล้วเติมกรดไนตริกเข้มข้นลงไปอีก 3 ลบ.ซม. ปิดฝาบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟิวส์แล้วนำไปตั้งบนเตาไฟฟ้าอีกเพิ่มอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าจนกระทั่งให้ของเหลวในบีกเกอร์เดือดเบา ๆ ทำให้ร้อนต่อไป เติมกรดไฮโดรคลอริก

1:1 ลงในบิกเกอร์ให้มีจำนวนพอที่จะละลายส่วนที่ละลายได้ของส่วนที่เหลือ แล้วอุ่นบิกเกอร์เพื่อช่วยในการละลายขณะผึ่งภายในของบิกเกอร์และกระจกนาฬิกาด้วยน้ำกลั่น กรองสารละลายที่กรองได้ให้มีปริมาณอันหนึ่งที่คาดว่าความเข้มข้นของโลหะอยู่ในระดับที่คาดคิดไว้ สารละลายตัวอย่างนี้พร้อมที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อไป ความเข้มข้นของโลหะที่ได้นี้ บันทึกผลการทดลองเป็นประเภท “โลหะทั้งหมด”

ง. ประเภทโลหะสกัด หรือโลหะที่ละลายได้ในกรดผสมระหว่างกรดไฮโดรคลอริกกรดไนตริกที่เจือจางและร้อน

ทำตัวอย่างขณะทำการเก็บตัวอย่างให้เป็นกรดโดยเติมกรดไนตริกเข้มข้นจำนวน 5 ลบ.ซม. ต่อ ลบ.คม. เมื่อจำทำการทดลองให้แบ่งน้ำตัวอย่างซึ่งคนให้เข้ากันแล้วจำนวน 100 ลบ.ซม. ถ่ายลงในบิกเกอร์หรือขวดแก้ว เติมกรดไฮโดรคลอริก 1 + 1 จำนวน 5 ลบ.ซม. แล้วต้มให้ร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส บนเครื่องอังไอน้ำหรือเตาไฟฟ้า นานประมาณ 15 นาที หลังจากนั้นให้กรองน้ำตัวอย่างและปรับปริมาตรสุดท้ายให้เท่ากับ 100 ลบ.ซม. น้ำตัวอย่างที่เตรียมได้นี้พร้อมที่จะทำการวิเคราะห์หาปริมาณ “โลหะสกัด” ต่อไป

ผลของทองแดงต่อสิ่งมีชีวิต

ทองแดงจัดเป็น essential trace metal เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์หลายชนิดในร่างกาย เช่น ferroxidase เป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญในขบวนการสร้าง Haemoglobin ถ้าขาดทองแดงก็จะเป็นโรคโลหิตจาง เกิดอาการผิดปกติของระบบหมุนเวียนโลหิตและหัวใจ นอกจากนี้เอนไซม์ amine oxidase ที่มีความสำคัญต่อการสร้างโปรตีน elastin และ collagen ซึ่งเป็นส่วนประกอบของ connective tissue ที่ให้ความแข็งแรงต่อโครงกระดูก

ผลของสังกะสีที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

สังกะสีเป็น essential mineral คือเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างของเอนไซม์ เช่น Carbonicanhydrase, Lactic acid dehydrogenases และอีกหลายชนิดของ Peptidases เอนไซม์เหล่านี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ ส่วนสังกะสีมีความสำคัญต่อ Activity ของเอนไซม์ดังกล่าวนอกจากนี้สังกะสียังเป็นส่วนประกอบของ active insulin เช่น Globin, Zinc Insulin, Protamine Zinc Insulin ซึ่งได้จากการ isolate ของตัวอ่อน

ผลของเหล็กต่อสิ่งมีชีวิต

เหล็กไม่ปรากฏเป็นพิษต่อร่างกาย ยิ่งไปกว่านั้นเป็นธาตุที่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อยเป็นโลหะที่จำเป็นสำหรับระบบการย่อยอาหารเม็ดเลือดแดงของคนและสัตว์ มีองค์ประกอบทำหน้าที่นำออกซิเจนไปสู่เซลล์ต่าง ๆ ของร่างกาย ผู้ใหญ่ต้องการธาตุเหล็กปกติวันละ 8 - 10 มิลลิกรัม ถ้าน้อยกว่านี้จะเป็นโรคโลหิตจาง (Anemia) แต่ถ้ามักเกินไปจะทำให้เกิดอาการคลื่นเหียนอาเจียนซีด โคม่า

และอาจถึงตายได้ เด็กได้รับเหล็กในรูปฟอสซิลเฟต ในปริมาณน้อยเพียง 5 เทรน (324 มิลลิกรัม) อาจทำให้ถึงตายได้

ผลของตะกั่วต่อสิ่งมีชีวิต

ถ้าร่างกายรับสารตะกั่วเข้าไปในปริมาณสูงเช่นในเลือดมีมากกว่า 0.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะเกิดเป็นพิษอย่างเฉียบพลัน เช่นอาการปวดท้องอย่างรุนแรง อุจจาระมีสีดำ ซีด ตื่นเต้นง่าย ความจำเสื่อม และเป็นอันตรายต่อไต นอกจากตะกั่วจะมีผลกระทบโดยตรงต่อร่างกายแล้วยังทำให้เกิดผลกระทบทางอ้อม เช่น ทำให้ให้ความต้านทานของโรคบางชนิดลดลง เช่น โรคไทฟอยด์ เป็นต้น ตะกั่วเป็นธาตุที่ไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกาย เมื่อตะกั่วสามารถถ่ายทอดทางรก ในมารดามาสู่บุตรในครรภ์ได้ พบว่าประมาณตะกั่วในเลือดของแม่เสมอ โดยปกติร่างกายคนเราจะสามารถทนต่อตะกั่วในปริมาณที่จำกัด ในคนทั่วไปจะมีตะกั่วในเลือดประมาณ 0.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ไม่เกิดอาการเป็นพิษแต่อย่างใด

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

เป็นการวิจัยการพัฒนาโดยการทดลอง (Experimental Development)

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิจัย

1. อุปกรณ์สำหรับชั่งพืช

- กิโลชั่งน้ำหนัก ขนาด 7 กิโลกรัม
- ตะแกรงลวดสำหรับวางพืชให้สะเด็ดน้ำ

2. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำและตัวอย่างพืช

- ขวดพลาสติกกลมขนาดความจุ 3 ลิตร จำนวน 9 ใบ
- ขวดพลาสติกใส่ตัวอย่างพืช

3. วัสดุและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ

- สเปคโตรโฟโตมิเตอร์
- เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด
- พีเอชมิเตอร์
- ตู้อบ (Hot oven)
- เตาเผาไฟฟ้าอุณหภูมิ (cooling incubator)
- โถดูดความชื้น (Dessicator)
- กระดาษกรอง
- เครื่องเป่าอากาศ (Air pump)
- ขวด BOD ขนาด 300 มิลลิลิตร
- เครื่องแก้วต่าง ๆ เช่น บิวเรตต์ บีกเกอร์ กระบอกตวง ขวดวัดปริมาตร กรวยกรอง ฯลฯ
- สารเคมีต่างๆ

4. อุปกรณ์สำหรับบ่อดทดลอง

- ท่อ PVC ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 20 เมตร
- ข้อต่อรูปตัวทีจำนวน 5 ตัว
- ข้อต่อรูปตัวแอลจำนวน 5 ตัว

- ข้อต่อตรงจำนวน 5 ตัว
- กาวติดท่อ PVC
- เสื้อพร้อมใบเสียม
- วาล์วเปิด – ปิดน้ำจำนวน 5 ตัว
- วงบ่อกันทึบจำนวน 9 วงบ่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 ซม. สูง 140 ซม.

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมบ่อทดลอง จะมีทั้งหมด 9 บ่อ โดยที่จะใส่พืชทั้ง 3 ชนิดลงไปคือใส่ ผักตบชวา 3 บ่อ ผักบุ้ง 3 บ่อและจอกออีก 3 บ่อ โดยที่ใส่พืชทั้ง 3 ชนิดให้เต็มพื้นผิวหน้าของวงบ่อ

2. การเตรียมพืชในการทดลอง น้ำพืชทั้ง 3 ชนิดมาล้างให้สะอาดแล้วปล่อยให้สะเด็ดน้ำแล้วนำมาชั่ง แล้วนำไปใส่ในวงบ่อเลย

3. การเติมน้ำเสียในบ่อทดลอง บ่อทดลองทั้ง 9 บ่อ จะใส่ตัวอย่างพืชพร้อมด้วยน้ำตัวอย่าง

4. การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ก่อนที่จมน้ำตัวอย่างน้ำและตัวอย่างพืชลงในบ่อทดลอง และจะเริ่มเก็บตัวอย่างน้ำหลังจากเริ่มใส่ลงในบ่อทดลอง 1 เดือน โดยที่จะเก็บตัวอย่างทุกเดือนเป็นเวลา 3 เดือน

การเก็บตัวอย่างน้ำจะเริ่มเก็บเวลา 09.00 น. ทุกครั้ง โดยใช้ขวดพลาสติก แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่างในห้องปฏิบัติการต่อไป

รหัสตัวอย่าง.....
สถานที่เก็บตัวอย่าง.....
วันที่เก็บ.....เวลา.....
ชื่อผู้เก็บ.....

