

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 องค์ประกอบทางเคมี

ผลการทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนหมอนทองแห้ง เส้นใยเปลือกทุเรียนหมอนทอง และผงเปลือกทุเรียนหมอนทอง แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนหมอนทองแห้ง เส้นใยเปลือกทุเรียนหมอนทอง และผงเปลือกทุเรียนหมอนทอง

องค์ประกอบทางเคมี	เปลือกทุเรียน หมอนทองแห้ง (%)	เส้นใยเปลือกทุเรียน หมอนทองแห้ง (%)	ผงเปลือกทุเรียน หมอนทองแห้ง (%)
1.ปริมาณเถ้า	4.26	3.87	4.20
2.การละลายในแอลกอฮอล์และ เบนซีน	20.7	22.0	18.9
3.การละลายในน้ำร้อน	33.3	38.2	37.6
4.การละลายในสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น ร้อยละ 1	54.7	56.0	56.7
5.เพนโตซาน	12.3	12.4	14.9
6.ลิกนิน	15.5	10.1	9.89
7.ไฮโดรเซลลูโลส	48.5	48.6	47.2
8.อัลฟาเซลลูโลส	33.2	34.0	32.4
9.เบต้าเซลลูโลส	6.67	4.38	5.12
10.แกมมาเซลลูโลส	8.63	10.2	9.63

หมายเหตุ ในการทดสอบทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย โดยมีวิธีทดสอบดังนี้

1. ปริมาณเถ้า ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T 211cm-02
2. การละลายในแอลกอฮอล์และเบนซีน ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T204cm-97

3. การละลายในน้ำร้อน ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T 207cm-99
4. การละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T 212cm-02
5. เพนโตซาน ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T 223cm-01
6. ลิกนิน ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T 222om-02
7. ไฮโดรเซลลูโลส ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI Section
8. อัลฟ่าเซลลูโลส ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T 203cm-99
9. เบต้าเซลลูโลส ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T 203cm-99
10. แกมมาเซลลูโลส ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T 203cm-99

องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยเปลือกทุเรียนหมอนทองและผงเปลือกทุเรียนหมอนทองแสดงดังตารางที่ 4.1 ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบมีความสำคัญในการศึกษาถึงการเชื่อมประสานกันของเส้นใยเปลือกทุเรียนหมอนทองและผงเปลือกทุเรียนหมอนทอง เมื่อนำมาขึ้นรูปด้วยการอัดร้อนผลิตเป็นแผ่นขึ้นไม้อัด ซึ่งในการวิจัยนี้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี อาทิ ปริมาณเถ้า หมายถึง ปริมาณเถ้าที่เหลืออยู่หลังจากเผาไหม้ที่อุณหภูมิ 575 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงหรือมากกว่า พบว่าผงเปลือกทุเรียนมีปริมาณเถ้าที่สูงกว่าเส้นใยเปลือกทุเรียน โดยผงเปลือกทุเรียนมีปริมาณเถ้า 4.20 % และเส้นใยเปลือกทุเรียนมีปริมาณเถ้า 3.87 % สำหรับการละลายในแอลกอฮอล์และเบนซีน หมายถึงปริมาณสารในวัตถุดิบที่สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นสารผสมระหว่างแอลกอฮอล์และเบนซีน อาทิ คาร์โบไฮเดรตมวลโมเลกุลต่ำ เกลือ และสารอื่นๆที่ละลายในน้ำ โดยพบว่าสำหรับเส้นใยทุเรียนและผงเปลือกทุเรียนมีค่าการละลายในแอลกอฮอล์และเบนซีนอยู่ที่ 22 % และ 19 % ตามลำดับ สำหรับการละลายในน้ำร้อน คือค่าที่แสดงถึงปริมาณแป้งสตาร์ท (Starches) ของเส้นใยทุเรียนและผงเปลือกทุเรียน เนื่องจากปกติในการละลายในน้ำเย็น (Cold water) จะทำการล้างส่วนที่เป็นองค์ประกอบในส่วนที่เป็นแทนนิน น้ำตาล และสีของเส้นใยออกจากเส้นใย ส่วนน้ำร้อนจะทำการล้างและสกัดในส่วนที่เป็นสตาร์ท (Starches) ออกมา ซึ่งพบว่าเส้นใยทุเรียนและผงเปลือกทุเรียนมีค่าการละลายในน้ำร้อนที่ 38 % และ 38 % ตามลำดับ สำหรับการละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 หมายถึง ปริมาณสารในวัตถุดิบที่สามารถละลายได้ในสารละลาย NaOH เข้มข้น 1% ซึ่งองค์ประกอบหลัก คือ เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และเซลลูโลสที่เสื่อมสภาพ (Degraded Cellulose) โดยเส้นใยเปลือกทุเรียนและผงเปลือกทุเรียน มีค่าเท่ากับ 56 % และ 57 % ตามลำดับ

โดยปกติแล้วสำหรับโพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharides) คือ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ของเส้นใยที่มีอยู่ประมาณ 40-50% ของเส้นใย เป็นสารคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยา (Hydrolyzed) กับกรดเจือจางจะได้น้ำตาลกลูโคส (Glucose) แมนโนส (Maannose) และไซโรส (Xylose) โพลีแซคคาไรด์แบ่งออกเป็น เซลลูโลส (Cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (Hemicelluloses) รวมเรียกว่าโฮโลเซลลูโลส (Holocellulose) ซึ่งสามารถสกัดจากเนื้อไม้ได้โดยใช้วิธีการออกซิไดส์ (Oxidized) เพื่อสกัดเอาสารแทรก ลิกนิน ออกไปให้เหลือแต่โฮโลเซลลูโลส หลังจากนั้นเอาโฮโลเซลลูโลสไปทำปฏิกิริยากับด่างเจือจาง (เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 17.5 %) จะทำละลายกับเฮมิเซลลูโลสออกมา ส่วนที่ไม่ละลายในด่างเจือจางก็จะเหลือเพียงเซลลูโลส

โดยในการวิเคราะห์ค่าเพนโดซาน ซึ่งแสดงถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีมวลโมเลกุลต่ำ พบว่าเส้นใยเปลือกทุเรียนและผงเปลือกทุเรียนมีค่าเท่ากับ 12 % และ 15 % ตามลำดับ สำหรับแอลฟาเซลลูโลส หมายถึง คาร์โบไฮเดรตส่วนที่ไม่ละลายในสารละลาย NaOH เข้มข้น 17.5% และ 9.55% ภายใต้สภาวะทดสอบมาตรฐาน ซึ่งบ่งชี้ถึงปริมาณเซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงที่ทนต่อการเสื่อมสภาพที่อยู่ในวัตถุดิบ (Undegraded higher molecular weight cellulose) พบว่าเส้นใยเปลือกทุเรียนและผงเปลือกทุเรียนมีค่าเท่ากับ 34 % และ 32 % ตามลำดับ สำหรับเบต้าเซลลูโลส คือ ส่วนที่ละลายและตกตะกอนในสารละลายกรด (Reprecipitated on acidification of the solutions) ซึ่งบ่งชี้ถึงส่วนที่เป็นเซลลูโลสที่เสื่อมสภาพ (Degraded cellulose) โดยพบว่าเส้นใยเปลือกทุเรียนและผงเปลือกทุเรียนมีค่าเท่ากับ 4 % และ 5 % และสำหรับแกมมาเซลลูโลส คือส่วนที่ละลายในสารละลาย NaOH ซึ่งบ่งบอกองค์ประกอบหลักคือ ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ซึ่งพบว่าเส้นใยเปลือกทุเรียนและผงเปลือกทุเรียนมีค่า เท่ากับ 10 % และ 10 % และสำหรับลิกนินที่เป็นสารชนิดหนึ่งที่มีอยู่ระหว่างและในผนังเซลล์ชั้นนอกของเส้นใย ทำหน้าที่คล้ายกาวเป็นตัวเชื่อมเส้นใยเข้าด้วยกัน ทำให้โครงสร้างของต้นไม้มีความแข็งแรง เป็นพอลิเมอร์โมเลกุลฟีนิลโพรเพน (Essentially Substituted Phenylpropane three-dimensional Polymers) ยึดเกาะกันด้วยอีเทอร์และคาร์บอน ลักษณะไม่เป็นผลึกมีความสามารถในการดูดซึ่มสูงและเมื่อถูกความร้อนจะอ่อนตัวลง พบว่าเส้นใยเปลือกทุเรียนและผงเปลือกทุเรียนมีปริมาณลิกนิน 10% และ 10 % ตามลำดับ

