

บทที่ 2

แนวคิดทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หญ้าเนเปียร์ (Napier Grass)

เป็นหญ้าที่มีลำต้น และใบมีขนาดใหญ่ เจริญเติบโตเร็ว ให้ผลผลิตต่อไร่สูง แรกได้กอดี ทนแล้ง ไม่มีระยะพักตัว ตอบสนองต่อการให้น้ำและปุ๋ยดี ใบมีขนน้อย ไม่คัน ไม่มีโรคแมลงรบกวน สามารถเก็บเกี่ยวต่อเนื่องได้นาน 5-7 ปี และมีค่าความร้อนประมาณ และมีค่าความร้อนประมาณ 14-18 MJ/Kg

วงศ์ : Gramineae

ชื่อวิทยาศาสตร์ : Pennisetum Purpureum Schumaach

ชื่อสามัญ : – Napier Grass

– Elephant Grass

ชื่อท้องถิ่น : – หญ้าเนเปียร์

ถิ่นกำเนิด : แถบประเทศของแอฟริกา

2.1.1 ประวัติ

หญ้าเนเปียร์ (Pennisetum Purpureum) มีถิ่นกำเนิดในแถบประเทศของแอฟริกา ปัจจุบันพบปลูกแพร่กระจายทั่วโลกในแถบประเทศอบอุ่น ส่วนประเทศไทยได้นำหญ้าเนเปียร์จาก ประเทศมาเลเซียเข้ามาปลูกครั้งแรกในปี พ.ศ.2472 โดย นายอาร์ พี โจนส์ และในช่วงปี พ.ศ.2504-2507 ประเทศไทยได้นำเมล็ดพันธุ์จากต่างประเทศมาปลูกอย่างต่อเนื่อง อาทิ กรมปศุสัตว์นำเข้าพันธุ์ ลูกผสมจากประเทศอินเดียเข้ามาปลูก

2.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

- ราก และลำต้น

หญ้าเนเปียร์ เป็นหญ้าที่มีลำต้นขนาดใหญ่ ลำต้นแตกเป็นกอหรือแตกต้นใหม่ได้ ลำต้นมีลักษณะแข็งแรง มีลำต้นสั้นๆบางส่วนอยู่ใต้ดิน ลำต้นเหนือดินมีลักษณะทรงกลม และ ตั้งตรง ขนาดลำต้น 2–2.5 เซนติเมตร สูง 2–6 เมตร ลำต้นมีลักษณะเป็นข้อปล้อง ประมาณ 15–20 ข้อ ส่วนรากมีเฉพาะระบบรากฝอยที่แตกออกจากเหง้าจำนวนมาก

- ใบ

ใบหญ้าเนเปียร์ออกเป็นใบเดี่ยว ประกอบด้วยกาบใบที่ห่อหุ้มลำต้น และมีขนเล็ก ๆ นุ่มมือปกคลุม โดยตรงรอยต่อระหว่างกาบใบกับแผ่นใบมีลิ้นใบ ถัดมาเป็นแผ่นใบยาว แผ่นใบมีสีเขียวอ่อน ยาวประมาณ 70–100 เซนติเมตร กว้างประมาณ 2–3 เซนติเมตร แผ่นใบมีเส้นกลางใบขนาดใหญ่

- ดอก

ดอกหญ้าเนเปียร์ออกเป็นช่อ แบบ Spike ช่อดอกมีรูปทรงกระบอก สีเหลือง ยาวประมาณ 15–22 เซนติเมตร หนาประมาณ 2–3 เซนติเมตร ประกอบด้วยดอกย่อยจำนวนมาก ด้านในดอกมีเกสรตัวเมีย และตัวผู้

- ผล และเมล็ด

หญ้าเนเปียร์พบติดผลได้น้อยมาก เปลือกผล และเมล็ดหุ้มติดกัน

2.1.3 พันธุ์หญ้าเนเปียร์

- หญ้าเนเปียร์ยักษ์

ชื่อสามัญ : King Grass

ชื่อวิทยาศาสตร์ : P. Purpureum King Grass

ต้นประเทศที่นำเข้า : ประเทศอินโดนีเซีย

ปีที่นำเข้า : มกราคม 2533

ผู้นำเข้า : นายชาญชัย มณีคุณ

- หญ้าเนเปียร์แคระ

ชื่อสามัญ : Mott Dwarf Elephant Grass

ชื่อวิทยาศาสตร์: P. Purpureum CV. Mott

ต้นประเทศที่นำเข้ามา : มหาวิทยาลัยแห่งรัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา

ปีที่นำเข้ามา : พฤศจิกายน 2532

ผู้นำเข้า : นายวิฑูรย์ กำเนิดเพชร



รูปที่ 2.1 หญ้าเนเปียร์แคระ

ที่มา : www.technologychaoban.com, mygreengardens.com, talung.gimyong.com, aepplastic.com

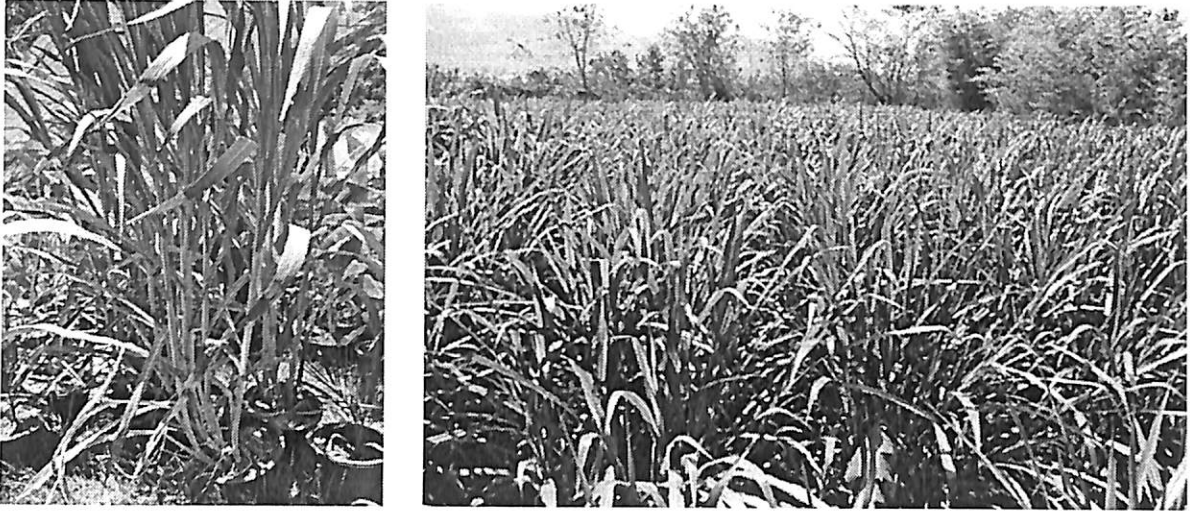
- หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (พันธุ์ลูกผสม)

ชื่อสามัญ : Pak Chong 1

ชื่อวิทยาศาสตร์: P. Purpureum x Pennisetum Americanum

พันธุ์ดั้งเดิม : หญ้าเนเปียร์ยักษ์ และหญ้าไข่มุก

หน่วยงานพัฒนาสายพันธุ์ : ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์วันครราชสีมา



รูปที่ 2.2 หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

ที่มา : www.technologychaoban.com, mygreengardens.com, talung.gimyong.com, aecplastic.com

2.1.4 ประโยชน์หญ้าเนเปียร์

- ใช้ปลูกเพื่อเป็นอาหารสัตว์โดยเฉพาะโคเนื้อ โคนมและกระบือ ซึ่งเหมาะสำหรับการให้กินสด และการทำหญ้าหมัก
- ใช้เป็นชีวมวลสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า
- ใช้ปลูกเป็นพืชคลุมดิน
- ลำต้นใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษ
- ลำต้นนำมาสับ และอัดเป็นแท่งสำหรับเป็นเชื้อเพลิงหุงหาอาหาร

2.1.5 คุณสมบัติที่ดีของหญ้าเนเปียร์

- ลำต้น และใบมีขนาดใหญ่ ลำต้นเติบโตได้เร็ว และให้ผลผลิตต่อไร่สูงมาก
- มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เหมาะสำหรับเป็นอาหารหยาบเลี้ยงสัตว์
- ลำต้นแตกกอใหม่ได้เร็ว ให้ผลผลิตได้ทั้งปี และเก็บผลผลิตได้ยาวถึง 5-7 ปี
- ลำต้น และใบ มีปริมาณแป้ง และน้ำตาลสูง หากนำไปหมักอาจไม่ต้องเติมกากน้ำตาล
- ลำต้น และใบ แก่ช้า
- ลำต้น และใบมีความอ่อนนุ่ม สัตว์เคี้ยวได้ง่าย
- ไม่พบโรค และแมลงทำลาย
- ทนต่อสภาพแห้งแล้งได้เล็กน้อย

- ทนต่อสภาพน้ำขังได้บ้าง
- เติบโตได้ดีในทุกสภาพดิน
- ทนต่อดินเปรี้ยวได้ดี
- ทนต่อดินเค็มได้ดี
- เหมาะสำหรับการให้สัตว์กินสด และการทำหญ้าหมัก

2.1.6 ข้อจำกัดหญ้าเนเปียร์

- ไม่ค่อยทนต่อการเหยียบย่ำ
- ไม่ทนต่อสภาพน้ำขัง
- ไม่เหมาะสำหรับการทำหญ้าแห้ง เพราะลำต้น และใบมีขนาดใหญ่

