

ฉบับครั้งที่ 2 พ.ศ. 2547

# เดม้ำทยายของน้ำ และน้ำเสี่ย



มันสึบ ตันทูลเวศม์  
มันรึทซ์ ตันทูลเวศม์

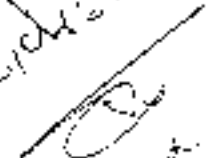
San.E.68  
PRINTING INDUSTRIES CO., LTD.

San E. 68  
PRINTING INDUSTRIES CO., LTD.

# เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย

มันสิน ตันกุลเวศม์

มันรัชต์ ตันกุลเวศม์

เมืองหน้าทอน  
  
10.11.67





ข้าพเจ้าขอ ผู้ซึ่งทรงไว้มาแต่ถึงกาลละเลิกอันอันนี้ มีสิ่งและวิชาศึกษาที่สมควรจะถึงแก่สังคม  
จะมีประโยชน์ในวิชาความรู้ที่สมควรและได้เสียมาซึ่งวิชาที่สมควรจะอยู่ก่อนที่ไปก่อนได้ไว้รับ  
ประโยชน์และสามารถมีวิชาที่สมควรได้ไปและบุคคลใช้ได้

วันสืบ ตัณจุลวาทน์

คณะวิชาธรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันรับ ตัณจุลวาทน์

บริษัท แชน.บี.เอส. มอนซังตั้ง เอ็มจีนิเกอส์ จำกัด

## สถิติการขายประกาศ

ผู้ซื้อและผู้ขายมีสิทธิ์ขอแก้ไขรายละเอียดการประมูลก่อนวันปิดประมูลได้ ๗ วัน ก่อนวันปิดประมูล โดยระบบจะแจ้งเตือนผู้ดูแลระบบให้ทราบ และผู้ดูแลระบบจะแจ้งให้ผู้ขายและผู้ซื้อที่เกี่ยวข้องทราบด้วย ทั้งนี้การแก้ไขดังกล่าวจะไม่ส่งผลต่อผลการประมูลแต่อย่างใด และผู้ซื้อและผู้ขายสามารถดูรายละเอียดการประมูลได้ที่ [เว็บไซต์](#) [ด้วยสำเนาบัญชีรายชื่อผู้ขายและผู้ซื้อ](#) [รายชื่อผู้ขายและผู้ซื้อ](#) [คู่มือเว็บไซต์](#) [ค่าธรรมเนียมการประมูล](#) [การดูแลลูกค้า](#) [คำชี้แจง](#) [ที่ปรึกษา](#) [เว็บไซต์](#) [แบบฟอร์ม](#) [คู่มือ](#) [เว็บไซต์](#)

<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 การนำวิชาวิทยาศาสตร์มาใช้ในชีวิตประจำวัน	1.3
1.2 ประวัติศาสตร์ของวิชาวิทยาศาสตร์และเคมีในประเทศไทย	1.4
1.3 หน้าที่ของวิทยาศาสตร์และเคมีในชีวิตประจำวัน	1.5
1.4 หน้าที่ของวิทยาศาสตร์และเคมีในชีวิตประจำวัน	1.7
1.5 หน้าที่ของวิทยาศาสตร์และเคมีในชีวิตประจำวัน	1.10
<b>บทที่ 2 เทคนิคการปฏิบัติการเคมี</b>	
2.1 การปฏิบัติการเคมีทั่วไป	2.3
2.2 การปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์	2.11
2.3 การปฏิบัติการเคมีอินทรีย์	2.11
2.4 การปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ (Colorimetric Analysis)	2.17
2.5 การปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ (Gravimetric Analysis)	2.24
2.6 การปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ (Titrimetric Analysis)	2.27
2.7 การปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์	2.27
<b>บทที่ 3 ความรู้พื้นฐานทางเคมีของสิ่งแวดล้อม</b>	
3.1 ความเป็นพิษ	3.3
3.2 ความรู้ทั่วไป	3.8
3.3 ก๊าซพิษ (Gas Toxics)	3.15
3.4 การวัดความเข้มข้น	3.23
3.5 การดูดซับ (Solubility Process)	3.23

สารบัญ

บทวิพากษ์ของน้ำบาดาลน้ำเสีย

<b>บทที่ ๓ ลักษณะของน้ำบาดาลน้ำเสีย</b>	
๓.๑ ลักษณะของน้ำบาดาลน้ำเสีย	๓.๑
๓.๒ คุณสมบัติของน้ำบาดาลน้ำเสีย	๓.๒
๓.๓ ลักษณะของน้ำบาดาลน้ำเสีย	๓.๒๓
๓.๔ ลักษณะของน้ำบาดาลน้ำเสีย	๓.๓๐
<b>บทที่ ๕ การพิสูจน์ (Furidicity)</b>	
๕.๑ การทดสอบการปนเปื้อนของน้ำบาดาล	๕.๑
๕.๒ การทดสอบการปนเปื้อนของน้ำบาดาล	๕.๑
๕.๓ การทดสอบการปนเปื้อนของน้ำบาดาล	๕.๑
๕.๔ การทดสอบการปนเปื้อนของน้ำบาดาล	๕.๑
<b>บทที่ ๖ สี (Color)</b>	
๖.๑ การทดสอบการปนเปื้อนของน้ำบาดาล	๖.๖
๖.๒ การทดสอบการปนเปื้อนของน้ำบาดาล	๖.๖
๖.๓ การทดสอบการปนเปื้อนของน้ำบาดาล	๖.๖
<b>บทที่ ๗ การทดสอบค่าไฟฟ้า (Specific Conductivity)</b>	
๗.๑ การทดสอบการปนเปื้อนของน้ำบาดาล	๗.๖
๗.๒ การทดสอบการปนเปื้อนของน้ำบาดาล	๗.๖
๗.๓ การทดสอบการปนเปื้อนของน้ำบาดาล	๗.๖



สารบัญ

สารบัญ

<b>บทที่ 8 ความเป็นกรด-เบส (pH)</b>	
8.1 ความหมายของความเป็นกรด-เบส	8.1
8.2 ความสัมพันธ์ของความเป็นกรด-เบสกับการนำไอออนของกรด-เบส	8.9
8.3 ความเข้มข้นของกรด-เบส	8.13
8.4 ความสัมพันธ์ของค่าคงที่การแตกตัวของกรด-เบสกับการนำไอออนของกรด-เบส	8.16
<b>บทที่ 9 การนำไอออนของกรด-เบส (ORP)</b>	
9.1 ความหมายของค่าความเป็นกรด-เบส	9.3
9.2 การนำไอออนของกรด-เบสในการนำไอออนของกรด-เบส	9.6
9.3 ความหมายของค่าความเป็นกรด-เบส	9.11
9.4 ค่าความเป็นกรด-เบส	9.12
9.5 การนำไอออนของกรด-เบสในการนำไอออนของกรด-เบส	9.20
<b>บทที่ 10 ความด่าง (Alkalinity)</b>	
10.1 ค่าความเป็นด่าง	10.3
10.2 ความหมายของค่าความเป็นด่าง	10.5
10.3 ค่าความเป็นด่างของน้ำ	10.7
10.4 การนำไอออนของกรด-เบสในการนำไอออนของกรด-เบส	10.18
10.5 การนำไอออนของกรด-เบสในการนำไอออนของกรด-เบส	10.29
<b>บทที่ 11 ความเปรี้ยวและค่าความเป็นกรดคาร์บอนิก (Acidity and Carbon Dioxide)</b>	
11.1 ค่าความเป็นกรด	11.3
11.2 ค่าความเป็นกรดคาร์บอนิก	11.4
11.3 การนำไอออนของกรด-เบสในการนำไอออนของกรด-เบส	11.7
11.4 ความสัมพันธ์ของค่าความเป็นกรดคาร์บอนิกกับการนำไอออนของกรด-เบส	11.8

สารบัญรูปเล่ม

เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย

1.1 ความหมายของเคมีวิทยาของน้ำ	1.1.1
1.2 องค์ประกอบของน้ำดื่ม น้ำใช้ น้ำประปา น้ำทิ้ง น้ำเสีย น้ำฝน น้ำบาดาล น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน	1.1.2
1.3 องค์ประกอบของน้ำ การวัดและผลจากเคมีวิทยาของน้ำ	1.1.3
1.4 องค์ประกอบของน้ำประปา	1.1.22
บทที่ 12 ความกระด้างของน้ำ (Water Hardness)	
12.1 องค์ประกอบของน้ำกระด้าง	12.1
12.2 วิธีการวัดความกระด้าง	12.3
12.3 การวัดความกระด้างของน้ำประปา	12.7
12.4 องค์ประกอบของน้ำกระด้างที่มาจากน้ำใต้ดิน	12.10
12.5 องค์ประกอบของน้ำกระด้างจากน้ำผิวดิน	12.14
12.6 องค์ประกอบของน้ำผิวดิน	12.25
บทที่ 13 คลอรีนตกค้างในน้ำประปา (Residual Chlorine and Chlorine Demand)	
13.1 องค์ประกอบของน้ำดื่ม น้ำใช้	13.1
13.2 องค์ประกอบของน้ำดื่ม น้ำใช้	13.14
13.3 Disinfection by-product (DBP) Concentration	13.17
13.4 องค์ประกอบของน้ำดื่ม น้ำใช้	13.17
13.5 องค์ประกอบของน้ำดื่ม น้ำใช้	13.19

สารบัญ

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

<b>บทที่ 14 คลอไรต์ (Chlorite)</b>	
14.1 คลอไรต์ และคลอไรต์ไอออน	14.1
14.2 วิธีการวัดคลอไรต์	14.1
<b>บทที่ 15 ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen)</b>	
15.1 ออกซิเจนละลายในน้ำและในน้ำทะเล	15.3
15.2 การวัดออกซิเจนละลายในน้ำ	15.7
15.3 การวัดออกซิเจนละลายในน้ำ	15.7
<b>บทที่ 16 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)</b>	
16.1 การวัดบีโอดีด้วยวิธี 5-วัน	16.1
16.2 บีโอดีในน้ำเสีย	16.3
16.3 การวัดบีโอดีด้วยวิธีอื่น	16.13
16.4 การวัดบีโอดีด้วยวิธีอื่น	16.18
16.5 การวัดบีโอดีด้วยวิธีอื่น	16.19
16.6 การวัดบีโอดีด้วยวิธีอื่น	16.21
16.7 การวัดบีโอดีด้วยวิธีอื่น	16.32
<b>บทที่ 17 ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)</b>	
17.1 การวัดซีโอดีด้วยวิธีอื่น	17.2
17.2 การวัดซีโอดีด้วยวิธีอื่น	17.3
17.3 การวัดซีโอดีด้วยวิธีอื่น	17.16
17.4 การวัดซีโอดีด้วยวิธีอื่น	17.18
17.5 การวัดซีโอดีด้วยวิธีอื่น	17.26

สารบัญ

เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย

<b>บทที่ 18 คาร์บอนอินทรีย์ (Total Organic Carbon, TOC)</b>	
18.1 บทนำ	18.1
18.2 การวิเคราะห์ TOC	18.2
18.3 TOC ที่วัดได้โดยวิธีต่าง ๆ	18.4
18.4 การวัด TOC ในน้ำดื่ม	18.8
18.5 TOC ในน้ำเสีย	18.10
18.6 การวัด TOC ในน้ำเสีย	18.12
<b>บทที่ 19 ไนโตรเจน (Nitrogen)</b>	
19.1 บทนำ	19.3
19.2 การวัดไนโตรเจน	19.7
19.3 การวัดไนโตรเจนในน้ำดื่ม	19.13
19.4 การวัดไนโตรเจนในน้ำเสีย	19.21
19.5 การวัดไนโตรเจนในน้ำเสีย	19.21
19.6 การวัดไนโตรเจน	19.27
<b>บทที่ 20 สารพิษ (Toxicity)</b>	
20.1 การวัดความเป็นพิษ	20.3
20.2 การวัดความเป็นพิษ	20.7
20.3 การวัดความเป็นพิษ	20.13
20.4 การวัดความเป็นพิษ	20.19
20.5 การวัดความเป็นพิษ	20.17
20.6 การวัดความเป็นพิษ	20.21

<b>บทที่ 21 สารซักฟอกและสบู่ (Detergent and Soap)</b>	
21.1 การทำความสะอาดสารซักฟอก (Detergent and Soap)	21.3
21.2 สารซักฟอกสังเคราะห์ (Synthetic Detergent)	21.6
21.3 Methylene Blue Active Substances (MBAS)	21.7
21.4 การวัดประสิทธิภาพซักฟอกของสารซักฟอก	21.8
21.5 ปัญหาที่มีผลจากสารซักฟอก	21.8
21.6 การวัดค่าความขุ่นในน้ำโดยใช้ MBAS	21.10
<b>บทที่ 22 เกลือของแมงกานีส (Iron and Manganese)</b>	
22.1 เกลือของเหล็ก (เหล็ก) หรือเกลือของแมงกานีส	22.4
22.2 ความสำคัญของการกำจัดสารอนินทรีย์	22.12
22.3 การใช้วิธีวิเคราะห์เชิงปริมาณของเหล็กและแมงกานีส	22.22
22.4 วิธีวิเคราะห์ของเหล็กในน้ำดื่ม โดยใช้วิธีวิเคราะห์ (Spectrophotometry)	22.25
22.5 วิธีวิเคราะห์ของแมงกานีส	22.27
<b>บทที่ 23 ไขมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)</b>	
23.1 การทดสอบการระเหยของไขมันและไขมัน	23.3
23.2 การทดสอบการนำไขมันไปหมักไขมันและไขมัน	23.4
23.3 การทดสอบการนำไขมันไปหมักไขมัน	23.9
23.4 การทดสอบการนำไขมันไปหมักไขมันและไขมัน	23.14
<b>บทที่ 24 ซัลไฟต์ (Sulfate) และซัลไฟด์ (Sulfide)</b>	
24.1 การทดสอบของซัลไฟต์และซัลไฟด์ในน้ำดื่มและน้ำดื่ม	24.7
24.2 การทดสอบของซัลไฟต์ในน้ำ	24.12
24.3 การทดสอบของซัลไฟด์ในน้ำดื่มและน้ำดื่ม	24.15

## สารบัญ

	เคมีวิทยาศาสตร์น้ำดื่ม
24.4 ฟิลิโอสเฟอรัส	24.21
24.5 ฟิลิโอสเฟอรัสไฮไดรด์	24.23
<b>บทที่ 25 ฟอสเฟต (Phosphate)</b>	
25.1 เคมีวิทยาของฟอสเฟต	25.4
25.2 แหล่งฟอสเฟตในน้ำ ดิน และอากาศ	25.7
25.3 ความสำคัญของการดูดซับฟอสเฟต	25.9
25.4 วิธีการกำจัดฟอสเฟตในน้ำดื่มและน้ำประปา	25.11
<b>บทที่ 26 กรดไขมันระเหย (Volatile Fatty Acids)</b>	
26.1 บทบาทของกรดไขมันระเหยในเคมีของน้ำดื่มและน้ำประปา	26.4
26.1.1 แหล่งที่มา	
26.2 บทบาทของกรดไขมันระเหยในกระบวนการกำจัดกลิ่นและรส	26.12
26.3 วิธีการกำจัดกรดไขมันระเหยในน้ำดื่มและน้ำประปา	26.14
26.4 บทบาทของกรดไขมันระเหยในน้ำดื่มและน้ำประปา	26.15

1.1 ความหมายและขอบข่ายของวิชาสถิติ	1.3
1.2 วัตถุประสงค์ของวิชาสถิติ	1.4
1.3 ประเภทของสถิติ	1.5
1.3.1 สถิติเชิงปริมาณ	1.5
1.3.2 สถิติเชิงคุณภาพ	1.6
1.3.3 สถิติเชิงพรรณนา	1.7
1.3.4 สถิติเชิงอนุมาน	1.8
1.3.5 สถิติเชิงพยากรณ์	1.9
1.4 ลักษณะของประชากร	1.11
1.5 การเตรียมตัวก่อนการเก็บข้อมูล	1.13





ประกอบ ซึ่งอาจมีผลที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของแหล่งน้ำที่นำมาบริโภคได้ ทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพการบริโภค  
 การควบคุมค่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำดื่มมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะสารเหล่านี้สามารถปนเปื้อนหรือปนเปื้อน  
 เมื่อจากกระบวนการบำบัดน้ำของระบบบำบัดน้ำดิบ ซึ่งกระบวนการบำบัดน้ำดิบที่นำมาบริโภคได้มีค่าไนโตรเจน  
 หรือฟอสฟอรัสเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้คือ ๑๐๐ มก./ลิตร ซึ่งหากเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้  
 จะส่งผลต่อสุขภาพของประชาชนที่บริโภคน้ำดื่มดังกล่าวได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคไต  
 โรคหัวใจ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคอ้วน โรคกระดูกพรุน โรคโลหิตจาง โรคโลหิตเป็นพิษ  
 โรคตับแข็ง โรคไขมันพอกตับ โรคหลอดเลือดหัวใจตีบตัน โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจขาดเลือด  
 โรคหลอดเลือดสมอง โรคไตเรื้อรัง โรคตับแข็ง โรคถุงน้ำดีอักเสบ โรคถุงน้ำดีนิ่ว โรคตับอ่อนอักเสบ  
 โรคตับอักเสบ โรคตับแข็ง โรคตับอักเสบเรื้อรัง โรคตับแข็งเรื้อรัง โรคตับแข็งเรื้อรัง โรคตับแข็งเรื้อรัง  
 โรคตับแข็งเรื้อรัง โรคตับแข็งเรื้อรัง โรคตับแข็งเรื้อรัง โรคตับแข็งเรื้อรัง โรคตับแข็งเรื้อรัง โรคตับแข็งเรื้อรัง

**1.2 ประวัติของวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์น้ำดื่ม**

การที่ผู้บริโภคมีความรู้และเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์น้ำดื่ม จะช่วยให้ผู้บริโภค  
 สามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์น้ำดื่มได้อย่างเหมาะสม และสามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์น้ำดื่มได้อย่าง  
 ถูกต้อง ซึ่งการวิเคราะห์น้ำดื่มที่ถูกต้องและแม่นยำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดูแลสุขภาพของประชาชน  
 การวิเคราะห์น้ำดื่มที่ถูกต้องและแม่นยำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดูแลสุขภาพของประชาชน การวิเคราะห์น้ำดื่ม  
 ที่ถูกต้องและแม่นยำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดูแลสุขภาพของประชาชน การวิเคราะห์น้ำดื่มที่ถูกต้องและแม่นยำ  
 เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดูแลสุขภาพของประชาชน การวิเคราะห์น้ำดื่มที่ถูกต้องและแม่นยำเป็นสิ่งจำเป็น  
 สำหรับการดูแลสุขภาพของประชาชน การวิเคราะห์น้ำดื่มที่ถูกต้องและแม่นยำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดูแลสุขภาพ  
 ของประชาชน การวิเคราะห์น้ำดื่มที่ถูกต้องและแม่นยำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดูแลสุขภาพของประชาชน  
 การวิเคราะห์น้ำดื่มที่ถูกต้องและแม่นยำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดูแลสุขภาพของประชาชน การวิเคราะห์น้ำดื่ม  
 ที่ถูกต้องและแม่นยำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดูแลสุขภาพของประชาชน การวิเคราะห์น้ำดื่มที่ถูกต้องและแม่นยำ  
 เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดูแลสุขภาพของประชาชน การวิเคราะห์น้ำดื่มที่ถูกต้องและแม่นยำเป็นสิ่งจำเป็น  
 สำหรับการดูแลสุขภาพของประชาชน การวิเคราะห์น้ำดื่มที่ถูกต้องและแม่นยำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดูแลสุขภาพ  
 ของประชาชน การวิเคราะห์น้ำดื่มที่ถูกต้องและแม่นยำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดูแลสุขภาพของประชาชน



ใบโง้อสุกเป็นยารักษาโรคที่มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบขึ้นตามป่าดิบชื้นและป่าเบญจพรรณในภาคเหนือของประเทศไทย ใบโง้อสุกมีรสขม มีกลิ่นฉุน มีฤทธิ์ขับพยาธิและขับลม มีรสขม มีฤทธิ์ขับพยาธิและขับลม มีรสขม มีฤทธิ์ขับพยาธิและขับลม

### 1.3.2 มีฤทธิ์ขับพยาธิ

มีผลขับพยาธิในลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ของหนูทดลอง พบว่าใบโง้อสุกมีฤทธิ์ขับพยาธิในลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ของหนูทดลอง พบว่าใบโง้อสุกมีฤทธิ์ขับพยาธิในลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ของหนูทดลอง

การคำนวณและเปรียบเทียบค่าใช้สอย

๓๐.๕                      ๓๖๖.๖

คำนวณค่าใช้สอยของสารสกัดแห้ง ๓๐.๕ มก./๕๐ มล. พบว่าค่าใช้สอยของสารสกัดแห้ง ๓๐.๕ มก./๕๐ มล. มีค่าใช้สอยต่ำกว่าค่าใช้สอยของสารสกัดแห้ง ๓๖๖.๖ มก./๕๐๐ มล.

๓๐.๕ มก./๕๐ มล. (๓๐.๕)	๓๖๖.๖	๓๖๖.๖
๓๐.๕ มก./๕๐๐ มล. (๓๐.๕)	๓๖๖.๖	๓๖๖.๖
คำนวณ ค่าใช้สอย (๓๐.๕) x ๑๐๐๐ มล./๕๐๐ มล. กับ ค่าใช้สอย (๓๖๖.๖)	-	๓๖๖.๖ x ๑,๐๐๐
-	๓๐,๕๐๐	๓๖๖,๖๐๐
-	๓๐	๓๖๖





ตามที่ได้รับมอบหมายให้จัดทำเอกสารวิชาการเกี่ยวกับเรื่อง "การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ" และ "การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ" โดยใช้ความรู้ที่ได้รับมาเขียนรายงานที่แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อประเทศไทย

1.2.5 สมมุติฐาน (Hypothesis) ที่ตั้งคือ

1.2.5.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย จะส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนลดลง

สมมุติฐานที่ 1	การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย จะส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนลดลง
สมมุติฐานที่ 2	การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย จะส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

โดยปกติแล้วการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝน ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	0.12	0.18
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	0.12 - 0.18	
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	0.026	สมมุติฐานที่ 1
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	0.818	สมมุติฐานที่ 2
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	0	สมมุติฐานที่ 3

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย จะส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยลดลง

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	0.12 - 0.18
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	0.4

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย จะส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยเพิ่มขึ้น

หน่วยการบัญชีคือเงินบาท ซึ่งเป็นหน่วยวัดมูลค่าของสินทรัพย์ หนี้สิน และส่วนของผู้ถือหุ้น โดยที่หน่วยการบัญชีจะแสดงมูลค่าของสินทรัพย์ หนี้สิน และส่วนของผู้ถือหุ้นในรูปของเงินบาท

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างผลวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืด

พารามิเตอร์	มก./ล.	ขีดที่สมมูล:เงินบาท	มก./ล. ที่อนุญาต
Ca <sup>2+</sup>	46	46.20 = 2.1	2.5x50 = 125
Mg <sup>2+</sup>	14	14.12 = 1.13	1.12x50 = 57
Na <sup>+</sup>	32	32.23 = 1.29	1.39x50 = 69
K <sup>+</sup>	5.1	5.439 = 0.14	0.14x50 = 7.0
รวมทั้งหมด	97.1	4.98	248
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	154	154.61 = 2.52	2.52x50 = 126
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	67	67.48 = 1.40	1.4x50 = 70
Cl <sup>-</sup>	11	11.55 = 0.96	0.96x50 = 48
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3.6	3.662 = 0.06	0.06x50 = 3
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	8.1	8.382 = 0.14	0.14x50 = 7
รวมทั้งหมด	266.91	5.16	254

จะเห็นว่าค่าผลวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืดที่แสดงในตารางที่ 1.1 นั้น ค่าของพารามิเตอร์ทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยค่าของพารามิเตอร์ทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยค่าของพารามิเตอร์ทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

ดังนั้นค่าผลวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืดที่แสดงในตารางที่ 1.1 นั้น ค่าของพารามิเตอร์ทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยค่าของพารามิเตอร์ทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

ว่า จะเอามาเทียบ โดยรวมในจำนวนค่าที่อ่านไม่ได้ ระบบจะแปลค่าเป็นค่าที่ถูกเฉลี่ยกันก่อน

#### 1.4 สถานะของสารละลายในน้ำ

คัตมีจิ ออว่ง สารละลายที่อยู่ในน้ำมีสถานะอย่างไร? คำตอบคือ มีสถานะที่ไม่มีตัวถูกละลายเข้มข้นสูงจนมีผลปฏิกิริยาหรือมีผลรวมเชิงไฟฟ้า สารอนินทรีย์ที่ตกตะกอนอยู่ในระบบของน้ำที่อุณหภูมิห้อง อาจกล่าวได้ว่าไม่มีสารละลายอนินทรีย์อยู่ในสถานะของเหลวหรือสารละลายของแข็งในน้ำซึ่งมีไอออนบวก (Cation) เช่น  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  เป็นต้น และมีไอออนลบ (Anion) เช่น  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  เป็นต้น สารละลายในน้ำจะไม่อยู่ในรูปของ  $\text{NaCl}$  หรือ  $\text{CaSO}_4$  หรือ  $\text{CaCO}_3$  เป็นต้นหากตกตะกอนก่อน ถ้าผลผลิตปฏิกิริยา ( $\text{NaCl}$ ) ตกเป็นน้ำแข็งก็จะเป็นสารละลายในน้ำและตกตะกอนได้  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  ของสารที่อยู่ในน้ำจะมี  $\text{NaCl}$  ตกตะกอนในน้ำ จนกว่าจะถึงค่าวิกฤตของสารละลาย ค่าวิกฤตจะไม่ใช่ค่าคงที่ตายตัวแต่ขึ้นกับผลของอุณหภูมิในน้ำ การสังเกตที่ง่ายที่สุดจะเห็นเป็นของแข็งที่ละลายน้ำที่ค่าวิกฤตที่  $\text{NaCl}$  ตกตะกอนในน้ำ การสังเกตที่ง่ายที่สุดจะเห็นเป็นของแข็งที่ละลายน้ำที่ค่าวิกฤตที่  $\text{NaCl}$  ตกตะกอนในน้ำ

แล้ว จะมีกี่ไอออนที่ จะตกจากสถานะของที่อยู่ในน้ำระบบหนึ่ง? คำตอบคือห้าไอออนที่มีผลรวมที่มีค่าเท่ากับจำนวนโมลที่ตกตะกอน

ไอออนบวก	ไอออนลบ
$\text{Na}^+$	$\text{Cl}^-$
$\text{Ca}^{2+}$	$\text{HCO}_3^-$ (สามเท่า)
$\text{Mg}^{2+}$	$\text{SO}_4^{2-}$
$\text{K}^+$	







ด้วยโปรแกรม Bar Graph จะเป็นการกราฟในคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นการนำข้อมูลที่ได้มาจัดอยู่ในรูปแบบกราฟที่มีลักษณะดูง่ายและดูดี (ดูรูปที่ 1.1) การพล็อตของข้อมูลมาจะจะมี ลำดับ ลำดับที่ของสารละลายที่ Fe, Al, Ca, Mg, Na, K, H ส่วนของข้อมูลตามแถวคือ ลำดับค่าที่ OH, HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl, F, NO<sub>3</sub> ตามค่าของค่ากราฟจะ เป็น โหมด กราฟแบบเส้น ขึ้นของข้อมูลจะอยู่ในหน่วยตามแบบที่ขึ้นเส้นกราฟ (เช่น มี ๑ มิลลิกรัม หรือ mg/L เป็นหน่วย ในหน่วยของกราฟ) ข้อมูล และชื่อของสาร จะรวมไว้ด้วยก็ควรเหมือนกัน ดังนั้นควรดูรูปแบบของกราฟที่ประกอบกัน ขึ้นเหมือนกัน

Fe	Al	Ca	Mg	Na	K	H
OH	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	F	NO <sub>3</sub>

รูปที่ 1.1 การเขียน Bar Graph

ตัวอย่างที่ 1.2 ส่วนประกอบของน้ำดื่มของน้ำดื่มที่มีค่า

pH	7.4	Ca <sup>2+</sup>	80	1.0 g Ca
Alkalinity	200	Mg <sup>2+</sup>	30	100 g Mg
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	100	Na <sup>+</sup>	40	100 g Na
Cl <sup>-</sup>	85	K <sup>+</sup>	05	100 g K

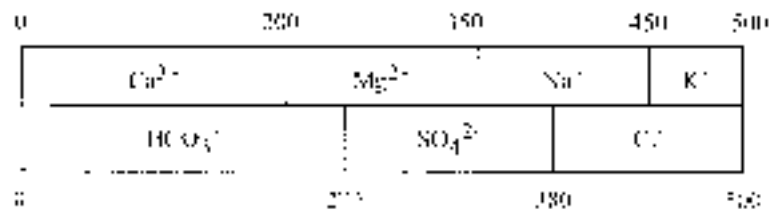
ส่วนนี้ในน้ำดื่มจะมีค่าที่ขึ้นเป็นค่าของค่าของค่าที่ได้เป็นค่า Alkalinity (OH<sup>-</sup> หรือ HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) และค่าของค่าขึ้นขึ้นให้อยู่ในหน่วย mg/L CaCO<sub>3</sub> ที่ค่าของค่าได้

คู่ไอออน	ไอออนบวก		
	ไอออนบวก	ความเข้มข้น (mg/L)	ความเข้มข้น (mg/L) ของ CaCO <sub>3</sub>
Ca <sup>2+</sup>	80 x 50.25	200	2.0 ไร่ CaCO <sub>3</sub>
Mg <sup>2+</sup>	36 x 50.12	150	2.0 ไร่ CaCO <sub>3</sub>
Na <sup>+</sup>	46 x 50.53	10	0.0 ไร่ CaCO <sub>3</sub>
K <sup>+</sup>	39 x 50.30	20	0.0 ไร่ CaCO <sub>3</sub>
รวม		250	0.0 ไร่ CaCO <sub>3</sub>

ไอออนลบ		
ไอออนลบ	ความเข้มข้น (mg/L)	ความเข้มข้น (mg/L) ของ CaCO <sub>3</sub>
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		2.0 ไร่ CaCO <sub>3</sub>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	120 x 50.48	1.0 ไร่ CaCO <sub>3</sub>
Cl <sup>-</sup>	35 x 50.35	1.0 ไร่ CaCO <sub>3</sub>
รวม		0.0 ไร่ CaCO <sub>3</sub>

เพื่อเขียนค่าไอออนลบที่เหลืออยู่ในรูปของ HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

สามารถเขียนเป็น Bar Graph ได้ดังนี้



หน่วยความเข้มข้นเป็น mg/L



ผู้ที่มีอาการของโรคหัวใจหรือความผิดปกติของหัวใจ อาจพบสาเหตุนี้เกิดขึ้นได้บ่อยในผู้ป่วยสูงอายุ และอาจตรวจพบก่อนมีอาการได้ 1-2 เดือน

โรคหลอดเลือดชั้น (Coronary  
การสะสมไขมัน (Precipitation)

ที่ผนังหลอดเลือดของหลอดเลือด  
ที่บริเวณหลอดเลือด

เมื่อหลอดเลือดหัวใจมีไขมันสะสมที่ชั้นไขมันที่ผนังหลอดเลือดชั้นกลางและชั้นใน ทำให้เป็นหลอดเลือดที่ตีบและถ้าตีบจนกระทั่งได้หลอดเลือดอุดตัน

นอกจากนี้ของสารไขมันนี้เองก็มีผลโดยตรงต่อหลอดเลือดด้วย ซึ่งมีผลช่วยเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ ซึ่งเป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญในการเกิดโรคหัวใจที่มีผลต่อหัวใจและหลอดเลือด การตรวจพบการตรวจหลอดเลือดหัวใจนั้นมีการตรวจระดับไขมันสูง การตรวจหัวใจและหลอดเลือดก็เป็นกระบวนการที่ซับซ้อน การตรวจระดับไขมันสูง เป็นกระบวนการสำคัญในการวินิจฉัยโรคหัวใจได้โดยที่ การตรวจหัวใจและหลอดเลือดอื่น ๆ ก็เป็นการตรวจและวินิจฉัยที่อาจเป็นประโยชน์ต่อความรุนแรงของโรคหัวใจเช่นกัน การตรวจระดับไขมันสูงในหลอดเลือดนั้นเกิดขึ้นเป็นกระบวนการที่ต่างกับชนิดของหลอดเลือดอื่น ๆ เช่น หลอดเลือดในสมอง เป็นต้น ซึ่งปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (Membrane Membrane) มีทั้งการตรวจระดับไขมันสูงในหลอดเลือดอื่น ๆ การตรวจระดับไขมันสูง (Membrane Process)

การที่พบโรคหลอดเลือดหัวใจที่หลอดเลือดชั้นกลางและชั้นในนั้นพบได้บ่อยในหลอดเลือดหัวใจและหลอดเลือดของสารออกฤทธิ์เป็นกรดไขมันที่ผนังหลอดเลือดชั้นกลางและชั้นใน การตรวจระดับไขมันสูงจึงมีผลต่อหัวใจ การตรวจระดับไขมันสูงจึงมีผลต่อหัวใจและหลอดเลือดชั้นกลางและชั้นใน การตรวจระดับไขมันสูงจึงมีผลต่อหัวใจและหลอดเลือดชั้นกลางและชั้นใน การตรวจระดับไขมันสูงจึงมีผลต่อหัวใจและหลอดเลือดชั้นกลางและชั้นใน

## เทคนิคเคมีวิเคราะห์

๒.๑ การปฏิบัติงานทั่วไป	๒.๓
๒.๑.๑ การตั้งเครื่องวัด	๒.๓
๒.๑.๒ การวัดค่า pH ของน้ำดื่ม	๒.๔
๒.๑.๓ การวัดค่าความขุ่น (Turbidity)	๒.๕
๒.๑.๔ การวัดค่า	๒.๕
๒.๑.๕ การวัดค่าความชื้น	๒.๕
๒.๑.๖ การวัดค่าความชื้น (Desiccant)	๒.๖
๒.๑.๗ การวัดค่าความชื้น	๒.๖
๒.๒ การวัดค่าความชื้นในน้ำดื่ม	๒.๖
๒.๓ การวัดค่าความชื้นในน้ำดื่ม	๒.๖
๒.๓.๑ การวัดค่าความชื้นในน้ำดื่ม	๒.๖
๒.๓.๒ การวัดค่าความชื้นในน้ำดื่ม	๒.๖
๒.๓.๓ การวัดค่าความชื้นในน้ำดื่ม	๒.๖
๒.๔ การวัดค่าความชื้นในน้ำดื่ม (Chemical Analysis)	๒.๖
๒.๔.๑ การวัดค่าความชื้นในน้ำดื่ม (Lambert's Law)	๒.๖
๒.๔.๒ การวัดค่าความชื้นในน้ำดื่ม (Beer's Law)	๒.๖
๒.๔.๓ การวัดค่าความชื้นในน้ำดื่ม	๒.๖
๒.๕ การวัดค่าความชื้นในน้ำดื่ม (Lambert's Law)	๒.๖
๒.๕.๑ การวัดค่าความชื้นในน้ำดื่ม (Flame Photometry)	๒.๖
๒.๕.๒ การวัดค่าความชื้นในน้ำดื่ม (Flame Photometry)	๒.๖
๒.๖ การวัดค่าความชื้นในน้ำดื่ม	๒.๖

สารบัญฉบับที่ ๒ (ต่อ)

**เทคนิคเคมีวิเคราะห์**

๒.๖ วิธีวิเคราะห์โพแทสเซียม	๒.๒๗
๒.๗ วิธีวิเคราะห์	๒.๒๗
๒.๗.๑ สหกรณ์	๒.๒๗
๒.๗.๒ สหกรณ์	๒.๒๗





การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการจะดำเนินการโดยมีขั้นตอนการทำงานที่ต่อเนื่องกัน ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

**ตารางที่ 1.1** ขั้นตอนการวิเคราะห์การศึกษาค้นคว้าการเก็บตัวอย่างน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำ

- เก็บตัวอย่าง
- อนุรักษ์ตัวอย่างน้ำก่อนนำส่งห้องปฏิบัติการ
- ระบุวันที่และเวลาที่เก็บตัวอย่าง น้ำตามจุดเก็บตัวอย่างน้ำ
- อนุรักษ์ตัวอย่างน้ำ
- เก็บตัวอย่างน้ำตามจุด
- ส่งตัวอย่างน้ำ (DO, pH, อุณหภูมิ, ปริมาณออกซิเจนละลาย)

การเก็บตัวอย่างน้ำ

- ศึกษาคุณสมบัติของน้ำ
- ศึกษาคุณสมบัติของน้ำ

**1.1.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ**

การเก็บตัวอย่างน้ำในห้องปฏิบัติการจะดำเนินการโดยมีขั้นตอนการทำงานที่ต่อเนื่องกัน ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ การเก็บตัวอย่างน้ำในห้องปฏิบัติการจะดำเนินการโดยมีขั้นตอนการทำงานที่ต่อเนื่องกัน ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ การเก็บตัวอย่างน้ำในห้องปฏิบัติการจะดำเนินการโดยมีขั้นตอนการทำงานที่ต่อเนื่องกัน ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้





งานนี้ ได้มาตามปกติใช้กระดาษสีที่มีสีเทาและสีขาวกระดาษทั้งหมดที่มี 500 แผ่น โดยที่ มีสีเทา 100 แผ่น และสีขาว 400 แผ่น สีไม่ชัดโดยทั่วไป 70 มม x 95 มม x 2.8 มม. ส่วน สีที่ชัดกว่ามีสี 2.7 มม x 1.5 มม. ส่วน สีที่ชัดเจนมีขนาดกระดาษที่ 70 มม x 95 มม x 2.8 มม. เป็นต้น. การสุ่มแบบมีเงื่อนไขใช้กระดาษทั้งหมด 500 แผ่นโดยที่ 20

ตารางที่ 2.2. ยอดการระบาดของ Covid-19 ในเขตกรุงเทพมหานคร

อัตราการระบาดของ Covid-19	ยอดการระบาดของ Covid-19 ในเขตกรุงเทพมหานคร	
	ชาย	หญิง
สูง	4	41
ปานกลาง	7	13
ต่ำ	2	40
รวม	13	94
รวมทั้งหมด	100%	100%

ตัวอย่าง การวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วย Quantitative Analysis โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น SPSS หรือ Excel. การวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยวิธีการสุ่มแบบง่าย ๆ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น SPSS หรือ Excel. การวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยวิธีการสุ่มแบบง่าย ๆ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น SPSS หรือ Excel. การวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยวิธีการสุ่มแบบง่าย ๆ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น SPSS หรือ Excel.

การวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยวิธีการสุ่มแบบง่าย ๆ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น SPSS หรือ Excel.

- SPSS: โปรแกรมวิเคราะห์เชิงปริมาณ
- Excel: โปรแกรมวิเคราะห์เชิงปริมาณ
- SPSS: โปรแกรมวิเคราะห์เชิงปริมาณ

การวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยวิธีการสุ่มแบบง่าย ๆ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น SPSS หรือ Excel.

- GFD 03 จำนวนเงินที่... (ไม่ชัดเจน)
- GFD 04 จำนวนเงินที่... (ไม่ชัดเจน)

2.1.5 การควบคุมสิ่งแวดล้อม

การควบคุมสิ่งแวดล้อม... (ไม่ชัดเจน)

การควบคุมสิ่งแวดล้อม... (ไม่ชัดเจน)

- Mechanically occluded Water
- Water of Crystallization
- ... (ไม่ชัดเจน)

การควบคุมสิ่งแวดล้อม... (ไม่ชัดเจน)

การควบคุมสิ่งแวดล้อม... (ไม่ชัดเจน)



ตัวอย่างการคำนวณโดยใช้เครื่องชั่งต่อไปนี้

- สามารถชั่งน้ำหนักตัวอย่างได้
- สามารถชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ละลายในน้ำที่ใช้ในงานการทดสอบ (Jar Test)
- สามารถชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่มีความชื้นได้ใน Normal หรือ 105 องศาเซลเซียส



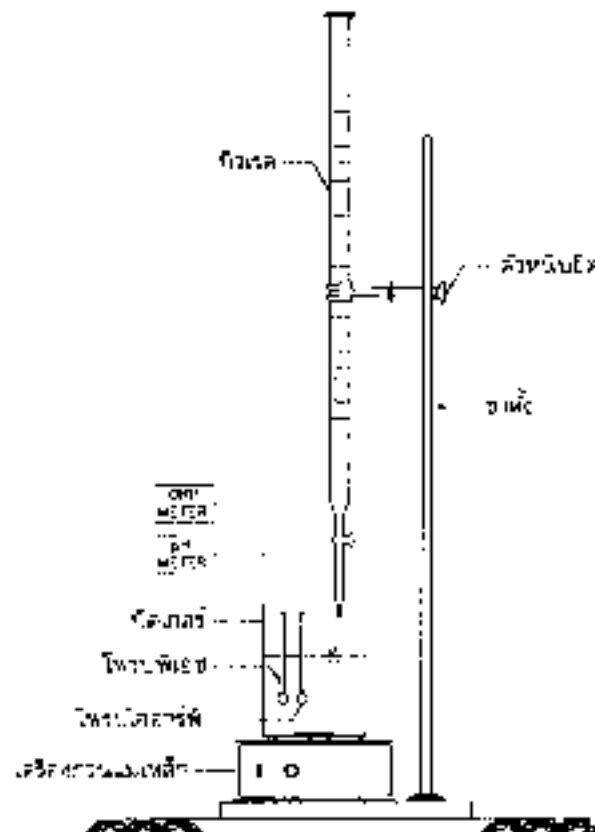
รูปที่ 2.1 เครื่องชั่งละเอียด

หน้าจากรูปที่ 2.1 มีดังนี้





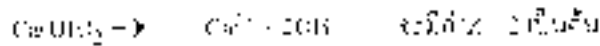
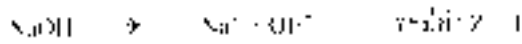
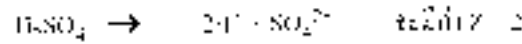
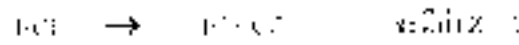
ในการนี้ใช้วิธีวัดค่าความสูงจุดหนึ่งโดยใช้วิธีพิกัดจุดหนึ่ง โดยที่จุดหนึ่งเป็นจุดที่  
 ในแนวตั้งเป็นจุดที่ทราบค่าที่แน่นอน เช่น จุดที่วัดค่าความสูงจากจุดที่ทราบค่า  
 เป็นความสูงที่แน่นอน



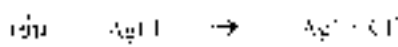
รูปที่ 2.2 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการสำรวจโดยวิธี



ในปฏิกิริยา  $Z \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}^+$  หรือ  $\text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{2+}$  เช่น



ในกรณีที่มีสารประกอบไอออนิกหรือ  $\text{OH}^-$  หรือ  $\text{OH}^+$  ซึ่งอยู่ข้างนอกที่สมดุลกับ  $\text{H}^+$  หรือ  $\text{OH}^-$



แล้วหา  $\text{Cl}^-$  มาคูณด้วย  $\text{H}^+$  จะได้  $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$  จำนวน  $Z = 1$   
 หรือ สมดุลกับ  $\text{AgCl}$  จำนวน  $\text{MW} = 1$

ในกรณีที่มีปฏิกิริยาเคมีหรือ  $\text{Redox Reaction}$   $Z = 1$  ถ้า  $n = 1$  และ  $n$  คือจำนวนอิเล็กตรอน  
 Number of electrons

$\text{BaCl}_2$  มี  $Z = 2 \times 1 = 2$  นี้คือค่าสมดุลกับ  $\text{BaCl}_2$  จำนวน  $\text{MW} = 2$

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  มี  $Z = 3 \times 2 = 6$  นี้คือค่าสมดุลกับ  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  จำนวน  $\text{MW} = 6$

ในกรณีที่มีสารประกอบที่มีประจุลบหรือ  $\text{OH}^-$  หรือ  $\text{OH}^+$  เช่น  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  มี  $Z = 2$  หรือ  
 $Z = 1$  จำนวนนี้ จะเหมือนกับปฏิกิริยา เช่น  $\text{K}^+$  หรือ  $\text{PO}_4^{3-}$  จำนวน  $Z = 1$  หรือ  $Z = 2$   
 จำนวน  $Z = 2$  หรือ  $Z = 1$  ให้ใช้ค่าสมดุลกับ  $\text{MW} = 2$  หรือ  $\text{MW} = 1$  หรือ  $\text{PO}_4^{3-}$  ในปฏิกิริยา  
 จำนวนสมดุล  $\text{MW} = 1$  สำหรับปฏิกิริยาเคมีหรือ  $\text{Redox Reaction}$   $Z = 1$  จำนวนนี้คือค่าสมดุล  
 กับปฏิกิริยาเคมีหรือ  $\text{Redox Reaction}$   $Z = 1$  จำนวนนี้คือค่าสมดุลกับ

### 2.3 การวัดความเข้มข้นของสารละลายสีเข้ม

การวัดความเข้มข้น (Absorbance) ของสารละลายสีเข้มสามารถทำได้โดยใช้เครื่องวัดความเข้มข้นแสง (Spectrophotometer) ซึ่งสามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ได้

$$A = \log_{10} \left( \frac{I_0}{I} \right)$$

โดยที่  $A$  คือค่าการดูดกลืนแสง,  $I_0$  คือความเข้มของแสงตกกระทบบนเซลล์, และ  $I$  คือความเข้มของแสงที่ผ่านสารละลาย. การใช้เครื่องวัดความเข้มข้นแสงสามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ได้. ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีเข้มจะสูงกว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีอ่อน. ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีเข้มจะสูงกว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีอ่อน.

การวัดความเข้มข้นของสารละลายสีเข้มสามารถทำได้โดยใช้เครื่องวัดความเข้มข้นแสง (Spectrophotometer) ซึ่งสามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ได้. ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีเข้มจะสูงกว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีอ่อน. ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีเข้มจะสูงกว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีอ่อน.

$$A = \log_{10} \left( \frac{I_0}{I} \right)$$

### 2.4 การวิเคราะห์แบบสีข้างสี (Colorimetric Analysis)

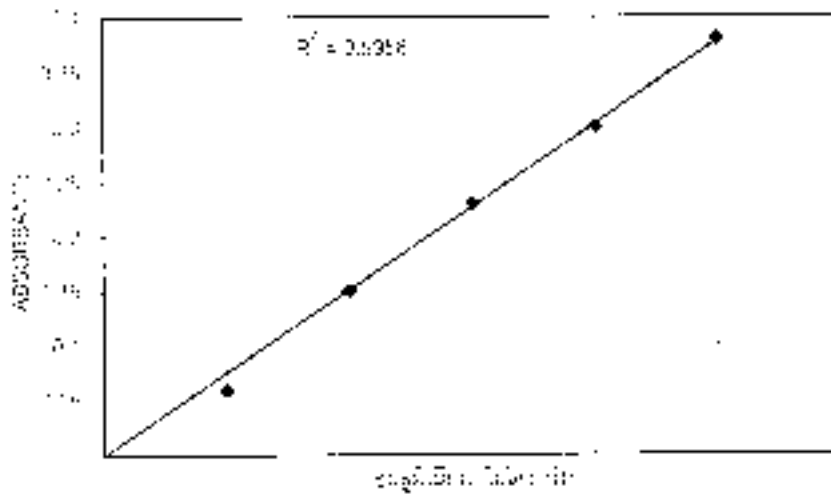
การวิเคราะห์แบบสีข้างสี (Colorimetric Analysis) เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้หลักการการดูดกลืนแสงของสารละลายสีข้างสี. ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีข้างสีจะสูงกว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีอ่อน.

#### 2.4.1 กฎของเบียร์-ลามเบิร์ต (Beer's Law)

กฎของเบียร์-ลามเบิร์ต (Beer's Law) เป็นกฎที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงของสารละลายสีข้างสีกับความเข้มข้นของสารละลายสีข้างสีและความยาวของเส้นทางที่แสงเดินทางผ่านสารละลายสีข้างสี. ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีข้างสีจะสูงกว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีอ่อน.





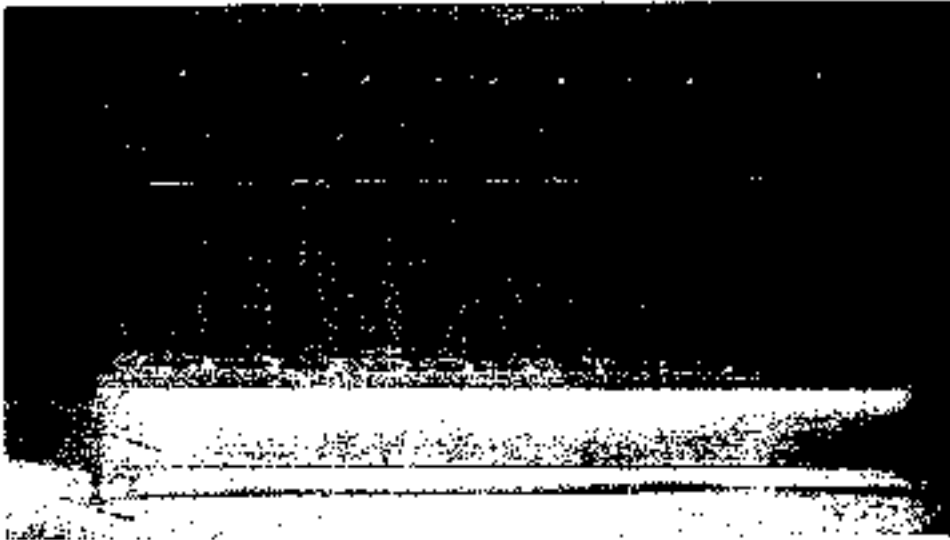


รูปที่ 2.3 ตัวอย่างกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ Absorbance และ ความเข้มข้น





มี ความยาว 2.5 m มีจุดวัดความสูงระดับน้ำที่ระดับความสูง 100 mm ใช้วัดระดับน้ำในถังวัดความขุ่นที่มีขนาด 100 mm x 100 mm โดยไม่มีหลอดวัด ซึ่งใช้สำหรับวัดความขุ่นเท่านั้น



รูปที่ 2.5 หลอดวัดความขุ่น (Nessler Tube)

สารเคมีที่ใช้ในหลอดวัด มี 3 ชนิด คือ

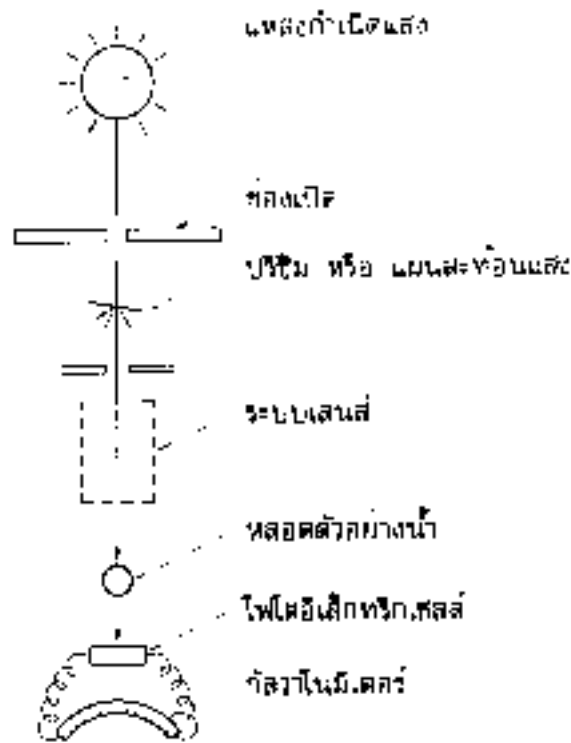
- สารละลายคลอรีนไดออกไซด์ (Cl<sub>2</sub>)
- สารโพแทสเซียม
- สารโพแทสเซียมไอโอดีน

สารชนิดนี้ใช้สำหรับวัด

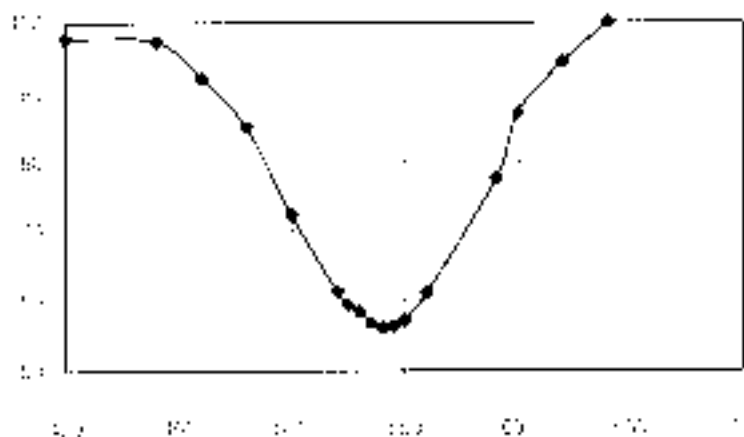




จะจ่ายไฟฟ้าให้ มี 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1. การรับแรงดันไฟฟ้า 2. การแปลงแรงดันไฟฟ้า 3. การจ่ายไฟฟ้าให้ผู้ใช้  
 1. การรับแรงดันไฟฟ้า: ส่วนประกอบที่ได้รับแรงดันไฟฟ้าโดยตรงคือ สถานีรับแรงดันไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งแรงดันสูง (เช่น 110 kV) และจ่ายแรงดันไฟฟ้าลงสู่ระบบจ่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (เช่น 230 V) ในอาคาร  
 2. การแปลงแรงดันไฟฟ้า: ส่วนประกอบที่แปลงแรงดันไฟฟ้าจากแรงดันสูง (เช่น 110 kV) ให้เป็นแรงดันต่ำ (เช่น 230 V) ในอาคารคือ สถานีแปลงแรงดันไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าจากแรงดันสูง (เช่น 110 kV) ให้เป็นแรงดันต่ำ (เช่น 230 V) ในอาคาร



รูปที่ 1.1 หลักการส่งกำลังของสถานีแปลงไฟฟ้าชนิดเตอร์



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ที่พบระหว่างจำนวนรอบกับโพรเซสเปอร์เซ็นต์

รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ที่พบระหว่างจำนวนรอบกับโพรเซสเปอร์เซ็นต์

### 2.5 การวิเคราะห์สถานะน้ำโดยวิธีแฟรงกี (Emission)

การวิเคราะห์สถานะน้ำโดยวิธีแฟรงกี (Emission) เป็นวิธีที่ใช้สำหรับตรวจสอบคุณภาพน้ำดื่มหรือน้ำประปา โดยเป็นการวัดค่าการปล่อยรังสีแกมมา (Gamma Radiation) จากไอโซโทปของธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งไอโซโทปเหล่านี้จะปล่อยรังสีแกมมาออกมาในลักษณะของอนุภาคที่มีพลังงานสูง การวัดค่าการปล่อยรังสีแกมมาเหล่านี้สามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่าเครื่องวัดรังสีแกมมา (Gamma Counter) ซึ่งสามารถวัดค่าการปล่อยรังสีแกมมาได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว การวิเคราะห์สถานะน้ำโดยวิธีแฟรงกีนี้สามารถใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำดื่มหรือน้ำประปาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำดื่มหรือน้ำประปาได้อย่างมีประสิทธิภาพ











รูปที่ 2.11 เครื่อง AA แบบที่ใช้ไฟฟ



รูปที่ 2.12 เครื่อง AA with Graphite Furnace (ไม่ใช้ไฟฟ)

เทคนิคการวิเคราะห์

ในปฏิกิริยาเคมีที่มีสารตั้งต้นเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันหลายชนิด การเกิดปฏิกิริยาเคมีจะขึ้นอยู่กับชนิดของหมู่ฟังก์ชันที่มีอยู่ (Redox Reaction) ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation Agent) และปฏิกิริยารีดิวชัน (Reducing Agent) เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่สมบูรณ์ขึ้นได้

ตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีที่แสดงถึงปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดิวชัน

2.2 การปฏิกิริยา

ปฏิกิริยาเคมีที่แสดงถึงปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดิวชันสามารถจำแนกได้เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดิวชัน ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดิวชัน

ตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีที่แสดงถึงปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดิวชัน

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน:  $2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$

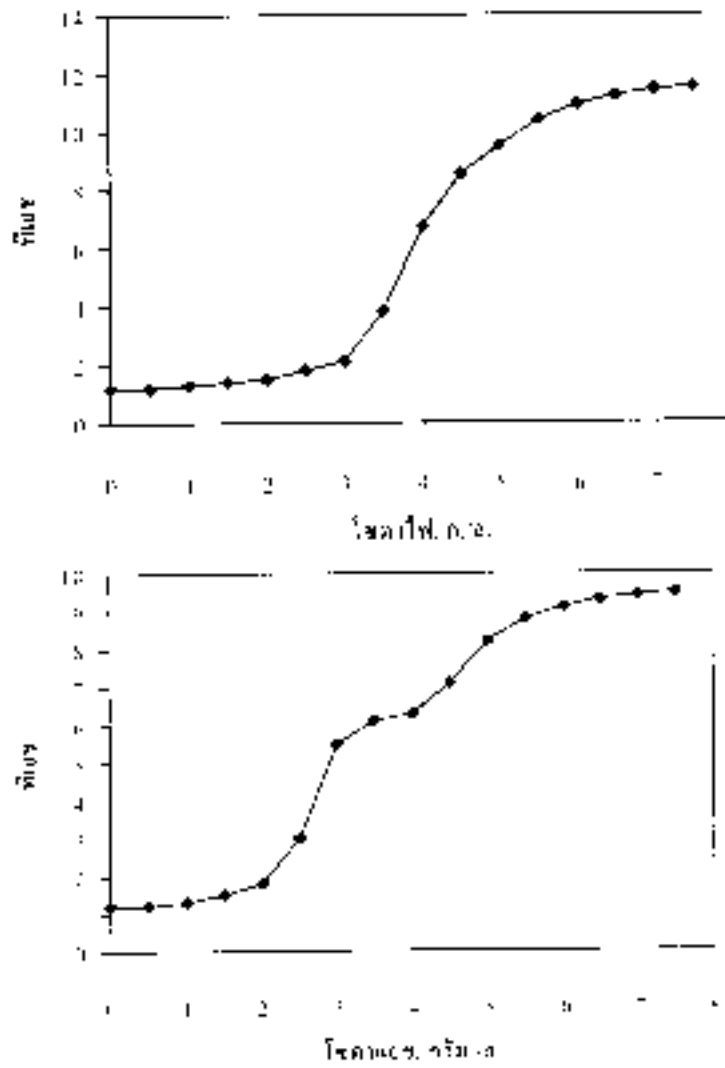
ปฏิกิริยารีดิวชัน:  $2FeCl_3 + 2Fe \rightarrow 4FeCl_2$

ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดิวชันสามารถเกิดขึ้นได้พร้อมกัน

2.3 การปฏิกิริยา

ปฏิกิริยาเคมีที่แสดงถึงปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดิวชันสามารถจำแนกได้เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดิวชัน

- ปฏิกิริยาออกซิเดชัน:  $2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$
- ปฏิกิริยารีดิวชัน:  $2FeCl_3 + 2Fe \rightarrow 4FeCl_2$



รูปที่ 2.13 ลักษณะของกราฟฟิสิกส์

สถิติคณิตศาสตร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทฯ ซึ่งจัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการดำเนินงานของบริษัทฯ และ  
ข้อมูลในเอกสารนี้เป็นข้อมูลของบริษัทฯ

**ความรู้พื้นฐานทางเคมีวิทยาด้านต่างๆ**

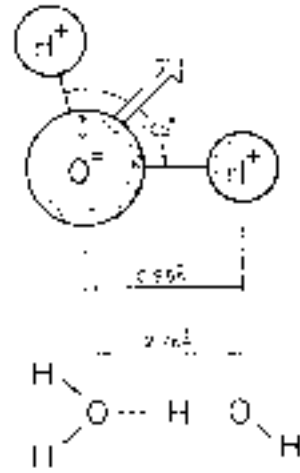
๑.1 บิลิยอะตอม	1.1
๑.2 ความรู้ทั่วไป	1.8
๑.2.1 สมบัติของธาตุรีดิวซ์ (Electronegativity)	1.8
๑.2.2 จุดสมมวล (Mass Balance)	1.9
๑.2.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของดุลเคมี	1.11
๑.2.4 สเตคิโอเมตรี (Stoichiometry)	1.13
๑.2.5 ความดันไอ (Vapor Pressure)	1.14
1.3 กฎของก๊าซ (Gas Laws)	1.15
1.3.1 กฎของอวฏศาสตร์ของบอยล์	1.15
1.3.2 กฎของอวฏศาสตร์ของชาร์ล	1.18
1.3.3 กฎของเฮนรี (Henry's Law)	1.19
1.4 สารประกอบเชิงซ้อน	1.25
1.4.1 สารประกอบโคออร์ดิเนชัน	1.25
1.4.2 ลิแกนด์เชิงซ้อน (Complex Ion)	1.26
1.4.3 สารเชิงซ้อนของโคบอลต์-ไฮโดร	1.27
1.4.4 การนำคุณสมบัติของสารประกอบเชิงซ้อน	1.31
1.4.5 คีเลชัน (Chelation)	1.32
1.5 ความรู้เกี่ยวกับ Solubility Product	1.35
1.5.1 การใช้ K <sub>sp</sub> ของไฮดรอกไซด์ของโลหะ	1.36
1.5.2 การคำนวณค่าคงที่การละลาย	1.37
1.5.3 การคำนวณค่าคงที่การละลาย	1.39
1.5.4 การคำนวณค่าคงที่การละลาย	1.41

**ความรู้พื้นฐานทางเคมีวิทยาต่างๆ**

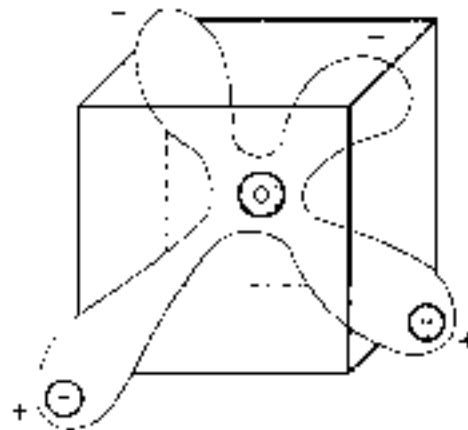
3.5.5 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ธาตุเหล็ก	3.11
3.5.6 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ธาตุสังกะสี	3.12
3.5.7 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ธาตุสังกะสี, สังกะสี และสังกะสี	3.14







รูปที่ ๑.๑ ส่วนประกอบของไฮดรอกไซด์ไอออน



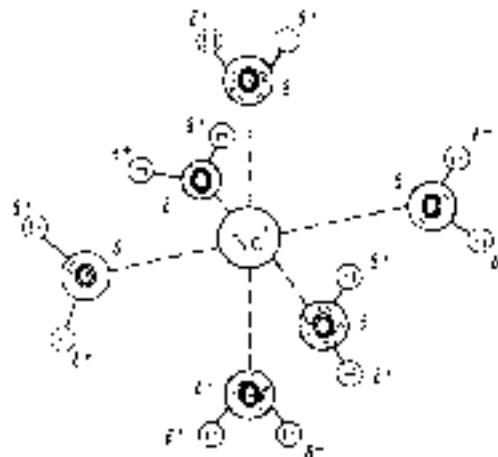
รูปที่ ๑.๒ โมเลกุลโมเลกุลที่มี 2 อะตอม

หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์





น้ำดื่มที่ดื่มเป็นประจำ โดยเฉพาะน้ำดื่มที่บรรจุในภาชนะที่ทำจากพลาสติก (Plastic Solvent) มักจะมีสารละลายของคลอรีน (Chlorine) ในน้ำดื่มที่ไปเกิดผลเสียต่อสุขภาพได้ เพราะคลอรีนที่มีในน้ำดื่มที่มี  $\text{NaCl}$  จะทำปฏิกิริยากันเป็น  $\text{NaOCl}$  และ  $\text{Cl}_2$  เมื่อเวลาผ่านไปจะมีกลิ่นเหม็น และอันตราย โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าดื่มเข้าไปแล้วจะทำให้เกิดอาการท้องเสีย และอาจถึงขั้นเสียชีวิตจากน้ำดื่มที่มี  $\text{NaCl}$  ทำให้  $\text{NaOCl}$  นี้สามารถเกิดพิษได้



รูปที่ 3.5 การเกิดพิษของ  $\text{NaCl}$  ในน้ำ

ในอุตสาหกรรมแปรรูปปลากระป๋อง สารโซเดียม ไฮโปคลอไรต์ ( $\text{NaOCl}$ ) ที่คิดเป็น 10% ในคลอรีนเหลวที่มีน้ำหนักสุทธิ 25 กิโลกรัม ซึ่งใช้สำหรับฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ได้ถูกนำมากำจัดและกำจัดไปหมดแล้วโดยที่คนในโรงงาน  $\text{NaCl}$  และ  $\text{OH}^-$  ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากันได้โดยเกิดเป็นพิษซึ่งมีสารพิษ โซไฟท์ (SOF) ในปริมาณที่มากพอที่จะเป็นอันตรายได้

### 3.2 ความรู้ทั่วไป

#### 3.2.1 ความเป็นกลางทางไฟฟ้า (Electroneutrality)

สำหรับสารละลายน้ำ (Aqueous Solution) ที่ประกอบด้วยสปีชีส์ที่เป็นทั้งไอออนบวกและลบ ไอออนบวกและลบจะถูกรวมเข้าด้วยกันจำนวนเท่ากันโดยประจุสุทธิ ซึ่งสามารถเขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$\sum_{i=1}^n \nu_A Z_i C_i = \sum_{j=1}^m \nu_B Z_j C_j$$

ซึ่งหากเราสมมติว่าไอออนบวกและลบมีประจุเป็น ๑ และ ไอออนลบมีประจุเป็น -๑

ไอออน	$n_A$	Avogadro's number
		$6.02 \times 10^{23}$ โมล <sup>-๑</sup>
	$Z_i$	จำนวนประจุของสปีชีส์ Cation เป็นขุมลิต
	$Z_j$	จำนวนประจุของสปีชีส์ Anion เป็นขุมลิตลบ
	$C_i$	ความเข้มข้นของ Cation (โมล/ลิตร)
	$C_j$	ความเข้มข้นของ Anion (โมล/ลิตร)

#### ตัวอย่างที่ 3.1

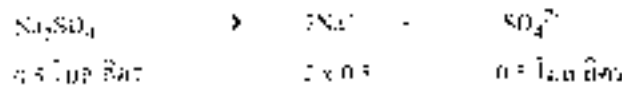
3.1.1. ไอออน  $Ca^{2+}$  ในเกลือลิธียม จะมีค่าเท่ากับเท่าไร

จำนวนประจุของไอออนบวก ( $C_i$ )	$6.02 \times 10^{23} \times 1 \times 1.5$	ประจุลิตร
	$3.01 \times 10^{23}$	ประจุลิตร
จำนวนประจุของไอออนลบ ( $C_j$ )	$6.02 \times 10^{23} \times 1 \times 1.5$	ประจุลิตร
	$3.01 \times 10^{23}$	ประจุลิตร

กรณีไอออนบวกเป็นลบเป็นลิตร

ตัวอย่างที่ 3.2

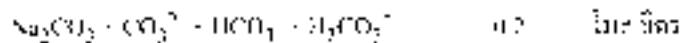
$\text{Na}_2\text{SO}_4$  เข้มข้น 0.5 โมล ลิตร จะมีกี่กรัมใน 2 ลิตรของน้ำ



จำนวนโมลของ $\text{SO}_4^{2-}$	$0.02 \times 10^3 \times 2 \times 0.5$	โมลของลิตร
	$0.02 \times 10^3$	โมลของลิตร
จำนวนโมลของ Na	$0.02 \times 10^3 \times 2 \times 10^3 \times 2$	
	$0.02 \times 10^3$	โมลของลิตร

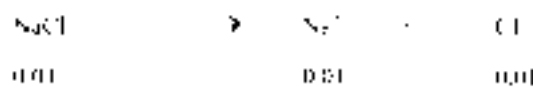
3.2.2 การชั่งตวงวัด (Mass Balance)

การชั่งตวงวัด หมายถึง การวัดมวลของสารที่นำมาใช้ ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนัก และใช้ร่วมกับ ปริมาตร  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ปริมาณ 0.2 โมล ลิตร ของน้ำ ซึ่งที่ต่อขึ้นคือ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  จะเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ในน้ำและเกิดเป็น  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  และ  $\text{CO}_2$  รวมทั้งวัดโมลของน้ำที่เกิดปฏิกิริยา ซึ่งในสาร  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ในน้ำจะเกิดปฏิกิริยา



ตัวอย่างที่ 3.3

จงคำนวณหา ปริมาตรของสาร  $\text{NaCl}$  เข้มข้น 0.01 M  
 ในปริมาตรของสาร  $\text{NaCl}$  0.01 M ปริมาตร



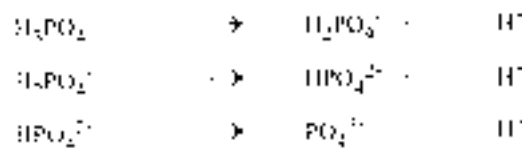
กรณีศึกษา ปริมาตรของน้ำ

ไอออน	[Na <sup>+</sup> ]	0.01	M
	[Cl <sup>-</sup> ]	0.01	M

ตัวอย่างที่ 3.4

จงคำนวณหาความเข้มข้นของ  $H_3PO_4$  ที่มีขึ้น 0.05 M

สมมติว่าผลคูณไอออนของ  $H_2PO_4^-$  0.05 M เป็นดังนี้



ส่วนที่เหลือของ  $H_3PO_4$  จะกลายเป็นไอออนต่อไปนี้

$$[H_3PO_4] + [H_2PO_4^-] + [HPO_4^{2-}] + [PO_4^{3-}] = 0.05 \text{ M}$$

เมื่อพิจารณาว่าไอออน  $H^+$  จะเกิดมาจาก  $H_2O$  จึงทำให้  $[H^+] = [OH^-]$  และ  $[H^+] < [OH^-]$  ได้

ตัวอย่างที่ 3.5

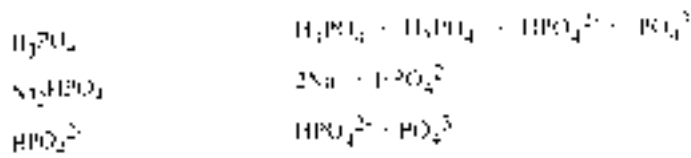
จงคำนวณหาผลคูณไอออนของ  $H_2PO_4^-$  0.025 M และ  $Na_2HPO_4$  0.025 M มีดังนี้

สมมติว่าผลคูณไอออนของ  $H_2PO_4^-$  0.025 M และ  $Na_2HPO_4$  0.025 M เป็นดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{Total Phosphate} &= [H_3PO_4] + [H_2PO_4^-] + [HPO_4^{2-}] + [PO_4^{3-}] \\
 &= 0.025 + 0.025 \quad \text{M} \\
 &= 0.05 \quad \text{M}
 \end{aligned}$$

๓๕ วิชาเคมี มคอ. ๓





ตัวอย่างที่ 3.6

จงหาค่าความเข้มข้นของ  $\text{CH}_3\text{COONa}$  0.005 M และ  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0.005 M

และหาค่าความเข้มข้น  $\text{CH}_3\text{COONa}$  0.005 M และ  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0.005 M

$$\begin{aligned}
 \text{Total Acetic} & \quad [\text{CH}_3\text{COOH}] + [\text{CH}_3\text{COO}^-] \\
 & \quad 0.015 = 0.005 \\
 & \quad 0.01 = \text{M}
 \end{aligned}$$

3.3 การคำนวณสมมูลล้น

ในการคำนวณหาความเข้มข้นของสารประกอบต่าง ๆ ในสเปกตรัม น้ำมีขี้เถ้าสองชนิดนี้

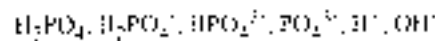
- คำนวณค่าความเข้มข้นของสาร  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  โดยใช้ไดคัมโบล
- คำนวณค่าความเข้มข้นของสาร  $\text{CaCO}_3$  โดยใช้
- สูตรสมมูล  $X_{\text{eq}} = [\text{H}^+]/[\text{OH}^-]$
- ใช้ตา Mass Balance
- ใช้สม Equivalence Eq

จำนวนสมมูลของสาร  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ที่พบใน Unknown ซึ่งทำให้ทราบถึงจำนวนของสาร  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ที่ให้สมมูลต่อหน่วย  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ได้ทั้งหมด

## ตัวอย่างที่ 3.7

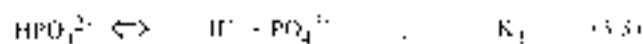
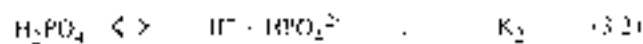
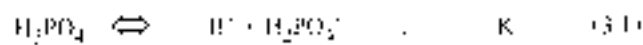
มีผลึกสารละลาย  $\text{H}_3\text{PO}_4$  เข้มข้น  $5 \times 10^{-4} \text{ M}$  ละลายในน้ำ ปริมาตรละลายน้ำ 1 ลิตร และจะนำผลึกที่ละลายนี้ใส่ลงใน

ขั้นที่ 1 คัดกรองสารที่อยู่ในสารละลายนี้



ทั้งหมดใน 1.0 ลิตรของน้ำ ดัง

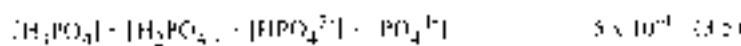
ขั้นที่ 2 ใช้สมการสมดุล Eq. (3.1) สมการดังนี้



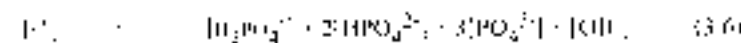
ขั้นที่ 3 มีสมการสมดุลของน้ำ



ขั้นที่ 4 เขียน Mass Balance Eq.



ขั้นที่ 5 เขียน Electroneutrality Eq.

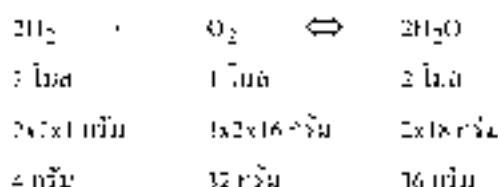


เมื่อใช้สมการ 3 อันของ Eq. (3.1) ถึง (3.4) สามารถใช้แทนในสมการ (3.5) และ (3.6) แล้วแก้สมการ (3.5) และ (3.6) ได้ดังนี้

$H_3PO_4$		$1.10 \times 10^{-3}$	M
$H_2PO_4^-$	-	$4.68 \times 10^{-2}$	M
$HPO_4^{2-}$	-	$6.3 \times 10^{-8}$	M
$PO_4^{3-}$		$6.3 \times 10^{-17}$	M
$H^+$		$5.91 \times 10^{-3}$	M
$OH^-$	-	$1.99 \times 10^{-12}$	M

### 3.2.4 สโตคิโอเมตรี (Stoichiometry)

จำนวนสัมพัทธ์ของมวลที่ปรากฏใน (Reaction) และ โมลของผลิตภัณฑ์จะเขียนไปโดยนัยของสโตคิโอเมตรี ทำให้สามารถคำนวณมวลปริมาณสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาได้เสมอ ดังตัวอย่างข้างล่าง



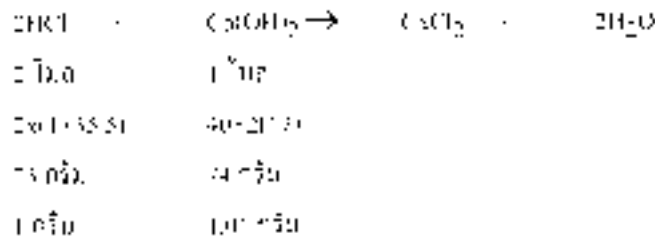
จากสมการข้างบนแสดงว่าไฮโดรเจน 2 โมลจะเกิดน้ำได้ 2 โมล หรือ 4 กรัม จะได้น้ำ 36 กรัม หรือจะกล่าวได้ว่าไฮโดรเจน 1 กรัมที่เกิดน้ำได้ 9 กรัม จะได้น้ำ 36 กรัม

### ตัวอย่างการใช้ประโยชน์

ตัวอย่างที่ 3.8 การคำนวณมวลของผลิตภัณฑ์

ตัวอย่างที่ 3.8 สมมติว่าเราชนกรดคาร์บอนิก (CO<sub>2</sub>) 10 กรัม เกิดน้ำได้กี่กรัมเมื่อมีปริมาณน้ำให้ครบทุกสปีชีส์ของระบบที่อุณหภูมิและความดันของ CaCO<sub>3</sub> เท่าไรก็ได้ที่อุณหภูมิและความดันที่นิยาม

สมการเคมีที่ใช้ในวิธีนี้เป็นดังนี้



จากสมการเคมีข้างต้นจะเห็นว่า 1 กรัมของกรดไฮโดรคลอริก จะให้ 1.03 กรัม

ดังนั้น ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกในตัวอย่าง =  $\frac{10 \times 1.03}{100}$  กรัม

### 3.2.5 ความดันไอ (Vapor Pressure)

ในขณะปิดหลอดแก้วที่ติดกับหลอดดูดอากาศ ปริมาณของเหลวที่อยู่ในหลอดจะคงที่เสมอจนกว่าจะมีแรงดันไอเกิดขึ้น และเมื่อความดันของไอในหลอดดูดอากาศมีค่าเท่ากับแรงดันของสลิ้นแก้วในหลอดดูดอากาศ ก็จะเกิดสภาวะสมดุล ความดันนี้ (Vapor Pressure) ของของเหลวจะคงที่เสมอจนกว่าจะมีของเหลวของเหลวที่เหลืออยู่ในหลอดดูดอากาศหมดแล้วเท่านั้น ส่วนของเหลวที่เหลืออยู่ในหลอดดูดอากาศจะระเหยจนหมดไปจนกว่าจะถึงสภาวะสมดุล ความดันไอของของเหลวจะมีค่าคงที่เมื่อเปลี่ยนไปจนถึงสภาวะสมดุลที่อุณหภูมิ 30°C ความดันไอของของเหลวจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 100°C ความดันไอของของเหลวจะเพิ่มขึ้นถึง 760 มม.ปรอท และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 120°C ความดันไอของของเหลวจะเพิ่มขึ้นถึง 1033 มม.ปรอท และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 150°C ความดันไอของของเหลวจะเพิ่มขึ้นถึง 1753 มม.ปรอท และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 200°C ความดันไอของของเหลวจะเพิ่มขึ้นถึง 3553 มม.ปรอท และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 250°C ความดันไอของของเหลวจะเพิ่มขึ้นถึง 7600 มม.ปรอท

ตารางที่ 3.1 ความดันไอของน้ำและสารระเหยที่มีจุดเยือกแข็งต่ำๆ (หน่วยปรอท)

อุณหภูมิ °C	น้ำ	Ethanol	n-Hexane	Benzene
0	5	12	45	37
10	9	24	75	45
20	18	44	120	55
30	32	79	185	78
40	55	135	277	101
50	93	232	403	139
60	149	357	566	189
70	234	542	787	262
80	355	812	1,097	366
90	576	1,287	1,517	506
100	760	1,693	1,836	680

### 3.3 กฎของก๊าซ (Gas Laws)

กฎของแก๊สที่อธิบายความสัมพันธ์ของปริมาตร อุณหภูมิ และความดันของแก๊สมีดังนี้

- กฎของบอยล์
- กฎของชาร์ลส์และกฎของแก๊ส (Ideal Gas Law)
- กฎของออสตัน

#### 3.3.1 กฎของบอยล์และกฎของแก๊ส

กฎของบอยล์และกฎของแก๊สกล่าวว่า ปริมาตรของแก๊สที่อุณหภูมิและความดันคงที่แปรผกผันกับผลคูณของความดันและความหนาแน่นของแก๊ส ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$PV = nRT$$

	PV		nRT	(3.7)
โดยที่	$P$	$=$	แรงดันสัมบูรณ์ (บรรยากาศ)	
	$V$		ปริมาตร (ลิตร)	
	$n$		มวลสาร (โมล)	
	$R$		ค่าคงที่แก๊สอุดมคติ (1 แอทโมสเฟียร์ °K)	
	$R$	$=$	ค่าคงที่จากการคูณผลคูณ	
			0.0821 ลิตร-บรรยากาศ/โมล-°K	

ถ้ามวลสารปริมาตร (ลิตร) ของก๊าซ 1 โมล ที่สภาวะมาตรฐาน (อุณหภูมิสัมบูรณ์ 273°K และแรงดันสัมบูรณ์ 1 บรรยากาศ)

โดยที่	$P$	$=$	1	โมล
	$V$	$=$	22.4	°K
	$P$	$=$	1	บรรยากาศ
	$R$		0.0821	ลิตร-บรรยากาศ/°K-โมล
จะได้	$V$		$nRT/P$	
			$1 \times 0.0821 \times 273 = 1$	
			22.4	ลิตร

ดังนั้นก๊าซใด ๆ จำนวน 1 โมล จะมีปริมาตร 22.4 ลิตร ภายใต้สภาวะมาตรฐาน

แก๊สที่มีอุณหภูมิ 20°C หรืออุณหภูมิสัมบูรณ์เท่ากับ  $273 + 20 = 293^{\circ}\text{K}$

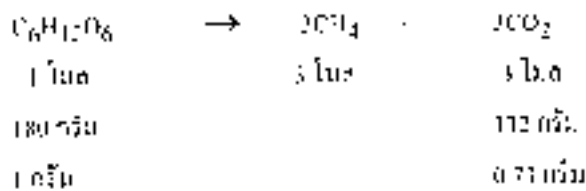
ปริมาตรของแก๊ส  $V = 22.4 \times (293 / 273) = 24$  ลิตร

เคมีวิทยาของน้ำและน้ำแข็ง

**ตัวอย่างการใช้ประโยชน์**

๑. ศึกษาและวิเคราะห์ผลของก๊าซที่ปล่อยจากต้นไม้ต้นน้ำเสีย

นักเรียนสามารถหาความรู้ได้โดยใช้ใบไม้สด ๓-๕ ชนิด และหลอดกาแฟที่เจาะรูเพื่อใช้สอดกระดาษที่พับเป็นรูปตัว U เพื่อใส่สารละลายที่เปลี่ยนสีจากกระดาษที่เปลี่ยนสีแล้วและใช้หลอดกาแฟสอดใส่ลงในหลอดกาแฟที่ไม่เจาะรูเพื่อใส่สารละลายที่เปลี่ยนสี และใช้หลอดกาแฟสอดใส่ลงในหลอดกาแฟที่ไม่เจาะรูเพื่อใส่สารละลายที่เปลี่ยนสี



จาก 1 โมล น้ำหนัก ๑๘๐ กรัม จะผลิตก๊าซ ๒ โมล หรือ ๘๘ กรัม

จำนวน	ปริมาณของน้ำ	๓ x ๒๒.๔	๖๗	ลิตร
๑๕๐	ปริมาณของน้ำ	๓ x ๒๒.๔	๖๗	ลิตร
จำนวน	ปริมาณของน้ำ	๖๗ x ๐.๗	๔๖.๘	ลิตร

น้ำที่ปล่อยออกมา ๒๐% จะ

$$\text{ปริมาณของน้ำทั้งหมด} = 67 \times 20 + 46.8 \times 20 = 144 \text{ ลิตร}$$

ผลของการทดลอง แสดงให้เห็นว่าต้นไม้ที่ใช้น้ำ ๑ ลิตร จะปล่อยก๊าซ ๐.๒๒ ลิตรออกมา

๒. ศึกษาและวิเคราะห์ผลของกระดาษ

ใบไม้สด ๓-๕ ชนิด และหลอดกาแฟที่เจาะรูเพื่อใช้สอดกระดาษที่พับเป็นรูปตัว U เพื่อใส่สารละลายที่เปลี่ยนสีจากกระดาษที่เปลี่ยนสีแล้วและใช้หลอดกาแฟสอดใส่ลงในหลอดกาแฟที่ไม่เจาะรูเพื่อใส่สารละลายที่เปลี่ยนสี

จากข้อมูล ๒๗ ลิตร มีน้ำ ๖๗ ลิตร

น้ำที่ปล่อยออกมา ๒๐% จะ ๑๔.๔ ลิตร

	32	0.70
ตัวแปรต้น (จำนวน) คือตัวแปรต้น	32	24
	1.33	ตัวแปร
นิยามของความหมายที่แน่นอนของตัวแปรต้น	1.33	ตัวแปร ตัวแปร
ความหมายของตัวแปรต้น คือตัวแปรต้นที่ตัวแปรต้นเป็นตัวแปรต้น		
นิยาม คือตัวแปรต้นที่มีตัวแปรต้น	16	24
	0.67	ตัวแปร
นิยามของความหมายที่แน่นอนของตัวแปรต้น	0.67	ตัวแปร ตัวแปร

3.3.2 ความหมายที่แน่นอน

ความหมายที่แน่นอนของตัวแปรต้น คือตัวแปรต้นที่มีตัวแปรต้นเป็นตัวแปรต้น

ตัวแปรต้นที่มีตัวแปรต้นเป็นตัวแปรต้น

ตัวแปรต้นที่มีตัวแปรต้น	0.781	0.9999999
ตัวแปรต้นที่มีตัวแปรต้น	0.209	0.9999999
ตัวแปรต้นที่มีตัวแปรต้น	0.06933	0.9999999
ตัวแปรต้นที่มีตัวแปรต้น	0.0097	0.9999999
ตัวแปรต้นที่มีตัวแปรต้น	0.9996	0.9999999

ตัวอย่างการใช้โปรแกรม

ตัวอย่างการใช้โปรแกรมในการคำนวณค่าเฉลี่ยของตัวแปรต้นที่มีตัวแปรต้น



ความดันของน้ำในรูปของสมการคือ

$$P_V = e^{RT} \quad (1.18)$$

ถ้ามีอุณหภูมิที่ต่างกันและ มีมวลสาร 1 โมล

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (1.19)$$

$$P_2 = P_1 V_1 / V_2$$

ซึ่งถ้าปริมาตรของภาชนะที่ใส่ของเหลวที่เปลี่ยนอุณหภูมิของภาชนะที่ปริมาตรของภาชนะเดิมคือ  $V_1$  และอุณหภูมิที่ใหม่คือ  $V_2$  จะมีอัตราส่วน  $V_2/V_1$  เป็นดังนี้

ผลของอุณหภูมิที่เปลี่ยนทำให้ปริมาตรของภาชนะที่ใส่ของเหลวที่เปลี่ยนปริมาตรของภาชนะเดิมคือ

คือ

ผลรวมของอุณหภูมิที่เปลี่ยนคือ  $\Delta T$  หรือ  $T_2 - T_1$  จะได้ว่า

นิทาน	๐.๕๕	คือ
CO <sub>2</sub>	๐.๕๓	คือ
อื่นๆ	๐.๑๐	คือ

ผลรวมของอุณหภูมิที่เปลี่ยนของนิทานคือ CO<sub>2</sub> เท่ากับ ๕๕% และ ๕๓% และนิทานอื่นๆ คือ ๑๐% โดยเฉลี่ยทั้งหมดจะเท่ากับเท่ากับได้ ๕๓% ดังนั้นการที่ของเหลวที่มีอุณหภูมิของเหลวที่เปลี่ยน  $\Delta T$  และ ๕๐% ของปริมาตรที่เปลี่ยนคือ  $\Delta T$  หรือ  $T_2 - T_1$  จะได้ว่า

๑.๑

**1.1.1 กฎของเฮนรี่ (Henry's Law)**

กฎของเฮนรี่ที่อธิบายถึงความสามารถในการละลายของแก๊สในของเหลว ซึ่งสามารถนิยามได้ว่า (Volumetric chemical) คือ ถ้าแก๊สอยู่ในน้ำ จะมีโมลของแก๊สที่ละลายในน้ำอยู่ที่อุณหภูมิหนึ่ง อยู่ในสภาพที่ความดันคือ  $P_1$  จะมีค่าเท่ากับ  $P_2$  ถ้าความดันที่เปลี่ยนเป็น

เคมีของน้ำและน้ำแข็ง

ชาติของสารนั้นๆ ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นเป็นรูปธรรมด้วยกฎของเฮนรี ๓ รเคมีจะระเหยออกจากน้ำจนกระทั่งมีโมเลกุลของสารเคมีในอากาศมากถึงระดับวิกฤตอันที่เรียกว่า

ความดันไออิ่มตัว (Saturation Vapor Pressure) หรือที่เรียกว่าความดันไออิ่มตัว (Saturation Vapor Pressure) ในธรรมชาติของน้ำที่อุณหภูมิหนึ่งๆ

$$C = K_p P' \quad (3-9)$$

โดยที่  $C$  = ความเข้มข้นของสารที่สถานะน้ำ (โมล ลิตร)

$K_p$  = ค่าคงที่ (โมล ลิตร / บรรยากาศ)

$P'$  = ปริมาณของอากาศ โดยเป็น Partial Pressure (บรรยากาศ)

ค่าคงที่  $K_p$  ของสารชนิดหนึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ สำหรับกรณีเดียวกันนี้ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3-2

กฎของเฮนรี ๓ ทำให้รู้ที่เรารู้ว่า เมื่อมีมลพิษในอากาศและน้ำ และสารเคมีอยู่ใต้น้ำน้อยเพียงใด กฎดังกล่าวไม่ได้บอกอะไรเกี่ยวกับอัตราเร็วของการเปลี่ยนแปลง เช่น จะต้องใช้เวลานานเพียงใดจึงจะถึงสภาวะสมดุล เป็นต้น

ค่าคงที่ของเฮนรี ๓ มีค่าแตกต่างกันให้แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสารเคมีในอากาศและน้ำที่นำมาทดสอบ ดังนั้นค่าคงที่ในใช้ที่ระดับต่างๆ หรือจากผลให้ค่าคงที่

ยกตัวอย่างเช่น ถ้ามีของ C เป็น ๑.๐ กรัม ความดันเป็นบรรยากาศ ค่าคงที่ของเฮนรีจะมีหน่วยเป็น ๑.๐ บรรยากาศ-ลิตร/โมล (๑.๐)

ต้องตั้งสมการให้ค่ากับ  $K_H$  มีค่าใช้กับที่ ๒๕ องศาเซลเซียส หรือใช้สมการที่ ๓-๑๖ ของบทที่ ๓  
 ๓. อธิบายเอาไว้

ตารางที่ 3.2 ค่าคงที่  $K_H$  ของสารต่างๆ (หน่วย  $10^{-4}$  โมลลิตซ์-บรรยากาศ)

T, °C	Air	CO <sub>2</sub>	CO	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	NO	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
0	2.9	764	8.8	66.2	9.62	2,070	15.6	24.8	12.8	20.5	21.8
10	2.9	850	2.6	79.4	8.15	1,520	25.3	18.7	25.5	8.33	23.0
20	4.15	597	0.4	21.2	8.74	1,170	33.5	14.8	21	5.95	23
30	5.30	269	8.06	16.8	7.81	910	21	12.4	17.9	5.34	23.7
40	6.40	239	7.98	13.2	7.40	748	9.37	10.7	15.8	5.35	24
50	8.88	197	7.30	11.1	7.28	620		9.64	14.7	4.92	24.6
60	11.90	164	6.77	9.85	7.24	540		8.88	13.7	4.65	24.8
70	15.30		6.38	8.93	7.20	467		8.35	12.7	4.40	24.0
80	19.30		5.98	8.40	7.15	412		8.15	12.4	4.41	23.3
90	24.1		5.67	8.10	7.10	366		8.04	12.5	4.41	22.8
100	29.90		5.37	8.03	7.05	328		7.93	12.7	4.41	22.3

ตารางที่ 3.3 ค่าคงที่ของสมการของเฮนริ่งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 25 °ซ

ก๊าซ	$K_H$ (mol/l-atm)	$k_H$ (mg/l-atm)	$pK_H = -\log K_H$
$O_2(g) \leftrightarrow O_2(l)$	$3.41 \times 10^{-2}$	1500	1.47
$NH_3(g) \leftrightarrow NH_3(l)$	57.6	9700	1.76
$H_2S(g) \leftrightarrow H_2S(l)$	$1.02 \times 10^{-1}$	3400	0.99
$CH_4(g) \leftrightarrow CH_4(l)$	$1.5 \times 10^{-3}$	24	2.82
$O_2(g) \leftrightarrow O_2(aq)$	$1.26 \times 10^{-3}$	40.3	2.9
$H_2(g) \leftrightarrow H_2(aq)$	$7.0 \times 10^{-4}$	1.58	3.1

สภาวะของน้ำใช้การในธรรมชาติโดยทั่วไปจะละลาย  $\text{CO}_2$  Dissolved  $\text{CO}_2$  จากบรรยากาศ

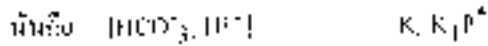
	$[\text{CO}_2]$	$\cdot$	$K_1 P^*$	
โดยมี	$[\text{CO}_2]$	$\cdot$	$\text{CO}_2$ ละลายในน้ำ, โมล/ลิตร	
	$K_1$	$\cdot$	$\cdot$ ค่าคงที่ละลายน้ำของ $\text{CO}_2$	
		$\cdot$	$29.8 \times 10^{-4}$ โมล/ลิตร/บรรยากาศที่ $20^\circ\text{C}$	
	$P^*$	$\cdot$	ความดันที่ $\text{CO}_2$ มีในระบบ	
			0.4	บรรยากาศ
	$[\text{CO}_2]$		$29.8 \times 10^{-4} \times 0.4$	โมล/ลิตร
			$11.92 \times 10^{-4} \times 24 \times 10^3$	มก./ลิตร
			52.8	มก./ลิตร

เมื่อรวม  $\text{CO}_2$  ในน้ำ จะเกิดกรดคาร์บอนิก



มักจะใช้  $\text{H}_2\text{CO}_3$  แทน  $\text{H}_2\text{CO}_3$  และ  $\text{CO}_2$  และ  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ในน้ำ

น้ำแข็ง  $[\text{H}_2\text{CO}_3]$  จะใช้แทน  $\text{CO}_2$



ตัวอย่างที่ 3.9

จงคำนวณความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ในบรรยากาศที่มี  $\text{CO}_2$  100 ppm และอุณหภูมิ 25°C

ค่าคงที่ Henry	$K_H$	$3.92 \times 10^{-4}$	โมล ลิตร-บรรยากาศ
$P^*$		1013	mmHg-บรรยากาศ

ค่าคงที่	$\alpha$	$K_H P^*$	
		$3.92 \times 10^{-4} \times 1013$	โมล ลิตร
		$1568 \times 10^{-8} \times 10^3 \times 44$	mg/l
		1.7	mg/l

ตัวอย่างที่ 3.10

จงคำนวณความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำที่อุณหภูมิ 25°C และ pH 7.0 และ  $\text{CO}_2$  400 ppm และ  $\text{pH} = 7.0$  ให้คำนวณค่าความเข้มข้นที่อุณหภูมิ 25°C

ค่าคงที่ $\text{HCO}_3^-$	$K_1, K_2, P^*, \beta$	
ค่าคงที่ $\text{H}_2\text{CO}^*$	$\alpha$	
$\text{H}^+$	$10^{-7}$	โมล ลิตร
$K_1$	$2.96 \times 10^{-8}$	โมล ลิตร-บรรยากาศ
$P^*$	1013	mmHg
$K_2$	$4.7 \times 10^{-11}$	
$\text{HCO}_3^-$	$2.96 \times 10^{-8} \times 4.7 \times 10^{-11} \times 10^3 \times 10^3$	
	$362.1 \times 10^{-22}$	โมล ลิตร
	$362.1 \times 10^{-22} \times 4.7 \times 10^{-11} \times 10^3$	mmol/l
	3428	mmol/l
	3620	mmol/l $\text{CaCO}_3$

หนังสือพิมพ์ฉบับหนึ่งเขียน



### 3.4 การแยกอนึ่งซ้อน

#### 3.4.1 สถานะของโลหะในน้ำ

โลหะส่วนใหญ่ตกตะกอนเป็นโลหะไฮดรอกไซด์ในน้ำ

1. โลหะหนัก เช่น  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  เป็นสลายโลหะไฮดรอกไซด์พบในตะกอนที่มีลักษณะเป็นก้อนสีขาวหรือสีขาวอมฟ้าในน้ำใสหรือขุ่นเล็กน้อย

2. สารที่มีชื่อโลหะ-ไฮดรอกไซด์ (XOH)

โลหะที่ละลายในน้ำส่วนใหญ่มีลักษณะการตกตะกอนเป็นโลหะไฮดรอกไซด์ที่ละลายในน้ำเล็กน้อย



3. สารเชิงซ้อนโลหะ-ลิแกนด์ (Metal-ligand complex)

โลหะหนักที่ละลายในน้ำส่วนใหญ่จะเกิดเป็นสารเชิงซ้อนที่มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลหรือสีฟ้าอ่อนในน้ำใส



4. โลหะที่ละลาย

โลหะที่ละลายในน้ำส่วนใหญ่จะตกตะกอนเป็นโลหะที่ละลายในน้ำ

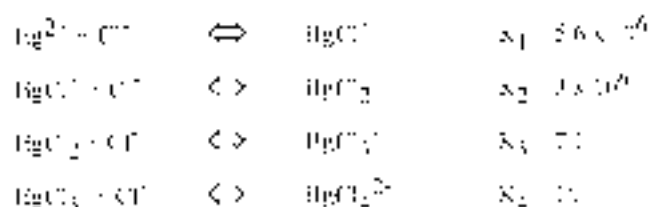
5. โลหะที่ละลายในน้ำ

โลหะที่ละลายในน้ำส่วนใหญ่จะตกตะกอนเป็นโลหะที่ละลายในน้ำ

### 3.3.2 พันธะโคออร์ดิเนชัน (Complex ions)

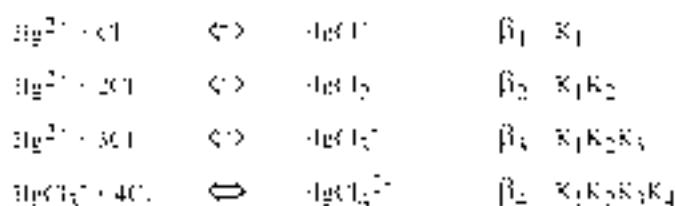
ลิแกนด์ (Ligand) หมายถึงไอออนหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนโดดๆ (lone pair) ซึ่งอยู่คู่กับธาตุโลหะ (Metal) ที่มีประจุบวกเป็นศูนย์กลางพันธะโคออร์ดิเนชันได้ โดยตัวอย่างเช่น  $Cl$ ,  $NH_3$ ,  $H_2O$  เป็นสารเชิงซ้อนที่มี  $Ca^{2+}$  เป็นโลหะศูนย์กลางและลิแกนด์เป็น  $NH_3$  เป็นลิแกนด์ ซึ่งลิแกนด์ทั้งหมดที่กล่าวถึง  $H^+$ ,  $OH^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $F^-$ ,  $CN^-$ ,  $S_2O_3^{2-}$  เป็นลิแกนด์

ลิแกนด์เชิงซ้อนประกอบด้วยพันธะโคออร์ดิเนชันของสารละลายเชิงซ้อนที่เรียกว่าลิแกนด์ และลิแกนด์ของลิแกนด์เชิงซ้อน ลิแกนด์เชิงซ้อนที่จับกับโลหะจะจัดเป็นสารเชิงซ้อนที่มี ลิแกนด์เชิงซ้อน มี  $Hg^{2+}$  และ  $Cu^{2+}$  ในน้ำ และลิแกนด์เชิงซ้อนที่จับกับลิแกนด์เชิงซ้อน  $HgCl_2$  ที่มีเลขออกซิเดชันของลิแกนด์ ให้ลิแกนด์เป็น  $HgCl_2$  และลิแกนด์เชิงซ้อนที่จับกับลิแกนด์เชิงซ้อน  $Hg^{2+}$  จัดเป็นลิแกนด์เชิงซ้อนเชิงซ้อนเป็นดังนี้



$K$  เรียกว่า Formation Constant หรือ Stability Constant ในภาษาอังกฤษได้  $K$  หมายถึงค่าคงที่ของลิแกนด์ที่ประกอบด้วยลิแกนด์เชิงซ้อน

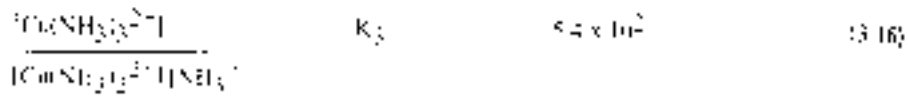
บทที่ 8 สารประกอบเชิงซ้อนที่จับกับลิแกนด์เชิงซ้อนที่จับกับลิแกนด์เชิงซ้อนที่จับกับลิแกนด์เชิงซ้อนที่จับกับลิแกนด์เชิงซ้อน



เคมีอนินทรีย์ (ไม่) เคมีอนินทรีย์







ดังนั้นจะได้ (3.14):

$$\begin{aligned} \log [\text{CuNH}_3^{2+}] &= \log [\text{Cu}^{2+}] + \log K_1 + \log [\text{NH}_3] \\ \text{ค่าของ } \log [\text{CuNH}_3^{2+}] &= \log [\text{Cu}^{2+}] + \log K_1 + \log [\text{NH}_3] \\ \text{จะได้} &= \log [\text{Cu}^{2+}] + \log (9.3 \times 10^3) + \log [\text{NH}_3] \\ &= \log [\text{Cu}^{2+}] + 3.99 + \log [\text{NH}_3] \quad (3.18) \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 3.11 คำนวณค่า  $[\text{Cu}^{2+}]$  20.00 มิลลิโมลาร์  $[\text{NH}_3]$  200 มิลลิโมลาร์

วิธีทำ:  $200 \text{ มิลลิโมลาร์ของ } [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}] = 200 \times 63.5 \times 10^{-3} = 12.7 \text{ โมลาร์}$

ค่าของ:	$[\text{Cu}^{2+}]$	20	มิลลิโมลาร์
		$20 \times 10^{-3} = 63.5$	โมลาร์
		$0.315 \times 10^{-3}$	โมลาร์
$\log [\text{Cu}^{2+}]$	=	1.5	
$[\text{NH}_3]$		200	มิลลิโมลาร์
	=	$200 \times 10^{-3} = 14$	โมลาร์
		$43 \times 10^{-3}$	โมลาร์
$\text{pNH}_3$	=	$-\log(43 \times 10^{-3})$	
	=	1.84	

เคมีอนินทรีย์เบื้องต้น

เลขที่	ชนิดตัวประกอบที่พิจารณา	ค่า
--------	-------------------------	-----

3.14)	$\log [Cu(NH_3)^2+]$	$3.5 - 3.99 = -0.49$
3.15)	$[Cu(NH_3)^2+]$	$10^{-0.49}$
3.16)		$2.27 \times 10^{-2}$ โมล

3.17) ตัวอย่างที่ 3.12 กำหนดว่า  $[Cu^{2+}] = 10^{-2}$  โมล/ลิตร ให้หาความเข้มข้นของ  $Cu(NH_3)^2+$

กำหนด $[Cu^{2+}] = 10^{-2}$ โมล/ลิตร	$10^{-2}$ โมล/ลิตร
	$2.2 \times 10^{-3}$ โมล/ลิตร
	$1.58 \times 10^{-4}$ โมล/ลิตร
$\log [Cu^{2+}]$	-3.8 โมล

3.18) จากสมการ (3.18)

$$\log [Cu(NH_3)^2+] = \log [Cu^{2+}] + 2.99 - pNH_3$$

$$2.19 - pNH_3$$

3.19) จากสมการ (3.19)

$$\log [Cu(NH_3)_2^{2+}] = \log [Cu(NH_3)^2+] + \log NH_3 + \log K_2$$

$$0.19 - pNH_3 + pNH_3 + \log 2.2 \times 10^3$$

$$3.19 - pNH_3 + 3.3$$

$$3.5 - 2pNH_3$$

3.20) จากสมการ (3.20)

$$\log [Cu(NH_3)_3^{2+}] = \log [Cu(NH_3)_2^{2+}] + \log NH_3 + \log K_3$$

$$3.5 - 2pNH_3 + pNH_3 + 2.33$$

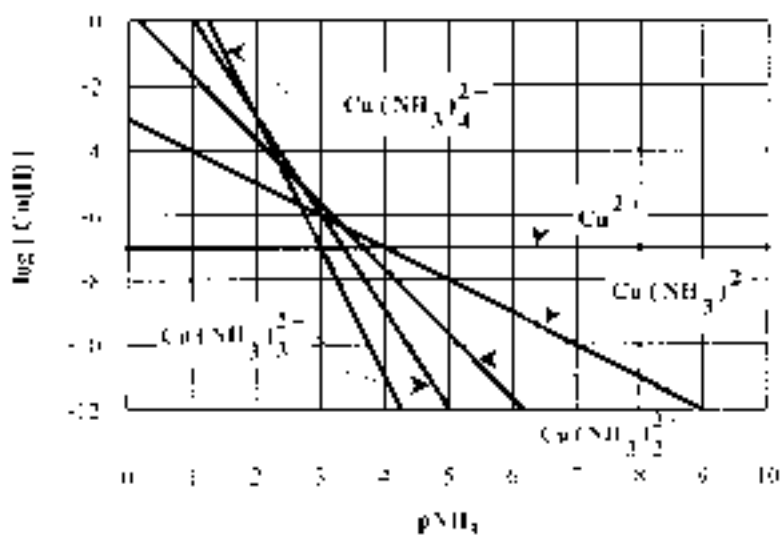
$$6.23 - 3pNH_3$$

เฉลยข้อ 3.17) และ 3.18)

ค่าคงที่สมดุลที่รวมกัน  $\log K = 10.6$  สำหรับ  $\text{pNH}_3$  ที่เปลี่ยนแปลงอย่างใดอย่างหนึ่งสามารถคำนวณค่าคงที่สมดุลรวมที่อื่นได้ ดังแสดงในตารางที่ 3.6

ตัวอย่าง 3.6

$\text{pNH}_3$	1	ความเข้มข้น $\text{NH}_3$	$10^1$	โมล/ลิ.ของ $\text{NH}_3$	$1.00 \times 10^1$	$10^1$	$10^1$	0.8
$\text{pNH}_3$	2	ความเข้มข้น $\text{NH}_3$	$10^2$	โมล/ลิ.ของ $\text{NH}_3$	$1.00 \times 10^2$	$10^2$	$10^2$	0.8
$\text{pNH}_3$	3	ความเข้มข้น $\text{NH}_3$	$10^3$	โมล/ลิ.ของ $\text{NH}_3$	$1.00 \times 10^3$	$10^3$	$10^3$	0.8
$\text{pNH}_3$	4	ความเข้มข้น $\text{NH}_3$	$10^4$	โมล/ลิ.ของ $\text{NH}_3$	$1.00 \times 10^4$	$10^4$	$10^4$	0.8
$\text{pNH}_3$	5	ความเข้มข้น $\text{NH}_3$	$10^5$	โมล/ลิ.ของ $\text{NH}_3$	$1.00 \times 10^5$	$10^5$	$10^5$	0.8
ค่าคงที่ $\log K$	-2	ความเข้มข้น $\text{Cu}^{2+}$	$10^{-2}$	โมล/ลิ.ของ $\text{Cu}^{2+}$	$1.00 \times 10^{-2}$	$10^{-2}$	$10^{-2}$	0.35
	-4	ความเข้มข้น $\text{Cu}(\text{OH})_2$	$10^{-4}$	โมล/ลิ.ของ $\text{Cu}(\text{OH})_2$	$1.00 \times 10^{-4}$	$10^{-4}$	$10^{-4}$	0.35
	-7	ความเข้มข้น $\text{Cu}(\text{OH})_2$	$10^{-7}$	โมล/ลิ.ของ $\text{Cu}(\text{OH})_2$	$1.00 \times 10^{-7}$	$10^{-7}$	$10^{-7}$	0.006



รูปที่ 3.6 ปริมาณของสเปซเคมีของไอออนแอมโมเนีย-ทองแดงที่ระดับของแอมโมเนียอิสระต่างๆ

เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย

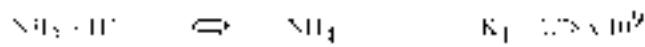
จึงมี  $\text{Cu}^{2+}$  และ  $\text{Ni}^{2+}$  อยู่ในสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  และ  $\text{NiSO}_4$  ตามลำดับ เมื่อเติม  $\text{NH}_3$  ลงไปในสารละลาย จะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีเลขโคออร์ดิเนชันเป็น ๖ ดังแสดงในสมการต่อไปนี้



- ✓ ข้อ ๑๖.๑ ถูกต้อง เพราะสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นมีเลขโคออร์ดิเนชันเป็น ๖
- ✓ ข้อ ๑๖.๒ ถูกต้อง เพราะสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นมีเลขโคออร์ดิเนชันเป็น ๖
- ✓ ข้อ ๑๖.๓ ถูกต้อง เพราะสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นมีเลขโคออร์ดิเนชันเป็น ๖
- ✓ ข้อ ๑๖.๔ ถูกต้อง เพราะสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นมีเลขโคออร์ดิเนชันเป็น ๖
- ✓ ข้อ ๑๖.๕ ถูกต้อง เพราะสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นมีเลขโคออร์ดิเนชันเป็น ๖
- ✓ ข้อ ๑๖.๖ ถูกต้อง เพราะสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นมีเลขโคออร์ดิเนชันเป็น ๖
- ✓ ข้อ ๑๖.๗ ถูกต้อง เพราะสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นมีเลขโคออร์ดิเนชันเป็น ๖
- ✓ ข้อ ๑๖.๘ ถูกต้อง เพราะสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นมีเลขโคออร์ดิเนชันเป็น ๖
- ✓ ข้อ ๑๖.๙ ถูกต้อง เพราะสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นมีเลขโคออร์ดิเนชันเป็น ๖
- ✓ ข้อ ๑๖.๑๐ ถูกต้อง เพราะสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นมีเลขโคออร์ดิเนชันเป็น ๖

**๑๖.๑ การทำลายน้ำและการประกอบเชิงซ้อน**

การละลายของสารประกอบไอออนิกในตัวทำละลายน้ำจะเกิดเป็นไอออนอิสระในสารละลายได้โดยง่าย เนื่องจากมีแรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบในผลึกไอออนิกอ่อนลงเมื่อเทียบกับในตัวทำละลายที่เป็นของแข็ง เนื่องจากมีแรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบในตัวทำละลายเป็นของเหลวที่ต่ำกว่าในตัวทำละลายที่เป็นของแข็ง



๑๖









S	พหุคูณ	โมลลิตร	
โพแทสเซียมคลอไรด์ $\text{CaF}_2$ มี $K_{sp}$		$3 \times 10^{-11}$	
$\text{K}_a$		S	
H		2S	
$\text{K}_a$ (2) $\text{H}^+$		$1.8 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$
S		$1.2 \times 10^{-5}$	$10^{-2} \times 0.4 \text{Ba}^2$

ตารางที่ 3.4 ค่า  $K_{sp}$  และ  $pK_a$  ของโลหะไฮดรอกไซด์, โลหะคาร์บอกเนตและโลหะซัลไฟด์

ชื่อธาตุ โลหะ	โลหะไฮดรอกไซด์		โลหะซัลไฟด์		โลหะคาร์บอกเนต	
	$pK_a$	$K_{sp}$	$pK_a$	$K_{sp}$	$pK_a$	$K_{sp}$
Ca	13.6	$7 \times 10^{-17}$	26.1	$7 \times 10^{-23}$	11.3	$5 \times 10^{-9}$
Co	14.6	$1 \times 10^{-17}$	24.7	$5 \times 10^{-23}$	12.8	$1.6 \times 10^{-9}$
Cd	10.1	$6.3 \times 10^{-17}$				
Cr	9.7	$2 \times 10^{-17}$	35.7	$6.3 \times 10^{-23}$	9.9	$1.2 \times 10^{-9}$
Fe	23.7	$7 \times 10^{-17}$	51.8	$1.6 \times 10^{-23}$	16.1	$7 \times 10^{-10}$
Mn	12.7	$2 \times 10^{-17}$	73.2	$6.4 \times 10^{-23}$	10.7	$2 \times 10^{-9}$
Ni	14.1	$2 \times 10^{-17}$	31.8	$1.2 \times 10^{-23}$	8.2	$6 \times 10^{-10}$
Zn	14.9	$1.2 \times 10^{-17}$	37.9	$2 \times 10^{-23}$	13.1	$9 \times 10^{-10}$
Ag	27.8	$1.6 \times 10^{-17}$	25.0	$10^{-23}$		
Ba	16.9	$1.5 \times 10^{-17}$	22.8	$1.6 \times 10^{-23}$	10.8	$1.9 \times 10^{-9}$

จากการคำนวณข้างต้นแสดงว่า  $\text{CaF}_2$  จะตกตะกอนได้เร็วกว่า  $\text{BaSO}_4$  2.72 เท่า และ  $2\theta$  เท่า เมื่อใช้ค่า  $K_{sp}$  แล้ว จะเห็นได้ว่า  $\text{BaSO}_4$  มีค่า  $K_{sp}$  สูงกว่า  $\text{CaF}_2$  ถึง 10 เท่า ซึ่งหมายความว่า  $\text{BaSO}_4$  จะตกตะกอนได้เร็วกว่า  $\text{CaF}_2$  ถึง 10 เท่า ดังนั้นการเตรียมแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะทำได้เร็วกว่า

