

# ความเป็นไปได้ในการผลิตวัสดุดูดซับเสียงจากลังกระดาษผสมกับ ถุงกระดาษเหลือใช้ของโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง

## Feasibility Study of Sound Absorption Materials from Corrugated Box Mixed with Used Paper Bag in a Frozen Seafood Factory

ชนาววัฒน์ รักกมล ทิพวรรณ มณีสิงห์ ชิตมา ณ สงขลา

สาขาวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและสุขภาพสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

### บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตวัสดุดูดซับเสียงสร้างจากลังกระดาษผสมกับถุงกระดาษเหลือใช้ของอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง โดยการสร้างวัสดุดูดซับเสียงจากส่วนผสมของลังกระดาษ และถุงกระดาษเหลือใช้ ในสัดส่วนน้ำหนักต่างๆ ดังนี้ 0.9:0.1, 0.7:0.3, 0.5:0.5, 0.3:0.7 และ 0.1:0.9 ที่ความหนา 1 และ 2 เซนติเมตร อัดขึ้นรูปในแม่พิมพ์ด้วยแรงกดอัด 70 กิโลกรัม อบที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ผึ่งแดด 4 วัน เพื่อทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (SAC) ที่ความถี่เสียง 250, 500, 1000, 2000, และ 4000 เฮิรต และนำวัสดุดูดซับเสียงที่ผลิตขึ้นมาเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง (NRC) กับแผ่นอะคูสติคบอร์ดที่มีในห้องตลาด

ผลการทดลองพบว่า วัสดุดูดซับเสียงที่สร้างขึ้นมีค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงเท่ากับ 0.50-0.52 และ 0.51-0.53 ที่ความหนา 1 และ 2 เซนติเมตร ตามลำดับ และวัสดุดูดซับเสียงที่สร้างจากลังกระดาษผสมกับถุงกระดาษเหลือใช้ที่สัดส่วน 0.5:0.5 ความหนา 2 เซนติเมตร มีความสามารถดูดซับเสียงได้ดีที่สุด นอกจากนี้พบว่าวัสดุดูดซับเสียงที่สร้างขึ้นมีการดูดซับเสียงได้ดีที่ความถี่สูงๆ และเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุดูดซับเสียงที่ดีที่สุดดังกล่าวข้างต้นกับอะคูสติคบอร์ด พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงเท่ากับ 0.66 ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p=0.10$ ) จากผลการศึกษาพบว่า วัสดุดูดซับเสียงที่สร้างขึ้นมีความเป็นไปได้ในการใช้งานเพราะมีค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงไม่น้อยกว่า 0.4

คำสำคัญ : วัสดุดูดซับเสียง, ลังกระดาษ, ถุงกระดาษเหลือใช้, โรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง

### Abstract

The objective of this study aimed to study the feasibility to produce a sound absorption materials from waste of frozen seafood factory, corrugated box and used paper bag. Absorption materials were produced from the different ratio of corrugated box and used paper bag (% w/w); 0.9:0.1, 0.7:0.3, 0.5:0.5, 0.3:0.7 and 0.1:0.9 for 1cm and 2 cm thickness . The materials were then poured in the block with pressing machine at 70 kilograms, 60 °C for 30 minutes and dry with the natural light for 4 days. Sound

Absorption Coefficient (SAC) at five various sound frequencies (250, 500, 1000, 2000, and 4,000 Hz) and Noise Reduction Coefficient (NRC) were tested and compared the valued with commercial acoustic board.

The results showed that the NRC value of tested materials were in range 0.50-0.52 and 0.51-0.53 at the thickness 1 and 2 cm, respectively. The tested materials produced from a mixture of corrugated box and used paper bag at the ratio of 0.5:0.5 with 2 cm thickness showed the highest NRC value. In addition, the high frequency sound was well absorbed by the tested material. The comparison between the best sound absorbing material and an acoustic board was not significantly different by  $NRC=0.66$  ( $p=0.10$ ). This study suggested that the tested material were made from frozen industry waste could be considered as a sound absorption material because of the obtained NRC value greater than 0.4.