ตัวอย่างฉลากติดข้างภาชนะเก็บตัวอย่าง

3.4 การหาค่า pH

1. เครื่องมือและอุปกรณ์
 - 1.1 มาตรฐานวัดความเป็นกรด – เบส (pH meter)
 - 1.2 บีกเกอร์ (Beaker)

1.3 สารละลายบัฟเฟอร์ pH 4.0 , 7.0

2. วิธีการทดลอง

2.1 ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างขั้วไฟฟ้า (Electrode) ให้สะอาด ใช้กระดาษชำระซับน้ำให้แห้ง

2.2 ปรับเครื่องมือให้ได้ค่ามาตรฐานตามคำแนะนำในคู่มือของเครื่องนั้น ๆ ด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีค่า pH ใกล้เคียงกับค่าของตัวอย่างน้ำที่จะวัด (pH4 และ pH7)

2.3 ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างขั้วไฟฟ้าอีกครั้ง ซับน้ำให้แห้ง

2.4 วัดค่า pH ของตัวอย่างน้ำ ตัวอย่างน้ำที่นำมาหาค่า ต้องมีอุณหภูมิใกล้เคียงหรือเท่ากับอุณหภูมิของสารละลายมาตรฐานในข้อ 2.2

2.5 เมื่ออ่านค่าที่ได้จากข้อ 4 มาบันทึกผลการทดลอง

3.5 การหาค่าอุณหภูมิ

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.1 บีกเกอร์

1.2 เทอร์โมมิเตอร์ที่อ่านอุณหภูมิได้ในช่วง 0 – 100 องศาเซลเซียส

2. วิธีการทดลอง

2.1 นำตัวอย่างน้ำเทใส่ลงในบีกเกอร์ 200 cm³ (วัดในขณะที่เก็บตัวอย่าง)

2.2 จุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงในสารตัวอย่างน้ำ 3 นาที

2.3 อ่านอุณหภูมิที่คงที่จากเทอร์โมมิเตอร์

2.4 บันทึกผลการทดลอง

3.6 การหาค่า DO โดยวิธี Azide Modification Method

1. อุปกรณ์และสารเคมี

1.1 ขวดบีโอดี ขนาด 300 มิลลิลิตร

1.2 ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 200 มิลลิลิตร

1.3 บิวเรต (Burette)

1.4 ขวดเออร์เลนเมเยอร์ (Erlenmeyer flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร

1.5 โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)

1.6 น้ำกลั่น

1.7 กรดซัลฟิวริก (H₂SO₄)

1.8 น้ำแข็ง

1.9 โพแทสเซียมไบโอไอโอเลต ((KH(IO₃))₂)

- 1.10 โพแทสเซียมฟลูออไรด์ไดไฮเดรต (KF.2H₂O)
- 1.11 โซเดียมไซโอซัลเฟต (Na₂S₂O₄)
- 1.12 แมงกานีสซัลเฟต

2. วิธีการทดลอง

การหาค่าออกซิเจนละลายจากตัวอย่างน้ำ ซึ่งเก็บไว้ในขวดบีโอดีขนาด 300 มิลลิลิตร ทำได้ดังนี้

2.1 เติมน้ำละลายแมงกานีสซัลเฟต 1 มิลลิลิตร และอัลคาไลน์ไฮโดรเจนไดออกไซด์ 1 มิลลิลิตร ลงในขวดบีโอดีที่ใส่ตัวอย่างน้ำ โดยให้ปลายปิเปตอยู่เหนือผิวตัวอย่างน้ำเล็กน้อย ปิดจุกขวดระวังอย่าให้มีฟองอากาศ ผสมให้เข้ากัน โดยคว่ำขวดขึ้นลง 15 ครั้ง

2.2 ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจนได้ปริมาณน้ำใสของขวด

2.3 เติมน้ำกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร ปิดจุกขวดก่อนตะกอน (Oxidized flocc) จะล้นออกจากปากขวด เขย่ากลับไปกลับมาประมาณ 15 ครั้ง

2.4 ถ้าใช้ขวดบีโอดีที่มีความจุ 300 มิลลิลิตร ควักตัวอย่างน้ำจากขวดในข้อ 3 ปริมาตร 201 มิลลิลิตร เพื่อนำไปไทเทรต (ปริมาตรตัวอย่างนี้มีค่าเท่ากับปริมาตรตัวอย่างน้ำเริ่มต้น 200 มิลลิลิตร) เนื่องจากมีการสูญเสียตัวอย่างน้ำจากขวดบีโอดีโดยการแทนที่ของสารละลายเคมีที่เติมลงไปทั้งสิ้น 2 มิลลิลิตร ดังนั้นปริมาตรตัวอย่างน้ำซึ่งใช้ในการไทเทรตจึงควรเท่ากับ

$$\frac{200 \times 300}{(300 - 2)} = 201 \text{ มิลลิลิตร}$$

2.5 ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไซโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล จนกระทั่งสารละลายมีสีเหลืองอ่อนเติมน้ำแข็ง 1 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีน้ำเงินเข้ม ไทเทรตต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป อ่านปริมาตรของสารละลายโซเดียมไซโอซัลเฟตที่ใช้สำหรับการไทเทรตตัวอย่างน้ำ 201 มิลลิลิตร สารละลายมาตรฐานโซเดียมไซโอซัลเฟต 1 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับออกซิเจนละลาย 1 มิลลิลิตรต่อลิตร (mg/l หรือ ppm)

2.6 บันทึกผลการทดลองในตาราง

3.7 การหาค่า BOD โดยวิธี Azide Modification Method

1. อุปกรณ์และสารเคมี

- 1.1 ขวดบีโอดี ขนาด 300 มิลลิลิตร
- 1.2 ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 200 มิลลิลิตร
- 1.3 บิวเรต (Burette)
- 1.4 ขวดเออร์เลนเมเยอร์ (Erlenmeyer flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร

- 1.5 โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)
- 1.6 น้ำกลั่น
- 1.7 กรดซัลฟิวริก (H₂SO₄)
- 1.8 น้ำแข็ง
- 1.9 โพแทสเซียมไบโอเดค ((KH(IO₃)₂)
- 1.10 โพแทสเซียมฟลูออไรด์ไดไฮเดรต (KF.2H₂O)
- 1.11 โซเดียมโซโอสัลเฟต (Na₂S₂O₃)
- 1.12 แมงกานีสซัลเฟต (MnSO₄)

2. วิธีการทดลอง

การหาค่าออกซิเจนละลายจากตัวอย่างน้ำ ซึ่งเก็บไว้ในขวดบีโอดีขนาด 300 มิลลิลิตร ทำได้ดังต่อไปนี้

2.1 เติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต 1 มิลลิลิตร และอัลคาไลด์ไอโอไดด์เฮไซค์ 1 มิลลิลิตร ลงในขวดบีโอดีที่ใส่ตัวอย่างน้ำ โดยให้ปลายปิเปตอยู่เหนือผิวตัวอย่างน้ำเล็กน้อย ปิดจุกขวดระวังอย่าให้มีฟองอากาศผสมให้เข้ากัน โดยคว่ำขวดขึ้นลง 15 ครั้ง

2.2 ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจนได้ปริมาณน้ำใสของขวด

2.3 เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร ปิดจุกขวดก่อนตะกอน (Oxidized flocc) จะดันออกจากปากขวดเขย่ากลับไปกลับมาประมาณ 15 ครั้ง

2.4 ถ้าใช้ขวดบีโอดีที่มีความจุ 300 มิลลิลิตร ดวงตัวอย่างน้ำจากขวดในข้อ 3 ปริมาตร 201 มิลลิลิตร เพื่อนำไปไทเทรต (ปริมาตรตัวอย่างนี้มีค่าเท่ากับปริมาตรตัวอย่างน้ำเริ่มต้น 200 มิลลิลิตร) เนื่องจากมีการสูญเสียตัวอย่างน้ำจากขวดบีโอดีโดยการแทนที่ของสารละลายเคมีที่เติมลงไปทั้งสิ้น 2 มิลลิลิตร ดังนั้นปริมาตรตัวอย่างซึ่งใช้ในการไทเทรตจึงควรเท่ากับ

$$\frac{200 \times 300}{(300 - 2)} = 201 \text{ มิลลิลิตร}$$

2.5 ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมโซโอสัลเฟต 0.025 นอร์มัล กระทั่งสารละลายมีสีเหลืองอ่อนเติมน้ำแข็ง 1 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีน้ำเงินเข้ม ไทเทรตต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป อ่านปริมาตรของสารละลายโซเดียมโซโอสัลเฟตที่ใช้สำหรับการไทเทรตตัวอย่างน้ำ 201 มิลลิลิตร สารละลายมาตรฐานโซเดียมโซโอสัลเฟต 1 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับออกซิเจนละลาย 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l หรือ ppm)

3. การเตรียมอุปกรณ์ และสารเคมี

3.1 ขวดอินคิวเบท (Incubation bottles) หรือ ขวดบีโอดี (BOD) ซึ่งมีจุกปิดเป็นจุกแก้วปิดสนิท ก่อนที่จะนำขวดบีโอดีมาใช้จะต้องจุ่มขวดมาล้างให้สะอาด ปราศจากสารอินทรีย์ต่าง ๆ การล้างควรล้างด้านสารละลายของกรดซัลฟิวริกเข้มข้นผสมกับสารโพแทสเซียมไดโครเมต (Cleaning solution) หลังจากนั้นนำขวดมาล้างด้วยน้ำให้สะอาด ครั้งสุดท้ายล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้งหนึ่งแล้วทำให้แห้ง

3.2 ตู้ยบ (Incubator) ซึ่งสามารถควบคุมและปรับอุณหภูมิได้เองโดยอัตโนมัติ $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ และต้องเป็นตู้ซึ่งสามารถป้องกันไม่ให้แสงผ่านเข้าไปได้

3.3 อุปกรณ์เครื่องแก้วต่าง ๆ เช่น บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร ขวดเออร์เลเมเยอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร กระบอกตวง 1,000 มิลลิลิตร

3.4 น้ำกลั่นจะต้องมีคุณภาพที่มีปริมาณของทองแดง (Copper) น้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร และต้องปราศจากคลอรีน (chlorine) ความเป็นด่าง เนื่องจากไฮดรอกไซด์ (Causticalkalinity) สารอินทรีย์และกรด

3.5 สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (Phosphate solution) ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 33.4 กรัม แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วทำให้เจือจางเป็น 1,000 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะมีค่าพีเอชเท่ากับ 7.2

3.6 สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต (Magnesium sulfate solution) ละลายแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 22.5 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจางเป็น 1,000 มิลลิลิตร

3.7 สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride) ละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 36.4 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจางเป็น 1,000 มิลลิลิตร

3.8 สารละลายไอรอน (III) คลอไรด์ ละลายไอรอน (III) คลอไรด์เฮกซาไฮเดรต ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0.25 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วทำให้เจือจางเป็น 1,000 มิลลิลิตร

3.9 สารละลายกรดซัลฟิวริก 1 N (ปีเปตสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 2.8 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่น แล้วทำให้เจือจางเป็น 1,000 มิลลิลิตร)

3.10 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 N (โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจางเป็น 1,000 มิลลิลิตร)

3.11 สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ (Sodium sulphite solution) 0.025 นอร์มัล ละลายแอนไฮไดรต์โซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) 1.55 กรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร (สารละลายนี้ไม่อยู่ตัว ต้องเตรียมในวันที่จะใช้เท่านั้น)

