

การพัฒนาวัสดุดูดซึมของเสียแมวจากกากมันสำปะหลัง

Development of Absorbent Cat Litter Material from Cassava Waste

นิดารัตน์ เชตฺใจ¹⁾ ชาญณรงค์ อัสวเตสานุภาพ²⁾ และมาลี สันติคุณากรณ์^{1),*}

Nidarat Chetjai¹⁾ Channarong Asavatesanupap²⁾ and Malee Santikunaporn^{1),*}

¹⁾สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี 12120

²⁾ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี 12120

บทคัดย่อ

ทรายแมวซึ่งเป็นวัสดุที่ถูกนำมาใช้ในการดูดซึมของเสียของแมว โดยเฉพาะทรายแมวที่ทำจากวัสดุธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายได้กำลังได้รับความนิยม กากมันสำปะหลังซึ่งเป็นเศษวัสดุทางการเกษตรที่ได้จากกระบวนการผลิตแป้งและมีเป็นจำนวนมากถูกนำมาใช้เป็นวัสดุหลักในการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าเป็นวัสดุดูดซึมของเสีย กากมันและกากมันผสมถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วนโดยมวล 2:1 4:1 และ 6:1 ถูกนำมาทดสอบความสามารถในการขึ้นรูป การดูดซึมน้ำ การทำแห้งและการกำจัดกลิ่น ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กากมันและกากมันผสมสามารถขึ้นรูปได้ง่ายไม่แตกต่างกัน กากมันมีความสามารถในการซึมน้ำเท่ากับ 0.67 ± 0.01 ซึ่งมากกว่ากากมันผสม แต่ความสามารถในการซึบกลิ่นอยู่ในระดับต่ำที่สุด สำหรับกากมันผสม เมื่อปริมาณถ่านกัมมันต์เพิ่มมากขึ้น ความสามารถในการดูดซึมน้ำต่ำลง แต่ความสามารถในการกำจัดกลิ่นดีขึ้น สำหรับการทำให้แห้ง พบว่า อัตราการทำแห้งของกากมันมีค่าสูงที่สุดซึ่งเท่ากับ $1.095 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ อันดับรองลงมาคือ กากมันผสมที่อัตราส่วน 2:1 และ 4:1 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $0.677-0.684 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ จาก การเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของกากมันและกากมันผสมกับทรายแมวที่ใช้กันสามารถสรุปได้ว่า กากมันผสมที่อัตราส่วน 2:1 และ 4:1 เหมาะสมในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทรายแมว

Abstract

Cat litter is a material used for absorbing the moisture and odor of fecal waste, in particular, the cat litter made from biodegradable natural material, which is gaining popularity. Cassava waste, which was large amount of agricultural residues from the cassava flour production process, was used as the main material for processing to add value as absorbent cat litter. Cassava waste and cassava waste mixed with activated carbon at the weight ratios of 2:1, 4:1 and 6:1 were tested the forming ability, water absorption, drying and odor absorption. The results suggested that cassava waste and mixed cassava wastes were easily formed without significant difference. The water absorption of cassava waste was 0.67 ± 0.01 , which was higher than mixed cassava residues while its odor absorption was at the lowest level. For mixed cassava wastes, the higher amount of activated carbon, the lower water absorption would be, while its odor absorption was better. For the drying rate testing, it was found that the drying rate of cassava waste was at the highest rate of $1.095 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$, followed by the mixtures at the ratios of 2:1 and 4:1 of $0.677-0.684 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$. The comparison of main physical properties of cassava waste and mixed cassava wastes with commercial cat litters, it could be concluded that the mixed cassava wastes at the ratios of 2:1 and 4:1 were suitable for developing into cat litter product.

Keyword: Cassava residue, Drying, Absorption, Cat litter

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่สำคัญที่สุด ในเอเชีย โดยมีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 37 และเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังมากที่สุดในโลก ร้อยละ 50 ของหัวมันสำปะหลังถูกนำไปผลิตเป็นมันเส้นหรือมันอัดเม็ดซึ่งไม่มีผลพลอยได้เกิดขึ้นในกระบวนการ ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 50 ถูกนำไปผลิตเป็นแป้งมันซึ่งมีเปลือกมันและกากมันเป็นผลพลอย

ได้ เปลือกมันถูกนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกเห็ดและทำเป็นอาหารสัตว์ ส่วนกากมันดิบซึ่งมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 70-80 ทำให้นำไปใช้ประโยชน์ได้ยากและมีราคาต่ำ 3.0-3.2 บาทต่อกิโลกรัม [1] นอกจากนี้ กากมันยังก่อให้เกิดปัญหาหมอกควันในโรงงานในกรณีที่มีการระบายกากมันออกจากโรงงานไม่ทันเนื่องจากกากมันมีปริมาณแป้งซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่ดีของ