**Keywords :** Sound Absorption Materials, Corrugated Box, Used Paper Bag, Frozen Seafood Factory

## 1. บทนำ

มลพิษทางเสียงนับว่าเป็นปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญ ดังจะเห็นได้จากสถิติการร้องเรียนเหตุรำคาญของกรมควบคุมมลพิษที่รายงานไว้ว่า เสียงดังเป็นปัญหาที่ได้รับการร้องเรียนมากเป็นอันดับต้นๆ ของทุกปี [1] สำหรับการควบคุมมลพิษทางเสียงสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การควบคุมที่แหล่งกำเนิดเสียง การควบคุมที่เส้นทางเดินของเสียง และการควบคุมที่ตัวผู้รับเสียง [2] ในบรรดาทางเลือกดังกล่าวข้างต้น การใช้วัสดุดูดซับเสียงที่ผลิตจากวัสดุพรุน เช่น ใยแก้ว (Glass Wool) ใยหิน (Rock Wool) นับเป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับการยอมรับ เนื่องจากความสะดวกและความรวดเร็วในการติดตั้งและมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม วัสดุดังกล่าวมักมีราคาแพงและส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น การระคายเคือง [3] นอกจากนี้ฝ้ายอาชีวนามัย กองอนามัยสิ่งแวดล้อม รายงานว่า เส้นใยทั้ง 2 ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและร่างกายของผู้ใช้ได้ โดยการสัมผัสหรือหายใจเอาฝุ่นของเส้นใยเข้าไป ซึ่งอาจทำให้เกิดโรค ได้แก่ ถุงลมโป่งพอง มะเร็งเยื่อหุ้มปอด หรือมะเร็งหลอดลม เป็นต้น [4] ดังนั้นนักวิจัยหลายท่านจึงมุ่งเน้นที่การค้นหาวัดดูดซับชนิดใหม่ที่

ปลอดภัยต่อสุขภาพและมีราคาถูกทดแทน เช่น ฟางข้าว เศษจี้เลื่อย ขังข้าวโพด และแกลบ เป็นต้น [5-7]

โรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง มีวัสดุเหลือใช้ชนิดต่างๆ จากกระบวนการผลิตมากมาย เช่น ลังกระดาษ ถุงกระดาษบรรจุแข็ง ถุงพลาสติก เป็นต้น โดยของเหลือใช้บางชนิดดังกล่าวจะถูกส่งนำไปกำจัดทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณค่อนข้างสูง เพื่อลดปัญหาในการกำจัดถุงกระดาษบรรจุแข็ง และกระดาษลัง ของอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง ที่มีจำนวนมาก การนำวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่เป็นสิ่งที่มีความมากขึ้น ตามหลักการ Reduce, Reuse และ Recycle เช่น มีการนำเอากระดาษที่ใช้แล้วภายในสำนักงานมาทำเป็นวัสดุดูดซับเสียง [8-9] ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตวัสดุดูดซับเสียงที่สร้างจากลังกระดาษผสมกับถุงกระดาษเหลือใช้ของอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง โดยผลที่ได้จะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียงจากอุตสาหกรรมและลดปัญหาของเสียงจากภาครัฐกิจอุตสาหกรรมนอกจากนี้ยังสามารถเป็นแนวทางในการผลิต วัสดุป้องกันเสียงที่ราคาถูก เพื่อลดการนำเข้าจากต่างประเทศได้อีกด้วย

