บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพหมายถึง ก๊าซที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิตทั้งที่เป็นพืชและสัตว์ ในสภาวะไร้ออกซิเจนโดยมีจุลินทรีย์หลายชนิดเป็นตัวย่อยสลาย มีส่วนผสมระหว่างก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นส่วนใหญ่ [2] นอกจากนั้นอาจมีก๊าซไนโตรเจน ไฮโดรเจน ก๊าซไฮโดเจนซัลไฟด์ โดยทั่วไปองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ คือก๊าซมีเทนร้อยละ 50-80, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 20-50, ก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 0-8, ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ร้อยละ 0-1

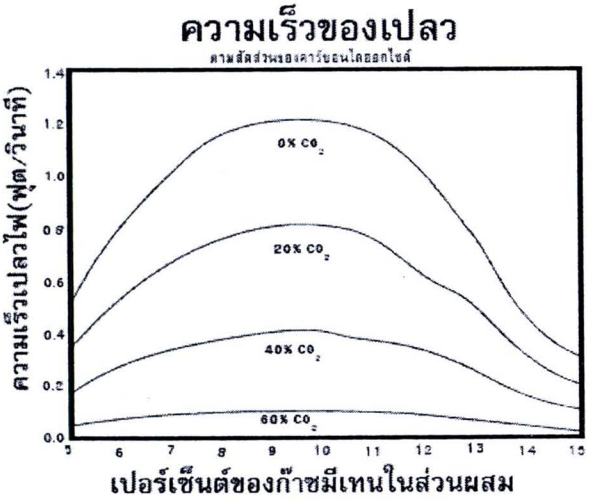
2.1.1 ก๊าซมีเทนของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพมีก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ โดยปกติมีเทนบริสุทธิ์มีค่าความร้อน 34,000 kJ/m^3 โดยทั่วไปแล้วก๊าซชีวภาพ 1 m^3 ที่ประกอบด้วยมีเทน 60% จะมีค่าความร้อน 20,400 kJ/m^3

ตารางที่ 2.1 จุดติดไฟอัตโนมัติของก๊าซที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง [1]

ชนิดเชื้อเพลิง	จุดติดไฟอัตโนมัติ (°C)
มีเทน	537
โปรเพน	470
บิวเทน	365

จากตารางที่ 2.1 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบให้เห็นถึงจุดติดไฟอัตโนมัติของก๊าซสามชนิด ได้แก่ ก๊าซมีเทน ก๊าซโปรเพน และก๊าซบิวเทน โดยก๊าซโปรเพน และก๊าซบิวเทน จะเป็นก๊าซที่อยู่ในก๊าซหุงต้ม (LPG) ซึ่งเห็นว่าก๊าซทั้งสามชนิดมีค่าจุดติดไฟอัตโนมัติอยู่ระหว่าง 350-537 °C ความเร็วของเปลวไฟขึ้นอยู่กับสัดส่วนของมีเทนที่ผสมอยู่ ความเร็วของเปลวไฟแสดงไว้ในรูปที่ 2.1

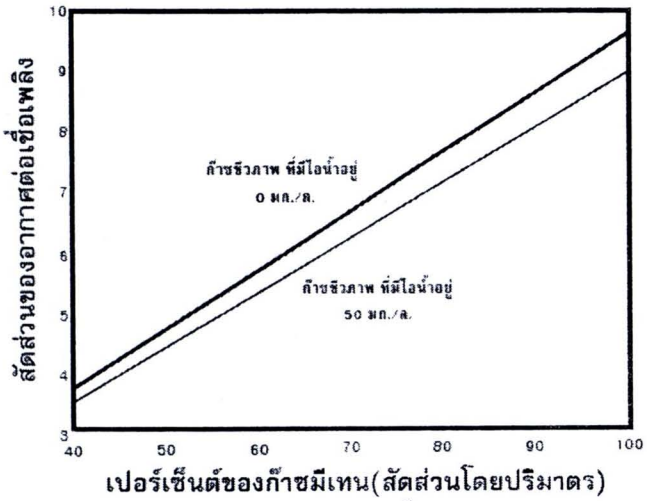


รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่อความเร็วของเปลวไฟ [1]

ส่วนผสมในห้องเผาไหม้ การที่จะทำให้เกิดการลุกไหม้ของก๊าซมีเทน ต้องมีความเข้มข้นของมีเทนในอากาศอยู่ในช่วง 5-15% โดยสัดส่วนที่ดีที่สุดในการลุกไหม้ตามทฤษฎีของมีเทนอยู่ที่ 9.4% สำหรับก๊าซชีวภาพที่มีมีเทนอยู่ 60% สามารถเขียนสมการในห้องเผาไหม้ตามทฤษฎีได้ว่า

$$CH_4 + 0.67CO_2 + 2O_2 + 7.52N_2 \rightarrow 2H_2O + 1.67CO_2 + 7.52N_2 \qquad (2.1)$$

ซึ่งจากสมการ 2.1 จะพบว่าอากาศและเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ เพื่อทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 6.03 ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงกับความเข้มข้นของมีเทน [1]

การอัดก๊าซชีวภาพที่นิยมกันคือ การอัดใส่ยางในรถยนต์ เพราะยางในรถยนต์สามารถยืดออกได้มาก ขนย้ายไปมาได้อย่างสะดวก แต่ปริมาณที่ขนย้ายได้นั้นยังน้อยไม่พอแก่ความต้องการ ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้กับก๊าซชีวภาพ ควรจะอยู่ใกล้กับบ่อหมักแก๊สชีวภาพ เพื่อการประหยัดท่อทางเดินของก๊าซ หากใช้ถังเก็บโดยทั่วไปมีอุณหภูมิถังเก็บก๊าซไม่สูงเกิน 100 °C [3]

