

# การเพิ่มคุณภาพวัสดุเหลือทิ้งจากฟาร์มจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่อัดเม็ด

## UPGRADING WASTE FROM CROCODILE MIXED BAMBOO BAMBOO SAWDUST PELLET

ปัทมา สรสนิธ และชานนท์ บุญมีพิพิธ\*

Pattama Sornsanit and Chanon Bunmephiphit\*

### บทคัดย่อ

กระบวนการอัดเม็ดชีวมวลเป็นกระบวนการเพิ่มความหนาแน่นให้กับชีวมวล ส่งผลให้ชีวมวลมีคุณสมบัติทางภาพและเคมีเพิ่มสูงขึ้น งานวิจัยนี้จึงได้นำจากมูลจระเข้ซึ่งเป็นของเสียจากฟาร์มจระเข้ผสมกับขี้เลื่อยไม้ไผ่จากหัตถกรรมจักสานในท้องถิ่น ผลิตเป็นชีวมวลอัดเม็ดเพื่อลดปัญหาของกลิ่นและการกำจัดตะกอนของบ่อจระเข้ และลดการเผาทำลายขี้เลื่อยไม้ไผ่ ผลการทดสอบพบว่าการอัดเม็ดมูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่อัดเม็ดมีคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนาแน่นเพิ่มขึ้นสูงถึง 875.70 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ความชื้น 20% อัตราส่วนมูลจระเข้ต่อขี้เลื่อยไม้ไผ่ 1:0, 20CS10) คุณสมบัติทางเคมีมีความชื้น สารระเหย และปริมาณเถ้าต่ำ คือ 10.37% 26.29% และ 28.10% ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้คาร์บอนคงตัวและค่าความร้อนสูง คือ 34.19% และ 13.85 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตความร้อนได้ การผลิตมูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่อัดเม็ดสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ลดกลิ่นเหม็น และปริมาณกากตะกอนน้ำเสียในบ่อจระเข้ได้ และยังเป็นกระบวนการจัดการบริหารของบ่อจระเข้ที่มีคุณภาพ รวมถึงลดการเผาทำลายชีวมวลภายในท้องถิ่นได้อีกทาง

**คำสำคัญ:** มูลจระเข้ ขี้เลื่อยไม้ไผ่ ชีวมวล เชื้อเพลิงอัดเม็ด

วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

Rattanakosin College for Sustainable Energy and Environment, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Phutthamonthon District, Nakhon Pathom Province 73170

\*corresponding author e-mail: chanon.bun@rmutr.ac.th

Received: 23 September 2021; Revised: 23 February 2022; Accepted: 23 February 2022

DOI: <https://doi.org/10.14456/lsej.2022.16>

## Abstract

Biomass pelleting process is the process of increasing the density of the biomass. It has higher values of the physical and chemical properties. This research used crocodile manure which is the waste from crocodile farms mixed with bamboo sawdust from local wicker crafts. The mixed crocodile-bamboo sawdust pellets can reduce the problem of smell and sludge of the crocodile farm and decrease the burning of bamboo sawdust. The results showed that, the crocodile manure mixed with bamboo sawdust pellets increased the density up to 875.70 kg/m<sup>3</sup> (moisture content 20%, ratio of crocodile manure and bamboo sawdust 1:0, 20CS10) The lower value chemical properties including moisture content, volatile matter and ash content were of 10.37%. 26.29% and 28.10%, respectively While the fixed carbon and calorific value were 34.19% and 13.85 mega joules/kg, respectively which were found to be high. It can be utilized as a fuel for generation. The crocodile manure mixed bamboo sawdust pellets can reduce environmental impacts such as smell and sludge in the crocodile farm. It is also the management process of quality crocodile farm. Moreover, it reduces the burning of biomass in the local.

