

บทที่ 2

การทบทวนเอกสาร

2.1 ความหมายและคุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบชีวภาพ ภายใต้สภาวะไร้อากาศ โดยองค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพ คือ ก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 60-70% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 28-38% ก๊าซอื่นๆ เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และ ก๊าซไนโตรเจน (N_2) เป็นต้น ประมาณ 2% การที่ก๊าซชีวภาพมีก๊าซมีเทนเป็นส่วนประกอบหลัก จึงทำให้มีคุณสมบัติในการลุกติดไฟได้ โดยก๊าซมีเทนจะเป็นก๊าซที่มีน้ำหนักเบากว่าอากาศ เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวได้ง่าย คุณสมบัติพื้นฐานของก๊าซชีวภาพประกอบด้วย

ค่าความร้อน (Heating Value)

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงจะกำหนดโดยปริมาณความร้อนที่ถูกปลดปล่อยออกมาโดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงปริมาตร 1 ลบ.ม. อย่างสมบูรณ์ ค่าความร้อนที่นิยมทำการวัดกันมีอยู่ด้วยกันสองรูปแบบคือ “Low Heating Value” หรือ “Net Heating Value” และ “Higher Heating Value” หรือ “Gross Heating Value” ความแตกต่างระหว่างค่าความร้อนทั้งสองแบบ ขึ้นอยู่กับรูปแบบการคำนวณพลังงานความร้อนของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้ เนื่องจากกระบวนการเผาไหม้จะมีน้ำเกิดขึ้นโดยอยู่ในสถานะเป็นไอน้ำ ในการวัดค่าความร้อนถ้ารวมพลังงานความร้อนที่ปล่อยออกมาเนื่องจากการควบแน่นของไอน้ำเป็นของเหลว จะเรียกค่าความร้อนนี้ว่า Gross Heating Value ในทางกลับกัน ถ้าไม่รวมพลังงานความร้อนในส่วนนี้จะเรียกว่า Net Heating Value โดยค่าความร้อนของก๊าซชนิดต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าความร้อนของก๊าซชนิดต่างๆ (กิโลแคลอรี/ลบ.ม.)

ก๊าซ	Gross Heating Value	Net Heating Value
บิวเทน	28,700	26,500
ก๊าซชีวภาพ*	6,140	5,520
ไฮโดรเจน	2,890	2,450
มีเทน	9,000	8,100
ก๊าซธรรมชาติ	8,450 – 10,230	7,560 – 9,200
โพรเพน	22,900	21,050

* ก๊าซชีวภาพซึ่งมีเทนเป็นองค์ประกอบ 60 %

ที่มา : <http://www.engineeringtoolbox.com> (2005)

ซึ่งเมื่อนำค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากก๊าซชีวภาพที่มีสัดส่วนของก๊าซมีเทนเท่ากับ 60 % จำนวน 1 ลบ.ม. มาเปรียบเทียบกับพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ จะมีค่าเทียบเท่ากับ

ก๊าซหุงต้ม (LPG)	0.46	กิโลกรัม
น้ำมันเบนซิน	0.67	ลิตร
น้ำมันดีเซล	0.60	ลิตร
น้ำมันเตา	0.55	ลิตร
ฟืนไม้	1.50	กิโลกรัม
ไฟฟ้า	1.20	กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะ

ก๊าซชีวภาพมีความหนาแน่นประมาณ 1.2 กรัมต่อลิตร หรือ 1.2 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร เมื่อมีปริมาณก๊าซมีเทน 60 % ที่สภาวะมาตรฐาน โดยค่าความหนาแน่นของก๊าซชีวภาพขึ้นอยู่กับความดันและอุณหภูมิ โดยทั่วไปในการวัดค่าความถ่วงจำเพาะของของเหลวและของแข็ง จะเปรียบเทียบความหนาแน่นของสารนั้นๆ กับความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 4 °C แต่ในกรณีของก๊าซ การวัดค่าความถ่วงจำเพาะเป็นการเทียบความหนาแน่นของก๊าซชนิดนั้น กับความหนาแน่นของอากาศที่อุณหภูมิ 0°C ความดัน 1 บรรยากาศ โดยก๊าซที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1.0 เป็นก๊าซที่มีความหนาแน่นมากกว่าอากาศ เมื่อรั่วออกสู่บรรยากาศจะไหลลงสู่พื้น และกระจัดกระจายไปได้ยากกว่าก๊าซที่เบากว่าอากาศ

สำหรับความหนาแน่นของก๊าซชนิดต่างๆ ที่ สภาวะมาตรฐานแสดงได้ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งจะเห็นว่าก๊าซมีเทนมีความหนาแน่นต่ำกว่าอากาศมาก ในขณะที่คาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักอีกชนิดในก๊าซชีวภาพจะหนักกว่าอากาศ ดังนั้นก๊าซชีวภาพจะมีความหนาแน่นต่ำลง หากมีสัดส่วนของมีเทนในก๊าซชีวภาพสูงขึ้น

ตารางที่ 2.2 ความหนาแน่นของก๊าซชนิดต่างๆที่อุณหภูมิ 0°C ความดัน 1 บรรยากาศ

ก๊าซ	สูตรโมเลกุล	น้ำหนักโมเลกุล	ความหนาแน่น (กก./ม. ³)
อากาศ	-	29	1.293
แอมโมเนีย	NH ₃	17.031	0.769
บิวเทน	C ₄ H ₁₀	58.1	2.5
คาร์บอนไดออกไซด์	CO ₂	44.01	1.977
ก๊าซชีวภาพ	-	-	1.15
มีเทน	CH ₄	16	0.717
ก๊าซธรรมชาติ	-	19.5	0.7 - 0.9
โพรเพน	C ₃ H ₈	44.09	1.882

ที่มา : <http://www.engineeringtoolbox.com/> (2005)

ค่าการจุดติดไฟอัตโนมัติ

การที่เชื้อเพลิงจะเกิดการติดไฟหรือเผาไหม้ได้ต้องมีองค์ประกอบสามประการคือ เชื้อเพลิง อากาศ (ซึ่งหมายถึงออกซิเจน) และพลังงาน (ในที่นี้อาจหมายถึงความร้อนหรือประกายไฟก็ได้) ถ้าเชื้อเพลิงและอากาศมีการผสมกันและมีอุณหภูมิสูงเพียงพอก็จะเกิดการติดไฟไหม้เอง อุณหภูมินี้เรียกว่าจุดติดไฟอัตโนมัติ โดยก๊าซต่างๆ มีการจุดติดไฟอัตโนมัติแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่าการจุดติดไฟอัตโนมัติของก๊าซที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง

ชนิดเชื้อเพลิง	จุดติดไฟอัตโนมัติ, °C
มีเทน	537
โพรเพน	470
บิวเทน	365

จากตารางที่ 2.3 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบให้เห็นถึงจุดติดไฟอัตโนมัติของก๊าซสามชนิด ได้แก่ ก๊าซมีเทน ก๊าซโพรเพน และก๊าซบิวเทน โดยก๊าซโพรเพน และก๊าซบิวเทน จะเป็นก๊าซที่อยู่ในก๊าซหุงต้ม (LPG) ซึ่งเห็นว่าก๊าซทั้งสามชนิดมีค่าจุดติดไฟอัตโนมัติอยู่ระหว่าง 350-537 °C โดยก๊าซบิวเทนจะติดไฟง่ายที่สุด และก๊าซมีเทนจะติดไฟยากที่สุด ดังนั้น การติดไฟของก๊าซชีวภาพจำเป็นต้องอาศัยประกายไฟ ไม่เกิดการจุดติดไฟเอง