2.2 กระบวนการทางชีวเคมีของการผลิตก๊าซชีวภาพ

กระบวนการทางชีวเคมีของการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์มีความสลับซับซ้อนและเกิดจากการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์หลายชนิด [4] ซึ่งสามารถสรุปได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังตารางที่ 2.2

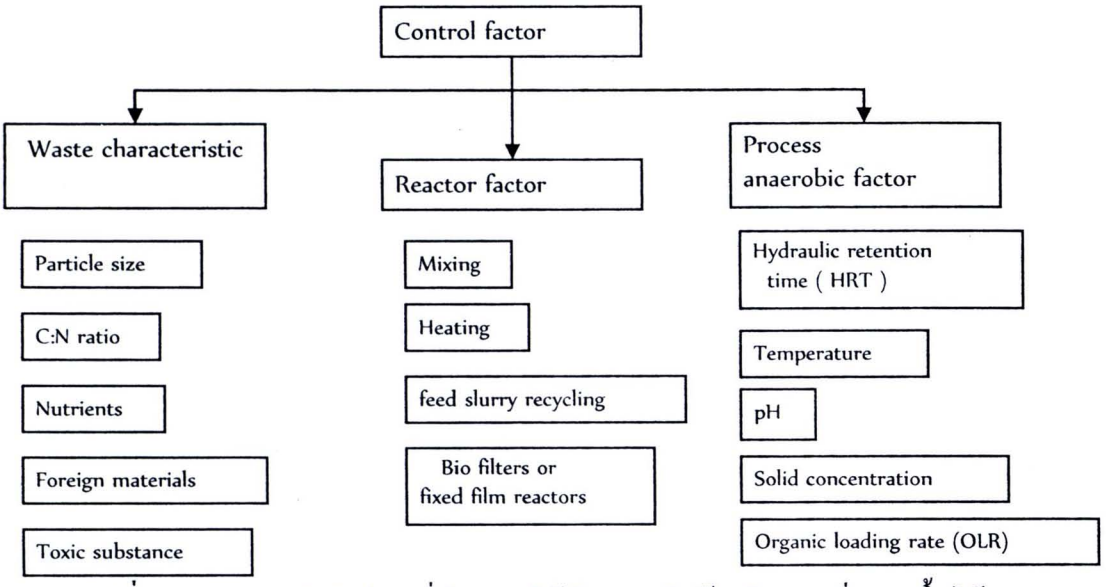
ตารางที่ 2.2 สรุปการย่อยสลายอินทรียวัตถุของแบคทีเรีย 4 ขั้นตอน [4]

Bacteria Process	Input nutrient	Output nutrient
แบคทีเรียที่ 1. Hydrolysis	โปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมัน โมเลกุลขนาดใหญ่	กรดอะมิโน น้ำตาล และ กรดไขมัน
แบคทีเรียที่ 2. Acidogenesis	โปรตีนและ คาร์โบไฮเดรต	กรดไขมันระเหย

แบคทีเรียที่ 3. Acetogenesis	กรดไขมันระเหย และแอลกอฮอล์	กรดอะซิติก และไฮโดรเจน
แบคทีเรียที่ 4.Methanogenesis	กรดอะซิติก คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน	มีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์

2.2.1 ปัจจัยและสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ [5,6]

ปัจจัยการควบคุมการเกิดก๊าซชีวภาพแสดงไว้ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งแยกตามลักษณะดังนี้คือ ลักษณะอินทรียวัตถุ รูปแบบต่างๆ ของถังหมักก๊าซชีวภาพ และขั้นตอนที่ใช้ในทำการหมัก โดยอธิบายตัวอย่างตามลักษณะต่างๆ ด้วย



รูปที่ 2.3 รูปแสดงปัจจัยต่างๆที่ส่งผลทำให้เกิดการผลิตก๊าซชีวภาพเพิ่มมากขึ้นได้ [5,7]

1. อุณหภูมิในการเดินระบบ (Temperature) โดยทั่วไปแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซชีวภาพ หรือแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน (Methane Bacteria) จะทำงานได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 25-40 °C

2. พีเอช (pH) การเดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพจะต้องควบคุมค่าพีเอช ให้อยู่ในช่วง 6.6-7.8 โดยค่าพีเอชที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแบคทีเรียในระบบผลิตก๊าซชีวภาพจะอยู่ในช่วง 7.0-7.2

3. ปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ (Organic Loading) จะต้องควบคุมให้เหมาะสม เนื่องจากหากป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบน้อยเกินไปก็จะทำให้ไม่เพียงพอต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ และทำให้ถังปฏิกิริยามีขนาดใหญ่โดยไม่จำเป็น การป้อนขยะอินทรีย์ควร ทำต่อเมื่อค่าพีเอชเท่ากับ 6.8

4. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ของอินทรียวัตถุใช้ย่อยสลายจุลินทรีย์ เนื่องจากคาร์บอนจะถูกนำไปใช้เป็นพลังงานของจุลินทรีย์ และไนโตรเจนจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างเซลล์ปกติ จุลินทรีย์จะใช้คาร์บอนมากเป็น 10-30 เท่าของไนโตรเจน การย่อยสลายจึงสมดุล

5. ระยะเวลาเก็บกักขยะอินทรีย์ในถังหมัก (Retention Time) จะขึ้นกับอุณหภูมิในการเดินระบบ ชนิด ลักษณะสมบัติและปริมาณของสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ นอกจากนี้ ยังขึ้นกับต้นทุน ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยขนาดของถังหมักที่เพิ่มขึ้นจะหมายถึงต้นทุนที่เพิ่มขึ้น

6. สารอาหาร (Nutrient) แบคทีเรียต้องการสารอาหารในการเจริญเติบโตที่นอกเหนือจากคาร์บอน และไฮโดรเจน ได้แก่ ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และธาตุอื่นๆ ที่จำเป็นในปริมาณน้อย เช่น เหล็ก แมกกานีส โมลิบดินัม สังกะสี โคบอลท์ เป็นต้น

7. สารยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (Inhibitory Factors) โลหะหนัก สารพิษ และสารปฏิชีวนะต่างๆ รวมทั้งสามารถยับยั้งกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพของแบคทีเรียได้ และอาจทำให้ระบบล้มเหลวได้

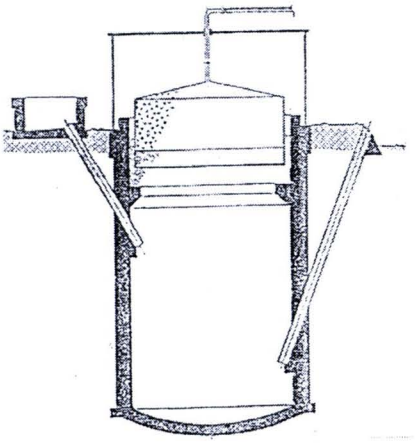
8. การคลุกเคล้า (Mixing) การคลุกเคล้าสารอินทรีย์ภายในถังหมักมีความสำคัญมาก เนื่องจากจะทำให้สารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ถังหมักได้สัมผัสกับแบคทีเรียอย่างทั่วถึง

2.2.2 เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับมูลสัตว์ที่ใช้ในประเทศไทย

เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับมูลสัตว์ที่ใช้อยู่ในประเทศ [2, 8] สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้าหรือบ่อหมักของแข็ง

1. บ่อหมักช้าแบบถังลอย (Floating Drum Digester) บ่อหมักชนิดนี้เป็นรูปแบบที่นำมาจากประเทศอินเดีย ลักษณะส่วนใหญ่จะเป็นรูปทรงกระบอก ฝังอยู่ใต้พื้นดินทำหน้าที่หมักมูลสัตว์และของเหลวให้เกิดก๊าซชีวภาพ แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 บ่อหมักช้าแบบถังลอย (Floating drum digester) เป็นบ่อหมักแบบช้าเหมาะสำหรับใช้มูลสัตว์ต่างๆ เป็นอินทรียวัตถุในการหมัก [2]

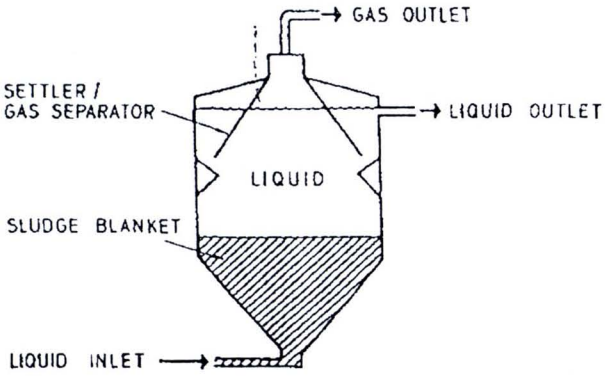
2. บ่อหมักช้าแบบโดมคงที่ (Fixed dome digester) บ่อหมักแบบนี้รูปแบบและหลักการทำงานมาจากประเทศจีนลักษณะบ่อหมักส่วนใหญ่สร้างด้วยคอนกรีต หรือก่ออิฐโบกปูนฝังอยู่ในดินมีท่อเพื่อเติมมูลสัตว์และท่อให้มูลสัตว์ไหลออก ส่วนเก็บก๊าซจะสร้างด้วยคอนกรีต หรือ ก่ออิฐฉาบปูนติดกับตัวบ่อหมัก ทำให้แรงดันของก๊าซไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับปริมาตรของก๊าซภายในบ่อ

3. บ่อหมักช้าแบบราง (Plug Flow digester) เป็นบ่อซึ่งก่อสร้างด้วยคอนกรีต ตัวบ่อมีรูปร่างยาวคล้ายรางหรือคลองส่งน้ำซึ่งมีชื่อเรียกว่า Channel Digester ส่วนบนบ่อหมักมีพลาสติกคลุมเพื่อใช้เก็บก๊าซชีวภาพ ตัวบ่อหมักจะถูกฝังอยู่ในดิน มีท่อเติมมูล และท่อนำมูลออกอยู่ทางหัวและท้ายบ่อ เนื่องจากใช้พลาสติกเป็นตัวเก็บก๊าซ

4. บ่อแบบ Cover Lagoon รูปแบบของระบบนี้ได้นำรูปแบบถุงยางเก็บก๊าซของบ่อแบบ Plug Flow มาสร้างครอบไปบนบ่อรวบรวมมูลสัตว์ที่มีอยู่แล้ว ซึ่งอาจเป็นบ่อคอนกรีตหรือดินขุดก็ได้ มีต้นทุนในการก่อสร้างต่ำ

กลุ่มบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบเร็วหรือบ่อบำบัดน้ำเสีย

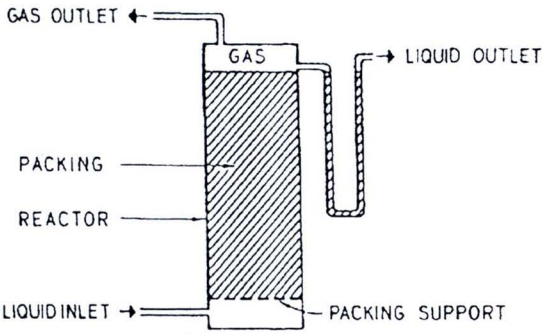
1. แบบ UASB (Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket) เป็นบ่อหมักแบบเร็วที่อาศัยการพัฒนาโครงสร้างของกลุ่มแบคทีเรียในบ่อหมัก โดยน้ำเสียจะถูกสูบเข้าที่ก้นถัง ตะกอนแบคทีเรียที่ก้นถังแบ่งเป็น 2 ชั้น ชั้นล่าง เป็นตะกอนเม็ด ขนาด 2-5 mm เป็นแบคทีเรียใยยาว เกาะกันมีความหนาแน่นสูง ส่วนชั้นบนเรียกว่า Sludge Blanket ส่วนบนของบ่อหมัก UASB จะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า Gas Solid Separator ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 บ่อหมักแบบ UASB (Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket) เป็นบ่อหมักแบบเร็ว [8]

