การศึกษาอัตราส่วนการผสมและคุณภาพของกระถางปลูกจากวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าว

Study the Optimal Mixing Ratio and the Physical Quality of the Bio-composite Pot from Coconut Residue

ศิริศักดิ์ แสนสุขกะโต[1*] และ จรัสชัย เย็นพยับ[2]

Sirisak Seansukato[1*] and Charatchai Yenphayab[2]

บทคัดย่อ: การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุชีวภาพจากมะพร้าว ได้แก่ ทางมะพร้าว กาบมะพร้าว และถ่านกะลามะพร้าว ต่อคุณภาพของกระถางที่ขึ้นรูปจากการผสมวัสดุชีวภาพทั้งสามชนิดด้วยอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกัน 3 แบบ โดยทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพของวัสดุ ได้แก่ ความหนาแน่นรวม ค่าเปอร์เซ็นต์ความพรุน ความชื้นสัมบูรณ์ และขนาดของวัสดุ แล้วจึงผสมวัสดุทั้งสามชนิดด้วยอัตราส่วนโดยมวลที่แตกต่างกัน 3 แบบ แล้วจึงนำวัสดุผสมไปขึ้นรูปเป็นกระถางชีวภาพด้วยโมลด์และแท่นอัดไฮดรอลิก หลังจากนั้นจึงเปรียบเทียบคุณภาพของกระถางชีวภาพโดยเปรียบเทียบจำนวนกระถางที่ผลิตได้ การดูดซับน้ำ การพองตัวของกระถาง และการย่อยสลายของกระถาง จากการศึกษาพบว่า วัตถุดิบแต่ละชนิดมีสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันเมื่อพิจารณาความหนาแน่นรวมพบว่า ถ่านกะลามะพร้าว ทางมะพร้าว และกาบมะพร้าวมีความหนาแน่นรวมเท่ากับ 920.53±45.15, 308.68±34.15 และ 151.91±13.56 kg/m^{3}ตามลำดับ ความพรุนของกาบมะพร้าว ทางมะพร้าว และถ่านกะลามะพร้าวมีค่า 84.80±0.77, 64.88±1.28 และ 26.41±2.77% ตามลำดับ ค่าความชื้นสัมบูรณ์ของทางมะพร้าว กาบมะพร้าว และถ่านกะลามะพร้าวมีค่า 9.69±0.06, 9.65±0.30 และ 5.55±0.68% ตามลำดับ และขนาดเฉลี่ยของทางมะพร้าว กาบมะพร้าว และถ่านกะลามะพร้าว มีค่า 2,313.81±80.27, 1,789.87±500.07 และ 698.28±81.60 µm ตามลำดับ การขึ้นรูปกระถางชีวภาพใช้แรงกดอัดที่ 105 kg/cm^2 และเวลากดค้างไว้ 10 วินาที จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนผสมสูตรที่ 2 (ทางมะพร้าว 0.2 กิโลกรัม กาบมะพร้าว 0.4 กิโลกรัม ถ่านกะลามะพร้าว 0.4 กิโลกรัม) มีความเหมาะสมกับการอัดขึ้นรูปกระถางมากที่สุด โดยให้จำนวนกระถางคุณภาพ 3.5±0.5 ใบ ต่อปริมาณวัตถุดิบ 2.5 กิโลกรัม ใช้เวลาขึ้นรูป 495.30±54.76 วินาที

คำสำคัญ: กาบมะพร้าว, ทางมะพร้าว, ถ่านกะลามะพร้าว, วัสดุชีวภาพ

ABSTRACT: This research aims to investigate the effect of the physical properties of some coconut residues such as coconut frond, coconut coir and coconut charcoal shell, to the physical qualities of the bio-composite pots. The studies determine the bulk density, percentage of porosity, absolute moisture content, and the average size of the three materials. The three materials were mixed with three mixing ratios to prepare the bio-composite material for making the bio-composite pots. The pots were formed by using a mold and pressing with a hydraulic ram. Then pots were compared the quality indexes when preparing the pots by the three mixing ratios, the indexes such as the number of quality pots, the water absorption, the swelling rate, and the decomposition. The results showed the three types of raw materials presented the different values of physical properties. The bulk density of coconut charcoal shell, coconut frond, and coconut coir are 920.53±45.15, 308.68±34.15 and