ช่วงในการลุกไหม้

โดยปกติการจุดติดไฟของก๊าซต้องมีสัดส่วนระหว่างก๊าซและออกซิเจนที่เหมาะสม การที่มีออกซิเจนมากเกินไปก็ไม่สามารถที่จะทำให้เกิดการลุกไหม้ขึ้นได้ ในทางตรงกันข้ามหากปริมาณของออกซิเจนน้อยเกินไปก็ไม่อาจทำให้เกิดการลุกไหม้ได้เช่นกัน ซึ่งช่วงในการลุกไหม้ของก๊าซชีวภาพจะขึ้นกับสัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ ก๊าซมีเทนจะมีช่วงในการลุกไหม้อยู่ที่ 5 - 15 % หมายความว่าหากในบรรยากาศมีก๊าซมีเทนน้อยกว่า 5 % ก็จะไม่เกิดการลุกไหม้เรียกตำแหน่งที่ 5 % นี้ว่า Lower Explosive Limit หรือ LEL แต่ถ้าหากในบรรยากาศมีก๊าซมีเทนมากกว่า 15 % ก็จะไม่เกิดการลุกไหม้เช่นกันเรียกจุดนี้ว่าเป็น Upper Explosive Limit หรือ UEL

อุณหภูมิของเปลวไฟ

อุณหภูมิของเปลวไฟจะขึ้นอยู่กับความชื้นของก๊าซและสัดส่วนมีเทนที่มีอยู่ในก๊าซชีวภาพ ดังแสดงได้ในภาพที่ 2.1 เมื่อก๊าซชีวภาพที่มีความชื้นมากขึ้นจะทำให้อุณหภูมิของเปลวไฟลดลง โดยจะลดลงประมาณ 10-20 °F เมื่อมีน้ำอยู่ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นการนำก๊าซไปใช้จึงต้องมีการออกแบบระบบดักน้ำและควมแน่นไอน้ำที่มาอยู่กับก๊าซชีวภาพที่มีประสิทธิภาพ

2.2 การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์

ในปัจจุบันมีการนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์ในหลายรูปแบบ และยังมีการพัฒนาให้มีการนำไปใช้ได้หลากหลายขึ้นเรื่อยๆ รูปแบบของการใช้ก๊าซชีวภาพในประเทศไทยอาจแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ ได้แก่

- การใช้ในรูปแบบของพลังงานความร้อนโดยตรง เป็นการนำก๊าซชีวภาพแบบง่ายที่สุด และไม่มี ความสลับซับซ้อนในการใช้งาน กล่าวคือ สามารถเปลี่ยนหัวเผาเดิมซึ่งปกติอาจใช้น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ หรือก๊าซหุงต้มในการเผาไหม้ ให้สามารถที่จะใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงได้ทันที

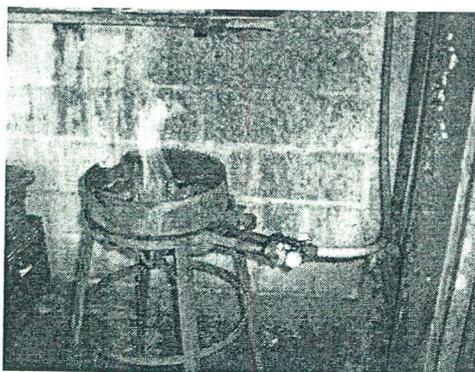
- การใช้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานกล/ไฟฟ้า เป็นการปรับปรุงเครื่องจักรจากเดิมซึ่งปกติ จะใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงมาเป็นการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง สามารถทำได้กับเครื่องจักรหลายประเภท ทั้งเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซิน หรือการใช้กับเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโดยเฉพาะ

- การใช้ระบบพลังงานร่วม (Cogeneration) เป็นการนำพลังงานชนิดหนึ่งให้สามารถผลิตหรือ เปลี่ยนให้กลายเป็นพลังงานชนิดอื่นๆ เพื่อเป็นการใช้พลังงานได้อย่างคุ้มค่า โดยส่วนมากนิยมที่จะใช้ในการ ผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนร่วมกัน

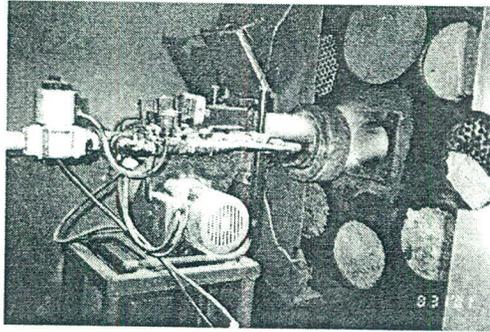
รายละเอียดรูปแบบของการนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์ทั้ง 3 รูปแบบ มีดังต่อไปนี้

1. การใช้ในรูปแบบของพลังงานความร้อนโดยตรง

การนำก๊าซชีวภาพไปเผาไหม้ให้ความร้อนโดยตรงนั้น จะได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง เช่น ใช้ เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อต้มไอน้ำในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการอบแห้ง ใช้กับหัวกด ถูกลูกศร ใช้ในครัวเรือน เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 การใช้ก๊าซชีวภาพในครัวเรือน



ภาพที่ 2.2 การใช้ก๊าซชีวภาพกับหม้อต้มไอน้ำในโรงงานผลิตอาหารสัตว์

2. การใช้ก๊าซชีวภาพในการผลิตพลังงานกล/ไฟฟ้า

เป็นรูปแบบการนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์ที่ได้รับความนิยมอย่างมากในระดับโรงงานและฟาร์มเลี้ยงสุกร เนื่องจากพลังงานกล/ไฟฟ้าสามารถใช้งานได้ง่าย โดยเฉพาะเมื่อผลิตเป็นไฟฟ้าแล้วสามารถนำไปใช้งานได้สะดวก

รูปแบบการผลิตพลังงานกล/ไฟฟ้า โดยใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์นั้นมีอยู่หลายรูปแบบ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1) เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงให้ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับน้ำมันดีเซล สามารถทดแทนการใช้ น้ำมันดีเซลได้ประมาณ 60 – 70 % วิธีนี้จะง่ายต่อการดัดแปลงมากและเสียค่าดัดแปลงน้อยที่สุด เพียงแต่ต่อเชื่อมก๊าซชีวภาพเข้ากับระบบท่อไอดีของเครื่องยนต์ และมีวาล์วสำหรับปรับแต่งปริมาณการป้อนก๊าซชีวภาพให้เหมาะสม แต่ต้องมีการใช้น้ำมันดีเซลอยู่ส่วนหนึ่ง

2) เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงให้สามารถใช้ก๊าซชีวภาพได้ 100% จะเป็นการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลให้มีการทำงานเหมือนเครื่องยนต์เบนซิน ซึ่งจะสามารถใช้ก๊าซชีวภาพได้ทั้งหมด ราคาค่าดัดแปลงค่อนข้างสูง แต่จะเหมาะสมสำหรับเครื่องยนต์ค่อนข้างใหญ่ คือ กำลังผลิตไฟฟ้ามากกว่า 30 kW ขึ้นไป

3) เครื่องยนต์เบนซินดัดแปลงให้สามารถใช้ก๊าซชีวภาพได้ 100% เป็นการดัดแปลงระบบผสมอากาศกับเชื้อเพลิงให้สามารถใช้งานได้ทั้งหมด การดัดแปลงจะเสียค่าใช้จ่ายน้อย เหมาะสมสำหรับเครื่องยนต์ขนาด 10 – 25 kW

4) เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโดยเฉพาะ (เครื่องนำเข้าจากต่างประเทศ) จะเป็นเครื่องยนต์ที่สร้างมาสำหรับการใช้ก๊าซชีวภาพโดยเฉพาะ มีประสิทธิภาพสูงแต่ราคาจะสูงมาก ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ กำลังผลิตไฟฟ้ามากกว่า 200 kW ขึ้นไป

