การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากใบชาจากอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม ทดแทนการใช้ชิ้นไม้สับในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

A feasibility study of using extracted tea leaves from beverage industry for particle board production instead of wood chip

อาทิตยา กาญจนะ

Atittaya Kanjana

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Agro-Industry Technology Management
Prince of Songkla University

2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากใบชาจากอุตสาหกรรมเครื่องดื่มทดแทนการใช้ชิ้นไม้สับในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

ผู้เขียน นางสาวอาทิตยา กาญจนะ

สาขาวิชา การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ดร.กันยา อัครอารีย์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรัญญู ศรีเดช)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ดร.กิตติ เจิดรังษี)

.....กรรมการ

(ดร.กันยา อัครอารีย์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรัญญู ศรีเดช)

.....กรรมการ

(ดร.ประสิทธิ์ รัตนพันธ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่าผลงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากการศึกษาของนักศึกษาเองและขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

ลงชื่อ.....
(ดร.กันยา อัครอารีย์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(นางสาวอาทิตยา กาญจนะ)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....
(นางสาวอาทิตยา กาญจนะ)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากใบชาจากอุตสาหกรรมเครื่องดื่มทดแทนการใช้ชิ้นไม้สับในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

ผู้เขียน นางสาวอาทิตยา กาญจนะ

สาขาวิชา การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

กากใบชาเป็นของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตชาพร้อมดื่มซึ่งมีปริมาณสูงและต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากในการฝังกลบเพื่อกำจัดของเสีย โรงงานผลิตชาพร้อมดื่มจึงต้องหาแนวทางในการลดต้นทุนอันเกิดจากของเสียดังกล่าว ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากใบชาเพื่อทดแทนไม้ยางพาราในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล จากการศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิค พบว่า กากใบชามีสมบัติใกล้เคียงกับชิ้นไม้ยางพาราซึ่งเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตแผ่นปาร์ติเกิล คือ มีค่าความเป็นกรดด่าง 5.19 และมีค่าการผ่อนความเป็นกรดด่าง 0.57 milliequivalent ดังนั้น กากใบชาจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตแผ่นปาร์ติเกิลร่วมกับไม้ยางพาราเมื่อทำการทดลองผลิตแผ่นปาร์ติเกิล 3 ชั้น ซึ่งใช้กากใบชาเป็นชั้นไส้และใช้ไม้ยางพาราเป็นชั้นผิว โดยทำการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลที่มีส่วนผสมระหว่างกากใบชาและไม้ยางพาราใน 5 อัตราส่วนคือ 100:0, 60:40, 50:50, 40:60 และ 0:100 (จำหน่ายเชิงพาณิชย์) ผลการทดลองพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่อัตราส่วน 50:50 และ 40:60 มีสมบัติเชิงกลผ่านตามเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด คือ มีค่าความต้านทานแรงดัดเท่ากับ 12.74 และ17.57 N/mm^2 มีค่าความยืดหยุ่นมอดูลัสเท่ากับ 1,985 และ 2,855 N/mm^2 และมีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเท่ากับ 0.45 และ 0.57 N/mm^2 ดังนั้นจึงคัดเลือกแผ่นปาร์ติเกิลที่อัตราส่วนนี้สำหรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ส่วนการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิคในเชิงอุตสาหกรรม พบว่า การนำกากใบชามาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลในระดับอุตสาหกรรม ต้องมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตที่มีอยู่เดิมบางส่วน โดยในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มต้องมีการเพิ่มขั้นตอนการเตรียมกากใบชา มีเงินลงทุนทั้งสิ้น 3,771,000 บาท มีผลประโยชน์เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ 2,676,600 บาทต่อปี สำหรับโรงงานผลิตปาร์ติเกิลต้องมีการปรับปรุงขั้นตอนรับวัตถุดิบและขั้นตอนการผสมกาว มีเงินลงทุนทั้งสิ้น 1,716,500 บาท โดยมีผลประโยชน์เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการในปีที่ 1 เท่ากับ 3,911,533 บาทปีที่ 2 เท่ากับ 4,400,474 บาท ปีที่ 3 เท่ากับ 4,889,416 บาท ซึ่งจากการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่า โครงการมีระยะเวลาการคืนทุน 2 ปี 8 เดือน และมีสัดส่วนผลได้ต่อต้นทุนเท่ากับ 1.30 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 จึงมีความเหมาะสมในการลงทุน สามารถสรุปได้ว่า โครงการนี้มีความเป็นไปได้ด้านเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ ในการนำกากใบชามาใช้เป็นวัสดุทดแทนชิ้นไม้ยางพาราสำหรับการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

Thesis Title	A feasibility study of using extracted tea leaves from beverage industry for particle board production instead of wood chip
Author	Miss Atittaya Kanjana
Major Program	Agro-Industry Technology Management
Academic Year	2013