[1] ภาควิชาพื้นฐานทั่วไป สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 86160
Department of Science and Liberal Arts, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus, Chumphon Province, 86160

[2] ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 86160
Department of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus, Chumphon Province, 86160

* Corresponding author: seansukato@gmail.com

151.91±13.56 kg/m^3, respectively. The percentage of porosity of coconut coir, coconut frond, and coconut charcoal shell are 84.80±0.77, 64.88±1.28 and 26.41±2.77 %, respectively. The absolute moisture content of coconut frond, coconut coir and coconut charcoal shell are 9.69±0.06, 9.65±0.30 and 5.55± 0.68 %, respectively. The average size of coconut frond, coconut coir and coconut charcoal shell are 2,313.81±80.27, 1,789.87±500.07 and 698.28±81.60 µm, respectively. The suitable method to form the pot is applying the compression force about 105 kg/cm^2 and holding the pressing load for 10 seconds. The mixing formula No.2 (coconut frond 0.2 kg, coconut coir 0.4 kg and coconut charcoal shell 0.4 kg) presented the highest quality pot with the number of the quality pot about 3.5±0.5 pots per 2.5 kg of raw materials. The average time for making a pot about 495.30±54.76 seconds.
Keyword: coconut coir, coconut frond, coconut shell charcoal, biological materials

บทนำ

ในปัจจุบันพบว่าการใช้ประโยชน์จากมะพร้าวจะใช้เพียงส่วนที่เป็นน้ำและเนื้อที่ได้จากผลของมะพร้าวเท่านั้น ดังนั้นการวิจัยนี้ต้องการศึกษาแนวทางการประยุกต์นำวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าวมาทำกระถางอัดขึ้นรูป เพื่อแก้ปัญหาการย้ายกระถางได้สะดวกเมื่อต้นพันธุ์เจริญเติบโตมากขึ้น ซึ่งคุณสมบัติหลักของกาบมะพร้าว ทางมะพร้าว และกะลามะพร้าวนั้น มีคุณสมบัติเบา อุ้มน้ำได้ดีและสามารถเก็บความชื้นไว้ได้นาน มีคุณสมบัติสอดคล้องกับคุณสมบัติที่สามารถนำมาทำเป็นวัสดุปลูกทางการเกษตรได้ (อำนาจ, 2554) ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเอาส่วนที่เหลือใช้ได้แก่ กาบมะพร้าว ทางมะพร้าว และถ่านกะลามะพร้าวมาทำเป็นวัสดุปลูกทางการเกษตรเพื่อลดปริมาณของวัสดุเหลือใช้เหล่านั้น ทั้งยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (Reddy and et al., 2004) จากการศึกษาพบว่า มีผู้คิดค้นและออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าว ควบคุมการทำงานและส่งผ่านแรงด้วยระบบไฮดรอลิกส์ ซึ่งสามารถอัดขึ้นรูปกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปากกระถางกว้าง 4 นิ้ว สามารถทำงานได้ต่อเนื่อง 8 ชั่วโมงต่อหนึ่งวัน (สุจิน, 2552) ทั้งยังออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเตรียมวัสดุประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการตีกาบมะพร้าว เครื่องมือที่ใช้ในการคัดแยกขนาดของขุยมะพร้าว และเครื่องมือที่ใช้ในการผสมวัตถุดิบ (สุจิน, 2553) โดยมีการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของกาบมะพร้าว ทางมะพร้าว และถ่านกะลามะพร้าว เพื่อนำมาเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย (Konduru and et al., 1999) ในส่วนของการอัดขึ้นรูปกระถางจาก กาบมะพร้าว ทางมะพร้าว และถ่านกะลามะพร้าว ต้องทำการลดขนาดของวัสดุเพื่อให้ง่ายต่อการขึ้นรูป และการลดขนาดของวัสดุสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของคุณสมบัติของวัสดุได้อีกด้วย (Raghavendra and et al., 2005)