4. การวิเคราะห์ มี 2 วิธี

4.1 Direct Method

ใช้ในกรณีตัวอย่างน้ำมีค่าบีโอดีน้อยกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้แก่ น้ำประปา แม่น้ำ คลอง บึง สระ ฯลฯ แต่ถ้าตัวอย่างน้ำดังกล่าวปนเปื้อนสูง สกปรก สีดำคล้ำ ให้วิเคราะห์โดยวิธีที่ 2 เลือกทำ Dilution ที่ 10 – 100%

4.1.1 นำน้ำตัวอย่างที่ปรับปรุงแล้วตามข้อ 1 ประมาณ 1 ลิตร มาปรับอุณหภูมิให้ได้ประมาณ $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

4.1.2 เติมหอากาศให้มือออกซิเจนละลายอิมตัว (ใช้เวลาประมาณ 10- 15 นาที)

4.1.3 รินน้ำตัวอย่างลงใส่ขวดบีโอดีจนเต็ม 3 ขวด ปิดจุกให้สนิทดูให้แน่ใจว่ามีน้ำหล่อที่ปากขวด นำขวดหนึ่งมาหาค่าออกซิเจนละลายก่อนอีกสองขวด นำไปอินคิวเบทที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน

4.1.4 หลังจาก 5 วันแล้ว นำตัวอย่างนั้นมาหาค่าออกซิเจนละลายที่เหลืออยู่

4.1.5 การคำนวณ

$$\text{ค่าบีโอดี (มก./ล.)} = \text{DO}_0 - \text{DO}_5 = \text{BOD}_5$$

เมื่อ DO_0 = ค่าออกซิเจนละลายที่ไตเตรดได้ในวันแรก

DO_5 = ค่าออกซิเจนละลายที่ไตเตรดได้ในวันที่ 5 (ค่าเฉลี่ย)

4.2 วิธีทำให้เจือจาง (Dilution Method)

ใช้ในกรณีที่น้ำตัวอย่างมีความสกปรกสูง (มีค่าบีโอดีมากกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตร) จำเป็นจะต้องทำให้ตัวอย่างน้ำมีความสกปรกเจือจางลง โดยใช้น้ำผสมเจือจาง (Dilution water) และควรทำหลาย ๆ ความเข้มข้น อย่างน้อย 2 ความเข้มข้น

4.2.1 การเตรียมน้ำผสมเจือจาง (Dilution water)

- นำน้ำกลั่นที่ปราศจากสารมีพิษ (กลั่นจากเครื่องกลั่นแก้ว) มาปรับอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ปรับคุณภาพให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของจุลชีพ โดยเติมสารละลายอาหาร ฟอสเฟตบิฟเฟออร์ (2) แมกนีเซียมซัลเฟต (3) แคลเซียมคลอไรด์ (4) และไอร์รอน. (III) คลอไรด์ (5) อย่างละ 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร

- เติมหอากาศให้มือออกซิเจนละลายอิมตัว (มีค่า DO อยู่ระหว่าง 8-9 มิลลิกรัมต่อลิตร)

4.2.2 การเตรียมหัวเชื้อจุลชีพ (Seed)

ข้อสังเกต

- น้ำเสียจากชุมชน น้ำคลอง น้ำแม่น้ำที่ปนเปื้อนสกปรก มีปริมาณเชื้อจุลชีพสูง ไม่จำเป็นต้องเติมหัวเชื้อจุลชีพเพิ่ม สามารถทำ Dilution ได้

- น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม โรงพยาบาล หรือน้ำเสียที่มีปริมาณจุลชีพต่ำ เช่น น้ำเสียจากระบบบำบัดชนิดแอนแอโรบิก ต้องเติมหัวเชื้อจุลชีพชนิดแอโรบิกเพิ่ม

วิธีเตรียมหัวเชื้อ

ดวงน้ำผสมเจือจาง (Dilution Water) ปริมาตร 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลูโคส 1% ปริมาตร 4-5 มิลลิลิตร เติมหอากาศให้มีออกซิเจนละลายอิมตัวตลอดเวลา และเติมจุลชีพสำเร็จรูป (Polysed ยี่ห้อ Hach) 1 แคปซูล หรือเชื้อเชื้อจุลชีพซึ่งเฉพาะเชื้อเอง จาก Nutrient Agar Slant 1 หลอด ลงในน้ำดังกล่าว ใช้ระยะเวลาเพาะเชื้อ 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จุลชีพจะเจริญเติบโตเต็มที่พร้อมที่จะใช้งาน (ควรใช้งานให้หมดภายในระยะเวลา 6 ชั่วโมง)

วิธีเพาะ เชื้อจุลชีพในอาหารเลี้ยงเชื้อ (Nutrient Agar Slant)

- เตรียม Nutrient Agar Slant โดยชั่งสาร Nutrient agar 23 กรัม ละลายน้ำกลั่นปรับ ปริมาตรเป็น 1 ลิตร ตวงใส่หลอดที่มีจุกเกลียวหรือมีฝาครอบ หลอดละ 10 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่ อุณหภูมิ 121°C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระยะเวลา 15 นาที ก่อนที่วันจะแข็งตัวให้เอียงหลอด

- เชื้อเชื้อจุลชีพประเภท Aerobic bacteria ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar slantเพาะเชื้อในตู้ Incubator อุณหภูมิ 37°C ระยะเวลา 48 ชั่วโมง สามารถเก็บรักษาเชื้อไว้ใช้งานได้นาน โดยแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4-10°C

4.2.3 การผสมเจือจาง เนื่องจากการวิเคราะห์ค่าบีโอดี อาศัยปฏิกิริยาทางชีวเคมีโดยมี จุลชีพเป็นตัวการย่อยสลาย สภาพแวดล้อมจะมีผลต่อการวิเคราะห์มาก ทำให้ค่าบีโอดีมีความผันแปรสูง การวิเคราะห์ตัวอย่างหนึ่ง ๆ มักจะทำการผสมเจือจางหลาย ๆ ความเข้มข้น (โดยทั่วไปไม่น้อยกว่า 2 ความเข้มข้น) ส่วนอัตราส่วนในการผสมเจือจางอาจประมาณตามชนิดของตัวอย่าง (ดูตารางที่ 1) จากสถิติข้อมูลเดิม หรือจากค่าความเข้มข้นโดยประมาณ จากค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ต้องการวิเคราะห์

ตารางที่ 3.1 Dilution and Type of Sample

%ที่ใช้เจือจางอย่างน้ำเสีย (%Dilution)	ชนิดของตัวอย่างน้ำ (Type of sample)
0-1 %	Strong Industrial Wastes
1-5 %	Raw and Settled Waste water
5-20 %	Biologically treated Effluents
10-100%	Polluted River Waters

Standard Methods, 18th edition, 1992

ตารางที่ 3.2 BOD Measurable with Various Dilution of Sample

Using percent mixtures	
% Dilution	Range of BOD mg/L
0.01	50,000 – 70,000
0.02	10,000 – 35,000
0.05	4,000 – 14,000
0.10	2,000 – 7,000
0.20	1,000 – 3,500
0.50	400 – 1,400
1.00	200 – 700
2.00	100 – 350
5.00	40 – 140
10.00	20 – 70
20.00	10 – 35
50.00	4 – 14
100.00	0 – 7

ตัวอย่าง ถ้าตัวอย่างน้ำเสียมีค่าซีโอดี = 100 mg/L

$$\text{ค่าบีโอดีโดยประมาณ} = \frac{T \geq E[Ue]}{2} = \frac{100}{2} = 50 \text{ mg/L}$$

เลือกอัตราส่วนที่ต้องใช้เจือจางตัวอย่างน้ำเสียจากตารางที่ 2 เพื่อใช้วิเคราะห์ค่าบีโอดีได้ 3 ความเข้มข้นคือ 5%, 10%, 20%

เมื่อได้อัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วจึงทำการผสมเจือจางดังนี้

- ค่อย ๆ รินน้ำผสมเจือจางลงในกระบอกตวง (ขนาด 1,000 มิลลิลิตร) ประมาณ 500 มิลลิลิตร โดยให้น้ำค่อย ๆ ไหลลงตามข้างกระบอกตวง
- เติมห่วงเชื่อมซีฟลงในกระบอกตวง 2 มิลลิลิตร
- เติมตัวอย่างน้ำตามส่วนที่คำนวณได้จากตารางที่ 2 เช่น 50 มิลลิลิตร (5%)
- เติมน้ำผสมเจือจางลงจนครบ 1,000 มิลลิลิตร

- กวนให้เข้ากันโดยใช้แท่งพลาสติกเสียบจุกของไว้ที่ปลาย ชักขึ้นลงเบา ๆ ระวังก่อให้เกิดฟองอากาศ ประมาณ 20 ครั้ง

- ค่อย ๆ รินตัวอย่างที่ผสมเข้ากันดีแล้วนี้ใส่ลงในขวดบีโอดีที่แห้งสะอาดจนเต็ม 3 ขวด ปิดจุกให้สนิท ขวดหนึ่งนำไปวิเคราะห์หาค่าออกซิเจนละลายวันแรก อีกสองขวดนำไปอินคิวเบทที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน ก่อนนำไปอินคิวเบท ให้ตรวจดูน้ำหล่อที่ปากขวดและควรตรวจดูทุกวันอย่าให้แห้ง (ถ้าแห้งให้เติมด้วยน้ำกลั่น) หรือใช้ฝาพลาสติก (BOD Cap) ครอบป้องกันน้ำระเหยและป้องกันการสูญเสียออกซิเจนระหว่างการอินคิวเบท 5 วัน

4.2.4 อินคิวเบท

หลังจากอินคิวเบทที่อุณหภูมิ 20°C ในที่มีครบ 5 วันแล้ว นำมาหาค่าออกซิเจนละลาย ตัวอย่างที่ใช้ได้จะต้องมีค่าออกซิเจนละลายเหลืออยู่อย่างน้อย 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีการใช้ออกซิเจนไปอย่างน้อย 2 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.2.5 การแก้ค่าเนื่องจากการเติมหัวเชื้อ (Seed Correction Control)

ถ้ามีการใส่หัวเชื้อจะต้องนำหัวเชื้อมาทำให้เจือจาง (Dilution) ประมาณ 5-20% แล้วนำไปอินคิวเบทเช่นเดียวกับน้ำตัวอย่าง หลังจากนั้นนำมาหาค่าการใช้ออกซิเจนหลังจาก 5 วัน เลือกอันที่มีการใช้ออกซิเจนระหว่าง 40-70% การคำนวณควินหัวสุดท้าย การเติมหัวเชื้อจะเติมกรณีเจือจางตัวอย่างน้ำเสียน้อยกว่า 10% หรือกรณีตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีจุลชีพจำนวนมาก

4.2.6 การตรวจสอบคุณภาพน้ำผสมเจือจาง (Dilution water control)

เติมน้ำผสมเจือจางที่ยังไม่ได้ใส่หัวเชื้อลงในขวดบีโอดี 3 ขวด ขวดหนึ่งนำไปหาค่าออกซิเจนละลายก่อน อีก 2 ขวด ปิดจุกนำไปอินคิวเบท หลังจากนั้นนำมาหาค่าการใช้ออกซิเจนไปหลังจากอินคิวเบท 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20°C และไม่ต้องนำไปใช้ในการคำนวณ ถ้าคุณภาพน้ำดี จะให้ค่า $\text{DO}_0 - \text{DO}_5 \leq 0.3$ มิลลิกรัมต่อลิตร

4.2.7 การตรวจสอบโดยใช้ กลูโคส-กรดกลูตามิก (Glucose Glutamic acid check)

เนื่องจากน้ำกลั่นที่ใช้ อาจจะมีสารพิษเจือปนอยู่ โดยเฉพาะทองแดงซึ่งจะทำให้หัวเชื้อมีประสิทธิภาพลดลง มีผลทำให้ค่าบีโอดีที่ได้ต่ำกว่าความเป็นจริง ควรตรวจสอบโดยใช้สารประกอบอินทรีย์บริสุทธิ์ที่ทราบค่าบีโอดีแล้ว ซึ่งได้แก่ กลูโคส และกรดกลูตามิก กลูโคสออกซิไดส์ได้ง่ายแต่ไม่คงที่ ใช้กับหัวเชื้อทั่ว ๆ ไปแต่สำหรับกรดกลูตามิกนั้นอัตราการออกซิไดซ์จะคงที่ และมีสมบัติคล้ายกับน้ำเสียจากชุมชน

วิธีการตรวจสอบการวิเคราะห์ ทำโดยชั่งสารมาตรฐานกลูโคสและกรดกลูตามิก ซึ่งอบแห้งที่ 103°C นาน 1 ชั่วโมง ชนิดละ 150 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่นผสมกันและปรับปริมาตรเป็น 10,000 มิลลิลิตร จากนั้นดูดสารละลายที่เตรียมมา 20 มิลลิลิตร ใส่กระบอกตวงขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมหัวเชื้อ 2 มิลลิลิตร เติมน้ำผสมเจือจางจนครบปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เทลงขวดบีโอดีจนเต็มปิดจุกให้แน่น ขวดหนึ่งนำไปไตเตรดหาค่าออกซิเจนละลายวันแรก อีกสองขวดนำไปอินคิวบพร้อมก้นน้ำตัวอย่างที่อุณหภูมิ 20°C นาน 5 วัน จากนั้นนำมาหาค่าออกซิเจนที่ใช้ไป (Oxygen depletion) และค่าบีโอดีนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของหัวเชื้อที่ใส่ลงไปมีค่ามาตรฐานบีโอดีเท่ากับ 198 ± 30.5 มิลลิกรัมต่อลิตร วิธีการนี้สามารถตรวจสอบความผิดพลาดของการทดลอง อันเนื่องมาจากสารเคมี น้ำกลั่น ผู้ทดลอง และเทคนิคในการทดลอง สามารถควบคุมคุณภาพผลการทดลองให้ถูกต้อง

4.2.8 การพิจารณาผลเพื่อใช้คำนวณค่าบีโอดี

ผลที่นำเชื้อลือ และใช้คำนวณต่อไปได้นั้น จะต้องมียค่า DO เหลืออยู่อย่างน้อย 1 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือจะต้องมีปริมาณ DO ลดลงอย่างน้อย 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ของตัวอย่างที่ทำการเจือจางจะให้ค่า BOD ที่คำนวณได้ถูกต้อง

4.2.9 การคำนวณ

$$\text{ml/L Bod}_5 = \frac{[(\text{DO}_0 - \text{DO}_5) - (B_1 - B_2)f] \times 100}{P}$$

DO_0 = ค่า DO ของตัวอย่างที่ทำการเจือจางแล้วในวันแรก

DO_5 = ค่า DO ของตัวอย่างที่ทำการเจือจางแล้วอินคิวบเป็นเวลา 5 วัน

P = เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างที่ใช้ (เช่น 5%, 10%)

B_1 = DO ของ Seed control ที่ทำการเจือจางแล้วก่อนอินคิวบ

B_2 = DO ของ Seed control ที่ทำการเจือจางแล้วหลังอินคิวบ 5 วัน

f = อัตราส่วนของน้ำเชื้อ (Seed) ในตัวอย่าง ต่อใน Seed control

$$= \frac{\% \text{น้ำเชื้อใน } \text{DO}_0}{\% \text{น้ำเชื้อใน } B_1} \quad \text{ตัวอย่าง } f = \frac{0.2}{10} = 0.02$$

$$= \frac{\% \text{น้ำเชื้อใน } \text{DO}_0}{\% \text{น้ำเชื้อใน } B_1} \quad \text{ตัวอย่าง } f = \frac{0.2}{10} = 0.02$$

ตัวอย่าง Seed correction = $(B_1 - B_2)f$ โดย $B_1 - B_2$ อยู่ในช่วง 40-70%

$$\text{เช่น} \quad = (8.2 - 3.8)0.02 = 0.088$$

$$(0.2 - 3.8) = 4.4 \text{ คิดเป็น } 54\%$$

$$\text{BOD}_5 = \frac{[(8.5 - 3.8) - (8.2 - 3.8)0.02] \times 100}{10}$$

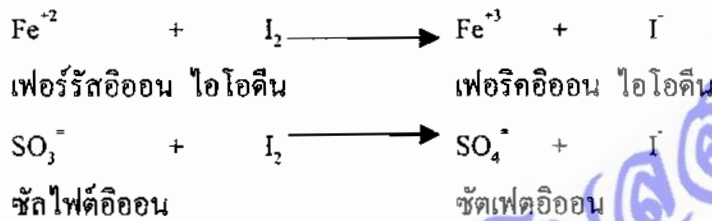
= 92.24 mg/L

ปัญหาของการวิเคราะห์ บีโอดี โดยวิธี Azide Modification

1. ปัญหาพีเอช (pH) ของน้ำ ตัวอย่างที่เป็นค้างหรือกรด ต้องปรับพีเอชให้เป็น 6.5-7.5 ด้วย IN H₂SO₄ หรือ IN NaOH เช่น น้ำเสียจากโรงงานผลิตมะม่วงคอง พีเอชของน้ำ เป็นกรดเต็ม IN NaOH เพื่อปรับพีเอชให้เป็น 7.0

2. ปัญหาน้ำมีสารที่เป็นตัวลดออกซิเจน เช่น Fe²⁺ (เมื่อปริมาณ Fe²⁺ มากกว่า 1 มิลลิกรัม ต่อลิตร) SO₃²⁻, S₂²⁻, aldehyde สารประกอบคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัวถ้ามีปริมาณมาก สามารถรีดิวซ์ I₂ เป็น I⁻ ทำให้ผลค่า DO ที่หาได้ต่ำกว่าความเป็นจริง

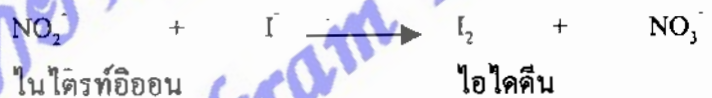
ปฏิกิริยาเคมี



ตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานทอผ้า ฟอกย้อมผ้า พอลิเมอร์โซเดียมซัลไฟด์ (Na₂SO₃) ซึ่งให้ SO₃²⁻ ทำให้ขัดขวางปฏิกิริยา และลดปริมาณออกซิเจนในน้ำ

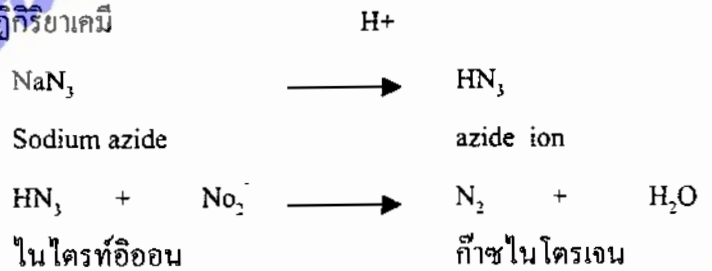
3. ปัญหาน้ำมีสารที่เป็นตัวเติมออกซิเจน เช่น NO₂⁻, Fe³⁺ สามารถออกซิไดส์ I⁻ เป็น I₂ ทำให้ค่า DO ที่ได้ตรวจหาโดยวิธี Azide Modification สูงกว่าความเป็นจริง

ปฏิกิริยาเคมี



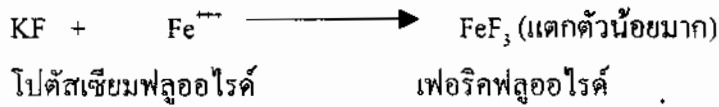
ตัวอย่าง น้ำเสียจากโรงงานอาหารกระป๋อง โรงงานอาหารสัตว์ ที่พบ NO₂⁻ น้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถกำจัดด้วยสาร โซเดียมไฮไซด์

ปฏิกิริยาเคมี



กรณีน้ำมี Fe^{+++} น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะไม่ขัดขวางปฏิกิริยา และถ้ามีปริมาณมากให้เติมสารละลาย KF 1 มิลลิลิตร (ละลาย $KF \cdot 2H_2O$ 40 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร) ก่อนที่จะเติมกรดซัลฟูริก และทำการดีเตรตทันที สามารถกำจัดตัวอย่างที่มี Fe^{+++} เข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปฏิกิริยาเคมี



4. ปัญหาคลอรีนตกค้าง (Residual Cl_2) มีฤทธิ์ฆ่าแบคทีเรีย (Seed) ทำให้ค่า DO ไม่เปลี่ยนแปลง วิธีแก้ไขควรเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนเติมคลอรีน หรือตั้งทิ้งไว้ 1-2 ชั่วโมง ให้คลอรีนสลายตัว ถ้ามีปริมาณคลอรีนตกค้าง ต่ำกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