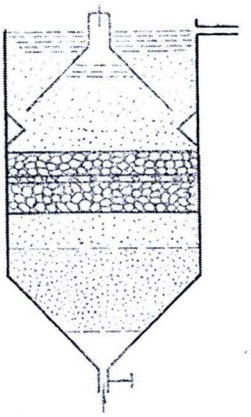
2. แบบ H-UASB (High suspension solid-Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket) เป็นแบบบ่อหมักที่พัฒนาจากระบบ UASB เพื่อแก้ปัญหาการอุดตันระบบหัวจ่ายน้ำของ UASB เนื่องจากตะกอนของมูลสัตว์ โดยนำบ่อปรับสภาพ จากระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมมาใช้ พร้อมกับเรียกชื่อใหม่ว่า Buffer tank ทำหน้าที่แยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสียและมูลสัตว์ ให้มีปริมาณน้อยที่สุด พร้อมกันนี้ยังได้นำแผ่นยาง PE ที่ใช้คลุมบ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบราง มาคลุมบน Buffer tank ทำหน้าที่เก็บก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากระบบ UASB

3. แบบตัวกลางกรอง (Anaerobic Filter) มีลักษณะเป็นบ่อหรือถังปิดภายในบรรจุด้วยตัวกลาง ที่มีพื้นที่จำเพาะสูงเพื่อให้เมือกแบคทีเรียเกาะ และมีช่องว่างสูงเพื่อป้องกันการอุดตัน น้ำเสียที่ปล่อยเข้าบ่อ จะป้อนทางด้านบนให้ไหลลงก้นถัง หรือจะให้ไหลเข้าจากก้นถังขึ้นข้างบนถัง ก็ได้แสดงไว้เป็นตัวอย่างรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ถังหมักแบบตัวกลางกรองที่ด้านในบรรจุวัสดุตัวกลางให้แบคทีเรียยึดเกาะได้ [8]

4. แบบลูกผสม (Hybrid digester) เป็นบ่อที่นำข้อดีของระบบหลายรูปแบบมาปรับปรุงและใช้รวมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ เช่น นำระบบ UASB มารวมกับ AF เป็นต้น แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 บ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบลูกผสม (Hybrid digester) [2]

2.2.3 การออกแบบถังหมักก๊าซชีวภาพ

การออกแบบถังหมักก๊าซชีวภาพ [9] แบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ดังนี้

1. การออกแบบถังหมักก๊าซชีวภาพขนาดถังหมัก 2 ลิตร

ในการทดสอบหมักก๊าซในห้องปฏิบัติขนาดถังหมัก 2 ลิตร มีการตรวจสอบปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ ได้แก่ ควบคุมอุณหภูมิในช่วงเวลาการหมักทดสอบเปรียบกับการไม่ควบคุมอุณหภูมิ ค่าพีเอชที่มีเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาการหมัก

2. การออกแบบถังหมักก๊าซชีวภาพขนาดถังหมัก 40 ลิตร

โดยนำผลการทดลองการหมักในถังหมักขนาด 2 ลิตรมาขยายขนาดถังหมัก เพื่อหาปริมาณก๊าซที่เกิดต่อขนาดถังหมักก๊าซชีวภาพ โดยใช้การหมักแบบเติมอาหารกึ่งต่อเนื่อง ทำให้ระยะเวลาการผลิตก๊าซชีวภาพเกิดได้อย่างต่อเนื่องและสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพจะเพิ่มการกวนอินทรียวัตถุจำพวกมูลสัตว์ และใช้ฟางข้าวเพื่อให้แบคทีเรียมีเทนยึดเกาะภายในถังหมักได้ ข้อมูลที่ได้จะใช้ขยายขนาดถังหมักก๊าซชีวภาพเพื่อนำเชื้อเพลิงที่ได้ใช้ให้ความร้อนกับเครื่องฟักไข่

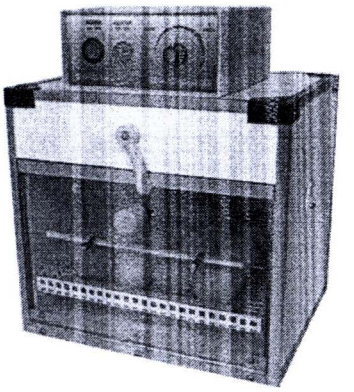
3. การออกแบบถังหมักก๊าซชีวภาพขนาด 200 ลิตร

ซึ่งสามารถสร้างขึ้นเองได้ จากอุปกรณ์ที่ไม่ได้ใช้แล้วเช่น ถังพลาสติกขนาด 200, 120, 100 และ 50 ลิตร สายยางพลาสติก ฟางข้าว และมูลนกพิราบ เป็นต้น เป็นการหมักแบบเติมอาหารกึ่งต่อเนื่อง สามารถเติมอาหารได้ตามช่วงการหมัก ซึ่งเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะต่ออุปกรณ์ให้ความร้อนกับเครื่องฟักไข่ เป็น 2 รูปแบบ คือ การเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพมาให้ความร้อนโดยการต้มน้ำ เพื่อเก็บน้ำร้อนเข้าระบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถดึงความร้อนมาใช้งานในช่วงกลางคืน

2.3 ตู้ฟักไข่ในปัจจุบัน

2.3.1 ตู้ฟักไข่แบบถาดไข่ชั้นเดียว

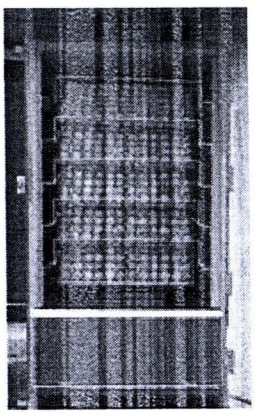
ตู้ฟักไข่แบบนี้เป็นตู้ฟักไข่ขนาดเล็ก มีถาดสำหรับใส่ไข่ฟักชั้นเดียว สามารถฟักไข่ได้ครั้งละไม่มากนัก ประมาณ 50-150 ฟอง แสดงไว้ในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ตู้ฟักไข่ขนาดเล็ก มีถาดสำหรับใส่ไข่ฟักชั้นเดียว [10]