## 2. วิธีการศึกษา

### 2.1 การสร้างวัสดุดูดซับเสียง

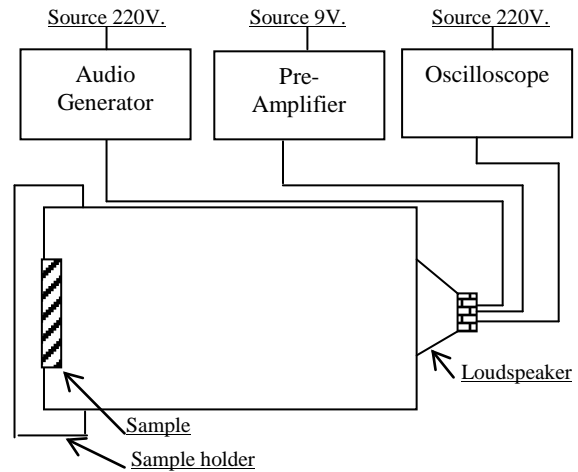
วัสดุดูดซับเสียงที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ ทำจากถังกระดาษ ดังภาพที่ 1(a) และถุงกระดาษเหลือใช้ดังภาพที่ 1(b) ปรับสภาพด้วยการแช่น้ำและปั่นให้ละเอียดเพื่อให้มีขนาดเล็กและอ่อนนุ่ม จากนั้นเตรียมเข้าสู่กระบวนการผสมโดยกำหนดให้น้ำหนักของถังกระดาษผสมกับถุงกระดาษในอัตราส่วน 0.9:0.1, 0.7:0.3, 0.5:0.5, 0.3:0.7 และ 0.1:0.9 ที่ความหนา 1 เซนติเมตร และ 2 เซนติเมตร ใช้กาวลาเท็กซ์เป็นวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.1 และ 0.2 กิโลกรัม และใช้น้ำเท่ากับ 1.50 และ 2.50 กิโลกรัม ที่ความหนา 1 และ 2 เซนติเมตร ตามลำดับ ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปใส่บล็อกแม่พิมพ์และอัดขึ้นรูปด้วยแรงกดอัด 70 กิโลกรัม อบที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วผึ่งแดด 4 วันจนแห้ง และถูกเก็บไว้ในสภาวะห้องเป็นเวลา 1 สัปดาห์ก่อนนำมาทดสอบในขั้นต่อไป



ภาพที่ 1 (a) ถังกระดาษ (b) ถุงกระดาษเหลือใช้

### 2.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงและสัมประสิทธิ์การลดเสียง

นำเครื่องกำเนิดเสียง(Audio Generator) ต่อเข้ากับลำโพงเพื่อส่งสัญญาณเสียงเข้ามาในกล่องทดลอง ทำจากไม้อัด ที่มีความหนา 10 มิลลิเมตร ประกอบเป็นห้อง 5 ด้าน ขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร โดยมีด้านปากกล่องที่สามารถเปิดได้ ขณะทดลอง นำวัสดุดูดซับเสียงที่สร้างขึ้นมาวางกึ่งกลางด้านตรงกันข้ามกับลำโพงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 วิธีทดสอบการตรวจค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง

การหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง(Sound Absorption Coefficient : SAC;  $\alpha$ )เป็นค่าอัตราส่วนของพลังงานที่ถูกดูดกลืน ต่อพลังงานเสียงที่ตกกระทบวัสดุ ทั้งนี้เมื่อคลื่นเสียงตกกระทบผิววัสดุ จะมีพลังงานส่วนหนึ่งที่สะท้อนออกไป และอีกส่วนถูกดูดกลืนที่ผิวหน้าของวัสดุนั้น [10]โดยทดสอบที่ความถี่ 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 เฮิร์ต ดังสมการที่ 1 [7]โดยค่า R คือ สัมประสิทธิ์การสะท้อนของเสียงจากวัสดุดูดซับ ค่า r คือ เสียงจากแหล่งกำเนิด และ i พลังงานเสียงที่ถูกดูดซับ

$$\alpha = 1 - |R|^2 = 1 - R_r^2 - R_i^2 \text{ -----(1)}$$

การหาค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง (Noise Reduction Coefficient ; NRC)คือค่าเฉลี่ยของ  $\alpha$  ที่ถูกวัดที่ความถี่เสียง 250, 500, 1,000 และ 2,000 เฮิร์ต ดังสมการที่ 2 [7] โดยคุณสมบัติที่ดีของวัสดุดูดซับเสียงต้องมี NRC ไม่น้อยกว่า 0.4[11] และใช้สถิติ Mann-Whiney U Test ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า NRC ของวัสดุดูดซับเสียงที่สร้างขึ้นกับแผ่นอะคูสติคบอร์ดที่มีการจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป

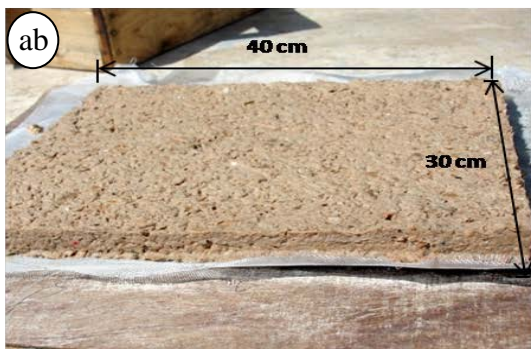
$$NRC = \frac{\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1,000} + \alpha_{2,000}}{4} \text{ ---(2)}$$