5. ปัญหาตัวอย่างน้ำมีโลหะหนัก และสารพิษ เป็นพิษฆ่าแบคทีเรียเจือปนสูงมากตัวอย่างเช่น Cu (ทองแดง), Cr (โครเมียม), Zn (สังกะสี), Hg (ปรอท), Pb (ตะกั่ว), CN (ไซยาไนด์) และพบว่าถ้า Cu, Cr มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร Zn, Ni มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเป็นพิษต่อแบคทีเรีย ตัวอย่างน้ำที่พบ เช่น โรงงานชุบโครเมียม โรงงานประกอบรถยนต์

6. ปัญหา ตัวอย่างน้ำมีค่า DO อิ่มตัวยิ่งยวด กรณี DO ของตัวอย่างน้ำก่อน Incubate ในตู้ $20^{\circ}C$ มากกว่า 9 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเกิดภาวะสูญเสียออกซิเจนระหว่างการอินคิวเบต (Oxygen leak)

ประโยชน์ของค่า BOD

1. เพื่อหาค่าถังของ Sewage และ Industrial waste ในเทอมของออกซิเจนที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์
2. ใช้หาปริมาณของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเพื่อนำไปหาอัตราการออกซิไดส์ที่เกิด หรือเพื่อหาอัตราที่ BOD จะถูกใช้ไป
3. ใช้ในการควบคุมความสกปรกของลำธาร แม่น้ำ ว่าควรจะทำจัดการอินทรีย์ที่จะทิ้งลงน้ำแค่ไหน เพื่อที่จะให้มีระดับออกซิเจนในน้ำเหลืออยู่ตามต้องการ
4. ใช้วัดความสามารถของแหล่งน้ำที่จะกำจัดความสกปรกโดยธรรมชาติ
5. ใช้ตรวจคุณภาพของ Effluent ที่ปล่อยทิ้งลงน้ำ
6. ใช้หาประสิทธิภาพของโรงบำบัดน้ำโสโครก
7. ใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพของแหล่งน้ำและน้ำเสีย

3.8 การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก

โดยใช้เทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry, AAS

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน

สเปกโตรโฟโตเมทรี (Atomic Absorption Spectrophotometry, AAS) Model GBC 33 AA
ผลิตโดยบริษัท GBC Scientific Equipment Pty Ltd. Australia.

2. Hollow cathode lamps for Iron, copper, Zine and Lead ผลิตโดยบริษัท PHOTRON Pty.
Ltd. Australia

3. อะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตเมทรีพร้อมด้วยอุปกรณ์

4. หัวเตาที่มีช่อง (Three-slot burner head) ถ้าไม่มีหัวเตาชนิดนี้อาจจะใช้หัวเตาช่องเดียวก็ได้
(Single-slot burner head)

5. อากาศ จะใช้อากาศที่สะอาดและแห้ง ทำได้โดยผ่านเครื่องกรองที่เหมาะสม เพื่อกำจัดน้ำ
มัน (Oil) น้ำมันและสารแปลกปลอมอื่นๆ

6. ก๊าซอะเซทิลีน ใช้ชนิดมาตรฐานการค้า (Standard commercial grade) ที่บรรจุอยู่ในห่อ
ควรจะหุุดใช้เมื่อความดันของก๊าซในถังลดลงถึง 7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (หรือ 100 psig) เพื่อ
ป้องกันไม่ให้อะซิโตน (Acetone) ซึ่งอยู่ในถังปนออกมาด้วย

รีเอเจนต์ (Reagent)

1. น้ำกลั่นดีไอออไนซ์ (Deionized distilled) ซึ่งต่อไปนี้จะเขียนแทนด้วยคำสั้น ๆ ว่า "น้ำ
กลั่น DI"

2. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น

3. กรดไนตริกเข้มข้น

4. สารละลายเกลือโลหะมาตรฐานของเหล็ก และสารละลายมาตรฐานของโลหะชนิดต่าง ๆ

วิธีวิเคราะห์มี 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมน้ำตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์

1. ตวงน้ำตัวอย่าง 100 ml. ด้วย Volumetric flask 100 ml. ใส่ลงใน Beaker ขนาด 250 ml.

2. เติมกรดไนตริกเข้มข้น (conc. HNO₃) ลงในแต่ละ Beaker Beaker ละ 5 ml.

3. ทำการย่อย (Digestion) โดยนำไปตั้งบน Hot plath จนปริมาณน้ำเหลือประมาณ 10-20 ml.

4. นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ปริมาณด้วยน้ำ DI จนครบ 25 ml.

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์

การหาปริมาณเหล็กอะตอมมิกแอบซอร์บชัน โดยฉีดน้ำตัวอย่างโดยตรงเข้าไปในอะตอมไมเซอร์ ไปใช้เปลวไฟอากาศอะเซทิลีน

1. ขั้นตอนของวิธีใช้เครื่องมือ (Instrument Operation)

เนื่องจากอะตอมมิกแอบซอร์ชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์มีหลายแบบ ขึ้นอยู่กับบริษัทที่ทำจำหน่ายวิธีการพื้นฐานมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 เลือกซอลโลคาโทดแลมป์ของโลหะที่ต้องการวิเคราะห์ นำไปติดตั้งให้เข้าที่ตามวิธีแนะนำ โดยบริษัทที่ทำเครื่องมือนั้น แล้วจัดโมโนโครมาเตอร์ให้มีความยาวคลื่น (Wavelength) ตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงความยาวคลื่น (Wavelength) และ เซนซิวิตี (Sensitivity) ของการวิเคราะห์หาโลหะต่าง ๆ

โลหะ	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เซนซิวิตีสำหรับ 1%แอบซอร์บชัน (ไมโครกรัม/ลบ.ดม.)
ทองแดง	324.7	100
เหล็ก	248.3	100
ตะกั่ว	283.3	500
สังกะสี	213.9	15

1.2 จัดความกว้างของช่องแสงผ่าน (Slit width) ตามคำแนะนำในคู่มือของเครื่องมือ

1.3 เปิดสวิทช์ของเครื่องมือ จัดปริมาณกระแสไฟฟ้า (โดยทั่ว ๆ ไปคิดเป็นไมโครแอมป์) ให้ผ่านซอลโลคาโทดแลมป์ ด้วยปริมาณพอเหมาะตามคำแนะนำในคู่มือ

1.4 อุ่นเครื่องนานประมาณ 1020 นาที เพื่อให้เครื่องมือถึงจุดเสถียร (Stable)

1.5 นำหัวเตา (Burner head) ชนิดที่ใช้กับอากาศ-อะเซทิลีน ติดตั้งให้เข้าที่

1.6 ปล่อยอากาศ (จากเครื่องอัดอากาศหรือจากท่อ) ให้ผ่านเข้าไปในเครื่องมือจัดอัตราการไหลผ่าน (Flow rate) ซึ่งดูได้จากเครื่องวัดอัตราการไหล (Flow meter) ให้เหมาะสมสำหรับโลหะที่จะทำการวิเคราะห์ตามคำแนะนำในคู่มือ

1.7 ปล่อยก๊าซอะเซทิลีนเข้าไป จัดอัตราการไหลตามคู่มือ เสร็จแล้วเริ่มจุดเปลวไฟด้วยความระมัดระวัง

สอบอัตราการฉีด (Aspiration rate) ให้อยู่ระหว่าง 3-5 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที พร้อมกันนั้นก็จัดเครื่องมือให้อ่านศูนย์

1.9 จุ่มหลอดพลาสติกสุญญากาศของเครื่องอะตอมไมเซอร์ลงในสารละลายมาตรฐาน (โดยปกติความเข้มข้นขนาด 0.5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร เป็นความเข้มข้นกำลังพอเหมาะ) ในขณะเดียวกันผู้ทดลองต้องจัดแนวและระดับของหัวเตาให้ได้ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งคู่มือได้จากตำแหน่งที่ทำให้หมอกของระบบอ่าน (Readout system) ของเครื่องมือมีผลตอบสนอง (Response) มากที่สุด

1.10 เมื่อจัดเครื่องมือตามขั้นตอนข้างบนแล้ว เครื่องมือก็พร้อมที่จะใช้ทำการวิเคราะห์ให้ได้ และเมื่อทำการวิเคราะห์เสร็จแล้ว ให้ดับเปลวไฟโดยปิดท่ออะเซทิลีนก่อนแล้วจึงปิดทางอากาศ

1.11 ถัง Nebulizer ในระหว่างการวิเคราะห์ เมื่อต้องการเปลี่ยนสารละลายมาตรฐาน หรือสารละลายตัวอย่างหนึ่งไปอีกตัวอย่างหนึ่ง ต้องทำการล้าง Nebulizer ด้วยน้ำกลั่น โดยจุ่มหลอดพลาสติกในน้ำกลั่น

2. การสร้างกราฟมาตรฐาน

เพื่อให้เงื่อนไขของสภาวะแวดล้อมที่ดำเนินการวิเคราะห์อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน จำเป็นต้องสร้างกราฟมาตรฐานทุกครั้ง สำหรับการวิเคราะห์แต่ละครั้ง

2.1 เลือกสารละลายโลหะมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน อย่างน้อย 3 ความเข้มข้น (ซึ่งเตรียมได้จากที่กล่าวมาแล้ว) จุ่มหลอดพลาสติกสุญญากาศลงในสารละลายแต่ละความเข้มข้นและวัดค่าแอมพอร์แบนซ์

2.2 สร้างกราฟมาตรฐานโดยเขียนกราฟระหว่างแอมพอร์แบนซ์ กับความเข้มข้นของสารละลายโลหะมาตรฐานดังกล่าวไว้ในข้อ 2.1

3. การวิเคราะห์สารตัวอย่าง

3.1 ถังอะตอมไมเซอร์ ตามข้อ 1.8 จนกระทั่งมาตรฐานของระบบอ่านให้ค่าคงที่แล้วจัดเครื่องมือให้อ่านศูนย์

ทุกครั้งก่อนที่จะทำการวิเคราะห์สารละลายแต่ละตัวอย่าง รวมทั้งการทำกราฟมาตรฐานจะต้องล้างอะตอมไมเซอร์ก่อน