2.2 ทรัพยากรน้ำบาดาล

น้ำบาดาล (Ground Water) เป็นทรัพยากรที่มีคุณค่า และถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างมากในปัจจุบันเพื่อการอุปโภค บริโภค การอุตสาหกรรม และการท่องเที่ยว ซึ่งการพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้นี้ ถ้าทำในลักษณะที่ไม่ถูกต้อง จะทำให้ระดับน้ำบาดาลลดลงอย่างมาก และเป็นการลดลงแบบไม่สัมพันธ์กับการเพิ่มเติมของน้ำบาดาลตามธรรมชาติ ก่อให้เกิดผลกระทบตามมา ทั้งเรื่องของแผ่นดินทรุด การแทรกซึมของน้ำทะเล การปนเปื้อนของน้ำบาดาล และอื่น ๆ ดังนั้น เราควรมีความรู้พื้นฐานด้านการเกิดน้ำบาดาล รวมทั้งการพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้อย่างถูกต้อง เพื่อให้เป็นการพัฒนาที่ยั่งยืน (ทีมวิชาการธรณีไทย, 2550)

น้ำบาดาล เป็นน้ำใต้ดินที่ซึมผ่านชั้นหินที่มีรูพรุนลงไปขังอยู่ในช่องว่างของชั้นหินเหนือชั้นหินดาน ลึกกว่าชั้นของน้ำบ่อตื้น น้ำบาดาลจะมีการเปลี่ยนแปลงและมีการไหลเช่นเดียวกับน้ำผิวดิน แต่เป็นไปอย่างช้า ๆ โดยน้ำบาดาลจะไหลตามเส้นทางน้ำออกสู่แหล่งน้ำผิวดินในที่สุด น้ำบาดาลนั้นจะมีการสูญเสียจากการระเหยน้อยกว่าน้ำผิวดิน เนื่องจากอยู่ใต้ผิวดิน และเป็นน้ำที่มีความใสในระดับหนึ่ง เนื่องจาก สิ่งปนเปื้อนในน้ำจะถูกกรองออกในระหว่างการซึมผ่านชั้นดินและหินน้ำบาดาล เป็นแหล่งทรัพยากรน้ำที่ถูกกักเก็บอยู่ใต้ผิวดิน ซึ่งเมื่อกล่าวรรวมกับน้ำในดิน และความชื้นในดิน เรียกว่า น้ำใต้ดิน หรือ Subsurface Water แม้ว่าจะอยู่ใต้พื้นดินลง

ไป แต่น้ำเหล่านี้ ก็หมุนเวียนตามวัฏจักรของน้ำอีกสองแหล่งอื่น คือ น้ำในชั้นบรรยากาศ (Meteoritic Water) และน้ำผิวดิน (Surface Water) (กิจการ พรหมมา, 2547)

น้ำบาดาล หมายถึง น้ำใต้ผิวดินที่อยู่ในเขตอิ่มน้ำ (Saturated Zone) รวมถึงธารน้ำใต้ดิน โดยทั่วไปจะหมายถึง น้ำใต้ผิวดินทั้งหมด ยกเว้นน้ำภายในโลก ซึ่งเป็นน้ำที่อยู่ใต้ระดับเขตอิ่มน้ำ (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา, 2530)

ในทางกฎหมายน้ำบาดาล ตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.2520 กำหนดไว้ว่าน้ำบาดาล หมายความว่า น้ำใต้ดินที่เกิดอยู่ในชั้นดิน กรวด ทราย หรือหิน ที่อยู่ลึกจากผิวดินเกินความลึกที่ รัฐมนตรีกำหนด โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา แต่จะกำหนดความลึก น้อยกว่า 10 เมตร มิได้ ปริมาณแหล่งน้ำบาดาลของประเทศไทย พบว่า น้ำบาดาลมีมากกว่านงาจัดประเภทอื่นถึง 24 เท่า (1.1 ล้านล้านลูกบาศก์เมตร) และมีการเพิ่มเติมของน้ำฝนลงไปชั้นน้ำทุกปี น้ำบาดาลอยู่ลึกลงไป ใต้ผิวดิน มีจำนวนหลายชั้นในที่มีความลึกตั้งแต่ 15 เมตร ถึง มากกว่า 1,000 เมตร ปัจจุบันนี้พัฒนา ถึงความลึกระดับ 600 เมตร สามารถเจาะพัฒนามาใช้ได้ในทุกพื้นที่ เป็นแหล่งน้ำที่มั่นใจได้ว่า สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ตลอดไป (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2557)

2.3 คุณสมบัติของน้ำบาดาล

ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์ (2546) ได้อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติของน้ำบาดาล ดังนี้

2.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำบาดาล (Physical Properties)

- อุณหภูมิ (Temperature) เป็นตัวการสำคัญในการช่วยเร่งปฏิกิริยาทางเคมี ต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในน้ำบาดาล แต่โดยปกติอุณหภูมิของน้ำบาดาลมักจะคงที่
- รสและกลิ่น (Taste and Odor) ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากอินทรีย์สารต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำบาดาลนั้น ๆ เช่น Phenols, H₂S
- สี (Color) สีในน้ำบาดาลแบ่งได้ 2 พวก คือ สีจริง เป็นผลมาจากเกลือแร่ต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำบาดาล จะคล้ายกับในน้ำธรรมชาติ จากหุบเขาสูงที่มีสีเหลืองอ่อน ๆ เนื่องจาก กรดอินทรีย์บางตัว และสีปรากฏ เป็นผลมาจากสารแขวนลอยต่าง ๆ ในน้ำ
- ความขุ่น (Turbidity) เนื่องจากสารแขวนลอย (Colloidal and Suspended Solids) ซึ่งอาจมีหรือไม่มีโทษ แต่โดยปกติน้ำบาดาลเป็นน้ำที่ใส น้ำที่ขุ่นจะแสดงถึงสารปนเปื้อน

– การนำไฟฟ้า (Electrical Conductance, EC) การนำไฟฟ้าของน้ำบาดาลขึ้นอยู่กับปริมาณของสารละลายเกลือแร่ทั้งหมด (Total Dissolved Solids, TDS) ดังนั้น การวัดการนำไฟฟ้า จึงเป็นวิธีการที่ง่ายและรวดเร็ว เพื่อบอกปริมาณของ TDS ที่พบในน้ำบาดาล หน่วยวัดของ EC คือ ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร หรือ ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร

– ความหนาแน่น น้ำที่มีคุณภาพดีควรมีความหนาแน่นเท่ากับ 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หากน้ำมีค่าความหนาแน่นมากกว่า 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จะหมายถึงน้ำนั้นมีสิ่งเจือปนอยู่มาก

2.3.2 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำบาดาล (Chemical properties)

– ความกระด้าง (Hardness) ความกระด้างในน้ำเป็นผลมาจาก Ca, Mg ที่ละลายอยู่ อาจอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ กัน อีออนบวกที่อาจเป็นผลทำให้เกิดความกระด้างมีอยู่หลายตัว ได้แก่ Ca, Mg, Fe, Mn, Sr, Na ขณะที่อีออนลบ ได้แก่ HCO_3 , SO_4 , NO_3 , Cl

ตารางที่ 2.1 ประเภทของน้ำตามระดับความกระด้าง

ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ประเภทน้ำ
0-75	น้ำอ่อน (Soft Water)
75-150	น้ำกระด้างปานกลาง (Moderately Hard Water)
150-300	น้ำกระด้าง (Hard Water)
>300	น้ำกระด้างมาก (Very Hard Water)

ที่มา : (Todd, 1980)

– สภาพด่าง (Alkalinity) เป็นผลมาจากคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตที่ละลายอยู่ Alkalinity เป็นตัวช่วยควบคุมความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำบาดาล ขึ้นอยู่กับปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ด้วย Alkalinity มีอยู่ 2 ประเภท คือ Carbonate Alkalinity ในน้ำที่มี pH มากกว่า 8.2 และ Bicarbonate Alkalinity ในน้ำที่มี pH ตั้งแต่ 4.5-8.2 ค่า pH ในน้ำบาดาลจะอยู่ระหว่าง 6.7-7.2 ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ Bicarbonate alkalinity