เครื่องยนต์ทั้ง 4 แบบนี้ สามารถต่อรวมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) หรือ มอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor) ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า ส่งออกทางสายส่งไฟฟ้าหลักเพื่อใช้สำหรับกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์ภายในฟาร์ม หรือใช้เป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังแทนเครื่องต้นกำลังเดิมของฟาร์ม

3. การผลิตพลังงานร่วม (Cogeneration System)

การผลิตพลังงานร่วม หมายถึง การผลิตพลังงานกล/ไฟฟ้า และความร้อนร่วมกัน ซึ่งเป็นระบบที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการใช้เชื้อเพลิงให้มีค่าสูงขึ้นมากกว่าการใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า/ความร้อนเพียงอย่างเดียว เช่น การนำความร้อนทิ้งจากเครื่องยนต์ผลิตพลังงานกล/ไฟฟ้า มาผลิตน้ำร้อนไปยังระบบกกลูกสุกรแบบสัสม์โดยตรง

2.3 ความปลอดภัยสำหรับการนำก๊าซชีวภาพมาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิงและก๊าซหุงต้ม

เนื่องจากก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซที่สามารถติดไฟได้ ดังนั้นในการนำก๊าซชีวภาพไปใช้งานจึงต้องให้ความระมัดระวังเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น ซึ่งอาจมาจากอุปกรณ์ ความประมาทของคน และสภาพแวดล้อม ดังนั้นภายในบริเวณที่เกี่ยวข้องกับการใช้และการผลิตก๊าซชีวภาพควรมีการติดตั้งป้ายบ่งชี้ข้อควรระวัง และอุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุเบื้องต้น

ระดับความเป็นพิษของก๊าซชีวภาพขึ้นอยู่กับส่วนประกอบที่มีอยู่ภายในก๊าซอันได้แก่ มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์ รวมถึงอาจจะมีก๊าซเมทิลเมอร์แคปแทน (Metylmercaptan) รวมอยู่ด้วย โดยระดับความเป็นพิษของก๊าซแต่ละชนิดสรุปได้ดังตารางที่ 2.4 ซึ่งมีความหมายของหน่วยวัดต่าง ๆ เป็นดังนี้

- MIO ย่อมาจาก Minimum Identifiable Odor หมายถึง ระดับต่ำสุดของการได้กลิ่น
- TLV-TWA ย่อมาจาก Threshold Limit Value - Time Weighted Average หมายถึง ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยต่อช่วงเวลาที่สามารถทำงานได้ ภายใต้สภาวะการทำงานที่ปกติคือการทำงาน วันละไม่เกิน 8 ชั่วโมง หรือ สัปดาห์ละไม่เกิน 40 ชั่วโมงติดต่อกัน โดยไม่มีผลกระทบต่อร่างกาย
- TLV-STEL ย่อมาจาก Threshold Limit Value - Short Term Exposure Average หมายถึง ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยต่อช่วงเวลา 15 นาที ซึ่งบุคคลไม่สามารถที่ทำงานต่อได้แม้ว่าค่าเฉลี่ยตลอดทั้งวันหรือทั้งสัปดาห์จะต่ำกว่าค่า TLV-TWA

ตารางที่ 2.4 ระดับความเป็นพิษของก๊าซแต่ละชนิด

ก๊าซ	สี	กลิ่น	MIO (ppm)	TLV-TWA (ppm)	TLV-STEL (ppm)	ผลต่อร่างกาย
มีเทน	ไม่มี	ไม่มี	-	ไม่แน่นอน	ไม่แน่นอน	หมดสติ
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	ไม่มี	ไข่เน่า	0.7	10	15	เป็นพิษ
เมทิลเมอร์แคปแทน	ไม่มี	กระเทียม	0.5	0.5	ไม่แน่นอน	เป็นพิษ
คาร์บอนไดออกไซด์	ไม่มี	ไม่มี	-	5,000	30,000	หมดสติ

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2549

สำหรับระดับความเป็นพิษของไฮโดรเจนซัลไฟด์จะเกิดขึ้นเมื่อสูดดมก๊าซเข้าไปมากกว่า 10 ppm ส่วนมีเทนนอกจากจะทำให้หมดสติเนื่องจากปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ ยังสามารถส่งผลกระทบต่อเนื้อเยื่อเสียชีวิตได้ หากไม่มีการย้ายออกไปจากบริเวณที่มีก๊าซมีเทนเข้มข้นและให้ออกซิเจนทันท่วงที

โดยปกติร่างกายจะสามารถรับรู้ถึงความผิดปกติต่างๆ ได้ดี ดังนั้นเมื่อมีการสูดดมก๊าซเข้าไปในร่างกายในระดับหนึ่ง ก่อนที่จะสูดดมก๊าซเข้าไปมากจนถึงระดับที่เป็นอันตราย ร่างกายจะแสดงอาการบางอย่างให้เห็นเป็นการบ่งชี้ถึงอันตรายอันจะก่อให้เกิดขึ้น จึงควรสังเกตอาการของตนเอง และออกมาจากพื้นที่นั้นโดยเร็วที่สุด โดยอาการที่เกิดขึ้นแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 อาการบ่งชี้ทางร่างกายเมื่อได้รับก๊าซแต่ละชนิดเข้าไปในร่างกาย

ก๊าซ	อาการบ่งชี้
คาร์บอนไดออกไซด์	ปวดหัว ตาลาย อ่อนเพลีย เหนื่อยออก
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	เคืองตา ชัก
เมทิลเมอร์แคปแทน	คลื่นไส้ อาเจียน ชัก

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2549

นอกเหนือจากอันตรายอันเนื่องมาจากก๊าซชีวภาพ อาจมีอันตรายอันเนื่องมาจากการควบคุมระบบซึ่งมักจะเกิดมาจากการไม่ควบคุมความดันในเส้นท่อให้เป็นไปตามที่ทำการออกแบบไว้ โดยในกรณีที่ระบบมีแรงดันเส้นท่อมักเกินไปจะทำให้เกิดการระเบิดของเส้นท่อ ส่วนถ้าหากเกิดสภาพแรงดันติดลบหรือสูญญากาศในเส้นท่อ อันเนื่องมาจากมีการดูดก๊าซออกไปมากเกินไปจะทำให้โครงสร้างถังพัก หรือถังหมักเสียหายได้

2.4 การปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพก่อนนำไปใช้ประโยชน์

การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ทดแทนพลังงานด้านต่าง ๆ ควรมีการปรับปรุงคุณภาพของก๊าซชีวภาพที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อให้ก๊าซชีวภาพมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน และลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้งานให้มากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยก๊าซทั้งสองชนิดมีรายละเอียด ดังนี้

ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S)

ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) มีชื่อสามัญว่า ก๊าซไข่เน่า เป็นก๊าซที่มีกลิ่นเหม็นเฉพาะตัว มีคุณสมบัติเป็นก๊าซพิษ โดยหากมีปริมาณมากถึง 2,000 ส่วนในล้านส่วน (ppm) จะมีผลต่อการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำ จะเปลี่ยนสภาพเป็นกรดซัลฟูริก (H₂S + H₂O --> H₂SO₄ กรดซัลฟูริก) สามารถกัดกร่อนโลหะและวัสดุอุปกรณ์ได้ อีกทั้งเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ (Biogas Engine) สำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ออกแบบโดยทั่วๆ ไปนั้น โดยเฉพาะจากต่างประเทศ มักจะยอมรับให้สามารถใช้ก๊าซชีวภาพที่มีการปนเปื้อนของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ อยู่ในระดับไม่เกิน 500 ppm ดังนั้นการลดปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ ในก๊าซชีวภาพก่อนการนำไปใช้ประโยชน์นั้น จะเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อม และจะช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ใช้ก๊าซด้วย

