บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในแต่ละปีประเทศไทยมีพลเมืองเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงส่งผลให้ความต้องการบริโภคอาหารประเภทโปรตีนจากเนื้อสัตว์ นม และไข่เพิ่มขึ้น การเลี้ยงสัตว์จึงมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดมลพิษทั้งทางน้ำและทางอากาศมากขึ้นตามไปด้วย สำหรับปัญหาที่พบภายในโรงเรือนของไก่หรือหมู คือ มีกลิ่น เชื้อโรค และแก๊สต่างๆ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ และแก๊สแอมโมเนีย ซึ่งแก๊สพิษเหล่านี้จะส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจของไก่ ทำให้ไก่เจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ แต่ถ้าแก๊สพิษเหล่านี้มีในปริมาณที่มากเกินไปก็อาจทำให้ไก่ตายได้ [1] ดังนั้นมลพิษเหล่านี้จึงต้องถูกระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกโรงเรือนด้วยพัดลมระบายอากาศของโรงเรือนเลี้ยง ทำให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคน สัตว์ และสิ่งแวดล้อมภายนอกฟาร์ม ซึ่งจะนำไปสู่ความขัดแย้งและการการร้องเรียนจากชุมชน แก๊สที่พบมากในโรงเรือนเลี้ยงไก่ และส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของไก่มากที่สุด คือ แก๊สแอมโมเนีย

ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนากระบวนการบำบัดมลพิษเหล่านี้มีหลากหลายวิธี เช่น ระบบดักจับด้วยไฟฟ้าสถิต (Electrostatic) ระบบโอโซน (Ozone) ระบบดักจับด้วยไอออน (Ionizer) และระบบโฟโตแคตตาไลติก (Photocatalytic) [2] ดังตารางที่ 1.1

โดยงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นในการนำเทคโนโลยีโฟโตแคตตาไลติก (Photocatalytic) มาใช้ในการการกำจัดแก๊สแอมโมเนียในโรงเรือนเลี้ยงไก่เพื่อลดปริมาณแอมโมเนียในโรงเรือนเลี้ยงไก่ และลดปริมาณแอมโมเนียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพราะเทคโนโลยีนี้เป็นเทคโนโลยีที่สามารถกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายและยังสามารถกำจัดเชื้อได้เป็นอย่างดี เนื่องจากปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลติกสามารถสร้างไฮดรอกซิลเรดิคัลซึ่งเป็นตัวออกซิเดชันที่รุนแรง ทำให้สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น เขม่า ควัน น้ำมัน เชื้อรา ตะไคร่ สาหร่าย แบคทีเรีย แก๊สพิษฟอร์มาดีไฮด์ เบนซีน ควันบุหรี่ ไนตรัสออกไซด์ (NO_x) ซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) เป็นต้น ให้กลายเป็นออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ ไนเตรท ซัลเฟต และโมเลกุลอื่นๆ ที่ไม่ก่อให้เกิดผลมลพิษต่อสภาพแวดล้อมในอากาศ สำหรับงานวิจัยจะนำเทคโนโลยีโฟโตแคตตาไลติกไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดแก๊สแอมโมเนียภายใน

ตารางที่ 1.1 การเปรียบเทียบผลการกำจัดมลพิษด้วยวิธีต่างๆ [2]

	Electrostatic	Ozone	Ionizer	TiO_2 Photocatalyst
แบคทีเรีย	ดี	ดี	ต่ำ	ดีมาก
ไรฝุ่น	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ดีมาก
แก๊ส	ต่ำ	ดี	ต่ำ	ดีมาก
กลิ่น	ดี	ดี	ดี	ดีมาก
ควัน	ดี	ดี	ดีมาก	ดี
สารอินทรีย์ระเหยง่าย	ต่ำ	ดี	ต่ำ	ดีมาก

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 การกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายโดยเทคนิคการใช้แสงที่มีไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

Birnie และคณะ [4] ได้ทำการศึกษาและรวบรวมประเภทและประสิทธิภาพการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์โฟโตแคตตาไลติกที่มีการพัฒนาวิจัยและทั้งที่มีขายอยู่ในเชิงพาณิชย์ ซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น 5 ประเภทใหญ่ๆ คือ เครื่องปฏิกรณ์แบบแผ่นแบน เครื่องปฏิกรณ์แบบรังผึ้ง เครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิไดซ์เบด เครื่องปฏิกรณ์แบบเมมเบรน และเครื่องปฏิกรณ์ไฟเบอร์ออฟติคัล ซึ่งจากการศึกษาพบว่า เครื่องปฏิกรณ์แบบเมมเบรนให้ประสิทธิภาพสูงสุด