3.2 จุ่มหลอดพลาสติกสุญญากาศลงในสารละลายตัวอย่างแล้ววัดค่าแอมพอร์แบนซ์

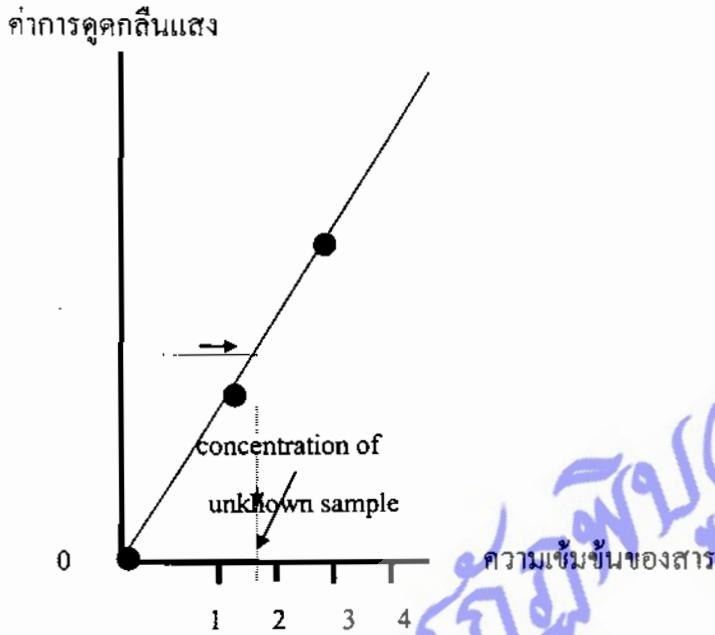
การคำนวณ

คำนวณหาความเข้มข้นของสารตัวอย่าง โดยคิดเป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โดยอ่านจากกราฟมาตรฐานที่ถูกต้อง

สิ่งสำคัญจะต้องไม่ลืมว่า Calibration curve ที่ ได้ ใช้ได้เฉพาะการวิเคราะห์แต่ละครั้งเท่านั้น เมื่อจะวิเคราะห์ใหม่จะต้องทำใหม่ ทั้งนี้เพราะ Parameters ต่าง ๆ ที่ใช้อาจเปลี่ยนแปลงไปได้

สิ่งสำคัญจะต้องไม่ลืมว่า Calibration curve ที่ ได้ ใช้ได้เฉพาะการวิเคราะห์แต่ละครั้งเท่านั้น เมื่อจะวิเคราะห์ใหม่จะต้องทำใหม่ ทั้งนี้เพราะ Parameters ต่าง ๆ ที่ใช้อาจเปลี่ยนแปลงไปได้

กราฟมาตรฐาน Calibration Curve



รูปที่ 3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าการดูดกลืนของแสงและความเข้มข้นของสาร

3.8.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานของโลหะหนัก

1. การวิเคราะห์ปริมาณทองแดง (Cu)

1.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานทองแดง

นำสารละลายมาตรฐาน Cupric nitrate ความเข้มข้น 1000 ppm มาเจือจางให้มีความเข้มข้น 10 ppm เช่นเดียวกับในกรณีของการวิเคราะห์เหล็ก

1.2 เตรียมกราฟมาตรฐานสำหรับทองแดง

เตรียมสารละลายมาตรฐานทองแดงเข้มข้น 0.05, 0.10, 0.50, 1.00 และ 1.50 ppm ตามลำดับ ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 ml แล้วปรับปริมาตร ด้วย 1% กรดไนตริก จนถึงขีดวัดปริมาตรเขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดค่า Absorbance โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectroscopy

2. การวิเคราะห์ปริมาณสังกะสี (Zn)

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานสังกะสี (Zn)

นำสารละลายมาตรฐาน Zinc acetate ความเข้มข้น 1000 ppm มาเจือจางให้มีความเข้มข้น 10 ppm เช่นเดียวกับกรณีวิเคราะห์เหล็ก

2.2 การเตรียมกราฟมาตรฐานสำหรับสังกะสี

เตรียมสารละลายสังกะสีมาตรฐานเข้มข้น 0.50 , 0.10 , 1.50 , 2.00 และ 2.50 ppm ตามลำดับ ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 25 ml แล้วปรับปริมาตรด้วย 1% กรดไนตริก จนถึงขีดปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปวัด Absorbance โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectroscopy

3. การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็ก (Fe)

3.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานเหล็ก

เนื่องจากสารละลายมาตรฐาน Ferric acetate ที่ใช้มีความเข้มข้น 100 ppm ต้องนำมาเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 10 ppm โดยเปิดสารละลายมาตรฐาน Ferric 1000 ppm มา 1.00 ml ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 ml โดยเติม 1% กรดไนตริก ให้ถึงขีดปริมาตรจะได้สารละลายเข้มข้น 10 ppm

3.2 การเตรียมกราฟมาตรฐานสำหรับเหล็ก

เตรียมสารละลายมาตรฐานเหล็กเข้มข้น 1.00 , 5.00, 10.00 และ 15.00 ppm ใส่ลงใน Volumetric flask ขนาด 25 ml แล้วปรับปริมาตรด้วย 1% กรดไนตริก จนถึงปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปวัด Absorbance โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectroscopy

4. การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว (Pb)

4.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานตะกั่ว

นำสารละลายมาตรฐาน Lead nitrate ที่มีความเข้มข้น 1000 ppm มาเจือจางให้มีความเข้มข้น 10 ppm เช่นเดียวกับกรณีการวิเคราะห์เหล็ก

4.2 การเตรียมกราฟมาตรฐานสำหรับตะกั่ว

เตรียมสารละลายมาตรฐานเข้มข้น 0.25 , 0.50 , 0.75, 1.00 , 5.00 , 10.00 และ 15.00 ppm ตามลำดับ ใส่ในขวดวัดปริมาตร 25 ml แล้วเติม 1% กรดไนตริกถึงขีดปริมาตร เขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปวัด Absorbance โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectroscopy

3.9 การวิเคราะห์ทางสถิติ

- 1) สถิติพรรณนา เช่น ค่าเฉลี่ย เปอร์เซนต์ ใช้กับข้อมูลให้เหมาะสมกับการแปรผล
- 2) สถิติวิเคราะห์ ใช้วิธี One way Anova และใช้เปรียบเทียบโดย LSD และ Duncan

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัย

ผลจากการวิจัยการหาประสิทธิภาพของพีชน้ำในการใช้น้ำบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ อาคารวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏพิบูลสงครามส่วนทะเลแก้ว โดยทำการศึกษาพารามิเตอร์คุณภาพของน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการก่อนทำการบำบัดด้วยพีชน้ำ 3 ชนิดก่อน แล้วทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในพารามิเตอร์ต่าง ๆ ต่ออีก 3 เดือน ทุกเดือน เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดจากพีช โดยเริ่มทำการทดลองในเดือน สิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำเสียก่อนและหลังทำการทดลอง

เวลา (เดือน)	ชนิดของบ่อบำบัด		
	ผักตบชวา	จอก	ผักบุ้ง
สิงหาคม (ก่อน)	7.50	7.50	7.50
กันยายน	7.54	7.58	7.58
ตุลาคม	7.59	7.65	7.60
พฤศจิกายน	7.63	7.78	7.81
ค่าเฉลี่ย	7.58	7.67	7.66

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) ของน้ำเสียก่อนและหลังทำการทดลอง

เวลา (เดือน)	ชนิดของบ่อบำบัด		
	ผักตบชวา	จอก	ผักบุ้ง
สิงหาคม (ก่อน)	27.03	27.03	27.03
กันยายน	27.13	27.11	27.06
ตุลาคม	27.33	27.16	27.76
พฤศจิกายน	27.82	28.26	28.78
ค่าเฉลี่ย	27.42	27.51	27.76

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าปริมาณออกซิเจน (DO) มก/ล ของน้ำเสียก่อนและหลังทำการทดลอง

เวลา (เดือน)	ชนิดของบ่อบำบัด		
	ผักตบชวา	จอก	ผักบุ้ง
สิงหาคม (ก่อน)	3.27	3.27	3.27
กันยายน	3.65	3.56	3.60
ตุลาคม	3.77	3.64	3.75
พฤศจิกายน	3.82	3.85	3.82
ค่าเฉลี่ย	3.67	3.58	3.61
ประสิทธิภาพในการเพิ่ม	12.23	9.48	10.39

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าปริมาณ BOD มก/ล ของน้ำเสียก่อนและหลังทำการทดลอง

เวลา (เดือน)	ชนิดของบ่อบำบัด		
	ผักตบชวา	จอก	ผักบุ้ง
สิงหาคม (ก่อน)	2.13	2.13	2.13
กันยายน	1.93	1.85	1.93
ตุลาคม	1.94	1.80	1.92
พฤศจิกายน	1.95	1.67	1.66
ค่าเฉลี่ย	1.94	1.77	1.83
ประสิทธิภาพในการลด	8.62	16.90	16.39

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าปริมาณทองแดง (มก/ล) ของน้ำเสียก่อนและหลังทำการทดลอง

เวลา (เดือน)	ชนิดของบ่อบำบัด		
	ผักตบชวา	จอก	ผักนึ่ง
สิงหาคม (ก่อน)	0.005	0.005	0.005
กันยายน	0.005	0.004	0.004
ตุลาคม	0.003	0.003	0.003
พฤศจิกายน	0.002	0.002	0.002
ค่าเฉลี่ย	0.004	0.0046	0.0046
ประสิทธิภาพในการลด	20.00	8	8

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าปริมาณเหล็ก (มก/ล) ของน้ำเสียก่อนและหลังทำการทดลอง

เวลา (เดือน)	ชนิดของบ่อบำบัด		
	ผักตบชวา	จอก	ผักนึ่ง
สิงหาคม (ก่อน)	0.2002	0.2002	0.2002
กันยายน	0.1876	0.1447	0.1870
ตุลาคม	0.1429	0.1253	0.1774
พฤศจิกายน	0.1364	0.1200	0.0989
ค่าเฉลี่ย	0.1217	0.1475	0.1544
ประสิทธิภาพในการลด	20.97	26.32	22.87

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าปริมาณตะกั่ว (มก/ล) ของน้ำเสียก่อนและหลังทำการทดลอง

เวลา (เดือน)	ชนิดของบ่อบำบัด		
	ฝักคบชวา	จอก	ฝักบู่
สิงหาคม (ก่อน)	0.0657	0.0657	0.0657
กันยายน	0.0519	0.0647	0.0611
ตุลาคม	0.0416	0.0436	0.0454
พฤศจิกายน	0.0395	0.0385	0.0311
ค่าเฉลี่ย	0.0469	0.0501	0.0508
ประสิทธิภาพในการลด	28.6	19.17	22.6

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าปริมาณสังกะสี (มก/ล) ของน้ำเสียก่อนและหลังทำการทดลอง