สมบัติของกรดและเบส

ในสภาวะที่อุณหภูมิ  $T$  โดยที่  $K_{sp}$  เป็นค่าคงที่ของผลคูณไอออนของสารที่ละลายในน้ำ ซึ่งสามารถเขียนได้ดังนี้

3.5.1 การเขียนสมการดุลยภาพการละลายของแคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำ



ถ้าเราสมมติว่า  $CaCO_3$  ละลายได้เล็กน้อยจนได้  $Ca^{2+}$  และ  $CO_3^{2-}$  ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันทุกประการ เราจะได้

$$[Ca^{2+}] = [CO_3^{2-}] = S$$

โดยที่  $K_{sp}$  ของ  $CaCO_3$   $5 \times 10^{-9}$  ที่อุณหภูมิ 25°C มีค่าคงที่การละลายที่  $2.5 \times 10^{-4}$  โมลต่อลิตร

$$[Ca^{2+}] = [CO_3^{2-}] = 5 \times 10^{-9} \quad \text{โมลต่อลิตร}$$

ถ้าเราสมมติว่า  $CaCO_3$  ละลายได้เล็กน้อยจนได้  $Ca^{2+}$  และ  $CO_3^{2-}$  ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันทุกประการ เราจะได้  $K_{sp}$  ดังต่อไปนี้

ค่าคงที่	$Q$	$[Ca^{2+}][CO_3^{2-}]$
ไอออน	$Q$	ผลคูณของไอออนที่ได้ออกมาจากการละลาย
		(Ion Product Quotient)
$K_{sp}$		ผลคูณของไอออนที่คงที่ของสารที่ละลาย
		(Solubility Product Constant)

เคมีวิเคราะห์เชิงปริมาณ

- ค่าที่ได้มีดังนี้  $Q > K_{sp}$  จะเกิดการตกตะกอนเรียกว่า *Supersaturation* (การอิ่มตัวเกิน)
- $Q = K_{sp}$  ปรากฏว่ามีอยู่ในสภาวะสมดุล (ไม่มีการตกตะกอนเกิดขึ้น) เรียกว่า *Supersaturation* (การอิ่มตัวพอดี)
- $Q < K_{sp}$  มีการละลายของตะกอนที่เกิดขึ้นทั้ง  $Q = K_{sp}$  เรียกว่า *undersaturation* (การอิ่มตัวไม่พอ)

ในกรณีที่มีไอออนสองไอออนที่มีประจุลบเหมือนกัน เช่น  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Ag^{+}$ ,  $SCN^{-}$  เป็นต้น ทฤษฎีการละลายของสารอนินทรีย์ (Solubility) ผู้ค้นคว้าพบว่ามีวิธีประยุกต์กันขึ้นมาคือไอออนที่มีค่า  $K_{sp}$  ที่ต่ำกว่าจะมีไอออนอีกชนิดที่เข้าไปเกิดสารประกอบ ซึ่งจะได้ค่าที่ได้มีน้อยกว่า  $K_{sp}$  ของตัวที่  $p$

ในกรณีของสารที่จัดเป็นเบสหรือ Carbon ซึ่งมีมักเป็นโลหะต่างๆ มีที่ชื่อ Action 3 ซึ่งมี  $OH^{-}$ ,  $S^{2-}$  และ  $CO_3^{2-}$  เพื่อรับสารละลายของ  $NaOH$ ,  $Na_2S$  และ  $Na_2CO_3$  ซึ่งมักเป็นสารที่ละลายได้เล็กน้อย

### ๖.๕.๒ การวัดค่าผลคูณไอออน

ผู้ค้นคว้าพบว่าการวัดค่าผลคูณไอออน ซึ่งเป็นค่าคงที่ของตัวประกอบ  $K_{sp}$  ของค่าที่ได้โดยวิธีการปฏิบัติแบบวิธีที่เรียกว่า *Langmuir's method*

ค่าของ  $Langmuir$  หรือ  $CaCO_3$  ค่าคงที่ผลคูณไอออนจะมีสมการที่เหมือนกับสมการต่อไปนี้คือที่  $pH$  และ  $pCO_2$  จะสามารถแก้สมการเหล่านี้เพื่อหาค่าของ  $CaCO_3$  หรือค่า  $pH$  ซึ่งจะได้มีออกมา





ตารางที่ 3.5 ค่า  $K_{sp}$  ของผลิตภัณฑ์ของสารประกอบที่ละลายน้ำเล็กน้อย

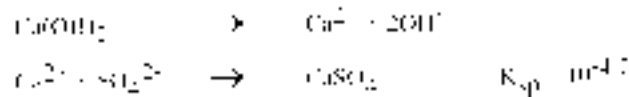
Equilibrium equation	$K_{sp}$ at 25°C	กรณีใช้ประโยชน์
$AgCl \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$	$1.8 \times 10^{-10}$	ใช้ทำเกลือโพแทสเซียม
$Al(OH)_3 \rightleftharpoons Al^{3+} + 3OH^-$	$1.8 \times 10^{-31}$	ใช้บำบัดน้ำเสีย
$Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe^{3+} + 3OH^-$	$6 \times 10^{-38}$	ใช้บำบัดน้ำเสีย, กำจัดเหล็ก, กำจัดฟอสฟอรัส
$Fe(OH)_2 \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2OH^-$	$8 \times 10^{-15}$	ใช้บำบัดน้ำเสีย, กำจัดเหล็ก, กำจัดฟอสฟอรัส
$CaSO_4 \rightleftharpoons Ca^{2+} + SO_4^{2-}$	$2 \times 10^{-5}$	กำจัดซัลเฟตในน้ำประปา
$CaF_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2F^-$	$3 \times 10^{-11}$	ฟลูออไรด์
$CaCO_3 \rightleftharpoons Ca^{2+} + CO_3^{2-}$	$5 \times 10^{-9}$	กำจัดความกระด้าง, สารฟอสเฟต
$Ca(OH)_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2OH^-$	$8 \times 10^{-6}$	กำจัดความกระด้าง
$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2OH^-$	$4 \times 10^{-11}$	กำจัดความกระด้าง, สารฟอสเฟต
$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2OH^-$	$9 \times 10^{-12}$	กำจัดความกระด้าง, สารฟอสเฟต
$SrCO_3 \rightleftharpoons Sr^{2+} + CO_3^{2-}$	$5 \times 10^{-9}$	กำจัดความกระด้าง, สารฟอสเฟต
$Ce(OH)_3 \rightleftharpoons Ce^{3+} + 3OH^-$	$1 \times 10^{-14}$	กำจัดโลหะหนัก
$Co(OH)_2 \rightleftharpoons Co^{2+} + 2OH^-$	$6 \times 10^{-16}$	กำจัดโลหะหนัก
$Cr(OH)_3 \rightleftharpoons Cr^{3+} + 3OH^-$	$2 \times 10^{-19}$	กำจัดโลหะหนัก, กำจัดฟอสเฟต
$Ni(OH)_2 \rightleftharpoons Ni^{2+} + 2OH^-$	$2 \times 10^{-16}$	กำจัดโลหะหนัก
$Pb(OH)_2 \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2OH^-$	$1 \times 10^{-14}$	กำจัดโลหะหนัก
$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2OH^-$	$3 \times 10^{-17}$	กำจัดโลหะหนัก
$Mn(OH)_2 \rightleftharpoons Mn^{2+} + 2OH^-$	$1 \times 10^{-13}$	กำจัดโลหะหนัก
$Mn(OH)_2 \rightleftharpoons Mn^{2+} + 2OH^-$	$8 \times 10^{-14}$	กำจัดโลหะหนัก
$Cr_3(OH)_4 \rightleftharpoons Cr_3^{2+} + 2PO_4^{3-}$	$1 \times 10^{-27}$	กำจัดฟอสเฟต
$CaHPO_4 \rightleftharpoons Ca^{2+} + HPO_4^{2-}$	$3 \times 10^{-7}$	กำจัดฟอสเฟต
$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{2+} + SO_4^{2-}$	$1 \times 10^{-10}$	ขี้ผึ้ง, สารเคลือบ

หนังสือเรียนเคมีอนินทรีย์



### 3.5.6 การตกผลึกของยาลงในวิธีผสมยาลด

ที่ สันติมี<sup>2</sup> ละลายน้อยลงปริมาณมาก เช่น น้ำที่ขุ่นใส จะกลายเป็นขุ่นขาวเมื่อเติมสารที่มีค่า  $K_{sp}$  ของยาลดต่ำกว่าค่า  $K_{sp}$  ของยาลดที่มีค่าสูง เช่น  $K_{sp}$  ของยาลดที่มีค่าสูงเป็นดังนี้



เมื่อเติมสารที่มีค่า  $K_{sp}$  ของ  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  จะเกิดตะกอนยาลดสีขาว (ไม่มีสี) ขึ้นในสารละลาย (See also)

ค่า $K_{sp}$	$[\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]$	$10^{-4.7}$	
		$10^{-4.7}$	
	$[\text{SO}_4^{2-}]$	$10^{-4.7}$	
		$0.8 \times 10^{-2}$	น้อยกว่า
		$0.8 \times 10^{-2} \times 0.8 \times 10^{-2}$	น้อยกว่า
		$7.6 \times 10^{-5}$	น้อยกว่า

จะเห็นว่าค่า  $K_{sp}$  ของยาลดที่มีค่าสูง  $[\text{CaSO}_4]$  จะน้อยกว่าค่า  $K_{sp}$  ของยาลดที่มีค่าสูง  $10^{-4.7}$  ในกรณีนี้  $0.8 \times 10^{-2} < 10^{-4.7}$  หรือ  $7.6 \times 10^{-5} < 10^{-4.7}$





พจน์ที่ ๒๑๖

พ.ร.บ. ๒๕๖๒

นสพ.๒๕๖๒  
ฉบับที่ ๒๑

สามารถพิสูจน์ได้ว่าเมื่อ  $SO_4^{2-} = 0.8 \times 10^2$  โมลาร์ มีค่า  $pK$  เท่ากับ 1.87 นั่นคือ  
ฟังก์ชัน  $pK$  จะมีความสัมพันธ์กับค่าของค่าคงที่การแตกตัวของกรด  $CaCO_3$  และ  
ค่าของ  $pH$  เป็นไปตามสมการ 1.87

นิยาม

ความสามารถในการแตกตัวของ  $CO_3^{2-}$  และ  $PO_4^{3-}$  ดังนี้

$CO_3^{2-} \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-$	$10^{-10.4}$	pK	10.4
$CO_3^{2-} \rightleftharpoons CO_3^{2-} + OH^-$	$10^{-6}$	pK	6
$CO_3^{2-} \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-$	$10^{-6.5}$	pK	6.5
$CO_3^{2-} \rightleftharpoons HPO_4^{2-} + OH^-$	$10^{-6.4}$	pK	6.4

จากสมการในตารางข้างต้นจะเห็นว่า ค่าของ  $pK$  สามารถใช้แทนค่าของค่าคงที่การแตกตัวของกรดได้  
ดังต่อไปนี้

$Ca_3(PO_4)_2$	26.5	8.2
$CaHPO_4$	8.4-9	4.2

สมการ  $CaHPO_4 \rightleftharpoons Ca^{2+} + HPO_4^{2-}$

$8.4 \times 10^8$

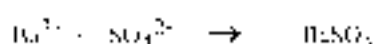
$CaH_2$	1.4-3	3.46
$Ca_3(PO_4)_2$	26.5	8.2

สมการ  $CaH_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + H_2$

ค่าของ  $pK$  และ  $pH$  ดังนี้

1.5.7 Common Ion Effect (ผลของไอออนที่มีอยู่ร่วมกัน)

ขอยกตัวอย่างการละลายของเกลือที่ละลายได้ดีคือ  $\text{BaSO}_4 \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$  ในสารละลายที่มีของ  $\text{Ba}^{2+}$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  ที่เกิดขึ้นได้แก่  $\text{Ba}^{2+}$  จาก  $\text{BaCl}_2$  ที่ให้ปริมาณที่เข้มข้นของไอออนสูงคือ  $1 \times 10^{-5}$  โมล/ลิตร (มีค่าเท่ากับ  $[\text{Ba}^{2+}] = [\text{SO}_4^{2-}] = 1 \times 10^{-5}$  โมล/ลิตร) และ  $\text{SO}_4^{2-}$  จาก  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ที่ให้ปริมาณของไอออนสูงคือ  $1 \times 10^{-5}$  โมล/ลิตร มีปฏิกิริยาการละลายที่มี  $\text{BaSO}_4$  ในปริมาณที่สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของไอออนได้แก่  $\text{Ba}^{2+}$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  ที่เกิดขึ้นได้ดังนี้



สมมติว่า  $\text{BaSO}_4$  ที่เกิดละลายได้  $x$  โมล/ลิตร

ความเข้มข้นของ  $\text{Ba}^{2+}$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  ที่เกิดขึ้นได้  $1 \times 10^{-5}$  โมล/ลิตร  
 $\text{Ba}^{2+}$  ที่เพิ่มขึ้นจาก  $\text{BaCl}_2$   $1 \times 10^{-5}$

$1 \times 10^{-5}$  โมล/ลิตร

$\text{Ba}^{2+}$  ที่ลดลงจากการเกิดของ  $\text{BaSO}_4$   $x$  โมล/ลิตร

$x$  โมล/ลิตร

ดังนั้น ความเข้มข้นของ  $\text{Ba}^{2+}$  ที่เกิดขึ้นได้จะเท่ากับ

$(1 \times 10^{-5} - x)$

ความเข้มข้นของ  $\text{SO}_4^{2-}$  ที่เกิดจากการละลายได้  $\text{BaSO}_4$

$x$  โมล/ลิตร

ดังนั้น ความเข้มข้นของ  $\text{SO}_4^{2-}$  ที่เกิดขึ้นได้จะเท่ากับ

$(1 \times 10^{-5} + x)$  โมล/ลิตร



$(1 \times 10^{-5} - x) \quad (1 \times 10^{-5} + x) \quad x$

ที่สมดุล  $K_{sp} = (1 \times 10^{-5} - x)(1 \times 10^{-5} + x) = x$   $1 \times 10^{-10}$

จะได้  $x = 1 \times 10^{-5}$  โมล/ลิตร

ไม่มีผลของไอออนที่เพิ่ม



១	គំនិត: $1000^2$	$10^3 \times 10^3 = 10^6$	
២		$10^3 \times 10^3$	មិនត្រឹមត្រូវ
៣	គំនិត: $1000^2$	$10^3 + 10^3 = 10^6$	
៤		$10^3 \times 10^3$	មិនត្រឹមត្រូវ
៥	គំនិត: ដឹងថា $1000^2 = 10^6$ ដូច្នេះបញ្ជាក់ថា គំនិតត្រឹមត្រូវគឺ $10^3 \times 10^3$ ដែលស្មើនឹង $10^6$		
៦	គំនិត: ដឹងថា $1000^2 = 10^6$ ដូច្នេះបញ្ជាក់ថា គំនិតត្រឹមត្រូវគឺ $10^3 \times 10^3$ ដែលស្មើនឹង $10^6$		

បញ្ជីសំណួរត្រួតពិនិត្យ

**ลักษณะของน้ำและน้ำเสีย**

4.1.5. ข้อควรระวังในการใช้คุณภาพน้ำเพื่อการบริโภค	4
4.2. คุณสมบัติของน้ำในธรรมชาติ	4
4.2.1. ลักษณะของน้ำฝน	4
4.2.2. ลักษณะของน้ำในทะเล	4
4.2.3. ลักษณะของน้ำผิวดิน	4
4.2.4. ลักษณะของน้ำใต้ดิน	4
4.3. ลักษณะของน้ำในสิ่งแวดล้อมเมือง	4
4.3.1. ลักษณะของน้ำในสิ่งแวดล้อมทั่วไป	4
4.3.2. ลักษณะของน้ำในสิ่งแวดล้อมภายใน	4
4.3.3. การกำหนดลักษณะของน้ำเสียชุมชนภายใน	4
4.4. ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม	4
4.4.1. ความเข้มข้นที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	4
4.4.2. ความเข้มข้นของมลพิษอินทรีย์	4

### บทที่ 4

### ลักษณะของน้ำและน้ำเสีย

ค่าปริมาตรของน้ำที่ไหลผ่านหน้าใช้ (  $Q$  ) ที่มีขนาดหน้าใช้เท่ากับ  $1.6 \times 10^{-2}$  ตารางเมตร และค่าความสูงของน้ำที่ไหลผ่านหน้าใช้เท่ากับ  $4.1$  เมตร ค่าของผลคูณของปริมาตรของน้ำที่ไหลผ่านหน้าใช้กับปริมาตรของหน้าใช้ (  $Q \times H$  ) เท่ากับ  $0.64$  ค่านี้บ่งชี้ถึงระดับความสกปรกของน้ำที่ไหลผ่านหน้าใช้ ซึ่งค่าของ  $Q \times H$  นี้มีค่าที่ปรากฏในตารางที่ 4.1 ค่าของ  $Q \times H$  นี้ใช้วัดระดับน้ำในบริเวณนั้น

ตารางที่ 4.1 การกระจายของปริมาณน้ำของแหล่งส่งคุณภาพน้ำ

ประเภทของแหล่งน้ำ	เลขดัชนี	ปริมาณน้ำ	
		$10^3$ ลิตร	%
1. น้ำที่ไหล	คลองน้ำใส	124	0.0050
	คลองน้ำใส	126	0.0051
	รวม	250	0.0101
2. น้ำที่กรวดทราย		13	0.0053
3. น้ำที่จับ	ขี้ดิน	4,117	0.1669
	ขี้เลน	4,113	0.1668
	รวม	8,230	0.3337
4. น้ำที่จับ	คูน้ำและหนองน้ำ	29,000	1.1596
	หนองน้ำและคูน้ำ	1,340,000	52.2606
	คลองน้ำที่จับ	104	0.0042
	รวม	1,369,104	53.4244
รวมทั้งหมด		1,369,104	53.4244

\* ข้อมูลทั้งหมด ณ วันที่ 15 กรกฎาคม พ.ศ. 2522 (กรมชลประทาน) (กรมการไฟฟ้า) (กรมการประปา) (กรมการประปา)

แก้ไขโดยกรมการประปา



เลขที่	ตารางที่ 4.2 จำนวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ	
	พหุนามตัว	พหุนาม
1	...	...
2	...	...
3	...	...
4	...	...
5	...	...
6	...	...
7	...	...
8	...	...
9	...	...
10	...	...
11	...	...
12	...	...
13	...	...
14	...	...
15	...	...
16	...	...
17	...	...
18	...	...
19	...	...
20	...	...
21	...	...
22	...	...
23	...	...
24	...	...
25	...	...
26	...	...
27	...	...
28	...	...
29	...	...
30	...	...
31	...	...
32	...	...
33	...	...
34	...	...
35	...	...
36	...	...
37	...	...
38	...	...
39	...	...
40	...	...
41	...	...
42	...	...
43	...	...
44	...	...
45	...	...
46	...	...
47	...	...
48	...	...
49	...	...
50	...	...
51	...	...
52	...	...
53	...	...
54	...	...
55	...	...
56	...	...
57	...	...
58	...	...
59	...	...
60	...	...
61	...	...
62	...	...
63	...	...
64	...	...
65	...	...
66	...	...
67	...	...
68	...	...
69	...	...
70	...	...
71	...	...
72	...	...
73	...	...
74	...	...
75	...	...
76	...	...
77	...	...
78	...	...
79	...	...
80	...	...
81	...	...
82	...	...
83	...	...
84	...	...
85	...	...
86	...	...
87	...	...
88	...	...
89	...	...
90	...	...
91	...	...
92	...	...
93	...	...
94	...	...
95	...	...
96	...	...
97	...	...
98	...	...
99	...	...
100	...	...

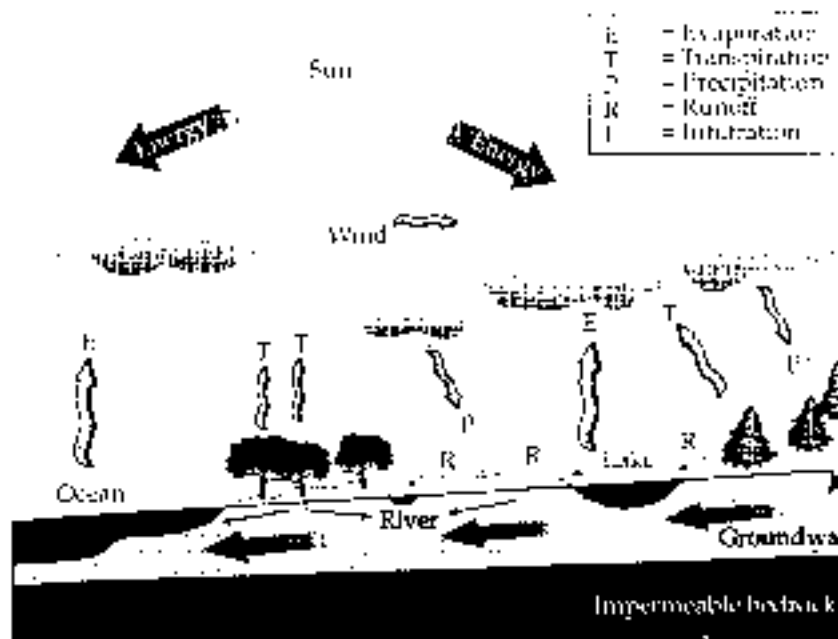
ของวัยที่โตมา... การสร้างระบบนิเวศน์ที่มีคุณภาพดีมีลักษณะการเกิดได้มีได้... (เนื้อหาบางส่วนที่อ่านไม่ชัด)

### 4.2 คุณภาพของน้ำธรรมชาติ

น้ำที่สะอาดหมายถึงสิ่งต่างๆ... (เนื้อหาบางส่วนที่อ่านไม่ชัด)



หน้า ๓  
หน้า ๓  
หน้า ๓  
หน้า ๓  
หน้า ๓



รูปที่ 4.1 วัฏจักรน้ำ

หน้า ๓  
หน้า ๓  
หน้า ๓  
หน้า ๓  
หน้า ๓



พ.ศ. ๒๕๖๒

พ.ศ. ๒๕๖๓

ตารางที่ ๔.๔ ลักษณะของเมืองเกษตรในจังหวัดกาญจนบุรี (๘)

ปีการระหัดที่ ๒๕๖๓

ปีการระหัดที่	ลักษณะ	จำนวน	เมืองเกษตร		
			เมืองเกษตร	เมืองเกษตร	เมืองเกษตร
๒๕๖๒	เมืองเกษตร		๒๕๖๒	๒๕๖๒	๒๕๖๒
๒๕๖๓	เมืองเกษตร		๒๕๖๓	๒๕๖๓	๒๕๖๓
๒๕๖๔	เมืองเกษตร		๒๕๖๔	๒๕๖๔	๒๕๖๔
๒๕๖๕	เมืองเกษตร		๒๕๖๕	๒๕๖๕	๒๕๖๕
๒๕๖๖	เมืองเกษตร		๒๕๖๖	๒๕๖๖	๒๕๖๖
๒๕๖๗	เมืองเกษตร		๒๕๖๗	๒๕๖๗	๒๕๖๗
๒๕๖๘	เมืองเกษตร		๒๕๖๘	๒๕๖๘	๒๕๖๘
๒๕๖๙	เมืองเกษตร		๒๕๖๙	๒๕๖๙	๒๕๖๙
๒๕๗๐	เมืองเกษตร		๒๕๗๐	๒๕๗๐	๒๕๗๐
๒๕๗๑	เมืองเกษตร		๒๕๗๑	๒๕๗๑	๒๕๗๑
๒๕๗๒	เมืองเกษตร		๒๕๗๒	๒๕๗๒	๒๕๗๒
๒๕๗๓	เมืองเกษตร		๒๕๗๓	๒๕๗๓	๒๕๗๓
๒๕๗๔	เมืองเกษตร		๒๕๗๔	๒๕๗๔	๒๕๗๔
๒๕๗๕	เมืองเกษตร		๒๕๗๕	๒๕๗๕	๒๕๗๕
๒๕๗๖	เมืองเกษตร		๒๕๗๖	๒๕๗๖	๒๕๗๖
๒๕๗๗	เมืองเกษตร		๒๕๗๗	๒๕๗๗	๒๕๗๗
๒๕๗๘	เมืองเกษตร		๒๕๗๘	๒๕๗๘	๒๕๗๘
๒๕๗๙	เมืองเกษตร		๒๕๗๙	๒๕๗๙	๒๕๗๙
๒๕๘๐	เมืองเกษตร		๒๕๘๐	๒๕๘๐	๒๕๘๐
๒๕๘๑	เมืองเกษตร		๒๕๘๑	๒๕๘๑	๒๕๘๑
๒๕๘๒	เมืองเกษตร		๒๕๘๒	๒๕๘๒	๒๕๘๒
๒๕๘๓	เมืองเกษตร		๒๕๘๓	๒๕๘๓	๒๕๘๓
๒๕๘๔	เมืองเกษตร		๒๕๘๔	๒๕๘๔	๒๕๘๔
๒๕๘๕	เมืองเกษตร		๒๕๘๕	๒๕๘๕	๒๕๘๕
๒๕๘๖	เมืองเกษตร		๒๕๘๖	๒๕๘๖	๒๕๘๖
๒๕๘๗	เมืองเกษตร		๒๕๘๗	๒๕๘๗	๒๕๘๗
๒๕๘๘	เมืองเกษตร		๒๕๘๘	๒๕๘๘	๒๕๘๘
๒๕๘๙	เมืองเกษตร		๒๕๘๙	๒๕๘๙	๒๕๘๙
๒๕๙๐	เมืองเกษตร		๒๕๙๐	๒๕๙๐	๒๕๙๐
๒๕๙๑	เมืองเกษตร		๒๕๙๑	๒๕๙๑	๒๕๙๑
๒๕๙๒	เมืองเกษตร		๒๕๙๒	๒๕๙๒	๒๕๙๒
๒๕๙๓	เมืองเกษตร		๒๕๙๓	๒๕๙๓	๒๕๙๓
๒๕๙๔	เมืองเกษตร		๒๕๙๔	๒๕๙๔	๒๕๙๔
๒๕๙๕	เมืองเกษตร		๒๕๙๕	๒๕๙๕	๒๕๙๕
๒๕๙๖	เมืองเกษตร		๒๕๙๖	๒๕๙๖	๒๕๙๖
๒๕๙๗	เมืองเกษตร		๒๕๙๗	๒๕๙๗	๒๕๙๗
๒๕๙๘	เมืองเกษตร		๒๕๙๘	๒๕๙๘	๒๕๙๘
๒๕๙๙	เมืองเกษตร		๒๕๙๙	๒๕๙๙	๒๕๙๙
๒๖๐๐	เมืองเกษตร		๒๖๐๐	๒๖๐๐	๒๖๐๐

เมืองเกษตร  
เมืองเกษตร  
เมืองเกษตร

ตารางที่ 4.5 ลักษณะของไม้กระถางที่ปลูกในโรงเรือนปลูกไม้กระถาง (23)

การปลูก	ชนิดไม้	A	B	C	D	E	F
ปลูกในบ่อ	ไม้กระถาง	1	11	10	7	6	15
ปลูกในบ่อ	ไม้กระถาง	2	7	7	1	4	4
ปลูกในบ่อ	ไม้กระถาง	4	4	1	6	1	11
ปลูกในบ่อ	ไม้กระถาง	7	23	19	9	17	30
ปลูกในบ่อ	ไม้กระถาง	9	8	5	4	8	15
ปลูกในบ่อ	ไม้กระถาง	2	1	5	3	0	2
ปลูกในบ่อ	ไม้กระถาง	1	4	3	2	3	4
ปลูกในบ่อ	ไม้กระถาง	0	0	0	0	0	0
ปลูกในบ่อ	ไม้กระถาง	0	0	0	0	0	0
ปลูกในบ่อ	ไม้กระถาง	2	2	14	7	17	19
ปลูกในบ่อ	ไม้กระถาง	6	8	8	4	8	15
ปลูกในบ่อ	ไม้กระถาง	6	2	3	8	2	3
ปลูกในบ่อ	ไม้กระถาง	6.2	6.9	6.2	6.1	7.1	7.4
ปลูกในบ่อ	ไม้กระถาง	7.4	7.5	7.5	5	7.5	8.4
ปลูกในบ่อ	ไม้กระถาง	3	0	0.1	0		0.4
ปลูกในบ่อ	ไม้กระถาง		2	1		10	
ปลูกในบ่อ	ไม้กระถาง	11	44	33	17	25	55
ปลูกในบ่อ	ไม้กระถาง	6	1	1	1	4	

A - Greenville, SC      B - New York City, Conn.      C - Boston  
 D - Fresno, CA      E - Little Rock, Ark.      F - Orlando Springs, California

๔.๒.๒ ลักษณะของแร่ในดินเหนียว

แร่ในดินเหนียวจะมีส่วนประกอบที่สร้างด้วยธาตุคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ (๔-๖) ประกอบด้วยธาตุซิลิกาและอะลูมิเนียมเป็นหลัก มีธาตุเหล็กและแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบรอง มีไฮดรอกซิลเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของแร่ดินเหนียว ส่วนใหญ่จะพบในรูปของสารประกอบเชิงซ้อนที่มีประจุลบ ซึ่งประจุลบจะถูกประจุด้วยไอออนบวกของธาตุต่าง ๆ ได้แก่ โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และแอมโมเนียมไอออน เป็นต้น



ลักษณะของดินเหนียวจะแตกต่างกันไปตามชนิดของแร่ดินเหนียวที่ประกอบขึ้น โดยทั่วไปแล้วดินเหนียวจะประกอบด้วยแร่ดินเหนียวที่มีประจุลบ และไอออนบวกที่ประจุบวกเพื่อรักษาความเสถียรของดินเหนียว

- ดินเหนียวที่มีประจุลบส่วนใหญ่จะประกอบด้วย
- โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และแอมโมเนียมไอออน
- ธาตุเหล็ก แมกนีเซียม และโพแทสเซียม
- มีไฮดรอกซิลเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของแร่ดินเหนียว





ตารางที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำบาดาลในเขตกรุงเทพมหานคร (8)

ปี	รวมชุมชน	พื้นที่ มก. ก.	เฉลี่ยค่าเหล็ก	เฉลี่ยค่าไนโตรเจน	ไนไตรต์	ไนเตรต	ฟอสฟอรัส	ค่าความเป็นกรด	ค่าความกระด้าง
	มก. ก.		มก. ลิ.	มก. ลิ.	มก. ลิ.	มก. ลิ.			
2516	81	5.31	0.26	1.43	0.1	5.1	0.08	257	
2517	77	5.17	0.47	0.9	0.02	5.11	0.07	250	
2518	73	0.17	0.60	0.98	0.05	0.2	0.06	201	
2519	87	1.33	0.52	0.70	0.0	4.43	0.14	239	75
2520	38	0.38	0.19	0.82	5.11	5.1	0.09	254	86
2521	28	0.11	0.54	0.61	5.1	5.11	0.1	256	76
2522	77	0.52	0.66	0.64	5.11	5.1	0.07	240	58
2523	20	0.56	0.71	0.52	0.0	0.43	0.11	254	5
2524	20	0.63	0.75	0.82	0.2	0.82	0.08	242	68
2525	77	0.7	0.7	0.52	0.2	5.11	0.11	242	80

\*มก. ลิ. ลิตร/ลิ.

ตารางที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำบาดาลในเขตกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

ปี	จำนวนบ่อน้ำ	ค่าเฉลี่ยค่าเหล็ก	ค่าเฉลี่ยค่าไนโตรเจน	ค่าเฉลี่ยค่าไนไตรต์	ค่าเฉลี่ยค่าไนเตรต	ค่าเฉลี่ยค่าฟอสฟอรัส	ค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรด	ค่าเฉลี่ยค่าความกระด้าง
	มก. ก.							
2516	300	82	102	11	7.3	0.09	257	ค่าเฉลี่ย
2517	290	77	90	8.0	7.0	0.07	250	ค่าเฉลี่ย
2518	73		97	8.0	7.0	0.09	201	ค่าเฉลี่ย
2519	99	10.7	136	5.2	1	0.06	239	ค่าเฉลี่ย
2520	473	11.0	152	5.8	7.4	0.07	254	ค่าเฉลี่ย
2521	108	7	86	7.0	7.0	0.06	256	ค่าเฉลี่ย
2522	570	10.6	113	11.2	7.3	0.08	240	ค่าเฉลี่ย
2523	881	7.02	281	4.8	2	0.06	254	ค่าเฉลี่ย
2524	770	11.0	177	10.9	7.3	0.07	242	ค่าเฉลี่ย
2525	7	9.4	11	2.0	0	0.08	242	ค่าเฉลี่ย

\*มก. ก. ลิตร/ลิ.







ตารางที่ 4.10 ตัวอย่างลักษณะของน้ำดื่มในบ่อน้ำ ที่วัดหอ เกษตรปรังจากบึงยี่โถ

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าที่วัดพบ			ค่าที่ควรเป็น		
		NO.1	NO.2	NO.3	NO.1	NO.2	NO.3
พีเอช		7.11	7.5	7.99	7.02	7.11	7.16
อุณหภูมิ	°C	26	25	26	26	26	26
ความขุ่น	NTU	63.0	23.0	4.0	12.0	22.0	23.0
บีโอดี	mg/l	0.2	1.8	4.9	0.2	1.0	0.35
ซีโอดี	mg/l	54.3	3.0	15.9	19.8	11.9	3.9
ความเค็มทั้งหมด	mg/l	3,120	2,708	268	272	8	1.6
ความเค็มแคลเซียม	mg/l	86	36.8	36	82.2	22.0	29.1
ความเค็มแมกนีเซียม	mg/l	90	1,241	145	146	41.0	41.0
คลอไรด์	mg/l	52.3	55.1	39.0	50.0	12.3	9.8
ไนเตรต	mg/l	1,190	3,691	255	245	15.0	14.5
ไนออส	mg/l	22	47	82	61.3	3.3	3.1
แอมโมเนียไนโตรเจน	mg/l	0.05	0.06	0.08	0.20	0	0.15
ไนโตรเจนไนโตรเจน	mg/l	1.15	0.57	5	1.78	0.58	0.17
เหล็ก	mg/l	0.26	0.8	0.3	1	0.04	0.14
นิทริกไนโตรเจน	MPN 100 ml	10	10	920	1,000	33	110
ฟีคัลโคลิฟอร์ม	MPN 100 ml	13	7	540	540	21	26

ที่มา: ข้อมูลของกรมวิทยาศาสตร์สาธารณสุข จังหวัด





ตารางที่ 4.12 ลักษณะทางเคมีของน้ำดื่ม

พารามิเตอร์	หน่วย	มาตรฐาน			
		B.11	B.12	B.13	B.14
อุณหภูมิ		4.0	5.5	3.0	4.8
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่า pH	7.5	1.0	7	1.0
ความขุ่น (NTU)	ค่า NTU	1.5	0.5	5.0	4.0
ความขุ่น (cm <sup>-1</sup> )	ค่า cm <sup>-1</sup>	20.0	7.5	59.0	12.0
ค่าความเค็ม (ค่าความนำไฟฟ้า)	ค่า ความนำไฟฟ้า	26.5	28.6	33.0	29.0
ค่าความเค็ม	ค่า ความนำไฟฟ้า	ไม่พบ	8.5	ไม่พบ	1.0
ค่าคลอรีน	ค่า Cl <sup>-</sup> mg/L	32.0	17.0	26.0	18.0
ค่าฟอสเฟต	ค่า P	0.01	0.06	0.08	0.01
ค่าไนโตรเจน	ค่า N (mg/L)	8.0	1.0	18.0	14.0
ไนโตรเจน	ค่า N	ไม่พบ	0.04	ไม่พบ	0.06
ไนโตรเจน	ค่า N	0.01	ไม่พบ	0.01	ไม่พบ
เหล็ก	ค่า Fe	0.3	12.5	0.80	0.5
แมงกานีส	ค่า Mn	0.20	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

ที่มา : ข้อมูลจาก พ.ร.บ. ควบคุมคุณภาพน้ำดื่ม

จากผลข้างต้นจะเห็นว่าน้ำดื่มที่วางจำหน่ายมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับน้ำดื่มตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้คือ "น้ำดื่ม" และน้ำดื่มที่วางจำหน่ายส่วนใหญ่เป็นน้ำดื่มบรรจุขวด ซึ่งส่วนใหญ่จะผ่านการกรองน้ำดื่มที่วางจำหน่ายไว้แล้ว และส่วนใหญ่จะผ่านการกรองน้ำดื่มที่วางจำหน่ายไว้แล้ว และส่วนใหญ่จะผ่านการกรองน้ำดื่มที่วางจำหน่ายไว้แล้ว

4.2.1 ตัวอย่างของกรณีศึกษา

ตารางที่ 4.13 แสดงถึงผลของการมี (หรือไม่มี) อุปกรณ์กักเก็บน้ำ ซึ่งถูกเก็บค่าไว้ 1,000 บาท ต่อหน่วย (1,000 ลิตร) ซึ่งตั้งไว้ที่สถานีเสริมให้กับครัวเรือนที่มีระบบประปาที่ให้บริการบ้านที่มีประปาที่ส่งไปยังจุดกักเก็บของครัวเรือนที่มีพื้นที่เก็บน้ำที่ว่างไว้เป็นกรณีศึกษาของระบบประปาที่มีพื้นที่เก็บน้ำที่ว่างไว้ที่สถานีเสริม (1,000 ลิตร) และมีการติดตั้งถังเก็บน้ำ

ตารางที่ 4.13 ลักษณะของกรณีศึกษาปรับปรุงคุณภาพของระบบประปา (พ.ศ. 2543)

การติดตั้ง	ครัวเรือน	น้ำประปา ไม่กักเก็บ	การติดตั้ง	ครัวเรือน	น้ำประปา ไม่กักเก็บ
ถัง	ไม่มีถัง	0	ไม่มีถัง	200-200	0.047
ถัง	100%	1,000	ไม่มีถัง	200-200	0.000
ถัง		575	ไม่มีถัง	200-200	0.000
ถัง	ND	0.221	ไม่มีถัง	200-200	
ถัง	ไม่มีถัง	120	ไม่มีถัง	100-200	0.000
ถัง	ไม่มีถัง	1.5	ไม่มีถัง	100-200	0.000
ถัง	ไม่มีถัง	0.017	ไม่มีถัง	100-200	0.032
ถัง	ไม่มีถัง	0.007	ไม่มีถัง	100-200	ไม่มี
ถัง	ไม่มีถัง	0.466	ไม่มีถัง	100-200	ไม่มี
ถัง	ไม่มีถัง	0.5	ไม่มีถัง	100-200	ไม่มี
ถัง	ไม่มีถัง	12	ไม่มีถัง	100-200	ไม่มี
ถัง	ไม่มีถัง	0.27	ไม่มีถัง	100-200	ไม่มี
ถัง	ไม่มีถัง	0.75	ไม่มีถัง	100-200	ไม่มี
ถัง	ไม่มีถัง	ไม่มี	ไม่มีถัง	100-200	ไม่มี
ถัง	ไม่มีถัง	ไม่มี	ไม่มีถัง	100-200	ไม่มี

หมายเหตุ: ข้อมูลของกรณีศึกษาทั้งหมดแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ ๔.14 ลักษณะของน้ำประปาในประเทศไทย (มทท)

พารามิเตอร์	หน่วย	น้ำประปา		มาตรฐาน สทอ.
		ต่ำสุด	สูงสุด	
pH	ค่า pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5
ความขุ่น	NTU	0.5	2.5	5
สี	PCU	0.5	5	5
ความเค็มรวม	mg/L	113	113	500
แคลเซียม	mg/L Ca	ไม่พบ	0.03	0.5
แมกนีเซียม	mg/L Mg	ไม่พบ	0.01	0.1
คลอรีน - รวมคลอรีน	mg/L	ไม่พบ	0.02	0.5
คลอรีน	mg/L Cl	-	-	1
สังกะสี	mg/L Zn	-	-	5.0
เหล็ก	mg/L Fe	23.5	25.6	75
แมงกานีส	mg/L Mn	4.5	5.5	50
ไนเตรต	mg/L NO <sub>3</sub>	35	56	200
ไนไตรต์	mg/L NO <sub>2</sub>	11	16	250
ฟลูออไรด์	mg/L F	-	-	0.7
ไนโตรเจน	mg/L NO <sub>x</sub>	ไม่พบ	0.025	25
แอมโมเนีย	mg/L N	0.02	0.05	-
ไนโรเจน	mg/L N	ไม่พบ	0.016	-
คาร์บอเนต	mg/L CaCO <sub>3</sub>	51	55	-
คาร์บอเนต	mg/L CaCO <sub>3</sub>	51	55	-
คาร์บอเนต	mg/L CaCO <sub>3</sub>	56	60	-
คาร์บอเนต	mg/L CaCO <sub>3</sub>	5	30	-



### 4.3 ลักษณะของน้ำเสียชุมชนเมือง

#### 4.3.1 ลักษณะของน้ำเสียชุมชนทั่วไป

จาก Figure 4.18 แสดงลักษณะของน้ำเสียชุมชน เมืองของสหรัฐอเมริกา ซึ่งอยู่ในตารางนี้ไม่พบลักษณะการเติม ออกซิเจนใต้น้ำ น้ำเสียชุมชนมีความเข้มข้นสูงและประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่ไม่ย่อยสลายได้สูงและ ลักษณะของน้ำเสียของชุมชนส่วนใหญ่ถือว่าเป็นลักษณะที่เปลี่ยนแปลงได้ตามฤดูกาล โดยน้ำเสียของชุมชนเมืองทั้งหมดจะปนเปื้อนด้วยสารพิษจากยาเสพติดที่ไหลไปทิ้งใน (ท่อระบายน้ำ) และ ขยะจากครัวเรือนและกิจการอื่น ๆ ซึ่งมีจำนวนมากเป็นอยู่ถึงกับสูงถึง น้ำเสียที่ไหลทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ อาจมีปริมาณที่เปลี่ยนแปลงได้ แต่โดยทั่วไปแล้ว ส่วนใหญ่จะประกอบด้วย 70-80% ของน้ำที่ไหลทิ้งในครัวเรือนและ 20-30% ของน้ำ

ที่มาจากโรงอาหารหรือ Public Food Service Enterprises (FSE) และ BOD และ COD ของน้ำเสียชุมชนในอเมริกาเฉลี่ยแล้วจะสูงกว่าค่ามาตรฐานอยู่ในตารางที่ 4.17 และ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลทิ้งไปสู่น้ำสาธารณะ เช่น แม่น้ำ ทะเลสาบ หรือสู่อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่

#### 4.3.2 ลักษณะของน้ำเสียชุมชนใหญ่

ในกรณีนี้ น้ำที่ไหลทิ้งไปจะแตกต่างกันตามเมืองที่มีน้ำเสียชุมชนที่มาจากสิ่งตกค้างในตู้ล้างจาน ความเข้มข้นที่ใกล้เคียง ประมาณ 200-300 mg/l ซึ่งลักษณะน้ำที่ไหลทิ้งจากครัวเรือนและโรงอาหารจะต่างไปจากน้ำเสียชุมชนเมือง ซึ่งน้ำที่ไหลทิ้งจากครัวเรือนและโรงอาหารจะต่างไปจากน้ำเสียชุมชนเมืองที่ไหลทิ้งจากครัวเรือนและโรงอาหาร ซึ่งน้ำที่ไหลทิ้งจากครัวเรือนและโรงอาหารจะต่างไปจากน้ำเสียชุมชนเมืองที่ไหลทิ้งจากครัวเรือนและโรงอาหาร ซึ่งน้ำที่ไหลทิ้งจากครัวเรือนและโรงอาหารจะต่างไปจากน้ำเสียชุมชนเมืองที่ไหลทิ้งจากครัวเรือนและโรงอาหาร ซึ่งน้ำที่ไหลทิ้งจากครัวเรือนและโรงอาหารจะต่างไปจากน้ำเสียชุมชนเมืองที่ไหลทิ้งจากครัวเรือนและโรงอาหาร

ตารางที่ 4.15 ส่วนประกอบมูลค่าสัมมูลชญาของสภากาชาดอเมริกา(115)  
เปรียบเทียบมูลค่าสัมมูลชญา 388 ดัชนีราคา-คณ

รายการสินค้า	หน่วย	ช่วงราคาเมื่อขึ้น
รวมสินค้าคงคลัง (FIFO)		50-118
สินค้าคงคลัง (FIFO)	ก. ก.	40-70
สินค้าคงคลัง (LIFO)	ก. ก.	50-50
สินค้าคงคลัง (FIFO)	ก. ก.	150-250
สินค้าคงคลัง (LIFO)	ก. ก.	150-300
สินค้าคงคลัง (FIFO)	ก. ก.	40-70
สินค้าคงคลัง (LIFO)	ก. ก.	140-170
รวมสินค้าคงคลัง (Seizable Solid)	ก. ก.	130-180
สินค้าคงคลัง	ก. ก.	160-280
สินค้าคงคลัง	ก. ก.	200-250
สินค้าคงคลัง	ก. ก.	500-600
สินค้าคงคลัง (FIFO) (FIFO)	ก. ก. N	40-50
สินค้าคงคลัง (LIFO) (LIFO)	ก. ก. N	15-20
สินค้าคงคลัง (FIFO) (FIFO)	ก. ก. N	25-30
สินค้าคงคลัง (LIFO) (LIFO)	ก. ก. N	0
สินค้าคงคลัง (FIFO) (FIFO)	ก. ก. N	10-15
สินค้าคงคลัง	ก. ก.	50-60
สินค้าคงคลัง	ก. ก. ก. ก.	30-125
สินค้าคงคลัง (LIFO)	ก. ก.	90-110
สินค้าคงคลัง		50-75

ตารางที่ 4.16 ลักษณะของพื้นที่ในการกำจัดของเสียจากชุมชนของแหล่งรวมการรวมกัน

ลำดับ ที่	สารเคมีเคอร์	หน่วย	แหล่งข้อมูล				
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	เหล็ก/เหล็ก	กก. P.U	50-50		50*	50	10.5
2	ซัลไฟด์	กก. S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	-		30*	40.5	
3	TKN	กก. N	40-50	50	40	40	26.6
4	PO <sub>4</sub>	กก. P	10-15	?	8	8	3.3
5	BOD	กก. O <sub>2</sub>	180-280	260	220	210	36.8
6	SS	กก. S	150-250	240	220	230	37.9
7	อัตราอินทรีย์	อัตรา B <sub>5</sub> -C <sub>5</sub>	378	378	450	300	

1. US EPA (1977) "Wastewater Treatment Facilities for Sewer Small Communities"

Free-8 Design Manual, USA

2. WPCF (1992) "Design of Municipal Wastewater Treatment Plant"

3. Menzies & Eddy (1991) "Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse"

McGraw Hill Book, Singapore

4. Qusni, S.R (1985) "Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation"

CBS International Editions

5. กรมโยธาธิการ (2535) "การศึกษารายงานของกรมโยธาธิการร่วมกับกรมประมง กรม

ประมงเพื่อศึกษาผลกระทบจากน้ำเสียจากชุมชนที่มีต่อระบบประมง

\*จาก: ข้อมูลที่ได้อิงจากระดับที่มีอยู่ในนี้ประกอบจากชุมชน

ตารางที่ 4.17 ที่ใดดีไหมสถิติของซีไอทีทั้งหมดของเมืองหน้าด่านชุมชนตำบล (ประเทศไทย)

ประเภท	ที่ใดดีไหมสถิติ	ซีไอทีทั้งหมด
	ก.รับชม วิดีโอ	ก.รับชม-โทร
ประเทศไทย (ทั้งหมด)	352.16	962.30
จังหวัดเชียงใหม่	48.73	1102.45
เมืองเชียงใหม่ (เทศบาลนคร)	33.25	1402.95
เมืองเชียงใหม่	63.15	1602.70

\*OECD - Organization for Economic Co-operation and Development

ในปี ค.ศ. 2542 นี้ มีกระแสข่าวระบุว่า เกิดภัยพิบัติชุมชนจากไฟดูดส่งผลกระทบต่อเมืองงอกงาม นครหลวงเชียงใหม่ ทำให้สามารถเข้าถึงด้วย มีสื่อชุมชนทั้งทีวี, วิทยุ, หนังสือพิมพ์, ทีวี, วิทยุ, หนังสือพิมพ์ได้ จึงพบว่าสื่อชุมชนไทยมีกระแสข่าวที่เผยแพร่ต่อประชาชนกว่า 1 ล้านครั้ง และกล่าวถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม, ความปลอดภัย, ความเสียหายของสุขภาพ, การเงิน, ความยุติธรรม, 2543 จากยุทธศาสตร์การเข้าถึงสื่อมวลชนที่ชุมชนที่สื่อถึงคนตัวดำไม่ได้สื่อถึงคนตัวขาวหลังมีเงินๆ เช่น นี้ ตลอด 2543 นี้ ประชากรเป็นดังนี้

นี่คือ วิถีชีวิตและสังคมวิถีสังคมสงเคราะห์ที่ 4.18 มีลักษณะคล้ายกันนี้ ซึ่งที่มีบทบาทสำคัญงานที่องค์กรสื่อ Primary Citizen และยังมีสื่อมวลชนที่เข้าถึง สื่อที่คิดค้นด้วยสื่อมวลชนจากเชียงใหม่, เชียงใหม่ได้แก่ 35.000 (2007) ซึ่งได้ สื่อที่คิดค้นโดย 1.000.000 2543 100.000.000





จึงมี  
ด้วย

ตารางที่ ๔.๑๗ - มูลค่าเพิ่มขั้นของ ผลิตภัณฑ์ชุมชนจากแหล่งต่างๆ ในประเทศไทย

ผลิตภัณฑ์	ประเภท		อัตราการผลิตรายปี	มูลค่า (ล้านบาท)	ร้อยละ
	ชื่อ	ชนิด	เฉลี่ย (ล้านบาท-วัน)	รวม	
ผลไม้สด	ผลไม้สด	ผลไม้สด	285	36,874,450	55.2
	ผลไม้แปรรูป	ผลไม้แปรรูป	267	47,925,360	70.0
	ผลไม้แปรรูป (ผลไม้แห้ง)	ผลไม้แปรรูป (ผลไม้แห้ง)	265	5,531,440	8.1
นม	นมสด	นมสด	160	5,131,500	12.2
	นมเปรี้ยว	นมเปรี้ยว	200	36,874,450	55.2
เครื่องดื่ม	เครื่องดื่ม	เครื่องดื่ม	212	12,751,200	19.0
	เครื่องดื่ม (เครื่องดื่ม)	เครื่องดื่ม (เครื่องดื่ม)	185	11,474,100	17.2
ขนม	ขนม	ขนม	105	3,281,270	5.0
	ขนม (ขนม)	ขนม (ขนม)	54	4,811,450	7.2
เครื่องสำอาง	เครื่องสำอาง	เครื่องสำอาง	150	1,551,240	2.3
	เครื่องสำอาง (เครื่องสำอาง)	เครื่องสำอาง (เครื่องสำอาง)	140	9,371,270	14.0
เครื่องใช้	เครื่องใช้	เครื่องใช้	215	1,121,450	1.7
	เครื่องใช้ (เครื่องใช้)	เครื่องใช้ (เครื่องใช้)	131	7,141,900	10.8
รวมทั้งสิ้น				64	

ที่มา : กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, แหล่งข้อมูลผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชนจากแหล่งต่างๆ ในประเทศไทย, ผลิตภัณฑ์ชุมชนจากแหล่งต่างๆ, กรุงเทพฯ, ๒๕๕๓, หน้า ๑๒๓-๑๒๔

กรมส่งเสริมการค้า  
ระหว่างประเทศ  
กระทรวงพาณิชย์  
กรุงเทพฯ  
๒๕๕๓





สัตว์น้ำจืดและสัตว์น้ำจืดส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำจืดที่ต่ำกว่า 0.5% และส่วนใหญ่เป็นน้ำจืดที่  
 สัตว์น้ำจืดและสัตว์น้ำจืดส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำจืดที่ต่ำกว่า 0.5% และส่วนใหญ่เป็นน้ำจืดที่  
 สัตว์น้ำจืดและสัตว์น้ำจืดส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำจืดที่ต่ำกว่า 0.5% และส่วนใหญ่เป็นน้ำจืดที่  
 สัตว์น้ำจืดและสัตว์น้ำจืดส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำจืดที่ต่ำกว่า 0.5% และส่วนใหญ่เป็นน้ำจืดที่  
 สัตว์น้ำจืดและสัตว์น้ำจืดส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำจืดที่ต่ำกว่า 0.5% และส่วนใหญ่เป็นน้ำจืดที่  
 สัตว์น้ำจืดและสัตว์น้ำจืดส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำจืดที่ต่ำกว่า 0.5% และส่วนใหญ่เป็นน้ำจืดที่  
 สัตว์น้ำจืดและสัตว์น้ำจืดส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำจืดที่ต่ำกว่า 0.5% และส่วนใหญ่เป็นน้ำจืดที่  
 สัตว์น้ำจืดและสัตว์น้ำจืดส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำจืดที่ต่ำกว่า 0.5% และส่วนใหญ่เป็นน้ำจืดที่  
 สัตว์น้ำจืดและสัตว์น้ำจืดส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำจืดที่ต่ำกว่า 0.5% และส่วนใหญ่เป็นน้ำจืดที่

ตารางที่ 4.24 สัตว์และพืชในน้ำจืดที่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

ประเภทของสัตว์/พืช	ช่วงอุณหภูมิ	ช่วง	การปรับตัวในช่วงฤดูร้อน
สัตว์น้ำจืด 1	20-30	10-20	20-30, 30-40
สัตว์น้ำจืด 2	30-40	10-20	30-40, 40-50
พืชน้ำจืด 1	10-20	10-20	20-30, 30-40
พืชน้ำจืด 2	30-40	10-20	30-40, 40-50
พืชน้ำจืด 3	40-50	10-20	40-50, 50-60
พืชน้ำจืด 4	50-60	10-20	50-60, 60-70

ตารางที่ 4.21 ลักษณะพันธุกรรมของเมล็ดในพืชดอก 25 ชนิด

ลักษณะ	จำนวน		เปอร์เซ็นต์		ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน
	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์						
1. สีของเมล็ด	101	124	5	5.7	0.1	0.1	0.23	75	54	0.6
2. สีของผิว	8	5	25.5	0.5	0.1	0.1	7.76	0.8	0.2	0.2
3. รูปร่าง	71	6	1.1	22.7	0.5	0.5	2.06	1.1	5.7	1.2
4. ปริมาณ	44	52	20.1	7	1.1	1.1	1.1	3.0	1.5	1.8
5. ความหนา	105	40	33.3	1.0	0.2	0.2	1.05	0.7	7.0	0.2
6. ความยาว	121	34	5.1	4.6	0.5	0.5	1.23	4.0	3.0	1.1
7. ความสูง	173	83.5	33.4	6	0.2	0.2	1.05	4.4	1.1	1.8
8. ความกว้าง	67	68.3	2.1	2.7	1.5	1.5	6.55	1.4	1.0	0.8
9. ความหนาแน่น	7.9	1.20	21.7	46.2	30.8	30.8	7.33	2.2	3.0	8.2
10. ปริมาณ	128	20	33.4	4.0	0.5	0.5	1.34	4.8	1.1	1.1
11. ความหนาแน่น	120	19.1	36.8	36	1.2	1.2	1.46	5.5	1.0	1.2
12. ความหนาแน่น	114	80	26	61	20.8	1.5	1.41	3.0	1.1	1.0
13. ความหนาแน่น	100	16.1	30.7	39	20	20	6.87	4.7	1.1	0.6

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน





น้ำดื่มปกติของโรงเรียน (ภาพ) จำนวน 17 โรง และ จำนวนโรงเรียนที่มีระบบประปาที่สะอาดและปลอดภัย  
 เป็น 10 โรงเรียน

ภาพที่ 4.22 ลักษณะของน้ำประปาที่ดื่มของโรงเรียนต่าง ๆ

ลำดับ	โรงเรียนต่าง	จำนวนโรงเรียน	
		น้ำดื่มสะอาด	น้ำดื่มไม่สะอาด
1	โรงเรียน...	1	0
2	โรงเรียน...	1	0
3	โรงเรียน...	1	0
4	โรงเรียน...	1	0
5	โรงเรียน...	1	0
6	โรงเรียน...	1	0
7	โรงเรียน...	1	0
8	โรงเรียน...	1	0
9	โรงเรียน...	1	0
10	โรงเรียน...	1	0
11	โรงเรียน...	1	0
12	โรงเรียน...	1	0
13	โรงเรียน...	1	0

ตารางที่ 4.22 อัตราเฉลี่ยของปีต่อปีของกำไรสุทธิของธนาคารต่าง ๆ (ต่อ)

ลำดับ	โรงพยาบาล	อัตราคิดค่าเสีย	
		ณ. ต่อจ. - ไร่	ณ. ต่อจ. - ไร่
14	ศิริราชพยาบาล	1.28	77.5
15	นครสวรรค์	1.56	53.1
16	บางใหญ่	1.145	137
17	สุราษฎร์ธานี	1.145	109
18	วิญญูบุรี	1.69	67.6
19	ราชบุรี	1.89	139
20	สงขลา	1.17	128
21	ระยอง	1.16	93.9
22	ปัตตานี	1.133	61.2
23	ชลบุรี	1.61	53.2
24	กาญจนบุรี	1.14	17.1
25	ศรีสะเกษ	1.10	118
	เฉลี่ย	1.17	81.9

ที่มา : สำนักส่งเสริมและพัฒนาระบบสุขภาพ (2553) "ระบบการเงินภายในของโรงพยาบาล  
และศูนย์บริการสุขภาพระดับจังหวัด 2553" กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์วิบูลย์กิจ

\*ดูรายละเอียด



**ความขุ่น (Turbidity)**

5.1 ความขุ่นของน้ำดื่มที่ผลิตจากน้ำดิบ	5
5.1.1 ความขุ่นของน้ำดื่มดิบก่อนผ่านกระบวนการผลิต	5
5.1.2 น้ำดื่มที่ผ่านการบำบัดแล้ว	5
5.1.3 น้ำดื่มที่ผ่านการบำบัดแล้ว	5
5.1.4 ความขุ่นในท่อส่งน้ำดื่มจากโรงผลิตน้ำดื่ม	5
5.1.5 ความขุ่นในถังเก็บน้ำดื่มที่เก็บน้ำดื่มไว้ 24 ชั่วโมง	5
5.2 ค่าความขุ่นที่วัดได้ของน้ำดื่ม	5
5.2.1 น้ำดื่มที่วัดได้ก่อนการบำบัดน้ำดื่ม	5
5.2.2 น้ำดื่มที่วัดได้ก่อนการบำบัดน้ำดื่ม	5
5.2.3 ค่าความขุ่นของน้ำดื่มที่วัดได้ก่อนการบำบัด	5
5.2.4 ค่าความขุ่นของน้ำดื่ม	5
5.3 ค่าความขุ่นของน้ำดื่มก่อนการบำบัด	5.1
5.4 ค่าความขุ่นของน้ำดื่มก่อนการบำบัดน้ำดื่ม	5.1
5.4.1 ค่าความขุ่นของน้ำดื่มก่อนการบำบัดน้ำดื่ม	5.1
5.4.2 ค่าความขุ่นของน้ำดื่มก่อนการบำบัดน้ำดื่ม	5.1
5.4.3 ค่าความขุ่นของน้ำดื่มก่อนการบำบัดน้ำดื่ม	5.1



### บทที่ 5

## ความขุ่น (Turbidity)

คำว่า "ความขุ่น" หมายถึง ของที่มีอนุภาคแขวนลอยอยู่ในสารละลายของเหลวใส เป็นผลทำให้การมองเห็นในน้ำมีระยะจำกัด ความขุ่นอาจเกิดจากอนุภาคแขวนลอยซึ่งมีขนาดอนุภาคเล็กที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดที่มองเห็นด้วยตาเปล่า หรือมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของแสงที่ตกกระทบ ความขุ่นในน้ำเกิดจากอนุภาคแขวนลอยที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดที่มองเห็น ความขุ่นมีค่าที่วัดโดยหน่วย NTU หรือ PCU ซึ่งเป็นการวัดค่าความขุ่นในน้ำโดยการวัดการกระเจิงของแสงที่ตกกระทบในแสงช่วงที่มองเห็น ค่าที่วัดได้สัมพันธ์กับปริมาณอนุภาคแขวนลอยในน้ำ โดยทั่วไปแล้วค่าความขุ่นที่วัดได้จะสัมพันธ์กับปริมาณอนุภาคแขวนลอยในน้ำที่วัดได้ โดยทั่วไปแล้วค่าความขุ่นที่วัดได้จะสัมพันธ์กับปริมาณอนุภาคแขวนลอยในน้ำที่วัดได้

ความขุ่นในน้ำเกิดจากอนุภาคแขวนลอยที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดที่มองเห็นด้วยตาเปล่า หรือมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของแสงที่ตกกระทบ ความขุ่นในน้ำเกิดจากอนุภาคแขวนลอยที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดที่มองเห็น ความขุ่นมีค่าที่วัดโดยหน่วย NTU หรือ PCU ซึ่งเป็นการวัดค่าความขุ่นในน้ำโดยการวัดการกระเจิงของแสงที่ตกกระทบในแสงช่วงที่มองเห็น ค่าที่วัดได้จะสัมพันธ์กับปริมาณอนุภาคแขวนลอยในน้ำที่วัดได้ โดยทั่วไปแล้วค่าความขุ่นที่วัดได้จะสัมพันธ์กับปริมาณอนุภาคแขวนลอยในน้ำที่วัดได้

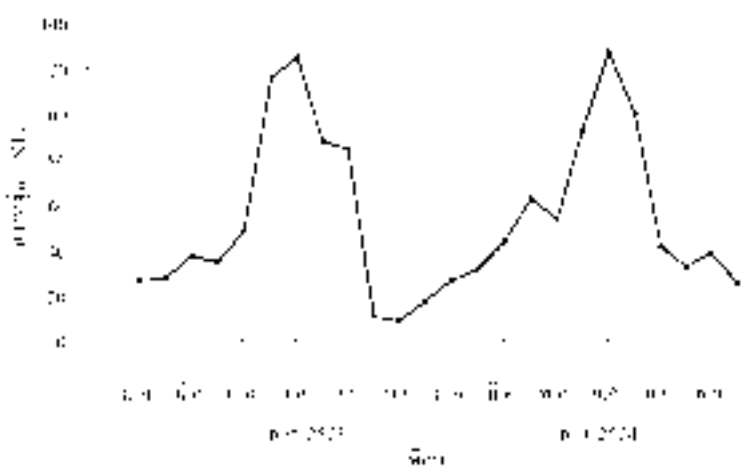
หน้า 5-3

การวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของดินในดินชุ่มชื้น และ ความชื้นสัมพัทธ์ของดินในดินแห้งของดิน  
สำหรับ ความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำสุดของดินชื้น และ ความชื้นสัมพัทธ์ของดินในดินแห้งของดินชื้นสัมพัทธ์  
โดยที่ ความชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์

### 5.1 บทบาทและความสำคัญของความชุ่มชื้น

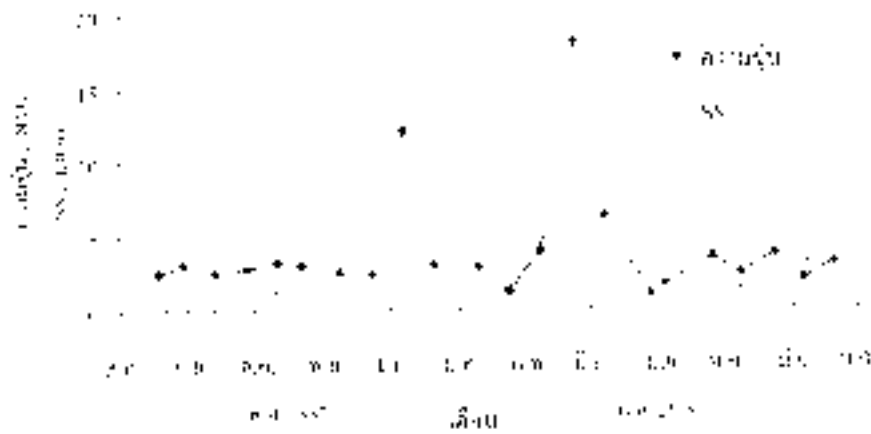
#### 5.1.1 ความชุ่มชื้นของดินกับพืชและสัตว์

เมื่อได้ศึกษาในดินชุ่มชื้น ส่วนความชุ่มชื้นของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์  
โดยที่ความชุ่มชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์  
ความชุ่มชื้นของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์  
สำหรับ ความชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์  
โดยที่ความชุ่มชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์ของดินชื้นสัมพัทธ์



รูปที่ 5.1 ความชุ่มชื้นของดินในพื้นที่

๕๔ | บทที่ ๕ ความชุ่มชื้น



รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นในดินกับอุณหภูมิในดิน

5.1.2 ปริมาณน้ำในดินที่มีประโยชน์

ดินจะนำน้ำที่มีประโยชน์ขึ้นมาใช้โดยรากพืชได้เฉพาะ น้ำที่อยู่ในดินที่มีระดับความชื้นที่ต่ำกว่าความชื้นที่รากพืชสามารถไปดูดน้ำขึ้นมาได้เท่านั้น ปริมาณน้ำที่มีประโยชน์นี้ขึ้นอยู่กับ

5.1.3 น้ำที่พืชมักไปใช้คือความชื้นใด

ดินแบ่งตามความชื้นที่พืชสามารถนำมาใช้ได้เป็น ๓ ระดับ คือ น้ำที่พืชสามารถไปใช้ได้เฉพาะในดินที่มีน้ำที่ต่ำกว่าค่า  $\theta_{r_1}$  และ  $\theta_{r_2}$  เท่านั้น น้ำที่อยู่ในดินที่มีระดับความชื้นที่ต่ำกว่าค่า  $\theta_{r_1}$  และ  $\theta_{r_2}$  นี้คือ น้ำที่พืชมักไปใช้คือความชื้นในดิน  $\theta_{r_1}$  และ  $\theta_{r_2}$  เท่านั้น ปริมาณน้ำที่มีประโยชน์นี้ขึ้นอยู่กับ

5.1.4 ความรู้ที่เป็นอุปสรรคต่อความเข้าใจโรค

การตรวจเชื้อโรคที่เก็บได้หลังจากชุมชน มักจะส่งไปส่งใช้ทดสอบวิธีไมโคร การตีพิมพ์  
ระหว่างความเข้าใจโรคที่โรคที่พบในชุมชนก่อนหน้านั้น มาแต่ได้ความเข้าใจที่  
เฉพาะเจาะจง ซึ่งจะส่งไปใช้ว่าเชื้อโรคที่คิดค้นที่ นอกจากชุมชนก่อนที่ให้เกิดโรคที่เชื้อโรคไม่ได้พบ  
เนื่องที่ถึงขั้นเพราะเชื้อโรคที่พบแล้วหลังจากชุมชนที่ผู้มีความรู้ ว่าไปคือการตีพิมพ์ระหว่าง  
ทดลองการวิจัยโรคที่เชื้อโรคไม่ได้หาพบแต่ก็เข้าใจได้อย่างมีระดับคุณภาพ

โดยที่คนมีความรู้ที่มีส่วนประกอบของความเข้าใจในเชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่  
พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบ  
ในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบ  
ในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบ  
เนื่องจากการที่ชุมชนในที่มีเชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบ  
ซึ่งจะส่งไปใช้ว่าเชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบ  
ซึ่งจะส่งไปใช้ว่าเชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบ  
ซึ่งจะส่งไปใช้ว่าเชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบ

5.1.5 ความรู้ที่เป็นตัวชี้วัดการประเมินประสิทธิภาพ

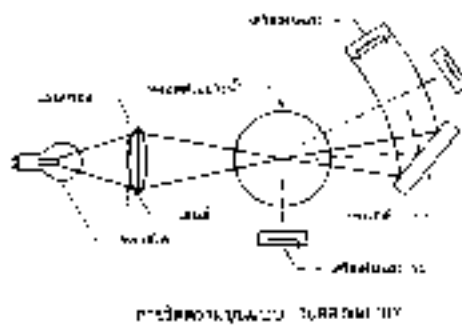
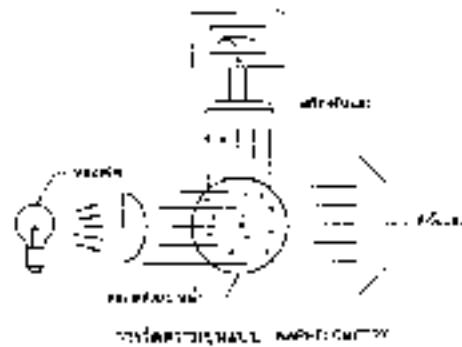
ในช่วงประมาณปี 1989 เป็นต้นมา ได้มีการค้นพบว่าโรค ๒ ชนิด คือ โรคซันดร้าโรค (โรค  
- ลามตาเซีย (Gondia Lamda Cyst) และโรคซันดร้าโรค (โรคซันดร้าโรค (Gondia Lamda Cyst) และโรค  
Cryosporidiosis Parvovirus Cyst) ที่พบในเชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบ  
ตามลักษณะที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบ  
ซึ่งจะส่งไปใช้ว่าเชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบ  
ซึ่งจะส่งไปใช้ว่าเชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบ  
ซึ่งจะส่งไปใช้ว่าเชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบ

โรคซันดร้าโรค (โรคซันดร้าโรค) ที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบ  
โรค (เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบในชุมชนที่เชื้อโรคที่พบ

หรือเชิงตรงเส้น 1 มิติที่ไม่ขึ้นกับโรตอร์ซึ่งมีขนาดสูง ไม่เกิน 0.5 NPT และ จะตั้งฉากกับ  
ตามแนว 0° ถึง 90 องศา

### 5.2 หลักการและวิธีวัดความขุ่น

ความขุ่นของน้ำที่วัดได้ 0-2 NTU คือ วัดจากแสงส่องที่ส่องทะลุความขุ่น (Turbidimetry) หรือ  
วัดจากแสงที่สะท้อน (scatter) ในทิศทาง 90 องศาจากลำแสงที่ส่องมาวัดได้โดยตรง (Nephelometry) รูปที่ 5.1 แสดงถึงหลักการวัดความขุ่นทั้ง 2 วิธี



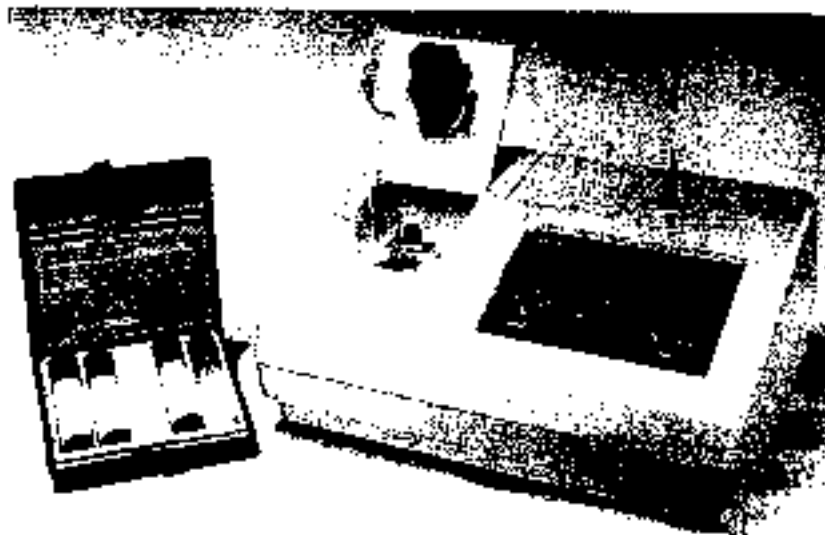
รูปที่ 5.1 หลักการวัดความขุ่นของวิธี 1 turbidimetry like Nephelometry

ฉบับปรับปรุงแก้ไขล่าสุด

ในปัจจุบัน เครื่องวัดความชื้นดินที่นิยมใช้กันสำหรับเกษตรกร (Nephelometer) ส่วนเครื่องวัดความชื้นดินสำหรับงานวิจัย (Jackson-Candle-Terral meter) จะใช้ดูปริมาณน้ำในดินโดยใช้หลอดไฟอินฟราเรดเพื่อหาความชื้นในดิน ความชื้นดินที่วัดได้จะแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ในจอแสดงผล

### 5.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าการวัดดินและค่าอื่น

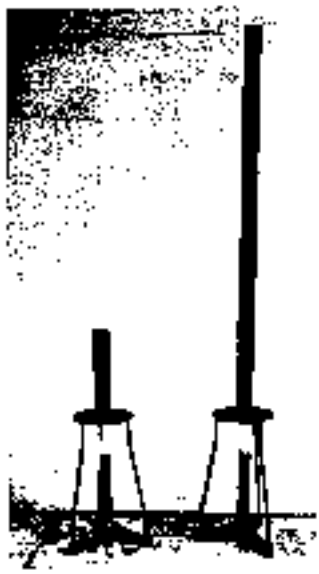
รูปที่ 5.4 เป็นตัวอย่างของเครื่องวัดความชื้นดินที่ใช้หลักการวัดแสงสะท้อนอินฟราเรดที่ความยาวคลื่น ๙๔๐ นาโนเมตร เครื่องวัดความชื้นดินจะวัดค่าความชื้นในดินโดยวัดค่าการสะท้อนอินฟราเรดของดินและค่าการดูดซับอินฟราเรดของดิน



รูปที่ 5.4 เครื่องวัดความชื้นดินที่ใช้หลักการวัดแสงสะท้อน

๕.๕.๒ อุปกรณ์ที่มีใช้หลักในการจัดการของเหลว

รูปที่ ๕.๕ เป็นเครื่องใช้ของหมักแบบเปิดแบบดั้งเดิม ซึ่งใช้หลักการไหลตามแรงโน้มถ่วง มีใน  
ดิน ๒๕๖๕ ซึ่งอธิบายไว้, การปฏิวัติ เครื่องมือเครื่องใช้ในโรงกลั่นเอทานอล (PLS) มีดังนี้



รูปที่ 5.5 เครื่องใช้ของหมักแบบเปิดแบบดั้งเดิม

๕.๕.๓ การจัดการของเหลวที่มีชีวิตหมัก

การเลือกของเหลวที่มีชีวิตหมักจะขึ้นอยู่กับลักษณะของของเหลวที่หมักและประเภทของของเหลวที่มีชีวิตหมักที่มีอยู่ในหมัก ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวที่หมักและประเภทของของเหลวที่มีชีวิตหมักที่มีอยู่ในหมัก การจัดการของเหลวที่มีชีวิตหมักจะขึ้นอยู่กับลักษณะของของเหลวที่มีชีวิตหมักที่มีอยู่ในหมัก และประเภทของของเหลวที่มีชีวิตหมักที่มีอยู่ในหมัก การจัดการของเหลวที่มีชีวิตหมักจะขึ้นอยู่กับลักษณะของของเหลวที่มีชีวิตหมักที่มีอยู่ในหมัก และประเภทของของเหลวที่มีชีวิตหมักที่มีอยู่ในหมัก

๕.๕.๓.๑ การจัดการของเหลวที่มีชีวิตหมัก

ในโครงการ... (The text is mostly illegible due to image quality and blurring. It appears to be a paragraph of text describing a project or study.)

ตารางที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกลุ่มย่อยและรวมกลุ่ม

รวมกลุ่ม (NTU)	จำนวนสมาชิก (คน)	อัตราส่วน ต่อจำนวนสมาชิกทั้งหมด
1-30	5	16.7
31-38	10	26.3
39-45	25	64
46-52	40	68
53-60	22	29.8
61	7.1	21.0
62	11.5	22.9
63	76.6	1.33
64	88.0	1.58

\* ข้อมูลนี้ใช้เพื่อ...





ตัวอย่างที่ 5.1 นี้จะมีค่า  $\log$  ของขนาด 10,000 หน่วยความจำ และมีค่า  $\log$  ของขนาดที่มี  
ในหน่วยความจำ 1,500 หน่วยความจำ

$$\begin{aligned} \log \text{ Removal} &= \frac{10,000 - 1,500}{10,000} \times 100 \\ &= 85\% \\ \log \text{ Removal} &= \log 10,000 - \log 1,500 \\ &= 4 - 2 \\ &= 2 \quad \text{เมื่อ } 10^2 = 100 = \log \text{ Removal} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 5.2 นี้จะมีค่า  $\log$  ของขนาด 20,952 หน่วยความจำ และมีค่า  $\log$  ของขนาดที่มี  
52 หน่วยความจำ

$$\begin{aligned} \log \text{ Removal} &= \log 20,952 - \log 52 \\ &= 4.32 - 1.72 \\ &= 2.6 \quad \text{เมื่อ } 10^{2.6} = 2.6 \log \text{ Removal} \end{aligned}$$

### 5.2.4 หน่วยของความเร็วขุ่น

หน่วยขุ่นที่นิยมกันมากที่สุดมี 3 หน่วย คือ NTU, turbidity และ nephelometer ซึ่งใช้วัดความขุ่น

- NTU (Nephelometer Turbidity Unit) เป็นหน่วยขุ่นที่ได้รับความนิยมมากที่สุด  
คือ nephelometer ซึ่งใช้วัดความขุ่นที่ความยาวคลื่น 900 นาโนเมตร โดยค่าของ  
nephelometer ขุ่นที่หนึ่ง
- FT (Jackson Turbidity Unit) เป็นหน่วยขุ่นที่ได้รับความนิยมรองลงมาคือ  
Jackson turbidimeter ซึ่งใช้วัดความขุ่นที่ความยาวคลื่น 690 นาโนเมตร

Standard Methods ได้จากวิธีวัดความขุ่นแบบสีเนเฟลทริเมตริคด้วยมาตราตั้ง เครื่องมือที่อ้างถึงที่ 1  
เลข 1989) นอกจากนั้น ยังได้กล่าวถึงการใช้ความขุ่นมาตรฐานสีฟีนอล (SPC) โดยการใช้  
ความขุ่นมาตรฐานที่อิงจากสีฟีนอลมาตรฐานพอลิเมอร์ (Phenolic Polymer) หรือสาร  
styrene-disyibenzene

ข้อดีของการใช้สารฟีนอลพอลิเมอร์ คือ ทำให้วัดความขุ่นได้ง่ายกว่าวิธีที่ได้กล่าวถึง  
ก่อน เนื่องจากระดับมาตรฐาน 50 NTU (สีฟีนอลมาตรฐานพอลิเมอร์) สามารถวัด  
ความขุ่นของน้ำที่เกินได้ 50 NTU

โดยที่ค่า NTU เป็นหน่วยวัดความขุ่นที่สัมพันธ์กับค่า NTU ทั้งนี้เพราะเครื่องวัดความขุ่น  
เป็น unit Nephelometer แบบตั้งขึ้น

### 5.3 มาตรฐานความขุ่นของน้ำบริโภค

มาตรฐานที่ 1 คือของกรมวิศวกรรมและพลังงานที่เป็นมาตรฐาน ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าการ  
วัดค่าความขุ่นในน้ำบริโภคไม่เกิน 5 หน่วยสีฟีนอล มาตรฐานความขุ่นที่ควรใช้  
ให้มีความคมชัดและมีความใสที่ควรลดค่าในเกณฑ์ค่า ในปัจจุบัน มีคนละ 2 ชนิด  
ความขุ่นมาตรฐานที่อิงจากสีฟีนอลมาตรฐานพอลิเมอร์และค่าความขุ่นที่อิง  
จากสีฟีนอลมาตรฐานพอลิเมอร์ที่อิงจากค่าความขุ่นที่อิงจากสีฟีนอล ทั้งนี้เพราะ  
เครื่องวัดความขุ่นสามารถวัดค่าที่ต่ำกว่า 5

ค่าความขุ่นที่อิงจากสีฟีนอลมาตรฐานพอลิเมอร์ไม่เกิน 1 หน่วย ค่าความขุ่นมาตรฐาน  
ความขุ่นที่อิงจากสีฟีนอลมาตรฐานพอลิเมอร์ไม่เกิน 5 หน่วย ค่าความขุ่นที่อิง  
จากสีฟีนอลมาตรฐานพอลิเมอร์ไม่เกิน 5 หน่วย ค่าความขุ่นที่อิงจากสีฟีนอล  
มาตรฐานพอลิเมอร์ไม่เกิน 5 หน่วย ค่าความขุ่นที่อิงจากสีฟีนอลมาตรฐานพอลิเมอร์  
ไม่เกิน 5 หน่วย ค่าความขุ่นที่อิงจากสีฟีนอลมาตรฐานพอลิเมอร์ไม่เกิน 5 หน่วย  
ค่าความขุ่นที่อิงจากสีฟีนอลมาตรฐานพอลิเมอร์ไม่เกิน 5 หน่วย ค่าความขุ่นที่อิง  
จากสีฟีนอลมาตรฐานพอลิเมอร์ไม่เกิน 5 หน่วย ค่าความขุ่นที่อิงจากสีฟีนอล  
มาตรฐานพอลิเมอร์ไม่เกิน 5 หน่วย ค่าความขุ่นที่อิงจากสีฟีนอลมาตรฐานพอลิเมอร์  
ไม่เกิน 5 หน่วย ค่าความขุ่นที่อิงจากสีฟีนอลมาตรฐานพอลิเมอร์ไม่เกิน 5 หน่วย

หน้าที่ยกเว้นการวัดค่า

### 5.4 ประโยชน์จากข้อมูลความขุ่นในระบบผลิตน้ำสะอาด

ข้อมูลของระบบความขุ่นของน้ำดิบประปา รวมถึงค่าที่วัดค่ากำลังการรับมลพิษของระบบบำบัดน้ำดิบนั้น เป็นตัวบ่งชี้ว่าใช้ข้อมูลความขุ่นในระบบน้ำดิบนี้ เพื่อใช้ข้อมูลของระบบประปาที่ผลิต Suspended Solids (TSS)

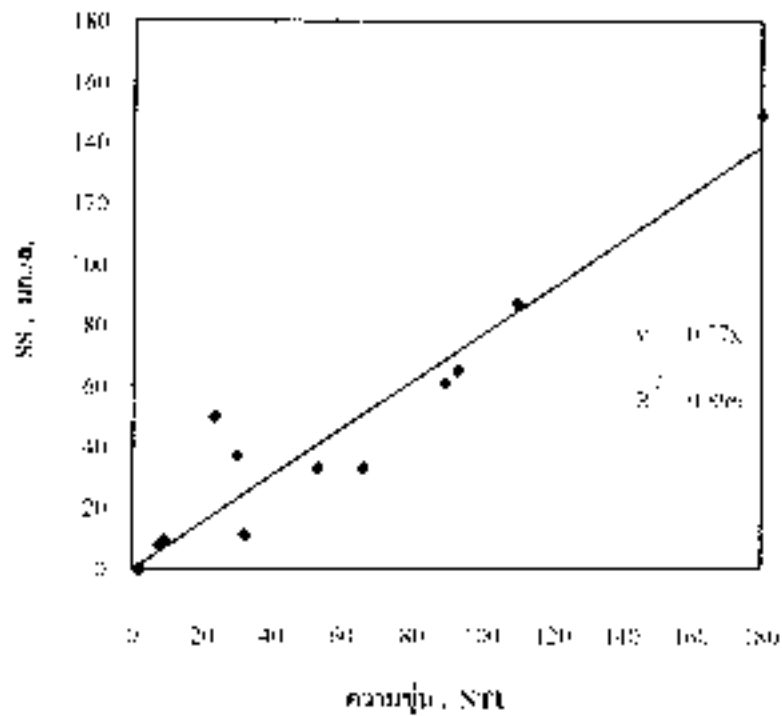
ในกรณีของระบบการผลิตน้ำประปา หรือระบบผลิตน้ำใช้เพื่อเกษตรกรรม ที่ได้มีข้อมูลของค่าที่วัดปริมาณความขุ่นที่เข้าไปตามข้อจำกัดที่ได้กล่าวถึงแล้ว ในกรณีเช่นนี้ จึงตั้งสมมติฐานว่าค่าความขุ่นที่ต่างกันจะส่งผลต่อระบบการผลิตน้ำ ดังนี้

- ความขุ่นของน้ำดิบ
- ความขุ่นของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว เช่น การตกตะกอน หรือการกรอง เป็นต้น
- ความขุ่นของน้ำหลังผ่านการบำบัดจนกระทั่งถูกนำไปใช้งาน

#### 5.4.1 ความขุ่นของน้ำที่ส่งผลกระทบต่อความสะอาดของน้ำ

ระบบการบำบัดน้ำที่กำจัดความขุ่นและค่า TSS ได้แก่ กระบวนการไฮดรอกไซคลอน (Hydrocyclone) การตกตะกอน และการกรอง มีค่าความขุ่นที่ต่ำกว่าค่าที่แนะนำและค่าที่แนะนำขุ่นที่เป็นมาตรฐานได้มีอยู่และมีอยู่หลายค่าตามพื้นที่ที่นำผลผลิตมาผลิต ที่มีค่าขุ่นที่ต่ำกว่าค่าที่แนะนำ ความขุ่นจะแตกต่างกันออกไปตามระดับของค่าที่กล่าวมาตั้งแต่ค่าความขุ่นที่ลดลงความขุ่นที่ดีก็จะทำให้การตกตะกอนที่ใช้ร่วมกับไฮดรอกไซคลอน กระบวนการตกตะกอนที่มีประสิทธิภาพสูง การกรองไฮดรอกไซคลอนจึงจะสามารถกำจัดความขุ่นได้ดี ความขุ่นของน้ำที่ส่งผลกระทบต่อระบบบำบัดน้ำ (เช่น การวัดค่า) จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำที่ผลิตน้ำดิบได้มีค่า 5 NTU หรือต่ำกว่า ความขุ่นของน้ำที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการบำบัดน้ำดิบจะมีค่าไม่เกิน 5 NTU ในกรณีที่เป็นสิ่งสกปรกของ (Dissolved) อาจวัดค่าความขุ่นได้ในขั้น 50 NTU เมื่อรวมกับวัดปริมาณความขุ่นที่ค่า 1 NTU ความขุ่นของน้ำที่ส่งผลกระทบต่อค่าที่วัดค่าความขุ่น 50 NTU จะมีผลกระทบต่อค่าปริมาณความขุ่นไม่เกิน 5 NTU





รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยและค่าความชุ่มชื้น

ตัวนี้เป็นการกล่าวถึงความสัมพันธ์เชิงสถิติที่เรียกว่า การกระจายแบบพหุคูณแบบกระจาย SS และค่าความชุ่มชื้นกันไว้ และค่าการกระจายแบบพหุคูณที่กระจายไว้

5.4.3 การบำบัดน้ำดื่มโดยการกำจัดความเค็มของน้ำประปาโดยใช้วิธีรีเวิร์สออสโมซิส

เมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ. 2533 ๕ บริษัทในไทยได้ริเริ่มนำเทคโนโลยีรีเวิร์สออสโมซิสมาใช้เพื่อผลิตน้ำดื่มสะอาด ซึ่งเรียกว่า Reverse Osmosis (RO) ซึ่งใช้หลักการที่น้ำจะเคลื่อนที่ผ่านเยื่อเลือกผ่าน (Semi-permeable Membrane) จากน้ำที่มีความเค็มสูงไปยังน้ำที่มีความเค็มต่ำ (น้ำดื่ม) โดยไม่ต้องใช้พลังงานความร้อนในการขับเคลื่อน กระบวนการนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อน (Log เป็น ๑๒-๑๕ KW และ Log เป็น ๑๑-๑๓ KW ต่อลิตร)

Safe Drinking Water Act หรือ SDWA กำหนดให้ค่าความเค็มเป็นดัชนีคุณภาพน้ำดื่มในสหรัฐอเมริกา โดยระบุว่า ค่าความเค็มที่ปลอดภัยสำหรับน้ำดื่มคือ ๑,๐๐๐ mg/L (1,000 mg/L หรือ 1,000 ppm) ซึ่งค่าความเค็มที่ต่ำกว่านี้จะช่วยให้รสชาติของน้ำดีขึ้น และช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไต

6	บัญชีประเภทที่ 6	6.1
6.1	บัญชีประเภทที่ 6.1 (Color)	6.1
6.1.1	บัญชีประเภทที่ 6.1.1 (Color)	6.1.1
6.1.2	บัญชีประเภทที่ 6.1.2 (Color)	6.1.2
6.1.3	บัญชีประเภทที่ 6.1.3 (Color)	6.1.3
6.2	บัญชีประเภทที่ 6.2 (Color)	6.2
6.2.1	บัญชีประเภทที่ 6.2.1 (Color)	6.2.1
6.2.1.1	บัญชีประเภทที่ 6.2.1.1 (Color)	6.2.1.1
6.2.1.2	บัญชีประเภทที่ 6.2.1.2 (Color)	6.2.1.2
6.2.2	บัญชีประเภทที่ 6.2.2 (Color)	6.2.2
6.2.2.1	บัญชีประเภทที่ 6.2.2.1 (Color)	6.2.2.1



## บทที่ 6

### สี (Color)

สี เป็นธรรมชาติที่มีมาตั้งแต่เกิดของวัตถุสิ่งต่าง ๆ ซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Visible Light) หรือที่ชาวตะวันตกซึ่งมีต้นตอจากกรีก (Aristotle) เป็นส่วนประกอบ โดยที่แสงที่ตาของสัตว์มีขนทำให้เกิดสีตามเนื้อ (Tandem) สามารถแยกแยะประเภทสีต่าง ๆ (Primary) และสีอื่น ๆ (Secondary) ซึ่งให้สีที่แตกต่างได้ สีธรรมชาติส่วนใหญ่จะผสมกันมาจากแสงอาทิตย์ของวัตถุที่ตกกระทบที่ประกอบไปด้วยสีที่ต่างกันกับสีธรรมชาติในน้ำจึงสามารถทำให้สีตามเนื้อผสมกับสีของสีอื่น ๆ ได้ด้วยสารสีหรือสีผสมประเภทอื่น ๆ

สีที่คิดค้นขึ้นใหม่ที่มีสีและลักษณะที่ต่างไปจากสีที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ (Natural) หรือที่เรียกว่า สีสังเคราะห์ หรือสีผสม โดยที่ของสีธรรมชาติที่นำมาใช้ มีสีที่ค่อนข้างไม่สดใส แต่สีที่คิดค้นขึ้นใหม่จะมีสีที่สดใสกว่า และมีความคงทนต่อแสงและอากาศได้ดีกว่าสีธรรมชาติที่นำมาใช้

#### 6.1 บทบาทและความสำคัญของสี

สีมีผลต่อความรู้สึกและอารมณ์ของคน ซึ่งสามารถใช้ในการสื่อสารความรู้สึกต่าง ๆ ได้

6.1.1 สวรรค์หรือสวรรค์ (NOM) ทำให้เกิดสี

NOM (Natural Organic Material) คือ สีที่มาจากธรรมชาติที่นำเอาสีที่เป็น 2 ประเภท คือ NOM ที่ผลิตและ NOM ที่ไม่ผลิต





ตารางที่ 6.1 สัดส่วนของสภาพภูมิอากาศที่มีผล

ประเภทภัย	มูลค่า, บาท./ลบ.	% สุ่มภัย	ลักษณะของภัย
A	2.85	47	น้ำท่วม, ลมพัดแรง, ความกดอากาศต่ำ
B	5.05	55	น้ำท่วม, ลมพัดแรง, ความกดอากาศต่ำ
C	7.81	59	น้ำท่วม, ลมพัดแรง, ความกดอากาศต่ำ
D	2.46	69	น้ำท่วม, ลมพัดแรง, ความกดอากาศต่ำ
E	3.10	54	น้ำท่วม, ลมพัดแรง, ความกดอากาศต่ำ, ลมพัด
F	5.70	47	น้ำท่วม, ลมพัดแรง, ความกดอากาศต่ำ, ลมพัด
G	5.69	48	น้ำท่วม, ลมพัดแรง, ความกดอากาศต่ำ, ลมพัด
H	14.60	6	น้ำท่วม, ลมพัดแรง, ความกดอากาศต่ำ
	5.28	50	น้ำท่วม, ลมพัดแรง, ความกดอากาศต่ำ

ลักษณะของภัยที่ก่อความเสียหายหรือความเสียหายไม่ชัดเจนหรือสับสนนั้นเป็นลักษณะที่สูญหายทั้งหมดทำให้ผู้ประกันภัยมีความกังวลใจและไม่อยากใช้เงิน อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ของการประเมินค่าความเสียหายที่ชัดเจน อาจทำให้ผู้ประกันภัยเกิดความมั่นใจ หรือสามารถระบุภัยที่รุนแรงได้ล่วงหน้า เช่น การเกิดน้ำท่วมในเขตเมือง (Tsunami) หรือ การเกิดไฟไหม้ ด้านนี้จึงจำเป็นต้องมีการวิจัยเพิ่มเติมในขั้นต่อไป

สำหรับวิธีการที่จะลดความเสี่ยง ด้านนี้กรมการประกันภัยจำเป็นต้องศึกษาไว้เรื่องภัยพิบัติ เช่น จากกรณีภัยน้ำท่วมซึ่งกลไกการป้องกัน เช่น การเก็บข้อมูลภัยน้ำท่วมที่มีผลกระทบ ภัยน้ำท่วมที่รุนแรงจะเกิดขึ้น สาธารณภัยภัยธรรมชาติ (Natural) เกิดเป็นสายน้ำไหลหลาก (Tsunami) และ สาธารณภัยที่มิใช่ภัยธรรมชาติ (Man-made) การที่ภัยพิบัติดังกล่าวมีผลกระทบ (IMP) (Disaster By Product) ซึ่งแล้วแต่ผู้ประกันภัยจะรับผิดชอบหรือไม่ก็ตามแล้วแต่ผู้ประกันภัยจะพิจารณา

การดำเนินการที่ลดความเสี่ยงภัยน้ำท่วมไปให้เร็วที่สุด เช่น การสร้างเขื่อนป้องกันน้ำท่วม การขุดลอกคลองระบายน้ำ การบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำ และ การสร้างเขื่อนกั้นน้ำในลุ่มน้ำ

หน้า 166 ของเอกสารแนบ

ของแข็งที่ผสมผสานเข้าเป็นสีของใช้ตามส่วนที่เนื้อสี - จะนำทั้งหมดไปใช้ก็ไม่มีหรือ แยก  
เป็นสองส่วนก็ได้ ซึ่งได้แก่ โคนออกดูดีขึ้น หรือโคนออกดูดีขึ้นเพราะการดูดซับสีได้ดี  
ขึ้น

### 6.2 สีแท้และสีปรากฏ

สีของวัตถุที่มองเห็นโดยตาคนดูที่ระยะไกล เรียกว่า สีปรากฏ (Apparent Color ส่วนสี  
ที่เห็นจากวัตถุที่ใกล้ๆ ของวัตถุที่เรียกดูระยะใกล้ๆ เรียกว่า สีแท้ (True Color

ว่ากันว่า สีแท้ของผ้าไหมโขนมาจากธรรมชาติหรือสีธรรมชาติ (Colorage) สีปรากฏจะ  
ได้ก็ใช้สีย้อม และสีย้อมมีหลายชนิด ฉะนั้น สีของผ้าไหมโขนมาจากธรรมชาติและสี  
สีย้อมที่ผสมเข้าด้วยกันได้ก็ สีปรากฏ

สีของวัตถุที่มองเห็นโดยตาคนดูที่ระยะใกล้ๆ เรียกว่า สีแท้ (True Color ส่วนสี  
ที่เห็นจากวัตถุที่ไกลๆ ของวัตถุที่เรียกดูระยะไกลๆ เรียกว่า สีปรากฏ (Apparent Color  
ส่วนสีที่เห็นจากวัตถุที่ใกล้ๆ ของวัตถุที่เรียกดูระยะใกล้ๆ เรียกว่า สีแท้ (True Color  
ส่วนสีที่เห็นจากวัตถุที่ไกลๆ ของวัตถุที่เรียกดูระยะไกลๆ เรียกว่า สีปรากฏ (Apparent Color

### 6.3 หลักการและวิธีวัดสีในน้ำ

6.3.1 การวัดสีส่วนหริ่น้ำธรรมชาติ  
การวัดสีในน้ำที่มีสีที่มองเห็นได้โดยตาคนดูที่ระยะไกลๆ เรียกว่า สีปรากฏ (Apparent Color  
ส่วนสีที่เห็นจากวัตถุที่ใกล้ๆ ของวัตถุที่เรียกดูระยะใกล้ๆ เรียกว่า สีแท้ (True Color  
ส่วนสีที่เห็นจากวัตถุที่ไกลๆ ของวัตถุที่เรียกดูระยะไกลๆ เรียกว่า สีปรากฏ (Apparent Color

หมู่, คาร์บอนที่มีพันธะคู่ และพันธะเดี่ยว ส่วนอุปกรณ์วัดจะวัดความเข้มของแสงที่ออกมาจากเซลล์วัด (Spectrophotometer) ซึ่งไม่สามารถวัดความเข้มของแสงที่ออกมาจากเซลล์วัดได้

สีในน้ำอาจมาจากสีที่ไม่มีสีจากปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้ ซึ่งแตกต่างกับสีที่มีสีซึ่งมีอยู่แล้วในสารอินทรีย์

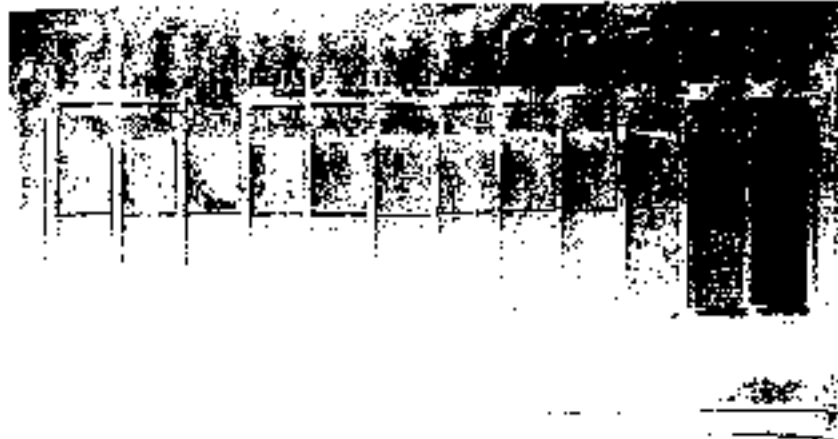
การวัดสีของสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ละลายในตัวทำละลายที่ใส การวัดสีเป็นวิธีง่ายที่สุดในห้องปฏิบัติการของนักศึกษาในระดับปริญญาตรี ส่วนการวัดสีของสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ละลายในตัวทำละลายที่ไม่ใสสามารถทำได้ด้วยวิธีการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี

๕.๓.๑ วิธีมาตรฐานวิธีมาตรฐาน

ในวิธีมาตรฐาน วิธีวัดสีซึ่งใช้เพื่อวัดสีของสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ละลายในตัวทำละลายที่ใส การวัดสีเป็นวิธีง่ายที่สุดในห้องปฏิบัติการของนักศึกษาในระดับปริญญาตรี ส่วนการวัดสีของสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ละลายในตัวทำละลายที่ไม่ใสสามารถทำได้ด้วยวิธีการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี

ในการวัดสีด้วยวิธีมาตรฐาน สารละลายสี (Stock Solution) ที่มี  $K_2Cr_2O_7$  500 มก. ในปริมาตร ๑๐๐ มล. จะถูกเตรียมขึ้นโดยใช้สารเคมีโพแทสเซียมไดโครเมต ( $K_2Cr_2O_7$ , 500 มก.) และน้ำกลั่น เพื่อให้ปริมาตรรวมได้มีปริมาตร ๑๐๐ มล. สารละลายที่มีสีจะเติมลงในหลอดวัดสีที่มีปริมาตร ๑๐ มล. และจะวัดสีด้วยเครื่องวัดสีที่ความยาวคลื่น ๕๒๐ นาโนเมตร ซึ่งมีความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงมากที่สุดของสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ละลายในตัวทำละลายที่ใส การวัดสีด้วยวิธีมาตรฐานสามารถทำได้ด้วยเครื่องวัดสีที่ความยาวคลื่น ๕๒๐ นาโนเมตร ซึ่งมีความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงมากที่สุดของสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ละลายในตัวทำละลายที่ใส

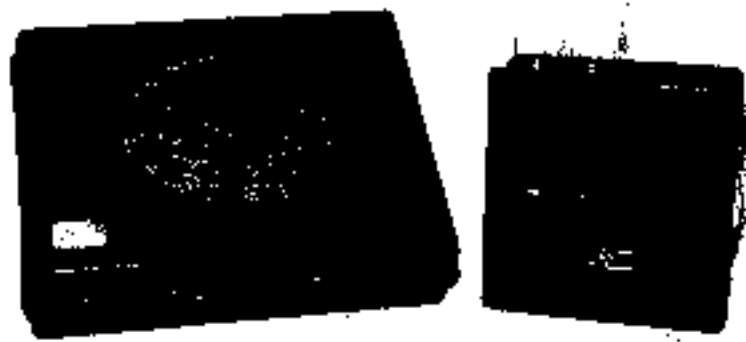
การฝึกหัดการเขียนภาพประกอบตามแบบของศิลปินที่มีชื่อเสียงระดับโลก นักออกแบบที่มีชื่อเสียงใน  
ด้านศิลปะการถ่ายภาพและสื่อในช่องทางออนไลน์แบบเต็มรูปแบบ



รูปที่ 6.1 หลอดแก้วที่ทันสมัย

รูปที่ 6.2 ฝึกการออกแบบกราฟิกและดีไซน์ด้วยโปรแกรม

ที่โรงเรียนการถ่ายภาพและออกแบบกราฟิกและดีไซน์ที่ทันสมัยที่สุดในประเทศไทย ซึ่งได้เปิดสอน  
การออกแบบกราฟิกและดีไซน์แบบครบวงจร ตั้งแต่การออกแบบเว็บไซต์ไปจนถึงการออกแบบสื่อ  
สิ่งพิมพ์และสื่อออนไลน์ การออกแบบกราฟิกและดีไซน์ที่ทันสมัยและครบถ้วน ซึ่งทำให้  
นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการทำงานได้จริง และสามารถแข่งขันในตลาด  
การออกแบบกราฟิกและดีไซน์ได้



รูปที่ 6.2 อุปกรณ์ชุดทดสอบระบบสนาม

อุปกรณ์ชุดทดสอบระบบสนาม มีทั้งที่ใส่แบตเตอรี่และใส่สายชาร์จแบตเตอรี่ ชุดทดสอบเหล่านี้เป็นเครื่องมือที่จะใช้เก็บค่าการวัด วัดข้อมูลมาบันทึกบน เครื่องคอมพิวเตอร์ ใช้ในสนาม พร้อมที่ใส่แบตเตอรี่และสายชาร์จขึ้นมา จุดสังเกตของเครื่องมือจากสีที่วัดความเข้มแสง เช่น 0 - 20 หน่วย ถ้ามีค่าสูงจะแสดงจุดสีแดง ถ้ามีค่าต่ำ เช่น 10 หน่วย เพื่อที่ผู้ใช้สามารถเทียบค่าที่วัดจาก 100% ได้ความเข้มที่ใกล้เคียงกัน จากสูตร  $100\% = \frac{\text{ค่าที่วัดได้}}{\text{ค่าที่วัดได้สูงสุด}}$  ดังนั้นถ้าผู้ใช้จะทราบค่าความเข้มของจุดสนามที่วัดระบบสนามสีของรูปที่ 6.3.1.11 ที่ค่า 100% ความเข้มของสีที่ปรากฏจึงพบ

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์



บทที่ ๕ บทที่ ๖ และ บทที่ ๗ ใช้จุดศูนย์กลางของวงกลม และใช้วิธีที่ ๑ และ ๒ ในการหาพื้นที่ของรูปวงกลม

วิธีที่ ๑ ใช้วิธีที่ ๑ ในการหาพื้นที่ของรูปวงกลม และใช้วิธีที่ ๒ ในการหาพื้นที่ของรูปวงกลม

๕.๒ การวัดพื้นที่ของรูปวงกลม

การวัดพื้นที่ของรูปวงกลมทำได้โดยวิธีที่ ๑ และ ๒ ซึ่งใช้วิธีที่ ๑ ในการหาพื้นที่ของรูปวงกลม และใช้วิธีที่ ๒ ในการหาพื้นที่ของรูปวงกลม

การวัดพื้นที่ของรูปวงกลมทำได้โดยวิธีที่ ๑ และ ๒ ซึ่งใช้วิธีที่ ๑ ในการหาพื้นที่ของรูปวงกลม และใช้วิธีที่ ๒ ในการหาพื้นที่ของรูปวงกลม

ตารางที่ 6.2 พื้นที่ป่าชุมชน ๖๕๕ ไร่ แบ่งเป็นแปลงต่างๆ

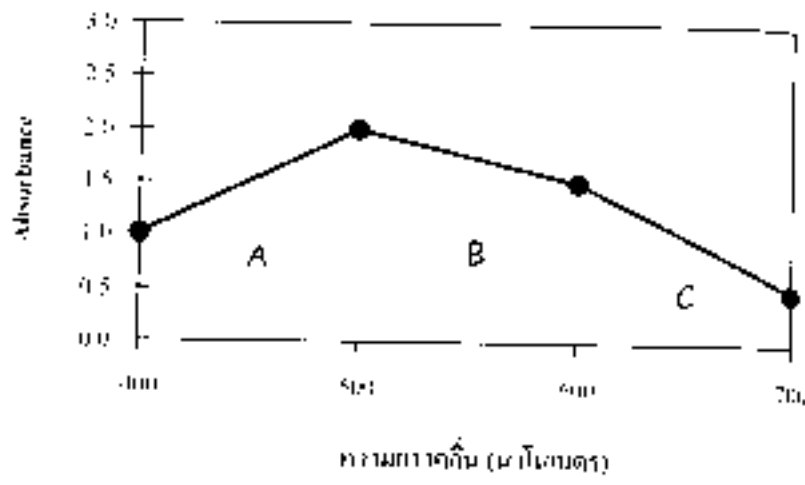
ช่วงกิโลเมตร (กม.) (แปลง)	พื้นที่ (ไร่)
0.0 - 0.5	๖๖
0.6 - 1.0	๔๖๖
1.1 - 1.5	๔๖๖
1.6 - 2.0	๕๖๖
2.1 - 2.5	๕๖๖
2.6 - 3.0	๕๖๖
3.1 - 3.5	๕๖๖
3.6 - 4.0	๕๖๖
4.1 - 4.5	๕๖๖
4.6 - 5.0	๕๖๖

๖.๖.๖.๖ การปลูกต้นไม้ทดแทน (๕๖๖ ไร่)

กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ (ADMI) American Dye Manufacturer Institute ได้จัดทำโครงการปลูกต้นไม้ทดแทนในพื้นที่ป่าชุมชน ๖๕๕ ไร่ โดยขอความร่วมมือจาก ๓ บริษัทผู้ผลิตย้อมสี ได้แก่ บริษัท สยามเคมี จำกัด บริษัท สยามเคมี จำกัด และ บริษัท สยามเคมี จำกัด โดยขอความร่วมมือจากกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ (ADMI) ที่ได้จัดทำโครงการปลูกต้นไม้ทดแทนในพื้นที่ป่าชุมชน ๖๕๕ ไร่ โดยขอความร่วมมือจาก ๓ บริษัทผู้ผลิตย้อมสี ได้แก่ บริษัท สยามเคมี จำกัด บริษัท สยามเคมี จำกัด และ บริษัท สยามเคมี จำกัด โดยขอความร่วมมือจากกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ (ADMI) ที่ได้จัดทำโครงการปลูกต้นไม้ทดแทนในพื้นที่ป่าชุมชน ๖๕๕ ไร่ โดยขอความร่วมมือจาก ๓ บริษัทผู้ผลิตย้อมสี ได้แก่ บริษัท สยามเคมี จำกัด บริษัท สยามเคมี จำกัด และ บริษัท สยามเคมี จำกัด

โครงการปลูกต้นไม้ทดแทนในพื้นที่ป่าชุมชน ๖๕๕ ไร่ โดยขอความร่วมมือจาก ๓ บริษัทผู้ผลิตย้อมสี ได้แก่ บริษัท สยามเคมี จำกัด บริษัท สยามเคมี จำกัด และ บริษัท สยามเคมี จำกัด โดยขอความร่วมมือจากกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ (ADMI) ที่ได้จัดทำโครงการปลูกต้นไม้ทดแทนในพื้นที่ป่าชุมชน ๖๕๕ ไร่ โดยขอความร่วมมือจาก ๓ บริษัทผู้ผลิตย้อมสี ได้แก่ บริษัท สยามเคมี จำกัด บริษัท สยามเคมี จำกัด และ บริษัท สยามเคมี จำกัด





รูปที่ ๑๑.๓ การวัดสีโดยใช้วิธี Space Unit (SU)

ค่าสีของตัวอย่าง ๑ : ค่าวัดพื้นที่ใต้กราฟเท่ากับ ๑๑๖.๖๖

A	$\frac{1.0 \times 100}{2} = 50$	150
B	$\frac{1.5 \times 100}{2} = 75$	175
C	$\frac{0.5 \times 100}{2} = 25$	100

ค่าสีของตัวอย่าง ๑ คือ ๑๑๖.๖๖

**สภาพน้ำฟ้า (Specific Conductivity)**

๑) ความนำไฟฟ้าของสภาพน้ำฟ้า	๗
๒) ส่วนที่ละลายของสภาพน้ำฟ้า	๗
๓) การใช้ประโยชน์ของสภาพน้ำฟ้า	๗.๑
๓.๑) การนำสภาพน้ำฟ้ามาใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า	๗.๑
๓.๒) การนำสภาพน้ำฟ้ามาใช้เพื่อผลิตประจุไฟฟ้า (Precipitation) สำหรับสภาพน้ำฟ้า	๗.๑

## บทที่ 7

### สภาพนำไฟฟ้า (Specific Conductivity)

ค่าที่แสดงถึง สภาพในการนำไฟฟ้าได้แก่ค่าความนำซึ่งของของเหลวแต่ละชนิด ที่มีลักษณะของสภาพนำไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง นั่นคือค่าความนำของเหลวไฟฟ้าเปลี่ยนค่าตามอุณหภูมิซึ่งมีค่าแสดงด้วยหน่วยเป็น S หรือ DS ของเหลวแต่ละชนิดจะแตกต่างกันตามลักษณะของเหลวที่วัดค่าความนำของเหลวไฟฟ้าได้แก่ DS ของเหลวจะแสดงค่าความนำที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ หรือที่แสดงค่าความนำเป็นอัตราส่วนของกระแสต่อพื้นที่หน้าตัดของขั้วไฟฟ้า

#### 7.1 ความหมายของสภาพนำไฟฟ้า

สภาพนำไฟฟ้า (Conductivity) ของสารละลาย หมายถึง ความสามารถในการนำไฟฟ้าหรือการเคลื่อนที่ของไอออนของตัวละลายที่อยู่ในสารละลาย การวัดสภาพนำไฟฟ้าของสารละลายใช้โดยค่าที่วัดได้เรียกว่าค่าความนำไฟฟ้าในสารละลาย ซึ่งต้องวัดค่าความนำที่อุณหภูมิคงที่ให้เกิดความแม่นยำของผลการวัดหรือค่าความนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

	SI	IR
หน่วย	S	ohm <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup>
	ohm <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup>	ohm <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup>
	ohm <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup>	ohm <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup>

ความต้านทานไฟฟ้า (R) ขึ้นอยู่กับขนาดของหน้าสัมผัสไฟฟ้า (A) และค่าความต้านทานจำเพาะ (ρ) ดังสมการต่อไปนี้

$$R = \frac{\rho l}{A}$$

โดยที่ ρ เป็นค่าความต้านทานจำเพาะ (Specific Resistance)

ค่าความต้านทานจำเพาะ (ρ) คือ ค่าความต้านทานไฟฟ้า (μ)

$$\rho = R \times A$$

หน่วยของค่าความต้านทานไฟฟ้า คือ โอห์ม (ohm) หรือโอห์ม-เซนติเมตร (ohm-cm) โดยสามารถวัดค่าความต้านทาน (ohm) ในขณะที่ยาวของ ρ ซึ่งเรียกว่า ค่าความต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม-เซนติเมตร หรือโอห์ม-เซนติเมตร) (Ω-cm หรือ Ω-inch, cm, inch)

ตารางที่ 7-1 แสดงค่าการวัดค่าความต้านทานจำเพาะ (ρ) และ μ (โอห์ม-เซนติเมตร หรือโอห์ม-เซนติเมตร) สำหรับวัสดุพิมพ์สีต่างๆ ค่าความต้านทานจำเพาะ (ohm-cm) และค่าความต้านทานไฟฟ้า (ohm-inch) สำหรับวัสดุพิมพ์สีต่างๆ มีค่าใช้คำนวณ ค่าความต้านทานจำเพาะ (ρ) และค่าความต้านทานไฟฟ้า (μ) จากค่าความต้านทานจำเพาะ (ρ) และค่าความต้านทานไฟฟ้า (μ) ในโอห์ม-เซนติเมตร

ผู้ทรงสิทธิ์ที่ใช้วัดค่าความต้านทานไฟฟ้าอาจวัดค่าความต้านทานจำเพาะ (ρ) และค่าความต้านทานไฟฟ้า (μ) หรือค่าความต้านทานจำเพาะ (ρ) และค่าความต้านทานไฟฟ้า (μ) ในโอห์ม-เซนติเมตร

วันที่

ตารางที่ 7.1 การเปรียบเทียบค่าสภาพน้ำดื่มและค่ามาตรฐานน้ำดื่ม

สภาพน้ำดื่ม	ค่ามาตรฐานน้ำดื่ม
0.055 µS/cm	15.18 MS/cm
0.1 µS/cm	1.00 MS/cm
0.2 µS/cm	0.00 MS/cm
0.5 µS/cm	2.00 MS/cm
1.0 µS/cm	1.00 MS/cm
2.0 µS/cm	500 KΩ/cm
5.0 µS/cm	200 KΩ/cm
10 µS/cm	100 KΩ/cm
20 µS/cm	50 KΩ/cm
50 µS/cm	20 KΩ/cm
100 µS/cm	10 KΩ/cm
200 µS/cm	5 KΩ/cm

ค่ามาตรฐานน้ำดื่ม

ค่ามาตรฐานน้ำดื่ม

ค่ามาตรฐานน้ำดื่ม

### 7.2 ความสำคัญของคุณภาพน้ำดื่ม

คุณภาพน้ำดื่มเป็นสิ่งสำคัญต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตในน้ำ ดังนั้น องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดค่ามาตรฐานน้ำดื่มไว้ โดยค่ามาตรฐานค่าสภาพน้ำดื่ม

WHO กำหนดค่ามาตรฐานน้ำดื่มไว้ที่ 0.055 ซึ่งเท่ากับ 1 x สภาพน้ำดื่ม

สภาพน้ำดื่ม ในสมการข้างบน กำหนดด้วย µS/cm หรือ µmhos/cm

ค่ามาตรฐานน้ำดื่ม





รูปที่ 2.1 เครื่องวัดสภาพพ่นสีที่นิยมใช้กันมาก



รูปที่ 2.2 เครื่องวัดสภาพพ่นสีที่นิยมใช้กันมาก

ผู้เรียบเรียง: อ. อภิสิทธิ์

จากรูปที่ ๗.๒ พบว่า TDS และสภาพน้ำไฟฟ้าใช้ได้ดีกว่าอย่างนี้ ๖ รวมชนิดที่มีอยู่  
 ของสารเคมี ๖.๖ และค่าสภาพน้ำไฟฟ้าของไอออนต่างๆที่ในท้องถิ่น น้ำที่มีลักษณะ  
 มากมายจะมีค่าสูง มี OH<sup>-</sup> ๒.๓๖ จะวัดค่าสภาพน้ำไฟฟ้าได้สูงกว่าไอออนที่มี OH<sup>-</sup> และมี  
 H<sup>+</sup> และ OH<sup>-</sup> สามารถนำไฟฟ้าได้มากกว่าไอออนอื่น ๆ

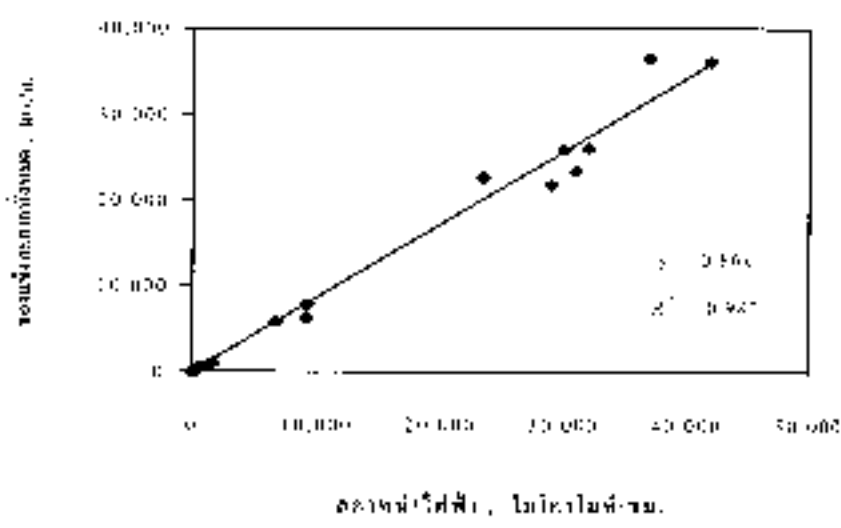
ตารางที่ ๗.๒ สภาพน้ำไฟฟ้าของไอออนต่างๆ

ไอออนชนิดอื่น ๆ มก./ล.	สภาพน้ำไฟฟ้า ไมโครโมห์/ซม.
ไฮโดรเจน H <sup>+</sup>	๑๐๐
ไฮดรอกไซด์ OH <sup>-</sup>	๑๖.๘
โซเดียม Na <sup>+</sup>	๐.๖๒
แคลเซียม	๒.๖
คลอรีน	๒.๘
คลอไรด์	๒.๑
แมกนีเซียม	๓.๘
โพแทสเซียม	๑.๑
โพแทสเซียม	๑.๘
โซเดียม	๒.๑
กำมะถัน	๑.๕

รูปที่ ๗.๓ : แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง TDS และสภาพน้ำไฟฟ้าของน้ำดื่มประปาที่มี  
 ไอออน : โซเดียม, ไฮดรอกไซด์, ฟอสเฟต, และ TDS และ สภาพน้ำไฟฟ้า

$$TDS \text{ มก./ล.} \quad \times \quad 0.56 \times \text{ค่าสภาพน้ำไฟฟ้า}$$

ค่าคงที่ระดับสภาพหน้าไฟของสารละลายของสารละลายอยู่ในสารเคมี 7.3 สารละลายที่ไม่แตกตัวในน้ำ กรดอ่อนและเบสอ่อนที่ไม่แตกตัวในน้ำคืออน จะไม่นำไฟฟ้าเช่นเดียวกับทอ ดินที่มีค่าประจุที่ละลายน้ำ เช่น แอมโมเนียมคลอไรด์ มีค่าประจุระดับ คิวบิกเมตร สารละลายน้ำที่เจือจางได้เป็นสภาพหน้าไฟที่ขงให้ดังต่อไปนี้ มีค่าคงที่ที่มีสภาพหน้าไฟที่ประมาณ  $0.5 \mu S/cm$  ของคลอรีนที่ขงนี้ มีค่าคงที่ในชั้นของสารละลายที่มีการศึกษาที่มีค่าคงที่หน้าไฟที่ขงนี้ถึง  $10 \mu S/cm$  มีกรณีศึกษาที่ขงนี้มีสภาพหน้าไฟที่ขงนี้  $0.055 \mu S/cm$  เนื่องจากมีไอออน  $10^7$  และ  $10^8$  อนุภาค และมีค่าคงที่ขงนี้มีการแตกตัวขงนี้แสดง



รูปที่ 7.3 ความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) และสภาพหน้าไฟที่ขง

๗๕ วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ ๓.๕ ระดับสภาพน้ำไฟฟ้าของระยะเวลาต่างๆ (๒5°C)

สารละลายต่างๆ	ระดับสภาพน้ำไฟฟ้า ในไมโครโมห์-ซม.
น้ำบริสุทธิ์สูงๆ	0.055
น้ำกลั่น	0.5 - 0.2
น้ำกลั่นของโรงไฟฟ้า	1
น้ำบริสุทธิ์จากอุตสาหกรรม	1
น้ำดื่มทั่วไป	50 - 1,500
น้ำประปาทั่วไป	2,500 - 7,000
NaCl 0.01 N	1,415
น้ำทะเล	50,000
NaOH 10%	353,000
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10%	433,000
HNO <sub>3</sub> 10%	505,000

ในกรณีของน้ำบริสุทธิ์สภาพรวมคือประมาณ 0.1 ไมโครวัตต์ TDS ใช้สูงถึง 100 ไมโครวัตต์  
เพื่อให้ได้ค่านี้คือระดับน้ำที่มีสารละลายเล็กน้อยได้เช่นน้ำสูงของน้ำดื่มของน้ำดื่ม

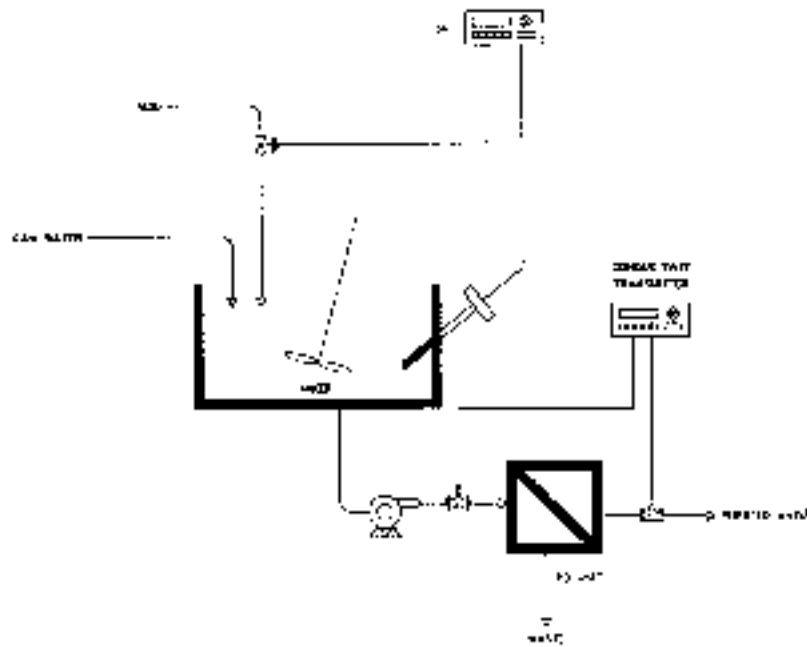
TDS	300	1.0 ส
CO <sub>2</sub>	4.512	1.0 ส
Conductivity	520	ไม. โอม. ไม. เซ. ซม.