**Keywords:** Crocodile manure, Bamboo sawdust, Biomass, Pellet

## บทนำ

สถานการณ์การใช้พลังงานในปัจจุบันมีการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อคิดสัดส่วนการใช้พลังงาน พบว่าการผลิตพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ของประชากรทำให้ประเทศมีการนำเข้าเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานอย่างต่อเนื่อง กระทรวงพลังงานจึงได้กำหนดแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579 เพื่อลดการใช้พลังงานร้อยละ 30 ในปี พ.ศ. 2579 เทียบกับ ปี พ.ศ. 2553 โดยคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ในปี พ.ศ. 2579 มีการใช้พลังงาน 131,000 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ โดยแบ่งเป็นพลังงานไฟฟ้า 27,789 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ พลังงานความร้อน 68,413 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ และการใช้เชื้อเพลิงในภาคขนส่ง 34,798 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ โดยทั้งนี้จะต้องมีการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในการผลิตไฟฟ้า 5,570 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ และการผลิตความร้อน 22,100 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการใช้พลังงานของประชากร และเป็นการส่งเสริมพลังงานจากวัตถุดิบพลังงานทดแทนที่มีอยู่ในประเทศให้มีศักยภาพในการผลิตพลังงานทดแทนอย่างมีประสิทธิภาพ (Energy Policy Planning Office, 2015) ดังนั้นการส่งเสริมให้มีการใช้ชีวมวลที่มีในท้องถิ่นจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งสำหรับผลิตเป็น

พลังงานทดแทนหรือพลังงานทางเลือก เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีชีวมวลในปริมาณสูง ทั้งนี้จะต้องพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ เพื่อนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน โดยจะต้องพิจารณาจากราคาที่ถูก มีปริมาณที่เพียงพอ สามารถหาได้ภายในท้องถิ่น และใช้กระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน (Napada et al, 2020)

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมซึ่งภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร หรือการตัดแต่งต้นไม้จะพบเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรเป็นจำนวนมาก โดยเรียกว่า ชีวมวล ตัวอย่างเช่น ชี้อเลื้อย กะลาปาล์ม ขุยมะพร้าว ชังข้าวโพด ไม้ รวมถึงมูลสัตว์ต่าง ๆ ซึ่งเศษวัสดุเหล่านี้มีข้อจำกัดในด้านลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน และมีความหนาแน่นต่ำ ทำให้ยากต่อการเก็บรวบรวม ต้องใช้พื้นที่ในการจัดเก็บมาก การแปรสภาพเป็นชีวมวลอัดเม็ดจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มคุณภาพของชีวมวล โดยชีวมวลอัดเม็ดจะมีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอกมีความหนาแน่นสูง ให้มีพลังงานความร้อนสูงไม่น้อยกว่า 14.5 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ตามมาตรฐานชีวมวลอัดเม็ด (TIS 2772-2560) นอกจากนี้จะต้องสะดวกต่อการจัดเก็บ การขนส่ง และง่ายต่อการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (Si et al, 2016)

งานวิจัยที่ผ่านมาเริ่มมีการศึกษาการผลิตชีวมวลอัดเม็ดจากชีวมวลที่มีความหลากหลายมากขึ้น โดยเริ่มหันมาสนใจนำมูลสัตว์มาผลิตเป็นชีวมวลอัดเม็ด ยกตัวอย่างเช่น มูลสุกร มูลไก่ และมูลวัว เป็นต้น (Yuvarat et al., 2018; Supattra et al., 2018) ปัจจุบันกระบวนการเพาะเลี้ยงจระเข้เริ่มมีผลต่อมูลค่าทางเศรษฐกิจระดับสูง และระบบการจัดการเลี้ยงจระเข้ต้องมีการทำความสะอาดและเปลี่ยนน้ำทุกวันเพื่อป้องกันผิวหนังและการติดเชื้อของจระเข้ที่เกิดจากการขับถ่ายของจระเข้ลงสู่น้ำเลี้ยงจระเข้ในทุก ๆ วัน โดยมูลของจระเข้จะผสมกับน้ำในบ่อทำให้มูลจระเข้กระจายตามน้ำและมีความชื้นสูงส่งกลิ่นเหม็น ส่งผลกระทบต่อคุณภาพผิวหนังของจระเข้ เมื่อปล่อยสู่นอกฟาร์มก็จะส่งผลกระทบต่อชุมชนและพื้นที่ใกล้เคียง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดนำกระบวนการบริหารจัดการและแปรรูปมูลจระเข้ให้มีคุณภาพโดยใช้กระบวนการอัดเม็ดชีวมวลโดยนำมูลจระเข้ตากแห้งผสมกับชี้อเลื้อยไม้ไผ่ซึ่งเป็นชีวมวลที่มีปริมาณสูงในท้องถิ่นเนื่องจากการทำหัตถกรรมจักสานไม้ไผ่ และได้ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และค่าความร้อน เพื่อเป็นปัจจัยในการพัฒนาชีวมวลอัดเม็ดต่อไป

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. กระบวนการอัดเม็ดเชื้อเพลิงจากมูลจระเข้ผสมชี้อเลื้อยไม้ไผ่

#### 1.1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบสำหรับผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ด