2.3.2 ตู้ฟักไข่ขนาดใหญ่ (Cabinet Type Incubator)

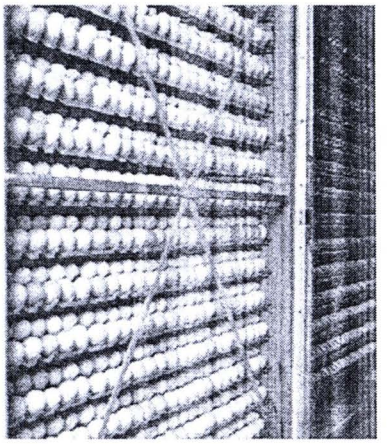
ตู้ฟักไข่ขนาดใหญ่นี้ ลักษณะเป็นตู้สามารถใส่ไข่ฟักได้ครั้งละเป็นจำนวนมาก (ประมาณ 500-12,000 ฟอง) ลักษณะของตู้ฟักไข่ขนาดใหญ่แสดงไว้ในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 เครื่องฟักไข่ขนาด 720 ฟอง ของ ชาญวิทย์ อุดมศักดิกุล [11]

2.3.3 ตู้ฟักแบบห้องฟักไข่ (Walk In Incubator)

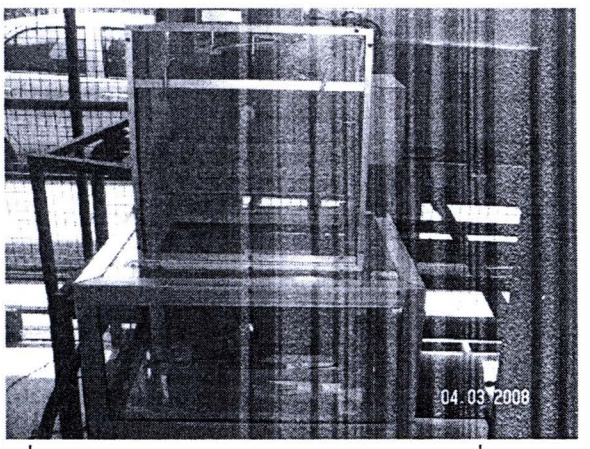
ตู้ฟักไข่แบบนี้ มีลักษณะเป็นห้องขนาดใหญ่ ในห้องฟักไข่แต่ละห้องนั้นสามารถบรรจุไข่ฟักได้ถึง 77,760 ฟอง แบ่งเป็น 2 ส่วน คือห้องฟักไข่มีความจุ 74,800 ฟอง และห้องเกิดลูกไก่มีความจุ 12,960 ฟอง ตัวอย่างโรงฟักไข่แบบห้องฟักไข่ 6 ห้อง แสดงไว้ในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การฟักไข่โรงฟักไข่ที่มีห้องฟักขนาดใหญ่ [11]

2.4 การพัฒนาเครื่องฟักไข่

นำเครื่องฟักไข่ที่ขนาดการฟัก 24 ฟอง ของ ชาญวิทย์ อุดมศักดิกุล และ รศ.ดร.ศิริชัย เทพา ซึ่งเป็นงานวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาเครื่องฟักไข่พลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 720 ฟอง นำมาปรับปรุงเพื่อให้ใช้ในงานวิจัย ซึ่งมีส่วนประกอบต่างๆได้แก่ อุปกรณ์ให้ความร้อน (Heater) ช่องวางไข่ 24 ฟอง ขนาดตู้เท่ากับ 35x35 x40 cm^3 แสดงไว้ดังรูป 2.11



รูปที่ 2.11 เครื่องฟักไข่ขนาด 24 ฟอง นำมาปรับปรุงเพื่อใช้ในงานวิจัย [11]

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับก๊าซชีวภาพ (Biogas)

ประทิน กุลละวณิชย์ และคณะ[12] ได้ทำผลการศึกษา รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลด้านสถานภาพและศักยภาพของเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพพบว่า ประเทศไทยมีแหล่งชีวมวลที่นำมาผลิตเป็นพลังงานก๊าซได้ราว 2,100 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ในปัจจุบันนำมาใช้ประโยชน์แล้วประมาณ 18% ผ่านระบบผลิต

ก๊าซชีวภาพแบบต่างๆ กว่า 2,300 แห่ง ผลิตก๊าซได้ประมาณ 380 ล้าน ลบ.ม. จากชีวมวลหลักๆ คือ น้ำเสียจากการผลิตแป้งมันสำปะหลัง (53%) มูลสุกร (39%) อื่นๆ (8%) โดยมากกว่าร้อยละ 70 ของระบบที่ใช้เป็นระบบขนาดเล็กแบบโดมคงที่ซึ่งนิยมใช้ในฟาร์มสุกรและโคนม

Les E. Leggett และคณะ [13] ได้สรุปเกี่ยวกับพลังงานที่ได้จากมูลสัตว์ชนิดต่างๆว่า จะเกิดขึ้นมากน้อยขึ้นอยู่กับ Micoorganism เป็นแบคทีเรียขนาดเล็กที่อยู่ในมูลสัตว์แต่ละชนิด ร่วมถึงปัจจัยแวดล้อมต่างๆที่เกี่ยวข้องในการหมักเพื่อให้แบคทีเรียสร้างมีเทนทำงานได้ ภายใต้รูปแบบการเติมอาหารและการดูแลการหมักก๊าซชีวภาพที่ถูกต้อง