จึงดูปริมาณไนโตรเจนของเวลาและเวลาเป็น ๗ เท่าเพิ่มขึ้นคูณค่า CO<sub>2</sub> คูณ จึงได้ค่าไฟฟ้า

สมมติของสมมติของน้ำดื่ม

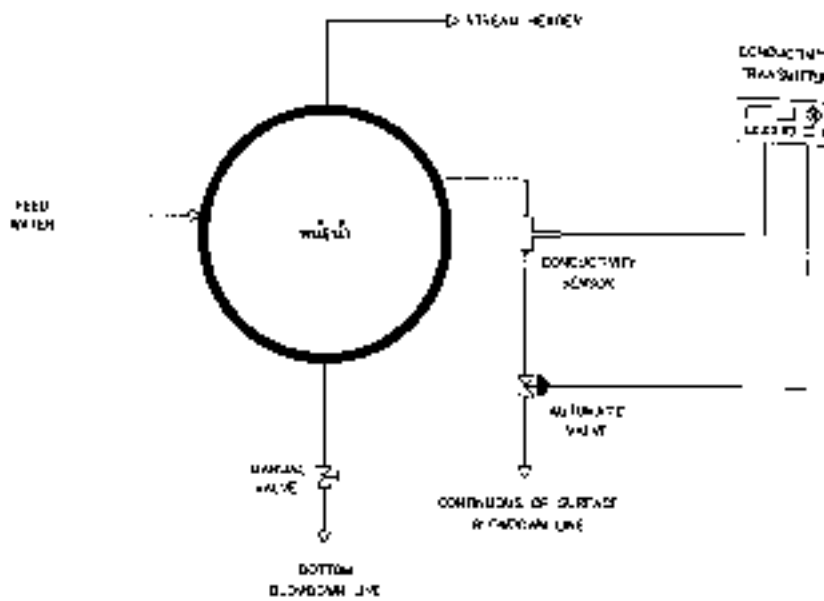
### 7.3 การใช้ประโยชน์จากข้อมูลสภาพน้ำฟ้า

การไหลของน้ำฟ้าที่สามารถจะทำได้ง่ายหรือรวดเร็วเรียกว่า TDS จึงมีการใช้สภาพน้ำฟ้าที่เป็นสารละลายของโซลีนอยด์ (Soleneid Valve) ที่ตั้งถึงน้ำขึ้นชั้นชั้นของหม้อต้ม (Boiler Blowdown) แทนเพื่อที่จะนำเกลือ (Bleedoff) ของหม้อต้ม. กับ แทนการใช้ TDS. นอกจากนี้สภาพน้ำฟ้ายังสามารถจะใช้ได้กับระบบอัตโนมัติในการควบคุมการทำงานเปิด-ปิดของเครื่องกลเติมค่ายา หรือการควบคุมระบบอาร์ไอ (RO) หรือที่ 7.4 ชุดวัดแบบ Dial Sensor จะวัดค่าสภาพน้ำฟ้าฟ้าของมีตระกูล (Permeate) และน้ำดื่ม มีหน่วยวัดเป็นค่างาน ไม่เป็นหน่วย และได้ค่าสภาพน้ำฟ้าฟ้าที่เป็นเป็นค่าระดับปกติ จึงสามารถเตือนให้ผู้ดูแลระบบให้รู้ว่ามีปัญหาเกิดขึ้นกับระบบ



รูปที่ 7.4 การผลิตตามผลการทำงานของระบบอาร์ไอด้วยชุดวัดสภาพน้ำฟ้า





รูปที่ 7.5 การควบคุมระดับความขุ่นของน้ำอย่างอัตโนมัติด้วยชุดวัดสภาพน้ำไฟฟ้า

เมื่อควบคุมค่าที่เกินขีดจำกัดของค่าของ Conductivity ของน้ำ จะส่งกระแสไฟฟ้า  
ระดับแรงดันซึ่งมีผลทำให้สวิตช์ ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ไปผ่านตัวกระตุ้นได้จากกราฟของค่า  
สภาพน้ำไฟฟ้า จึงแสดงอยู่ในรูปที่ 7.6

เครื่องมือการวัดและบันทึก





การบัญชีพาณิชย์

พิเศษ (pH)

81 ความหมายของบัญชี	8
82 บทบาทของพ่อค้าในกระบวนการผลิตและบริการ	8
83 การวัดค่าที่เลือก	8
8.3.1 วัตถุประสงค์	8
8.3.2 วิธีใช้	8
84 ความสำคัญทางทฤษฎีและการวัดมูลค่าของสินทรัพย์	8
8.4.1 ที่ตั้ง, เป็นสัญญา, และลักษณะพิเศษของทรัพย์สิน	8
8.4.2 การวัดมูลค่าสินทรัพย์ที่ควรใช้กับวิธีการบัญชี	8

## บทที่ 8

## พืชอาหาร (pH)

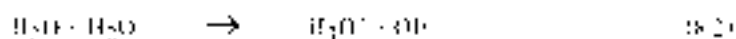
พืชอาหารมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่างกันออกไปตามชนิดของพืชและดินที่ปลูก โดยทั่วไปพืชอาหารมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่างกันออกไปตามชนิดของพืชและดินที่ปลูก โดยทั่วไปพืชอาหารมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่างกันออกไปตามชนิดของพืชและดินที่ปลูก โดยทั่วไปพืชอาหารมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่างกันออกไปตามชนิดของพืชและดินที่ปลูก

## 8.1 ความหมายของพืชอาหาร

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดิน มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 14 โดยค่า 7 เป็นค่าที่เป็นกลาง

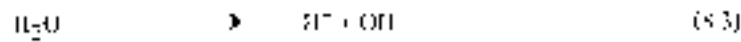
$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad (8.1)$$

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดิน มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 14 โดยค่า 7 เป็นค่าที่เป็นกลาง



ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดิน มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 14 โดยค่า 7 เป็นค่าที่เป็นกลาง

โดยสมมติ จะเขียนไว้ที่ข้างใต้ไว้ดังต่อไปนี้



ที่เมื่อ  $\text{H}_2\text{O}^+$  ถูกเขียนแทนด้วย  $\text{H}^+$

ภายใต้สมมติทุกขณิกจะมีจำนวน  $\text{H}^+$  และ  $\text{OH}^-$  อยู่เสมอ ปริมาณของ  $\text{H}^+$  และ  $\text{OH}^-$  อาจนับจากหรือน้อยก็ได้ แต่จะมีปริมาณสัมพันธ์กันอัตราส่วน ดังนี้

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_w \quad (3.4)$$

ค่าคงที่สมมูล ( $K_w$ ) ของน้ำบริสุทธิ์ที่ 25 °C มีค่าเท่ากับ  $10^{-14}$

$$K_w = 10^{-14}$$

เมื่อสมมติว่าผลคูณไอออนของน้ำบริสุทธิ์จะมี  $\text{H}^+$  และ  $\text{OH}^-$  จำนวนเท่าๆ กัน ดังนั้น

$[\text{H}^+] =$	$10^{-7}$	
หรือ $[\text{OH}^-] =$	$10^{-7}$	โมล ลิตร
	$0.0001$	โมล ลิตร

จะเห็นว่าได้ปริมาณ  $\text{H}^+$  ที่ความบริสุทธิ์มีค่าน้อยมากและไม่สามารถบอกเป็นตัวเลขแน่นอนได้ หากจะวัดปริมาณจึงวัดค่าของ  $\text{pH}$  ซึ่งที่แสดงอยู่ในสมการ (3.5)

โดยทั่วไปถ้าถือว่าน้ำที่เป็นกลาง คือมีพีเอชเท่ากับ 7 หากสมมติว่าจุดต่อที่ 7 นี้จะมีจุดศูนย์ที่  $\text{pH} = 7.5$  หรือค่าที่เป็นส่วนนี้เมื่อสมการ  $K_w = 10^{-14}$  จึงจุดศูนย์ที่ 7.5 ค่า

$K_w$  ที่อุณหภูมิของน้ำคือ  $1.0 \times 10^{-14}$  จงหา  $[H^+]$  และ  $[OH^-]$  ในสารละลายที่มี  $[OH^-] = 2.0 \times 10^{-3} M$  จงหา  $[H^+]$  และ  $[OH^-]$  ในสารละลายที่มี  $[H^+] = 5.8 \times 10^{-12} M$

$[H^+][OH^-]$	$1.0 \times 10^{-14}$	$10^{-14.00}$
$[H^+]^2$	$10^{-14.08}$	
$[H^+]$	$10^{-7.04}$	
$pH$	7.04	

ตารางที่ 8.1 ค่า  $K_w$  ของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (°C)	$K_w$	อุณหภูมิ (°F)	$K_w$
0	$0.1137 \times 10^{-14}$	32	$1.5767 \times 10^{-14}$
5	$0.1846 \times 10^{-14}$	41	$1.915 \times 10^{-14}$
10	$0.2923 \times 10^{-14}$	50	$2.469 \times 10^{-14}$
15	$0.4507 \times 10^{-14}$	59	$3.389 \times 10^{-14}$

จงหา  $[H^+]$  และ  $[OH^-]$  ในสารละลายที่มี  $[OH^-] = 2.0 \times 10^{-3} M$  จงหา  $[H^+]$  และ  $[OH^-]$  ในสารละลายที่มี  $[H^+] = 5.8 \times 10^{-12} M$

$$[H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$$

สำหรับ  $[OH^-] = 2.0 \times 10^{-3} M$  และ  $[H^+] = ?$  จงหา  $[H^+]$  และ  $[OH^-]$  ในสารละลายที่มี  $[H^+] = 5.8 \times 10^{-12} M$  จงหา  $[H^+]$  และ  $[OH^-]$  ในสารละลายที่มี  $[H^+] = 5.8 \times 10^{-12} M$

ตารางที่ ๘.๒ ค่าคงที่ของกรดและเบสของกรดอินทรีย์

pH	[H <sup>+</sup> ] (mol/L)	pH	[H <sup>+</sup> ] (mol/L)	[OH <sup>-</sup> ] (mol/L)
กรดอ่อนที่ ๑	1.04			
1	10 <sup>-1</sup>	8	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>
2	10 <sup>-2</sup>	9	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-5</sup>
3	10 <sup>-3</sup>	10	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-4</sup>
4	10 <sup>-4</sup>	11	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-3</sup>
๕ กรดอ่อนที่ ๒	1.00	12	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-2</sup>
๖	1.00	13	10 <sup>-13</sup>	10 <sup>-1</sup>
๗ กรดอ่อนที่ ๓	1.000	14	10 <sup>-14</sup>	10 <sup>0</sup>

เมื่อใช้สมการของดิอนของกรดอินทรีย์ที่แสดงในตารางที่ ๘.๒ เพื่อหาค่าคงที่ของกรดอินทรีย์ในน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ ๒๕ องศาเซลเซียส จะได้ค่าคงที่ของกรดอินทรีย์ที่แสดงในตารางที่ ๘.๒ ซึ่งค่าคงที่ของกรดอินทรีย์ที่แสดงในตารางที่ ๘.๒ นี้ได้แก่ ค่าคงที่ของกรดอินทรีย์ที่แสดงในตารางที่ ๘.๒

pH

 $\log [H^+]$ 

:

ค่าคงที่ของกรดอินทรีย์ [OH<sup>-</sup>] ที่ค่า pH ๕.๐00[H<sup>+</sup>] (mol/L) 10<sup>-5</sup>[OH<sup>-</sup>] (mol/L) 10<sup>-9</sup>น้ำบริสุทธิ์ pH 7.00 10<sup>-7</sup>

ค่าคงที่ของกรดอินทรีย์



เมื่อทราบค่าของ  $\log$  การคำนวณค่าเฉลี่ยของพิสัยด้วยวิธีที่ระบอบข้างนี้จะได้  
ดังนี้ ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของพิสัย 5 ค่าดังนี้ 7.5, 8.5, 9.0, 9.1 และ 10.2 วิธีที่ดู  
ก็ง่ายจริงเป็นส่วนใหญ่ดังต่อไปนี้

pH	$[H^+] = 10^{-pH}$
7.5	$3.1623 \times 10^{-8}$
8.5	$3.162 \times 10^{-9}$
9.0	$1.0000 \times 10^{-9}$
9.1	$6.794 \times 10^{-10}$
10.2	$6.309 \times 10^{-11}$
รวม	$3.6641 \times 10^{-8}$
เฉลี่ย	$7.328 \times 10^{-9}$ (เท่ากับ 7.86)

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของ } [H^+] &= 7.328 \times 10^{-9} \\ \text{pH} &= (\log 7.328 \times \log 10^{-9}) \\ &= 7.86 \quad 9.1 \\ &= 8.51 \end{aligned}$$

นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของพิสัย 5 ค่า คือ 7.5, 8.5, 9.0, 9.1 และ 10.2 จะมีค่าเป็น 8.14 ซึ่ง  
ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของพิสัย จะได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $\frac{7.5 + 8.5 + 9.0 + 9.1 + 10.2}{5}$   
8.86

### 8.2 บทบาทของพืชในกระบวนการบำบัดน้ำและน้ำเสีย

พืชได้ถูกรวบรวมว่าพืชเอปทิพ (epiphytic) ที่มีประสิทธิภาพได้มากที่สุดสำหรับบำบัดน้ำเสีย และมีความสำคัญเป็นองค์ประกอบที่ขาดไม่ได้ของระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น พืชลอยน้ำ พืชบกจมใต้น้ำ และพืชบกขึ้นน้ำ ซึ่งพืชเอปทิพที่พบในธรรมชาติสำหรับบำบัดน้ำเสียได้แก่ สาหร่ายน้ำจืด สาหร่ายน้ำเค็ม และสาหร่ายน้ำจืดที่มีขนาดเล็กหรือพืชบกขึ้นน้ำที่มีขนาดเล็ก เช่น สาหร่ายน้ำจืดที่มีขนาดเล็กหรือพืชบกขึ้นน้ำที่มีขนาดเล็ก เช่น สาหร่ายน้ำจืดที่มีขนาดเล็กหรือพืชบกขึ้นน้ำที่มีขนาดเล็ก

ตารางที่ 8.3 ระดับพืชที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสียและน้ำเสีย

ประเภทของพืชหรือระบบ	ระดับพืชที่เหมาะสม	หลักการ
1. พืชลอยน้ำหรือพืชบกจมใต้น้ำ	8-7	
2. พืชบกจมใต้น้ำหรือพืชบกขึ้นน้ำ	8-7	
3. พืชบกขึ้นน้ำหรือพืชบกจมใต้น้ำ	สูงถึง 11	$NO_2^- + NO_3^- \rightarrow NO$
4. พืชบกขึ้นน้ำหรือพืชบกจมใต้น้ำ	ต่ำถึง 8 หรือ 9	$NO_2^- + NO_3^- \rightarrow NO$
5. พืชบกขึ้นน้ำหรือพืชบกจมใต้น้ำ	ต่ำถึง 8 หรือ 9	$NO_2^- + NO_3^- \rightarrow NO$
6. พืชบกขึ้นน้ำหรือพืชบกจมใต้น้ำ	7-8	
7. พืชบกขึ้นน้ำหรือพืชบกจมใต้น้ำ	ประมาณ 8-9	
8. พืชบกขึ้นน้ำหรือพืชบกจมใต้น้ำ	พืชบกขึ้นน้ำ	
9. พืชบกขึ้นน้ำหรือพืชบกจมใต้น้ำ	8-9	
10. พืชบกขึ้นน้ำหรือพืชบกจมใต้น้ำ	สูงถึง 9	
11. พืชบกขึ้นน้ำหรือพืชบกจมใต้น้ำ	8-8	



ระดับพิเศษ	
เอกอักษร	14
โทอักษร	13
ตรีอักษร	12
จตุรอักษร	11
พหุอักษร	10
อักษร	9
อักษร	8
อักษร	7
อักษร	6
อักษร	5
อักษร	4
อักษร	3
อักษร	2
อักษร	1
อักษร	0

รูปที่ 8.2 ระดับพิเศษของสระสะกดต่างๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์

ระดัมนี้อยู่ระหว่าง เส้นแวง ๑๓๐ องศา ถึง ๑๓๕ องศา มีค่าเฉลี่ยอยู่กึ่งกลาง เส้นแวง ๑๓๒.๕ องศา  
 บริเวณนี้ประกอบด้วย เส้นแวง ๑๓๐ องศา ถึง ๑๓๕ องศา มีดังนี้

ระดัมนี้อยู่	ผืนดิน
๑-๓๐	ป่า
๓-๕	ป่าเต็งรัง
๕-๖	ป่าเต็งรัง
๖-๗	ป่าเต็งรัง
๗-๘	ป่าเต็งรัง
๘-๑๑	ป่าเต็งรัง
รวม	ป่า

แผนที่นี้ ได้เขียนที่ส่วนใหญ่นอกเขตประเทศไทยไป มีภูเขาบ้างบริเวณทิศเหนือประมาณ ๑๐  
 กิโลเมตรที่มีชื่อว่าภูเขาค้อ ส่วนภูเขาภาคใต้ทั้งหมดที่มีชื่อและชื่ออื่นอยู่เป็นส่วนใหญ่  
 ของส่วนที่เขียนอยู่นี้ เช่น ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ  
 ๑๓๕ องศา ถึง ๑๓๖ องศา มีชื่อต่างๆ เช่น ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ  
 ๑๓๖ องศา ถึง ๑๓๗ องศา มีชื่อต่างๆ เช่น ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ  
 ๑๓๗ องศา ถึง ๑๓๘ องศา มีชื่อต่างๆ เช่น ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ  
 ๑๓๘ องศา ถึง ๑๓๙ องศา มีชื่อต่างๆ เช่น ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ  
 ๑๓๙ องศา ถึง ๑๔๐ องศา มีชื่อต่างๆ เช่น ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ ภูเขาค้อ

### 8.3 การวัดค่าทิศ

การวัดค่าทิศของจุดหนึ่งให้ทิศที่เรียกว่า (Orientation) และใช้ค่าเป็นองศา

การวัดค่าทิศของจุดหนึ่งให้ทิศที่เรียกว่า (Orientation) และใช้ค่าเป็นองศา  
 การวัดค่าทิศของจุดหนึ่งให้ทิศที่เรียกว่า (Orientation) และใช้ค่าเป็นองศา  
 การวัดค่าทิศของจุดหนึ่งให้ทิศที่เรียกว่า (Orientation) และใช้ค่าเป็นองศา

การวัดที่มองได้ใช้ไฟฟ้าจะใกล้เคียงกับวิธีเก็บสี และสิ่งสำคัญประการแรก

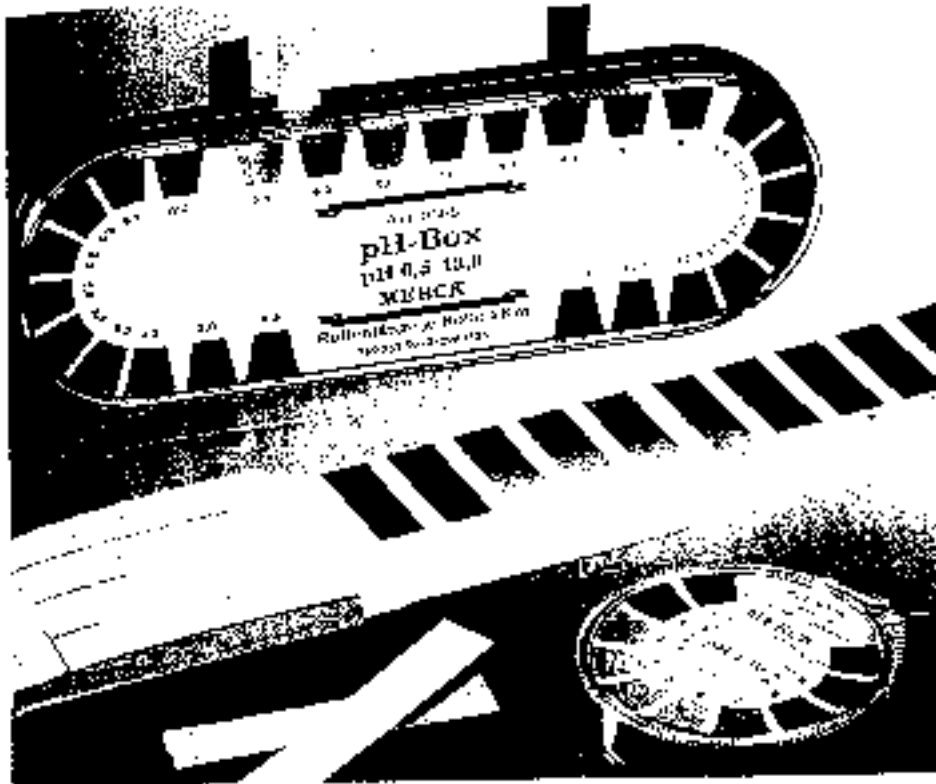
### 8.1.1 วิธีเทียบสี

ตัวเลขของตัวอย่างสี ๑๓๓๖ ได้ใช้สีเงิน, สีเขียว, สีฟ้า, สีแดง, สีเหลือง และ สีนํ้าเงิน โดยที่ตัวเลข ๑๓๓๖ เป็นอันดีสำหรับตัวอย่างที่ไว้สี ส่วนตัวเลขที่อื่นๆ ของตัวอย่างสี ในกรณีนี้ผู้ที่ให้ข้อมูลมีลักษณะคล้ายคลึงกันซึ่งเป็นการวัดซ้ำกันหลายๆ ครั้งรับข้อมูลในตัวอย่างที่ผู้ให้ข้อมูลได้มา ค. ม. ระบุงานพิเศษของสีที่พิมพ์ขึ้นโดยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (ดูรูปที่ 8.3)

ตารางที่ 8.๑ อินดิเคเตอร์ต่างๆ ที่ใช้สำหรับวัดค่าพิเศษของตัวอย่างสี

อินดิเคเตอร์	สีของทรง	สีของตัว	ช่วงที่เชย
Merck X 604	เหลือง	สีม่วง	๖.๖
Merck X Green 11 121	เขียว	สีเหลืองเข้ม	๖.๖-๖.๘
Lysoe Blue 19741	แดง	ฟ้า	๖.๖-๖.๘
Bombroni Blue	เขียว	สีม่วง	๖.๖-๖.๘
Merck Orange	แดง	สีเหลืองเข้ม	๖.๖-๖.๘
Bombroni Green	เขียว	สีม่วง	๖.๖-๖.๘
Merck Red	แดง	ฟ้า	๖.๖-๖.๘
Lysoe	แดง	สีม่วง	๖.๖-๖.๘
Bombroni Blue	เขียว	สีม่วง	๖.๖-๖.๘
Photo Rec	เขียว	แดง	๖.๖-๖.๘
Matarese Purple	เขียว	แดง	๖.๖-๖.๘
Photo Blue 10111	เขียว	สีม่วง	๖.๖-๖.๘
Photo Statam	ไม่มีสี	แดง	๖.๖-๖.๘
Photo Statam	ไม่มีสี	สีม่วง	๖.๖-๖.๘
Azger Yellow	เหลือง	สีเหลืองเข้ม	๖.๖-๖.๘
Matarese Green 10111	เขียว	ไม่มีสี	๖.๖-๖.๘

หน้า ที่ ๘.๑๓ หน้า ๘.๑๓

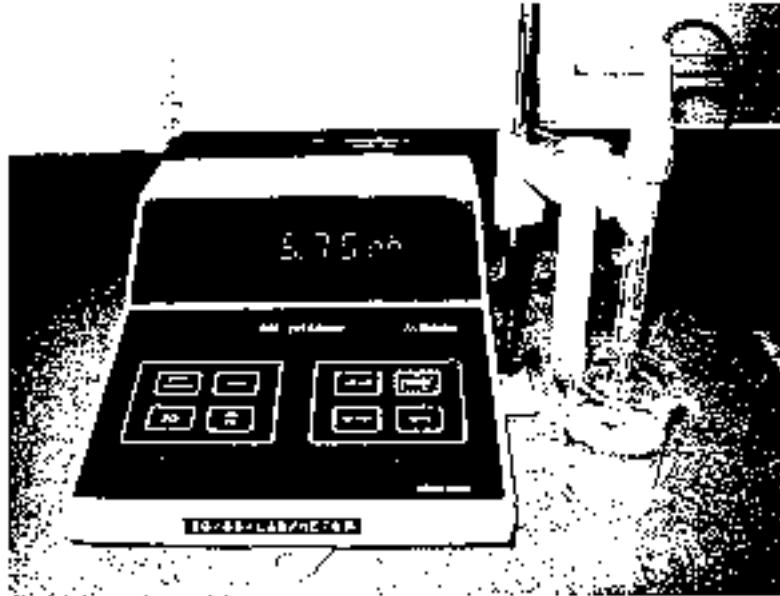


รูปที่ 8.3. การวัดค่าพีเอชโดยวิธีอิเล็กโทรด

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ



ห้องทดลอง มีเครื่องมือเครื่องใช้และอุปกรณ์ที่จำเป็นในการปฏิบัติการ ดังนี้  
 1. เครื่องวัดค่า pH และอุณหภูมิของสารละลาย (pH/TEMP) รุ่น HI 9142



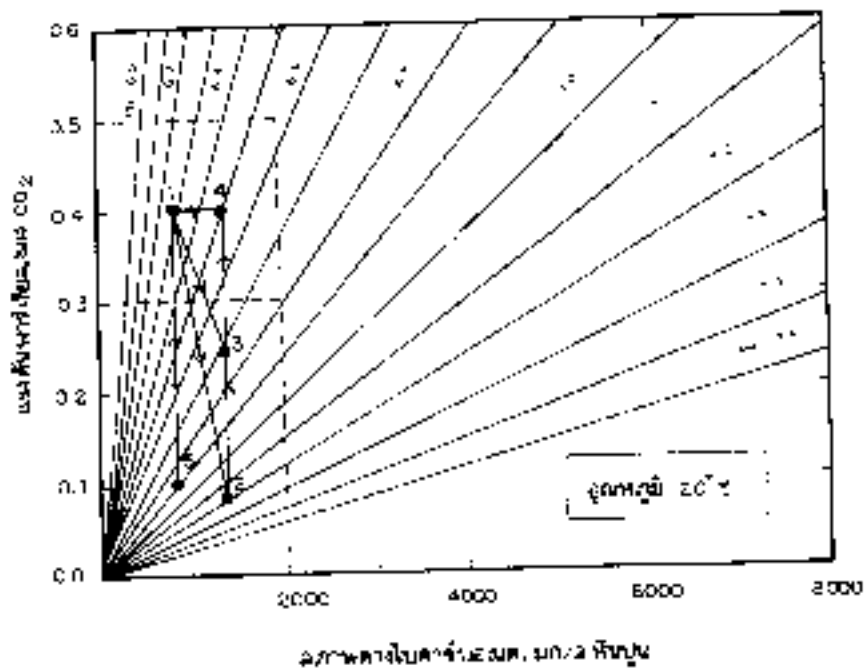
รูปที่ 8.4 เครื่องวัดพีเอชและอุณหภูมิ

8.2 การควบคุมพีเอชให้กับระบบน้ำดื่ม

ระบบน้ำดื่มที่ผลิตโดยโรงประปาจะควบคุมค่าพีเอช (Weak Acid Base) ของน้ำดื่มด้วยระบบรีเจนเนอเรชันของไอออนแลกเปลี่ยน และ การใส่สารเคมีเพื่อควบคุมค่าพีเอชให้เหมาะสมกับความต้องการของประชาชน โดยปกติค่าพีเอชของน้ำดื่มจะอยู่ในช่วง 7.0-8.5



CO<sub>2</sub> โดยรวมจากอากาศในดินตามค่าของค่าคงที่ Henry (H) และค่าที่ ความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> ในบรรยากาศ (P<sub>atm</sub>) และค่าคงที่ Henry (H) ไปจุด 15: แสดงว่าโรดักที.นาคที่เริ่มจะสรีระ CO<sub>2</sub> ขึ้นมาอีก- ค่าคงที่ของค่าคงที่ Henry (H) ไปที่จุด 11: 100.0% ที่ระดับน้ำขึ้นสูงจนเป็นระดับที่ นานที่-เป็นได้



รูปที่ 8.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง CO<sub>2</sub> , pH และความเป็นด่างของน้ำใช้รดผัก



**ความต่างศักย์โออาร์พี (ORP)**

๑. ความหมายของ โออาร์พี	9.3
๒. ความสัมพันธ์ของโออาร์พีกับ โออาร์พีของระบบนิเวศ	9.4
๓. สาเหตุการสลับไปมาของน้ำขึ้นน้ำลง	9.7
๔. ชนิดของโออาร์พี	9.12
๔.๑ ชนิดของระบบวัดโออาร์พี (ORP electrode)	9.12
๔.๒ ชนิดของรีเฟอเรนซ์ (Reference Electrode)	9.14
๕. การใช้ โออาร์พี ในการวัดน้ำเสีย	9.20
๕.๑ การใช้วัดค่าที่มีค่าลบ (ออกซิไดซิง)	9.26
๕.๒ การใช้วัดค่าที่มีค่าบวก (รีดิวซิง)	9.27
๖. ความสำคัญของ ORP เป็นตัวบ่งชี้ระดับน้ำขึ้นน้ำลง	9.27

## บทที่ 9

### ความต่างศักย์โออาร์พี (ORP)

โอดี ใช้เป็นสมรรถนะที่วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และช่วยประเมินผลสัมฤทธิ์ของระบบบำบัดน้ำเสียได้เป็นอย่างดี โดยโอดีใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงสถานะของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว โดยโอดีที่ต่ำกว่า 200 มิลลิโอดี (mV) แสดงถึงน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดอย่างเต็มที่ ในขณะที่โอดีที่สูงกว่า 200 มิลลิโอดี แสดงถึงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดอย่างเต็มที่ นอกจากนี้ โอดียังใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียอีกด้วย โดยโอดีที่ต่ำกว่า 200 มิลลิโอดี แสดงถึงน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดอย่างเต็มที่ ในขณะที่โอดีที่สูงกว่า 200 มิลลิโอดี แสดงถึงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดอย่างเต็มที่ นอกจากนี้ โอดียังใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียอีกด้วย โดยโอดีที่ต่ำกว่า 200 มิลลิโอดี แสดงถึงน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดอย่างเต็มที่ ในขณะที่โอดีที่สูงกว่า 200 มิลลิโอดี แสดงถึงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดอย่างเต็มที่

#### 9.1 ความหมายของ โอดี

ความหมายของ โอดีที่วัดได้ สามารถเข้าใจได้ว่าเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงสถานะของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว โดยโอดีที่ต่ำกว่า 200 มิลลิโอดี แสดงถึงน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดอย่างเต็มที่ ในขณะที่โอดีที่สูงกว่า 200 มิลลิโอดี แสดงถึงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดอย่างเต็มที่ นอกจากนี้ โอดียังใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียอีกด้วย โดยโอดีที่ต่ำกว่า 200 มิลลิโอดี แสดงถึงน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดอย่างเต็มที่ ในขณะที่โอดีที่สูงกว่า 200 มิลลิโอดี แสดงถึงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดอย่างเต็มที่



ตัวแปร	Half-Reaction	a Ox + ne	b Red	
ตัวอย่าง		$\frac{2}{3} Fe^{3+} + 2e^-$	$\frac{1}{2} Fe^{2+} + \frac{1}{2} O_2(g)$	(9.1)
ข้อ ๑	U	การเคลื่อนที่ของสารจากขั้วลบไปยังขั้วบวกในเซลล์กัลวานิก หรือ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในวงจรไฟฟ้าภายนอก		
	F	อุณหภูมิ °K	273 + °C	
	R	ค่าคงที่แก๊ส	8.314 จูล/โมล-เดกรี K	
	c	ค่าคงที่การเคลื่อนที่	96,487 จูล/โมล	

ศักย์ของเซลล์ของ Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup> คือ 0.771 โวลต์ที่อุณหภูมิ 25°C และ E<sup>0</sup> ของ Fe<sup>3+</sup> คือ

$$E^0 = \frac{2.303RT}{F} \ln \frac{303 \times 8.314 \times 273 \times 25}{96,487} = 0.0592 \text{ โวลต์}$$

ตัวแปร	Q	$\frac{RT}{F} \ln \frac{[Red]^b}{[Ox]^a}$	
ตัวอย่าง	$\frac{[Fe^{2+}]^{1/2} [O_2]^{1/2}}{[Fe^{3+}]^{2/3}}$	$\frac{RT}{F} \ln \frac{[Fe^{2+}]^{1/2} [O_2]^{1/2}}{[Fe^{3+}]^{2/3}}$	(9.2)
	$\frac{P_{O_2}^{1/2}}{[Fe^{3+}]^{2/3}}$	$\frac{RT}{F} \ln \frac{P_{O_2}^{1/2}}{[Fe^{3+}]^{2/3}}$	(9.3)

ใช้สมการ (9.2) และ (9.3) เพื่อหาความสัมพันธ์

$$Ox + ne = Red \quad E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln Q \quad (9.4)$$

ตัวอย่าง การเคลื่อนที่ของสาร

### 9. สมการของเซลล์ Daniell

$$Q \quad \text{Red} + \text{HyO} \rightleftharpoons \text{Ox} + \text{H}^+$$

$$\text{Red} \rightleftharpoons \text{Ox} + n\text{e}^-$$

$$E_{\text{cell}} = E^{\circ} - \frac{0.06}{n} \log \frac{[\text{Red}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{Ox}]}$$

ในกรณีที่ [Ox] หรือ [Red] เป็นค่าคงที่ จะได้ว่า  $E_{\text{cell}} = E^{\circ} - \frac{0.06}{n} \log [\text{Red}]$  หรือ  $E_{\text{cell}} = E^{\circ} - \frac{0.06}{n} \log [\text{Ox}]$  ขึ้นอยู่กับชนิดของสารละลาย

ถ้า  $E^{\circ}$  เป็นค่าคงที่ จะได้ว่า  $E_{\text{cell}}$  ขึ้นอยู่กับ  $\log \frac{[\text{Red}]}{[\text{Ox}]}$  หรือ  $E_{\text{cell}} = E^{\circ} - \frac{0.06}{n} \log \frac{[\text{Red}]}{[\text{Ox}]}$  ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการของเซลล์ Daniell ได้ดังนี้  $E_{\text{cell}} = E^{\circ} - \frac{0.06}{n} \log \frac{[\text{Red}]}{[\text{Ox}]}$  หรือ  $E_{\text{cell}} = E^{\circ} - \frac{0.06}{n} \log \frac{[\text{Red}]}{[\text{Ox}]}$  หรือ  $E_{\text{cell}} = E^{\circ} - \frac{0.06}{n} \log \frac{[\text{Red}]}{[\text{Ox}]}$

### ตัวอย่างที่ 9.1

จงหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ Daniell ที่อุณหภูมิ  $25^{\circ}\text{C}$   $\text{Zn}^{2+} + \text{Cu} \rightarrow \text{Zn}$

ให้  $E^{\circ}(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76 \text{ V}$  และ  $E^{\circ}(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0.34 \text{ V}$  ที่อุณหภูมิ  $25^{\circ}\text{C}$

สมการของเซลล์ Daniell	$E_{\text{cell}}$	$E^{\circ} - \frac{0.06}{n} \log \frac{[\text{Red}]}{[\text{Ox}]}$
เซลล์ Daniell	$\text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$	$0.34 - (-0.76) - \frac{0.06}{2} \log \frac{[\text{Zn}]}{[\text{Cu}][\text{Zn}^{2+}]}$
	$\text{Zn}^{2+}$	$0.34 - (-0.76) - \frac{0.06}{2} \log \frac{1}{[\text{Cu}][\text{Zn}^{2+}]}$
	$[\text{Ox}]$	$0.34 - (-0.76) - \frac{0.06}{2} \log \frac{1}{[\text{Cu}][\text{Zn}^{2+}]}$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่า } E^{\circ} &= 0.0592 \log (1.00 \times 10^{-4}) \\
 &= 0.2368 \log 10^{-4} \\
 &= -0.415 \text{ โวลต์}
 \end{aligned}$$

ตารางที่ ๑.1 ค่า  $E^{\circ}$  (โวลต์) ของสมการรีดอกซ์ที่ใช้ในระบบขั้วแคโทด

สมการรีดอกซ์	ค่า $E^{\circ}$ (โวลต์)
1. $\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$	1.23
2. $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	1.78
3. $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}^+ + e^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}$	1.65
4. $\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3e^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1.51
5. $\text{HClO} + \text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$	1.50
6. $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1.49
7. $\text{Cl}_2 + 2e^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$	1.36
8. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6e^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	1.33
9. $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	1.23
10. $2\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_3\text{O}^+ + 2e^- \rightarrow \text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{OH}^-$	1.17
11. $\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0.93
12. $\text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O} + e^- \rightarrow \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$	0.89
13. $\text{Hg}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Hg}$	0.86
14. $\text{Fe}^{3+} + e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	0.77
15. $\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$	0.68
16. $\text{S} + 2e^- \rightarrow \text{S}^{2-}$ (pH = 7)	0.48
17. $2\text{O}_2 + \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^- \rightarrow 2\text{NO}^- + 4\text{OH}^-$	0.46
18. $\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2e^- \rightarrow 2\text{Hg} + 2\text{Cl}^-$ (sat. KCl)	0.24
19. $\text{AgCl} + e^- \rightarrow \text{Ag} + \text{Cl}^-$ (1 M KCl)	0.22

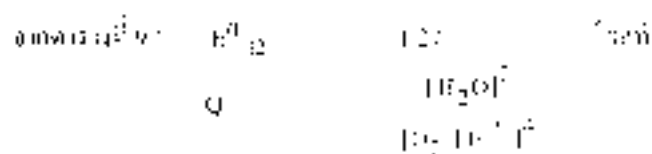
ตารางที่ 9.1  $E^{\circ}$  (โวลต์) ของสมการรีดอกซ์ที่มีใช้ในระบบแบตเตอรี่แบบตะกั่ว

สมการรีดอกซ์	ความเค็ม	
	ขั้วลบ	ขั้วบวก ( $E^{\circ}$ )
20. $\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Cl}^- + \text{MgCl}^+$		0.25
21. $\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$		0.17
22. $\text{Pb}^{2+} + \text{S} + 2e^- \rightleftharpoons \text{PbS}$		0.13
23. $\text{Pb}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb} + \text{Sb}^+$		0
24. $\text{Na}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{Na}$		-0.71
25. $\text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightleftharpoons \text{PbS} + 2\text{OH}^-$		-0.47
26. $\text{Pb}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}$		-0.26
27. $\text{Pb}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}$		-0.40
28. $\text{S} + 2e^- \rightleftharpoons \text{S}^{2-}$		-0.14
29. $\text{Pb}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}$		-0.13
30. $\text{Pb}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}$		-0.41
31. $\text{S} + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S} + \text{H}^+ + \text{H}^+$		0.14

ตัวอย่างที่ 9.2

จงคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิกที่มีขั้วลบเป็น  $\text{Pb} + \text{S} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{PbS} + 2\text{OH}^-$  และขั้วบวกเป็น  $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

ตอบ: เมื่อใช้ข้อมูลจากตารางที่ 9.1 จะได้ว่า



โพแทสเซียม	$\text{H}_2\text{O}_1$	1	โพแทสเซียม
	$\text{O}_2$	$8 \times 16 = 128$	โพแทสเซียม
	$\text{H}_2$	$10^2$	โพแทสเซียม

$$\text{มวลรวม} = 2 \times 39 + 128 + 10^2 = 206$$

สูตรเคมีของโพแทสเซียมไดโครเมต

$$E_{\text{KMnO}_4} = \frac{10 \times 159.2}{4} = 398 \text{ mg} \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$= 1.27 \times 10^{-4} \times 10^3 = 0.127 \text{ g}$$

๔. เพื่อใช้วิเคราะห์โพแทสเซียมไดโครเมตโพแทสเซียมไดโครเมตที่มี  $\text{KMnO}_4$  มีผล  $\text{KMnO}_4$  ๐.๖๔๕ กรัม

$\text{KMnO}_4$	$F_{\text{KMnO}_4}$	0.800	โพแทสเซียม
	$F_{\text{KMnO}_4}$	$0.800 + 0.744$	
		0.556	โพแทสเซียม

๕. สัมประสิทธิ์ที่ใช้สังเกตโพแทสเซียมไดโครเมตโพแทสเซียมไดโครเมตที่มี  $\text{KMnO}_4$  มีผล  $\text{KMnO}_4$  ๐.๖๔๕ กรัม และโพแทสเซียมไดโครเมตที่มี  $\text{KMnO}_4$  มีผล  $\text{KMnO}_4$  ๐.๖๔๕ กรัม สัมประสิทธิ์ที่ใช้สังเกตโพแทสเซียมไดโครเมตโพแทสเซียมไดโครเมตที่มี  $\text{KMnO}_4$  มีผล  $\text{KMnO}_4$  ๐.๖๔๕ กรัม

$\text{KMnO}_4$	1	2	4	8
$F_{\text{KMnO}_4}$ (โพแทสเซียม)	0.547	0.551	0.556	0.560

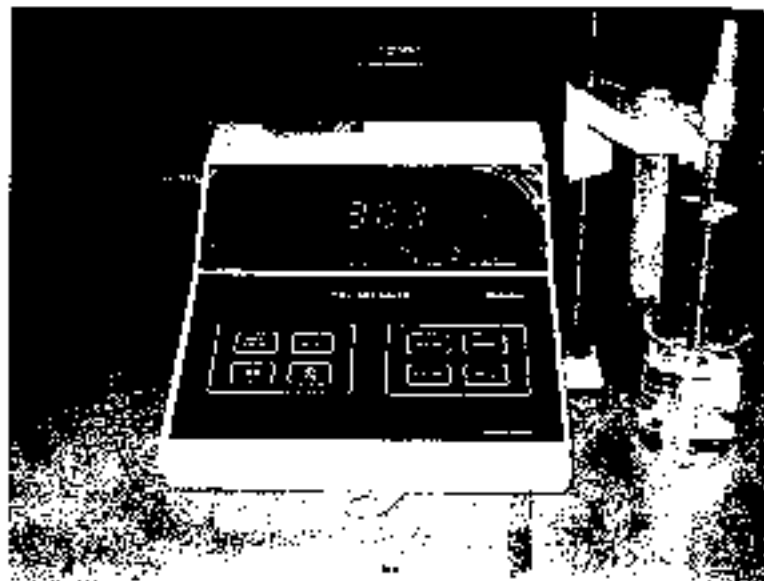












รูปที่ ๑.1 ส่วนประกอบของโวลต์มิเตอร์ แคลสมิเตอร์โพต (Electrode) และแบตเตอรี่

กล่าวโดยสรุปคือการทำงานของโวลต์มิเตอร์นี้ เป็นเพียงการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากปฏิกิริยา Reducant ไปกับ Oxidant ซึ่งทำให้สามารถวัดความต่างศักย์ระหว่าง Reducant หรือ Oxidant ในสภาวะต่าง ๆ และค่าความต่างศักย์ของเซลล์โวลต์มิเตอร์

**9.4.2 เซลล์โวลต์มิเตอร์ (Reference Electrodes)**

เซลล์โวลต์มิเตอร์มี 3 ชนิด คือ H<sub>2</sub> Electrode, Calomel electrode (Hg/Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>/KCl) และ Electrode + Ag/AgCl ผู้ที่วัดหรือทำการไปต้องสนใจค่าศักย์ของอิเล็กโทรดครึ่ง เซลล์ และค่าที่อ้างอิง ค่าอิเล็กโทรดอ้างอิงมีค่าที่ต่างกัน เช่นในโพตัม ซึ่งค่าที่อ้างอิง โวลต์มิเตอร์จะแตกต่างกัน ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์จะรวมค่าศักย์ของเซลล์อ้างอิงเข้าไปด้วย ดังนั้นค่าที่วัดได้จึงเป็นผลรวมของค่าศักย์ของเซลล์อ้างอิงและค่าศักย์ของเซลล์โวลต์มิเตอร์ครึ่งเซลล์ที่เราสนใจ

เคมีอนินทรีย์เล่มที่ ๑

โดยทั่วไปแล้วชุด ที่กล่าวถึงจะมี 3-4 โหมดที่ต่างกัน ซึ่งจะรวมเอาวิธีวัดที่กล่าวถึงใน  
 โหมดอื่นไว้ด้วยเป็นกรณีไป ตัวอย่าง โหมดที่วัดศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ที่มีขั้วอ้างอิง  
 ขั้วอ้างอิงใช้เซลล์อ้างอิงนั้น สามารถวัดศักย์ไฟฟ้าของขั้วอ้างอิงของเซลล์  
 จำนวน ๒-๓ ขั้วต่อเซลล์ได้โดยอัตโนมัติโดยที่ขั้วอ้างอิงใช้ สามารถใส่ขั้วอ้างอิง  
 เป็นขั้วอ้างอิงได้ซึ่งทำให้สะดวกต่อการใช้งานที่วัดโหนด SHE เป็นขั้วอ้างอิงในกรณี  
 เซลล์แบบมาตรฐานที่มีขั้วอ้างอิงเช่นขั้วอ้างอิง Activity ของ Reactant ขั้วอ้างอิงที่ขั้ว  
 โหนด SHE

ขั้วอ้างอิงของเซลล์จะขึ้นอยู่กับความจำเป็นที่วัดหรือเปรียบเทียบความสามารถที่วัดกับ  
 เซลล์ของโหมดที่ 23 ซึ่งขั้วอ้างอิง SHE หรือขั้วอ้างอิงโหนด SHE ในกรณีที่มีขั้วอ้างอิง  
 เป็นขั้วอ้างอิงของเซลล์ (cell) เซลล์ของโหมด 18 จะถูกปรับให้เป็นขั้วอ้างอิงในเซลล์ของ  
 เซลล์ของโหมดที่ 23 และขั้วอ้างอิงโหนด SHE เป็นขั้วอ้างอิงของเซลล์ (cell) เซลล์ของ  
 โหนด SHE เซลล์ของโหมดที่ 23 จะถูกปรับให้เป็นขั้วอ้างอิงในเซลล์ของโหมดที่ 23  
 ซึ่งขั้วอ้างอิงของเซลล์ (cell) เซลล์ของโหมดที่ 23 จะถูกปรับให้เป็นขั้วอ้างอิงใน  
 เซลล์ของโหมดที่ 23 และขั้วอ้างอิงโหนด SHE เป็นขั้วอ้างอิงของเซลล์ (cell) เซลล์  
 ของโหมดที่วัดศักย์ไฟฟ้าของเซลล์โหนด SHE และขั้วอ้างอิงของโหมด SHE

ตารางที่ 9.2 ความต่างศักย์มาตรฐาน E<sup>0</sup> (โวลต์) เทียบ ของอิเล็กโทรดอ้างอิง

ชนิดของขั้วอ้างอิงโหนดอ้างอิง	สมการครึ่งปฏิกิริยา	E <sup>0</sup> (โวลต์) เทียบ
Hg/Hg <sup>2+</sup> (aq) ใน HgCl <sub>2</sub>	Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> (s) + 2e <sup>-</sup> → 2Hg + 2Cl <sup>-</sup>	+244 (KCl 1.0M) (๖)
Ag/AgCl	AgCl(s) + 2e <sup>-</sup> → Ag + 2Cl <sup>-</sup>	+234 (KCl 1.0M) (๖)
	AgCl(s) + 2e <sup>-</sup> → 2Ag + 2Cl <sup>-</sup>	+215 (KCl 3.0M) (๖)
	AgCl(s) + 2e <sup>-</sup> → 2Ag + 2Cl <sup>-</sup>	+199 (KCl 4.0M) (๖)
	AgCl(s) + 2e <sup>-</sup> → 2Ag + 2Cl <sup>-</sup>	+198 (KCl 9.0M) (๖)
โหนดไฮโดรเจน	2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → H <sub>2</sub>	0

(๖) 25°C ความดัน 1 บรรยากาศ

โดยนำเงินค่าแรงผู้รับค่าจ้างในฤดูฝนให้เท่ากับค่าจ้างในฤดูร้อน (L<sub>1</sub>) หรือค่าจ้างที่ผู้  
 ก่อจ้าง SME ผู้จ้างจึงจะระดมแรงงานในการผลิตสินค้าและบริการให้เต็มศักยภาพหรือ  
 โดยผู้ที่มีค่าจ้างจะตัดสินใจจ้างที่ใดจะขึ้นอยู่กับค่าจ้าง SME ที่มีเงินค่าจ้างที่น้อยกว่า  
 ให้สอดคล้องกับค่าจ้างผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อน (L<sub>2</sub>) ดังนี้

$L^0_{H_2}$	=	$L^0_{H_1} = 244$	เมื่อ KCI สัมผัส
$L^0_{Ag}$	=	$L^0_{H_1} = 235$	เมื่อ KC 1 M
	=	$L^0_{H_1} = 199$	เมื่อ KCI 3 M

โดยมี

- $L^0_{H_1}$  ค่าจ้างผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อนที่มีเงินค่าจ้าง SME
- $L^0_{Ag}$  ค่าจ้างผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อนที่มีเงินค่าจ้างผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อน
- $L^0_{Ag}$  ค่าจ้างผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อนที่มีเงินค่าจ้างผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อน Ag AgCI

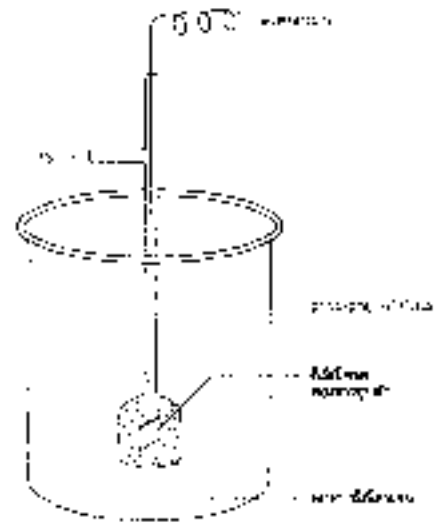
รูปที่ ๑.๒ และ ๑.๓ แสดงจำนวนแรงงานผู้รับค่าจ้างที่จ้าง SME และ SME เป็นค่าจ้าง  
 ผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อน Ag AgCI มีค่าจ้างผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อน

โดยผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อนมีเงินค่าจ้างผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อน Ag AgCI ที่มีเงินค่าจ้าง  
 ผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อน ผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อน ผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อน ผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อน  
 และค่าจ้าง KCI ที่มีเงินค่าจ้างผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อน ผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อน ผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อน  
 3.3V = 0M และเงินค่าจ้าง ผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อน ผู้รับค่าจ้างในฤดูร้อน

โดย รศ.ดร.สุวิภา

ภาควิชาวิศวกรรม

โลหกรรม



รูปที่ ๑.๒ ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก

โดย รศ.ดร.

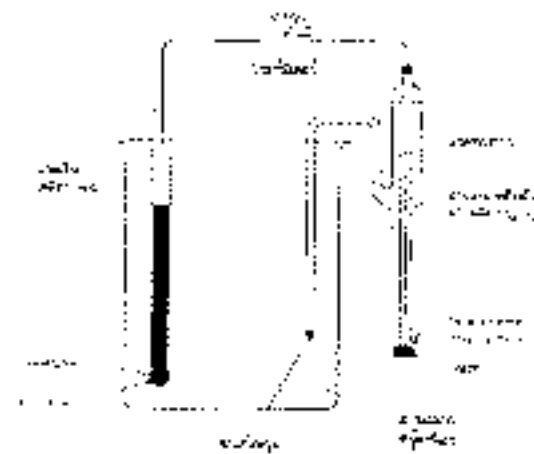
สุวิภา

ภาควิชา

วิศวกรรม

โลหกรรม

และวัสดุศาสตร์



รูปที่ ๑.๓ ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กด้วยเซ็นเซอร์สนามแม่เหล็ก



**Phần 9.3**

Để đo nồng độ của ion amoni trong nước thì sử dụng điện cực chọn lọc của ion amoni và điện cực tham chiếu KCl - Saturated Calomel Electrode. Điện thế của điện cực chọn lọc của ion amoni là 0,560 V so với điện cực tham chiếu.

Điện thế của điện cực chọn lọc của ion amoni là 0,560 V so với điện cực tham chiếu KCl - Saturated Calomel Electrode. Điện thế của điện cực chọn lọc của ion amoni là 0,560 V so với điện cực tham chiếu.

Điện thế của điện cực chọn lọc của ion amoni là 0,560 V so với điện cực tham chiếu KCl - Saturated Calomel Electrode. Điện thế của điện cực chọn lọc của ion amoni là 0,560 V so với điện cực tham chiếu.

EMF	Range	0.502	0.560
	Resolution	0.002	0.001
		0.558	0.560

Điện thế của điện cực chọn lọc của ion amoni là 0,560 V so với điện cực tham chiếu KCl - Saturated Calomel Electrode. Điện thế của điện cực chọn lọc của ion amoni là 0,560 V so với điện cực tham chiếu.

Điện thế của điện cực chọn lọc của ion amoni là 0,560 V so với điện cực tham chiếu KCl - Saturated Calomel Electrode. Điện thế của điện cực chọn lọc của ion amoni là 0,560 V so với điện cực tham chiếu.

180.000	1	2	3	4	5
EMF	0.547	0.551	0.555	0.560	

Điện thế của điện cực chọn lọc của ion amoni là 0,560 V so với điện cực tham chiếu KCl - Saturated Calomel Electrode. Điện thế của điện cực chọn lọc của ion amoni là 0,560 V so với điện cực tham chiếu.

**ตัวอย่างที่ ๑.๔**

จงหา  $\log K_s$  ของดินที่มีเนื้อดินเหนียวปนทราย (2.42% clay) 100 gm ของดินจะ  
 มี  $CaCl_2$  1 M ในเนื้อดินที่ความเข้มข้น  $10^{-4}$  -  $10^{-5}$  โมลลิตร<sup>-1</sup>

$$C_2(OH)^2 + 4H^+ = 2e^- \quad 2(Cr)^2 + 7H_2O = 10H^+ + 13 \text{ ลิตร}^{-1}$$

$$\log K_s = \frac{0.06}{n} \log [C_2(OH)^2 + (H^+)^4 + (Cr)^2]$$

$$10^0 = 0.06 \times 3 \log (0.5 \times 10^{-2}) + 14 \log (10^{-4}) + 2 \log (0.1)$$

$$10^0 = 0.06 \log (0.5 \times 10^{-2}) + 0.14 \times 3 + 0.02 \log (0.1)$$

$$10^0 = 0.06 \log (0.5 \times 10^{-2}) + 0.14 \times 3$$

ค่าคงที่ $K_s$ ของดิน	52
$K_s$ ของดิน $CaCl_2$	$12 \times 20 \times 7 \times 100 = 2.8$

ค่าคงที่ $C_2(OH)^2$	$100 = 40 \times C_2$
	$100 \times 216 = C_2^3$
	$0.5 \times 4 = 20 \times C_2 \times 216^2$
	$2 \times 1 = 216$
	$1.9 \times 10^3$
	$10^2 \times 3 = 100 \times 3$

ค่าคงที่  $C_2(OH)^2$  ของดิน  $100 \times 304 \times C_2^3$

ค่าคงที่ $(H^+)^4 + (Cr)^2$	$10 = 100 = 10$
$\log K_s$	$1.33 = 0.14 \times 2 + 0.02 \log (0.1)$
	$1.35 = 0.28 + 0.01$

ค่าคงที่  $K_s$  ของดินเหนียว

14 100%

เมื่อใช้  $Ag_2Ag_2Cl_2(KCl)$  M เป็นอิเล็กโทรไลต์ จะให้

$$E_{water} = 1.04 - 0.215$$

$$0.825 \quad \text{โวลต์}$$

ข. เมื่อไม่มี  $Cl^-$ 

$$E_{water} = 1.23 - 0.059 \log(C_{Cl^-}/C_{O_2}^{2-}) - 0.14 \text{ pH}$$

$$1.095 - 0.059 \log(10^{-2}/10^{-14}) - 0.14 \times 7$$

$$1.095 - 0.027 - 0.28$$

$$0.788 \quad \text{โวลต์}$$

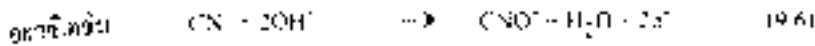
### 9.5 การใช้ ไอออนที ในบำบัดน้ำเสีย

เมื่อบำบัดน้ำเสีย ปฏิบัติวิธีแยกแคะที่ความถี่สูงจึงเป็นอันยากแก่การบำบัดน้ำเสีย การนำวิธีการนี้มาใช้ที่บำบัดน้ำเสียจะเป็นปฏิสัมพันธ์ของไอออนที่มีประจุลบกับประจุบวกที่มีประจุลบที่เรียกว่า Restoring Agent และเมื่อเกิดประจุบวกขึ้นใน Hardening Agent การบำบัดน้ำเสียตามวิธีนี้จะเกิดขึ้นในปฏิกรณ์เซลล์

#### 9.5.1 ปฏิบัติวิธีแยกแคะที่ใช้บำบัดน้ำเสียตามวิธี

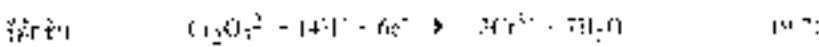
เมื่อทำการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ประจุลบและประจุบวกที่เซลล์ให้ค่าการบำบัดน้ำเสียเป็นร้อยละ 90 ของการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีอื่น

การสังเคราะห์ไนเตรตเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์อันดับแรก  $CN^-$  ดังนี้



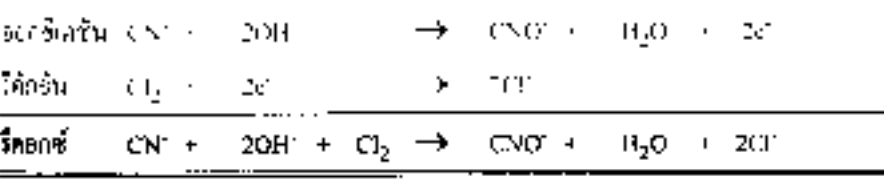
สมการ (9-6) เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันเพราะ  $CN^-$  กลายเป็น  $CNO^-$  และสารเคมีให้ อิเล็กตรอน จึงเรียก  $CN^-$  เป็น a donor และเรียก  $CN^-$  ว่าเป็น Reducing Agent (R.A.)

สมการรีดักชันไนเตรตเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์อันดับแรกที่ 6 หรือ (9-7)



ปฏิกิริยา (9-7) เป็นปฏิกิริยารีดักชันเพราะ  $C_12O_4^{2-}$  เป็นสารรับอิเล็กตรอน สารเคมีให้  $e^-$   $C_12O_4^{2-}$  จึงเป็น Oxidizing Agent (O.A.)

สมการทั้งสองข้างบนเป็นสมการครึ่งปฏิกิริยา (Half Reaction) ถ้าถ้านำมาใส่กันได้เป็นสมการ ไวลด์ซึ่งสมบูรณ์ และมีอิเล็กตรอนที่ได้จากสมการ (9-6) และสมการ (9-7) จะหักล้างกันจนได้สมการเต็มปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ได้สมการ (9-8) จึงเรียกสมการ Half Reaction ว่าเป็นรีดักชันและ ออกซิเดชันจึงจะเป็นสมการไวลด์ที่สมบูรณ์



สมการ (9-8) เป็นสมการ Half Reaction. ที่ไม่มีอิเล็กตรอนเข้ามาจากคู่อิเล็กตรอนเป็น สมการรีดักชันที่สมบูรณ์

เคมีวัตถุของสารเคมีที่เกี่ยวข้อง



ควรจำตามข้อควรระวังว่า น้ำที่ขุ่นเป็นสาเหตุที่มักพบบ่อย นั่นคือจะลดประสิทธิภาพการออกซิไดซ์ ซึ่งจึงสามารถตรวจสอบได้โดยการวัดค่าความขุ่นด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า

ตารางที่ 9.3 ปฏิกริยาบำบัดน้ำเสียที่ระบอบค่าความขุ่นขึ้นอยู่กับสารจับติดตะกอน

ชนิดของสารจับติดตะกอน	ชนิดของปฏิกริยาบำบัดน้ำเสีย
อลูมิเนียม $Al(OH)_3$	ลดโปรตีนของเชื้อจุลินทรีย์
โพแทสเซียม $K_2FeO_4$	ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์
สารจับติดตะกอนสังเคราะห์	สารจับติดตะกอนโปรตีนของจุลินทรีย์ หรือ $Al(OH)_3$ และ $Fe(OH)_3$
สังกะสี $Zn(OH)_2$	ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์
สารจับติดตะกอน	ฟอสฟอรัส

ตารางที่ 9.4 สมการรีดักชันของสารจับติดตะกอน

a) $1/4 O_2(g) + 1/2 H^+(aq) + e^-$	$1/4 H_2(g)$
b) $1/5 NO_3^- + 6/5 H^+(aq) + e^-$	$1/10 N_2(g) + 3/5 H_2O$
c) $1/2 MnO_2(s) + 1/2 HCO_3^-(aq) + 3/2 H^+(aq) + e^-$	$1/2 MnCO_3(s) + H_2O$
d) $1/8 SO_4^{2-} + 5/4 H^+(aq) + e^-$	$1/8 NH_4^+ + 1/4 H_2(g)$
e) $1/8 K_2Cr_2O_7 + 1/4 CO_2(aq) + 3/4 H^+(aq) + e^-$	$1/8 CO_2(g) + 2H_2O$
f) $1/2 Cl_2O + H^+(aq) + e^-$	$1/2 Cl_2(g)$
g) $1/8 SO_4^{2-} + 9/8 H^+(aq) + e^-$	$1/8 H_2S + 1/4 H_2O$
h) $1/8 CO_3^{2-}(g) + 1/4 H_2O + e^-$	$1/8 CH_4(g) + 1/4 H_2(g)$
i) $1/6 N_2 + 4/3 H^+(aq) + e^-$	$1/3 NH_4^+$

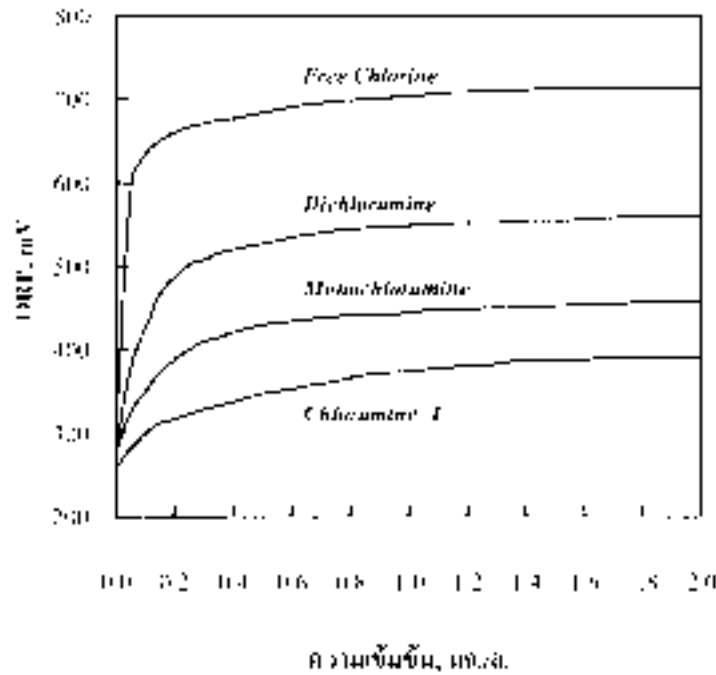
ตารางที่ 9.5 สมการรีดักชันของสารอินทรีย์ลดทอน

(1) $C_2H_5O + 14H^+$	$14CO_2(g) + 3H^+(pH) + e$
(2) $12HCOO^-$	$12CO_2(g) + 12H^+(pH) + e$
(3) $12CH_2O + 12H_2O$	$12HCOO^- + 37H^+(pH) + e$
(4) $12CH_3OH$	$12CH_2O + H^+(pH) + e$
(5) $12CH_3OH + 12H_2O$	$12CO_2(g) + 6H^+(pH) + e$
(6) $18HS^- + 12H_2O$	$18SO_4^{2-} + 98H^+(pH) + e$
(7) $6CO_3S + 23H_2O$	$6CO_2(g) + HCO_3^-(pH) + 2H^+(pH) + e$
(8) $18NH_4^+ + 18H_2O$	$18NO_3^- + 54H^+(pH) + e$
(9) $12MnCO_3(s) + H_2O$	$12MnO_2(s) + 12H^+(pH) + 32H^+(pH) + e$

ตารางที่ 9.6 ปฏิกริยารีดอกซ์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ

ปฏิกริยาบำบัดน้ำเสีย	ผลรวม
Aerobic respiration	(A) + (1)
Denitrification	(3) + (6)
Nitrate reduction	(11) + (6)
Fermentation	(4) + (2)
Sulfate reduction	(3) + (6)
Methane fermentation	(11) + (2)
N-fixation	(11) + (8)
Sulfur oxidation	(A) + (6)
Nitrification	(A) + (8)
Ferrate oxidation	(A) + (9)
Mn(III) oxidation	(A) + (9)

การวัดค่า ORP เป็นการวัดความเข้มข้นของอิเล็กตรอนอิสระในน้ำ ซึ่งมีค่า ORP เฉลี่ยสำหรับน้ำที่บำบัดด้วยวิธีนี้ มีค่า อยู่ระหว่าง ๑๖๐-๑๗๐ มิลลิโวลต์ ซึ่งบ่งชี้ว่าน้ำที่บำบัดด้วยวิธีนี้จะมีค่า ORP สูงสุดอยู่ที่ ๑๖๐ มิลลิโวลต์ และค่าเฉลี่ยของค่า ORP ที่วัดได้จะอยู่ที่ ๑๖๐ มิลลิโวลต์

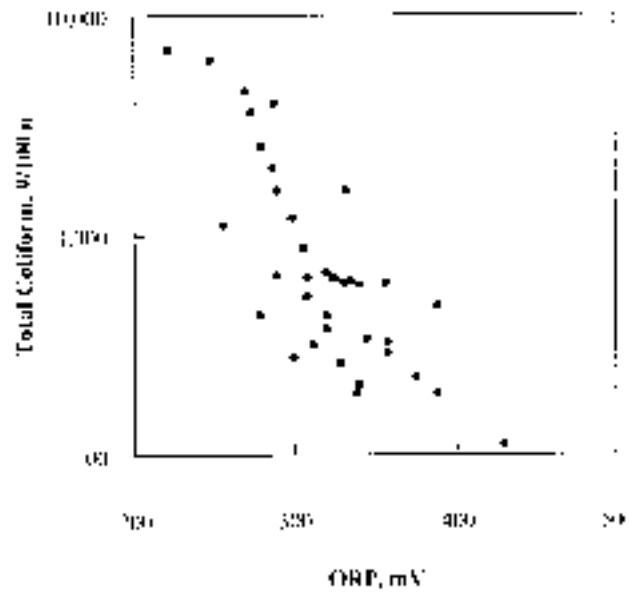


รูปที่ ๑๑.๔ ค่าโอคซาร์ดีของสารประกอบคลอรีนต่างๆ

เมื่อทำการวัดค่า ORP ของน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธีนี้แล้วพบว่าค่าเฉลี่ยของค่า ORP ที่วัดได้จะอยู่ที่ ๑๖๐ มิลลิโวลต์ ซึ่งบ่งชี้ว่าน้ำที่บำบัดด้วยวิธีนี้จะมีค่า ORP สูงสุดอยู่ที่ ๑๖๐ มิลลิโวลต์ และค่าเฉลี่ยของค่า ORP ที่วัดได้จะอยู่ที่ ๑๖๐ มิลลิโวลต์

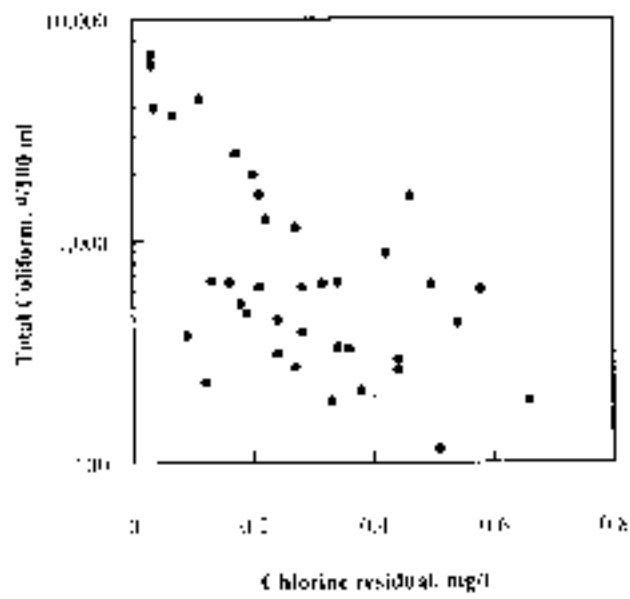


ตัวอย่างรูปที่ 9.5: ความสัมพันธ์ระหว่าง ORP กับ ความเข้มข้นของไอออนเหล็กในน้ำดื่มที่ผลิตจากเครื่องกรองน้ำดื่ม



รูปที่ 9.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า ORP กับ ความเข้มข้นของไอออนเหล็กในน้ำดื่มที่ผลิตจากเครื่องกรองน้ำดื่ม

สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



รูปที่ ๕.๖ ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโคลีฟอร์มที่ทดสอบกับปริมาณคลอรีนตกค้าง

**สภาพค่าง (Alkaline)**

๒๕.1	ทั่วไป	0
๒๕.2	จำนวนสัตว์ผู้ขบสวกค่าง	0
๒๕.2.1	นกขบสวกค่าง	0
๒๕.2.2	นกขบสวกค่างที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ "นกขบสวกค่าง"	0
๒๕.2.3	นกขบสวกค่างในวงศ์นกขบสวกค่าง	0
๒๕.2.4	นกขบสวกค่างในวงศ์นกขบสวกค่าง	0
๒๕.2.5	นกขบสวกค่างในวงศ์นกขบสวกค่าง	0
๒๕.2.6	นกขบสวกค่างในวงศ์นกขบสวกค่าง	0
๒๕.3	พืชนกขบสวกค่าง	0
๒๕.3.1	พืชนกขบสวกค่าง (Inchworm Method)	0
๒๕.3.2	พืชนกขบสวกค่าง (Inchworm Method)	0
๒๕.4	นกขบสวกค่างในวงศ์นกขบสวกค่าง	0
๒๕.4.1	นกขบสวกค่างในวงศ์นกขบสวกค่าง	0
๒๕.4.2	นกขบสวกค่างในวงศ์นกขบสวกค่าง	0
๒๕.4.3	นกขบสวกค่างในวงศ์นกขบสวกค่าง	0
๒๕.5	การเลี้ยงนกขบสวกค่าง	0

### บทที่ 10

## ความด่าง (Alkalinity)

### 10.1 ทฤษฎี

ความด่าง (Alkalinity) หมายถึง ปริมาณของสารประกอบที่เป็นเบสที่ละลายในน้ำ ซึ่งมีสมบัติสามารถรับโปรตอนได้มากกว่าโปรตอนที่มีอยู่ในน้ำบริสุทธิ์ ซึ่งสามารถวัดค่าความด่างได้โดยวิธีต่าง ๆ เช่น วิธีไทเทรชันด้วยกรด หรือวิธีวัดค่าความด่างด้วยค่าความดันไฟฟ้า (pH) โดยทั่วไปแล้วค่าความด่างจะอยู่ในช่วง 0.5 - 2.0 มิลลิโมลต่อลิตร (mmol/L) หรือ 0.5 - 2.0 มิลลิเอควิวเลนต์ต่อลิตร (meq/L) ซึ่งค่าความด่างจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารประกอบที่เป็นเบสที่ละลายในน้ำ

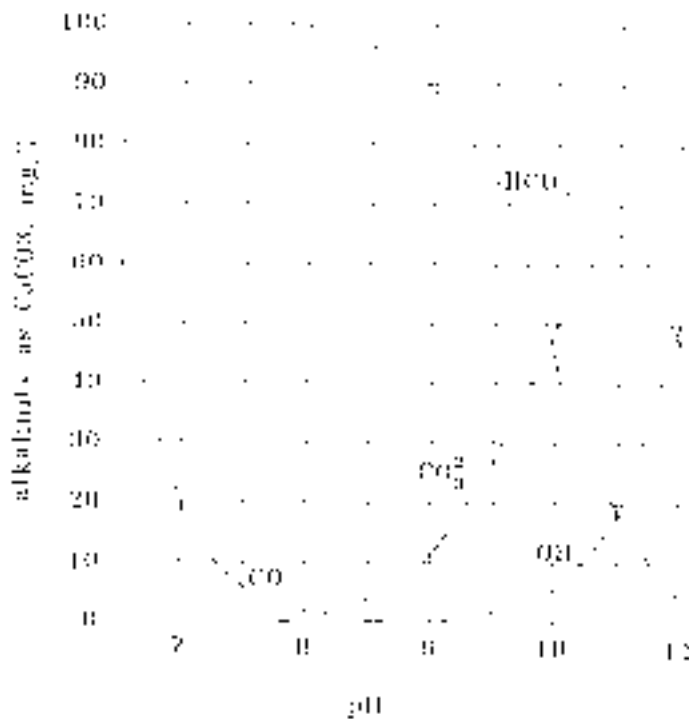
ความด่างในน้ำธรรมชาติ มักเกิดจากคาร์บอเนต (CaCO<sub>3</sub>) และแมกนีเซียมคาร์บอเนต (MgCO<sub>3</sub>) ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาต่อไปนี้ได้

$$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$$

โดยที่ CaCO<sub>3</sub> และ MgCO<sub>3</sub> เป็นสารประกอบที่เป็นเบสที่ละลายในน้ำได้เล็กน้อย และ CO<sub>2</sub> เป็นกรดคาร์บอนิกที่ละลายในน้ำได้เล็กน้อย

ค่าความด่างในน้ำธรรมชาติสามารถวัดค่าได้ด้วยวิธีไทเทรชันด้วยกรด หรือวิธีวัดค่าความด่างด้วยค่าความดันไฟฟ้า (pH) โดยทั่วไปแล้วค่าความด่างจะอยู่ในช่วง 0.5 - 2.0 มิลลิโมลต่อลิตร (mmol/L) หรือ 0.5 - 2.0 มิลลิเอควิวเลนต์ต่อลิตร (meq/L)

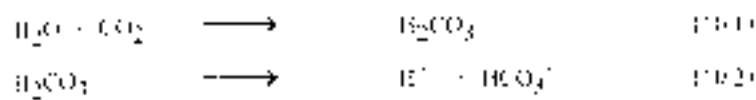
เมื่อ  $\text{OH}^-$  หรือ  $\text{CO}_3^{2-}$  และ  $\text{HCO}_3^-$  เมื่อเทียบกับปริมาณของ  $\text{CaCO}_3$  ที่มีอยู่แล้ว ผลที่ได้ก็จะเป็นสมการที่แสดงถึงปริมาณของสารตั้งต้นที่อยู่ในรูป  $\text{HCO}_3^-$  หรือ  $\text{CO}_3^{2-}$  ที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำ หรือสมการที่  $\text{OH}^-$  หรือ  $\text{CO}_3^{2-}$  มากที่สุด และที่จุดเปลี่ยนที่จุดนี้จะมี  $\text{OH}^-$  และ  $\text{CO}_3^{2-}$  มีปริมาณเป็นกลาง จะมี  $\text{HCO}_3^-$  มากที่สุด สามารถที่จะพิจารณาจากในตัวอย่างที่ 1 และ 2 - 10.5 และ  $\text{CO}_3^{2-}$  มากที่สุด



รูปที่ 10.5 ปริมาณของ  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3^-$  และ  $\text{CO}_3^{2-}$  ที่ระดับ pH ต่างๆ

ผลของความเป็นกรดที่ลดลงในน้ำขรรค์คาร์บอเนต ซึ่งพบในน้ำดื่มบรรจุขวดและเครื่องดื่มอัดลม

- ในสารละลายกรดคาร์บอนิกของเครื่องดื่มอัดลม มีในน้ำเล็กน้อยในรูปไอออนดังนี้



- ในเครื่องดื่มอัดลมของเครื่องดื่มอัดลมที่บรรจุในขวด สิ่งที่อยู่ในรูปไอออนในน้ำดื่มอัดลม



อย่างไรก็ตาม ค่าของ  $\text{pH}$  ของเครื่องดื่มอัดลมที่บรรจุในขวดจะต่ำกว่าค่าความเป็นกรดที่วัดได้เพราะไอออนของ  $\text{Na}^+$  และ  $\text{HCO}_3^-$  จะเกิดสมดุลกับกรดคาร์บอนิกได้เฉพาะในน้ำดื่มอัดลมที่บรรจุในขวด

## 10.2 ความสำคัญของสภาพต่าง

### 10.2.1 บทบาทของกรดคาร์บอนิก

กรดคาร์บอนิกเป็นกรดอ่อนของคาร์บอนิกไดออกไซด์ที่มีค่า  $\text{pK}_a$  ประมาณ 6.35 และ 10.33 ซึ่งค่า  $\text{pH}$  ของน้ำดื่มอัดลมที่บรรจุในขวดจะต่ำกว่าค่าความเป็นกรดที่วัดได้เพราะไอออนของ  $\text{Na}^+$  และ  $\text{HCO}_3^-$  จะเกิดสมดุลกับกรดคาร์บอนิกได้เฉพาะในน้ำดื่มอัดลมที่บรรจุในขวด

๑๕.๒.๒ บทบาทที่มีต่อกระบวนการหมักน้ำคั้น

วิธีการซึ่งบดก้อนด้วยมือแล้วใส่ลงในสโตนเพอร์ไว้ทิ้งไว้ ๓๕ นาทีจากนั้นเติมน้ำคั้นที่คั้นไว้กับกระบวนการคั้นที่เหลือที่เหลือแล้วใส่ลงในของหมัก ๓๖๕ กรัมจากนั้นใส่ลงในกระบวนการบดคั้น ๑ มิถุนายน

๑๕.๒.๒.๑ กระบวนการโคออลูชัน

การเติมโคออลูชันที่มีลักษณะ ยาวเส้นหรือฟิวคูลินไว้สัปดาห์ในการหมัก ๑๕ มิถุนายน (๑๕ มิถุนายน) ซึ่งจะมีขนาดเท่ากับของที่เหลือที่เหลือที่หมักไว้ ๑๕ มิถุนายน และหมักแล้วทิ้งไว้ ๑๕ มิถุนายน และหลังจากนั้นจะจับที่ท่าที่โคออลูชัน มีลักษณะคล้ายกับน้ำคั้นที่มีรสขม

๑๕.๒.๒.๒ กระบวนการปูน-โซดา (Lime-Soda Process)

การเติมปูน-โซดาที่มีลักษณะคล้ายกับน้ำคั้นไว้สัปดาห์ในการหมัก ๑๕ มิถุนายน (๑๕ มิถุนายน) ซึ่งจะมีขนาดเท่ากับของที่เหลือที่เหลือที่หมักไว้ ๑๕ มิถุนายน และหมักแล้วทิ้งไว้ ๑๕ มิถุนายน



การเติมปูน-โซดาที่มีลักษณะคล้ายกับน้ำคั้นไว้สัปดาห์ในการหมัก ๑๕ มิถุนายน (๑๕ มิถุนายน) ซึ่งจะมีขนาดเท่ากับของที่เหลือที่เหลือที่หมักไว้ ๑๕ มิถุนายน และหมักแล้วทิ้งไว้ ๑๕ มิถุนายน

จากนี้ที่การหมักของหมักที่มีลักษณะคล้ายกับน้ำคั้นไว้สัปดาห์ในการหมัก ๑๕ มิถุนายน (๑๕ มิถุนายน) ซึ่งจะมีขนาดเท่ากับของที่เหลือที่เหลือที่หมักไว้ ๑๕ มิถุนายน และหมักแล้วทิ้งไว้ ๑๕ มิถุนายน



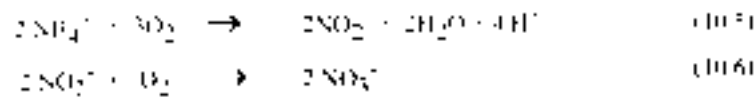


ตารางที่ 10.3 ตัวอย่างของน้ำดิบที่มีสภาพด่างน้อยจนไม่สามารจกำจัดความกระด้าง  
โดยใช้ตัวตกการเติมปูนขาวเพียงอย่างเดียว

สารเคมี	หน่วย	น้ำดิบ	น้ำกรอง
แคลเซียม	มก. ลิตรน้ำ	125	65
แมกนีเซียม	มก. ลิตรน้ำ	65	60
โซเดียม	มก. ลิตรน้ำ	20	20
<b>ผลรวมอิออนบวก</b>	<b>มก./ลิตรน้ำ</b>	<b>210</b>	<b>145</b>
โพแทสเซียม	มก. ลิตรน้ำ	100	0
คลอรีน	มก. ลิตรน้ำ	0	35
ไฮดรอกไซด์	มก. ลิตรน้ำ	0	0
ซัลเฟต	มก. ลิตรน้ำ	60	56
คาร์บอเนต	มก. ลิตรน้ำ	50	50
ไนเตรต	มก. ลิตรน้ำ		
<b>ผลรวมอิออนลบ</b>	<b>มก./ลิตรน้ำ</b>	<b>210</b>	<b>145</b>
สารละลาย M	ลิตรน้ำ	100	35
สารละลาย N	ลิตรน้ำ	0	15
สารละลายไฮดรอกไซด์	ลิตรน้ำ	0	10
น้ำ		2.3	0
ซีเมนต์	มก. ลิตรน้ำ	10	0
เกลือ	ลิตรน้ำ	0.2	ไม่มี
ของแข็งรวมในน้ำดิบ	มก. ลิตรน้ำ	250	165

10.2.5 -กระบวนการไนโตรฟิเคชัน (Nitrification Process)

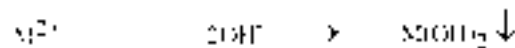
ปฏิกิริยาในกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไหลต่อเนื่องแบบสองถังเป็นไนโตรเจน (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) และไนเตรต (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)



อย่างไรก็ดี สมการที่ (10.5) มีองค์ประกอบของไฮโดรเจนไอออน (H<sup>+</sup>) จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจึงจำเป็นต้องมีองค์ประกอบอื่นที่ช่วยปรับสมดุลไอออนของน้ำที่สร้างขึ้น ในกระบวนการบำบัดน้ำเป็นไนโตรเจนจะเพิ่มสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ (ซึ่งไม่ถูกบำบัดด้วยวิธีการกำจัดคาร์บอน) ลงในกระบวนการนี้

10.2.6 - การตกตะกอนไฮดรอกไซด์ของเหล็กและอลูมิเนียม

โลหะไฮดรอกไซด์ของเหล็กและอลูมิเนียมตกตะกอนกับไฮดรอกไซด์ของเหล็กและอลูมิเนียม

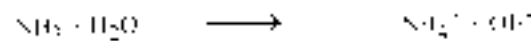


อย่างไรก็ดี (OH<sup>-</sup>) ที่ถูกเติมเข้าไปในน้ำ ไนโตรเจนที่ละลายน้ำจะไม่ตกตะกอนลงพร้อมกับเหล็กและอลูมิเนียมที่ตกตะกอนกับไฮดรอกไซด์ของเหล็กและอลูมิเนียมที่เติมลงไป อย่างไรก็ตาม ไนโตรเจนที่ละลายน้ำจะตกตะกอนกับไฮดรอกไซด์ของเหล็กและอลูมิเนียมที่เติมลงไปพร้อมกับไฮดรอกไซด์ของเหล็กและอลูมิเนียมที่เติมลงไป



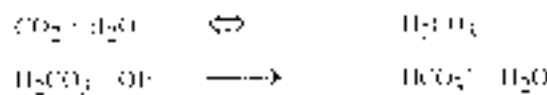






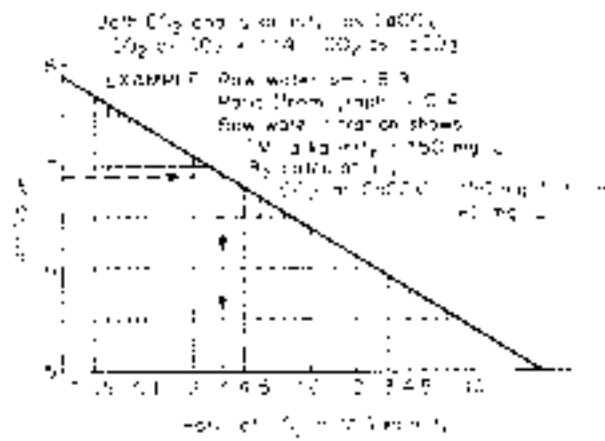
จุดพีเอช (จุดครึ่ง) ใช้สำหรับหาค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) และจุดสมดุลของไฮดรอกไซด์ (OH<sup>-</sup>)

สำหรับกรดคาร์บอนิกใช้สำหรับหาค่าคงที่สมดุลของกรดคาร์บอนิก (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) และคาร์บอเนต (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)  
 กรดคาร์บอนิกคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) สามารถเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอนิก (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) ได้โดยปฏิกิริยาต่อไปนี้



เมื่อ กรดคาร์บอนิก หรือ H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> สัมผัสกับน้ำ จะกลายเป็นกรดคาร์บอนิก

และคาร์บอเนตไฮดรอกไซด์ หรือ กรดคาร์บอนิกสามารถเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอนิกได้อีก



รูปที่ 10.2 จะสามารถหาปริมาณที่อัตราส่วนของ CO<sub>2</sub> ต่อ HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ที่เรา

สามารถหาค่าคงที่สมดุล

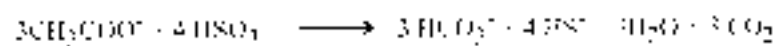
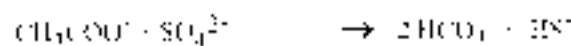
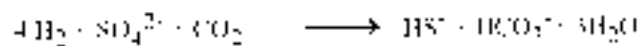
10-2-62. แบคทีเรียได้ CO<sub>2</sub>

ตัวเชื่อมระหว่างปฏิกิริยาเคมีกับปฏิกิริยาชีวเคมีของจุลินทรีย์คือปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์ ซึ่งปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์เหล่านี้มีทั้งที่สังเคราะห์ขึ้นโดยสิ่งมีชีวิตและที่สังเคราะห์ขึ้นโดยสิ่งไม่มีชีวิต (เช่น การสังเคราะห์ CO<sub>2</sub> จาก CH<sub>4</sub>) ซึ่ง CO<sub>2</sub> ที่สังเคราะห์ขึ้นโดยสิ่งมีชีวิตและที่สังเคราะห์ขึ้นโดยสิ่งไม่มีชีวิตสามารถถูกใช้โดยสิ่งมีชีวิตได้เหมือนกัน ตัวอย่างเช่น CO<sub>2</sub> ที่สังเคราะห์ขึ้นโดยสิ่งมีชีวิตสามารถใช้โดยสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ได้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม

การเกิดของกรดคาร์บอนิก (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) และการสลายตัวของ CO<sub>2</sub> ในน้ำมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของ pH ของน้ำในสิ่งแวดล้อม

## 10-2-63. การเกิดกรดคาร์บอนิกที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต

ในการสังเคราะห์กรดคาร์บอนิกที่มีชีวิต (มีชีวิต) และไม่มีชีวิต (ไม่มีชีวิต) (Sulphate Reducing Bacteria) จะมีสมการเคมี (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ที่สังเคราะห์ขึ้นโดยสิ่งมีชีวิตและที่สังเคราะห์ขึ้นโดยสิ่งไม่มีชีวิต

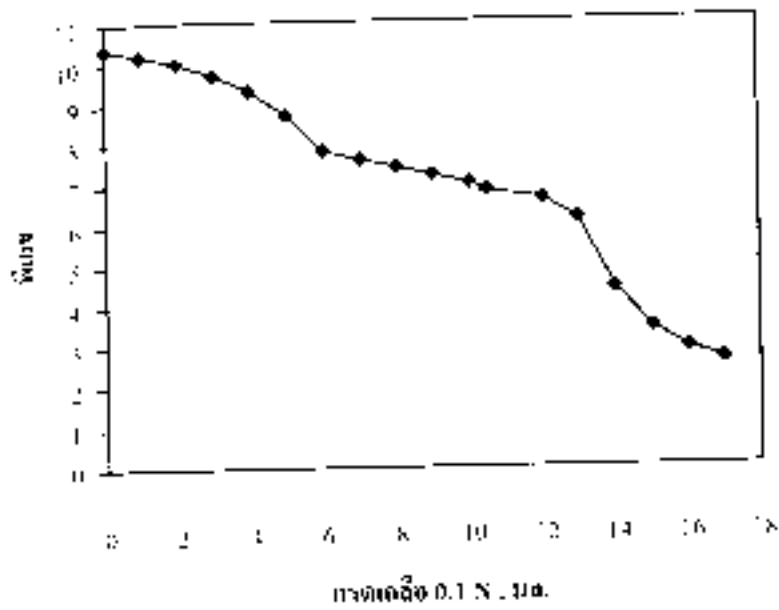


จะเห็นว่าในการสังเคราะห์กรดคาร์บอนิกที่มีชีวิตและที่สังเคราะห์ขึ้นโดยสิ่งไม่มีชีวิต จะใช้กรดคาร์บอนิกที่มีชีวิตและที่สังเคราะห์ขึ้นโดยสิ่งไม่มีชีวิต 1 โมล ในการผลิตกรดคาร์บอนิกที่มีชีวิต 1 โมล และในการผลิตกรดคาร์บอนิกที่มีชีวิต 1 โมล





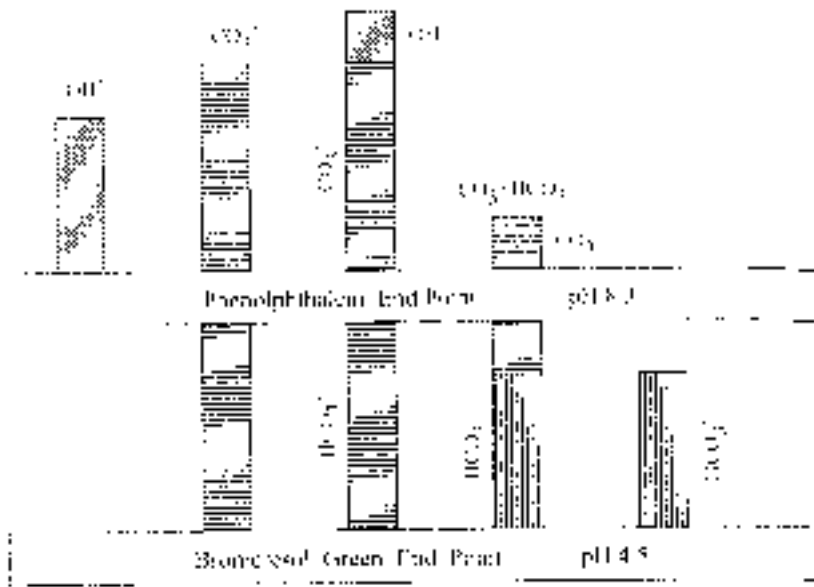




รูปที่ 10.3 การไทเทรตซึ่งพบที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดซึ่งมีจุดยุติ 8.3 และ 4.3

ถ้า  $\text{pH} = 7$  และ  $\text{pH}$  จะขึ้นกับปริมาณของ  $\text{H}_2\text{O}$  และ  $\text{H}^+$  ซึ่งได้แก่  $\text{pH} = \log_{10} [\text{H}^+]$

การไทเทรตซึ่งพบค่าความเป็นกรดใช้ที่  $\text{pH} = 8.3$  และ  $4.3$  ซึ่งได้แก่  $\text{pH} = \log_{10} [\text{H}^+]$



รูปที่ 10.4 ส่วนประกอบของสภาพต่าง ๆ ที่จุดยุติ ที่เลข 8.3 และ 4.5

#### 10.4 การคำนวณความเข้มข้นขององค์ประกอบต่าง ๆ ทางสภาพต่าง

ถ้าได้ค่าค่าเฉลี่ยมา จากแต่ละประเภทที่บอกมาแล้ว 2 ชนิด คือ  $\text{HCO}_3^-$  และ  $\text{CO}_3^{2-}$  มาคูณกับค่าปัจจัย ก็จะได้จำนวนชนิดของสภาพต่าง ๆ แล้วรวมกันทั้งหมด จะได้ค่า 10

ถ้ามีค่า  $\text{HCO}_3^-$  และ  $\text{HCO}_3^-$  มาคูณกับ 3 ก็ได้อีก

- จำนวนของสภาพต่าง ๆ และ สภาพต่าง ๆ
- ค่าขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่ผสมกันแล้ว
- จำนวนของสภาพต่าง ๆ (Equilibrium equation)



วิธีแรกเป็นวิธีที่นิยมใช้ทั่วไปและใช้ได้ง่ายกว่าสำหรับสารละลายที่ความเข้มข้นไม่สูงเกินไปและเมื่อใช้สารละลายที่ความเข้มข้นสูงหรือใช้สารละลายที่มีสีหรือที่ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นใกล้เคียงกับสีของตัวถูกละลายได้จะทำได้ยากกว่าวิธีที่ 2 และ 3 วิธีที่ 2 ใช้สำหรับสารละลายที่ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ต่างกันไม่มากนัก ส่วนวิธีที่ 3 ใช้กับสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำซึ่งสามารถวัดค่าเพียงเล็กน้อยได้

10.4 การคำนวณผลจากกราฟกราฟของ  $pH$  และ  $pOH$

วิธีที่สองและสามใช้  $OH^-$  และ  $HCO_3^-$  ในกรณีของตัวถูกละลายหรือสารละลายที่มี  $OH^-$  ปริมาณสูงหรือมี  $OH^-$  ปริมาณน้อยหรือ  $HCO_3^-$  ปริมาณสูงหรือ  $HCO_3^-$  ปริมาณน้อยหรือ  $HCO_3^-$  ปริมาณสูงหรือ  $HCO_3^-$  ปริมาณน้อย

- $OH^-$
- $CO_3^{2-}$
- $OH^-$  และ  $CO_3^{2-}$
- $CO_3^{2-}$  และ  $HCO_3^-$
- $HCO_3^-$

วิธีคำนวณผลจากกราฟกราฟของ  $HCO_3^-$  และ  $CO_3^{2-}$  และ  $OH^-$  และ  $HCO_3^-$  ในกรณีของสารละลายที่มี  $OH^-$  ปริมาณสูงหรือ  $HCO_3^-$  ปริมาณสูงหรือ  $HCO_3^-$  ปริมาณสูงหรือ  $HCO_3^-$  ปริมาณสูง

กรณีที่ 1

ถ้าสารละลายมี  $OH^-$  หรือ  $HCO_3^-$  ปริมาณสูงหรือ  $HCO_3^-$  ปริมาณสูงหรือ  $HCO_3^-$  ปริมาณสูง

กรณีที่ 2

ถ้าสารละลายมี  $OH^-$  หรือ  $HCO_3^-$  ปริมาณสูงหรือ  $HCO_3^-$  ปริมาณสูงหรือ  $HCO_3^-$  ปริมาณสูง

ตารางที่ III.2 การคำนวณความเข้มข้นของ  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  และ  $\text{OH}^-$  จากค่าสภาพความเป็นกรด-เบส (pH) และสภาพตัวประจุรวม (CT)

กรณีที่	ผลการวัดสภาพค่า	ความเข้มข้น, มก./ล. จิบปูน		
		จากค่าไทเทรต	$\text{OH}^-$	$\text{CO}_3^{2-}$
1	P = 0	0	0	T
2	P = T	พหุคูณ T	0	0
3	P = 2T	0	พหุคูณ P	0
4	P = T/2	0	2P	T - 2P
5	P = T/3	2P - T	T - 2P	0

### กรณีที่ 3

ตัวอย่างที่มีค่า pH สูงกว่า ค่าความเป็นกรด-เบส (P) และ 2 เท่าของ P (P = 0.5 T) แสดงว่ามีความเข้มข้น  $\text{CO}_3^{2-} = 2P$

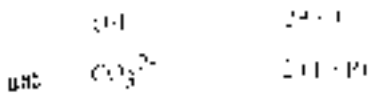
### กรณีที่ 4

ตัวอย่างที่มีค่า pH สูงกว่า 2P และมีค่าของ P เป็นครึ่งหนึ่งของ P = T/2 แสดงว่าค่า  $\text{CO}_3^{2-}$  และ  $\text{HCO}_3^-$  มีค่าเท่ากับค่าความแตกต่างได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{CO}_3^{2-} &= 2P \\ \text{HCO}_3^- &= T - 2P \end{aligned}$$

### กรณีที่ 5

ตัวอย่างที่มีค่า pH สูงกว่า 3P และมีค่าของ P เป็น 1/3 ของค่าของ P = T/3 แสดงว่าค่า  $\text{OH}^-$  และ  $\text{CO}_3^{2-}$  มีค่าเท่ากับค่าความแตกต่างได้ดังนี้



13.2.2 การคำนวณความเข้มข้นของไอออนที่วัดได้  
 ใช้วิธีคำนวณเช่นเดียวกับข้อ 13.2.1 และหาเพียง  $[H_2CO_3^*]$  ได้ดังต่อไปนี้

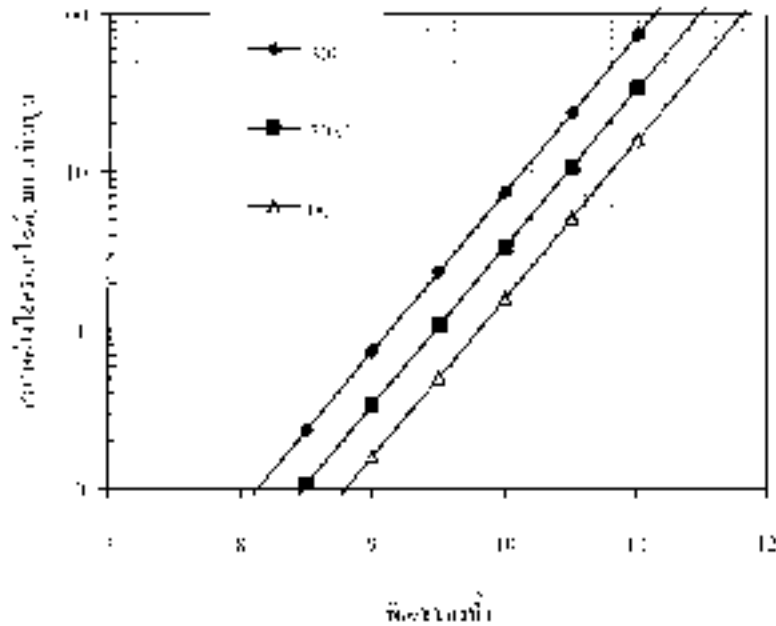
13.2.3 การคำนวณค่า pKa ของกรด  
 เมื่อทราบค่าไอออนที่วัดได้และค่าความเข้มข้นที่วัดได้ของ  $[H_2CO_3^*]$

	$[OH^-]$	$K_a = [H^+]$	
หรือ	pOH	$pK_a = pH$	
	OH <sup>-</sup>	$pH = 14 - pOH$	วิธีที่นิยม
	OH <sup>-</sup>	$50 \times 10^{-6} \times 10^{(pH - pK_a)}$	วิธีที่ง่ายกว่า

โดยที่  $pK_a = 6.35$  ที่อุณหภูมิ 25°C

ค่าความเข้มข้นของไอออนที่วัดได้ของ  $[CO_3^{2-}]$  และ  $[OH^-]$  ใช้คำนวณค่า  $pH$  ซึ่งจะได้ค่า  $pH$  ของสารละลายเป็น 10.38

เมื่อทราบค่า  $K_a$  และค่า  $pH$  ของสารละลายแล้วสามารถคำนวณค่า  $[H_2CO_3^*]$  ได้ดังต่อไปนี้  
 เมื่อวัดความเข้มข้นของไอออนที่วัดได้  $[CO_3^{2-}]$  ที่จุดใดก็ตามจุดหนึ่งของเส้นโค้งแล้วค่า  $[H_2CO_3^*]$  ของสารละลายที่มีค่าความเข้มข้นของไอออนที่วัดได้ของ  $[CO_3^{2-}]$  ในจุดนี้คือค่าความเข้มข้นของไอออนที่วัดได้ของ  $[H_2CO_3^*]$  ที่จุดนั้นด้วย  
 ค่าความเข้มข้นของไอออนที่วัดได้ของ  $[CO_3^{2-}]$  และ  $[OH^-]$  ที่จุดใดก็ตามจุดหนึ่งของเส้นโค้งแล้วค่า  $[H_2CO_3^*]$  ของสารละลายที่มีค่าความเข้มข้นของไอออนที่วัดได้ของ  $[CO_3^{2-}]$  ในจุดนี้คือค่าความเข้มข้นของไอออนที่วัดได้ของ  $[H_2CO_3^*]$  ที่จุดนั้นด้วย



รูปที่ 10.5 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบกับจำนวนอนุภาค

หมายเหตุ: (1) - ค่าที่ได้ในกราฟนี้แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างซ้ำๆ กันหลายๆ ครั้ง

สมการเส้นตรงที่แสดงในกราฟคือ:  $y = 10^{0.5x - 3.5}$

เมื่อค่าของ  $x$  คือ จำนวนรอบที่  $y = 10^{0.5x - 3.5}$  คือ จำนวนอนุภาคที่พบในตัวอย่างที่มีค่าเฉลี่ย  $x$  และค่าของ  $y$  คือ จำนวนอนุภาคที่พบในตัวอย่างที่มีค่าเฉลี่ย  $x$  ตามสมการเส้นตรงที่แสดงในกราฟนี้

สมการเส้นตรงที่แสดงในกราฟ

$$x + y + z = 1 \quad \text{สมการที่ (1) : คูณด้วย } -2 \rightarrow -2x - 2y - 2z = -2$$

โดยที่ P                      สมการที่ (2) บวกด้วยสมการที่ (1) ได้

สมการที่ (2) บวกด้วยสมการที่ (1) ได้  $z = 3$  ใช้ในสมการที่ (1) จะได้  $x + y + 3 = 1 \rightarrow x + y = -2$  ใช้ในสมการที่ (3) จะได้  $x = -2 - y$