เวลา (เดือน)	ชนิดของบ่อบำบัด		
	ฝักคบชวา	จอก	ฝักบู่
สิงหาคม (ก่อน)	0.0472	0.0472	0.0472
กันยายน	0.0470	0.0427	0.0468
ตุลาคม	0.0381	0.0312	0.0277
พฤศจิกายน	0.0342	0.0308	0.0250
ค่าเฉลี่ย	0.0397	0.0349	0.0331
ประสิทธิภาพในการลด	15.88	20.00	33.00

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพของพืช 3 ชนิด ผักตบชวา จอกและผักบุ้ง โดยการวิจัยโดยปลูกพืช ให้เต็มผิวน้ำของวงบ่อหลังจากตรวจพารามิเตอร์ ของน้ำหลังจากการใช้ในห้องปฏิบัติการทาง วิทยาศาสตร์ ก่อนทำการบำบัด แล้วปล่อยข้างบ่อแล้วปล่อยทิ้งไว้ตามเวลาที่กำหนดแล้วทำการวัด คุณภาพน้ำทุกเดือนจนครบกำหนดพบว่าค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดลองมีค่าดังนี้

1. ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)

น้ำที่ก่อนเข้าบ่อในการวิจัยมีค่าความเป็นกรด - เบส เท่ากับ 7.50 ในขณะที่น้ำเสียที่ออก จากบ่อผักตบชวามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.63 น้ำเสียที่ออกจากบ่อจอกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.78 และน้ำเสียที่ วิจัยจากบ่อผักบุ้งมีค่าเฉลี่ย 7.81 จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าบ่อผักตบชวาสามารถในการ รักษา ค่าความเป็นกลางของน้ำได้ดีที่สุด รองลงมาคือบ่อจอกและผักบุ้งตามลำดับ เมื่อนำค่าที่ได้ไป เทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งในน้ำแหล่งผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งกำหนดค่าความเป็นกรด - ด่างต้องมี ค่าระหว่าง 5 - 9 พบว่าความเป็นกรดและเบสจากแหล่งน้ำดังกล่าวมีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด เมื่อนำไปทดสอบทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH ของน้ำจากบ่อที่ปลูกพืชทั้ง 3 ชนิด (ตบชวา จอก และผักบุ้ง) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อ มั่น 95 % และเมื่อทดสอบโดยใช้วิธี LSD และ Duncan พบว่าค่าความเป็นกรดและเบสของน้ำที่ ปลูกพืชทั้ง 3 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ซึ่ง หมายความว่าพืชทั้ง 3 ชนิดสามารถบำบัดรักษาสภาพค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำให้เป็นกลางได้ดี เหมือนกันทุกตัว

2 ค่าอุณหภูมิ (Temperature)

น้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการอาคารวิทยาศาสตร์ก่อนน้ำเข้าการทดลองมีค่าอุณหภูมิ 27.03 องศาเซลเซียส หลังจากการทดลองพบว่าน้ำทิ้งที่ใช้ผักตบชวาในการบำบัดมีค่าอุณหภูมิเท่ากับ 27.82 องศาเซลเซียส น้ำทิ้งที่ใช้จอกในการบำบัดมีค่าอุณหภูมิเท่ากับ 28.26 องศาเซลเซียส น้ำ ทิ้งที่ใช้ผักบุ้งในการบำบัดมีค่าอุณหภูมิเท่ากับ 27.76 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่าบ่อที่ใช้ ผักตบชวาสามารถรักษาอุณหภูมิของน้ำได้ดีกว่าพืชชนิดอื่นเมื่อนำค่าที่ได้ไปเทียบกับค่ามาตรฐาน น้ำทิ้งในน้ำแหล่งผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งกำหนดค่าอุณหภูมิ ต้องมีค่าไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส พบ ว่าค่าอุณหภูมิจากแหล่งน้ำดังกล่าวมีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด เมื่อนำไปทดสอบทางสถิติโดย การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอุณหภูมิของน้ำจากบ่อที่ปลูกพืชทั้ง 3 ชนิด (ตบชวา จอก และผักบุ้ง) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และเมื่อ

ทดสอบโดยใช้วิธี LSD และ Duncan พบว่าค่าความเป็นกรอนหภูมิของน้ำที่ปลูกพืชทั้ง 3 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ซึ่งหมายความว่าพืชทั้ง 3 ชนิด สามารถบำบัดรักษาสภาพค่าอุณหภูมิของน้ำได้ดีเหมือนกันทุกตัว

3. ค่า DO (ความต้องการออกซิเจน)

น้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการอาคารวิทยาศาสตร์ก่อนน้ำเข้าการทดลองมีค่า DO 3.27 มก/ล ซึ่งมีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับน้ำทั่วไปหลังจากการทดลองพบว่า น้ำทิ้งที่ใช้ผักตบชวาในการบำบัดพบว่ามีค่า เพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 3.67 มก/ล น้ำทิ้งที่ใช้จอกในการบำบัดมีค่า DO เป็น 3.58 มก/ล และ น้ำทิ้งที่ใช้ผักกูดในการบำบัดมีค่า DO เพิ่มขึ้นเป็น 3.61 มก/ล จากถาวรวิจัยพบว่าพบว่าบ่อที่ใช้ผักตบชวาสามารถเพิ่มค่า DO น้ำได้ดีกว่าพืชชนิดอื่นเมื่อนำค่าที่ได้ไปเทียบกับ ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งในน้ำแหล่งผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งกำหนดค่า DO ไม่ต่ำกว่า 4.0 มก/ล จากคุณสมบัติของน้ำเบื้องต้นพบว่ามีความต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ค่า DO จากแหล่งน้ำดังกล่าวหลังการบำบัดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด เมื่อนำไปทดสอบทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า DO ของน้ำจากบ่อที่ปลูกพืชทั้ง 3 ชนิด (ตบชวา จอก และผักกูด) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และเมื่อทดสอบโดยใช้วิธี LSD และ Duncan พบว่า ตบชวา จอก และผักกูดมีความสามารถในการเพิ่มค่า DO ได้ดีเหมือนกันและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4. ค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand)

น้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการอาคารวิทยาศาสตร์ก่อนน้ำเข้าการทดลองมีค่า BOD 2.13 มก/ล ซึ่งมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับน้ำทั่วไปหลังจากการทดลองพบว่าเมื่อใช้พืชน้ำในการบำบัด 3 เดือนพบว่า ทิ้งที่ใช้ผักตบชวาในการบำบัดพบว่ามีค่าปริมาณ BOD ลดลงเป็น 1.94 มก/ล น้ำทิ้งที่ใช้จอกในการบำบัดมีค่า BOD ลดลง เป็น 1.77 มก/ล และ น้ำทิ้งที่ใช้ผักกูดในการบำบัดมีค่า BOD ลดลงเป็น 1.83 มก/ล จากถาวรวิจัยพบว่าพบว่าบ่อที่ใช้จอกสามารถลดค่า BOD ในน้ำได้ดีกว่าพืชชนิดอื่นเมื่อนำค่าที่ได้ไปเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งในน้ำแหล่งผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งกำหนดค่า BOD ไม่เกิน 2.0 มก/ล จากคุณสมบัติของน้ำเบื้องต้นพบว่ามีความต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ค่า BOD จากแหล่งน้ำดังกล่าวหลังการบำบัดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด เมื่อนำไปทดสอบทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า BOD ของน้ำจากบ่อที่ปลูกพืชทั้ง 3 ชนิด (ตบชวา จอก และผักกูด) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และเมื่อทดสอบโดยใช้วิธี LSD และ Duncan พบว่า ตบชวา จอก และผักกูดมีความสามารถในการเพิ่มค่า BOD ได้ดีเหมือนกันและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ซึ่งหมายความว่าพืชน้ำทุกชนิดมีความสามารถในการลดค่า BOD ได้ดีเหมือนกัน

5. ทองแดง (Cu)

น้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการอาชีววิทยาศาสตร์ก่อนน้ำเข้าการทดลองมีค่าทองแดง 0.005 มก/ล หลังจากการทดลองพบว่าน้ำทิ้งที่ใช้ผักตบชวาในการบำบัดพบว่ามีค่าลดลงจากเดิมเป็น 0.004 มก/ล น้ำทิ้งที่ใช้จอกในการบำบัดมีค่าทองแดงเป็น 0.0046 มก/ล และ น้ำทิ้งที่ใช้ผักบุ้งในการบำบัดมีค่าทองแดง ลดลงเป็น 0.046 มก/ล จากการวิจัยพบว่าพบว่าบ่อที่ใช้ผักตบชวาสามารถลดค่าค่าทองแดงในน้ำได้ดีกว่าพืชชนิดอื่น รองลงมาได้แก่จอก และผักบุ้งตามลำดับ เมื่อนำค่าที่ได้ไปเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งในน้ำแหล่งผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งกำหนดค่าทองแดงไม่เกินกว่า 0.1 มก/ล จากคุณสมบัติของน้ำเบื้องต้นพบว่ามีความคุณภาพของน้ำจากแหล่งดังกล่าวมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ปริมาณค่าทองแดง จากแหล่งน้ำดังกล่าวหลังการบำบัดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด เมื่อนำไปทดสอบทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณทองแดงของน้ำจากบ่อที่ปลูกพืชทั้ง 3 ชนิด (ตบชวา จอก และผักบุ้ง) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และเมื่อทดสอบโดยใช้วิธี LSD และ Duncan พบว่า ตบชวา จอก และผักบุ้งมีความสามารถในการลดปริมาณทองแดงได้ดีเหมือนกันและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

6. เหล็ก (Fe)

น้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการอาชีววิทยาศาสตร์ก่อนน้ำเข้าการทดลองมีเหล็กอยู่ปริมาณ 0.200 มก/ล หลังจากการทดลอง 3 เดือน พบว่าน้ำทิ้งที่ใช้ผักตบชวาในการบำบัดพบว่ามีค่าลดลงจากเดิมเป็น 0.121 มก/ล น้ำทิ้งที่ใช้จอกในการบำบัดมีค่าเหล็กเป็น 0.088 มก/ล และ น้ำทิ้งที่ใช้ผักบุ้งในการบำบัดมีค่าเหล็ก ลดลงเป็น 0.154 มก/ล จากการวิจัยพบว่าพบว่าบ่อที่ใช้ผักตบชวาสามารถลดค่าค่าเหล็กในน้ำได้ดีกว่าพืชชนิดอื่น รองลงมาได้แก่จอก และผักบุ้งตามลำดับ เมื่อนำค่าที่ได้ไปเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งในน้ำแหล่งผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งกำหนดค่าเหล็กไม่เกินกว่า 0.5 มก/ล จากคุณสมบัติของน้ำเบื้องต้นพบว่ามีความคุณภาพของน้ำจากแหล่งดังกล่าวมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ปริมาณเหล็กจากแหล่งน้ำดังกล่าวหลังการบำบัดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด เมื่อนำไปทดสอบทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณเหล็กของน้ำจากบ่อที่ปลูกพืชทั้ง 3 ชนิด (ตบชวา จอก และผักบุ้ง) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และเมื่อทดสอบโดยใช้วิธี LSD และ Duncan พบว่า ตบชวา จอก และผักบุ้งมีความสามารถในการลดปริมาณเหล็กได้ดีเหมือนกันและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