4.2 ค่าคุณสมบัติไดอิเล็กตริก (Dielectric Properties)

ตารางที่ 4.2 ค่าคุณสมบัติไดอิเล็กตริก (กรณี 1 ใช้แมกนีตรอนจำนวน 6 ตัว (กำลัง 800 W/ตัว) 4800 W

ลำดับ	สูตรผสม	Dielectric Properties					
		ก่อนอบ			หลังอบ		
		ϵ'	ϵ''	$\tan \delta$	ϵ'	ϵ''	$\tan \delta$
1	1:1:1	2.00	0.321	0.16	1.56	0.156	0.100
2	1:1:1.5	2.25	0.436	0.19	1.50	0.153	0.101
3	2:1:1.5	2.31	0.436	0.19	1.59	0.157	0.098
4	2:1:2	1.92	0.273	0.14	1.56	0.158	0.101

ตารางที่ 4.3 ค่าคุณสมบัติไดอิเล็กตริก (กรณี 2 ใช้แมกนีตรอนจำนวน 3 ตัว (กำลัง 800 W/ตัว) 2400 W
อุณหภูมิที่ 40°C)

ลำดับ	สูตรผสม	Dielectric Properties					
		ก่อนอบ			หลังอบ		
		ϵ'	ϵ''	$\tan \delta$	ϵ'	ϵ''	$\tan \delta$
1	1:1:1	2.189	0.346	0.158	1.904	0.177	0.092
2	1:1:1.5	2.146	0.380	0.177	1.397	0.149	0.107
3	2:1:1.5	2.255	0.446	0.198	1.509	0.154	0.102
4	2:1:2	2.317	0.444	0.191	1.569	0.158	0.101

ตารางที่ 4.4 ค่าคุณสมบัติไดอิเล็กตริก (กรณี 3 ใช้แมกนีตรอนจำนวน 3 ตัว (กำลัง 800 W/ตัว) 2400 W
อุณหภูมิที่ 50°C)

ลำดับ	สูตรผสม	Dielectric Properties					
		ก่อนอบ			หลังอบ		
		ϵ'	ϵ''	$\tan \delta$	ϵ'	ϵ''	$\tan \delta$
1	1:1:1	2.375	0.525	0.221	1.478	0.150	0.101
2	1:1:1.5	2.396	0.539	0.225	1.461	0.144	0.099
3	2:1:1.5	2.238	0.456	0.203	1.453	0.149	0.102
4	2:1:2	1.885	0.306	0.162	1.452	0.146	0.101

ตารางที่ 4.5 ค่าคุณสมบัติไดอิเล็กตริก (กรณี 4 ใช้แมกนีตรอนจำนวน 3 ตัว (กำลัง 800 W/ตัว) 2400 W อุณหภูมิความร้อนที่ 60°C)

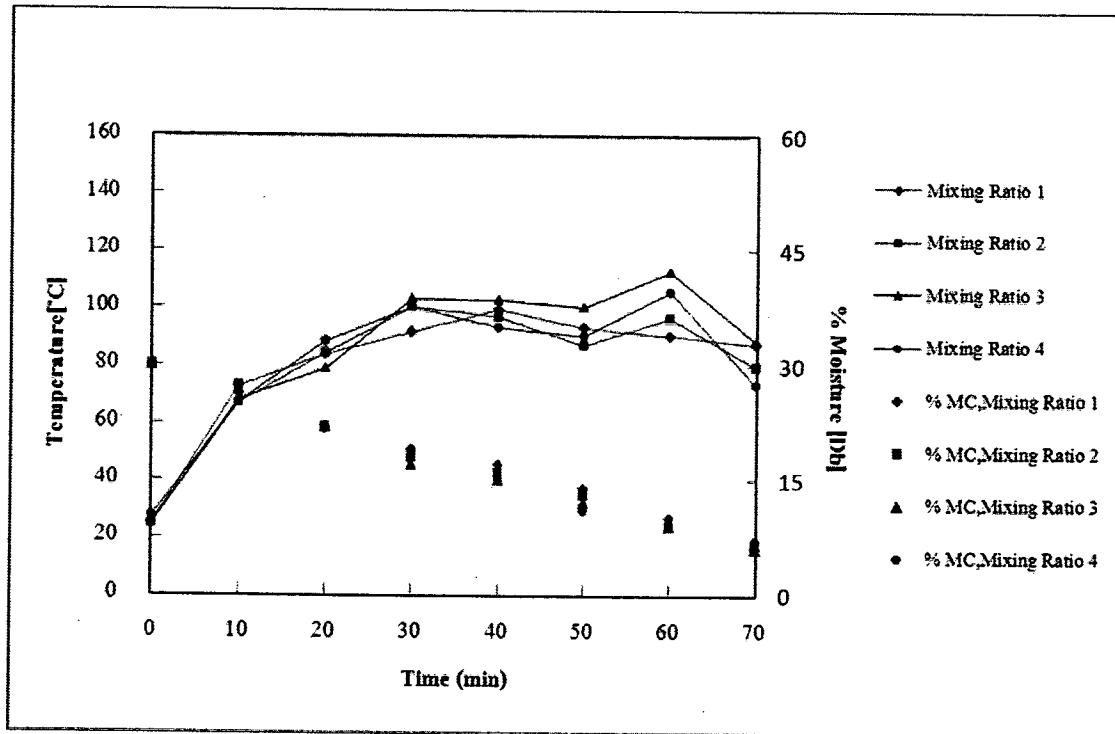
ลำดับ	สูตรผสม	Dielectric Properties					
		ก่อนอบ			หลังอบ		
		ϵ'	ϵ''	$\tan \delta$	ϵ'	ϵ''	$\tan \delta$
1	1:1:1	2.598	0.610	0.235	1.468	0.145	0.099
2	1:1:1.5	2.190	0.420	0.192	1.413	0.141	0.100
3	2:1:1.5	2.728	0.677	0.255	1.629	0.155	0.095
4	2:1:2	2.236	0.423	0.189	1.462	0.144	0.099

ตารางที่ 4.2 4.3 4.4 และ 4.5 แสดงค่าสมบัติไดอิเล็กตริกของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง โดยทำการอบที่กำลังไมโครเวฟ 4800 W โดยแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนจะมีสูตรในการผลิต อัตราส่วนคือ (เส้นใยเปลือกทุเรียน : ผงเปลือกทุเรียน : น้ำ) จะเห็นได้ว่าก่อนอบแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนแต่ละแผ่นจะมีน้ำหนักมาก และมีความชื้นมาก อยู่ที่ประมาณ 30 - 40% Dry Basis ค่าสมบัติไดอิเล็กตริก (Dielectric Properties) มีค่าสูงและเมื่อทำการอบด้วยพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟพบว่ามีค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Dielectric Constant) และค่าสัมประสิทธิ์ลอสมแทนเจนท์ (Loss Tangent Coefficient ($\tan \delta$)) มีค่าลดลงเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นลดลงและน้ำหนักลดลง เพราะในกระบวนการอบแห้งค่าสมบัติไดอิเล็กตริก (Dielectric Properties) จะแปรเปลี่ยนไปกับอุณหภูมิและความชื้นในคราวเดียวกัน จึงเป็นผลให้สูตร อัตราส่วนและเงื่อนไขในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนมีผลต่อการดูดซับพลังงานไมโครเวฟและเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน

4.3 ผลการทดลองการอบแห้งแผ่นขึ้นไม้อัดด้วยไมโครเวฟชนิดป้อนคลื่นหลายตำแหน่ง ที่ไม่สมมาตร ร่วมกับระบบลมร้อนและสายพานลำเลียงอย่างต่อเนื่อง ในกรณีต่างๆ

ผลจากการวิเคราะห์ค่าความชื้นที่เวลาอบแห้งต่างๆ ภายได้เงื่อนไขที่อุณหภูมิต่างกันมีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยความชื้นจะลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้น การอบแห้งแต่ละครั้งใช้แผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง 4 สูตร ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 30 - 40% Dry Basis จนเหลือความชื้นสุดท้าย ประมาณ 6 - 7% Dry Basis ในช่วงแรกประมาณ 0-15 นาทีแรก นั้นความชื้นในวัสดุแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความชื้นภายในมีมากเมื่อพิจารณา