การขึ้นรูปกระถางจากวัสดุชีวภาพที่เหมาะสมวัตถุดิบตั้งต้นนั้นสามารถลดขนาดได้ เพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพต่อการขึ้นรูปที่ง่าย และมีสมบัติทางกายภาพที่ไม่แตกต่างไปจากวัตถุดิบตั้งต้น และเพื่อแก้ปัญหาการย้ายกระถางได้สะดวกเมื่อต้นพันธุ์เจริญเติบโตมากขึ้น และลดจำนวนขยะที่เกิดจากกระถางหรือถุงเพาะชำ รวมทั้งเป็นการนำวัสดุเหลือใช้มาเพิ่มมูลค่า สามารถช่วยลดปริมาณของวัสดุเหลือใช้ที่เกิดจากกาบมะพร้าว ทางมะพร้าว และถ่านกะลามะพร้าวได้อีกด้วย

วิธีการศึกษา

เตรียมวัตถุดิบ โดยการสับย่อย ตีป่นเพื่อลดขนาดของวัตถุดิบ ดังรูปที่ 1(a) และนำไปผสมกาวแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วนต่างๆ กัน 3 สูตร ได้แก่

สูตรที่ 1 โดยมีสัดส่วนทางมะพร้าว 0.2 กิโลกรัม กาบมะพร้าว 0.6 กิโลกรัม ถ่านกะลามะพร้าว 0.2 กิโลกรัม

สูตรที่ 2 โดยมีสัดส่วนทางมะพร้าว 0.2 กิโลกรัม กาบมะพร้าว 0.4 กิโลกรัม ถ่านกะลามะพร้าว 0.4 กิโลกรัม

สูตรที่ 3 โดยมีสัดส่วนทางมะพร้าว 0.4 กิโลกรัม กาบมะพร้าว 0.4 กิโลกรัม ถ่านกะลามะพร้าว 0.2 กิโลกรัม

แล้วนำแต่ละสูตรโดยน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ผสมกาวแป้งมันสำปะหลัง 1.5 กิโลกรัม ทำการวัดและทดสอบสมบัติทางกายภาพของวัสดุผสม ได้แก่ ความหนาแน่นรวมเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ความพรุนเฉลี่ย ความชื้นสัมบูรณ์เฉลี่ย และขนาดเฉลี่ยของวัสดุ แล้วนำส่วนผสมทั้งหมดไปขึ้นรูปเป็นกระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางปากกระถาง 13 เซนติเมตร สูง 13 เซนติเมตร ด้วยแม่พิมพ์และเครื่องอัดไฮโดรลิกส์ ดังรูปที่ 1(b)

Figure 1 (a) Raw materials from decreasing process. (b) Bio-materials pot after forming by hydraulic machine and showing in each formula.

เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการอัด จำนวนกระถางที่อัดได้ ศึกษาคุณภาพของกระถางโดยพิจารณาคุณสมบัติการพองตัวของกระถาง (อำนาจ, 2554) การดูดซับน้ำ (Cuquel and et al., 2012) และการย่อยสลายของกระถาง (Suppadit, 2012) แล้วจึงวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (นิภาพร, 2552) และสรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษา

คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุผสมจากมะพร้าว พบว่า ความหนาแน่นเฉลี่ยของถ่านกะลามะพร้าวมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 920.53±45.15 kg/m^3 รองลงมาเป็นทางมะพร้าว และกาบมะพร้าว มีค่าเท่ากับ 308.68±34.15และ 151.91±13.56 kg/m^3 ตามลำดับ ค่าเปอร์เซ็นต์ความพรุนเฉลี่ย กาบมะพร้าวมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 84.80±0.77 % รองลงมาเป็นทางมะพร้าว และถ่านกะลามะพร้าว มีค่าเท่ากับ 64.88±1.28 และ 26.41±2.77 % ตามลำดับ ในส่วนของความชื้นสัมบูรณ์เฉลี่ย และขนาดของวัสดุเฉลี่ยหลังผ่านการสับย่อย พบว่า ทางมะพร้าวมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 9.69±0.06 % และ 2,313.81±80.27 µm รองลงมาเป็นกาบมะพร้าว มีค่า 9.65±0.30 % และ 1,789.87±500.07 µm และถ่านกะลามะพร้าวมีค่าความชื้นสัมบูรณ์เฉลี่ย และขนาดของวัสดุเฉลี่ยหลังผ่านการสับย่อยน้อยที่สุด เท่ากับ 5.55±0.68 % และ 698.28±81.60 µm เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในทุกด้านของสมบัติทางกายภาพ พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ยกเว้นค่าความชื้นสัมบูรณ์เฉลี่ยของทางมะพร้าวและกาบมะพร้าว (Table 1)