จุลินทรีย์สูง เมื่อกากมันถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้เกิดกลิ่นเหม็นรบกวนต่อชุมชนรอบข้าง

การเพิ่มมูลค่าของวัสดุทางการเกษตรได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะการนำมาพัฒนาเป็นตัวดูดซับสารประเภทต่าง ๆ [2] เช่น ตัวท าละลายและโลหะหนัก และการพัฒนาเป็นเชื้อเพลิงทดแทน [3] เช่น ถ่านอัดแท่ง อย่างไรก็ตาม การเพิ่มมูลค่าของวัสดุทางการเกษตรดังกล่าวควรคำนึงถึงความยุ่งยากของกระบวนการ ต้นทุน ประโยชน์การนำมาใช้ ปริมาณ และแหล่งที่มาของวัสดุ ตัวดูดซับจากวัสดุทางการเกษตรได้รับความนิยมสูงจากผู้ใช้งาน เนื่องจากปลอดภัย ราคาถูกและไม่เป็นพิษต่อผู้ใช้งานและสิ่งแวดล้อม วัสดุชีวภาพที่มีอยู่ในท้องตลาดส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการบำบัดของเสีย แต่ทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจคือ การพัฒนาเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อนำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทรายแมว

ทรายแมวเป็นวัสดุที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการดูดซับสิ่งปฏิกูลของแมวและกำจัดกลิ่น ทรายแมวในปัจจุบันทำมาจากวัสดุประเภทต่างๆ ซึ่งมีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 1 ทรายแมวที่มีส่วนผสมของแร่แมกนีเซียมออกไซด์ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดี แต่ไม่เกิดการจับตัวเป็นก้อนเมื่อเปียก ทำให้ไม่เป็นที่นิยมใช้ ทรายแมวที่มีส่วนผสมของเบนโทไนท์ซึ่งจะจับตัวเป็นก้อนเมื่อเปียก ทรายแมวชนิดซิลิกาเจลมีน้ำหนักเบา และดับกลิ่นได้นานกว่าชนิดอื่น มีฝุ่นน้อย แต่ราคาก่อนข้างสูง ส่วนทรายแมวชีวภาพซึ่งสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติเป็นทรายที่ท จากพืชชนิดต่าง ๆ เช่น ก้อนขี้เลื่อย (Clump sawdust) เศษไม้สน (Pine wood) ข้าวบาร์เลย์ (Barley) ซึ่งจะมีน้ำหนักเบาแต่ติดขนแมวได้ง่าย ซึ่งในเชิงพาณิชย์ได้มีการอัดเม็ดทรายแมวแต่ละประเภทให้มีความหลากหลายและสะดวกแก่การใช้

อย่างไรก็ตามในปัจจุบัน สารดูดซับที่เป็นวัสดุทางธรรมชาติและเป็นที่นิยมใช้นั้นคือถ่านกัมมันต์ ซึ่งเป็นถ่านที่ผ่านกระบวนการคาร์บอนไนซ์ โดยการเผาและอัดแรงดันที่อุณหภูมิสูงๆ ซึ่งจะท ำให้ถ่านมีความพรุนสูงและดูดซับสารได้ดี

Vaughna และคณะ [4] ศึกษาการเพิ่มมูลค่าของธัญพืช โดยนำมาผสมกับกัวกัม กลีเซอรอลและคอปเปอร์ซัลเฟตเพื่อใช้เป็นทรายแมว จากการศึกษาพบว่าธัญพืชที่สกัดด้วยเฮกเซนมีศักยภาพและเปอร์เซ็นต์การจับตัวของน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับธัญพืชที่ไม่ได้สกัด และการเติมคอปเปอร์ซัลเฟตช่วยลดกลิ่นของปัสสาวะแมวลงได้สูงสุดถึงร้อยละ 67.3 ในขณะที่ Richards [5] ศึกษาทรายแมวที่ท จากถ่านหินชนิดร่วน 4 ชนิด (Moss Peat, Herbaceous Peat, Wood Peat และ Mixture Peat) และนำมาบดแล้วเหลือเพื่อลดการกระจายของฝุ่น จากการศึกษาสรุปได้ว่าการจับน้ำของถ่านหินร่วนทั้ง 4 ชนิดมีความใกล้เคียงกับทรายแมวในท้องตลาดซึ่งสามารถจับน้ำได้ถึงร้อยละ 50 และสามารถจับกลิ่น