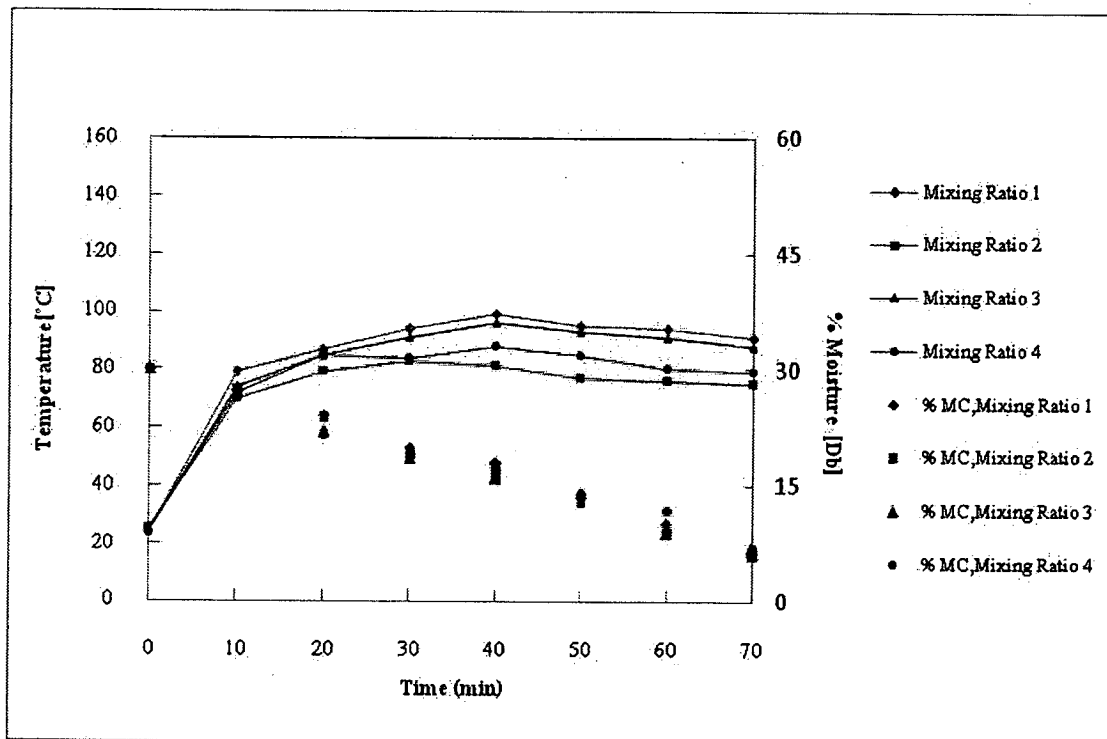
จากภาพที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นกับเวลา ใช้กำลังไมโครเวฟ 4800 W พบว่าเมื่อในช่วงแรกของกระบวนการอบแห้ง (0 - 50 min) แผ่นชิ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียน



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นกับเวลา กำลังไมโครเวฟ 4800 W

ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Dielectric Constant) และค่าสัมประสิทธิ์ลอสมแทนเจนท์ (Loss Tangent Coefficient ($\tan \delta$)) มีค่าสูง ส่งผลให้การดูดซับพลังงานไมโครเวฟไว้ได้และปริมาณความร้อนเกิดขึ้นมากตาม อุณหภูมิมีค่าสูงขึ้น ต่อมาการดูดซับพลังงานไมโครเวฟของแผ่นชิ้นไม้อัดจะเริ่มมีค่าลดลง เนื่องจากค่าสมบัติไดอิเล็กตริก (Dielectric Properties) และความชื้นภายในแผ่นชิ้นไม้อัดได้เคลื่อนตัวออกสู่ผิวภายนอก เพราะในช่วงแรกของกระบวนการอบแห้งภายในแผ่นชิ้นไม้อัดมีเฟสของเหลวอยู่ อย่างต่อเนื่องทำให้อิทธิพลของความดันคาพิลลารี (Capillary Pressure) ที่ขับเคลื่อนของเหลวไปยังผิวหน้าของแผ่นชิ้นไม้อัด แต่เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณความชื้นลดลงและมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้การเคลื่อนที่ของความชื้น (ซึ่งเป็นไอส่วนใหญ่) ออกสู่ผิวหน้าซึ่งเป็นอิทธิพลของการแพร่ของไอ (Vapor Diffusion) และความดันก๊าซ (Gas Pressure) เป็นหลัก และกำลังไมโครเวฟสะท้อนที่ผิวแผ่นชิ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนจะมีค่ามากใน ช่วงแรกและจะค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่ง โดยกำลังคลื่นไมโครเวฟที่ทะลุผ่านแผ่นชิ้นไม้อัดมีค่าค่อย ๆ เพิ่มขึ้นโดยในช่วงท้ายการทดลอง พลังงาน

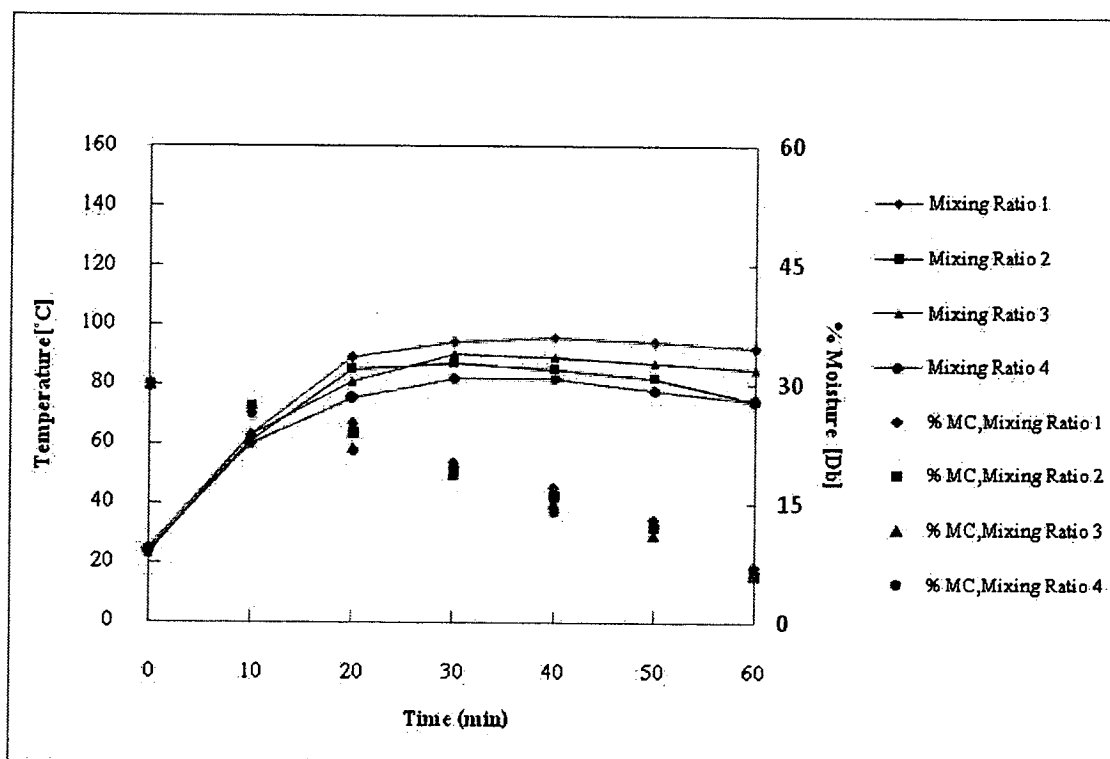
คลื่นไมโครเวฟที่ผ่านจะมีค่าสูง เนื่องจากแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนมีความชื้นลดลง การดูดซับพลังงานคลื่นไมโครเวฟมีค่าลดลง แต่ความร้อนสะสมในแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนยังมีค่าสูง ทำให้อุณหภูมิแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนมีค่าสูงอยู่ และเมื่อวิเคราะห์ถึงค่า Dielectric Properties ใน (ตารางที่ 4.2) พบว่าเวลาที่ในการอบมาก จะมีการทำให้ค่าความชื้นมีค่าเข้าใกล้จุดสมดุลมากขึ้นตามไปด้วย



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นกับเวลา กำลังไมโครเวฟ 2400 W อุณหภูมิ ลมร้อน 40°C

ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและอุณหภูมิกับเวลา แสดงในภาพที่ 4.2 การอบแห้งโดยมีกำลังไมโครเวฟ 2400 W อุณหภูมิลมร้อน 40°C พบว่าช่วงแรกอุณหภูมิแผ่นขึ้นไม้อัดสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากแผ่นขึ้นไม้อัดมีความชื้นและค่า (Loss Tangent Coefficient($\tan\delta$))สูง ทำให้แผ่นขึ้นไม้อัดดูดซับพลังงานได้มาก ทำให้ความร้อนภายในแผ่นขึ้นไม้อัด (Q) สูงตามไปด้วย ในช่วงเวลาต่อมา อุณหภูมิของแผ่นขึ้นไม้อัดมีค่าค่อยๆ ลดต่ำลงเพราะความชื้นภายในวัสดุได้เคลื่อนตัวออกไป เนื่องจากในช่วงแรกของกระบวนการอบแห้งภายในแผ่นขึ้นไม้อัดจะมีเฟสของของเหลวอยู่อย่างต่อเนื่อง ทำให้อิทธิพลของความดันคาพิลลารี (Capillary Pressure) ที่ขับเคลื่อนของเหลวไปยังผิวหน้า

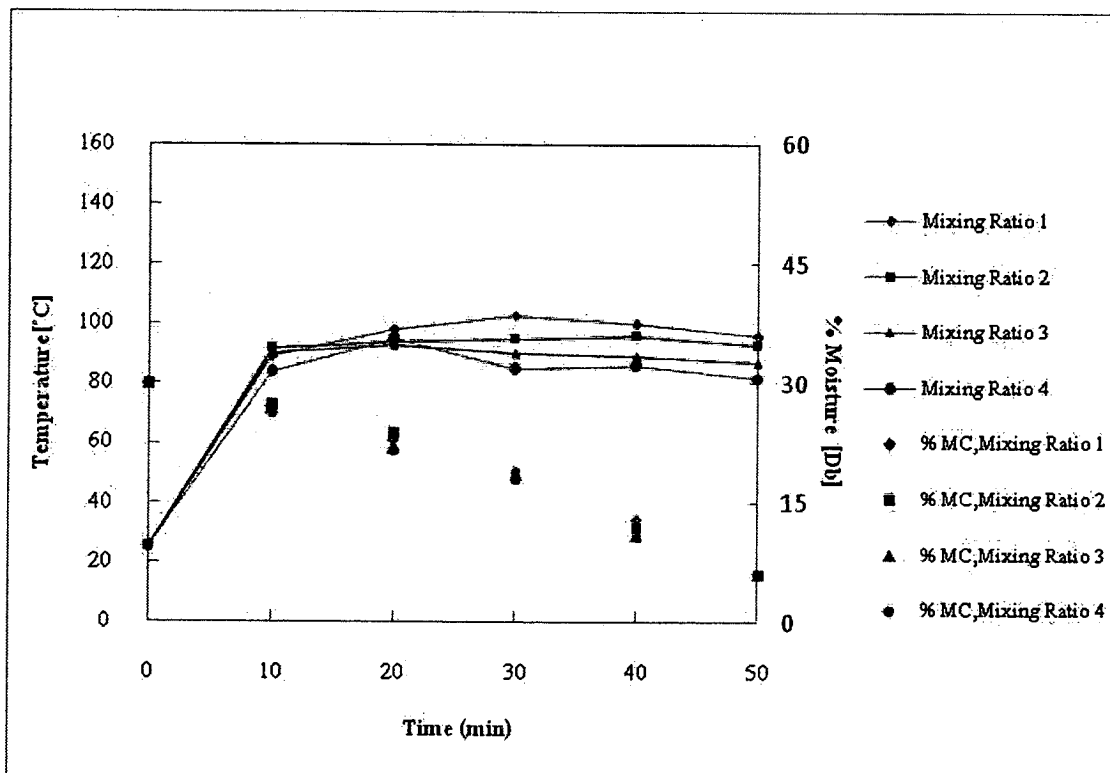
ของแผ่นขึ้นไม้อัดมีค่าสูงแต่เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณความชื้นลดลง ทำให้การเคลื่อนที่ของความชื้น (ซึ่งเป็นไฮส่วนใหญ่) ออกสู่ผิวหน้านั้นเป็นอิทธิพลของการแพร่ของไอ (Vapor Diffusion) และความดันก๊าซ (Gas Pressure) เป็นหลัก ประกอบกับอิทธิพลของการพาความร้อนบริเวณผิวหน้าของแผ่นขึ้นไม้อัดจึงทำให้การเคลื่อนย้ายความชื้นที่บริเวณผิวหน้าของแผ่นขึ้นไม้อัดสูง และเมื่อพิจารณาภาพถ่ายความร้อนของแผ่นขึ้นไม้อัด พบว่าภายในบริเวณกึ่งกลางจะมีอุณหภูมิสูงกว่าด้านนอกอันเนื่องมาจากอิทธิพลการกระจายของความชื้นภายในแผ่นขึ้นไม้อัด



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นกับเวลา กำลังไมโครเวฟ 2400 W อุณหภูมิความร้อน 50°C

ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและอุณหภูมิกับเวลา แสดงในภาพที่ 4.3 การอบแห้งโดยมีกำลังไมโครเวฟ 2400 W อุณหภูมิความร้อน 50°C แสดง พบว่าในช่วงเริ่มต้น แผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองมีการดูดซับกำลังไมโครเวฟที่ดีหลังจากนั้นการดูดซับลดลงอันเนื่องมาจากในช่วงแรกแผ่นขึ้นไม้อัดมีความชื้นมาก จึงทำให้ความสามารถในการดูดกลืนพลังงานสูงความร้อนจึงสูงตามไปด้วย และเมื่อเวลาผ่านไปความชื้นของแผ่นขึ้นไม้อัดลดลงทำให้การดูดซับพลังงานลดลง ค่าอุณหภูมิจึงมีค่าลดลงตามไปด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีใช้กำลังไมโครเวฟ 2400 W อุณหภูมิ

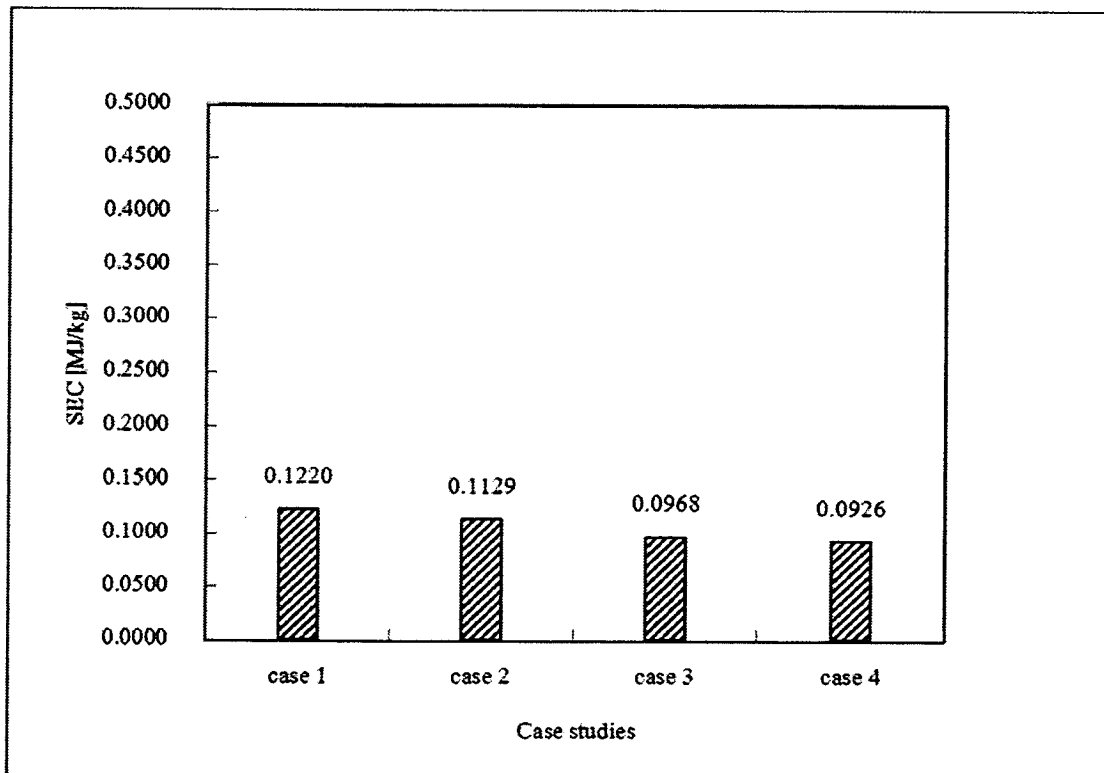
ร้อน 40°C พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนสูงขึ้น จะช่วยให้ความชื้นสามารถเคลื่อนตัวออกจากแผ่นชื้นไม้อัดได้เร็วขึ้น โดยพบว่าแผ่นที่ผลิตด้วยสูตร 1 เส้นใย:ผงน้ำ เทากับ 1:1:1 มีอุณหภูมิสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นที่ผลิตจากสูตรอื่นเนื่องจากแผ่นที่ผลิตจากสูตร 1 มีความหนาแน่นค่าที่สุดและมีปริมาณเส้นใยที่ต่ำที่สุด ส่งผลให้เกิดการถ่ายเทความร้อนได้ดี



