บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ไฟฟ้าถือว่าเป็นพลังงานที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งมีหน่วยงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) รับผิดชอบด้านการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการ แต่ในปัจจุบันนี้ประสบกับปัญหาในการสร้างโรงไฟฟ้าหลายประการดังเช่น ข้อจำกัดทางด้านสิ่งแวดล้อม ขีดจำกัดทางด้านการเงินและนโยบาย และยังมีกระแสต่อต้านจากประชาชนในพื้นที่อีก ซึ่งข้อจำกัดต่างๆ เหล่านี้เป็นสาเหตุให้การผลิตไฟฟ้าไม่สามารถขยายกำลังการผลิตได้ทันต่อความต้องการ รัฐบาลจึงมีแนวความคิดที่จะส่งเสริมให้เอกชนเข้าร่วมในการผลิตไฟฟ้าทั้งในรูปของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม ตลอดจนส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนให้มากขึ้นเนื่องจากราคาเชื้อเพลิงฟอสซิลมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลผลิตไฟฟ้านั้นจะมีการปล่อยก๊าซ CO_2 ออกจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก ดังเช่นในปี พ.ศ. 2537 Yodovard *et al.* (1997) ได้ระบุว่ามีปริมาณก๊าซ CO_2จากการผลิตไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิง distilled oil, natural gas, fuel oil และ lignite จำนวนรวมทั้งสิ้น 42.42 M tons ซึ่งก๊าซ CO_2 เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Green house effect) ส่งผลให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นและเกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) จากมูลสัตว์เป็นพลังงานอย่างหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีการเลี้ยงสัตว์ในภาคปศุสัตว์เป็นจำนวนมาก จากสถิติในปี พ.ศ. 2541 (สถิติปศุสัตว์ประเทศไทย, 2541) พบว่าประเทศไทยมีจำนวนสุกรรวม 8,773,260 ตัว ซึ่งมีปริมาณมูลสัตว์ที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพสูงจึงน่าจะมีศักยภาพในการนำมาผลิตไฟฟ้าอีกทางเลือกหนึ่ง Mitzlaff (1988) ระบุว่าก๊าซชีวภาพปริมาตร 1 m^3 ที่มีก๊าซมีเทน 60 % โดยปริมาตรที่สถานะปกติ (1.013 bar และ 273 K) มีค่าความร้อน 21,600 kJ เทียบเป็นน้ำมันดีเซล 0.6 litre หรือน้ำมันเบนซิน 0.67 litre หรือ ไฟฟ้า 1.3 kWh คุณสมบัติต่าง ๆ ของก๊าซชีวภาพเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอื่น ๆ แสดงในตาราง 1.1 และมีส่วนประกอบดังแสดงในตาราง 1.2 การผลิตไฟฟ้าจากมูลสุกรในส่วนเจ้าของฟาร์มจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานและปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม และในระดับส่วนรวมจะช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่ไม่ต้องเพิ่มงบประมาณในการสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มเติมมาก อีกทั้งยังเป็นการลดดุลการค้าในการนำเข้าเชื้อเพลิงฟอสซิลจากต่างประเทศ

ตาราง 1.1 Properties of various fuels (Mitzlaff, 1988)

Fuel	Density	Calorific Value (kJ/kg)	Ignition Temperature in air (°C)	Ignitability (Vol % gas in air)
LPG	0.54 kg / litre	46,000	400	2.0 – 9.0
Petrol	0.75 kg / litre	43,000	220	0.6 – 8.0
Diesel	0.85 kg / litre	42,000	220	0.6 – 8.5
Natural gas	0.83 kg / m^3	57,500	600	5.0 – 17.0
Biogas (60% CH_4)	1.2 kg / m^3	18,000	650	5.0 – 15.0

ตาราง 1.2 ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ (เสาวลักษณ์ ภูมิวสนะ, 2535)

ส่วนประกอบ	% โดยปริมาตร
มีเทน (CH_4)	55 – 65
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	35 – 45
ไฮโดรเจน (H_2)	0 – 1
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)	0 – 1
ออกซิเจน (O_2)	0 – 1
ไนโตรเจน (N_2)	0 – 1