รูปที่ 1 ทรายแมวที่มีขายในท้องตลาด

ได้เท่ากับทรายแมวทั่วไป นอกจากนี้ V.E. Sotillo [6] ศึกษาการจับน้ำของทรายแมวที่ทำจากการผสมแป้งข้าวโพดและข้าวสาลีในอัตราส่วนโดยมวล 2:3 และพบว่าค่าการจับน้ำของทรายแมวจากแป้งผสมมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 209.4 g

จากการที่กากมันสำปะหลังมีปริมาณมากและเพียงพอในการนำมาผลิตเป็นวัสดุที่มีประโยชน์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาสมบัติทางกายภาพของเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อการประยุกต์ใช้เป็นทรายแมวเทียบกับทรายแมวที่ใช้กันในปัจจุบัน โดยการศึกษาค่าการจับน้ำ การทำแห้งและการจับกลิ่น

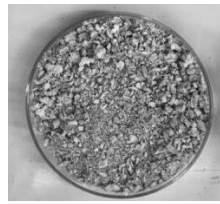
2. วัตถุประสงค์และวิธีการ

2.1 วัตถุประสงค์และสารเคมี

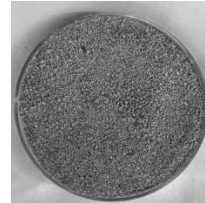
วัตถุประสงค์หลักที่ใช้ในการทดลองคือกากมันสำปะหลัง (Cassava waste; CW) ซึ่งได้มาจากลานมัน จังหวัดอุดรธานี ชั่งข้าวโพด (Corn cob) ที่ใช้ได้มาจากโรงงานผลิตข้าวโพด จังหวัดลพบุรี ถ่านกัมมันต์และสารละลายแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต (NH_4HCO_3) ที่ความเข้มข้น 1.05 mol/L เป็นกรดที่มีอยู่ในท้องตลาด และผลิตภัณฑ์ทรายแมวที่ทำมาจากสน เบนโทไนต์ และคริสตัลซึ่งถูกนำมาใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ

2.2 วิธีการ

กากมันสำปะหลังและชั่งข้าวโพดที่ผ่านการทำแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ถูกนำไปบดให้ละเอียด หลังจากนั้นนำไปขึ้นรูปและทดสอบการดูดซับน้ำ การทำแห้งและการกำจัดกลิ่น โดยความสามารถในการดูดซับน้ำของวัสดุดังกล่าวถูกนำมาเปรียบเทียบกับทรายแมวที่มีขายในปัจจุบันซึ่งได้แก่ ทรายแมวจากสน (Pinewood) ทรายแมวเบนโทไนต์ (Bentonite) และทรายแมวคริสตัล (Crystal) ดังรูปที่ 2



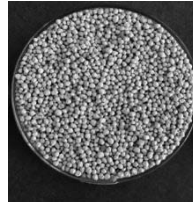
(ก) ชั่งข้าวโพด



(ข) กากมันสำปะหลัง



(ค) ทรายแฉะจากสน



(ง) ทรายแฉะเบนโทไนด์



(จ) ทรายแฉะคริสตัล

รูปที่ 2 วัสดุทางการเกษตรและผลิตภัณฑ์ทรายแฉะที่นำมาใช้ในการศึกษา

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้ทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของกากมันผสมซึ่งมีส่วนผสมของกากมันสำปะหลังกับถ่านกัมมันต์ (Activated carbon; AC) ที่แตกต่างกัน 3 ค่า คือ ที่อัตราส่วนโดยมวลของกากมันกับถ่านกัมมันต์ เท่ากับ 2:1 4:1 และ 6:1 เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำมาใช้ผลิตเป็นวัสดุดูดซึมของเสีย

2.2.1 การขึ้นรูปของกากมันและกากมันผสม

การขึ้นรูปของกากมันและกากมันผสมได้ถูกศึกษาโดยใช้อุปกรณ์ขึ้นรูป 2 แบบ คือ การขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์ตามท้องตลาดที่มีกำลังมอเตอร์ 3 HP โดยสามารถขึ้นรูปซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ด 3 มิลลิเมตร และการขึ้นรูปด้วยมือโดยใช้เครื่องอัดเม็ดแบบไฮดรอลิก ขนาด 15 ตัน รุ่น 25.011 โดยใช้แม่พิมพ์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดเท่ากับ 8 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3