- ความเป็นกรด-เบส (pH) สำคัญในเรื่องการกัดกร่อนท่อกรูและท่อกรอง น้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรด (pH น้อยกว่า 7) จะเป็นอันตรายต่ออายุการใช้งานของบ่อ นอกจากนี้ ปฏิกริยาทางเคมีและทางชีววิทยาที่เกิดขึ้นถูกควบคุมโดยค่า pH
- เหล็ก (Fe) เป็นปัญหาสำคัญของน้ำบาดาลที่พบเกือบทุกที่ในประเทศไทย เพราะสภาพภูมิอากาศที่เอื้ออำนวย ปัญหาสำคัญที่พบ คือ น้ำที่มีเหล็กมากมักจะมีสีแดงขุ่น ก่อให้เกิดคราบสนิมเคลือบตามเครื่องสุขภัณฑ์และอื่น ๆ เหล็กที่ละลายอยู่ในน้ำบาดาล มี 2 แบบ คือ Fe^{+2} (Ferrous) สามารถละลายน้ำได้และไม่คงที่ (Unstable) และเมื่อถูกอากาศจะเปลี่ยนไปเป็นรูปของ Fe^{+3} (Ferric) ที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ และจะตกตะกอน
- แมงกานีส (Mn) ปกติพบปริมาณน้อย น้ำบาดาลทั่วไปมีแมงกานีสน้อยกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดจากผลของการผุพังของแร่แมงกานีสทั้งหลาย น้ำที่มีแมงกานีสมากจะทำให้เครื่องสุขภัณฑ์เป็นคราบสีดำ นำไปใช้ซักผ้า ผ้าจะเป็นจุดด่างดำ และทำให้เกิดการอุดตันตามรูเปิดและช่องว่างของท่อกรู ท่อกรอง
- ซิลิกา (SiO_2) ในน้ำบาดาลจะพบซิลิกาจำนวนน้อย ในช่วง 5-40 มิลลิกรัมต่อลิตร เพราะต้นกำเนิดของซิลิกา ได้แก่ พวกแร่ซิลิเกต หรือควอตซ์ ซึ่งละลายน้ำได้ยาก น้ำที่มีซิลิกามาก เมื่อนำไปใช้ในหม้อต้มน้ำจะเกิดเป็นตะกรัน (Scale) เคลือบอยู่และถ้าความดันสูงอาจเกิดการระเบิดได้
- ซัลเฟต (SO_4) ในน้ำบาดาล ถ้ามีซัลเฟตละลายปนอยู่มาก น้ำจะมีรสขม อาจทำให้ท้องร่วง เกิดจากแร่ยิปซัม ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) ยิปซัมแอนไฮไดรต์ ($CaSO_4$) มาร์คาไซต์ (Marcasite) และไพไรต์ (Pyrite) แบคทีเรียจะใช้ซัลเฟตในการดำรงชีวิตทำให้เกิดแก๊สไข่เน่า ถ้ามีปริมาณมาก จะทำให้น้ำมีฤทธิ์เป็นกรด และมีกลิ่นเหม็น
- แคลเซียม (Ca) ในน้ำบาดาล จะพบอยู่ในเกณฑ์ประมาณ 10-100 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดจากแร่พวกแคลไซต์ อาราโกไนต์ โดโลไมต์แอนไฮไดรต์ ยิปซัม อะพาไทต์ ฟลูออไรต์ เฟลด์สปาร์ แอมฟิโบล และไพรอกซีน โทษต่อร่างกายยังไม่มีข้อพิสูจน์ที่แน่นอน

- แมกนีเซียม (Mg) ปกติพบปริมาณน้อยกว่า Ca เกิดมาจาก โคโลไมต์ (CaMgCO_3) ไบโอไทต์ ฮอร์นเบลนด์ ออไรต์ เซอร์เพนทีน ทัลก์ และไดออปไซต์ ละลายน้ำได้ช้า และยากกว่าพวกแคลไซต์ โดยทั่วไปจะอยู่ในเกณฑ์ 1–40 มิลลิกรัมต่อลิตร
- โพแทสเซียม (K) มักพบในปริมาณน้อย ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดจากพวกออร์โทเคลส ไมโครไคลน์ และไบโอไทต์
- คลอไรด์ (Cl) น้ำบาดาลทั่วไปจะมีคลอไรด์อยู่ไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้ามีปริมาณมาก จะทำให้น้ำมีรสกร่อย เกิดจากแร่เฮไลต์และจากไอเกลือของทะเล มีเสถียรภาพสูง คุมซับด้วยดินเหนียวได้ยาก เป็นตัวชี้วัดการเคลื่อนที่ของมวลสารออกจากกองขยะและจุดที่มีการปนเปื้อนของตัวทำละลายคลอไรด์
- ไนเตรต (NO_3) เกิดจากสารอินทรีย์ที่มีการผุพังทำลาย จากสารเคมี หรือน้ำเสีย ที่ออกจากโรงงานอุตสาหกรรม ในน้ำบาดาลปกติจะมีไนเตรตประมาณ 0.1–10 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่อาจสูงถึง 500–600 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบริเวณที่มีการใช้ปุ๋ยไนเตรตมาก น้ำที่มีไนเตรตเป็นปริมาณสูง ถ้าใช้ในการบริโภคของทารกเวลานาน ๆ จะเป็นอันตรายต่อทารก ทำให้ผิวหนังช้ำ สีม่วงคล้ำ เรียกว่า Blue Baby Disease
- ฟลูออไรด์ (F) ในน้ำบาดาลทั่วไป ปกติพบน้อยมาก มีไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณที่พบโดยปกติประมาณ 0.1–0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดจากแร่ฟลูออไรต์ (CaF_2) และอาจได้จาก Volcanic Gases น้ำบาดาลที่มีฟลูออไรด์ ละลายอยู่มากกว่า 1.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้ดื่มนาน ๆ จะทำให้เกิดโรคฟันผุ โดยเฉพาะในเด็ก แต่ถ้ามีปริมาณที่เหมาะสม 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถช่วยป้องกันโรคฟันผุได้
- โซเดียม (Na) น้ำบาดาลปกติพบในเกณฑ์ 1-20 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดจากแร่แฟลจิโอเคลส เฟลด์สปาร์ เฮไลต์ และแร่ดินเหนียวบางตัว น้ำบาดาลที่มีโซเดียมปริมาณมากและบริโภคเป็นประจำ อาจมีโทษต่อหัวใจ ไต และลำไส้
- โลหะหนักอื่น ๆ ในน้ำบาดาลจะพบโลหะหนักน้อยมาก การตรวจวิเคราะห์โลหะหนักต้องมีเหตุจูงใจในการดำเนินการ คือ ก่อให้เกิดโรคและเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อมลพิษ

2.3.3 คุณสมบัติทางแบคทีเรีย (Bacteriological Properties)

การวิเคราะห์แบคทีเรียในน้ำบาดาล ช่วยบ่งบอกว่าน้ำนั้น มีการปนเปื้อนจากแบคทีเรียที่มีโทษต่อร่างกายหรือไม่ส่วนใหญ่แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโทษต่อร่างกายมักจะมาจากมนุษย์หรือสัตว์ การปนเปื้อนจะมาจากของเสียหรือสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ จึงมีการวิเคราะห์โคลีฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีการตรวจสอบง่าย ผลการวิเคราะห์จะรายงานในรูปแบบของ MPN (Most Probable Number หรือ จำนวนที่น่าจะเป็นไปได้) ของโคลีฟอร์มแบคทีเรียที่พบต่อหน่วยปริมาตรของน้ำ

2.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาล

น้ำบาดาลโดยทั่วไปเป็นน้ำที่มีคุณภาพดีปราศจากสิ่งเจือปน แต่ในบางกรณีน้ำบาดาลอาจจะมีการปนเปื้อนหรือมีสิ่งเจือปน จึงจำเป็นต้องมีปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลก่อนการนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อให้ได้น้ำบาดาลที่มีความปลอดภัยต่อการอุปโภค หรือบริโภค การสร้างมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลจึงเป็นวิธีการจัดการคุณภาพน้ำอีกวิธีหนึ่ง เพื่อการนำน้ำไปใช้ได้ตามความต้องการ

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค

ดัชนีคุณภาพน้ำ	เกณฑ์ที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุ โลมสูงสุด
คุณลักษณะทางกายภาพ		
สี (Color)	5 (หน่วยเพลทินัม-โคบอลต์)	15 (หน่วยเพลทินัม-โคบอลต์)
ความขุ่น (Turbidity)	5 NTU	20 NTU
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.0-8.5	6.5-9.2
คุณลักษณะทางเคมี		
เหล็ก (Fe)	ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 15 มิลลิกรัมต่อลิตร
ซัลเฟต (SO ₄)	ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	เกณฑ์ที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
คลอไรด์ (Cl)	ไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 600 มิลลิกรัมต่อลิตร
ฟลูออไรด์ (F)	ไม่เกิน 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
ไนเตรท (NO ₃)	ไม่เกิน 45 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 45 มิลลิกรัมต่อลิตร
ความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness as CaCO ₃)	ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร
ความกระด้างถาวร (Non-carbonate hardness as CaCO ₃)	ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร
ปริมาณมวลสารทั้งหมดที่ละลายได้ (TDS)	ไม่เกิน 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1,200 มิลลิกรัมต่อลิตร
คุณลักษณะที่เป็นพิษ		
สารหนู (As)	ต้องไม่มี	0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร
ไซยาไนด์ (CN)	ต้องไม่มี	0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร
ตะกั่ว (Pb)	ต้องไม่มี	0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร
ปรอท (Hg)	ต้องไม่มี	0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร
แคดเมียม (Cd)	ต้องไม่มี	0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร
ซีลีเนียม (Se)	ต้องไม่มี	0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร
คุณลักษณะทางแบคทีเรีย/แบคทีเรีย		
แบคทีเรียที่ตรวจพบโดยวิธี Standard plate count	ไม่เกิน 500 โคโลนีต่อ ลูกบาศก์เซนติเมตร	ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
แบคทีเรียที่ตรวจพบโดยวิธี MPN	น้อยกว่า 2.2 ต่อร้อยลูกบาศก์ เซนติเมตร	
E.Coli	ต้องไม่มี	

ที่มา : ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการ
ในทางวิชาการสำหรับการป้องกัน ด้านสาธารณสุขและการป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ
พ.ศ.2551 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 125 ตอนพิเศษ 85 ง ลงวันที่ 21 พฤษภาคม 2552

2.5 การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

การปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลมีหลายกระบวนการตามวัตถุประสงค์ ซึ่งสามารถสรุปได้หลายวิธี ดังนี้