จากประโยชน์ของก๊าซชีวภาพข้างต้นและแนวโน้มปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากก๊าซ CO_2 จึงมีความเหมาะสมที่จะทำการวิจัยถึงศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากมูลสุกรซึ่งเป็นประโยชน์ต่อเจ้าของฟาร์มสุกรที่จะได้ทราบถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และอัตราผลตอบแทนในการลงทุน และเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานของรัฐบาลที่จะใช้เป็นข้อมูลในการส่งเสริมผลักดันให้มีการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพมากขึ้นหรือช่วยในการพิจารณาออกมาตรการในการลดการนำเข้าเชื้อเพลิงฟอสซิลจากต่างประเทศต่อไป

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

กฤษฎา กิ้มเส้ง และ พิชัย อัมระนันท์ (2535) ได้ศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมจากเครื่องยนต์ใช้ก๊าซชีวภาพ โดยใช้เครื่องยนต์แกสโซลีนผลิตกระแสไฟฟ้า 20 kW ที่ความเร็วรอบ 1,750 2,000 2,250 2,500 และ 2,750 รอบต่อนาทีพบว่า ถ้าไม่มีการดึงความร้อนจากไอเสียเครื่องยนต์มาใช้ประสิทธิภาพรวมจะอยู่ระหว่าง 20-39% แต่ถ้ามีการดึงความร้อนจากไอเสียเครื่องยนต์มาใช้โดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อผลิตน้ำร้อนประสิทธิภาพรวมจะอยู่ระหว่าง 24-43 % และมีอัตราผลตอบแทน (IRR) เมื่อมีการผลิตไฟฟ้าที่ความเร็วรอบ 1,750 2,000 2,250 2,500 และ 2,750 รอบต่อนาทีเป็น 56.4 52.4 52.8 55.4 และ 57.2% ตามลำดับ โดยมีระยะเวลาคืนทุนเป็น 1.94 1.92 1.91 1.83 และ1.78 ปี ตามลำดับ

นพพร ชูศักดิ์พาณิชย์ และคณะ (2534) ได้ศึกษาการใช้ก๊าซชีวภาพเดินเครื่องยนต์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ใช้เครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องยนต์เบนซินโดยใช้เชื้อเพลิงเดี่ยว เชื้อเพลิงคู่และก๊าซชีวภาพเพียงอย่างเดียวพบว่า การใช้เชื้อเพลิงคู่ในเครื่องยนต์ดีเซลจะให้กำลังออกมาสูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงเดี่ยวประมาณ 9-20% ในแต่ละความเร็วรอบเดียวกัน ส่วนอัตราการประหยัดเชื้อเพลิงดีเซลจะประมาณ 20-65% สำหรับเครื่องยนต์อินไดเรกอินเจกชันและ 80% สำหรับเครื่องยนต์แบบไดเรกอินเจกชัน ในเครื่องยนต์เบนซินการนำก๊าซชีวภาพเข้ามาสันดาปด้วยจะทำให้กำลังสูงสุดที่ให้ออกมาต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเดี่ยว โดยถ้าใช้เชื้อเพลิงคู่กำลังจะลดลงประมาณ 9-17% และเมื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพล้วนกำลังจะลดลงถึง 30-37% แต่ข้อดีของเครื่องยนต์เบนซินคือสามารถสันดาปโดยใช้ก๊าซชีวภาพเพียงอย่างเดียวซึ่งสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ 100%