เมื่อ  $x = -2 - y$  และ  $z = 3$  ในสมการ

$$2x + 3y + z = 4 \quad \text{จะได้ } 2(-2 - y) + 3y + 3 = 4$$

$$-4 - 2y + 3y + 3 = 4$$

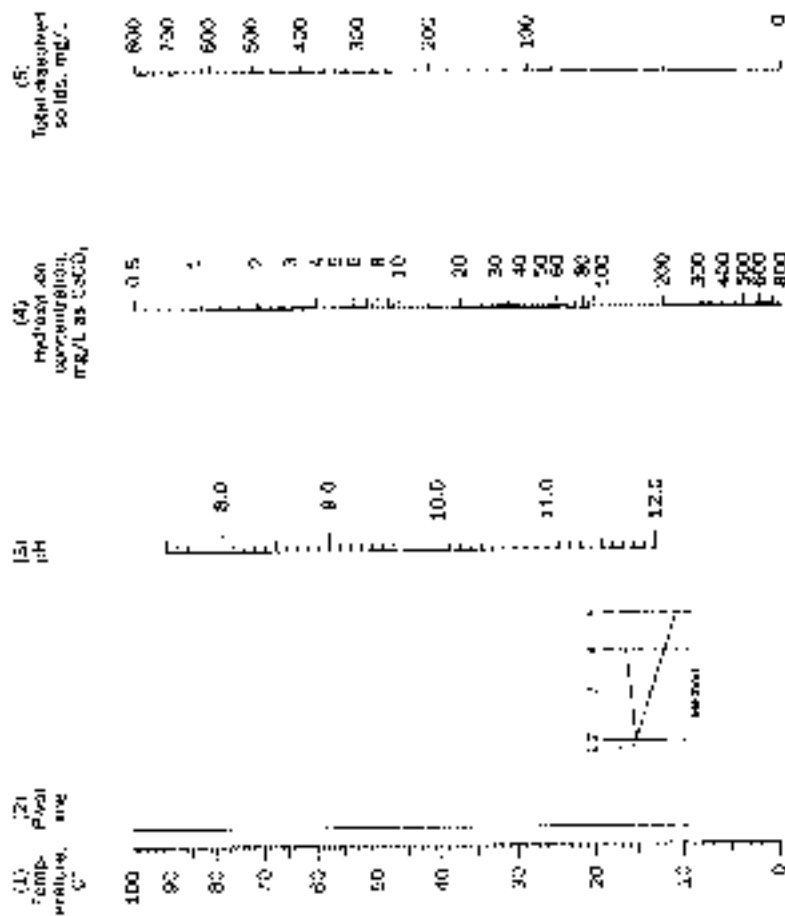
$$-1 + y = 4 \rightarrow y = 5$$

$$x = -2 - 5 = -7$$

โดยที่ T                      สมการที่ (3) แทนค่า  $x = -7$  และ  $z = 3$  ได้

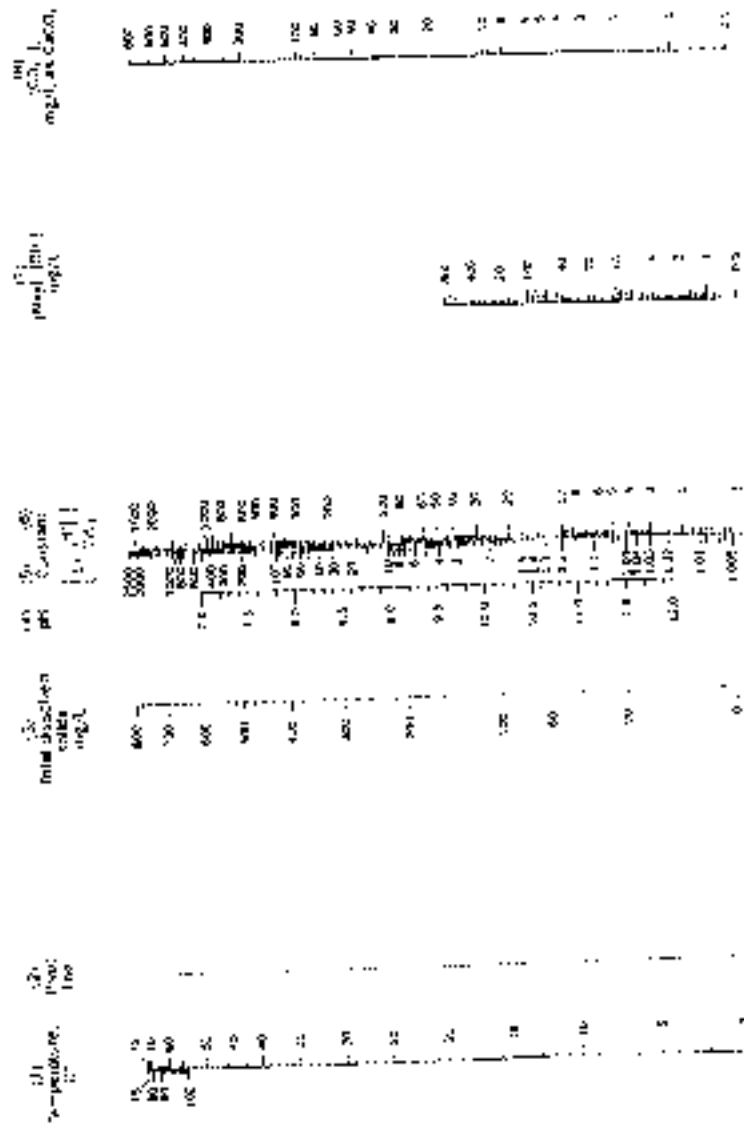
สมการที่ (3) แทนค่า  $x = -7$  และ  $z = 3$  ได้  $-7 + y + 3 = 1 \rightarrow y = 1$  ใช้ในสมการที่ (1) จะได้  $x + 1 + 3 = 1 \rightarrow x = -3$  ใช้ในสมการที่ (2) จะได้  $-3 + y + 3 = 1 \rightarrow y = 1$





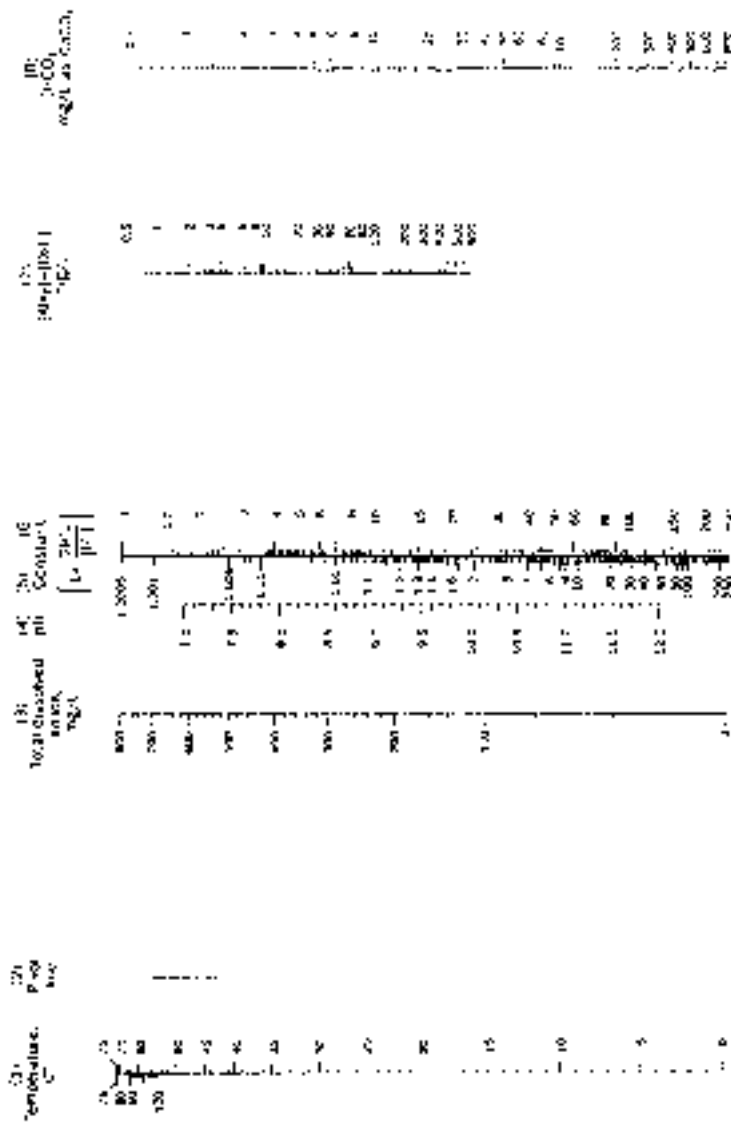
รูปที่ 10.6 ข้อมูลการติดตามคุณภาพน้ำในแม่น้ำสายหลักตอนล่าง

หน้า 10 จาก 34 หน้า



รูปที่ 10.7 ข้อมูลผลวิเคราะห์น้ำประปาเทศบาลเมืองพะเยา ณ สถานี 10

วันที่ 10 กรกฎาคม 2561

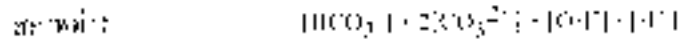


รูป 10.8 ข้อมูลคุณภาพน้ำจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำที่สถานี 11

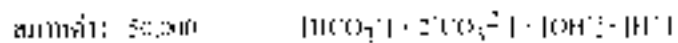
ดร.วิฑูรย์ สงคราม และคณะ

10.4.3 การคำนวณจากสมการสมดุล

จากสมการสมดุล



ควรใส่ประจุลบของไอออนต่างๆอยู่ในรูป [OH<sup>-</sup>] หรือ [H<sup>+</sup>] โมลาร์ (M) ถ้าหากผลต่างเป็นบวกแสดงว่ามีประจุลบมากกว่าจะกลายเป็นดังนี้



ควรใส่ประจุลบของไอออน [CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>] และ [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] ไว้ที่หน้าสมการด้วยเพราะมี H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

$$\begin{aligned} \text{และ } [\text{H}^+][\text{HCO}_3^-] &= [\text{H}_2\text{CO}_3] \quad K_{A1} \\ \text{และ } [\text{OH}^-][\text{H}^+] &= K_w \end{aligned}$$

จากสมการที่ใส่สมการสมดุลของ CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> และ HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{สารละลายคาร์บอเนต 0.5 M} \quad [\text{H}^+] &= 50,000 \left( \frac{K_1 K_2}{K_1 + K_2} \right) [\text{H}^+] + (K_w + [\text{H}^+]) \\ &= ([\text{H}^+] + 2K_{A2}) \\ \text{สารละลายในการคำนวณค่า pH} \quad [\text{H}^+] &= 50,000 \left( \frac{K_1 K_2}{K_1 + K_2} \right) [\text{H}^+] + (K_w + [\text{H}^+]) \\ &= (2K_{A2} + [\text{H}^+]) \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 10.1

คำนวณ pH ของโซลิวชันของกรดคาร์บอนิกที่มีปริมาตร 0.5 ลิตร และเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 25°C

โดย ดร. พงษ์ ใจดี

จากใบวิเคราะห์ปริมาณที่ 1019 2 พบปริมาณที่พบรวม : กรดซัลฟูริก 25% และ TDS 240 mg/l ส่วน 31.7% ไลโซคลอไรด์ A พบ Picolinate เป็น 21.7 พบปริมาณที่พบรวมจุด A พบ ส่วน 2 และพิอซ 3.8 ส่วน 3 ค่าเชื่อมโคเลสเตอรอล 4.9 ไลโซคลอไรด์ OH 3.0 mg/l ปริมาณ ค้างเหลือในรูปที่ 1019

ตัวอย่างที่ 10.2

กรดไขมันรวม  $CaCO_3$  และ  $CaSO_4$  ของตัวอย่าง น้ำดื่มที่มีค่าความเค็มที่ดังนี้

pcf	5.8	
จุดเยือกแข็ง	25	1.7
มวลแห้งของสารทั้งหมด	240	mg/l
ค่าพลาสมาทั้งหมด	-	140
		mg/l ปริมาณ
ค่าความเค็มที่ 10.1	OH	1.0
		mg/l ปริมาณ

จากใบวิเคราะห์ปริมาณที่ 1018 18% ปริมาณของสาร

- สารที่พบรวมที่พบส่วน 1 และส่วน 2 ไลโซคลอไรด์จุดเยือกแข็ง 25% และ TDS 240 mg/l ปริมาณ 31.7% ไลโซคลอไรด์ A พบส่วน 2
- จากปริมาณของเชื่อมจุด A พบส่วน 2 และ ส่วน 4 ที่ 25.7% และค่าเชื่อมโคเลสเตอรอลโคเลสเตอรอล 4.9 ที่จุด B ปริมาณของสาร 5 ไลโซ : 8 ใช้จากรายการจุด C พบส่วน 6 และค่าเชื่อมส่วน 7
- ไลโซคลอไรด์ที่พบส่วน 5 เป็นจุดของส่วน 6 สารที่พบรวมที่รวมจุดของส่วน 6 และส่วน 7 ที่ จุด  $CaSO_4 + OH = 140 + 1.0 = 141.4$  mg/l และค่าเชื่อมโคเลสเตอรอลที่จุด A ซึ่งจุด A ที่ได้ คือ  $HCO_3^-$  หรือ  $HCO_3^- = 82$  mg/l วิธีคำนวณปริมาณค่ารวมเหลืออยู่ในรูปที่ 1019

น้ำแข็งละลาย	สมการเคมี		1.30	mol	ส. หินปูน
	$\text{CO}_2$		3.0	mol	ส. หินปูน
น้ำ	$\text{HCO}_3^-$	-	82.0	mol	ส. หินปูน
หินปูน	$\text{CO}_3^{2-}$	-	1.30	3.82	
			8.5	1.0	mol หินปูน

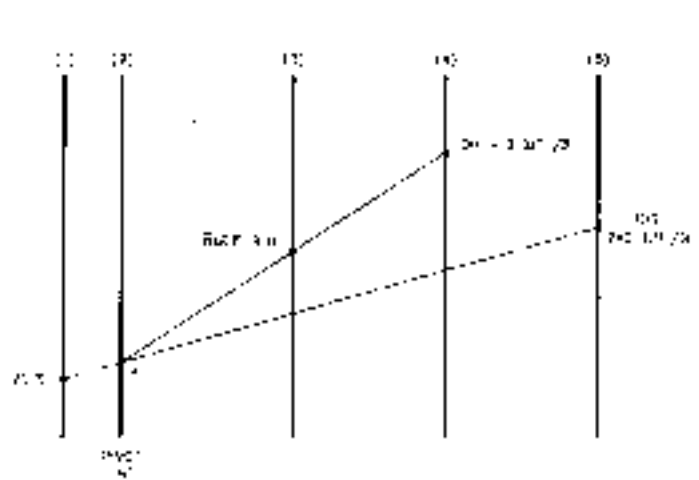
### 10.5 การเติมสารเคมีเพื่อปรับสภาพน้ำ

ถ้าใช้สารเคมีสำหรับปรับสภาพน้ำที่ทราบค่าความกรดคำนวณได้ ดังนี้

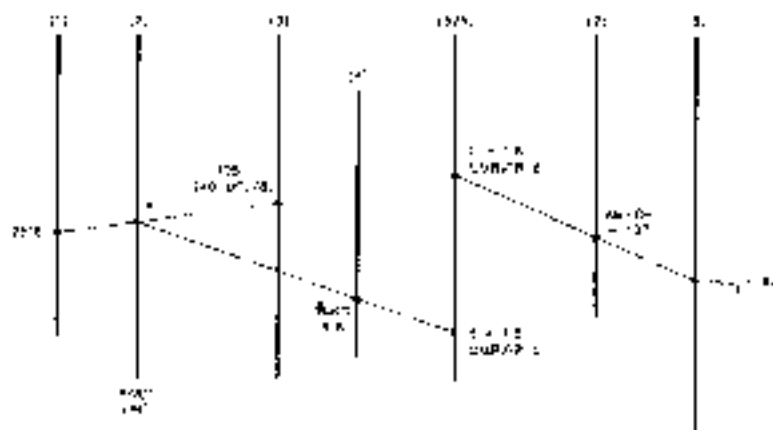
$$\begin{aligned} \text{Alkalinity} &= [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}^+] & 1.0 \text{ eq/L} \\ \text{หรือ} &= [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] - [\text{OH}^-] + [\text{H}^+] & 1.0 \text{ eq/L} \end{aligned}$$

สมการที่ 10-39 และ 10-40 จะช่วยทำนายว่าความเข้มข้นของกรดมีผลต่อค่าในสมการ 10-39 มีปฏิกิริยาที่ซับซ้อน (Equilibrium) พยายาม คำนวณ เช่น mol. 0 หินปูน, สมดุลคือ  $[\text{CO}_3^{2-}]$  เพิ่มขึ้น ส่วนของกรดที่จุดตัดในสมการ 10-40 มีหน่วยโมลต่อลิตร (mol/L)

กรดที่มีค่าที่ลดลงทำให้มีผลเป็นส่วนใหญ่ของของกรดที่เติมเข้ามาโดยจะลดค่าของ  $\text{pH}$  ของสารละลายและส่งผลต่อค่าของ  $[\text{CO}_3^{2-}]$  และ  $[\text{HCO}_3^-]$  เช่น สารละลายของ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ถ้าใช้  $[\text{CO}_3^{2-}]$  เพิ่มขึ้น  $[\text{HCO}_3^-]$  จะเพิ่มขึ้นด้วย ในผลหาร  $\text{pH}$  ที่เพิ่มขึ้น  $[\text{CO}_3^{2-}]$  เป็นสารละลายที่รวม  $[\text{CO}_3^{2-}]$  และ  $[\text{HCO}_3^-]$  หรือการเติมสารละลายกรดที่เติมใช้



รูปที่ 10.9 วิธีคำนวณค่าของ  $M_{CD}$  ตามตัวอย่างที่ 10.1



รูปที่ 10.10 วิธีคำนวณค่า  $M_{CD}$  ตามตัวอย่างที่ 10.2

ดังนี้คือ สารประกอบไอออนิก มีผลต่อสมบัติของสารที่มีผลต่อสมบัติของสารประกอบไอออนิก ดังนี้

คุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกจะแตกต่างกันไปตามชนิดของสารประกอบไอออนิก ดังนี้

1. จุดหลอมเหลวสูง เพราะมีแรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกและลบที่แข็งแรงมาก

2. จุดเดือดสูง เพราะมีแรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกและลบที่แข็งแรงมาก

3. ละลายน้ำได้ดี เพราะไอออนบวกและลบสามารถแยกตัวออกจากกันได้ง่าย

4. นำไฟฟ้าได้ เพราะไอออนบวกและลบสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ

5. มีสมบัติเป็นกรดหรือเบสได้ เพราะไอออนบวกและลบสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำได้

ตัวอย่างการนำไอออนิกไปใช้ในชีวิตประจำวัน

ตัวอย่างที่ ๑:  $\text{NaCl}$  (เกลือแกง) ใช้ปรุงรสอาหาร

ตัวอย่างที่ ๒:  $\text{CaCO}_3$  (หินปูน) ใช้ทำปูนซีเมนต์

ตารางที่ ๓.๒.๓ การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกที่เกิดจากการเติมสารเคมีที่ระบุ

สารประกอบไอออนิก	สารเคมีที่เติม (ชนิดของสารเคมี)		
	กรด	เบส	เกลือ
$\text{CaCO}_3$	X		
$\text{NaCl}$		X	
$\text{Na}_2\text{CO}_3$		X	
$\text{Na}_2\text{SO}_4$			X
$\text{CaCl}_2$			X
$\text{CaCO}_3$ (หินปูน)	X		
$\text{CaCO}_3$ (หินปูน)	X		



## ตัวอย่างที่ 10.3

มีน้ำที่มีคลอรีนอิสระ (คลอรีน) 15 มก./ลิ. และ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  30 มก./ลิ. ทำ  
 ให้มีความเค็มเท่ากับ  $\text{CaCO}_3$  50.0 มก./ลิ. แล้วใส่คลอรีนอีก ๑๑ มก./ลิ. ที่ค่าความเค็ม

คลอรีนที่จุดเริ่มต้น	15	มก./ลิ.
คลอรีนที่เติมเข้า	30	มก./ลิ.
ความเค็มที่จุดเริ่มต้น	5	มก./ลิ.
ความเค็ม (m) - ความเค็มจุดเริ่มต้น	15 - 50	มก./ลิ.
	40	มก./ลิ.

## ตัวอย่างที่ 10.4

เมื่อใส่  $\text{CaCO}_3$  35 มก./ลิ.  $\text{CaCl}_2$  50 มก./ลิ. เข้าไปในน้ำที่มีคลอรีนที่จุดเริ่มต้น

เมื่อใส่ คลอรีนที่มี  $\text{H}^+$  และ  $\text{OH}^-$  จำนวนเท่ากัน ดังนั้น จะสามารถ

ความเค็มที่จุดเริ่มต้น  $m = 0 = \text{OH}^- - \text{H}^+ = 0$

เมื่อใส่  $\text{CaCO}_3$  35 มก./ลิ. และ  $\text{CaCl}_2$  50 มก./ลิ. เข้าไปในน้ำที่มีคลอรีน  $\text{CO}_2$

ในค่าความเค็ม

ความเค็มที่จุดเริ่มต้น  $m = 0$

เมื่อใส่  $\text{CaCO}_3$  35 มก./ลิ. และ  $\text{CaCl}_2$  50 มก./ลิ. เข้าไปในน้ำที่มี

คลอรีน  $\text{CO}_2$  ในค่าความเค็ม  $m = 0 = 0 = 0$

จึงได้ว่า คลอรีนที่จุดเริ่มต้น คือ คลอรีนที่มีคลอรีนอิสระเท่ากับ ความเค็มที่จุดเริ่มต้น

ความเค็มที่จุดเริ่มต้น

ฟังก์ชันของตัวเติม ได้แก่ ควบคุมปริมาตร, ควบคุมการบวมตัวของฟิล์มเคลือบ, ควบคุมการไหลของฟิล์มเคลือบ, ควบคุมสีของฟิล์มเคลือบ, ควบคุมความแข็งแรงของฟิล์มเคลือบ, ควบคุมการยึดเกาะ

ตารางที่ 10.4 การเพิ่มสภาพกรดและสภาพด่างแก่การเติมสารประกอบกรดและด่าง

สารเติม	สูตรเคมี	เติมสารเคมี 1 มก./g	
		เพิ่มสภาพด่าง	เพิ่มสภาพกรด
Calcium Carbonate	$CaCO_3$	1.0	-
Calcium Oxide	$CaO$	1.5	-
Calcium Hydroxide	$Ca(OH)_2$	1.75	-
Magnesium Oxide	$MgO$	2.0	-
Magnesium Hydroxide	$Mg(OH)_2$	1.0	-
Dioctate (Dyckine)	$2Ca(OH)_2 / Mg(OH)_2$	2.0	-
Sodium Hydrated Lime	$[Ca(OH)_2]_{0.9}$	1.5	-
	$[Mg(OH)_2]_{0.4}$		
Sodium Hydroxide	$NaOH$	1.25	-
Sodium Bicarbonate	$NaHCO_3$	2.0	-
Sodium Carbonate	$Na_2CO_3$	1.0	-
Carbon Dioxide	$CO_2$	-	1
Sulfuric Acid	$H_2SO_4$	-	1.2
Hydrochloric Acid	$HCl$	-	1.2
Nitric Acid	$HNO_3$	-	1.1

**ตัวอย่างที่ 10.5**

ตัวอย่างที่มีจุดกึ่งกลางมวลอยู่ที่  $(1.00 \text{ ม.}, 2.00 \text{ ม.})$  และที่ มวลรวมทั้งหมดเท่ากับ  $25 \text{ มก.}$  พิจารณาในข้อ  
 ข และ ค ตัวอย่างที่มีจุดกึ่งกลางมวลอยู่ที่  $(1.00 \text{ ม.}, 2.00 \text{ ม.})$  และที่ มวลรวมทั้งหมดเท่ากับ  $25 \text{ มก.}$  พิจารณาในข้อ

ก ให้มวลของมวล  $A$  ที่มีจุดกึ่งกลางมวลที่  $(1.00 \text{ ม.}, 2.00 \text{ ม.})$  และที่ มวลรวมทั้งหมดเท่ากับ  $25 \text{ มก.}$  เป็น  $5 \text{ มก.}$   $\text{CaCO}_3$

ข ให้มวลของมวล  $B$  ที่มีจุดกึ่งกลางมวลที่  $(1.00 \text{ ม.}, 2.00 \text{ ม.})$  และที่ มวลรวมทั้งหมดเท่ากับ  $25 \text{ มก.}$  เป็น  $5 \text{ มก.}$   $\text{CaCO}_3$  และ  $20 \text{ มก.}$   $\text{CaCl}_2$

นอกจากนี้มวลของมวล  $A$  และ  $B$  ในข้อ ก และ ข มีค่า  $5 \text{ มก.}$  และ  $20 \text{ มก.}$  ตามลำดับ ซึ่งได้  
 มีค่ามวลของมวลที่จุดกึ่งกลางมวลที่  $(1.00 \text{ ม.}, 2.00 \text{ ม.})$  และที่ มวลรวมทั้งหมดเท่ากับ  $25 \text{ มก.}$  และ  
 มวลของมวล  $A$  และ  $B$  ในข้อ ก และ ข มีค่า  $5 \text{ มก.}$  และ  $20 \text{ มก.}$  ตามลำดับ ซึ่งได้  
 มีค่ามวลของมวลที่จุดกึ่งกลางมวลที่  $(1.00 \text{ ม.}, 2.00 \text{ ม.})$  และที่ มวลรวมทั้งหมดเท่ากับ  $25 \text{ มก.}$

**ตารางที่ 10.5** การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของระบบพหุภาค

สารเคมี A mol/L	ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น	โมลของมวลที่เปลี่ยนแปลง	
		จำนวนโมลที่เปลี่ยนแปลง, mol, CaCl <sub>2</sub> และ CaCO <sub>3</sub>	
		ลบ	บวก
$\text{CaCO}_3$	$\text{CaCO}_3$	-0.25X	+0.25X
$\text{CaCl}_2$	$\text{CaCl}_2$	+0.50X	-0.50X
$\text{Ca}^{2+}$	แคลเซียม $\text{Ca}^{2+}$	+0.50X	-0.50X
$\text{Mg}^{2+}$	แมกนีเซียม $\text{Mg}^{2+}$	-1.50X	+1.50X

**สภาพกรดและการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (Acidity and Carbon Dioxide)**

11.1.1.1 สภาพกรดรวมทั้งหมด	1
11.1.1.1.1 สภาพกรดคาร์บอน (Carbon Dioxide Acidity)	1
11.1.1.1.2 สภาพกรดแร่ (Mineral Acidity)	1
11.2 สภาพกรดในตะกอน	1
11.2.1 สภาพกรดในตะกอน	1
11.2.1.1 สภาพกรดคาร์บอนในตะกอน	1
11.2.1.2 สภาพกรดแร่ในตะกอน	1
11.2.2 สภาพกรดในตะกอนรวม	11
11.2.2.1 การใช้วิธีไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	11
11.2.2.2 การใช้วิธีไทเทรตด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต	1
11.2.2.3 การใช้วิธีไทเทรตด้วยสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต	1
11.2.2.4 การใช้วิธีไทเทรตด้วยสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตในสภาวะที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1
11.3 การใช้วิธีไทเทรตด้วยสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต	1
11.3.1 การใช้วิธีไทเทรตด้วยสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต	1
11.3.2 การใช้วิธีไทเทรตด้วยสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตในสภาวะที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1
11.4 การใช้วิธีไทเทรตด้วยสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต	1
11.4.1 การใช้วิธีไทเทรตด้วยสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต	1
11.4.2 การใช้วิธีไทเทรตด้วยสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตในสภาวะที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1

**สภาพกรดและคาร์บอนไดออกไซด์ (Acidity and Carbon Dioxide)**

11.1 การวัดค่าความเป็นกรดและค่าความเป็นด่าง	11.7
11.1.1 การวัดความเป็นกรด-ด่างโดยค่า pH	11.7
11.1.2 วิธีวัดค่าความเป็นกรดและค่า pH	11.21
11.1.3 วิธีวัดค่าความเป็นกรดและค่า pH ในน้ำดื่ม	11.21
11.2 การวัดค่าความเค็ม	11.21
11.2.1 วิธีไทเทรชันด้วยสารละลายของกรดและด่าง	11.21
11.2.2 วิธีแก้ววัด	11.25
11.2.3 วิธีความนำไฟฟ้า วัดค่าความเป็นด่าง	11.29

### บทที่ 11

#### สภาพกรดและคาร์บอนไดออกไซด์ (Acidity and Carbon Dioxide)

สภาพกรด หมายถึง สมบัติของสารประกอบที่มีไฮโดรเจน ( $H^+$ ) ที่สามารถให้โปรตอน (อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ) แก่สปีชีส์อื่นได้ ปฏิกิริยาของกรดกับเบสจะก่อให้เกิดเกลือและน้ำ กรดคาร์บอนิก ( $H_2CO_3$ ) เป็นกรดอ่อนที่มีอยู่ในน้ำดื่มและเครื่องดื่มอัดลม กรดคาร์บอนิกสามารถแตกตัวเป็นไฮโดรเจนคาร์บอเนต ( $HCO_3^-$ ) และคาร์บอเนต ( $CO_3^{2-}$ ) ได้ กรดคาร์บอนิกมีบทบาทสำคัญในวัฏจักรคาร์บอนและในกระบวนการทางชีวเคมีหลายอย่าง

ตัวอย่างของกรดคาร์บอนิกที่มีไฮโดรเจน ( $H^+$ ) สามารถให้โปรตอนแก่สปีชีส์อื่นได้ เช่น  $H_2O$ ,  $OH^-$ ,  $CH_3COOH$ ,  $FeCO_3$  เป็นต้น กรดคาร์บอนิกมีสมบัติการละลายที่

#### 11.1 ประเภทของสภาพกรด

สภาพกรดในน้ำมี 2 ประเภทคือ สภาพกรดอ่อน และ สภาพกรดแข็ง

##### 11.1.1 สภาพกรดอ่อน (Carbon Dioxide Acidity)

สภาพกรดอ่อนเป็นกรดคาร์บอนิก ( $H_2CO_3$ ) ที่เกิดจากคาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) ที่ละลายในน้ำ กรดคาร์บอนิกสามารถแตกตัวเป็นไฮโดรเจนคาร์บอเนต ( $HCO_3^-$ ) และคาร์บอเนต ( $CO_3^{2-}$ ) ได้ กรดคาร์บอนิกมีสมบัติการละลายที่ต่ำและสามารถเกิดปฏิกิริยากับเบสได้ กรดคาร์บอนิกมีบทบาทสำคัญในวัฏจักรคาร์บอนและในกระบวนการทางชีวเคมีหลายอย่าง

11.1.2 สภาวะกรด (Mineral Acidity)

สภาวะกรดเป็นสภาวะที่นิยมนำมาใช้เป็นกรณีศึกษา H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl ที่มีธรรมชาติเป็นกรดแก่และ น้ำฝนที่เป็นกรดตามปริมาณที่ตกลงมาจะส่งผลให้พืชสามารถดูดน้ำของพืชได้ยาก เมื่อเวลา CO<sub>2</sub> ในอากาศละลายกับน้ำฝนจะได้กรดคาร์บอนิกซึ่งมีความเป็นกรดอ่อนๆ แต่เมื่อเวลาผ่านไปจะเกิดกรดซัลฟูริกและกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเป็นกรดสูงซึ่งสามารถกัดกร่อนสิ่งมีชีวิตในน้ำได้ และทำให้ดินมีความเป็นกรด

11.2 การบ่อนทำลายของหิน

การบ่อนทำลายของหินเป็นสภาวะที่พบได้บ่อยตามธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหินปูนและหินอ่อนซึ่งมีซิลิเกตในปริมาณที่น้อย การบ่อนทำลายของหินเกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น การเกิดกรดคาร์บอนิกจาก CO<sub>2</sub> ในอากาศที่ละลายกับน้ำฝน ซึ่งสามารถกัดกร่อนหินปูนและหินอ่อนได้ นอกจากนี้ การบ่อนทำลายของหินยังสามารถเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล และการใช้ปุ๋ยเคมีในเกษตรกรรม

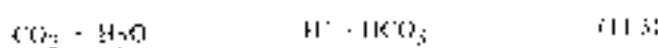
ตารางที่ 11.1 ความเข้มข้น CO<sub>2</sub> และค่าดัชนีที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ °C.	CO <sub>2</sub> ละลายน้ำ (มก./ล.)
0	10
5	9.91
10	9.76
15	9.65
20	9.56
25	9.48
30	9.42

ปฏิกิริยาของไดออกไซด์ของคาร์บอนในน้ำ



ปฏิกิริยาของ  $\text{CO}_2$  และ  $\text{H}_2\text{O}$  เกิดขึ้นได้ปฏิกิริยาของ  $\text{CO}_2$  กับ  $\text{H}_2\text{O}$  เปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอนิก ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) แต่การคำนวณที่คิดคำนวณจากค่าที่ได้ใน ๓๐ องศาเซลเซียสของ  $\text{CO}_2$  จึงอาจเขียนใหม่ได้ดังนี้



น้ำดื่มที่มี  $\text{CO}_2$  ๐.๘๘ ม.ล. ละลายในน้ำ และ  $K_1 = 10^{-6.35}$  มีอุณหภูมิ ๒๕°C จะมีค่า pH เท่ากับ ๖.๗ จึงสามารถพิสูจน์ได้ว่าน้ำดื่มนี้

	[ $\text{CO}_2$ ]	๐.๘๘	ม.ล.
		$0.88 \times 10^3 = 88$	โมล/ลิตร
		$10^{-6.35}$	โมล/ลิตร
จำนวน	$[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-] \times 10^{-6.35}$		
	$[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]$	$10^{-6.35}$	
เมื่อเราใส่	$[\text{H}^+]$	$[\text{HCO}_3^-]$	
	$10^{-7}$	$10^{-11.35}$	
	$[\text{H}^+]$	$10^{-11.35}$	
	pH	๖.๖๕	

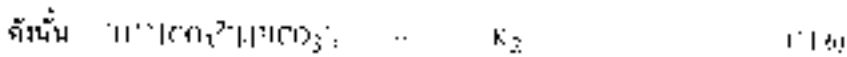


มี  $\text{CO}_2$  ละลายน้อยกว่า และค่าพีเอชของน้ำจะยิ่งลดลง เช่น  $\text{CO}_2$  ละลายน้อยกว่าในน้ำที่ pH 7.38 เมื่อเทียบกับน้ำที่ pH 7.35 ค่าพีเอชของน้ำจะลดลงถึง 4.8 หน่วยพีเอชตาม โดยทั่วไป: มีฤทธิ์  $\text{CO}_2$  ละลายน้อยกว่าค่า 4.5

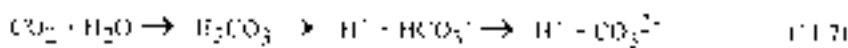
มีค่าความเป็นกรด ( $\text{HCO}_3^-$ ) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาของคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำตามสมการต่อไปนี้



โดยมีค่าคงที่สมดุล  $K_2$  เท่ากับ  $10^{-10.3}$  ที่อุณหภูมิ 25°C



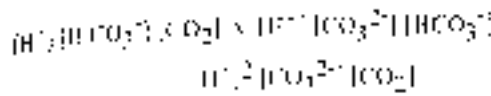
ค่าของไอออนสูงสามารถละลาย  $\text{CO}_2$  ในน้ำทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีต่อไปนี้ ได้ตามลำดับดังนี้



ปฏิกิริยาที่แสดงข้างต้นไปปฏิบัติกันตามลำดับกันจากซ้ายไปขวา จึงมีค่าแล้ว การละลายน้ำของ  $\text{CO}_2$  ทำให้มีผลของบัฟเฟอร์: ในเซลล์ของกล้ามเนื้อ ซึ่งค่าพีเอชคือ 7.38  $\text{CO}_2$  ละลายน้อยกว่าเล็กน้อย ในการปฏิบัติที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่า 4.5 หน่วยพีเอช  $\text{CO}_2$  ละลายน้อยกว่า แต่จะมี  $\text{CO}_3^{2-}$  บ้างบ้าง

จากผลสรุปจะเห็นว่าสมการ (11.6) และ (11.7) จะได้ว่า

0. ผลของ  $\text{CO}_2$  ที่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิสูง

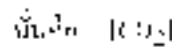


$$K_1 \times K_2 = 10^{-6.35} \times 10^{-10.33} = 10^{-16.68}$$

0. ผลของ  $\text{CO}_2$  ที่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิสูง

ไฮโดรคาร์บอนที่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิสูงจะเกิด  $\text{CO}_2$  ที่ละลายในน้ำ  $\text{CO}_3^{2-}$  หรือ  $\text{CO}_2$  ที่ละลายในน้ำ และ  $\text{CO}_3^{2-}$  ที่มีผลต่อการเกิดไฮโดรคาร์บอน

(11.5)



ผลของ  $\text{CO}_2$  ที่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิสูง



$$10^{-10.33}$$

(11.6)



$$8.34$$

0. ผลของ  $\text{CO}_2$  ที่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิสูง

การเกิดไฮโดรคาร์บอนที่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิสูงจะเกิด  $\text{CO}_2$  ที่ละลายในน้ำ  $\text{CO}_3^{2-}$  หรือ  $\text{CO}_2$  ที่ละลายในน้ำ และ  $\text{CO}_3^{2-}$  ที่มีผลต่อการเกิดไฮโดรคาร์บอน

(11.7)

### 11.3 การเกิดไฮโดรคาร์บอน

#### 11.3.1 การเกิดไฮโดรคาร์บอนที่อุณหภูมิสูง

0. ผลของ  $\text{CO}_2$  ที่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิสูง

ไฮโดรคาร์บอนที่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิสูงจะเกิด  $\text{CO}_2$  ที่ละลายในน้ำ  $\text{CO}_3^{2-}$  หรือ  $\text{CO}_2$  ที่ละลายในน้ำ และ  $\text{CO}_3^{2-}$  ที่มีผลต่อการเกิดไฮโดรคาร์บอน

ไฮโดรคาร์บอนที่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิสูงจะเกิด  $\text{CO}_2$  ที่ละลายในน้ำ  $\text{CO}_3^{2-}$  หรือ  $\text{CO}_2$  ที่ละลายในน้ำ และ  $\text{CO}_3^{2-}$  ที่มีผลต่อการเกิดไฮโดรคาร์บอน

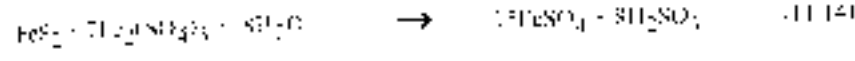
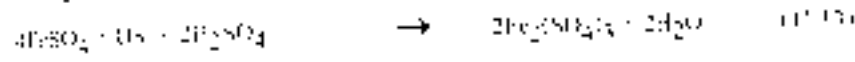
ไฮโดรคาร์บอนที่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิสูงจะเกิด  $\text{CO}_2$  ที่ละลายในน้ำ  $\text{CO}_3^{2-}$  หรือ  $\text{CO}_2$  ที่ละลายในน้ำ และ  $\text{CO}_3^{2-}$  ที่มีผลต่อการเกิดไฮโดรคาร์บอน



11.3.2 การผลิตสารประกอบเหล็ก

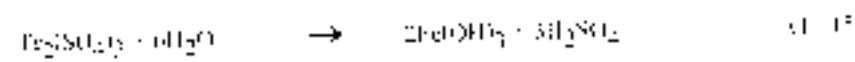
แหล่งแร่เหล็กที่สำคัญและใช้มากคือแร่ hematite ซึ่งมีสูตรเคมีเป็น  $Fe_2O_3$  และแร่ magnetite ซึ่งมีสูตรเคมีเป็น  $Fe_3O_4$  การผลิตเหล็กจากแร่เหล็กรวมขั้นตอนการถลุงแร่เหล็ก การผลิตเหล็กหล่อ และการผลิตเหล็กกล้า ขั้นตอนการถลุงแร่เหล็กจะผลิตเหล็กน้ำว้า ซึ่งจะมีคาร์บอนผสมอยู่ประมาณร้อยละ 2-3 ส่วนเหล็กน้ำเต้าจะมีคาร์บอนผสมอยู่ประมาณร้อยละ 0.02-0.03 ส่วนเหล็กกล้าจะมีคาร์บอนผสมอยู่ประมาณร้อยละ 0.05-2.0

ในขั้นตอนการถลุงแร่เหล็กใช้ถลุงแร่ hematite หรือ magnetite โดยใช้สารประกอบเหล็กที่ละลายในน้ำ เช่น  $FeSO_4$  และ  $FeS_2$  เป็นตัวนำออกซิเจนจากอากาศเข้าสู่กระบวนการผลิตเหล็ก



ในการผลิตเหล็กน้ำว้า ใช้สารประกอบเหล็กที่ละลายในน้ำ เช่น  $FeSO_4$  และ  $FeS_2$  เป็นตัวนำออกซิเจนจากอากาศเข้าสู่กระบวนการผลิตเหล็ก

ในการผลิตเหล็กน้ำเต้า ใช้สารประกอบเหล็กที่ละลายในน้ำ เช่น  $FeSO_4$  และ  $FeS_2$  เป็นตัวนำออกซิเจนจากอากาศเข้าสู่กระบวนการผลิตเหล็ก



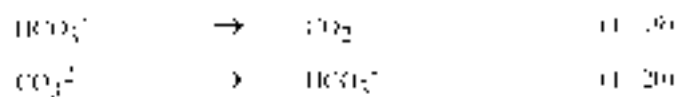
การถลุงแร่เหล็กจากแร่ hematite หรือ magnetite ได้เป็นเหล็กน้ำว้า ซึ่งจะมีคาร์บอนผสมอยู่ประมาณร้อยละ 2-3 ส่วนเหล็กน้ำเต้าจะมีคาร์บอนผสมอยู่ประมาณร้อยละ 0.02-0.03 ส่วนเหล็กกล้าจะมีคาร์บอนผสมอยู่ประมาณร้อยละ 0.05-2.0

ในการผลิตเหล็กน้ำว้า ใช้สารประกอบเหล็กที่ละลายในน้ำ เช่น  $FeSO_4$  และ  $FeS_2$  เป็นตัวนำออกซิเจนจากอากาศเข้าสู่กระบวนการผลิตเหล็ก



11.4.2 การศึกษารวบรวมในกรณีของระบบควบคุมไอเสีย

เมื่อเวลา  $t = 0$  ระบบเริ่มทำงานที่อัตราการไหลที่มีค่าเท่ากับ  $Q_0 = 15$  ลิตรต่อวินาที และไอเสียที่ไหลเข้ามาจะมีค่าเท่ากับ  $C_0 = 10$  ซึ่งค่าที่กล่าวถึงนี้สามารถหาได้จากสมการที่ 11.4.1 โดยตั้งเวลา  $t = 0$  ตามเวลาที่เริ่มเปิดวาล์ว ซึ่งอัตราการไหลของไอเสียที่ไหลเข้ามาจะมีค่าเท่ากับ  $Q_0$  และค่าที่กล่าวถึงนี้สามารถหาได้จากสมการที่ 11.4.1 โดยตั้งเวลา  $t = 0$  ตามเวลาที่เริ่มเปิดวาล์ว ซึ่งค่าที่กล่าวถึงนี้สามารถหาได้จากสมการที่ 11.4.1 โดยตั้งเวลา  $t = 0$  ตามเวลาที่เริ่มเปิดวาล์ว



11.4.3 บทบาทของสาร  $\text{CO}_2$  ในระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ

การปล่อยมลพิษทางอากาศที่มีค่าเท่ากับ  $Q_0$  ลิตรต่อวินาที จะทำให้มลพิษที่ไหลเข้ามาในระบบจะมีค่าเท่ากับ  $C_0$  ซึ่งค่าที่กล่าวถึงนี้สามารถหาได้จากสมการที่ 11.4.1 โดยตั้งเวลา  $t = 0$  ตามเวลาที่เริ่มเปิดวาล์ว ซึ่งค่าที่กล่าวถึงนี้สามารถหาได้จากสมการที่ 11.4.1 โดยตั้งเวลา  $t = 0$  ตามเวลาที่เริ่มเปิดวาล์ว ซึ่งค่าที่กล่าวถึงนี้สามารถหาได้จากสมการที่ 11.4.1 โดยตั้งเวลา  $t = 0$  ตามเวลาที่เริ่มเปิดวาล์ว ซึ่งค่าที่กล่าวถึงนี้สามารถหาได้จากสมการที่ 11.4.1 โดยตั้งเวลา  $t = 0$  ตามเวลาที่เริ่มเปิดวาล์ว

11.4.4 การรวมกันของระบบควบคุมมลพิษทางอากาศในระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ

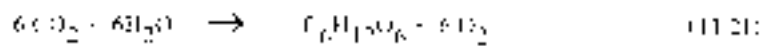
การปล่อยมลพิษทางอากาศที่มีค่าเท่ากับ  $Q_0$  ลิตรต่อวินาที จะทำให้มลพิษที่ไหลเข้ามาในระบบจะมีค่าเท่ากับ  $C_0$  ซึ่งค่าที่กล่าวถึงนี้สามารถหาได้จากสมการที่ 11.4.1 โดยตั้งเวลา  $t = 0$  ตามเวลาที่เริ่มเปิดวาล์ว ซึ่งค่าที่กล่าวถึงนี้สามารถหาได้จากสมการที่ 11.4.1 โดยตั้งเวลา  $t = 0$  ตามเวลาที่เริ่มเปิดวาล์ว

การเผาไหม้ของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ โดยทั่วไปจะเกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

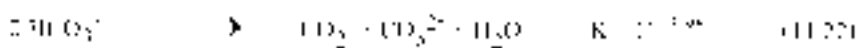
- การเผาไหม้ของคาร์บอนไดออกไซด์  $C + O_2 \rightarrow CO_2$  ในน้ำ
- การเผาไหม้ของคาร์บอน  $C + O_2 \rightarrow CO_2$
- การเผาไหม้ของคาร์บอน  $C + O_2 \rightarrow CO_2$

การเผาไหม้ของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ โดยทั่วไปจะเกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

การเผาไหม้ของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ โดยทั่วไปจะเกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ



การเผาไหม้ของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ โดยทั่วไปจะเกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ



การเผาไหม้ของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ โดยทั่วไปจะเกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ







### 11.6 การคำนวณหาพิเอชที่เปลี่ยนแปลง

#### ภายหลังจากการดำเนินการขนส่งโดยรถไฟคืนน้ำบาดาล

การดำเนินการขนส่งโดยรถไฟคืนน้ำบาดาลสามารถกระทำไปได้อีกด้วยหากผู้ผลิตสินค้าเกษตรที่ขึ้นชื่อในท้องถิ่นยังคงดำเนินการผลิตและขายสินค้าที่ขึ้นชื่อ

ผู้ขายและผู้ซื้อรถไฟคืนน้ำบาดาลจะยังคงรวมกันเป็นตลาดเดียวของสินค้าเกษตร ซึ่งไม่มีผู้ซื้อและผู้ขายที่ต่างกัน ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวได้นำข้อดีไปมาสู่ตลาดรวมของตลาดโดยผู้ซื้อและผู้ขายที่ต่างกันของตลาด (Partial Passers) ในกรณีตลาดรวมที่ต่างกัน การขนส่งสินค้าคืนน้ำบาดาล

	$c^*$	$K_1, P$	(11.29)
รถไฟ	$c^*$	ค่าเฉลี่ยของราคาขายต่อหน่วยที่รถไฟซื้อ	
	$K_1$	ค่าเฉลี่ยที่รถไฟซื้อ-ขายต่อหน่วย	
	$P$	ปริมาณของรถไฟคืนน้ำบาดาล (Partial Passers) (11.29)	

ค่าเฉลี่ย  $K_1$  ของตลาดรวมที่ต่างกันคือค่าเฉลี่ยของราคาขายต่อหน่วยที่รถไฟซื้อ และอยู่ในตลาดรวมที่

ตัวอย่างที่ 11.1 ในกรณีตลาดรวมที่  $c_1$  และ  $c_2$  จะดำเนินการขนส่งโดยรถไฟคืนน้ำบาดาลที่  $c_1$  และ  $c_2$  ที่อัตราเงิน 25%

ค่าเฉลี่ยที่ $c_1, K_1$	158.5 (10%)	รถไฟ (รถไฟคืนน้ำบาดาล)
ค่าเฉลี่ยที่ $c_2, P$	100%	รถไฟ (รถไฟคืนน้ำบาดาล)

ตารางที่ E1.3 ค่าทางเคมีของกากขี้เถ้า

อุณหภูมิ °C	ความชื้น	CO <sub>2</sub>	CO	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	H <sub>2</sub>
10	10.1	5.55	12.6	26.4	8.75
20	8.58	5.62	10.4	21.2	8.14
30	7.20	2.95	8.96	19.3	7.65
40	6.43	2.58	7.98	15.2	7.50
50	5.88	2.07	7.73	11.1	7.25
60	5.50	1.63	6.77	9.55	7.28
70	5.30		6.58	8.57	7.30
80	5.20		6.58	8.40	7.37
100	5.20		6.57	8.13	7.46
อุณหภูมิ °C	H <sub>2</sub> S	CH <sub>4</sub>	NO	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
10	1,520	12.7	25.5	2.33	17.0
20	1,150	14.5	21.1	6.91	13.8
30	914	12.4	17.9	6.33	11.7
40	748	10.7	15.8	5.55	10.4
50	630	9.62	14.7	4.92	9.46
60	540	8.58	13.7	4.65	8.85
70	467	8.34	12.7	4.45	8.50
80	412	8.15	12.4	4.41	8.40
100	375	7.93	12.3	4.41	7.93

หมายเหตุ

C\*

K<sub>1</sub>P

$$362 \times 10^3 \times 7,200$$

kg ปี

$$1035 \times 10^3 \times 10^3 \times 44$$

kg ปี

$$4.45$$

kg ปี

ข้อมูลโดยทั่วไปของกากขี้เถ้า

จากสมการเคมี:  $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$  ค่าคงที่การแตกตัวของสารนี้ที่  $25^\circ\text{C}$  คือ  $K_1$  ที่อุณหภูมิ  $25^\circ\text{C}$  ที่วัดได้ ค่าคงที่การแตกตัวของสารนี้ ค่าคงที่การแตกตัวของสารนี้จะมีค่า  $K_1 = 4.8 \times 10^{-9}$  mol/L และ  $K_2 = 4.7 \times 10^{-11}$  mol/L ค่าคงที่การแตกตัวของสารนี้จะมีค่า  $K_1 = 4.8 \times 10^{-9}$  mol/L และ  $K_2 = 4.7 \times 10^{-11}$  mol/L ค่าคงที่การแตกตัวของสารนี้จะมีค่า  $K_1 = 4.8 \times 10^{-9}$  mol/L และ  $K_2 = 4.7 \times 10^{-11}$  mol/L

จากสมการเคมี:  $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$  ค่าคงที่การแตกตัวของสารนี้ที่  $25^\circ\text{C}$  คือ  $K_1$

	$[\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] / [\text{CaCO}_3]$	$K_1$
น้ำแข็ง	$[\text{H}^+]$	$[\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] / [\text{CaCO}_3]$
น้ำแข็ง	$K_1$	$10^{-9.35}$ mol/L
	$[\text{CO}_2]$	$4.8 \times 10^{-9}$ mol/L
		$10^{-6.3}$ mol/L
	$[\text{HCO}_3^-]$	$10^{-6.3}$ mol/L
		$2 \times 10^{-6}$ mol/L
น้ำแข็ง	$[\text{H}^+]$	$10^{-6.35} \times 1 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-6}$ mol/L
		$10^{-6.35}$ mol/L
		$10^{-6.35}$ mol/L
น้ำแข็ง		$10^{-6.35}$ mol/L

### 11.7 การวิเคราะห์สภาพกรดและคาร์บอนไดออกไซด์

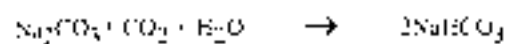
11.7.1 การวิเคราะห์คาร์บอนไดออกไซด์  
 การวิเคราะห์คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ เป็นการวิเคราะห์สภาพกรดและคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ โดยค่าคงที่การแตกตัวของสารนี้จะมีค่า  $K_1 = 4.8 \times 10^{-9}$  mol/L และ  $K_2 = 4.7 \times 10^{-11}$  mol/L

ค่าคงที่การแตกตัวของสารนี้จะมีค่า  $K_1 = 4.8 \times 10^{-9}$  mol/L และ  $K_2 = 4.7 \times 10^{-11}$  mol/L



อย่างไรก็ตาม ด้วยค่า  $K_a$  นั้น จึงพบว่า การไอออไนซ์ของ  $\text{H}_2\text{CO}_3^*$  ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้โดยพลการของน้ำจะก่อให้เกิดยูริสไฮคาร์บอเนตที่เริ่มแรกซึ่งมีสูตรดังนี้

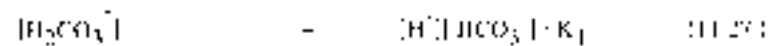
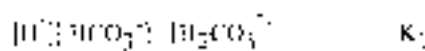
การแตกตัวของน้ำคือน้ำมี  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  เป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากเดิมที่บรรดาเกลือคาร์บอเนตในสารละลายที่เตรียมไว้จะมี  $\text{NaOH}$  และ  $\text{CO}_2$  มี 2 ชั้น คือ



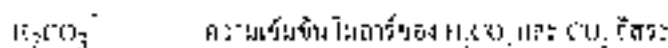
เนื่องจาก  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  มีสมบัติเป็นเบสจึงจะเกิด  $\text{H}_2\text{CO}_3^*$  จาก  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ที่ละลายในของเหลวคาร์บอเนต  $\text{CO}_2$  จึงมีใจที่จะได้ความสมดุลที่แน่นอนของปฏิกิริยา  $\text{NaOH}$

11-1.2 วิถีที่  $\text{CO}_2$  จากค่าที่ไอออไนซ์สภาพต่าง

ปริมาณ  $\text{CO}_2$  สามารถคำนวณได้จากสมการเคมีและสมการสมดุลที่เป็นอิสระของกรดคาร์บอนิก



โดยที่



การใช้  $\text{H}_2\text{CO}_3^*$  แทนความเข้มข้นของ  $\text{CO}_2$  นั้นสามารถทำได้โดยที่  $\text{CO}_2$  ที่ละลายในของเหลวคาร์บอนิกเป็น  $\text{CO}_2$  และมีเพียง 1% ที่จับ  $\text{H}_2\text{CO}_3^*$

## ตัวอย่างที่ 11.2

สำหรับระบบบัฟเฟอร์  $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$  ในสภาวะที่มี  $\text{pH} = 7.35$  และ  $\text{pCO}_2$  ในเลือด  $K_1 = 4.3 \times 10^{-7}$

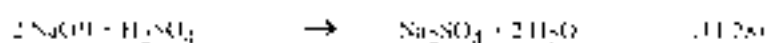
$$\begin{aligned} \text{pH} &= \text{p}K_1 + \log \left[ \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \right] & K_1 &= 4.3 \times 10^{-7} \\ 7.35 &= 6.35 + \log \left[ \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \right] & [\text{H}_2\text{CO}_3] &= 1.2 \times 10^{-3} \text{ mM} \\ & & &= 24 \times 10^{-3} \text{ mM} = 24 \text{ mM} \end{aligned}$$

การที่พบความเข้มข้นของ  $\text{CO}_2$  จะสูงขึ้นจะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิกมากขึ้น การที่พบค่า  $\text{pH}$  ในเลือดมากขึ้นไปจะมีความเป็นด่างขึ้นได้มากกว่าการที่ค่า  $K_1$  มีค่าสูงขึ้น (เช่นกรณีของ PDS ซึ่งค่า  $\text{pH}$  ในเลือดเพิ่มขึ้น > 7.35 แล้วหยุดไว้)

ในทางปฏิบัตินิยมใช้วิธีวิเคราะห์ค่า  $\text{CO}_2$  เป็น  $\text{mmHg}$  แทน  $\text{M}$  และใช้สมการที่มี  $\text{CO}_2$  ในสมการแทน  $[\text{H}_2\text{CO}_3]$  ในทฤษฎี ไม่สามารถเป็นค่าที่เป็นจริง วิธีคำนวณจะทำได้ผลที่ถูกต้องกว่า

## 11.7.2 วิธีวิเคราะห์หาสารกรด หรือ

นี้เป็นการวิเคราะห์ที่ละเอียดและแม่นยำกว่าวิธีที่มีผลต่ำกว่า กล่าวคือสารกรดหรือกรดคาร์บอนิก  $\text{M}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$  จะเกิดสารที่มีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อนกว่าสามารถทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์เป็นด่างได้โดยทำปฏิกิริยากรด-ด่าง ดังสมการต่อไปนี้



จุดยุติของไทเทรชันจะจุดใดก็ตามแต่สิ่งที่สำคัญคือปริมาณสารที่ปรากฏค่า  $\text{pH}$  จะอยู่ที่ 7.0





### 11.8 การหาค่าสภาพกรด

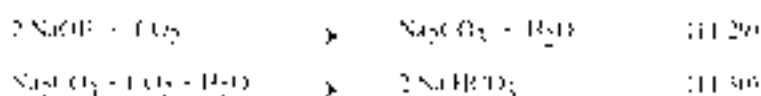
ค่าสภาพกรดของกรดที่ทราบค่าความเข้มข้นได้ 2 วิธี คือ

- วิธีไทเทรชัน
- วิธีคำนวณค่าสภาพกรดจากสูตรเคมี

#### 11.8.1 วิธีไทเทรชันหาค่าสภาพกรดจากสูตรเคมี

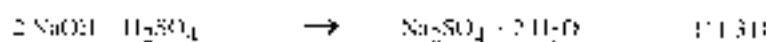
การไทเทรชันกรดกับด่างที่ทราบค่าความเข้มข้นที่แน่นอนทำโดยนำกรดที่ทราบค่าความเข้มข้นของกรดมาผสมกับด่างที่ทราบค่าความเข้มข้นที่แน่นอน ปริมาณกรดที่เติมลงไปจนกระทั่งถึงจุดสมมูล (equivalence point) ซึ่งจุดสมมูลคือจุดที่กรดและด่างทำปฏิกิริยาจนหมดพอดี (neutralization) หรือที่เรียกว่ากรด-ด่างเป็นกรด (acidic) หรือด่าง (basic) ซึ่งวิธีไทเทรชันนี้วัดค่าสภาพกรดจากสูตรเคมีได้

ตัวอย่างเช่น กรดไฮโดรซัลฟิวริก (กรดกำมะถัน) ปฏิกิริยากรด-ด่างกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์จะเกิดเป็นโพแทสเซียมซัลเฟตและน้ำ ดังแสดงดังนี้



สมการได้แก่  $\text{CO}_3^{2-}$  ของสารที่เป็น  $\text{CO}_3^{2-}$  จำนวนสมการ (11.29) คือเป็น  $\text{CO}_3^{2-}$  หนึ่งสมการ และ  $\text{CO}_3^{2-}$  ของสมการ (11.30) คือเป็น  $\text{CO}_3^{2-}$  สองสมการ ดังนั้นไฮโดรซัลฟิวริกได้ใช้กับด่าง  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  มีค่าสภาพกรดที่วัดได้จะสูงกว่าค่าความเข้มข้นจริงของกรดที่ (11.30)

ในกรณีที่ค่าสภาพกรดเป็นกรดกำมะถัน ปฏิกิริยากรด-ด่างจะเป็นดังนี้



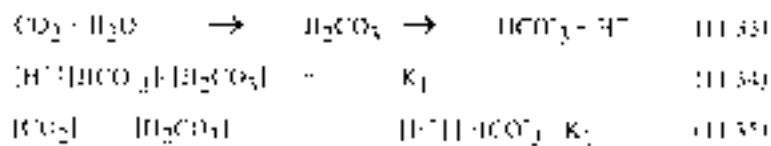
สมการของกรดกำมะถัน



ตารางที่ 11.6 ค่าของ  $K_a$ ,  $K_1$  และ  $K_2$  ที่อุณหภูมิต่างๆ (หน่วยมอล.ล.<sup>-1</sup>.มม.)

อุณหภูมิ (°C)	ระดิวอุณหภูมิ (°C)			
	20	25	35	45
$K_a$				
40	0.0000113	0.0000426	0.000120	0.000268
400	0.0000386	0.0000567	0.000178	0.000302
1200	0.0000482	0.0000640	0.000155	0.000346
$K_1$				
40	0.00719	0.00774	0.00906	0.01150
400	0.00848	0.00917	0.01140	0.01320
1200	0.00854	0.01030	0.01290	0.01490
$K_2$				
40	0.0000290	0.0000430	0.0000426	0.0000537
400	0.0000380	0.0000419	0.0000558	0.0000700
1200	0.0000484	0.0000534	0.0000711	0.0000886

ในกรณีนี้สมการดุลเป็นสมการดุลเคมีจึงสามารถบอกได้ว่าค่าของ  $K_1$  และ  $K_2$  ของคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนคาร์บอเนตจะเป็นดังนี้



ดังนั้น สมการเคมีของคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอเนตจึงมีค่า  $K_1$  และ  $K_2$  ในการคำนวณพิกัด pH ของน้ำที่  $K_1$

ค่าของ  $K_1$  และ  $K_2$

รูปที่ 11.1 แสดง 1, 2 และ 3 ปริมาณสัมพันธ์กันโดยสมการเชิงเส้น ความสัมพันธ์และสมการเหล่านี้ถูกแสดงไว้  
 ในรูปของเส้นตรงที่  $m$  ซึ่งสัมพันธ์กับค่าของ  $x$  และ  $y$  ดังแสดงในรูปที่ 11.1

ความชันของเส้นตรงที่แสดงในรูปที่ 11.1 และ 11.2 จะขึ้นอยู่กับความชันของเส้นตรงในรูปที่ 11.1 และสมการ  
 สมการเชิงเส้นของเส้นตรงที่  $m$  จะอยู่ในรูป  $y = mx + b$  โดยที่  $b$  คือค่า  $y$  ของจุดตัดแกน  $y$  ที่เส้นตรง  $m$  และ  $b$  จะ  
 เป็นค่าของ  $x$  ที่  $y = 0$  และ  $K_1$  และ  $K_2$  ซึ่งอยู่ในรูปของสมการเชิงเส้นของเส้นตรงที่  $m$  และ  
 $n$  จะสัมพันธ์กันโดยสมการ  $K_1 + K_2 = 1$  ดังแสดงในรูปที่ 11.2

การที่  $m$  และ  $n$  จะสัมพันธ์กันโดยสมการ  $K_1 + K_2 = 1$  สามารถทำได้โดยที่  $K_1$  และ  $K_2$  เป็นปริมาณที่  $m$  และ  
 $n$  จะสัมพันธ์กันโดยสมการ  $K_1 + K_2 = 1$

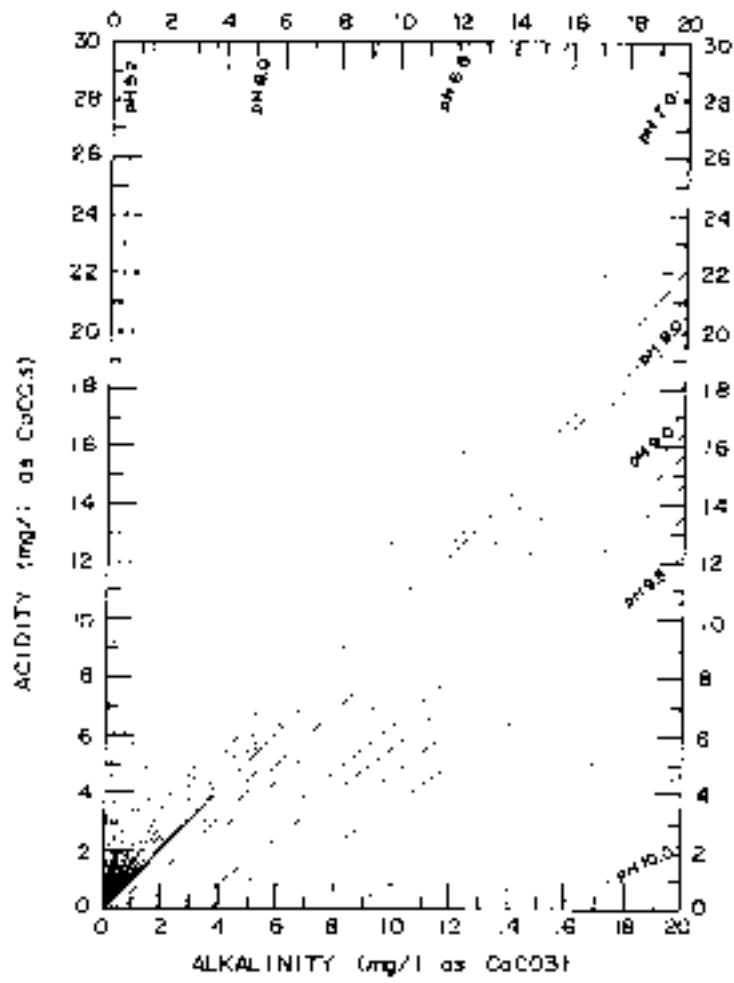
ตัวอย่างที่ 11.3

จงคำนวณหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณต่อไปนี้

TDS	500	mg/l	พืชน้ำ	1%
ความเค็ม	320	mg/l	จุลินทรีย์	15%

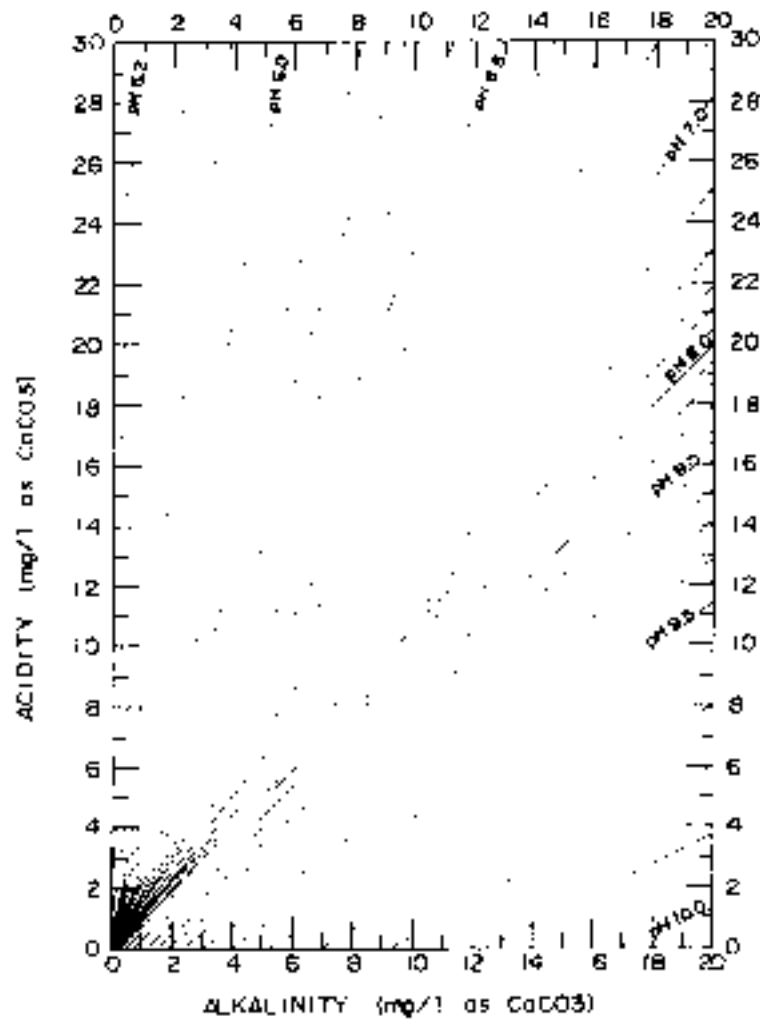
ในรูปที่ 11.3 ซึ่งแสดงสมการ 1 ที่มีจุดตัด  $y$  เป็น 500 และจุดตัด  $x$  เป็น 0 และสมการ 2 ที่มี TDS 500 และ  $y$   
 และจุดตัด  $x$  เป็น 320 และ  $P_1$  ซึ่งแสดงสมการ 3 ที่มีค่า  $x$  เป็น 320 และ  $y$  และจุดตัด  $x$  เป็น 0  
 ที่มีค่า  $y$  เป็น 500 และจุดตัด  $x$  เป็น 0 และมี  $P_2$

การที่สมการ 1 และ 2 มีจุดตัด  $x$  เป็น 0 และมีค่า  $y$  เป็น 500 และจุดตัด  $x$  เป็น 320 และ  $y$  ซึ่ง  
 เป็นค่า  $y$  เป็น 500



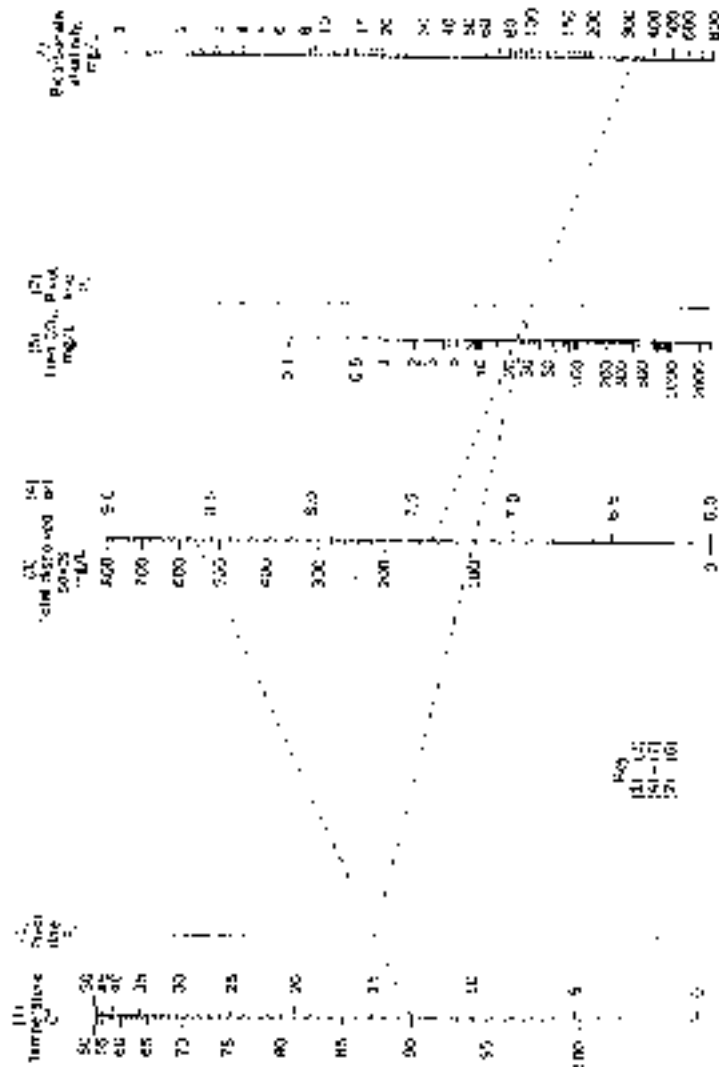
รูปที่ 11.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของ สหพหุคูณและกราฟความสัมพันธ์  
 สหพหุคูณที่มี TDS 40 มก./ล. และอุณหภูมิ 25 °C

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



รูปที่ 11.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าความเป็นด่างสำหรับ  
ตัวอย่างน้ำที่มี TDS 400 มก./ล. และอุณหภูมิ 25 °C

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ



รูปที่ 11.4. ในหน่วยที่ใช้งานค่าการรวมกันโดยปกติ (ตามค่า)





**ความกระด้างของน้ำ (Water Hardness)**

12.1 การวัดค่าความกระด้างของน้ำ	12.3
12.2 ชนิดของสารละลาย	12.4
12.3 การคำนวณค่าความกระด้างของน้ำ	12.7
12.3.1 การคำนวณค่าความกระด้างของน้ำ	12.7
12.3.2 การคำนวณค่าความกระด้างของน้ำจากค่าความกระด้างของน้ำที่วัดได้	12.8
12.3.3 การคำนวณค่าความกระด้างของน้ำจากค่าความกระด้างของน้ำที่วัดได้	12.8
12.3.4 การคำนวณค่าความกระด้างของน้ำจากค่าความกระด้างของน้ำที่วัดได้	12.8
12.3.5 การคำนวณค่าความกระด้างของน้ำจากค่าความกระด้างของน้ำที่วัดได้	12.9
12.4 การคำนวณค่าความกระด้างของน้ำจากค่าความกระด้างของน้ำที่วัดได้	12.10
12.5 วิธีการวัดค่าความกระด้างของน้ำ	12.14
12.5.1 วิธีการวัดค่าความกระด้างของน้ำด้วยวิธีไทเทรชัน	12.14
12.5.2 วิธีการวัดค่าความกระด้างของน้ำด้วยวิธีไทเทรชันแบบอัตโนมัติ	12.14
12.6 วิธีการวัดค่าความกระด้างของน้ำ	12.20
12.6.1 วิธีการวัดค่าความกระด้างของน้ำด้วยวิธีไทเทรชัน	12.20
12.6.2 วิธีการวัดค่าความกระด้างของน้ำด้วยวิธีไทเทรชันแบบอัตโนมัติ	12.20

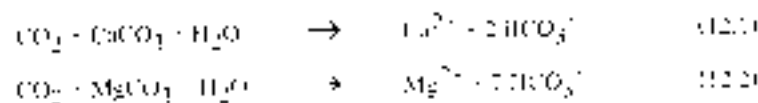
## บทที่ 12

## ความกระด้างของน้ำ (Water Hardness)

## 12.1 แหล่งกำเนิดของความกระด้างในน้ำ

ความกระด้างในน้ำมีสาเหตุเกิดมาจากแร่ธาตุที่ละลายในน้ำ ได้แก่  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  เป็นต้น แต่โดยทั่วไปแล้วความกระด้างของน้ำจะหมายถึงความกระด้างที่เกิดจากแคลเซียมและแมกนีเซียมในรูปไอออน ซึ่งสามารถวัดค่าความกระด้างของน้ำได้โดยการทดสอบด้วยวิธีดังต่อไปนี้

น้ำที่ขุ่นเล็กน้อยสามารถลดความกระด้างได้เล็กน้อย ที่อุณหภูมิสูงไอออนไฮดรอกไซด์ในน้ำจะลดค่าความเป็นกรด-ด่างลง ทำให้เกิดแคลเซียมคาร์บอเนตที่จับตัวกันเป็นตะกอนที่เรียกว่าหินปูน ส่วนน้ำที่ขุ่นมากจะปล่อยไอออนแคลเซียม  $\text{Ca}^{2+}$  และแมกนีเซียม  $\text{Mg}^{2+}$  ให้เกิดน้ำกระด้างในรูปของตะกอน



## 12.2 ชนิดของความกระด้าง

ความกระด้างในน้ำจะวัดค่าเท่ากับ 2.5 เมกาสีเมนต์ หรือ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียม และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรของแมกนีเซียม ความกระด้างทั้งหมดของน้ำจะวัดค่าได้ 2 ชนิด คือ

- ✓ ความกระด้างแคลเซียม (Calcium Hardness)
- ✓ ความกระด้างแมกนีเซียม (Magnesium Hardness)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



ដំបូងបង្អស់ គេបានបញ្ជាក់ពីលក្ខណៈស្រដៀងគ្នា រវាងលំហូរចរន្តដែលបានបង្កើតឡើងនៅក្នុងប្រព័ន្ធនេះ ជាមួយលំហូរចរន្តដែលបានបង្កើតឡើងនៅក្នុងប្រព័ន្ធមុន។

ក្នុងករណីនេះ គេបានបង្ហាញពីលក្ខណៈស្រដៀងគ្នា រវាងលំហូរចរន្តដែលបានបង្កើតឡើងនៅក្នុងប្រព័ន្ធនេះ ជាមួយលំហូរចរន្តដែលបានបង្កើតឡើងនៅក្នុងប្រព័ន្ធមុន។ លំហូរចរន្តដែលបានបង្កើតឡើងនៅក្នុងប្រព័ន្ធនេះ គឺជាលំហូរចរន្តដែលបានបង្កើតឡើងនៅក្នុងប្រព័ន្ធមុន។ លំហូរចរន្តដែលបានបង្កើតឡើងនៅក្នុងប្រព័ន្ធនេះ គឺជាលំហូរចរន្តដែលបានបង្កើតឡើងនៅក្នុងប្រព័ន្ធមុន។

ឃ្លាំង ២.១២ លំហូរចរន្តដែលបានបង្កើតឡើងនៅក្នុងប្រព័ន្ធនេះ

១	៧	១០០ ម៉ឺន	២៥%
២	២០	១០០ ម៉ឺន	៥០%
៣	២០	១០០ ម៉ឺន	៥០%

ឃ្លាំង ២.១៣ លំហូរចរន្តដែលបានបង្កើតឡើងនៅក្នុងប្រព័ន្ធនេះ

១០០ ម៉ឺន ១០០ ម៉ឺន ១០០ ម៉ឺន ១០០ ម៉ឺន

លំហូរចរន្តដែលបានបង្កើតឡើងនៅក្នុងប្រព័ន្ធនេះ  
 $Ca^{2+} + Mg^{2+}$   
 $260 + 80$   
 $340 ម៉ឺន$

លំហូរចរន្តដែលបានបង្កើតឡើងនៅក្នុងប្រព័ន្ធនេះ  
 $100 ម៉ឺន$   
 $100 ម៉ឺន$   
 $100 ម៉ឺន$

លំហូរចរន្តដែលបានបង្កើតឡើងនៅក្នុងប្រព័ន្ធនេះ

កម្រិត ១០០ មីក្រូក្រាម  
 កម្រិត ១០០ មីក្រូក្រាម

**តារាងលេខ ១២.២ លំនឹងរំលាយអាស៊ីត**

pH	7.2		138	1.0	៣០%
Ca <sup>2+</sup>	320	៣០០ មីក្រូក្រាម	Alkalinity	100	1.0 មីក្រូក្រាម
Mg <sup>2+</sup>	100	៣០០ មីក្រូក្រាម	Hardness	28	១%

**លេខកូដ ៣០០០០០០១១ កម្រិតអាស៊ីត**

កម្រិតអាស៊ីតសរុប ១០០ មីក្រូក្រាម កម្រិត ១០០ មីក្រូក្រាម

កម្រិត ១០០ មីក្រូក្រាម  
 Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>  
 ៣០០ មីក្រូក្រាម  
 ៣០០ មីក្រូក្រាម

៣០០ មីក្រូក្រាម ៣០០ មីក្រូក្រាម  
 ៣០០ មីក្រូក្រាម

កម្រិត ១០០ មីក្រូក្រាម  
 ៣០០ មីក្រូក្រាម

កម្រិតអាស៊ីតសរុប ១០០ មីក្រូក្រាម កម្រិតអាស៊ីតសរុប ១០០ មីក្រូក្រាម  
 ៣០០ មីក្រូក្រាម  
 ៣០០ មីក្រូក្រាម

កម្រិត ១០០ មីក្រូក្រាម

**12.3 บทบาทและความสำคัญของทวณกระทรวง**

วิทยุ

ทวณกระทรวงมีหน้าที่ในการส่งเสริมและสนับสนุนให้ประชาชนสามารถเข้าถึงบริการสุขภาพที่มีคุณภาพและปลอดภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการดูแลสุขภาพปฐมภูมิ การดูแลสุขภาพจิต และการดูแลสุขภาพของสตรีและเด็ก นอกจากนี้ ทวณกระทรวงยังมีส่วนในการพัฒนาระบบสุขภาพให้มีความยั่งยืนและสามารถตอบสนองความต้องการของประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- ส่งเสริมสุขภาพประชาชน

- พัฒนาระบบบริการสุขภาพ

- พัฒนาระบบบริการสุขภาพให้ครอบคลุมถึงประชาชนทุกกลุ่ม

**12.3.1 ระดับความตระหนักรู้ของชน**

ระดับความตระหนักรู้ของชนเกี่ยวกับสุขภาพและสุขภาพจิตสามารถวัดได้โดยใช้แบบสอบถาม (Survey on Mental Health Awareness) ดังต่อไปนี้

ความตระหนักรู้ (คะแนน)	ระดับความตระหนักรู้
0 - 25	ต่ำ
26 - 50	ระดับปานกลาง
51 - 75	ระดับสูง
76 - 100	ระดับสูงมาก

๗๖

หมายเหตุ: ข้อมูลความตระหนักรู้ของชนเกี่ยวกับสุขภาพและสุขภาพจิตในกรุงเทพมหานคร (๒๕๖๕) สามารถเข้าถึงได้ที่: กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข

อธิบดีกรมสุขภาพจิต







การละเว้นการบำบัดน้ำทิ้งก่อนส่งลงสู่สิ่งแวดล้อมจะเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตของโรงงานได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตของโรงงานอาจทำได้โดยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

1. การปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งก่อนบำบัดน้ำทิ้ง การปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งก่อนบำบัดน้ำทิ้งสามารถทำได้โดยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

2. การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตสามารถทำได้โดยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

3. การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักร การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรสามารถทำได้โดยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

4. การปรับปรุงประสิทธิภาพของบุคลากร การปรับปรุงประสิทธิภาพของบุคลากรสามารถทำได้โดยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

5. การปรับปรุงประสิทธิภาพของวัตถุดิบ การปรับปรุงประสิทธิภาพของวัตถุดิบสามารถทำได้โดยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

6. การปรับปรุงประสิทธิภาพของพลังงาน การปรับปรุงประสิทธิภาพของพลังงานสามารถทำได้โดยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

7. การปรับปรุงประสิทธิภาพของเทคโนโลยี การปรับปรุงประสิทธิภาพของเทคโนโลยีสามารถทำได้โดยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

8. การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการของเสีย การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการของเสียสามารถทำได้โดยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

9. การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการน้ำ การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการน้ำสามารถทำได้โดยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

10. การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการอากาศ การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการอากาศสามารถทำได้โดยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

#### 12.4 เหมืองของการคัดเลือกที่ปนเปื้อนประเภทน้ำเสียไฮดรอกไซด์

สมมติว่าเราต้องการเลือกที่ปนเปื้อนประเภทน้ำเสียไฮดรอกไซด์ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 10 ถึง 12 และค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนหลัก ๆ ได้แก่  $\text{CO}_2$ ,  $\text{FeCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$  และ  $\text{MgCl}_2$  มีค่าไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร



จากสมการ (12.5) เราสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ  $\text{H}^+$  และ  $\text{OH}^-$  ได้ดังนี้

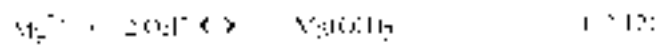






ក្នុងករណីដែលមានការលាយគ្នា  $CaCO_3$  គឺ ត្រូវបានកំណត់  $[Ca^{2+}] = [CO_3^{2-}]$  ដូចគ្នា  $K_{sp}$  ដំបូងគេ ហើយ  $CaCO_3$  ត្រូវបានកំណត់  $K_{sp}$  ដំបូងគេ។ ក្នុងករណីដែលមានការលាយគ្នា  $CaCO_3$  ត្រូវបានកំណត់  $[Ca^{2+}] = [CO_3^{2-}]$  ដូចគ្នា  $K_{sp}$  ដំបូងគេ ហើយ  $CaCO_3$  ត្រូវបានកំណត់  $K_{sp}$  ដំបូងគេ។

ក្នុងករណីដែលមានការលាយគ្នា  $Mg(OH)_2$  ត្រូវបានកំណត់  $[Mg^{2+}] = [OH^-]$  ដូចគ្នា  $K_{sp}$  ដំបូងគេ  $Mg(OH)_2$



ក្នុងករណីដែលមានការលាយគ្នា  $Mg^{2+}$  ត្រូវបានកំណត់  $[Mg^{2+}] = [OH^-]$  ដូចគ្នា  $K_{sp}$  ដំបូងគេ ហើយ  $Mg(OH)_2$  ត្រូវបានកំណត់  $K_{sp}$  ដំបូងគេ។ ក្នុងករណីដែលមានការលាយគ្នា  $Mg^{2+}$  ត្រូវបានកំណត់  $[Mg^{2+}] = [OH^-]$  ដូចគ្នា  $K_{sp}$  ដំបូងគេ ហើយ  $Mg(OH)_2$  ត្រូវបានកំណត់  $K_{sp}$  ដំបូងគេ។

ក្នុងករណីដែលមានការលាយគ្នា  $Mg^{2+}$  ត្រូវបានកំណត់  $[Mg^{2+}] = [OH^-]$  ដូចគ្នា  $K_{sp}$  ដំបូងគេ ហើយ  $Mg(OH)_2$  ត្រូវបានកំណត់  $K_{sp}$  ដំបូងគេ។ ក្នុងករណីដែលមានការលាយគ្នា  $Mg^{2+}$  ត្រូវបានកំណត់  $[Mg^{2+}] = [OH^-]$  ដូចគ្នា  $K_{sp}$  ដំបូងគេ ហើយ  $Mg(OH)_2$  ត្រូវបានកំណត់  $K_{sp}$  ដំបូងគេ។

ក្នុងករណីដែលមានការលាយគ្នា  $Mg^{2+}$  ត្រូវបានកំណត់  $[Mg^{2+}] = [OH^-]$  ដូចគ្នា  $K_{sp}$  ដំបូងគេ ហើយ  $Mg(OH)_2$  ត្រូវបានកំណត់  $K_{sp}$  ដំបូងគេ។



CaCO<sub>3</sub> ซึ่งมี  $\frac{100}{100} \times 83.3$  คือค่าของ CaCO<sub>3</sub> ใน ส.ก. ของ ส.ก. ในรูปสารประกอบ CaCO<sub>3</sub> ใน ส.ก. ของ ส.ก. ในรูปไฮดรอกไซด์ Ca(OH)<sub>2</sub>

ตารางที่ 12.1 ความสามารถในการละลายของสารประกอบของธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่อุณหภูมิ 0°C.

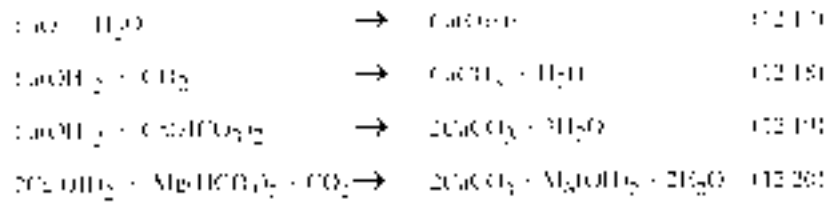
เลขที่	ชนิดสารประกอบ	สูตรเคมี	ความสามารถในการละลายในน้ำที่ 0°C. (กรัมต่อ 100 กรัมของน้ำ)
1	Calcium bicarbonate	CaHCO <sub>3</sub>	18.9
2	Calcium Carbonate	CaCO <sub>3</sub>	15
3	Calcium Chloride	CaCl <sub>2</sub>	576.00
4	Calcium Hydroxide	Ca(OH) <sub>2</sub>	2.29
5	Calcium Sulfate	CaSO <sub>4</sub>	1.29
6	Magnesium Bicarbonate	MgHCO <sub>3</sub>	37.100
7	Magnesium Carbonate	MgCO <sub>3</sub>	10
8	Magnesium Chloride	MgCl <sub>2</sub>	362.000
9	Magnesium Hydroxide	Mg(OH) <sub>2</sub>	17
10	Magnesium Sulfate	MgSO <sub>4</sub>	170.000
11	Sodium Bicarbonate	NaHCO <sub>3</sub>	38.700
12	Sodium Carbonate	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	6.1000
13	Sodium Chloride	NaCl	275.000
14	Sodium Hydroxide	NaOH	170.000
15	Sodium Sulfate	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	11.500



๘. เติมน้ำกรดเจือจาง ลงในสารละลายที่ได้อีก หนึ่ง หลอด และใช้หลอดดูดสารละลาย  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  หนึ่งหลอด เติมน้ำกรดเจือจางลงไปในหลอดที่ดูดสารละลาย  $\text{CaCO}_3$  หนึ่งหลอด เติมน้ำกรดเจือจางลงในหลอดที่ดูดสารละลาย  $\text{MgCO}_3$  หนึ่งหลอด สังเกตว่าเกิดปฏิกิริยาหรือไม่

๙. ปล่อยให้สารละลายที่ได้ในหลอดทดลองแต่ละหลอด ตั้งทิ้งไว้จนแห้งสนิทในตู้-ใบชา ๑ ชั่วโมง แล้วสังเกต

๑. ให้นักเรียนแต่ละคน ๑ คน นำสารละลายที่ได้อีก  $\text{CaCO}_3$  และ  $\text{MgCO}_3$  ๒ หลอด เติมน้ำกรดเจือจางลงในหลอด



๒. สังเกตว่าเกิดปฏิกิริยาหรือไม่  $\text{Mg(OH)}_2$  ๑ หลอด และสารละลาย  $\text{Ca(OH)}_2$  ๑ หลอด เติมน้ำกรดเจือจางลงในหลอดที่ดูดสารละลาย  $\text{CaCO}_3$  ๑ หลอด เติมน้ำกรดเจือจางลงในหลอดที่ดูดสารละลาย  $\text{MgCO}_3$  ๑ หลอด สังเกตว่าเกิดปฏิกิริยาหรือไม่

๓. ใช้กระดาษกรองกรองสารละลายที่ได้ออก



๔. ปล่อยให้สารละลายที่ได้ออกแห้ง



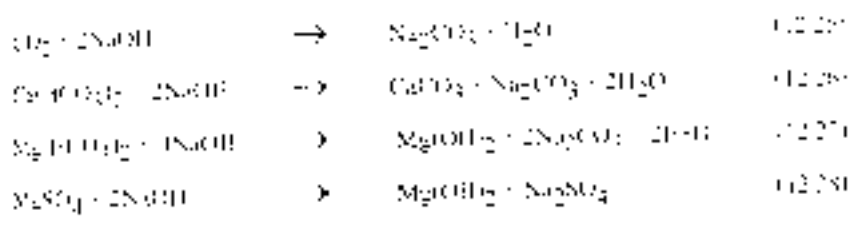


ตารางที่ 12.2 ปริมาณหมู่ประจุลบของธาตุที่จับกับธาตุบวกที่มีประจุบวก  
 และปริมาณของธาตุบวกที่จับกับธาตุลบที่มีประจุลบ

สารประกอบที่ละลายได้	ปริมาณหมู่ประจุบวก		ปริมาณหมู่ประจุลบ	
	หมู่บวก	หมู่ลบ	CaCO <sub>3</sub>	MgCO <sub>3</sub>
CaO	1	0	1	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	1	0	2	0
Mg(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	1	1	0
MgSO <sub>4</sub>	1	1	1	1
MgCl <sub>2</sub>	1	0	1	0

หมายเหตุ: หมู่ประจุบวก

ดังนั้นเมื่อเราใช้ CaCO<sub>3</sub> หรือ MgCO<sub>3</sub> เราจะได้ CaO หรือ MgO ตามลำดับตามสมการต่อไปนี้

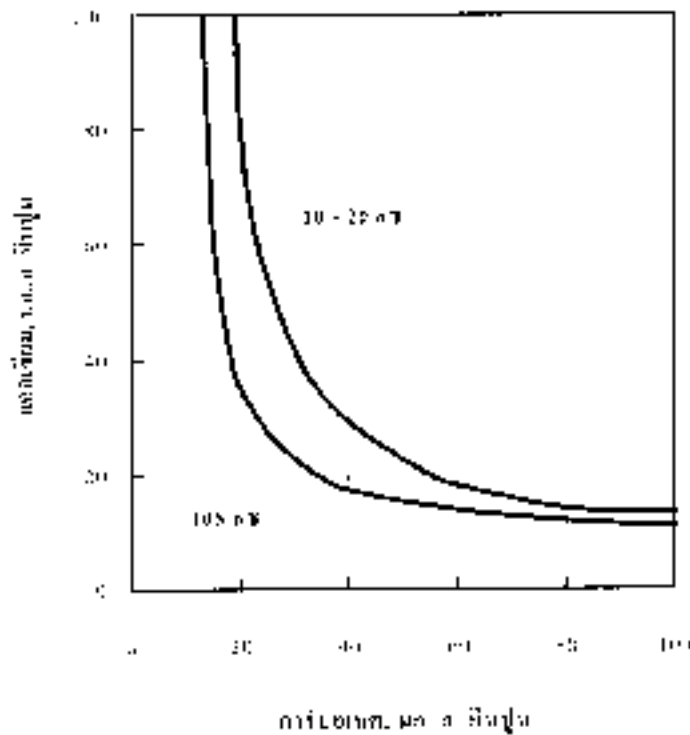


26. เราสามารถใช้สมการ หรือ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> เพื่อขึ้นรูปสารประกอบต่างๆ เช่น CaO, CaCO<sub>3</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub> และ CaSO<sub>4</sub> ได้โดยการใช้ CaCO<sub>3</sub> และ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> เราสามารถใช้ CaCO<sub>3</sub> และ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> เพื่อขึ้นรูปสารประกอบต่างๆ เช่น CaO, CaCO<sub>3</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub> และ CaSO<sub>4</sub> ได้โดยการใช้ CaCO<sub>3</sub> และ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> เราสามารถใช้ CaCO<sub>3</sub> และ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> เพื่อขึ้นรูปสารประกอบต่างๆ เช่น CaO, CaCO<sub>3</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub> และ CaSO<sub>4</sub> ได้โดยการใช้ CaCO<sub>3</sub> และ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>



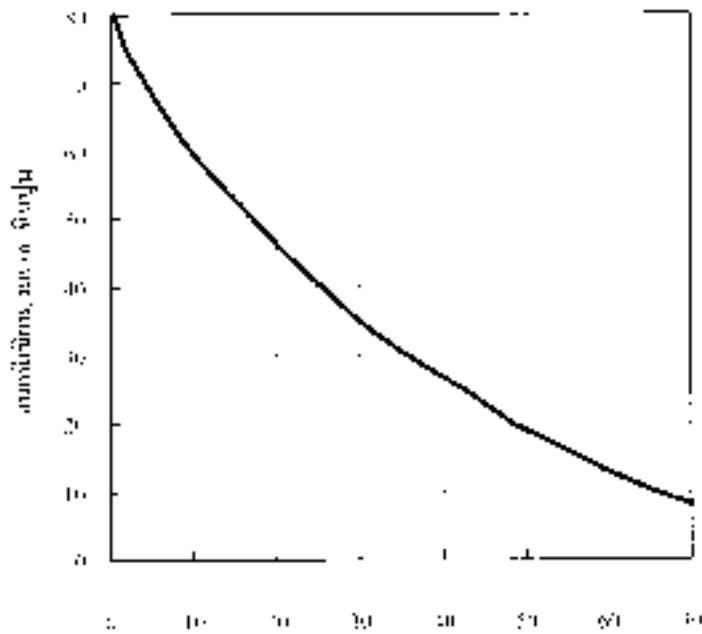


จากสมการสมดุลของ  $K_{sp}$  ของ  $Ca^{2+}$  และ  $CO_3^{2-}$  ( $K_{sp} = 10^{-8.5}$ ) ในกรณีที่ความเข้มข้นของ  $Mg^{2+}$  และ  $CO_3^{2-}$  ได้จากการแตกตัวของ  $Mg^{2+}$  และ  $OH^-$  ( $K_{sp} = 10^{-11}$ ) จะได้ว่า  $Ca^{2+}$  และ  $Mg^{2+}$  จะเกิดตะกอน  $CaCO_3$  และ  $Mg(OH)_2$  ในปริมาณที่ต่างกัน สำหรับ  $Ca^{2+}$  และ  $CO_3^{2-}$  นั้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 12.1 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง  $Ca^{2+}$  และ  $CO_3^{2-}$  ตามที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 12.1 สำหรับ  $Mg^{2+}$  และ  $OH^-$  แสดงในรูปที่ 12.2



รูปที่ 12.1 ปริมาณสูงสุดของ  $Ca^{2+}$  ที่สามารถอยู่ในน้ำที่มี  $CO_3^{2-}$  ระดับต่างๆ

สมการของความสัมพันธ์



โดยรวมแล้ว, แมกนีเซียม

รูปที่ 12.2 ปริมาณสูงสุดของ Mg<sup>2+</sup> ที่ละลายอยู่ในน้ำเค็ม (M<sup>+</sup>) ในระดับต่างๆ

ข้อมูลในรูปที่ 12.1 มีที่มาจากวิธีการต่อไปนี้

pH	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	อุณหภูมิ (°C)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	หมายเหตุ
8.2	10	25	350	แมกนีเซียม
8.5	20	25	150	แมกนีเซียม

โดยที่ค่าของค่าในตารางคือ

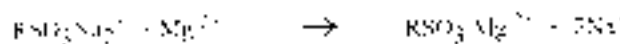
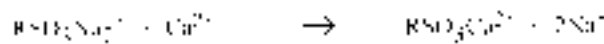
องค์ประกอบของหินและดินประกอบกันขึ้นเป็นโคลนและดินเหนียว โดยที่ปริมาณของดินเหนียวเป็นไปตามสมการต่อไปนี้ จงหาปริมาณของ  $Mg^{2+}$  ในมวล 100 กรัมของโคลน

ปุ๋ย A (กรัมต่อตัน)	$CaCl_2 + 3K + 100g Mg^{2+}$	
	0 - 100 - 100	
	200	10% ดินเหนียว
ปุ๋ย B (กรัมต่อตัน)	$Ca^{2+} + Mg^{2+} + 2 \text{ amount of H}_2\text{SO}_4$	
	500 - 100 - 100	
	500	10% ดินเหนียว
1) ผลของดินเหนียวที่ติดมากับโคลน	50 - 25	10% ดินเหนียว
2) ผลของดินเหนียวที่ติดมากับโคลน	50 - 25	10% ดินเหนียว
ผลรวมของดินเหนียวที่ติดมากับโคลน	50 - 70	10% ดินเหนียว

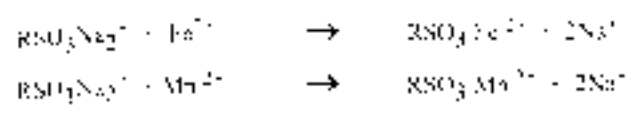
### 12.5) การบำบัดน้ำดื่มแบบอะโรบิกด้วยวิธีออกซิเดชันที่ถาวร

การบำบัดน้ำดื่มแบบอะโรบิกถาวรที่เรียกว่า "ออกซิเดชันที่ถาวร" เปลี่ยนเหล็กอนินทรีย์ที่ละลายในน้ำให้เป็นเหล็กออกไซด์ที่ตกตะกอนและกำจัดออกได้ มีขั้นตอนการบำบัดน้ำดื่มแบบอะโรบิกที่ใช้ออกซิเจนเพื่อออกซิไดซ์เหล็กอนินทรีย์ที่ละลายในน้ำให้เป็นเหล็กออกไซด์ที่ตกตะกอนและกำจัดออกได้ ขั้นตอนการบำบัดน้ำดื่มแบบอะโรบิกที่ใช้ออกซิเจนเพื่อออกซิไดซ์เหล็กอนินทรีย์ที่ละลายในน้ำให้เป็นเหล็กออกไซด์ที่ตกตะกอนและกำจัดออกได้ ขั้นตอนการบำบัดน้ำดื่มแบบอะโรบิกที่ใช้ออกซิเจนเพื่อออกซิไดซ์เหล็กอนินทรีย์ที่ละลายในน้ำให้เป็นเหล็กออกไซด์ที่ตกตะกอนและกำจัดออกได้

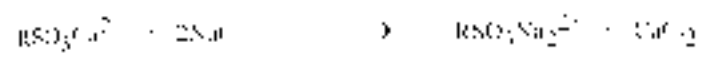
ขั้นตอนการบำบัดน้ำดื่มแบบอะโรบิกที่ใช้ออกซิเจนเพื่อออกซิไดซ์เหล็กอนินทรีย์ที่ละลายในน้ำให้เป็นเหล็กออกไซด์ที่ตกตะกอนและกำจัดออกได้



กรณีที่ไม่มีคลอรีน



อนึ่ง การที่เรารู้จักการแลกเปลี่ยนไอออนไว้เพื่อวัตถุประสงค์ทางด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านประปาหรือ Regeneration การฟื้นฟูในรูปของ  $\text{Na}^+$  ซึ่งเมื่อเติมลงลงสู่ถังแลกเปลี่ยน (NaCl) ดังนี้



การนำโซเดียมคลอไรด์มาใช้แทนที่ไอออนของเหล็กและแมงกานีส นอกจากที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังสามารถใช้กับซิลิเกตในแหล่งน้ำจืดก็ได้ (ดูรูปที่ 12-1) ในกรณีที่การบำบัดด้วยวิธีแลกเปลี่ยนไอออนแล้วแต่ยังไม่สามารถกำจัดเหล็กและแมงกานีสได้ อาจใช้วิธีเติมคลอรีนที่มีประสิทธิภาพสูงได้บ้าง

### 12.6 วิธีกำจัดความกระด้างในน้ำ

การกำจัดความกระด้างในน้ำมี 2 วิธี คือ

- วิธีสังเคราะห์ (การบำบัดที่อุณหภูมิสูง)
- วิธีแลกเปลี่ยนไอออน (EDTA, Diatom)

#### 12.6.1 วิธีกำจัดความกระด้างโดยการแลกเปลี่ยนไอออน

วิธีการบำบัดน้ำกระด้างที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ การแลกเปลี่ยนไอออน  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  ด้วยโซเดียมคลอไรด์ที่มีปริมาณค่าเฉลี่ยประมาณ 2-3 กรัม/ลิตร หรือใช้วิธีเติมคลอรีนที่มีประสิทธิภาพสูงได้บ้าง







**คลอรีนตกค้างและปริมาณที่องการคลอรีน**  
**(Residual Chlorine and Chlorine Demand)**

13.1 หน่วยวัดของคลอรีนในน้ำ	13.4
13.1.1 ปฏิสัมพันธ์ของคลอรีนในน้ำสะอาด	13.4
13.1.2 ปฏิสัมพันธ์ของคลอรีนและเหล็กในน้ำ	13.8
13.1.3 ปฏิสัมพันธ์ของคลอรีนและสารอินทรีย์	13.11
13.1.4 ความสัมพันธ์ของคลอรีนและคลอรีนตกค้าง	13.13
13.2 การวัดของคลอรีนตกค้างคลอรีนตกค้าง	13.14
13.3 Breakpoint Chlorination (Step 1 Chlorination)	13.15
13.4 การวัดคลอรีนตกค้างคลอรีนตกค้าง	13.17
13.5 วิธีการวัดคลอรีนตกค้าง	13.19
13.5.1 วิธีการวัดคลอรีนตกค้าง	13.19
13.5.1.1 วิธีการวัดด้วยไอโอดีน	13.20
13.5.1.2 วิธีการวัดด้วยสี	13.20
13.5.2 วิธีการวัดคลอรีนตกค้างคลอรีนตกค้าง	13.21
13.5.2.1 วิธีการวัดด้วยแสงสีม่วง (Spectrometric Titration)	13.21
13.5.2.2 วิธีการวัดด้วย DPD	13.23



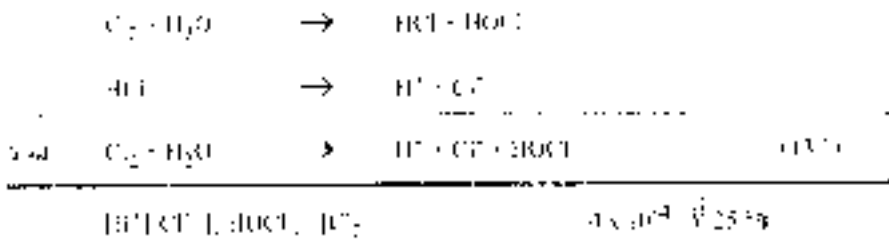
การนำคลอรีนที่ละลายในน้ำซึ่งมีชื่อเรียกสั้น ๆ ว่า คลอรีนอิสระไม่เสถียร (free available chlorine) เป็นวิธีที่ใช้กันมานานและ  
 ง่ายที่สุดในการวัดปริมาณคลอรีนอิสระในน้ำดื่มได้แก่ 2 ขั้นตอนดังนี้ ส่วนประกอบไฮโดรคลอไรด์ (HCl) และ  
 sodium hypochlorite (NaOCl) จะปฏิกิริยาต่อไปนี้

โดยที่อนุมูลมีประจุลบเรียกว่าไฮโปคลอไรต์ (hypochlorite) เกิดปฏิกิริยาเคมีกับคลอรีนอิสระในน้ำดื่ม  
 เป็นกรดไฮโปคลอไรต์ (hypochlorous acid, HOCl) และสารอินทรีย์ในน้ำดื่มที่ออกฤทธิ์  
 กับคลอรีนอิสระในน้ำดื่ม ซึ่งน้ำดื่มมีการใช้คลอรีนเพื่อวัตถุประสงค์อื่น เช่น ไนโตรเจน  
 และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งปฏิกิริยาเกี่ยวข้องกับคลอรีน

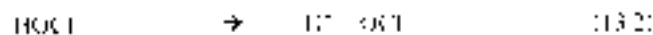
### 13.1 เคมีวิทยาของคลอรีนในน้ำ

#### 13.1.1 ปฏิกิริยาของคลอรีนในน้ำสะอาด

เมื่อมีการเติมคลอรีนลงในน้ำสะอาด จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสคลอรีนอิสระในน้ำดื่ม  
 ดังนี้



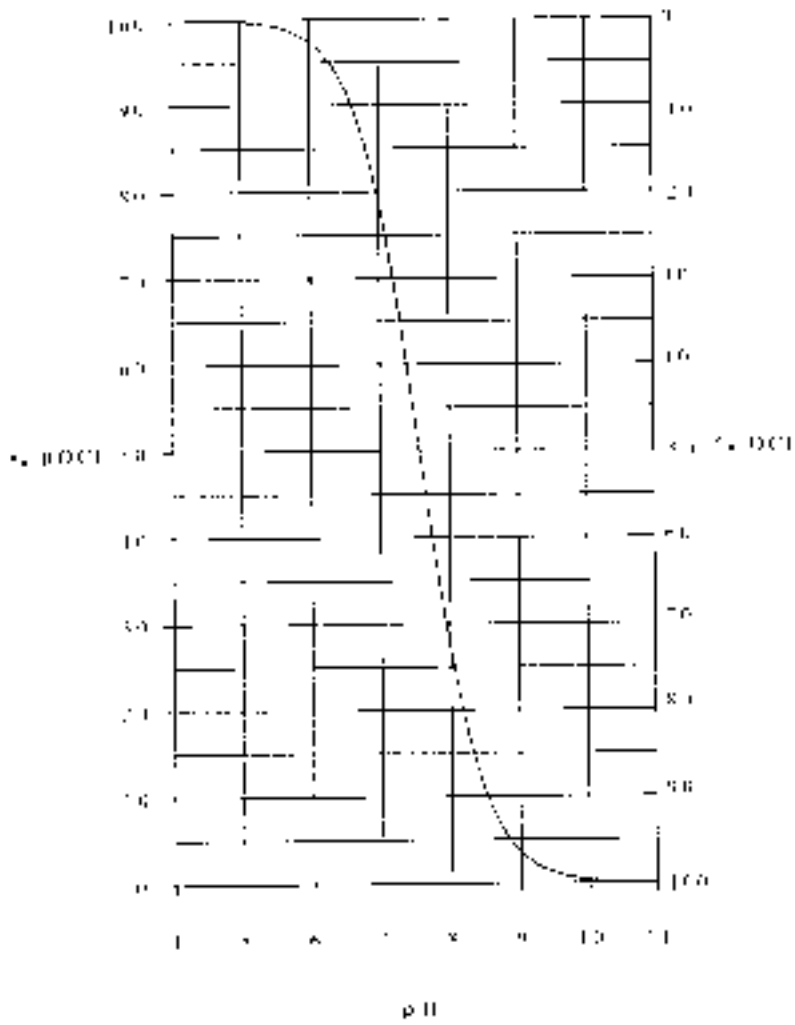
คลอรีนอิสระ (HOCl) สามารถแตกตัวได้สองแบบขึ้นอยู่กับความเป็น pH ของน้ำดื่ม คลอรีนอิสระในน้ำดื่มจะ  
 แตกตัวเป็นกรดอ่อนซึ่งแตกตัวได้ง่ายกว่า



เคมีวิทยาของคลอรีนในน้ำ





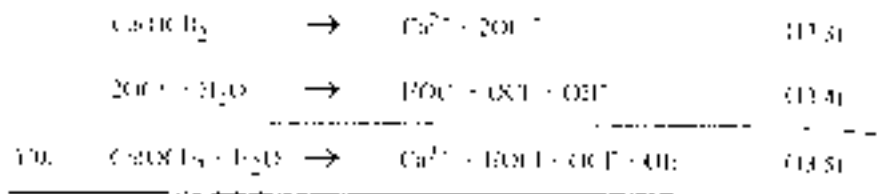


รูปที่ 13.2 การกระจายของ HOCl และ OCl<sup>-</sup> ในน้ำที่ pH ต่างๆ

หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์



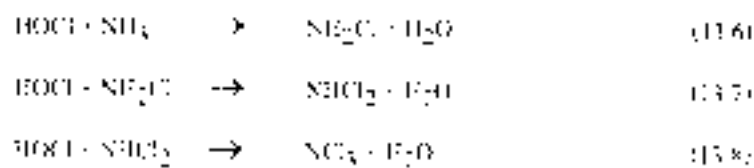
ตามลักษณะการประกอบของหิน เช่น แคลไซต์, ไฮโดรคาร์โบเนต (CaCO<sub>3</sub>) ให้อธิบายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นและ ดังนี้



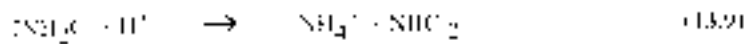
จะเห็นได้ว่า ปฏิกิริยาที่สภาวะที่เพิ่มขึ้นถึงสองเท่าและสามเท่าไป, การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของหินไฮโดรคาร์โบเนต ซึ่งประกอบกันขึ้น CaCO<sub>3</sub> ให้อธิบายได้ดังนี้, แต่ละสภาวะปฏิกิริยาของปฏิกิริยา

### 13.5.2 ปฏิกิริยาของแคลไซต์กับคาร์บอนไดออกไซด์

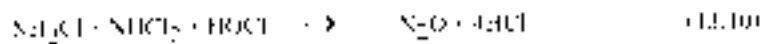
ในกรณีที่มีน้ำมีผล จะสามารถเกิดปฏิกิริยาของแคลไซต์กับคาร์บอนไดออกไซด์ และเกิดแคลไซต์กับคาร์บอนไดออกไซด์ได้แก่, ปฏิกิริยาที่สภาวะที่เพิ่มขึ้นถึงสองเท่าและสามเท่า, เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นหรือสภาวะของแคลไซต์, ให้อธิบายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นและ ดังนี้, เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงสองเท่าและสามเท่า, ให้อธิบายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นและ ดังนี้, เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงสองเท่าและสามเท่า, ให้อธิบายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นและ ดังนี้, เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงสองเท่าและสามเท่า, ให้อธิบายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นและ ดังนี้



อีกประการหนึ่งว่า สสารประกอบที่มีไนโตรเจนสูงที่เก็บไว้ โดยเฉพาะตัวที่ 1 ปฏิบัติกับที่อุณหภูมิห้อง เมื่อใช้สำหรับทดสอบปริมาณไนโตรเจนหรือสำหรับทดสอบความเป็นกรด-ด่าง ในหลอดสุญญากาศแล้วจะพบว่ามีสารเกิดขึ้นได้แก่สีน้ำตาลอย่างช้าๆ ปริมาณของสารที่สังเกตเห็นจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

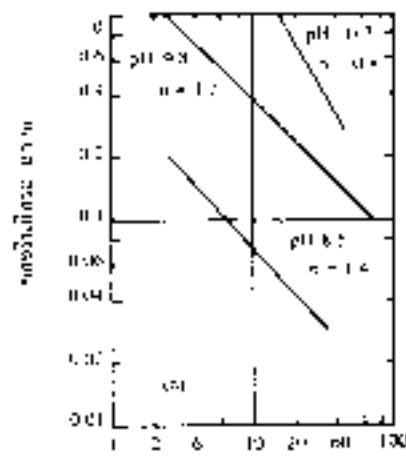


เมื่อใช้สารตัวที่ 2 และ 3 มีผลคล้ายคลึงกัน แต่พบว่ามีผลของอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศที่ 100°C เมื่อใช้สารตัวที่ 2 และ 3 จะสังเกตเห็นการเกิดไนโตรเจนที่ 1 และ 2 และพบว่ามีผลที่คล้ายกันที่ 3 ซึ่งมีผลที่เห็นอยู่เล็กน้อย เมื่อใช้สารตัวที่ 4 จะพบว่ามีผลที่เห็นที่ 1 และ 2 ได้คือ  $\text{N}_2\text{O}$  สีฟ้า

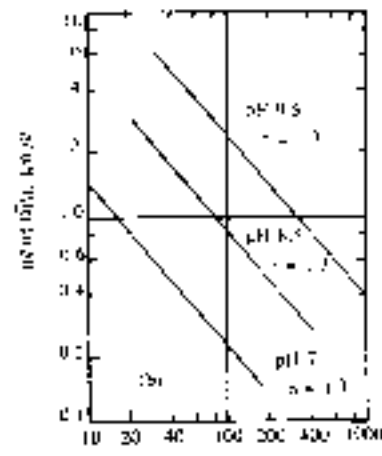


สรุปผลการทดลองเบื้องต้นเกี่ยวกับปริมาณไนโตรเจนที่ *available nitrogen* ที่ออกฤทธิ์หรือใช้ได้ พบว่าปริมาณนี้มีผลต่อปริมาณน้ำเชื้อที่พบในสารอินทรีย์ที่หมักและบรรจุในถังที่ 1 และ 2 ซึ่งใช้สำหรับหมักแล้วเก็บไว้ได้ และที่ออกฤทธิ์ในสารอินทรีย์ที่หมักแล้วจะขึ้นอยู่กับปริมาณของสารอินทรีย์ที่หมักแล้วไปให้ผู้รับหมักด้วย จึงได้ผลการที่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่ออกฤทธิ์ในถังที่มีใช้หมักในถังแรกหนึ่ง คือ ปริมาณน้ำเชื้อที่หมักแล้วในถังที่ออกฤทธิ์





ความสัมพันธ์ที่วัดจาก 90% ของ Fe

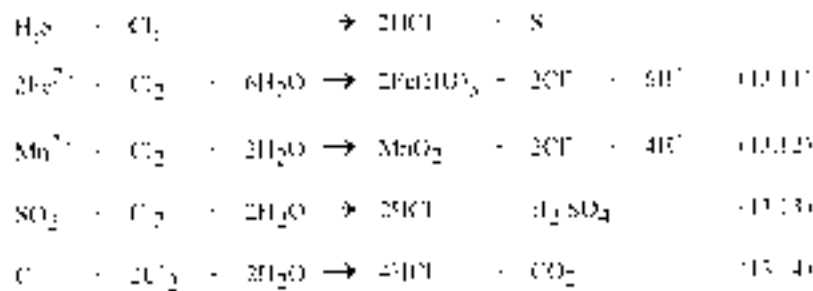


...และสัมพันธ์กับที่วัดจาก 90% ของ Fe

รูปที่ 13.4 การเปรียบเทียบอำนาจกำจัดโลหะหนักของคลอรีนรวมต่อเหล็กในน้ำดื่ม

### 13.3 ปฏิกิริยาของคลอรีนและสารอื่น

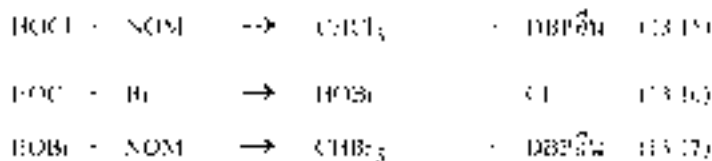
นอกจาก Fe, Mn, Ni และสังกะสีแล้ว ยังมีโลหะหนักอื่น ๆ อีก เช่น  $Hg^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $NO_2^-$  ที่อื่น ๆ