การขึ้นรูปกากมันและกากมันผสมด้วยเครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์ทำโดยผสมกากมันหรือกากมันผสมที่บดละเอียดกับน้ำกลั่นเล็กน้อยเพื่อให้มีความชื้นพอเหมาะในการจับตัวเป็นเม็ดแล้วนำส่วนผสมดังกล่าวใส่ในเครื่องอัดเม็ด ซึ่งความชื้นเริ่มต้นไม่มีผลต่อการอัดเม็ด แต่ไม่ควรมีความชื้นมากหรือน้อยเกินไปก่อนเข้าเครื่องอัดเม็ด หลังจากอัดเม็ดเสร็จแล้วเม็ดกากมันที่ได้จะมีความชื้น ดังนั้นก่อนนำไปใช้งานต้องนำวัสดุดังกล่าวไปตากแดดเป็นเวลา 1 วัน สำหรับการอัดเม็ดด้วยเครื่อง Graseby Specac นั้นจะเป็นเครื่องอัดเม็ดแบบคาน โยก เริ่มจากการเตรียมแม่พิมพ์และนำกากมันหรือกากมันผสมเทใส่แม่พิมพ์ (0.6 g/เม็ด) และทำการอัดด้วยแรงขนาด 5 ตัน นาน 3 นาที



(ก) เครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์ตามท้องตลาด



(ข) เครื่องอัดเม็ด Graseby Specac

รูปที่ 3 เครื่องอัดเม็ดที่ใช้

2.2.2 การทดสอบคุณสมบัติการซึมน้ำ

นำเศษวัสดุทางการเกษตรในรูปแบบผงและผลิตภัณฑ์ทรายแฉะทั้ง 3 ชนิดมาชั่งน้ำหนักตามที่กำหนดแล้วใส่ภาชนะ หลังจากนั้นค่อยๆ หยดน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งวัสดุดังกล่าวถึงจุดอิ่มตัวและไม่สามารถซึมน้ำได้ วัดปริมาณน้ำที่ใช้และชั่งน้ำหนัก [7] การทดสอบดังกล่าวถูกทำทั้งหมด 5 ครั้ง ความสามารถในการซึมน้ำของวัสดุคำนวณได้จากสมการที่ (1) หรือการคำนวณหาค่าการซึมน้ำจากสมการที่ (2)

$$Absorption (\%) = \frac{(M_s - M_d)}{M_s} \times 100 \quad (1)$$

$$Absorption ratio = \frac{(M_s - M_d)}{M_s} \quad (2)$$

เมื่อ M_s คือ น้ำหนักของวัสดุที่ซับน้ำได้; กิโลกรัม

M_d คือ น้ำหนักของวัสดุแห้ง; กิโลกรัม

2.2.3 การทดสอบคุณสมบัติการทำแห้ง

นำวัสดุที่ต้องการทดสอบมาชั่งน้ำหนักตามต้องการ หยดน้ำกลั่นลงในวัสดุดังกล่าวจนเปียกพอดีและชั่งน้ำหนัก หลังจากนั้นนำเข้าตู้อบชนิดเป่าลมร้อน (รุ่น CE 130 ยี่ห้อ Gunt Hamburg) โดยตั้งความเร็วลมคงที่ที่ 1.1 m/s อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส ทำการบันทึกค่าน้ำหนักของวัสดุทุก 5-15 นาที คำนวณหาปริมาณความชื้นในวัสดุและอัตราการแห้งตามสมการที่ (3) และ (4) [8] โดยการทดสอบจะทำทั้งหมด 2 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

$$MC, \% = \frac{(M_w - M_d)}{M_w} \times 100 \quad (3)$$

$$Drying rate = \frac{-M_d}{A} \left(\frac{dMC}{dt} \right) \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ MC คือ ปริมาณความชื้น (moisture content)

M_w คือ น้ำหนักของวัสดุเปียก; กิโลกรัม

M_d คือ น้ำหนักของวัสดุแห้ง; กิโลกรัม

A คือ พื้นที่ที่ใช้ในการระเหย; ตารางเมตร

t คือ ระยะเวลาที่ใช้; วินาที

2.2.4 การทดสอบคุณสมบัติการซับกลิ่น

ความสามารถในการซับกลิ่นเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจเลือกใช้ทรายแมวของคนรักแมว การทดสอบการซับกลิ่นใช้การวัดระดับความรู้สึกของคนที่มื่อกลิ่น (Sensory test) โดยใช้การวัดระดับความรู้สึกซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 6 ระดับ [9] ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับความรู้สึกของกลิ่นที่ใช้

ระดับ	ความรู้สึกของกลิ่นที่ได้รับ
0	ไม่มีกลิ่น
1	กลิ่นอ่อนมาก
2	กลิ่นอ่อน
3	กลิ่นที่รับได้
4	กลิ่นแรง
5	กลิ่นแรงมาก