### 3. ผลและวิจารณ์

วัสดุดูดซับเสียงจากลึงกระดาษผสมกับกระดาษเหลือใช้ที่ผ่านการปรับสภาพแล้วมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าตามแม่พิมพ์ที่มีความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร ดังภาพที่ 3 (a) โดยพบว่าแผ่นวัสดุดูดซับเสียงมีความหนาแน่นระหว่าง 0.24–0.30 กิโลกรัมต่อลิตรและ 0.33-0.42 กิโลกรัมต่อลิตร ที่ความหนา 1 และ 2 เซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อแผ่นแห้งสนิทแล้ว มีการขึ้นรูปได้ดี แข็งแรงโดยไม่มีรอยปริแตกออกจากกัน ถึงแม้แผ่นวัสดุที่

ผลิตได้มีความแข็งแรง แต่ผิวหน้าของชิ้นงานทุกแผ่นไม่เรียบมากนักมีรอยแตกลักษณะของกระดาษ ดังภาพที่ 3 (b) ซึ่งความคงทนของวัสดุดูดซับเสียงที่สร้างขึ้นทั้ง 10 แผ่น อาจจะต้องมีการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ เช่น ความหนาแน่น การรับแรงกระแทก การป้องกันความชื้น เพื่อปรับปรุงต่อไป

เมื่อนำวัสดุดูดซับเสียงลึงกระดาษผสมกับกระดาษเหลือใช้หาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ( $\alpha$ ) และสัมประสิทธิ์การลดเสียง(NRC)ของแต่ละชิ้นได้ผล ดังนี้

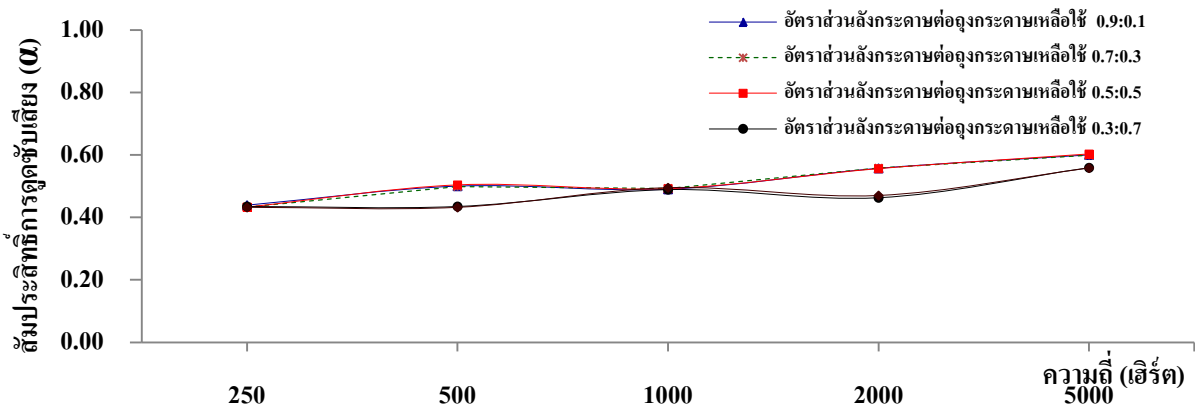


ภาพที่ 3 ลักษณะของวัสดุดูดซับเสียงที่ทำจากลึงกระดาษผสมกับกระดาษเหลือใช้

(a) ขนาดของวัสดุดูดซับเสียง (b) ลักษณะผิวด้านหน้าของวัสดุดูดซับเสียง

1. วัสดุดูดซับเสียงจากลึงกระดาษผสมกับกระดาษเหลือใช้ที่ความหนาเท่ากัน คือ 1 เซนติเมตร แต่สัดส่วนต่างกัน (0.9:0.1, 0.7:0.3, 0.5:0.5, 0.3:0.7 และ 0.1:0.9) พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ที่ความถี่ต่างๆ มีค่าไม่เท่ากัน ดังภาพที่ 4 ซึ่งวัสดุดูดซับเสียงที่สร้างขึ้นมีความสามารถดูดซับเสียงที่ความถี่สูงๆ (5,000 เฮิร์ต)