Jérôme และคณะ [5] ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความดันลดภายในเครื่องปฏิกรณ์แบบวนลูป โดยใช้แผ่นกรองที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ทั้งแบบบางและแบบหนาที่มีลักษณะคล้ายรังผึ้ง ในกระบวนการฟอกอากาศเพื่อกำจัดโดยใช้วิธีโฟโตแคตตาไลติก (Photocatalytic) ซึ่งมีไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้อัตราการไหลอากาศ 0.34 m^3/s พบว่า การเพิ่มจำนวนหลอดยูวีและแผ่นกรองที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์จะทำให้เวลาในการทำปฏิกิริยาลดลง

จันทิมา ชั่งสิริพร และคณะ [6] ได้ศึกษากระบวนการโฟโตแคตตาไลติก (Photocatalytic) ที่ใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการบำบัดอากาศเสียที่ปนเปื้อนด้วยโทลูอีน โดยใช้หลอดยูวีเป็นแหล่งกำเนิดแสง มีการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเทคนิคโซล-เจล ซึ่งการใช้เทคนิคโซล-เจลทำให้ได้ฟิล์มของตัวเร่งปฏิกิริยาที่สามารถยึดเกาะบนตัวกลางโดยไม่ต้องใช้สารเชื่อมประสาน โดยตัวกลางที่เลือกใช้คือตัวกลางชนิดใยแก้ว จากการศึกษาผลของตัวแปรดำเนินการต่อการกำจัดโทลู

อีนในอากาศของเครื่องปฏิกรณ์โฟโตแคตตาไลติกที่ความเข้มข้น 100-700 ppm พบว่า ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดโทลูอีนสูงขึ้นเมื่อมีการลดอัตราการไหลของอากาศเสีย เพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์ และเพิ่มจำนวนหลอดยูวีที่ติดตั้งในเครื่องปฏิกรณ์ แต่ถ้าทำการลดความเข้มข้นของโทลูอีนที่ใช้ป้อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์ พบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลงด้วย จากผลการดำเนินการสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโทลูอีนในอากาศเสีย คือใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกรณ์ 9.0 g/l ใช้หลอดยูวีจำนวน 6 หลอด ซึ่งมีกำลังหลอดละ 48 W ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเสียที่ป้อนเข้าระบบเป็น 20-40% โดยอัตราการไหลของอากาศเสีย 2.3 l/min จะทำให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดโทลูอีนในอากาศเสียเป็น 60% และมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็น 3.5 $mol/m^3.h$

Sopyan และคณะ [7] ได้ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลติกของแก๊สแอมโมเนีย แอซีแทลดีไฮด์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ในช่วงความเข้มข้น 50 - 3000 ppm บนแผ่นฟิล์มของไทเทเนียมไดออกไซด์แบบอนาเทส (Anatase) และรูไทล์ (Rutile) ขนาดอนุภาคระดับนาโนเมตร โดยพื้นที่ผิวของแผ่นฟิล์มเป็น 20 ตารางเซนติเมตร ค่ากำลังไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิวทำปฏิกิริยาเท่ากับ 0.0021 วัตต์ต่อตารางเมตร วัสดุที่ใช้ทำเครื่องปฏิกรณ์ทำจากพอลิเมอร์โพลีโพรพิลีน โดยใช้กระจกเป็นวัสดุรองรับไทเทเนียมไดออกไซด์ จากการศึกษาพบว่า ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาของแก๊สแอมโมเนียเป็นไปตามสมการอัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับ 1 ของ Langmuir - Hinshelwood โดยค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาของแก๊สแอมโมเนียเป็นไปตามตารางที่ 1.2 และค่าคงอัตราการเกิดปฏิกิริยาของไทเทเนียมไดออกไซด์แบบอนาเทสมีค่ามากกว่าแบบรูไทล์ เพราะช่วงช่องว่างแถบพลังงานของไทเทเนียมไดออกไซด์แบบอนาเทสมีค่ามากกว่ารูไทล์ ทำให้อิเล็กตรอนที่หลุดออกไป กลับมารวมตัวกันใหม่ได้ช้ากว่าแบบรูไทล์