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

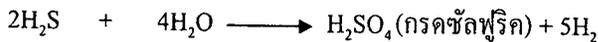
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เป็นส่วนหนึ่งของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักย่อยกากสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกาศ ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดังกล่าวนี้ไม่เป็นประโยชน์ต่อการเผาไหม้และไม่มีค่าความร้อนใดๆ การลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากก๊าซชีวภาพจะมีผลทำให้ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพต่อหน่วยปริมาตรที่ส่งเข้าสู่อุปกรณ์ผลิตพลังงานนั้นสูงมากขึ้น เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการนำพลังงานจากก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์เพิ่มมากขึ้น

ซึ่งในปัจจุบันนี้ทางหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจะเน้นการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพเป็นหลัก เนื่องจากมีผลกระทบต่อการใช้งานมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กล่าวคือ มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำไปใช้งานดังที่ได้กล่าวไปในข้างต้น ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นไม่มีผลต่อการกัดกร่อนของอุปกรณ์ที่นำไปใช้งานแต่อย่างใด แต่มีผลในการจุดติดไฟยากของก๊าซชีวภาพหรือเปลืองพื้นที่ในกรณีนำไปบรรจุถังเพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ หากมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซชีวภาพสูง ซึ่งหากก๊าซชีวภาพที่จะนำไปใช้งานมีปริมาณก๊าซมีเทน (CH₄) ต่ำกว่าร้อยละ 50 จึงทำการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อให้สามารถจุดติดไฟได้ง่ายขึ้น หรือสามารถทำการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เลยเพื่อให้ก๊าซชีวภาพมีปริมาณก๊าซมีเทนที่สูงขึ้นเหมาะสมต่อการบรรจุถัง

เทคโนโลยีในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มีรายละเอียดดังนี้

ชุดกรองกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยใช้ฝอยเหล็ก

ชุดกรองโดยใช้ฝอยเหล็กใช้ในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ หลักการในการทำงาน คือ เมื่อก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ทำปฏิกิริยากับไอน้ำหรือความชื้น จะเกิดเป็นกรดซัลฟูริก ดังสมการ



ซึ่งกรดซัลฟูริกนี้สามารถกัดกร่อนโลหะและอุปกรณ์ จึงก่อให้เกิดปัญหาในการนำไปใช้งานโดยตรง ดังนั้นจึงใช้ฝอยเหล็กมาเป็นตัวถูกกัดกร่อนแทนก่อนการนำก๊าซไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งฝอยเหล็กจะถูกกรดซัลฟูริกกัดกร่อนเป็นสนิมและทำให้กรดซัลฟูริกลดน้อยลงหรือหมดไปในที่สุด

วิธีการง่ายๆ ที่เกษตรกรสามารถทำได้เอง โดยใช้เศษฝอยเหล็กที่ได้จากการกลึงเหล็กมาบรรจุใส่ท่อ PVC ขนาด 2-3 นิ้ว จนเต็มและนำไปต่อเข้ากับท่อที่เป็นทางผ่านก๊าซชีวภาพ ก่อนการนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ ส่วนระยะเวลาการใช้งานหรือการเปลี่ยนฝอยเหล็กนั้นเกษตรกรจะต้องคอยสังเกตและทำการเปลี่ยนฝอยเหล็กใหม่ เมื่อฝอยเหล็กกลายเป็นสนิมหมด

ชุดกรองชีวภาพ Bio-Filter

ระบบกรองชีวภาพนี้ เป็นระบบที่อาศัยฟิล์มจุลชีพที่เกาะบนผิวตัวกลางซึ่งจมอยู่ในน้ำ หรือผิวตัวกลางที่ถูกพรมน้ำให้มีความชื้นอย่างสม่ำเสมอ โดยเมื่อเดินระบบไประยะเวลาหนึ่งจะเกิดฟิล์มจุลชีพขึ้น ซึ่งเป็นจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้อากาศและซัลเฟอร์ในการดำรงชีพ เมื่อจุลินทรีย์ชนิดนี้ใช้ซัลเฟอร์ที่อยู่ในก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะปล่อยซัลเฟอร์ที่เป็นธาตุอิสระออกมา ซึ่งจะเกาะติดอยู่ตามผนังกันบ่อ

โดยมีรูปแบบการก่อสร้างที่นิยมแพร่หลาย เช่น การก่ออิฐเป็นบ่อปิดทรงสี่เหลี่ยม ดังแสดงในรูปตัวกลางที่นิยมใช้ เช่น อิฐมอญ หรือพลาสติกที่ผลิตเพื่อใช้กับงานบำบัดน้ำเสีย (Media) ตัวกลางยังมีผิวขรุขระมากทำให้จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดมากขึ้นเท่านั้น ชุดกรองชีวภาพ Bio-Filter นี้ เป็นแบบที่พัฒนามาจาก สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ชุดกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยสารละลายต่างเข้มข้น

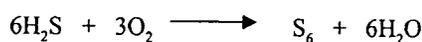
สารละลายต่างเข้มข้น ทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) กลายเป็นผลึกของแข็งและของเหลวตกตะกอนอยู่ภายในถัง ทำให้ก๊าซที่ผ่านระบบนี้ไปมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) ลดลงได้ ดังสมการ



โดยมีรูปแบบการก่อสร้างที่นิยมแพร่หลาย เช่น การก่ออิฐเป็นบ่อทรงสี่เหลี่ยม และการสร้างเป็นหอเหล็กสูง เดินท่อให้ก๊าซไหลเข้าจากทางด้านล่าง แล้วออกทางด้านบน ซึ่งทำให้ก๊าซชีวภาพสัมผัสกับสารละลายต่างที่ถูกพ่นมาจากด้านบนของถังอย่างทั่วถึง หรืออาจจะมีการนำตัวกลางพลาสติกที่ใช้สำหรับงานบำบัดน้ำเสีย (Media) มาบรรจุไว้ในถังด้วย เพื่อเพิ่มการสัมผัสระหว่างก๊าซชีวภาพกับสารละลายต่าง โดยระบบนี้ต้องตรวจเช็คค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่เสมอ เนื่องจากระบบนี้สามารถทำงานได้ดีในสภาวะเป็นกลาง สารละลายต่างที่เกษตรกรนิยมใช้กันมากที่สุดคือ น้ำปูนขาว เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย และราคาไม่แพง

การเติมอากาศในบ่อพักก๊าซชีวภาพ

การเติมอากาศเข้าไปในบ่อพักก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นบ่อที่ทำหน้าที่รวบรวมก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ภายในระบบก่อนที่จะส่งไปยังชุดกรองก๊าซเจือปนและถังรวบรวมก๊าซ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ โดยเติมอากาศเข้าไปเพื่อตรึงไฮโดรเจนซัลไฟด์ให้กลายเป็นซัลเฟอร์ (กำมะถัน) ในสภาวะอิมมัตัว อัตราการเติมอยู่ที่ประมาณไม่เกินร้อยละ 5 ของก๊าซชีวภาพในระบบ ดังสมการ



โดยซัลเฟอร์ที่เกิดขึ้นจะเกาะอยู่กับเมือกจุลินทรีย์บริเวณรอยต่อระหว่างชั้นน้ำและก๊าซภายในบ่อ วิธีนี้สามารถลดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ลงได้ 70-85% อย่างไรก็ตามวิธีนี้เป็นวิธีที่พัฒนามาจาก สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานมหาวิทาลัยเชียงใหม่ ยังอยู่ในช่วงพัฒนาเพิ่มเติม แต่อย่างไรก็ตามควรระวังไม่ให้อัตราการเติมอากาศมีมากเกินไปร้อยละ 5 ของปริมาณก๊าซชีวภาพในระบบ เนื่องจากคุณสมบัติของก๊าซชีวภาพจะมีช่วงของการลุกไหม้ประมาณร้อยละ 5-15 ของปริมาณก๊าซชีวภาพในระบบ