7. ตะกั่ว (Pb)

น้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการอาชีววิทยาศาสตร์ก่อนน้ำเข้าการทดลองมีตะกั่วอยู่ปริมาณ 0.0657 มก/ล หลังจากการทดลอง 3 เดือน พบว่าน้ำทิ้งที่ใช้ผักตบชวาในการบำบัดพบว่ามีค่าลดลงจากเดิมเป็น 0.0490 มก/ล น้ำทิ้งที่ใช้จอกในการบำบัดมีค่าตะกั่วเป็น 0.0501 มก/ล และ น้ำทิ้งที่ใช้ผักบุ้งในการบำบัดมีค่าตะกั่ว ลดลงเป็น 0.0503 มก/ล จากการวิจัยพบว่าพบว่าบ่อที่ใช้ผักตบชวาสามารถลดค่าตะกั่วในน้ำได้ดีกว่าพืชชนิดอื่น รองลงมาได้แก่จอก และผักบุ้งตามลำดับ เมื่อนำค่าที่ได้ไปเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งในน้ำแหล่งผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งกำหนดค่าตะกั่วไม่เกินกว่า 0.055 มก/ล จากคุณสมบัติของน้ำเบื้องต้นพบว่ามีความคุณภาพของน้ำจากแหล่งดังกล่าวมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ปริมาณตะกั่วจากแหล่งน้ำดังกล่าวหลังการบำบัดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด เมื่อนำไปทดสอบทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณตะกั่วของน้ำจากบ่อที่ปลูกพืชทั้ง 3 ชนิด (ตบชวา จอก และผักบุ้ง) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และเมื่อทดสอบโดยใช้วิธี LSD และ Duncan พบว่า ตบชวา จอก และผักบุ้งมีความสามารถในการลดปริมาณตะกั่วได้ดีเหมือนกันและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

8. สังกะสี (Zn)

น้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการอาชีววิทยาศาสตร์ก่อนน้ำเข้าการทดลองมีสังกะสีอยู่ปริมาณ 0.0472 มก/ล หลังจากการทดลอง 3 เดือน พบว่าน้ำทิ้งที่ใช้ผักตบชวาในการบำบัดพบว่ามีค่าลดลงจากเดิมเป็น 0.0397 มก/ล น้ำทิ้งที่ใช้จอกในการบำบัดมีค่าทองแดงเป็น 0.0349 มก/ล และ น้ำทิ้งที่ใช้ผักบุ้งในการบำบัดมีค่าสังกะสี ลดลงเป็น 0.0331 มก/ล จากการวิจัยพบว่าพบว่าบ่อที่ใช้ผักบุ้งสามารถลดค่าสังกะสีในน้ำได้ดีกว่าพืชชนิดอื่น รองลงมาได้แก่จอก และตบชวาตามลำดับ เมื่อนำค่าที่ได้ไปเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งในน้ำแหล่งผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งกำหนดค่าสังกะสีไม่เกินกว่า 1.0 มก/ล จากคุณสมบัติของน้ำเบื้องต้นพบว่ามีความคุณภาพของน้ำจากแหล่งดังกล่าวมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ปริมาณเหล็กจากแหล่งน้ำดังกล่าวหลังการบำบัดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด เมื่อนำไปทดสอบทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณเหล็กของน้ำจากบ่อที่ปลูกพืชทั้ง 3 ชนิด (ตบชวา จอก และผักบุ้ง) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และเมื่อทดสอบโดยใช้วิธี LSD และ Duncan พบว่า ตบชวา จอก และผักบุ้งมีความสามารถในการลดปริมาณเหล็กได้ดีเหมือนกันและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในระยะสั้นกว่านี้เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้พืชบำบัดน้ำเพื่อลดเวลาและประสิทธิภาพในการนำไปใช้จริงในทางปฏิบัติ
2. ควรทำการวิเคราะห์หาโลหะหนักชนิดอื่น ๆ ถ้ามีเครื่องมือและอุปกรณ์
3. ควรทำการวิจัยอย่างต่อเนื่องเพื่อติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังสารมลพิษต่อไป
4. ควรอบรมความรู้ทางด้าน เทคโนโลยีสะอาดให้กับบุคลากรในหน่วยงานและทุกคนที่มีส่วนผลิต สารโลหะหนัก
5. ควรนำเอาวิธีการดังกล่าวมาบำบัดน้ำเสียในแหล่งน้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์อย่างจริงจัง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
Pibulsongkram Rajabhat University

บรรณานุกรม

1. กรรณิกา สิริสิงห์เคมีของน้ำไฮโดรเจนและการวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ บริษัทประยูรวงศ์จำกัด, 2525.
2. กองโภชนา กรมอนามัย ตารางแสดงคุณค่าอาหารในสวนผักกินได้ 100 กรัม
โรงพิมพ์องค์การเกษตรกรรม, 2521.
3. จิตติมา วสุสิน การศึกษาประสิทธิภาพของพืชน้ำในการบำบัดน้ำจากแหล่งน้ำชุมชนและที่พักอาศัย กรณีศึกษาจากศูนย์ศาลาตา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล, 2529.
4. ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และอุษา วิเศษสมมณ. คู่มือการวิเคราะห์น้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ โรงพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2519.
5. นริศ บุญประครอง. การศึกษาและการผลิตผักกระเฉด พืชอาหารที่นำสนใจ
ปัญหาพิเศษ, ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, 2528.
6. เบญจา พวงสุวรรณ. รายงานการวิจัย น้ำทิ้งน้ำเสีย 2514-2523 กองการวิเคราะห์โครงการและประเมิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและพลังงาน กรุงเทพฯ, 2525.
7. เปี่ยมศักดิ์ มานะเสวต. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. พิมพ์ครั้งที่ 5 กรุงเทพฯ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.
8. ไพศาล เหล่าสุวรรณ สถิติสำหรับการวิจัยทางการเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 2 สงขลา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2535.
9. วนิดา ชนประ โยชนัน ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของพืชน้ำกับสารอาหารในบึงมักกะสัน กรุงเทพฯ วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2532.
10. สุชาดา เพ็ญศรี พรรณ ไม่น้ำ กรุงเทพฯ ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2532.
11. เสริมพล รัตนสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2533.
12. อัญเชิญ คงแสงดาว เรื่องนำรู้จากผักคอบขวา วัชพืช, 2520.

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
Pibulsongkram Rajabhat University

ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
ค่าความเป็นกรด-เบส	5.5-9	PH มิเตอร์
ค่าดีทีเอส(TDS) (Total dissolved Solid)	-ไม่เกิน 3,000 มก/ล หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรับรอน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษจะเห็นสมควรแต่ไม่ควรเกิน 5,000 มก/ล -น้ำทิ้งที่จะระบายลงในแหล่งน้ำ น้ำกร่อยที่มีความเค็ม (Salinity)เกิน 2,000 มก/ล หรือลงสู่ทะเลค่าดีทีเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าดีทีเอสที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก./ล	-ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103 -105 องศาเซลเซียสเวลา 1 ชั่วโมง
สารแขวนลอย (Suspended Solid)	ไม่เกิน50 มก./ล หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งน้ำที่รองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของอุตสาหกรรมหรือประเภทของอุตสาหกรรมหรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษจะเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มก/ล.	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว(Glass Fiber Filter Disc)
อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดในขณะที่ทำการเก็บตัวอย่าง
สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่ได้กำหนด
ซัลไฟด์,ไซยาไนด์ (Sulfide(H ₂ S), ไซยาไนด์(Cyanide) (HCN)	ไม่เกิน 1,000 มก/ล ไม่เกิน0.2 มก/ล	Titrate กลิ่นและทำตามวิธี Piridine Barbituric Acid
น้ำมันและไขมัน(Fat and Oil and Grease)	ไม่เกิน5.00มก./ลหรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งที่รองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษจะเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 มก/ล	

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ไม่เกิน 1.0 มก/ล	Spectrophotometry
สารประกอบฟีนอล (phenols)	ไม่เกิน 1.0 มก/ล	กลั่นและตามด้วย วิธี 4-Amino antipyrin
คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่เกิน 1.0 มก/ล	Iodometric Method
สารที่ใช้ป้องกันและ กำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	ต้องตรวจตามวิธีที่กำหนด	Gas-Chromato Graphy
ค่าบีโอดี (5 วันที่ อุณหภูมิ 20 องศา เซลเซียส)	ไม่เกิน 20 มก./ล. หรือแตกต่างกันแต่ประเภท ของแหล่งน้ำที่รับรอน้ำทิ้งหรือประเภทของโรง งานอุตสาหกรรม	Azide modification ที่อุณหภูมิ 20 องศา เซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน
ค่า TNK หรือ (Total Kjeldahl Nitrogen)	ไม่เกิน 100 มก/ล หรืออาจแตกต่างกันแต่ละ ประเภทของแหล่งรับน้ำทิ้งหรือประเภทของ โรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุม มลพิษจะเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 200 มก/ล หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษจะเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 400 มก./ล.	Kjeldahl
สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล	Atommic Absorption Spectrophotometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี plasma Emission Spectroscopy ชนิด Coupled Plasma

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
อาร์เซนิก (As)	ไม่เกิน 2.0 มก./ล	Atommic
ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 0.005 มก./ล	Absorption
ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.03 มก./ล	Spectrophotometry
แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล	ชนิด Direct
แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล	Aspiration หรือวิธี
แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล	plasma Emission
ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล	Spectroscopy ชนิด
นิกเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล	Coupled Plasma
		ICP
เซเลเนียม	ไม่เกิน 0.02 มก./ล	ไม่เกิน 0.02 มก./ล

แหล่งที่มา : ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
Pibulsongkram Rajabhat University