การกรอง (Filtration) สามารถกำจัดสารแขวนลอยในน้ำที่มีขนาดต่าง ๆ แบ่งลักษณะการกรองได้ 2 ประเภท คือ การกรองแบบติดผิวที่ชั้นกรอง (Surface Filtration) นิยมใช้สำหรับการจับตะกอนแขวนลอย หรือความขุ่น ให้ติดบนผิวของวัสดุกรอง และการกรองแบบติดค้ำในชั้นกรอง (Indepth Filtration) เป็นระบบที่นิยมใช้กันทั่วไปโดยใช้วัสดุกรอง คือ ทราย และเนื่องจากขนาดของสารกรองมักมีขนาดใหญ่ ทำให้ตะกอนมีโอกาสแทรกเข้าไปในชั้นกรองได้

การทำ Aeration คือ การเติมอากาศให้น้ำ วัตถุประสงค์เพื่อกำจัดแก๊สต่าง ๆ ที่ไม่พึงประสงค์ในน้ำ เช่น H_2S , CO_2 , NH_3 และ นอกจากนี้ ยังทำให้เกิดปฏิกิริยา Oxidation ของเหล็กและแมงกานีส ทำให้สามารถนำน้ำไปกรองตะกอนเหล็กและแมงกานีสออก และทำให้ไม่เกิดปัญหาเมื่อนำน้ำไปใช้ ปัจจัยที่มีผลต่อการทำ Aeration ได้แก่ ขนาดของละอองน้ำหรือฟองอากาศ ความเข้มข้นของแก๊สที่มีอยู่ในน้ำ ปริมาณและความเข้มข้นของ O_2 และเวลาที่น้ำสัมผัสอากาศ อุปกรณ์เติมอากาศ มีหลายรูปแบบและมีการนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในการปรับสภาพน้ำธรรมชาติ และน้ำเสีย เช่น แอโรเตอร์แบบน้ำตก แอโรเตอร์แบบขึ้นบันได นอกจากนี้ยังมีระบบเติม O_2 โดยใช้เครื่องมือกล เช่น หัวน้ำพุแบบต่าง ๆ Air Blower, Surface Aerator, Jet Aerator เป็นต้น

การปรับค่า pH ของน้ำ เพื่อทำการเพิ่ม หรือ ลดค่า pH ของน้ำ (ซึ่งจะมีผลถึงค่า Alkalinity และ Acidity ของน้ำด้วย) การปรับค่า pH มีความจำเป็นเพราะ หากน้ำมีค่า pH ต่ำมาก จะทำให้เกิดปัญหาการกัดกร่อนโลหะ เช่น ในท่อโลหะ เป็นต้น แต่การที่น้ำมีค่า pH สูง ๆ กลับไม่ค่อยมีผลเสียอย่างชัดเจนร้ายแรงมากนัก โดยเฉพาะค่ามาตรฐานน้ำดื่มที่ยอมให้มีค่า pH สูงถึง 8.5 สารเคมีที่ใช้ในการเพิ่มความเป็นด่าง และ pH ของน้ำ คือ โซดาแอช (Na_2CO_3) โซดาไฟ ($NaOH$) โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) หินปูน ($CaCO_3$) เป็นต้น สารเคมีที่ใช้ในการลดความเป็นด่าง และ pH ของน้ำคือ HCl (กรดไฮโดรคลอริก) H_2SO_4 (กรดซัลฟิวริก) กรดน้ำส้ม เป็นต้น ซึ่งการที่เราจะเลือกใช้สารตัวใดนั้นให้ดูผลวิเคราะห์น้ำดิบ และวัตถุประสงค์ของการนำน้ำไปใช้

การแก้ปัญหาคความกระด้างในน้ำ ด้วยการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange) โดยการปล่อยน้ำผ่านเรซิน ซึ่งสามารถกำจัดไอออนบวก (Cation) และไอออนลบ (Anion) ได้ โดย Ca, Mg, Na, Fe, Mn จะถูกจับโดย Cation Rasin ส่วน HCO_3 , SO_4 , Cl, NO_3 จะถูกจับโดย Anion Rasin

การฆ่าเชื้อโรคในน้ำ (Disinfection) สามารถทำได้หลายวิธีเช่น การต้ม การใช้สารประกอบของคลอรีน การใช้แสงอุลตราไวโอเลต การใช้แก๊สโอโซน เป็นต้น

การผลิตน้ำบริสุทธิ์ด้วยระบบ Reverse Osmosis ออสโมซิส (Osmosis) หมายถึง การเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติของน้ำผ่านที่เยื่อเมมเบรนบาง ๆ (Semipermeable Membrane) จากสารละลายเจือจาง ไปยังสารละลายเข้มข้น เยื่อเมมเบรนในอุดมคติยอมให้น้ำไหลผ่านได้เท่านั้น แต่ในทางปฏิบัติโมเลกุลหรือไอออนบางชนิด อาจไหลผ่านได้เช่นกัน ถ้าปล่อยให้มีการไหลของน้ำผ่านเมมเบรนจนกระทั่งถึงจุดสมดุล (ไม่มีการไหลอีก) ระดับน้ำในคานที่เป็นสารละลายเข้มข้น จะสูงกว่าระดับน้ำในคานซึ่งเป็นสารละลายเจือจาง ผลต่างของระดับน้ำนี้ เรียกว่าแรงดันออสโมติก (Osmotic Pressure) นักวิทยาศาสตร์ได้อธิบายถึงปรากฏการณ์ออสโมซิสว่าอาจเกิดขึ้นเนื่องจากสารละลายเข้มข้นมีแรงดันไอดำกว่าสารละลายเจือจาง ระดับน้ำในทั้ง 2 คานของเมมเบรนจึงมีการปรับตัว จนกระทั่งแรงดันบนผิวน้ำทั้งสองด้านมีค่าเท่ากัน ถ้ามีแรงดันที่มีค่าสูงกว่าแรงดันออสโมติกมากกระทำต่อด้านที่มีสารละลายเข้มข้น น้ำจะไหลย้อนกลับ ซึ่งเป็นการต้านการไหลตามธรรมชาติ วิธีดังกล่าวนี้ จึงนำมาใช้เพื่อแยกน้ำออกจากสารละลายเข้มข้นต่างๆ และเรียกว่า Reverse Osmosis (RO. หรือออสโมซิสย้อนกลับ) ดังนั้น กระบวนการ RO. จึงอาศัยปัจจัยสำคัญ 2 อย่างคือ แรงดัน และเมมเบรน

2.6 เหล็กในน้ำบาดาล

เหล็กที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในชั้นหินและชั้นดิน จะเป็นแหล่งกำเนิดของเหล็กในน้ำบาดาล ในชั้นหินจะมีแร่เหล็กประมาณร้อยละ 5 ของแร่ทั้งหมด (Robinson, 1968) เหล็กที่พบในหินและดินส่วนใหญ่เป็นสารประกอบของเหล็กออกไซด์ เหล็กซัลไฟด์ และเหล็กคาร์บอเนต เหล็กออกไซด์เกิดจากแร่ 3 ชนิด คือ แร่เฮมาไทต์ แร่แมกเนไทต์ และแร่ลิโมนไนต์ ในขณะที่เหล็กซัลไฟด์เกิดจากแร่ไพไรต์ และเหล็กคาร์บอเนตเกิดจากแร่ซิเคอไรท์ (Vitayaudom, 1967)

2.6.1 ชนิดของเหล็กในน้ำบาดาล

Walker (1978) ได้ให้รายละเอียดการแบ่งชนิดของเหล็กเป็น 2 ชนิด ดังนี้

- เหล็กอนินทรีย์ เป็นเหล็กส่วนใหญ่ที่พบในน้ำบาดาล น้ำที่มีเหล็กอนินทรีย์เมื่อสูบขึ้นมาจะไม่มีสี แต่เมื่อทิ้งไว้สักครู่ให้สัมผัสกับอากาศ น้ำก็จะมีลักษณะขุ่น มักพบอยู่ในรูปสารประกอบของเหล็กคาร์บอเนตมากที่สุด เช่น เฟอร์สไบคาร์บอเนต ($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$) รองมาจะอยู่ในรูปของเฟอร์สซัลเฟต (FeSO_4) และอาจพบอยู่ในรูป สารประกอบของเหล็กคลอไรด์ (FeCl_2)
- เหล็กอินทรีย์ เป็นเหล็กที่พบในน้ำผิวดินเป็นส่วนใหญ่ มักพบอยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน (Organic Complex Compounds) เช่น Humic Acid, Fulvic Acid หรือ Tannic Acid เป็นต้น

2.6.2 สถานะของเหล็กในน้ำ

เหล็กทั้งหมดในน้ำ (Total Iron) แบ่งออกเป็น 2 รูป คือ เหล็กเฟอร์สในรูป Fe^{2+} กับเหล็กเฟอริกในรูป Fe^{3+} เหล็กเฟอร์สในรูป Fe^{2+} ซึ่งอาจรวมตัวกับธาตุอื่นเป็นสารประกอบที่ประกอบด้วยธาตุอื่นธาตุเดียว เช่น FeS_2 เป็นชนิดที่ไม่ละลายน้ำ และ $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ เป็นชนิดที่ละลายน้ำได้ เป็นต้น หรือธาตุอื่นมากกว่าสองชนิด จะอยู่ในรูปของสารประกอบเชิงซ้อน (Complex Form) เช่น Mineral Complexes และ Organic Complexes เป็นต้น ส่วนเหล็กเฟอริกในรูป Fe^{3+} ซึ่งอาจรวมตัวกับธาตุอื่นเป็นสารประกอบ ที่ประกอบด้วยธาตุอื่นธาตุเดียว เช่น $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ที่ไม่ละลายน้ำ เป็นต้น (มันสิน ตันฑุลเวศม์, 2538) เมื่อสังเกตน้ำบาดาลที่เพิ่งถูกสูบมาด้วยตาเปล่า จะเห็นมีฝ้ายลอยอยู่บนผิวน้ำ เวลาต่อมาน้ำจะเริ่มขุ่นแดง และตกตะกอนลง ถ้ามีการนำน้ำไปใช้ สีแดงสนิมของเหล็กจะติดอยู่ตามเสื้อผ้าและเครื่องสุขภัณฑ์ ท่อกรอง ทราयरกรอง และภายในเครื่องสูบน้ำ สนิมเหล็กที่ถูกระดมไว้จะไปอุดตันท่อน้ำได้ แต่ยังไม่มียางานความเจ็บป่วยจากการใช้น้ำบาดาลที่มีเหล็กมาก (กิจการ พรหมมา, 2546)