2.5 มลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

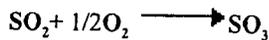
2.5.1 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide อาจเขียนว่า Sulphur dioxide) มีสูตรโมเลกุลคือ SO₂ เป็นออกไซด์ของกำมะถัน เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่ติดไฟ มีกลิ่นแสบจมูก ละลายได้ดีในน้ำโดยจะเปลี่ยนเป็นกรดซัลฟูริก เมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศจะเกิดเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และจะรวมตัวกับน้ำเป็นกรดซัลฟูริก (H₂SO₄) หรือกรดกำมะถัน

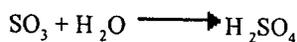
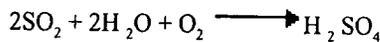
ในธรรมชาติทั่วไปจะมีปริมาณน้อยในบรรยากาศคือ 0.02 - 0.1 ppm แต่ถ้าพบในปริมาณสูงแล้วส่วนมากจะเกิดจากการเผาไหม้ โดยใช้เชื้อเพลิงหรือวัสดุที่มีกำมะถันเป็นส่วนประกอบปฏิกิริยาการเกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)



ถ้า SO₂ ทำปฏิกิริยากับ O₂ ในอากาศจะได้ SO₃ ยิ่งถ้าในบรรยากาศมีตัวเร่งปฏิกิริยาเช่น มังกานีส เหล็ก หรือกลุ่ม metallic oxide จะทำให้ปฏิกิริยาเร็วขึ้น



ถ้าในบรรยากาศ มีละอองน้ำหรือความชื้นสูง SO₂ จะเกิดการรวมตัวเป็นฝนกรด (acid rain) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ ป่าไม้ แหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิตและมีฤทธิ์กัดกร่อนอาคาร



อันตรายของก๊าซ SO₂ ต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

ตารางที่ 2.6 อันตรายของก๊าซ SO₂ ต่อสุขภาพ

การสัมผัส	อันตราย
สัมผัสทางหายใจ	- การหายใจเข้าไป จะก่อให้เกิดการระคายเคือง ทำลายเยื่อเมือกทางเดินหายใจ ไอ หายใจติดขัด คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ กล้ามเนื้อหดเกร็ง กล้องเสียงและหลอดลมใหญ่อักเสบ และเกิดอาการบวม น้ำ ปอดบวม โรคปอดอุดตันเนื่องจากสารเคมี
สัมผัสทางผิวหนัง	- การสัมผัสถูกผิวหนัง จะก่อให้เกิดการระคายเคือง ทำลายเยื่อผิวหนัง ผื่นแดง แผลไหม้
กินหรือกลืนเข้าไป	- การกลืนหรือกินเข้าไป จะก่อให้เกิดการทำลายเยื่อทางเดินอาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ กล้ามเนื้อหดเกร็ง กล้องเสียงและหลอดลมใหญ่อักเสบ และเกิดอาการบวม น้ำ
สัมผัสถูกตา	- การสัมผัสถูกตา จะก่อให้เกิดการระคายเคือง ทำลายเยื่อตา ตาแดง เจ็บตา เป็นแผลไหม้

ที่มา: <http://msds.pcd.go.th/searchName.asp?vID=2441>

การตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศ

วิธีการตรวจวัดค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ใช้วิธีการตรวจวัดตามวิธีการมาตรฐานและวิธีการเทียบเท่าซึ่งกำหนดโดยองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (US.EPA) ซึ่งกำหนดวิธีการวัด SO₂ โดยวิธีพาราโรซานิลีน (Pararosaniline) เป็นวิธีการมาตรฐาน และวิธียูวี ฟลูออเรสเซนซ์ (UV-Fluorescence) เป็นวิธีเทียบเท่า

วิธีพาราโรซานิลีน

หลักการของวิธีพาราโรซานิลีน เป็นการวัดค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยการดูดตัวอย่างอากาศผ่านสารละลายโพแทสเซียม เตตราคลอโรซัลไฟโตเมอร์คิวเรต (Potassium tetrachlorosulfitomercurate ; TCM) ซึ่งจะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนไดคลอโรซัลไฟโตเมอร์คิวเรต (Dichorosulfitomercurate complex) และเมื่อทำปฏิกิริยากันสารพาราโรซานิลีน และฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) จะเกิดเป็นสีของกรดพาราโรซานิลีน เมทิล ซัลโฟนิก (Pararosaniline Methyl sulfonic Acid) และทำการวัดความสามารถในการดูดซับแสงที่ความยาวคลื่น 548 นาโนเมตร

วิธียวี่ ฟลูออเรสเซนซ์

วิธียวี่ ฟลูออเรสเซนซ์ มีหลักการว่า SO_2 เมื่อถูกกระตุ้นโดยแสงอัลตราไวโอเลตจะมีพลังงานเพิ่มขึ้นในสภาพ excited state แล้วจะกลับสู่ ground state อย่างรวดเร็วพร้อมกับคายพลังงานแสงออกมาอีกช่วงความถี่หนึ่ง แสงนั้นเรียกว่า ฟลูออเรสเซนซ์ แล้วจึงใช้ Photomultiplier tube ตรวจวัดและแปลงสัญญาณเป็นความเข้มข้น

2.5.2 ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

ออกไซด์ของไนโตรเจนประกอบด้วยไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไนตริกออกไซด์ (NO) ไดไนโตรเจนไดรอกไซด์ (N_2O_3) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ไดไนโตรเจนเตตราออกไซด์ (N_2O_4) และไดไนโตรเจนเพนตอกไซด์ (N_2O_5) โดยทั่วไปก๊าซที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ คือ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เป็นก๊าซสีน้ำตาล ถ้ามีจำนวนมากจะมองเห็น จะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ฟ้าผ่า ฟ้าแลบ ภูเขาไฟระเบิด ปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ในดิน หรืออาจเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาผลาญเชื้อเพลิง การอุตสาหกรรม การทำกรดไนตริก กรดกำมะถัน การชุบโลหะ และการทำวัตถุระเบิด เป็นต้น (ที่มา : <http://www.school.net.th>)

อันตรายของก๊าซ NO_2 ต่อสุขภาพ

ตารางที่ 2.7 อันตรายของก๊าซ NO_2 ต่อสุขภาพ

การสัมผัส	อันตราย
สัมผัสทางหายใจ	- การหายใจเอาไอระเหยของสารนี้เข้าไปจะทำให้เกิดการระคายเคืองอย่างรุนแรงต่อระบบทางเดินหายใจ อาการเริ่มต้นของการหายใจจะมีอาการปานกลางรวมทั้งระคายเคืองต่อตา และคอด้วย แน่นหน้าอก ปวดศีรษะ คลื่นไส้ - อาการรุนแรงจะเกิดขึ้นภายใน 5-7 ชั่วโมง รวมทั้งอาการตัวเขียวคล้ำ เนื่องจากขาดออกซิเจน หายใจลำบากยิ่งขึ้น อ่อนเพลียและตายในที่สุดเนื่องจากปอดบวมน้ำ - สัมผัสกับของเหลวจะเป็นเหตุให้เกิดการกัดกร่อนอย่างรุนแรงต่อผิวหนัง
สัมผัสทางผิวหนัง	- สัมผัสถูกผิวหนัง จะทำให้เกิดการระคายเคืองอย่างรุนแรง
กินหรือกลืนเข้าไป	- ไม่มีรายงานการเกิดอันตราย และกลืนกินเข้าไปได้ยาก
สัมผัสถูกตา	- การสัมผัสกับของเหลวจะเป็นเหตุทำให้เกิดการกัดกร่อนอย่างรุนแรงต่อตา - บุคคลที่จะต้องสัมผัสกับไนโตรเจนไดออกไซด์จะต้องไม่ใส่คอนแทกเลน
การก่อกวนเรื่อง ความผิดปกติอื่น ๆ	- การทดลองกับสัตว์ พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของยีนส์ ทางสืบพันธุ์และความผิดปกติของการเจริญเติบโตของทารก