ปฏิกิริยาของคลอรีนกับเหล็ก

ค่าโดยประมาณ (Table 13-13) และ 13-14 แสดงปฏิกิริยาการเกิดผลิตภัณฑ์ที่มีโมเลกุล Decabromonaphthalene (C<sub>10</sub>H<sub>6</sub>Br<sub>10</sub>) และ SO<sub>2</sub> ที่เกิดจากกระบวนการสันดาปของหิน โพลาร์ที่มีส่วนผสมของสารอินทรีย์ที่สูงมาก เช่นในกรณีที่มีคาร์บอนที่คาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์สูง (Table 13-13) และค่าโดยประมาณเมื่ออ้างอิงด้วยปริมาณ SO<sub>2</sub> หรือสารประกอบอินทรีย์กลุ่มนี้ด้วยปริมาณที่อ้างอิงโดยอินทรีย์ (Table 13-14) ค่าโดยประมาณเหล่านี้ได้ถูกนำมาใช้เพื่อใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชน และใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมของสารพิษ และใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชน และใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมของสารพิษ และใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชน และใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมของสารพิษ

ค่าโดยประมาณ (Table 13-13 และ 13-14) ของผลิตภัณฑ์ที่มีโมเลกุล Decabromonaphthalene (C<sub>10</sub>H<sub>6</sub>Br<sub>10</sub>) และ SO<sub>2</sub> ที่เกิดจากกระบวนการสันดาปของหิน โพลาร์ที่มีคาร์บอนที่คาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์สูง (Table 13-13) และค่าโดยประมาณเมื่ออ้างอิงด้วยปริมาณ SO<sub>2</sub> หรือสารประกอบอินทรีย์กลุ่มนี้ด้วยปริมาณที่อ้างอิงโดยอินทรีย์ (Table 13-14) ค่าโดยประมาณเหล่านี้ได้ถูกนำมาใช้เพื่อใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชน และใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมของสารพิษ และใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชน และใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมของสารพิษ

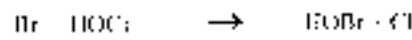


CHCl<sub>3</sub> (Bromochloroform) และ CHBr<sub>3</sub> (Bromobromoform) เป็นตัวประกอบของสารโพลาร์อินทรีย์ที่มีพิษ

สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะอิ่มตัว (Saturated Linkage) ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาการเกิดสารอินทรีย์ที่มีพิษได้

หน้า 13 ของ 13 หน้า

คลอรีนที่มีปริมาณมากในน้ำประปาจะปฏิบัติอย่างดีในแบบตัวอื่น เช่น ไนโตรเจน



HOBr เป็นสารฆ่าเชื้อโรคและสารประกอบ ปฏิบัติอย่างดีกับสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้มากกว่าคลอรีน การนำคลอรีนอินทรีย์กลับน้ำประปาจะผลิตสารปฏิชีวนะที่ระเหยขึ้น

13.4 ความเป็นพิษของสารประกอบคลอรีน

คลอรีนของเหลว สารละลาย หรือ Mosquito 7 ฯลฯ จะถูกมองว่าเป็นสารเคมีชนิดที่ 1 ในภาค 1 ของวันศึกษา และสารที่ 1 ของสารเคมีที่มีปริมาณมากในสารเคมี สารพิษในสารเคมีเป็นพิษมากที่สุด คือ คลอรีน ไนโตรเจน และ ไนโตรเจนที่มี 4 เท่า สำหรับน้ำประปาที่ 1.0-1.5 mg/l มี 10 เท่าของคลอรีนที่เป็นพิษต่อปลา และ 10 เท่าของคลอรีนที่มี 1.0-1.5 mg/l มี 10 เท่าของคลอรีนที่เป็นพิษต่อปลา และ 10 เท่าของคลอรีนที่มี 1.0-1.5 mg/l มี 10 เท่าของคลอรีนที่เป็นพิษต่อปลา

ตารางที่ 13.1 ความเป็นพิษของสารประกอบคลอรีนต่างๆ

ที่ทดสอบกับปลา Mosquito Fish

สารประกอบคลอรีน	สูตร	LC <sub>50</sub> (mg/l)
ไตรคลอรีน	SiCl <sub>3</sub>	0.32
ไตรไอโซไซยาไรต์	IOCl	0.36
ไนโตรเจน	SiCl <sub>3</sub>	1.31
ไอโซไซยาไรต์	IOCl	2.21
Bis(methyl)amine	HO(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> SiCl <sub>2</sub>	15.4
N-Chloroglycine	ClO(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> SiCl <sub>2</sub>	5.75

LC<sub>50</sub> = Lethal Concentration

LC<sub>50</sub> = ปริมาณของสารพิษที่ทำให้ปลาตาย 50% ของจำนวนปลา

หน้า 13-15









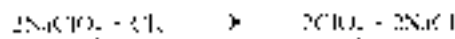


### 13.4 การนำเชื้อโรคด้วยคลอรีนไดออกไซด์

คลอรีนไดออกไซด์ ( $\text{ClO}_2$ ) เป็นสารประกอบคลอรีนในรูปแบบแก๊สและของเหลวได้ ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อโรคในอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถผลิตได้โดยการใช้ปริมาณที่ควบคุมด้วยของเหลวที่เป็นไฮโปคลอไรต์ในรูปของสารละลายคลอรีนไดออกไซด์ที่มี (คลอรีนไดออกไซด์) หรือใช้คลอรีนไดออกไซด์ที่ผลิตขึ้นในรูปของแก๊ส

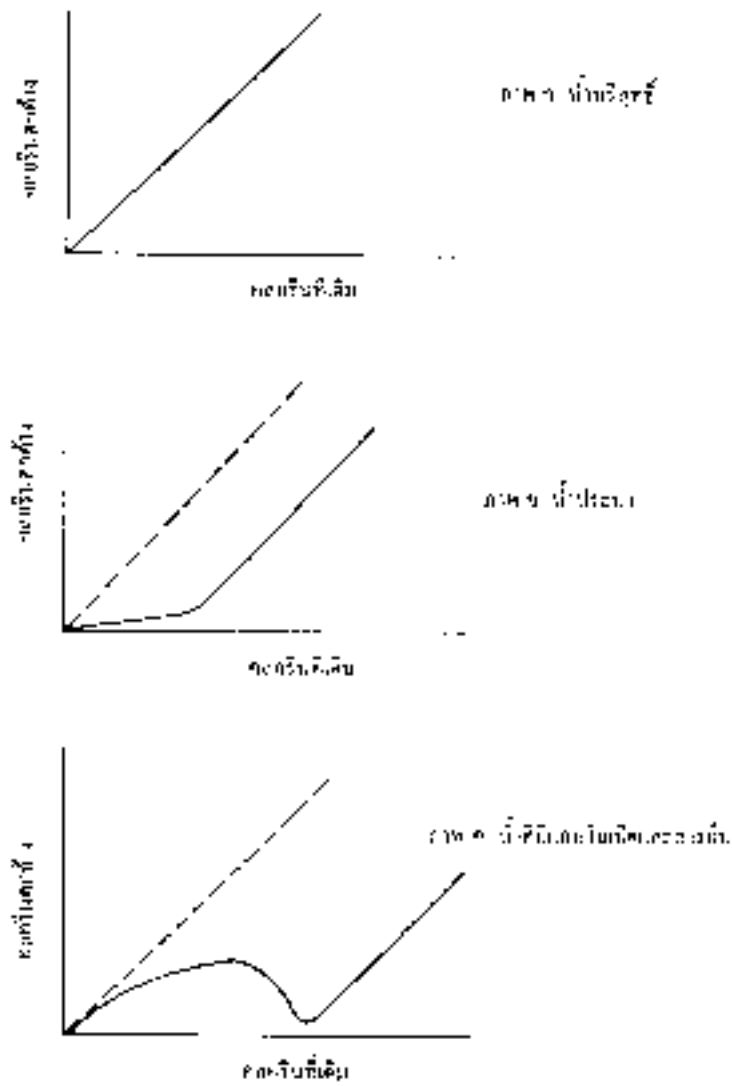
- ยาฆ่าเชื้อโรคได้แก่ฟอสฟอรัส
- ไนโตรเจนไดออกไซด์, ไฮโดรเจนไดออกไซด์, ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ใช้ในสารละลายที่มีคลอรีนไดออกไซด์หรือไฮโปคลอไรต์
- สารเคมีในออร์แกนิกไฮโดรคาร์บอนและสารเคมีอินทรีย์อื่น ๆ

คลอรีนไดออกไซด์เป็นสารที่มีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำดื่มและน้ำประปา โดยผลิตขึ้นจากคลอรีนไดออกไซด์ ( $\text{NaClO}_2$ ) และคลอรีน



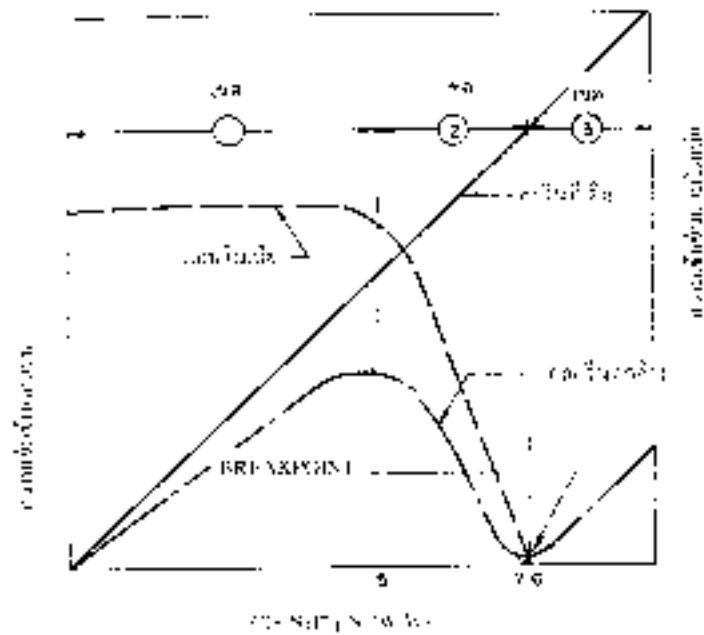
สำหรับสารอินทรีย์อื่น ๆ ที่มีคลอรีนไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบ เช่น สารอินทรีย์ที่มีคลอรีนไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบ

คลอรีนไดออกไซด์เป็นสารประกอบที่มีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำดื่มและน้ำประปา โดยผลิตขึ้นจากคลอรีนไดออกไซด์ ( $\text{NaClO}_2$ ) และคลอรีน



รูปที่ 13.5 การเติมคลอรีนด้วยวิธีแบบ Breakpoint Chlorination

การเติมคลอรีนด้วยวิธีแบบ Breakpoint Chlorination



รูปที่ 13.6 การเปลี่ยนแปลงของคลอรีนอิสระและคลอรีนรวม  
ในระหว่างการทำ Breakpoint Chlorination

### 13.5 วิธีวิเคราะห์คลอรีนในน้ำ

#### 13.5.1 วิธีวิเคราะห์คลอรีนทั้งหมด

วิธีวิเคราะห์คลอรีนทั้งหมดมี 2 วิธี คือ วิธีสีน้ำเงิน-ไอโอดีน (Starch-Iodide Method) และวิธี  
ไอโอดีน-ซัลไฟต์ (Cathastazine Method) ทั้งสองวิธีใช้หลักการไอโอดีน-ไอโอดีน ซึ่งคลอรีน  
ในน้ำจะปฏิกิริยากับ ไอโอดีนไอโอดีน และวิธีวิเคราะห์ที่กล่าวนี้ต่าง จึงมีหลักการดังนี้







รูปที่ 13.7 วัสดุพยานคดีอาชญากรรม

หน้า 13.22 หน้า 13.22





**คลอไรด์ (Chloride)**

14	สารบัญของพจนานุกรมที่ 14	4.4
14.1	คลอไรด์ที่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์	14.1
14.2	คลอไรด์ที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม: Cycle of Concentration	14.2
14.3	คลอไรด์ที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม: การปนเปื้อนในน้ำดื่ม	14.3
14.4	วิธีการวิเคราะห์คลอไรด์	14.4
14.4.1	วิธีการวิเคราะห์ (Main Method)	14.4
14.4.2	วิธีการวิเคราะห์ในตัวอย่างน้ำดื่ม	14.5







**14.1.2 การวัดผลในกระบวนการศึกษาที่มีแนวโน้มความดี Cycle of Concentration**

การใช้มีของระบบการศึกษาที่มีแนวโน้มความดี และระบบการวัดผลของระบบการศึกษาที่มีแนวโน้มความดี ซึ่งใช้การวัดผลแบบ low down หรือ Breakdown ของผลสัมฤทธิ์ของการศึกษา และมีการจัดให้มีการวัดผลแบบ Cycle of Concentration ซึ่งเป็นการวัดผลแบบต่อเนื่องกัน โดยเน้นการวัดผลในลักษณะที่เป็นรายวัน หรือรายสัปดาห์ หรือรายเดือน หรือรายภาคเรียน

Cycle of Concentration, C      การวัดผลในระบบที่มีแนวโน้มความดี  
และ การวัดผลแบบต่อเนื่อง

การวัดผลของระบบการศึกษาที่มีแนวโน้มความดี เป็นการวัดผลแบบต่อเนื่องกัน ซึ่งใช้การวัดผลแบบ low down หรือ Breakdown ของผลสัมฤทธิ์ของการศึกษา และมีการจัดให้มีการวัดผลแบบ Cycle of Concentration ซึ่งเป็นการวัดผลแบบต่อเนื่องกัน โดยเน้นการวัดผลในลักษณะที่เป็นรายวัน หรือรายสัปดาห์ หรือรายเดือน หรือรายภาคเรียน การวัดผลแบบต่อเนื่องกัน เป็นการวัดผลแบบต่อเนื่องกัน โดยเน้นการวัดผลในลักษณะที่เป็นรายวัน หรือรายสัปดาห์ หรือรายเดือน หรือรายภาคเรียน การวัดผลแบบต่อเนื่องกัน เป็นการวัดผลแบบต่อเนื่องกัน โดยเน้นการวัดผลในลักษณะที่เป็นรายวัน หรือรายสัปดาห์ หรือรายเดือน หรือรายภาคเรียน

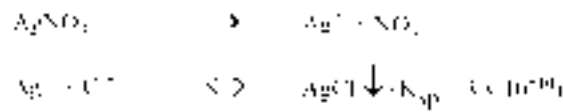
**14.1.3 การวัดผลที่มีลักษณะเชิงปริมาณที่มีแนวโน้มความดี**

เป็นการวัดผลในระบบที่มีแนวโน้มความดี โดยใช้การวัดผลแบบต่อเนื่องกัน

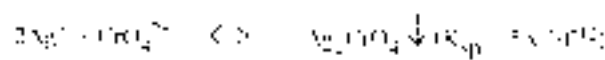
$$ACI = C \cdot 200^2 + 1000 \rightarrow ACI_2 = C^2 \cdot 1000 + 1000$$

การวัดผลที่มีแนวโน้มความดี เป็นการวัดผลแบบต่อเนื่องกัน โดยใช้การวัดผลแบบต่อเนื่องกัน





เมื่อเติมสารละลายของ AgCl ลงไปในน้ำ จะเกิดสารละลายที่อิ่มตัว และเมื่อเติมสารละลายของ Cl<sup>-</sup> ลงไปในน้ำ จะเกิดสารละลายที่อิ่มตัวเช่นกัน และเมื่อเติมสารละลายของ Ag<sup>+</sup> ลงไปในน้ำ จะเกิดสารละลายที่อิ่มตัวเช่นกัน

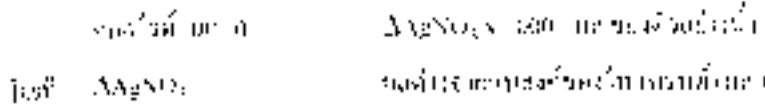


ข้อควรระวัง

- สารละลายของ Ag<sup>+</sup> และ Cl<sup>-</sup> จะเกิดสารละลายที่อิ่มตัว และเมื่อเติมสารละลายของ Ag<sup>+</sup> ลงไปในน้ำ จะเกิดสารละลายที่อิ่มตัว และเมื่อเติมสารละลายของ Cl<sup>-</sup> ลงไปในน้ำ จะเกิดสารละลายที่อิ่มตัว
- สารละลายของ Ag<sup>+</sup> และ CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> จะเกิดสารละลายที่อิ่มตัว และเมื่อเติมสารละลายของ Ag<sup>+</sup> ลงไปในน้ำ จะเกิดสารละลายที่อิ่มตัว
- สารละลายของ Ag<sup>+</sup> และ CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> จะเกิดสารละลายที่อิ่มตัว และเมื่อเติมสารละลายของ Ag<sup>+</sup> ลงไปในน้ำ จะเกิดสารละลายที่อิ่มตัว

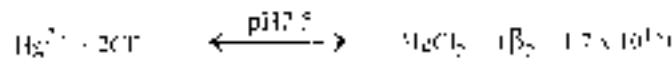
เมื่อเติมสารละลายของ Ag<sup>+</sup> ลงไปในน้ำ จะเกิดสารละลายที่อิ่มตัว และเมื่อเติมสารละลายของ Cl<sup>-</sup> ลงไปในน้ำ จะเกิดสารละลายที่อิ่มตัว และเมื่อเติมสารละลายของ Ag<sup>+</sup> ลงไปในน้ำ จะเกิดสารละลายที่อิ่มตัว

การวัดค่า pH ของสารละลาย  $\text{AgNO}_3$  ซึ่งให้  $\text{pH} = 5.0$  จะทำได้โดย  $\text{AgNO}_3$  จะทำปฏิกิริยากับ  $\text{Cl}^-$  ในสารละลาย ทำให้เกิดตะกอน  $\text{AgCl}$  ดังสมการต่อไปนี้



11.2 วิธีวัดค่า pH ที่วัดในสารละลายที่เปลี่ยนค่า pH

วิธีวัดค่า pH ของสารละลายที่มีวิธีวัดค่า pH ที่วัดในสารละลายที่เปลี่ยนค่า pH ได้ที่วัดค่า pH ของสารละลายที่มี  $\text{pH} = 5.0$  จะทำได้โดย



และวิธีวัดค่า pH ที่วัดในสารละลายที่เปลี่ยนค่า pH ได้ที่วัดค่า pH ของสารละลายที่มี  $\text{pH} = 5.0$  จะทำได้โดย  $\text{Hg}^{2+}$  จะทำปฏิกิริยากับ  $\text{Cl}^-$  ในสารละลาย ทำให้เกิดตะกอน  $\text{HgCl}_2$  ดังสมการต่อไปนี้

การวัดค่า pH ของสารละลายที่มี  $\text{pH} = 5.0$  จะทำได้โดย  $\text{Hg}^{2+}$  จะทำปฏิกิริยากับ  $\text{Cl}^-$  ในสารละลาย ทำให้เกิดตะกอน  $\text{HgCl}_2$  ดังสมการต่อไปนี้



**ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen)**

15.1 การประเมินผลในภาคสนามของค่าออกซิเจน	15.3
15.1.1 ความสัมพันธ์ของออกซิเจนในน้ำ	15.3
15.1.2 การใช้ข้อมูลภาคสนามเพื่อพัฒนาโปรแกรมออกซิเจนในน้ำ	15.4
15.2 การวัดค่าออกซิเจนละลายในน้ำ	15.7
15.2.1 การวัดค่าออกซิเจนละลายด้วย DO Meter	15.7
15.2.2 การวัดค่าออกซิเจนละลายด้วยวิธีไทเทรชัน	15.8
15.2.3 การวัดค่าออกซิเจนละลายด้วยวิธีอินทรีย์ชีวภาพ	15.10
15.3 วิธีการวัดค่าออกซิเจนละลาย	15.12
15.3.1 วิธีไทเทรชัน	15.13
15.3.2 วิธีอินทรีย์ชีวภาพ	15.18
15.3.3 วิธีใช้เครื่องวัดค่าออกซิเจนละลาย (Redox-Specific Membrane)	15.20
15.3.4 วิธีใช้เครื่องวัดค่าออกซิเจน	15.20

## บทที่ 15

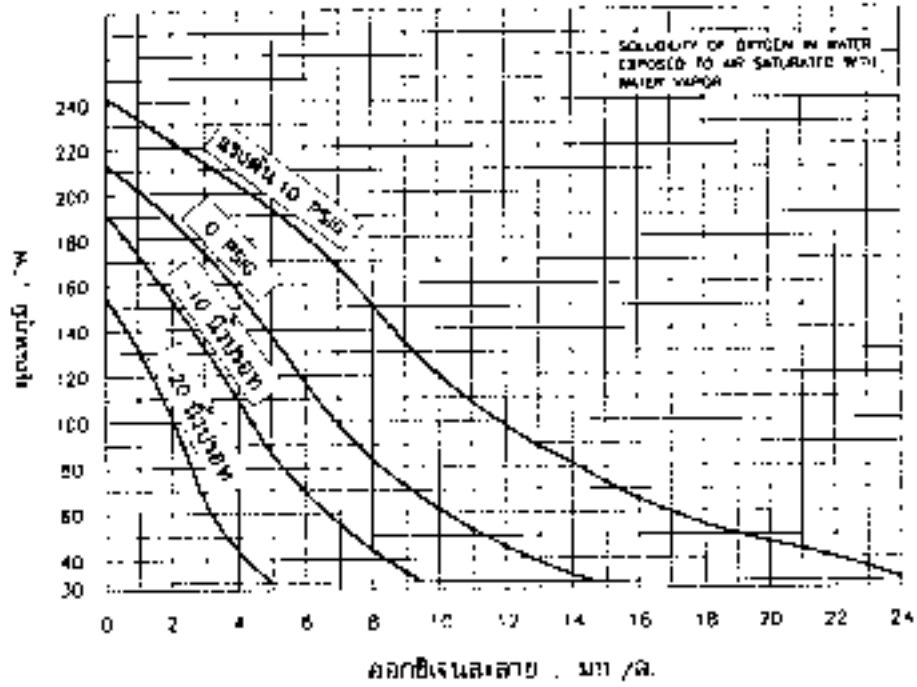
### ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen)

ออกซิเจนละลายในน้ำมีปริมาณที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความดัน และปริมาณที่มีออกซิเจนในอากาศที่สัมผัสกับผิวน้ำ ออกซิเจนละลายในน้ำได้รับจากสองแหล่งหลักคือจากบรรยากาศและจากพืชที่สังเคราะห์แสงในน้ำ และออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะเคลื่อนที่ไปมาตามความแตกต่างของความเข้มข้น ออกซิเจนละลายในน้ำมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในน้ำ ออกซิเจนละลายในน้ำมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในน้ำ ออกซิเจนละลายในน้ำมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในน้ำ

#### 15.1 ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจน

15.1.1 ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจน  
 ออกซิเจนละลายในน้ำมีความสามารถในการละลายที่จำกัดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความดัน และความเข้มข้นของออกซิเจนในอากาศที่สัมผัสกับผิวน้ำ ออกซิเจนละลายในน้ำมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในน้ำ





รูปที่ 15.1 ออกซิเจนละลายในน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ

เคมีวิศวกรรมและบำบัดน้ำเสีย

หน้า 15.1

ใบประกอบหนี้สิน - งบส่วน 20% - งบส่วนที่เหลือ - งบส่วนที่เพิ่มขึ้นสูงสุดภายใต้การพิจารณา - งบส่วนที่เพิ่มขึ้นสูงสุดภายใต้การพิจารณา

ตารางที่ 15.1 - ความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบแทนต่อหน่วยเงินลงทุนที่ต่างกัน

อัตราส่วน (%)	ผลตอบแทน, บาท				
	0	5000	10000	15000	20000
0	14.6	7.8	7.0	11.1	11.3
10	11.7	7.7	7.1	9.5	9.6
15	10.7	8.1	8.1	8.6	8.1
20	9.2	8.7	8.3	7.9	7.4
25	8.0	8.6	8.1	7.7	7.3
30	8.8	8.4	8.0	7.5	7.1
25	8.7	8.3	7.9	7.3	7.0
24	8.5	8.1	7.7	7.3	6.9
18	8.4	8.0	7.6	7.2	6.7
26	8.2	7.9	7.4	7.0	6.6
27	8.1	7.7	7.3	6.9	6.5
28	7.9	7.5	7.1	6.8	6.4
30	7.8	7.4	7.0	6.6	6.3
30	7.6	7.3	6.9	6.5	6.1

จำนวนเงินที่ 100, Sp	10 x 10 <sup>4</sup>	ใบประกอบหนี้สิน 0.7
จำนวนเงิน	Ksp <sup>20</sup>	
เงิน 3310	3.20	1,319,000*

\*เงินลงทุนที่เพิ่มขึ้น

1.	C	$0.20 \times 10^3 \times 10^3$	ไม่เกิด
		$2.75 \times 10^1 \times 10^1$	เกิดในสภาวะ
		$2.75 \times 10^1 \times 32$	ไม่เกิด
		88	ไม่เกิด

ในกรณีที่สารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์ใด ๆ มีค่า  $\Delta G^{\circ}$  เป็นลบ แสดงว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นสามารถเกิดขึ้นได้เองที่สภาวะมาตรฐาน และถ้าค่า  $\Delta G^{\circ}$  เป็นบวกแสดงว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นไม่สามารถเกิดขึ้นได้เองที่สภาวะมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ค่า  $\Delta G^{\circ}$  เป็นเพียงค่าประมาณเท่านั้น ค่าที่แท้จริงจะขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมที่แท้จริง เช่น อุณหภูมิ ความดัน และกิจกรรมของสารต่าง ๆ เป็นต้น นอกจากนี้ ค่า  $\Delta G^{\circ}$  ยังสามารถใช้ทำนายทิศทางของปฏิกิริยาได้ กล่าวคือ ถ้า  $\Delta G^{\circ}$  เป็นลบ แสดงว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นสามารถเกิดขึ้นได้เองที่สภาวะมาตรฐาน และถ้า  $\Delta G^{\circ}$  เป็นบวก แสดงว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นไม่สามารถเกิดขึ้นได้เองที่สภาวะมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ค่า  $\Delta G^{\circ}$  เป็นเพียงค่าประมาณเท่านั้น ค่าที่แท้จริงจะขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมที่แท้จริง เช่น อุณหภูมิ ความดัน และกิจกรรมของสารต่าง ๆ เป็นต้น

## 15.2 ความสำคัญทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

### 15.2.1 การนำพลังงานจากแหล่งพลังงานที่อุดมไปด้วยคาร์บอนไฮไดรเจน

การนำพลังงานจากแหล่งที่มีคาร์บอนไฮไดรเจนมาใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือเพื่อใช้ในการขนส่งเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในปัจจุบัน เนื่องจากแหล่งพลังงานที่อุดมไปด้วยคาร์บอนไฮไดรเจนเป็นแหล่งพลังงานที่สะอาดและมีราคาถูกกว่าแหล่งพลังงานที่อื่น ๆ นอกจากนี้ การนำพลังงานจากแหล่งที่มีคาร์บอนไฮไดรเจนมาใช้ยังช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศอีกด้วย

	$2c$	$\rightarrow$	$10^{21} = 2c$
น้ำหนักของส่วนผสม/โกลน	$3(x_2 + 2H_2O) = 12$	$\rightarrow$	$x_2 = 0.67$
น้ำหนักของน้ำที่เพิ่ม	$0.67 \times 4(1) = 2.67$	$\rightarrow$	$2.67 \text{ g}$

ดังนั้นมวลของส่วนผสมที่ผสมเข้ากันแล้ว จะกลายเป็นส่วนผสมใหม่ไปคือ ๑๒ กรัม + ๒.๖๗ กรัม = ๑๔.๖๗ กรัม  
 และน้ำหนักของส่วนผสมใหม่ที่ได้ คือ ๑๒ กรัม + ๒.๖๗ กรัม = ๑๔.๖๗ กรัม  
 ที่จะต้องใช้ไปในการผสมคือ ๑๒ กรัม + ๒.๖๗ กรัม = ๑๔.๖๗ กรัม  
 นั่นคือส่วนผสมที่ผสมเข้ากันแล้วจะมีน้ำหนัก ๑๔.๖๗ กรัม  
 ส่วนน้ำหนักของส่วนผสมใหม่ที่ได้คือ ๑๒ กรัม + ๒.๖๗ กรัม = ๑๔.๖๗ กรัม  
 นั่นคือส่วนผสมที่ผสมเข้ากันแล้วจะมีน้ำหนัก ๑๔.๖๗ กรัม  
 ส่วนน้ำหนักของส่วนผสมใหม่ที่ได้คือ ๑๒ กรัม + ๒.๖๗ กรัม = ๑๔.๖๗ กรัม  
 นั่นคือส่วนผสมที่ผสมเข้ากันแล้วจะมีน้ำหนัก ๑๔.๖๗ กรัม

บทเรียนที่ ๑๕.๕ การวิเคราะห์ปริมาณธาตุของสารประกอบอินทรีย์ โดยวิเคราะห์ด้วย Differential Analysis  
 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุของสารประกอบอินทรีย์ โดยวิเคราะห์ด้วย Differential Analysis  
 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุของสารประกอบอินทรีย์ โดยวิเคราะห์ด้วย Differential Analysis  
 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุของสารประกอบอินทรีย์ โดยวิเคราะห์ด้วย Differential Analysis  
 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุของสารประกอบอินทรีย์ โดยวิเคราะห์ด้วย Differential Analysis

**15.2.2 การคำนวณองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์**

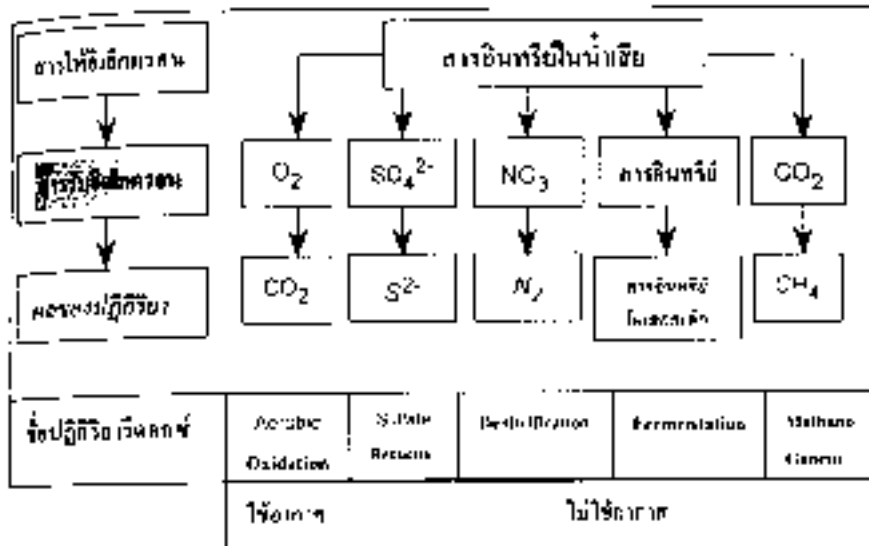
การคำนวณองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์ โดยวิเคราะห์ด้วย Differential Analysis  
 การคำนวณองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์ โดยวิเคราะห์ด้วย Differential Analysis  
 การคำนวณองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์ โดยวิเคราะห์ด้วย Differential Analysis  
 การคำนวณองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์ โดยวิเคราะห์ด้วย Differential Analysis  
 การคำนวณองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์ โดยวิเคราะห์ด้วย Differential Analysis







แหล่งน้ำที่มีออกซิเจนละลายจะมีแบคทีเรียแอโรบิกที่ไม่ใช้ออกซิเจนได้ เนื่องจากปฏิกิริยาใช้ออกซิเจนในกระบวนการเจริญเติบโตมากที่สุด นอกจากนี้ ยังมีจุลินทรีย์ที่เป็นทั้งก่อโรคที่เรียกว่า ไมโครอานาโรบิก (Strict Anaerobic Bacteria)



รูปที่ 15.2 ปฏิกิริยาที่คิดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

ตารางที่ 15.2 ปฏิกิริยาชีวเคมีที่ใช้แยกสิ่งปนเปื้อนในรูปต่างๆ

ปฏิกิริยา (ชื่อเต็ม)	ประเภทของปฏิกิริยา	รูปแบบผลิตภัณฑ์
แอกซิเดชันของคาร์บอน	ใช้ออกซิเจน	คาร์บอนไดออกไซด์ (CO <sub>2</sub> )
รีดิวซ์ไนเตรต	ไม่ใช้ออกซิเจน	ไนโตรเจน (NO <sub>2</sub> )
รีดิวซ์ซัลเฟต	ไม่ใช้ออกซิเจน	ซัลเฟต (SO <sub>4</sub> )
การหมักของคาร์โบไฮเดรต	ไม่ใช้ออกซิเจน	กรดอินทรีย์และแอลกอฮอล์
มีเทนเจนเนอเรชัน	ไม่ใช้ออกซิเจน	มีเทน (CH <sub>4</sub> )

\* ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

ปฏิชีวนะที่ออกฤทธิ์ต่อแบคทีเรียแกรมลบ (กลุ่มยา 15.2) มีจำหน่ายในหลอดขนาดเล็กและขนาดต่าง ๆ ได้แก่

- 1. ปฏิชีวนะที่ออกฤทธิ์ต่อแบคทีเรียแกรมลบ เป็นแบบที่จำหน่ายในรูปของยาเม็ดชื่อการค้าว่า *Specty Anaerobic* ปฏิชีวนะนี้ใช้ในกรณีที่มีเชื้อแบคทีเรียแกรมลบได้แก่ *B. fragilis*, *B. fragilis* และ *B. fragilis* ปฏิชีวนะนี้ใช้สำหรับรักษาโรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ
- 2. ปฏิชีวนะที่ออกฤทธิ์ต่อแบคทีเรียแกรมลบ (กลุ่มยา 15.3)

ตารางที่ 15.3 ระดับออกซิเจนและสภาพของปฏิชีวนะชื่อการค้า

ประเภทของปฏิชีวนะ	ระดับออกซิเจนและสภาพ
1. <i>B. fragilis</i>	อากาศ 20% และ 5%
2. ในกรณีฉุกเฉิน	ไม่เลี้ยง (แบบ 15.3)
3. เชื้อแบคทีเรียแกรมลบ	0-1% และ 5%
4. แบคทีเรียแกรมลบ (แบคทีเรียแกรมลบ)	จึงใช้ได้ดี

\* หมายเหตุ: แบคทีเรียที่เลี้ยงในสภาวะที่ต่ำกว่า 5% จะดีที่สุด

เนื่องจากความจำเป็นในการวินิจฉัยโรคติดเชื้อแบคทีเรียที่ร้ายแรงอย่างเฉียบพลัน จึงได้มีการพัฒนาวิธีการวินิจฉัยโรคติดเชื้อแบคทีเรียที่ร้ายแรงขึ้น 2 อย่างที่สามารถวินิจฉัยโรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจได้แก่ *Anoxic Anaerobic* ปฏิชีวนะแบบ *Anoxic Anaerobic* ใช้สำหรับวินิจฉัยโรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ ส่วนปฏิชีวนะแบบ *Anaerobic* ใช้สำหรับวินิจฉัยโรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ ปฏิชีวนะแบบทั้งสองนี้ใช้ได้ดีในหลอดเลี้ยงเชื้อ

### 15.4 วิธีวิเคราะห์ออกซิเจนและสภาพ

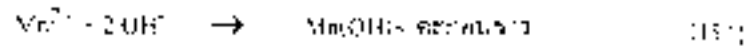
วิธีการวิเคราะห์ออกซิเจนและสภาพมี 3 วิธี

1. วิธีใช้ไดโครมอเมตริกวิธีนี้ใช้หลอด *W. 220*
2. วิธีใช้สารละลายปรับสภาพ *Anox Modicator* หรือวิธีวินิจฉัยแบบ *ปรีพรีพ*
3. วิธีใช้แบบ *ปรีพรีพ*

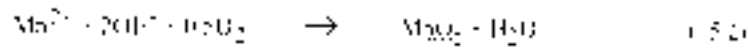
หน้า 15 ของ 15 หน้า



การเกิดสารประกอบไฮดรอกไซด์ของแมงกานีส(II) ซึ่งได้จากการปฏิบัติกับสารประกอบแมงกานีส(II) ดังนี้

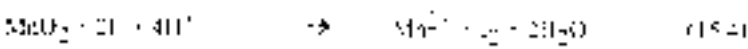


ถ้าเติมสารที่มีไฮดรอกไซด์ของสาร MnSO<sub>4</sub> และสารประกอบไฮดรอกไซด์โพแทสเซียม K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> - KOH ที่อุณหภูมิสูงแล้วนั้น จะเกิดตะกอนสีขาวที่มีลักษณะคล้ายกับปฏิบัติกับกับสารประกอบ Mn<sup>2+</sup> ที่กล่าวถึงข้างต้น



การปฏิกิริยา Mn<sup>2+</sup> ให้เป็น Mn<sup>4+</sup> เรียกว่า "การออกซิเดชัน" (Oxidation of Oxygen) ปฏิบัติกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และโพแทสเซียมเปอร์ออกไซด์ สารประกอบโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และโพแทสเซียมเปอร์ออกไซด์ได้กล่าวถึงไปแล้วว่าปฏิบัติกับกับ Mn<sup>2+</sup> อย่างที่กล่าวถึงข้างต้นแล้วคือ 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

สำหรับสารประกอบออกไซด์ของแมงกานีส(II) ได้มีปฏิกิริยาที่คล้ายคลึงกับกับ Mn<sup>2+</sup> ดังนี้



เมื่อเติม  $\text{NaOH}$  ลงในสารละลาย  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  และพบตะกอนสีขาวในหลอดทดลอง  
การกำจัดไอออนตะกอนที่เกิดจากการเติมสารละลาย

จนกระทั่งไม่มีตะกอนสีขาวเกิดขึ้น เมื่อเติมสารละลายที่แยกแล้วเมื่อ 200 ml ของสารละลาย  
ในหลอดทดลอง 2 ml ของ  $\text{NaOH}$  10% เพื่อกำจัดตะกอน  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  ตามวิธี Standard Method และ  
ทำให้ได้ของเหลวที่มี 200 ml ในหลอดทดลอง เมื่อเติมสารละลาย  $\text{NaOH}$  10% เพื่อตรวจสอบที่ตก  
ตะกอนของ  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  และ  $\text{MnSO}_4$  2 ml ของสารละลายที่ตกใส่ในหลอด 2 ml ของสารละลาย  
ด้วยน้ำที่ 100 ml ของสารละลาย  $\text{NaOH}$  10% เพื่อตรวจสอบว่ามีตะกอนเกิดขึ้นหรือไม่ หลังจาก  
เติมสารละลาย 500 ml ดังนั้น ได้ตะกอนสีขาวในหลอด 200 ml ซึ่งเมื่อใช้กับ 2 ml ของ  
สารละลาย 200 x 100 = 20000 ml ของสารละลายที่มีตะกอนตกในหลอด 2 ml ของสารละลาย  
ไม่ตกตะกอนออกมา เมื่อตรวจสอบการตกตะกอนในหลอด 2 ml ของสารละลายที่มีตะกอนตกในหลอด  
ซึ่งมีตะกอนตกในหลอดที่มีใช้ 20000 ml ของสารละลายที่มีตะกอนตกในหลอด 2 ml ของสารละลาย

**การสังเกตการณ์ตามตารางสำหรับวิเคราะห์ที่ 10**

วิธีวิเคราะห์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ไอออนที่มีอยู่ 60000 ml ถูกใช้เพื่อวิเคราะห์ตะกอนที่ตก  
และสารตกตะกอนในหลอด 2 ml ของสารละลาย ปริมาณที่ตกในหลอด 2 ml ของสารละลาย  
ซึ่งมีตะกอนตกในหลอด 2 ml ของสารละลาย ซึ่งเมื่อใช้กับ 2 ml ของสารละลาย  
ไม่ตกตะกอนออกมา เมื่อตรวจสอบการตกตะกอนในหลอด 2 ml ของสารละลายที่มีตะกอนตกในหลอด  
ซึ่งมีตะกอนตกในหลอดที่มีใช้ 20000 ml ของสารละลายที่มีตะกอนตกในหลอด 2 ml ของสารละลาย  
ไม่ตกตะกอนออกมา เมื่อตรวจสอบการตกตะกอนในหลอด 2 ml ของสารละลายที่มีตะกอนตกในหลอด  
ซึ่งมีตะกอนตกในหลอดที่มีใช้ 20000 ml ของสารละลายที่มีตะกอนตกในหลอด 2 ml ของสารละลาย

เมื่อเติมสารละลายของสารละลายที่มีตะกอนตกในหลอด 2 ml ของสารละลาย  
ซึ่งมีตะกอนตกในหลอด 2 ml ของสารละลาย ซึ่งเมื่อใช้กับ 2 ml ของสารละลาย  
ไม่ตกตะกอนออกมา เมื่อตรวจสอบการตกตะกอนในหลอด 2 ml ของสารละลายที่มีตะกอนตกในหลอด  
ซึ่งมีตะกอนตกในหลอดที่มีใช้ 20000 ml ของสารละลายที่มีตะกอนตกในหลอด 2 ml ของสารละลาย

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

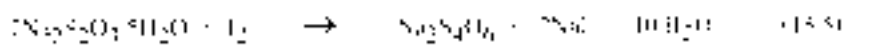
ข้อ 1.2.2.0

ขั้นที่ 1. เตรียม โซลิวชันของโพแทสเซียมไดโครเมต (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) ซึ่งเป็นการวัดค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดโครเมตที่มีน้ำหนัก 200 มก. ละไว้ในขวดลิโตะน้ำหนักแห้งที่มีปริมาตร 250 ± 0.001 mL ได้ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานที่เข้มข้น 8.33 × 10<sup>-3</sup> โมล/ลิตร (ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดโครเมต) ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในตัวอย่างด้วยวิธีไทเทรตด้วยสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตที่มีปริมาตร 10.00 mL ของสารละลายมาตรฐานที่มีปริมาตร 10.00 mL

การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)

ขั้นที่ 1. เตรียม โซลิวชันของโพแทสเซียมไดโครเมต (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) ซึ่งใช้ในการวัดค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดโครเมตที่มีน้ำหนัก 200 มก. ละไว้ในขวดลิโตะน้ำหนักแห้งที่มีปริมาตร 250 ± 0.001 mL ได้ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานที่เข้มข้น 8.33 × 10<sup>-3</sup> โมล/ลิตร (ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดโครเมต) ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในตัวอย่างด้วยวิธีไทเทรตด้วยสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตที่มีปริมาตร 10.00 mL ของสารละลายมาตรฐานที่มีปริมาตร 10.00 mL

ขั้นที่ 2. การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) ซึ่งใช้ในการวัดค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดโครเมตที่มีน้ำหนัก 200 มก. ละไว้ในขวดลิโตะน้ำหนักแห้งที่มีปริมาตร 250 ± 0.001 mL ได้ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานที่เข้มข้น 8.33 × 10<sup>-3</sup> โมล/ลิตร (ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดโครเมต) ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในตัวอย่างด้วยวิธีไทเทรตด้วยสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตที่มีปริมาตร 10.00 mL ของสารละลายมาตรฐานที่มีปริมาตร 10.00 mL



ขั้นที่ 3. การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) ซึ่งใช้ในการวัดค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดโครเมตที่มีน้ำหนัก 200 มก. ละไว้ในขวดลิโตะน้ำหนักแห้งที่มีปริมาตร 250 ± 0.001 mL ได้ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานที่เข้มข้น 8.33 × 10<sup>-3</sup> โมล/ลิตร (ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดโครเมต) ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในตัวอย่างด้วยวิธีไทเทรตด้วยสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตที่มีปริมาตร 10.00 mL ของสารละลายมาตรฐานที่มีปริมาตร 10.00 mL





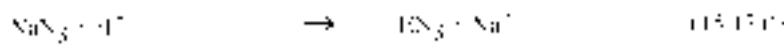


ปฏิกิริยาที่ 1 เช่น การสังเคราะห์แอมโมเนียปฏิกิริยาที่ 2 (18.4) จะให้สารประกอบ  $\text{NaNO}_2$  ที่มีสมบัติ  
 ออกฤทธิ์คล้ายกับไฮดรอกไซด์  $\text{Na}_2\text{O}_2$  ของแอมโมเนีย มีสมการปฏิกิริยาต่อไปนี้



สมการที่ 1 และที่ 2 แสดงให้เห็นว่าไฮดรอกไซด์ที่สังเคราะห์ขึ้นซึ่งมีปฏิกิริยาคล้ายกับ  $\text{Na}_2\text{O}_2$  นั้นได้  
 สมบัติของอนุมูลอิสระที่ใกล้เคียงกับแอมโมเนีย ปฏิกิริยาที่ 3 จะสามารถเขียนในสมการปฏิกิริยาต่อไปนี้โดย  
 ระบุถึงโมเลกุลของอนุมูลอิสระ

สมการปฏิกิริยาที่ 3 จะแสดงให้เห็นว่าไฮดรอกไซด์ที่สังเคราะห์ขึ้น  $\text{NaNO}_2$  จะมีปฏิกิริยาคล้ายกับอนุมูล  
 อิสระของอนุมูลอิสระที่เป็น  $\text{NO}_2$  และ  $\text{NO}$  ดังนี้



ปฏิกิริยาของ  $\text{NaNO}_2$  ที่อธิบายไว้ข้างต้นเรียกว่า การดัดแปลงอนุมูลอิสระ (Azide Modification or Winkler  
 Method) โดยอนุมูลอิสระจะถูกสังเคราะห์ขึ้นจากสารประกอบอนุมูลอิสระไนโตรไซด์ ที่มีคุณสมบัติออก  
 ฤทธิ์คล้ายกับอนุมูลอิสระของอนุมูลอิสระที่กล่าวไว้ข้างต้น

15.5.3 วิธีปรับปรุงแบบวิธีเคิล-สตีว (Recul-Stewart Modification)

วิธีนี้ใช้หลักการที่คิดค้นโดยวิศวกรชาวฝรั่งเศส ซึ่งเขาได้วางไว้โดยหลักการว่า จะปรับแบบตามข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นโดยวิธีวิธีนี้ใช้วิธีปรับโดยการเคลื่อนย้ายจุดศูนย์กลางของล้อขึ้น-ลงตามแนวเส้นตรงที่ลากตั้งฉากกับแนวตั้งของล้อขึ้น-ลง

15.5.4 วิธีแบบยกขึ้นกับเหล็กโรต

วิธีนี้ใช้หลักการที่คิดค้นโดยวิศวกรชาวฝรั่งเศส ซึ่งเขาได้วางไว้โดยหลักการว่า จะปรับแบบตามข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นโดยวิธีวิธีนี้ใช้วิธีปรับโดยการเคลื่อนย้ายจุดศูนย์กลางของล้อขึ้น-ลงตามแนวเส้นตรงที่ลากตั้งฉากกับแนวตั้งของล้อขึ้น-ลง



รูปที่ 15.3 เครื่องวัดความสูงและระยะทางที่นิยมใช้  
เครื่องมือวัดความสูงและระยะทาง



**บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)**

16.5 การวิเคราะห์บีโอดี	1619
16.6 ความสำคัญของการบีโอดี	629
16.6.1 บีโอดีเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงปริมาณของสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ในน้ำเสีย	1620
16.6.2 ใช้บีโอดีเป็นตัวชี้วัดของปริมาณของสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ในน้ำเสีย	631
16.6.3 บีโอดีเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงปริมาณของสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ในน้ำเสีย	1632
16.7 การควบคุมและป้องกันบีโอดี	633

## ภาคที่ 16

### บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)

โดยทั่วไปจะหมายถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ (วัดในรูปเปอร์เซ็นต์) ที่ใช้เพื่อวัดปริมาณของเสียอินทรีย์ในน้ำที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มหรือน้ำใช้ ซึ่งมีความสำคัญต่อการรักษาคุณภาพน้ำดื่มและน้ำใช้ให้ปลอดภัยต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์น้ำ โดยทั่วไปแล้วค่า BOD จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของน้ำ และค่า BOD จะลดลงตามเวลาที่ผ่านไป ค่า BOD ที่สูงจะบ่งชี้ถึงปริมาณของเสียอินทรีย์ในน้ำที่สูง ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำและมนุษย์ได้

#### 16.1 การวัดปริมาณสารอินทรีย์ละลายน้ำ

การวัดปริมาณสารอินทรีย์ละลายน้ำ (BOD) มีวิธีการดังนี้

- วัดค่า BOD<sub>5</sub>
- วัด COD
- วัด TSS
- วัดค่าเฉลี่ยของค่าออกซิเจน (Oxygen Demand)

#### 16.1.1 การวัดปริมาณสารอินทรีย์ละลายน้ำแบบ BOD<sub>5</sub>

เมื่อค่า BOD<sub>5</sub> สูงขึ้นจะบ่งชี้ถึงปริมาณของเสียอินทรีย์ในน้ำที่สูง ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำและมนุษย์ได้ ค่า BOD<sub>5</sub> จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของน้ำ และค่า BOD<sub>5</sub> จะลดลงตามเวลาที่ผ่านไป ค่า BOD<sub>5</sub> ที่สูงจะบ่งชี้ถึงปริมาณของเสียอินทรีย์ในน้ำที่สูง ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำและมนุษย์ได้

**16.1.2 การวัดปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในรูป TOC (Total Organic Carbon)**

เป็นการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่อยู่ในรูปที่ละลายในน้ำ ซึ่งวัดด้วยวิธีที่แตกต่างจากวิธีวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (TSS) โดยการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ (TOC) นั้นสามารถทำได้โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ที่เรียกว่า TOC Analyzer ซึ่งสามารถวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ละลายในน้ำได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการกรองน้ำเสียก่อน ซึ่งการวัด TOC นี้มีความแม่นยำสูงกว่าการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (TSS) ซึ่งเป็นการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสีย

**16.1.3 การวัดปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในรูป TVS (Total Volatile Solids)**

TVS เป็นการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ ซึ่งวัดด้วยวิธีที่แตกต่างจากวิธีวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (TSS) โดยการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ (TVS) นั้นสามารถทำได้โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ที่เรียกว่า TVS Analyzer ซึ่งสามารถวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ละลายในน้ำได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการกรองน้ำเสียก่อน ซึ่งการวัด TVS นี้มีความแม่นยำสูงกว่าการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (TSS) ซึ่งเป็นการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสีย

**16.1.4 การวัดปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในรูป BOD (Biochemical Oxygen Demand)**

BOD เป็นการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ ซึ่งวัดด้วยวิธีที่แตกต่างจากวิธีวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (TSS) โดยการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ (BOD) นั้นสามารถทำได้โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ที่เรียกว่า BOD Analyzer ซึ่งสามารถวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ละลายในน้ำได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการกรองน้ำเสียก่อน ซึ่งการวัด BOD นี้มีความแม่นยำสูงกว่าการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (TSS) ซึ่งเป็นการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสีย

ในการวัดค่า BOD นั้นมีการใช้หน่วยวัดที่เรียกว่า mg/l หรือ g/m<sup>3</sup> ซึ่งหมายถึงปริมาณของออกซิเจนที่จำเป็นสำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (Biochemical Oxygen Demand) หรือที่เรียกว่า BOD (Biochemical Oxygen Demand)

## 16.2 พหุคูณวงรีพีโอติ

วิธีพีโอติมีขั้นตอนการแก้ คือ 1) หาจุดยอดวงรีโดยหาค่าต่ำสุดของฟังก์ชันค่า  
 วัตถุประสงค์ที่เป็นเชิงเส้นภายใต้ข้อจำกัดเชิงเส้น (จุดยอดวงรี) 2) หาฟังก์ชันค่า  
 วัตถุประสงค์ที่จุดยอดวงรีได้มา โดยวัดค่าฟังก์ชันค่าวัตถุประสงค์ที่จุดยอดวงรีแต่ละจุด  
 3) หาฟังก์ชันค่าวัตถุประสงค์ที่จุดยอดวงรีที่น้อยที่สุด และฟังก์ชันค่า  
 วัตถุประสงค์ที่จุดยอดวงรีที่มากที่สุด และฟังก์ชันค่าวัตถุประสงค์ที่จุดยอดวงรีที่น้อยที่สุด  
 และฟังก์ชันค่าวัตถุประสงค์ที่จุดยอดวงรีที่มากที่สุดจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวอย่างข้อที่ 16.2-1 มีฟังก์ชันค่าวัตถุประสงค์และข้อจำกัดเชิงเส้นดังต่อไปนี้ จงหาฟังก์ชันค่า  
 วัตถุประสงค์ที่ดีที่สุดโดยวิธีพีโอติ

### 16.2-1 วิธีพีโอติแบบตรง (Direct Method)

ฟังก์ชันค่าวัตถุประสงค์มีค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดที่จุดใดบ้าง  $x$  และ  $y$  ของวิธีพีโอติมีจุดยอดวงรี  
 ดังต่อไปนี้

วิธีแก้: ขั้นตอนแรก เราต้องได้จุดยอดวงรีของแผนภาพจุดประสงค์ที่ให้อยู่ในรูป  
 ของสมการเส้นตรงก่อน ถ้าฟังก์ชันค่าวัตถุประสงค์มีค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดที่จุดยอดวงรี  
 ดังกล่าวแล้ว เราสามารถหาจุดยอดวงรีได้โดยหาจุดตัดของเส้นตรงข้อจำกัด  
 และเส้นตรงฟังก์ชันค่าวัตถุประสงค์ที่จุดยอดวงรีได้มา โดยหาจุดตัดของเส้นตรงข้อ  
 1) และเส้นตรงข้อ 2) และเส้นตรงข้อ 1) และเส้นตรงข้อ 3) และเส้นตรงข้อ 2) และเส้น  
 2) และเส้นตรงข้อ 3) และเส้นตรงข้อ 1) และเส้นตรงข้อ 4) และเส้นตรงข้อ 3) และเส้น  
 3) และเส้นตรงข้อ 4) และเส้นตรงข้อ 1) และเส้นตรงข้อ 4) และเส้นตรงข้อ 2) และเส้น  
 4) และเส้นตรงข้อ 1) และเส้นตรงข้อ 3) และเส้นตรงข้อ 4) และเส้นตรงข้อ 2) และเส้น  
 5) และเส้นตรงข้อ 1) และเส้นตรงข้อ 3) และเส้นตรงข้อ 4) และเส้นตรงข้อ 2) และเส้น  
 6) และเส้นตรงข้อ 1) และเส้นตรงข้อ 3) และเส้นตรงข้อ 4) และเส้นตรงข้อ 2) และเส้น



วิธีสังเกตความสะอาดของไข่ที่ผลิตจากฟาร์มหรือโรงเลี้ยงไก่โดยผู้เลี้ยงไก่เองที่เลี้ยงในฟาร์มเลี้ยงไก่  
สามารถพบเชื้อแบคทีเรียได้บ้างน้อยมาก มีเฉพาะที่ส่วนที่สัมผัสกับมูลไก่หรือที่สัมผัสกับสิ่งสกปรก  
ที่มากพอจะอยู่ได้

16.2.2 วิธีวัดปริมาณเชื้อแบคทีเรีย (Dilution Method)

วิธีวัดจำนวนแบคทีเรียในนมผงหรือผลิตภัณฑ์นมผงโดยวิธีนี้ใช้วิธีเจือจางนมผง 10 กรัม  
ใส่ไข่ไก่ 1 ฟอง ตระกลิ้งให้เข้ากัน ได้เนื้อเหลวไม่มีก้อนหรือตะกอน มีไขมันนม 5 กรัม นำไปใส่ในขวด  
ทดลองผลัดมาเรื่อยๆ เพื่อให้ครบ 100 มิลลิกรัม แล้วนำจำนวนแบคทีเรียที่มีในนมผง 10 กรัม  
ใส่ลงใน 100 มิลลิกรัมของน้ำสะอาดจนได้จำนวนที่พอจะวัดได้โดยวิธีนี้ใช้วิธีเจือจางนมผง 10  
กรัม ใส่ลงใน 100 มิลลิกรัม

• ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในนมผงหรือผลิตภัณฑ์นมผงที่เก็บไว้ในขวดที่ปิดสนิทหรือมีฝาปิดสนิท

- จำนวนแบคทีเรียในนมผงหรือผลิตภัณฑ์นมผง
- ความสะอาดของนมผงหรือผลิตภัณฑ์นมผง
- วิธีใช้วิธีนี้
- วิธีสังเกตปริมาณเชื้อแบคทีเรียในนมผง
- วิธีใช้วิธีนี้

วิธีสังเกตความสะอาดของนมผงที่เก็บไว้ในตู้เย็นหรือที่มีอุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส นมผง 5 กรัม  
ใส่ไข่ไก่ 1 ฟอง ตระกลิ้งให้เข้ากัน ได้เนื้อเหลวไม่มีก้อนหรือตะกอน มีไขมันนม 5 กรัม นำไปใส่ในขวด  
ทดลองผลัดมาเรื่อยๆ เพื่อให้ครบ 100 มิลลิกรัม แล้วนำจำนวนแบคทีเรียที่มีในนมผง 10 กรัม  
ใส่ลงใน 100 มิลลิกรัมของน้ำสะอาดจนได้จำนวนที่พอจะวัดได้โดยวิธีนี้ใช้วิธีเจือจางนมผง 10  
กรัม ใส่ลงใน 100 มิลลิกรัม

26.2.1 การผลิตปุ๋ยเคมีในโรงงาน

การผลิตปุ๋ยเคมีส่วนใหญ่มีขั้นตอนการผลิตที่เหมือนกัน คือ การนำเอาสารตั้งต้น (วัตถุดิบ) มาผ่านกระบวนการทางเคมี เพื่อผลิตปุ๋ยเคมีที่มีลักษณะเฉพาะตามความต้องการของเกษตรกร ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยเคมีมีดังนี้

- หินฟอสเฟต (หินขาว) : ใช้ผลิตปุ๋ยฟอสเฟต
- หินปูน (หินขาว) : ใช้ผลิตปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยผสม
- หินเกลือ (หินขาว) : ใช้ผลิตปุ๋ยโพแทสเซียม
- หินเหล็กไฟ (หินขาว) : ใช้ผลิตปุ๋ยเหล็ก

วัตถุดิบเหล่านี้จะถูกนำมารวมกันและผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อผลิตปุ๋ยเคมีที่มีลักษณะเฉพาะตามความต้องการของเกษตรกร ซึ่งวัตถุดิบเหล่านี้จะถูกนำมารวมกันและผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อผลิตปุ๋ยเคมีที่มีลักษณะเฉพาะตามความต้องการของเกษตรกร

สารเคมีที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยเคมี

ชื่อสารเคมี	สูตรเคมี	ปริมาณ (ก.ก./ตัน)
หินฟอสเฟต	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	1
หินปูน	$\text{CaCO}_3$	1
หินเกลือ	$\text{KCl}$	1
หินเหล็กไฟ	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1

\*  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  8.5 ตัน,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  27.75 ตัน,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  33.1 ตัน  
 $\text{NH}_4^+$  1.7 ตัน,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  1.7 ตัน

รูปที่ 14.1 การผลิตปุ๋ยเคมี

สามารถไปประเทศจีนและไทยได้อย่างดีและเป็นกำลังเสริมเรื่องงานนี้ด้วยถ้าพร้อมที่จะใช้เงิน  
 ๖. ล้างเมล็ดพันธุ์ที่อยู่ในถุงพลาสติกด้วยน้ำสะอาดและตากแดดให้แห้งสนิทก่อนนำไปเพาะ  
 ๗. เตรียมดินปลูกที่ใช้เพาะเมล็ด โดยผสมดินร่วนซุย ๒ ส่วน และปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก ๑ ส่วน  
 ๘. ใส่เมล็ดพันธุ์ลงในถุงพลาสติกที่เตรียมไว้ และกดดินให้แน่นพอที่จะไม่ทำให้เมล็ดลอยขึ้น  
 ๙. นำถุงพลาสติกที่บรรจุเมล็ดไปวางในภาชนะที่ใส่น้ำสะอาด และเปลี่ยนน้ำทุกวัน

นอกจากนี้ ยังมีอีกวิธีหนึ่ง เรียกว่า Seed ไรท์ติ้ง หรือการเลี้ยงเชื้อ ซึ่งเป็นการนำเอาเมล็ดพันธุ์ที่อยู่ใน  
 ถุงพลาสติกไปใส่ลงในถุงที่บรรจุเชื้อ และปล่อยให้เชื้อเข้าไปในเมล็ด และทำให้เมล็ดงอกได้  
 ก่อนที่จะนำไปเพาะ

- ใช้เมล็ดพันธุ์ที่สะอาดปราศจากเชื้อรา และศัตรูพืช
- ใช้ดินปลูกที่ปราศจากเชื้อรา และศัตรูพืช

16.2.2 การใช้เมล็ด

เมื่อปลูกเมล็ดพันธุ์ในดินแล้ว จะต้องคอยดูแลรดน้ำ และคอยสังเกตว่าเมล็ดงอกหรือไม่ ถ้าเมล็ด  
 ปลูกแล้วไม่งอก อาจเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ได้ เช่น เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมสภาพแล้ว เมล็ดพันธุ์ที่  
 ปลูกในดินที่แห้งเกินไป เมล็ดพันธุ์ที่ปลูกในดินที่แน่นเกินไป เมล็ดพันธุ์ที่ปลูกในดินที่  
 ไม่มีน้ำ หรือเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกในดินที่เย็นเกินไป เป็นต้น การดูแลรดน้ำ ควรรดน้ำทุกวัน  
 ทุกวัน และคอยสังเกตว่าเมล็ดงอกหรือไม่ ถ้าเมล็ดงอกแล้ว ควรนำถุงพลาสติกที่บรรจุเมล็ด  
 ปลูกไปวางในที่ที่มีแสงสว่าง และอุณหภูมิที่เหมาะสม

หลังจากที่เมล็ดพันธุ์งอกแล้ว ควรนำเมล็ดพันธุ์ที่งอกแล้วไปปลูกในดินที่เตรียมไว้ และคอย  
 ดูแลรดน้ำ และคอยสังเกตว่าต้นกล้าเจริญเติบโตหรือไม่

16.2.2.3 อนุกรมกำลังของ  $\cos x$

ฟังก์ชัน  $f(x) = \cos x$  เป็นฟังก์ชันคี่ที่มีคาบ  $2\pi$  และ  $f(0) = 1$  ดังนั้นอนุกรมกำลังของ  $f(x)$  จะต้องมีค่าคงที่  $a_0 = 1$  และ  $a_n = 0$  สำหรับ  $n$  ใด ๆ ที่เป็นจำนวนเต็มบวก นอกจากนี้  $f(x)$  ยังเป็นฟังก์ชันคี่ที่มีคาบ  $2\pi$  และ  $f(0) = 1$  ดังนั้นอนุกรมกำลังของ  $f(x)$  จะต้องมีค่าคงที่  $a_0 = 1$  และ  $a_n = 0$  สำหรับ  $n$  ใด ๆ ที่เป็นจำนวนเต็มบวก

ฟังก์ชัน  $f(x) = \cos x$  เป็นฟังก์ชันคี่ที่มีคาบ  $2\pi$  และ  $f(0) = 1$  ดังนั้นอนุกรมกำลังของ  $f(x)$  จะต้องมีค่าคงที่  $a_0 = 1$  และ  $a_n = 0$  สำหรับ  $n$  ใด ๆ ที่เป็นจำนวนเต็มบวก นอกจากนี้  $f(x)$  ยังเป็นฟังก์ชันคี่ที่มีคาบ  $2\pi$  และ  $f(0) = 1$  ดังนั้นอนุกรมกำลังของ  $f(x)$  จะต้องมีค่าคงที่  $a_0 = 1$  และ  $a_n = 0$  สำหรับ  $n$  ใด ๆ ที่เป็นจำนวนเต็มบวก

ฟังก์ชัน  $f(x) = \cos x$  เป็นฟังก์ชันคี่ที่มีคาบ  $2\pi$  และ  $f(0) = 1$  ดังนั้นอนุกรมกำลังของ  $f(x)$  จะต้องมีค่าคงที่  $a_0 = 1$  และ  $a_n = 0$  สำหรับ  $n$  ใด ๆ ที่เป็นจำนวนเต็มบวก

- อนุกรมกำลังของ  $\cos x$  คือ  $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n}}{(2n)!}$
- อนุกรมกำลังของ  $\sin x$  คือ  $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n+1}}{(2n+1)!}$

ฟังก์ชัน  $f(x) = \cos x$  เป็นฟังก์ชันคี่ที่มีคาบ  $2\pi$  และ  $f(0) = 1$  ดังนั้นอนุกรมกำลังของ  $f(x)$  จะต้องมีค่าคงที่  $a_0 = 1$  และ  $a_n = 0$  สำหรับ  $n$  ใด ๆ ที่เป็นจำนวนเต็มบวก นอกจากนี้  $f(x)$  ยังเป็นฟังก์ชันคี่ที่มีคาบ  $2\pi$  และ  $f(0) = 1$  ดังนั้นอนุกรมกำลังของ  $f(x)$  จะต้องมีค่าคงที่  $a_0 = 1$  และ  $a_n = 0$  สำหรับ  $n$  ใด ๆ ที่เป็นจำนวนเต็มบวก

ตารางที่ 16-2 การเลือกขนาดตัวอย่างและอัตราข้อผิดพลาดสำหรับช่วงนียุติค่าเงิน

ปริมาณตัวอย่าง (นด.)	ช่วงนียุติ (บาท. จ)	อัตราผิดพลาด
0.70	30,000 - 1,150,000	15.70%
1.05	11,200 - 425,000	6.50%
1.23	6,000 - 210,000	3.00%
1.23	7,000 - 19,200	1.73%
1.51	7,200 - 4,700	6.0%
1.6	600 - 3,100	7.0%
2.0	300 - 1,350	5.0%
3.0	120 - 420	6.0%
4.05	60 - 210	3.0%
5.0	30 - 105	1.5%
6.0	12 - 42	0%
10.0	6 - 21	0%
30.0	0 - 3	1%

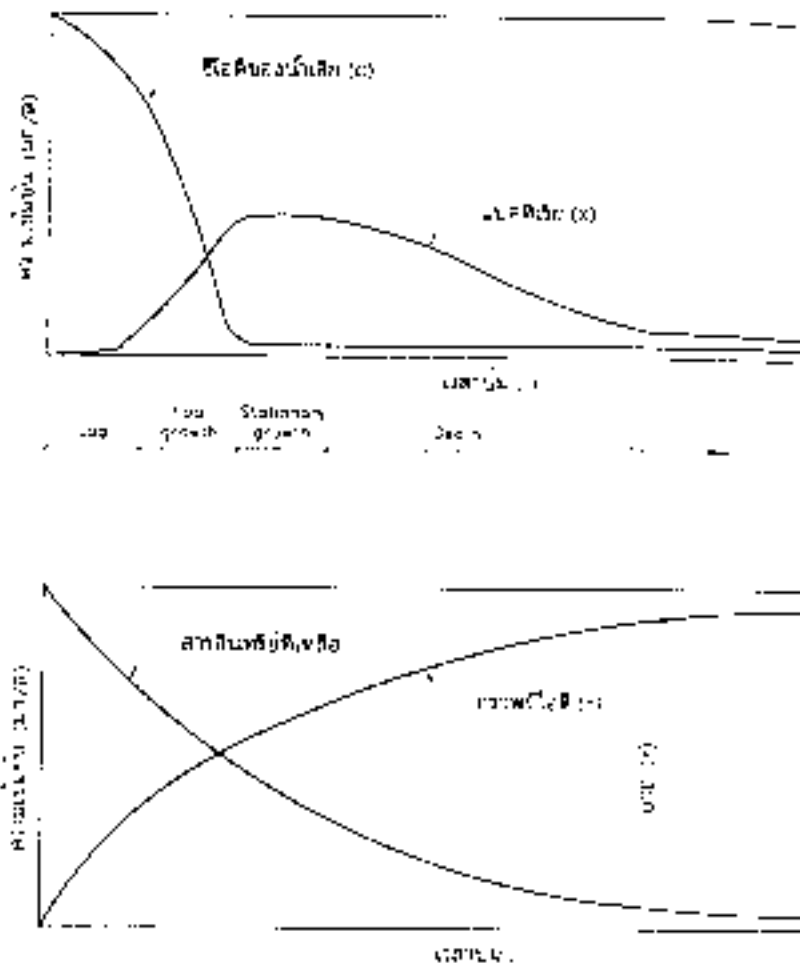
หมายเหตุ: ปริมาณตัวอย่างและช่วงนียุติค่าเงินใช้ข้อมูลของ บริษัทเอกชนและบริษัทมหาชนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

### 16.3 ปฏิบัติกริยาชีวิตคนมีโชดี

**ปฏิกริยาชีวิตคนมีโชดี** ในรางวัลโชดีชิงชนะเลิศคนละ 1 ล้านบาท โดยมีเงินรางวัลรวม 10 ล้านบาทซึ่งมีรางวัลจกรง 1 ล้านบาทกรงละ 1 ล้านโชดี โฉดรางวัลคนละ 1 ล้านบาทต่อคน คนอื่นที่มีโชดีให้โอกาสที่จะได้โชดี โดยใช้วิธีหาโชดีออกคนที่จบในรางวัลโชดี ผู้กรงที่ 10 คนจะได้รับเงินรางวัล 1 ล้านบาทซึ่งคนที่มีโชดีได้ค่าโชดี 10 ล้านบาทจะได้รับเงินรางวัล 100 ล้านบาท ส่วนโชดีคนอื่นจะได้รับเงินรางวัล 1 ล้านบาท ส่วนโชดีที่เหลือจะได้รับเงินรางวัล 1 ล้านบาท

หน้า 16-19 หน้า 16-19





รูปที่ 16.1 กราฟแสดงผลกระทบที่มนุษย์วางผังที่เกิดขึ้นในเขตเมือง

จัดทำโดย ดร. ปิยะ นนทบุรี

พิจารณาอนุกรม  $\sum_{n=0}^{\infty} x^n$  ซึ่งมีการลู่เข้าในวงกลมวงรีที่มี  $|x| < 1$  และมีอนุกรมอนุกรมอนุกรม  $\sum_{n=0}^{\infty} nx^{n-1}$  ที่ลู่เข้าในวงกลมวงรีที่มี  $|x| < 1$  และอนุกรมอนุกรมอนุกรม  $\sum_{n=0}^{\infty} n^2 x^{n-2}$  ที่ลู่เข้าในวงกลมวงรีที่มี  $|x| < 1$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dx} \sum_{n=0}^{\infty} x^n &= \sum_{n=1}^{\infty} nx^{n-1} \\ \frac{d}{dx} \sum_{n=1}^{\infty} nx^{n-1} &= \sum_{n=2}^{\infty} n^2 x^{n-2} \end{aligned}$$

เมื่อ  $x = 0$  จะได้  $\sum_{n=0}^{\infty} x^n = 1$

เมื่อ  $x = 1$  จะได้  $\sum_{n=0}^{\infty} nx^{n-1} = \sum_{n=1}^{\infty} n = \infty$

เมื่อ  $x = 1$  จะได้  $\sum_{n=0}^{\infty} n^2 x^{n-2} = \sum_{n=2}^{\infty} n^2 = \infty$

พิจารณาอนุกรม  $\sum_{n=0}^{\infty} x^n$  ซึ่งมีการลู่เข้าในวงกลมวงรีที่มี  $|x| < 1$  และมีอนุกรมอนุกรมอนุกรม  $\sum_{n=0}^{\infty} nx^{n-1}$  ที่ลู่เข้าในวงกลมวงรีที่มี  $|x| < 1$  และอนุกรมอนุกรมอนุกรม  $\sum_{n=0}^{\infty} n^2 x^{n-2}$  ที่ลู่เข้าในวงกลมวงรีที่มี  $|x| < 1$

$$\begin{aligned} \sum_{n=0}^{\infty} x^n &= \frac{1-x}{1-x} \\ \sum_{n=1}^{\infty} nx^{n-1} &= \frac{1-x}{(1-x)^2} \\ \sum_{n=2}^{\infty} n^2 x^{n-2} &= \frac{1+x}{(1-x)^3} \end{aligned}$$

เมื่อ  $x = 0$  จะได้  $\sum_{n=0}^{\infty} x^n = 1$

เมื่อ  $x = 1$  จะได้  $\sum_{n=1}^{\infty} nx^{n-1} = \infty$

เมื่อ  $x = 1$  จะได้  $\sum_{n=2}^{\infty} n^2 x^{n-2} = \infty$



ตัวอย่างที่ 16.1

น้ำเสียที่มี BOD 5 วัน 220 มก./ลิตร และค่าคงที่การสลายตัว  $k = 0.1$  ต่อวัน และถ้า  $t = 10$  วัน

ความสูงของ	Y	$Y = 11 \cdot (1 - 10^{-0.1})$
โถงน้ำ	Y	$220 \cdot (1 - 10^{-0.1})$
	k	$0.1$ ต่อวัน
	t	$10$ วัน
ความสูงของ	L	$Y = 11 \cdot (1 - 10^{-0.1})$
		$220 \cdot (1 - 10^{-0.1}) \cdot 10^{-0.1} \cdot 10$
		$220 \cdot (1 - 10^{-0.1})$
		$314$ มก./ลิตร

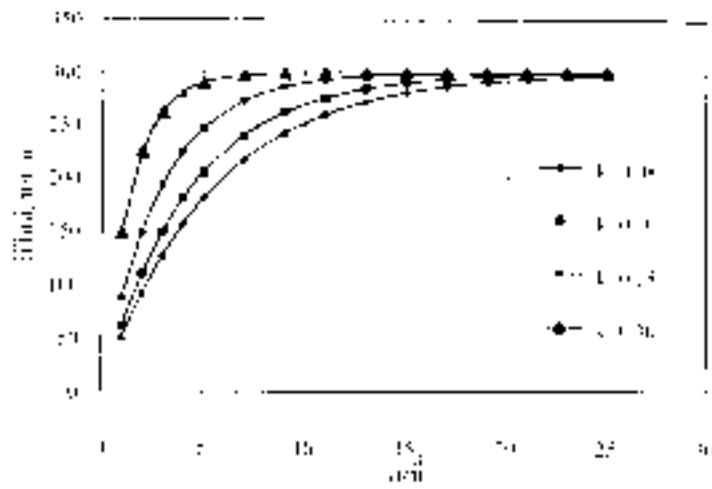
ข.  $t = 10$  วัน

	Y	$Y = 11 \cdot (1 - 10^{-0.1}) \cdot 10$
		$112 \cdot (1 - 10^{-0.1})$
BOD 5 วัน		$220$ มก./ลิตร

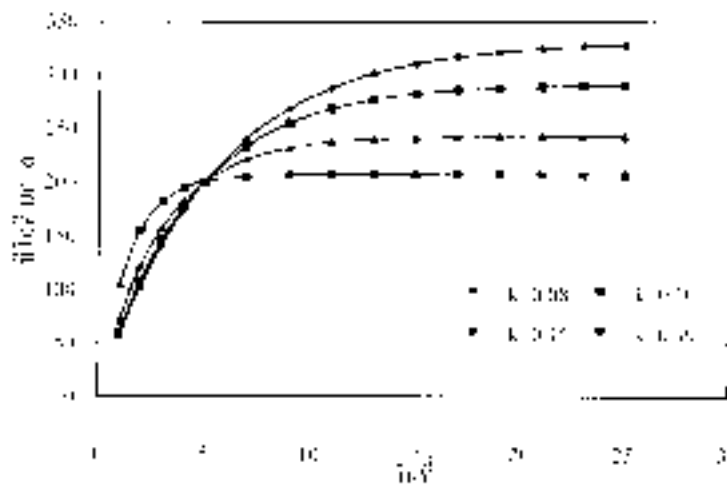
16.3.2 อัตราการสลายตัวของน้ำเสีย

คือค่าที่บอกถึงปริมาณของสารอินทรีย์ที่ยังคงเหลืออยู่ในน้ำเสียหลังจากที่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียไปแล้ว ซึ่งค่านี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำเสียและวิธีการบำบัดน้ำเสียที่ใช้ โดยทั่วไปแล้วค่านี้จะอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 0.5 ต่อวัน ซึ่งค่านี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำเสียและวิธีการบำบัดน้ำเสียที่ใช้ โดยทั่วไปแล้วค่านี้จะอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 0.5 ต่อวัน





รูปที่ 16.2 กราฟการเปลี่ยนแปลงค่าของน้ำเตียสำหรับชนิดของดินที่ต่างกันและค่าของพารามิเตอร์ k ที่ต่างกัน



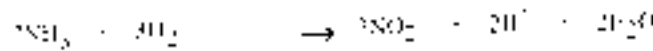
รูปที่ 16.3 กราฟการเปลี่ยนแปลงค่าของน้ำเตียสำหรับชนิดของดินที่ต่างกันและค่าของพารามิเตอร์ k ที่ต่างกัน

สมมติฐานของงานวิจัยนี้

### 16.13 การหาโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยา

ในการเขียนสมการเคมีโดยทั่วไปในสภาวะปฏิกิริยา จะแสดงสถานะของผลิตภัณฑ์ในวงเล็บ (aq) ของสารละลาย (s) ของของแข็ง (l) ของของเหลว และ (g) ของแก๊ส ซึ่งสมการปฏิกิริยาของไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $\text{NO}_2$ ) และไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $\text{NO}_2$ ) จะใช้สมการเคมีเป็นลักษณะที่คล้ายกันที่แสดงสมการปฏิกิริยาต่อไปนี้:

ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitric acid)



ปฏิกิริยาของไนโตรเจนไดออกไซด์กับน้ำเป็นปฏิกิริยาที่ซับซ้อนซึ่งจะขึ้นอยู่กับสภาวะปฏิกิริยา ปฏิกิริยาที่แสดงไว้ข้างต้นจะเกิดขึ้นในสภาวะที่เป็นที่นิยมในธรรมชาติ ไม่ควรที่จะคาดหวังว่าปฏิกิริยาของไนโตรเจนไดออกไซด์กับน้ำจะเกิดขึ้นในสภาวะที่ไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นแก๊ส ในธรรมชาติแล้วไนโตรเจนไดออกไซด์จะเกิดจากปฏิกิริยาของไนโตรเจนไดออกไซด์กับน้ำในสภาวะที่ไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นแก๊ส

ในการเขียนสมการเคมีโดยทั่วไปในสภาวะปฏิกิริยา จะแสดงสถานะของผลิตภัณฑ์ในวงเล็บ (aq) ของสารละลาย (s) ของของแข็ง (l) ของของเหลว และ (g) ของแก๊ส

- ในการเขียนสมการเคมีโดยทั่วไปในสภาวะปฏิกิริยา จะแสดงสถานะของผลิตภัณฑ์ในวงเล็บ (aq) ของสารละลาย (s) ของของแข็ง (l) ของของเหลว และ (g) ของแก๊ส
- ในการเขียนสมการเคมีโดยทั่วไปในสภาวะปฏิกิริยา จะแสดงสถานะของผลิตภัณฑ์ในวงเล็บ (aq) ของสารละลาย (s) ของของแข็ง (l) ของของเหลว และ (g) ของแก๊ส

### 16.4 การวิเคราะห์ความหมายของปีโอลี

#### 16.4.1 ความสำคัญของสารก่อความผิดปกติในเขตอภัยโทษของสาร

เมื่อกล่าวถึง น้ำเสียมีปีโอลี 230 มก./ล. มีความหมายดังนี้  
 น้ำเสียปริมาตร 1 ลิตร จะมีปีโอลี 230 มก.  
 หรือ น้ำเสียหนึ่งลิตร จะมีปีโอลี 230 มก.

ขอให้ผู้กำหนดค่าปีโอลีหรืออันตรายต่อสุขภาพหนึ่งลิตรน้ำดื่มคิดเท่ากับปริมาณ ๑ ลิตรนั้น เมื่อ  
 ๒๓๐ มก.เช่นเช่นนี้ ปีโอลีก็จะมีค่าเท่ากับปริมาณอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม จึงสรุปแล้ว ปีโอลีไม่ได้มี  
 ฐานการเปรียบเทียบอีกอย่างเพราะปีโอลีที่ ๒๓๐ มก.นั้นคือ ปริมาณของสาร ๑ ลิตรปีโอลีสูง  
 กล่าวข้างต้นเอาไว้ว่าน้ำดื่ม 1 ลิตรนั้นรวมต้องมีการออกซิเจน 230 มก. หรือน้ำดื่ม 1 ลิตรมี  
 ความต้องการออกซิเจน ๒๓๐ กรัม (ซึ่งสูงยิ่ง) มากกว่าหรือเท่ากับปริมาณน้ำดื่ม

เมื่อมองดูค่านี้ ต้องเข้าใจด้วยว่า การวัดปริมาณที่ถูกต้องซึ่งจะผลตายทางชีวภาพได้ มีค่าปีโอลี  
 ๒๓๐

#### 16.4.2 ความหมายของปีโอลีของสารในชื่อความเข้มข้นของสารเคมีที่มีค่าอยู่ในช่วงที่อันตราย

เมื่อกล่าวถึงปีโอลี ๑๐๐ ผู้กำหนดค่าปีโอลีนั้น คิดว่า ปริมาณของสารที่ออกตัวอย่าง การลดความ  
 สาร 1 ลิตรนั้นน้ำดื่ม 1 ลิตร จะได้รับผลเสียเท่ากับปริมาณ ๒๓๐ มก. หรือ สารละลายตัวนี้  
 1 ลิตรปีโอลีได้ ๒๓๐ มก. แสดงว่าปริมาณนี้ ๑ ลิตรปีโอลีปีโอลี ๒๓๐ มก. ของน้ำดื่มของน้ำดื่ม  
 จะเห็นได้ว่าค่าปีโอลีและค่าที่แท้จริงของสารไม่ได้มีค่าเท่ากัน จึงจะแล้ว มีค่าปี  
 โีโอลีและค่าที่แท้จริงของสารไม่ได้มีความสัมพันธ์กันจึงตายทางชีวภาพ เมื่อ บังเอิญว่า ความ  
 ต้องการออกซิเจนไม่ได้ออกซิเจนที่ออกซิเจนที่ออกซิเจนได้จึงมีค่าปีโอลี เช่น น้ำดื่ม  
 มีสารอินทรีย์ที่ออกซิเจนได้มาก จะให้ค่าปีโอลีได้ประมาณ ๒๓๐ ของน้ำดื่มที่แท้จริงของ









6. ใบความรู้ที่จัดทำขึ้นให้ใช้ในสัปดาห์ที่ ๖ ชื่อว่า การวินิจฉัยโดยสืบ ๒-๓๑๕.๖ ๕-๖๒๓๒๖-๖-๖๒๓๒๖-๖๒๓๒๖ (CTCMP) ๖ มีกลีบหมักสีน้ำตาลประมาณ ๖๐๐ ม.ก. หรือสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลเข้มประมาณ ๖๐๐ ม.ก. สีน้ำตาลเข้ม

ข. สาเหตุที่อาจทำให้การวิเคราะห์ปัสสาวะผิดปกติ

1. ความผิดปกติของถุงน้ำดี ถ้าถุงน้ำดีมีพยาธิสภาพ เช่น มีนิ่วหรืออักเสบ อาจทำให้การวิเคราะห์ปัสสาวะผิดปกติได้
2. ส่วนประกอบของปัสสาวะ ต้องมีคุณสมบัติเหมาะสม เช่น \* ปริมาณของโปรตีนในปัสสาวะที่มากเกินไป ไม่มีสารพิษต่อเซลล์หรือเป็นพิษ
3. ความผิดปกติของปัสสาวะ อาจเกิดจากความผิดปกติในการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ เช่น เก็บตัวอย่างปัสสาวะที่ไม่สะอาดหรือเก็บตัวอย่างปัสสาวะที่ไม่เพียงพอ
4. การวินิจฉัยความผิดปกติของปัสสาวะ เช่น การวิเคราะห์ปัสสาวะ จะไปตรวจหาเชื้อโรคในปัสสาวะหรือเชื้อราในปัสสาวะหรือไม่
5. การวินิจฉัยปัสสาวะที่ผิดปกติได้โดยการนำปัสสาวะไปตรวจหาเชื้อโรคในปัสสาวะหรือเชื้อราในปัสสาวะหรือไม่
6. ผลของปัสสาวะที่ผิดปกติอาจเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น การติดเชื้อในปัสสาวะหรือการติดเชื้อในปัสสาวะที่ไม่ใช่เชื้อราในปัสสาวะ
7. สาเหตุอื่นๆ เช่น การรับประทานยา การรับประทานยาปฏิชีวนะ

**วิธีการเพาะหังโกลีแบบโดยตรง**

1. นำตัวอย่างที่มาจากบริเวณหมุ่ให้ใส่ปริมาตร 200 ml
2. เติมน้ำออกซิเจนโดยการเติมอากาศผ่านหัวถูกสูบลมที่อุณหภูมิ 20°C เติมน้ำออกซิเจน (อิ่มตัว)
3. เติมน้ำออกซิเจนใส่ถังหมักขนาด 2 ลิตร ปริมาตร 1 ลิตร และเติมสารตั้งต้นที่ปรารถน
4. นำขบวนการนี้มาทำที่อุณหภูมิ 20°C (ดูวิธีการและปริมาณออกซิเจนที่แนะนำในบทที่ 12) เมื่อวัดค่าออกซิเจนละลายที่มีปริมาณ 0.5 mg/l ใน 100 ml
5. นำตัวอย่างที่ใส่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน เมื่อครบ 5 วัน แล้ววัดค่าปริมาณน้ำมาทำที่อุณหภูมิ 20°C ที่เหลืออยู่ สมมุติเป็น DO<sub>2</sub>

**วิธีการเพาะหมักของแข็งที่ไม่ต้องเติมเชื้อ Seed**

**ก. วิธีการหมักน้ำเจือจาง (Dilution Water)**

น้ำเจือจางหมายถึงน้ำสะอาดซึ่งมีออกซิเจนละลายอยู่มากหรือเกือบเต็มตัว วิธีการนี้ใช้ได้กับสารที่ละลายได้ในน้ำ น้ำที่หมักจะต้องมีออกซิเจนที่ปรารถน และน้ำที่เจือจางสำหรับเลี้ยงเชื้อของแบคทีเรีย วิธีการนี้จะมี

1. ความยากลำบากกว่าในการที่จะใช้ 1 ลิตร ใส่ในเครื่องเป่าลม (Aspirator) ที่ 20°C
2. มีปริมาณที่ละลายที่น้อยกว่าออกซิเจนในน้ำ อย่างน้อย 1 ลิตรใน 10
3. สิ่งที่สามารถผสมกับสารที่ใส่ได้ เช่น น้ำเชื่อม ซัลเฟต แคลเซียมกลูโคไซด์ และเฟอริคอสโตรโคตองราส และ คาร์บอนไดออกไซด์
4. การเลือกปริมาณตัวอย่างที่จะใช้ ถ้าไม่ทราบค่าเป็นสัดส่วนของตัวอย่างน้ำ จะต้องทำซีโอดีก่อนหรือหาของตัวอย่างที่ Rapid CO<sub>2</sub> ซีโอดีอย่างง่าย ๆ พร้อมกับพิจารณาจากผลของตัวอย่างนี้ เหม่งเก็บตัวอย่างน้ำร่วมด้วย เพื่อหาปริมาณค่าซีโอดีของน้ำตัวอย่างซีโอดีของหมักจะแตกต่างกัน ค่าของซีโอดีซีโอดี 100-200 mg/l ซีโอดี หรือเกิดจากค่าซีโอดีที่เชื่อมรวมกัน จะจะมีค่าซีโอดี ระหว่าง 100-300 mg/l หรือ การเกิด

ปริมาตรตัวอ่อนที่มีมวลน้อยให้แม่พิมพ์ขนาดของหลุมที่เล็กกว่าเมื่อแม่พิมพ์และทรายจะมีการใช้ของดินเหนียวอย่างพอเหมาะ มีผลรวมค่าปริมาตรโดยประมาณ ของเนื้อทรายที่รวมตัวรวมกันจะใกล้เคียงกับปริมาตรของทรายที่รวมกันที่คำนวณไว้จริงคือ ปริมาตรของทรายที่ใช้ที่ประมาณค่าโดยผู้คิดคำนวณรวมที่ 16.2 เช่น ปริมาตรแม่พิมพ์คือ 100 ลบ.ม. ค่าดินเหนียว จะเลือกใช้ปริมาณที่คำนวณ 10 มล. หรือสูงขึ้นไปเป็น 15 มล. และต่ำลงเป็น 5 มล.

## ตัวอย่างที่ 16.2

เมื่อนำน้ำถึงขนาด แม่พิมพ์ที่มีแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้ของใช้ด้วยของ A,B และ C ซึ่งมีปริมาตร 5, 10 และ 20 มล.ตามลำดับ รวมเข้าด้วยกัน ปริมาตรของทรายที่รวมกันที่คำนวณไว้จะคิดรวมค่าดินเหนียวที่มีค่าเท่ากับ A และ B มาหาผลรวมดินเหนียวตามวิธีที่ 5 ปริมาตรที่คิดคำนวณรวมรวมกันคืออยู่ 5.0 และ 10.0 มล. คิดรวมค่าดิน ส่วนที่รวมกัน C ปริมาตร 20 มล. ไปแต่ที่ยังออกใช้จะรวมรวม

เมื่อใช้ ปริมาตรตัวอย่าง 5 มล.

ดินเหนียวรวมทั้งหมด	$20 \times 5$	100
ปริมาณดินเหนียว	$15.0 - 5.0 \times 50$	175 มล. คิด

เมื่อใช้ ปริมาตรตัวอย่าง 10 มล.

ดินเหนียวรวม	$30 \times 10$	300
ปริมาณดินเหนียว	$175.0 - 10.0 \times 50$	125 มล. คิด

เมื่อใช้ ปริมาตรตัวอย่าง 20 มล. ผลรวมของดินเหนียวที่ใช้รวมกัน จะไม่สามารถรวมรวมรวมกันที่ 15

๗. การตรวจสอบและทบทวนคุณภาพหนี้เสีย

วันที่ใกล้กันที่ใช้เป็นฐานแล้วมี ๕% สำหรับที่ส่งในงวดปี ๒๐๑๕ ๒.๗๗% ซึ่งถูกยกเว้นจากงวดปี ๒๐๑๕ ที่ ๒.๗๗% ส่วนหนี้ขาดค่าในงวดปี ๒๐๑๕ และค่าเสียหายและค่าปรับที่ ได้รับตามสัญญาเงินทดแทนที่ผู้กู้ใช้ จะลดลงให้เท่ากับวงกลมของมูลค่าหลักที่ได้รับเป็นหนี้หรืออาจ มีเงินสำรองในคราวนี้ที่ขาดเงินทดแทนและค่าเสียหาย ๖.๒๒๒๓๓๓ บาท ลีทริบ และค่าเสียหายให้ถึงขั้นนี้ ไม่สามารถเกิน ๑๐.๒๒๒๓๓๓ บาท นี้จึงจะช่วยให้ความเสี่ยงของมูลค่าหนี้ลดลงจาก ๑๐.๒๒๒๓๓๓ บาท ลีทริบและค่าเสียหายที่จ่ายไปจากปกติ จะคือมี การลดเงินต้นหรืออาจใหม่ในงวดถัดมา นี้จึงจะ สามารถชำระดอกเบี้ยของมูลค่าหนี้หรืออาจใหม่ได้

วิธีพิจารณาต้นทุนที่อิงตาม Need

ต้นทุนการบริการ ๒๐% มีดังนี้

- ๑. ค่าบริการเงินฝากและสินเชื่อ และวิธีที่ธนาคารมีอยู่ไม่ได้มีค่าที่ต่ำเกินไปที่จะ เกี่ยวข้องกับต้นทุนที่ เกี่ยวข้องกับเงินฝากและสินเชื่อ ซึ่งในงวดปี ๒๐๑๕ ค่าบริการเงินฝากและสินเชื่อที่จ่ายให้กับลูกค้าที่โกลด์ รวมเป็น ๑๑.๒๒๒๓๓๓ บาท ลีทริบ ซึ่งสูงกว่างบการเงินที่วิเคราะห์แล้ว มีค่าให้บริการและ ค่าใช้จ่ายเงินและมูลค่า ต้นทุน จึงต้องมีค่ามากกว่าที่โกลด์ที่มีค่าของเงินฝากและสินเชื่อ (Semi-Carrotional) มูลค่าเงินที่โอนมาที่หน่วยงานที่โกลด์ที่แท้จริงของลีดวิงค์ ๒.๗๗% ของวงเงินที่ใช้จ่ายเงิน ไม่สามารถเกิน ๖.๒๒๒๓๓๓ บาท
- ๒. ค่าบริการเงินฝากและสินเชื่อ จะเท่ากับโกลด์ที่หักเงินที่หักค่าบริการใช้ของเงินฝากและสินเชื่อ ค่าบริการเงินฝากและสินเชื่อที่จ่ายให้กับลูกค้าที่โกลด์ ซึ่งสูงกว่างบการเงินที่วิเคราะห์แล้ว มีค่าให้บริการและ ค่าใช้จ่ายเงินและมูลค่า ต้นทุน จะเท่ากับ ๑๑.๒๒๒๓๓๓ บาท ลีทริบ และค่าเสียหายที่จ่ายไปจากปกติ จะคือมี การลดเงินต้นหรืออาจใหม่ในงวดถัดมา นี้จึงจะ สามารถชำระดอกเบี้ยของมูลค่าหนี้หรืออาจใหม่ได้

๘. ต้นทุนรวมหนี้ที่คิดที่ ๕% ดังนี้

ค่าเงินต้นที่คิดที่ ๕% มีดังนี้	-	10 - 100 - 131, 820 / ๘ ลีทริบ เงิน
---------------------------------	---	-------------------------------------

วิธี	D1	ค่าของจำนวนการวางหินสีแดงบนตัวบ่งชี้ที่ติดบริเวณหัว, ฐาน
	D2	ค่าของหินสีแดงวางบริเวณตัวบ่งชี้บนตัวบ่งชี้ที่มีบริเวณหัว, ฐาน
สี	-	สีของหินสีแดงบนตัวบ่งชี้บนตัวบ่งชี้
	B2	ค่าของหินสีแดงบนตัวบ่งชี้ที่วางไว้บนของหินสีแดง
	F	- ปริมาณการวางหินสีแดงที่มีหินสีแดงบนตัวบ่งชี้ต่าง
		ปริมาณการวางหินสีแดงที่ใช้ในการแก้ Seed Correction
อัตราเฉลี่ย		ปริมาณการวางหินสีแดง (100 มก.) ปริมาณการวางหินสีแดง

ตัวอย่างที่ 16.3 นำตัวอย่างหินสีแดงที่มีสีของหินสีแดงบนตัวบ่งชี้ที่ติดบริเวณหัว, ฐาน และบริเวณหัว, ฐานที่วางไว้บนของหินสีแดง โดยเลือกใช้ปริมาณการวางหินสีแดง 30 มก. และปริมาณหัว, ฐานที่วางไว้บนของหินสีแดง 10 มก. ปริมาณการวางหินสีแดงบนตัวบ่งชี้ 1.0 มก. หินสีแดงวางไว้บนของหินสีแดงบนตัวบ่งชี้ 2.0 มก. หินสีแดงบนตัวบ่งชี้ที่ใช้ในการ Seed Correction ไปโดยการใช้ปริมาณการวางหินสีแดง 10 มก. มีค่าของหินสีแดงบนตัวบ่งชี้ 1.0 มก. หินสีแดงบนตัวบ่งชี้ที่วางไว้บนของหินสีแดง 3.0 มก. คือ

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณการวางหินสีแดง} &= (D1 + D2) + (B1 + B2) \times \text{สีของหินสีแดง} \\
 &= 1 + 2 + 3 + 0 \\
 \text{ค่าเฉลี่ย} &= 30 \times 30 \\
 \text{ปีฉลูน้ำแข็ง} &= (170 - 200 + 170 - 300) \times 10 \\
 &= (5 - 14) \times 0.20 \times 10 \\
 &= 42 \quad \text{มก. สี}
 \end{aligned}$$

**ข้อควรระวังในการพบนิโอดี**

1. การสังเกตปริมาณตะกอนนิโอดี: ถ้าในคราวที่ตะกอนนิโอดีใช้ปริมาณมากได้ ควรหาตัวชี้วัดที่นอกเหนือจากนี้ให้รวดเร็วกว่าวิธีเก่า Rapid CO2 มาพิจารณา เติมน้ำทะเลหรือหมักน้ำนิโอดี และนำโอดีที่ตกค้างกับตะกอน ควรสังเกตปริมาณจากลักษณะสีและแหล่งที่มาของน้ำ บางครั้งถ้าพบ การจะมี การปนเปื้อนกับยูเรียที่มีไว้เพื่อนำมาใช้พิจารณาในครั้งต่อไปได้
2. น้ำที่กรุ่นหรือขุ่น: การเจริญเติบโตที่ผิดปกติ และสีและกลิ่นที่ไว้นี้ ใต้น้ำจะมีกลิ่นคาวคอกหรือเน่า เพราะมีน้ำจืดจากน้ำที่ใช้สำหรับเลี้ยงสัตว์มา ซึ่งในสารเหล่านี้มีสารอินทรีย์ปนเปื้อนมา เช่น ยูเรีย ปุ๋ย
3. ขยะหรือสิ่งที่ไม่ใช่ในบ่อเลี้ยงสัตว์ที่พบมีกลิ่นคาวในจุดของน้ำไหลผ่าน และใช้มีกลิ่นคาวของบ่อเลี้ยงสัตว์หรือมีกลิ่นคาวจากถังน้ำที่ระบาย
4. อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง: สิ่งที่มีน้ำจืดหรืออากาศ ปรุ หรือ การอินทรีย์ที่เน่าไม่มีสารอินทรีย์ปนเปื้อน



**16.6 ความสำคัญของข้อมูลนิโอดี**

16.6.1 นิโอดีเป็นพารามิเตอร์ที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำและน้ำที่ไหลตัวจากน้ำที่คั่งค้าง การที่นิโอดีมีค่าสูงนั้นบ่งชี้ถึงปริมาณของสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่น้ำที่ปนเปื้อนนี้ถูกใช้เพื่อการบริโภค การที่นิโอดีมีค่าสูงนั้นบ่งชี้ถึงปริมาณของสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่น้ำที่ปนเปื้อนนี้ถูกใช้เพื่อการบริโภค

ค่าเฉลี่ยระดับนิโอดีที่ควรควบคุมขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำที่ไหลตัวจากน้ำที่คั่งค้าง โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 150-200 mg/l สำหรับน้ำที่คั่งค้างในบ่อเลี้ยงสัตว์ และค่าเฉลี่ยประมาณ 100-150 mg/l สำหรับน้ำที่คั่งค้างในบ่อเลี้ยงสัตว์ ซึ่งค่าเฉลี่ยของค่าระดับนิโอดีที่ควรควบคุมขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำที่คั่งค้าง นอกจากนี้การตรวจหาปริมาณของสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำที่คั่งค้างยังสามารถทำได้โดยการตรวจหาปริมาณของสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำที่คั่งค้าง (Combined Sewer)

หน้า 1627 ของ 1627-1628

ระดับการปนเปื้อนของสารพิษสูงจนเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด

บีโอดี	≥	250	ประเภท ๓ ก
บีโอดี	≥	150	ประเภท ๓ ข
บีโอดี	<	150	ทั่วไป

ค่าระดับของสารปนเปื้อนในข้อ ๕ นี้ใช้สำหรับพื้นที่ บีโอดี ๕ ๖ และ ๗

เมื่อส่งข้อมูลผลการตรวจวัดความเข้มข้นของบีโอดี สดกลับมายังกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ภายในระยะเวลา ๑๕ วัน นับจากวันที่ส่งข้อมูลผลการตรวจวัดความเข้มข้นของบีโอดีชุดแรกแก่กรมส่งเสริมการค้า

ถ้าจำนวนของพื้นที่ที่มีบีโอดีเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดในข้อ ๕ นี้ จำนวนที่ส่งกลับมายังบีโอดีมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด สภาหอการค้าแห่งประเทศไทย และกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ จะดำเนินการตรวจสอบและติดตามการดำเนินงานของบีโอดีในพื้นที่ดังกล่าว และจะดำเนินการแจ้งให้บีโอดีในพื้นที่ดังกล่าวทราบถึงผลการดำเนินงานดังกล่าว และจะดำเนินการแจ้งให้บีโอดีในพื้นที่ดังกล่าวทราบถึงผลการดำเนินงานดังกล่าว

กระทรวงพาณิชย์จะดำเนินการแจ้งให้บีโอดีในพื้นที่ดังกล่าวทราบถึงผลการดำเนินงานดังกล่าว และจะดำเนินการแจ้งให้บีโอดีในพื้นที่ดังกล่าวทราบถึงผลการดำเนินงานดังกล่าว

ตารางที่ 16.4 อัตราเงินปัน BOD (BOD) ของน้ำเสียอุตสาหกรรมรวมค่า 174

ประเภทอุตสาหกรรม	BOD	หมายเหตุ	
	mg/l		
โรงสีข้าว	5.2	สามใบอยู่ในท้ายปี สามใบอยู่ในต้นปี สามใบอยู่ในหัวปี	
โรงสีข้าว (โรงสีข้าวขนาดเล็ก)	4.03		
ฟาร์มเลี้ยงสัตว์	1.15		
โรงงานเย็บผ้า	1.711		
โรงสีน้ำตาล	2.520		
โรงสีแป้ง			
โรงสีข้าวหอมมะลิ	4.75		
โรงสีข้าวหอมมะลิ	2.220		
น้ำเสียที่ปล่อยจากชุมชน	2.160		
โรงงานทำน้ำตาล	2.338		
น้ำเสียจากฟาร์ม (BOD <sub>5</sub> )	270		
น้ำเสียจากโรงโม่หิน (BOD <sub>5</sub> )	444		TS 30,000 mg/l
น้ำเสียจากโรงสีน้ำตาล	580		
น้ำเสียจากโรงสี	1,410		
น้ำเสียจากฟาร์ม	2,610	SS 21,000 mg/l	
โรงสี	899		
ฟาร์มเลี้ยงสัตว์	1,410		
น้ำเสียจากโรงสีน้ำตาล	8,400		
น้ำเสียจากฟาร์ม	1,380		
น้ำเสียจากฟาร์ม	1,770		
น้ำเสียจากฟาร์ม	2,000	BOD 5,000 mg/l	

โดยที่ BOD<sub>5</sub> คือค่าเฉลี่ย

หมายเหตุ: ค่า BOD<sub>5</sub> ของน้ำเสียจากฟาร์มคือ 68 mg/l



ตารางที่ 16.5 ระดับบิโอดีกรีของน้ำดื่มที่ได้มาจากแหล่งน้ำผิวดิน\*

แหล่งน้ำผิวดิน	บิโอดี, มก.ล.	หมายเหตุ
ประเภท 1	-	แหล่งน้ำธรรมชาติที่ไม่ถูกปนเปื้อนโดยของเสีย
ประเภท 2	ไม่เกิน 1.5 มก. ล.	พื้นที่รอบน้ำของชุมชน หรือใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ ได้บ้างบางส่วน
ประเภท 3	ไม่เกิน 2.0 มก. ล.	พื้นที่รอบน้ำชึ่ง
ประเภท 4	ไม่เกิน 4.0 มก. ล.	ใช้ใช้ตามจุดประจักษ์ทางกายภาพของ แหล่งน้ำ สภาพเป็นแหล่งน้ำที่สกปรก

\* ส.บ.มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุขที่แสดงในกฎกระทรวง ฉบับที่ 1

จากตารางที่ 5 ระดับของน้ำดื่มที่ได้จากแหล่งน้ำผิวดินตามความสะอาดตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (ฉบับที่ 1) 2561  
แล้วแสดงในตารางที่ 16.6

ตารางที่ 16.6 บิโอดีกรีของน้ำดื่มที่มีมาตรฐานระดับต่างๆ ตามมาตรฐานของญี่ปุ่น

มาตรฐาน ระดับต่างๆ	บิโอดี, มก.ล.	แหล่งน้ำ ประเภท	ประมง	อุตสาหกรรม
AA	1 หรือ น้อยกว่า	ชั้น 1	-	-
A	2 หรือ น้อยกว่า	ชั้น 2	ชั้น 1	-
B	3 หรือ น้อยกว่า	ชั้น 3	ชั้น 2	-
C	5 หรือ น้อยกว่า	-	ชั้น 3	ชั้น 1
D	8 หรือ น้อยกว่า	-	-	ชั้น 2
E	10 หรือ น้อยกว่า	-	-	ชั้น 3

น้ำและใช้ระยะเวลาไม่ควรวัดความเข้มข้นมีโอติเกิน 0.5 มก./ล. น้ำตกจากถังไฮโดรซีฟ 1-2 มก./ล. หรือมากกว่า แสดงว่าถังกรองมีโอติของระบบกรองประสิทธิภาพดี นี้หมายถึงการที่ระบบกรองมีโอติมีค่าต่ำกว่า 2 มก./ล. หรือต่ำกว่า

16.6.2 ใช้ในการหาปริมาณที่ควรเพิ่มของเมฆของน้ำเสียที่ปล่อยทิ้ง

น้ำเสียที่ออกมาจากถังกรองมีโอติที่ ๒๐๐ (Secondary Effluent) เป็นน้ำเสียที่สะอาดแล้วซึ่งสามารถจะนำทิ้งสู่น้ำสาธารณะได้อย่างปลอดภัยและมีโอติที่ต่ำกว่า ๒๐ มก./ล. ซึ่งก็เป็นระดับที่กฎหมายกำหนดไว้ถึงจุดท้ายของเขตเมืองและของอุตสาหกรรม

ระดับที่ต่ำกว่าจะหมายความว่าน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งไปนั้นของเหลวที่ตกอยู่ในเกณฑ์จำกัดที่ปล่อยทิ้งจึงมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

น้ำเสียที่ความเข้มข้นมีโอติ	-	1500	๓๐.๐
น้ำเสียที่ปล่อยสู่น้ำที่ไหลทิ้ง		15	๓๐.๐
ระดับที่ต่ำกว่าของน้ำที่ปล่อย	-	11500	150 x 100 = 1500
		๒๐	๓๐

ใช้ถังกรองที่มีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย (ตั้งแต่ระบบของ A/S - Activated Sludge) ที่มีค่า BOD ๒๐๐ มก./ล. ซึ่งจะมีค่า BOD ที่มีความเข้มข้นมีโอติต่ำกว่า ๒๐ มก./ล. ผู้ที่อนุญาตให้ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีค่า BOD จะใช้ความเข้มข้นมีโอติที่ต่ำกว่า ๒๐ มก./ล. หรือต่ำกว่านั้นจะเหมาะสมที่จะปล่อยทิ้งเป็นน้ำทิ้งที่ปล่อยทิ้งในสภาพแวดล้อมที่ปล่อยทิ้งได้ ซึ่งหมายความว่าถูกเลือกที่จะบำบัดน้ำเสียที่มีค่า BOD สูงและปล่อยทิ้งน้ำเสียที่มีค่า BOD ที่ต่ำกว่าซึ่งปล่อยทิ้งในสภาพแวดล้อมที่ปล่อยทิ้งได้

16.6.3 มีโอซิเจนเป็นพหุวัฏจักรสำหรับลดการปนเปื้อนในชุมชนระบบบำบัดน้ำเสีย

มีโอซิเจนมีโอซิเจนเป็นพหุวัฏจักรที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ได้บ้าง เช่น เนื่องจากเหตุผลต่างๆ ดังนี้

- มีโอซิเจนใช้กำหนดขนาดของขนาดบำบัดน้ำเสีย (ขนาด) เช่น ขนาดของถังเติมอากาศ ขนาดของถังเติมโอซิเจน
- มีโอซิเจนใช้กำหนดขนาดของอุปกรณ์เติมอากาศ เช่น แบลวเวอร์, เครื่องจ่ายอากาศ (Air Blower) ฯลฯ

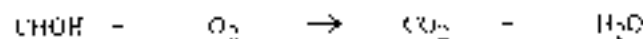
มีโอซิเจนใช้กำหนดประสิทธิภาพบำบัดน้ำเสีย (เพื่อควบคุมระดับ SRT (Solids Retention Time) หรือการควบคุมค่า TSS)

### 16.7 ความปลอดภัยของน้ำมีโอซิ

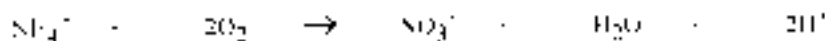
เนื่องจากความกังวลการออกซิเจนของน้ำมีโอซิเจนขึ้นจากปฏิกิริยาชีวเคมี 2 ประเภทคือ

1. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน
2. ปฏิกิริยาในทวีปเคชัน

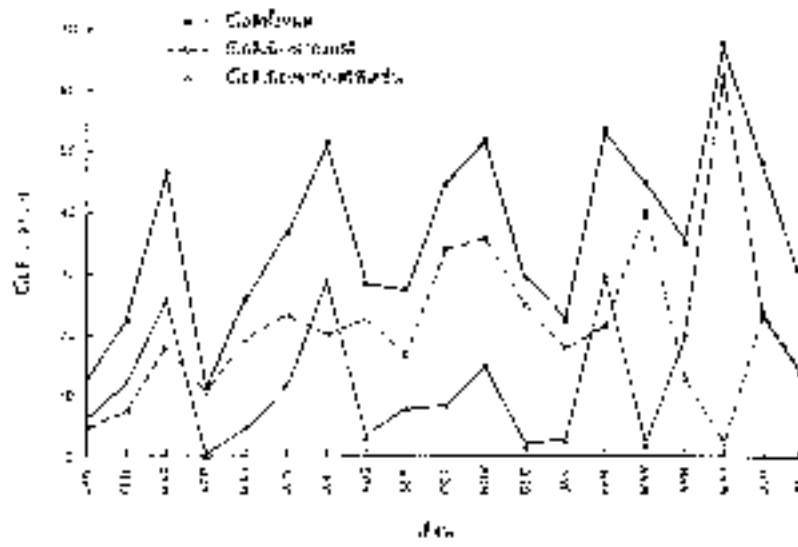
ปฏิกิริยาออกซิเดชันคือปฏิกิริยาที่ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำ ใช้ในการบำบัดน้ำเสียและผลิตพลังงานไฟฟ้าในโรงไฟฟ้า



ปฏิกิริยาในทวีปเคชัน เป็นปฏิกิริยาที่ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำ ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในโรงไฟฟ้า







รูปที่ 16.4 มีโอจีทีรวมการส่งออกของภาคบริการของบ่อน้ำมันภาค

**ชีโอดี (Chemical Oxygen Demand , COD)**

17.1 การวัดชีโอดีด้วยวิธีไทเทรชัน	17.1
17.2 การวัดชีโอดีด้วยวิธีโครโมเจนิก	17.6
17.2.1 การวัดชีโอดีด้วยวิธีไทเทรชัน	17.6
17.2.2 การวัดชีโอดีด้วยวิธีโครโมเจนิก (COD <sub>Cr</sub> )	17.13
17.2.3 การวัดชีโอดีด้วยวิธีโครโมเจนิก (COD <sub>Mn</sub> )	17.14
17.3 การวัดชีโอดีด้วยวิธีไทเทรชันด้วยวิธีไทเทรชัน	17.16
17.4 การวัดชีโอดีด้วยวิธีไทเทรชันด้วยวิธีไทเทรชัน	17.18
17.4.1 การวัดชีโอดีด้วยวิธีไทเทรชันด้วยวิธีไทเทรชัน	17.20
17.4.2 การวัดชีโอดีด้วยวิธีไทเทรชันด้วยวิธีไทเทรชัน	17.20
17.4.3 การวัดชีโอดีด้วยวิธีไทเทรชัน	17.21
17.4.4 การวัดชีโอดีด้วยวิธีไทเทรชัน	17.21
17.4.5 การวัดชีโอดีด้วยวิธีไทเทรชัน	17.22
17.4.6 การวัดชีโอดีด้วยวิธีไทเทรชัน	17.23
17.4.7 การวัดชีโอดีด้วยวิธีไทเทรชัน	17.23
17.5 การวัดชีโอดีด้วยวิธีไทเทรชันด้วยวิธีไทเทรชัน	17.26
17.5.1 การวัดชีโอดีด้วยวิธีไทเทรชันด้วยวิธีไทเทรชัน	17.26
17.5.2 การวัดชีโอดีด้วยวิธีไทเทรชันด้วยวิธีไทเทรชัน	17.30
17.5.3 การวัดชีโอดีด้วยวิธีไทเทรชันด้วยวิธีไทเทรชัน	17.31

## บทที่ 17

## ชีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)

ค่าความเข้มข้นของชีโอดี (COD) เป็นวิธีวัดปริมาณออกซิเจนที่จำเป็นสำหรับการออกซิไดส์สารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นของชีโอดี (BOD) ที่มีค่าต่ำกว่า โดยทั่วไปแล้ว ค่า COD จะสูงกว่าค่า BOD ที่วัดได้ในช่วงเวลาที่ยาวนานพอๆกัน ซึ่งบ่งชี้ถึงปริมาณของสารอินทรีย์ที่ยังคงเหลืออยู่ในน้ำเสีย