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นกับเวลา กำลังไมโครเวฟ 2400 W อุณหภูมิลมร้อน 60°C

ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและอุณหภูมิกับเวลา แสดงในภาพที่ 4.4 การอบแห้งโดยมีกำลังไมโครเวฟ 2400 W อุณหภูมิลมร้อน 60°C แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและอุณหภูมิกับเวลา พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิของแผ่นชื้นไม้อัดก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เมื่อระยะเวลาการอบแห้งเพิ่มมากขึ้น แผ่นชื้นไม้อัดมีการดูดซับกำลังไมโครเวฟลดลง แต่ความร้อนสะสมในแผ่นชื้นไม้อัดยังมีค่าสูง ทำให้อุณหภูมิแผ่นชื้นไม้อัดมีค่าสูงอยู่ เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีใช้กำลังไมโครเวฟ 2400 W อุณหภูมิลมร้อน 40°C และ 50°C พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิที่สูงขึ้น จะช่วยให้ความชื้นสามารถเคลื่อนตัวออกจากแผ่นชื้นไม้อัดได้เร็วขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อย

ที่สุด และให้อัตราการอบแห้งสูงที่สุดด้วยเมื่อพิจารณาอุณหภูมิของแผ่นชิ้นไม้อัด พบว่าแผ่นที่ผลิตด้วยสูตร 1 เส้นใย:ผง:น้ำ เท่ากับ 1:1:1 มีอุณหภูมิสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นที่ผลิตจากสูตรอื่น เนื่องจากแผ่นที่ผลิตจากสูตร 1 มีปริมาณเส้นใยที่ต่ำที่สุด ดังนั้นวัสดุพูนแบบคาพิลลารี (Capillary Porous Media) ความชื้นภายในจะเคลื่อนตัวในช่องว่างที่เป็นรูพรุนได้ดี และเกิดการถ่ายเทความร้อนได้ดี



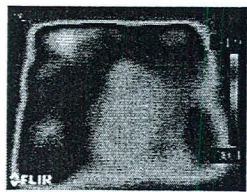
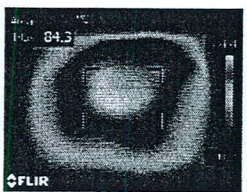
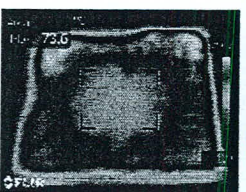
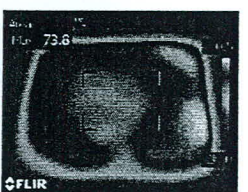
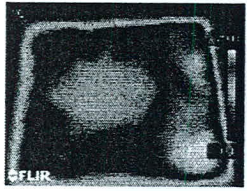
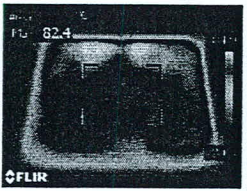
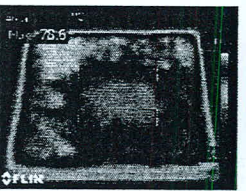
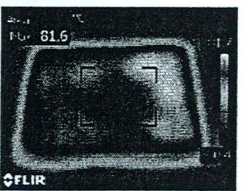
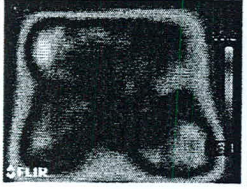
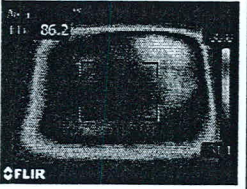
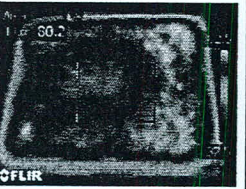
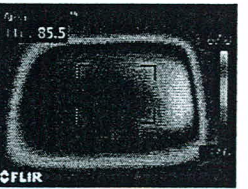
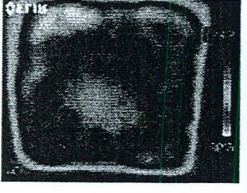
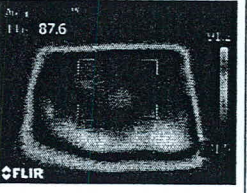
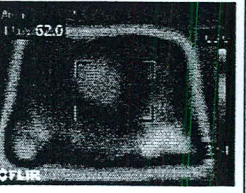
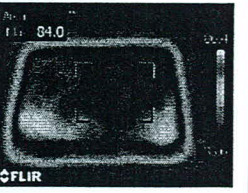
ภาพที่ 4.5 การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในกระบวนการอบแห้ง (Specific Energy Consumption in Drying Process)

ภาพที่ 4.5 ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการทดลองการอบแห้งแผ่นชิ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองด้วยไมโครเวฟชนิดป้อนคลื่นหลายตำแหน่ง ที่ไม่สมมาตรร่วมกับระบบลมร้อนและสายพานลำเลียงอย่างต่อเนื่อง กรณี 1 ใช้กำลังไมโครเวฟ 4800 W กรณี 2 ใช้กำลังไมโครเวฟ 2400 W อุณหภูมิลมร้อน 40°C กรณี 3 ใช้กำลังไมโครเวฟ 2400 W อุณหภูมิลมร้อน 50°C กรณี 4 ใช้กำลังไมโครเวฟ 2400 W อุณหภูมิลมร้อน 60°C ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเท่ากับ 0.1220 0.1129 0.0968 และ 0.0926 MJ/kg ตามลำดับ โดยในกรณี 3 ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำสุด

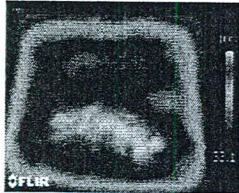
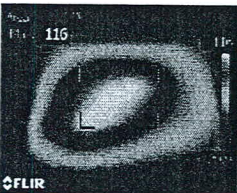
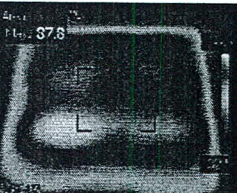
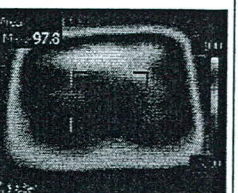
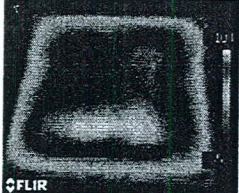
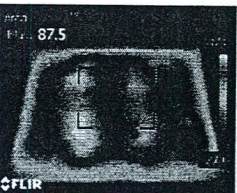
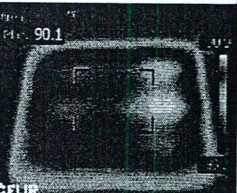
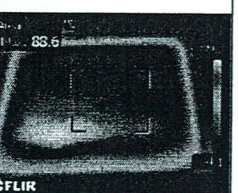
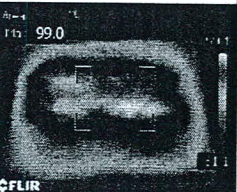
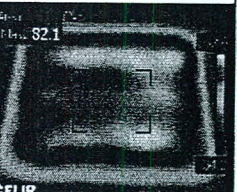
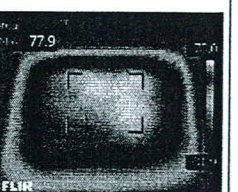
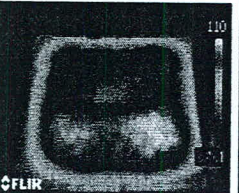
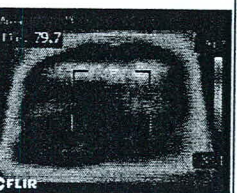
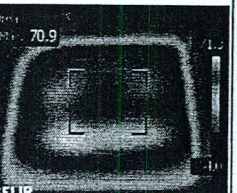
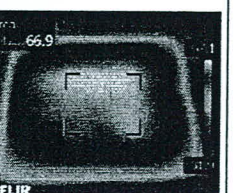
เท่ากับ 0.0926 MJ/kg เนื่องจากระยะเวลาในการอบแห้งมีผลโดยตรงต่อค่าความสิ้นเปลืองพลังงาน จำเพาะ เมื่อใช้อุณหภูมิความร้อนที่สูงขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นลง ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะก็ลดลงตามไปด้วย