Asifo O Ajuyah [14] มูลสัตว์ที่ถูกย่อยสลายจากขบวนการทางแบคทีเรียจะยังคงมีธาตุอาหารอยู่ได้แก่ N, P_2O_5, K_2O เกิดขึ้นใน มูลวัว มูลสุกร มูลแกะ มูลแพะ และมูลของสัตว์ปีก

V.K. Sharma และคณะ [15] ได้ทดลองการหมักของเสียกึ่งของแข็งโดยใช้ถังหมักแบบ Plug- Flow ได้ผลไม้เน่าเสีย เสียผักในตลาด ของเหลือจาก Supermarkets มาผสมกันในขบวนการการหมักก๊าซชีวภาพสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้

Gerry Baron [16] ได้ใช้ประโยชน์จากผ้าใบพลาสติกมาทำเป็นถังหมักโดยเริ่มจากขนาดเล็ก 200 L ซึ่งใช้เศษผักเน่าเสียก่อน จากนั้นจึงเพิ่มขนาดถังหมักแบบผ้าใบพลาสติกให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเป็น 10 m^3 โดยใช้มูลไก่ในฟาร์มเป็นอินทรียวัตถุในการหมักให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงที่ 30-40 °C ซึ่งได้ศึกษาการหมักก๊าซชีวภาพในห้องปฏิบัติการก่อนแล้ว ได้นำขั้นตอนและวิธีการหมักมาใช้ประโยชน์ได้จริง

B Pound และ Done F [17] ใช้ถังหมักทดลองเป็นขวดแก้วเพื่อใช้พิจารณาในขั้นตอนการหมัก โดยนำกากน้ำตาลที่ได้จากโรงงานหีบอ้อยมาผสมกับมูลสัตว์ ทดสอบค่า pH ในการหมักอินทรียวัตถุผสม ซึ่งมีค่า pH ลดลงจาก 4.6 เป็น 4.4 ซึ่งขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพสามารถเพิ่มปริมาณก๊าซชีวภาพได้

Ahlem Saddoud และคณะ [18] ใช้เนยแข็งมาทดลองการหมักแบบแยกเฟสเป็น 2 ขั้นตอน ส่วนแรกขบวนการแบคทีเรียส่วนที่เป็นกรด Acidogenic อยู่ในถังหมุนกวนและส่วนที่สองเฟสขบวนการผลิตแบคทีเรียมีเทน Methanogenic อยู่ในถังหมุนกวนเช่นกัน ที่ HRT 1 วัน ได้กรดอินทรีย์สูงสุด 52.2 % แยกเป็นกรดไขมันระเหย 5 g/l กรดอะซิติก 63.7% และกรดโปรตีนนิก 24.7% ส่วนของเฟสถังหมักแบคทีเรียมีเทนที่ภาระ load 19.7 g COD/l d ,ที่ HRT 4 วัน สามารถลดค่า COD ได้ถึง 79% และ BOD ได้ 83% ให้ $\%CH_4$ ได้ที่ 70%

Jewell และ Wujcikit [19] ได้ทำการทดลองโดยใช้ของเสียจากการเกษตร เช่น มูลสัตว์ ฟางข้าว และข้าวโพด โดยใช้ถังหมักแบบ Batch อย่างง่าย พบว่ามีการผลิตแก๊สมีเทนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แม้จะมีปริมาณ Total Solids มากถึง 50% แต่ประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อถึงระดับ Total Solids มากกว่า 32.5% และได้ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 35 °C เพื่อหาผลกระทบของความชื้นและสารเคมีอื่นๆ เช่น แอมโมเนีย พบว่า ในระยะเวลาการหมัก 160 วัน เมื่อใช้มูลสัตว์และฟางข้าวผสมกันที่ปริมาณ Total Solids ประมาณ 25% มีอัตราการผลิตแก๊สมีเทนประมาณ 50-60%

Alvarez และ Liden [20] ได้ศึกษาขบวนการหมักแบบกึ่งต่อเนื่อง โดยใช้มูลสัตว์ น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ และผักผลไม้ มาหมักในถังหมัก 2 ลิตร ที่อุณหภูมิ 35 °C ในห้องปฏิบัติการ ที่อัตราการป้อนอาหาร 0.3-1.3 kgของของแข็งระเหยต่อหนึ่งลูกบาศก์เมตรต่อวัน พบว่าได้ก๊าซปริมาณ 0.3 m^3 ต่อกิโลกรัมของกรดไขมันระเหย และ $\%CH_4$ ที่ได้ 54-56% จากนั้นเขาจึงนำมูลสุกรมาผสมกับเศษผักและผมไม้ โดยป้อนอัตราส่วน 1.1-1.6 ลิตรต่อวัน พบว่าได้ $\%CH_4$ ประมาณ 50-67% ทำการหมักเป็นเวลา 60 วัน ได้ก๊าซอยู่ที่ 0.27-0.35 m^3ต่อกิโลกรัมของของแข็งระเหย และการระเหยของแข็งลดลงจากเดิมได้ 50%เป็น 67%

Fezzani และ Cheikh [21] ได้ศึกษาการหมักก๊าซชีวภาพในช่วงอุณหภูมิ Thermophilic ที่ 55 °C โดยใช้น้ำเสียจากโรงงานน้ำมันมะกอก ทดลองแบบกึ่งต่อเนื่องใช้ช่วงเวลาการหมัก 12, 24 และ36 วันโดยป้อนน้ำเสียจากน้ำมันมะกอก ระหว่าง 1.19 57 ถึง 10.84 กรัมของ COD ต่อวัน ซึ่งมีความเข้มข้นของค่าCODรวมทั้งหมดอยู่ที่ 43.67 ถึง 130 ต่อลิตร โดยมีสัดส่วนของแข็งประมาณ 69% ต่อลิตร พบว่าได้ %CH4 เท่ากับ 69% จากนั้นได้ป้อนอาหารประมาณ 3.62 กรัมของ COD ต่อลิตรต่อวัน โดยบรรจุเริ่มต้นที่ 130 กรัมของ COD ต่อลิตร หมักเป็นเวลา 36 วัน ซึ่งต้องใช้พลังงานความร้อนในการหมักเท่ากับ 427 kJ ต่อวัน