โดยทั่วไปแล้ว ค่า COD จะสูงกว่าค่า BOD ที่วัดได้ในช่วงเวลาที่ยาวนานพอๆกัน ซึ่งบ่งชี้ถึงปริมาณของสารอินทรีย์ที่ยังคงเหลืออยู่ในน้ำเสีย

โดยทั่วไปแล้ว ค่า COD จะสูงกว่าค่า BOD ที่วัดได้ในช่วงเวลาที่ยาวนานพอๆกัน ซึ่งบ่งชี้ถึงปริมาณของสารอินทรีย์ที่ยังคงเหลืออยู่ในน้ำเสีย

ตารางที่ 17.1 ตัวอย่างความสัมพันธ์ของบีโอดีและชีโอดีของสารประกอบ 2 ชนิด

สารประกอบ	สารประกอบคอลลอยด์ 10 มก./ล. (Ethyl Alcohol)	กลอสโอบีนซีน 50 มก./ล. (C10H8benzene)
บีโอดี 100 มก./ล.	10	2
ชีโอดี 100 มก./ล.	20	6
อัตราส่วน บีโอดี/ชีโอดี	1:2	1:3

กรณีศึกษาของน้ำเสียที่ 17.1







ไม่มีผล ต่อใบสมัครได้ ให้ไปยื่นขอสมัครสอบใหม่โดยเร็วที่สุด (Account Hydrocarbon  
และ Hydrogen Pyridine) ให้เป็นไปโดยสะดวกตามที่ปรากฏอยู่ในใบสมัครสอบวิชาอื่น

## 17.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ซีโอไลต์ บีไอเอส และทอง

### 17.2.1 บทบาทของซีโอไลต์ระหว่างซีโอไลต์และบีไอเอส

ซีโอไลต์และทอง (หรือที่เรียกว่าทองแดง) มีหน้าที่ใช้เพื่อใช้ในการผลิตและปรับปรุงคุณภาพของสารประกอบอินทรีย์ที่มีค่าสูง เช่น บีไอเอส บีไอเอสและบีไอเอสสูง ๆ และสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ ที่มีค่าสูง เช่น บีไอเอสที่มีค่าสูง ๆ ที่มีสมบัติเฉพาะทางเคมีและฟิสิกส์ต่าง ๆ ซีโอไลต์เป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่มีโครงสร้างผลึกที่แน่นอนซึ่งประกอบด้วยซิลิกาและอะลูมินาที่มีประจุลบที่เชื่อมต่อกันโดยพันธะไฮโดรเจนและพันธะไอออนิก ซีโอไลต์มีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถดูดซับและแลกเปลี่ยนไอออนบวกต่าง ๆ ได้ดี ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตและปรับปรุงคุณภาพของสารประกอบอินทรีย์ที่มีค่าสูง เช่น บีไอเอสและบีไอเอสสูง ๆ และสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ ที่มีค่าสูง เช่น บีไอเอสที่มีค่าสูง ๆ ที่มีสมบัติเฉพาะทางเคมีและฟิสิกส์ต่าง ๆ ซีโอไลต์เป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่มีโครงสร้างผลึกที่แน่นอนซึ่งประกอบด้วยซิลิกาและอะลูมินาที่มีประจุลบที่เชื่อมต่อกันโดยพันธะไฮโดรเจนและพันธะไอออนิก ซีโอไลต์มีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถดูดซับและแลกเปลี่ยนไอออนบวกต่าง ๆ ได้ดี ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตและปรับปรุงคุณภาพของสารประกอบอินทรีย์ที่มีค่าสูง เช่น บีไอเอสและบีไอเอสสูง ๆ และสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ ที่มีค่าสูง เช่น บีไอเอสที่มีค่าสูง ๆ ที่มีสมบัติเฉพาะทางเคมีและฟิสิกส์ต่าง ๆ

ตัวอย่างของสารประกอบซีโอไลต์และทอง ที่มีค่าสูง เช่น บีไอเอสที่มีค่าสูง ๆ ที่มีสมบัติเฉพาะทางเคมีและฟิสิกส์ต่าง ๆ ซีโอไลต์เป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่มีโครงสร้างผลึกที่แน่นอนซึ่งประกอบด้วยซิลิกาและอะลูมินาที่มีประจุลบที่เชื่อมต่อกันโดยพันธะไฮโดรเจนและพันธะไอออนิก ซีโอไลต์มีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถดูดซับและแลกเปลี่ยนไอออนบวกต่าง ๆ ได้ดี ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตและปรับปรุงคุณภาพของสารประกอบอินทรีย์ที่มีค่าสูง เช่น บีไอเอสและบีไอเอสสูง ๆ และสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ ที่มีค่าสูง เช่น บีไอเอสที่มีค่าสูง ๆ ที่มีสมบัติเฉพาะทางเคมีและฟิสิกส์ต่าง ๆ

ตัวอย่างของสารประกอบซีโอไลต์และทอง ที่มีค่าสูง เช่น บีไอเอสที่มีค่าสูง ๆ ที่มีสมบัติเฉพาะทางเคมีและฟิสิกส์ต่าง ๆ ซีโอไลต์เป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่มีโครงสร้างผลึกที่แน่นอนซึ่งประกอบด้วยซิลิกาและอะลูมินาที่มีประจุลบที่เชื่อมต่อกันโดยพันธะไฮโดรเจนและพันธะไอออนิก ซีโอไลต์มีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถดูดซับและแลกเปลี่ยนไอออนบวกต่าง ๆ ได้ดี ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตและปรับปรุงคุณภาพของสารประกอบอินทรีย์ที่มีค่าสูง เช่น บีไอเอสและบีไอเอสสูง ๆ และสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ ที่มีค่าสูง เช่น บีไอเอสที่มีค่าสูง ๆ ที่มีสมบัติเฉพาะทางเคมีและฟิสิกส์ต่าง ๆ

តារាងទី 17.2 ធាតុផ្សំ និង BOD/COD របស់វត្ថុធាតុដើមសំបកស្រា

ឈ្មោះវត្ថុធាតុដើម	BOD COD, g/g	COD COD, g/g	BOD/COD	កម្រិតស្រា
ស្រាស្រាវ	412	2,308	0,18	៥៥០០០០០០០០០
ស្រាស្រាវ (ស្រាស្រាវ)	453	1,453	0,31	៥៥០០០០០០០០០០
ស្រាស្រាវ	13	423	0,27	៥៥០០០០០០០០០០
ស្រាស្រាវ	1,31	1,236	0,10	
ស្រាស្រាវ	2,520	3,310	0,76	
ស្រាស្រាវ				
ស្រាស្រាវ	478	2,804	0,17	
ស្រាស្រាវ	2,214	5,204	0,43	
ស្រាស្រាវ	2,164	8,253	0,26	
ស្រាស្រាវ	5,238	8,678	0,60	
ស្រាស្រាវ	276	2,300	0,12	
ស្រាស្រាវ	654	1,493	0,44	18,210,000,000
ស្រាស្រាវ	880	1,651	0,53	
ស្រាស្រាវ	1,110	7,090	0,16	
ស្រាស្រាវ	2,990	8,745	0,34	88,23,500,000,000
ស្រាស្រាវ	286	1,531	0,20	
ស្រាស្រាវ	1,493	2,907	0,51	
ស្រាស្រាវ	8,208	10,398	0,78	
ស្រាស្រាវ	1,387	7,169	0,19	
ស្រាស្រាវ	2,712	6,777	0,40	
ស្រាស្រាវ	2,100	8,000	0,26	100,8,5,2,1,1,000,000

ធាតុផ្សំ និង BOD/COD របស់វត្ថុធាតុដើមសំបកស្រា

ស្រាស្រាវ

ตารางที่ 17.3 อัตราส่วน BOD:COD ของน้ำเสียอุตสาหกรรมหมักยีสต์ (Klenfeller 1982)

น้ำเสีย	BOD	COD	BOD/COD	BOD/COD	BOD/COD	BOD/COD
	mg/l	mg/l	0.7	0.7	0.7	0.7
น้ำยีสต์	24,000	41,500	0.58	0.58	0.58	0.58
น้ำกากยีสต์	-	550	0.0	0.0	0.0	0.0
น้ำเชื่อม	-	2,510	0.0	0.0	0.0	0.0
น้ำยีสต์	570	1,900	0.30	0.30	0.30	0.30
น้ำกากยีสต์	50	1,400	0.04	0.04	0.04	0.04
น้ำยีสต์	8,000	17,500	0.46	0.46	0.46	0.46
น้ำยีสต์	60,000	78,000	0.77	0.77	0.77	0.77
น้ำกากยีสต์	8,000	13,000	0.62	0.62	0.62	0.62

ตารางที่ 17.4 อัตราส่วน COD:COD ของน้ำเสียอุตสาหกรรมหมักยีสต์ (Down et al 1989)

ประเภทอุตสาหกรรม	COD (mg/l)	ประเภทอุตสาหกรรม	COD (mg/l)
น้ำยีสต์/น้ำกากยีสต์	3	น้ำยีสต์/น้ำกากยีสต์	1.5-2
น้ำกากยีสต์	2	น้ำกากยีสต์	1.5
น้ำเชื่อม/น้ำกากยีสต์	1.1	น้ำเชื่อม/น้ำกากยีสต์	1.5
น้ำกากยีสต์/น้ำกากยีสต์	2	น้ำกากยีสต์/น้ำกากยีสต์	2.5
		น้ำกากยีสต์	
น้ำกากยีสต์	1	น้ำกากยีสต์	1
น้ำกากยีสต์	2.5	น้ำกากยีสต์	1.5-2.5
น้ำกากยีสต์		น้ำกากยีสต์	2.5



ตารางที่ 12.5 อัตราการระเหยของ VOCs, CO และสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยง่าย

Compound	BOD (10)	Compound	BOD (10)
<b>ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการ</b>			
Butane	B	tert-butylacrylate	0.6
Butylene	B	Tetralin, dimethylolone	0
Cyclohexadiene	B	Toluene	< 0.001
1,4-dioxane	B	Triethyl chloride	0.052
1,1-Dioxane	B	Tristerylene	0.001
Hexane	B	Morpholine	20.000
Heptane	B	Triethylamine, tetraethylammonium	0.005
Hexane	B	Triethylamine	20.005
Isobutane	B	n-Butane	< 0.001
Isobutylene	B	m-Xylene	< 0.005
Esquipped natural gas	B	Ortho-xylene	< 0.005
Esquipped petroleum gas	B	<b>ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการชีวภาพ</b>	
Methane	B	Ethyl ether	0.012
Methyl bromide	B	Secondary alkylbenzene sulfonates	0.01
Methyl chloride	B	Monomers, polyolamine	0.002
Monoethyl 2,2,2-trifluoroethane	B	Gasoline (cracked)	0.01
Nitrobenzene	B	Gasoline (straight)	0.01
Propylene	B	Mineral spirits	0.02
Propylene oxide	B	Cyclohexanol	0.01

ที่มา : EPA, 1991, หน้า 101-102, 1981

หน้า 18 จาก 19 หน้า

ตารางที่ 17.5 อัตราการปลดปล่อย BOD<sub>5</sub> / COD ของสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ (ต่อ)

Compound	BOD <sub>5</sub> /COD	Compound	BOD <sub>5</sub> /COD
แอลกอฮอล์		แอลกอฮอล์	
Acetone	0.71	Acetaldehyde	0.40
Acetic acid	0.75	n-Butyraldehyde	0.46
Aldehyde	< 0.05	p-Xylene	0.11
Aminoalicyclics	0.65-0.75	Urea	0.11
Alcohols	0.344	Toluene	0.12
Methylalcohols & Ethanol	≤ 0.64	Acrylamide	0.13
Alcohols	≤ 0.69	Isopropyl alcohol	< 0.14
Ethanol	0.76	Acrylonitrile	0.15-0.34
Alcohols	0.36	Formal	0.17-0.46
Methanol	≤ 0.67	2-Ethyl-3-propanololol	0.19
α-Ketolactone	0.75-0.78	Methylaldehydes	0.20
α-Ketolactone	0.75-0.78	Vinyl acetate	0.20
Methylalcohol	0.67-0.75	Dicetyl glycol	
Aminoalcohols	0.76	monomethyl ether	≤ 0.02
Alcohols	0.68	Succinate anhydride	≤ 0.02
Alcohols	0.69	Diethyl phthalate	0.01
α-Ketolactone			
Alcohols	0.69	Hexane	0.02
Urea	0.69	Sebacic acid	0.03
Alcohols			
Acetaldehyde	0.69	Diethyl malonate	0.03
Alcohols	0.69		

Source: Linsley, et al., 1953

ตารางที่ 17.5 อัตราการย่อยสลาย BOD<sub>5</sub> : COD ของสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ (ต่อ)

Compound	BOD <sub>5</sub> :COD	Compound	BOD:COD
ยูเรีย	0.70	Glucose	0.95
Ortho-cresol	0.21-0.30	Melanoidin	0.87
Methylmethacrylate	0.24	Propionic acid	0.92
Acrylonitrile	0.26	Acetone	0.53
Sodium sulfite	0.31	Aniline	0.56
Formaldehyde	0.31	Isopropyl alcohol	0.56
Acetic acid	0.31-0.37	Styrene oxide	0.57
Acetylaldehyde	0.32	Isomaltic acid	0.57
Formaldehyde	< 0.35	Cresols	0.57-0.9
Formaldehyde solution	0.35	Chloraldehyde	0.58
Formaldehyde	< 0.36	Phthalic anhydride	0.58
Glycerol	0.37	Benzaldehyde	0.60
Sorbitol	< 0.38	Isobutyraldehyde	0.63
Paraffin	0.39	2,4-Dichlorophenol	0.78
n-Butyl alcohol	0.40-0.74	Cellulose	0.80
Propionaldehyde	0.43	Phenol	0.81
n-Butylaldehyde	< 0.43	Benzonitrile	0.84
Fructose	0.46	Catholic acid	0.84
Monoethanolamine	0.46	Methyl ethyl ketone	0.88
Urea	0.46-0.58	Benzoyl chloride	0.91
Dicylhydrazide	0.48	Hydrazine	1.0
Dextrose solution	0.50	Oxalic acid	1.0

ที่มา: Lynch และ Pitt 1990

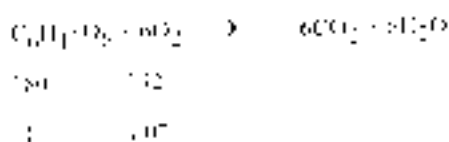
อัตราการผลิตน้ำเสีย



2. เมื่อเผาไหม้ 1 กรัม ของสารอินทรีย์ในภาชนะที่บรรจุออกซิเจนแล้วเกิดผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สที่มีปริมาตร 2.24 ลิตร (ที่ STP) และน้ำ 0.9 กรัม (ที่ STP) จงหาสูตรโมเลกุลของสารอินทรีย์

วิธีทำ: สมมติว่าสูตรโมเลกุลของสารอินทรีย์เป็น  $C_xH_yO_z$

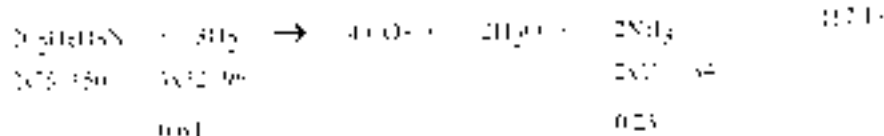
เมื่อเผาไหม้ 1 กรัม ของสารอินทรีย์ในภาชนะที่บรรจุออกซิเจนแล้วเกิดผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สที่มีปริมาตร 2.24 ลิตร (ที่ STP) และน้ำ 0.9 กรัม (ที่ STP) จงหาสูตรโมเลกุลของสารอินทรีย์



เมื่อเผาไหม้ 1 กรัม ของสารอินทรีย์ในภาชนะที่บรรจุออกซิเจนแล้วเกิดผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สที่มีปริมาตร 2.24 ลิตร (ที่ STP) และน้ำ 0.9 กรัม (ที่ STP) จงหาสูตรโมเลกุลของสารอินทรีย์

ตัวอย่างที่ 17.1

เมื่อเผาไหม้ 1 กรัม ของสารอินทรีย์ในภาชนะที่บรรจุออกซิเจนแล้วเกิดผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สที่มีปริมาตร 2.24 ลิตร (ที่ STP) และน้ำ 0.9 กรัม (ที่ STP) จงหาสูตรโมเลกุลของสารอินทรีย์



เมื่อเผาไหม้ 1 กรัม ของสารอินทรีย์ในภาชนะที่บรรจุออกซิเจนแล้วเกิดผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สที่มีปริมาตร 2.24 ลิตร (ที่ STP) และน้ำ 0.9 กรัม (ที่ STP) จงหาสูตรโมเลกุลของสารอินทรีย์

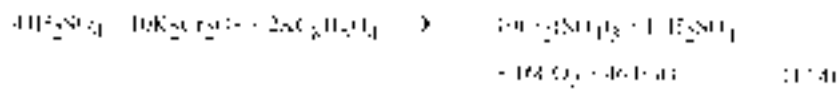
ตัวอย่างที่ 17.2



ตารางที่ 17.6 ค่า COD, BOD, และ TSS ของสารอินทรีย์ 1 กรัม

สารประกอบ 1 กรัม	BOD, กรัม	COD, กรัม	TSS, กรัม
<b>METHANES</b>			
Methane	1.5	1.06	1.1
Ethane	2.18	1.11	1.35
Ethylene Glycol	1.26	1.11	0.76
Isopropanol	1.39	1.11	0.16
Malic Acid	0.51	0.8	0.62
Acetone	2.2	2.07	0.1
Methyl Ethyl Ketone	2.44	1.7	1.51
Ethyl Acetate	1.82	1.54	1.21
Urethyl Acid	0.5	0.75	0.16
<b>AROMATIC</b>			
Toluene	1.11	1.11	1.66
Benzaldehyde	1.32	0.8	1.07
Benzon Acid	0.6	0.8	1.45
Hydroquinone	0.9	1.31	1
Phenol	2.32	2.38	1.76
<b>ETHERS AND ALCOHOLS</b>			
Methanolamine	2.09	1.7	0.53
Acetylaldehyde	1.7	1.59	0
Aniline	1.18	2.14	1.42
<b>ETHERS TERCIARY AMINE</b>			
Tertiary Butanol	1.56	1.18	0
Diphenyl Glycol	31	1.36	0.15
Psudone	3.13	1.65	0.96

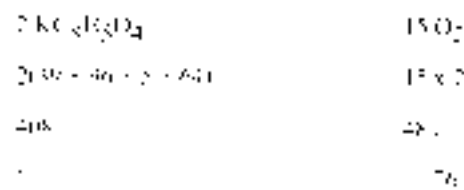
**17.3 ตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในการวิเคราะห์ซีโอไซด์ด้วยโครโมเมตริกซ์**  
 ปฏิบัติวิเคราะห์ซีโอไซด์ซึ่งได้มาจากกระบวนการใช้ไอสังเคราะห์โดยสังเคราะห์จากซิลิกาและ  
 $2\text{K}_2\text{H}_2\text{SiO}_4$  ตามสมการต่อไปนี้



เมื่อเติม  $10\text{K}_2\text{SiO}_3$  +  $10\text{H}_2\text{SiO}_4$  (Dx. 1000 Power) ที่อุณหภูมิ  $500^\circ\text{C}$  ในปฏิกรณ์  
 ที่อุณหภูมิสูงจากซิลิกาได้ดังนี้



ดังนั้น โพลีซิลิเกตเชิงซ้อนจะ  $2 \times 10^4$  กิโลกรัมต่อชั่วโมง  $15 \times 10^4$  กิโลกรัมต่อชั่วโมงต่อ  
 ชั่วโมงได้ดังนี้



ดังนั้น โพลีซิลิเกตเชิงซ้อนจะ  $10^4$  กิโลกรัมต่อชั่วโมง และซิลิเกตเชิงซ้อนจะ  $10^4$  กิโลกรัม

เมื่อทดลองใช้  $10^4$  กิโลกรัมต่อชั่วโมง  $10^4$  กิโลกรัมต่อชั่วโมงได้ดังนี้ โพลีซิลิเกตเชิงซ้อน  
 กิโลกรัมต่อชั่วโมง  $10^4$  กิโลกรัมต่อชั่วโมงได้ดังนี้ โพลีซิลิเกตเชิงซ้อน  $10^4$  กิโลกรัมต่อชั่วโมง  
 กิโลกรัมต่อชั่วโมง  $10^4$  กิโลกรัมต่อชั่วโมง  $10^4$  กิโลกรัมต่อชั่วโมง ได้ดังนี้ ใช้โพลีซิลิเกตเชิง  
 โพลีซิลิเกตเชิงซ้อน  $10^4$  กิโลกรัมต่อชั่วโมง  $10^4$  กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ตารางที่ 17.7 ค่าซีไอของสารประกอบต่างๆ ที่วิเคราะห์ได้ในห้องทดลอง

สารประกอบ	% ของค่าซีไอที่พบ
<b>Aliphatic Compounds</b>	
Acetone	98
Acetic acid	92
Acetone	62
Butyric acid	89
Destrose	95
Dialcylenglycol	63
Ethyl acetate	65
Methyl ethyl ketone	98
<b>Aromatic Compounds</b>	
Acetophenone	89
Benzaldehyde	85
Benzene	60-98
Benzoic acid	98
Diethyl phthalate/diphenyl	87
o-cresol	95
Toluene	83
Potassium and platinum	7-9

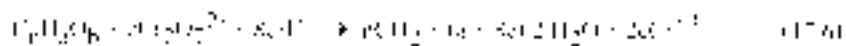
วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 17.7 องค์ประกอบสารประกอบต่างๆ ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีโครมาโตกราฟีของมวล (ต่อ)

สารประกอบ	% ของมวลทั้งหมด
Nitrogen Compounds	
Acetylcholine	48
Adrenaline	20
Atropine	20
Butyramine	57
Pyridine	0
Carbamate	57
Trimethylamine	1
Tripropylamine	57
Urea	61

#### 17.4 หลักการวิเคราะห์หาซีโอดีด้วยวิธีโครมาโตกราฟี

โพลีเมอร์ที่มีโครงสร้าง  $(K_2O)_x(O_2)_y$  มีเสถียรภาพที่มวลสูง ไม่ค่อยจะเสถียรจนกระทั่งได้พบบนสเปกตรัมที่ต่ำกว่ามวลโมเลกุลสูงมาก เมื่อเทียบกับสารที่มีมวลสูงถึง 100% ของมวลโมเลกุลที่ได้มีผลต่อความเสถียรของสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (Normal) ที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์โพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างที่เสถียรและมีน้ำหนักโมเลกุลสูงมากได้ และผลที่ได้เป็นผลของปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ช้าลง



โดยที่  $x = 20.5$  และ  $y = 1.0$

© 2013 Pearson Education, Inc.



- ให้  $\sin \theta = \frac{1}{2}$  และ  $\theta$  เป็นมุมที่วัดในหน่วยเรเดียน โดย  $0 < \theta < \pi$  จงหาค่าของ  $\cos \theta$

$$\begin{array}{ccc} \sin \theta = \frac{1}{2} & \longrightarrow & \cos \theta = ? \\ \text{ค่าที่ทราบ} & & \text{ค่าที่ต้องการ} \end{array}$$

การหาค่าของ  $\cos \theta$  ที่เรารู้ค่าของ  $\sin \theta = \frac{1}{2}$  เราสามารถใช้ความสัมพันธ์  $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$  เพื่อหาค่าของ  $\cos \theta$  ได้ โดยแทนค่าของ  $\sin \theta$  ลงในสมการข้างต้น จะได้  $\left(\frac{1}{2}\right)^2 + \cos^2 \theta = 1$  และแก้สมการนี้เพื่อหาค่าของ  $\cos \theta$  ดังต่อไปนี้

**17.4.1 การหาค่าของ  $\cos \theta$  จากค่าของ  $\sin \theta$  โดยใช้ความสัมพันธ์ตรีโกณมิติ**

ถ้า  $\sin \theta = \frac{1}{2}$  เราสามารถใช้ความสัมพันธ์ตรีโกณมิติ  $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$  เพื่อหาค่าของ  $\cos \theta$  ได้ โดยแทนค่าของ  $\sin \theta = \frac{1}{2}$  ลงในสมการข้างต้น จะได้  $\left(\frac{1}{2}\right)^2 + \cos^2 \theta = 1$  และแก้สมการนี้เพื่อหาค่าของ  $\cos \theta$  ดังต่อไปนี้

$\left(\frac{1}{2}\right)^2 + \cos^2 \theta = 1$

$\frac{1}{4} + \cos^2 \theta = 1$     (ใช้ความสัมพันธ์ตรีโกณมิติ  $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$ )

$\cos^2 \theta = 1 - \frac{1}{4}$     (ลบ  $\frac{1}{4}$  จากทั้งสองข้าง)

$\cos^2 \theta = \frac{3}{4}$     (ใช้กฎการคูณ)

$\cos \theta = \pm \sqrt{\frac{3}{4}}$     (ใช้กฎการหารด้วยกำลังสอง)

$\cos \theta = \pm \frac{\sqrt{3}}{2}$     (ใช้กฎการหารด้วยกำลังสอง)

เนื่องจาก  $0 < \theta < \pi$  เราจึงได้ว่า  $\cos \theta = \frac{\sqrt{3}}{2}$  หรือ  $\cos \theta = -\frac{\sqrt{3}}{2}$  ได้

**17.4.2 การหาค่าของ  $\sin \theta$  จากค่าของ  $\cos \theta$  โดยใช้ความสัมพันธ์ตรีโกณมิติ**

ถ้า  $\cos \theta = \frac{1}{2}$  เราสามารถใช้ความสัมพันธ์ตรีโกณมิติ  $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$  เพื่อหาค่าของ  $\sin \theta$  ได้ โดยแทนค่าของ  $\cos \theta = \frac{1}{2}$  ลงในสมการข้างต้น จะได้  $\sin^2 \theta + \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 1$  และแก้สมการนี้เพื่อหาค่าของ  $\sin \theta$  ดังต่อไปนี้

$\sin^2 \theta + \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 1$

$\sin^2 \theta + \frac{1}{4} = 1$     (ใช้ความสัมพันธ์ตรีโกณมิติ  $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$ )

$\sin^2 \theta = 1 - \frac{1}{4}$     (ลบ  $\frac{1}{4}$  จากทั้งสองข้าง)

$\sin^2 \theta = \frac{3}{4}$     (ใช้กฎการคูณ)

$\sin \theta = \pm \sqrt{\frac{3}{4}}$     (ใช้กฎการหารด้วยกำลังสอง)

$\sin \theta = \pm \frac{\sqrt{3}}{2}$     (ใช้กฎการหารด้วยกำลังสอง)

การหาค่าของ  $\sin \theta$  จากค่าของ  $\cos \theta$  โดยใช้ความสัมพันธ์ตรีโกณมิติ



สมาคมผู้ให้บริการเภสัชภัณฑ์ (Pharmaceutical Society of Thailand) หรือ (PST) เป็นสมาชิกของสมาคมผู้  
ปฏิบัติวิชาชีพเภสัชกรรมแห่งประเทศไทย สมาคมผู้ให้บริการเภสัชกรรม (Pharmaceutical Society of Thailand) โดยไม่ขอเสีย  
ค่าของสมาชิกแบบร่วมเงินไม่ได้รับสิทธิการรับ (Social Insurance) โดยไม่ขอเสียค่าของสมาชิก  
หรือค่าธรรมเนียมอื่น ๆ 28. บุคลากร ปฏิบัติวิชาชีพตามข้อใดในหมวด ๑๑-๒๖ ดังนี้

$$28.1. \text{เภสัชกร} + \text{เภสัชกร} + \text{เภสัชกร} \rightarrow \text{เภสัชกร} + 2 \text{เภสัชกร} + \text{เภสัชกร}$$

28.2. เภสัชกร (Pharmacist)

หน้าที่ของเภสัชกรผู้ให้บริการเภสัชกรรมในสถานพยาบาล คือ การให้บริการเภสัชกรรมในสถานพยาบาล  
ตามวิชาชีพที่ปฏิบัติงานอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของสภาเภสัชกรรม ซึ่งประกอบด้วยการให้บริการเภสัชกรรม  
และการให้บริการเภสัชกรรมในสถานพยาบาลตามหน้าที่ของเภสัชกรผู้ให้บริการเภสัชกรรมในสถานพยาบาล  
ตามที่กำหนดไว้ในกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพเภสัชกรรม พ.ศ. ๒๕๖๒ และกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพเภสัชกรรม  
ในสถานพยาบาลในสถานพยาบาล ซึ่งกำหนดไว้ในกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพเภสัชกรรม พ.ศ. ๒๕๖๒ และ  
กฎหมายว่าด้วยวิชาชีพเภสัชกรรมในสถานพยาบาล

28.3. อื่นๆ (Other)

สำหรับเภสัชกรผู้ให้บริการเภสัชกรรมในสถานพยาบาล ซึ่งปฏิบัติงานในสถานพยาบาลที่ได้รับอนุญาต  
ให้ประกอบวิชาชีพเภสัชกรรมในสถานพยาบาลตามหน้าที่ของเภสัชกรผู้ให้บริการเภสัชกรรมในสถานพยาบาล  
ตามที่กำหนดไว้ในกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพเภสัชกรรม พ.ศ. ๒๕๖๒ และกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพเภสัชกรรม  
ในสถานพยาบาลในสถานพยาบาล ซึ่งกำหนดไว้ในกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพเภสัชกรรม พ.ศ. ๒๕๖๒ และ  
กฎหมายว่าด้วยวิชาชีพเภสัชกรรมในสถานพยาบาล

ដីសេដ្ឋកិច្ចសម្រាប់ដាំដំណាំកៅស៊ូនៅតំបន់ស្រះស្រាបៀប្រទេសកម្ពុជា មានលក្ខណៈស្រដៀងគ្នាទៅនឹងដីស្រែស្រាបៀបដែលបានកំណត់ទុកក្នុងបញ្ជីទី១។ ដីស្រែស្រាបៀបដែលបានកំណត់ទុកក្នុងបញ្ជីទី១នេះ ត្រូវបានកំណត់ទុកក្នុងបញ្ជីទី១នេះ ដើម្បីធានាបាននូវភាពស្របគ្នា និងភាពស្របគ្នា រវាងដីស្រែស្រាបៀបដែលបានកំណត់ទុកក្នុងបញ្ជីទី១ និងដីស្រែស្រាបៀបដែលបានកំណត់ទុកក្នុងបញ្ជីទី១។

17.2.5 ការវាយតម្លៃ

ស្ថិតិ និងទិន្នន័យស្រាវជ្រាវ ត្រូវបានប្រើប្រាស់ដើម្បីវាយតម្លៃដីស្រែស្រាបៀប។

	CO2e	កម្រិត CO2e
ស្រែស្រាបៀប	B, S	វាយតម្លៃ CO2e ដោយប្រើប្រាស់ តារាងទិន្នន័យស្រែស្រាបៀប ក្នុងកម្រិត 17.2.5.1 និង 17.2.5.2
	S	វាយតម្លៃដីស្រែស្រាបៀប CO2e
	A	វាយតម្លៃដីស្រែស្រាបៀប ដោយប្រើប្រាស់

តារាង 17.2

	B	25-30
	S	10-15
	S	2-25
	A	10-15
កម្រិត CO2e	CO2e	កម្រិត CO2e ក្នុងតំបន់ 10-15 កម្រិត CO2e ក្នុងតំបន់





ตัวอย่างที่ 17.3

ถดถอยนิโคตอโรนิกซัลไฟด์ ปริมาณสารอนินทรีย์ในตัวอย่างมีซัลไฟด์ร้อยละ 25.0 มก. ส. และนิโคตอโรนิกซัลไฟด์ 25.0 มก. ส. ในตัวอย่างได้แก่ผลของการสับหรือการบดตัวอย่าง

น้ำหนักของนิโคตอโรนิกซัลไฟด์ (มก. ส.) ในตัวอย่าง	=	0.225	มก. ส.
น้ำหนักของนิโคตอโรนิกซัลไฟด์ (มก. ส.) ในตัวอย่าง	=	0.225 x 2000	
	=	450	มก. ส.
น้ำหนักซัลไฟด์ที่คำนวณจากปริมาณซัลไฟด์อนินทรีย์	=	1350-450	
	=	900	มก. ส.

น้ำหนักของนิโคตอโรนิกซัลไฟด์ ผลการตกตะกอนจากกรดไฮดรอกซีลิติกโดยการใช้กรดอะซิติกหรือกรดไฮดรอกซีลิติกที่ความเข้มข้น 0.5% ปริมาณสารอนินทรีย์ 0.5% ปริมาณ



ผลของกรดไฮดรอกซีลิติกที่ความเข้มข้นสูงหรือที่ความเข้มข้นต่ำเกินไปจะส่งผลต่อการตกตะกอนของสารอนินทรีย์ในตัวอย่าง ปริมาณของสารอนินทรีย์ในตัวอย่างที่ตกตะกอนได้โดยการใช้กรดอะซิติกหรือกรดไฮดรอกซีลิติกที่ความเข้มข้น 0.5% ปริมาณสารอนินทรีย์ 0.5% ปริมาณ

ใช้สารอนินทรีย์ในกรด (NO<sub>2</sub>) ของสารอนินทรีย์ชนิด sulfamyl-acid เพื่อช่วยแก้ปัญหาที่มีผลจากในตัวอย่างได้ อย่างไรก็ตาม ปริมาณกรดที่น้อยเกินไปจะทำให้การตกตะกอนของสารอนินทรีย์ในตัวอย่างมีปัญหาในการใช้ไม่ได้

สงวนลิขสิทธิ์โดย บริษัท

### 17.5 การใช้ประโยชน์จากข้อมูลจีโอดี

.เมื่อรวมข้อมูลจีโอดีกับพหุคูณเศรษฐกิจที่นำความหมายมาเช่นเช่นค่าจีไอพีจีพี หรือ โชนน์ของจีไอพีจีพี สามารถใช้เหมือนกับพหุคูณจีไอพีจีพี โดยสรุป ข้อมูลจีไอพีจีพีมีประโยชน์ดังนี้

- 1. เมื่อใช้กับจำนวนครั้งต่อหัวจีไอดี (ค่าจีไอพีต่อหัว) มันสามารถบ่งชี้แนวโน้มการเติบโตของภาคเกษตรกรรมได้มากกว่าหรือเท่ากับของภาคอื่น ๆ
- 2. ใช้ในการประเมินผลที่เกี่วกันของจีไอดี (จีไอพีต่อหัว) กับอัตราการเกิดหรือที่มของสัตว์ต่อพื้นที่ และปริมาณของจีไอดีจากค่าจีไอดี จะสามารถบ่งชี้ได้ว่ามันมีมากขึ้น
- 3. ค่าจีไอพีต่อหัวสูง บ่งชี้ใช้เงินค่าของของภาคเกษตรกรรมที่เพิ่มขึ้น
- 4. เมื่อข้อมูลจีไอพีจีพีใช้ร่วมกับพหุคูณของภาคอื่น ๆ มันจะบ่งชี้ถึง

17.5.1 การใช้จีไอดีเป็นตัวชี้วัดความเคลื่อนไหวของอรรถประโยชน์และควบคุมระบบขั้วบังคับน้ำดื่ม ในปัจจุบันการนำจีไอดีมาใช้ร่วมกับพหุคูณของภาคเกษตรกรรมที่เพิ่มขึ้นบ่งชี้ถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นของภาคเกษตรกรรมที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นของภาคเกษตรกรรมที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถใช้ร่วมกับพหุคูณของภาคเกษตรกรรมที่เพิ่มขึ้นได้ เช่น เมื่อรวมจีไอดีกับค่าจีไอพีจีพีแล้ว สามารถบ่งชี้ถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นของภาคเกษตรกรรมที่เพิ่มขึ้นได้

ในการนำข้อมูลจีไอดีไปใช้ร่วมกับพหุคูณของภาคเกษตรกรรมที่เพิ่มขึ้น บ่งชี้ถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นของภาคเกษตรกรรมที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถใช้ร่วมกับพหุคูณของภาคเกษตรกรรมที่เพิ่มขึ้นได้ เช่น เมื่อรวมจีไอดีกับค่าจีไอพีจีพีแล้ว สามารถบ่งชี้ถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นของภาคเกษตรกรรมที่เพิ่มขึ้นได้

ค่าเฉลี่ยของน้ำเสียฟอกสีแอมโมเนียในช่วง 100-300 มล/ลิตร มีค่าประมาณ 1-4 ข.ค.ของแอมโมเนียแอมโมเนียที่มีค่ามากกว่าค่านี้จะมีแนวโน้มจะเกิดการกลับคืนไป มีผลทำให้ปริมาณแอมโมเนียแอมโมเนียในน้ำเสียฟอกสีแอมโมเนียมีค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่า 1 มก./ลิ. และจะพบว่า น้ำที่ใสสุดจะมีค่าออกซิเจนละลายน้ำ 20 มก./ลิ. ดังนั้นค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียแอมโมเนียในน้ำเสียฟอกสีแอมโมเนียที่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 1 ลิ. จึงหมายถึงค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียแอมโมเนียต่ำกว่า 100 มก./ลิ.

กรณีตัวอย่าง

ในกรณีของน้ำเสียฟอกสีแอมโมเนียของโรงงานที่มีลักษณะน้ำเสียดังแสดงในตารางที่ 17.8 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียแอมโมเนียที่ใช้ในการรวมแอมโมเนียแอมโมเนีย จะเพิ่มขึ้นจาก 100 มก./ลิ. เป็น 2,108 มก./ลิ. และค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 17.8 ลักษณะของน้ำเสียออกฤทธิ์ของโรงงานฟอกสีแอมโมเนีย  
ในระหว่างปี 2539-2543

พุทธศักราช	pH	BOD	COD	SS	TDS
		(มก./ลิ.)	(มก./ลิ.)		
2539	12.2	37	1,418	136	6,584
2540	11.1	42	1,656	158	6,538
2541	12.1	519	2,043	140	5,606
2542	12.6	715	1,016	315	10,507
2543	12.4	458	2,407	152	10,127
เฉลี่ย	12.6	517	2,108	154	8,362

ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นแบบระบบแอมโมเนีย (Activated Sludge) ตารางที่ 17.9 เป็นข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ยของโรงงานที่มีลักษณะน้ำเสียดังแสดงในตารางที่ 17.10 แสดงลักษณะเฉลี่ยของน้ำเสียที่ออกฤทธิ์ของโรงงานนี้

ค่าเฉลี่ยของน้ำเสีย

ตารางที่ 17.9 ข้อมูลดินระบบบำบัดน้ำเสีย

พารามิเตอร์	ค่าที่วัด
ประจุบวกของระบบบำบัด	ระบบแอมโมเนีย
อัตราไหลของน้ำเสีย, ลิตร/วินาที	ประมาณ 2,000
ขนาดของเครื่องกรอง, ลิตร/วินาที	100
ความลึกของถัง (SST), นิ้ว	ไม่น้อยกว่า 18 นิ้ว
ปริมาณออกซิเจนที่ใส่เข้า, กก./วัน	200 กก./วัน

ตารางที่ 17.10 สัมประสิทธิ์ผสมหน้าที่สุดท้ายของระบบบำบัดน้ำเสีย

จุดตรวจวัด	pH	BOD	COD	SS	ACOD*
		(มก./ลิ.)	(มก./ลิ.)		
2539	7.9	12	162	22	1,255
2540	7.5	21	284	56	1,212
2541	7.8	29	484	60	1,359
2542	8.0	55	1,130	131	1,885
2543	7.4	43	367	207	1,640
เฉลี่ย	7.7	32	62*	96	1,463

\* ACOD = ซีโอดีที่อุณหภูมิ

จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นว่า ค่าซีโอดีโดย (BOD Load) และซีโอดีไหล (COD Load) ปริมาณของออกซิเจนที่ใส่เข้า และเครื่องกรองที่มีประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจน 100 ลิตร/วินาที

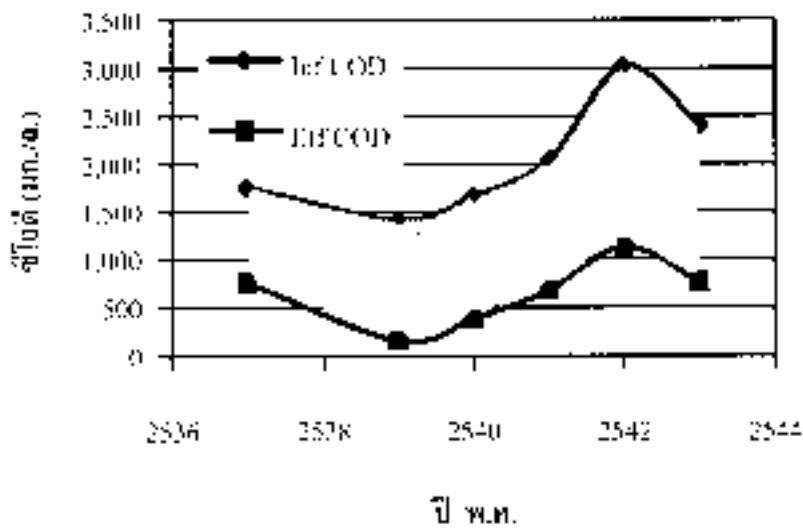
ซีโอดีไหลเฉลี่ย	1,324	กก./วัน
ซีโอดีไหลสูงสุด	4,316	กก./วัน
ออกซิเจนจากเครื่องกรอง	2,800	กก./วัน

เคมีวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม



เพิ่มขึ้นได้มาก ระบบการคำนวณจีไอดีของประเทศไทยจึงถูกจัดว่ามีจีไอดีจริงถึง 2,380,100๓ 2.8 เท่า เมื่อใช้ค่าดัชนีจีโอมนที่ให้มีระบบการคำนวณไม่สอดคล้องกับวิธีการจัดจีไอดี สังเกตเห็นได้จาก จีไอดีมีค่าสูงกว่าระบบการคำนวณที่ได้มา แต่มีค่าเฉลี่ยน

ปีฐานที่เลือกใช้คือระบบการคำนวณเดิม คือ ไม่สามารถจัดจีไอดีให้ต่ำกว่าค่าความจริงขึ้นกับ ๒๐๒๑.๑ ซึ่งเป็นระดับมาตรฐานที่ขอยอมรับได้ นอกจากนี้ เพื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างจีไอดีของประเทศไทยกับจีไอดีของสหรัฐอเมริกา ปี ๒๕๓๖-๒๕๔๓ จะเห็นได้ว่าระบบการคำนวณระบบการคำนวณจีไอดีได้ประมาณค่าที่ลดลงเห็นได้จากภาพที่ 17.1 คือ น่าจะมีค่าความผันแปรของจีไอดีไม่มากนักโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.41๘-3.01๖ เท่า แสดงความสามารถในการจัดจีไอดีที่ค่อนข้างคงที่โดยมีค่าเฉลี่ย 1.๙๐๒ เท่า ซึ่งก็ไม่น่าจะมีผู้ใดคาดไม่ถึงว่าระบบจีไอดีของประเทศไทยจะมีค่าถึง ๑.๙๐๒ เท่า ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยที่คิดไว้ถึง ๙๐% นั่นก็เพราะมีจีไอดีสูงตามไปด้วย ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยที่คิดไว้ถึง ๙๐% นั่นเอง



รูปที่ 17.1 รูปประติมากรรมของค่าจีไอดีระหว่างปี 2536-2544

บทที่ 17 การคำนวณจีไอดี



เว็บไซต์ที่มีจำนวนลิงก์เข้ามาก มีคะแนน SEO ที่ดีกว่า เว็บไซต์ที่มีลิงก์เข้าจากเว็บอื่นที่น้อย

1.5.3 การคำนวณรวมปริมาณของคะแนน SEO จากค่า SEO ที่ดีที่สุดที่ดูที่เว็บไซต์

1. การมีลิงก์จากเว็บที่มีคะแนน SEO สูง มีผลต่อคะแนน SEO ของเว็บไซต์ (Anchor text)  
2. จำนวนของลิงก์จากเว็บที่มีคะแนน SEO สูง มีผลต่อคะแนน SEO ของเว็บไซต์ (Page rank)  
3. จำนวนของลิงก์จากเว็บที่มีคะแนน SEO สูง มีผลต่อคะแนน SEO ของเว็บไซต์ (Page authority)

**ทีโอซี (Total Organic Carbon, TOC)**

18. ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำดื่ม	18.1
18.200 ปริมาณทีโอซี (TOC)	18.1
18.201 ปริมาณทีโอซีจากเชื้อจุลินทรีย์ (TOC)	18.4
18.202 ปริมาณทีโอซีจากสารอินทรีย์อนินทรีย์	18.8
18.203 ปริมาณทีโอซีจากสารอินทรีย์อนินทรีย์ (TOC <sub>inorg</sub> )	18.11
18.204 ปริมาณทีโอซีจากสารอินทรีย์อนินทรีย์ (TOC <sub>org</sub> )	18.12

## บทที่ 18

### ทีโอซี (Total Organic Carbon, TOC)

#### 18.1 ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำดื่ม

ปริมาณของคาร์บอนอินทรีย์ที่มักอยู่ในน้ำดื่ม ทำให้อิทธิพลต่อคุณภาพของน้ำดื่มแตกต่างกันไป เนื่องจากสารอินทรีย์ในน้ำดื่มสามารถก่อให้เกิดรสชาติ กลิ่น สี และความเป็นพิษต่อสุขภาพ ซึ่งปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำดื่มที่มักใช้ในภาคครัวเรือน นั้นคือจุดเริ่มต้นของสารอินทรีย์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำดื่ม ทำให้อาจสังเกตและประเมินผลกระทบที่มีต่อสุขภาพของประชาชนจากค่าอินทรีย์คาร์บอนที่วัดได้โดยการประเมินของสารอินทรีย์คาร์บอนในน้ำดื่มที่เรียกว่า ทีโอซี (TOC) ซึ่งสามารถวัดได้โดยวิธีที่เรียกว่า ทีโอซี (Total Organic Carbon, TOC) ในน้ำดื่มที่มาตรฐานของ WHO และ WHO แนะนำให้ใช้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำดื่มที่ต่ำกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L) ในงานประเมินสุขภาพของน้ำดื่ม

พารามิเตอร์ที่ใช้วัดสารอินทรีย์ในน้ำดื่มและน้ำเสียมีดังนี้

- บีโอดี (BOD)
- ซีโอดี (COD)
- ทีโอดี (TOC)
- UV<sub>254</sub>
- จำนวนจุลินทรีย์ที่ตายได้ทั้งหมด (TNS)

พารามิเตอร์ที่ได้กล่าวถึง บีโอดี ซีโอดี และ ทีโอดี จะสามารถวัดได้ทั้งหมด ไปต่อหน้าบทที่ 16-17 และ 20 ของเล่มถัดไป ส่วน UV<sub>254</sub> บีโอดี บีโอดี และ UV<sub>254</sub>

### 18.2 การวัดทีโอซี (TOC)

ทีโอซี หมายถึง สารอินทรีย์ทั้งหมดที่มีคาร์บอนซึ่งสามารถวัดได้โดยมาตรฐานวิธีที่ 8191 ของ ASTM การวัดนี้จึงวัดปริมาณ  $\text{CO}_2$  ที่เกิดขึ้นโดยใช้ IR Detector หรือปฏิกิริยา  $\text{CO}_2$  ไล่เป็น  $\text{CH}_4$  และใช้ Gas Chromatograph (GC) วัดปริมาณที่เกิดขึ้น ปริมาณ  $\text{CO}_2$  หรือ  $\text{CH}_4$  ที่วัดได้จะถูกคำนวณเป็น TOC

ตัวอย่างในตัวอย่างนี้ จะจะมีสารอินทรีย์คาร์บอน (C) อยู่ 30 กรัม ในสารน้ำ 100 กรัม และคาร์บอนจะเพิ่มขึ้น ปริมาณเพิ่มเติมจะวัดเพื่อที่จะหาปริมาณคาร์บอนที่วัดได้โดยมาตรฐานวัด TOC

### 18.3 การใช้ประโยชน์จากข้อมูล TOC

TOC วัดสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในตัวอย่างน้ำทุกชนิด เช่น

- น้ำธรรมชาติ (สูตร วิธี 8191 และ 8192)
- น้ำดื่ม
- น้ำเสียชุมชน (ดูตารางที่ 18.3)
- น้ำทะเล
- น้ำกร่อย
- น้ำทิ้งชุมชน
- น้ำเสียอุตสาหกรรม (สูตร วิธี 8191)
- น้ำเสียที่มีคาร์บอนที่วัดแล้ว

ตารางที่ 18.1 ตัวอย่างค่า DSW ของผู้เข้าร่วมชาติในสหรัฐอเมริกา

กลุ่ม	ลักษณะทั่วไปของตัว			DSW (ค่าเฉลี่ย)			ค่าเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย)
	สี	อายุเฉลี่ย	จำนวนครัวเรือน	ที่เดิน	ที่ขี่จักรยาน	ที่ขี่จักรยาน	
SRF	สี	สูง	สูง	1.84	1.89	1.6	80
DRS	สี	ปานกลาง		1.81	1.19	27	12
DRS	สูง	ปานกลาง		4.1	1.57	30	10
DRS	สูง	สูง	สูง	14.8	11.2	25	190

ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย

ตารางที่ 18.2 ลักษณะทางสถิติของตัวอย่างมาบวแหล่ง

NOM source	ขนาด	DSW (Oct 90)	DSW (Mar 91)	CHA	Am Ex	FGW
PI		0.00	1.44	6.09	75	5.1
TRK (mg)	100.0	0.0	74.1	404	13.4	12.5
TRK (mg)	100.0	0.0	72.4	359	14.5	12.7
CV (mg)		5.0	2.53	0.27	0.59	0.2
CV (mg)		0.04	0.031	0.000	0.20	0.02
Acid (mg)	100.0	0	0	1.1	70	145
NO <sub>2</sub> -N	100.0	0	0	0.5	2.5	0.5
NO <sub>3</sub> -N	100.0	5.0	2.9	0.2	3.2	0.5
PO <sub>4</sub>	100.0	0	0	0	14.0	1.2

Ref: Givels et al (1993) "Dissemination of NOM" J. Environ. Qual., pp. 40-48

ค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 18.3 มาตรฐาน NSFPI สำหรับน้ำประปาที่ระดับความสูงต่างๆ ที่จีน  
 คู่มือการประเมินสิ่งแวดล้อม

Measurement	Unit	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
Residual Chlorine	mg/L at 25°C	1.5*	1.5*	1	0.5
Particle count**	max per ml	7	2	100	500
Visible bacteria	max per ml	less than 1	10	50	100
DOC, max	ppm	50	200	1,000	4,000
Total solids, max	ppm	10	50	500	2,000
Nitrites	ppm	less than 1	10	2.0	10.00
Chloride	ppm	2	10	100	1,000

\*0.05 mg/l free

\*\* Particles larger than 1.0µm

คู่มือการประเมินสิ่งแวดล้อมที่ใช้วัดเป็น TOC มีดังต่อไปนี้

- Non Purgeable Organic Carbon (NPOC) หรือ Non Volatile Organic Carbon (NVOC) เช่นมี สาร
- Purgeable Organic Carbon (POC) หรือ Volatile Organic Carbon (VOC) เช่น acetic acid
- Insoluble, partially volatile เช่น มีน้ำมัน
- Insoluble, particulate เช่น มีไมโครพลาสติก

วิธีในการวัด TOC ก็คือ วัดค่าของ COD หรือ BOD ที่ลดลง

เนื่องจาก TOC สามารถวัดค่าได้รวดเร็วกว่าวิธีวิเคราะห์อื่นๆ และมีความแม่นยำสูง จึงนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ ซึ่งมีการพัฒนาเทคนิคในการวัด TOC ขึ้นมาอีกหลายวิธี เช่น UV<sub>254</sub> ซึ่งสามารถวัดค่าได้รวดเร็วกว่าวิธีอื่น แต่ UV<sub>254</sub> ใช้ได้กับสารอินทรีย์ที่มีสีเข้มเท่านั้น และค่าที่วัดได้



ตารางที่ 18.4 ค่า BOD, COD, TDC และอัตราส่วนค่าต่างๆ ของน้ำทิ้ง

ข้อมูลตามหลักกรรมนิเวศวิทยา

ชนิดน้ำ	BOD	COD	TDC	BOD/COD	COD/TDC	BOD/TDC
	มก./ล	มก./ล	มก./ล			
น้ำดื่ม	-	4,750	500	-	9.5	-
น้ำดื่ม-ร	-	1,400	370	-	6.6	-
น้ำดื่ม-ค	-	2,600	420	-	6.4	-
น้ำดื่ม-ช	-	370	177	-	4.92	-
น้ำดื่ม-คช	21,000	41,400	9,500	2.51	4.35	0.58
น้ำดื่ม-คช	-	500	150	-	3.32	-
น้ำดื่ม-คช	-	1,300	900	-	1.44	-
น้ำดื่ม-คช	850	1,900	500	1.40	3.20	0.43
น้ำดื่ม-คช	700	1,900	450	1.55	3.12	0.5
น้ำดื่ม-คช	8,144	17,500	5,800	1.38	3.07	0.46
น้ำดื่ม-คช	60,500	28,000	26,000	2.34	1.00	0.78
น้ำดื่ม-คช	62,000	143,000	48,100	1.28	2.66	0.47
น้ำดื่ม-คช	9,700	163,000	5,500	1.70	1.11	0.55
น้ำดื่ม-คช	-	21,400	8,500	-	2.50	-
น้ำดื่ม-คช	-	-	-	-	2.71	-
น้ำดื่ม-คช	-	1,200	44,000	-	1.50	-
น้ำดื่ม-คช	-	111	133	-	2.40	-
น้ำดื่ม-คช	-	159	190	-	2.30	-
น้ำดื่ม-คช	-	350,000	160,000	-	2.19	-
น้ำดื่ม-คช	-	197	110	-	1.79	-

ศูนย์วิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อม

### 18.4 ความสัมพันธ์ระหว่างทีโอซีและซีไอดี

ค่าที่บ่งชี้ถึงลักษณะของน้ำดื่มที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบ CUD/TDS แต่ยังไม่ผ่านการกรองด้วยระบบกรองน้ำดื่มแบบ Reverse Osmosis (RO) COD (รวม) ที่ไม่ผ่านการกรองด้วยระบบกรองน้ำดื่มแบบ Reverse Osmosis (RO) จะมีค่าประมาณ 5.33 เท่าที่ 8.4 เท่าของค่าที่บ่งชี้ของระบบ CUD, TOC และค่าที่บ่งชี้ของน้ำดื่มที่ผ่านการกรองน้ำดื่มแบบ Reverse Osmosis

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่บ่งชี้ของซีไอดีและค่าที่บ่งชี้ของทีโอซีมีดังนี้

ซีไอดี	×	60%	▶	ทีโอซี	×	80%	▶	ทีโอซี
0.12 กรัม		0.72 กรัม		2.64 กรัม		2.11 กรัม		0.83 กรัม

COD	TOC	ปริมาณคลอรีน	ปริมาณเงินไอโอดีน
		192 mg	2.0 mg

ค่าที่บ่งชี้ของค่าที่บ่งชี้ของน้ำดื่มที่ผ่านการกรองน้ำดื่มแบบ Reverse Osmosis (RO) จะมีค่าประมาณ 1.5 เท่าของค่าที่บ่งชี้ของน้ำดื่มที่ผ่านการกรองน้ำดื่มแบบ Reverse Osmosis

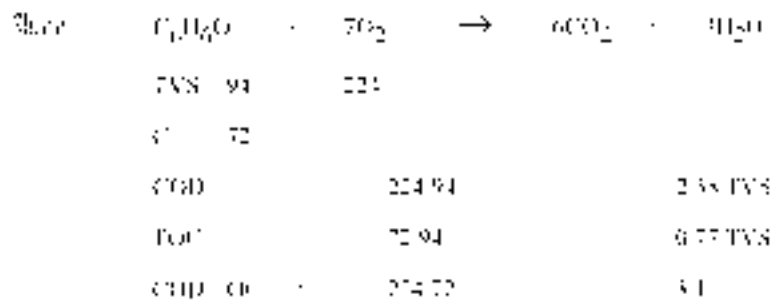
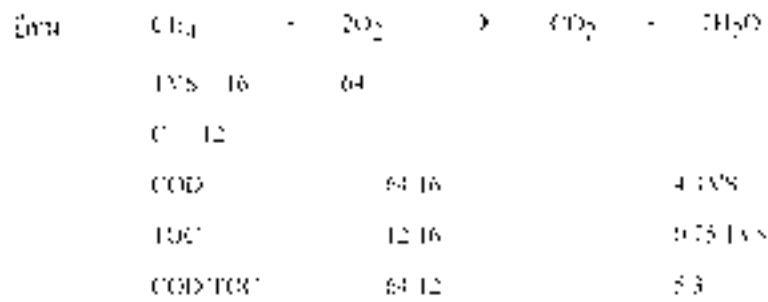
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่บ่งชี้ของซีไอดีและค่าที่บ่งชี้ของทีโอซีมีดังนี้

ซีไอดี	×	60%	▶	ทีโอซี	×	60%
1.58	×	0.95		0.95	×	0.57
0.12		0.72		0.72		0.43
TOC		0.72		0.43		0.26
TOC		0.72		0.43		0.26
COD/TOC		0.72		0.43		0.26

หน้า ๑๗๗-๑๗๘ หน้า ๑๗๗

ตารางที่ 18.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง COD/TOC ของกลุ่มคลอโรฟิลล์ และวิตามิน

	TVS (มก./ล.)	COD (มก./ล.)	TOC (มก./ล.)	COD/TOC
คลอโรฟิลล์	100	187	47	2.67
โปรตีน	100	238	77	3.1
วิตามิน	100	400	75	5.3



เนื้อหาสาระเพิ่มเติมที่ 6.1





ก. ๖. ฐานคิด ของ องค์การฯ ว่า ผู้บริโภค จำลองผลิตภัณฑ์ใหม่ไปใช้กับสารเคมีในเครื่องสำอางค์เป็น  
หญิงไม่มีระบุ การรณรงค์จึงควรทำให้ผู้บริโภคได้ข้อมูลที่ถูกต้องก่อนตัดสินใจใช้

ถ้าพิจารณาถึงบทบาทในด้านผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ฯ ควรให้ความสำคัญกับข้อมูลสาร  
สารเคมีชนิดอื่น ๆ

ในกรณีของข้อมูลด้าน สารเคมีที่เป็นสารจาก TOC ก็เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ที่มีโรคประจำตัวใน  
ใช้ผลิตภัณฑ์นั้นจนก่อให้เกิดอาการแพ้ในปอดได้เช่นกัน (DSE) ซึ่งกรณีของสารเคมีที่ปรึกษา  
เคมีและสิ่งแวดล้อมและสารเคมีชีวเคมี นอกจาก กรณีของสารเคมีชีวเคมีแล้ว ยังสาร  
เคมีชนิดอื่นที่ก่อให้เกิดอาการแพ้ในผู้ที่มีโรคประจำตัว เช่น ผู้ที่มีโรคผิวหนัง แพ้สารเคมี  
หรือแพ้ยาบางชนิดใน “สารเคมีใช้ภายในครัวเรือน” นี้ด้วย

### 18.6 การวัดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำด้วย UV<sub>254</sub>

สารประกอบอินทรีย์ที่ละลายในน้ำมีลักษณะที่ สีขุ่น เขียว (Lignin) เทนิน (Tannin)  
สารชีวโมเลกุล สารประกอบไนโตรเจน (Amino acid) กรดไขมัน สารประกอบที่สังเคราะห์ขึ้น  
ต่าง ๆ และใช้ไม่หมดที่จำหน่าย สามารถทำให้เกิดมลพิษจากน้ำ UV Absorption กับสาร  
อินทรีย์ที่ละลายในน้ำ เช่น NOM (Total organic nitrogen) หรือ TOC (Total Organic Carbon)  
สำหรับ น้ำดื่มมีจำหน่าย มีการตรวจสอบปริมาณด้วย UV Absorption เป็นประจำ โดยที่  
ปริมาณอินทรีย์ที่ละลายในน้ำสูง เช่น น้ำจืด น้ำประปา และน้ำเสีย

ในขณะทดสอบตัวอย่างน้ำ (US EPA ได้กำหนดวิธีวัดโดยกรองน้ำที่มีค่าที่ 200 มิลลิ  
ลิตรในหลอด UV Absorption เป็น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร) แต่ค่าที่ตรวจพบ และ  
ค่าที่วัดได้ DBO ในน้ำ เป็นค่าที่ตรวจวัด UV Absorption สามารถตรวจได้ทั้งค่าที่  
วัดด้วย DBO หรือค่าที่วัดด้วยค่าที่ตรวจพบ สามารถสัมพันธ์ถึงค่าที่วัดด้วยวิธี  
ค่าความขุ่นในหลอด DBO และสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ ซึ่งจะสามารถทำให้สังเกตค่า UV ที่วัดได้



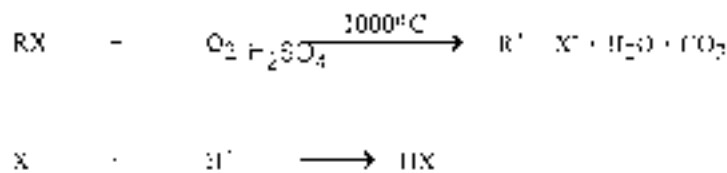
### วิธีวัด TOX ในตัวอย่างน้ำ

วิธีวัด TOX จะทำโดยใช้หลอดตรวจตัวอย่างน้ำที่มี RX ซึ่งละลายอยู่ในไฮดรอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) จากนั้นจึงวัดค่าแสงที่ออกมา เนื่องจาก TOX มีผลให้อิออนอยู่ประมาณ 1% จึงสามารถนำผลเปรียบเทียบกับ TOX ได้ นั่นคือหาผลเปรียบเทียบกับ AOX โดยใช้ค่าปรับเทียบของกับ AOX ที่ทราบค่าแล้วนั่นเอง แต่เพื่อหลีกเลี่ยงผล AOX ที่มีค่าเป็นบวก ผลการวัดค่าของ TOX จะใช้ค่าลบ (ลบ) เป็นหลัก จากนั้นจึงวัดการออกซิไดซ์ที่เรียกว่า ไมโครอัลตร้า (Microaltrua) และแปลผลเป็นค่า AOX หรือ TOX

### วิธีวัด TOX ในตัวอย่าง

ตัวอย่างของสารสกัด (Extraction) สารอินทรีย์ที่ละลายสาร TOX หรือ AOX จะใช้วิธีวัด TOX โดยใช้วิธีการข้างต้น สารที่ละลายที่ให้ได้แก่ Diethyl Acetate, Ethyl acet, Octanol สามารถใช้ได้ดีในกรณีสกัดสารประกอบ Chlorinated Phenols ในน้ำ

ตัวอย่างน้ำที่มี AOX ถูกนำเข้ามาโดยให้ขุ่นเล็กน้อยและเติมคาร์บอนดีออกไซด์ ปริมาณ 10 มิลลิกรัมต่อลิตรใน 24 ชั่วโมง ปริมาณที่มีผลต่อไฮดรอกซีเมทิลเซลลูโลสจะถูกเปลี่ยนเป็นไฮดรอกซีเมทิลเซลลูโลส ซึ่งจะถูกกำจัดโดยการต้มด้วย  $H_2SO_4$  และกลายเป็น HX



เมื่อได้สาร HX กับ  $Ag^+$  จะวัดปริมาณของ HX โดยใช้วิธี microaltrua ในภาชนะ microaltrua ซึ่งแปลผลเป็นปริมาณ AOX ได้



## ไนโตรเจน (Nitrogen)

๑๑.1 ปริมาณของไนโตรเจนในน้ำจืดที่มีผล	19.1
๑๑.1.1 ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนในน้ำจืด (Total Nitrogen)	19.6
๑๑.1.2 ค่าเฉลี่ยไนโตรเจน	19.7
๑๑.1.3 ค่าเฉลี่ยไนโตรเจน	19.8
๑๑.1.4 ไนโตรเจน	19.10
๑๑.1.5 ไนโตรเจน	19.11
๑๑.2 ปริมาณไนโตรเจน	19.11
๑๑.๓ ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนในน้ำจืด	19.13
๑๑.๓.1 ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนในน้ำจืด	19.13
๑๑.๓.2 ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนในน้ำจืด	19.15
๑๑.๓.3 ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนในน้ำจืด	19.17
๑๑.๓.๔ ค่าเฉลี่ยไนโตรเจน	19.18
๑๑.๔ ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนในน้ำจืด	19.21
๑๑.๔.๑ ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนในน้ำจืด	19.21
๑๑.๕ ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนในน้ำจืด	19.21
๑๑.๕.๑ ค่าเฉลี่ยไนโตรเจน	19.27
๑๑.๕.๒ ค่าเฉลี่ยไนโตรเจน	19.28
๑๑.๕.๓ ค่าเฉลี่ยไนโตรเจน	19.29
๑๑.๕.๔ ค่าเฉลี่ยไนโตรเจน	19.31
๑๑.๕.๕ ค่าเฉลี่ยไนโตรเจน	19.33

**ไนโตรเจน (Nitrogen)**

19.6.2 วิธีวิเคราะห์ด้วยวิธีแคโทดไนโตรเจน	19.19
19.6.3 วิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนด้วยวิธี	19.22
19.6.4 วิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนด้วยวิธี	19.25
19.6.4.1 วิธีสุญญากาศ	19.25
19.6.5 วิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนด้วยวิธี	19.28
19.6.6 วิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนด้วยวิธี	19.32
19.6.14 วิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนด้วยวิธี	19.36

## บทที่ 19

## ไนโตรเจน (Nitrogen)

ไนโตรเจนเป็นส่วนสำคัญของอากาศที่เราหายใจ โดยคิดเป็นร้อยละ 78 ของอากาศในชั้นบรรยากาศของโลก ไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแก๊สไนโตรเจน ( $N_2$ ) ซึ่งมีความเสถียรเนื่องจากพันธะคู่ที่แข็งแรงระหว่างอะตอมของไนโตรเจน อย่างไรก็ตาม ไนโตรเจนสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในชั้นบรรยากาศชั้นบน (สตราโตสเฟียร์) เพื่อสร้างไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) ซึ่งรวมถึงไนตริกออกไซด์ (NO) และไดไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $N_2O$ ) ไนโตรเจนออกไซด์เหล่านี้สามารถเคลื่อนที่ลงสู่พื้นดินและน้ำ และก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและน้ำได้

$NH_3$	$N_2$	$N_2O$	NO	$N_2O_3$	$NO_2$	$N_2H_4$
1	2	1	11	10	2	3

มลพิษไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) ซึ่งรวมถึงไนตริกออกไซด์ (NO) และไดไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $N_2O$ ) เป็นหนึ่งในมลพิษทางอากาศที่สำคัญที่สุดชนิดหนึ่ง มลพิษเหล่านี้สามารถก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพและสิ่งแวดล้อมได้ ไนโตรเจนออกไซด์สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในชั้นบรรยากาศชั้นบน เพื่อสร้างไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) ซึ่งรวมถึงไนตริกออกไซด์ (NO) และไดไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $N_2O$ )

## 19.1 ประเภทของไนโตรเจนในน้ำและน้ำดื่ม

ไนโตรเจนในน้ำสามารถพบได้ในรูปของแอมโมเนีย ( $NH_3$ ) ไนเตรต ( $NO_3^-$ ) และไนไตรต์ ( $NO_2^-$ )

แอมโมเนียในน้ำสามารถเกิดจากไนโตรเจนในน้ำที่ตายแล้ว หรือจากน้ำที่ปนเปื้อนไนโตรเจน (Nitrogen) ในน้ำดื่ม (Drinking Water) ไนเตรตและไนไตรต์ในน้ำดื่มสามารถก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพได้

ปริมาณไนโตรเจนที่รวมอยู่ในสารอินทรีย์ในดิน  
 สวมอินทรีย์ในดิน + ไนโตรเจนในดิน + ไนโตรเจนในดิน  
 สวมอินทรีย์ในดิน + ไนโตรเจนในดิน

ค่าของค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับไนโตรเจนในดินโดยทั่วไปจะแปรผันตามค่าของ  $\text{pH}$  และค่าของ  $\text{pH}$   
 (D. L. Kirkland, Springer, 1971, p. 135)

TKN สวมอินทรีย์ในดิน + ไนโตรเจนในดิน

ปริมาณไนโตรเจนในดินรวมทั้งหมด สวมอินทรีย์ในดิน + ไนโตรเจนในดิน + ไนโตรเจนในดิน

พหุคูณการดูดซับไนโตรเจนในดิน  
 โดยทั่วไปแล้ว การดูดซับไนโตรเจนในดินจะแปรผันตามค่าของ  $\text{pH}$  และค่าของ  $\text{pH}$   
 (D. L. Kirkland, Springer, 1971, p. 135)

- $\text{NH}_4\text{-N}$  สวมอินทรีย์ในดิน
- $\text{NO}_3\text{-N}$  ไนโตรเจนในดิน
- $\text{NO}_2\text{-N}$  ไนโตรเจนในดิน
- $\text{NO}_2\text{-N}$  ไนโตรเจนในดิน

ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับไนโตรเจนในดินโดยทั่วไปจะแปรผันตามค่าของ  $\text{pH}$  และค่าของ  $\text{pH}$

ปริมาณไนโตรเจนที่รวมอยู่ในสารอินทรีย์ในดิน สวมอินทรีย์ในดิน + ไนโตรเจนในดิน + ไนโตรเจนในดิน  
 สวมอินทรีย์ในดิน + ไนโตรเจนในดิน + ไนโตรเจนในดิน

- $\text{NH}_4\text{-N}$  1.00%
- $\text{NO}_3\text{-N}$  0.82%
- $\text{NO}_2\text{-N}$  0.20%
- $\text{NO}_2\text{-N}$  0.00%

ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับไนโตรเจน





19.1.2 การคำนวณไนโตรเจน

ตัวอย่าง 19.1 ไนโตรเจนในดิน ไนโตรเจนที่พบในดินสามารถวัดได้โดยง่าย เช่น การใช้  $\text{NH}_4^+$  และ  $\text{NO}_3^-$  เป็นตัววัด ไนโตรเจนในดินทั้งหมดมี 4 ชนิด ส่วนไนโตรเจนในดินที่ละลายได้มี 2 ชนิด ไนโตรเจนในดินที่ละลายได้มี 2 ชนิด ไนโตรเจนในดินที่ละลายได้มี 2 ชนิด ไนโตรเจนในดินที่ละลายได้มี 2 ชนิด

เมื่อคำนวณไนโตรเจนในดิน เราสามารถใช้ไนโตรเจนในดินทั้งหมด (Total Nitrogen) และไนโตรเจนที่ละลายได้ (Soluble Nitrogen) เป็นตัววัด ไนโตรเจนในดินทั้งหมดมี 4 ชนิด ส่วนไนโตรเจนในดินที่ละลายได้มี 2 ชนิด ไนโตรเจนในดินที่ละลายได้มี 2 ชนิด ไนโตรเจนในดินที่ละลายได้มี 2 ชนิด

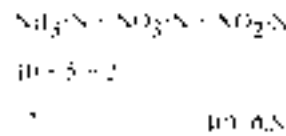
$$\text{TKN} = \text{ไนโตรเจนที่ละลายได้} + \text{ไนโตรเจนในดินทั้งหมด}$$

ตัวอย่างที่ 19.1 การคำนวณไนโตรเจนในดิน และไนโตรเจนที่ละลายได้

$\text{Org-N}$	25	100%	
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	10	100%	
$\text{NO}_2^-\text{-N}$	5	100%	
$\text{NO}_3^-\text{-N}$	2	100%	
<b>รวม</b>	<b>TKN</b>	$\text{Org-N} + \text{NH}_4^+\text{-N}$	
		$25 + 10$	
		35	100%
<b>ไนโตรเจนที่ละลายได้</b>		$\text{Org-N} + \text{NH}_4^+\text{-N} + \text{NO}_2^-\text{-N} + \text{NO}_3^-\text{-N}$	
		$25 + 10 + 5 + 2$	
		42	100%

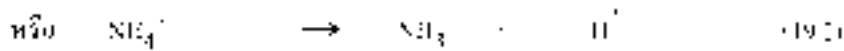
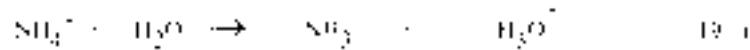
จากตัวอย่างที่ 19.1

สารอนินทรีย์ที่มีในไลออลธรรมชาติ

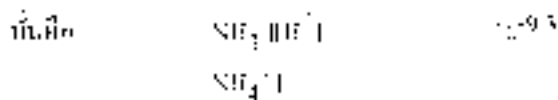


๑.๒.3 แอมโมเนีย

แอมโมเนียเป็นสารที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียมไนเตรต ( $\text{NH}_4^+$ ) ซึ่งเกิดจากแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) โดยปฏิกิริยาต่อไปนี้



โดยมี  $K = 10^{-9.3}$  ที่อุณหภูมิ 25°C



$\text{NH}_3$  เป็นค่า Free Ammonia หรือ แอมโมเนียอิสระ (หรือ สาร  $\text{NH}_3$ ) ซึ่งไม่ได้อยู่ในรูปของไอออนใด ๆ มีค่าเป็นกลาง (pH ของไลออลมีค่าอยู่ในช่วง 6.5-8.5)  $\text{NH}_4^+$  มีค่าเป็น  $\text{NH}_3$  แต่มีประจุบวก (+) และแอมโมเนียอิสระ ( $\text{NH}_3$ ) มีค่าเป็นลบ (-) ซึ่งแอมโมเนียอิสระสามารถจับกับโปรตีนได้ แอมโมเนียอิสระ จะจับกับโปรตีนและเกิดเป็นแอมโมเนียมโปรตีน (หรือ แอมโมเนียมโปรตีน) ซึ่งสามารถจับกับโปรตีนได้ และ  $\text{NH}_4^+$  จะจับกับโปรตีนและเกิดเป็นแอมโมเนียมโปรตีน



$SiF_3$

$N_2 + 1/2 F_2 \rightarrow K$

119.31

โมลที่  $N_2$

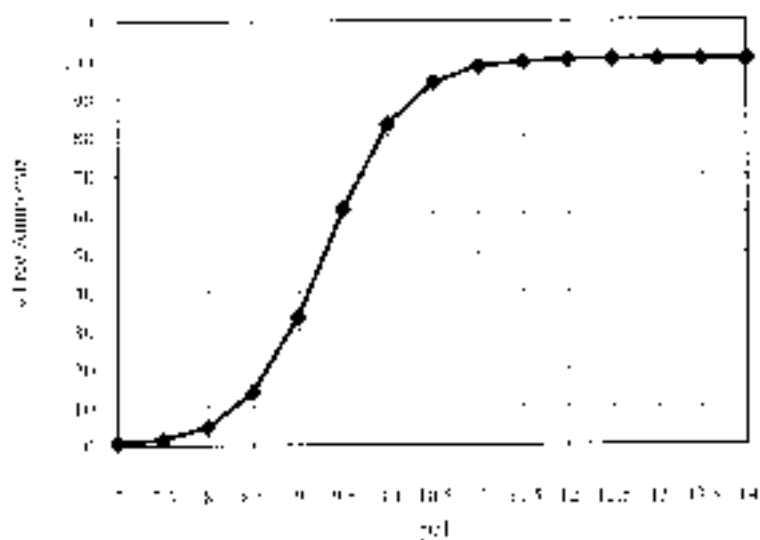
มวลโมลที่  $N_2$  รวม  $n$  โมลของ  $N_2$  ให้  $n$  โมลของ  $K$



$K$

$n^{th} \rightarrow$  ที่อุณหภูมิ  $35^\circ C$

รูปที่ 19.1 แสดงความเข้มข้นที่ระเหยของ  $SiF_3$  ที่  $35^\circ C$  เป็น ส่วนของ  $SiF_4$  ที่มีอยู่เดิม.  $100 - x = SiF_4$

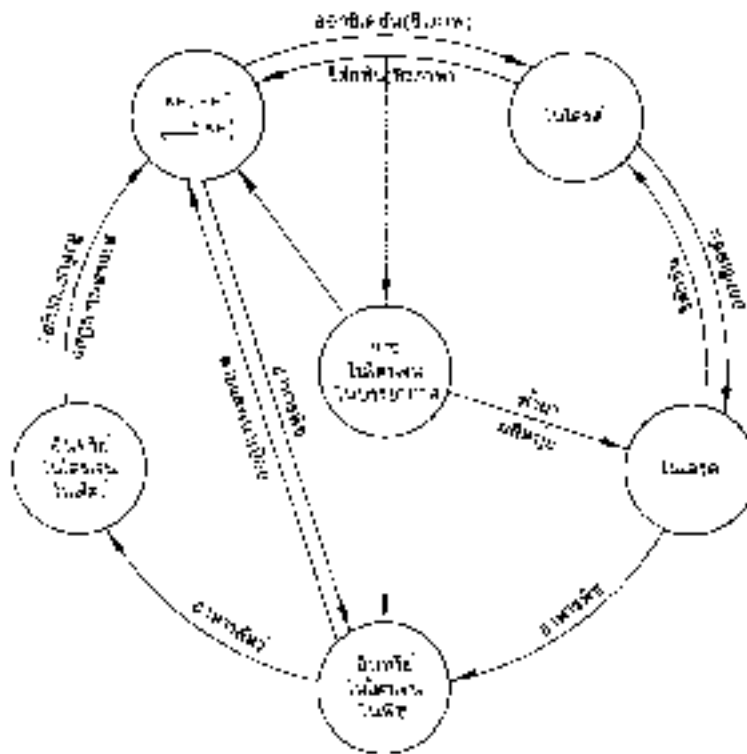


รูปที่ 19.1 การระเหยของ  $SiF_3$  ที่  $35^\circ C$

เคมีของพอลิเมอร์เบื้องต้น



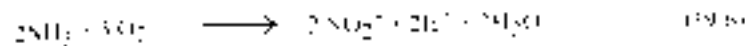




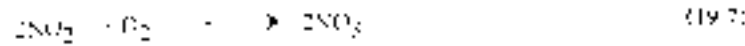
រូបភាព 19.2 រូបភាពបង្ហាញពីប្រព័ន្ធភ្នែកជីវមូលដ្ឋាន

ប្រព័ន្ធភ្នែកជីវមូលដ្ឋាន គឺជាប្រព័ន្ធភ្នែកជីវមូលដ្ឋាន ដែលមានស្ថានភាពស្ថិរភាព និងមានស្ថានភាពស្ថិរភាពខ្ពស់។ ប្រព័ន្ធភ្នែកជីវមូលដ្ឋាន គឺជាប្រព័ន្ធភ្នែកជីវមូលដ្ឋាន ដែលមានស្ថានភាពស្ថិរភាព និងមានស្ថានភាពស្ថិរភាពខ្ពស់។ ប្រព័ន្ធភ្នែកជីវមូលដ្ឋាន គឺជាប្រព័ន្ធភ្នែកជីវមូលដ្ឋាន ដែលមានស្ថានភាពស្ថិរភាព និងមានស្ថានភាពស្ថិរភាពខ្ពស់។

អង្គការសុខាភិបាលកម្ពុជា

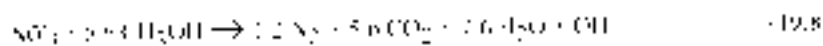


Nitrosation เป็นปฏิกิริยาที่ NO ถูกเปลี่ยนเป็น NO<sub>2</sub> ในกรดไนตริก และเป็นในกรดเข้มข้น



ปฏิกิริยาที่แสดงว่ากลุ่มไขมันและพวกไฮโดรคาร์บอน Acceptor ที่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับ CO<sub>2</sub> ในกรดไนตริกจะเกิด

ในกรดไนตริกที่เข้มข้นจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดไนตริกของกรดไขมัน ในกรดที่เจือจางจะกลายเป็นกรดไขมันที่คล้ายคลึงกับกรดไขมันที่เปลี่ยนเป็นกรดไขมันในกรดไนตริกได้ ปฏิกิริยาที่แสดงว่ากลุ่มไขมันและพวกไฮโดรคาร์บอน Acceptor ที่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับ CO<sub>2</sub> ในกรดไนตริกจะเกิดปฏิกิริยาที่คล้ายคลึงกับ CO<sub>2</sub> ในกรดไนตริกที่เข้มข้น



ปฏิกิริยาที่แสดงว่ากลุ่มไขมันและพวกไฮโดรคาร์บอน Acceptor ที่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับ CO<sub>2</sub> ในกรดไนตริกจะเกิด

### 19.3 ความสำคัญของข้อมูลไนโตรเจน

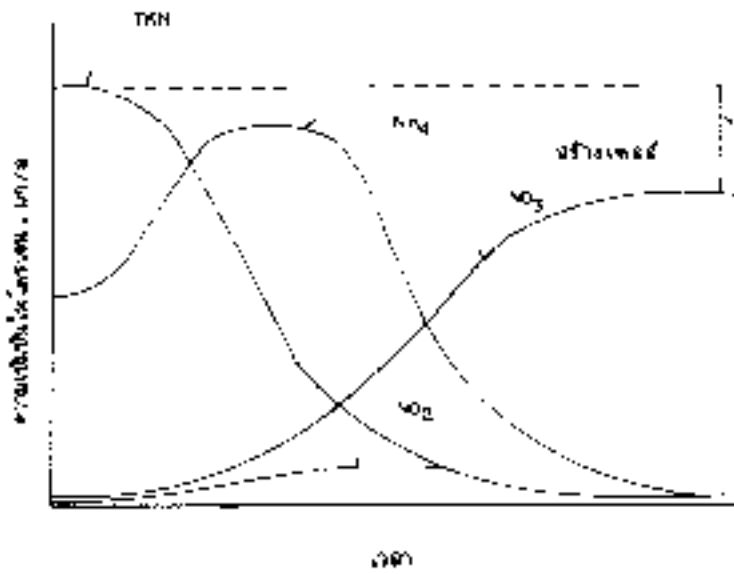
#### 19.3.1 ข้อสังเกตความสำคัญของข้อมูล

ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารประกอบอินทรีย์จำนวนมาก และมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตและพืชในธรรมชาติ การที่ไนโตรเจนถูกเปลี่ยนเป็นกรดไนตริกในกรดไนตริกที่เข้มข้นจะเกิดปฏิกิริยาที่คล้ายคลึงกับ CO<sub>2</sub> ในกรดไนตริกที่เข้มข้น



รูปที่ 12 การตรึงไนโตรเจนโดยแบคทีเรียในดินของพืชตระกูลถั่ว

เมื่อพืชตระกูลถั่วถูกตรึงไนโตรเจนโดยแบคทีเรียในดินที่ตรึงไนโตรเจนได้มากแล้ว จะพบว่ามีไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้น และพืชตระกูลถั่วจะดูดไนโตรเจนจากดินมาใช้มากขึ้น ทำให้พืชตระกูลถั่วเจริญเติบโตได้ดีขึ้น และพืชตระกูลถั่วจะตรึงไนโตรเจนในดินได้มากขึ้นด้วย



รูปที่ 13 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้โดยแบคทีเรียในดินของพืชตระกูลถั่ว

การตรึงไนโตรเจนโดยแบคทีเรียในดินของพืชตระกูลถั่ว ทำให้พืชตระกูลถั่วได้รับไนโตรเจนจากดินได้มากขึ้น และพืชตระกูลถั่วจะดูดไนโตรเจนจากดินมาใช้มากขึ้น ทำให้พืชตระกูลถั่วเจริญเติบโตได้ดีขึ้น และพืชตระกูลถั่วจะตรึงไนโตรเจนในดินได้มากขึ้นด้วย

หน้า 13 จาก 13 หน้า







តារាងទី ១១.១ ឧប្បត្តិការណ៍និងការវាស់វែងសម្រាប់ស្រែកប្រឡង

ស្រែកប្រឡង	ស្រែកប្រឡង
ស្រែកប្រឡង	ស្រែកប្រឡង
ស្រែកប្រឡង	ស្រែកប្រឡង
ស្រែកប្រឡង	ស្រែកប្រឡង

សំណុំរូប និងតារាងទី ១១.១ បង្ហាញពីលំនាំសម្រាប់ការវាស់វែងសម្រាប់ស្រែកប្រឡង។ ឧប្បត្តិការណ៍និងការវាស់វែងសម្រាប់ស្រែកប្រឡង ត្រូវធ្វើឡើងនៅក្នុងបរិស្ថានដែលមានសីតុណ្ហភាពស្របគ្នា ដូចជា ២០±០,៥ ដឺក្រេសេន្ទេរ។ លើសពីនេះទៀត ការវាស់វែងសម្រាប់ស្រែកប្រឡង ត្រូវធ្វើឡើងនៅក្នុងបរិស្ថានដែលមានសីតុណ្ហភាពស្របគ្នា ដូចជា ២០±០,៥ ដឺក្រេសេន្ទេរ។ លើសពីនេះទៀត ការវាស់វែងសម្រាប់ស្រែកប្រឡង ត្រូវធ្វើឡើងនៅក្នុងបរិស្ថានដែលមានសីតុណ្ហភាពស្របគ្នា ដូចជា ២០±០,៥ ដឺក្រេសេន្ទេរ។

**១១.២ ការវាស់វែងសម្រាប់ស្រែកប្រឡង**

ការវាស់វែងសម្រាប់ស្រែកប្រឡង ត្រូវធ្វើឡើងនៅក្នុងបរិស្ថានដែលមានសីតុណ្ហភាពស្របគ្នា ដូចជា ២០±០,៥ ដឺក្រេសេន្ទេរ។ លើសពីនេះទៀត ការវាស់វែងសម្រាប់ស្រែកប្រឡង ត្រូវធ្វើឡើងនៅក្នុងបរិស្ថានដែលមានសីតុណ្ហភាពស្របគ្នា ដូចជា ២០±០,៥ ដឺក្រេសេន្ទេរ។ លើសពីនេះទៀត ការវាស់វែងសម្រាប់ស្រែកប្រឡង ត្រូវធ្វើឡើងនៅក្នុងបរិស្ថានដែលមានសីតុណ្ហភាពស្របគ្នា ដូចជា ២០±០,៥ ដឺក្រេសេន្ទេរ។





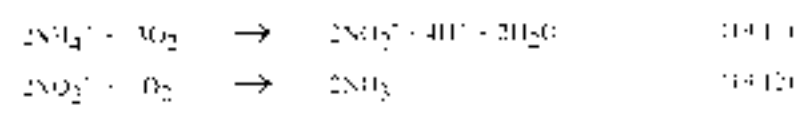


ตารางที่ 19.5 วิธีการกำจัดไนโตรเจนมูลฝอย

ประเภทของ ไม้เทียม	จุดมุ่งหมายและวิธีการกำจัดไนโตรเจน		
	เพื่อป้องกัน มลพิษ	เพื่อลดไนโตรเจน	เพื่อเก็บ พลังงาน
สารเติมแต่ง ในโครงสร้าง	As, Cu, Zn, Pb, ... การฝังกลบในหลุมฝังกลบ		
เคลือบผิว	ไม่สลาย การฝังกลบในหลุมฝังกลบ		As, Cu, Zn, Pb, ... การฝังกลบในหลุมฝังกลบ
ในผิว	ไม่สลาย การฝังกลบในหลุมฝังกลบ	ไม่สลาย	
ในเนื้อ		ไม่สลาย การฝังกลบในหลุมฝังกลบ	As, Cu, Zn, Pb, ... การฝังกลบในหลุมฝังกลบ

ก. การกำจัดไนโตรเจนด้วยวิธีการฝังกลบ  
วิธีการฝังกลบ ฝังฝังในหลุมฝังกลบที่มีวิธีการบำบัดมลพิษในน้ำดื่มในสารเติมแต่ง  
มลพิษในโครงสร้างที่ฝังในหลุมฝังกลบหรือฝังในหลุมฝังกลบที่ฝังไว้ก่อน ฝังฝังใน  
หลุมฝังกลบที่ฝังไว้ก่อน ซึ่งฝังในหลุมฝังกลบที่มีวิธีการบำบัดมลพิษในน้ำดื่มในสารเติมแต่ง  
การฝังกลบที่ฝังไว้ก่อนในหลุมฝังกลบที่มีวิธีการบำบัดมลพิษในน้ำดื่มในสารเติมแต่ง  
การฝังกลบที่ฝังไว้ก่อนในหลุมฝังกลบที่มีวิธีการบำบัดมลพิษในน้ำดื่มในสารเติมแต่ง

ข. การกำจัดไนโตรเจนด้วยวิธีการฝังกลบ  
ในกรณีนี้จะเป็นวิธีการฝังกลบที่มีวิธีการบำบัดมลพิษในน้ำดื่มในสารเติมแต่ง  
การฝังกลบที่ฝังไว้ก่อนในหลุมฝังกลบที่มีวิธีการบำบัดมลพิษในน้ำดื่มในสารเติมแต่ง



หนังสือเรียนที่ 19-22







គ្រឹះស្ថានស្រាវជ្រាវ និងសិក្សាស្រាវជ្រាវនៅក្នុងប្រទេសកម្ពុជា ក្នុង ក្រសួង  
កសិកម្ម រុក្ខាប្រមាញ់ និងនេសាទ (Preparation of the 5th National  
Chemical Research Meeting) ។ ការងារនេះ បានធ្វើឡើងនៅទីស្នាក់ការកណ្តាល  
នៃគណៈកម្មាធិការជាតិស្រាវជ្រាវ និងសិក្សាស្រាវជ្រាវ ក្នុងរាជធានីភ្នំពេញ រយៈពេល  
ពីថ្ងៃទី ១៤ ខែ កញ្ញា ដល់ថ្ងៃទី ១៧ ខែ កញ្ញា ឆ្នាំ ១៩៧៥ ។

ឈ្មោះ ហ៊ុន សែន ទីស្នាក់ការកណ្តាល គណៈកម្មាធិការជាតិស្រាវជ្រាវ និងសិក្សា  
ស្រាវជ្រាវ ក្នុងរាជធានីភ្នំពេញ ក្នុងឈ្មោះ ហ៊ុន សែន ទីស្នាក់ការកណ្តាល  
គណៈកម្មាធិការជាតិស្រាវជ្រាវ និងសិក្សាស្រាវជ្រាវ ក្នុងរាជធានីភ្នំពេញ ។

ឈ្មោះ ហ៊ុន សែន ទីស្នាក់ការកណ្តាល គណៈកម្មាធិការជាតិស្រាវជ្រាវ និងសិក្សា  
ស្រាវជ្រាវ ក្នុងរាជធានីភ្នំពេញ ក្នុងឈ្មោះ ហ៊ុន សែន ទីស្នាក់ការកណ្តាល  
គណៈកម្មាធិការជាតិស្រាវជ្រាវ និងសិក្សាស្រាវជ្រាវ ក្នុងរាជធានីភ្នំពេញ ។

ឈ្មោះ ហ៊ុន សែន ទីស្នាក់ការកណ្តាល គណៈកម្មាធិការជាតិស្រាវជ្រាវ និងសិក្សា  
ស្រាវជ្រាវ ក្នុងរាជធានីភ្នំពេញ ក្នុងឈ្មោះ ហ៊ុន សែន ទីស្នាក់ការកណ្តាល  
គណៈកម្មាធិការជាតិស្រាវជ្រាវ និងសិក្សាស្រាវជ្រាវ ក្នុងរាជធានីភ្នំពេញ ។

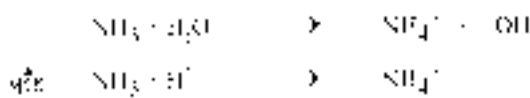




## 19.6 วิธีวัดไนโตรเจน

### 19.6.1 วิธีวัดไนโตรเจนในดิน

แบบที่ 1 คือ การวัดแบบ 2 ขั้นตอน  $\text{NH}_3$  และ  $\text{NH}_4^+$   $\text{NH}_3$  เป็นสารที่ระเหยง่าย ส่วน  $\text{NH}_4^+$  เป็นไอออน ละลายได้ดีในน้ำและในดิน จึงใช้วิธีวัดไนโตรเจนในดินโดยวิธีนี้ ๒ ขั้นตอนการวัดไนโตรเจนแบบวิธีนี้



การวัดไนโตรเจนในดินด้วยวิธีนี้เป็นการวัดทั้ง  $\text{NH}_3$  และ  $\text{NH}_4^+$  ที่อยู่ในดินโดยวิธีนี้ การวัดไนโตรเจนในดินด้วยวิธีนี้ทำได้เป็น ๒ ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกคือการวัดไนโตรเจนในดินโดยวิธีนี้ และขั้นตอนที่สองคือการวัดไนโตรเจนในดินโดยวิธีนี้ ขั้นตอนแรกคือการวัดไนโตรเจนในดินโดยวิธีนี้ และขั้นตอนที่สองคือการวัดไนโตรเจนในดินโดยวิธีนี้ ขั้นตอนแรกคือการวัดไนโตรเจนในดินโดยวิธีนี้ และขั้นตอนที่สองคือการวัดไนโตรเจนในดินโดยวิธีนี้ ขั้นตอนแรกคือการวัดไนโตรเจนในดินโดยวิธีนี้ และขั้นตอนที่สองคือการวัดไนโตรเจนในดินโดยวิธีนี้

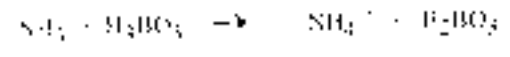
วิธีวัดไนโตรเจนในดินใน Standard Methods มี ๓ วิธีด้วยกัน ดังนี้

1. วิธีไนโตรเจนในดิน (Nesslerization)
2. วิธีไนโตรเจนในดิน (Distillation)
3. วิธีไนโตรเจนในดิน (Catalytic oxidation)

การวัดไนโตรเจนในดินด้วยวิธีนี้ทำได้เป็น ๒ ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกคือการวัดไนโตรเจนในดินโดยวิธีนี้ และขั้นตอนที่สองคือการวัดไนโตรเจนในดินโดยวิธีนี้



ប្រើ ៥-១០ មល គឺជាបរិមាណដែលគ្រប់គ្រាន់ ដើម្បីបង្កើតប្លូរ៉ូសេន ប្លូរ៉ូសេនដែលបាន  
ផលិតបាននឹងមានរាង (Condenser) ដែលមានស្រទាប់ស្រទាប់ប្លូរ៉ូសេនដែលបាន  
កម្រិតប្លូរ៉ូសេនដែលបានផលិត។ ក្រោយពីប្លូរ៉ូសេនដែលបានផលិតបាន  
ជ្រុល NH<sub>3</sub> ក្នុងទឹក ប្លូរ៉ូសេន NH<sub>3</sub> ដែលបានផលិតបាននឹងមានរាង ដូច



ដោយប្រើប្រាស់ប្លូរ៉ូសេនដែលបានផលិតបាននឹងមានរាង ដូចដែលបាន  
កម្រិតប្លូរ៉ូសេនដែលបានផលិតបាននឹងមានរាង ដូចដែលបានផលិតបាន  
ប្លូរ៉ូសេនដែលបានផលិតបាននឹងមានរាង ដូចដែលបានផលិតបាន

១០១៤ ប្លូរ៉ូសេនប្លូរ៉ូសេន

ប្លូរ៉ូសេនប្លូរ៉ូសេនដែលបានផលិតបាននឹងមានរាង ដូចដែលបាន  
ប្លូរ៉ូសេនប្លូរ៉ូសេនដែលបានផលិតបាននឹងមានរាង ដូចដែលបាន  
ប្លូរ៉ូសេនប្លូរ៉ូសេនដែលបានផលិតបាននឹងមានរាង ដូចដែលបាន  
ប្លូរ៉ូសេនប្លូរ៉ូសេនដែលបានផលិតបាននឹងមានរាង ដូចដែលបាន  
ប្លូរ៉ូសេនប្លូរ៉ូសេនដែលបានផលិតបាននឹងមានរាង ដូចដែលបាន  
ប្លូរ៉ូសេនប្លូរ៉ូសេនដែលបានផលិតបាននឹងមានរាង ដូចដែលបាន  
ប្លូរ៉ូសេនប្លូរ៉ូសេនដែលបានផលិតបាននឹងមានរាង ដូចដែលបាន  
ប្លូរ៉ូសេនប្លូរ៉ូសេនដែលបានផលិតបាននឹងមានរាង ដូចដែលបាន

ប្លូរ៉ូសេនប្លូរ៉ូសេនដែលបានផលិតបាននឹងមានរាង ដូចដែលបាន  
ប្លូរ៉ូសេនប្លូរ៉ូសេនដែលបានផលិតបាននឹងមានរាង ដូចដែលបាន

















**ของแข็ง (Solids)**

๒๑.1 ปริมาตรของของแข็ง	๒๑.3
๒๑.2 วัสดุของแข็งที่ขรุขระ	๒๑.7
๒๑.3 วัสดุที่อัดแน่น	๒๑.13
๒๑.4 วัสดุที่อัดแน่น: Seizable Solids (วัสดุที่อัดแน่นได้)	๒๑.16
๒๑.5 วัสดุที่อัดแน่น: IS และ FDS ไลน์เดี่ยว, วัสดุอัดแน่นเดี่ยว	๒๑.17
๒๑.5.1 วัสดุอัดแน่น IS ของ FDS ไลน์เดี่ยว	๒๑.17
๒๑.5.2 วัสดุอัดแน่น IS ไลน์เดี่ยว	๒๑.18
๒๑.5.3 วัสดุอัดแน่น IS ไลน์เดี่ยวที่มีรอยแตก	๒๑.20
๒๑.6 ปริมาณวัสดุที่อัดแน่น	๒๑.21
๒๑.6.1 ปริมาณวัสดุอัดแน่นรวม	๒๑.21
๒๑.6.2 ปริมาณวัสดุอัดแน่นที่	๒๑.22
๒๑.6.3 วัสดุอัดแน่นที่อัดแน่น	๒๑.23

## บทที่ 20

### ของแข็ง (Solids)

#### 20.1 ประเภทของของแข็ง

ของแข็ง (Solids) ในที่นี้ หมายถึง สารต่างๆ ที่อยู่ในรูปของก้อนรวมกันอยู่อย่างถาวร หรือ Solids แบ่งได้เป็น 5 ประเภทหลักดังนี้

Dissolved Solids (DS)

Suspended Solids (SS)

Coal Solids (CS)

Variable Solids (VS)

Fixed Solids (FS)

Settleable Solids

**Dissolved Solids (DS)** หมายถึงของแข็งละลายน้ำซึ่งเมื่อไม่พินสีด้วย ฟิลเตอร์ที่ออกแบบไว้เพื่อกรองน้ำ DS มักพบในของเหลวที่ขุ่นหรือขุ่นเล็กน้อยที่อยู่ในน้ำ เป็นส่วนใหญ่ของของแข็งที่ละลายน้ำซึ่งสามารถมองเห็นได้ ของแข็งละลายน้ำโดยทั่วไปจะจับตัวหรือตกตะกอนไม่ได้

**Suspended Solids (SS)** หมายถึงของแข็งที่รวมกันอยู่ในน้ำ ซึ่งสามารถพินสีด้วยฟิลเตอร์ที่ออกแบบไว้เพื่อกรองน้ำ SS ประกอบด้วยของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ซึ่งสามารถพินสีได้ด้วยฟิลเตอร์ที่ออกแบบไว้เพื่อกรองน้ำ ซึ่งสามารถพินสีได้ด้วยฟิลเตอร์ที่ออกแบบไว้เพื่อกรองน้ำ ซึ่งสามารถพินสีได้ด้วยฟิลเตอร์ที่ออกแบบไว้เพื่อกรองน้ำ ซึ่งสามารถพินสีได้ด้วยฟิลเตอร์ที่ออกแบบไว้เพื่อกรองน้ำ

*Case Study 178* ขบวนการ ๑๖ ตุลา ๒๕๑๖ ในกรุงเทพฯ ขบวนการ ๑๖ ตุลา ๒๕๑๖ มีต้นกำเนิดมาจากขบวนการนักศึกษาที่ต่อสู้เพื่อประชาธิปไตย และเพื่อสิทธิมนุษยชนในกรุงเทพฯ ซึ่งเกิดขึ้นในวันที่ 15

ตุลาคม ๒๕๑๖  
 ๑๖ ตุลา ๒๕๑๖

การก่อการ ๑๖ ตุลา ๒๕๑๖ เริ่มต้นขึ้นในวันที่ ๑๕ ตุลาคม ๒๕๑๖ หลังจากที่ขบวนการนักศึกษาในกรุงเทพฯ ได้จัดให้มีการชุมนุมประท้วงเพื่อเรียกร้องประชาธิปไตย และสิทธิมนุษยชนในกรุงเทพฯ ซึ่งเกิดขึ้นในวันที่ ๑๕ ตุลาคม ๒๕๑๖ และในวันที่ ๑๖ ตุลาคม ๒๕๑๖ ขบวนการ ๑๖ ตุลา ๒๕๑๖ ได้มีการชุมนุมประท้วงในกรุงเทพฯ และในจังหวัดอื่น ๆ ทั่วประเทศ ซึ่งเป็นการชุมนุมประท้วงที่สงบและสันติ และเป็นการชุมนุมประท้วงที่แสดงให้เห็นถึงความสามัคคีและความกล้าหาญของนักศึกษาไทย ซึ่งเป็นการชุมนุมประท้วงที่ประสบความสำเร็จและได้สร้างแรงบันดาลใจให้กับขบวนการประชาธิปไตยและสิทธิมนุษยชนในกรุงเทพฯ และในจังหวัดอื่น ๆ ทั่วประเทศ

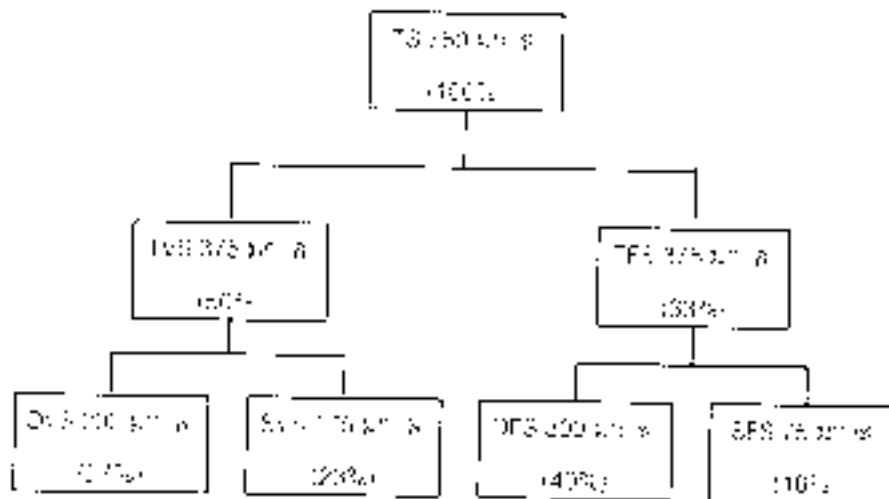
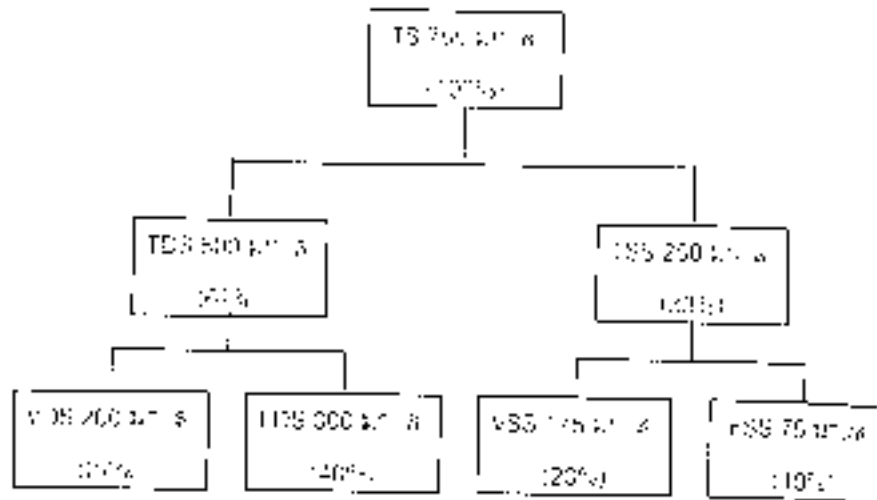
ขบวนการ ๑๖ ตุลา ๒๕๑๖ เป็นขบวนการที่สงบและสันติ ซึ่งเป็นการชุมนุมประท้วงที่แสดงให้เห็นถึงความสามัคคีและความกล้าหาญของนักศึกษาไทย ซึ่งเป็นการชุมนุมประท้วงที่ประสบความสำเร็จและได้สร้างแรงบันดาลใจให้กับขบวนการประชาธิปไตยและสิทธิมนุษยชนในกรุงเทพฯ และในจังหวัดอื่น ๆ ทั่วประเทศ

TS	37	100%
COO	3454	100%
BOO	413	100%

ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับ CSMA (Demand Analysis) ในสาขาของงานวิจัย และการดำเนินการวิจัยที่มีจุดประสงค์เพื่อจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ ได้ดำเนินการโดย TS และ CSMA ได้ดำเนินการโดย BOO ซึ่งดำเนินการโดย BOO ซึ่งดำเนินการโดย BOO ซึ่งดำเนินการโดย BOO







รูปที่ 20.1 ภาพสัมพันธ์ของสายเคซึ่งที่อยู่ใต้วงล่างๆ

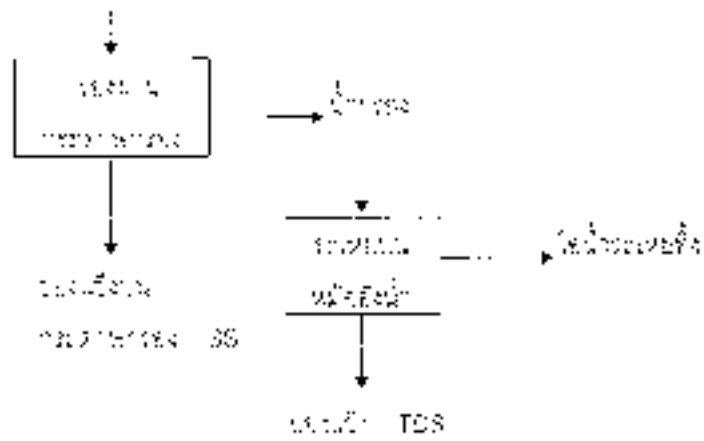
บริษัทมหาชนจำกัด





รูปแบบการวิเคราะห์ค่า TS

หน้า 209



รูปแบบการวิเคราะห์ค่า SS และ TDS

รูปที่ 20.2 วิธีวิเคราะห์ค่า TS SS และ TDS

หน้า 209 หน้า 209

**ของแข็งที่ละลายในตัวเหลว (Dissolved Solids, DS)**

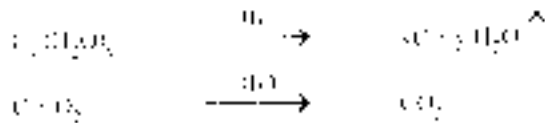
การวัด DS ทำได้โดยนำ SS ของตัวอย่างมากรองด้วยกระดาษกรองที่ผ่านการกรองในน้ำกลั่นจนหมดแล้ว นำ SS ที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองที่ผ่านการกรองในน้ำกลั่นแล้วมาวัด TS ของตัวอย่าง แล้วนำค่าที่ได้ลบ TS ของน้ำกลั่นที่ได้จะ DS หรือ DS สูงก็ได้ (2001)

**ของแข็งที่ระเหยได้ (Volatile Solids) และของแข็งที่ยึดกัน (Fixed Solids)**

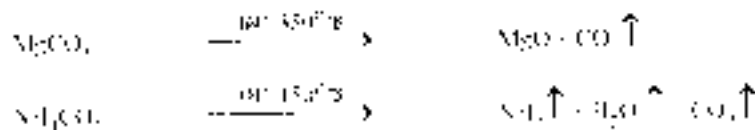
การวัดของแข็งที่ระเหยได้ (VSS) หรือของแข็งที่ยึดกัน (FSS) ทำได้โดยนำตัวอย่าง SS ของตัวอย่างมากรองด้วยกระดาษกรองที่ผ่านการกรองในน้ำกลั่นแล้วมาวัด TS ของตัวอย่าง แล้วนำค่าที่ได้ลบ TS ของน้ำกลั่นที่ได้จะ VSS หรือ FSS หรือของแข็งที่ยึดกัน (Fixed Solids)



วิธีวัดของแข็งที่ยึดกัน (FSS) VS ทำได้โดยนำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองที่ผ่านการกรองในน้ำกลั่นแล้วมาวัด TS ของตัวอย่าง แล้วนำค่าที่ได้ลบ TS ของน้ำกลั่นที่ได้จะ FSS (2001)



การวัดของแข็งที่ยึดกัน (FSS) VS ทำได้โดยนำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองที่ผ่านการกรองในน้ำกลั่นแล้วมาวัด TS ของตัวอย่าง แล้วนำค่าที่ได้ลบ TS ของน้ำกลั่นที่ได้จะ FSS (2001)



วิธีวัดของแข็งที่ยึดกัน

สารคาร์บอนีที่มีสารอินทรีย์ระเหยได้ซึ่งถูกพบว่ามีค่ากว่า 1.80 มก. จะถูกพาเข้าไปในระเหยของ  
 สบู่และแชมพู ส่วนการวัด DS ซึ่งมีค่า 18 และ 13.8 จึงไม่รวมค่า สารระเหยอื่นใดที่อาจมี  
 ในสารเหล่านี้ใช้พารามิเตอร์อื่น เช่น COD, BOD เป็นค่าวัดประเมินผลการบำบัดน้ำเสีย  
 ระเหยแล้วหลังจากที่ 20.1 ที่แสดงวิธีการบำบัดน้ำเสียที่มีเชื้อที่มีสารอินทรีย์ระเหย  
 ของผลิตภัณฑ์ DS ของโรงงานผลิตสบู่ที่มีใช้สารเคมีซึ่งมีค่าของสารอินทรีย์ระเหย  
 สารคาร์บอนีของสบู่ไม่ได้แสดงหรือมีค่า COD, BOD, Alkalinity และ TKN 20.1 แต่พบ  
 มีสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำมากกว่า และใช้สารเคมีอื่นที่เข้ามาใช้กับสบู่ เช่น DS ที่ได้  
 มาจากการวัดที่ 20.1 มีผลของ การวัด DS ได้ดี มาจากสบู่และสบู่ที่มีสารอินทรีย์  
 ระเหยของ ผลิตภัณฑ์ สารอินทรีย์ที่ระเหยได้สบู่ สารละลาย DMX, Dimethyl Acetate) ผู้  
 ผลิตสบู่และสบู่ใช้สารเคมีเหล่านี้และสบู่และสบู่

ตารางที่ 20.1 ค่าของผลวิเคราะห์ของตัวอย่างน้ำเสียจากหอกลั่นของอุตสาหกรรม  
 ผลิตสบู่และแชมพูที่มีสารอินทรีย์ระเหย

พารามิเตอร์	หน่วย	น้ำเสียหอกลั่น 1	น้ำเสียหอกลั่น 2
pH	-	9.8	9.9
BOD	mg/l	411	504
COD	mg/l	1454	1820
Solids Suspended	mg/l	0.33	0.96
Solids Dissolved	mg/l	3.7	7.4
MO Alkalinity	mg/l CaCO <sub>3</sub>	98	140
TKN	mg/l N	1.9	1.7
Phosphate	mg/l P	2.0	1.9



ตัวอย่างที่ 20.1 - ข้อมูลตลาดเงิน - อัตรา RTS ของ FXS ของส่งออกเป็นดังนี้

มูลค่าของอัตราดอกเบี้ย	30.16%	อัตรา
มูลค่าของอัตราดอกเบี้ย	30.46%	อัตรา
มูลค่าของอัตราดอกเบี้ย	32.78%	อัตรา
มูลค่าของอัตราดอกเบี้ย	30.72%	อัตรา

วิธีที่แรก

1. มูลค่าของอัตราดอกเบี้ย	$30.46 - 30.16$	อัตรา
	40.20%	อัตรา
มูลค่าของอัตราดอกเบี้ย	$32.78 - 30.16$	อัตรา
	2.62%	อัตรา
2. มูลค่าของอัตราดอกเบี้ย	$2.62 \times 100 \div 3.1$	
	84.5%	

มูลค่าของอัตราดอกเบี้ย - อัตราดอกเบี้ยของอัตราดอกเบี้ย - อัตราดอกเบี้ยของอัตราดอกเบี้ย

	$32.78 - 30.72$	อัตรา
	2.06%	อัตรา
3. มูลค่าของอัตราดอกเบี้ย	$2.06 \times 100 \div 2.62$	
	78.7%	

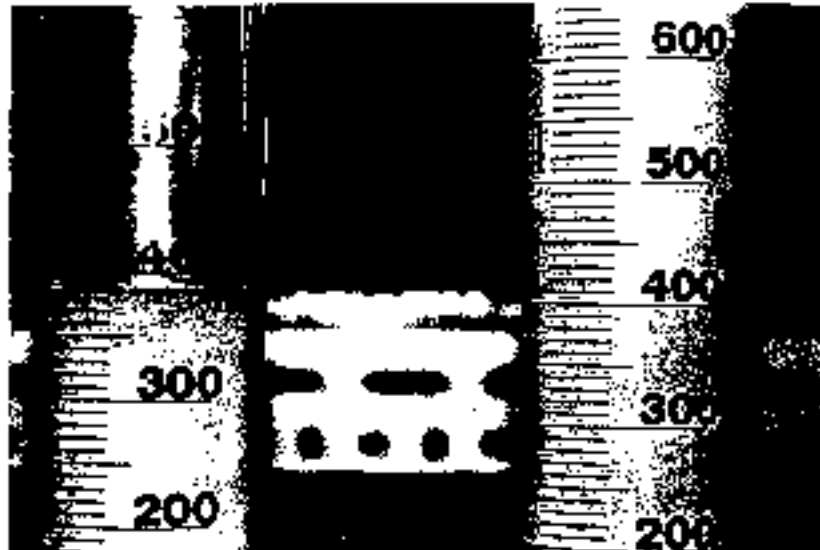
อัตราดอกเบี้ย	FX	6.5%
	XS	78.7%

อัตราดอกเบี้ยของอัตราดอกเบี้ย





นี้, TVS จึงขอเชิญ บริษัทผู้แทนจำหน่าย ของผู้ถือหุ้น, ผู้ถือหุ้นและผู้เกี่ยวข้องของบริษัทผู้  
ร่วมขอใช้ที่ กุศลคุณวิเศษนี้ ย้่า TVS จึงขอเชิญผู้แทนจำหน่ายและผู้ถือหุ้นผู้ใดไม่พบหรือขาด



รูปที่ 20.3 ภาพหน้าจอของ V<sub>30</sub> หรือ V<sub>30</sub> ของ  
บริษัทผู้ถือหุ้นและผู้เกี่ยวข้องของบริษัท

รูปที่ 20.3 ภาพหน้าจอ V<sub>30</sub> หรือ V<sub>30</sub>

ที่บริษัทผู้ถือหุ้นและผู้เกี่ยวข้องของบริษัทผู้ถือหุ้น, ผู้ถือหุ้นและผู้เกี่ยวข้องของบริษัทผู้  
ร่วมขอใช้ที่ กุศลคุณวิเศษนี้ ย้่า TVS จึงขอเชิญผู้แทนจำหน่ายและผู้ถือหุ้นผู้ใดไม่พบหรือขาด  
นี้, TVS จึงขอเชิญ บริษัทผู้แทนจำหน่าย ของผู้ถือหุ้น, ผู้ถือหุ้นและผู้เกี่ยวข้องของบริษัทผู้  
ร่วมขอใช้ที่ กุศลคุณวิเศษนี้ ย้่า TVS จึงขอเชิญผู้แทนจำหน่ายและผู้ถือหุ้นผู้ใดไม่พบหรือขาด

บริษัทผู้ถือหุ้นและผู้เกี่ยวข้อง



#### 20.4 ความสำคัญของ Settledable Solids (ของแข็งที่ตกตะกอนได้)

ค่าของค่าที่วัดค่าของของแข็งรวมทั้งหมดจะวัดไม่ได้ การเป็นตัวเลขที่วัดได้โดยคนของระบบที่อยู่ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียจะวัดค่าที่ตกตะกอนได้ ซึ่งเป็นค่าวัดกับตัวอย่างน้ำ ซึ่งค่าที่วัดค่าของของแข็งที่ตกตะกอนได้จะแตกต่างกันตามลักษณะของน้ำ โดยทั่วไป ค่าของ Settled Solids ได้ไว้มีค่าที่ 100-200 มก./ลิตร ซึ่งรวมค่าของของแข็งที่ตกตะกอนได้ทั้งหมด ซึ่งค่าที่วัดค่าของของแข็งที่ตกตะกอนได้ไม่ได้

ประการสำคัญในการกำจัด SS หลังจากระยะเวลาเกิน 10000 Day

ประการสำคัญในการกำจัด COD หลังจากระยะเวลาเกิน 10000 Day

นี่คือข้อมูลของปริมาณการตกตะกอนในชั่วโมง จากโรงงานได้ มีดังนี้ที่มีค่าของของแข็งที่

พารามิเตอร์	หน่วย	น้ำดิบ	สกอตตอนแล้ว
Settleable Solids	mg/l	31	-
Total COD	mg/l	2,175	892
SS	mg/l	380	256
POC	mg/l	171	50.5
TKN	mg/L-N	21	11.9

ข้อมูลที่มีทั้งหมด มีค่าที่ต่ำกว่าที่เริ่มต้นแล้ว และค่าของของแข็งที่ตกตะกอนได้ทั้งหมดที่ใน 10000 Day มีดังนี้ ค่าของของแข็งที่ตกตะกอนได้มีค่า 39.46 มก./ลิตร ค่าของของแข็งที่ตกตะกอนได้มีค่าของ Settled Solids ที่ 100 มก./ลิตร ค่าของของแข็งที่ตกตะกอนได้มีค่า 100 มก./ลิตร ค่าของของแข็งที่ตกตะกอนได้มีค่า 100 มก./ลิตร



ข้อมูลจากโรงงาน และสถานีผลิตหรือบำบัดน้ำทิ้ง มีดังนี้ที่มีค่าสารประกอบแอมโมเนียในน้ำทิ้ง TS 2,500 มก./ล. และมีปริมาณ  $\text{NH}_4^+$  2,500 มก./ล. โดยมีค่าออกซิเจนในน้ำทิ้ง 2.5 มก./ลิตร TS 3,000 มก./ล. ซึ่งสูงกว่า TS ของน้ำเสียชีวเคมี

จึงพบ - ผลสัมฤทธิ์การบำบัดน้ำทิ้งมีค่าเกินเกณฑ์ TS ได้เกินกว่า 50% ของเกณฑ์มาตรฐานตามที่กำหนดไว้สำหรับโรงกลั่น ไร่ 4,500 มก./ล. ให้เกินน้ำเสียที่มี TS 3,500 มก./ล. จะทำให้ได้ค่าปริมาณออกซิเจน TS 3,500 มก./ล. อยู่ในช่วงน้ำเสียที่ 4,500 - 3,500 - 5,000 มก./ล. เมื่อพิจารณาปริมาณออกซิเจนค่าที่ไปเกิดผลปฏิกิริยากับ  $\text{H}_2\text{O}$  ซึ่งไม่มี TS คำนวณเป็นค่าเฉลี่ยได้  $\text{CO}_2$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  กลายเป็นไอออนที่มี  $\text{NH}_4^+$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  เป็น TS  $\text{CO}_2$

#### 20.5.2 ความสำคัญขอ TS ในน้ำเสียต่างๆ

มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมของโรงงานอุตสาหกรรมและระบบควบคุมมลพิษกำหนดค่า TS ได้เกิน 3,000 มก./ล. การศึกษาวิจัยพบว่า เมื่อพิจารณาค่าปริมาณค่า TS และค่า TS ที่คิดเป็นค่าออกซิเจน คำนวณแล้ว จะพบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำเสียจากโรงงานที่มีค่า TS ให้เกินน้ำทิ้งอุตสาหกรรม เกือบทั้งหมดค่า TS ให้เกินน้ำเสียได้มาก

โรงงานอุตสาหกรรมและสถานประกอบการที่มีน้ำเสียที่มี TS สูงกว่า 3,000 มก./ล. จะสามารถผลิตแก๊สออกซิเจนเหลว ออกซิเจนอัดถัง และระบบบำบัดน้ำทิ้งที่มีปริมาณแอมโมเนียสูงและค่าเฉลี่ยค่าที่ไปเกิดผลปฏิกิริยากับ  $\text{H}_2\text{O}$  ซึ่งไม่มีค่า TS คำนวณเป็นค่าเฉลี่ยได้  $\text{CO}_2$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  กลายเป็นไอออนที่มี  $\text{NH}_4^+$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  เป็น TS  $\text{CO}_2$

ความเข้มข้นของสารพิษ หรือ TS และสารเคมีที่เป็นอันตรายในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม การตรวจพบค่าเฉลี่ยค่า TS ที่ค่าสูงค่าที่ไปเกิดผลปฏิกิริยากับ  $\text{H}_2\text{O}$  ซึ่งไม่มีค่า TS คำนวณเป็นค่าเฉลี่ยได้  $\text{CO}_2$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  กลายเป็นไอออนที่มี  $\text{NH}_4^+$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  เป็น TS  $\text{CO}_2$

ตารางที่ 20.3 ลักษณะของน้ำดื่มสุภาพธรรมดาที่ผลิตจากเครื่องกรองน้ำดื่ม

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าเฉลี่ย
TSS	mg/l	1.7
CaCO <sub>3</sub>	mg/l	1.254
Hardness	mg/l	2.95
Conductivity	µmhos/cm	10

น้ำดื่มข้างต้นมีค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน American Public Health Service ซึ่งกำหนดไว้ที่ 5.0 mg/l สำหรับ TSS และ 7.5 mg/l สำหรับ Hardness และ 15.0 mg/l สำหรับ CaCO<sub>3</sub> และ 10 µmhos/cm สำหรับค่าการนำไฟฟ้า

ตัวอย่างที่ 20.2 น้ำดื่มจากพื้นที่ของนครเชียงใหม่มีค่าของปริมาณรวมของไอออนบวกทั้งหมดที่วัดได้เท่ากับ 4,380 mg/l ดังนี้

Ca	4,380	mg/l
Mg	710	mg/l
NaSS	230	mg/l
TS	3,985	mg/l

จงคำนวณค่าของ TDS, TSS, DVS และค่าของ Hardness ของน้ำดื่มนี้ (Hardness = 2.7VSS)

เมื่อรวม	TS	TS + TDS
ทั้งหมด	TDS	TS - TSS
		4,380 - 710
		3,670
		mg/l
	TS	TS + TDS

หน้า ๒๑ ของ ๒๑

หักเงิน	TS	TS - TVS	
		4,380 - 3,685	
		695	100%
	TVS	DVS - SVS	
หักเงิน	DVS	DVS - SVS	
		3,685 - 430	
		3,255	100%
		$3,255 \times 100 = 4,380$	
		74.3% TS	
	%TVS	TVS x 100 - TS	
		$3,685 \times 100 - 4,380$	
		84.1% TS	

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทฯ ขอสงวนสิทธิ์ในเอกสารนี้, ซึ่งถือเป็นเอกสารลับของบริษัทฯ

**20.5.3 ความสัมพันธ์ของ KS ในสัปดาห์ต้นปีจากเหตุการณ์**

ความสัมพันธ์ของ KS ในกลุ่มของหุ้นที่ขึ้นต้นปีของเหตุการณ์ 2014-2015 ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยความเคลื่อนไหวของราคาหุ้นในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

จำนวนหุ้นที่ขึ้นต้นปีของเหตุการณ์ 2014-2015	0 - 1	KS
จำนวนหุ้นที่ขึ้นต้นปีของเหตุการณ์ 2014-2015	1 - 2	KS
จำนวนหุ้นที่ขึ้นต้นปีของเหตุการณ์ 2014-2015	2 - 4	KS

ข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ของราคาหุ้นในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยกับราคาหุ้นของบริษัทฯ ในช่วงต้นปีของเหตุการณ์ 2014-2015

หน้า 20 จาก 20 หน้า

### 20.6 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

#### 20.6.1 ปริมาณผลิตภัณฑ์ขั้นกลาง

สำหรับขั้นตอนการผลิตขั้นกลางที่ผลิตจากวัตถุดิบและวัตถุดิบที่ผลิตจากขั้นก่อนหน้า ได้แก่ ปริมาณผลิตภัณฑ์ขั้นกลางที่ผลิตขึ้นได้ ซึ่งได้จากปริมาณวัตถุดิบและวัตถุดิบที่ผลิตขึ้นได้ และราคาวัตถุดิบและวัตถุดิบที่ผลิตขึ้นได้ ซึ่งคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

สำหรับที่ 20.3 วัตถุดิบที่ผลิตจากวัตถุดิบและวัตถุดิบที่ผลิตจากขั้นก่อนหน้า ได้แก่ ปริมาณผลิตภัณฑ์ขั้นกลางที่ผลิตขึ้นได้ ซึ่งคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

วัตถุดิบที่ผลิตจากวัตถุดิบและวัตถุดิบที่ผลิตจากขั้นก่อนหน้า	250	1.0	0
วัตถุดิบที่ผลิตจากวัตถุดิบและวัตถุดิบที่ผลิตจากขั้นก่อนหน้า	50	1%	
วัตถุดิบที่ผลิตจากวัตถุดิบและวัตถุดิบที่ผลิตจากขั้นก่อนหน้า	250 x 0.8		
	200	0%	วัตถุดิบที่ผลิตจากขั้นก่อนหน้า
วัตถุดิบที่ผลิตจากวัตถุดิบและวัตถุดิบที่ผลิตจากขั้นก่อนหน้า	200 x 50		
	10,000	0%	วัตถุดิบที่ผลิตจากขั้นก่อนหน้า
วัตถุดิบที่ผลิตจากวัตถุดิบและวัตถุดิบที่ผลิตจากขั้นก่อนหน้า	0	1%	
	20	0%	วัตถุดิบที่ผลิตจากขั้นก่อนหน้า
วัตถุดิบที่ผลิตจากวัตถุดิบและวัตถุดิบที่ผลิตจากขั้นก่อนหน้า	10,000	0%	
	200	0%	วัตถุดิบที่ผลิตจากขั้นก่อนหน้า



### 29.6.2 ปริมาณผลิตภัณฑ์ชีวภาพ

การนำวัตถุดิบชีวภาพซึ่งมาจากพืชธัญพืช ไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพ โดยสายพันธุ์พืชที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือ การผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากพืชธัญพืชมีมูลค่าเฉลี่ยปีละ 40,500 ล้านบาท/ปี โดยแบ่งตามพื้นที่ปลูกตามรายละเอียดมีดังนี้ (มูลค่าเฉลี่ยปีละ 10,125 ล้านบาท) ปริมาณผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่ผลิตจากพืชธัญพืชมีมูลค่าเฉลี่ยปีละ 1,000 ล้านบาท

ตัวอย่างที่ 20.4 มูลค่าของปริมาณการผลิตพืชธัญพืช ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ

พื๋อไร่	1200	๓0 ต
ข้าว	80	
ผลผลิตพืชธัญพืช	220	๓0 ต
ข้าวไร่	1300	๓0 ต

มูลค่าของพืชไร่ ผลผลิตของพืชไร่ที่คิดจากผลผลิตที่ไปแปรรูปและรวมกันรวม มูลค่าของผลิตภัณฑ์ชีวภาพ 40%

โดยเฉลี่ยแล้วค่าของพืชไร่ที่คิดจากผลผลิตที่ไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพคิดจากผลผลิตของพืชไร่ที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพได้ มูลค่าปีละ 688 ล้านบาท

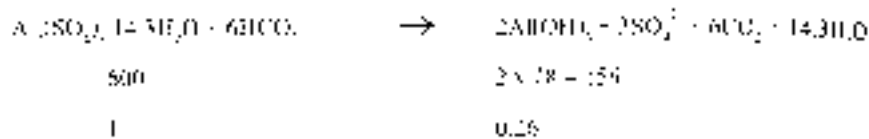
๑. ค่าเฉลี่ยพืชไร่	100 - ๓0	
	10 - ๓0	
มูลค่าของพืชไร่ ผลผลิตพืชไร่ - ๓๓	0.4 x 220	
	88	๓0 ต
ค่าของผลผลิตพืชไร่ที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพ	0.4 x 1300	
	๕20	๓0 ต
มูลค่าของผลผลิตพืชไร่ที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพ	608 - ๓๓	
	688	๓0 ต

มูลค่าของพืชไร่ ผลผลิตพืชไร่



ผลิตภัณฑ์เกิดจาก SS หรือ FCC

SS หรือ FCC (X) ปริมาณที่ปรากฏในระบบ

ส่วนผลิตภัณฑ์เกิดจากสารตั้งต้นคือ  $FeCl_3$  ตามมวลสารของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดจากนั้นได้มี สารส้ม 1 กรัม จะสร้างผลิตภัณฑ์  $Al(OH)_3$  0.26 กรัม หรือ 26%

ตัวอย่างที่ 20.5

จงมี ปริมาณน้ำ และผลิตภัณฑ์เกิดจากสารตั้งต้น สารส้มในอัตรา 250 มก.ต. เกิดโดยเหตุนี้  
 เพื่อให้ได้ปริมาณของ  $Al(OH)_3$  50.0 g

สมมติให้ใช้ ปริมาณสาร ส้ม ปริมาณของสารตั้งต้น คือ SS 100%

1. ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจาก SS	500 g SS	
	47.5	มก. ต.
2. ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากสารตั้งต้น 250 มก. ต.	250 x 0.26	
	65	มก. ต.
ดังนั้นผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ส้มที่เกิดจากสารตั้งต้น	47.5 + 65	
	112.5	มก. ต.
ผล : ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ 112.5 g หรือ 112.5 ลิตร	112.5	ลิตร.