ชีวมวลที่ใช้ในกระบวนการอัดเม็ด ประกอบด้วย มูลจระเข้ และชี้อเลื้อยไม้ไผ่ ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 80 และ 30% ตามลำดับ ดังภาพที่ 1 A-B (Figure 1A-B) โดยนำมูลจระเข้จากบ่อจะมีความชื้นสูง จึงต้องนำไปตากแดดกลางแจ้งระยะเวลาประมาณ 3 วัน หรือจนกระทั่งแห้งสนิทแล้วจึงนำมาบดละเอียด แสดงดังภาพที่ 1A (Figure 1A) ในกระบวนการอัดเม็ดได้ทำการทดสอบการ

อัดเม็ดที่ความชื้น 20% ด้วยกระบวนการอัดร้อน ซึ่งเป็นกระบวนการขึ้นรูปเม็ดด้วยการคลุกผสมและการอบด้วยความร้อนทำให้ชีวมวลอ่อนตัวลงและถูกบีบอัดออกมาเป็นเม็ดทรงกระบอก ในการทดสอบนี้ มีการผสมมูลจระเข้และขี้เลื่อยไม้ไผ่อัตราส่วน คือ 1.0:0 (20CS10), 0.5:0.5 (20CS55), 0.6:0.4 (20CS64), 0.7:0.3 (20CS73), 0.8:0.2 (20CS82) และ 0.9:0.1 (20CS91 แสดงปริมาณของวัตถุดิบ ดังตารางที่ 1 (Figure 1)



Figure 1 A) Crocodile manure crushed B) Sawdust crushed

Table 1 Ratio of crocodile manure crushed with sawdust crushed

| Material                 | Ratio (gram) |        |        |        |        |        |
|--------------------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                          | 20CS10       | 20CS64 | 20CS73 | 20CS82 | 20CS91 | 20CS55 |
| Crocodile manure crushed | 1,000        | 600    | 700    | 800    | 900    | 500    |
| Sawdust crushed          | 0            | 400    | 300    | 200    | 100    | 500    |

## 1.2 กระบวนการอัดเม็ดมูลจระเข้ผสมและขี้เลื่อยไม้ไผ่

กระบวนการอัดเม็ดมูลจระเข้ผสมและขี้เลื่อยไม้ไผ่ โดยใช้เครื่องอัดเม็ด (pellet machine) ซึ่งเป็นเครื่องอัดชนิดร้อน มีขั้นตอนการอัด คือ 1) การอุ่นเครื่อง เพื่อให้แผ่นรังผึ้งสำหรับอัดขึ้นรูปมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 70-80 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สามารถละลายลิกนินในชีวมวลให้เป็นตัวประสานทำให้อนุภาคชีวมวลยึดเกาะกันได้ดี สามารถขึ้นรูปเป็นเม็ดเชื้อเพลิงได้ การอุ่นเครื่องจะใช้รำข้าว 1 กิโลกรัม ผสมกับน้ำมันที่ใช้แล้วป้อนเข้าเครื่องอัดเม็ดจนกระทั่งอุณหภูมิของเครื่องสูงถึง 70-80 องศาเซลเซียส 2) ทำการป้อนวัตถุดิบที่ผสมตามอัตราส่วนในตารางที่ 1 (Table 1) เข้าเครื่องอัดเม็ดจะเป็นชีวมวลอัดเม็ด ความยาว 11-13 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร แสดงดังภาพที่ 2 (Figure 2)



Figure 2 Pelleting process

## 2. การวิเคราะห์สมบัติของชีวมวลอัดเม็ด

การวิเคราะห์สมบัติของชีวมวลอัดเม็ด ได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของเม็ดเชื้อเพลิง ประกอบด้วย ลักษณะสี ลักษณะผิว ความยาว เส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดเชื้อเพลิง น้ำหนักเฉลี่ย และความหนาแน่นรวม ตามมาตรฐาน TIS 2772-2560 (Thai Industrial Standard) การวิเคราะห์ทางเคมี ได้วิเคราะห์โดยประมาณ (proximate analysis) ประกอบด้วย ค่าความชื้น สารระเหย คาร์บอนคงตัว และปริมาณเถ้า ตามมาตรฐาน ASTM D1762-84 (American Society for Testing and Materials (ASTM), 2013) และการวิเคราะห์ค่าความร้อน (Heating value: HV) ด้วยเครื่อง Bomb calorimeter ยี่ห้อ Parr 6200 Calorimeter