2.7 ปัญหาของเหล็กในน้ำบาดาล

ด้านการอุปโภค น้ำที่มีเหล็กมากทำให้เกิดแบคทีเรียเหล็ก มีลักษณะเป็นวุ้น และมีสีแดงเข้ม เมื่อมีจำนวนมากจะไปอุดตันตามท่อกรองของบ่อบาดาล น้ำไหลเข้าบ่อบาดาลได้ยาก ทำให้เกิดปัญหาอุดตันตามท่อในระบบจ่ายน้ำ (Sawyer, 1967) เครื่องสูบน้ำหมุนไม่สะดวกลดประสิทธิภาพการจ่ายน้ำ ด้านการบริโภคน้ำที่มีเหล็กมากจะมีสีเหลืองหรือสีแดงและมีกลิ่นสนิมเหล็ก เป็นที่น่ารังเกียจต่อการใช้น้ำดื่ม ถ้าไปใช้ในการซักล้างเหล็กจะเกาะติดกับภาชนะและผ้าที่ซัก ทำให้มีสีเหลืองหรือสีแดง โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะไปเกาะติดกับเครื่องสุขภัณฑ์ในห้องน้ำ ทำให้มีคราบสีเหลืองหรือสีแดงไม่น่าดู (วชิ รามณรงค์, 2517) ถ้าใช้ในการหุงข้าวจะทำให้ข้าวบูดเร็ว และการนำน้ำที่มีเหล็กเกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ล้างไข่จะทำให้ไข่เน่าเร็วขึ้น (เจริญ เพียรเจริญ, 2519)

ด้านสุขภาพอนามัย เหล็กเป็นธาตุที่จำเป็นในอาหารของมนุษย์ ที่เป็นองค์ประกอบของฮีโมโกลบิน ไมโอโกลบิน ไซโตโครม เอ็นไซม์ และโปรตีนต่าง ๆ หลายชนิด ถ้าขาดธาตุเหล็กจะทำให้การสังเคราะห์ฮีโมโกลบินลดลง ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง โดยปกติเหล็กไม่จัดว่าเป็นสารพิษต่อร่างกาย แต่ถ้าร่างกายดูดซึมเข้าไปมากเกินไปมากเกินไปจะทำให้เกิดธาตุเหล็กสะสมในตับ ม้าม และระบบการสร้างเม็ดเลือดในรูป Haemosiderin ทำให้เกิดอาการของโรคตับแข็งและการตกตะกอนของธาตุเหล็กในร่างกาย นอกจากนี้ อาจมีอาการโรคตับปิดกักเปิด ถ้าบริโภคเกลือที่มีธาตุเหล็กมาก จะเกิดการระคายเคืองต่อกระเพาะอาหาร ส่งผลให้กระเพาะอาหารเป็นแผลและอักเสบ (วรชาติ พวงเงิน, 2547)

ด้านการเกษตรกรรม น้ำบาดาลระดับตื้นที่มีเหล็กปริมาณมากจะเกิดการตกตะกอนและสะสมในดินนา ทำให้ดินนาเสื่อมคุณภาพ ถ้าความเข้มข้นของเหล็กในสารละลาย ดินนามีค่าสูงกว่า 99.4 มิลลิกรัมต่อลิตร (อมรลักษณ์ ปรีชาหาญ และคณะ, 2546) เมื่อรากข้าวแช่ในน้ำขังที่มาจากน้ำบาดาลที่มีเหล็กสูงกว่า 5–10 มิลลิกรัมต่อลิตร รากข้าวจะปล่อยแก๊สออกซิเจนออกมา เพื่อลดความเป็นพิษของเหล็ก ทำให้เกิดสนิมเคลือบอยู่บนผิวของรากข้าว ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการดูดซึมน้ำลดลง (กิจการ พรหมมา, 2546)

ด้านอื่น ๆ ธาตุเหล็กเป็นแหล่งอาหารที่ช่วยในการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Iron Bacteria) ที่เป็นสาเหตุการเกิดกลิ่นและรสในน้ำ ทำให้น้ำประปามีความขุ่นสูง และมีสีแดง ทำให้เกิดสนิมเหล็กเกาะติดในท่อประปา มาตรการด้าน ประตุน้ำ ส่งผลให้เกิดการอุดตันของท่อน้ำและลด อัตราไหลของน้ำในท่อ นอกจากนี้ ยังส่งผลกระทบต่อกิจการอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอ เยื่อกระดาษ เครื่องดื่ม และอาหาร เป็นต้น

2.8 ทฤษฎีการดูดซับ

การดูดซับ (Sorption) คือปรากฏการณ์ที่เกิดความสมดุลในการแยกสารประกอบประเภท ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) ไปยังพื้นผิวของระบบสองสถานะ (Two-Phase System) อัน ประกอบด้วย

ส่วนที่เป็นของเหลว เช่น น้ำ และส่วนที่เป็นของแข็ง เช่น ดิน อิฐมวล หรือผงกัมมันต์ กระบวนการทางกายภาพที่เกิดขึ้นเมื่อสารปนเปื้อนแยกไปยังของแข็ง มักจะเกี่ยวกับพันธะที่ไม่ แข็งแรง สามารถย้อนกลับได้ (สิริจิตต์ แสงอุ๋นอุทัย, 2544 อ้างถึงใน Weber, 1993)

สารดูดซับ (Sorbent) คือของแข็ง (Solid Phase) ที่ดูดซับสารเคมีไว้ซึ่งในทางการจัดการ ของเสียอันตรายรวมถึงดิน สลัดจ์ ชั้นใต้ดิน (Subsurface Strata) ของระบบน้ำใต้ดิน และถ่านกัม มันต์แบบเกร็ด (Granular Activated Carbon) สารที่ถูกดูดซับ (Sorbate) คือสารประกอบในเฟส ของเหลว (Liquid Phase) ซึ่งถูกแยกไปยังสารดูดซับ เฟสของเหลวมักจะเป็นน้ำ แต่กรณีที่เป็นตัว ทำละลายอินทรีย์ (Organic Solvent) ก็พบบ้างเป็นกรณีพิเศษ

2.8.1 กลไกการดูดซับ

การดูดซับประกอบไปด้วย 3 กลไก ได้แก่ กลไกทางไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic Mechanism) กลไกทางเคมี (Chemical) และกลไกทางกายภาพ (Physical) กลไกการดูดซับสามารถ แบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้ (นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์, 2550)

ขั้นตอนที่ 1 การแพร่ภายนอก (External Diffusion) การแพร่ภายนอกเป็นกลไกที่ โมเลกุลของตัวดูดซับเข้าถึงตัวดูดซับ ซึ่งพื้นที่ผิวของตัวดูดซับมีของเหลวห่อหุ้ม โดยโมเลกุลแทรก ผ่านชั้นของของเหลวเข้าถึงผิวหน้าของตัวดูดซับ

ขั้นตอนที่ 2 การแพร่ภายใน (Internal Diffusion) เป็นกลไกที่โมเลกุลของตัวถูกดูดซับแพร่กระจายเข้าสู่พื้นที่ผิวภายใน โพรงตัวดูดซับเพื่อให้เกิดการดูดซับ

ขั้นตอนที่ 3 ปฏิกิริยาพื้นผิว (Surface Reaction) ปฏิกิริยาพื้นผิวเป็นกลไกที่โมเลกุลของตัวถูกดูดซับติดที่ผิวของตัวดูดซับ ซึ่งเป็นกระบวนการที่รวดเร็วมาก เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแพร่ ดังนั้น ควรคำนึงถึงการต้านทานจากปฏิกิริยาพื้นผิวด้วย

2.8.2 ตัวดูดซับ

ตัวดูดซับ คือ สารที่มีความสามารถในการดูดซับมีหลายชนิด อาจแบ่งได้เป็น 5 ประเภท

- สารอนินทรีย์ เช่น ดินเหนียวชนิดต่างๆ แมกนีเซียมออกไซด์ ซิลิกาแกมมันต์ อะลูมิเนียมแกมมันต์ ถ่านกระดูก สินแร่จากพวกอะลูมิโนซิลิเกต เช่น Kaolinite เป็นต้น ตัวดูดซับสารอนินทรีย์จะมีพื้นที่ผิวเฉพาะประมาณ 50–200 ตารางเมตรต่อกรัม และดูดซับโมเลกุลสารเพียงไม่กี่ชนิด ทำให้การใช้ประโยชน์จากสารดูดซับสารอนินทรีย์มีขีดจำกัด
- ถ่านแกมมันต์ มีพื้นที่ผิวเฉพาะประมาณ 500–1,400 ตารางเมตรต่อกรัม เป็นตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพ และมีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางในด้านต่าง ๆ เช่น ฟอกสี ใช้ในการกำจัดกลิ่นและรส ใช้ในการกำจัดตะกอนในโรงงานเบียร์ เป็นต้น
- สารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่ สารแลกเปลี่ยนไอออน (เรซิน) ชนิดพิเศษที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่าง ๆ สารเรซินเหล่านี้มีพื้นที่ผิวเฉพาะประมาณ 300–500 ตารางเมตรต่อกรัม
- วัสดุชีวภาพ (Biomaterials) ส่วนใหญ่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ชี้อัลไค โคลโตซาน กากกาแฟ กากชา กากถั่วเหลือง ฟางข้าวเปลือกไม้ ถั่วแกลบคา เป็นต้น
- สารดูดซับชีวภาพ (Biosorbent) ได้แก่ เซลล์จุลินทรีย์ เช่น เซลล์ของแบคทีเรีย

ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ

- อัตราความปั่นป่วน เกิดจากการกวนสารละลาย หรือการไหลผ่านคอลัมน์ จะมีผลต่อการดูดซับของถ่าน เนื่องจากถ่านมีขนาด และคุณลักษณะทางกายภาพต่างกัน ทำให้การดูดซับของถ่านต้องการความปั่นป่วนในระดับที่ต่างกัน เช่น ถ่านแกมมันต์แบบผงต้องการความปั่นป่วนสูงจะเกิดการดูดซับดี ขึ้นอยู่กับการแพร่ผ่านรูพรุนของโมเลกุลที่ถูกดูดซับเข้าสู่โพรงช่องว่างของถ่านแกมมันต์ (ประพิน, 2548)

- ขนาดและพื้นที่ผิวของถ่าน ขนาดของถ่านเป็นสัดส่วนผกผันกับอัตราเร็วในการดูดซับของถ่าน คือถ่านแบบผงจึงมีอัตราเร็วในการดูดซับสูงกว่าถ่านแบบเกล็ด และพื้นที่ผิวของถ่านสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการดูดซับ ในกรณีที่มีพื้นที่ผิวของถ่านส่วนมากเป็นพื้นที่ผิวของช่องว่าง หรือ โพรงภายใน ขนาดภายนอกของถ่านจะไม่ค่อยมีผลต่อการกำหนดพื้นที่ผิว แต่ถ่านกัมมันต์แบบผง จะมีอัตราเร็วในการดูดซับสูงกว่าถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด

- ขนาดของสารที่ถูกดูดซับบนผิวถ่าน สำคัญมากต่อการดูดซับของถ่าน เนื่องจากการดูดซับส่วนใหญ่เกิดขึ้นภายในรูพรุนของถ่าน การดูดซับจะเกิดขึ้นได้ดี เมื่อสารที่ถูกดูดซับมีขนาดเล็กกว่ารูพรุนของถ่านเพียงเล็กน้อย ทำให้สารขนาดเล็กนี้ถูกดูดเข้าสู่รูพรุนของถ่านก่อน จากนั้นสารขนาดใหญ่ จึงถูกดูดเข้าสู่รูพรุนต่อมา

- ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลาย ถ่านมักนิยมนำมาใช้ในการดูดซับสารออกจากสารละลาย ดังนั้น ค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลาย จึงมีผลต่อการดูดซับของถ่าน เพราะค่าความเป็นกรดเบสของสารละลายจะมีผลต่อการแตกตัวของไอออนของตัวถูกละลาย

- อุณหภูมิ ส่งผลต่อการดูดซับอย่างมาก หากอยู่ในสถานะของเหลวเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายจะทำให้การแพร่ผ่านของตัวถูกละลายไปยังรูพรุนของถ่านเกิดได้เร็วขึ้น ทำให้อัตราเร็วในการดูดซับสูงขึ้น

2.9 คุณสมบัติและประโยชน์ของถ่าน

ถ่าน คือ วัสดุเหลือทิ้งทางธรรมชาติที่ถูกนำมาผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยอาศัยความร้อนจากเปลวไฟในสถานะที่ปราศจากแก๊สออกซิเจนที่เป็นตัวทำให้เกิดการเผาไหม้ การลุกติดไฟ จะได้รับความร้อนจากความร้อน สารสำคัญต่าง ๆ เช่น เซลลูโลส สารเฉพาะตัวต่าง ๆ เกิดการระเหยและสลายตัวออกไปจากวัสดุ โดยผลผลิตสุดท้ายที่ได้จากกระบวนการ ได้แก่ คาร์บอนซึ่งเป็นสารประกอบหลักประมาณร้อยละ 80 สารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่น ๆ ประมาณร้อยละ 10 ถึง 20 และขี้เถ้า อีกประมาณร้อยละ 0.5 ถึง 10 นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุอื่น ๆ อีกเล็กน้อยเช่น กำมะถันและฟอสฟอรัส เป็นต้น ถ่านที่ดีลักษณะภายนอกจะมีความแข็งแรงแรงและหนัก หักแล้วมีความมันวาว เคาะกันแล้วมีเสียงดังกังวาน เมื่อใช้งานจะไม่มีควัน (พูนินันท์ พึงวงศ์ญาติ, 2544: 24-27)

2.9.1 คุณสมบัติของถ่าน

ถ่านมีคุณสมบัติพิเศษอย่างหนึ่ง คือ สามารถดูดซับกลิ่นเหม็นอับไม่พึงประสงค์ต่างๆ ซึ่งเห็นจากการนำถ่านมาไว้ในตู้เย็น ใส่ไว้ในตู้เสื้อผ้าและตู้โชว์ เพื่อไม่ให้มีกลิ่นเหม็นอับ ผลผลิตถ่านสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ใช้ได้หลายด้าน ไม่ใช่เพียงนำไปหุงต้มในครัวเรือนเท่านั้น โครงสร้างของถ่านจะมีลักษณะเป็นรูพรุนเล็กๆ มากมาย โดยจะดูดซับสิ่งต่างๆ แพร่เข้า รูพรุน หากถ่านมีรูพรุนมากก็จะทำให้ดูดซับได้มากตามไปด้วย พบว่ามีคุณสมบัติพิเศษ สามารถให้กำเนิดและปล่อยประจุลบ (Negative Ions) และอินฟราเรดยาว (Far Infrared Ray) (ชนม์ชนก บุรีแก้ว, 2556)

ลักษณะสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่เป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพในการนำไปใช้งาน ทั้งในด้านการกำจัดสาร การแยกสาร หรือการทำให้สารบริสุทธิ์นั้น ย่อมมีสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งาน โดยการพิจารณาคุณสมบัติต่างๆ ของถ่านกัมมันต์ (Jankowska et al, 1991) ได้ให้รายละเอียด ดังนี้

2.9.1.1 สมบัติทางกายภาพ

- ความหนาแน่น (Density) เป็นค่าที่ใช้บอกถึงประสิทธิภาพในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ โดยถ่านกัมมันต์ที่มีความหนาแน่นต่ำ จะเป็นถ่านที่มีปริมาตรรูพรุนสูง ทำให้สามารถดูดซับสารได้ในปริมาณมากกว่า
- พื้นที่ผิวจำเพาะ (Specific Surface Area) ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเป็นค่ามาตรฐานที่นิยมใช้ เพื่อแสดงคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ เนื่องจากสามารถทดสอบเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ทุกชนิด ค่าพื้นที่ผิวที่มีในการรายงานสมบัติของถ่านกัมมันต์ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการของบีอีที (BET) โดยการใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นแก๊สในการดูดซับใช้เครื่องทดสอบพื้นที่ผิวเป็นเครื่องวิเคราะห์ โดยปกติถ่านกัมมันต์ สามารถมีพื้นที่ผิวดังแต่ 600–2,500 ตารางเมตรต่อกรัม

2.9.1.2 สมบัติทางเคมี

- กลุ่มฟังก์ชันบนผิวถ่านกัมมันต์ (Functional Group) เป็นการทดสอบหา ลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์ เพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมในการใช้งาน เนื่องจากกลุ่มฟังก์ชันบนผิวถ่านกัมมันต์มีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและสภาวะในการกระตุ้น การนำถ่านกัมมันต์ ที่ผลิตได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงต้องคำนึงถึงกลุ่มฟังก์ชันบนผิวถ่านกัมมันต์เป็น

สำคัญ คุณสมบัติในการดูดซับ หาได้จากไอโซเทอมการดูดซับของของเหลวบนถ่านกัมมันต์เมื่อนำไปดูดซับของเหลวตัวอย่างของคุณสมบัติในการดูดซับ คือ

การดูดซับไอโอดีน เป็นค่าสำคัญที่ใช้ในการประเมินค่าความพรุนของรูพรุนขนาดเล็ก (Microporosity) จากการดูดซับไอโอดีน (0.04-0.1 อังสตรอม) (Henning and Schäfer, 2007) โดยจะพิจารณาที่ค่าไอโอดีนนัมเบอร์เพื่อบอกถึงประสิทธิภาพในการดูดซับของ ถ่านกัมมันต์ ซึ่งถ้าค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงกว่า 1000 ซึ่งให้เห็นว่า ถ่านกัมมันต์มีรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก ส่งผลให้มีปริมาณ 20 พื้นที่ผิวในการดูดซับสูง ดังนั้นค่าการดูดซับ ไอโอดีนจึงถูกใช้เป็นตัววัดประสิทธิภาพของถ่าน โดยจะระบุในหน่วยมิลลิกรัมของไอโอดีนที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักถ่านกัมมันต์ 1 กรัม

การดูดซับเมทิลลิโนบลู เป็นสารให้สีที่มีโมเลกุลขนาดกลาง ถูกนำมาใช้เป็นสารดูดซับ สำหรับถ่านกัมมันต์ชนิดที่มีรูพรุนขนาดไม่ใหญ่มากหรือมีรูพรุนขนาดกลาง ซึ่งค่าเมทิลลิโนบลูจะระบุในหน่วยน้ำหนักกรัมของเมทิลลิโนบลูที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักถ่านกัมมันต์ 100 กรัม