วัสดุที่ใช้ทดสอบมี 5 ชนิด ซึ่งได้แก่ กากมันสำปะหลัง ถ่านกัมมันต์ และกากมันผสมกับถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วนโดยมวล 2:1 4:1 และ 6:1 สารที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ สารละลายแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต (NH_4HCO_3) ซึ่งมีกลิ่นคล้ายปัสสาวะแมว เริ่มจากการนำวัสดุที่ใช้ทดสอบถูกนำไปใส่ในภาชนะที่มีฝาปิดขนาด $26 \times 11 \times 8 \text{ cm}^3$ และฉีดสารละลายแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตลงบนวัสดุที่ทดสอบแต่ละประเภทให้ทั่วปริมาณ 3 ml โดยกลิ่นจะไม่สามารถกระจายออกมาจากภาชนะในระหว่างทดสอบได้ จากนั้นผู้ทดสอบทั้งหมด 15 ท่านจะทำการวัดระดับความรู้สึกที่มีต่อกลิ่นทุก ๆ 30 นาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 4

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

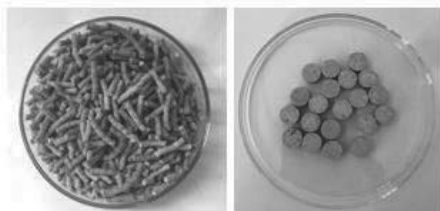
3.1 การขึ้นรูปของกากมันและกากมันผสม

วัสดุคูดซิมของเสียโดยส่วนใหญ่ควรมีลักษณะเป็นเม็ดที่มีความแน่นพอสมควร เพื่อไม่ให้เกิดการแตกหักและฟุ้งกระจายในขณะที่ใช้งาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาความสามารถในการขึ้นรูปของกากมันและกากมันผสม

โดยเลือกใช้การขึ้นรูป 2 วิธีคือ การขึ้นรูปเป็นเม็ดจากเครื่องอัดอาหารสัตว์ที่ใช้โดยทั่วไป และการขึ้นรูปโดยใช้ไฮโดรลิกด้วยมือ รูปที่ 5 แสดงลักษณะของกากมันและกากมันผสมที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์และเครื่องอัดไฮโดรลิก กากมันและกากมันผสมสามารถทำให้เป็นเม็ดได้โดยง่าย ไม่แตกต่างกัน เม็ดกากมันมีลักษณะของกากมัน แต่กากมันผสมจะมีสีค่อนข้างดำเนื่องจากมีถ่านกัมมันต์ผสมอยู่ การกระจายตัวของส่วนผสมมีความสม่ำเสมอเกือบทั้งเม็ด เม็ดที่ได้จากเครื่องอัดทั้ง 2 แบบ พบว่า มีลักษณะเป็นเม็ดที่ดี มีขนาดใกล้เคียงกัน ไม่แตกหักง่าย



รูปที่ 4 ลักษณะของอุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาการซึบกลืน



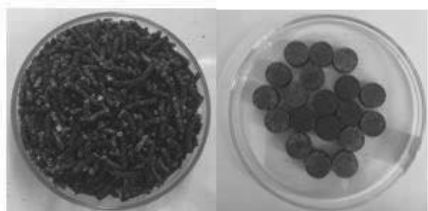
(ก) กากมัน



(ข) กากมันผสมอัตรา 2:1



(ค) กากมันผสมอัตรา 4:1

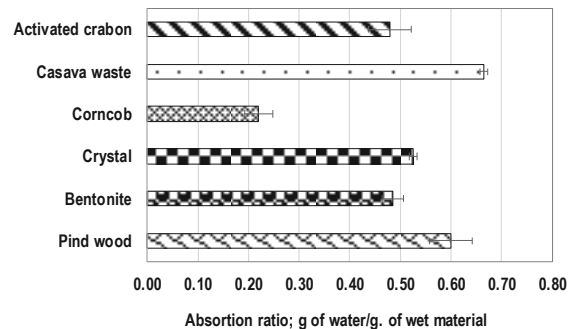


(ง) กากมันผสมอัตรา 6:1

รูปที่ 5 กากมันกับถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการอัดเม็ดในอัตราส่วนต่างๆ