วีรศักดิ์ สุวรรณประภา (2538) ได้ศึกษาศักยภาพการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งพลังงานภายในฟาร์มสุกร โดยใช้ข้อมูลจากการตอบกลับจากฟาร์มสุกรจำนวน 36 ฟาร์ม และวิเคราะห์ถึงบ่อหมักก๊าซแบบ fixed-dome plants floating-drum plants และแบบ plug-flow digesters เมื่อจำนวนสุกรที่เลี้ยงมีจำนวนเท่ากัน พบว่าการประเมินทางเศรษฐศาสตร์เมื่อกำหนดระยะเวลาคืนทุน 10 ปี เป็นเกณฑ์ไม่มีฟาร์มใดที่คุ้มค่ากับการลงทุนไม่ว่าจะพิจารณาตามจำนวนสุกร (Swine-Match Sizing) หรือปริมาณการใช้ไฟฟ้า (Electrical-Match Sizing) เมื่อพิจารณาตามปริมาณการใช้ไฟฟ้าพบว่าบ่อหมักแบบ Floating-Drum Plants ใช้เงินลงทุนมากกว่าแบบ Fixed-Dome Plants และแบบ Plug-Flow Digesters และปัจจัยที่มีผลต่อรายได้สุทธิคือ ค่าซื้อมูลสุกรสดและปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายในฟาร์ม

Tentscher (1987) ได้ทำการวิจัยถังหมักแบบ Plug-Flow ขนาด 170 m^3 ณ ศูนย์วิจัยทับกวาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดสระบุรี โดยมีข้อมูลจำเพาะดังนี้ เครื่องยนต์ผลิตกำลังได้ 10 kW ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 1.4 kWh / m^3 ของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ ไฟฟ้าที่ผลิตได้ใช้กับ

ปั๊มน้ำ ขนาด 15 แรงม้า เครื่องผสมอาหาร 15 แรงม้า เครื่องบดอาหาร 20 แรงม้าโดยให้ทำงานไม่พร้อมกัน นอกจากนี้ยังนำไปใช้ในระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่างอีกด้วย โครงสร้างของถังหมักถูกขุดให้ลึก 2 m ถึงระดับชั้นดินเหนียวและอีก 2 m ให้ถึงชั้นดินแดง ผนังทำจากคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 3.5 cm พื้นทำจากคอนกรีตหนา 15 cm ภายนอกรอบ ๆ ถังหมักจะมีร่องน้ำ และถังหมักทั้งหมดถูกหุ้มด้วยพลาสติก RMP (red mud plastic) ซึ่งช่วยป้องกันการรั่วของก๊าซโดยการเติมน้ำลงในร่องน้ำ ถังตกตะกอนถูกออกแบบให้มีขนาดความจุ 3 m^3 เพื่อรองรับมูลจากสุกร 800 ตัว อัตราส่วนผสมระหว่างมูลสุกรต่อน้ำล้างคอกคือ 1:2 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะที่สุดจะได้ความเข้มข้นประมาณ 4-8% TS (Total Solids) ที่ระยะเวลาในการหมัก 60 วัน (Retention Time) เครื่องยนต์และเครื่องปั่นไฟถูกออกแบบเพื่อให้สามารถจ่ายไฟครอบคลุม 30-50 % ของความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในฟาร์มซึ่งจะเดินเครื่องยนต์เป็นระยะเวลาประมาณ 10 - 15 ชั่วโมง ความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดภายในฟาร์มเท่ากับ 30-50 kW ระบบสามารถผลิตก๊าซได้ 25 m^3 / day

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และ คณะ (2539) ได้ศึกษาถึงการลดปริมาณก๊าซ CO_2 ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าโดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันดีเซล ก๊าซธรรมชาติ ลิกไนต์ และถ่านหินนำเข้า ซึ่งมีการปล่อยก๊าซ CO_2 เป็นจำนวน 24.481 และ 64.967 ล้านตันในปี ค.ศ. 1990 และ 2010 ตามลำดับ โดยการปลูกป่าซึ่งแบ่งการปลูกป่าออกเป็น 2 ประเภทคือ ป่าอนุรักษ์และป่าเศรษฐกิจ พบว่าผลค่าใช้จ่ายในการลดก๊าซ CO_2 ในกรณีป่าอนุรักษ์เป็นดังตาราง 1.3

ตาราง 1.3 ค่าใช้จ่ายในการลดก๊าซ CO_2 จากการปลูกป่าอนุรักษ์ (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และคณะ, 2539)