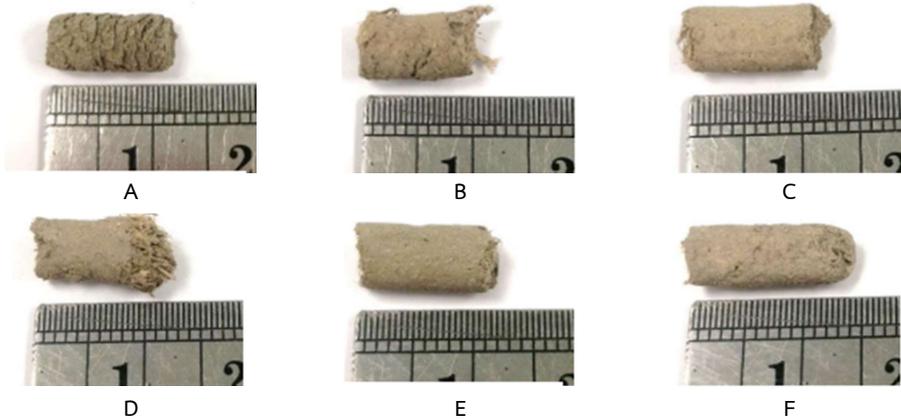
### ผลการวิจัย

#### 1. สมบัติทางกายภาพของมูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่อัดเม็ด

##### 1.1 ลักษณะของมูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยอัดเม็ด

ลักษณะทางกายภาพของมูลจระเข้อัดเม็ดแต่ละอัตราส่วน แสดงดังภาพที่ 3 (Figure 3) โดยมูลจระเข้อัดเม็ด 20CS55, 20CS64, 20CS73, 20CS82 และ 20CS91 มีลักษณะผิวที่ค่อนข้างเรียบเนียน เนื่องจากมีส่วนผสมของขี้เลื่อยไม้ไผ่ซึ่งมีโครงสร้างที่เป็นเส้นใยช่วยประสานทำให้มูลจระเข้

ยึดเกาะและจับตัวกันได้ดี ในขณะที่อัตราส่วน 20CS10 ไม่มีส่วนผสมของขี้เลื่อยไม้ฝัดส่งผลให้ลักษณะพื้นผิวค่อนข้างขรุขระ ไม่เรียบเนียน ลักษณะสีของมูลจะเข้มข้นขี้เลื่อยไม้ฝัดอัดเม็ดมีสีน้ำตาลอ่อน มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.27-0.45 กรัม ความยาวเฉลี่ยอยู่ที่ 11.70-13.70 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 6 มิลลิเมตร ซึ่งผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน TIS 2772-2560 กำหนดให้เม็ดเชื้อเพลิงมีความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.15-40 มิลลิเมตร 6-25 มิลลิเมตร ตามลำดับ



**Figure 3** Characteristic of crocodile manure pellet

A) 20CS10 B) 20CS55 C) 20CS64 D) 20CS73 E) 20CS82 F) 20CS91

### 1.2 ความหนาแน่นของมูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ฝัดอัดเม็ด

ความหนาแน่นรวมของมูลจระเข้อัดเม็ดมีค่าอยู่ในช่วง 385.16-857.70 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามมาตรฐาน TIS 2772-2560 กำหนดค่ามาตรฐานความหนาแน่นรวมของชีวมวลอัดเม็ดจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งอัตราส่วน 20CS82 20CS91 และ 20CS10 เป็นเงื่อนไขที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน ดังภาพที่ 4 (Figure 4) จากการทดสอบ พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนผสมของมูลจระเข้ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของมูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ฝัดอัดเม็ดเพิ่มสูงขึ้น เกิดจากในระหว่างกระบวนการอัดเม็ดจะต้องมีการพ่นน้ำเพื่อรักษาอุณหภูมิระหว่างการอัดให้อยู่ในช่วง 70-80 องศาเซลเซียส มูลจระเข้จะทำหน้าที่ดูดซับน้ำ ทำให้เกิดความชื้นสูงระหว่างการอัดตัวของชีวมวลทำให้สามารถยึดเกาะกันได้ดี ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นรวมสูง