ในกระบวนการอัดขึ้นรูปกระถางด้วยแรงกดอัดขนาด 105 kg/cm^2 และเวลากดค้างไว้ 10 วินาที สำหรับทั้ง 3 สูตรของการผสมวัสดุจากมะพร้าว พบว่า สูตรที่ 1 ใช้เวลาเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 601.00±62.04 วินาที สูตรที่ 3 และ 2 จะใช้เวลาเฉลี่ย เท่ากับ 497.00±47.15 และ 495.30±54.76 วินาที ตามลำดับ ขณะที่การอัดขึ้นรูปกระถางที่ได้คุณภาพเต็มใบ ต่อปริมาณวัสดุผสม 2.5

Table 1 The physical properties of waste raw materials from coconut after pass through the size decreasing process.

Type of Materials	Average Density, (kg/m^3)[1/]	Average Porosity Percentage, (%)[1/]	Average Absolute Moisture Content, (%)[1/]	Average Particles Size, (μm)[1/]
	$\bar{x}\pm S.D.$	$\bar{x}\pm S.D.$	$\bar{x}\pm S.D.$	$\bar{x}\pm S.D.$
Coconut Frond	308.68±34.15 [b]	64.88±1.28 [b]	9.69±0.06 [a]	2,313.81±80.27 [a]
Coconut Coir	151.91±13.56 [c]	84.80±0.77 [a]	9.65±0.30 [a]	1,789.87±500.07 [b]
Coconut Shell Charcoal	920.53±45.15 [a]	26.41±2.77 [c]	5.55±0.68 [b]	698.28±81.60 [c]
% C.V.	7.30	3.09	5.17	16.02

[1/] There is non-significant statistical difference of the average value of the same alphabet in the same column by comparison with Least Significant Difference at 95% confidential level.

Table 2 The amount of time usage per pot, average number of pot, swelling rate and decomposition rate after forming process.

Condition	Average time usage, (second)[1/]	Average number of pot, (pots)[1/]	Swelling rate (%)	Decomposition (%)
	$\bar{x}\pm S.D.$	$\bar{x}\pm S.D.$	$\bar{x}\pm S.D.$	$\bar{x}\pm S.D.$
Formula No.1	601.00±62.04[a]	3.8±0.6 [a]	12.11±8.19[a]	18.10±1.96[a]
Formula No.2	495.30±54.76 [b]	3.5±0.5 [ab]	9.70±8.19[a]	14.27±0.43[b]
Formula No.3	497.00±47.15 [b]	3.0±0.8 [b]	22.10±9.00[a]	15.51±1.21[b]
% C.V.	10.35	19.50	53.88	8.48

[1/] There is non-significant statistical difference of the average value of the same alphabet in the same column by comparison with Least Significant Difference at 95% confidential level.

กิโลกรัม สูตรที่ 1 จะได้กระถางคุณภาพเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 3.8±0.6 ใบ สูตรที่ 2 และ 3 จะได้กระถางคุณภาพเฉลี่ย เท่ากับ 3.5±0.5 และ 3.0±0.8 ใบ ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การพองตัวของชิ้นงาน สูตร 3 มีค่า 22.10± 9.00 % สูตรที่ 1 และ 2 มีค่า 12.11±8.19 และ 9.70±8.19 % ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของกระถางสำหรับสูตรที่ 1, 3 และ 2 มีค่า 18.10±1.96, 15.51±1.21 และ 14.27±0.43 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในกระบวนการอัดขึ้นรูป จำนวนกระถางคุณภาพเฉลี่ยที่ได้ และเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของกระถาง พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ยกเว้นเปอร์เซ็นต์การพองตัวของชิ้นงาน (Table 2)

ความสามารถในการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของกระถางเรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ สูตรที่ 2, 1 และ 3 พบว่ากระถางจะคายน้ำออก โดยแปรผันตรงกับระยะเวลา ซึ่งจะส่งผลให้น้ำหนักของกระถางลดลงจนมีน้ำหนักเท่ากับน้ำหนักของกระถางก่อนการทดสอบ โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการวัดการดูดซับน้ำ ได้แก่ สัดส่วนของกาบมะพร้าว ทางมะพร้าว และถ่านกะลามะพร้าว โดยกาบมะพร้าวจะมีการดูดซับน้ำที่ดี รองลงมาเป็นทางมะพร้าว และถ่านกะลามะพร้าวจะดูดซับน้ำได้น้อยที่สุด ในกราฟรูปที่ 2 สูตรที่ 2 จะมีอัตราการคายน้ำมากที่สุด เนื่องจากมีอัตราส่วนของถ่านกะลามะพร้าวมากที่สุด ในขณะที่สูตรที่ 1 และ 3 มีอัตราส่วนของถ่านกะลามะพร้าวน้อยกว่า ในส่วนความแตกต่างของการดูดซับน้ำระหว่างสูตรที่ 1 และ 3 พบว่า สูตรที่ 1 มีสัดส่วนของกาบมะพร้าวมากกว่า สูตรที่ 3 จึงส่งผลให้การดูดซับน้ำ และการคายน้ำของกระถางของสูตรที่ 1 สูงกว่าสูตรที่ 3

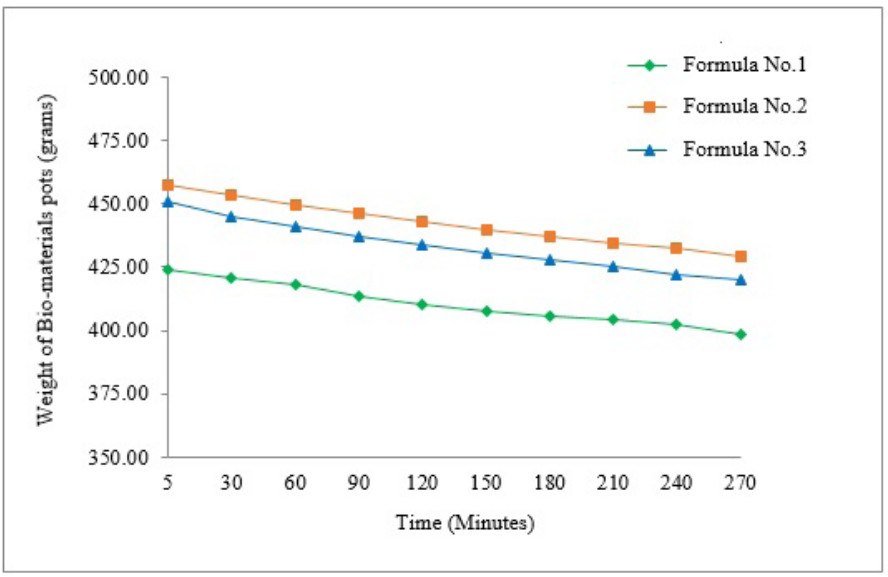

Figure 2 Show relationship between weight of Bio-materials pots and times after soaking pots in water.

