บันทึกสรุปบทเรียนจากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

เรื่อง นวัตกรรมเครื่องมือตรวจวัดกลิ่นรบกวนจากฟาร์มปศุสัตว์

กิจกรรมครั้งที่ ๑ วันที่ ๒๙ พ.ค. , ๒ , ๑๖ , และ ๑๙ มิถุนายน ๒๕๖๓

ชื่อผู้บันทึก นายฐิติพงศ์ แก้วธรรมานุกูล

ขอบเขตเนื้อหา การตรวจวัดกลิ่นรบกวนจากฟาร์มปศุสัตว์
การตรวจประเมินด้านสิ่งแวดล้อมฟาร์มปศุสัตว์

บันทึกสรุปบทเรียน

<u>เครื่องมือตรวจวัดและวิธีการตรวจวัด</u>

1. **เครื่องมือตรวจวัดก๊าซชนิด Gas Detector**

เครื่องมือตรวจวัดก๊าซชนิด Gas Detector ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ 3 ชนิด ได้แก่ เซ็นเซอร์ตรวจวัดก๊าซแอมโมเนีย (NH3), เซ็นเซอร์ตรวจวัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และเซ็นเซอร์ตรวจวัดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds, VOCs) โดยเซ็นเซอร์ตรวจวัดก๊าซแอมโมเนียและก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็น Electrochemical Sensor มีหลักการทำงานคือ โครงสร้างที่อยู่ภายในที่ประกอบไปด้วยสารอิเล็กโทรไลต์ จะทำปฏิกิริยากับก๊าซที่ผ่านเข้ามายังตัวเซ็นเซอร์

2. **เครื่องมือตรวจวัดก๊าซชนิดปั๊มมือ (Gas Sampling Pump)**

เครื่องมือที่นำมาใช้ในการตรวจวัดก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) คือปั๊มเก็บตัวอย่างก๊าซ (Gas Sampling Pump) โดยทำงานร่วมกับหลอดตรวจก๊าซ (Gas detector Tube) การตรวจวัดจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงของสารเคมี (Detecting reagent) ซึ่งบรรจุอยู่ภายในหลอดแก้ว หลอดแก้วนี้ทำมาจากโบโรซิลิเกตบริสุทธิ์ (High – Quality borosilicate glass) มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่สม่ำเสมอโดยเมื่อปั๊มอากาศผ่านเข้ามา ก๊าซจะทำปฏิกิริยากับสารเคมี (Detecting reagent) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีของสารเคมีที่ใช้ดูดกลืน (Absorbed) ความยาวของสีที่เปลี่ยนแปลงจะเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของก๊าซ โดยก๊าซแอมโมเนียจะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีเหลืองและก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาล

สารเคมี (Detecting reagent) ที่ใช้ดูดกลืน โดยปกติจะใช้สารบริสุทธิ์ (Highly pruified) พวก Silica Gel Activated Alumina Silica Sand หรือ Silica Glass

หลอดทดสอบประกอบด้วยหลอดเดี่ยว (Single tube) ซึ่งเป็นหลอดวัดและหลอดคู่ (Twin tube) ซึ่งมีหลอดหลักและหลอดวิเคราะห์เชื่อมต่อกันด้วยหลอดยาง

3. **เครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose)**

จมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose) หรือ E-nose เป็นอุปกรณ์วัดกลิ่นที่เลียนแบบการทำงานของจมูกสุนัขและมนุษย์ โดยมีเซ็นเซอร์ตรวจวัดก๊าซหลายเซ็นเซอร์ทำงานร่วมกัน ซึ่งจะประมวลผลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของกลิ่นโดยอาศัยซอฟต์แวร์เรียนรู้และจดจำกลิ่น

ถึงแม้ E-nose จะมีรูปแบบการทำงานที่คล้ายกับการทำงานของจมูกมนุษย์ แต่ E-nose จะสามารถทำงานได้เที่ยงตรงโดยไม่แปรผันไปตามอารมณ์และสิ่งแวดล้อมเหมือนกับมนุษย์ E-nose สามารถให้ผลความแรงหรือความแตกต่างของกลิ่นในเชิงตัวเลข และในลักษณะของพิกัดกลิ่น ซึ่งจะบอกได้ว่ากลิ่นที่มาเทียบกันนี้แตกต่างมากหรือน้อยเพียงใด โดยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และบริษัทจมูกอิเล็กทรอนิกส์ได้พัฒนา E-nose แบบกระเป๋าหิ้ว ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการตรวจวัดกลิ่นรบกวนในภาคสนามได้

E-nose เลียนแบบการทำงานของจมูกมนุษย์ได้ โดยการใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดก๊าซ หรือ กลิ่น ร่วมกันทำงานในจำนวนตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปในรูปแบบของอะเรย์ (Sensor Array) โดยการประมวลผลสัญญาณ จดจำรูปแบบวิเคราะห์และจำแนกกลิ่นด้วยหลักการของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ซึ่งเซ็นเซอร์ตรวจวัดกลิ่นนี้อาจจะมีความจำเพาะต่อกลิ่นอย่างเฉพาะเจาะจง หรือ อาจมีความไวต่อกลิ่นหลายๆ ชนิดก็ได้ โดยซอฟต์แวร์การจดจำกลิ่น จะทำงานเพื่อช่วยประมวลให้สามารถจำแนกกลิ่นได้เอง ซึ่งจมูกอิเล็กทรอนิกส์สามารถแสดงผลออกในรูปแบบของแผนที่กลิ่น (Aromagram) ที่สามารถเข้าใจได้ง่าย หรือ แสดงผลในรูปของกราฟที่บอกความเข้มข้นของกลิ่นชนิดต่างๆ ที่เป็นเป้าหมายในการตรวจวัด ทำให้ผู้ใช้และผู้เกี่ยวข้องยอมรับผลการตรวจวัดแบบฉันทามติ ทั้งนี้จมูกอิเล็กทรอนิกส์มีความไวในการตรวจวัด (1-15 นาที) อีกทั้งอุปกรณ์สามารถพัฒนาขึ้นมาในรูปแบบที่พกพาหรือเคลื่อนย้ายได้ ทำให้เหมาะกับการใช้งานในอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ต้องการตรวจวัดแบบเรียลไทม์ โดยเฉพาะกิจการปศุสัตว์ที่มีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดกลิ่นรบกวนอยู่ตลอดเวลา

กลิ่นคือสารประกอบทางเคมีระเหยได้ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า 300 ดาลตัน มนุษย์ได้รับกลิ่นโดยใช้ระบบประสาทจมูก โดยความสามารถในการรับรู้กลิ่นของมนุษย์มีข้อจำกัดหลายอย่าง และได้รับผลกระทบจากปัจจัยภายนอกอยู่เสมอ ทั้งในด้านปัจจัยทางอารมณ์ สภาพร่างกายของผู้ดมกลิ่น ประสบการณ์ หรือ สภาวะแวดล้อมที่ผู้ดมกลิ่นได้รับอยู่ ณ ขณะนั้น ทำให้รับรู้กลิ่นมีการแปรผันตลอดเวลา และคุณภาพกลิ่นที่ได้ไม่แน่นอน ถูกต้องสม่ำเสมอเท่าที่ควร ดังนั้น E-nose จึงเป็นเครื่องมือที่คาดหวังว่าจะสามารถใช้ตรวจสอบคุณภาพของกลิ่นได้อย่างแม่นยำและเที่ยงตรงกว่าจมูกของมนุษย์ จมูกมนุษย์จะใช้ปอดในการนำกลิ่นเข้าสู่ epithelium layer ในขณะที่ E-nose จะอาศัยปั๊มในการผลิตอากาศสำหรับนำพาโมเลกุลกลิ่นไป ในจมูกของมนุษย์จะมี olfactory receptors ที่อยู่ใน olfactory epithelium สำหรับจับโมเลกุลกลิ่น โดยสัญญาณที่ได้จากการทำอันตรกิริยาระหว่าง โมเลกุลกลิ่นและตัวจับกลิ่น (olfactory receptors) จะถูกส่งไป olfactory bulb และส่งไปที่สมอง สมองจะทำหน้าที่ในการประมวลผลให้สอดคล้องกับฐานข้อมูลเดิมที่สมองเคยจดจำไว้ ตัวอย่างเช่น สมองจะสั่งการให้ออกจากแหล่งกำเนิดกลิ่นทันที ถ้ากลิ่นที่ตรวจจับได้เป็นกลิ่นที่บ่งบอกถึงอันตรายเช่น กลิ่นของก๊าซพิษ เป็นต้น สำหรับ E-nose ตัวตรวจจับกลิ่นคือ เทคโนโลยีก๊าซเซ็นเซอร์ ซึ่งมีอยู่มากมาย หลากหลายชนิด ก๊าซเซ็นเซอร์ที่อยู่ในจมูกอิเล็กทรอนิกส์จะทำหน้าที่เดียวกับ olfactory receptors ในจมูกของมนุษย์ โดยสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการทำอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุลกลิ่นและ ก๊าซเซ็นเซอร์ จะถูกนำมารวบรวมและแปลงสัญญาณจากอนาล็อกให้เป็นดิจิตอล จากนั้นจะส่งสัญญาณดิจิตอลผ่านยังหน่วยประมวลผลเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ และใช้หลักการทางสถิติ หรือหลักการฟิสิกส์ ตัวอย่างเช่น วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle component analysis: PCA) หรือวิธีการระบบประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANN) เพื่อใช้ในการจดจำรูปแบบของกลิ่นและจำแนกกลิ่นต่อไป

เครื่อง Electronic nose จะตอบสนองต่อกลิ่น และแปลผลของกลิ่นนั้นออกมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งจะสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีทางสถิติโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ได้ 3 วิธีดังนี้

(1) อัตราการตอบสนองของก๊าซ เซ็นเซอร์รายหัวต่อกลิ่นของสถานที่นั้น ๆ (Sensor response)

(2) การวิเคราะห์ความแตกต่างของคุณลักษณะของกลิ่นแต่ละสถานที่ด้วยวิธี Principal component analysis (PCA)

(3) การจับคู่คุณลักษณะของกลิ่นแต่ละสถานที่ด้วยวิธี Cluster analysis (CA)

โดยเครื่อง Electronic nose ที่ใช้ในการทดลองนี้ มีรายละเอียดของก๊าซ เซ็นเซอร์ที่ใช้ดังนี้

(1) Combustible Gases

(2) Ammonia (Low concentration)

(3) Organic Solvent Vapor

(4) Air Contaminant 2

(5) Iso-Butane, Ammonia, Ethanol

(6) Methyl mercaptan and Trimethyl amine

(7) LP Gas

(8) Solvent Vapor

4. สถานีตรวจวัดกลิ่นแบบออนไลน์ (Electronic Nose Station)

สถานีตรวจวัดกลิ่นแบบออนไลน์ถูกออกแบบและพัฒนาต่อยอดขึ้นจากเทคโนโลยีจมูกอิเล็กทรอนิกส์แบบกระเป๋าหิ้ว ซึ่งเดิมสามารถใช้งานได้เฉพาะในห้องปฏิบัติการ หรือต้องมีผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ควบคุมการทำงานเท่านั้น มาเป็นรูปแบบของสถานีตรวจวัดกลิ่นแบบไอโอทีที่สามารถตรวจวัดกลิ่นได้ตลอดเวลา แต่ยังคงคุณสมบัติของเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ในการบอกระดับความรุนแรงของกลิ่น และทำงานร่วมกับเซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศเพื่อใช้ในการระบุทิศทางของแหล่งกำเนิดกลิ่น

การพัฒนาสถานีตรวจวัดกลิ่นแบบออนไลน์นั้นได้มีการพูดคุยกับภาคอุตสาหกรรมที่มีความต้องการใช้เทคโนโลยีดังกล่าว และทำการปรับการทำงานให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ และภาคอุตสาหกรรม โดยการใช้เทคโนโลยีจมูกอิเล็กทรอนิกส์ และการตรวจวัดสภาพอากาศ เป็นข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลด้วยกัน โดยใช้ระบบส่งสัญญาณข้อมูลแบบไอโอที และ โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ที่ฝังตัวอยู่บนคลาวด์ (Cloud computing) โดยจะมีกลไกการทำงานของระบบ คล้ายกับการได้รับกลิ่นของมนุษย์ดังนี้

(1) ระบบปั๊มดูดอากาศจะดูดอากาศรอบๆ สถานีตรวจวัดกลิ่นเข้ามายังระบบจมูกอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นการวัดกลิ่นเฉพาะ Head space ของตัวอย่างเท่านั้น

(2) ระบบจมูกอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งประกอบไปด้วยก๊าซเซ็นเซอร์ที่แตกต่างกัน 8 หัว จะทำปฏิกิริยากับกลิ่นหรือสารเคมีที่ระเหยอยู่ในอากาศ ซึ่งกลิ่นที่แตกต่างกัน เซ็นเซอร์ก็จะตอบสนองโดยมีรูปแบบที่แตกต่างกัน และกลิ่นที่มีระดับความรุนแรงของกลิ่นสูง อัตราการตอบสนองของเซ็นเซอร์ก็จะสูงตาม

(3) ระบบคอนโทรเลอร์จะทำการอ่านข้อมูลของเซ็นเซอร์ทั้ง 8 ชนิด แล้วส่งชุดข้อมูลดิบนั้นไปฐานข้อมูลหรือโปรแกรมที่มีการสอนรูปแบบของกลิ่นต่างๆ เอาไว้แล้ว

(4) โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์จะทำการแยกแยะกลิ่นที่ได้รับมา โดยเปรียบเทียบกับลักษณะของกลิ่นที่เครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ได้เรียนรู้เอาไว้แล้ว