2.9.1.3 สมบัติทางเคมีฟิสิกส์

- ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter) เป็นค่ามาตรฐานที่ใช้กำหนดค่าสารระเหยที่อยู่ในถ่านหินและโค้ก โดยนำมาประยุกต์ใช้กับถ่านกัมมันต์ ได้ทำการทดสอบได้โดยนำตัวอย่างมาบดให้มีขนาดเล็กกว่า 0.1 นาโนเมตร จากนั้น นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 950 ± 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 7 นาที ค่าของปริมาณสารระเหยจะเป็นมวลที่หายไป

- ปริมาณความชื้น (Moisture Content) เป็นการหาปริมาณน้ำที่มีในถ่านกัมมันต์ โดยการอบให้แห้งในเตาอบ ทำการวิเคราะห์โดยบดถ่านกัมมันต์นำไปทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส จนกว่าน้ำหนักจะคงที่ โดยสามารถคำนวณปริมาณความชื้นได้จากน้ำหนักที่หายไป

- ปริมาณเถ้า (Ash) ปริมาณเถ้าในถ่านกัมมันต์อาจมีค่าแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นที่อุณหภูมิสูงและเวลานานปริมาณเถ้าของถ่านกัมมันต์ก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเถ้า โดยทั่วไปในการผลิตถ่านกัมมันต์จะเลือกใช้วัตถุดิบที่มีปริมาณเถ้าต่ำ เมื่อนำไปผ่านกระบวนการกระตุ้นแล้วจะทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีค่าพื้นที่ผิวสูงเหมาะกับการนำไปใช้ดูดซับสาร

2.9.2 การใช้ประโยชน์จากถ่าน

การใช้งานถ่านให้เกิดประโยชน์นั้นมีด้วยกันหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับคุณภาพของแต่ละชนิด ซึ่งนอกจากการใช้เป็นเชื้อเพลิงแล้วยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้ดังนี้ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2544)

- การใช้ประโยชน์ด้านเกษตรกรรม ในภาคการผลิตเชิงเกษตรการนำถ่านไปใช้ประโยชน์นับว่ามีคุณค่า เนื่องจากถ่านมีคุณสมบัติที่ไม่เป็นพิษภัยต่อพืช และสัตว์ จึงสามารถใช้ทดแทนสารเคมีราคาแพงได้อย่างกว้างขวาง และมีประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่ ได้แก่ การใช้โรยเพื่อปรับปรุงสภาพของดิน ดูดซับสารเคมีและปุ๋ยเคมีส่วนเกินที่ใช้ในการเกษตร ใช้เพิ่มปริมาณของแบคทีเรียในดิน ป้องกันการเกิดโรคในสวนผลไม้ และป้องกันการสูญเสียของต้นชา และลดความขมของชา เป็นต้น

- การใช้ประโยชน์ด้านปศุสัตว์ มีการใช้ถ่าน โดยบดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตร แล้วผสมกับอาหารสัตว์ เพื่อใช้ในการรักษาโรคเกี่ยวกับระบบอาหารของไก่ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้เป็นอาหารเสริมได้โดยใช้ผงถ่านร้อยละ 30 ผสมกับน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้งก่อนที่จะนำไปผสมอาหารสัตว์ จะทำให้อาหารสัตว์มีคุณค่าทางอาหารมากขึ้นสามารถลดการเกิดแก๊สในกระเพาะอาหาร และป้องกันอาการท้องร่วงของสัตว์ได้

- การใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรม ถ่านบริสุทธิ์จะถูกใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสารเคมีต่าง ๆ ในอุตสาหกรรม เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ โซเดียมไซยาไนด์ ซิลิกอนคาร์ไบด์ และถ่านกัมมันต์ที่ได้จากถ่านที่มีค่าคาร์บอนเสถียรสูง (High Fixed Carbon) ใช้ในระบบกรองและบำบัดอุตสาหกรรมน้ำดื่ม ระบบผลิตน้ำประปา ระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์จากคาร์บอนในอุตสาหกรรมโลหะหรือใช้ซีเมนต์เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ให้แข็งตัวช้า และมีความแข็งแรงขึ้น

- การใช้ประโยชน์ในครัวเรือน การใช้ถ่านเพื่อทำหน้าที่ลดกลิ่นในห้องปรับอากาศ มีประสิทธิภาพที่ดีมากในห้องปรับอากาศหรือในรถ โดยเฉพาะที่ที่มีผู้สูบบุหรี่ หรืออาจจะมีการสูบบุหรี่ ควรมีถ่านไม้ไปวางดักไว้ที่ช่องดูดอากาศกลับของเครื่องดูดอากาศ ภูพูน และจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในถ่านไม้จะดูดซับกลิ่นและเชื้อโรค ช่วยลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้อย่างดี

หรือจะใช้ถ่านเพื่อการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน ก่อนปล่อยสู่ท่อระบายสาธารณะก็ยังเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อม

2.10 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาประสิทธิภาพการกรองเหล็ก ที่ความเข้มข้น 5, 10 และ 14 มิลลิกรัมต่อลิตร ออกจากน้ำบาดาลสังเคราะห์โดยใช้ตัวกรองที่เป็นทรายไม่คัดขนาด ถ่าน ถั่วแกลบ ซึ่งมีความหนาของชั้นกรอง 50 เซนติเมตร และตัวกรอง 3 ชั้น (ที่ประกอบด้วย ชั้นของถ่านหนา 10 เซนติเมตร ชั้นของถั่วแกลบหนา 20 เซนติเมตร และชั้นของทรายไม่คัดขนาดหนา 20 เซนติเมตร) (นภวรรณ รัตสุข, 2535) พบว่า ผลการศึกษาในทุกความเข้มข้น และทุกอัตรากรองนั้น ตัวกรองที่เป็นถั่วแกลบมีประสิทธิภาพในการกรองเหล็กดีที่สุด รองลงมาได้แก่ ตัวกรอง 3 ชั้น ทรายไม่คัดขนาดและถ่าน ตามลำดับ ดังนั้น ตัวกรองที่เหมาะสมที่สุดคือ ตัวกรอง 3 ชั้น เนื่องจากสามารถกรองเหล็กในน้ำบาดาลสังเคราะห์ ให้เหลือน้อยกว่า 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามมาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก แต่เมื่อเทียบกับการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กออกจากน้ำบาดาล โดยการใช้ท่ออะคลิลิกใส เป็นแบบจำลองในการทดลองใช้ทรายไม่คัดขนาดและถ่านเป็นตัวกรอง (สุมงคล กัลยาณี, 2544) ผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก ทุกสภาวะการทดลองการกำจัดเหล็กออกจากน้ำบาดาล เหลือความเข้มข้นมากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งยังไม่สามารถกำจัดเหล็กให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคได้ สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับ Fe^{3+} และ Mn^{2+} ในสารละลาย โดยใช้ถ่านที่เตรียมจากไมยราบยักษ์ ถั่วแกลบดำ และไคโตซานจากกระดองปูนา (พัชรินทร์ ตังควิเวชกุล, 2549) ผลการศึกษาพบว่า พีเอชที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับ Fe^{3+} ด้วยตัวดูดซับทั้ง 5 ชนิด คือ ถ่านไมยราบยักษ์ ถั่วแกลบดำ Activated Charcoal ไคโตซานมาตรฐาน และไคโตซานจากกระดองปูนา อยู่ในช่วง pH 2.0–3.5 ที่เป็นกรดแก่ ส่วน Mn^{2+} ไคโตซานจากกระดองปูนา และไคโตซานมาตรฐานสามารถดูดซับได้ดีที่ pH 2.5 ถั่วแกลบดำ และถ่านไมยราบยักษ์ และ Activated Charcoal สามารถดูดซับได้ดีที่ pH 4.5–6.0 จากการศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับ Fe^{3+} ทั้ง 5 ชนิด เป็นแบบแลงเมียร์ แต่การดูดซับ Mn^{2+} ของไคโตซานจากกระดองปูนา และไคโตซานมาตรฐานเป็นแบบฟรุนดริช

วรชาติ พวงเงิน (2547) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารกรอง ที่เป็นวัสดุเหลือใช้จากการทำนา โดยทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กของแกลบ ฟางข้าว และใช้ทรายกรองและหินเกล็ด เป็นสารกรอง พบว่า ในบ่อที่ 1 มีเหล็ก น้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่ 2 มีเหล็กมากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยได้ทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กของแกลบที่มีความหนา 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร ผลการวิจัยพบว่า ในน้ำบาดาลที่มีเหล็กน้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร แกลบสามารถกรองเหล็กในน้ำบาดาลได้ดีกว่าฟางข้าว แกลบมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 59.25 ซึ่งมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับทรายกรอง (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 70.25) และหินเกล็ด (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 56.50) ในขณะที่ฟางข้าวสามารถกรองเหล็กได้เพียงร้อยละ 19.00 ส่วนในน้ำบาดาลที่มีเหล็กมากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ความหนาของแกลบไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดเหล็ก