ชนิดของป่าไม้	รายการ	หน่วย	ปี ค.ศ. 1990	ปี ค.ศ. 1994	ปี ค.ศ. 2000
ป่าบนบก (ไม้สัก)	ค่าใช้จ่ายรายปี	บาท / ไร่	644.31	644.31	644.31
	พื้นที่ลด CO_2	ล้านไร่	7.790	13.165	14.845
	ค่าใช้จ่ายในการลด CO_2	บาท / kWh	0.116	0.121	0.100
		บาท / ton CO_2	189.87	189.99	190.02

วรรณี เอกศิลป์ (2539) ได้ประเมินคิดค่าใช้จ่ายในการลดก๊าซ CO_2 ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าซึ่งใช้เชื้อเพลิง น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล ก๊าซธรรมชาติ และลิกไนต์ โดยการปลูกป่าถาวรสามารถสรุปได้ดังแสดงในตาราง 1.4

ตาราง 1.4 Cost of Reduction CO_2 (วรรณี เอกศิลป์, 2539)

Item	Fuel oil	Diesel	NG	Lignite	Hydro	Other	Total
Fuel consumption (M tons)	4.6440	0.4289	5.4366	12.288	-	-	22.797
Electricity generated (1,000 GWh)	19.29	1.63	30.39	14.06	3.43	0.85	69.65
Proportion (CO_2 / fuel)	3.13	3.17	2.36	1.21	0	0	0
CO_2 from combustion (M tons)	14.54	1.36	12.83	14.87	0	0	43.59
CO_2 at drilling platform (M tons)	0	0	0.70	0	0	0	0.70
Proportion (kg CO_2 / kWh)	0.75	0.84	0.45	1.06	0	0	0.64
kg Carbon use / kWh	0.21	0.23	0.12	0.29	0	0	0.17
Carbon uptake (C-tons/hectare/y)	0	0	0	0	0	0	2.50
Forestation area (M hectare)	1.59	0.15	1.48	1.62	0	0	4.83
Cost of forestation (US$/hectare/y)	0	0	0	0	0	0	217
Total cost (M US$)	345	32	321	353	0	0	1,051
Cost of CO_2 reduction (US$/kWh)	0.018	0.020	0.011	0.025	0	0	0.015
Cost of CO_2 reduction (US$/ton)	24	24	24	24	0	0	24

Frank Muller, J. Andrew Hoerner and John Duffy แห่ง Center for Global Change มหาวิทยาลัย Maryland ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้สร้างแบบจำลองในการคิดค่า Carbon tax ของรัฐตามคำร้องขอของ Maryland Legislature ในช่วงปีค.ศ. 1991-1992 ซึ่งแบบจำลองนี้ในปัจจุบันได้มีการใช้อย่างแพร่หลายและได้รับผ่านทดสอบจากเจ้าหน้าที่ของรัฐและผู้เชี่ยวชาญทางด้านสิ่งแวดล้อมในรัฐอื่นๆ โดยค่าจากแบบจำลองได้ค่าอัตราภาษีเป็น 7.5 US$/ton carbon หรือ 2.05 US$/ton CO_2 และหากนำคิดเป็นอัตราภาษีรวมในค่าไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับ 0.16 cents/kWh (www.solstice.crest.org/sustainable/etp/carbon.html)

Jonathan Koomey and Florentin Krause แห่ง Lawrence Berkeley Nation Laboratory ได้ประเมินค่าใช้จ่ายในการลดสารมลพิษต่างๆ ในปีค.ศ. 1989 อีกทั้งยังได้สรุปรวบรวมค่าจากรัฐหรือนักวิจัยอื่นๆ ที่ได้ประเมินความเสียหายสิ่งแวดล้อมจากสารมลพิษต่างๆ ไว้ดังตาราง 1.5 ต่อไปนี้

ตาราง 1.5 Value of Environmental Damage (CRC Handbook of Energy Efficiency, 1997)