4.4 ภาพถ่ายทางความร้อน (Infrared Thermography)

ตารางที่ 4.6 ภาพถ่ายทางความร้อนแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผ่านกระบวนการอบแห้ง (10 min)

Candition	Single Microwave	Microwave and Hot Air 40°C	Microwave and Hot Air 50°C	Microwave and Hot Air 60°C
1:1:1				
1:1:1.5				
2:1:1.5				
2:1:2				

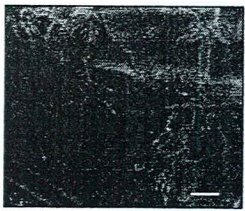
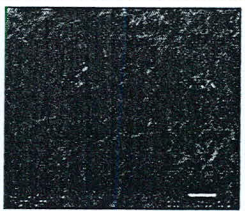
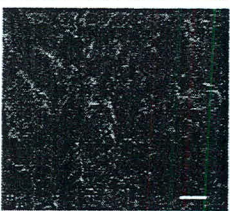
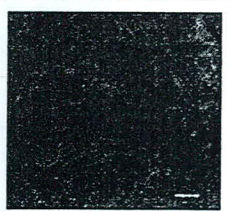
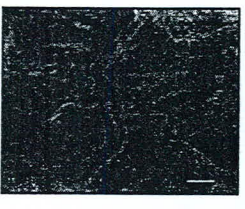
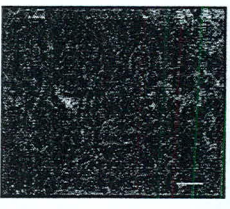
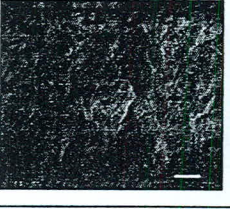
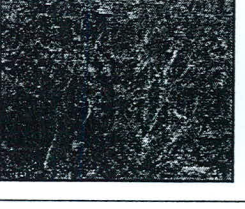
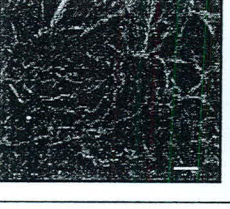
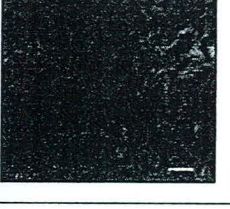
ตารางที่ 4.7 ภาพถ่ายทางความร้อนแผ่นขึ้นไม้อัดที่ผ่านกระบวนการอบแห้ง (70 min)

Candition	Single Microwave	Microwave and Hot Air 40°C	Microwave and Hot Air 50°C	Microwave and Hot Air 60°C
1:1:1				
1:1:1.5				
2:1:1.5				
2:1:2				

ตารางที่ 4.6 และ 4.7 แสดงภาพถ่ายความร้อนแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง เมื่อทำการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟ ที่เวลา 10 นาที พบว่าการกระจายตัวของความร้อนเกิดขึ้นบริเวณภายในแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียน โดยความร้อนจะกระจายตัวจากบริเวณแกนกลางสู่บริเวณขอบผิวแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียน เนื่องจากบริเวณภายในแผ่นขึ้นไม้อัดมีความชื้นและค่าสัมประสิทธิ์ลอสมแทนเจนท์ (Loss Tangent Coefficient ($\tan \delta$)) มีค่าสูง ทำให้แผ่นขึ้นไม้อัดดูดซับพลังงานได้มาก ทำให้ความร้อนภายในแผ่นขึ้นไม้อัดสูงตามไปด้วย การให้ความร้อนในช่วงแรกด้วยลมร้อนวิธีดังกล่าวจะให้ความร้อนได้ดีที่ผิว หลังจากนั้นเมื่อความชื้นที่บริเวณผิวลดลง มวลของความชื้นเคลื่อนที่เข้าไปรวมที่จุดกึ่งกลางวัสดุ จึงทำการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟในช่วงนี้จะทำให้เกิดความร้อนและแรงดันไอน้ำภายในช่วยไล่ความชื้นให้เคลื่อนตัวได้สะดวกขึ้น

4.5 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM)

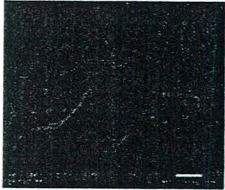
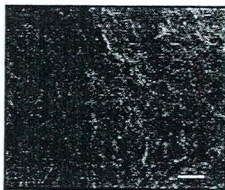
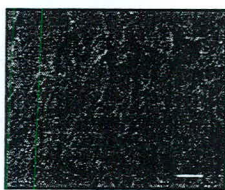
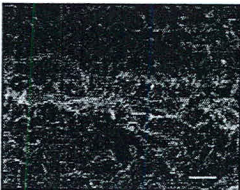
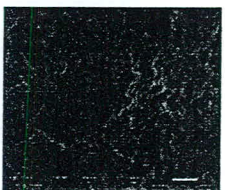
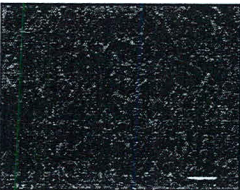
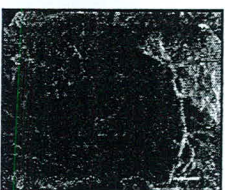
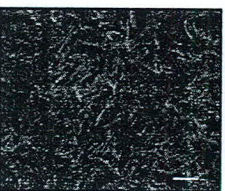
ตารางที่ 4.8 ภาพถ่ายการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM) (ด้านในแผ่นขึ้นไม้อัด)

Candition	Single Microwave	Microwave and Hot Air 40°C	Microwave and Hot Air 50°C	Microwave and Hot Air 60°C
1:1:1				
1:1:1.5				
2:1:1.5				
2:1:2				

ตารางที่ 4.8 และ 4.9 ภาพถ่ายการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM) (บริเวณผิว และด้านใน) ของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง ตามลำดับ โดยโครงสร้างทางกายภาพครอบคลุมในส่วนของความยาว ขนาดหรือเส้นผ่านศูนย์กลาง รูปร่างผิวและความหยาบของเส้นใย พบว่าเส้นใยเปลือกทุเรียนมีความยาวประมาณ 2 - 2.5 มิลลิเมตร มีความหยาบของเส้นใยและที่ปลายเส้นใยมีลักษณะเป็นแฉก 5 - 6 แฉก เส้นใยมีพื้นผิวขรุขระ เส้นใยทุเรียนภายในเป็นโพรงหรือช่องกลวง (Granule) ซึ่งอากาศสามารถถ่ายเทได้ เมื่อพิจารณา

เปรียบเทียบภาพถ่ายการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าในกรณี 1 ใช้กำลังไมโครเวฟ 4800 W ลักษณะโครงสร้างและผิวของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองมีความราบเรียบสม่ำเสมอมากกว่า กรณี 2 3 และ 4 ใช้กำลังไมโครเวฟ 2400 W ลมร้อนที่ 40°C, 50°C และ 60 °C