วิจารณ์

จากผลการศึกษา พบว่า คุณลักษณะของวัตถุดิบที่มีสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันทั้ง ความหนาแน่นเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ความพรุนเฉลี่ย ความชื้นสัมบูรณ์เฉลี่ย และขนาดเฉลี่ย จะส่งผลต่อการเตรียมวัตถุดิบ กล่าวคือ กาบมะพร้าวและทางมะพร้าว สามารถผสมเข้ากันได้ดี โดยกาวแป้งมันสำปะหลังเนื่องความหนาแน่นเฉลี่ยต่ำ เปอร์เซ็นต์ความพรุนเฉลี่ยสูงความชื้นสัมบูรณ์เฉลี่ยต่ำ และขนาดเฉลี่ยของถ่านกะลามะพร้าวที่มีค่าสูง จะช่วยเติมในช่องว่างของเนื้อผสม ทำให้การขึ้นรูปสามารถขึ้นรูปได้ง่าย ได้เวลาเฉลี่ยในการขึ้นรูป และจำนวนกระถางที่มีคุณภาพเฉลี่ยที่ดี การลดขนาดของวัตถุดิบและปริมาณความชื้นซึ่งสอดคล้องกับ Raghavendra and et al. (2005) ที่กล่าวว่า ต้องทำการลดขนาดของวัสดุเพื่อให้ง่ายต่อการขึ้นรูป และการลดขนาดของวัสดุสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของคุณสมบัติของวัสดุได้อีกด้วย ทั้งนี้ในการศึกษานี้มีข้อจำกัดด้วยประสิทธิภาพของเครื่องอัดไฮโดรลิก และไม่ได้ศึกษาการขึ้นรูปด้วยความร้อน

สรุป

วัตถุดิบแต่ละชนิดมีสมบัติที่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) จำแนกได้เป็น ถ่านกะลามะพร้าวมีความหนาแน่นรวมเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 920.53±45.15 kg/m^3 กาบมะพร้าวมีเปอร์เซ็นต์ความพรุนเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 84.80±0.77 % ทางมะพร้าวมีค่าความชื้นสัมบูรณ์ และขนาดเฉลี่ยของวัสดุสูงสุด เท่ากับ 9.69±0.06 % และ 2,313.81±80.27 µm ตามลำดับ ในขณะที่แรงกดอัดที่ 105 kg/cm^2 และเวลากดค้างไว้ 10 วินาที เหมาะสมกับการอัดขึ้นรูปกระถางมากที่สุดกับสูตรที่ 2 โดยมีสัดส่วนทางมะพร้าว 0.2 กิโลกรัม กาบมะพร้าว 0.4 กิโลกรัม และถ่านกะลามะพร้าว 0.4 กิโลกรัมกรัม ต่อปริมาณกาวแป้งมันสำปะหลัง 1.5 กิโลกรัม ทำให้ได้สมบัติทางกายภาพไม่แตกต่างจากวัตถุดิบดั้งต้นและทำให้ได้กระถางคุณภาพ 3.5±0.5 ใบต่อปริมาณวัตถุดิบ 2.5 กิโลกรัม ใช้เวลาต่อใบทั้งสิ้นเท่ากับ 495.30±54.76 วินาที

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ที่อำนวยความสะดวกด้านสถานที่ทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

นิภาพร ขำสอาด. 2552. อำนาจการทดสอบของการใช้สถิติการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย. ปริญญานิพนธ กศ.ม. สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุจิน สุนีย์ และธีรเวท ฐิติกุล. 2552. เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าว. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, กรุงเทพฯ.

สุจิน สุนีย์ และธีรเวท ฐิติกุล. 2553. เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าว. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, กรุงเทพฯ.

อำนาจ อมฤก. 2554. การศึกษาการพองตัวของกระถางขึ้นรูปจากเส้นใยกกช้าง. ในการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ.

Cuquel F. L. and et al. 2012. Fertigation and growing media for production of anthurium Cut flower. Horticultura Brasileira. 30, 2:279-285.

Konduru, S., Evans, M. R. and Stamps, R. H. 1999. Coconut Husk and Processing Effects on Chemical and Physical Properties of Coconut Coir Dust. HortScience. 34, 1:88-90.

Raghavendra, S.N., Ramachandra Swamy, S.R., Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S., Kumar, S. and Tharanathan, R. 2005. Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. :281-286.

Reddy, N. and Yang, Y. 2004. Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications. :22-27.

Suppadit ,T. and et al. 2012. Effects of moisture content in quail litter on the physical characteristics after pelleting using a Siriwan model machine. Animal Science journal. 84, 4:350-357.