โลหะที่ประกอบเป็นธาตุโลหะหนัก ส่วนใหญ่พบในรูปของไอออนโลหะไฮดรอกไซด์ หรือโลหะซัลไฟไดไฮดรอกไซด์ที่มีประจุบวกซึ่งขึ้นอยู่กับสถานะออกซิเดชันของโลหะ เช่น ธาตุสังกะสีจะพบในรูปของไอออนบวกสองประจุในธรรมชาติ และพบในรูปของไอออนบวกสองประจุในรูปของไอออนบวกสองประจุ หรือไอออนบวกสองประจุได้ ในลักษณะที่คล้ายคลึงกันคือ เมื่อค่าประจุของไอออนบวกของธาตุหนักบวกสองประจุบวกกับประจุลบของไอออนลบสองประจุแล้วจะเท่ากับเลขอะตอมของธาตุนั้น

ตารางที่ 23.4 ปริมาณธาตุที่พบในธาตุโลหะหนักชนิดต่างๆ

โลหะ (X)	ปริมาณธาตุต่อ 100 กรัม			ตัวอย่าง
	$\text{MOH}_2$	NS	$\text{MO}_2$	
$\text{Pb}^{2+}$	1.2	1.2	1.3	สังกะสี
$\text{Zn}^{2+}$	1.8	1.8	1.9	$\text{Pb}^{2+} = \text{Zn}^{2+} = \text{PbSO}_4$
$\text{Cu}^{2+}$	2.0	-	-	25.7
$\text{Cd}^{2+}$	1.4	1.3	1.3	1
$\text{Co}^{2+}$	1.5	1.3	1.9	1.2
$\text{Fe}^{2+}$	2.0	1.6	2.1	
$\text{Hg}^{2+}$	1.1	1.2	1.3	
$\text{Mn}^{2+}$	1.6	1.6	2.1	
$\text{Ni}^{2+}$	1.6	1.5	1.6	

\* ปริมาณธาตุที่พบในธาตุโลหะหนักที่พบในธาตุโลหะหนักชนิดต่างๆ  
เช่น โลหะสังกะสี, สังกะสี, สังกะสี, สังกะสี, สังกะสี, สังกะสี

ตัวอย่างທີ 20.6

จาก 0.100 มล ปริมาตรของสารตั้งต้นที่ใส่ลงในภาชนะตามลำดับคือ 5.0 มล, 10.0 มล และ 20.0 มล และปริมาตรของน้ำที่เติมลงไปคือ 1.0 มล, 2.0 มล และ 3.0 มล

ในการวัดที่ 5.0 มล ปริมาตรของน้ำที่เติมลงไปคือ 1.0 มล หรือ 1.00 มล และ 2.0 มล หรือ 2.00 มล

ตารางທີ 20.1

PrOH: ปริมาตร	5 x 1.0	6.7	ml
EtOH: ปริมาตร	12 x 1.0	22.8	ml
ปริมาตรของน้ำที่เติม	0.5 x 22.8	29.5	ml

## สารซักฟอกและสบู่ (Detergent and Soap)

21.1 การซักฟอกและสบู่ซักฟอก (Detergent) และสบู่ (Soap)	21.1
21.2 สารซักฟอกชนิดไม่ไอออนิก (Sythetic Detergent)	21.6
21.2.1 สารซักฟอกเชิงขั้วลบ (Anionic Surfactant)	21.6
21.2.2 สารซักฟอกเชิงขั้วบวก (Cationic Surfactant)	21.9
21.2.3 สารซักฟอกเชิงขั้วกลาง (Amphoteric Surfactant)	21.7
21.3 Methylene Blue Active Substance (MBAS)	21.7
21.4 การวัดค่าความขุ่นในกรณีที่มีสารซักฟอก	21.8
21.5 วิธีวัดค่าสีของสารซักฟอก	21.8
21.6 วิธีวัดค่าสีของสารซักฟอกด้วยวิธี MBAS	21.10

## บทที่ 21

## สารซักฟอกและสบู่ (Detergent and Soap)

## 21.1 ความหมายของสารซักฟอก (Detergent) และสบู่ (Soap)

สารซักฟอก หรือ Detergent หมายถึง สารซักล้างที่ใช้กำจัดสิ่งสกปรกออกจากสิ่งสกปรกที่ติดอยู่กับพื้นผิวของวัสดุต่าง ๆ สารซักฟอกมีทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลว

- Sulfonate เป็นกลุ่มของสิ่งที่มีอยู่ในส่วนประกอบหลักของสารซักฟอกและสบู่ เช่น ABS, LAS
- Builder ได้แก่ สารประกอบที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะอาด เช่น โซดาซักผ้า, โซดาซักผ้า, โซดาซักผ้า
- Additive ได้แก่ สารที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการซักฟอก เช่น สารเพิ่มความเงา, สารเพิ่มความนุ่มนวล, สารเพิ่มความคงทน

สารซักฟอกที่มีประสิทธิภาพสูงมักจะมีโครงสร้างโมเลกุลที่ประกอบด้วยกลุ่มไฮโดรโฟบิก (hydrophobic) และกลุ่มไฮโดรฟิลิก (hydrophilic) ซึ่งช่วยให้สามารถจับกับสิ่งสกปรกที่มีลักษณะเป็นไขมันหรือไขมัน และช่วยในการทำความสะอาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สารซักฟอกที่มีประสิทธิภาพสูงมักจะมีโครงสร้างโมเลกุลที่ประกอบด้วยกลุ่มไฮโดรโฟบิก (hydrophobic) และกลุ่มไฮโดรฟิลิก (hydrophilic) ซึ่งช่วยให้สามารถจับกับสิ่งสกปรกที่มีลักษณะเป็นไขมันหรือไขมัน และช่วยในการทำความสะอาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สารซักฟอกที่มีประสิทธิภาพสูงมักจะมีโครงสร้างโมเลกุลที่ประกอบด้วยกลุ่มไฮโดรโฟบิก (hydrophobic) และกลุ่มไฮโดรฟิลิก (hydrophilic) ซึ่งช่วยให้สามารถจับกับสิ่งสกปรกที่มีลักษณะเป็นไขมันหรือไขมัน และช่วยในการทำความสะอาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ



สามารถควบคุมการระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ได้ทันเวลาและป้องกันไม่ให้เชื้อไวรัสโคโรนา 2019 แพร่ระบาดในวงกว้างได้ โดยการใช้มาตรการต่างๆ เช่น การสวมหน้ากากอนามัย การล้างมือบ่อยๆ การเว้นระยะห่างระหว่างบุคคล การหลีกเลี่ยงสถานที่แออัด และการหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับผู้อื่น เป็นต้น นอกจากนี้ การฉีดวัคซีนป้องกันเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ยังเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยป้องกันการระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

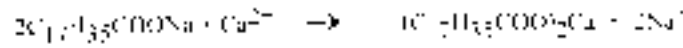
นอกจากนี้ การดูแลสุขภาพของตนเองอย่างสม่ำเสมอ เช่น การออกกำลังกาย การรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ และการพักผ่อนให้เพียงพอ ก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกายให้แข็งแรงและสามารถต่อสู้กับเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

โดยสรุปแล้ว การป้องกันและควบคุมการระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกคนในการปฏิบัติตามมาตรการต่างๆ ที่กำหนดไว้ และหมั่นดูแลสุขภาพของตนเองอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สามารถป้องกันการระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ได้ดียิ่งขึ้น

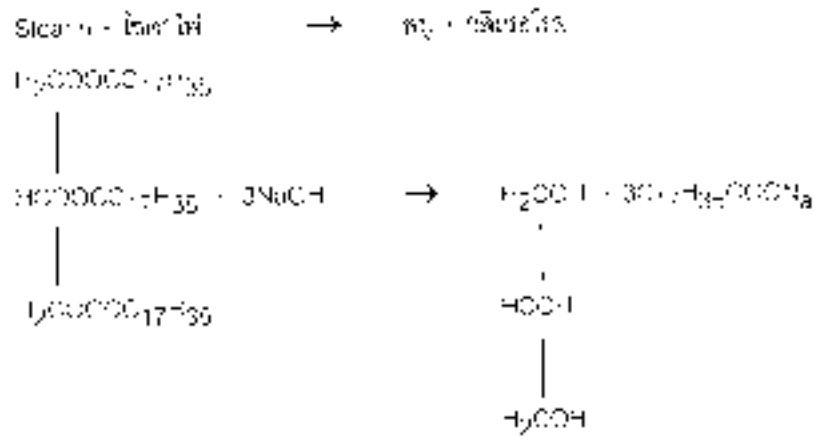
ในขั้นตอนถัดไป ผู้เขียนจะนำเสนอวิธีการในการดูแลสุขภาพของตนเองให้ดียิ่งขึ้น โดยจะเน้นไปที่การดูแลสุขภาพทางจิตใจ และการดูแลสุขภาพทางสังคม ซึ่งทั้งสองด้านนี้มีความสำคัญไม่แพ้กันในการช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกายให้แข็งแรงและสามารถต่อสู้กับเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ได้ดียิ่งขึ้น



ตัวที่เป็นสารประกอบไอออนิกคือ  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{CO}_3^{2-}$  และตัวที่เป็นตัวถูกละลายคือ สารประกอบไอออนิกคือ  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$



การนำปฏิกิริยาข้างต้นมาใช้ในการสังเคราะห์ กรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว การสังเคราะห์กรดไขมันอิ่มตัวจะเริ่มต้นด้วย  $\text{CH}_3\text{COOH}$  และกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเริ่มต้นด้วย  $\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$



รูปที่ 21.1 ปฏิกิริยาในการผลิตไขมัน

## 21.2 สารซักฟอกสังเคราะห์ (Synthetic Detergent)

ตั้งแต่ปี 1945 ถึง 1966 มีสารซักฟอกสังเคราะห์ที่เรียกว่า Syndet ถูกนำมาใช้แทนสบู่ โดยพบว่ามีประสิทธิภาพสูง (Kawakami) สารซักฟอก Syndet (Synthetic Detergent) คือ โพลีเอทิลีนซัลเฟตสังเคราะห์ที่มีชื่อว่า Syndet สามารถใช้แทนสบู่สังเคราะห์ฟอสเฟต 20-30% ของ Sodium phosphate และ Sodium carbonate ในผลิตภัณฑ์ผงซักฟอก โดยมีความสามารถในการซักฟอกสูง ใช้สารฟอสเฟตเพียงเล็กน้อย (ใช้ไดเอทิลีนเอทิลีนไดอะมีน) การใส่ฟอสเฟตที่มี 0.001-0.003% จะช่วยให้การซักฟอกมีประสิทธิภาพสูงขึ้น (Kawakami) การใช้สบู่สังเคราะห์ชนิดนี้ จะทำให้ปริมาณน้ำที่ใช้ในการซักลดลงได้ร้อยละ 30-50

### 21.2.1 สารซักฟอกประจุลบ (Anionic Surfactant)

มีลักษณะประจุลบที่เรียกว่า ซัลเฟต, ซัลโฟเนต, เอน, เอส, เอสอี และเอสอีอี สารซักฟอกประจุลบที่นิยมพบมากที่สุดจะเป็นอนุพันธ์ของโซเดียมซัลเฟตและโซเดียมซัลโฟเนต ได้แก่ Sodium Lauryl Sulfate ( $C_{12}H_{25}SO_3Na$ ) และ Sodium Benzene Sulfonate (ABS) มีสูตรโมเลกุลของสารซักฟอกชนิดนี้แสดงโดยสูตรเคมีต่อไปนี้ ABS มีประจุลบที่เรียกว่า สารซักฟอกประจุลบที่มีชื่อว่า LAS (Linear Alkyl Sulfonate) ซึ่งพบในผลิตภัณฑ์ผงซักฟอก

### 21.2.2 สารซักฟอกประจุบวก (Cationic Surfactant)

มีลักษณะประจุบวกที่เรียกว่า เอมีน, เอมีนอไซด์, เอ็ม, เอ็มอี และเอเอ็มอี สารซักฟอกประจุบวกที่นิยมพบมากที่สุดจะเป็นอนุพันธ์ของเอทิลีนออกไซด์ มีสูตรโมเลกุลของสารซักฟอกชนิดนี้แสดงโดยสูตรเคมีต่อไปนี้ สารซักฟอกประจุบวกที่มีชื่อว่า BEAC (Bis(2-Ethylhexyl) Ethylammonium Chloride) มีสูตรโมเลกุลของสารซักฟอกชนิดนี้แสดงโดยสูตรเคมีต่อไปนี้ สารซักฟอกประจุบวกที่มีชื่อว่า BEAC มีสูตรโมเลกุลของสารซักฟอกชนิดนี้แสดงโดยสูตรเคมีต่อไปนี้

น้ำและผงซักฟอกประเภทนี้จะมีประจุลบ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่มีประจุบวก เช่น ไขมันและคราบสกปรก

**21.2 สารซักฟอกที่มีประจุลบ (Anionic Surfactant)**

สารซักฟอกที่มีประจุลบ (Anionic Surfactant) เป็นชนิดที่พบมากที่สุดและใช้กันอย่างแพร่หลายในผงซักฟอกและสบู่ ตัวอย่างของสารซักฟอกที่มีประจุลบได้แก่ Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) และ Sodium Lauryl Ether Sulfate (SLES) สารซักฟอกที่มีประจุลบสามารถทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่มีประจุบวกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

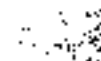
สารซักฟอกที่มีประจุลบ (Anionic Surfactant) เป็นชนิดที่พบมากที่สุดและใช้กันอย่างแพร่หลายในผงซักฟอกและสบู่ ตัวอย่างของสารซักฟอกที่มีประจุลบได้แก่ Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) และ Sodium Lauryl Ether Sulfate (SLES) สารซักฟอกที่มีประจุลบสามารถทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่มีประจุบวกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในทางปฏิบัติ สารซักฟอกที่มีประจุลบ (Anionic Surfactant) เป็นชนิดที่พบมากที่สุดและใช้กันอย่างแพร่หลายในผงซักฟอกและสบู่ ตัวอย่างของสารซักฟอกที่มีประจุลบได้แก่ Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) และ Sodium Lauryl Ether Sulfate (SLES) สารซักฟอกที่มีประจุลบสามารถทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่มีประจุบวกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**21.3 Methylene Blue Active Substance (MBAS)**

สารซักฟอกที่มีประจุลบ (Anionic Surfactant) เป็นชนิดที่พบมากที่สุดและใช้กันอย่างแพร่หลายในผงซักฟอกและสบู่ ตัวอย่างของสารซักฟอกที่มีประจุลบได้แก่ Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) และ Sodium Lauryl Ether Sulfate (SLES) สารซักฟอกที่มีประจุลบสามารถทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่มีประจุบวกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 21.4 การย่อยสลายทางชีวภาพของสารซักฟอก



คลอรีนไป และสารประกอบ surfact Alcohol: มีค่าการสลายทางชีวภาพได้มี 9 สารซักฟอก ที่วิเคราะห์และดูจาก ผลการย่อยสลายทางชีวภาพโดยวิธี Hydrolytic ใช้ ส่วนที่เป็นกรดไขมันกลูตามิก และกรดไขมันแอสปาร์ติก และส่วนประกอบที่เป็นสารซักฟอกได้จริงได้ ขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมีของสารนั้น สารซักฟอกชีวภาพคือ ABS ซึ่งประกอบด้วยอินทรีย์สารขนาด โมเลกุลใหญ่และโมเลกุลเล็ก มีอนุพันธ์ มีโมเลกุลเล็ก LAS เป็นหลัก ขณะที่ ABS มีโมเลกุล LAS เป็นส่วน 1/3 ซึ่งจะขึ้นตาม

ระบบบำบัดน้ำเสียตามสองสตาจ (Activated Sludge) ที่บำบัด มวลในสารซักฟอก ABS ใช้ 27% และ 30% โดยที่ค่าของสารซักฟอก 27% และค่าของ สารซักฟอก LAS ได้สูงถึง 9-98% หรือมากกว่า สารซักฟอกประเภทนี้ไม่มีอนุพันธ์ของ LAS ซึ่งถูกได้ไปหมดๆ เช่นเดียวกับ LAS แต่ไม่มี LAS

### 21.5 ปัญหาที่เกิดจากสารซักฟอก



ระบบบำบัดน้ำเสียมัก ไม่สามารถย่อยสลายสารซักฟอก ABS ได้ดี มีประสิทธิภาพเพียง 10% จากสารซักฟอกตัวที่โมเลกุล ผลักดันผลที่ได้จากการชีวภาพ ซึ่งมีโอกาสปนเปื้อนในสารที่มีผลรวมผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมได้ โดยผลของ ABS ไม่เป็นพิษและไม่มีกลิ่นที่ระดับความเข้มข้นต่ำกว่า 1,000 มก./ล. แต่ที่ไปโดยวิธีของ ABS ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 10-50 มก./ล. แต่สามารถทำให้ประสิทธิภาพของได้ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 10-50 มก./ล. การสรีรวิทยาของสัตว์มีกระดูกสันหลังที่เลี้ยงในน้ำที่ปนเปื้อนได้

สารซักฟอกโมเลกุลเล็กของน้ำใช้คือฟอสฟอรัส ไนโตรเจนและ สารประกอบอะโรมาติก ซึ่งรวมกันเป็นพิษที่ก่อให้เกิดมลพิษทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมได้เช่น การเพิ่ม ปริมาณของสารพิษที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมและทำให้ปริมาณของสารพิษที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น

ผลิตภัณฑ์ของเหลว (แอลกอฮอล์) มีปริมาณสูงจนเกินกว่าสิบเปอร์เซ็นต์เป็นส่วนใหญ่ และผลิตภัณฑ์  
แอลกอฮอล์จะถูกลอยขึ้นหรือตกตะกอนในถังหมัก ปัญหาเรื่องกลิ่นที่รุนแรงจะพบในกรณีที่มีไขมัน  
ปนมาหรือมีผลผลิตของยีสต์ที่มากเกินไปซึ่งมีสาเหตุ เช่น ในช่วงแรกของการหมักใช้เวลา ๑๐ ถึง  
หนึ่งสัปดาห์ มีผลผลิตแอลกอฮอล์จากยีสต์ที่ต่ำ การใช้พลังงานยีสต์น้อยเกินไปไม่มีปัญหาเรื่อง  
กลิ่นที่เพิ่มขึ้น

แอลกอฮอล์ ๒๐ เปอร์เซ็นต์จะมีสีเหลืองและเป็นสีขาวขุ่นเล็กน้อย ผลผลิตแอลกอฮอล์ที่สูงจะถูกลอยขึ้น  
จนไปถึงด้านบนของถังหมัก

ในโรงกลั่นแอลกอฮอล์จะพบสารประกอบที่มีกรดไขมันหรือ surfactant ในแอลกอฮอล์ ซึ่งกรดไขมัน  
นี้จะมีกลิ่นเหม็นฉุน รสขมและจะจับกับน้ำที่เรียกว่า surfactant อยู่ด้วย เมื่อมีไขมัน  
จับกับน้ำที่เรียกว่าอิมัลชัน อิมัลชันมีลักษณะสีขาวขุ่นที่ใสสะอาดจากน้ำที่สะอาด ๘๐ เปอร์เซ็นต์  
อิมัลชันชนิดนี้ใช้หมักหมกด้วยยีสต์ การจับกับน้ำที่อิมัลชันมีประจุลบคือไขมัน ๑๐ เปอร์เซ็นต์  
เป็นขี้ผึ้ง ที่จับกับแอลกอฮอล์และไขมันน้ำขุ่น ทำให้แอลกอฮอล์ขาว (เรียกว่าขี้ผึ้ง  
ขาว) ในระหว่างการกลั่นที่ ๒๐ เปอร์เซ็นต์ การหมักด้วยยีสต์ที่จับกับน้ำขุ่นจะจับกับแอลกอฮอล์  
ที่จับกับ surfactant นี้ก็เป็นในแอลกอฮอล์ (ไขมัน) ๑๐ เปอร์เซ็นต์ ส่วนนี้สามารถแยกออกจากยีสต์โดย  
การล้างกับน้ำที่จับกับแอลกอฮอล์ได้ น้ำขุ่น จะถูกขจัดทิ้งด้วยการล้างขี้ผึ้งออกด้วยแอลกอฮอล์ที่จับกับ  
แอลกอฮอล์ที่จับกับน้ำขุ่น ส่วนที่จับกับแอลกอฮอล์ มีเกลือ เช่น calcium acetate หรือ sodium  
(SO<sub>4</sub> Na<sub>2</sub>) และกลุ่มไฮดรอกซิลที่จับกับแอลกอฮอล์ (SO<sub>4</sub> Na<sub>2</sub>) จะเห็นได้ว่าแอลกอฮอล์  
ที่จับกับน้ำขุ่นมีปริมาณ ๒๐ เปอร์เซ็นต์ ก็จะสามารถจับกับอิมัลชันที่มีไขมันสูงและมีปริมาณสูง  
แอลกอฮอล์ที่จับกับน้ำขุ่น ไม่สามารถรวมตัวเป็นอิมัลชันใหญ่ซึ่งจะแยกออกได้

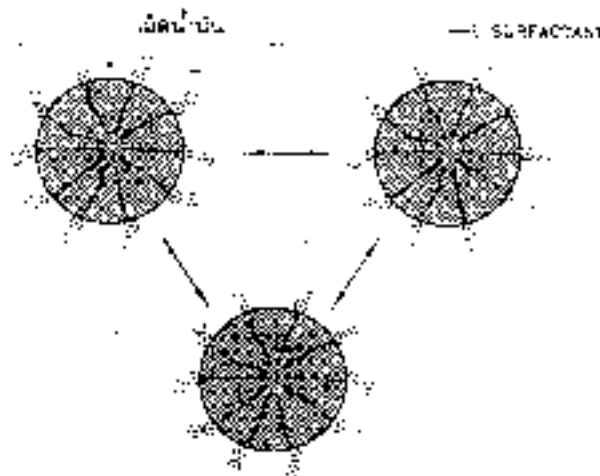
### 21.6 หลักการวิเคราะห์สารซักฟอกด้วยวิธี MBAS



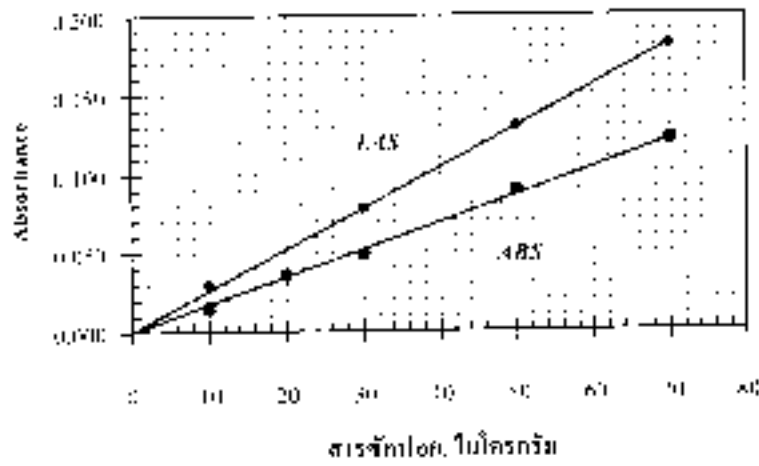
MBAS เป็นสีอินทรีย์ที่มีประจุลบ (Cationic Dye) สามารถทำปฏิกิริยาได้ทั้งกับสารซักฟอกประจุลบในน้ำ ปฏิกิริยาระหว่างสีอินทรีย์ประจุลบกับไอออนบวกของ MBAS กับไอออนลบของสารซักฟอก ทำให้เกิดเกลือที่มีประจุตรงข้ามได้แก่เกลืออินทรีย์ สารละลายของเกลืออินทรีย์ ๑% มีสีเข้ม ๑.๒5 ในหลอดวัดแสง ๑๐ ซม. ถ้าปริมาณที่เติมของสารซักฟอกในน้ำ วิธีนี้วัดความเข้มข้นของ ABS ได้ในช่วง 0.025-100 มก./ล

สารซักฟอกที่มีค่าความคงตัวสูงในรูปของ ABS หรือ LAS จะมีประสิทธิภาพซักฟอกที่ดี ๒-๓ เท่าของสารซักฟอกธรรมดาที่มีค่าความคงตัวต่ำ ๒-๓ เท่า เป็นตัวบ่งชี้ของประสิทธิภาพซักฟอกในเครื่องซักผ้า ABS และ LAS ที่นำมาตรวจ LAS ยังใช้ Sodium Dodecyl Benzene Sulphonate ที่มี MW

118



รูปที่ 21.2 ความคงตัวของเม็ดน้ำที่เติมเกลือสารซักฟอก



รูปที่ 21.3 ตัวอย่างของเส้นมาตรฐานที่เตรียมจาก ABS และ LAS

วิธีนี้เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์ปริมาณของสารที่เป็น LAS หรือ ABS แต่ไม่เหมาะสำหรับใช้วิเคราะห์สารที่ผสมกันของ ABS ดังนั้นจึงขอแนะนำให้ใช้วิธีวิเคราะห์ของ LAS เท่านั้น

สารมาตรฐาน LAS ที่ใช้ได้ Solvay Dorelyl Benzene Solution มี MW = 198

**เหล็กและแมงกานีส (Iron and Manganese)**

22.1 สารละลายของเหล็กและแมงกานีส	22.1
22.1.1 การเตรียมตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ, การขยายตัวของเหล็ก	22.7
22.1.2 การเตรียมตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ, การขยายตัวของแมงกานีส	22.9
22.1.3 การวัดความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสด้วยวิธีใช้สารสีอินทรีย์	22.11
22.2 การวิเคราะห์ของเหล็กและแมงกานีส	22.12
22.2.1 การวิเคราะห์ด้วยวิธีปรอท	22.12
22.2.2 การวิเคราะห์ด้วยวิธีอินดิเคเตอร์อินทรีย์ในสารละลายไฮดรอกไซด์	22.14
22.2.3 การวิเคราะห์ด้วยวิธีอินดิเคเตอร์อินทรีย์ในสารละลายกรดซัลฟูริก	22.15
22.2.4 การวิเคราะห์ด้วยวิธี Acid-Metric Drainage	22.16
22.2.5 วิธีวัดความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีส	22.18
22.3 วิธีวิเคราะห์เหล็กด้วยวิธีอินดิเคเตอร์อินทรีย์	22.22
22.4 วิธีวิเคราะห์แมงกานีสด้วยวิธีอินดิเคเตอร์อินทรีย์ในสารละลาย (Pharmaceutical Method)	22.25
22.5 วิธีวิเคราะห์แมงกานีสด้วยวิธีอินดิเคเตอร์อินทรีย์	22.27



## บทที่ 22

### เหล็กและแมงกานีส (Iron and Manganese)

เหล็กมีบทบาทสำคัญในดินส่วนใหญ่ของโลก ปริมาณเหล็กในดินส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับชนิดของดินและสภาพแวดล้อมทางเคมีของดิน ในดินส่วนใหญ่เหล็กจะพบในรูปของเหล็กออกไซด์ (FeO) และเหล็กไฮดรอกไซด์ (Fe(OH)<sub>2</sub>) ซึ่งสามารถละลายในน้ำได้เล็กน้อย การละลายของเหล็กในดินขึ้นอยู่กับ pH ของดินและปริมาณของออกซิเจนในดิน นอกจากนี้เหล็กยังเป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ในพืช ซึ่งจำเป็นสำหรับการสังเคราะห์แสง



จากสมการ (22.1) นี้จะเห็นว่าเหล็กสามารถทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเพื่อผลิตเหล็กออกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์ได้

เหล็กออกไซด์และเหล็กไฮดรอกไซด์สามารถทำปฏิกิริยากับกรดเพื่อผลิตเหล็กไอออน (Fe<sup>2+</sup>) และเหล็กไฮดรอกไซด์ไอออน (Fe(OH)<sub>2</sub>) ซึ่งสามารถละลายในน้ำได้เล็กน้อย นอกจากนี้เหล็กยังสามารถทำปฏิกิริยากับกรดเพื่อผลิตเหล็กไอออน (Fe<sup>3+</sup>) และเหล็กไฮดรอกไซด์ไอออน (Fe(OH)<sub>3</sub>) ซึ่งสามารถละลายในน้ำได้เล็กน้อย

เหล็กไอออน (Fe<sup>2+</sup>) และเหล็กไฮดรอกไซด์ไอออน (Fe(OH)<sub>2</sub>) สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในน้ำเพื่อผลิตเหล็กออกไซด์ (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) และเหล็กไฮดรอกไซด์ (Fe(OH)<sub>3</sub>) ซึ่งสามารถละลายในน้ำได้เล็กน้อย

ใช้ผลลึกลับฟรีใน: สมการที่ 1 ของสมการเชิงเส้น - ยกตัวอย่างเช่น โมดูล ที่ปรากฏจากสมการเชิงเส้น  
 เมลล์:  $ax + by = c$  ใช้การสี่เหลี่ยมเป็นตาราง:  $a$  และ  $b$  และ  $c$  เป็นผลคูณฟรี  $a$  นั่นคือผลคูณ  
 ฟรีจะดูว่ามีค่าที่แตกต่างเป็นผลลัพธ์ฟรีซึ่ง  $a$  หรือ  $b$  อาจมีค่าและผลคูณเป็นปัญหาของระบบ  
 (2.2.1)

เทคนิคนี้สามารถใช้ในการแก้สมการเชิงเส้นได้โดยทั่วไปโดยที่  $a$  และ  $b$  จะถูกจัดให้เป็น  
 สมการเชิงเส้นที่มีค่าที่ต่างกันโดย  $a$  และ  $b$  จะถูกจัดให้เป็นสมการเชิงเส้นที่มีค่าที่  
 หนึ่ง  $a$  และ  $b$  จะถูกจัดให้เป็นสมการเชิงเส้นที่มีค่าที่ต่างกัน (1) กล่าวคือ (1) เช่น  $a$   
 และ  $b$  เป็นผลคูณ ซึ่งเป็นการแก้สมการเชิงเส้นได้

อีกตัวอย่างหนึ่งในการแก้สมการเชิงเส้น: หาก  $a$  และ  $b$  เป็นที่ต่ำกว่าของ  $a$  และ  $b$  จะ  
 สามารถแก้สมการเชิงเส้นได้เช่น  $a$  และ  $b$  จะถูกจัดให้เป็นสมการเชิงเส้นที่มีค่าที่  
 หนึ่ง  $a$  และ  $b$  จะถูกจัดให้เป็นสมการเชิงเส้นที่มีค่าที่ต่างกัน (2) กล่าวคือ (2) เช่น  $a$   
 และ  $b$  เป็นผลคูณ ซึ่งเป็นการแก้สมการเชิงเส้นได้

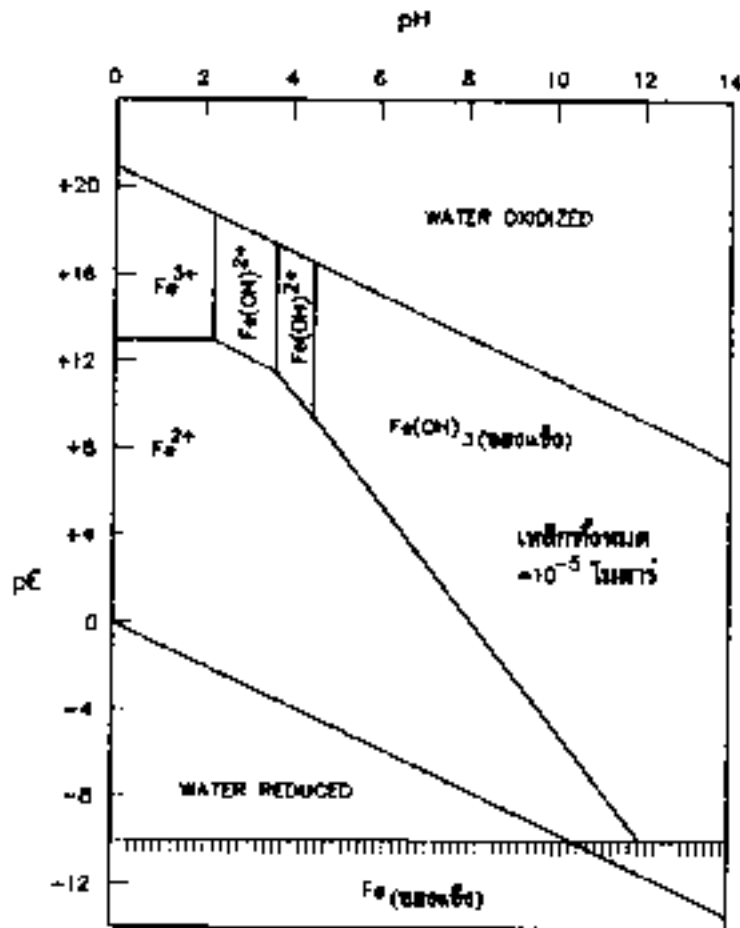
### 22.1 เทคนิคต่างๆ ของเทคนิคการแยกกาฬโรค

22.1.1

รูปที่ 22.1 แสดงให้เห็นถึงสมการต่างๆ ของเทคนิคที่ดูใน: เมื่อพิจารณาโดยรวม เทคนิคใน  
 นี้จะช่วยให้เห็น 2 ประเภท คือเทคนิคฟรี (1.2.1) และเทคนิคฟรี (1.2.2) เทคนิคฟรี  
 1. เทคนิคฟรีที่มีค่าที่ต่างกัน 2 ส่วนเทคนิคฟรีที่มีค่าที่ต่างกันที่มีค่าที่ - 3 เทคนิคฟรีที่มี  
 เทคนิคฟรี 2 ประเภทที่ดูในรูปที่ 22.1.1 และ 22.1.2



ที่ต่ำกว่า 10.5 (โดยประมาณค่า) หรือ 1.5 และ 10.5 (โดยประมาณค่า) ซึ่งบริเวณนี้คือบริเวณที่เหล็กในน้ำจะพบในรูปไฮดรอกไซด์ (Fe(OH)<sub>3</sub>) ซึ่งตกตะกอนได้



รูปที่ 23.2 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอช (pH) กับสถานะของเหล็กในน้ำ

เคมีของน้ำเสี้ยว

รูปอิสระของเหล็กเฟอริก อาจเป็นเกลือละลาย (FeCl<sub>3</sub> หรือ FeCl<sub>4</sub><sup>-</sup>) และเฟอริก  
 ออกไซด์ (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ก็ได้ ในขณะที่รูปอิสระของเหล็กเฟอร์รัสเป็นรูปละลาย (Fe<sup>2+</sup>)  
 หรือ FeSO<sub>4</sub> ไม่นิโคไลนัม หรือเหล็กเฟอริกออกไซด์ขาวที่ที่พบตามธรรมชาติมีโครงสร้างดังนี้

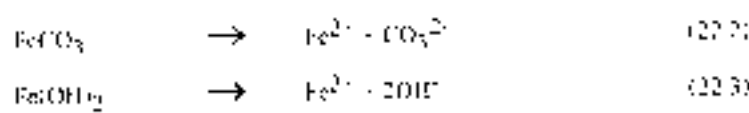
ในธรรมชาติ เหล็กเฟอริกออกไซด์เฟอริกออกไซด์พบในรูปของสารประกอบเชิงซ้อน (Complex)  
 ในสภาพเกิดลิแกนด์ เช่น FeCl<sub>4</sub><sup>-</sup> หรือ FeSO<sub>4</sub> กับสารอินทรีย์ เป็นกรดอิมิด, แร่เหล็ก:  
 ผลิตแร่เหล็กรูปเหล็ก, หิน ฟอสเฟต, ซีเมนต์

สารละลายของ FeCl<sub>3</sub> และ FeSO<sub>4</sub> มีลักษณะต่าง ๆ กัน FeCl<sub>3</sub> และ FeSO<sub>4</sub> อยู่ใน  
 รูปต่างๆ ได้ทั้งในของเหลว, ของแข็งหรือของแข็ง เป็นชั้น การเกิดของสารประกอบเชิงซ้อน  
 ของ Fe<sup>2+</sup> และ Fe<sup>3+</sup> กับลิแกนด์อนินทรีย์ จะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของลิแกนด์และ  
 ค่าคงที่การเกิดของสารประกอบเชิงซ้อน Fe<sup>2+</sup> และ Fe<sup>3+</sup> ในรูปของสารละลาย  
 ที่มีลิแกนด์อนินทรีย์หรืออินทรีย์

**22.1 ความสามารถในภาวะออกซิเดชันของเหล็ก**

เหล็กสามารถเปลี่ยนสถานะออกซิเดชันได้ทั้ง Fe<sup>0</sup>, Fe<sup>2+</sup> และ Fe<sup>3+</sup> ซึ่งพบเหล็กออกไซด์ทั้งในรูป  
 ความเสถียรของ Fe<sup>2+</sup> และ Fe<sup>3+</sup> ในของเหลว (Fe<sup>2+</sup> และ Fe<sup>3+</sup>) และ Fe<sup>2+</sup> และ Fe<sup>3+</sup> ในรูปของสารประกอบ  
 ในการละลายในของเหลว (Fe<sup>2+</sup> และ Fe<sup>3+</sup>) ที่มีลิแกนด์อนินทรีย์ (รูปที่ 22-2)

สมการเคมีที่แสดงถึงปฏิกิริยาของ FeCO<sub>3</sub> และ Fe(OH)<sub>2</sub> มีดังนี้



รูปที่ 22-2 สมการเคมีของเหล็ก

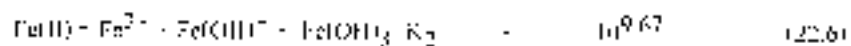
น้ำธรรมชาติที่มีเหล็กอยู่ในระดับ  $10^{-6}$  M และมีอุณหภูมิ  $25^{\circ}\text{C}$  จะมีค่า Solubility Product ( $K_{sp}$ ) ของ  $\text{FeCO}_3$  และ  $\text{Fe(OH)}_2$  ประมาณ  $10^{-14.7}$  (โมล ลิตร)<sup>3</sup> และ  $10^{-10.3}$  (โมล ลิตร)<sup>2</sup> ตามลำดับ

ค่า  $K_{sp}$  ของสารประกอบทั้งสองไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันโดยตรง ทั้งนี้เนื่องจากหน่วยไม่เหมือนกัน ดังนั้น ถึงแม้ว่า  $K_{sp}$  ของ  $\text{FeCO}_3$  มีค่ามากกว่าของ  $\text{Fe(OH)}_2$  แต่ในความเป็นจริงนั้น  $\text{FeCO}_3$  ละลายน้ำได้ดีกว่า  $\text{Fe(OH)}_2$  ในน้ำธรรมชาติทั่วไป (ดูรูปที่ 22.3)

สมการ (22.2) และ (22.3) ยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับระดับการละลายน้ำของเหล็กได้อีกด้วย ทั้งนี้เพราะเหล็กเฟอรัส ( $\text{Fe}^{2+}$ ) สามารถรวมกับ  $\text{OH}^-$  สร้างเหล็กไฮดรอกไซด์ได้ ดังนี้



ดังนั้นเหล็กเฟอรัสที่ละลายน้ำได้มี 3 ชนิดคือ ฟีไอออน ( $\text{Fe}^{2+}$ ),  $\text{FeOH}^+$  และ  $\text{Fe(OH)}_2$  หรืออาจเขียนได้ ดังนี้



$\text{Fe(II)}$  หมายถึงเหล็กที่มีประจุ +2 ทุกชนิด

22.1.2 ความสามารถในการละลายของไฮดรอกไซด์ของแมงกานีส

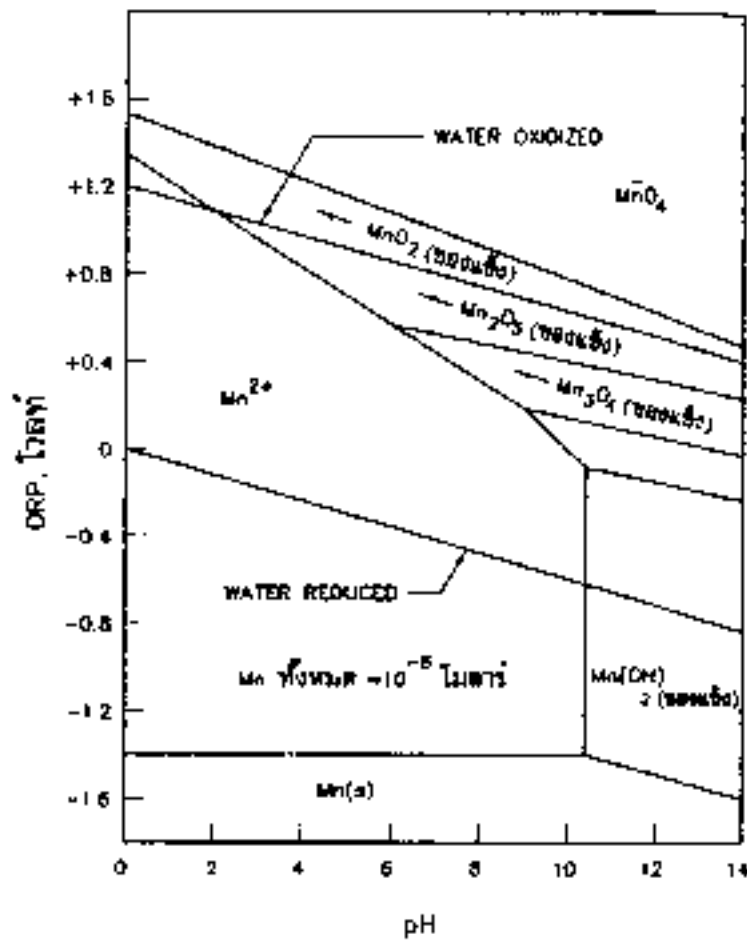
การละลายของแมงกานีสในน้ำมีลักษณะหลักๆ 2 ลักษณะแรกคือ ค่าตัวชี้วัด  $MnCO_3$  และค่าตัวชี้วัดที่เป็นผลรวมและค่า ส่วน  $Mn(OH)_2$  แต่ละค่าก็มีมิติที่เอียงสูง (ดูรูปที่ 22-3) ดังนั้น ในธรรมชาติ  $MnCO_3$  จึงเป็นสารประกอบที่มี 2 พหุคูณที่เด่นชัด

ในการทำความเข้าใจกับความสามารถในการละลายของแมงกานีสในน้ำ สามารถสร้าง ค่าไอออนิกที่สัมพันธ์กับการละลายและการตกตะกอนของสารประกอบแมงกานีส ได้ดังนี้

$Mn(OH)_2$	$\rightarrow$	$Mn^{2+} + 2OH^-$	$K_{sp} = 10^{-12.9}$	(22-7)
$MnCO_3$	$\rightarrow$	$Mn^{2+} + CO_3^{2-}$	$K_{sp} = 10^{-10.4}$	(22-8)
$Mn^{2+} + OH^-$	$\rightarrow$	$MnOH^+$	$K_1 = 10^{7.9}$	(22-9)
$Mn^{2+} + 3OH^-$	$\rightarrow$	$Mn(OH)_3$	$K_2 = 10^{8.1}$	(22-10)

ปริมาณแมงกานีสในน้ำในแหล่งที่อยู่บนบกของแหล่งน้ำธรรมชาติจะแปรผันตามขนาดของพื้นที่ ค่าอยู่ในช่วง 0 - 1.3 มิลลิกรัมต่อลิตร แมงกานีสในน้ำธรรมชาติมีกับแมงกานีสในน้ำจืด 2 มก./ลิตร

น้ำเค็มดื่มจะมีเหล็กกับแมงกานีสละลายอยู่เล็กน้อยกว่าน้ำจืดดื่ม ทั้งนี้เพราะน้ำเค็มดื่มมีออกซิเจนละลายน้ำอยู่สูงกว่า ทำให้มีการตกตะกอนของสารประกอบแมงกานีส และในที่สุดจะตกตะกอนลงใต้น้ำดินเหนียวหรือกับแร่เหล็กในดินเกิดการหมักจนได้แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์และแมงกานีสในน้ำได้ไฮโดรเจนซัลไฟด์นี้มักจะเกิดขึ้นกับน้ำในดินเค็มที่บริเวณบึงขนาดใหญ่หรือบึงขนาดใหญ่ที่ระดับน้ำต่ำเนื่องจากความแตกต่างของความดันออสโมติก ทำให้น้ำที่ระดับน้ำสูงซึ่งมีเหล็กและแมงกานีสละลายอยู่เคลื่อนที่ขึ้นเข้าสู่ดินบึง ดังนั้น น้ำที่ส่งน้ำเค็มขึ้นมายังบึงน้ำจืดจำนวนมากจะนำเอาแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ขึ้นสู่ดินบึง อาจทำปฏิกิริยากับแมงกานีสในน้ำจืดที่บริเวณบึงน้ำจืดนี้ทำให้เกิดน้ำจืด



รูปที่ 22.1 ความสัมพันธ์ระหว่างศักย์รีดอกซ์-โพลาริไทป์ (ORP) กับสถานะของระบบดินในน้ำ

หน้า 22/19 วิศวกรรมธรณีเคมี

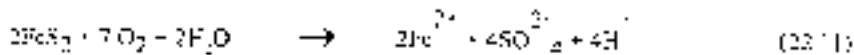




ประกอบที่ไอซีพี-ดี.เอ.แอมเอ็ทน์ เป็นบารดรูซอกรี จำนวนที่แปรปราย ใช้ผลิตได้มีกลิ่นเหม็นและ มีสีแดง เมื่อกัดด้วยกรดซัลฟิวริกของกรดกำมะถันและกรดไนตริกเข้มข้น ปฏิกิริยาที่กระหมดไข (19) ปกติในอุตสาหกรรมจะสกัดขึ้นคิดต่อหนึ่งเวลาไม่เกิน 1-2 ชั่วโมงและ จะหาใช้ดังนี้

ง. เมื่อกัดด้วยกรดพื้นฐานทางด้านกรดไฮโดรเจนซัลไฟด์ จะพบว่ามีเพียง  $Mn^{2+}$  และ  $Fe^{2+}$  อยู่ในรูปที่หมดตัวของเมทานิตและเหล็ก-ดี.เอ.ได้สามารถบอโรปรีต รูปที่ดังกล่าวจะกระทำน้ำได้ (จะกลายเป็น  $Mn^{2+}$  และ  $Fe^{2+}$  ตามลำดับ) ผลิตเล็กน้อยในสภาวะให้ออกซิเจนเท่านั้น

ในบางกริ่งพบว่าเมื่อเจือจางที่มีออกซิเจนลดลงจะหายไปได้กลิ่นเหม็นและมีเมทานิตได้กลิ่น จะมี การละลายของเหล็ก-ดี.เอ.มากขึ้น ลักษณะเช่นนี้ดูเหมือนว่ากระบวนการเปลี่ยนแปลงของธาตุเหล็กได้แก่ กำมะถัน เมื่อกัดด้วยไฮโดรเจนซัลไฟด์ เมื่อกัดจริงแล้ว สามารถสังเกตได้ว่ามีพื้นดินมีโพแทสเซียม หรือ  $FeS_2$  ซึ่งจะมีออกซิเจนในรูปที่รีดิวซ์ออกซิเดชันดังนี้



ทำให้ออกซิเจนหมดไปและเกิดขบวนการให้ออกซิเจนหรือเกิด  $Fe^{2+}$  และตะกั่ว

## 22.2 ความสำคัญของเหมืองตะกั่วและสังกะสี

### 22.2.1 บทบาทในระบบประปา

น้ำประปา หรือน้ำดื่มต้องมีเหล็ก และเมทานิตอยู่ในระดับไม่เกิน 0.3 และ 0.1 มก./ลิ. ตามลำดับ ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

- เหล็กและเมทานิตก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพร่วมกับตะกั่ว ถึงความดัน เครื่องดื่ม เบียร์และ เครื่องกำจัดความกระด้างของน้ำ (Water Softener)

- ข. เหล็กและโลหะจากปัสสาวะ ให้มีปริมาณและไม่ว่าจุดและไม่ว่าชนิดหรือชนิดอื่น (ถ้าให้ใหม่) ขึ้นไว้และเปลี่ยน
- ค. เหล็กและโลหะจากปัสสาวะ ให้มีปริมาณและไม่ว่าจุดและไม่ว่าชนิดหรือชนิดอื่น (ถ้าให้ใหม่) ขึ้นไว้และเปลี่ยน

นอกจากนี้ เหล็ก และโลหะอื่นยังคงปริมาณที่ใช้มีอยู่ในโรงพยาบาลทุกสถานพยาบาลต่างๆ เช่น โรงพยาบาลชุมชน โรงพยาบาลศูนย์ และโรงพยาบาลสังกัด

ตามที่กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบและดูแลเรื่องจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้ นี้ก็มีผลบังคับใช้ตั้งแต่บัดนี้ เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานของผลิตภัณฑ์สุขภาพของประเทศไทย ซึ่งกำหนดไว้ว่าเหล็กและโลหะอื่นที่มีปริมาณไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม ต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง หรือไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม ต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง สำหรับใช้ในทางการแพทย์ หรือใช้ในส่วนประกอบของเครื่องมือทางการแพทย์ หรือใช้ในส่วนประกอบของเครื่องมือทางการแพทย์

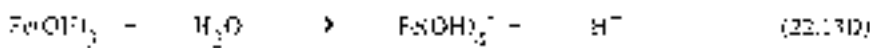
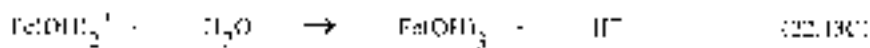
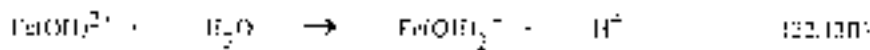
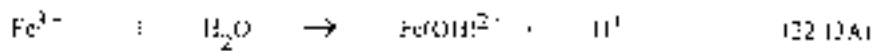
โดยที่ (ก) เหล็กและโลหะอื่นที่มีปริมาณไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม ต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง หรือไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม ต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง (ข) เหล็กและโลหะอื่นที่มีปริมาณไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม ต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง หรือไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม ต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง (ค) เหล็กและโลหะอื่นที่มีปริมาณไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม ต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง หรือไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม ต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง

### 22.2.2 ขบวนการของเหล็กในกระบวนการบำบัดน้ำดื่ม

เหล็กฟริกตอสไรด์ ( $FeCl_3$ ) หรือ โคลโคกูเลชัน (*Coagulation*) ที่ใช้สร้างตะกอนฟล็อกเป็นส่วนใหญ่ในกระบวนการบำบัดน้ำประปา เมื่อเติมฟริกตอสไรด์ลงน้ำจำนวนเร็ว (*Rapid Mixing Tank*) จะเกิดปฏิกิริยา 2 ขั้นตอนด้วยกัน ปฏิกิริยาขั้นแรกเป็นปฏิกิริยาไฮดรอลิเซชัน (*Hydrolysis*) ดังนี้



เฟอริกคลอไรด์แตกตัวเป็น  $Fe^{3+}$  หรือ  $Fe(H_2O)_6^{3+}$  และ  $Cl^-$  (หลังจากนั้นเฟอริกฟริก ( $Fe^{3+}$ ) จะเกิดปฏิกิริยาไฮดรอลิซิส ดังนี้



ปฏิกิริยาในสมการที่ 22.13A-D เกิดขึ้นได้ต่อเนื่องจนกระทั่งมีปริมาณค่าของเฟอริกที่ระเหยเป็น  $H^+$  ที่เกิดขึ้น จะเกิดไฮดรอกไซด์ (*Hydroxide products*) ที่ค่าเป็น  $pH$  ประมาณ 2 - 3 ตลอดหรือ  $pH$  1 - 2 และประจุลบและผลตกตะกอนจะสูง โดยเฉพาะในสภาพน้ำดื่มที่เอซซีที่เพิ่มขึ้น

ระบบสารอินทรีย์ออกฤทธิ์ของระบบเหล่านี้ว่ามักทำงานได้ดีที่สุดในสภาพ pH 7 ซึ่งมี ปฏิกิริยา (22-13B) ว่าเป็นปฏิกิริยาหลักโดยมี  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่เกิดขึ้นเป็นส่วนสำคัญในการกำจัด ละลายอินทรีย์ที่รวมกันเป็นฟล็อกขนาดใหญ่ที่มีขนาดเล็ก ก่อให้เกิดเรียกว่า Sweep Coagulation:

ถ้าความเข้มข้นของสิ่งแขวนแขวนไว้มีอยู่ในช่วง 1-6 ปฏิกิริยา ไฮโดรไลซิสจะเกิดขึ้นได้เพียง ปฏิกิริยา (22-13B) และ (22-13C) ระดับที่ต่ำกว่านี้จะพบที่ระดับของปฏิกิริยาตกตะกอนของเหล็ก ที่มีไฮดรอกไซด์ของ Hydroxide Product ของเหล็กคือ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  และ  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  ในกรณีนี้ Sweep Coagulation จะไม่เกิดขึ้น แต่จะเปลี่ยนไปเกิดออกฤทธิ์ที่เรียกว่า Adsorption and Charge Neutralization ที่เกิดขึ้น กล่าวนี้เป็นกลไกที่เหล็ก  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  และ  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  จะถูก ดูดซับด้วยประจุลบ และช่วยเสถียรประจุลบของอนุภาคที่มีประจุลบของเหล็ก เมื่อ อนุภาคที่ถูกเสถียรไว้เป็นเวลานาน ก็จะมีความเสถียรโดยออกฤทธิ์ได้

ในกรณีที่พืชของระบบมีค่าสูงถึง 8 หรือมากกว่า ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสจะเกิดขึ้นไปถึง สภาวะที่ (22-13D) ซึ่งจะมี  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  เกิดขึ้น และจะดูว่าของเหล็กซึ่งจับในโมลลิ่งของ ระบบสารอินทรีย์ออกฤทธิ์แล้ว ฟอสฟอรัสสามารถเกิดขึ้นได้ก็เช่นเช่นนี้ต่าง

### 22.2.1 บทบาทของจุลินทรีย์ในระบบการรีดิวท์

แบคทีเรียประเภทซีโมบอโตโทรฟ (C netermatotropha) 2 ชนิด คือ *Thiobacillus ferrooxidans* และ *Ferrobacillus ferrooxidans* สามารถออกซิไดซ์เหล็กไพไรไรต์ โดยมีสารอินทรีย์คาร์บอน (เช่น  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) เป็นแหล่งคาร์บอน



เคมีของดินและน้ำดื่ม

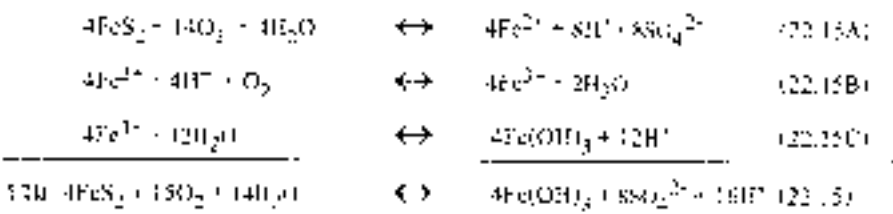
กระบวนการนี้ถือเป็นวิธีชีวภาพในการกำจัดเหล็กออกจากน้ำบาดาลที่มีประจุเหล็ก 2+ แทนที่วิธีใช้สังกะสีได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งพบว่ามีการตกตะกอนของ  $Fe(OH)_3$  เกิดขึ้นบนกระบวนการสร้างเซลล์ชีว 500 เซลล์

แบคทีเรียไม่ใช้เหล็กสามารถใช้ได้หลักๆคือในสภาพแวดล้อมแบบออกซิเจน ผลิตออกซิเจน ส่วนที่ปราศจากออกซิเจน แบคทีเรียสามารถใช้ออกซิเจนเป็นสรีรวิธานได้หลายแบบ และหลายขั้นตอนชีวเคมี โดยเฉพาะไฮโดรเจนซัลไฟด์และการใช้วิธีบำบัดการบำบัดวิธีเดิมเช่น ฟินอล ที่ตกค้างอยู่ใต้น้ำ

#### 22.2.4 การเกิดน้ำกรด Acid Mine Drainage

น้ำกรดเหมืองแร่ (AMD - Acid Mine Drainage) เกิดขึ้นสิ่งที่เกิดจากน้ำชะของหินซัลไฟด์ที่เกิดจากแร่เหล็กและแร่สังกะสีในเหมืองแร่ AMD คือ ไพไรไรต์ (Pyrite) หรือ  $FeS_2$  ที่มีอยู่ในปริมาณมาก หรือในสัดส่วนที่ซัลไฟด์มาจากแร่เหล็กและสังกะสีที่ละลายในน้ำไหลซึมลงสู่ชั้นหินใต้ดิน ซึ่งจะมีผลต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตในบริเวณนั้น

ปฏิกิริยาเคมีที่ใช้อธิบายลักษณะการเกิดของน้ำกรด Acid Mine Drainage (AMD) มีดังนี้



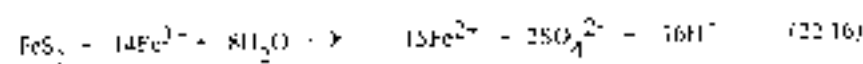
ปฏิกิริยาที่ 1009 สมการ 21-15A เป็นการศึกษาของไฮโดรไลซิสของปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วย ออกซิเจนจากอากาศ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์หลักของปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารตั้งต้น (H<sub>2</sub>S ในสารละลาย) ในสารละลายที่อุณหภูมิห้อง

ปฏิกิริยาที่ 1010 สมการ 22-15B เป็นการศึกษาของไฮโดรไลซิสของ Fe<sup>2+</sup> ให้เป็นผลิตภัณฑ์ Fe<sup>3+</sup> ปฏิกิริยาที่ 1011 สมการ 21-15C โมลของ Fe<sup>2+</sup> ในสารละลายที่เกิดปฏิกิริยา 1010 และผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยา 1011 เป็นปฏิกิริยาเคมีเดียวกัน ระกอบขึ้นได้กับ Fe<sup>3+</sup> และผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยา 1011 ได้แก่ Thiobacillus ferrooxidans จะเร่งอัตราเร็วของปฏิกิริยาให้สูงขึ้นได้หลายเท่า

ปฏิกิริยาที่ 1012 สมการ 22-15C เป็นไฮโดรไลซิสของเหล็ก(II) ซึ่งมีการแตกตัวของ โมลของ Fe<sup>2+</sup> ให้เป็น Fe<sup>3+</sup> และ Fe<sup>2+</sup> ซึ่งอยู่ในสารละลาย Fe<sup>3+</sup> ไฮดรอกไซด์ ผลิตภัณฑ์เป็นของแข็งเมื่อมี Fe<sup>2+</sup> 0.5 โมลต่อลิตรที่ pH = 3 จะไม่มีผลต่อผลผลิตของ Fe<sup>3+</sup> หรือเกิดขึ้นเลย

ปฏิกิริยาการรวมแสดงให้เห็นว่า การสลายตัวของไฮโดรไลซิสของออกซิเจนจากอากาศ ไฮโดรเจน โมลของออกไซด์ที่ละลายเป็น Fe(OH)<sub>2</sub> และ Fe<sup>2+</sup> โมล 1 โมล ซึ่งอยู่ที่ pH ที่มี Fe<sup>2+</sup> 0.5 โมลต่อลิตร และ Fe<sup>2+</sup> ของแข็งละลาย (TDS) และสารตกตะกอนทั้งหมดที่ pH = 3 (ดูสมการ 22-16)

นอกจากปฏิกิริยาทั้ง 3 นี้แล้ว ยังมีปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สลับกันซึ่งผู้ศึกษาของไฮโดรไลซิสเกิด การออกซิเดชันของเหล็ก(II) หรือ Fe<sup>2+</sup> ออกซิเดชันของเหล็ก(II) และ Fe<sup>2+</sup> ดังนี้



เคมีอนินทรีย์ของไทเลอร์ เอ็ดดิส

สมการที่ 22-16 มีทั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันเกิดขึ้นและต้องเป็นไปเรื่อยๆ จนกว่าปฏิกิริยาจะสมดุลจนหมด

ตารางที่ 22.1 ลักษณะทางเคมีของน้ำเหม็น Acid mine Drainage  
(Stueyhtk และ Jenkins 1980)

พารามิเตอร์	หน่วย	ความเข้มข้น
พี.เอช		2.4-3.5
ค่าความเป็นกรด	มก. ลิ. กรด	204-980
เหล็ก	มก. ลิ. $Fe^{2+}$	15-260
ซัลเฟต	มก. ลิ. $SO_4^{2-}$	342-1,650
ความเข้มข้นแร่ธาตุ	มก. ลิ. กรด	192-740
ดี		น้ำใส สดชื่น

#### 22.2.5 กลไกของกระบวนการรีดักชัน

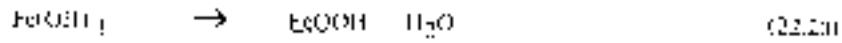
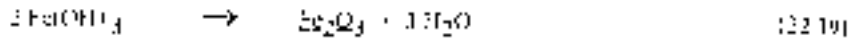
การที่เหล็ก(II)ถูกออกซิไดส์กลายเป็นไตรวาเลนต์ที่จับไม่ได้เหนียวและเสถียรและตกเป็นตะกอนของเหล็ก(III) ซึ่งทำให้ได้ตะกอนของเหล็กที่นั่น การรีดักชันของเหล็กและโลหะต่างๆ เป็นผลให้เกิดไฟฟ้าเคมีที่เรียกว่า Oxidation-Reduction หรือ REDOX ซึ่งเป็นการมีปฏิกิริยาเคมีที่ลดระดับของอิเล็กตรอนของวัสดุที่ป้อนหรือให้อิเล็กตรอน (Electron Donor) โดยที่สารลดระดับต่างๆ เป็นผู้รับอิเล็กตรอน (Electron Acceptor)

ปฏิกิริยาของการรีดักชันเหล็กที่กระบวนการรีดักชันปฏิกิริยา (Half Reaction) 2 อันซึ่งเรียกว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชัน



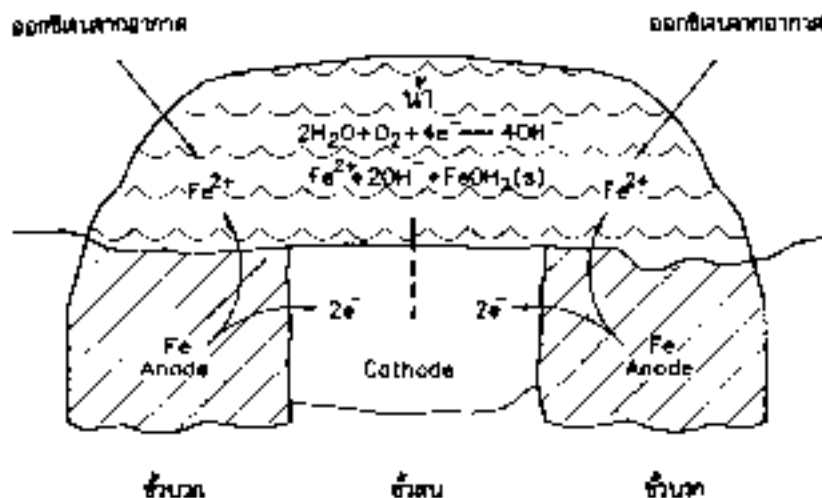


ปฏิกิริยาลดออกซิเจน สามารถเปลี่ยนเป็นปฏิกิริยออกซิเดชันได้โดยการใส่น้ำออกซิเจนไว้ดังนี้



ตารางที่ 22.2 ปฏิกริยาเรีดักชันของการกัดกร่อน

	สมการเคมี	สภาวะแวดล้อมที่เกิดได้
a	รีดักชันของไฮโดรเจนอิสระ	
	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$	น้ำที่มีพี.เอชต่ำ
b	รีดักชันของน้ำ	
	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	น้ำธรรมชาติทั่วไป
c	รีดักชันของออกซิเจน	
	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	น้ำที่มีปริมาณน้ำอิสระที่มีไอออน
	รีดักชันของออกซิเจนในน้ำ	
	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$	น้ำธรรมชาติที่มีไอออน
d	รีดักชันของเหล็กเฟอริก	
	$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	น้ำที่มีพี.เอชต่ำและมีความเข้มข้นใน Fe <sup>3+</sup>
e	รีดักชันของซัลเฟต	
	$2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{S}^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$	น้ำที่มีปริมาณซัลเฟตในปริมาณสูง
f	รีดักชันของโลหะอื่น	
	$\text{X}^{n+} + \text{ne}^- \rightarrow \text{X}^0$	คล้ายปฏิกิริยาของโลหะอื่นที่มีปริมาณน้อยกว่า ถ้าจะใช้ออกซิเจนในสภาวะแวดล้อม



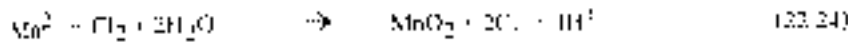
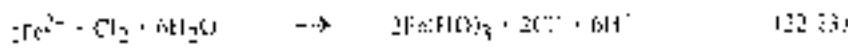
รูปที่ 22.4 เซลล์ร่อนของเหล็กและการเกิดสนิม

สนิมเหล็กคือผลของปฏิกิริยารีดอกซ์ที่ซับซ้อน  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$  มีผล จากกรดหรือเบสที่ปนเปื้อนในอากาศซึ่งมีอยู่ตามปกติ. ในบริเวณที่ชื้นก็จะมีผลต่อสนิมที่รุนแรงยิ่งขึ้น. เมื่อการละลายของเหล็กในกรดหรือเบสเกิดขึ้นก็เกิดปฏิกิริยาที่มีสารประกอบของเหล็กและกรดหรือเบสที่ละลายอยู่. ผลต่างกับปฏิกิริยาสนิม:

โครงสร้างของสนิมที่ต่างกัน รวมทั้งสนิมเหล็กในภาวะที่เปียกหรือแห้งก็แตกต่างกัน. ความเร็วของการเกิดสนิมโลหะ อาจเกิดขึ้นในระยะเวลาที่สั้นหรือโครงสร้างที่ทนต่อการกัดกร่อนก็เกิดขึ้น. โครงสร้างที่ทนต่อการกัดกร่อนของโลหะ ไม่สามารถจะดูจากสมบัติเชิงกายภาพได้. โลหะที่ทนต่อการกัดกร่อนส่วนใหญ่จะประกอบด้วยโลหะผสมที่มีลักษณะเป็นหยาบ ซึ่งมีความหนาของโลหะที่ทนต่อการกัดกร่อนที่ต่ำเมื่อเทียบกับโลหะที่ *Corrosion Cell* โครงสร้างของโลหะที่ทนต่อการกัดกร่อน

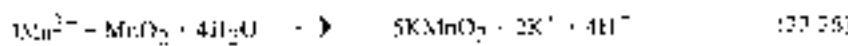
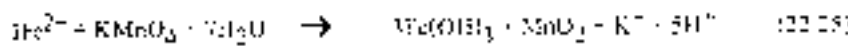


ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดจากคลอรีน มีดังนี้

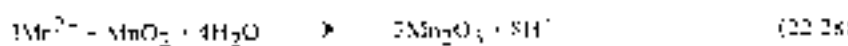
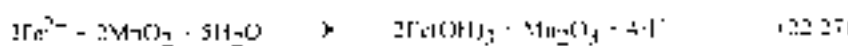


ปรากฏว่า ในการทำลายเหล็กเฟรต 1 มก. ละ ใช้คลอรีน 0.94 มก. ละ และเหล็กที่ละลาย 0.51 มก. ละ จึงพบ ส่วนการละลายแมงกานีส 1 มก. ละ ใช้คลอรีน 1.29 มก. ละ และเหล็กที่ละลาย 0.64 มก. ละ หินปูน อย่างไรก็ตาม การคำนวณคลอรีนมีค่าสูงกว่าที่ควรจะเป็น เนื่องมาจากปฏิกิริยาข้างเคียง (Side Reaction) ที่ต้องการคลอรีนเพิ่ม

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็กในกรดออกซาลิกใช้คลอรีนแทนได้ ดังนี้



สามารถใช้ในการวิเคราะห์เหล็ก 1 มก. ละ ใช้ของ KMnO<sub>4</sub> 0.99 มก. ละ และเหล็กที่ละลาย 0.51 มก. ละ จึงพบ ส่วนการออกซิเดชันแมงกานีส 1 มก. ละ ใช้ของ KMnO<sub>4</sub> 1.92 มก. ละ และเหล็กที่ละลาย 0.64 มก. ละ หินปูน อย่างไรก็ตาม ในการปฏิบัติ MnO<sub>2</sub> ที่เกิดขึ้นเมื่อวิเคราะห์ปฏิกิริยาออกซิเดชันไม่เกิดขึ้นตามที่ควร



เป็นค่าใช้จ่ายของ KMnO<sub>4</sub> ไม่น่าจะต่ำกว่าครึ่งของค่าแร่ธาตุ ปริมาณ KMnO<sub>4</sub> ที่ใช้ 0.09 ตัน ต. สามารถผลิตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1 ตัน ต.

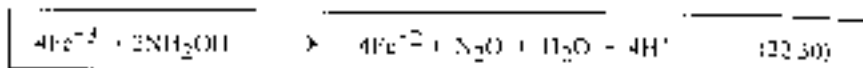
ข้อดีของถักรวมกับขบวนการอื่นเพื่อที่จะสามารถใช้ในการกำจัดเหล็กและแมงกานีส คือต้นทุนการดำเนินงานในการใช้ขบวนการนี้ที่ต่ำประมาณ 1 เท่าของที่ใช้กำจัดเหล็ก ด้วยวิธีอื่น ซึ่งต้นทุนการขุดหินหรือหินขุดจะแตกต่างกันจาก -2 เป็น +4 ดอลลาร์ต่อตันของหินที่ขุดขึ้นของแร่เหล็กเกรด -3 เป็น -3 ดอลลาร์ นอกจากนี้ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในขบวนการนี้มีความแตกต่างเพียงเล็กน้อย ค่าใช้จ่ายที่คำนวณไว้ในขบวนการขุด ที่จริงนี้เนื่องจาก ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในขบวนการนี้จะมีน้อยมาก เมื่อเทียบกับขบวนการ ตารางที่ 22.3 เป็นสรุปความคุ้มค่าของขบวนการนี้ สามารถดูขบวนการกำจัดเหล็กและแมงกานีส

ตารางที่ 22.3 ปริมาณสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ในขบวนการกำจัดเหล็กและแมงกานีส

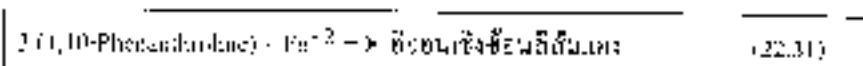
สารเคมี	ปริมาณสารเคมีที่คิดค่า (ดอลลาร์/ตัน)	
	เหล็ก (Fe <sup>2+</sup> )	แมงกานีส (Mn <sup>2+</sup> )
Oxygen	0.14	0.25
Cl <sub>2</sub>	0.94	1.39
Ca(OH) <sub>2</sub>	0.94	1.39
NaOCl	0.67	1.36
KMnO <sub>4</sub>	0.99	1.91
Fe <sup>2+</sup>	1.21	2.90
O <sub>2</sub>	0.43	0.83



และเปลี่ยนอีออนจากเหล็กเฟอริกไปเป็นอีออนของเหล็กเฟอรัสโดยใช้สารรีดิวซ์เช่น hydroxylamine เป็นตัวรีดิวซ์ ปฏิบัติกับวิธีข้างบนดังนี้



ปริมาณของสารรีดิวซ์ที่ใช้ได้ประมาณ 3.2 มิลลิกรัมต่อกรัมของโมโนเออร์เบตที่มีเหล็กเฟอรัสเฉลี่ย 1.0 มิลลิกรัม ให้ทำการปฏิบัติกับเหล็กเฟอรัสที่สงสัย ปริมาณเชิงร้อยละคำนวณตามสมการที่ 22.31



ใช้สารโมโนส่วน 5 มิลลิกรัมกับเหล็กเฟอรัส โมล

โดยปกติแล้วความเข้มข้นต่ำกว่าจะเห็นผลปรับปรุงวิธีเพื่อใช้โมโนเออร์เบตในรูปของสารนี้ หรือรูปของของแข็งจะดีกว่ากับเหล็กเฟอรัสและเหล็กเฟอริกได้

#### สิ่งรบกวนที่อันตราย

สิ่งรบกวนที่ควรระวังสำหรับวิธีนี้ ได้แก่ ธาตุซิลิคอนออกไซด์ (พบในสารโมโนเออร์เบต ฟอสเฟต (โพสิฟอสเฟตของแอมโมเนียมที่อันตรายกว่าของโรสเฟสเฟต) และจากน้ำที่ปนเปื้อน) ไนโตรเจนที่ละลายในน้ำของสารละลายที่ใส่ เช่น ไนโตรเจน ผงผงที่เต็มไปด้วยกากของเหล็กที่ไหลลงกับของเหลว (ถ้ามีมากกว่า 5 มก./ล.) มีสีที่ (ถ้ามีมากกว่า 5 มก./ล.) ปฏิกิริยา ออกซิเดชัน ปะปน โมลิบดีนัมและเงิน - ทั้งหมดตัวอย่างน้ำที่วิเคราะห์เปลี่ยนโพสิฟอสเฟตให้เป็นไฮโปฟอสเฟตและยังกำจัดไนโตรเจนและไนโตรเจนได้ การเติมไฮดรอกไซด์เป็นโพสิฟอสเฟตสามารถกำจัดความผิดปกติที่เกิดจากซิลิคอนได้แต่ก็มีปัญหาอื่น ๆ



มาก ในขณะที่วิธีการรวมถวมนี้อาจจากโลหะหนัก ซึ่งจะต้องเป็นอนินทรีย์เพื่อให้ได้ผล. ที่ถ้าไป  
 ของคนส่วนใหญ่มักจะเกิดจากกิจกรรมเกี่ยวกับโลหะที่วัสดุระดับชั้น. และนี่คือเพราะนัก  
 ประเมินค่าของวัสดุด้วยวิธีใช้ใยโพพรทิกอี.เฟอร์ (Driscamp) Fiber) ที่ส.ที่เติมฟิลาเก.  
 โยลัน. ด้วยวิธีนี้ มีสิ่งหรือสารอินทรีย์(อคูมีรเทศ.ด้วย) ว่าจะให้ทั้ง เขาก็กินแล้วแล้ว  
 ให้ละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ในด้วยวิธีที่ของกลีบ (Crucible) เป็นเวลาหลาย  
 ชม. ได้มีสารอินทรีย์ที่ เบน.มากด้วยข้อก่อนนำ มาสก็ด

**22.5 วิธีวิเคราะห์แมงกานีส**

วิธีวิเคราะห์แมงกานีสมีดังนี้

- 1. วิธี Atomic Absorption Spectrometric
- 2. วิธี Inductively Coupled Plasma
- 3. วิธี กรังเง

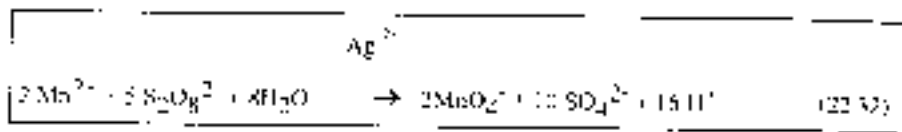
วิธี Atomic Absorption Spectrometric และวิธี Inductively Coupled Plasma เป็นวิธีที่หา  
 แมงกานีส (Mn) ได้ตรง ๆ โดยไม่ใช้ (Sensitivity) ในวิธีอื่น

ในบางวิธี "Standard Methods" วิธีวิเคราะห์แมงกานีสในสารละลายมี 2 วิธีคือวิธีเปอร์ซัลเฟต  
 (Persulfate Method) และวิธีเปอร์ไดออกไซด์ (Periodate Method) ทั้งสองวิธีนี้เหมาะสำหรับตัวอย่าง  
 อย่างน้ำที่มีแมงกานีส 2-3 มก/ล ซึ่งเป็นระดับสูงที่สุดที่จะพบในน้ำธรรมชาติ หรือน้ำประปา  
 วิธีแรกใช้ 2 วิธีคือ ขั้นตอนการที่แมงกานีส ในสถานะออกซิเดชัน (Oxidation State) - 2  
 จะเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่มีสีซีด. จากการใช้ของลิธเรียมกำหนดปริมาณของ  
 แมงกานีส โดยเป็นไป ๒ มก/ของลิธเรียม. กลองไรต์ใหม่จะรวมวิธีวิเคราะห์แมงกานีสนี้  
 จากกลองไรต์เป็นสารที่มีสีซีด. แมงกานีสแมงกานีส (Mn<sup>2+</sup>) จึงทำให้วิธีนี้เหมาะสำหรับความ

เป็นวิธี: วิธีโปร่งซัลเฟตเป็นวิธีที่ง่ายกว่าเพราะสามารถใช้หินอ่อนเมื่อก่อนก็ได้วิธีนี้ใช้ค่า 275.00 บาทตลอดไป

#### วิธีวิเคราะห์แบบเปอร์ซัลเฟต

เมื่อก่อนส่วนใหญ่จะหาอยู่ในรูปแบบ  $Mn^{2+}$  เมื่อถูกออกซิไดส์ด้วยเลขออกซิเดชันของเปอร์ซัลเฟตโดยมีไอออนของเงิน  $Ag^+$  เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา มีคอนเมทาไนต์ระดมกลเติมในเปอร์เมทาไนต์  $(MnO_2)$  ซึ่งมีปริมาณทั้งหมดอยู่ที่ 22.52



ความเข้มข้นเปอร์ซัลเฟตจะหาจากน้ำหนักของเมทาไนต์ในน้ำ ถ้าใช้เปอร์ซัลเฟตได้ประมาณ 100 กรัม และไม่มีสารตัวเร่งก็ในตัวอย่างนี้ ซึ่งเมื่อใช้ของเหลวอยู่ได้ประมาณ 24 ชม วิธีโปร่งซัลเฟต 2. จะใช้เมทาไนต์ 1 กิโลกรัมจนถึง 0.21 กก. ๑. เมื่อใช้วิธีนี้แล้ว  $MnO_2$  จะพบ ๑.๗๖ หรือ ๑.๗๖ มล. ๓. เมื่อใช้วิธีนี้แล้ว 5 ชม

#### สิ่งสมทบการวิเคราะห์

ทดสอบและสารอินทรีย์ ๑. การควบคุมการวิเคราะห์แบบเมทาไนต์ได้ เนื่องจากระบบวิเคราะห์ทำให้เกิดผลกระทบและสารอินทรีย์ที่เป่าสีของโปร่งเมทาไนต์ผลิตผลิตภัณฑ์จะไม่คงตัว การแก้ปัญหาการควบคุมของกลไกเมทาไนต์ทำได้โดยเติมปรอทซัลเฟต  $HgSO_4$  ทดสอบจะจับกับโปร่งที่อยู่ในรูปโปร่งเมทาไนต์  $MnO_2$  ซึ่งเมทาไนต์ในตัวอย่างเมทาไนต์ ๑.๗๖ กรัม ในปริมาณทั้งหมดจะมี 50 มล. ถ้าจัดได้โดยเติมปรอทซัลเฟต ๑.๗๖ มล. ในตัวอย่างเมทาไนต์ ๑.๗๖ มล. โปร่งซัลเฟตที่มีอยู่ในน้ำที่เติมก็เพียงพอที่จะทำการควบคุมได้แล้ว ถ้าไม่สะดวกการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ ควรทำการวิเคราะห์โดยวิธีอื่นที่มีปริมาณที่แน่นอน

ในครึ่งชีวิต ถ้า สหรีปวิธีคืออัตราการรวมตัวของสารกัมมันตรังสีที่มีปริมาณตั้ง เช่น ในน้ำเชรธรรมชาติ และถ้า โจนเพิ่มขึ้นปริมาณ เปอร์ริกเฟสและเห็นระยะเวลาคือตัวต่อแรมนี้ ได้มีปริมาณสูง เช่น ในน้ำทะเล คือ: ทั่วไปโดยสภาวะสารอินทรีย์คือด้วยกรลในครึ่งชีวิตและกรลซึ่งลบุรีก

คืออ่งแรมนี้ที่สัมพันธ์กับอากาศจะเกิดการหลดจะคอนขอมแรมนี้ในรูป  $MnO_2$  ซึ่งอาจจะให้ผลวิเคราะห์ต่ำกว่าจริงได้ → แรมนี้โดยเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $H_2O_2$ ) 50% 1 ml ลงในตัวอย่างแล้วจึงเติมแรมนี้ที่พิเศษ เพื่อจะละลายอะตอมแรมกัมมันตรังสี

**น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)**

23.1 น้ำมันและไขมันของสัตว์	23.1
23.1.1 ไฮโดรคาร์บอนและไขมัน (Light Hydrocarbon)	23.1
23.1.2 ไฮโดรคาร์บอนอะโรมาติก (Aromatic Hydrocarbon)	23.4
23.1.3 น้ำมันหล่อลื่น (Lubricating Oil)	23.4
23.1.4 น้ำมันและไขมันของพืชและสัตว์	23.4
23.2 ผลิตภัณฑ์จากไขมันและไขมันในสัตว์	23.1
23.2.1 น้ำมันสัตว์ (Animal Fat)	23.6
23.2.2 น้ำมันจากพืช (Vegetable Oil)	23.6
23.2.3 น้ำมันในรูปผลิตภัณฑ์	23.7
23.3 วิจัยและวิเคราะห์ไขมันและไขมัน	23.9
23.3.1 วิจัยและวิเคราะห์ไขมันและไขมันในสัตว์ (Animal Fat)	23.10
23.3.2 วิจัยและวิเคราะห์ไขมันและไขมันในพืช (Vegetable Oil)	23.11
23.3.2.1 วิจัยและวิเคราะห์ไขมัน (Fat)	23.11
23.3.2.2 วิจัยและวิเคราะห์ไขมันในพืช (Vegetable Oil)	23.12
23.3.2.3 วิจัยและวิเคราะห์ไขมันในสัตว์ (Animal Fat)	23.13
23.3.2.4 วิจัยและวิเคราะห์ไขมันในพืช (Vegetable Oil)	23.13
23.3.3 วิจัยและวิเคราะห์ FOG ในสัตว์และพืช	23.14
23.4 การควบคุมของ FOG ในอาหารสัตว์และผลิตภัณฑ์	23.14
23.4.1 การควบคุม FOG ในอาหารสัตว์และผลิตภัณฑ์	23.14
23.4.2 การวิจัยและพัฒนาการควบคุม FOG	23.15
23.4.3 การวิจัยและพัฒนาการควบคุม FOG	23.15

## บทที่ 23

### น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)

น้ำมันและไขมัน (Oil and Grease) เป็นสารประกอบทางเคมีที่มีโครงสร้างโมเลกุลที่ซับซ้อน โดยส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นหลัก การวิเคราะห์และสังเคราะห์สารเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในสาขาเคมีอินทรีย์และเคมีวิเคราะห์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการศึกษาปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของสารเหล่านี้ในสภาวะแวดล้อมต่างๆ

ผู้จัดทำเอกสารฉบับนี้ได้อ่านและศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อนี้ และพบว่ามีความน่าสนใจอย่างยิ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของวิธีการวิเคราะห์และสังเคราะห์สารเหล่านี้ การศึกษาเกี่ยวกับสารเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ การศึกษาเกี่ยวกับสารเหล่านี้ยังสามารถนำไปใช้ในการศึกษาปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของสารเหล่านี้ในสภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้อีกด้วย

#### 23.1 การจำแนกประเภทของน้ำมันและไขมัน

โดยทั่วไปแล้ว น้ำมันและไขมันสามารถจำแนกได้ดังนี้

##### 23.1.1 ไฮโดรคาร์บอนอะโรมาติก (Light Hydrocarbon)

น้ำมันที่พบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีส่วนใหญ่เป็นไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภทหลักได้แก่ ไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวและไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว โดยไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวจะประกอบด้วยโมเลกุลที่มีพันธะเดี่ยวทั้งหมด ในขณะที่ไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวจะประกอบด้วยโมเลกุลที่มีพันธะคู่หรือพันธะสามอย่างน้อยหนึ่งตำแหน่ง นอกจากนี้ ไฮโดรคาร์บอนอะโรมาติกจะประกอบด้วยโมเลกุลที่มีวงแหวนอะโรมาติกอย่างน้อยหนึ่งวง

### 23.1.2 ไฮโดรคาร์บอนหนัก (Heavy Hydrocarbon)

น้ำมันดิบที่ประกอบด้วยน้ำหนักโมเลกุลที่มีน้ำหนักสูง,  $> 300$  กรัม มที่ระเหยง่ายที่ที่จัดประเภท

### 23.1.3 น้ำมันอุดรอยรั่ว (Oil Curing Fluid)

เป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม 2 ชนิด คือ

น้ำมันอุดรอยรั่ว น้ำมันอุดรอยรั่วและน้ำมันอุดรอยรั่ว

น้ำมันอุดรอยรั่วเป็นผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า Stable Oil / Oil Curing Oil, Roding Oil, น้ำมันที่เติม

### 23.1.4 น้ำมันและไขมันจากสัตว์ทะเล

น้ำมันและไขมันในน้ำทะเลและน้ำมันดิบได้จากสัตว์ทะเลและสัตว์บกและสัตว์น้ำและสัตว์

## 23.2 สถานะของน้ำมันและไขมันในน้ำและน้ำเสีย

น้ำมันและไขมันในน้ำและน้ำเสียมีลักษณะที่ต่างกันคือ น้ำมันที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ เช่น น้ำมันดิบ และ

จะพบว่ามีสารที่มีกลิ่นหอมคล้ายกับที่พบในธรรมชาติ และสามารถใช้สังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ ได้

ตารางที่ 23.1 ชื่อสามัญของสารอินทรีย์ที่มีกลิ่นที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

ชื่อสาร	สูตรโมเลกุล	จุดเดือด (°C)	กลิ่นที่พบ
Bergamot	$C_{10}H_{16}O$	157	ส้มเขียวหวาน
Capron	$C_{11}H_{22}O$	172	นมเปรี้ยว, น้ำมันหอมระเหย
Caproic	$C_{11}H_{20}O$	176	นมเปรี้ยว, น้ำมันหอมระเหย
Capric	$C_{12}H_{24}O$	173	น้ำมันหอมระเหย
Capric	$C_{12}H_{22}O$	174	น้ำมันหอมระเหย
Mystic	$C_{12}H_{20}O$	178	น้ำมันหอมระเหย
Palmitic	$C_{16}H_{32}O$	253	น้ำมันหอมระเหย, ไขมันสัตว์
Stearic	$C_{18}H_{36}O$	294	ไขมันสัตว์, ไขมันสัตว์
Arachidic	$C_{20}H_{40}O$	303	ไขมันสัตว์, ไขมันสัตว์
Behenic	$C_{22}H_{44}O$	344	ไขมันสัตว์
Oleic	$C_{18}H_{34}O$	14	ไขมันพืช, ไขมันสัตว์
Linoleic	$C_{18}H_{32}O$	133	Essential oil
Linolenic	$C_{18}H_{30}O$	111	Essential oil
Linolenic	$C_{18}H_{28}O$		Essential oil
Myristic	$C_{14}H_{28}O$	198	น้ำมันหอมระเหย

ชื่อสามัญของสารอินทรีย์ที่มีกลิ่นที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของสารประกอบอินทรีย์ที่มีกลิ่นที่พบในธรรมชาติ และสามารถใช้สังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ ได้







แทนที่ของไขมันที่จัดว่า "จำเป็น" หรือที่เรารู้จักกันในชื่อ "กรดไขมันจำเป็น" ที่พบในไขมันสัตว์และพืชบางชนิด เช่น น้ำมันปลา และน้ำมันงา เป็นต้น ซึ่งจำเป็นสำหรับร่างกายในการสร้างฮอร์โมนและวิตามินบางชนิดที่ร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นได้เองได้ นอกจากนี้ กรดไขมันจำเป็นยังมีส่วนช่วยในการดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมัน เช่น วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค

ในกรณีที่ขาดกรดไขมันจำเป็นเหล่านี้ จะส่งผลให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคผิวหนัง โรคหัวใจ โรคหลอดเลือด และโรคภูมิคุ้มกันบกพร่อง เป็นต้น นอกจากนี้ กรดไขมันจำเป็นยังมีส่วนช่วยในการสร้างเซลล์สมองและระบบประสาทส่วนกลางอีกด้วย

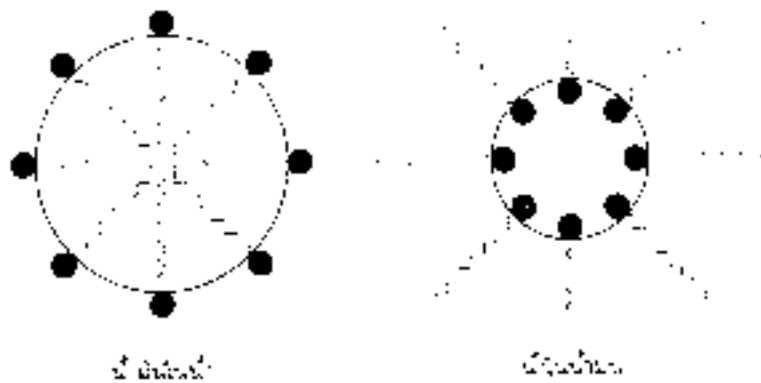
กรดไขมันจำเป็นมี 2 ชนิด คือ กรดไขมันอิ่มตัว (SFA) และ กรดไขมันไม่อิ่มตัว (UFA) ซึ่งกรดไขมันอิ่มตัวมีอยู่ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากนม ในขณะที่กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีอยู่ในพืชและน้ำมันพืช

$$d = 6.7 \times 10^{-10} \text{ m}$$

การที่ไขมันจำเป็นมีคุณสมบัติในการดูดซับแสงในช่วงความยาวคลื่นที่มองเห็นได้ ทำให้ไขมันจำเป็นมีคุณสมบัติในการดูดซับแสงในช่วงความยาวคลื่นที่มองเห็นได้

ในบริเวณที่ขาดกรดไขมันจำเป็น จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีผิวที่เรียกว่า "Skin Deficiency" ในบริเวณที่ขาดกรดไขมันจำเป็นจะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีผิวที่เรียกว่า "Skin Deficiency" ซึ่งเกิดจากการที่ไขมันจำเป็นมีส่วนช่วยในการดูดซับแสงในช่วงความยาวคลื่นที่มองเห็นได้ นอกจากนี้ กรดไขมันจำเป็นยังมีส่วนช่วยในการดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมัน เช่น วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค

และเมื่อ  $S_{n+1}$  มาถึงในขั้นตอนที่  $n$  เราจะได้  $S_{n+1}$  จาก  $S_n$  โดยใช้ใน  
 ขั้นตอนถัดไปและใช้  $S_n$  เป็น  $S_{n+1}$  ซึ่งจะได้  $S_{n+1}$  จาก  $S_n$  โดยใช้ใน  
 ขั้นตอนถัดไป และใช้  $S_n$  เป็น  $S_{n+1}$  โดยใช้ในขั้นตอนถัดไปโดยใช้ใน  
 ขั้นตอนถัดไป โดยใช้  $S_n$  เป็น  $S_{n+1}$  โดยใช้ในขั้นตอนถัดไปโดยใช้ใน  
 ขั้นตอนถัดไป โดยใช้  $S_n$  เป็น  $S_{n+1}$  โดยใช้ในขั้นตอนถัดไปโดยใช้ใน  
 ขั้นตอนถัดไป โดยใช้  $S_n$  เป็น  $S_{n+1}$  โดยใช้ในขั้นตอนถัดไปโดยใช้ใน



รูปที่ 23.1 ชุดของตัวเลขที่มีคุณสมบัติ Sieve

**23.3 วิธีการหาจำนวนเฉพาะ**

การหาจำนวนเฉพาะที่มีค่าไม่เกิน  $n$  โดยใช้วิธีการของ Sieve  
 ขั้นตอนแรกคือหาจำนวนเฉพาะที่มีค่าไม่เกิน  $n$  โดยใช้วิธีการของ Sieve  
 ขั้นตอนแรกคือหาจำนวนเฉพาะที่มีค่าไม่เกิน  $n$  โดยใช้วิธีการของ Sieve  
 ขั้นตอนแรกคือหาจำนวนเฉพาะที่มีค่าไม่เกิน  $n$  โดยใช้วิธีการของ Sieve  
 ขั้นตอนแรกคือหาจำนวนเฉพาะที่มีค่าไม่เกิน  $n$  โดยใช้วิธีการของ Sieve

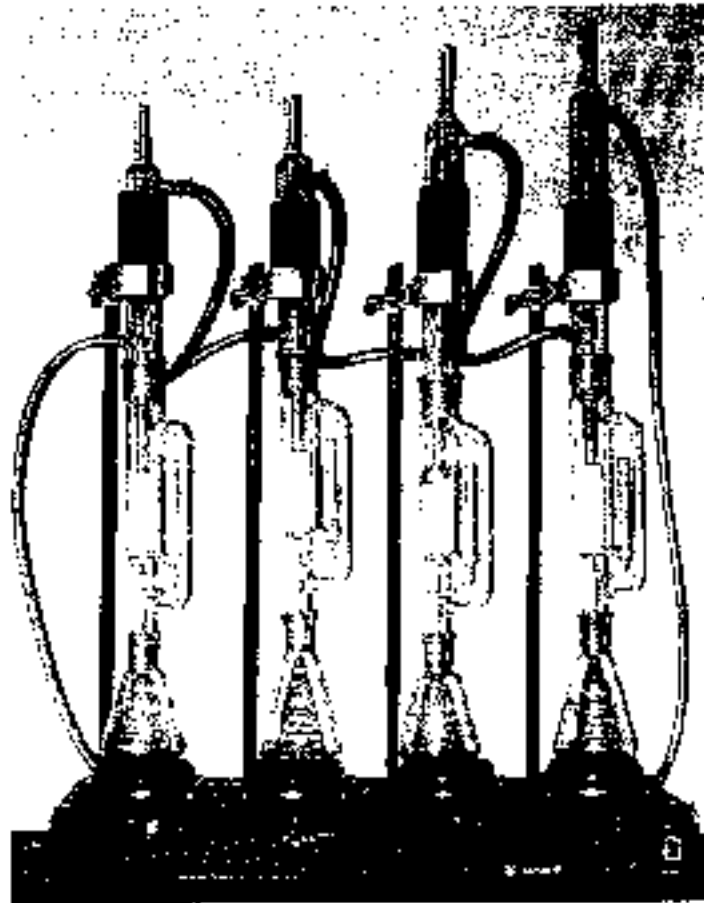
เขียนเฉพาะที่มีค่าไม่เกิน







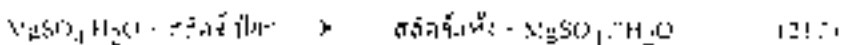
199.003 วัดค่าความดันโลหิตแบบอัตโนมัติ โดยอัตโนมัติของ ซึ่งสามารถใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้อง FOG สัมผัสที่สายวัดความดันโลหิต



รูปที่ 23.2 ชุดวัดค่า FOG แบบ Sachtel

### 23.3.3 วิธีวิเคราะห์ FOG ในตัวอย่างสด

การวิเคราะห์ FOG ในตัวอย่างสดทำได้หลายวิธีโดยวิธีที่ง่ายที่สุดและไม่แพงเกินไปคือวิธีของกรมการคลัง. ขั้นตอนการวิเคราะห์ทำได้หลายวิธีโดยวิธีที่ง่ายที่สุดและไม่แพงเกินไปคือวิธีของกรมการคลัง. ขั้นตอนการวิเคราะห์ทำได้หลายวิธีโดยวิธีที่ง่ายที่สุดและไม่แพงเกินไปคือวิธีของกรมการคลัง. ขั้นตอนการวิเคราะห์ทำได้หลายวิธีโดยวิธีที่ง่ายที่สุดและไม่แพงเกินไปคือวิธีของกรมการคลัง.



เมื่อถูกสารอินทรีย์ในตัวอย่าง  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  จะเกิดสารอินทรีย์และน้ำในรูปของสารอินทรีย์  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ซึ่งจะรวมรวมอยู่ในตัวอย่างสารอินทรีย์ทั้งหมดที่สกัดด้วยวิธีที่ง่ายที่สุดและไม่แพงเกินไปคือวิธีของกรมการคลัง. ขั้นตอนการวิเคราะห์ทำได้หลายวิธีโดยวิธีที่ง่ายที่สุดและไม่แพงเกินไปคือวิธีของกรมการคลัง. ขั้นตอนการวิเคราะห์ทำได้หลายวิธีโดยวิธีที่ง่ายที่สุดและไม่แพงเกินไปคือวิธีของกรมการคลัง.

## 23.4 บทบาทของข้อมูล FOG ในทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

### 23.4.1 บทบาทของ FOG ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การปล่อยมลพิษจากกระบวนการอุตสาหกรรมและชุมชน การระเหยของสารอินทรีย์ที่ระเหยง่ายจากถังเก็บน้ำมัน 3 ขั้นตอนในปี 1980 ในพื้นที่ชุมชนและอุตสาหกรรมใน 100 ไมล์ 3 ขั้นตอนในปี 1980 เป็นสารอินทรีย์ที่ระเหยง่ายที่ปล่อยออกมาเป็นสารอินทรีย์ที่ระเหยง่าย. ขั้นตอนการวิเคราะห์ทำได้หลายวิธีโดยวิธีที่ง่ายที่สุดและไม่แพงเกินไปคือวิธีของกรมการคลัง. ขั้นตอนการวิเคราะห์ทำได้หลายวิธีโดยวิธีที่ง่ายที่สุดและไม่แพงเกินไปคือวิธีของกรมการคลัง.