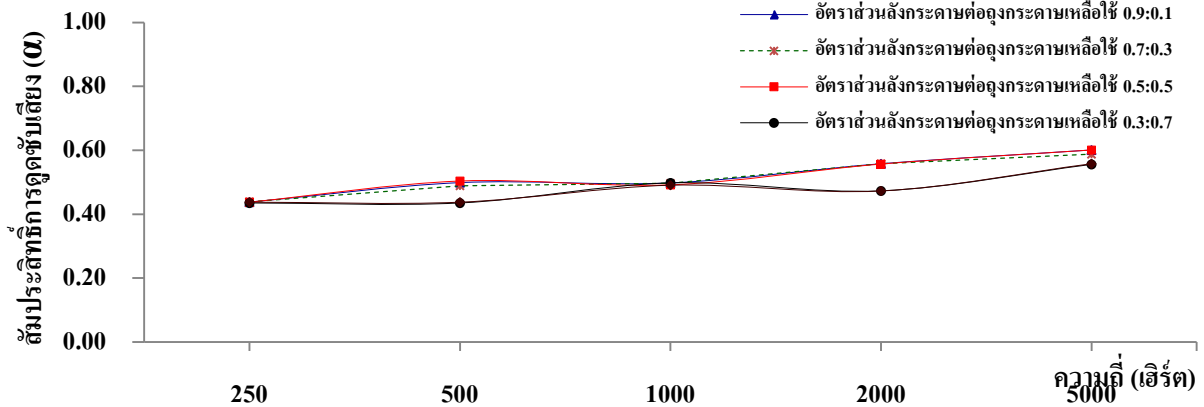
และลักษณะการดูดซับเสียงที่ความถี่ต่างๆ ไม่เท่ากัน อย่างไรก็ตาม พบว่า วัสดุดูดซับเสียงที่สัดส่วนของลึงกระดาษกับถุงกระดาษเหลือใช้ ที่ 0.5:0.5จะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ความถี่ 5,000 เฮิร์ต ( $\alpha=0.61$ ) สูงกว่าวัสดุดูดซับเสียงที่สัดส่วน 0.9:0.1, 0.7:0.3, 0.3:0.7 และ 0.1:0.9 ( $\alpha=0.60, 0.59, 0.56$  และ  $0.55$ ) ตามลำดับ



ภาพที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ความหนา 1 เซนติเมตร ที่มีสัดส่วนลึงกระดาษผสมกับถุงกระดาษเหลือใช้ที่แตกต่างกัน

2. วัสดุคูดซบเสียงจากลึงกระดาชผสมกับกระดาชเหลือใช้ที่ความหนาเดีวกันเท่ากับ 2 เซนติเมตร แต่ลึงส่วนต้งกัน พบว่า ค่ำลึงประลธิการคูดซบเสียงที่ความถึต้งกัน มีค่าไม่เท่ากัน โดยวัสดุคูดซบเสียงที่สร้งขึ้นมีความสามารถคูดซบเสียงที่ความถึสูงๆ เช่นเดีวกับที่ความหนา 1 เซนติเมตร อย่งไรก็ดี พบว่า วัสดุคูดซบเสียง

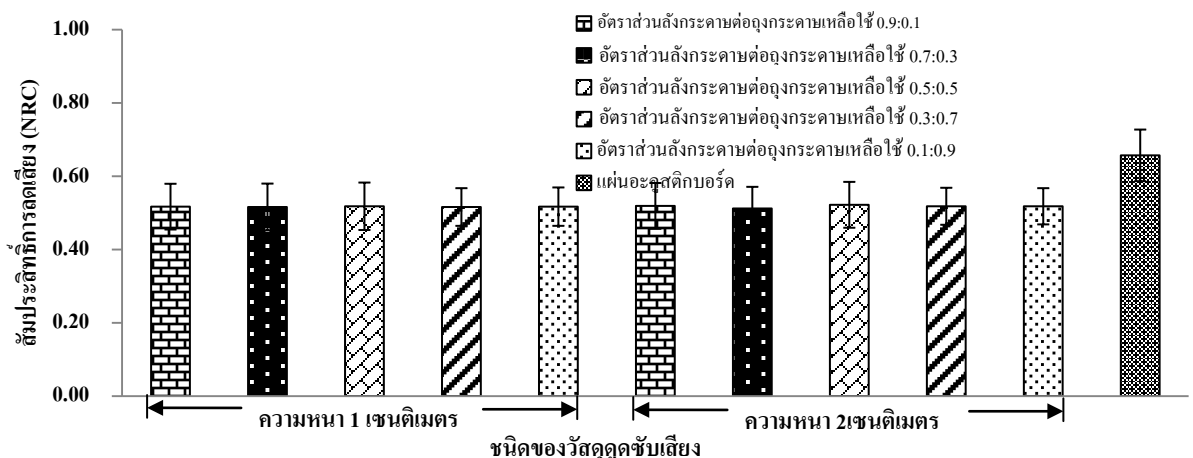
ที่ลึงส่วนของลึงกระดาชกับถุงกระดาชเหลือใช้ที่ 0.9:0.1, 0.7:0.3, 0.5:0.5 จะมึค่าลึงประลธิการคูดซบเสียงที่สูงขึ้นเมื่อความถึสูงขึ้น แต่เมื่อลึงส่วนลึงกระดาชลดลงและถุงกระดาชเหลือใช้เพิ่มขึ้น คือที่ลึงส่วน 0.3:0.7 และ 0.1:0.9 พบว่าที่ความถึสูงๆ จะมึค่าลึงประลธิการคูดซบเสียงต้งกัน ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ค่ำลึงประลธิการคูดซบเสียงที่ความหนา 2 เซนติเมตร ที่มีลึงส่วนลึงกระดาชผสมกับถุงกระดาชเหลือใช้ที่ต้งกัน

3. ค่ำลึงประลธิการลดเสียง (NRC) พบว่า ที่ความหนาเท่ากัน ลึงส่วนของลึงกระดาชกับกระดาชเหลือใช้ที่ 0.5 : 0.5 มีค่าลึงประลธิการลดเสียงที่ลึงสุด และเมื่อพิจารณาที่ความหนา พบว่าวัสดุคูดซบเสียงที่ความหนาเพิ่มขึ้นจาก 1 เซนติเมตร เป็น 2 เซนติเมตรก็ไม่ได้ทำให้ค่าลึงประลธิการลดเสียงเพิ่มขึ้นมากนัก นอกจากนึ้เมื่อพิจารณาวัสดุคูดซบเสียงที่สร้งขึ้นที่ค่า NRC ลึงสุด คืออัตราส่วนลึงกระดาชต่อถุงกระดาชเหลือใช้ เท่ากับ 0.5:0.5 ที่

ความหนา 2 เซนติเมตร (NRC=0.53) (ภาพที่ 6) เปรียบเทียบความต้งกันกับอะคูสติคบอร์ดที่มีขายในท้องตลาด พบว่ามึค่า NRC เท่ากับ 0.66 ซึ่งไม่มีความต้งกันอย่างมึนัยสำคัญทางสถิติ ( $p=0.10$ ) สำหรับต้นทุนของวัสดุคูดซบเสียงที่สร้งขึ้นมึราคาต้งกว่าอะคูสติคบอร์ด โดยคิดเป็นราคาประมาณ 100 บาทต่อพื้นที่ 1.2 ตารางเมตร ส่วนแผ่นอะคูสติคบอร์ดราคาประมาณ 158 บาทต่อพื้นที่ 1.2 ตารางเมตร



ภาพที่ 6 ค่ำลึงประลธิการลดเสียงที่ความหนาและลึงส่วนต้งกันเปรียบเทียบกับแผ่นอะคูสติคบอร์ด

#### 4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การขึ้นรูปของแผ่นวัสดุดูดซับเสียงจากลิ่งกระดาษผสมกับกระดาษเหลือใช้มีการขึ้นรูปได้ดีทั้งหมด มีความแข็งแรง โดยไม่มีการปริแตก ความหนาและความเรียบสม่ำเสมอ ยกเว้นผิวหน้าของชิ้นงานทุกแผ่นไม่เรียบมากนัก มีรอยแสดงลักษณะของกระดาษ ดังนั้นวัสดุดูดซับเสียงที่สร้างขึ้นควรมีการพัฒนาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผิวหน้าของวัสดุเพื่อหาพื้นผิวที่ดีที่สุดในการดูดซับเสียง หรืออาจเพิ่มสารอื่นๆ เข้าไปในกระบวนการผลิต เช่น สารเคลือบผิวกันชื้น สารหน่วงไฟ เป็นต้น เพื่อเพิ่มความคงทนและประสิทธิภาพการใช้งานให้มากยิ่งขึ้น

สำหรับความสามารถในการดูดซับเสียงของลิ่งกระดาษผสมกับกระดาษเหลือใช้ที่สร้างขึ้น มีความเป็นไปได้ในการใช้งาน ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงเท่ากับ 0.50-0.52 และ 0.51-0.53 ที่ความหนา 1 และ 2 เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้วัสดุดูดซับเสียงที่สร้างขึ้นจะดูดซับเสียงได้ดีในสัดส่วนลิ่งกระดาษต่อถุงกระดาษเหลือใช้ที่แตกต่างกัน ตลอดจนความสามารถในการดูดซับเสียงที่มีความถี่ต่างๆ ไม่เท่ากัน ส่วนใหญ่มีความสามารถในการดูดซับเสียงได้ดีที่ความถี่สูง และเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นอะคูสติคบอร์ดที่มีขายในท้องตลาดมีคุณสมบัติการลดเสียงไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรนำวัสดุดูดซับเสียงที่สร้างขึ้นไปประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องการควบคุมเสียงที่มีความถี่สูงๆ

#### 5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Pollution Control Department, "Statistics of appealing in pollution problem 2010" Retrieved 18 November 2012, from [http://www.pcd.go.th/info/serv/pol\\_stat2554.html](http://www.pcd.go.th/info/serv/pol_stat2554.html).
- [2] C.M. Harris, Handbook of Noise Control. New York: : McGraw-Hill. 1979.
- [3] J. Tulinska, E. Jahnova, M. Dusinska, M. Kuricova, A. Liskova, M. Horvathova, Wsolova, L. Collins, A. Harrington, and V. L. Fuortes, "Immunomodulatory Effects of Mineral Fibers in Occupationally Exposed Workers. Mutation Research.Vol 533: pp. 111-124, 2004.
- [4] Section of occupational health, division of environmental health "Pulmonary and Lung Disease" Bangkok : Department of Health Ministry of Public Health Permission, 1995.
- [5] H.S. Yang, D.J. Kim, and H.J. Kim, "Rice Straw-Wood Particle Composite for Sound Absorbing Wooden Construction Materials". Bioresoure Technology. Vol 86: pp. 117-121. 2003.
- [6] J., Faustino, L. Pereira, S. Soares, D. Cruz, A. Paiva, H. Varum, J. Ferreira and J. Pinto, "Impact sound insulation technique using com cob particleboard". Construction and Building Materials. Vol 37: pp. 153-159, 2012.
- [7] S. Mahzam, A.M. Ahmad Zaidi, M.I. Ghazali, M.N. Yahya, and M. Ismail, " Investigation on Sound Absorption of Rice-Husk Reinforced Composite" Proceedings of MUCET2009. Malaysian Technical Universities Conference on Engineering and Technogy. MS Garden, Kuantan, Pahang, Maylaysia.. June 20-22, 2009.
- [8] S. ThankSatid and S. Sanongrat "The Feasibility of producing sound absorbing materials from used paper mixed with waste" National Conference on Civil Engineering. 12th. Amarin Lagoon Hotel. Phitsanulok Province. 2-4 May 2006.
- [9] S. Sri Muenwai. "Creating a sound-absorbing material from the used paper in the office." Thesis, Loei Rajabhat University.
- [10] D. Raynolds Douglas, Engineering principles of acoustics noise and vibration control. Boston: Allyn&Bacon, 1981.
- [11] Cowan, J.P. Handbook of Environmental Acoustics. Van Nostrand Reinhold : International Thomson Publishing Company. 1994.