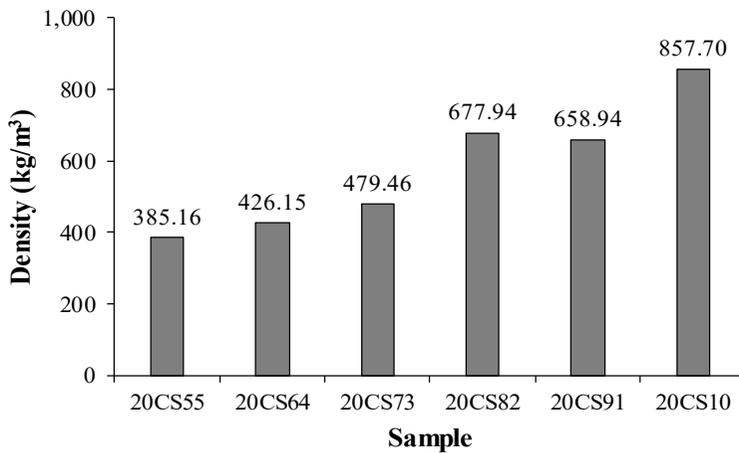


Figure 4 Density of crocodile manure pellet

## 2. สมบัติทางกายเคมีของมูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่อัดเม็ด

### 2.1 ความชื้นของมูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่อัดเม็ด

ความชื้นของมูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่อัดเม็ดมีความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10.37-10.69% ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐาน TIS 2772-2560 กำหนดให้ค่าความชื้นไม่เกิน 15% จากการทดสอบ พบว่า มูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่อัดเม็ดแต่ละอัตราส่วนมีความชื้นใกล้เคียงกัน โดยทั่วไปความชื้นชีวมวลอัดเม็ดเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อค่าความร้อนและการเผาไหม้ หากชีวมวลมีค่าความชื้นสูงจะส่งผลให้ค่าความร้อนต่ำ จุดติดไฟได้ยาก และเกิดควันขณะเผาไหม้ ชีวมวลที่ดีควรมีค่าความชื้นจะอยู่ในช่วง 8-12% (Onochie, 2017) ดังภาพที่ 5 (Figure 5)

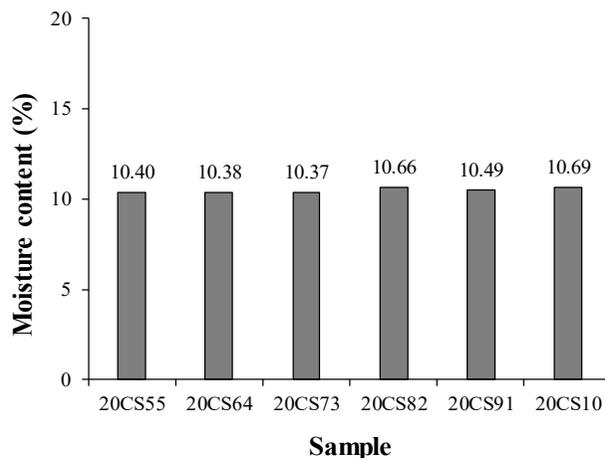


Figure 5 Moisture content of crocodile manure pellet

## 2.2 สารระเหย

สารระเหยของมูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่อัดเม็ดมีค่าอยู่ในช่วง 26.29-35.44% ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำ ดังภาพที่ 6 (Figure 6) เมื่อเทียบกับชีวมวลประเภทไม้ ซึ่งมีสารระเหยสูงอยู่ในช่วง 76-86% (Jayappa & Narayana, 2012) เนื่องจากชีวมวลประเภทไม้มีโครงสร้างทางเคมีที่ประกอบด้วยคาร์บอน ออกซิเจน ไฮโดรเจน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการลุกติดไฟและความเสถียรของเปลวไฟในระหว่างการเผาไหม้ (Shen et al., 2015) ในขณะที่จระเข้เป็นสัตว์กินเนื้อ ทำให้มูลที่ขับถ่ายออกมามีองค์ประกอบของคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจนต่ำ ส่งผลให้สารระเหยมีค่าต่ำกว่าชีวมวลประเภทไม้