23.4.2 *ประเภทซีซีอาร์ในดาวน์โหลด FOG*

FOG นั้นใช้ คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการเป็น BIOS และ CDD ถึงจะลงระบบที่ตรงตามกับที่  
 MBI สามารถทำ FOG ที่เป็นอิสระซึ่งสามารถดาวน์โหลดซีซีอาร์ที่มีอยู่ในมีเดียระบบ  
 สามารถใช้มันบนที่สอซีซีอาร์ เช่น DVI (Dissolve A.I. FOG) สามารถใช้กับซีซีอาร์  
 ของมันได้ (มีสื่ออื่น) เช่น ซีดีรอมระบบ (หรือ) โดรน (ดูตอนที่ ส่วนนี้) ซีซีอาร์ที่มี  
 สามารถใช้กับซีซีอาร์ที่มีระบบนี้คือที่ติดตั้งระบบที่เฉพาะ โดยทั่วไปเป็นของระบบซีซีอาร์  
 ซีซีอาร์ที่ FOG ไม่จำเป็นต้องใช้ และนี่คือว่า FOG สามารถ ใช้สามารถจัดประเภทซีซีอาร์  
 ของมันกับที่มันลงไปได้

23.4.3 *ปัญหาซีซีอาร์ที่จัดเป็น FOGing*

ในปัจจุบันนี้ เป็นที่ทราบกันว่า การติดตั้งระบบระบบที่อาจปรับ และระบบที่มีระบบที่  
 ระบบของระบบของระบบที่ติดตั้งที่ซีซีอาร์ โดรน (ดูตอนที่ โดรน) ซีซีอาร์ที่มีระบบที่  
 ซีซีอาร์ ที่มีระบบที่ซีซีอาร์ที่ FOG ที่มีระบบ หรือที่จัด FOG ที่มีระบบ  
 ระบบที่ ซีซีอาร์ที่ FOGing ซีซีอาร์ที่มีระบบที่ ซีซีอาร์ที่มีระบบที่ ซีซีอาร์ที่มีระบบที่

**ซัลเฟต (Sulfate) และ ซัลไฟด์ (Sulfide)**

24.1 การวิเคราะห์ซัลเฟตและ ซัลไฟด์ในสารอินทรีย์จนถึงขนาดอื่น	24-7
24.1.1 การวิเคราะห์ไอโอดีนในซัลไฟด์ (Ba, Sr)	24-7
24.1.2 การวิเคราะห์จาก การทดสอบปฏิกิริยาไอโอดีนในซัลไฟด์	24-8
24.1.3 พิษของไฮโดรเจนซัลไฟด์	24-9
24.1.4 ปฏิกริยารีดิวซ์กับไอโอดีนกับซัลไฟด์ และกรดซัลฟิวริก	24-10
24.1.5 การวิเคราะห์ Crown Conosor ๒๐๐ ในรูปผลึก	24-11
24.1.6 การวิเคราะห์ซัลไฟด์	24-11
24.1.7 การวิเคราะห์ SO <sub>2</sub> โดยวิธีอื่น	24-13
24.2 ส่วนประกอบของซัลไฟด์อินทรีย์	24-14
24.2.1 ซัลไฟด์ที่ง่าย	24-14
24.2.2 ซัลไฟด์ที่ซับซ้อน	24-14
24.2.3 การวิเคราะห์ซัลไฟด์อินทรีย์	24-14
24.3 การวิเคราะห์ปริมาณกำมะถันในซัลไฟด์อินทรีย์	24-15
24.3.1 การวิเคราะห์ด้วยวิธีปริมาณวิเคราะห์	24-15
24.3.2 การวิเคราะห์ด้วยวิธีปริมาณวิเคราะห์ (HS) ของซัลไฟด์	24-16
24.4 วิธีวิเคราะห์ซัลไฟด์	24-21
24.4.1 วิธีวิเคราะห์ด้วย Barium Sulfate	24-21
24.5 วิธีวิเคราะห์ซัลไฟด์	24-23
24.5.1 วิธีวิเคราะห์โดยวิธีอื่น	24-23
24.5.2 วิธีวิเคราะห์โดยวิธีซัลไฟด์อินทรีย์	24-24

## บทที่ 24

### ซัลเฟต (Sulfate) และซัลไฟด์ (Sulfide)

ซัลไฟด์เป็นสารที่มีอยู่ในหินและดินของระบบเปลือกโลก เมื่ออยู่ในรูปของประกอบจะมีเลขออกซิเดชันของกำมะถัน +2 มี +4 และ +6 สำหรับซัลไฟด์ที่มีเลขออกซิเดชันของกำมะถัน +2 มี +4 และ +6 ในรูปของซัลเฟตและซัลไฟด์ +6 เป็นสารประกอบซัลเฟตที่มีมวลโมเลกุลที่ต่ำ เนื่องจากมีเลขออกซิเดชันสูงทุกชนิดที่กล่าวถึงมี +6 และ +4 และมี +2 +4 +6 เป็น 24.1 มวลของธาตุกำมะถันของซัลไฟด์ และสารประกอบซัลเฟตที่พบในธรรมชาติ

ตารางที่ 24.1 มวลของชนิดชั้นของซัลไฟด์และสารประกอบซัลเฟต

รูปของธาตุหรือสารประกอบซัลไฟด์	เลขออกซิเดชัน
สารกำมะถันซัลไฟด์ (S <sub>8</sub> )	+2
ซัลไฟด์ (S <sub>2</sub> )	+2
ซัลไฟด์ (S <sup>2-</sup> )	0
ซัลไฟด์ (S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	+2 (average per S)
ซัลไฟด์ (S <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	+3 (average per S)
ซัลไฟด์ (Tetra thionate (S <sub>4</sub> O <sub>6</sub> <sup>2-</sup> )	+4
ซัลไฟด์ (S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>2-</sup> )	+4
ซัลไฟด์ (S <sub>2</sub> O <sub>6</sub> <sup>2-</sup> )	+6
ซัลไฟด์ (S <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> )	+6
ซัลไฟด์ (S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> <sup>2-</sup> )	+6

แหล่งของซัลเฟตและสารประกอบซัลเฟตอื่น ๆ ในธรรมชาติได้แก่ในรูปแร่ธาตุที่รู้จักกัน เช่น ซัลไฟต์ (S<sup>2-</sup>) , แร่ซิงค์ (ZnSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) , แร่ไพไรต์ (Pyrite FeS<sub>2</sub>) ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของหินถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติและน้ำบาดาลที่ไหลซึมผ่านชั้นหินอุ้มน้ำที่เป็นหินอุ้มน้ำที่อุดมด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ ในกระบวนการก่อตัวของซัลเฟตที่พบในธรรมชาติได้แก่ ซัลไฟต์ (SO<sub>3</sub>) และซัลไฟด์ (S<sup>2-</sup>) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ระหว่างน้ำบาดาลกับหินอุ้มน้ำที่อุดมด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ ในกระบวนการก่อตัวของซัลเฟตที่พบในธรรมชาติได้แก่ ซัลไฟต์ (SO<sub>3</sub>) และซัลไฟด์ (S<sup>2-</sup>) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ระหว่างน้ำบาดาลกับหินอุ้มน้ำที่อุดมด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ ในกระบวนการก่อตัวของซัลเฟตที่พบในธรรมชาติได้แก่ ซัลไฟต์ (SO<sub>3</sub>) และซัลไฟด์ (S<sup>2-</sup>)

- การเกิดซัลไฟต์ในหิน
- การเกิดซัลไฟต์ในหิน
- Soft Water และการเกิดซัลไฟต์ในหิน
- การเกิดซัลไฟต์ในหิน
- การเกิดซัลไฟต์ในหิน
- การเกิดซัลไฟต์ในหิน

ในกรณีที่มีน้ำบาดาลที่มีซัลเฟตสูงถึง ๑๐๐-๕๐๐ มก./ลิ. และมีซัลเฟต (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) รวมกัน หรือมีซัลเฟตสูงถึง ๑๐๐ มก./ลิ. ในขณะที่มีน้ำบาดาลที่มีซัลเฟตสูงถึง ๑๐๐-๕๐๐ มก./ลิ.

**วัฏจักรของซัลเฟต**

วัฏจักรของซัลเฟตเป็นวัฏจักรที่ซับซ้อนซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางเคมีและชีวเคมีต่าง ๆ ในธรรมชาติ ซัลเฟตที่พบในธรรมชาติสามารถเกิดจากปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ระหว่างน้ำบาดาลกับหินอุ้มน้ำที่อุดมด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ ในกระบวนการก่อตัวของซัลเฟตที่พบในธรรมชาติได้แก่ ซัลไฟต์ (SO<sub>3</sub>) และซัลไฟด์ (S<sup>2-</sup>) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ระหว่างน้ำบาดาลกับหินอุ้มน้ำที่อุดมด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ ในกระบวนการก่อตัวของซัลเฟตที่พบในธรรมชาติได้แก่ ซัลไฟต์ (SO<sub>3</sub>) และซัลไฟด์ (S<sup>2-</sup>)

หากสังเกตกัน สารประกอบของซัลเฟอร์ในรูปซัลไฟด์จะถูกใช้ไปในสารให้อิเล็กตรอน สำหรับการผลิตพลังงานของจุลินทรีย์ที่พวกมันได้เข้ามาเกี่ยวข้องกับ

วัตถุประสงค์ของซัลเฟอร์มีลักษณะคล้ายวัฏจักรของไนโตรเจน เนื่องจากสิ่งมีชีวิตสามารถปฏิบัติหรือหรือกิจกรรมทางชีวภาพเป็นอย่างมาก (เช่นในรูปของ NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ซัลเฟอร์ส่วนใหญ่ในสารประกอบอินทรีย์ (เรียกว่าสารอินทรีย์ซัลเฟอร์) มีอยู่ในรูปของโปรตีน และที่เรียกว่ากรดอะมิโน กรดอินทรีย์ซัลเฟอร์ เพื่อสร้างเป็นเนื้อเยื่อ และพลังงานในการทำงานในกรดอะมิโน ซัลเฟอร์ถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปซัลไฟด์ภายใต้สภาวะแอโรบิก ส่วนภายใต้สภาวะไม่ใช้ออกซิเจน ซัลเฟอร์จะถูกเปลี่ยนเป็นซัลไฟด์หรือไฮโดรเจนซัลไฟด์ ถ้าจะพิจารณาวัฏจักรซัลเฟอร์ในพืช และใช้ในการเจริญเติบโต เมื่อพืชและสัตว์ตายก็จะเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนและกรดอินทรีย์ซัลเฟอร์ในดินหรือในน้ำ

บางจุลินทรีย์รวมกลุ่มไฮโดรเจน เช่น แบคทีเรียซัลเฟอร์สีม่วง (Purple Sulfur Bacteria) สามารถเจริญเติบโตได้โดยใช้ H<sub>2</sub>S และสารอินทรีย์ซัลเฟอร์อื่น (เช่น Cysteine) เป็นแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอนสำหรับชีวิต แบคทีเรียซัลเฟอร์สีม่วง (SRB) สามารถใช้ซัลไฟด์ที่กลายเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์



### 24.1 บทบาทของซัลเฟตและซัลไฟด์ในทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ซัลเฟตพบอยู่ทั่วไปในน้ำธรรมชาติ นั่นก็เช่นเดียวกับในดินและอากาศและน้ำทิ้งจากขบวนการต่าง ๆ ผู้บริโภคที่มีชีวิตซัลเฟตปริมาณมากจะก่อให้เกิดการระคายเคืองขึ้นได้ ในกระบวนการซัลเฟตที่มีความสำคัญ เป็นกลางกับสัตว์ถ้าทำให้เกิดความผิดปกติ ต่อให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นและการก่อคราบน้ำมันในน้ำเสีย ปัญหาดังกล่าวเกิดจากปฏิกิริยารีดักชันของซัลเฟตกลายเป็นซัลไฟด์ภายใต้สภาวะไม่ใช้ออกซิเจน

#### 24.1.1 การรีดิวซ์ไอออนของซัลไฟด์ (HS<sup>-</sup>)

ไอออนของซัลไฟด์เป็นสาเหตุที่พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ เนื่องจากมีกลิ่นที่ฉุนไหม้ จึงทำให้เป็นสาเหตุที่ผู้ใช้งานต้องระวังเสมอ และนี่ก็เกิดขึ้นจากกระบวนการรีดิวซ์ของซัลเฟตของแบคทีเรียรีดิวซ์ซัลเฟต โดยแบคทีเรียพวกอัลบูมิน (Albamin) หรือในบาง อีโคซิสเต็มที่อยู่สภาวะซีดขาด ออกซิเจน ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไป ไอออนของซัลไฟด์เกิดขึ้นในบริเวณที่อุดมด้วยอินทรีย์สารซึ่งมีปริมาณสูงมาก

ในไอออนของซัลไฟด์สามารถพบได้ในน้ำใต้ดินเช่นกัน กรณีเช่นนี้แสดงว่าเมื่อเราขุดหลุมเจาะหาอินทรีย์สารในส่วนที่ลึกๆ และปฏิกิริยารีดักชันก็เรียกว่า ซัลเฟตรีดักชัน (Sulfate Reduction) มักมีชื่อเรียกอีกอย่างคือ Anaerobic Bacteria อันได้แก่จุลินทรีย์ที่ขุดหลุมหาอินทรีย์สารโดยใช้ซัลเฟตเป็นสารรับอิเล็กตรอนและเปลี่ยนเป็นซัลไฟด์ ปฏิกิริยารีดักชันซัลไฟด์ (SR) จะทำให้เกิด H<sub>2</sub>S และ H<sub>2</sub>

ในไอออนของซัลไฟด์พบได้มากในน้ำที่ขุ่นและขุ่นในขบวนการหมัก เช่น ไบโอดีเจเนอเรชัน เป็นน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสีย ขบวนการหมักประเภทอื่น เช่น ไบโอดีเจเนอเรชัน ไบโอบีโอดีเจเนอเรชัน (Viscose Rayon) และอื่นๆ





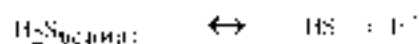
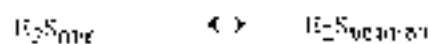
โพลิเมอร์ที่ขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน โพลีปรอสีน ดีเซลโฟลีน และโพลีเอทิลีนเป็นโพลิเมอร์ที่มีผลึก การเกิดโพลิเมอร์ที่มีผลึกจำนวนมากจะขึ้นกับวิธีการผลิตของโพลิเมอร์ เช่น ซัลเฟอร์ไรต์ ซัลไฟด์ ซัลไฟด์ โพลีเอทิลีนไฮดรอกซีไดเมทิลอีเธอร์

### 24.1.1 พิกซ์ของไฮโดรเจนซัลไฟด์

ไฮโดรเจนซัลไฟด์จัดเป็นแก๊สพิษ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น (rotten egg) และมีจุดเดือดเป็นเหมือนโพลิเมอร์ที่มีผลึกแข็งแข็ง ไฮโดรเจนซัลไฟด์มีผลึกเป็นผลึกเดี่ยวที่มีโครงสร้างผลึกแบบออร์โธโรอมบิควิว (orthorhombic) พิกซ์ของไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสถานะของเหลวหรือของแข็ง มีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกับไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสถานะของเหลวหรือของแข็ง มีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกับไฮโดรเจนซัลไฟด์เพียง 0.03% (300 ส่วนในล้านส่วน) ในสถานะของเหลวเล็กน้อย ผลึกของไฮโดรเจนซัลไฟด์จะเปลี่ยนเป็นผลึกที่วุ่นวายมากขึ้นจากไฮโดรเจนซัลไฟด์เหลวเมื่ออุณหภูมิ = 100 °C ในน้ำ

ปริมาณผลึกที่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิ 10 °C ปริมาณของไฮโดรเจนซัลไฟด์ในน้ำ = 2.8 กก. ส. ใน 100 กก. น้ำ หรือ 0.1% ส่วนของน้ำให้เจือจางได้โดยทั่วไป หรือ 0.6 กก. ส. ใน 100 กก. ของน้ำ และเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะมีผลึกที่ละลายในน้ำ

ซิลิโคนเป็นสารที่มีพันธะโควาเลนต์เชิงโมเลกุลหนึ่ง รวมทั้งคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกับพิกซ์ของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่มีผลึกจาก H<sub>2</sub>S ซึ่งสามารถจัดโครงสร้างที่ไม่ผลึกได้ไม่เพียงแต่ในสถานะของเหลว H<sub>2</sub>S เป็นพิกซ์ที่คล้ายคลึงกับซิลิโคนที่วุ่นวายหรือผลึกที่วุ่นวายหรือผลึกที่วุ่นวาย อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของซิลิโคนที่มีผลึกในน้ำที่อุณหภูมิ 10 °C ความเข้มข้นของ H<sub>2</sub>S จะเปลี่ยนแปลงตามผลึกที่ละลาย



กล่าวคือ ความเข้มข้นของ  $H_2S$  ในน้ำจะต่ำกว่าค.ล.ค.มากกว่าค.ล.ค.ของ  $H_2S$  ในน้ำจืดที่มีน้ำเป็นสื่อกลางของเหลวที่ความดันบรรยากาศของ  $H_2S$  (0.01 Pa) จะมี  $H_2S$  ละลายนี้น้ำได้ 28 มก. ลิ. ส่วนความเข้มข้นของ  $H_2S$  ในน้ำจะขึ้นอยู่กับพีเอช โดยที่เซลล์ไฟฟ้าในน้ำมีอยู่ใน 2 รูปคือ  $H_2S$  (อิสระ) และ  $HS^-$  (อิสระ) ปริมาณของ  $H_2S$  และ  $HS^-$  จะคำนวณโดยค่า  $K_1 = \frac{[HS^-][H^+]}{[H_2S]}$  =  $10^{-7.0}$  ที่อุณหภูมิ 20°C

#### ๒๔.๑.๔ ปฏิกริยารีดิวซ์ซัลเฟตในเซลล์ไฟฟ้า (รีดิวซ์ซัลเฟต)

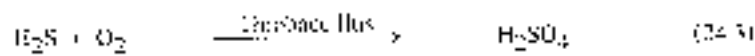
เซลล์ไฟฟ้าจะรีดิวซ์ซัลเฟต โดยที่รีดิวซ์ซัลเฟต (Sulfate Reducing Bacteria) หรือ SRB จะรีดิวซ์ซัลเฟต ( $SO_4^{2-}$ ) และซัลไฟต์ ( $SO_3^{2-}$ ) ให้กลายเป็นซัลไฟด์ได้



เซลล์ประเภทซัลเฟตรีดิวซ์ของชนิดจะเป็นสารรีดิวซ์อิเล็กตรอนสูงโดยโดยมีสารอินทรีย์ที่ ถูกออกซิไดซ์ เป็นสารรีดิวซ์อิเล็กตรอน ปฏิกริยาข้างล่างนี้เรียกว่า ซัลเฟตรีดักชัน แม้ว่ากระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนมีจุดมุ่งหมายในการผลิตมีเทน แต่ได้แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือซัลไฟต์ ปฏิกริยารีดิวซ์ซัลเฟตที่รับจะเกิดขึ้นได้เสมอเพราะทำให้พลังงานมากกว่าปฏิกริยาสร้างมีเทน

### ๒๔.๑.๕ การเกิด Crown Corrosion ภายในคัมภีร์น้ำเสีย

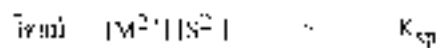
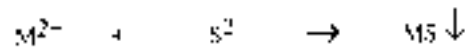
ภายในคัมภีร์น้ำเสีย ซัลเฟตจะถูกยวดยิ่งขึ้นเป็นซัลไฟด์หรือไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยแบคทีเรียรีดิวซ์ซัลเฟต (Sulfate Reducing Bacteria) เป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่อยู่เหนือระดับน้ำของคัมภีร์น้ำเสียจะถูกออกซิไดส์จากน้ำหรือบนผิวของบริเวณที่คัมภีร์น้ำเสีย (ดูรูปที่ ๒๔.๒) ผลลัพธ์นี้เรียกว่า Crown ซึ่งคัมภีร์น้ำเสียมีความชื้น ผลที่ได้ก็คือจะเกิดซัลเฟตแบคทีเรียที่ออกซิไดส์ซัลไฟด์โดยปกติของบริเวณที่ระดับน้ำของคัมภีร์น้ำเสีย ซึ่ง Thiothrix และ Sulfobacillus อาศัยอยู่ ซัลไฟด์จะถูกออกซิไดส์ด้วย  $1.6 \times 10^6$  กิโลวัตต์ภายในปี และซัลไฟด์ซึ่งใช้ลดหรือลดทอนลงจะ

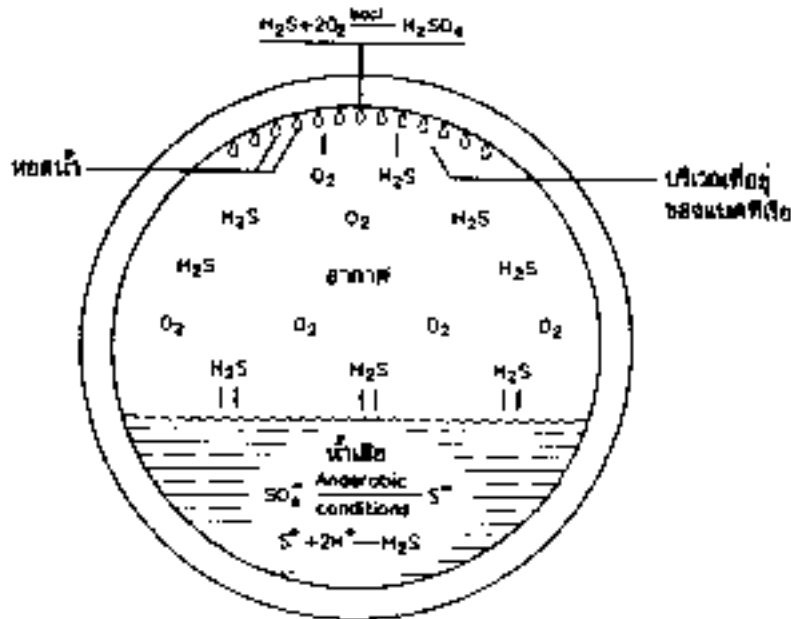


นี่เป็นเหตุผลที่ทำให้คัมภีร์น้ำเสียที่รีดิวซ์ซัลเฟตเป็นน้ำเสียที่มีความรุนแรงของคอรอสชันหรือการกัดกร่อนที่สัมพันธ์กับคัมภีร์น้ำเสียในคัมภีร์น้ำ

### ๒๔.๑.๖ การตกตะกอนซัลไฟด์

ซัลไฟด์ของ  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  ได้เป็นสารประกอบไฮดรอกไซด์และซัลไฟด์ที่ละลายน้ำได้น้อย เช่น  $\text{ZnS}$ ,  $\text{CuS}$ ,  $\text{NiS}$ ,  $\text{FeS}$  เป็นต้น การสร้างโลหะซัลไฟด์เกิดขึ้นในปฏิกรณ์เคมีที่ใช้ในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสียที่มีสารกำมะถันที่เกิดขึ้นเป็นแบบ Precipitation ดังนี้





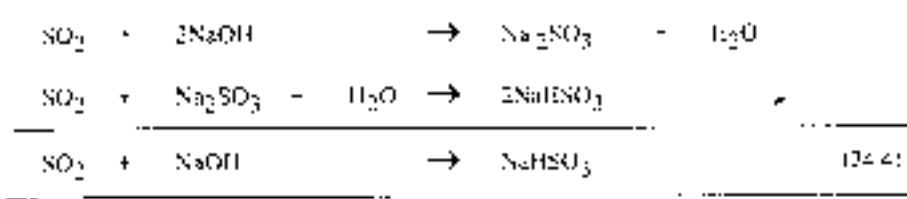
รูปที่ 24.2 การเกิด Crown Corrosion ภายในท่อน้ำเสีย

การแตกหักด้วยซัลไฟด์มีประสิทธิผลสูงกว่าว่าการแตกหักด้วยไฮโดรเจนในกรณีการจัดโลหะหนักของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่มีข้อเสียที่เด่นชัดคือการแตกหักด้วยซัลไฟด์ คือ ออกซิไดไรเซชันซัลไฟด์เกิดขึ้นซึ่งมีกลิ่นเหม็น เป็นพิษและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ การใช้ซัลไฟด์กำจัดโลหะหนัก 2 วิธีคือ วิธีตกตะกอนด้วยซัลไฟด์ละลายนี้ (SSP หรือ Soluble Sulfide Precipitation) และวิธีตกตะกอนด้วยซัลไฟด์ไม่ละลายนี้ (ISP หรือ Insoluble Sulfide Precipitation) ทั้งสองวิธีมีค่าคงที่ลดแรงดันของสารประกอบซัลไฟด์ที่เติม กล่าวคือ วิธี SSP ใช้สารประกอบซัลไฟด์ที่ละลายน้ำได้เล็กน้อย เช่น  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{NaHS}$  เป็นต้น ส่วนวิธี ISP ใช้สารประกอบซัลไฟด์ที่ละลายน้ำได้โดย เช่น  $\text{FeS}$  ซึ่งทำให้ต้องเป็น anaerobic Slurry (คล้ายกับกรณีของรูปที่ 24.2)

เคมีวิทยาของแร่และน้ำเสีย

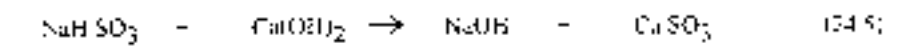
24.1.7 การกำจัด SO<sub>2</sub> โดยทั่วไป

ไอเสียที่เกิดจากการเผาถ่านหินเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ มักมี SO<sub>2</sub> เป็นของเสียออกมาด้วย การกำจัด SO<sub>2</sub> ของพวกนี้โดยทั่วไปสามารถทำได้โดยวิธีดัก SO<sub>2</sub> ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปฏิกริยาในสารละลาย SO<sub>2</sub> ด้วยโซดาไฟมี 2 ขั้นตอนนี้



สมการที่ 24.4 แสดงว่ามีกระบวนการโซดาไฟ 1 โมล เพื่อกำจัดทุก ๆ โมลของ SO<sub>2</sub> จะเห็นได้ว่ายังมีส่วนเหลือโซดาไฟในการบำบัดไอเสียเป็นอันมาก ในทางปฏิบัติจึงมีผู้พยายามหาวิธีการกำจัดด้วยวิธีต่าง ๆ วิธี Double Alkali ก็เป็นทางเลือกวิธีหนึ่ง วิธีนี้ใช้โมดูลโซดาไฟในการบำบัด SO<sub>2</sub> ในโมลเดียว

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaHSO<sub>3</sub>) ที่เกิดขึ้นในสมการที่ 24.4 จะสามารถกำจัดกับปูนขาวในชื่อ โซดาสัลไฟต์ (sulfite) เพื่อเกิด NaOH ดังนี้



ผลผลิตของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นของแข็งขาวละเอียดที่สกัดออกมาได้ง่ายและสามารถแยกออกมาจากน้ำได้ โซดาไฟที่เกิดขึ้นจะถูกหมุนเวียนกลับไปใช้กำจัด SO<sub>2</sub> ในเวลาถัดไปอีก ครั้งวิธีนี้จะไม่สิ้นเปลืองโซดาไฟ เพราะสามารถมีค่าใช้จ่ายแค่ค่าปูนขาว โซดาสัลไฟต์จะถูกกำจัดออก

ในรูปของ  $\text{CaSO}_3$  ในขณะที่ยังคงละลายอยู่และยังเป็นไอออนฟอสเฟตอยู่. การกำจัดแคลเซียมออกไซด์ในรูปของ  $\text{CaSO}_3$

## 24.2 ส่วนประกอบของซัลไฟด์ในน้ำ

ซัลไฟด์ในน้ำและน้ำเสียสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท คือ

### 24.2.1 ซัลไฟด์ทั้งหมด (Total Sulfide)

ซัลไฟด์ทั้งหมด ได้แก่ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ละลาย (Dissolved  $\text{H}_2\text{S}$ ) อีออน  $\text{HS}^-$  และอีออนไฮโปซัลไฟด์  $\text{HS}^-$  รวมทั้งสารประกอบไฮโดรซัลไฟด์ที่ปนเปื้อนกับแคลเซียมและปริมาณซัลไฟด์ซึ่งอยู่กับแคลเซียมที่มีค่าเท่ากับ 11 และ 12 จะมีซัลไฟด์ละลาย  $\text{HS}^-$  ได้เท่ากับ 0.09% และ 0.9% ตามลำดับ.

### 24.2.2 ซัลไฟด์ละลาย (Dissolved Sulfide)

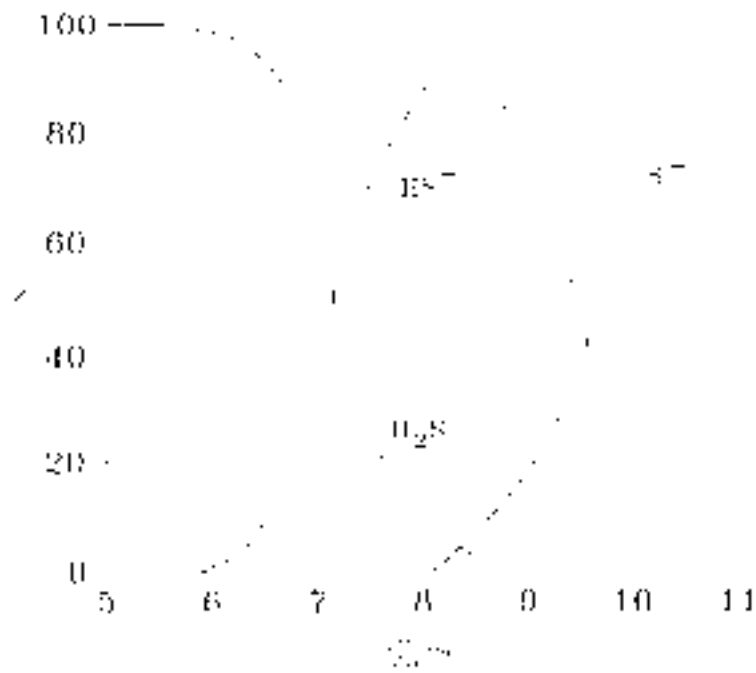
ซัลไฟด์ละลายคืออีออนซัลไฟด์  $\text{S}^{2-}$  และอีออนไฮโปซัลไฟด์  $\text{HS}^-$  ซึ่งเกิดขึ้นจากคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำแล้วเกิดปฏิกิริยากับซัลไฟด์และลดระดับ

### 24.2.3 ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์อิสระ (Non-Ionized Hydrogen Sulfide)

ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $\text{H}_2\text{S}$ ) ได้แก่ สารประกอบซัลไฟด์ที่อยู่ในรูปก๊าซซึ่งในสภาวะความเป็นอิสระ

สัมพันธ์กับ  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{S}^{2-}$  และ  $\text{HS}^-$  ในน้ำขึ้นอยู่กับ pH (ดูรูปที่ 24.1) และปริมาณของออกซิเจนในน้ำ.

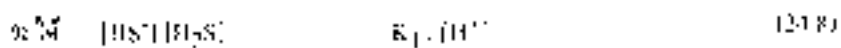
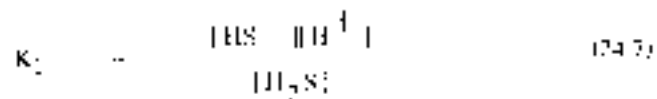
หนังสือของวันและน้ำเสีย

รูปที่ 24.3 สัดส่วนของ  $H_2S$ ,  $S^{2-}$  และ  $HS^-$  ที่ระดับ pH ต่างๆ

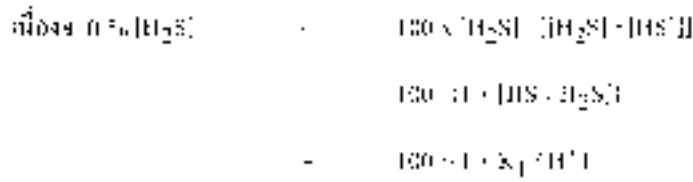
### 24.3 การคำนวณหาปริมาณ ส่วนประกอบจลนไฟฟ้าในน้ำ

#### 24.3.1 การคำนวณหาปริมาณ $H_2S$ ละลายในน้ำ

เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่าง  $H_2S$  ในน้ำกับน้ำดังนี้



สมมติว่า  $\alpha$  และ  $\beta$  คือ

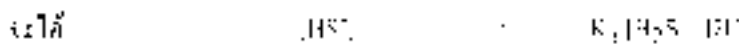
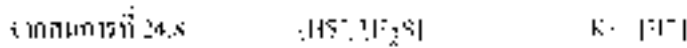


$K_1$  มีค่าเท่ากับ 24.2

ตารางที่ 24.1 ค่าของ  $K_1$  ที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ, °C	$K_1$
18	$9.1 \times 10^{-8}$
20	$10.0 \times 10^{-8}$
25	$1.2 \times 10^{-7}$
33	$14.8 \times 10^{-8}$
45	$19.4 \times 10^{-8}$
55	$24.7 \times 10^{-8}$

24.3.2 การคำนวณหาการรวมของ  $\text{HS}^-$  เมื่อสมมติว่า  $\text{H}_2\text{S}$  เป็นกรดอ่อน





ตัวอย่างที่ 24.1 จงคำนวณหาปริมาณของสารที่ละลายในน้ำที่มีปริมาตร ๑ ลิตร ที่อุณหภูมิ ๒๕°C ในสารละลายที่อิ่มตัวของ  $H_2S$  เมื่อมี  $[H^+] = 1.8 \times 10^{-4}$  และ  $[HS^-] = 7.8 \times 10^{-8}$  M

สมมติ อุณหภูมิ 25°C และ  $K_1 = 10^{-7}$

๒) ปริมาณ  $H_2S$  Dissolved  $H_2S$

สมการของเคมี จะได้

$[H_2S]$	=	$K_1 [H^+]^2$	
	=	$1.8 \times 10^{-4} \times 10^{-4}$	โมล/ลิตร
		$20.7 \times 10^{-4}$	โมล/ลิตร
		$20.7 \times 10^{-4} \times 34 \times 10^3$	มก./ล.
	=	0.7	กรัม/ล.

๓) ปริมาณ  $H_2S$  Dissolved  $HS^-$

$[HS^-]$	=	$K_2 [H_2S] / [H^+]$	
	=	$10^{-7} \times 20.7 \times 10^{-4} / 10^{-4}$	
		$20.7 \times 10^{-7}$	โมล/ลิตร
		$1.3 \times 10^{-2}$	โมล/ลิตร
		$1.3 \times 10^{-2} \times 34 \times 10^3$	
	=	40.3	มก./ล.

ปริมาณของสารที่ละลายในน้ำคือ

๗) ปริมาณของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่รวมรวม

ปริมาณของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่รวมรวม	=	$H_2S + HS^-$	
		$70.4 + 403$	
	=	473.4	1.0 ลิ

ตัวอย่างที่ 24.2 ระบบบำบัดของเสียจากโรงงานกระดาษที่มีค่า BOD<sub>5</sub> เริ่มต้น 2,500 มก./ล และมีค่า COD 4,000 มก./ล การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนประกอบด้วย  $CH_4$  55%,  $H_2S$  3%,  $CO_2$  42% จงคำนวณค่าต่างๆ ดังนี้

๑) ปริมาณของ  $H_2S$  ในแก๊สที่รวมรวม

๒) ปริมาณของ  $H_2S$  ที่ละลายในน้ำทิ้งของระบบบำบัด

๓) ปริมาณของ  $HS^-$  ที่ละลายในน้ำทิ้งของระบบบำบัด

๔) ปริมาณของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ละลายใน

ระบบนี้ว่าไม่มีค่ารวมรวมไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ละลายในน้ำทิ้งในระบบบำบัด 7.00

รวม BOD <sub>5</sub> ของที่รวมรวมของเสียที่เข้าสู่ถังหมักโดยมีปริมาณ	$2,500 \times 0.004 \times 86,400 \times 10^3$
=	8.640 $\times 10^6$ มก./วัน
ปริมาณของของเสียที่ละลายในน้ำทิ้ง	$9,500 \times 0.333 \text{ m}^3/\text{d} \times 40,000 \text{ mg COD}$
=	1,266,000 มก./วัน
ค่ารวมรวมของของเสียที่รวมรวม	$3,374 \times 100.3\%$
	1,266 $\text{m}^3/\text{วัน}$

๗) ปริมาณของไฮโดรเจนซัลไฟด์

๑๕. ส่วนผสมที่มีกรดซัลฟูริก  $H_2SO_4$  ในปริมาณร้อยละ

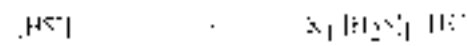
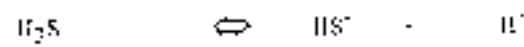
รวม, มีค่า $10^4$ g $H_2SO_4$ ใน 100 g ปริมาณ	-	$2^4$	1000.000	
ปริมาณของ $H_2SO_4$ ในภาวะวิกฤต	-	$10251_2$		
	-	$7.609 \times 10^4$ กรัม $\times 10^4$		๗.๖๐๙
เมื่อ $x = 0$ $H_2SO_4$ 100 กรัม มีปริมาตร	-	$22.4 \times (273 + 35) / (273)$		
	-	25.1		คิดเป็น 15% ของ
หรือ $H_2SO_4$ 1 m <sup>3</sup> มีน้ำหนัก		54.35 g		
		1.34		mm
น้ำหนัก $H_2SO_4$		$7.609 \times 10^4 \times 1.34$		mm. กรัม
	-	$10.184 \times 10^4$		0.9 $H_2SO_4$ กรัม
	-	$9.385 \times 10^4$		0.8 $H_2SO_4$ กรัม

๑๖. ส่วนผสม  $H_2SO_4$  ที่อุณหภูมิเริ่มต้น

$[H_2SO_4]$	-	$H_2SO_4$ ของเหลว	$K_{11} P^*$
		$811 \times 10^4 P^*$	คือ 33% ของ
		$811 \times 10^4 P^* \times 32 \times 10^3$	mm. g
	-	$26,252 \times 10^4 P^*$	
		2625 $P^*$	mm. g
		2.8 $P^*$	mm. m <sup>3</sup>
		$0.044 \times 86,400 \times 2.8 P^*$	mm. กรัม
		10,644 $P^*$	mm. กรัม

ส่วนประกอบที่ ๑๖. ค่า ๑.๖

ข. สมการ HS ที่ละลายน้ำคือ



$$K_1 = 1.5 \times 10^{-7} \text{ ที่ } 25^\circ\text{C}$$

จำนวน [HS <sup>-</sup> ]	$1.5 \times 10^{-7} \times 331 \times 10^{-4} \text{ P}^{\circ} / [\text{H}^+]$	โมล ลิตร
	$1.5 \times 10^{-7} \times 331 \times 10^{-4} \text{ P}^{\circ} \times 34 \times 10^3 / [\text{H}^+]$	
=	$4237.5 \times 10^{-7} \text{ P}^{\circ} / [\text{H}^+]$	0.03
=	$4237.5 \times 10^{-7} \text{ P}^{\circ} \times 10^3 / [\text{H}^+]$	0.03
=	$4.2 \times 10^{-7} \text{ P}^{\circ} / [\text{H}^+]$	0.03
	$4.2 \times 10^{-7} \times 0.024 \times 86.089 \text{ P}^{\circ} / [\text{H}^+]$	
=	$1396.7 \times 10^{-7} \text{ P}^{\circ} / [\text{H}^+]$	
=	$1.6 \times 10^{-3} \text{ P}^{\circ} / [\text{H}^+]$	0.03

ใช้สมการ  $\text{P}^{\circ} = 10^{\text{ค่า pH} - 7.0}$

[H <sub>2</sub> S] <sub>g</sub>	=	9582 x 0.03	=	287.4	0.03 ลิตร
[H <sub>2</sub> S] <sub>l</sub>		13694 x 0.03	=	410.8	0.03 ลิตร
		330.4			0.03 ลิตร
[HS <sup>-</sup> ]	=	$1.6 \times 10^{-3} \times 0.02 \text{ P}^{\circ} / 10^{-7}$			
	=	$0.018 \times 10^3$	=	180	0.03

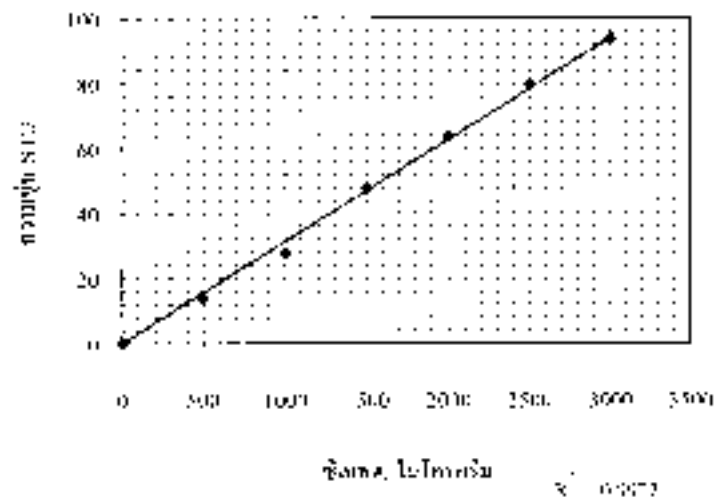
สมมติว่า สารละลายอิ่มตัว



อยู่ในรูปที่ 24.4 และรูปที่ 24.5 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า เมื่อบริษัทอย่างมาตรฐานจัดเก็บที่มีปริมาณอยู่ในช่วงเดียวกัน ค่า Absorbance ที่ได้มีค่าต่ำและมีช่วงแคบกว่าช่วงความเข้มข้นที่ได้ (ดูรูปที่ 24.4 และรูปที่ 24.5 เปรียบเทียบกัน) และจะเห็นได้ว่าค่าความเข้มข้นได้สอดคล้องกับวิธี Absorbance

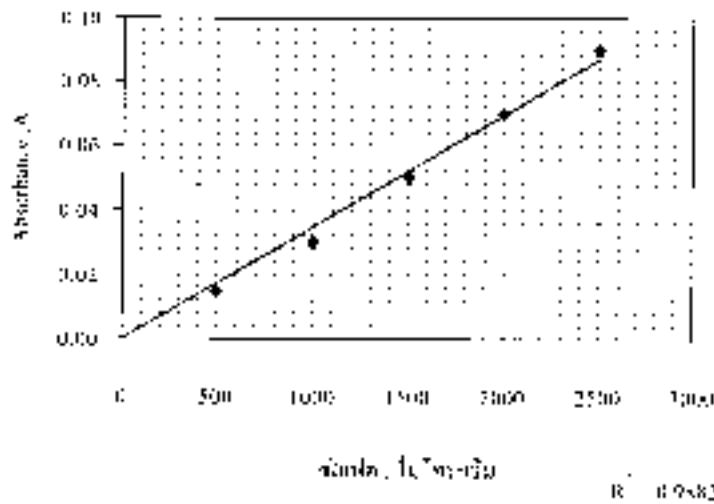
#### ขั้นตอนและข้อควรระวัง

1. โครมาโตกราฟมีสี่สายพาน หลังจากการกรอง แล้วยกออกจนได้ความยาวเท่าความลึกหลอด เมื่อวางเข็มและสายพานได้โครมาโตกราฟแล้วให้นำมาตั้งบนโต๊ะที่มั่นคงและปรับระดับให้ห้องเดินแบบเร็วปกติแล้วเริ่มเดินแบบเร่ง
2. หลอดแก้วสำหรับใส่ตัวอย่างควรเตรียมพร้อมก่อนจะนำตัวอย่างไปใส่ โดยอย่าให้ตัวอย่าง



รูปที่ 24.4 ตัวอย่างกราฟเฟรมมาตรฐานข้อโต้แย้งวิธีความเข้มข้น

เคมีวิเคราะห์และน้ำเสีย



รูปที่ 24.5 ตัวอย่างกราฟมาตรฐานจากชุด ที่ใช้การวัด Absorbance แทนความขุ่น

## 24.5 วิธีการหาค่าจีแอลซี

วิธีวัดค่าจีแอลซี มี 3 วิธีคือ

- วิธีไอโอไลโปเมตรี (turbidimetry)
- วิธีเมมบริกันเมตริ (Membrane filter)
- วิธี Potentiometric

### 24.5.1 วิธีไอโอไลโปเมตรี

ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด ไอโอดีนออกซิไดซ์ซัลไฟด์ให้เป็นซัลเฟอร์ซัลไฟด์ซึ่งมีผลไอโอดีนและซัลเฟอร์ซัลไฟด์ แล้ววัดปริมาณไอโอดีนที่เหลือโดยเอาไอโอดีนด้วยโซเดียมไอโอดอไซด์ (KI) ซึ่งผลวิธีนี้เหมาะสำหรับ จีแอลซีที่มีค่าความเข้มข้นมากกว่า 1.0x10<sup>8</sup> CFU/ml และใช้การวัดด้วยเครื่องมือที่เพิ่มสี่ประจักษ์ของค่าการนำพหุคูณแล้ว

หน้า 24.5 กราฟและจีแอลซี





**ฟอสเฟต (Phosphate)**

25.1 การวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟต	25.4
25.1.1 ปฏิกิริยาคอเคอร์เนชันของฟอสเฟตของยูเรเนียม	25.5
25.1.2 ปฏิกิริยาคอเคอร์เนชันของฟอสเฟตของยูเรเนียมกับเหล็ก	25.6
25.2 การวัดฟอสเฟตด้วยวิธีสี	25.7
25.2.1 วิธีสีของฟอสเฟตในสารละลายยูเรเนียม	25.7
25.2.2 วิธีสีของฟอสเฟตในน้ำเกลือ	25.8
25.2.3 วิธีสีของฟอสเฟตในสารละลายยูเรเนียม	25.9
25.3 การวัดฟอสเฟตด้วยวิธีสีของฟอสเฟต	25.9
25.3.1 วิธีสีของฟอสเฟตในสารละลายยูเรเนียมด้วยวิธีสีของยูเรเนียม	25.9
25.3.2 วิธีสีของฟอสเฟตในสารละลายยูเรเนียม	25.10
25.4 วิธีวิเคราะห์ฟอสเฟตด้วยวิธีสี	25.11
25.4.1 วิธีสีของฟอสเฟตในสารละลายยูเรเนียม	25.11
25.4.2 วิธีสีของฟอสเฟตในสารละลายยูเรเนียมด้วยวิธีสีของยูเรเนียม	25.12
25.4.3 วิธีสีของฟอสเฟตในสารละลายยูเรเนียม	25.13

### บทที่ 25

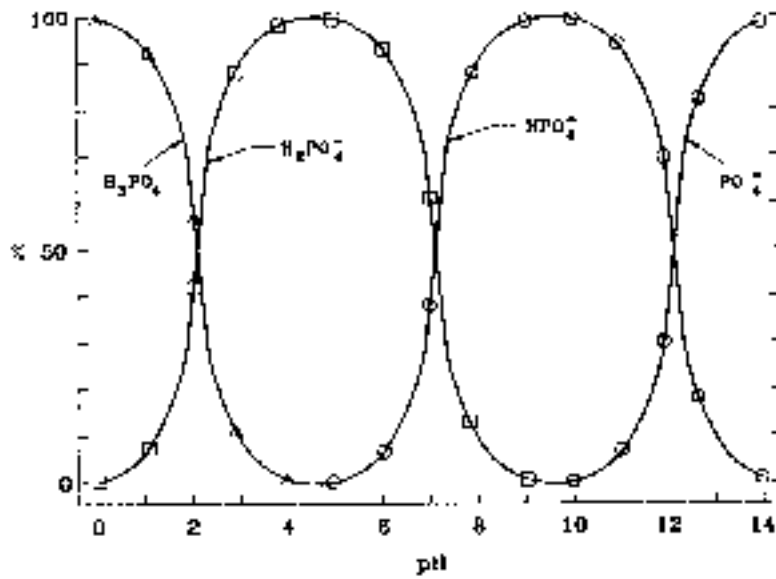
### ฟอสเฟต (Phosphate)

ฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในดินซึ่งมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการสังเคราะห์แสงและการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารในพืช ฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบสำคัญของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ และยังเป็นส่วนประกอบสำคัญของดินเหนียวและดินทราย ฟอสเฟตยังมีส่วนสำคัญในการสร้างกรดนิวคลีอิกและพลังงานในเซลล์ของพืช นอกจากนี้ ฟอสเฟตยังมีส่วนสำคัญในการสร้างกรดไขมันและกรดอะมิโน ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของโปรตีนและฮอร์โมนของพืช ฟอสเฟตยังมีส่วนสำคัญในการสร้างกรดคาร์บอนิก ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของกรดอินทรีย์ในดิน

ฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบสำคัญของดินเหนียวและดินทราย ฟอสเฟตยังมีส่วนสำคัญในการสร้างกรดนิวคลีอิกและพลังงานในเซลล์ของพืช นอกจากนี้ ฟอสเฟตยังมีส่วนสำคัญในการสร้างกรดคาร์บอนิก ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของกรดอินทรีย์ในดิน

ฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบสำคัญของดินเหนียวและดินทราย ฟอสเฟตยังมีส่วนสำคัญในการสร้างกรดนิวคลีอิกและพลังงานในเซลล์ของพืช นอกจากนี้ ฟอสเฟตยังมีส่วนสำคัญในการสร้างกรดคาร์บอนิก ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของกรดอินทรีย์ในดิน





รูปที่ 25.1 ชนิดและกรรมพันธ์ของสารประกอบฟอสเฟตที่ระดับพีเอชต่างๆ

25.1.1 ปฏิบัติกรรมวิธีระหว่างฟอสเฟตและปุ๋ยขาว

ในปุ๋ยขาวมีฟอสเฟตที่มาจากกรดฟอสฟอริกหรือฟอสเฟตอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะผลิตในรูปของสาร Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> ซึ่งสามารถแยกออกตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ฟอสเฟตสามารถนำออกด้วยกรดน้ำส้มซึ่งผลิตจากปุ๋ยขาวที่มีค่า pH ต่ำหรือ ฟอสฟอริก หรือผลิตจากฟอสเฟตอินทรีย์ในรูปสารประกอบที่ละลายน้ำได้ดีกับฟอสเฟตอินทรีย์ในน้ำได้เป็นอย่างดี มี K<sub>sp</sub> ของสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟตที่มีค่าของ CaCO<sub>3</sub> มาก เมื่อพิจารณาในแง่ของค่า K<sub>sp</sub> จะเห็นว่าฟอสเฟตและแคลเซียมที่ละลายในน้ำจะมีค่าสูง เช่น ปุ๋ยขาว CaCO<sub>3</sub> ก็สามารถผลิตขึ้นได้เป็นอย่างดี

ชนิดของสารประกอบฟอสเฟต

เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟต (DAP) ลงในดินแล้ว จะเกิดปฏิกิริยาต่อไปนี้ขึ้นกับดิน ซึ่งจะทำให้ปุ๋ยฟอสเฟต  
 ในดิน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินสูงขึ้น ปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายในดิน จะทำปฏิกิริยากับ  
 ดิน (โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับซิลิกา) และเกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ละลายได้น้อยลง ซึ่งจะทำให้  
 พืชในดินนั้นสามารถดูดน้ำและธาตุอาหารได้มากขึ้น



เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในดินแล้ว จะเกิดปฏิกิริยาต่อไปนี้ขึ้นกับดิน ซึ่งจะทำให้ปุ๋ยฟอสเฟต  
 ในดิน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินสูงขึ้น ปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายในดิน จะทำปฏิกิริยากับ  
 ดิน (โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับซิลิกา) และเกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ละลายได้น้อยลง ซึ่งจะทำให้  
 พืชในดินนั้นสามารถดูดน้ำและธาตุอาหารได้มากขึ้น

วิธีวิเคราะห์ดินสำหรับ ฟอสเฟตในดิน จะใช้วิธีวิเคราะห์ดินแบบออสเลอร์ (Olsen) หรือวิธีวิเคราะห์ดินแบบ  
 บราวน์ (Brown) ซึ่งใช้วิธีวิเคราะห์ดินแบบออสเลอร์ (Olsen) หรือวิธีวิเคราะห์ดินแบบบราวน์ (Brown)  
 (วิธีวิเคราะห์ดินแบบออสเลอร์ (Olsen Method))

**25.1.2 ปฏิกิริยาเคมีของ ฟอสเฟตในดิน**

ปฏิกิริยาเคมีของฟอสเฟตในดินสามารถเขียนได้ดังนี้



เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในดินแล้ว จะเกิดปฏิกิริยาต่อไปนี้ขึ้นกับดิน ซึ่งจะทำให้ปุ๋ยฟอสเฟต  
 ในดิน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินสูงขึ้น ปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายในดิน จะทำปฏิกิริยากับ  
 ดิน (โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับซิลิกา) และเกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ละลายได้น้อยลง ซึ่งจะทำให้  
 พืชในดินนั้นสามารถดูดน้ำและธาตุอาหารได้มากขึ้น









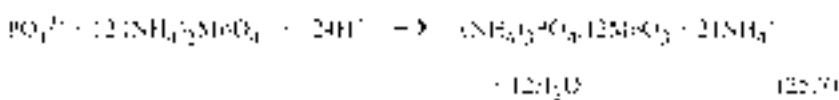


### 25.4 วิธีวิเคราะห์ฟอสเฟตในตัวอย่างน้ำและน้ำเสีย

น้ำไม่ใสที่มีสีหรือขุ่นอาจทำให้วิธีการวิเคราะห์ฟอสเฟตด้วยวิธีโฟสโม่เฟส (phosphomolybdate) ไม่สามารถทำได้ การกำจัดสีและขุ่นออกจากตัวอย่างน้ำก่อนวิเคราะห์ฟอสเฟตด้วยวิธีโฟสโม่เฟสทำได้โดยเปลี่ยนให้เป็นกรดอิมโฟสเฟตแล้วกรองด้วยกระดาษกรองที่ปราศจากฟอสเฟตเป็นต้น การกรองที่ปราศจากฟอสเฟตทำได้โดยวิธีฟอสโม่เฟส

#### 25.4.1 วิธีวิเคราะห์ฟอสเฟตด้วยวิธีฟอสโม่เฟส

วิธีวิเคราะห์ฟอสเฟตด้วยวิธีฟอสโม่เฟส (วิธีสี) ใช้สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate) และกรดไนตริกเข้มข้นเพื่อเตรียมสารละลายสีฟอสโม่เฟส (phosphomolybdate) ซึ่งใช้วิเคราะห์ฟอสเฟตในตัวอย่างน้ำที่ผ่านการกรองแล้วด้วยกระดาษกรองที่ปราศจากฟอสเฟต



เมื่อฟอสเฟตในตัวอย่างน้ำทำปฏิกิริยากับสารละลายสีฟอสโม่เฟสจะเกิดสีน้ำเงินเข้มขึ้น ความเข้มของสีจะแปรผันตรงกับปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างน้ำที่วิเคราะห์ เมื่อความเข้มข้นของฟอสเฟตต่ำกว่า 50 มก./ล. สีที่เกิดขึ้นจะเข้มขึ้นเรื่อยๆ และเมื่อความเข้มข้นของฟอสเฟตสูงกว่า 50 มก./ล. สีที่เกิดขึ้นจะเข้มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อความเข้มข้นของฟอสเฟตสูงกว่า 50 มก./ล. สีที่เกิดขึ้นจะเข้มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อความเข้มข้นของฟอสเฟตสูงกว่า 50 มก./ล. สีที่เกิดขึ้นจะเข้มขึ้นเรื่อยๆ



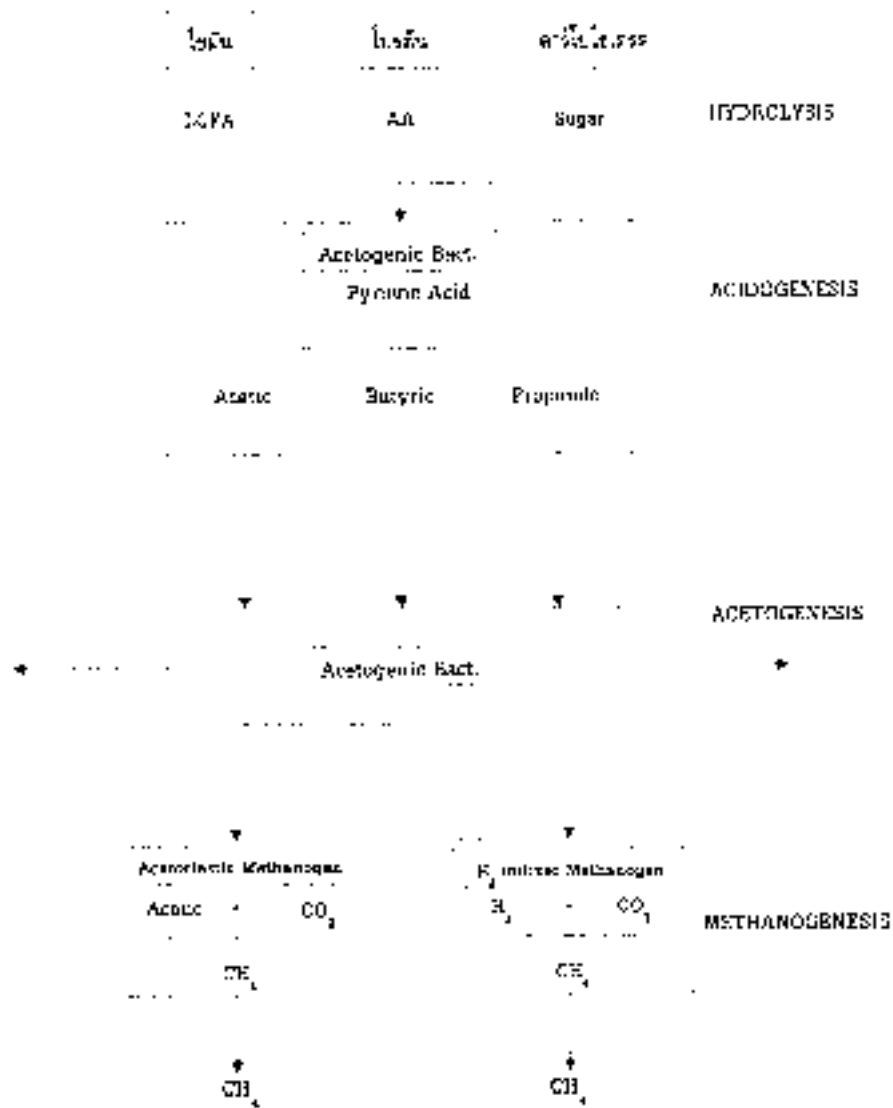


## กรดไขมันระเหย (Volatile Fatty Acids)

26.1 การผลิตกรดไขมันระเหยในแบคทีเรียชนิดที่ผลิตกรด ส่วลัดจ์ ย ไม่มีใช้กลศาสตร์	26.4
26.1.1 กรดไขมันระเหยเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของแบคทีเรียที่ไม่ใช้กลศาสตร์	26.8
26.1.2 กรดไขมันระเหยเป็นสารป้อนและรับใช้ของแบคทีเรียชนิดแบบ ไม่ใช้กลศาสตร์	26.8
26.1.3 กรดไขมันระเหยที่ใช้เป็นตัวควบคุมผลิตภัณฑ์	26.11
26.1.4 ฟังก์ชันของกรดไขมันระเหย	26.12
26.2 การผลิตของกรดไขมันระเหยในกระบวนการหมักแบบใช้ออกซิเจน	26.12
26.3 วิธีวิเคราะห์กรดไขมันระเหยโดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี	26.14
26.3.1 วิธีการวิเคราะห์กรดไขมันระเหยโดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography)	26.15
26.3.2 วิธีวิเคราะห์กรดไขมันระเหยโดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography) (Anderson 1967)	26.16
26.3.3 วิธีวิเคราะห์กรดไขมันระเหยโดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี (Anderson 1975; Young 1982)	26.18







รูปที่ ๒๕.๑ ขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการบำบัดของเสียไม่ใช้ออกซิเจน

ที่มา: กองวิชาการและแผนงาน

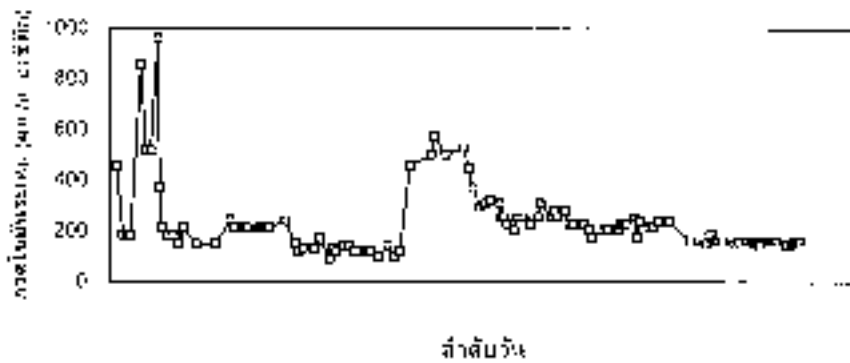
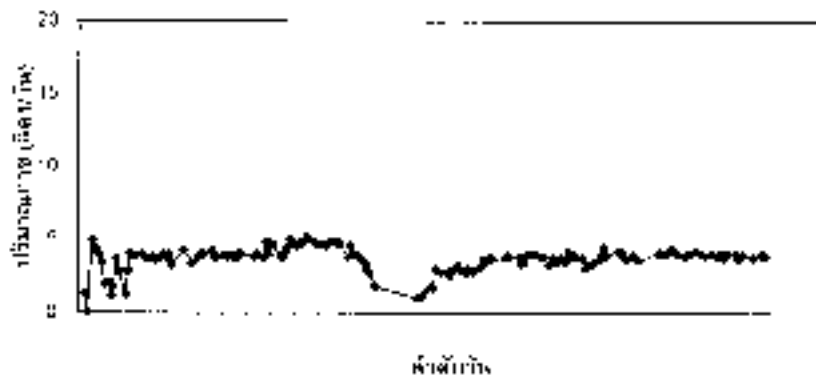








ระบบบำบัดน้ำทิ้งมีปัญหามากกว่าที่คิดไว้ การซ่อมแซมที่ได้ไปดำเนินการแล้วสองครั้งเมื่อวันที่ 15 และ 16 มิถุนายน 2551 ได้ดำเนินการซ่อมแซมระบบบำบัดน้ำทิ้งตามปกติ และได้ดำเนินการซ่อมแซมในวันที่ 19 มิถุนายน 2551 ซึ่งขณะนี้ระบบบำบัดน้ำทิ้งสามารถใช้งานได้ปกติ และปริมาณน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาก็สามารถใช้งานได้



รูปที่ 26.2 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำทิ้งของอาคารต่าง ๆ และปริมาณการไหลที่ผลิตได้ของระบบบำบัดน้ำทิ้งที่บำบัดน้ำเสียนี้จากเครื่องสูบน้ำประมาณ 2,000 มก.ต.ต.

กรณีศึกษาของน้ำและน้ำเสีย





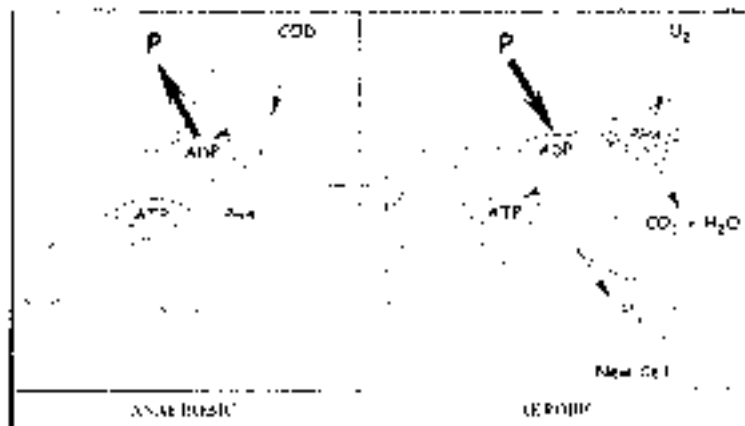
ระบบเพื่อประเมินการไหลผ่านระบบ (Figure 26.4) และเพื่อประเมินการไหลผ่านระบบนิเวศในระบบนิเวศ  
ประมาณ 1,000-2,000 มก. ล. (200-400 ไมโครกรัม) ต่อหน่วยพื้นที่ซึ่งตรงกับ 0.001

#### 26.1.4 พืชของกรวดไหลผ่านระบบ

ปัจจัยของกรวดไหลผ่านระบบที่มักจะถูกพิจารณาว่าเป็นสิ่งที่มีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำคือ ปริมาณของกรวดไหลผ่านระบบที่มีขนาดเท่ากับหรือเล็กกว่า 75 ไมโครกรัมที่มีอยู่ต่อลิตรของน้ำที่ไหลผ่าน และโดยทั่วไปแล้ว ปริมาณที่ไหลผ่านจะมีค่าประมาณ 100-1,000 มก. ล. ใน  
ผลรวมรวมเป็นปริมาณของกรวดไหลผ่านที่มีอยู่ทั้งหมดในบริเวณที่ไหลผ่านหรือที่จุดที่มีการ  
อยู่ในระดับน้ำที่ต่ำ (Sediment Digestion) ในการตรวจนับค่า การไหลไหลผ่านที่มีระดับที่  
1,000 มก. ล. ผลรวมของปริมาณที่ไหลผ่านที่มีอยู่ทั้งหมดในระบบนิเวศที่มีอยู่ทั้งหมด  
การวัดปริมาณที่ไหลผ่านในระบบนิเวศที่มีอยู่ทั้งหมดในระบบนิเวศที่มีอยู่ทั้งหมด  
แล้ว ปริมาณที่ไหลผ่านที่มีอยู่ทั้งหมดในระบบนิเวศที่มีอยู่ทั้งหมดในระบบนิเวศที่มีอยู่ทั้งหมด  
การประเมินของปริมาณที่ไหลผ่านที่มีอยู่ทั้งหมดในระบบนิเวศที่มีอยู่ทั้งหมดในระบบนิเวศที่มีอยู่ทั้งหมด  
การไหลไหลผ่านที่มีอยู่ทั้งหมดในระบบนิเวศที่มีอยู่ทั้งหมดในระบบนิเวศที่มีอยู่ทั้งหมด

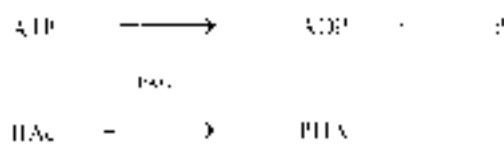
### 26.2 บทบาทของกรวดไหลผ่านระบบในกระบวนการกำจัดฟอสฟอรัส

การประเมินการกำจัดฟอสฟอรัสในระบบนิเวศ (Balanced Biological Phosphorus Removal) และการประเมินการกำจัดฟอสฟอรัสในระบบนิเวศ (Anoxic/Aerobic Reactor) หรือ (Anaerobic/Aerobic Reactor) ที่มี  
จุลินทรีย์สะสมฟอสเฟต (Polyphosphate Accumulating Organisms, PAO) อยู่ในกระบวนการ  
ใช้พลังงานจากไขมันในระบบนิเวศ (FAC) หรือ กรวดไหลผ่านระบบ แล้วจึงใช้พลังงานจากไขมัน  
สารอินทรีย์ในกระบวนการที่มีอยู่ (PHA, poly-β-hydroxyalkanoate) ซึ่งได้แก่กระบวนการที่มี  
เกิดขึ้นในระบบนิเวศ (Figure 26.3)



รูปที่ 26.3 กลไกการหายใจของพืชแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ในแบบไม่ใช้ออกซิเจน, พืชแปลง ADP และ Pi กลับเป็น ATP โดยกลไกต่อไปนี้:



PHA สามารถเปลี่ยนกลับเป็น Acetyl-P และ HAc ได้

ในสภาพที่มีออกซิเจน, พืชแปลง ADP และ Pi กลับเป็น ATP โดยใช้กลไกที่มีออกซิเจนเป็นตัวช่วย โดยเปลี่ยนกรดอะซิติกเป็น PHA ที่สะสมไว้ที่ใบและราก แล้วจะเปลี่ยนกลับเป็น Acetyl-P และ HAc โดยใช้กลไกต่อไปนี้:



หน้า 10 จาก 10 หน้า



พบผลิตภัณฑ์จากไขมันสัตว์ในปริมาณสูง เช่น น้ำมันหมูและเนยที่ผลิตจากไขมันสัตว์สูงๆ มีไขมันที่  
 หนืดๆ - หนักๆ ผลิตจากไขมันสัตว์ที่มีไขมันอิ่มตัวสูง

ไขมันที่ 22.1 แสดงค่าไขมันของไขมันสัตว์ในปริมาณสูงๆ เช่น น้ำมันหมู 6-20% และ เนย 15-25%  
 (22.2) แสดงค่าไขมันของไขมันสัตว์ในปริมาณสูงๆ เช่น น้ำมันหมู 6-20% และ เนย 15-25%

ค่าไขมันของไขมันสัตว์ในปริมาณสูงๆ เช่น น้ำมันหมูและเนยที่ผลิตจากไขมันสัตว์สูงๆ มีไขมันที่  
 หนืดๆ - หนักๆ ผลิตจากไขมันสัตว์ที่มีไขมันอิ่มตัวสูง เช่น น้ำมันหมู 6-20% และ เนย 15-25%  
 คำนวณค่าไขมันของไขมันสัตว์ในปริมาณสูงๆ เช่น น้ำมันหมู 6-20% และ เนย 15-25%  
 คำนวณค่าไขมันของไขมันสัตว์ในปริมาณสูงๆ เช่น น้ำมันหมู 6-20% และ เนย 15-25%

### 26.3 วิธีวิเคราะห์ไขมันระเหยโดยวิธีมาตรฐาน

วิธีนี้ใช้ Standard Methods for the Analysis of Food and Feed (1995) หรือ AOAC (1990) หรือ  
 (Disillation Method) หรือวิธีมาตรฐานของสมาคมโภชนาการ (Nutritional Association) Separation  
 Method

ไขมันระเหยในไขมันสัตว์ที่วิเคราะห์โดยวิธีนี้ จะวัดไขมันที่ระเหยในปริมาณสูงๆ เช่น น้ำมันหมูและเนยที่ผลิตจากไขมันสัตว์สูงๆ  
 ไขมันระเหยในไขมันสัตว์ที่วิเคราะห์โดยวิธีนี้ จะวัดไขมันที่ระเหยในปริมาณสูงๆ เช่น น้ำมันหมูและเนยที่ผลิตจากไขมันสัตว์สูงๆ  
 ไขมันระเหยในไขมันสัตว์ที่วิเคราะห์โดยวิธีนี้ จะวัดไขมันที่ระเหยในปริมาณสูงๆ เช่น น้ำมันหมูและเนยที่ผลิตจากไขมันสัตว์สูงๆ

ไขมันระเหยในไขมันสัตว์ที่วิเคราะห์โดยวิธีนี้ จะวัดไขมันที่ระเหยในปริมาณสูงๆ เช่น น้ำมันหมูและเนยที่ผลิตจากไขมันสัตว์สูงๆ  
 ไขมันระเหยในไขมันสัตว์ที่วิเคราะห์โดยวิธีนี้ จะวัดไขมันที่ระเหยในปริมาณสูงๆ เช่น น้ำมันหมูและเนยที่ผลิตจากไขมันสัตว์สูงๆ  
 ไขมันระเหยในไขมันสัตว์ที่วิเคราะห์โดยวิธีนี้ จะวัดไขมันที่ระเหยในปริมาณสูงๆ เช่น น้ำมันหมูและเนยที่ผลิตจากไขมันสัตว์สูงๆ

และผลที่ตามมาของ NMR ของน้ำเชื่อมที่ pH 7.5 ซึ่งโดยปกติจะมีกรดไขมันทรานส์ที่มีปริมาณน้อยกว่า 1% และพบได้ประมาณ 70% ของกรดไขมันทรานส์ทั้งหมด (ดูวิธี)

วิธีวิเคราะห์ที่อธิบายไว้ก่อนหน้านี้ของฐานที่สุก จะต้องมีกระดาษกรอง (Cautage) ที่ใช้กับกระดาษกรองชนิดอื่นที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นที่มีกรดซัลฟิวริก (Sulfuric Acid) ที่ผ่านการกลั่นในปริมาณมากเช่นกัน ซึ่งใช้สำหรับวัดความเข้มข้นในกรดไขมันทรานส์ที่พบในตัวอย่างจากผลิตภัณฑ์ไขมันทรานส์ที่พบในตัวอย่างเหล่านี้ หากพบกรดไขมันทรานส์ที่พบในผลิตภัณฑ์ที่วิเคราะห์ได้โดยวิธีวิเคราะห์ของ NMR ของน้ำเชื่อมที่ pH 7.5 เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่พบในตัวอย่างที่วิเคราะห์โดยวิธีวิเคราะห์ที่อธิบายไว้ก่อนหน้านี้ (ดูวิธีวิเคราะห์ที่อธิบายไว้ข้างต้น)

#### 26.4 การวิเคราะห์กรดไขมันทรานส์ด้วยวิธีไทเทรชันโดยตรง (Direct Titration)

ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีไทเทรชันโดยตรงนี้ จะต้องมีสิ่งดังต่อไปนี้: วิธีวิเคราะห์ที่อธิบายไว้ข้างต้น การตรวจสอบที่อธิบายไว้ข้างต้น และสิ่งอื่น ๆ (ดูวิธีวิเคราะห์ที่อธิบายไว้ข้างต้น) ซึ่งวิธีการวิเคราะห์เหล่านี้จะไม่สามารถใช้กับตัวอย่างที่มีวิธีไทเทรชันโดยตรงได้ แต่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีวิเคราะห์ที่อธิบายไว้ข้างต้น ซึ่งวิธีวิเคราะห์ที่อธิบายไว้ข้างต้นจะช่วยให้สามารถตรวจสอบความเข้มข้นของกรดไขมันทรานส์ในตัวอย่างที่วิเคราะห์ได้โดยตรง ซึ่งวิธีวิเคราะห์ที่อธิบายไว้ข้างต้นจะช่วยให้สามารถตรวจสอบความเข้มข้นของกรดไขมันทรานส์ในตัวอย่างที่วิเคราะห์ได้โดยตรง

- วิธีของ H. L. Abelson, Abelson 1951
- วิธีของ Mc Cahan 1953
- วิธีของ Nostrand 1957
- วิธีของ C. G. G. 1962
- วิธีของ Kemp 1964
- วิธีของ Repy 1967 ที่ 111 1968
- วิธีของ Powell 1967 Archer 1969



- ဤကျမ်းစာအုပ်သည် အထူးအားဖြင့် အင်္ဂလိပ်စာအုပ်များကို ဖတ်ရှုသူများအတွက် အထောက်အကူပြုရန် ရေးသားခဲ့ခြင်းဖြစ်သည်။
- ဤကျမ်းစာအုပ်သည် အထူးအားဖြင့် အင်္ဂလိပ်စာအုပ်များကို ဖတ်ရှုသူများအတွက် အထောက်အကူပြုရန် ရေးသားခဲ့ခြင်းဖြစ်သည်။

VI A သဘောပေးပါ။

A x B x ၂၀၀၀ ဝင်

- A - အထောက်အကူပြုရန် ရေးသားခဲ့ခြင်းဖြစ်သည်။
- B - အထောက်အကူပြုရန် ရေးသားခဲ့ခြင်းဖြစ်သည်။
- C - အထောက်အကူပြုရန် ရေးသားခဲ့ခြင်းဖြစ်သည်။

ဤကျမ်းစာအုပ်သည် အထူးအားဖြင့် အင်္ဂလိပ်စာအုပ်များကို ဖတ်ရှုသူများအတွက် အထောက်အကူပြုရန် ရေးသားခဲ့ခြင်းဖြစ်သည်။

VI A သဘောပေးပါ။      ၈၀ x ၁၀၀ ဝင်

ကျမ်းစာအုပ်သည်      ၂၀၀ x ၁၀၀ ဝင်

- ဤကျမ်းစာအုပ်သည် အထူးအားဖြင့် အင်္ဂလိပ်စာအုပ်များကို ဖတ်ရှုသူများအတွက် အထောက်အကူပြုရန် ရေးသားခဲ့ခြင်းဖြစ်သည်။

VI A သဘောပေးပါ။

VI A x B x ၂၀၀၀ ဝင်

ကျမ်းစာအုပ်သည်      ၈၀ x ၁၀၀ ဝင်

VI A သဘောပေးပါ။

VI A x B x ၂၀၀၀ ဝင်

26.4.1 นิยามของฟังก์ชันสามตัว มีดังนี้

สมมติให้  $f$  เป็นฟังก์ชันที่  $f: X \rightarrow Y$  และ  $g$  เป็นฟังก์ชันที่  $g: X \rightarrow Z$

สมมติให้  $h: X \rightarrow W$  เป็นฟังก์ชันที่  $h(x) = (f(x), g(x))$   
 จะได้ว่า  $h$  เป็นฟังก์ชันที่  $h: X \rightarrow Y \times Z$

26.4.1.1 นิยาม ฟังก์ชัน  $f$  และ  $g$  เป็นฟังก์ชันที่  $f: X \rightarrow Y$

สมมติให้  $h: X \rightarrow Y \times Z$  เป็นฟังก์ชันที่  $h(x) = (f(x), g(x))$

สมมติให้  $f: X \rightarrow Y$  และ  $g: X \rightarrow Z$  เป็นฟังก์ชันที่  $h(x) = (f(x), g(x))$

26.4.2 นิยาม ฟังก์ชัน  $f$  และ  $g$  เป็นฟังก์ชันที่  $f: X \rightarrow Y$  และ  $g: X \rightarrow Z$

นิยาม ฟังก์ชัน  $f$  และ  $g$  เป็นฟังก์ชันที่  $f: X \rightarrow Y$  และ  $g: X \rightarrow Z$  เป็นฟังก์ชันที่  $h(x) = (f(x), g(x))$

นิยาม ฟังก์ชัน  $f$  และ  $g$  เป็นฟังก์ชันที่  $f: X \rightarrow Y$  และ  $g: X \rightarrow Z$

26.4.2.1 นิยาม ฟังก์ชัน  $f$  และ  $g$  เป็นฟังก์ชันที่  $f: X \rightarrow Y$  และ  $g: X \rightarrow Z$

นิยาม ฟังก์ชัน  $f$  และ  $g$  เป็นฟังก์ชันที่  $f: X \rightarrow Y$  และ  $g: X \rightarrow Z$  เป็นฟังก์ชันที่  $h(x) = (f(x), g(x))$

26.4.2.2 นิยาม ฟังก์ชัน  $f$  และ  $g$  เป็นฟังก์ชันที่  $f: X \rightarrow Y$  และ  $g: X \rightarrow Z$

- ฟังก์ชัน  $f$  และ  $g$  เป็นฟังก์ชันที่  $f: X \rightarrow Y$  และ  $g: X \rightarrow Z$  เป็นฟังก์ชันที่  $h(x) = (f(x), g(x))$
- ฟังก์ชัน  $f$  และ  $g$  เป็นฟังก์ชันที่  $f: X \rightarrow Y$  และ  $g: X \rightarrow Z$  เป็นฟังก์ชันที่  $h(x) = (f(x), g(x))$

VI. A và B cùng đi từ A tới B

A x B s 500m, C

- A. Chỉ có một người đi được tới B trước người kia  
 B. Không ai đi được tới B trước người kia  
 C. Không ai đi được tới B

20. 23 người đi cùng nhau đi mua gạo  
 và mua gạo về họ lấy gạo về 1/3 số

đi về nhà của họ 1/3 số

11 x 5 x 50m, C

- A. Không ai đi được tới B trước người kia  
 B. Không ai đi được tới B trước người kia  
 C. Không ai đi được tới B

20. 23 người đi cùng nhau đi mua gạo  
 và mua gạo về họ lấy gạo về 1/3 số

đi về nhà của họ 1/3 số

**บรรณานุกรม**

**ภาษาไทย**

1. APHA, AWWA, WPC (1982) "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" 8th Edition, American Public Health Assoc., Wash. D.C., USA.
2. Sawyer, C.N., McCarty, P.L., and Parkin, G.F. (1994) "Chemistry for Environmental Engineering" Fourth Edition, McGraw-Hill Book Co., International Edition, Singapore.
3. Boyd, C.F. (1982) "Water Quality Management for Pond Fish Culture" Elsevier Scientific Publishing Company, New York.
4. Krumholz, W.E., Editor. (1978) "Environmental Biogeochemistry and Geomicrobiology" Ann Arbor Science, Ann Arbor, Michigan.
5. Metcalf & Eddy, Inc. (1991) "Wastewater Engineering Treatment, Disposal, and Reuse" Third Edition, McGraw-Hill, Inc.
6. Sauer, W. and Morgan, J.J. (1961) "Aquatic Chemistry" Third Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York.
7. Kim, Y.M. (1953) "Evaluation of Redox Potential and Chlorine Residual as a Measure of Water Disinfection" 54<sup>th</sup> IWC.
8. Kim, Y.M. and Henney, R. (1979) "Effective Control of Chloramine and Dechlorination at Wastewater Treatment Plants Using Redox Potential" *Wat. Env. Res.*, 69,5;1000-1014.
9. Linstrom, W.C. and Rose, H.L. (1973) "Handbook of Chemical Property Estimation Methods" American Chemical Society, Washington, DC.

**ภาษาไทยฉบับแก้ไข**

10. Eckardt, Jr. W.W. (1982) "Industrial Water Pollution" 2nd Edition McGraw-Hill Books.
11. "Norr M.R., Srin R.P. and Bernard W.R. (1971) "Estimation of Global Greenhouse Gas Emission from Industrial and Domestic Wastewater Treatment" EPA 68-04-0100

#### ภาษาไทย

12. กิ่งสัน สันตุลาภรณ์ (2541) การปรับปรุงแหล่งชุมชนน้ำเสีย กิ่งสันระบบคณีน้อยน้ำประปอน้ำ  
คลองเดิม ระบบประปา กิ่งสันคณีน้อยของนครวัดนครไชยศรี
13. กิ่งสัน สันตุลาภรณ์ (2552) "การถอดแบบเชิงปริมาณของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน  
จังหวัด" "
14. กิ่งสัน สันตุลาภรณ์ (2558) "วิศวกรรมการประปา ส่วนที่ ๑" โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย
15. กิ่งสัน สันตุลาภรณ์ (2543) "คู่มือวิชาและข้อมูลเทคนิค" โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย พิมพ์ครั้งที่ ๑
16. กิ่งสัน สันตุลาภรณ์ (2558) "การจัดการคุณภาพน้ำผิวดินระบบบำบัดน้ำเสียในบ่อ  
ที่กรุงเทพมหานคร น้ำผิวดิน" ส่วน 1 การจัดการชุมชนน้ำ" โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย พิมพ์ครั้งที่ 2
17. กิ่งสัน สันตุลาภรณ์ (2545) "ทางเคมีดินน้ำผิวดินและคุณภาพน้ำ" ส่วน ๑ โรง  
พิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
18. กิ่งสัน สันตุลาภรณ์ (2543) "ทางเคมีน้ำผิวดินน้ำเสียอุตสาหกรรม" ส่วน ๑ โรงพิมพ์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
19. กิ่งสัน สันตุลาภรณ์ (2541) "คู่มือการประเมินสิ่งแวดล้อมน้ำเสียอุตสาหกรรม" การส.ก.กรม  
ควบคุมมลพิษและศูนย์วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



20. สันติสุข คณ. มจร. ๒๕๖๓ : คู่มือเล่ม 4 สำหรับผู้ใช้ห้ามมิให้ราชการของสถาบันชนบทศึกษา  
ศึกษา สอน และเผยแพร่ในวงกว้างแก่สาธารณะชน
21. วิษณุ ตรีวิฑูรย์ สจ. วิษณุ ตรีวิฑูรย์ (25๖๓) จากหนังสือ "คู่มือเล่ม 4 สำหรับผู้ใช้ห้ามมิให้  
ราชการของสถาบันชนบทศึกษา สอน และเผยแพร่ในวงกว้างแก่สาธารณะชน" ๒๕๖๓

ดัชนี	หน้า
<b>ก</b>	
กฎของอาชญากรรม	3,15
กฎของจอร์จ	3,15
กฎของหลุยส์	3,15, 10,14, 11,17, 24,18
กฎของเพอร์	15,19, 22, 27
กรณีระดับ : กรณีลพบุรี	11,10, 18,14, 18,31, 25,19
กรณีลพบุรี : กรณีลพบุรี	11,10, 11, 4
กรณีลพบุรี	24,9, 26,4
กรณีลพบุรี	8,15, 10,7, 28,2, 26,4, 26,7, 26,11, 26,17, 25,18, 25,19
กรณีลพบุรี	26,4
กรณีลพบุรี	10,5, 10,16, 11,6, 11,11, 11,21
กรณีลพบุรี	9,4
กรณีลพบุรี	7,25
กรณีลพบุรี : กรณีลพบุรี	11,9, 17,19, 27,25, 24,11
กรณีลพบุรี	25,17
กรณีลพบุรี	11,3, 11,21
กรณีลพบุรี	22,29
กรณีลพบุรี	19,30, 19,31
กรณีลพบุรี	26,4, 25,12
กรณีลพบุรี	25,13
กรณีลพบุรี	26,4, 25,12
กรณีลพบุรี	17,9
กรณีลพบุรี	5,4, 18,11, 27,7
กรณีลพบุรี	25,11

หน้า 2	ดัชนี
การข. 10.00 รัน	26.4
การข. 10.00 สวีท	18.14
การข. 10.00	10.12
การข. 10.00 สวีท	16.31, 26.4, 26.17
การข. 10.00	18.12, 26.3.4
การข. 10.00 ในโครงการ	7.13
การข. 10.00 (รวม)	29.14
การข. 10.00 สวีท	25.12
การข. 10.00	6.4, 12.3, 18.10, 18.13, 22.7
การข. 10.00 (รวม) - การข. 10.00	12.27, 21.21, 24.24
การข. 10.00 สวีท	6.3
การข. 10.00 สวีท	12.3, 18, 17.13
การข. 10.00 สวีท	20.17
การข. 10.00 (รวม) - การข. 10.00 (รวม)	26.17
การข. 10.00 (รวม) - การข. 10.00	17.31
การข. 10.00 (รวม) - การข. 10.00	29.11
การข. 10.00 (รวม) - การข. 10.00	18.7
การข. 10.00	26.14
การข. 10.00	24.12
การข. 10.00	21.9
การข. 10.00 (รวม)	23.9
การข. 10.00	23.6
การข. 10.00	17.3, 17.13, 18.9, 26.4, 26.6
การข. 10.00	26.8
การข. 10.00	1.17

ลำดับ	หน้า
การแก้ไขข้อบกพร่อง	10-1
การเก็บตัวอย่างน้ำดื่ม	2-3
การเก็บตัวอย่างน้ำดื่มตามชุมชน	2-3
การสุ่มน้ำดื่ม	2-15
การดูแลตัวอย่าง	8-12
การวิเคราะห์ผล	26-38
การเขียนรายงาน	16-25
การแปลผล	17-19
การนำผลไปใช้ประโยชน์	26-31
การเก็บข้อมูล	22-31
การตรวจวัด	2-25
การเก็บตัวอย่างน้ำดื่ม	4-18
การเลือกวิธีการเก็บตัวอย่าง	3-12, 19-25
การวัดความเข้มข้น	2-27
การส่งมอบ	2-16
การตรวจวิเคราะห์	19-3
การตรวจวิเคราะห์	6-7
การตรวจวัด	26-18
การตรวจวัด	2-8

## ข

ของแข็ง	28.3-29.9, 29.11-29.16, 29.19-29.20, 29.23, 29.22
ของแข็งจำนวนมาก	2.11, 29.1, 29.7, 29.13, 29.15, 29.3, 29.18
ของแข็ง ๑๕%	2.11, 29.3
ของแข็ง ที่ระเหย	2.11, 29.4
ของแข็งรวม : ของแข็งไม่ระเหย	2.11, 29.3
ของแข็งรวมที่ได้ ที่ระเหย	10.4, 18.1
ของแข็งรวม ที่ไม่ระเหย	11.10, 29.3
ของแข็ง ๑๖% ที่ระเหย : ของแข็งรวมรวม	29.5
ไขมัน	16.13, 26.3

## ค

คิง, โกลด, สมิธ	5.6
คาร์บอนไดออกไซด์	21.4
คลอรีน	13.4, 13.5, 13.3
คลอรีน	5.6, 8.9, 9.24, 9.3, 16.20, 22.23
คลอรีนไฮดรอกไซด์	13.1, 13.4, 13.17
คลอรีนออกไซด์	13.13, 13.9, 26.19
คลอรีน	14.3, 14.4, 15.24, 18.14, 22.28
ควอตซ์, สลิว, สมิธ, โกลด, ไฮดรอกไซด์	21.7
ควอตซ์	1.8
ควอตซ์	5.3, 20.3
ควอตซ์	8.6
ควอตซ์, สลิว, สมิธ	3.19, 8.13, 10.1, 11.7, 13, 24.10, 26.6

หน้า ๕ ของ ๕ หน้า

หัวข้อ	หน่วย
ความดันโลหิต	3.14
ความดันโลหิตสูง	15.3, 15.14
ความดันโลหิตต่ำ	36.12
ความดันโลหิตผิดปกติ	9.5
ความดันโลหิตสูง	3.8
ความดันโลหิตต่ำ	18.13
ความดันโลหิตสูง	24.22
ความดันโลหิตต่ำ	25.4
ความดันโลหิตสูง	11.5, 3, 20.23, 22.15, 21.8, 21.18, 21.21
ความดันโลหิตต่ำ	22.13
ความดันโลหิตสูง	5.0
ความดันโลหิตต่ำ	16.14
ความดันโลหิตสูง	9.5
ความดันโลหิตสูง	8.4, 8.16, 11.6
ความดันโลหิตต่ำ	17.18
ความดันโลหิตสูง	17.4, 17.13
ความดันโลหิตต่ำ	18.11
ความดันโลหิตสูง	26.7
ความดันโลหิตสูง	11.3, 17.3, 22.3, 22.11, 26.11
ความดันโลหิตสูง	19.3, 20.10, 16.16, 18.4
ความดันโลหิตสูง	26.9
ความดันโลหิตสูง	9.9
ความดันโลหิตสูง	4.23
ความดันโลหิตสูง	22.18
ความดันโลหิตสูง	22.7

บทวิจารณ์ของหนังสือพิมพ์

เครื่องควบคุมความเร็วรถไฟ	2-11
เครื่องวัดความเค้นตัวเชื่อม	22-12
เครื่องวัดความเร็ว	8-14
เครื่องวัดแรง	16-72
เครื่องมือวัดแรงบิด	2-9
เครื่องมือวัดโมเมนต์	8-12
เครื่องมือวัดพิลา	2-11, 9-12
เครื่องมือวัดพี	2-19, 2-21
เครื่องวัดปริมาณ Phenol, etc	2-22
เครื่องวัดปริมาณ	9-17
เครื่องวัดใบพัด	9-12, 9-13
เครื่องมือวัดอุณหภูมิ	23-11
เมตรม้วน	19-33, 22-26
เมตรวัดแรงเสียดทาน	19-34
เมตรวัดแรงดัน	19-35
เมตรวัดแรง	19-7, 19-8, 22-9
เครื่องวัดความถี่	16-27
เครื่องวัดความเร็ว	13-6
เครื่องวัดอุณหภูมิ	24-13
โคมไฟ	22-26
โคมไฟ, ไฟฉาย, ไฟ	26-14, 26-15
โคมไฟ	17-20, 17-21
โคมไฟ	17-3, 17-21, 22-26
โคมไฟ	19-25, 19-27, 19-14

ลําดับ	หน้า
โครงการวิจัยบูรณาการ	1, 7, 14, 15, 14, 8, 9, 10, 6, 18, 10-11, 19, 25, 23, 21, 22, 15, 21, 9
โครงการวิจัย	23, 14
<hr/>	
<b>รวม</b>	<b>31</b>
รวมฉบับวิจัย	5, 9
<hr/>	
<b>รวม</b>	<b>4</b>
รวมฉบับวิจัยเชิงปริมาณ	3, 9
เชิง	9, 11
เชิงในสาขา	14, 7
<hr/>	
<b>รวม</b>	<b>9</b>
ศูนย์ฯ ของกรมวิทยาศาสตร์	13, 16
ศูนย์ฯ	3, 16
ศูนย์ฯ ทั่วไป	16, 3, 29, 13, 29, 13
ศูนย์ฯ ทั่วไป	16-19, 15, 20
ศูนย์ฯ ทั่วไป หรือ วิทยาลัยชุมชน	5, 9, 5, 13
โรงเรียน วิทยาลัยชุมชน	3, 5
โรงเรียน	5, 9



	ប	
ប្រាក់បញ្ចាំបង់ប្រាក់		229
សំបុត្រ		26
	៦	
ប្រាក់បញ្ចាំ		231,23 2,23 14
ប្រាក់បញ្ចាំប្រាក់		19,34
ប្រាក់បញ្ចាំ		19,36
ប្រាក់		2218,24 4,24 9
ប្រាក់បញ្ចាំប្រាក់		24,7
ប្រាក់បញ្ចាំ		312,22 12,22 5
ប្រាក់បញ្ចាំប្រាក់បញ្ចាំ		24,3 24,8
ប្រាក់បញ្ចាំប្រាក់បញ្ចាំ		24,3
ប្រាក់បញ្ចាំ	9 4, 11 9, 17 34, 29 25, 22 3, 24 3, 24 4	
ប្រាក់បញ្ចាំប្រាក់		9,1
ប្រាក់បញ្ចាំ		19,29
ប្រាក់		5,13
ប្រាក់		23,12
ប្រាក់		10,3,22 7
ប្រាក់		5,6
ប្រាក់	9 3, 17 5, 17 5, 17 9, 17 16, 18 3, 18 8, 26 8, 26 1	
ប្រាក់បញ្ចាំ		17,28
ប្រាក់បញ្ចាំ		17,2
ប្រាក់បញ្ចាំ	10,10, 20 18, 21 19, 26 19	

អង្គការសហប្រតិបត្តិការ

บัญชี	หน้า *
ใบรับไปรษณีย์	11-19
ใบสมัคร	16-8
ใบสมัคร, สำเนา	8, 16, 21-10
ใบสมัครเข้าโรงเรียน, สำเนา	8-21
ใบสมัครเข้าเรียน	21-3
ใบสมัครไปรษณีย์	13, 20, 9-35
ใบสมัครไปรษณีย์, สำเนา	8, 16, 21-10
ใบสมัครไปรษณีย์	21-3
ใบสมัครไปรษณีย์	16-8
ใบสมัครไปรษณีย์	11, 22, 16-21
ใบสมัครไปรษณีย์	9-1, 9-21, 22-26

	ด
สมุดบัญชี	10-7
สมุด	1-5
สมุดบัญชี	11-16
สมุดบัญชี	25-3, 28-11
สมุดบัญชี	8-9, 1-14
สมุดบัญชี	16-2, 19-6
สมุดบัญชี	3-9
สมุดบัญชี	22-7
ใบสมัคร	15, 19-16/20
ใบสมัคร	39, 13, 13, 13/21
ใบสมัคร	18-13

ใบโอนผล	9,317,24,188
ใบโอนผล ส.บ.ระดม	17,23
ใบโอนผล อื่นๆ	11,18
ใบปันผลรับไป	14,9
ใบโอนหนี้	19,34
ใบโอนโอนจัดซื้อ	22,27

---

**ก**


---

ขาดค่าเงิน	10,7
ขาดค่าเงิน	117,24-14
ขาดค่าเงิน อื่นๆ	111,89,1 3,20,26,22,7
ขาดค่าเงิน อื่นๆ	19,25
ขาดค่าเงิน อื่นๆ	3,7
ขาดค่าเงิน อื่นๆ	26,11,22,29,29,15
ขาดค่าเงิน อื่นๆ	9,25,15,8,11,9
ขาดค่าเงิน อื่นๆ	18,13

---

**ข**


---

ค่าเงิน	22,15
ค่าเงิน	16,37
ค่าเงิน	26,11,29,16
ค่าเงิน	26,13
ค่าเงิน	26,11,29,12
ค่าเงิน	6,12,26,12

กรมสรรพากร

ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ย	26.17	26.12
ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ยที่รวม		10.5
ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ย		13.12
ค่าเฉลี่ย		22.16

**ท**

ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ย		3.36
ค่าเฉลี่ย		9.13
ค่าเฉลี่ย		2.9
ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ย		19.27
ค่าเฉลี่ย		18.3, 18.4
ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ย		24.3
ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ย		22.12
ค่าเฉลี่ย		8.11, 8.12
ค่าเฉลี่ย		6.3, 18.12
ค่าเฉลี่ย	1, 2, 3, 27, 11, 18, 1, 22, 17, 22, 19, 30, 26, 16, 26, 18	
ค่าเฉลี่ย	16, 21, 17, 19, 17, 20, 17, 23, 24, 23, 26, 19, 26, 18	
ค่าเฉลี่ย	2, 17, 17, 21, 18, 3, 17, 23, 26, 18	
ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ย		1, 13, 8, 6, 13, 4, 13, 17

**ข**

ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ย		24.3, 24.8, 21.9
--------------------	--	------------------

พ	
บทนำ	16-21
บทสรุป	3-10
บทในดวง	18-13
บทเดี่ยว	3-6
บทเดี่ยวในใจ	11-1, 11-20-13-21
บทเดี่ยว	4-13
บทเดี่ยว	19-29
บทเดี่ยว	21-3, 17-20
บทเดี่ยว	2-13
บทเดี่ยว	6-8
บทเดี่ยว	19-27, 19-30
บทเดี่ยว	16-17
บทเดี่ยว, วรรณกรรม	10-9, 19-12
บทเดี่ยว, วรรณกรรม	16-17, 16-23, 16-32, 17-9
บทเดี่ยว	10-9, 16-32, 17-9
บทเดี่ยว	10, 13, 11, 8, 16-8, 17-6, 19-6, 24-5
บทเดี่ยว	19-25
บทเดี่ยว	19-23
บทเดี่ยว	10-9, 13-21, 16-13, 16-32, 17-9, 17-24, 17-25, 22-25
บทเดี่ยว	18-7

**บ**

บทกวีสุภาษิต	10-15
บทกวีนิพนธ์	11-21
บทกวีอื่น	19-28
บทกวีจีน	11-14, 1-13
บทกวีไทย	10-11
บทกวีสมัย	18-9
บทกวีสมัยใหม่	26-3
บทกวีสมัยใหม่	2-11, 2-12
บทกวีสมัยใหม่	8-22, 8-19, 1-32, 17-3, 17-6, 17-9, 17-20, 18-3, 22-11
บทกวีสมัยใหม่	16-11
บทกวีสมัยใหม่	16-11
บทกวีสมัยใหม่	17-28
บทกวีสมัยใหม่	17-9, 22-4, 20-5
บทกวีสมัยใหม่	24-5
บทกวีสมัยใหม่	20-10
บทกวีสมัยใหม่	3-11
บทกวีสมัยใหม่	16-19
บทกวีสมัยใหม่	16-19
บทกวีสมัยใหม่	18-17
บทกวีสมัยใหม่	24-21, 24-27
บทกวีสมัยใหม่	24-21
บทกวีสมัยใหม่	16-8, 17-21, 24-22
บทกวีสมัยใหม่	15-15



ลำดับ	หน้า 15
ปีเตอร์, วิงเบย์เชอร์	23-24
ปีลา	3-4
ปีลา, cont. Mohr	2-13
ปีลา, cont. Transfer	2-13
ปูม (1)	10-7, 8, 16, 20-26, 24-12
ปูม-โยฮัน, ดาธา 1750-1770	8-10, 10-6, 11-10, 1-14
ปูม	16-15, 18-16
ปีลา, สตีเฟน	8-8
ปีลา, สตีเฟน โจเซฟ	1-4-8
ปีลา, สตีเฟน โยฮันเนส	12-6, 11-8, 17-3, 17-18, 17-19
ปีลา, สตีเฟน โยฮันเนส, มอนเตเนโกร	3-3, 13-18, 17-13, 12-22, 22-23
ปีลา, สตีเฟน โยฮันเนส, มอนเตเนโกร	17-4
ปีลา, สตีเฟน โยฮันเนส, มอนเตเนโกร	17-16
ปีลา, สตีเฟน โยฮันเนส, มอนเตเนโกร, มิเชลล์ บราวน์	24-24
ปีลา, สตีเฟน โยฮันเนส	17-5
ปีลา, สตีเฟน โยฮันเนส, โยฮันเนส, มอนเตเนโกร	5-21
ปีลา, สตีเฟน	16-15, 18-11, 26-5
-----	
<b>๘</b>	
-----	
ผู้ถือลิขสิทธิ์รวม	22-18
ผู้ถือลิขสิทธิ์รวม	22-18



พ	
ประติมากรรม	3, 11, 25, 27-28, 4
พญ่า	23, 4, 23, 11-13, 12
พิน	8, 6, 17, 8, 19, 19, 22, 5, 26, 3, 19, 14
แปด	1, 7, 3, 19, 17
โพธิ์	10, 5, 10, 16, 14, 7
โพธิ์	10, 7
โพธิ์	21, 6
โพธิ์	16, 29, 7, 7
โพธิ์	17, 6, 17, 6
โพธิ์	2, 4
โพธิ์	22, 3, 23, 12

พ	
พ	22, 15
พ	24, 14
พ	8, 10
พ	19, 11, 26, 14
พ	19, 8, 24, 7, 22, 26, 25, 6
พ	16, 7
พ	6, 3
พ	3, 17, 16, 8, 18, 9, 22, 19
พ	9, 16, 11, 21
พ	18, 11

ฟีนิลอะซีตอริกเอซิด	13-21
ฟีเนล (Phenol)	19-28, 19-21
ฟีโตนิน	22-29
เฟรียล	17-24, 22-3
เฟรียล-เอทิลแอลกอฮอล์	22-3, 22-7
เฟรียล-เอทิลเมทิลแอลกอฮอล์	17-19
เฟรียล-เอทิล-ไอโซเมทิลแอลกอฮอล์	17-20-17-21
เฟรียล-โพรพิลแอลกอฮอล์	22-7
เฟรียล, สารประกอบ	22-3
เฟรียล-เอทิล	10-6, 16-8, 16-23, 22-4
เฟรียล-โพรพิล	22-3, 22-20
เฟรียล-ไอโซเมทิล	22-17, 22-20, 22-25
เฟรียล-โพรพิล	2-26
เฟรียล-เอทิล	17-19, 17-21
ไฟโพล-เอทิลแอลกอฮอล์	25-8
ไฟโพล	8-14

นาคาร์บอนไดออกไซด์	5-6, 3-13
นาคาร์บอนมอนอกไซด์	1-6
นาคาร์บอน	9-5
นาคาร์บอน	10-7, 11-8, 15-8, 15-9, 24-8, 26-1
นาคาร์บอนไดออกไซด์	11-21
นาคาร์บอน	19-26

หน้า 18	ดัชนี
วาทะปาฐก	19-25
ว. ป. ๑๓๖๓	๒๒-15
วาทะปาฐก	19-15, 21-23
ว. ป. ๑๓๖๓	1-17
ว. ป. ๑๓๖๓ (๑) ๑๓๖๓	19-31
ว. ป. ๑๓๖๓ (๒) ๑๓๖๓	17-25
ว. ป. ๑๓๖๓ (๓) ๑๓๖๓	17-25
ว. ป. ๑๓๖๓ (๔) ๑๓๖๓	4-5
ว. ป. ๑๓๖๓ (๕) ๑๓๖๓	10-7, 16-8, 22-3
ว. ป. ๑๓๖๓ (๖) ๑๓๖๓	16-8, 16-23
ว. ป. ๑๓๖๓ (๗) ๑๓๖๓	8-9, 10-8, 11-14, 19-30, 22-3, 22-13, 22-24
ว. ป. ๑๓๖๓ (๘) ๑๓๖๓	22-4
ว. ป. ๑๓๖๓ (๙) ๑๓๖๓	10-25, 12-26
ว. ป. ๑๓๖๓ (๑๐) ๑๓๖๓	9-25, 11-9
ว. ป. ๑๓๖๓ (๑๑) ๑๓๖๓	9-5, 10-16
ว. ป. ๑๓๖๓ (๑๒) ๑๓๖๓	10-16
ว. ป. ๑๓๖๓ (๑๓) ๑๓๖๓	21-4
ว. ป. ๑๓๖๓ (๑๔) ๑๓๖๓	22-26
ว. ป. ๑๓๖๓ (๑๕) ๑๓๖๓	25-12
ว. ป. ๑๓๖๓ (๑๖) ๑๓๖๓	14-7

	๘	
กำไรสุทธิ		29,15,214,25.10
กำไรสุทธิ		26.10
	๙	
งบกำไรขาดทุนสุทธิ		8-16,10/5
งบกำไรขาดทุนสุทธิ		16.19
งบกำไรขาดทุนสุทธิ		8-15
งบกำไรขาดทุนสุทธิ		26.11
งบกำไรขาดทุนสุทธิ		26.10,11,20,21,9,26.14
งบกำไรขาดทุนสุทธิ		8.15
กำไรสุทธิ		8.9,11.10
กำไรสุทธิ		19.35
กำไรสุทธิ		9.8,15.21
กำไรสุทธิ		9.5,9.18
กำไรสุทธิ		19.25
กำไรสุทธิ		22-4
กำไรสุทธิ		3-1,10,14-15,16,11,20-19,21,17,29,10,25
กำไรสุทธิ		17.19
กำไรสุทธิ		17.7
กำไรสุทธิ		3.7
กำไรสุทธิ		24.4
กำไรสุทธิ		26.9
กำไรสุทธิ		19.6

บริษัท จำกัด (มหาชน)

๕	
ดัชนี	6.3, 17.3, 18-19
สารบัญ	24.3
๖	
วิธีวิเคราะห์	4.4
มวลอะตอม	10.9, 32.4
วิธีนับ	23.28
วิธีวิเคราะห์โดยปริมาตร	19.24
วิธี Atomic Absorption Spectrometry	22.27
วิธี Inductively Coupled Plasma	22.27
วิธี AOAC (American Office of Analysis)	1.5
วิธี Automated Methylthymol Blue	24.21
วิธี Closed Reflux	17.5
วิธี Gravimetric	24.21
วิธี Gas Chromatography	24.21
วิธี Open Reflux	17.5
วิธี Potentiometric	24.23
วิธี Turbidimetric	24.21
วิธี Titration	22.27
วิธี Karl-Fischer	6.7
วิธี Fred Anderson Ltd. Young	36.18
วิธี Karl Fischer	26.16
วิธี Karl-Fischer	26.16

ลัทธิ Dilthey (Dilthey, A. 1859-1911)	26-15
ลัทธิ Durkheim (Durkheim, E. 1858-1917)	26-16
ลัทธิ Kapp	26-15
ลัทธิ McGinnis	26-15
ลัทธิ Mousbrugger (Mousbrugger, J. 1801-1851)	26-15
ลัทธิ Nietzsche (Nietzsche, F. 1844-1900)	26-15
ลัทธิ Powell (Powell, J. 1805-1872)	26-15
ลัทธิ Rappaport (Rappaport, J. 1801-1872)	26-15
ลัทธิ Schlegel	24-2
ลัทธิ Schlegel (Schlegel, A. 1797-1805)	24-12
ลัทธิ Schlegel (Schlegel, A. 1797-1805)	24-12
ลัทธิ Schlegel (Schlegel, A. 1797-1805)	16-20
ลัทธิ Schlegel (Schlegel, A. 1797-1805)	16-20
ลัทธิ Schlegel (Schlegel, A. 1797-1805)	22-28
ลัทธิ Schlegel (Schlegel, A. 1797-1805)	22-28
ลัทธิ Schlegel (Schlegel, A. 1797-1805)	1-4
ลัทธิ Schlegel (Schlegel, A. 1797-1805)	24-29
ลัทธิ Schlegel (Schlegel, A. 1797-1805)	19-34
ลัทธิ Schlegel (Schlegel, A. 1797-1805)	17-19
ลัทธิ Schlegel (Schlegel, A. 1797-1805)	17-19
ลัทธิ Schlegel (Schlegel, A. 1797-1805)	16-4
ลัทธิ Schlegel (Schlegel, A. 1797-1805)	19-13
ลัทธิ Schlegel (Schlegel, A. 1797-1805)	15-4
ลัทธิ Schlegel (Schlegel, A. 1797-1805)	7-36
ลัทธิ Schlegel (Schlegel, A. 1797-1805)	24-27



หน้า	หน้า 13
สารบัญ	2-26
สารบัญรายชื่อ	27-4
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	27-4, 23-12
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	8-7
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	9-4
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	9-6, 9-10-9-12, 9-21-9-22
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	10-13
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	1-9
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	20-23
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	2-3
สารบัญ	18-32, 26-7
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	26-16
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	20-11
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	19-27
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	26-10
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	1-3
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	26-12
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	22-26
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	1-16, 17-19, 24-22
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	19-29
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	3-32
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	3-25
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	1-25, 18-10
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	1-13, 3-25
สารบัญรายชื่อฉบับแก้ไข	3-25







០

សិលាចារឹក, ១៧៤១៣៣	18-12
សត្រុល	16-17, 18-19, 22-13, 27-22
សត្រុល ១៧៤១១៥	14
សត្រុល ១៧៤១៤	17-9, 18-10, 21-12
សត្រុល ១៧៤១៤	16-7, 17-3, 17-5, 17-10, 17-11, 17-9, 18-11, 22-17, 22-24, 24-4, 24-17
សត្រុល ១៧៤១៤១៤	17-3, 17-4, 17-18, 22-17, 22-22, 22-26
សត្រុល ១៧៤១៤	16-7, 16-32, 19-13, 19-21, 19-26
សត្រុល ១៧៤១៤	19-25
សត្រុល ១៧៤១៤	22-26
សត្រុល ១៧៤១៤	13-20
សត្រុល ១៧៤១៤	25-1, 25-4, 25-8, 25-8, 25-11, 25-13
សត្រុល ១៧៤១៤	10-3
សត្រុល ១៧៤១៤	24-7
សត្រុល ១៧៤១៤	14-7
សត្រុល ១៧៤១៤	16-29, 17-7
សត្រុល ១៧៤១៤	2-12, 26-1, 13-16, 13-20, 14-8, 16-2, 17-19, 19-36
សត្រុល ១៧៤១៤	19-30
សត្រុល ១៧៤១៤	16-12
សត្រុល ១៧៤១៤	23-1, 23-12
សត្រុល ១៧៤១៤	23-3, 23-7, 23-8, 23-12
សត្រុល ១៧៤១៤	19-24
សត្រុល ១៧៤១៤	8-14, 9-13
សត្រុល ១៧៤១៤	9-14

សំណុំបែបស្រីស្រី	8 11 15 16 19 20 21 23 29 20
សំណុំបែបស្រី-ប្រុស	3 26 27 26
សំណុំប្រុស	1 17
សំណុំស្រី	3 43
សំណុំស្រី	1 11
សំណុំស្រី	19 25
សំណុំស្រី	17 14 19 25
សំណុំស្រី	24 4
សំណុំស្រី	23 3 23 4 23 11 23 13
សំណុំស្រី	22 16
សំណុំស្រីស្រីស្រី	24 24
សំណុំស្រី	8 10 11 13 17 9 19 3 19 8 19 21 19 12
សំណុំស្រីស្រីស្រី	1 8
សំណុំស្រីស្រីស្រីស្រីស្រី	22 28
សំណុំស្រីស្រីស្រីស្រី	23 11
សំណុំស្រីស្រីស្រីស្រីស្រី	22 26
សំណុំស្រីស្រីស្រីស្រី	19 8
សំណុំស្រី	8 10 1 1 17
សំណុំស្រី	16 32
សំណុំស្រីស្រីស្រីស្រីស្រីស្រី	16 32
សំណុំស្រីស្រី	20 14
សំណុំស្រីស្រីស្រី	16 23
សំណុំស្រី	5 1 22 22
សំណុំស្រី	18 7
សំណុំស្រី	7 22 22 4

โกลเด้นไทยรับ	32.14
โกลเด้น	74.23
โกลเด้น	13,2013.33

อ

โกลเด้น	13.13
โกลเด้น	113,611.12
โกลเด้น	18.11
โกลเด้น	2014.231,239.2311.21.14
โกลเด้น	16.17.16.32
โกลเด้น	18.13
โกลเด้น	22.26
โกลเด้น	13.13.13.11.13
โกลเด้น	20.16
โกลเด้น	10.9
โกลเด้น	10.3
โกลเด้น	23.7
โกลเด้น	23.3
โกลเด้น	23.1.23.1
โกลเด้น	9.6.6.15.26.6.26.12
โกลเด้น	24.5.24.7.24.8
โกลเด้น	24.14
โกลเด้น	24.9
โกลเด้น	22.29

ក្រឹត្យលិខិត	21, 3, 21-4
ក្រឹត្យលិខិត	13-4, 13-5, 13-8, 21-4, 22-15, 23-17, 25-8, 25-17
ក្រឹត្យលិខិត	13-34, 13-2, 13-6, 19-3
ក្រឹត្យលិខិត	27-11