Source	SO_2 ($/lb)	NO_x ($/lb)	CO_2 ($/lb)	CH_4 ($/lb)	N_2O ($/lb)
1. Chernick and Caverhill	0.92	1.58	0.0115	0.37	-
2. Schilberg et. al - outside California area	0.50	1.35	0.0074	0.19	1.85
3. Massachusetts Department of Public Utillities (MA DPU)	0.75	3.25	0.0109	0.11	1.98

จากงานวิจัยข้างต้นจะเห็นว่าการวิเคราะห์ต้นทุนราคาไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพเป็นเพียงการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ทั่วไปที่ยังไม่ได้รวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ CO_2 และก๊าซ CH_4 ที่มีอยู่ในก๊าซชีวภาพ และการประเมินค่าใช้จ่ายในการกำจัดก๊าซ CO_2 ยังไม่มีความชัดเจนเนื่องจากต้นไม้มีทั้งการดูดซับและคายก๊าซ CO_2 ทั้งคู่ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพในรูปแบบที่ต่างจากด้านเศรษฐศาสตร์ทั่วไปโดยใช้หลักทาง Thermodynamics คือ วิธี Exergy Costing หรือเรียกว่า Thermo-economics และการประเมินค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากก๊าซ CO_2 และ CH_4 จะนำวิธี Numerical Environmental Total Standard [NETS] เข้ามาใช้ร่วมกับวิธี Externality Cost เพื่อแปลงค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมออกมาในรูปตัวเลข อันจะเป็นประโยชน์ในการประเมินค่าหรือเปรียบเทียบโครงการใดโครงการหนึ่งว่าแท้จริงแล้วเมื่อรวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแล้วโครงการนั้นจะมีคุณค่ามากแค่ไหน

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.3.1 ประเมินศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากฟาร์มสุกร

1.3.2 เพื่อศึกษาถึงต้นทุนราคาไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพโดยวิธี Exergy Costing ทั้งกรณีรวมและไม่รวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเปรียบเทียบกับราคาไฟฟ้าที่ผลิตจากโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม

1.3.3 เพื่อประเมินค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ CO_2 และ CH_4 ในรูปตัวเลขโดยใช้วิธี Numerical Environmental Total Standard [NETS] ร่วมกับวิธี Externality Cost

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและ / หรือเชิงประยุกต์

1.4.1 สามารถทราบถึงประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

1.4.2 สามารถทราบถึงต้นทุนราคาไฟฟ้าทั้งแบบรวมและไม่รวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนทราบถึงความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการผลิตไฟฟ้าจากฟาร์มสุกร

1.4.3 สามารถทราบถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ CO_2 และ CH_4

1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.5.1 ในการศึกษาใช้ กิตติวัฒน์ฟาร์ม อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ (ขนาดบ่อหมักก๊าซรวม1,000 m^3) ต.ประสพผลฟาร์ม อ.บางไทร จ.อยุธยา (ขนาดบ่อหมักก๊าซรวม 1,000 m^3) และเอส.พี.เอ็ม.ฟาร์ม 1 และฟาร์ม 2 อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี (ขนาดบ่อหมักก๊าซ 2,000 m^3 และ 5,000 m^3 ตามลำดับ) และมีขนาดระบบผลิตไฟฟ้าเป็น 37 75 112 และ 138 kW ตามลำดับเป็นกรณีศึกษา โดยทุกฟาร์มชนิดบ่อหมักจะเป็นแบบราง (Channel Digester)

1.5.2 ระบบผลิตไฟฟ้าเป็นเครื่องยนต์เบนซินหรือดีเซลดัดแปลงต่อพ่วงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยส่งผ่านกำลังด้วยเพลา

1.5.3 การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์กำหนดอายุโครงการเท่ากับ 15 ปี อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ธนาคารเท่ากับ 12% ต่อปีโดยไม่คิดการเพิ่ม (Escalation) ของราคาเชื้อเพลิงและค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆ ในกรณีที่ไฟฟ้าที่ผลิตได้มีมากกว่าความต้องการใช้ภายในฟาร์มจะกำหนดว่าขายไฟฟ้าส่วนที่เหลือใช้ให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

1.5.4 ศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากก๊าซ CO_2 และ CH_4 เท่านั้น