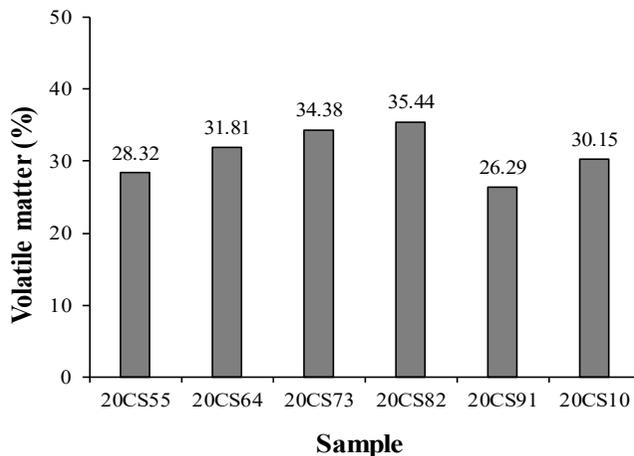


Figure 6 Volatile matter of crocodile manure pellet

## 2.3 ปริมาณเถ้า

ปริมาณเถ้าของมูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่อัดเม็ด พบว่ามีปริมาณเถ้าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนมูลจระเข้ ดังภาพที่ 7 (Figure 7) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน TIS 2772-2560 กำหนดให้ปริมาณจะต้องไม่เกิน 18% โดยอัตราส่วน 20CS55 มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุดคือ 28.10% สาเหตุของการเพิ่มขึ้นของปริมาณเถ้านี้เกิดจากพฤติกรรมกินของจระเข้ เนื่องจากจระเข้เป็นสัตว์กิน โดยอาหารหลักของจระเข้ คือ โคร่งไก่ ซึ่งมีองค์ประกอบของแคลเซียมสูง ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ส่งผลให้ปริมาณเถ้าสูงซึ่งจะส่งผลต่อค่าความร้อนที่ต่ำ (Shunxuab et al., 2020) และส่งผลเสียต่อการบำรุงรักษา เนื่องจากต้องเพิ่มพื้นที่ในการกักเก็บขี้เถ้าหลังจากกระบวนการเผาไหม้ และยังก่อให้เกิดปัญหาในด้านสิ่งแวดล้อม เกิดการตกเป็นตะกอน ก่อให้เกิดผิวน้ำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์อีกด้วย (Artemio et al., 2018)

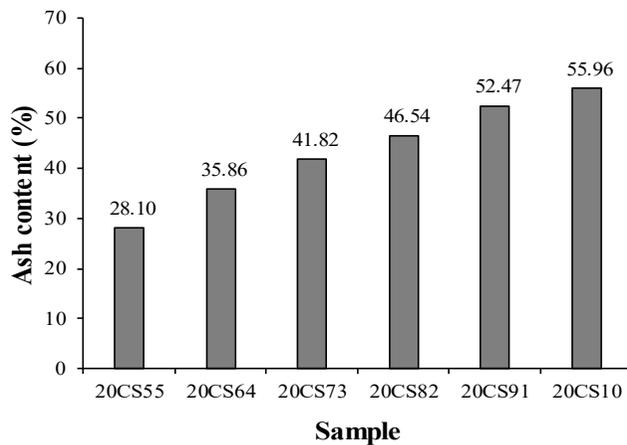


Figure 7 Ash content of crocodile manure pellet

#### 2.4 คาร์บอนคงตัว

จากภาพที่ 8 (Figure 8) แสดงคาร์บอนคงตัวของมูลจระเข้สดเม็ดแต่ละอัตราส่วน พบว่าเมื่อเพิ่มส่วนผสมมูลจระเข้ส่งผลให้คาร์บอนคงตัวลดลง เนื่องจากปริมาณเถ้าเพิ่มสูงขึ้น (Shunxuab et al., 2020) โดยอัตราส่วน 20CS55 ให้คาร์บอนคงตัวสูงมีค่าเฉลี่ย 34.19% เนื่องจากอัตราส่วนนี้มีการผสมขี้เลื่อยไม้ไฟสูง ส่งผลให้มีคาร์บอนคงตัวสูง เนื่องจากชีวมวลประเภทไม้จะมีองค์ประกอบของคาร์บอนสูง โดยทั่วไป ที่มีค่าอยู่ในช่วง 12-21% (Nuñez et al., 2015) คาร์บอนคงตัวเป็นตัวแปรที่แสดงถึงศักยภาพของเชื้อเพลิงที่มีผลต่อค่าความร้อน (Chen et al., 2015) เนื่องจากหากชีวมวลมีคาร์บอนคงตัวสูงจะส่งผลให้ค่าความร้อนสูงตามไปด้วย