Rowena และคณะ [22] ได้ศึกษาการหมักก๊าซชีวภาพจากน้ำผลไม้และตะกอนน้ำเสียจากขบวนผลิตน้ำผลไม้ โดยใช้ถังหมักแบบไบโอฟิล์มเพื่อปรับสภาพน้ำเสียและใช้เป็นพลังงานความร้อน โดยสรุปได้ว่าค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ 15 ทำให้ระบบการหมักน้ำเสียจากขบวนการผลิตน้ำผลไม้ทำงานได้

Colin และคณะ [23] ได้ศึกษาการหมักก๊าซชีวภาพขนาดเล็กประเภทน้ำเสียในประเทศโคลัมเบีย เพื่อลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมของคนในชุมชน โดยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการใช้น้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังที่มีตะกอน ทำการหมักเป็นเวลา 6 เดือน พอสรุปได้ว่าถังหมักก๊าซขนาดเล็ก แบบถังหมักวางแนวนอนใช้ไบโอฟิล์ม สามารถลดปัญหาน้ำเสียในประเทศโคลัมเบียได้

Ndegwa และคณะ [24] ได้ศึกษาการหมักก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์เพื่อช่วยลดผลเสียด้านสิ่งแวดล้อมและนำพลังงานความร้อนมาใช้ประโยชน์ ใช้รูปแบบการหมักแบบไหลวนจากบนลงล่างถังหมักโดยใช้ปั๊มน้ำ (ASBR) ให้ระบบทำงานได้รอบการหมักทั้งหมด 4 แบบ เพื่อพิจารณา อุณหภูมิ ค่า%CH4 ค่ากรดไขมันระเหยที่ลดได้ ตรวจสอบกลิ่นที่ลดลง

Bernd Linke [25] ทำการศึกษาอุณหภูมิการหมักก๊าซชีวภาพที่อุณหภูมิ Thermophilic โยใช้ของเสียจากโรงงานทำมันฝรั่ง รูปแบบการหมักใช้วิธีกวนด้วยใบพัดในถังหมักที่อุณหภูมิ 55 °C เพื่อต้องการทราบอัตราการป้อนของเสียที่เหมาะสมในการผลิตไบโอก๊าซ รวมทั้ง ค่า $\%CH_4$ ด้วย โดยเริ่มจากอัตราการป้อนของเสียที่ 0.8 กรัมต่อลิตรต่อวัน ถึง 3.4 กรัม ต่อลิตร ต่อวัน ได้ก๊าซ 0.85 ลิตร ต่อวัน ถึง 0.65 ลิตร ต่อวัน และค่า $\%CH_4$ ได้ 58-50%

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ - 1 ต.ค. 2555
เลขทะเบียน 246491
เลขเรียกหนังสือ

ภาวิณี ชัยประเสริฐ และคณะ [26]ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ คือ การเพิ่มอัตราการวนน้ำ และการเพิ่มความหนาของชั้นมูลสุกรในถังปฏิกรณ์ผลิตกรดอินทรีย์ ได้สรุปไว้ว่าสภาวะที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้ อยู่ที่อัตราการวนน้ำ 6 L/day ความหนาชั้นมูลสุกร 10 cm โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี สารอินทรีย์ระเหย (volatile solid) และของแข็ง ในถังปฏิกรณ์ผลิตกรดอินทรีย์ เป็นร้อยละ 54, 38 และ 33 ตามลำดับ

นุษรา สินบัวทอง [27] ได้ศึกษาการทำงานของถังหมักไร้อากาศชนิดที่มีตัวกลางยึดเกาะในการบำบัดของเสียจากโค ได้สร้างถังหมักไร้อากาศ ขนาด 10.2 ลิตร จำนวน 4 ถัง บรรจุตัวกลางตาข่ายพลาสติกชนิดพลางแสงแดด ความเข้มข้นมูลโคผสมที่เลือกใช้ อยู่ระหว่าง 5-20% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร การป้อนมูลโคเข้าระบบเป็นแบบกึ่งต่อเนื่องคือทำการเติมทุกวัน ด้วยอัตราคงที่ 1.02 L/day ที่สภาวะการทดลองอุณหภูมิ 30-33 °C ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์มีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นไปจากความเข้มข้นมูลโคผสม 10% ความสัมพันธ์ของก๊าซมีเทนที่เกิดต่อน้ำหนักมูลสารอินทรีย์ที่เติมเข้าระบบมีค่าเฉลี่ย 0.277 L/g BOD 0.051 L/gCOD 0.055 L/gTS และ 0.087 L/gTVS และความสัมพันธ์ของก๊าซมีเทนที่เกิดต่อน้ำหนักมูลสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดมีค่าเฉลี่ย 0.345 L/gBOD 0.082 L/gCOD 0.090 L/gTS และ 0.147 L/gTVS

ชินพงศ์ วงศ์ใน และคณะ [28] ได้ศึกษา ถังปฏิกรณ์ไม่ใช้อากาศแบบลูกผสมที่อาศัยการทำงานระหว่างระบบกักเก็บจุลินทรีย์แบบตรึงฟิล์มและแบบ UASB ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จากศึกษาพบว่าถังปฏิกรณ์แบบลูกผสมสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (OLR) และระยะการกักเก็บของเหลว (HRT) เท่ากับ 10.4 kgCOD/m^3/day และ 7.5 วันตามลำดับ สรุปว่า ถังปฏิกรณ์แบบลูกผสมมีประสิทธิภาพสูงเหมาะสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพและบำบัดน้ำเสีย