การวิเคราะห์ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

วิธีการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันในประเทศต่างๆและในประเทศไทย ใช้วิธีการตรวจวัดตามวิธีการมาตรฐาน และวิธีการเทียบเท่าซึ่งกำหนดโดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม ของประเทศสหรัฐอเมริกา (US.EPA) ซึ่งกำหนดวิธีการวัด NO_2 ด้วยระบบเคมีลูมิเนสเซนส์ (Chemiluminescence) เป็นวิธีการมาตรฐาน และวิธีการทางเคมีวิธีโซเดียม อาร์ซีไนต์ (Sodium - Arsenite) และวิธี TGA - ANSA เป็นวิธีการเทียบเท่า

หลักการเคมีลูมิเนสเซนส์

หลักการเคมีลูมิเนสเซนส์ อาศัยให้เครื่องตรวจวัดออกไซด์ของไนโตรเจนรวม (NO_x) และไนตริกออกไซด์ (NO) ก่อน แล้วจึงนำค่าทั้งสองมาหักออกจากกันก็จะได้ค่า NO_2 ในขั้นแรกจะตรวจวัด NO ก่อนโดยอาศัยหลักการที่ NO ทำปฏิกิริยากับ O_3 แล้วให้ $\text{NO} + \text{O}_3$ โดยที่ NO_2 ที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งจะอยู่ในรูป electronically - excited state (NO^*) และกลับสู่ ground state ทันทีพร้อมกับคายพลังงานแสง (photon) ออกมา พลังงานแสงที่ออกมานี้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณ NO ซึ่งสามารถตรวจวัดปริมาณได้โดย photomultiplier tube สำหรับการตรวจวัด NO_x ก็ทำได้โดยการเปลี่ยนออกไซด์ของไนโตรเจนตัวอื่นๆ ให้กลายเป็น NO แล้ววัดปริมาณ NO ทั้งหมด ซึ่งจะมีค่าเท่ากับค่าออกไซด์ของไนโตรเจนทั้งหมด จากนั้นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องมือวัดก็จะคำนวณค่า NO_2 ได้โดยนำค่า NO_x หักออกจากค่า NO

วิธี Sodium Arsenite

การวิเคราะห์หาปริมาณของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธี Sodium Arsenite มีหลักการดังนี้ คือ เมื่อดูดตัวอย่างอากาศที่ต้องการตรวจวัด NO_2 ผ่านเข้ามาในสารละลาย Sodium hydroxide กับ Sodium arsenite แล้วจะเกิดเป็น nitrite ion (NO_2^-) ขึ้น โดยปริมาณที่เกิดขึ้นนี้สามารถตรวจวัดได้โดยวัดการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่นแสง 540 นาโนเมตร หลังจากได้ทำปฏิกิริยากับ Phosphoric acid, Sulfanilamide และ N - (1 - naphthyl) ethylene diamine dichydrochloride แล้ว

วิธี TGA-ANSA

การวิเคราะห์หาปริมาณของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธี TGA-ANSA เป็นวิธีการตรวจวัดก๊าซโดยใช้สารเคมี โดยการดูดอากาศผ่านสารละลาย Triethanolamine, Sodium metabisulfite ก๊าซ NO_2 จะทำปฏิกิริยากับสารเคมีเกิด nitrate ion ซึ่งสามารถตรวจวัดได้โดยให้ ion ทำปฏิกิริยากับสาร Sulfanilamide และ 8 - Anilino - 1 - naphthalenesulfonic Acid Ammonium Salt (ANSA) ซึ่งจะเกิดเป็นสารละลายที่มีสีและสามารถดูดกลืนคลื่นแสงได้ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร

2.6 การดูดซับ

การดูดซับ (adsorption) เป็นปรากฏการณ์ของการสะสมสารประกอบชนิดหนึ่งเป็นอย่างน้อย ณ บริเวณผิวร่วม (interface) ระหว่างวัฏภาค (phase) ระบบดูดซับทั่วไปมักมีของแข็งเป็นส่วนประกอบ ระบบของแข็งที่เก็บสะสมสารประกอบอื่นๆ ไว้บนผิวหน้า เรียกว่า ตัวดูดซับ (adsorbent) ส่วนสารประกอบต่างๆ ที่สะสมบนผิวของตัวดูดซับ เรียกว่า ตัวถูกดูดซับ (adsorbate) ตัวดูดซับส่วนใหญ่เป็นของแข็งที่มีผิวพรองจำนวนมาก การดูดซับเกิดขึ้นด้วยแรงระหว่างโมเลกุลของสารถูกดูดซับกับผิวของตัวดูดซับ โดยจำแนกแรงดังกล่าวออกเป็น 2 ชนิด คือ แรงกายภาพ และแรงเคมี การดูดซับจึงจำแนกออกเป็น 2 ประเภทตามชนิดของแรงที่ดูดซับ โมเลกุลของสารถูกดูดซับไว้บนผิวของตัวดูดซับดังนี้

1. การดูดซับแบบกายภาพ คือ การดูดหรือดึงสารถูกดูดซับไว้บนผิวหน้าของตัวดูดซับด้วยแรงกายภาพชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดร่วมกัน แรงกายภาพของการดูดซับประเภทนี้ ได้แก่

1.1 แรงดึงดูดระหว่างขั้วของสารถูกดูดซับกับขั้วบนผิวตัวดูดซับ เช่น การดูดซับความชื้นด้วยผลึกดูดความชื้น ซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างขั้วบวกของโมเลกุลไอน้ำกับขั้วลบบนผิวผลึกดูดความชื้น หรือแรงดึงดูดระหว่างขั้วลบของโมเลกุลไอน้ำกับขั้วบวกบนผิวผลึกดูดความชื้น เป็นต้น

1.2 แรงดึงดูดระหว่างประจุของสารถูกดูดซับชนิดไอออนกับประจุบนผิวตัวดูดซับ เช่น การดูดซับไอออนแคลเซียม (Ca^{2+}) และไอออนแมกนีเซียม (Mg^{2+}) ในน้ำกระด้างด้วยการแลกเปลี่ยนไอออนบนผิวตัวดูดซับชนิดพอลิเมอร์ เป็นต้น

1.3 แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลสารถูกดูดซับกับผิวของตัวดูดซับ เช่น การดูดซับกลิ่นซึ่งมักเป็นไอระเหยของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายชนิดต่างๆ ด้วยถ่านดูดซับ หรือการดูดซับไอสารประกอบไฮโดรคาร์บอนด้วยถ่านดูดซับ เป็นต้น

การดูดซับประเภทนี้เกิดขึ้นได้ดี ณ อุณหภูมิต่ำ และ เกิดได้ดีมากขึ้น ณ อุณหภูมิต่ำกว่า อุณหภูมิปกติทั่วไป เช่น การดูดซับกลิ่นอับต่างๆ เป็นต้น สามารถเกิดได้ทั้งบนผิวตัวดูดซับโดยตรง และเกิดขึ้นบนชั้นของโมเลกุลของสารถูกดูดซับที่สะสมบนผิวของตัวดูดซับแล้ว จึงมักเรียกการดูดซับลักษณะนี้ว่า “การดูดซับหลายชั้น (multilayer adsorption)”