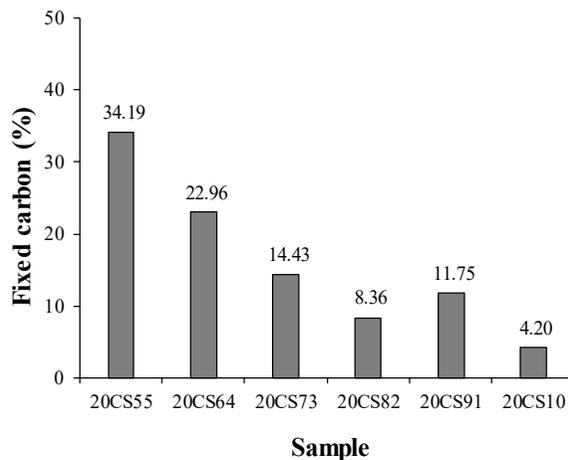


Figure 8 Fixed carbon of crocodile manure pellet

### 3. ค่าความร้อนของมูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่อัดเม็ด

จากภาพที่ 9 (Figure 9) แสดงค่าความร้อนของมูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่อัดเม็ด พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของมูลจระเข้ส่งผลให้ค่าความร้อนลดลง เนื่องจากมีปริมาณเถ้าสูง คาร์บอนคงตัวต่ำ โดยมูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่อัดเม็ดที่ได้มีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 6.23-13.85 เมกะจูลต่อกิโลกรัม โดยมาตรฐาน TIS 2772-2560 กำหนดให้ชีวมวลอัดเม็ดจะต้องมีค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 14.5 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ดังนั้นอัตราส่วนผสม 20CS55 จึงมีค่าความร้อนต่ำกว่ามาตรฐานอยู่เล็กน้อย โดยค่าความร้อนจะเป็นตัวกำหนดความหนาแน่นพลังงานซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของชีวมวล ประกอบด้วย ความชื้น สารระเหย คาร์บอนคงตัว และปริมาณเถ้า (Jayappa & Narayana, 2012) สอดคล้องกับข้อมูลดังข้างต้น

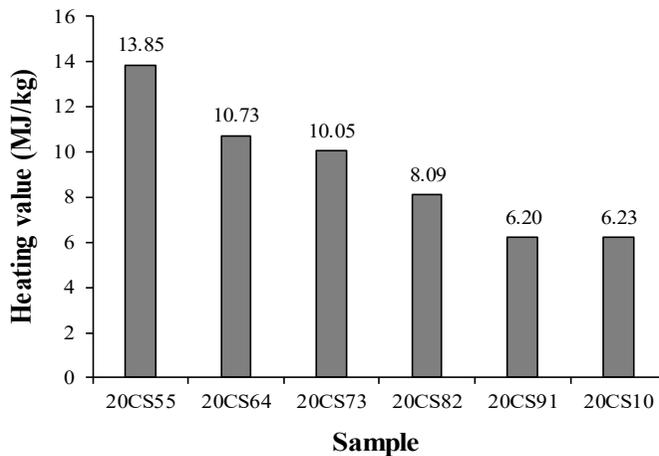


Figure 9 Heating value of crocodile manure pellet

#### อภิปรายผล

กระบวนการอัดเม็ดสามารถขึ้นรูปมูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่อัดเม็ด เนื่องจากมูลจระเข้มีค่าความชื้นสูง สามารถทำหน้าที่เป็นตัวประสานทำให้ชีวมวลยึดเกาะจับตัวกันได้ โดยมีค่าความหนาแน่น ความยาว และเส้นผ่านศูนย์กลาง ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน TIS 2772-2560 ในขณะที่เดียวกันคุณสมบัติด้านเคมีมูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่อัดเม็ดก็มีข้อด้อยในด้านของคาร์บอนคงตัวที่ต่ำ และปริมาณเถ้าที่สูง ซึ่งจะส่งผลโดยตรงทำให้ค่าความร้อนต่ำ (Shunxuab et al., 2020) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความร้อนของชีวมวลประเภทไม้ที่มีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 17-23 เมกะจูลต่อกิโลกรัม (Alcaraz et al., 2018) อย่างไรก็ตามมูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่อัดเม็ดที่ได้มีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 6.23-13.85 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ซึ่งใกล้เคียงกับมูลสุกรอัดเม็ด และมีค่าความร้อนสูงกว่ามูลไก่อัดเม็ดที่มีค่าความร้อน 11 และ 8 เมกะจูลต่อกิโลกรัม (Yuvarat et al, 2018) โดยทั่วไปค่าความร้อนมูลสัตว์อยู่ในช่วง 9.1-11.6

เมกะจูลต่อกิโลกรัม (Alcaraz et al., 2018; Wzorek et al., 2021) ซึ่งเป็นค่าความร้อนที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ดังนั้นจึงยังต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของมูลจระเข้อัดเม็ด โดยกระบวนการทอรีแฟคชั่น ซึ่งเป็นกระบวนการทางเคมีความร้อนก็เป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจในปัจจุบัน ซึ่งใช้ร่วมกับกระบวนการอัดเม็ดเพิ่มค่าความหนาแน่นให้กับชีวมวล (Bergman & Kiel, 2005)