พิชิต สกุลพราหมณ์ มงคล โฉมงาม และคณะ [29] ได้ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์โดยการหมักอินทรียวัตถุให้เกิดการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ไม่ต้องการอากาศ ได้สรุปไว้เป็นตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการหมักด้วยอินทรียวัตถุชนิดต่างๆ ในระยะเวลา 21 วัน

อินทรียวัตถุ	ก๊าซ/อินทรียวัตถุ (ลิตร/ลิตร)	ก๊าซ/น้ำหนักของของแข็ง(L/kg)
มูลกระบือ	8.42	61.00
มูลโค	6.60	42.27
มูลม้า	6.66	74.72
มูลสุกร	2.62	6.67
หญ้า	7.54	50.21
ผักตบชวา	6.68	53.64
ผักตบชวา + มูลเป็ด	7.26	36.54

บุญมา ป้านประดิษฐ์ [30] ได้ศึกษาวิจัยถังหมักเพื่อเปลี่ยนสารอินทรีย์ ให้กลายเป็นก๊าซชีวภาพที่สามารถจุดติดไฟได้ ตัวระบบประกอบด้วย 2 ถัง ได้แก่ ถังสำหรับทำปฏิกิริยา และถังเก็บก๊าซ

กระบวนการเกิดก๊าซของถังหมักเลียนแบบการทำงานของกระเพาะอาหารของมนุษย์ กากจากการหมักใช้เป็นปุ๋ยน้ำถังขนาด 200 L จะได้ก๊าซชีวภาพ CH_4 55% ประมาณ 60 L/day

2.5.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องฟักไข่

วุฒิ พันธุมนาวิน และคณะ [31] ได้พัฒนาเครื่องฟักไข่ด้วยก๊าซชีวภาพ ขนาดเครื่องฟักไข่ 0.60 x 0.70 x 0.75 m^2 ซึ่งสามารถฟักไข่ได้เต็มที่ 216 ฟองได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยการใช้วัสดุท้องถิ่นเป็นองค์ประกอบ เครื่องฟักไข่นี้ใช้ก๊าซชีวภาพ เป็นแหล่งพลังงานความร้อน ซึ่งถูกนำไปต้มน้ำในหม้อต้มน้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 85 °C ไหลหมุนเวียนในท่อทองแดงยาว 15 m การควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องฟักและการควบคุมการใช้ก๊าซชีวภาพถูกกระทำโดยเครื่องเทอร์โมสตัท และโซลีนอวาล์ว การฟักไข่ที่ให้ผลดี ต้องกระทำ ณ อุณหภูมิประมาณ 38 °C ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้ ได้อุณหภูมิภายในตู้ฟัก 35-41 °C

สมคิด สลัดยะนันท์ และคณะ [32] ได้ศึกษาเครื่องฟักไข่ใช้ก๊าซชีวภาพ โดยศึกษาความเป็นไปได้ในการนำก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพมาเป็นแหล่งพลังงานให้ความร้อนกับตู้ฟักไข่ที่ใช้กระแสไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงาน และทำการทดสอบเปรียบเทียบในการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพของตู้ฟักไข่ และประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ ระหว่างพลังงานไฟฟ้า ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ จากการดำเนินการทดลองฟักไข่ไก่ 30 ฟอง ใช้เวลาฟักไข่ 490 hr ติดต่อกันในการฟักไข่แต่ละครั้ง ปรากฏผลเปรียบเทียบ การใช้พลังงานเฉลี่ย 0.054 kW-hr, 0.038 kg และ 132.1 L ตามลำดับ ประสิทธิภาพของตู้ฟักไข่ 89%, 17% และ 18% ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายเฉพาะค่าพลังงาน 0.09 Bath/hr 0.44 Bath/hr และ 0.30 Bath/hr สำหรับ กระแสไฟฟ้า ก๊าซหุงต้ม และก๊าซชีวภาพ เรียงตามลำดับ

พงศ์สวัสดิ์ สวัสดิภาพ [33] ได้ศึกษาการฟักไข่ด้วยเครื่องฟักไข่เทอร์โมอิเล็กตริก โดยใช้ตู้ฟักไข่ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดทั่วไปขนาดความจุ 36 ฟอง โดยมีการติดตั้งชุดเทอร์โมอิเล็กตริกอยู่บนตู้ประกอบด้วยพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 500 mm ที่ด้านร้อน และ 200 mm ที่ด้านเย็น สำหรับการควบคุมความชื้นจะวางถาดน้ำขนาด 0.08 x 0.05 m^2 ไว้ด้านล่างภายในตู้ ผลการทดสอบ พบว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องให้อยู่เกณฑ์มาตรฐานการฟักไข่ ซึ่งอุณหภูมิอยู่ในช่วง 37.7-38 °C และความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องอยู่ช่วง 60-65%

2.5.3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ชาญวิทย์ อุดมศักดิกุล [34] ได้พัฒนาเครื่องฟักไข่พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งน้ำร้อนที่ได้ขึ้นอยู่กับความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนตัวรับรังสี น้ำร้อนที่ออกจากตัวรับรังสีจะมีอุณหภูมิสูง ไหลเวียนแบบธรรมชาติเข้าสู่ถังเก็บน้ำร้อนได้เร็วขึ้น อุณหภูมิเครื่องทำน้ำร้อนทำงานที่ช่วง 50-70 °C ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำร้อนก่อนน้ำร้อนไปใช้งานเท่ากับ 35.5% เมื่อดึงน้ำร้อนไปใช้งานกับเครื่องฟักไข่เฉลี่ยเหลือ 23.9% ที่อุณหภูมิน้ำร้อนใช้งาน 50-70 °C การออกแบบอุปกรณ์ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนมีประสิทธิภาพ 33.3% สามารถทำอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในเกณฑ์การฟักไข่ได้ ซึ่งอุณหภูมิในเครื่องฟักไข่อยู่ช่วง 37-39 °C และความชื้นภายในเครื่องฟักไข่อยู่ในช่วง 60-80%