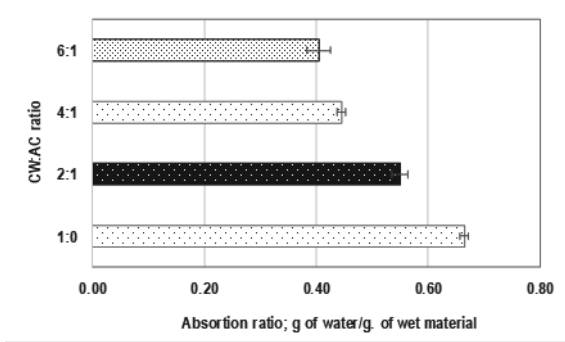
3.2 การดูดซึมน้ำของกากมันและกากมันผสม

กากมันสำปะหลังและซังข้าวโพดเป็นเศษวัสดุทางการเกษตรที่มีอยู่เป็นจำนวนมากจึงถูกนำมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น การดูดซึมน้ำของเหลว การทำแห้งและการกำจัดกลิ่น เพื่อนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทรายแมวที่มีมูลค่ามากขึ้น การดูดซึมน้ำเป็นสมบัติหนึ่งที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ ซังข้าวโพดบดมีลักษณะเป็นของแข็งขนาดเล็กความหนาแน่นต่ำกว่ากากมันบดซึ่งมีความหนาแน่นสูง ดังนั้นเมื่อนำวัสดุทั้ง 2 มาทดสอบความสามารถในการซึบของเหลวซึ่งในที่นี้คือ น้ำกลั่น พบว่า ซังข้าวโพดมีความสามารถในการซึมน้ำเท่ากับ 0.22 ± 0.03 ซึ่งต่ำมากเมื่อเทียบกับกากมันที่มีความสามารถในการดูดซึมน้ำเท่ากับ 0.67 ± 0.01 สำหรับผลิตภัณฑ์ทรายแมวที่ทำจากวัสดุอื่นนั้นพบว่าความสามารถในการดูดซึมน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง $0.60 - 0.49$ โดยทรายแมวที่ทำจากสนมีความสามารถในการซึมน้ำสูงที่สุดซึ่งเท่ากับ 0.60 ± 0.04 เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการซึมน้ำของกากมันกับทรายแมวที่ทำมาจากสน เบนโทไนต์และคริสตัลพบว่า ความสามารถในการดูดซึมน้ำเรียงลำดับได้ดังนี้ กากมัน > สน > คริสตัล > เบนโทไนต์ ดังแสดงในรูปที่ 6 ดังนั้นจึงสามารถนำกากมันมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำทรายแมว เนื่องจากมีความสามารถในการดูดซึมน้ำดีมากซึ่งสามารถเทียบเคียงกับทรายแมวที่มีใช้ในปัจจุบัน



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบความสามารถในการซึมน้ำของวัสดุต่างๆ ที่อุณหภูมิต่ำ (%)

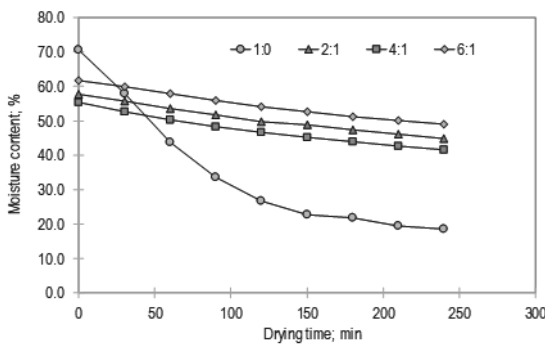
รูปที่ 7 แสดงความสามารถในการดูดซึมน้ำของกากมันผสมเทียบกับกากมันอย่างเดียว กากมันผสมในทุกอัตราส่วนมีความสามารถในการดูดซึมน้ำลดลง ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการดูดซึมน้ำของถ่านกัมมันต์มีค่าต่ำกว่าของกากมัน เมื่อนำวัตถุดิบทั้งสองอย่างมาผสมเข้ากัน ความสามารถในการดูดซึมน้ำจึงต่ำลง ความสามารถในการซึมน้ำของกากมันผสมที่อัตราส่วนระหว่างกากมันกับถ่านมันต์เท่ากับ 2:1 มีความสามารถในการซึมน้ำเท่ากับ 0.55 ± 0.01 ซึ่งถือว่าสูงเมื่อเทียบกับกากมันผสมที่อัตราส่วน 4:1 และ 6:1 ซึ่งมีความสามารถในการดูดซึมน้ำเท่ากับ 0.45 ± 0.01 และ 0.41 ± 0.02 ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าดังกล่าวสามารถเทียบเคียงกับวัสดุชนิดอื่นที่นำมาใช้ทำทรายแมว



รูปที่ 7 ความสามารถในการซึมซับน้ำของกากมันผสมที่อัตราส่วนต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง

3.3 อัตราการทำให้แห้งของกากมันและกากมันผสม

จากผลการศึกษาข้างต้นพบว่า กากมันและกากมันผสมมีความสามารถในการดูดซับน้ำในระดับที่สามารถเทียบเคียงกับผลิตภัณฑ์ทรายแมวที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ดังนั้นทั้งกากมันและกากมันผสมถูกนำมาศึกษาการทำแห้งเพื่อหาอัตราการทำให้แห้ง เนื่องจากลักษณะการใช้งานของทรายแมวนั้นเอง กล่าวคือ ทรายแมวดูดซับสิ่งปฏิกูลเหลวแล้วยังไม่ถูกนำไปทิ้ง เมื่อทิ้งไว้ในกระบะทรายเป็นเวลานานอาจส่งผลกระทบต่อการใช้งานของวัสดุนั้น จากรูปที่ 8 จะเห็นว่า เส้นกราฟปริมาณความชื้นของกากมันมีความแตกต่างจากกากมันผสมอย่างชัดเจน กากมันมีปริมาณความชื้นลดลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงระยะเวลา 50 นาที หลังจากนั้นปริมาณความชื้นค่อยๆ ลดลงตามเวลา แต่สำหรับกากมันผสมทั้ง 3 อัตราส่วนนั้น จะเห็นได้ว่าลักษณะของเส้นกราฟที่แสดงปริมาณความชื้นกับเวลาเปลี่ยนแปลงคล้ายกัน ปริมาณความชื้นค่อยๆ ลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ของความชื้นกับเวลาของกากมันและกากมันผสม

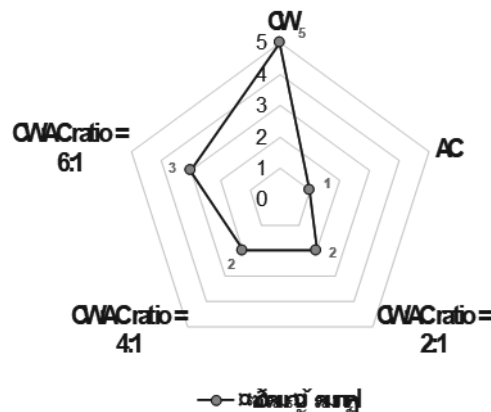
ตารางที่ 2 แสดงอัตราการทำให้แห้งของกากมันและกากมันผสม อัตราการทำให้แห้งของกากมันมีค่าสูงกว่าของกากมันผสม อัตราการทำให้แห้งในช่วงคงที่ของกากมันมีค่าเท่ากับ 1.09 kg/m² s ในขณะที่อัตราการทำให้แห้งของกากมันผสมที่อัตราส่วน โดยมวล 2:1 4:1 และ 6:1 มีค่าเท่ากับ 0.677 0.684 และ 0.476 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 อัตราการทำให้แห้งของกากมันและกากมันผสม

วัสดุ	อัตราการทำให้แห้ง; kg/m ² s
กากมัน	1.095
กากมันผสมกับถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วน 2:1	0.677
กากมันผสมกับถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วน 4:1	0.684
กากมันผสมกับถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วน 6:1	0.476

3.4 การดูดซับกลิ่นของกากมันและกากมันผสม

จากการทดสอบการดูดซับกลิ่นของกากมันและกากมันผสมโดยวิธีการดมกลิ่น พบว่า กากมันสำปะหลังที่ไม่ได้ผสมถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับกลิ่นได้น้อยมากซึ่งอยู่ในระดับ 5 คือ มีกลิ่นแรงมาก ตั้งแต่เริ่มการทดสอบจนกระทั่งจบการทดสอบ (12 ชั่วโมง) สำหรับกากมันผสมทั้ง 3 อัตราส่วน ระดับการรับกลิ่นอยู่ที่ระดับ 2-3 คือ มีกลิ่นค่อนข้างอ่อน เมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง แต่เมื่อทดสอบการดูดซับกลิ่นของถ่านกัมมันต์ปรากฏว่าอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี (ระดับ 1) คือ กลิ่นอ่อนมาก จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นตัวช่วยดูดซับกลิ่นในการเตรียมทรายแมว เมื่อเรียงลำดับความสามารถในการกำจัดกลิ่นของกากมันผสมพบว่า ที่อัตราส่วน โดยมวล 2:1 สามารถกำจัดกลิ่นได้ดีกว่าที่อัตราส่วน 4:1 และ 6:1 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 9 ดังนั้นถ่านกัมมันต์สามารถนำมาใช้ในการกำจัดกลิ่นร่วมกับกากมันในการทำทรายแมวได้ เนื่องจากมีความสามารถในการกำจัดกลิ่นดีมากเมื่อเทียบกับกากมันที่ไม่ได้ผสมถ่านกัมมันต์ ในการทดสอบกลิ่นด้วยวิธีใช้การรับรู้การรับกลิ่นทางจมูกของผู้ทดสอบทั้ง 15 ท่าน อาจมีความคลาดเคลื่อนในการรับกลิ่นแตกต่างกันออกไปเนื่องจากผู้ทดสอบเป็นบุคคลทั่วไปที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนด้านการทดสอบกลิ่น



รูปที่ 9 ความสามารถในการซับกลิ่นของกากมันและกากมันผสมที่อัตราส่วนต่างๆ

4. สรุปผลการทดลอง

วัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติเป็นที่นิยมในการนำมาแปรรูปเป็นวัสดุต่างๆ ที่มีประโยชน์ ซึ่งนอกจากเป็นการเพิ่มมูลค่าให้วัสดุเหลือใช้เหล่านั้นแล้ว ยังเป็นแนวทางหนึ่งในการช่วยลดปัญหาการกำจัดอีกด้วย กากมันซึ่งเป็นวัสดุทางการเกษตรที่เหลือจากกระบวนการทำแปะมันสำปะหลังได้ถูกนำมาศึกษาคุณสมบัติต่างๆ เพื่อใช้ทำเป็นวัสดุดูดซับสิ่งปนเปื้อนของแมว กากมันสำปะหลังสามารถนำมาขึ้นรูปเป็นเม็ดได้ง่ายและมีความสามารถในการซับน้ำได้สูงถึง 0.67 ± 0.01 ซึ่งสูงกว่าซังข้าวโพดมากถึง 3.05 เท่า และมีอัตราการทำแห้งค่อนข้างดีคือ $1.09 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ แต่เนื่องจากความสามารถในการดูดกลืนเป็นระดับ 5 ซึ่งถือว่าต่ำมากจึงยังไม่สามารถนำมาใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ทรายแมวได้ แต่เมื่อมีการใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับกากมันสำปะหลัง ความสามารถในการดูดกลืนดีขึ้น กากมันผสมกับถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วนโดยมวล 2:1 4:1 และ 6:1 ความสามารถในการซับกลืนเปลี่ยนจากระดับ 5 เป็นระดับ 2-3 กากมันผสมที่อัตราส่วนโดยมวล 2:1 และ 4:1 ถือว่าเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัสดุเพื่อพัฒนาเป็นทรายแมว เนื่องจากความสามารถในการซับน้ำของกากมันผสมที่อัตราส่วนโดยมวล 2:1 เท่ากับ 0.55 ± 0.01 ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับทรายแมวที่ใช้กันในปัจจุบัน

5. ข้อเสนอแนะ

ผลจากการศึกษานี้สามารถนำไปต่อยอดการวิจัยได้โดยการนำไปทดสอบเรื่องความเป็นพิษหรือระคายเคืองและความชอบของแมวต่อไปในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา ปี 2561 และขอขอบคุณคุณวีรญา กุลพรพันธ์ที่ให้การสนับสนุนกากมันและซังข้าวโพดมาใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัยนี้

7. รายการอ้างอิง

- [1] สมาคมโรงงานผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไทย. ราคามันสำปะหลัง [อินเทอร์เน็ต]. 2562 [เข้าถึงเมื่อ 5 เม.ย.2562]. เข้าถึงได้จาก: <http://thaitapioca.org/>
- [2] Sombatsri S, Thongking P, Namsamlee P, Supamathanon N, Rongchapo W. Adsorption of lead ion by bodified cassava waste. Naresuan Phayao Res J. 2015;3: 166-169. (In Thai)
- [3] Eawlex P, Somnuek K. Optimization of solid-to-solvent ratio and time for oil extraction process from spent coffee grounds using response surface methodology. ARPN Res J. 2015;16: 7049-7052. (In Thai)

- [4] Vaughna S, Berhow M, Winkler- Moser J, Lee E. Formulation of a biodegradable, odor-reducing cat litter from solvent- extracted corn dried distillers grains. Elsevier Res J. 2011;34: 999-1002.
- [5] Richards JC, inventor; Richards JC., assignee. Cat litter. United States Patent US 5060598.1991 Oct 29.
- [6] Sotillo VE, inventor; Sotillo VE., assignee. Method for producing a cat litter from grain milling byproducts. United States Patent US 6220206 B1. 2001 Apr 24.
- [7] Akinwumi LL, Awoyera P, Olofinnade O, Busari A. Rice husk as a concrete constituent: workability, water absorption and strength of the concrete. BHRC Res J. 2016;7: 887-898
- [8] Moghanaki SK, Khoshandam B, Mirhaj M. Calculation of moisture content and drying rate during microwave drying. Scientific Res J. 2013;423-426: 746-749.
- [9] กาญจนนา สวดยสม, กรมควบคุมมลพิษ. เทคนิคการเก็บตัวอย่างกลิ่นและการตรวจวิเคราะห์หึ่งกลิ่น; 30 ม.ค.2558; ห้องประชุม 101 กรมควบคุมมลพิษ.กรุงเทพฯ; 2558.