### สรุปผลการวิจัย

การอัดเม็ดมูลจระเข้ผสมเลื่อยไม้ไผ่สามารถอัดขึ้นรูปเป็นชีวมวลอัดเม็ดได้ โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน TIS 2772-2560 มีความหนาแน่นสูงสุดถึง 857.70 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในด้านสมบัติทางเคมีเงื่อนไข 20CS55 เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการนำมาเป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากมีความชื้น สารระเหย และปริมาณเถ้าต่ำ ส่งผลให้คาร์บอนคงตัวและค่าความร้อนสูง สามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตความร้อนได้ นอกจากนี้การนำมูลจระเข้ผสมเลื่อยไม้ไผ่มาแปรรูปเป็นชีวมวลอัดเม็ดยังสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ลดกลิ่นเหม็น ลดปริมาณกากตะกอนน้ำเสียในบ่อจระเข้ และลดการเผาในการกำจัดเลื่อยไม้ไผ่อีกด้วย

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่มีโอกาสในการศึกษา การพัฒนาองค์ความรู้และการสร้างเสริมประสบการณ์ด้านพลังงานทดแทน เพื่อนำไปพัฒนาคุณภาพชีวิต การปฏิบัติงาน สังคมและประเทศชาติต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

- Alcaraz J, Baticados E, Capareda S, Maglinao A, Nam H. Drying and pellet characterization of sandseparated dairy manure from stephenville, texas, USA. *Applied Ecology and Environmental Research* 2018;16(1):29-38.
- Artemio C, Maginot N, Serafin C, Rahim F, Guadalupe R, Fermin C. Physical, mechanical and energy characterization of wood pellets obtained from three common tropical species. *PeerJ*; 2018;6:e5504.
- ASTM (American Society for Testing and Materials) D1762-84. Standard test method for chemical analysis of wood charcoal. ASTM International, Pennsylvania, USA; 2013.
- Chen W, Peng J, Bi X. A state-of-the-art review of biomass torrefaction, densification and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2015;44:847-866.
- Energy Policy Planning Office. Thailand power development plant 2015-2036 (PDP2015). Bangkok: National Energy Policy Council (NEPC); 2015.

- Jayappa S, Narayana J. Assessment of agro-industrial wastes proximate, ultimate, SEM and FTIR analysis for Feasibility of solid bio-fuel production. *Universal Journal of Environmental Research and Technology* 2012;2(6):575-581.
- Nuñez C, Jochum J, Sierra F, Vargas F. Effect of particle size and addition of cocoa pod husk on the properties of sawdust and coal pellets. *Ingenieria E Investigación* 2015;35:17-23.
- Onochie U, Obanor A, Aliu A, Ighodaro O. Proximate and ultimate analysis of fuel pellets oil palm residues. *Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH)* 2017;36(3):987-990.
- Bergman P, Kiel J. Torrefaction for biomass upgrading. 14<sup>th</sup> European Biomass Conference & Exhibition. Paris, France; 2005.
- Nadapa W, Taweesub J, Phantipa M. Production of fuel pellets from coconut coir dust mixed with biomass waste. *PSRU Journal of Science Technology* 2020;5(3):112-126.
- Shen X, Huang G, Yang Z, Han L. Compositional characteristics and energy potential of Chinese animal manure by type and as a whole. *Applied Energy* 2015;160:108-119.
- Si Y, Hu J, Wang X, Yang H, Chen Y, Shao J, Chen H. Effect of carboxymethyl cellulose binder on the quality of biomass pellets. *Energy & Fuel* 2016;30:5799-5808.
- Shunxuan H, Junguo L, Xin Y, Yumeng C, Fenghai L, Jianfei W. et al. Improvement on slurry ability and combustion dynamics of low quality coals with ultra-high ash content. *Chemical Engineering Research and Design* 2020;156:391-401.
- TIS (Thai Industrial Standard) 2772-2560, 2017, Biomass pellets standard in Thailand; 2021.
- Wzorek M, Junga R, Yilmaz E, Niemiec P. Combustion behavior and mechanical properties of pellets derived from blends of animal manure and lignocellulosic biomass. *Journal of Environmental Management* 2021;290:112487
- Yuvarat N, Chaniporn U, Kanokwan R. Binderless solid fuel pellets from pig and chicken manure. *Rajabhat Agriculture Journal* 2018;17(1):8-16.