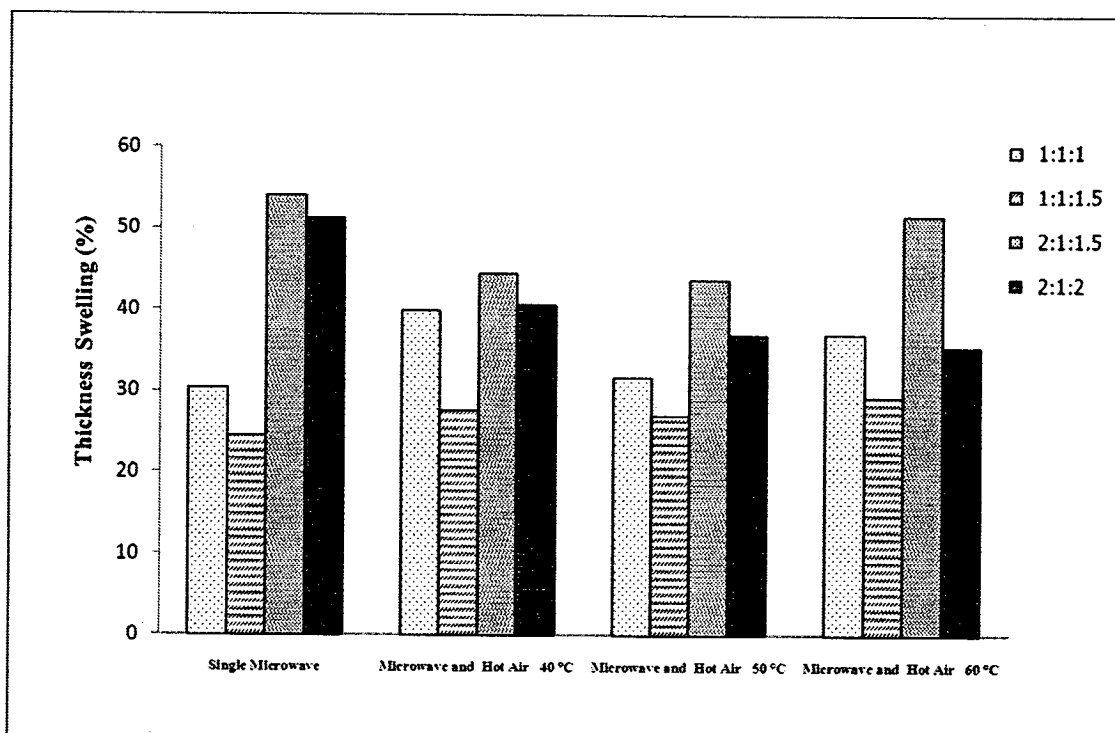
ตารางที่ 4.9 ภาพถ่ายการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM) (ผิวแผ่นขึ้นไม้อัด)

Candition	Single Microwave	Microwave and Hot Air 40°C	Microwave and Hot Air 50°C	Microwave and Hot Air 60°C
1:1:1				
1:1:1.5				
2:1:1.5				
2:1:2				

เมื่อพิจารณาความราบเรียบสม่ำเสมอของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองจากภาพถ่ายการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM) (บริเวณด้านใน) ในตารางที่ 4.9 พบว่ากรณี 1 ลักษณะโครงสร้างและผิวของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือก

ทุเรียนหมอนทองมีโครงสร้างเรียงตัวเป็นระเบียบสม่ำเสมอมากกว่า กรณี 2, 3 และ 4 เนื่องจากการให้กับกำลังไมโครเวฟที่สูง (4800 W) จะส่งผ่านความร้อนโดยเริ่มจากชั้นในและกระจายความร้อนออกมาอย่างสม่ำเสมอสู่ผิวชั้นนอกอันเนื่องมาจากการดูดกลืนพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟมากที่บริเวณตรงกลางของแผ่นชิ้นไม้อัด ซึ่งส่งผลให้ของเหลวภายในเกิดการระเหยตัวและเกิดความดันไภายในที่สูงขึ้นทำให้เกิดการขับเคลื่อนความชื้นภายในออกมาที่ผิวแผ่นชิ้นไม้อัดอย่างรวดเร็ว ทำให้การกระจายตัวของโครงสร้างในระดับจุลภาค และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลในระดับที่มีความละเอียดเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

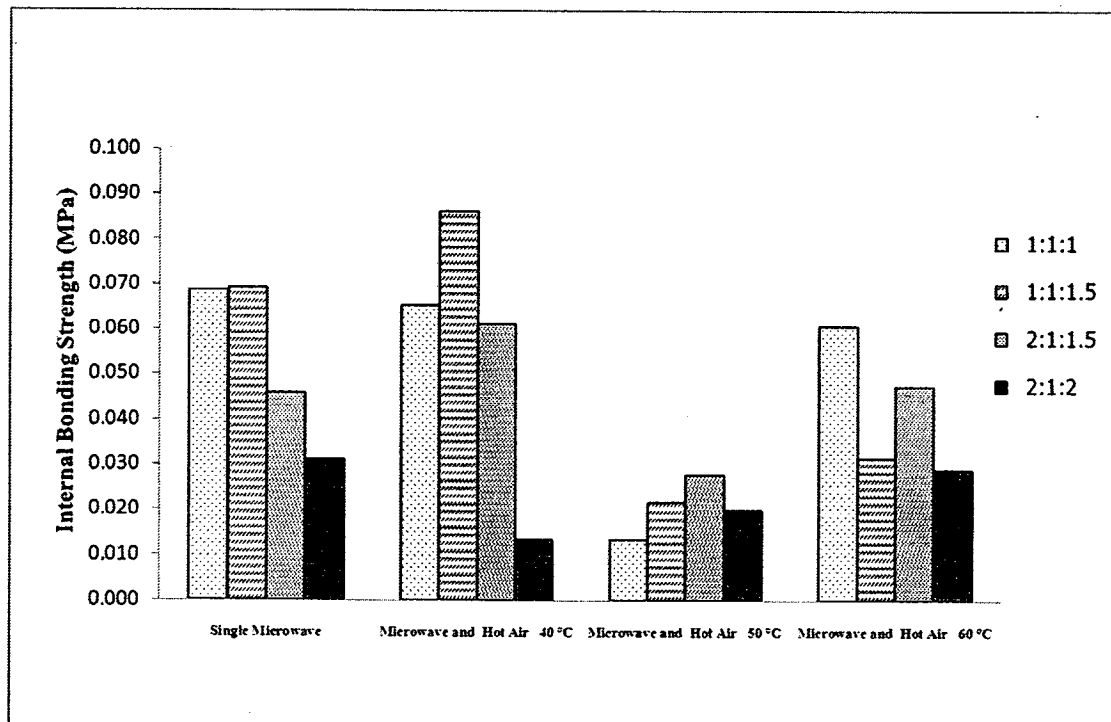
4.6 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ทางกล และความร้อนของแผ่นชิ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง โดยเปรียบเทียบกับกรอบแห้งด้วยไมโครเวฟ การอบแห้งด้วยไมโครเวฟและไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน



ภาพที่ 4.6 การบวมพองหลังการแช่น้ำของแผ่นชิ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง

ค่าการบวมพองหลังการแช่น้ำของแผ่นชิ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง แสดงในภาพที่ 4.6 หลังจากผ่านการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟ (Microwave) และไมโครเวฟร่วมกับระบบลมร้อน

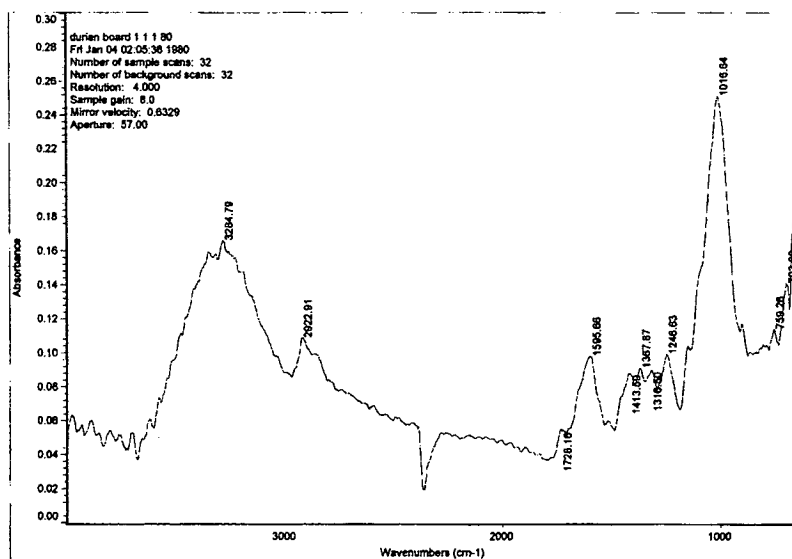
(Microwave and Hot Air) พบว่าการอบด้วยไมโครเวฟจะทำให้แผ่นขึ้นไม้ มีโครงสร้างเรียงตัวเป็นระเบียบสม่ำเสมอ เนื่องจากการดูดซับพลังงาน การกระจายความร้อน และการกระจายความชื้นสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่นทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลในโครงสร้างที่ดี (ค่าการบวมพองหลังการแช่น้ำจากไมโครเวฟ (Microwave) ได้ค่าเฉลี่ยประมาณ 37.77% ไมโครเวฟร่วมกับระบบลมร้อน (Microwave and Hot Air) ได้ค่าเฉลี่ยประมาณ 37.15%)