2. การดูดซับแบบเคมี คือ การเกิดพันธะเคมีหรือการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างโมเลกุลของสารถูกดูดซับกับผิวของตัวดูดซับ ในลักษณะเดียวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีทั่วไป ดังนั้นการดูดซับจึงเกิดขึ้นได้ดีและรวดเร็ว ณ อุณหภูมิสูงๆ และการดูดซับแบบเคมีนี้จะไม่เกิดบนชั้นของโมเลกุลของสารถูกดูดซับที่สะสมบนผิวของตัวดูดซับเช่นเดียวกับการดูดซับแบบกายภาพ จึงมักเรียกการดูดซับประเภทนี้ว่า “การดูดซับชั้นเดียว (monolayer adsorption)” (เดชา ฉัตรศิริเวช. 2552 : 3-5)

2.7 เคมีคอมพิวเตอร์

เคมีคอมพิวเตอร์เป็นศาสตร์ใหม่ที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัย ซึ่งเป็นศาสตร์ที่มีพื้นฐานจากทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัม และกลศาสตร์เชิงสถิติ ผลที่ได้จากการคำนวณทางเคมีคอมพิวเตอร์จะถูกนำมาประมวลผล และวิเคราะห์ผลเพื่อให้ได้มาซึ่งคุณสมบัติทางเคมี ในการคำนวณสามารถคำนวณได้ตั้งแต่ระบบที่มีขนาดเล็ก ระดับอิเล็กทรอนิกส์ อะตอม ไปจนถึงระดับโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้น และในสถานะที่ไม่สามารถทำได้ในห้องปฏิบัติการจริง ด้วยเหตุนี้เคมีคอมพิวเตอร์จึงเข้ามามีบทบาทกับงานวิจัยในยุคปัจจุบัน

ระเบียบวิธีที่ใช้ในงานทางด้านเคมีคอมพิวเตอร์แบ่งได้เป็น 3 กลุ่มคือ วิธีการทางเคมีควอนตัม วิธีการกลศาสตร์โมเลกุล และวิธีการทางคอมพิวเตอร์ซิมูเลชัน ซึ่งวิธีแรกนั้นจะให้ผลการคำนวณที่มีความแม่นยำสูงแต่มีความซับซ้อนมากสามารถปฏิบัติได้จริงกับเฉพาะระบบที่ประกอบด้วยโมเลกุลขนาดเล็กจำนวนประมาณไม่กี่สิบโมเลกุลเท่านั้น สำหรับวิธีการคอมพิวเตอร์ซิมูเลชันที่รู้จักกันทั่วไป ตัวอย่างเช่น วิธีโมเลคิวลาร์ไดนามิกส์สามารถศึกษาาระบบที่มีขนาดใหญ่ได้ สามารถปรับความเข้มข้น ความดัน และอุณหภูมิ หรือสมบัติใดๆ ให้สอดคล้องกับผลการทดลองได้ แต่ข้อจำกัด คือ การคำนวณแรงกระทำระหว่างโมเลกุล ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมเลกุลขนาดใหญ่เกือบทั้งหมด ในปัจจุบันต้องพัฒนาฟังก์ชันศักย์ขึ้นโดยใช้ระเบียบวิธีทางกลศาสตร์โมเลกุลแทบทั้งสิ้นซึ่งเป็นที่ทราบทั่วไปว่าเป็นวิธีที่มีความคลาดเคลื่อนสูงมากคอมพิวเตอร์วัต (คำนวณ) สมบัติของสารสำหรับแต่ละอะตอม แต่ละ โมเลกุลจากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งตรงกันข้ามกับการทดลองในห้องปฏิบัติการซึ่งวัดค่าเฉลี่ย แล้วนำไปแปลงผลให้เป็นสมบัติของแต่ละอะตอมหรือแต่ละ โมเลกุล ซึ่งแนวโน้มของงานวิจัยในห้องปฏิบัติการ สามารถลดขนาดไปจัดการกับอะตอมหรือโมเลกุลโดยนำมาประกอบหรือวางตำแหน่งที่ต้องการเพื่อให้ได้เครื่องมือระดับโมเลกุลที่มีรูปร่าง และโครงสร้างตามความต้องการที่จะนำไปใช้งานได้ ซึ่งเป็นนิยามของนาโนเทคโนโลยีแต่งานวิจัยทางห้องปฏิบัติการยังคงต้องใช้เครื่องมือที่มีความซับซ้อนยุ่งยากและมีราคาสูงมาก ดังนั้นงานวิจัยทางเคมีคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถให้ข้อมูลระดับอะตอมหรือระดับ โมเลกุลได้โดยตรงจึงน่าจะเป็นศาสตร์หรือเครื่องมือวิจัยหลักในยุคของนาโนเทคโนโลยี ซึ่งการศึกษาทางด้านเคมีคอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยอาศัยเพียงเครื่องคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์เท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองในห้องปฏิบัติการจริงที่ต้องใช้งบประมาณในการซื้อสารเคมี และเครื่องมือเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้การวิจัยทางเคมีคอมพิวเตอร์ยังช่วยในการประหยัดเวลา และมีความปลอดภัยต่อผู้ทำการทดลองและสิ่งแวดล้อม เช่นในการศึกษาวิจัยทางด้านการออกแบบ และค้นหาด้วยที่ใช้ในการรักษาโรคร้ายบางชนิด ที่ต้องเริ่มต้นจากการทดสอบสารที่คาดว่าจะมีฤทธิ์ทางยาซึ่งมีจำนวนมากมหาศาล ในการนี้ต้องสัมผัสกับสารที่เป็นอันตรายสูงหรือเชื้อโรคร้ายแรงบางชนิด ซึ่งเคมีคอมพิวเตอร์สามารถช่วยลดความเสี่ยงได้

(เคมีคอมพิวเตอร์. สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2554, จาก <http://nanotech.sc.mahidol.ac.th>)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นไม่ว่าจะมาจากแหล่งชีวมวลใดหรือระบบใดต่างก็มีองค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพที่เหมือนกันนั่นก็คือ ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซอื่นๆ เช่น แอมโมเนีย (NH_3) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และไอน้ำ เป็นต้น สำหรับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยทั่วไปพบว่ามีอยู่ประมาณร้อยละ 0.1-2 ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอินทรีย์ที่มีการย่อยสลาย (Lastella, et al., 2002 : 63) โดยทั่วไปก๊าซชีวภาพที่ได้จากมูลสัตว์และของเสียจากอุตสาหกรรมที่มีโปรตีนสูงจะมีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงด้วย (Schieder, et al., 2003 : 209) เมื่อก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศได้เพราะ H_2S จะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นซัลเฟต (SO_4^{2-}) ซึ่งเมื่อรวมตัวกับไอน้ำหรือฝนจะก่อให้เกิดไอน้ำหรือฝนที่มีฤทธิ์เป็นกรดส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการดำรงชีพของคน สัตว์และพืชโดย (ปัทมา อรุณราช, จรัญ บุญกาญจน์ และ จันทิมา ชั่งสิริพร. 2552) อีกทั้งก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ยังก่อให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์ต่างๆ เช่น หัวเผาก๊าซ นอกจากนี้ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ยังมีกลิ่นเหม็นและมีความเป็นพิษสูง เมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกายปริมาณน้อยๆ (15-50 ppm) จะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อเมือก อาจก่อให้เกิดอาการปวดหัว คลื่นไส้ และอาเจียนได้ แต่หากได้รับในปริมาณที่สูง (200-300 ppm) จะมีผลต่อระบบทางเดินหายใจทำให้หมดสติได้ และหากได้รับที่ความเข้มข้นมากกว่า 700 ppm อาจเสียชีวิตได้ (Syed, et al. 2006 : 2.1-2.14) ในการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพเพื่อลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จึงเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่ง มีงานวิจัยมากมายที่ทำการศึกษากลับกับการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ปนเปื้อนอยู่ในก๊าซชีวภาพ โดยทั่วไปการกำจัดก๊าซชีวภาพจะแบ่งได้หลักๆ เป็น 2 วิธี คือวิธีการทางเคมี และ วิธีการทางชีวภาพหรืออาจใช้สองวิธีร่วมกัน เช่น โดยการดูดซึม H_2S ด้วยสารละลายเฟอร์ริกและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแบคทีเรียชนิด *Thiobacillus ferrooxidation* เป็นต้น (Pagella and Faveri. 1999 : 2185) การกำจัด H_2S จากก๊าซโดยกระบวนการทางชีวภาพใช้กับการบำบัดก๊าซที่มีปริมาตรสูงและมีความเข้มข้นของ H_2S ต่ำๆ และข้อเสียของกระบวนการทางชีวภาพคือกระบวนการทางชีวภาพมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูงกว่ากระบวนการทางเคมีประมาณ 18% และใช้พื้นที่ในการติดตั้งมากกว่าประมาณ 1 เท่าตัว (Gao, et al. 2003 : 203)

การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยวิธีการทางเคมีนั้นได้มีการศึกษาวิจัยมากมาย เช่น การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยหาชนิดของสารออกซิแดนต์ที่เหมาะสม ศึกษาการใช้สารลดแรงตึงผิว (Surfactant) ร่วมในการเร่งการเกิดปฏิกิริยาการกำจัด H_2S และศึกษาการดูดซับ H_2S จากกระแสแก๊สจำลอง โดยดำเนินการศึกษาหาชนิดของสารเคมีที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาในถังปฏิกรณ์แบบแบทช์และทำการศึกษาการดูดซึม H_2S จากกระแสแก๊สจำลองในถังปฏิกรณ์แบบเคมี-แบทช์พบว่า NaOCl เป็นสารออกซิแดนต์ที่เหมาะสมและให้ประสิทธิภาพสูงในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารลดแรงตึงผิวไม่ช่วยให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ H_2S กับสารออกซิแดนต์ และการใช้สารละลาย NaOCl เป็นสารดูดซึมในระบบเคมี-แบทช์สามารถบำบัด H_2S จากกระแสแก๊สจำลองได้ 100% ในช่วง 30 นาทีแรกของการดำเนินการ โดยให้ผลที่ดีกว่าการใช้น้ำเป็นสารดูดซึมเป็นอย่างมาก และการกำจัด H_2S จาก

ก๊าซโดยการดูดซึมและปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO_4) ในหอดูดซึมแบบแพค พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด H_2S เรียงตามลำดับความสำคัญคือ ความเข้มข้นของ H_2S ความเข้มข้นของ KMnO_4 และ L/G ratio โดยความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัด H_2S กับตัวแปรดำเนินการเหล่านี้ สามารถแสดงในรูปของสมการเอมพิริคัลที่สามารถใช้ทำนายประสิทธิภาพการกำจัด H_2S ที่ L/G ratio ความเข้มข้นของ H_2S และ ความเข้มข้นของ KMnO_4 ที่สนใจได้ (ปีพทมา อรุณราช, จริญญา บุญกาญจน์ และจันทิมา ชั่งสิริพร. 2552 : 113-119) อีกวิธีที่ได้รับความนิยมคือการใช้สารประกอบเหล็ก (Fe (III)) ในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยกระบวนการออกซิเดชัน โดยที่ Fe (III) จะเปลี่ยน H_2S เป็น S ซึ่งเป็นของแข็งจะเกิดการตกตะกอน (Manus and Martell. 1996 : 289) นอกจากการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยกระบวนการออกซิเดชันแล้วนั้นยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้วัสดุดูดซับ โดยมีงานวิจัยที่ทำการศึกษเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยวัสดุดูดซับ 4 ชนิด คือ activated carbon 5 ชนิด (CarbTech, RB1, RB3, RB4 และ FM4/250) ซีโอไลต์ 4 ชนิด (NaX, NaX (P), NaY และ 4A) ซิลิกาเจล (SG60) และดินตะกอน (Al-WYO) โดยทำการศึกษาโครงสร้างและขนาดของโพรงของวัสดุแต่ละชนิด และทำการศึกษาศามารถในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่อุณหภูมิห้องและที่ความดัน 0.005 พบว่า ซีโอไลต์ชนิด NaX, NaX (P), NaY มีประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มากที่สุด (Cruz, et al. 2005 : 569-576) ซีโอไลต์จึงเป็นวัสดุจากธรรมชาติชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติและประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เหมาะแก่การนำมาศึกษาการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในก๊าซชีวภาพเพื่อการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ สมวรรณศรีเจริญ (2550) ศึกษาการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้น้ำเสียจากโรงงานน้ำมันปาล์มที่ผ่านการบำบัดแล้วเป็นตัวดูดซับ หอดูดซับถูกเลือกใช้ในการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยใช้สารดูดซับและตัวกลางทางเลือกใหม่เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เพื่อศึกษาศักยภาพของน้ำเสียจากโรงงานน้ำมันปาล์มที่ผ่านการบำบัดแล้ว (POME) ในการนำมาใช้เป็นตัวดูดซับ และตาข่ายในลอนในการนำมาใช้เป็นตัวกลาง พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงกว่าน้ำอย่างเห็นได้ชัด และมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วนการใช้ตาข่ายในลอนเป็นตัวกลางจะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่พอๆ กัน อีกทั้งตาข่ายในลอนยังหาง่ายและราคาถูกด้วย

เคมีคอมพิวเตอร์ถูกนำไปใช้ในการทำนายผลการศึกษิต่างๆ เพื่อเป็นการลดต้นทุนและเวลาในการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ C. Ebner, U. Onthong, M. Probst (2005) ได้ศึกษาอันตรกิริยาของฟอสเฟตแอนไอออนกับน้ำ ด้วยระเบียบวิธีการคำนวณแบบ ab initio รูปร่างของโครงสร้าง PO_4^{3-} กับโมเลกุลของน้ำหนึ่งและสองโมเลกุล แสดงได้ว่ารูปร่างที่เสถียรที่สุดมีสมมาตร C_{2v} และสมมาตรพันธะไฮโดรเจนเป็นหนึ่งในหรือสองส่วนของ six-membered ring (วงแหวนที่มีสมาชิก 6 สมาชิก) ที่แสดงโครงสร้างและพลังงานที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุล และการเกิดสนามแรงระหว่างโมเลกุล ซึ่งศึกษาจากการคำนวณค่าพลังงาน โดยวิธีการคำนวณแบบ ab initio การสร้างแบบจำลองโมเลกุลขึ้นมา เพื่อคำนวณค่าพลังงานภายในโมเลกุลของสารละลาย K_3PO_4 , K_2HPO_4 และ KH_2PO_4 การสร้างแบบจำลองนั้น ถูกนำมาใช้ในระบบ NVT ensemble (จำนวนอะตอม ปริมาตร และอุณหภูมิ) ระบบนี้ประกอบด้วยแอนไอออน 1 ชุด กับโมเลกุลน้ำประมาณ 500

โมเลกุล ซึ่งผลการทดลองที่สำคัญ ของการสร้างแบบจำลองโมเลกุลคือ พบ first hydration shell ที่ชัดเจน และพบ second hydration shell บางส่วน โดย first hydration shell ประกอบด้วยโมเลกุลน้ำ ประมาณ 16 โมเลกุล สำหรับ orthophosphate และ 20 โมเลกุล สำหรับ monohydrogenphosphate และ dihydrogenphosphate ซึ่งผลการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับการทดลองจริง