เอกสารทางวิชาการ

เรื่องที่ 1

การศึกษาการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซและระดับกลิ่นเหม็นในฟาร์มปศุสัตว์ด้วยเครื่องมือ Gas Detector, Gas Sampling Pump และ Electronic Nose

โดย

ณัฏฐามณี พรมใบเงิน

ปริญญา เชียรวิชัย

เลขทะเบียนวิชาการ	65(2) – 0312 - 036
สถานที่ดำเนินการ	สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์
ระยะเวลาดำเนินการ	มีนาคม – ตุลาคม 2564
การเผยแพร่	เว็บไซต์สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์

การศึกษาการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซและระดับกลิ่นเหม็นในฟาร์มปศุสัตว์ด้วยเครื่องมือ Gas Detector, Gas Sampling Pump และ Electronic Nose

ณัฏฐามณี พรมใบเงิน*[1/] ปริญญา เชียรวิชัย[1/]

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการตรวจสอบปัญหาเรื่องร้องเรียนกลิ่นเหม็นรบกวนจากฟาร์มปศุสัตว์นั้น ยังไม่มีเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ตรวจวัดได้อย่างแม่นยำชัดเจน โดยมีเพียงวิธีการดม (Sensory Test) ตามประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ โดยจะใช้ความรู้สึกของมนุษย์เป็นหลัก จึงอาจเกิดอคติได้ และมักจะไม่ได้รับการยอมรับจากชุมชนและผู้ประกอบการ นอกจากนั้นการตรวจวัดโดยอาศัยการดมกลิ่นในแต่ละครั้งใช้ค่าใช้จ่ายที่สูง ใช้เวลาดำเนินการค่อนข้างนาน และไม่เหมาะกับการตรวจวัดในสถานการณ์โรค Covid - 19

การศึกษานี้เป็นการศึกษาโดยการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซและระดับกลิ่นเหม็น โดยทำการตรวจวัดก๊าซและกลิ่นรบกวนภายในฟาร์มปศุสัตว์ที่มีปัญหาเรื่องร้องเรียนด้านกลิ่นเหม็น จำนวน 16 ฟาร์ม ประกอบด้วยฟาร์มสุกรโรงเรือนเปิด 4 ฟาร์ม ฟาร์มสุกรโรงเรือนปิด (Evaporative Cooling System) 5 ฟาร์ม ฟาร์มไก่เนื้อโรงเรือนปิด 4 ฟาร์ม และฟาร์มไก่ไข่โรงเรือนปิด 3 ฟาร์ม เพื่อที่จะทำการศึกษาผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซและระดับกลิ่นเหม็นด้วยการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ 3 ชนิด คือ 1. Gas Detector 2.Gas Sampling Pump และ 3. E-nose และทำการหาความสัมพันธ์ของผลการตรวจวัดที่ได้จากแต่ละเครื่องมือด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ผลการศึกษาพบว่าการหาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) และระดับกลิ่นเหม็นระหว่างการตรวจวัดโดย Gas Detector กับ E–nose, Gas Sampling Pump กับ E–nose, Gas Detector กับ Gas Sampling Pump แยกเปรียบเทียบรายชนิดสัตว์และรวมการเปรียบเทียบฟาร์มทุกชนิดสัตว์ ให้ผลความสัมพันธ์กันของเครื่องมือไปในทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นความสัมพันธ์การตรวจวัดระหว่าง Gas Detector กับ E–nose, Gas Sampling Pump กับ E–nose ในฟาร์มไก่ไข่ โดยมีค่าดังนี้ ฟาร์มไก่เนื้อมีค่า 0.702, 0.600 และ 0.679 ตามลำดับ ฟาร์มไก่ไข่มีค่า 0.358, 0.066 และ 0.822 ตามลำดับ ฟาร์มสุกรโรงเรือนเปิดมีค่า 0.560, 0.830 และ0.761 ตามลำดับ ฟาร์มสุกรโรงเรือนปิดมีค่า 0.369, 0.591 และ 0.737 ตามลำดับ และรวมทุกรายชนิดสัตว์มีค่า 0.442, 0.497 และ 0.752 ตามลำดับ

การหาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S) และระดับกลิ่นเหม็นระหว่างการตรวจวัดโดย Gas Detector กับ E–nose, Gas Sampling Pump กับ E–nose, Gas Detector กับ Gas Sampling Pump พบว่าการวัดด้วย Gas Detector และ Gas Sampling Pump ในฟาร์มไก่เนื้อและไก่ไข่ให้ส่วนใหญ่ให้ผลเท่ากับ 0 ทำให้ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือได้ ส่วนการหาความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดด้วย Gas Detector กับ Gas Sampling Pump ในฟาร์มสุกรโรงเรือนเปิดมีค่าเท่ากับ 1 ฟาร์มสุกรโรงเรือนปิดมีค่า 0.863 และรวมฟาร์ม

ทุกชนิดสัตว์มีค่า 0.780 ซึ่งให้ผลความสัมพันธ์กันของเครื่องมือไปในทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ Gas Detector กับ E–nose, Gas Sampling Pump กับ E–nose ในฟาร์มสุกรโรงเรือนเปิดมีค่าเท่ากันที่ -0.060 ฟาร์มสุกรโรงเรือนปิดมีค่า -0.136 และ -0.283 ตามลำดับ และรวมการเปรียบเทียบฟาร์มทุกชนิดสัตว์มีค่า -0.027 และ -0.163 ตามลำดับ ซึ่งให้ผลความสัมพันธ์กันของเครื่องมือไปในทางตรงข้ามกัน

การวิเคราะห์เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์การตรวจวัดความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่ตรวจวัดโดย Gas Detector และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดโดย E–nose ในการแยกเปรียบเทียบรายชนิดสัตว์ และรวมการเปรียบเทียบทุกชนิดสัตว์ พบว่าฟาร์มทุกชนิดสัตว์ ให้ผลความสัมพันธ์กันของเครื่องมือไปในทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คือในฟาร์มไก่เนื้อเท่ากับ 0.630 ฟาร์มสุกรโรงเรือนเปิดเท่ากับ 0.707 ฟาร์มสุกรโรงเรือนปิดเท่ากับ 0.612 รวมทุกรายชนิดสัตว์เท่ากับ 0.461 ยกเว้นในฟาร์มไก่ไข่ซึ่งให้ผลความสัมพันธ์กันของเครื่องมือไปในทางตรงข้ามกัน -0.055

จากการศึกษาการใช้งานเครื่องมือทั้ง 3 ชนิดล้วนมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันไป ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องมือควรเลือกใช้จากวัตถุประสงค์ของการตรวจวัด งบประมาณ ชนิดของก๊าซที่จะตรวจวัดหรือความเข้มกลิ่นที่จะตรวจวัด และสภาพพื้นที่ที่ต้องการตรวจวัดร่วมด้วยเพื่อให้การเลือกใช้เครื่องมือเป็นไปอย่างถูกต้องและเหมาะสม

คำสำคัญ : ฟาร์มปศุสัตว์, Gas Detector, Gas Sampling Pump, Electronic Nose

เลขทะเบียนวิชาการ 65(2) – 0312 - 036

[1/] สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์

* ผู้รับผิดชอบหลัก E-mail : beesangthong@gmail.com

Study of Gas Concentration and Odor Levels in Livestock Farms with Gas Detector, Gas Sampling Pump and Electronic Nose.

Natthamanee Prombaingoen[*1/] Parinya Chienwichai [1/]

Abstract

At present, there is no highly specific scientific instrument to investigate the odor nuisance complaint. The only available instrument is the sensory test according to the announcement of Pollution control board which mainly based on personal sensing on smell. Therefore, bias may occur and often not accepted by the community and entrepreneurs. Moreover, estimation by conducting sensory test is expensive, time consuming and not appropriate during the COVID 19 situation.

This study was conducted using scientific instruments to measure gas concentration and Odor Unit were carried out in 16 livestock farms with complaints about bad odors, comprising 4 pig farms with Non Evaporative Cooling System, 5 pig farms with Evaporative Cooling System, 4 broiler farms and 3 layer farms. This study was conducted using scientific instruments related to gas concentration measurement and level of odor measurements. In order to study the odor detection efficiency by using 3 types of scientific instruments, which are 1. Gas Detector 2. Gas Sampling Pump and 3. Electronic Nose (E-nose) and analyze the relation of the measurement results with the correlation coefficient . It was found that the correlation of ammonia gas concentration (NH_3) and odor levels between the measurements by Gas Detector and E-nose, Gas Sampling Pump and E-nose, Gas Detector and Gas Sampling Pump was statistically in the same direction ($P<0.05$), except the measurement between Gas Detector and E-nose, Gas Sampling Pump and E-nose in layer farms. Correlation coefficient in broiler farms were 0.702, 0.600 and 0.679 respectively. Layer farms were 0.358, 0.066 and 0.822 respectively. Pig farms (Non evaporative Cooling System) were 0.560, 0.830 and 0.761 respectively. Pig farms (Evaporative Cooling System) were 0.369, 0.591 and 0.737 respectively. Including all animal species were 0.442, 0.497 and 0.752 respectively.

Relationship of the hydrogen sulfide gas concentration (H_2S) and odor levels between the measurements by Gas Detector and E-nose, Gas Sampling Pump and E-nose, Gas Detector and Gas Sampling Pump, found that the result of Gas Detector and Gas Sampling Pump in most broiler and layer farms equal to 0, it impossible to find the correlation coefficient. Relationship between

Gas detector and Gas sampling pump in pig farms and include all farms, correlation coefficient of the tools was statistically significant ($p<0.05$). Pig farms (Non evaporative Cooling System) was equal to 1. Pig farms (Evaporative Cooling System) were 0.863 and included all farms were 0.780. But the correlation coefficient between the measurements with Gas Detector and E–nose, Gas Sampling Pump and E–nose in pig farms (Non Evaporative Cooling System) were equal at -0.060, and pig farms (Evaporative Cooling System) were -0.136 and -0.283 respectively. All animal farms were -0.027 and -0.163 respectively, which opposite of the correlation coefficient.

Correlation coefficient of the concentrations of volatile organic compounds (VOCs) measured by the Gas detector and the level of odors measured by E-nose in broiler farms, pig farms and include of all animal species found correlation coefficient between the tools was statistically significant ($p<0.05$). Broiler farms were 0.630, pig farms (Non Evaporative Cooling System) were 0.707, pig farms (Evaporative Cooling System) were 0.612, all animal species were 0.461, except for layer farms with -0.055.

From the study, the three scientific instruments have its own advantages and disadvantages. Therefore, the instrument should be selected based on the measurement objectives, budget, type of gas to be measured or odor intensity to be measured and the conditions of the area to be measured together in order to ensure the correct and appropriate selection of tools.

Keywords: Livestock Farm, Gas Detector, Gas Sampling Pump, Electronic Nose

Registered No. : 65(2) – 0312 - 036

[1/]Bureau of Livestock Standards and Certification, Department of Livestock Development

* Corresponding Author E-mail : beesangthong@gmail.com

บทนำ

การผลิตสินค้าปศุสัตว์ถือเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในด้านการผลิตอาหาร มีความสำคัญทั้งด้านการอุปโภคทั้งในประเทศ และส่งออกต่างประเทศ สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรและผู้ประกอบการ ในกระบวนการผลิตนอกจากจะคำนึงความปลอดภัยทางด้านอาหารแล้ว ยังต้องมีมาตรการหรือการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม มิฉะนั้นจะเกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆ ตามมาได้ ข้อมูลกรมควบคุมมลพิษ (2563) สำรวจพบปัญหากลิ่นเหม็นกระทบชุมชนได้รับการร้องเรียนสูงสุดติดต่อกันหลายปี และได้สรุปสถิติเรื่องร้องเรียนด้านมลพิษในปี 2563 ระหว่างตุลาคม 2562 - กันยายน 2563 พบว่าปัญหาที่มีการร้องเรียนมากที่สุด คือ เรื่องกลิ่นเหม็นร้อยละ 42 รองลงมาคือปัญหาฝุ่นละอองและเขม่าควัน เฉลี่ยร้อยละ 30 และเสียงดังและเสียงรบกวนร้อยละ 14 โดยปัญหาดังกล่าวมาจากโรงงานอุตสาหกรรม สถานประกอบการ บ่อขยะ ที่พักอาศัย และการเลี้ยงสัตว์ เมื่อเปรียบเทียบสถิติเรื่องร้องเรียน 5 ปีย้อนหลัง พบว่าสถิติการร้องเรียนมีแนวโน้มที่สูงขึ้น โดยปัญหามลพิษที่ได้รับร้องเรียนสูงสุด เป็นมลพิษทางด้านอากาศ คือ กลิ่นเหม็น รองลงมา คือ ฝุ่นละอองหรือเขม่าควัน และเสียงดังรบกวนหรือความสั่นสะเทือน

สำนักงานบริการเทคโนโลยีสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (ม.ป.ป.) พบว่าปัญหากลิ่นเหม็นรบกวนที่เกิดจากฟาร์มปศุสัตว์ ส่วนใหญ่มักเกิดจากการหมักหมมของของเสีย เช่น มูล ปัสสาวะ น้ำล้างคอก หรือวัสดุรองพื้น ทำให้เกิดก๊าซที่มีกลิ่นเหม็นอันประกอบด้วย ก๊าซแอมโมเนีย ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ก๊าซไข่เน่า) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายต่าง ๆ ฉะนั้น หากไม่มีการจัดการและควบคุมที่ดีจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพสัตว์ คุณภาพชีวิตของประชาชนในชุมชนรอบข้าง ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาเรื่องร้องเรียนและส่งผลต่อการขออนุญาตดำเนินกิจการฟาร์มปศุสัตว์ของเกษตรกรในอนาคตได้ อนึ่ง การตรวจสอบปัญหาเรื่องร้องเรียนกลิ่นเหม็นรบกวนจากฟาร์มปศุสัตว์นั้น ปัจจุบันยังไม่มีการกำหนดค่าหลักเกณฑ์มาตรฐานที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน รวมถึงยังไม่มีเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ตรวจวัดได้อย่างแม่นยำชัดเจน โดยมีเพียงวิธีการในการตรวจวัดค่าความเข้มข้นกลิ่นทางกายภาพโดยการดม (Sensory Test) ตามประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ เรื่อง วิธีตรวจวัดค่าความเข้มกลิ่นโดยการวิเคราะห์กลิ่นด้วยการดม (Sensory test) และการขึ้นบัญชีรายชื่อผู้ทดสอบกลิ่นของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2554 ซึ่งมีความยุ่งยาก และซับซ้อนในการตรวจวัด รวมถึงไม่มีเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถตรวจวัดระดับกลิ่นเหม็นได้อย่างเป็นรูปธรรม รวมถึงการสอบถามข้อมูลจากประชาชนที่ได้รับผลกระทบควบคู่กันไปเพียงเท่านั้น ผู้ประกอบการจึงเกิดความไม่เชื่อมั่นในผลการตรวจวัดและไม่จริงจังในการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศเรื่องกลิ่นรบกวน ซึ่งผู้ประกอบการจะลงมือแก้ไขปัญหา ก็ต่อเมื่อมีการร้องเรียนจากชุมชนใกล้เคียงไปยังหน่วยงานส่วนท้องถิ่น กรมควบคุมมลพิษ กรมอนามัย หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และเมื่อผู้ประกอบการได้รับการแจ้งเตือนจากหน่วยงานรัฐก็จะทำการแก้ไขปัญหาแบบพอควรแก่เหตุไม่มีการแก้ไขปัญหาอย่างยั่งยืน สาเหตุหนึ่งอาจเนื่องมาจากการไม่มีข้อมูลเรื่องกลิ่นที่เป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ช่วยในการวางแผนการแก้ไขปัญหากลิ่นอย่างเป็นระบบ และผู้ประกอบการไม่มีเทคโนโลยีสำหรับตรวจวัดกลิ่น จะใช้

ความรู้สึกของมนุษย์เป็นหลัก จึงอาจเกิดอคติได้ ปัจจุบันนี้ตามแนวทางของกฎหมายยังคงมีเพียงการใช้มนุษย์สำหรับดมและประเมินกลิ่น ซึ่งมักจะไม่ได้รับการยอมรับจากชุมชนและผู้ประกอบการเท่าใดนัก นอกจากนั้นการตรวจวัดโดยอาศัยการดมกลิ่นในแต่ละครั้งใช้ค่าใช้จ่ายที่สูง และใช้เวลาดำเนินการค่อนข้างนาน ด้วยเหตุนี้การศึกษาวิธีการตรวจวัดกลิ่นด้วยเครื่องมือตรวจวัดทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องจึงเป็นการศึกษาเพื่อพัฒนามาตรการตรวจสอบปัญหาเรื่องร้องเรียนกลิ่นเหม็นรบกวนจากฟาร์มปศุสัตว์ที่มีแบบแผนสร้างมาตรฐานในการตรวจวัดทางวิทยาศาสตร์ที่เที่ยงตรง เชื่อถือได้ และสามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้จริงในภาคสนาม

การศึกษานี้เป็นการศึกษาโดยการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซและสารระเหยในบรรยากาศซึ่งเป็นองค์ประกอบของกลิ่น ในการศึกษานี้เลือกใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ 3 ชนิด ประกอบด้วย 1.เครื่องมือวัดก๊าซ Gas Detector 2. เครื่องมือวัดก๊าซ Gas Sampling Pump ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีการใช้งานกันมากในภาคอุตสาหกรรม สามารถบอกชนิดของสารอินทรีย์ที่ตรวจวัดได้ ราคาไม่สูงมาก ใช้งานง่ายและพกพาสะดวก 3. เครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose หรือ E-nose) เป็นเครื่องมือที่วัดระดับความเหม็นของกลิ่น สามารถเลียนแบบการทำงานของจมูกมนุษย์ แต่มีราคาสูง โดยทำการตรวจวัดก๊าซและกลิ่นรบกวนภายในฟาร์มปศุสัตว์ที่มีปัญหาเรื่องร้องเรียนด้านกลิ่นเหม็น เพื่อที่จะทำการศึกษาประสิทธิภาพการตรวจวัดกลิ่นด้วยการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำให้ทางผู้ประกอบกิจการทราบข้อมูลการตรวจวัดก๊าซ และกลิ่นรบกวนสามารถใช้ในการวางแผนการแก้ไขปัญหากลิ่นรบกวนอย่างมีระบบอย่างมีหลักการ และมีประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลฟาร์มปศุสัตว์ที่มีปัญหาการร้องเรียนด้านกลิ่นเหม็นในปี 2563 แต่เนื่องจากมีปัญหาการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรน่า สายพันธุ์ใหม่ 2019 (COVID-19) ทำให้ผู้ประกอบการบางฟาร์มไม่ยินยอมให้เข้าฟาร์มเพื่อดำเนินการ จึงสามารถทำการศึกษาได้จำนวน 16 ฟาร์ม ที่ผู้ประกอบการยินยอมให้เข้าฟาร์มเพื่อทำการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซและกลิ่น โดยแบ่งเป็นฟาร์มสุกรที่เลี้ยงโรงเรือนเปิด จำนวน 4 ฟาร์ม (ให้สัญลักษณ์ P1-4 แทนชื่อฟาร์ม) ฟาร์มสุกรที่เลี้ยงโรงเรือนปิด (Evaporative Cooling System) จำนวน 5 ฟาร์ม (ให้สัญลักษณ์ PE1-5 แทนชื่อฟาร์ม) ฟาร์มไก่เนื้อที่เลี้ยงโรงเรือนปิด จำนวน 4 ฟาร์ม (ให้สัญลักษณ์ B1-4 แทน ชื่อฟาร์ม) และฟาร์มไก่ไข่ที่เลี้ยงโรงเรือนปิด จำนวน 3 ฟาร์ม (ให้สัญลักษณ์ L1-3 แทนชื่อฟาร์ม) ทำการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซและระดับกลิ่นเหม็นโดยใช้เครื่องมือ 3 ชนิด ได้แก่ 1. เครื่องมือตรวจวัดก๊าซชนิด Gas Detector 2. เครื่องมือตรวจวัดก๊าซชนิดปั๊มมือ (Gas Sampling Pump) และ 3. จมูกเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose หรือ E-nose)

เครื่องมือตรวจวัดก๊าซชนิด Gas Detector ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ 3 ชนิด ได้แก่ เซ็นเซอร์ตรวจวัดก๊าซแอมโมเนีย (NH_3), เซ็นเซอร์ตรวจวัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และเซ็นเซอร์ตรวจวัดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds, VOCs) โดยเซ็นเซอร์ตรวจวัดจะเป็น Electrochemical Sensor เป็นเครื่องมือที่มีการใช้งานกันในภาคอุตสาหกรรม มีหลักการทำงานคือโครงสร้างที่อยู่ภายในที่ประกอบไปด้วยสารอิเล็กโตรไลต์จะทำปฏิกิริยากับก๊าซที่ผ่านเข้ามายังตัวเซ็นเซอร์สามารถวัดและอ่านค่าความเข้มข้นของก๊าซได้ทันที ไม่ซับซ้อน มีขนาดกะทัดรัด ใช้เวลาน้อยในการตรวจวัด สามารถนำไปใช้ในที่ต่างๆ ได้สะดวก แต่มีข้อเสียคือ ผู้ใช้งานต้องเข้าไปอยู่ในบริเวณที่ต้องการตรวจวัดทำให้ต้องสัมผัสกับก๊าซที่อาจเป็นอันตรายโดยตรง และเครื่องมีความไวต่อสภาพแวดล้อมหรือสิ่งรบกวน ทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่คงที่ เช่น ในกรณีที่มีลม เป็นต้น

เครื่องมือตรวจวัดก๊าซชนิดปั๊มมือ (Gas Sampling Pump) เป็นเครื่องมือที่นำมาใช้ในการตรวจวัดก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) มีปั๊มเก็บตัวอย่างก๊าซ (Gas Sampling Pump) โดยทำงานร่วมกับหลอดตรวจก๊าซ (Gas detector Tube) การตรวจวัดจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงของสารเคมี (Detecting reagent) ซึ่งบรรจุอยู่ภายในหลอดแก้ว หลอดแก้วนี้ทำมาจากโบโรซิลิเกตบริสุทธิ์ (High – Quality borosilicate glass) มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่สม่ำเสมอโดยเมื่อปั๊มอากาศผ่านเข้ามา ก๊าซจะทำปฏิกิริยากับสารเคมี (Detecting reagent) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีของสารเคมีที่ใช้ดูดกลืน ความยาวของสีที่เปลี่ยนแปลงจะเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของก๊าซ โดยก๊าซแอมโมเนียจะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีเหลืองและก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาล สารเคมี (Detecting reagent) ที่ใช้ดูดกลืน โดยปกติจะใช้สารบริสุทธิ์ (Highly purified) พวก Silica Gel Activated Alumina Silica Sand หรือ Silica Glass เครื่องมือตรวจวัดก๊าซชนิดปั๊มมือ (Gas Sampling Pump) ใช้คู่กับหลอดเก็บตัวอย่างก๊าซ (Detector Tube) ตรวจวัดก๊าซ 2 ชนิด ได้แก่ ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เครื่องมือมีขนาดกะทัดรัด สามารถนำไปใช้ในที่ต่างๆ ได้สะดวก สามารถวัดและอ่านค่าความเข้มข้นของก๊าซได้ทันที วิธีการตรวจวัดและแปรผลไม่ซับซ้อน การตรวจวัดไม่มีกระแสไฟฟ้าเข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้สะดวกและปลอดภัยในการใช้งาน แต่มีข้อเสียคือ ข้อมูลที่ได้ยังมีความคลาดเคลื่อนสูง ต้องมีการตรวจสอบซ้ำหลายครั้ง และต้องวัดเป็นรายชนิดก๊าซ ไม่สามารถวัดเป็นกลุ่มก๊าซ เช่น กลุ่มสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds, VOCs)ได้

จมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose หรือ E-nose) ดร. ธีรเกียรติ์ (ม.ป.ป.)เป็นอุปกรณ์วัดกลิ่นที่เลียนแบบการทำงานของจมูกสุนัขและมนุษย์ โดยมีเซ็นเซอร์ตรวจวัดก๊าซหลายเซ็นเซอร์ทำงานร่วมกัน ซึ่งจะประมวลผลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของกลิ่นโดยอาศัยซอฟต์แวร์เรียนรู้และจดจำกลิ่น ถึงแม้ E-nose จะมีรูปแบบการทำงานที่คล้ายกับการทำงานของจมูกมนุษย์ แต่ E-nose จะสามารถทำงานได้เที่ยงตรงโดยไม่แปรผันไปตามอารมณ์และสิ่งแวดล้อมเหมือนกับมนุษย์ E-nose สามารถให้ผลความแรงหรือความแตกต่างของกลิ่นในเชิงตัวเลข และในลักษณะของพิกัดกลิ่น ซึ่งจะบอกได้ว่ากลิ่นที่มาเทียบกันนี้แตกต่างมากหรือน้อยเพียงใด

E-nose จะทำงานเลียนแบบการทำงานของจมูกมนุษย์ได้ โดยการใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดก๊าซหรือกลิ่นร่วมกันทำงานในจำนวนตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปในรูปแบบของอะเรย์ (Sensor Array) โดยการประมวลผลสัญญาณ จดจำรูปแบบวิเคราะห์และจำแนกกลิ่นด้วยหลักการของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ซึ่งเซ็นเซอร์ตรวจวัดกลิ่นนี้อาจจะมีความจำเพาะต่อกลิ่นอย่างเฉพาะเจาะจง หรือ อาจมีความไวต่อกลิ่นหลายๆ ชนิดก็ได้ โดยซอฟต์แวร์การจดจำกลิ่นจะทำงานเพื่อช่วยประมวลให้สามารถจำแนกกลิ่นได้เอง ซึ่ง E-nose สามารถแสดงผลออกในรูปแบบของแผนที่กลิ่น (Aromagram) ที่สามารถเข้าใจได้ง่าย หรือแสดงผลในรูปของกราฟที่บอกความเข้มข้นของกลิ่นชนิดต่างๆ ที่เป็นเป้าหมายในการตรวจวัด ทำให้ผู้ใช้และผู้เกี่ยวข้องยอมรับผลการตรวจวัดแบบฉันทามติ เซ็นเซอร์ตรวจวัดก๊าซหรือกลิ่นของจมูกอิเล็กทรอนิกส์ มีด้วยกัน 8 กลุ่มได้แก่ 1. Combustible Gases 2. Ammonia 3. Organic Solvent Vapor 4. Air Contaminate 5. Iso-Butane และ Ethanol 6. Methyl mercaptan และ Trimethyl amine 7. LP Gas และ 8. Solvent Vapor จมูกอิเล็กทรอนิกส์มีความไวในการตรวจวัด (1-15 นาที) อีกทั้งอุปกรณ์สามารถพัฒนาขึ้นมาในรูปแบบที่พกพาหรือเคลื่อนย้ายได้ ทำให้เหมาะกับการใช้งานในอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ต้องการตรวจวัดแบบเรียลไทม์ โดยเฉพาะกิจการปศุสัตว์ที่มีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดกลิ่นรบกวนอยู่ตลอดเวลา ผลที่ได้จากการวัดโดยเครื่อง E-nose จะมีหน่วยเป็น หน่วยของกลิ่น (Odor Unit; OU) ในการบอกปริมาณความเข้มข้นของกลิ่นหรือระดับของกลิ่นนั้น หน่วยของกลิ่น (Odor Unit; OU) คือ ปริมาตรหนึ่งหน่วยของอากาศที่มีกลิ่นในระดับความเข้มข้นที่คนรับรู้ได้ (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2554) ข้อเสียถึงแม้จะเป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นให้เคลื่อนย้ายได้ในภาคสนามแต่เมื่อเทียบกับเครื่องมืออื่นๆ ถือว่ามีขนาดใหญ่ ต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้ง และใช้เวลาในการขนย้าย เทคโนโลยีของ E-nose อาจนำไปใช้ผสมผสานกับเทคโนโลยีอื่นๆได้อีก เช่น นำไปติดกับหุ่นยนต์ทำให้หุ่นยนต์มีอวัยวะสัมผัสด้านกลิ่น การนำเซ็นเซอร์รับกลิ่นไปรวมกับเทคโนโลยีขี้ผงอัจฉริยะ (Smart Dust) ทำให้สามารถตรวจสอบเชื้อโรค สิ่งแปลกปลอม ในฟาร์มปศุสัตว์หรือโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ด้วยอภิคุณประโยชน์ของจมูกอิเล็กทรอนิกส์นี้ ประเทศต่างๆ ทั้งในยุโรป สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น แม้แต่ประเทศกำลังพัฒนาอย่างบราซิลและอาร์เจนตินาซึ่งมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง ได้มุ่งศึกษาวิจัยทางด้านนี้ เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่อาจมีคุณประโยชน์ต่อไปในอนาคต โดยเฉพาะยุโรปได้ก่อตั้งเครือข่าย E-nose ขึ้นมาถึง 2 เครือข่ายเพื่อวิจัยทางด้านนี้ให้สามารถรักษาความเป็นผู้นำทางเทคโนโลยีนี้ต่อไป

ทำการวัดความเข้มข้นของก๊าซและระดับกลิ่นเหม็นจำนวน 5 จุดต่อ 1 ฟาร์ม ดังนี้

จุดที่เป็นแหล่งกำเนิดของกลิ่น จำนวน 3 จุด ได้แก่ **จุดที่ 1** โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ **จุดที่ 2** ลานตากหรือพื้นที่เก็บรวมรวบมูล (กรณีฟาร์มไก่เนื้อจุดบริเวณหลังพัดลมของโรงเรือน) **จุดที่ 3** ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสีย และจุดเก็บตัวอย่างกลิ่นที่ปล่อยทิ้งจากสถานที่เลี้ยงสัตว์ (ตามประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ) จำนวน 2 จุด ได้แก่ **จุดที่ 4** ริมอาณาเขตด้านนอกของสถานที่เลี้ยงสัตว์ซึ่งเป็นจุดใต้ลม **จุดที่ 5** ริมอาณาเขตด้านนอกของสถานที่เลี้ยงสัตว์บริเวณที่มีกลิ่นรุนแรงที่สุดไม่ใช่จุดใต้ลม

รายละเอียดการตรวจวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซและระดับกลิ่นเหม็นโดยเครื่องมือต่างๆ มีดังนี้ 1. เครื่องมือตรวจวัดก๊าซชนิด Gas Detector ตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซแอมโมเนีย (NH_3), ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds, VOCs) 2. เครื่องมือตรวจวัดก๊าซชนิดปั๊มมือ (Gas Sampling Pump) ตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) 3. จมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose หรือ E-nose) วัดระดับกลิ่นเหม็น โดยแต่ละเครื่องมือทำการตรวจวัด 5 จุด ตามที่ระบุไว้

นำผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซและระดับกลิ่นเหม็นที่ได้จากเครื่องมือทั้ง 3 ชนิดมาวิเคราะห์เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์กัน โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(Correlation coefficient,r) นิคม (ม.ป.ป.) หากข้อมูลมีการกระจายตัวไม่เป็นแบบปกติ (Non-normal distribution) จะใช้การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Spearman's correlation coefficient, r_s ฐณัฐ วงศ์สายเชื้อ(2556) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นการดูทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์นี้จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1.0 ถึง +1.0 ซึ่งหากมีค่าเข้าใกล้1 หมายความว่าตัวแปรทั้งสองมีระดับความสัมพันธ์กันสูงมาก หากมีค่าเท่ากับ 1 หมายความว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างสมบูรณ์ (Perfect correlation) แต่ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่ามีระดับความสัมพันธ์กันต่ำมาก สำหรับเครื่องหมายลบของหน้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะแสดงถึงทิศทางของความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปร ถ้ามีค่าเป็นลบ ($r < 0$) หมายถึง หากค่าตัวแปรหนึ่งเพิ่มตัวแปรอีกตัวจะมีค่าลดลง แต่ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นบวก ($r > 0$) หมายถึง เมื่อตัวแปรหนึ่งมีค่าสูงขึ้นอีกตัวแปรหนึ่งก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับผลของระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association)

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_s)	**ระดับของความสัมพันธ์**
0.00-0.19	ต่ำมาก
0.20-0.39	ต่ำ
0.40-0.59	ปานกลาง
0.60-0.79	สูง
0.80-1.00	สูงมาก

ที่มา: http://www.statstutor.ac.uk/resources/uploaded/spearmans.pdf

ผลการศึกษา

1. ฟาร์มไก่เนื้อ

1.1 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซและระดับกลิ่นเหม็นในฟาร์มปศุสัตว์ด้วยเครื่องมือ Gas Detector, Gas Sampling Pump และ E-nose ในฟาร์มไก่เนื้อจำนวน 4 ฟาร์ม ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซและระดับกลิ่นเหม็นด้วยเครื่องมือ Gas Detector, Gas Sampling Pump และ E-nose ในฟาร์มไก่เนื้อ

ฟาร์มไก่เนื้อ	จุดที่	Gas Detector			Gas Sampling Pump		E-nose
		ปริมาณก๊าซ (ppm)			ปริมาณก๊าซ (ppm)		ความเข้มข้นกลิ่น (OU)
		NH_3	H_2S	VOC	NH_3	H_2S	
B1	1	0	0	0	2	0	4
	2	0.56	0	0.4	5.5	0	10
	3	1.6	0	0.4	5	0	8
	4	1.1	0	0	2	0	3
	5	0.49	0	0	0	0	0
B2	1	0	0	0	0	0	4
	2	2	0	0	0	0	5
	3	14.5	0	4.5	12.5	0	9
	4	14	0	2.4	13	0	11
	5	18.5	0	1.8	11	0	13
B3	1	0	0	0.9	2	0	3
	2	0	0	0	0	0	5
	3	0.5	0	0.3	2	0	8
	4	0.5	0	0.4	0.5	0	9
	5	1	0	0	0	0	10
B4	1	0	0	0	0	0	3
	2	0	0	1	0.5	0	5
	3	0	0	0	0	0	7
	4	3	0	0.5	3.5	0	11
	5	2	0	1.7	3	0	13

1.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์กันดังนี้

การเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่ตรวจวัดโดย Gas Detector และ Gas Sampling Pump และระดับกลิ่นเหม็นรายฟาร์มที่ตรวจวัดโดย E-nose ในฟาร์มไก่เนื้อจำนวน 4 ฟาร์ม ฟาร์มละ 5 จุด รวมทั้งหมด 20 จุด ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่ตรวจวัดโดย Gas Detector และ Gas Sampling Pump และระดับกลิ่นเหม็นในฟาร์มไก่เนื้อ ที่ตรวจวัดโดย E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_s)

ชนิดก๊าซ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_s)		
	Gas detector – E-nose	**Gas Sampling Pump – E-nose**	**Gas detector – Gas Sampling Pump**
ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3)	**0.702***	**0.600***	**0.679***
ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)	N/A	N/A	N/A
สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)	**0.630***	-	-

*ระดับความสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ($r_s > 0.38$)

ตัวอักษรหนา : มีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับสูงขึ้นไป ($r> 0.6$)

N/A : ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ได้

- : Gas Sampling Pump ไม่มี tube สำหรับการตรวจ voc_s

จากตารางที่ 3 พบว่า การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย(NH_3) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่าเครื่องมือทั้ง 2 ชนิดมีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**สูง** ค่า r_s เท่ากับ 0.702 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย(NH_3) โดยใช้เครื่อง Gas Sampling Pump และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**สูง** ค่า r_s เท่ากับ 0.600 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย(NH_3) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และ Gas Sampling Pump โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับสูง ค่า r_s เท่ากับ 0.679 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และ Gas Sampling Pump ให้ค่าเป็น 0 ทั้งหมด ทำให้ไม่สามารถหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือทั้ง 3 ชนิดได้

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**สูง** ค่า r_s เท่ากับ 0.630 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2. ฟาร์มไก่ไข่

2.1 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซและระดับกลิ่นเหม็นในฟาร์มปศุสัตว์ด้วยเครื่องมือ Gas Detector, Gas Sampling Pump และ E-nose ในฟาร์มไก่ไข่ จำนวน 3 ฟาร์ม แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซและระดับกลิ่นเหม็นด้วยเครื่องมือ Gas Detector, Gas Sampling Pump และ E-nose ในฟาร์มไก่ไข่

ฟาร์มไก่ไข่	จุดที่	Gas Detector			Gas Sampling Pump		E-nose
		ปริมาณก๊าซ (ppm)			ปริมาณก๊าซ (ppm)		ความเข้มข้นกลิ่น (OU)
		NH_3	H_2S	VOC	NH_3	H_2S	
L1	1	0	0	0.8	0	0	7
	2	0	0	1.5	0	0	7
	3	0.5	0	0	0.5	0	8
	4	1	0	0	0	0	8
	5	0.5	0	0.4	1	0	11
L2	1	2.5	0	0	2.5	0	9
	2	4.5	0	0.2	3	0	10
	3	3.5	3	0.6	2	0	11
	4	4	0	1.4	2.5	0	12

ฟาร์มไก่ไข่	จุดที่	Gas Detector			Gas Sampling Pump		E-nose
		ปริมาณก๊าซ (ppm)			ปริมาณก๊าซ (ppm)		ความเข้มข้นกลิ่น (OU)
		NH_3	H_2S	VOC	NH_3	H_2S	
	5	4	0	0	4	0	15
L3	1	1.5	0	0.3	1.5	0	2
	2	3	0	0.2	3.5	0	3
	3	3.5	0	1	3	0	3
	4	3	0	0	3	0	5
	5	0	0	0.1	1	0	6

2.2 ผลการวิเคราะห์ เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์กันดังนี้

การเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่ตรวจวัดโดย Gas Detector และ Gas Sampling Pump และระดับกลิ่นเหม็นรายฟาร์มที่ตรวจวัดโดย E-nose ฟาร์มไก่ไข่จำนวน 3 ฟาร์ม ฟาร์มละ 5 จุด รวมทั้งหมด 15 จุด ผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่ตรวจวัดโดย Gas Detector และ Gas Sampling Pump และระดับกลิ่นเหม็นในฟาร์มไก่ไข่ ที่ตรวจวัดโดย E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_s)

ชนิดก๊าซ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_s)		
	Gas detector – E-nose	Gas Sampling Pump – E-nose	Gas detector – Gas Sampling Pump
ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3)	0.358	0.066	**0.822***
ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)	0.274	N/A	N/A
สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)	-0.055	-	-

*ระดับความสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ($r_s > 0.446$)

ตัวอักษรหนา : มีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับสูงขึ้นไป ($r> 0.6$)

N/A : ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ได้

- : Gas Sampling Pump ไม่มี tube สำหรับการตรวจ voc_s

จากตารางที่ 5 พบว่า การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย(NH_3) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่าเครื่องมือทั้ง 2 ชนิดมีความสัมพันธ์กันในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**ต่ำ** ค่า r_s เท่ากับ 0.358

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย(NH_3) โดยใช้เครื่อง Gas Sampling Pump และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**ต่ำมาก** ค่า r_s เท่ากับ 0.066

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย(NH_3) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และ Gas Sampling Pump โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**สูงมาก** ค่า r_s เท่ากับ 0.822 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และ E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**ต่ำ** ค่า r_s เท่ากับ 0.274

การวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S) โดยใช้เครื่อง Gas Sampling Pump ให้ค่าเป็น 0 ทั้งหมด ทำให้ไม่สามารถหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือ Gas Sampling Pump กับ Gas Detector และ E- nose ได้

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้าม ค่า r_s เท่ากับ -0.055

3. ฟาร์มสุกรโรงเรือนเปิด

3.1 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซและระดับกลิ่นเหม็นในฟาร์มปศุสัตว์ด้วยเครื่องมือ Gas Detector, Gas Sampling Pump และ E-nose ในฟาร์มสุกรโรงเรือนเปิด จำนวน 4 ฟาร์ม แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซและระดับกลิ่นเหม็นด้วย
เครื่องมือ Gas Detector, Gas Sampling Pump และ E-nose ในฟาร์มสุกรโรงเรือนเปิด

ฟาร์มสุกรระบบเปิด	จุดที่	Gas Detector			Gas Sampling Pump		E-nose
		ปริมาณก๊าซ (ppm)			ปริมาณก๊าซ (ppm)		ความเข้มข้นกลิ่น (OU)
		NH_3	H_2S	VOC	NH_3	H_2S	
P1	1	0.29	0	0	0	0	3
	2	0.71	0	0.1	1	0	6
	3	0.64	0	0.2	0.5	0	10
	4	0.03	0	0.2	1	0	14
	5	0.81	0	0.3	4.5	0	16
P2	1	0.5	0	0	0	0	4
	2	0	0	0	1	0	7
	3	2	0.5	0.2	1	0.5	8
	4	0	0	0	0	0	9
	5	0.5	0	0	0.5	0	11
P3	1	0	0	0	0	0	4
	2	0	0	0	0	0	6
	3	17	0	2.2	19.5	0	11
	4	3	0	0.6	3	0	15
	5	6	0	2.2	5	0	30
P4	1	0	0	0	0	0	5
	2	0	0	0	0	0	6
	3	1	0	1.5	1.5	0	10
	4	0	0	0	1.5	0	12
	5	2.5	0	1.9	2	0	14

3.2 ผลการวิเคราะห์ เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์กันดังนี้

การเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่ตรวจวัดโดย Gas Detector และ Gas Sampling Pump และระดับกลิ่นเหม็นรายฟาร์มที่ตรวจวัดโดย E-nose ฟาร์มสุกรโรงเรือนเปิดรวม 4 ฟาร์ม ฟาร์มละ 5 จุด รวมทั้งหมด 20 จุด ผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่ตรวจวัดโดย Gas Detector และ Gas Sampling Pump และระดับกลิ่นเหม็นในฟาร์มสุกรโรงเรือนเปิดที่ตรวจวัดโดย E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s)

ชนิดก๊าซ	**ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_s)**		
	Gas detector – E-nose	**Gas Sampling Pump – E-nose**	**Gas detector – Gas Sampling Pump**
ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3)	0.560*	**0.830***	**0.761***
ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)	-0.060	-0.060	**1***
สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)	**0.707***	-	-

*ระดับความสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ($r_s > 0.38$)

ตัวอักษรหนา : มีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับสูงขึ้นไป (r> 0.6)

- : Gas Sampling Pump ไม่มี tube สำหรับการตรวจ voc_s

จากตารางที่ 7 พบว่า การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย(NH_3) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่าเครื่องมือทั้ง 2 ชนิดมีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ **ปานกลาง** ค่า r_s เท่ากับ 0.560 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย(NH_3) โดยใช้เครื่อง Gas Sampling Pump และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**สูงมาก**ค่า r_s เท่ากับ 0.830 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย(NH_3) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และ Gas Sampling Pump โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**สูง** ค่า r_s เท่ากับ 0.761 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และ E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้าม ค่า r_s เท่ากับ -0.060

การวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S) โดยใช้เครื่อง Gas Sampling Pump และ E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้าม ค่า r_s เท่ากับ -0.060

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และ Gas Sampling Pump โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ (Perfect correlation) ค่า r_s เท่ากับ 1 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง E–nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**สูง** ค่า r_s เท่ากับ 0.707 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4. ฟาร์มสุกรโรงเรือนปิด

4.1 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซและระดับกลิ่นเหม็นในฟาร์มปศุสัตว์ด้วยเครื่องมือ Gas Detector, Gas Sampling Pump และ E-nose ในฟาร์มสุกรโรงเรือนปิด จำนวน 5 ฟาร์ม แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซและระดับกลิ่นเหม็นด้วย
เครื่องมือ Gas Detector, Gas Sampling Pump และ E-nose ในฟาร์มสุกรโรงเรือนปิด

ฟาร์ม	จุดที่	Gas Detector			Gas Sampling Pump		E-nose
		ปริมาณก๊าซ (ppm)			ปริมาณก๊าซ (ppm)		ความเข้มข้นกลิ่น (OU)
		NH_3	H_2S	VOC	NH_3	H_2S	
PE1	1	0	0.5	0	0	1	1
	2	5	0	0.2	4.5	0	6
	3	0	0	1	1	0	8
	4	2	0	0.5	1	0	10
	5	0	0	0	0	0	10
PE2	1	0.5	0	0	0	0.5	3
	2	3.5	0	0.3	4	0	5
	3	0	0.5	0.2	0	1.5	5
	4	3	0	0.2	3	0	6
	5	0	0	0.3	0.5	0	9
PE3	1	0	0	0	0	0	4
	2	0	0	0.7	1	0	5
	3	0	0	0	1	0	5
	4	2	0	1.7	2.5	0	9
	5	5	0	0.6	4.5	0	10
PE4	1	0	0	0	0	0	2
	2	0	0	0	0	0	4
	3	1.5	1.25	0.5	1.5	0.5	9
	4	3.5	0	0.3	3	0	14
	5	0	0	0.5	1.5	0	25
PE5	1	0	0	0.2	0	0	1
	2	0.5	0	0	0.5	0	5
	3	0.5	0	0.3	1	0	5
	4	1	0	0.7	0.5	0	7
	5	0	0	0.3	1	0	7

4.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์กันดังนี้

การเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่ตรวจวัดโดย Gas Detector และ Gas Sampling Pump และระดับกลิ่นเหม็นรายฟาร์มที่ตรวจวัดโดย E-nose ฟาร์มสุกรโรงเรือนปิดจำนวน 5 ฟาร์ม ฟาร์มละ 5 จุด รวมทั้งหมด 25 จุด ผลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่ตรวจวัดโดย Gas Detector และ Gas Sampling Pump และระดับกลิ่นเหม็นในฟาร์มสุกรโรงเรือนปิดที่ตรวจวัดโดย E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s)

ชนิดก๊าซ	**ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_s)**		
	Gas detector – E-nose	**Gas Sampling Pump – E-nose**	**Gas detector – Gas Sampling Pump**
ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3)	0.369*	0.591*	**0.737***
ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)	-0.136	-0.283	**0.863***
สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)	**0.612***	-	-

*ระดับความสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ($r_s > 0.337$)

ตัวอักษรหนา : มีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับสูงขึ้นไป ($r> 0.6$)

- : Gas Sampling Pump ไม่มี tube สำหรับการตรวจ voc_s

จากตารางที่ 9 พบว่า การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย(NH_3) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่าเครื่องมือทั้ง 2 ชนิดมีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**ต่ำ** ค่า r_s เท่ากับ 0.369 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย(NH_3) โดยใช้เครื่อง Gas Sampling Pump และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**ปานกลาง** ค่า r_s เท่ากับ 0.591 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย(NH_3) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และ Gas Sampling Pump โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**สูง** ค่า r_s เท่ากับ 0.737 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และ E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้ามค่า r_s เท่ากับ -0.136

การวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S) โดยใช้เครื่อง Gas Sampling Pump และ E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้าม ค่า r_s เท่ากับ -0.283

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และ Gas Sampling Pump โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**สูงมาก** ค่า r_s เท่ากับ 0.863 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง E–nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**สูง** ค่า r_s เท่ากับ 0.612 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

5. ผลการวิเคราะห์ เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่ตรวจวัดโดย Gas Detector และ Gas Sampling Pump และระดับกลิ่นเหม็นรายฟาร์มที่ตรวจวัดโดย E-nose โดยรวมทุกชนิดสัตว์และทุกฟาร์ม

ทำการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่ตรวจวัดโดย Gas Detector และ Gas Sampling Pump และระดับกลิ่นเหม็นรายฟาร์มที่ตรวจวัดโดย E-nose ในฟาร์มปศุสัตว์จำนวน 16 ฟาร์ม ฟาร์มละ 5 จุด รวมทั้งหมด 80 จุด ผลดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่ตรวจวัดโดย Gas Detector และ Gas Sampling Pump และระดับกลิ่นเหม็นรายฟาร์มที่ตรวจวัดโดย E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s)

ชนิดก๊าซ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_s)		
	Gas detector – E-nose	Gas Sampling Pump – E-nose	Gas detector – Gas Sampling Pump
ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3)	0.442*	0.497*	**0.752***
ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)	-0.027	-0.163	**0.780***
สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)	0.461*	-	-

*ระดับความสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ($r_s > 0.185$)

ตัวอักษรหนา : มีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับสูงขึ้นไป (r> 0.6)

- : Gas Sampling Pump ไม่มี tube สำหรับการตรวจ voc_s

จากตารางที่ 10 พบว่า การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย(NH_3) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่าเครื่องมือทั้ง 2 ชนิดมีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ **ปานกลาง** ค่า r_s เท่ากับ 0.442 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย(NH_3) โดยใช้เครื่อง Gas Sampling Pump และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกันในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**ปานกลาง** ค่า r_s เท่ากับ 0.497 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย(NH_3) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และ Gas Sampling Pump โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกันในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**สูง** ค่า r_s เท่ากับ 0.752 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และ E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้าม ค่า r_s เท่ากับ -0.027

การวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S) โดยใช้เครื่อง Gas Sampling Pump และ E-nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้าม ค่า r_s เท่ากับ -0.163

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และ Gas Sampling Pump โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**สูง** ค่า r_s เท่ากับ 0.780 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดปริมาณความเข้มข้นสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง E–nose โดยใช้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r_s) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับ**ปานกลาง** ค่า r_s เท่ากับ 0.461 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

6. สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่ตรวจวัดโดย Gas Detector และ Gas Sampling Pump และระดับกลิ่นเหม็นรายฟาร์มที่ตรวจวัดโดย E-nose ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 สรุปผลการวิเคราะห์ เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่ตรวจวัดโดย Gas Detector และ Gas Sampling Pump และระดับกลิ่นเหม็นรายฟาร์มที่ตรวจวัดโดย E-nose

แอมโมเนีย (NH_3)			
ฟาร์ม	**Gas detector – E-nose**	**Gas Sampling Pump – E-nose**	**Gas detector – Gas Sampling Pump**
ไก่เนื้อ	**0.702***	**0.600***	**0.679***
ไก่ไข่	0.358	0.066	**0.822***
สุกรโรงเรือนเปิด	0.560*	**0.830***	**0.761***
สุกรโรงเรือนปิด	0.369*	0.591*	**0.737***
รวมทุกชนิดสัตว์	0.442*	0.497*	**0.752***
ไฮโดรเจนซัลไฟล์(H_2S)			
ไก่เนื้อ	N/A	N/A	N/A
ไก่ไข่	0.274	N/A	N/A
สุกรโรงเรือนเปิด	-0.060	-0.060	**1***
สุกรโรงเรือนปิด	-0.136	-0.283	**0.863***
รวมทุกชนิดสัตว์	-0.027	-0.163	**0.780***
สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)			
ไก่เนื้อ	**0.630***	-	-
ไก่ไข่	-0.055	-	-
สุกรโรงเรือนเปิด	**0.707***	-	-
สุกรโรงเรือนปิด	**0.612***	-	-
รวมทุกชนิดสัตว์	0.461*	-	-

*ระดับความสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ตัวอักษรหนา : มีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ในระดับของความสัมพันธ์ (Strength of association) ระดับสูงขึ้นไป($r > 0.6$)

N/A : ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ได้

- : Gas Sampling Pump ไม่มีการตรวจวัดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)

จากตารางที่ 11 การวิเคราะห์เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์การตรวจวัดความเข้มข้น**ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3)** และระดับกลิ่นเหม็นระหว่างการตรวจวัดโดย Gas Detector กับ E–nose, Gas Sampling Pump กับ E–nose, Gas Detector กับ Gas Sampling Pump ในการแยกเปรียบเทียบรายชนิดสัตว์ และรวมการเปรียบเทียบฟาร์มทุกชนิดสัตว์ ให้ผลความสัมพันธ์กันของเครื่องมือไปในทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นความสัมพันธ์การตรวจวัดระหว่าง Gas Detector กับ E–nose, Gas Sampling Pump กับ E–nose ในฟาร์มไก่ไข่

การวิเคราะห์เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์การตรวจวัดความเข้มข้น**ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์(H_2S)** และระดับกลิ่นเหม็นระหว่างการตรวจวัดโดย Gas Detector กับ E–nose, Gas Sampling Pump กับ E–nose, Gas Detector กับ Gas Sampling Pump ในการแยกเปรียบเทียบรายชนิดสัตว์ และรวมการเปรียบเทียบฟาร์มทุกชนิดสัตว์ พบว่าการวัดด้วย Gas Detector และ Gas Sampling Pump ในฟาร์มไก่เนื้อและไก่ไข่ให้ส่วนใหญ่ให้ผลเท่ากับ 0 ทำให้ ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือได้ ส่วนการหาความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดด้วย Gas Detector กับ Gas Sampling Pump ในฟาร์มสุกรโรงเรือนเปิด ฟาร์มสุกรโรงเรือนปิด และรวมฟาร์มทุกชนิดสัตว์ ให้ผลความสัมพันธ์กันของเครื่องมือไปในทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ Gas Detector กับ E–nose, Gas Sampling Pump กับ E–nose ในฟาร์มสุกรโรงเรือนเปิด ฟาร์มสุกรโรงเรือนปิด และรวมการเปรียบเทียบฟาร์มทุกชนิดสัตว์ ให้ผลความสัมพันธ์กันของเครื่องมือไปในทางตรงข้ามกัน

การวิเคราะห์เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์การตรวจวัดความเข้มข้นของ**สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)** ที่ตรวจวัดโดย Gas Detector และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดโดย E–nose ในการแยกเปรียบเทียบรายชนิดสัตว์ และรวมการเปรียบเทียบทุกชนิดสัตว์ พบว่าฟาร์มทุกชนิดสัตว์ ให้ผลความสัมพันธ์กันของเครื่องมือไปในทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นในฟาร์มไก่ไข่

วิจารณ์ผล

การหาความสัมพันธ์ของการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) และระดับกลิ่นเหม็น ระหว่าง Gas Detector กับ E–nose, Gas Sampling Pump กับ E–nose ในฟาร์มทุกชนิดสัตว์พบว่าความสัมพันธ์ของการตรวจวัดที่ได้มีค่าไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเฉพาะในฟาร์มไก่เนื้อ เนื่องจากมูลและวัสดุรองพื้นจะมีการจัดการหลังจากการจับไก่ออก จึงทำให้เกิดการหมักหมมขึ้น ยกเว้นในฟาร์มไก่ไข่ อาจเนื่องมาจากลักษณะการเลี้ยงไก่ไข่มีการเก็บรวบรวมมูลออกทุกวันทำให้ไม่เกิดการหมักหมมจนเกิดก๊าซแอมโมเนียในบริเวณที่ทำการตรวจวัด สำนักงานบริการเทคโนโลยีสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (ม.ป.ป.) พบว่าสารที่ทำให้เกิดกลิ่นจากมูลสดจะมีความเข้มข้นสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากเก็บมูลไว้ในสภาวะไร้อากาศ 24 ชั่วโมง โดยตามหลักการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่เนื้อและไก่ไข่ได้กำหนดให้ภายในโรงเรือนเลี้ยงไก่มีปริมาณก๊าซแอมโมเนียไม่เกิน 20 ppm ซึ่งเป็นระดับที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายสำหรับตัวไก่ สำหรับการตรวจวัด

กลิ่นโดยการใช้ E–nose จะเป็นการวัดกลุ่มก๊าซโดยรวม ไม่ได้เจาะจงที่ก๊าซตัวใดตัวหนึ่ง ต่างจากเครื่อง Gas Detector และ Gas Sampling Pump ดังนั้นเมื่อหากพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดจาก Gas Detector และ Gas Sampling Pump จะพบว่าความสัมพันธ์ของการตรวจวัดที่ได้มีค่าไปในทิศทางเดียวกันในระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในทุกรายชนิดสัตว์และฟาร์ม

การตรวจปริมาณความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) โดยเครื่องมือ Gas Detector และ Gas Sampling Pump ส่วนใหญ่ให้ค่าเป็น 0 อาจเนื่องมาจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) มีคุณสมบัติที่หนักกว่าอากาศ และส่วนใหญ่จะอยู่ในบริเวณที่ต่ำ สาเหตุเกิดจากการหมักหมมในที่ที่อากาศไม่เพียงพอในกระบวนการหมักและย่อยสลายสารอินทรีย์ (hydrolysis) ที่ไม่ใช้ออกซิเจนในสภาวะที่ไร้อากาศ (ศูนย์ข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์, 2544) เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ทำการตรวจวัดที่ระดับความสูง 1.2 เมตร เหนือพื้นดินในทุกเครื่องมือ เพื่อให้สอดคล้องกับการเก็บตัวอย่างกลิ่น ตามประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ เรื่อง วิธีตรวจวัดค่าความเข้มกลิ่นโดยการวิเคราะห์กลิ่นด้วยการดม (sensory test) และการขึ้นบัญชีรายชื่อผู้ทดสอบกลิ่นของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2554 ทำให้การตรวจวัดโดยเครื่องมือ Gas Detector และ Gas Sampling Pump ไม่พบก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ เนื่องจากเป็นก๊าซที่หนัก ส่วนใหญ่จะอยู่ที่ระดับต่ำ แต่การตรวจวัดโดยการใช้ E–nose จะเป็นการวัดกลุ่มก๊าซโดยรวมทำให้พบค่ากลิ่นเหม็นได้ทุกจุดการวัด ทำให้การหาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือ Gas Detector กับ E–nose และ Gas Sampling Pump กับ E–nose ในฟาร์มสุกรจึงได้ผลของความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกัน

การตรวจปริมาณความเข้มข้นสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โดยใช้เครื่อง Gas Detector และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง E–nose มีค่าไปในทิศทางเดียวกันและมีระดับของความสัมพันธ์กันที่สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อาจเนื่องมาจากการวัดโดยใช้เครื่อง Gas Detector เป็นการตรวจวัดกลุ่มก๊าซสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญคือระเหยเป็นไอได้ง่ายที่อุณหภูมิและความดันปกติ ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ มีอะตอมของธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก และอาจมีองค์ประกอบของธาตุอื่น ๆ ร่วมด้วยเช่น ออกซิเจน ฟลูออไรด์ คลอไรด์ โบรไมด์ ซัลเฟอร์และไนโตรเจน (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ, 2555) และการตรวจโดย E-nose เป็นอุปกรณ์วัดกลิ่นโดยรวมทั้งหมดที่เลียนแบบการทำงานของจมูกสุนัขและมนุษย์ โดยมีเซ็นเซอร์ตรวจวัดก๊าซหลายเซ็นเซอร์ทำงานร่วมกัน ยกเว้นในฟาร์มไก่ไข่อาจเนื่องมาจากลักษณะการเลี้ยงไก่ไข่มีการเก็บรวบรวมมูลออกทุกวันทำให้ไม่เกิดการหมักหมมจนเกิดก๊าซแอมโมเนียและสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในบริเวณที่ทำการตรวจวัด ส่วน Gas Sampling Pump ไม่ได้ทำการวัดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย เนื่องจากไม่มีหลอดเก็บตัวอย่างก๊าซ (Detector Tube) สำหรับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย

การใช้งานเครื่องมือทั้ง 3 ชนิดล้วนมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันไป ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องมือควรเลือกใช้จากวัตถุประสงค์ของการตรวจวัด และสภาพพื้นที่ที่ต้องการตรวจวัด เช่น กรณีถ้าต้องการใช้การตรวจวัดกลิ่นแบบต่อเนื่อง หรือการตรวจวัดกลิ่นในพื้นที่อันตราย การใช้เครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์จะสามารถทำงานได้ดีกว่าการใช้เครื่องตรวจวัดก๊าซทั้งสองชนิด เนื่องจากเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์จากสามารถวัดกลิ่นได้อย่างต่อเนื่อง สามารถ

ทำงานได้ด้วยตนเองหลังจากติดตั้งแล้วโดยที่ไม่ต้องมีผู้ควบคุม และสามารถทำงานในที่อันตรายได้โดยการลากสายท่อไปดูดกลิ่นเข้าเครื่อง อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของการใช้เครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์คือต้องมีการขนย้ายเครื่องมือ และใช้เวลาในการตรวจวัดกลิ่นประมาณ 5-15 นาที ต่อ 1 จุดการตรวจวัด ทำให้ใช้เวลาในการตรวจวัดนานกว่าการใช้เครื่องตรวจวัดก๊าซ เครื่องตรวจวัดก๊าซ (Gas Detector) มีข้อดี คือ สามารถพกพาได้ง่าย และนำไปใช้ตรวจวัดก๊าซได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งต่อการตรวจวัด 1 ครั้งรวมการปรับเทียบแล้ว (Calibration) อาจใช้เวลาเพียง 1 นาที แต่ถ้าในช่วงเวลานั้นมีลมพัดแรง ผลการตรวจวัดอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ จึงควรใช้เครื่อง Gas Detector ในกรณีที่ลมสงบหรือในพื้นที่ที่มีลมพัดเบาจะให้ผลการตรวจวัดที่เที่ยงตรงและรวดเร็ว Gas Sampling Pump มีขนาดกะทัดรัดสามารถนำไปใช้ในที่ต่างๆ ได้สะดวก แต่ไม่เหมาะสำหรับการตรวจวัดก๊าซที่มีปริมาณความเข้มข้นน้อย

สรุปผล

การวิเคราะห์เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์การตรวจวัดความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) และระดับกลิ่นเหม็นระหว่างเครื่องมือ 3 ชนิด พบว่าให้ผลความสัมพันธ์กันของเครื่องมือไปในทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นความสัมพันธ์การตรวจวัดระหว่าง Gas Detector กับ E–nose, Gas Sampling Pump กับ E – nose ในฟาร์มไก่ไข่

การวิเคราะห์เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์การตรวจวัดความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์(H_2S) และระดับกลิ่นเหม็น พบว่าการวัดด้วย Gas Detector และ Gas Sampling Pump ในฟาร์มไก่เนื้อและไก่ไข่ให้ส่วนใหญ่ให้ผลเท่ากับ 0 ทำให้ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือได้ ส่วนการหาความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดด้วย Gas Detector กับ Gas Sampling Pump ในฟาร์มสุกรโรงเรือนเปิด ฟาร์มสุกรโรงเรือนปิด และรวมฟาร์มทุกชนิดสัตว์ ให้ผลความสัมพันธ์กันของเครื่องมือไปในทางเดียวกันในระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การวิเคราะห์เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์การตรวจวัดความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่ตรวจวัดโดย Gas Detector และระดับกลิ่นเหม็นที่ตรวจวัดโดย E–nose พบว่าฟาร์มทุกชนิดสัตว์ให้ผลความสัมพันธ์กันของเครื่องมือไปในทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นในฟาร์มไก่ไข่

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในฟาร์มปศุสัตว์ที่มีเรื่องร้องเรียนจำนวนเพียง 16 ฟาร์ม โดยหากมีจำนวนฟาร์มที่เข้าร่วมการศึกษามากขึ้นในอนาคตก็อาจทำให้แนวโน้มของตัวเลขความสัมพันธ์จากการตรวจวัดโดยเครื่องมือต่างๆ มีมากขึ้น

เครื่องมือทั้ง 3 ชนิด สามารถนำมาใช้ในการตรวจเบื้องต้นในภาคสนามได้เป็นอย่างดี เนื่องจากพกพาสะดวก สามารถวัดได้อย่างรวดเร็ว หากแต่ในเชิงกฎหมายยังต้องใช้วิธีการในการตรวจวัดค่าความเข้มข้นกลิ่นทางกายภาพโดยการดม (Sensory Test) ตามประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ เรื่อง วิธีตรวจวัดค่าความเข้มกลิ่นโดยการวิเคราะห์กลิ่นด้วยการดม (sensory test) และการขึ้นบัญชีรายชื่อผู้ทดสอบกลิ่นของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2554 อยู่ โดยในอนาคตหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการบูรณาการการศึกษาเพิ่มเติมในการนำเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์มาใช้แทนการดมกลิ่น เพื่อลดระยะเวลาการตรวจวัด ค่าใช้จ่าย เพิ่มความน่าเชื่อถือ ลดความอคติ และสร้างความปลอดภัยแก่ผู้ทดสอบทั้งจากการดมกลิ่นสารเคมี ก๊าซต่างๆ รวมถึงความเสี่ยงในการติดเชื้อโรคทางเดินหายใจตามหลักชีวิตวิถีใหม่ (New Normal) ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างดีจากสัตวแพทย์หญิง ธนิดา หรินทรานนท์ ผู้เชี่ยวชาญด้านมาตรฐานการปศุสัตว์ระหว่างประเทศ สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานปศุสัตว์เขต เจ้าหน้าที่สำนักงานปศุสัตว์จังหวัด ผู้อำนวยการกลุ่มและเจ้าหน้าที่กลุ่มมาตรฐานสิ่งแวดล้อมด้านการปศุสัตว์ สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ และเจ้าของฟาร์มปศุสัตว์ทุกท่านที่เข้าร่วมโครงการในครั้งนี้ที่ให้ความสะดวกในการเข้าพื้นที่ทำการทดลองและให้ข้อมูลประกอบการทดลองวิจัยอย่างดี ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ ศูนย์นาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล นางสาววันดี อ้วนสอาด นายธีรภัทร์ พบครุฑและคณะ บริษัทจมูกอิเล็กทรอนิกส์ ที่ให้ข้อมูลการศึกษาเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ร่วมดำเนินการเก็บข้อมูล และทดลองการใช้เครื่องมือต่างๆจนจบการทดลอง

คณะผู้วิจัย

2564

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2563. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2563.

กรมควบคุมมลพิษ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2554. ประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ เรื่อง วิธีตรวจวัดค่าความเข้มกลิ่นโดยการวิเคราะห์กลิ่นด้วยการดม (sensory test) และการขึ้นบัญชีรายชื่อผู้ทดสอบกลิ่นของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2554.

ฐณัฐ วงศ์สายเชื้อ. 2556. เอกสารประกอบการสอนสถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัย. สืบค้นเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2564. Available: http://pirun.ku.ac.th/~fedutnw/teach/correlation_27.pdf

ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ.ม.ป.ป. จมูกอิเล็กทรอนิกส์ : เครื่องมือตรวจวิเคราะห์ชนิดใหม่ สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร. ภาควิชาฟิสิกส์ ศูนย์นาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

นิคม ถนอมเสียง. ม.ป.ป. การทดสอบสมมุติฐาน (Hypothesis Testing). สืบค้นเมื่อวันที่ 29 กันยายน 2564. Available: https://home.kku.ac.th/nikom/hypothesis_nk_2560_2page.pdf

ศูนย์ข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2564. ฐานข้อมูลความปลอดภัยด้านสารเคมี. สืบค้นเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2564. Available: http://www.chemtrack.org

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. 2564. ความปลอดภัยด้านสารเคมี. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 พฤษภาคม 2564. Available: http://dpm.nida.ac.th/main/index.php/articles/chemical-hazards

สำนักงานบริการเทคโนโลยีสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2564. โครงการศึกษารูปแบบการจัดการเหตุรำคาญจากการประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพประเภทการเลี้ยงสุกร. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม 2564. Available: http://doc.anamai.moph.go.th/ files/1551168837.

Alun O. Loughborough University. 2021. Spearman's correlation. (cited 29 June 2021) Available: http://www.statstutor.ac.uk/resources/uploaded/spearmans.pdf

ภาคผนวก

รายละเอียดข้อมูลทั่วไป

1. **ฟาร์มไก่เนื้อ**

ตารางที่ 12 แสดงข้อมูลทั่วไปฟาร์มไก่เนื้อ

	ฟาร์มไก่เนื้อ	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**
1.	**รายละเอียดผู้ประกอบกิจการ**	รับจ้างเลี้ยง	รับจ้างเลี้ยง	บริษัท	บริษัท
2.	**รายละเอียดพื้นที่ฟาร์ม**	4 ไร่	20 ไร่	50 ไร่	150 ไร่
3.	**ข้อมูลการเลี้ยงสัตว์**				
	จำนวน (ตัว)	52,000	44,000	450,000	900,000
	อายุสัตว์ (วัน)	46	32 – 40	26 - 31	38 – 42
	พื้นที่ใช้เลี้ยง (ตรม.ต่อตัว)	0.0997	ขึ้นกับอายุไก่ (0.092 - 0.133)	ขึ้นกับอายุไก่ (0.109 - 0.136)	0.084
	จำนวนโรงเรือน	2	4	14	37
	ขนาดโรงเรือน กว้างxยาว (เมตร)	24x108	12x100 จำนวน 3 โรงเรือน 20x50 จำนวน 1 โรงเรือน	15x129 จำนวน 7 โรงเรือน 12x100 จำนวน 2 โรงเรือน 15x100 จำนวน 5 โรงเรือน	16x132

	ลักษณะโรงเรือน	โรงเรือนระบบปิด (Evaporation)	โรงเรือนระบบปิด (Evaporation)	โรงเรือนระบบปิด (Evaporation)	โรงเรือนระบบปิด (Evaporation)
4.	**ด้านอาหาร**				
	ประเภทอาหาร	อาหารผสมเสร็จ	อาหารผสมเอง	อาหารผสมเสร็จ	อาหารผสมเสร็จ
	ปริมาณที่ให้ (ตามอายุสัตว์)	276 ตันต่อรุ่นการผลิต (5.52 กิโลกรัมต่อตัว)	126 ตันต่อรุ่นการผลิต (2.86 กิโลกรัมต่อตัว)	2,250 ตันต่อรุ่นการผลิต (5 กิโลกรัมต่อตัว)	4,810 ตันต่อรุ่นการผลิต (5.2 กิโลกรัมต่อตัว)
	ปริมาณโปรตีน (%)	18%	ไม่ทราบ	17 – 21%	17 – 21%
	การใช้สารเสริม (เช่น เอนไซม์โปรไบโอติก สารลดกลิ่น)	-	สารเสริมยี่ห้อ ที-มิกซ์ พลัส โดยผสมสารเสริมจำนวน 0.5 – 1 กิโลกรัม ต่ออาหารสัตว์ 1 ตัน หรือใช้สารเสริม จำนวน 1 ลิตร ผสมน้ำ 4,000 – 8,000 ลิตร	-	โปรไบโอติก (Probiotics) กับน้ำอัตราส่วน 36 กรัมต่อน้ำ 1000 ลิตร สำหรับไก่อายุ 23 วัน จนถึงครบกำหนดจับ
5.	**น้ำที่ใช้ในกระบวนการเลี้ยงสัตว์และปริมาณที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน**				
	น้ำที่ใช้เลี้ยงสัตว์	น้ำบาดาล	น้ำบาดาล	น้ำบาดาล	น้ำบาดาล30% และน้ำประปาที่ผลิตเอง 70%
	ปริมาตรน้ำที่ใช้	1,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (ไก่แรกเกิดถึง 15 วัน), 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (ไก่ 16 ถึง 30 วัน) , 3,000-4,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (ไก่ 31 ถึง 45 วัน)	ปริมาณน้ำที่ใช้เฉลี่ย 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน	600 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน	2,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
6.	**สภาพแวดล้อมในโรงเรือน**				
	อุณหภูมิ (°C)	28	31.5	28	29.5

	ความชื้น (%)	61%	76%	61%	79%
	สภาพวัสดุรองพื้น	แกลบ ความหนา7 เซนติเมตร	แกลบ มีลักษณะเปียกชื้น	แกลบผสมกับหินภูเขาไฟมีลักษณะแห้ง	แกลบ มีลักษณะแห้ง
7.	**การจัดการโรงเรือน**				
	การตรวจสอบวัสดุรองพื้น	มีการกลับแกลบทุกวันจนกว่าไก่จะอายุครบกำหนดจับ	มีการเติมแกลบทุกๆ 20 – 25 วัน	เติมปูนขาวให้วัสดุรองพื้นทั้งหมดมีความหนารวมประมาณ 2 ซม.	-
	วิธีการทำความสะอาดโรงเรือน	ทำหลังจากนำมูลและวัสดุรองพื้น (แกลบ) ออกจากโรงเรือน โดยใช้เครื่องพ่นน้ำแรงดันสูงฉีดล้างทำความสะอาดภายในโรงเรือน และอุปกรณ์การเลี้ยง พักโรงเรือน 21 วัน แล้วจึงฉีดพ่นยาฆ่าเชื้อปิดโรงเรือนทิ้งไว้อีก 3 วัน รวมจำนวนวันพักโรงเรือนทั้งสิ้น 24 วัน	เมื่อไก่มีอายุ 20 วัน จะเริ่มฉีดพ่นจุลินทรีย์ โดยฉีดพ่นวันเว้นวัน และฉีดพ่นน้ำยาดับกลิ่นเมื่อไก่มีอายุ 30 วัน การทำความสะอาดโรงเรือนและอุปกรณ์การเลี้ยงจะทำหลังจากนำมูลและวัสดุรองพื้น (แกลบ) ออกจากโรงเรือนโดยการฉีดน้ำยาฆ่าเชื้อ ทั้งหมด 2 รอบ ใช้น้ำยาประมาณ 8 ลิตรต่อโรงเรือน และพักโรงเรือนประมาณ 30 - 45 วัน	ฉีดพ่นจุลินทรีย์ (EM) บนวัสดุรองพื้น (แกลบผสมกับหินภูเขาไฟ) ประมาณ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ (ระหว่างการเลี้ยง) ล้างทำความสะอาดโรงเรือนหลังจากจับไก่และพักโรงเรือนเป็นเวลา 28 วัน	มูลไก่และวัสดุรองพื้น จะถูกเก็บกวาดและรวบรวมหลังการจับไก่ โดยฉีดพ่นยาฆ่าเชื้อประเภทกลูตาราลดีไฮด์บนพื้นผิวของมูลและวัสดุรองพื้น (แกลบ) ในอัตราส่วน 2 ลิตรต่อน้ำ 400 ลิตร ต่อ 1 โรงเรือน หลังจากนั้นจะกวาดมูลและวัสดุรองพื้นมารวมกันสูง 50-60 ซม. โดยไม่มีวัสดุปิดคลุม และทำการปิดโรงเรือนเป็นเวลา 1-2 วัน ก่อนขนออกออกจากโรงเรือน หลังจากขนย้ายมูลออกแล้วจะล้างทำความสะอาดโรงเรือน
	ความถี่ในการทำความสะอาดโรงเรือน	1 รอบการเลี้ยง/ครั้ง	1 รอบการเลี้ยง/ครั้ง	1 รอบการเลี้ยง/ครั้ง	1 รอบการเลี้ยง/ครั้ง

	สารเคมี/ยาฆ่าเชื้อ (อัตราการใช้)	ยาฆ่าเชื้อประเภทคลอไรด์	ไม่ทราบชื่อ	กลูตารัลดีไฮด์)	กลูตารัลดีไฮด์
	มีการใช้ EM/สารลดกลิ่นในโรงเรือน	จุลินทรีย์ (EM) ใช้ปริมาณครั้งละ 2 ลิตร ผสมกับน้ำ 200 ลิตร ต่อ 1 โรงเรือน	จุลินทรีย์กำจัดกลิ่น ไมโคร-เบลส (Micro-Blaze) ซึ่งผลิตจาก Bacillus Subtilis	ฉีดพ่นจุลินทรีย์ (EM) บนวัสดุรองพื้น 1 ครั้งต่อสัปดาห์ (ระหว่างการเลี้ยง)	-
	การจัดการวัสดุรองพื้น	มูลและวัสดุรองพื้นจะมีการจัดการหลักจากจับไก่ โดยมีการหมักแกลบและรดน้ำให้ชุ่ม แล้วปิดโรงเรือนทิ้งไว้ 3 วัน หลังจากหมักแกลบเป็นเวลา 3 วันแล้วจึงบรรจุใส่กระสอบเพื่อนำไปจำหน่าย	มีการหมักแกลบ โดยการฉีดพ่นยาฆ่าเชื้อ แล้วปิดโรงเรือนทิ้งไว้ 3 วัน จากการสังเกตุพบว่า บริเวณท้ายฟาร์มมีกองมูลและวัสดุรองพื้น (แกลบ) อยู่ในพื้นที่ที่ไม่มีวัสดุคลุมกองและมีมูลบางส่วนที่บรรจุในกระสอบเก็บอยู่ในโรงเก็บท้ายฟาร์ม	มูลไก่และวัสดุรองพื้น จะถูกเก็บกวาดและรวบรวมหลังการจับไก่ ฉีดพ่นยาฆ่าเชื้อประเภทกลูตารัลดีไฮด์และจุลินทรีย์ (EM) บนพื้นผิวของกองมูลและวัสดุรองพื้น (แกลบ) ทำการปิดโรงเรือนเป็นเวลา 3 วัน ก่อนขนออกออกจากโรงเรือน มูลจะถูกขนถ่ายไปยังโรงงานในเครือบริษัท เพื่อนำเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย (Biogas)	มูลไก่และวัสดุรองพื้น (แกลบ) จะถูกเก็บกวาดและรวบรวมหลังการจับไก่เนื้อออกจากโรงเรือน ฉีดพ่นยาฆ่าเชื้อประเภทกลูตารัลดีไฮด์บนพื้นผิวของกองมูลและวัสดุรองพื้น (แกลบ) หลังจากนั้นทำการปิดโรงเรือนเป็นเวลา 1-2 วัน ก่อนขนออกจากโรงเรือน
8.	**ระบบกำจัดกลิ่นท้ายโรงเรือน**				
	ระบบจัดการกลิ่น	ไม่มี	ม่านกระจายน้ำแบบปิดคลุมส่วนท้ายโรงเรือน	ม่านน้ำ ซึ่งเป็นม่านกระจายน้ำแบบปิดคลุมส่วนท้ายโรงเรือน	สเปรย์น้ำ ซึ่งเป็นระบบกระจายน้ำอยู่ในห้องสเปรย์ดักกลิ่นที่ทำจากแผ่นเมทัลชีทปิดคลุมส่วนท้ายด้านบนของห้องสเปรย์ดักกลิ่นมีสแลนปิดคลุม
	จุลินทรีย์หรือสารลดกลิ่น (อัตราส่วน)	-	-	จุลินทรีย์ ยี่ห้อ Microzyme	สารที่มีกลิ่นของยูคาลิปตัส

	ความถี่ในการใช้งาน (ต่อวัน)	-	ทุกๆ 3 นาที โดยเปิดให้ทำงานเป็นเวลา 1 นาที และเปิด 24 ชม.	24 ชั่วโมง	ทุกวัน เวลา 18.00 น. – 06.00 น. โดยเปิดสเปรย์น้ำให้ทำงาน 2 ชั่วโมง และหยุด 15 นาที
	สถาพในการใช้งาน	-	ใช้งานได้	พบปัญหาหัวสเปรย์ตัน เนื่องจากมีฝุ่นละอองปริมาณมาก	ใช้งานได้
9.	**รางระบายน้ำเสีย**				
	ระบบแบบปิดหรือเปิด	เปิด	เปิด	เปิด	เปิด
10.	**ระบบบำบัดน้ำเสีย**				
	ชนิดของระบบบำบัดน้ำเสีย	บ่อเปิด	บ่อเปิด	บ่อเปิด	บ่อเปิด
	ลักษณะบ่อรวบรวมน้ำเสีย (จำนวน ขนาด ปริมาณก๊าซที่ตรวจวัด)	บ่อรวบรวมน้ำเสีย จำนวน 2 บ่อ ขนาดยาว 30 เมตร กว้าง 1 เมตร	บ่อรวบรวมน้ำเสียจำนวน 4 บ่อ (ไม่ทราบขนาด)	บ่อรวบรวมน้ำจำนวน 1 บ่อ ขนาด 16 x 77 เมตร ลึก 2.5 เมตร	บ่อรวบรวมน้ำเสียจำนวน 1 บ่อ ขนาด 100x175 เมตร ลึก 10 เมตร
11.	**ลานตากมูล**	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
12.	**แนวกันชนต้นไม้**	มีการสร้างแนวกันชนด้วยการปลูกต้นไม้รอบฟาร์ม	มีการสร้างแนวกันชนด้วยการปลูกต้นไม้รอบฟาร์ม	มีการสร้างแนวกันชนด้วยการปลูกต้นไม้รอบฟาร์ม	มีการสร้างแนวกันชนด้วยการปลูกต้นไม้รอบฟาร์ม
13.	**วิธีการจัดการซากสัตว์**	การเผาแบบไม่สมบูรณ์และทิ้งในบ่อทิ้งซากที่อยู่ด้านท้ายฟาร์ม	บ่อทิ้งซาก และนำไปเป็นอาหารปลา	บ่อทิ้งซาก	นำไปเป็นอาหารปลา

2. ฟาร์มไก่ไข่

ตารางที่ 13 แสดงข้อมูลทั่วไปฟาร์มไก่ไข่

	ฟาร์มไก่ไข่	L1	L2	L3
1.	**รายละเอียดผู้ประกอบกิจการ**	กิจการส่วนตัว	กิจการส่วนตัว	กิจการส่วนตัว
2.	**รายละเอียดพื้นที่ฟาร์ม**	60 ไร่	160 ไร่	150 ไร่
3.	**ข้อมูลการเลี้ยงสัตว์**			
	จำนวน (ตัว)	180,338	674,700	1,152,000
	อายุสัตว์ (สัปดาห์)	27 - 68	24 - 78	16 - 74
	พื้นที่ใช้เลี้ยง (ตรม.ต่อตัว)	0.031 - 0.063	0.050 - 0.103	0.037 – 0.05
	จำนวนโรงเรือน	6 (ปัจจุบันใช้จริง 4)	35	32
	ขนาดโรงเรือน กว้างxยาว (เมตร)	15x110	13×120	15x120
	ลักษณะโรงเรือน	โรงเรือนระบบปิด (Evaporation)	โรงเรือนระบบปิด (Evaporation)	โรงเรือนระบบปิด (Evaporation)
4.	**ด้านอาหาร**			
	ประเภทอาหาร	อาหารผสมเสร็จ	อาหารผสมเสร็จ	อาหารผสมเสร็จ
	ปริมาณที่ให้ (ตามอายุสัตว์)	120 กรัมต่อตัวต่อวัน หรือประมาณ 5,200 ตันต่อรุ่น	120 กรัมต่อตัวต่อวัน หรือประมาณ 42,506 ตันต่อรุ่น)	100 กรัมต่อตัวต่อวัน หรือประมาณ 75,544 ตันต่อรุ่น
	ปริมาณโปรตีน (%)	18	16	17.5 – 18.5

	การใช้สารเสริม (เช่น เอนไซม์โปรไบโอติก สารลดกลิ่น)	สารเสริมประเภทวิตามิน และสารช่วยย่อยกรดอะมิโน	สารเสริมประเภทละสารเสริมประเภทสมุนไพร ได้แก่ เมนทอล ยูคาลิปตัส	ยัคคา (Yucca) และโพรไบโอติกส์ (Probiotics)
5.	**น้ำที่ใช้ในกระบวนการเลี้ยงสัตว์และปริมาณที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน**			
	น้ำที่ใช้เลี้ยงสัตว์	น้ำบาดาล	น้ำบาดาล	น้ำประปา
	ปริมาตรน้ำที่ใช้	36,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน	135,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน	334,400 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
6.	**สภาพแวดล้อมในโรงเรือน**			
	อุณหภูมิ (°C)	29	28-32	29.5
	ความชื้น (%)	60	60-80	80
	สภาพวัสดุรองพื้น	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
7.	**การจัดการโรงเรือน**			
	การตรวจสอบวัสดุรองพื้น	ไม่มี (เลี้ยงแบบกรงตับ)	ไม่มี (เลี้ยงแบบกรงตับ)	ไม่มี (เลี้ยงแบบกรงตับ)
	วิธีการทำความสะอาดโรงเรือน	ทำความสะอาดโรงเรือนทุกวัน วันละ 2 ครั้ง โดยช่วงเช้าจะฉีดพ่นน้ำและจุลินทรีย์ที่พื้นในโรงเรือน และรอบๆ โรงเรือน และในช่วงเย็นจะฉีดพ่นยาฆ่าเชื้อด้านนอกโรงเรือน	ทำทุกวัน และมีการฉีดพ่นจุลินทรีย์ที่สแลนสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เพื่อลดกลิ่น	ทำหลังจากนำมูลออกจากโรงเรือนในทุกวัน โดยจะทำการปัดฝุ่นที่กรงและพื้นกวาดโรงเรือน ทำความสะอาดสายพานลำเลียงมูล และฉีดน้ำยาฆ่าเชื้อรอบๆ
	ความถี่ในการทำความสะอาดโรงเรือน	วันละ 2 ครั้ง	วันละ 2 ครั้ง	วันละ 2 ครั้ง
	สารเคมี/ยาฆ่าเชื้อ (อัตราการใช้)	สารประเภทกลูตาราลดีไฮด์	สารประเภทกลูตาราลดีไฮด์ ไอโอดีน และโซดาไฟ	สารประเภทกลูตาราลดีไฮด์
	มีการใช้ EM/สารลดกลิ่นในโรงเรือน	ใช้ EM	จุลินทรีย์กลุ่ม Bacillus spp. (ยี่ห้อ ไมโครคลีน)	-

	การจัดการวัสดุรองพื้น	-	-	-
8.	**ระบบกำจัดกลิ่นท้ายโรงเรือน**			
	ระบบจัดการกลิ่น	ม่านน้ำที่มีสแลนพลาสติก 5 ชั้นทำมุมเฉียงติดตั้งห่างจากพัดลมประมาณ 2 เมตร โดยใช้ระบบน้ำหยดใส่สแลน	สแลนพลาสติก 1 ชั้น เรียงทำมุมเฉียงโดยติดตั้งห่างจากพัดลมประมาณ 2 เมตร มีการสเปรย์จุลินทรีย์บนสแลนพลาสติก	สเปรย์น้ำและสแลน 5 ชั้น เรียงทำมุมเฉียงโดยติดตั้งห่างจากพัดลมประมาณ 3 เมตร
	จุลินทรีย์หรือสารลดกลิ่น (อัตราส่วน)	-	-	-
	ความถี่ในการใช้งาน (ต่อวัน)	สเปรย์น้ำเวลา 4:00 – 19:00 น.ระบบจะสเปรย์น้ำทุกๆ 15นาที โดยสเปรย์ครั้งละ 10วินาที	-	เปิดใช้งานในช่วงที่มีการขนถ่ายมูลเวลา 09.00-10.00 น.
	สถาพในการใช้งาน	มีปริมาณฝุ่นค่อนข้างมากบนสแลนพลาสติก	ชำรุดมีปริมาณฝุ่นค่อนข้างมากบนสแลนพลาสติก	มีปริมาณฝุ่นค่อนข้างมากบนสแลนพลาสติก
9.	**รางระบายน้ำเสีย**			
	ระบบแบบปิดหรือเปิด	แบบเปิด	แบบเปิดผสมปิด	แบบเปิดผสมปิด
10.	**ระบบบำบัดน้ำเสีย**			
	ชนิดของระบบบำบัดน้ำเสีย	บ่อเปิด	ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ	บ่อเปิด
	ลักษณะบ่อรวบรวมน้ำเสีย (จำนวน ขนาด)	บ่อรวบรวมน้ำเสีย 1 บ่อขนาดใหญ่อยู่ตรงกลางฟาร์ม (ไม่ทราบขนาด) มีการเลี้ยงปลาเพื่อใช้กำจัดซากไก่ โดยจะจับปลาในบ่อจำหน่ายทุก ๆ 2 ปี	ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ (UASB จำนวน 2 บ่อ, Covered Lagoon จำนวน 1 บ่อ) น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียจะไหลลงสู่บ่อบำบัดขั้นหลัง (บ่อผึ่ง) จำนวน 5 บ่อ	บ่อรวบรวมน้ำเสีย จำนวน 5 บ่อ มีการเลี้ยงปลาเพื่อใช้กำจัดซากไก่ โดยจะจับปลาในบ่อจำหน่ายทุก ๆ 2 ปี

11.	**ลานตากมูล**	ไม่มีลานตากมูลเนื่องจากจำหน่ายมูลแบบสดทุกวัน โดยมีสายพานลำเลียงลำเลียงมูล	ขนาดพื้นที่ประมาณ 2,400 ตารางเมตร ลานตากจะอยู่ในพื้นที่โล่งโดยไม่มีหลังคา	ไม่มี
12.	**แนวกันชนต้นไม้**	ไม่มีแนวกันชนต้นไม้ แต่มีแนวกำแพงสูงรอบฟาร์ม	มีการสร้างแนวกันชนด้วยการปลูกต้นไม้	แนวกันชนด้วยการปลูกต้นไม้รอบฟาร์ม
13.	วิธี**การจัดการซากสัตว์**	นำไปเป็นอาหารปลา	เผา	นำไปเป็นอาหารปลาและเผา

3. ฟาร์มสุกรโรงเรือนเปิด

ตารางที่ 14 แสดงข้อมูลทั่วไปฟาร์มสุกรโรงเรือนเปิด

	ฟาร์ม	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**
1.	**รายละเอียดผู้ประกอบกิจการ**	กิจการส่วนตัว	กิจการส่วนตัว	กิจการส่วนตัว	กิจการส่วนตัว
2.	**รายละเอียดพื้นที่ฟาร์ม**	30 ไร่	8 ไร่	27 ไร่	8 ไร่
3.	**ข้อมูลการเลี้ยงสัตว์**				
	ประเภท และจำนวน (ตัว)	สุกรขุน 5,000 ตัว	สุกรขุน 1,500 ตัว	แม่พันธุ์ 300 ตัว พ่อพันธุ์ 4 ตัว อนุบาล 700 ตัว ขุน 2,300 ตัว	สุกรขุน 579 ตัว
	อายุสัตว์ (วัน)	120	120	120 (สุกรขุน)	110
	จำนวนโรงเรือน	11	6	7	4
	ขนาดโรงเรือน กว้างxยาว (เมตร)	15x50	12x50	11.5x116	12x50
	ลักษณะโรงเรือน	โรงเรือนระบบเปิด	โรงเรือนระบบเปิด	โรงเรือนระบบเปิด	โรงเรือนระบบเปิด

4.	**ด้านอาหาร**				
	สูตรอาหาร	อาหารผสมเอง	อาหารผสมเอง	อาหารผสมเอง	อาหารผสมเอง
	การใช้สารเสริม (เช่น เอนไซม์โปรไบโอติก สารลดกลิ่น)	ยัคคา (yucca) 120 กรัมผสมในอาหาร 1 ตัน	-	-	
	ปริมาณที่ให้	1,500 ตัน/รุ่น	360 ตัน/รุ่น	630 ตัน/รุ่น	150 ตัน/รุ่น
	ปริมาณโปรตีน (%)	40	ไม่ทราบ	16	ไม่ทราบ
5.	**น้ำที่ใช้ในกระบวนการเลี้ยงสัตว์และปริมาณที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน**				
	น้ำที่ใช้เลี้ยงสัตว์	น้ำบาดาล	แม่น้ำที่อยู่ด้านหลังฟาร์ม	น้ำบาดาล	น้ำที่นำมาจากแม่น้ำ
	ปริมาตรน้ำที่ใช้	50,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน	15,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน	30,000-35,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน	110 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
6.	**สภาพแวดล้อมในโรงเรือน**				
	ส้วมน้ำ	มี	มี	มี	มี
	อุณหภูมิ (℃)	31	35	35	28.8
	ความชื้น (%)	70	75	70	76.5
7.	**การจัดการโรงเรือน**				
	ความถี่ในการเก็บมูล	เก็บมูลทุกวันในช่วงเช้า และนำไปตากที่ลานตากมูลเป็นเวลา 3-4 วัน	วันละ 2 ครั้ง ส่วนมูลจากส้วมน้ำจะไหลผ่านท่อลงสู่รางระบายข้างโรงเรือน นำไปตากที่ลานตากมูล	วันละ 1 ครั้ง ในช่วงเช้า และนำไปตากที่ลานตากมูล มูลแห้งจะนำไปจำหน่าย	วันละ 1 ครั้ง ในช่วงเช้า

		หลังจากนั้นจะบรรจุลงในกระสอบเพื่อนำไปจำหน่าย			
	วิธีการทำความสะอาดโรงเรือน	ล้างและเปลี่ยนถ่ายน้ำในส้วมน้ำทุกวัน มูลและของเหลวจากส้วมน้ำจะถูกปล่อยลงสู่รางระบายข้างโรงเรือนและไหลลงสู่บ่อรวบรวมน้ำเสีย	ใช้น้ำจากแม่น้ำมาล้างคอก น้ำล้างคอกจะไหลลงสู่รางระบายและบ่อรวบรวมน้ำเสีย หลังจากนั้นจะเข้าสู่ระบบบำบัด น้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดจะถูกนำมาใช้ล้างคอกอีกครั้ง	ล้างส้วมน้ำ ฉีดล้างมูลและตะกอนทุกวัน โดยน้ำเสียจะถูกระบายลงสู่รางระบายน้ำข้างโรงเรือน	ทำการเก็บกวาดและรวบรวมมูลทุกวัน วันละ 1 ครั้ง และล้างพื้นคอกทุกวัน โดยใช้น้ำจากบ่อบำบัดขั้นหลังบ่อสุดท้าย มูลและของเหลวจากส้วมน้ำเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ
	ความถี่ในการทำความสะอาดโรงเรือน	วันละ 1 ครั้ง	วันเว้นวัน	วันละ 1 ครั้ง	วันละ 1 ครั้ง
	สารเคมี/ยาฆ่าเชื้อ	ยาฆ่าเชื้อ Virkon S และปูนขาว	หลังจากจำหน่ายสุกรแล้ว จะมีการล้างคอกด้วยน้ำและฉีดพ่นด้วยยาฆ่าเชื้อประเภทไอโอดีนพักเล้าเป็นเวลา 15 วัน	กลูตารัลดีไฮด์ และไอโอดีน	กลูตารัลดีไฮด์
	มีการใช้จุลินทรีย์และสารลดกลิ่นในโรงเรือน	-	-	จุลินทรีย์ (EM)	จุลินทรีย์ ยี่ห้อ Sporezyme-Forte ที่มีส่วนผสมของ Bacillus subtilis
8.	**ระบบกำจัดกลิ่นท้ายโรงเรือน**				
	ระบบจัดการกลิ่น	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
	จุลินทรีย์หรือสารลดกลิ่น (อัตราส่วน)	-	-	-	-
	ความถี่ในการใช้งาน (ต่อวัน)	-	-	-	-

	สถาพในการใช้งาน	-	-	-	-
9.	**รางระบายน้ำเสีย**				
	ระบบปิดหรือเปิด	แบบเปิด	แบบเปิด	แบบเปิด	แบบเปิด
	สภาพความสะอาดรางระบายน้ำเสีย(กรณีระบบเปิด)	มีมูลสุกรและน้ำขัง	มีมูลสุกรและน้ำขัง	มีมูลสุกรและน้ำขัง	มีมูลสุกรและน้ำขัง
10.	**ระบบบำบัดน้ำเสีย**				
	ชนิดระบบบำบัดน้ำเสีย	บ่อรวบรวมน้ำเสียแบบเปิด เป็นบ่อที่ไม่มีการบำบัดทั้งทางเคมีและชีวภาพ จากการสังเกต พบว่าน้ำที่อยู่ในบ่อมีสีค่อนข้างเข้ม และมีการทิ้งขยะลงไป	บ่อเกรอะ จำนวน 10 บ่อ แล้วจึงไหลไปบ่อบำบัดขั้นหลัง (บ่อผึ่ง) จำนวน 4 บ่อ	บ่อรวบรวมน้ำเสียแบบเปิดจำนวน 4 บ่อ	แบบบ่อหมักแบบรางตามด้วยบ่อหมักเร็วน้ำใส (Channel Digester + UASB, CDUA) จำนวน 1 บ่อ และมีบ่อบำบัดขั้นหลัง (บ่อผึ่ง) จำนวน 3 บ่อ
	ขนาดระบบบำบัดน้ำเสีย	กว้าง 80 เมตร ยาว 100	บ่อขั้นหลังขนาด 2,100 3,920 280 และ 600 ลูกบาศก์เมตร	บ่อรวบรวมน้ำเสีย4 บ่อ ขนาด 6,400 12,800 14,400 และ 80,000 ลูกบาศก์เมตร	บ่อหมักแบบรางตามด้วยบ่อหมักเร็วน้ำใส ขนาด 200 ลูกบาศก์เมตรบ่อขั้นหลังขนาด1,700 1,800 และ 950ลูกบาศก์เมตร
11.	**การจัดการลานตากและรวบรวมมูล**				
	ลักษณะลานตากมูล	ลานตากมูลจะอยู่ระหว่างโรงเรือนทุกโรงเรือนในฟาร์มเป็นพื้นซีเมนต์ ความหนาของมูลที่ตากประมาณ 10 เซนติเมตร	ลานตากมูลเป็นพื้นคอนกรีต ไม่มีการจัดการบริเวณลานตากมูลที่ดี จึงทำให้มีกลิ่นเหม็น	ลานตากมูลมีลักษณะเป็นโรงเรือน พื้นเป็นคอนกรีต	ลานตากมูลจะอยู่ระหว่างโรงเรือนเป็นพื้นซีเมนต์
	หลังคา	ไม่มี	ไม่มี	มีหลังคาและมีผ้าใบพลาสติกใสคลุม	ไม่มี

	ระยะเวลาในการตาก	3-4 วัน	5 – 7 วัน	2 วัน	5 – 7 วัน
12.	**แนวกันชนต้นไม้**	มีการสร้างแนวกันชนต้นไม้บางส่วนบริเวณรอบฟาร์ม	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
13.	**การจัดการซากสัตว์**	ฝังกลบ	จำหน่าย	จำหน่าย	บ่อทิ้งซาก

4.ฟาร์มสุกรโรงเรือนปิด

ตารางที่ 15 แสดงข้อมูลทั่วไปฟาร์มสุกรโรงเรือนปิด

	ฟาร์ม	**PE1**	**PE2**	**PE3**	**PE4**	**PE5**
1.	**รายละเอียดผู้ประกอบกิจการ**	กิจการส่วนตัว	บริษัท	กิจการส่วนตัว	บริษัท	บริษัท
2.	**รายละเอียดพื้นที่ฟาร์ม**	50 ไร่	900 ไร่	9 ไร่	200 ไร่	150 ไร่
3.	**ข้อมูลการเลี้ยงสัตว์**					
	ประเภท และจำนวน (ตัว)	สุกรขุน 4,000 ตัว	สุกรขุน 30,000 ตัว	สุกรขุน 1,150 ตัว	แม่พันธุ์ 3,227 ตัว และพ่อพันธุ์ 35 ตัว	แม่พันธุ์ 1,500 ตัว พ่อพันธุ์ 14 ตัว อนุบาล 2,400 ตัว ขุน 8,200 ตัว
	อายุสัตว์ (วัน)	45	24-27	90	ไม่มีข้อมูล	168 (สุกรขุน)
	จำนวนโรงเรือน	10	77 (ปัจจุบัน 60 โรงเรือน)	6 (ปัจจุบัน 4 โรงเรือน)	11	47
	ขนาดโรงเรือน กว้างxยาว (เมตร)	15x40	15x115	13X50	9.5x60.5x2 5 โรงเรือน 11.35x60.5x1.9 6 โรงเรือน	12x110 13 โรงเรือน 12x70 9โรงเรือน 12x50 22โรงเรือน

						16x100 3โรงเรือน
	ลักษณะโรงเรือน	โรงเรือนระบบปิด	โรงเรือนระบบปิด	โรงเรือนระบบปิด	โรงเรือนระบบปิด	โรงเรือนระบบปิด
4.	**ด้านอาหาร**					
	สูตรอาหาร	อาหารผสมเสร็จ	อาหารผสมเสร็จ	อาหารผสมเอง	อาหารผสมเสร็จ	อาหารผสมเสร็จ
	การใช้สารเสริม (เช่น เอนไซม์โปรไบโอติก สารลดกลิ่น)	จุลินทรีย์ (EM) ผสมในน้ำดื่ม ในอัตราส่วนจุลินทรีย์ 4 ลิตร ต่อน้ำ 1000 ลิตร	ยัคคา (Yucca) 2 กิโลกรัม ผสมในอาหาร 1 ตัน และProbiotic1 กิโลกรัม ผสมในอาหาร 1 ตัน	สารเสริมยี่ห้อวีซาโน่ (Visano)	-	
	ปริมาณที่ให้	1,200 ตัน/รุ่น	6,300 ตัน/รุ่น	240 ตัน/รุ่น	8 ตันต่อวัน	800 ตันต่อเดือน
	ปริมาณโปรตีน (%)	ไม่ทราบ	17%	18%	14% - 18%	16% - 20%
5.	**น้ำที่ใช้ในกระบวนการเลี้ยงสัตว์และปริมาณที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน**					
	น้ำที่ใช้เลี้ยงสัตว์	น้ำบาดาล	น้ำประปาที่ฟาร์มผลิตเอง	น้ำจากคลองที่อยู่ด้านหลังฟาร์ม	น้ำบาดาล	น้ำบาดาล
	ปริมาตรน้ำที่ใช้	40,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน	600 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน	12,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน	400 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน	190 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
6.	**สภาพแวดล้อมในโรงเรือน**					
	ส้วมน้ำ	มี	มี	มี	มี	มี
	อุณหภูมิ (°C)	31.8	33.2	29.7	29.6	30
	ความชื้น (%)	69.3	66.8	75.4	79	85
7.	**การจัดการโรงเรือน**					

	ความถี่ในการเก็บมูล	วันละ 1 ครั้ง	วันละ 2 ครั้ง	วันละ 1 ครั้ง	วันละ 1 ครั้ง	วันละ 1 ครั้ง
	วิธีการทำความสะอาดโรงเรือน	เก็บมูลทุกวัน ปล่อยลงสู่รางระบายข้างโรงเรือนและไหลลงสู่บ่อรวบรวมมูลเพื่อนำเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ	ทำการเก็บกวาดและรวบรวมมูลทุกวัน วันละ 2 ครั้ง ลงสู่รางระบายข้างโรงเรือนและไหลลงสู่บ่อรวบรวมมูลเพื่อนำเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ	เก็บกวาดและรวบรวมมูลทุกวันและนำมาตากที่ลานตากมูลเป็นเวลา 2-3 วัน ส่วนมูลที่อยู่ในส้วมน้ำจะถูกปล่อยลงสู่รางระบายข้างโรงเรือนและไหลลงสู่บ่อเกรอะ	ในโรงเรือนผสมและอุ้มท้องจะทำการเก็บกวาดและรวบรวมมูลทุกวัน วันละ 1 ครั้ง ในช่วงเช้าเวลา 07.00–08.30 น. โดยนำมูลไปทิ้งลงในบ่อที่อยู่ด้านหลังโรงเรือนที่มีท่อการเชื่อมต่อไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย	ล้างทำความสะอาดคอกและโรงเรือนทุกวัน
	ความถี่ในการทำความสะอาดโรงเรือน	วันละ 1 ครั้ง	ไม่มีการล้างทำความสะอาดคอกและโรงเรือนระหว่างการเลี้ยง จะทำหลังจากจำหน่ายสุกรแล้ว 10-15 วัน และพักเล้าเป็นเวลา 21 วัน	วันเว้นวัน	วันละ 1 ครั้ง	วันละ 1 ครั้ง
	สารเคมี/ยาฆ่าเชื้อ	กลูตาราลดีไฮด์	กลูตาราลดีไฮด์	โพแทสเซียมเปอร์ออกซีโมโนซัลเฟต 60%	กลูตาราลดีไฮด์	กลูตาราลดีไฮด์
	มีการใช้จุลินทรีย์และสารลดกลิ่นในโรงเรือน	-	-	-	-	-
8.	**ระบบกำจัดกลิ่นท้ายโรงเรือน**					
	ระบบจัดการกลิ่น	สแลน ห่างจากพัดลมท้ายโรงเรือนประมาณ 2 เมตร	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

	จุลินทรีย์หรือสารลดกลิ่น (อัตราส่วน)	มีแผนการใช้ในอนาคต	-	-	-	-
	ความถี่ในการใช้งาน (ต่อวัน)	ทั้งวัน	-	-	-	-
	สถาพในการใช้งาน	มีฝุ่นและขาดชำรุดบางส่วน	-	-	-	-
9.	**รางระบายน้ำเสีย**					
	ระบบปิดหรือเปิด	แบบเปิด	แบบเปิดผสมปิด	แบบเปิด	แบบเปิดผสมปิด	แบบปิด
	สภาพความสะอาดรางระบายน้ำเสีย	มีน้ำและมูลสุกรขัง	มีน้ำและมูลสุกรขัง	มีน้ำและมูลสุกรขัง	มีน้ำและมูลสุกรขังเล็กน้อย	-
10.	**ระบบบำบัดน้ำเสีย**					
	ชนิดระบบบำบัดน้ำเสีย	คัฟเวอร์ลากูน (Covered Lagoon) จำนวน 1 บ่อ และบ่อบำบัดขั้นหลัง 4 บ่อ	แบบคัฟเวอร์ลากูน (Covered Lagoon) จำนวน 1 บ่อ และแบบยูเอ-เอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB) จำนวน 5 บ่อ บ่อบำบัดขั้นหลัง (บ่อผึ่ง) จำนวน 7 บ่อ	บ่อรวบรวมน้ำเสีย มีการเติมออกซิเจนและจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสียที่ผลิตจากกลุ่มจุลินทรีย์บาซิลลัส (ยี่ห้อ SmartBac)	แบบคัฟเวอร์ลากูน (Covered Lagoon) จำนวน 1 บ่อ ขนาด 14,000 ลูกบาศก์เมตร โดยมีบ่อบำบัดขั้นหลัง จำนวน 2 บ่อ	แบบคัฟเวอร์ลากูน (Covered Lagoon) จำนวน 1 บ่อ ขนาด 28,000 ลูกบาศก์เมตร โดยมีบ่อบำบัดขั้นหลัง (บ่อผึ่ง) จำนวน 5 บ่อ
	ขนาดระบบบำบัดน้ำเสีย	คัฟเวอร์ลากูน ขนาดปริมาตร 22,123 ลบ.ม. บ่อบำบัดขั้นหลัง (บ่อผึ่ง) 4 บ่อ	คัฟเวอร์ลากูน ขนาดปริมาตร 30,000 ลบ.ม. ยูเอ-เอสบี ขนาดบ่อละ 5,400ลบ.ม.	บ่อรวบรวมน้ำเสียขนาด 3,375 ลบ.ม. (กว้าง 45 เมตร ยาว 25 เมตร ลึก 3 เมตร)	คัฟเวอร์ลากูนขนาด 14,000 ลบ.ม.	คัฟเวอร์ลากูน ขนาด 28,000 ลบ.ม.
11.	**การจัดการลานตากและรวบรวมมูล**					
	ลักษณะลานตากมูล	เป็นพื้นคอนกรีต	เป็นพื้นคอนกรีต	เป็นพื้นคอนกรีต	ไม่มี	พื้นดิน

	หลังคา	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	-	ไม่มี
	ระยะเวลาในการตาก	3 วัน	5-7 วัน	2-3 วัน	-	7-10 วัน
12.	**แนวกันชนต้นไม้**	แนวกันชนต้นไม้บางส่วน	แนวกันชนต้นไม้บางส่วน	ไม่มี	แนวกันชนต้นไม้บางส่วน	แนวกันชนต้นไม้บางส่วน
13.	**การจัดการซากสัตว์**	เผา	ฝังกลบ	ฝังกลบและจำหน่าย	บ่อทิ้งซาก	บ่อทิ้งซาก