ภาพที่ 4.7 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง

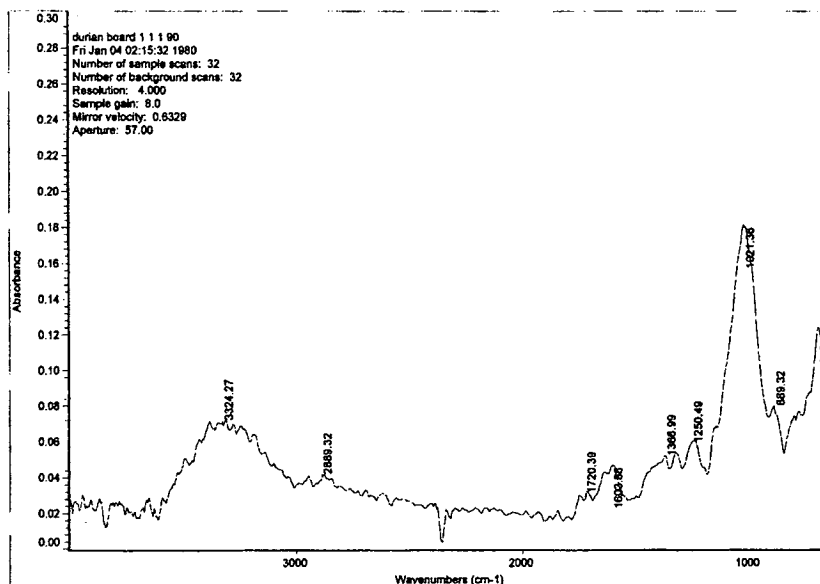
ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง แสดงในภาพที่ 4.7 พบว่าหลังจากได้รับการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ (Microwave) และไมโครเวฟร่วมกับระบบลมร้อน (Microwave and Hot Air) โครงสร้างภายในของแผ่นขึ้นไม้อัดมีความแข็งแรงเมื่อนำไปทดสอบจะได้ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูง จากผลดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ได้ว่าความสม่ำเสมอของอุณหภูมิและความชื้นในแผ่นขึ้นไม้อัดที่อบด้วยคลื่นไมโครเวฟมีการจัดเรียงตัวทางโครงสร้างที่ดี

ค่า Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) ของแผ่นชั้นไม้อัด ในสูตรการผลิต 1:1:1: 80°C



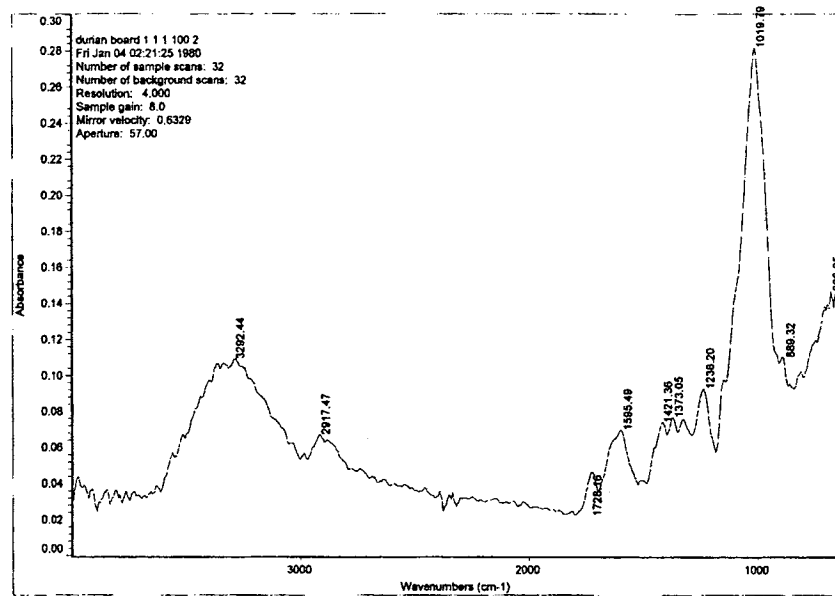
ภาพที่ 4.8 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) ของแผ่นชั้นไม้อัด
ในสูตรการผลิต 1:1:1: 80°C

ค่า Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) ของแผ่นชั้นไม้อัด ในสูตรการผลิต 1:1:1: 90°C

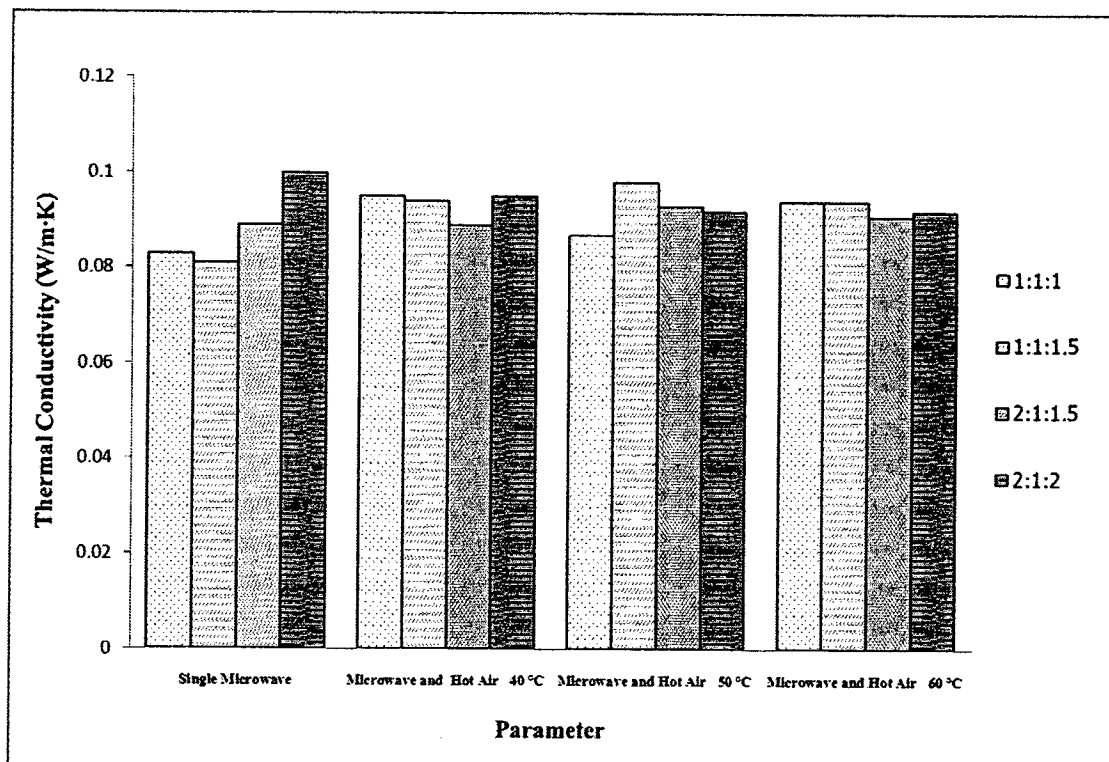


ภาพที่ 4.9 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) ของแผ่นชั้นไม้อัด
ในสูตรการผลิต 1:1:1: 90°C

ค่า Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) ของแผ่นฉนวนไม้อัด ในสูตรการผลิต 1:1:1: 100°C



ภาพที่ 4.10 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) ของแผ่นฉนวนไม้อัด ในสูตรการผลิต 1:1:1: 100°C



ภาพที่ 4.11 ค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนไม้จากเปลือกทุเรียนหมอนทอง

ภาพที่ 4.11 แสดงค่าสภาพการนำความร้อนของแผ่นขึ้นไม้จากเปลือกทุเรียนหมอนทอง หลังจากผ่านการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟ (Microwave) และไมโครเวฟร่วมกับระบบลมร้อน (Microwave and Hot Air) พบว่าทำให้แผ่นขึ้นไม้จากเปลือกทุเรียนหมอนทอง มีโครงสร้างเรียงตัวเป็นระเบียบดี เนื่องจากการดูดซับพลังงานคลื่นไมโครเวฟ การกระจายความร้อน และการกระจายความชื้นสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่นทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลในโครงสร้างที่ดี โดยการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ประมาณ 0.0822 W/m.K ซึ่งเหมาะสมที่จะประกอบภายในอาคารต่างๆ