ธนาวัฒน์ รักกมล (2553) วิจัยเรื่อง การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพในการบริโภค น้ำประปาที่ปนเปื้อนโลหะหนัก : กรณีศึกษาระบบผลิตน้ำประปาหมู่บ้านถ้ำลา ตำบลลานข่อย อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำประปาหมู่บ้าน จำนวน 3 แห่ง ตามระยะทางของเส้นท่อส่งน้ำ คือ ต้นท่อ กลางท่อ และปลายท่อ โดยแยกเก็บตามฤดูกาล คือ ฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน 2551) และฤดูแล้ง (เดือนพฤษภาคม 2552) แล้วทำการศึกษาปริมาณโลหะหนัก 9 พารามิเตอร์ ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว ปรอท และสารหนู ผลการศึกษาพบว่าน้ำประปาปนเปื้อนโลหะหนัก ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี แต่ไม่พบแคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว ปรอท และสารหนู ทั้งฤดูฝน และฤดูแล้ง

2.11 โอโซน (Ozone)

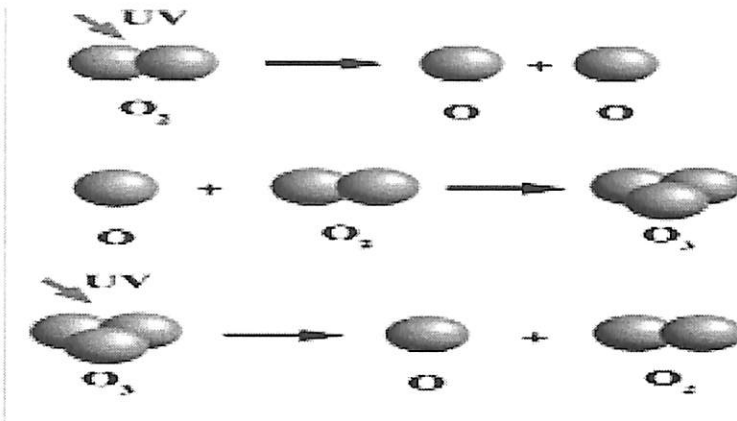
– ความหมาย โอโซน คือ สารชนิดหนึ่งที่ถูกผลิตจาก ออกซิเจนซึ่งมีอยู่ทั่วไปในอากาศ โดยใช้พลังงานไฟฟ้าหรือรังสีอัลตราไวโอเลต เปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของออกซิเจนจาก 2 อะตอม O_2 ให้เป็น 3 อะตอม O_3 ใน 1 โมเลกุล (Rip, 1984 อ้างถึงใน ยูวันดา นะหิม, 2545)

– ประวัติการค้นพบโอโซน

โอโซนถูกพบครั้งแรกในปี พ.ศ.2383 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ชื่อว่า C. F. Schonbein ต่อมา ปี พ.ศ. 2431 ได้ทำการจดลิขสิทธิ์ให้ชื่อว่าแก๊สโอโซน (O_3) ที่มีสมบัติที่เรียกว่า

“Deodorize sewer gases” โอโซนสามารถละลายน้ำได้ดีมากที่อุณหภูมิต่ำ จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในรูปที่เป็นสารละลายโอโซน ที่มีสมบัติเป็นสารฆ่าเชื้อโรคในน้ำที่เรียกว่า Polluted water disinfectant ต่อมาในปี พ.ศ.2434 ได้รับการยอมรับว่าเป็นสารฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (Bactericidal agent) อีกประมาณ 2 ปี ต่อมา ชาวฮอลแลนด์ได้ผลิตโอโซนในเชิงการค้าจุดประสงค์เพื่อบำบัดน้ำเสีย และน้ำดื่มในประเทศและในปี พ.ศ. 2443 มีการใช้โอโซนกันอย่างกว้างขวางในทวีปยุโรป โดยเฉพาะในปี พ.ศ.2545 ประเทศเยอรมนีได้ผลิตโอโซนเพื่อใช้บำบัดน้ำดื่ม น้ำใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม (Graham และคณะ, 1997) จนกระทั่งปี พ.ศ. 2483 มีการใช้โอโซน อย่างกว้างขวางในประเทศสหรัฐอเมริกาอย่างต่อเนื่อง และต่อมาในปี พ.ศ. 2523 มีรายงานว่ามีการใช้โอโซนในการบำบัดน้ำดื่ม น้ำใช้ใน 5 โรงงาน ในประเทศสหรัฐอเมริกา และพบว่าในปี พ.ศ. 2530 มีการใช้โอโซนในการบำบัดน้ำดื่ม น้ำใช้ในโรงงานมากกว่า 200 โรงงาน ในประเทศสหรัฐอเมริกา (Kaminski และ Prendiville, 1996 ; Graham และคณะ, 1997)

- ลักษณะเด่นการใช้ประโยชน์ และการสลายตัวของโอโซน โอโซนเกิดขึ้นตามธรรมชาติในชั้นบรรยากาศสตราโทสเฟียร์ (Stratosphere) โดยรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet ray) ทำให้แก๊สออกซิเจนแตกตัวเป็น 2 อะตอม แก๊สโอโซนเกิดขึ้นเมื่ออะตอมที่แตกตัวรวมกับออกซิเจนโมเลกุล (รูปที่ 2.7) ซึ่งต่อกันด้วยปฏิกิริยาโฟโตเคมีคอล (Photochemical reaction) ทำให้เกิดการสลายตัวอย่างรวดเร็ว (Graham และคณะ, 1997 อ้างถึงในฉันทพล ฟ้าภิญโญ, 2550) นอกจากนี้ โอโซนเกิดขึ้นในเวลาฟ้าแลบ ฟ้าร้อง ฟ้าผ่าระหว่างฝนตก ซึ่งเกิดจากกระบวนการโคโรนาดีสชาร์จ (Corona discharge) โดยมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าในอากาศสูงมาก ทำให้แก๊สออกซิเจนแตกตัวรวมกันเป็นแก๊สโอโซน



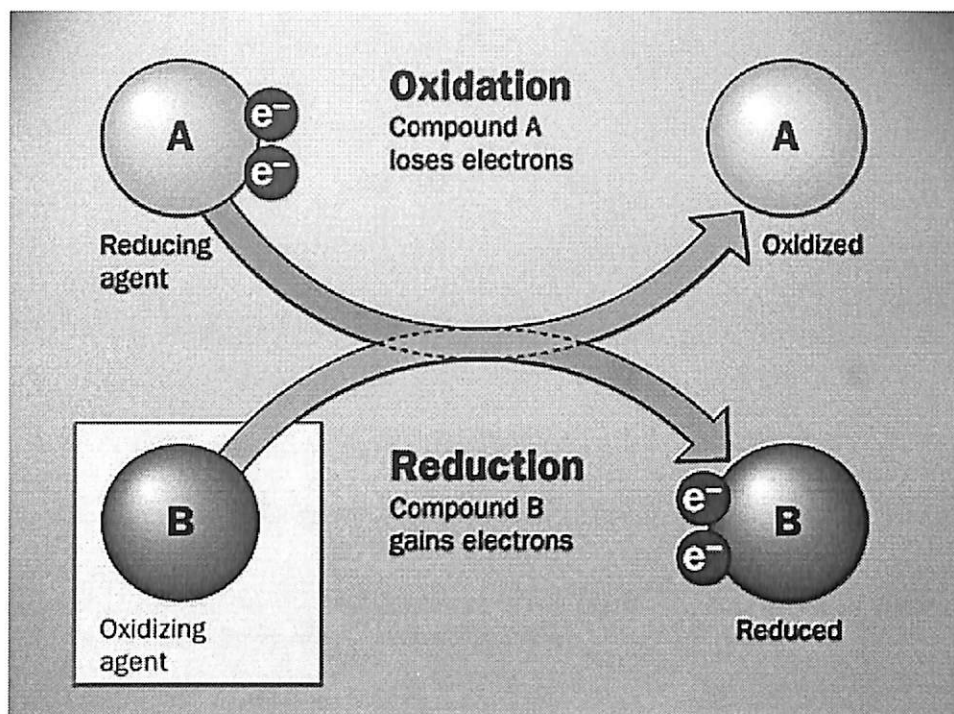
รูปที่ 2.3 ลักษณะการแตกตัวของออกซิเจน กลายเป็นแก๊สโอโซน

ที่มา : www.ozone.meteo.be/meteo/view/en/1547746-Formatio

สืบค้นใน www.google.com

2.12 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation Reaction)

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน หมายถึง ปฏิกิริยาที่โมเลกุลหรืออะตอมมีการสูญเสียอิเล็กตรอนจากวงโคจรให้กับโมเลกุลที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันจะเกิดคู่กัน สารที่ทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน เรียกว่า ตัวรีดิวซ์ และเรียกสารที่ทำหน้าที่รับอิเล็กตรอนนี้ว่า ตัวออกซิไดส์ (oxidizing agent) โดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน มักจะเกี่ยวข้องกับออกซิเจน นอกจากนี้ ออกซิเดชัน ยังหมายถึง การเสียไฮโดรเจนอะตอมออกจากโมเลกุลอีกด้วย ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และอนุมูลอิสระนั้นมีความเกี่ยวข้องกัน เนื่องจากปฏิกิริยานี้ทำให้เกิดอนุมูลอิสระของสารต่าง ๆ ได้มากมายหลายชนิด และอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารอื่น ๆ เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไป อะตอมที่ทำหน้าที่เป็น Reducing Agent ได้ดี เป็นอะตอมที่มีขนาดใหญ่ จึงมีระยะห่างระหว่างนิวเคลียสกับอิเล็กตรอนวงนอกสุดมาก จึงมีแรงดึงดูดอิเล็กตรอนต่ำ ทำให้สูญเสียอิเล็กตรอนง่าย



รูปที่ 2.4 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ที่มา : http://members.chello.nl/r.kuijt/en_oxidation_reduction.htm