ตารางที่ 1.2 ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลติกที่ใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์โครงสร้างผลึกแบบอนาเทสและรูไทล์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา [7]

Reactant	k ($\mu mol/dm^3 \cdot min$)	
	Anatase	Rutile
Ammonia	0.41	0.05
Hydrogen Sulfide	0.09	0.06
Acetaldehyde	2.14	0.45

1.2.2 การเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์

Kevins [8] ได้ศึกษาการสร้างวัสดุ Self-Cleaning โดยการเคลือบผิววัสดุด้วย TiO_2 อนุภาคระดับนาโนเมตร และใช้โพลียูรีเทน (PU) เป็นสารเชื่อมขวาง พบว่าการกระจายตัวของอนุภาคไทเทเนียมไดออกไซด์นั้นไม่ดีเท่าที่ควร กล่าวคือ มีการรวมตัวของอนุภาคไทเทเนียมไดออกไซด์เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล จึงได้ใช้เทคนิค Functionalization เพื่อป้องกันการรวมตัวของ TiO_2 พบว่ามีการกระจายตัวของอนุภาค TiO_2 ดีขึ้นและยังเพิ่มสมบัติการนำความร้อนให้กับโพลียูริเทนด้วย อีกทั้งการเพิ่มอัตราส่วนของ TiO_2: PU ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของ TiO_2 ในการสร้างไฮดรอกซิลเรดิคัลซึ่งเป็นตัวออกซิเดชันในปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลติก

1.2.3 การใช้ระบบโฟโตแคตตาไลติกเพื่อบำบัดอากาศในโรงเลี้ยงสัตว์

Guarino และคณะ [9] ศึกษาผลของการทาสีผนังโรงเลี้ยงหมูด้วยสีผสมไทเทเนียมไดออกไซด์เพื่อลดการเกิดมลพิษทางอากาศของโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ โดยควบคุมตัวแปร 2 ตัวแปรคืออัตราการถ่ายเทอากาศภายในโรงเลี้ยงหมูและความเข้มข้นของแก๊ส โดยทำการตรวจสอบอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 28 วัน จากการศึกษาพบว่าห้องที่ทาผนังห้องด้วยสีผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ (Experimental room) มีปริมาณ NH_3, N_2O, CO_2 และ CH_4 ที่สะสมอยู่ในโรงเรือนน้อยกว่าห้องที่ทาสีธรรมดา (Reference room) ดังตารางที่ 1.3 เนื่องจากตัวไทเทเนียมไดออกไซด์ที่อยู่ในสีนั้นจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการกำจัดแก๊สดังกล่าวที่อยู่ภายในโรงเรือน โดยการทำปฏิกิริยากับอากาศที่มาสัมผัสกับผนังของโรงเรือน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า การทาสีผนังโรงเลี้ยงหมูด้วยสีที่ผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ สามารถลดมลพิษทางอากาศภายในโรงเรือนก่อนการปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

ตารางที่ 1.3 การเปรียบเทียบแก๊สภายในโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ระหว่างห้องที่ทาสีธรรมดาและห้องที่ทาผนังด้วยสีผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ [9]

Items	Concentration of pollutants in the two units (mg/m^3)	
	Reference room	Experimental room
NH_3	5.40 ± 0.80	3.76 ± 1.05
N_2O	1.18 ± 0.07	1.13 ± 0.12
CH_4	6.28 ± 1.61	5.32 ± 314.82
CO_2	2109.38 ± 264.53	1881.64 ± 1.41

1.2.4 อิทธิพลของแอมโมเนียที่มีผลต่อสุขภาพของสัตว์

Wang และ คณะ [10] ศึกษาอิทธิพลของแอมโมเนียที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกันของไก่เนื้อ โดยทำการทดลองกับไก่เนื้อที่มีจำนวนไก่เพศผู้ต่อเพศเมียเป็นสัดส่วน 1:1 อายุ 1 วัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ จากผลการผลการศึกษาอิทธิพลของแอมโมเนียความเข้มข้น 0, 13, 26, 52 ppm ต่อค่าการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ ได้แก่ ปริมาณอาหารที่ไก่กินเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Feed Intake, ADFI), น้ำหนักตัว (Body Weight, BW), Feed to Gain Ratio (F/G), เปอร์เซ็นต์อัตราการตายของไก่ (%Mortality) ตามตารางที่ 1.4 พบว่าปริมาณแอมโมเนียที่มากขึ้น จะส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตของไก่ลดลง อีกทั้งยังส่งผลให้อัตราการตายของไก่เพิ่มขึ้น เพราะไก่ขาดออกซิเจนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต

จากงานวิจัยที่ได้ศึกษามาทั้งหมดพบว่า ปริมาณแอมโมเนียที่เกิดขึ้นภายในโรงเรือนเลี้ยงไก่ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตของไก่ลดลง [10] ซึ่งการนำไทเทเนียมไดออกไซด์ผสมกับสีทาผนังของโรงเรือนเลี้ยงสุกร สามารถลดปริมาณแก๊สแอมโมเนียภายในโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ได้ แต่ลดได้เพียง 22.3% ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพต่ำ [9] อีกทั้งยังพบว่า การเพิ่มจำนวนหลอดยูวีและจำนวนแผ่นกรองในเครื่องปฏิกรณ์ทำให้เวลาในการทำปฏิกิริยาลดลง [5] แต่ลักษณะของเครื่องปฏิกรณ์ยังไม่เหมาะต่อการใช้งานกับโรงเรือนเลี้ยงไก่ อีกทั้งยังไม่มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาการกำจัดแอมโมเนียของเครื่องปฏิกรณ์นี้อย่างละเอียด

ตารางที่ 1.4 อิทธิพลของแก๊สแอมโมเนียที่มีผลต่อค่าการเจริญเติบโตของไก่ [10]

NH_3 (ppm)	ADFI (g)	BW (g)	Feed/gain (g:g)	Mortality (%)
0 (control)	44.97 ± 1.57	678.17 ± 25.46	1.49 ± 0.02	0.83
13	44.37 ± 1.64	667.34 ± 29.69	1.50 ± 1.57	0.83
26	44.14 ± 2.03	662.44 ± 32.76	1.51 ± 1.57	0.83
52	43.54 ± 2.44	644.17 ± 29.75	1.53 ± 1.57	1.67

งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลติก 3 ปัจจัย คือ 1) จำนวนหลอดยูวี เนื่องจากจำนวนหลอดยูวีส่งผลต่อจำนวนอิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลติก แต่จำนวนหลอดยูวีที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้นด้วย 2) ความเร็วรอบของใบพัด เพื่อให้มีความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานจริงในโรงเรือนเลี้ยงไก่ 3) ความชื้นสัมพัทธ์ เนื่องจากไอน้ำในอากาศสามารถทำให้เกิดไฮดรอกซิลเรดิคอล ซึ่งเป็น oxidizing agent ที่ว่องไว แต่ปริมาณไอน้ำที่มากเกินไปอาจแย่งบริเวณเร่งกับแก๊สแอมโมเนียที่จะมาดูดซับบนผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนีย เมื่อได้สภาวะการดำเนินการที่เหมาะสมแล้ว จึงทำการทดลองเพื่อหาสมการอัตราการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลติกในการกำจัดแก๊สแอมโมเนีย เพื่อเป็นแนวทางในการขยายผลสู่การใช้งานจริงในโรงเรือนเลี้ยงไก่

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียด้วยปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลติกของเครื่องปฏิกรณ์โดยมีค่าตัวแปรต่างๆ ที่ต้องการศึกษาดังนี้

1.3.1.1 อความเข้มแสง

1.3.1.2 ความเร็วรอบของมอเตอร์

1.3.1.3 ค่าความชื้นสัมพัทธ์

1.3.2 ศึกษาหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาและสมการการเกิดปฏิกิริยา

1.3.3 คำนวนขนาดของเครื่องปฏิกรณ์ให้สามารถใช้กับโรงเรือนเลี้ยงไก่จริงได้

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาการกำจัดแก๊สแอมโมเนียในอากาศของเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ

1.4.2 ออกแบบเครื่องปฏิกรณ์เพื่อใช้ในโรงเรือนเลี้ยงไก่

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการกำจัดแก๊สแอมโมเนียในกระบวนการโฟโตแคตตาไลติก

1.5.2 ปรับปรุงคณภาพอากาศภายในและภายนอกโรงเรือนเลี้ยงไก่