ABSTRACT

Waste tea leaves are available as waste in ready-to-drink tea industry leading to high cost of waste management. The industry needs to reduce the cost in this section. The aim of this study is to assess the feasibility study of using waste tea leaves as a partial substitution of raw material for rubber wood particle board production. The technical feasibility study found that the properties of waste tea leaves were 5.19 of pH and 0.57milliequivalent of buffering capacity which were comparable to those of rubber wood. The three-layer particle board, composed of rubber wood in surfaces layer and waste tea leaves in core layer, was produced at the different ratio of waste tea leaves per rubber wood, 100:0, 60:40, 50:50, 40:60 and 0:100 (commercial product). The results demonstrated that the ratio of 50:50 and 40:60 met the standard requirement. They were 12.74 and 17.57 N/mm^2 of MOR, 1,985 and 2,855 N/mm^2 of MOE and 0.45 and 0.57 N/mm^2 of IB, respectively. The results of consumer satisfaction also showed that the ratio of 50:50 provided the highest satisfaction. The technical study in industry scale found that some parts of production process had to be modified when the waste tea leaves were used as a partial substitution of rubber wood particle board. For the ready-to-drink tea industry, the investment of tea leaves preparation process should be around 3,771,000 Baht with gaining the annual profit of 2,676,600 Bath. The particle board industry had to modify the procedure of raw material and resin application, with an increasing investment cost of 1,716,500 Baht providing the profit of 3,911,533 Baht, 4,400,474 Baht and 4,889,416 Baht in the first, second and third year, respectively. The economic feasibility was performed to analyze the payback period and found that the payback period of this study was 2 year 8 months with the Benefit-Cost (B/C) Ratio of 1.30. Therefore, this project could be accepted for investment and it was feasible to use the waste tea leaves as a partial substitution of raw material for rubber wood particle board production.

สารบัญ

		หน้า
สารบัญ		(9)
รายการตาราง		(10)
รายการภาพประกอบ		(12)
บทที่		
1	บทนำ	1
	บทนำต้นเรื่อง	1
	การตรวจเอกสาร	3
	วัตถุประสงค์การวิจัย	27
2	วิธีการวิจัย	29
3	ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	38
4	บทสรุปและข้อเสนอแนะ	104
เอกสารอ้างอิง		107
ภาคผนวก		113
ก.สมการและตัวอย่างการคำนวณ		114
ข.ผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบแผ่นปาร์ติเกิลเชิงสถิติ		117
ประวัติผู้เขียน		126

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนประกอบของกากใบชาสดและชาแห้ง	4
2	ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลแบ่งตามความหนาแน่นของแผ่น	8
3	สัดส่วนราคาต้นทุนระหว่างกาวแต่ละชนิด	11
4	การคาดการณ์ความต้องการแผ่นปาร์ติเกิลภายในประเทศไทย	17
5	สถิติการส่งออกแผ่นปาร์ติเกิลของไทยในช่วง พ.ศ. 2554 ถึง 2557	17
6	อัตราส่วนของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ในงานวิจัย	32
7	ผลการทดสอบความชื้นของกากใบชา	41
8	ผลการทดสอบความเป็นกรดด่างของกากใบชา	42
9	ผลการทดสอบการผ่อนความเป็นกรดด่างของกากใบชา	43
10	ผลการทดสอบน้ำหนักกากใบชาสดต่อกากใบชาแห้ง	44
11	ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของไม้ยางพารา	45
12	ลักษณะทางกายภาพของแผ่นปาร์ติเกิลที่โรงงานผลิตปาร์ติเกิลตัวอย่างผลิต	50
13	ข้อกำหนดของแผ่นปาร์ติเกิล อ้างอิงจากมาตรฐาน EN 312 (2010)	51
14	กำลังการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลตลอดอายุโครงการ 10 ปี	66
15	ราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เกิดจากกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงของโงงานผลิตชาพร้อมดื่ม	78
16	ราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เกิดจากกระบวนที่เปลี่ยนแปลงของโรงงานปาร์ติเกิล	79
17	ประมาณการผลประโยชน์ของโรงงานผลิตปาร์ติเกิลตลอดอายุโครงการ	82
18	เงินลงทุนของโครงการสำหรับโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม	83
19	การใช้พลังไฟฟ้าของโครงการ	86
20	ต้นทุนการผลิตของโครงการในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม	87
21	งบกำไร-ขาดทุนของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราสำหรับโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม	89
22	อัตราส่วนผลได้และต้นทุนของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม	90
23	ระยะเวลาคืนทุนของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราสำหรับโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม	91

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
24	เงินลงทุนของโครงการสำหรับโรงงานผลิตปาร์ติเกิล	92
25	ต้นทุนการผลิตของโครงการในส่วนของโรงงานผลิตปาร์ติเกิล	94
26	งบกำไร-ขาดทุนของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา สำหรับโรงงานผลิตปาร์ติเกิล	97
27	อัตราส่วนผลได้และต้นทุนของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา สำหรับโรงงานผลิตปาร์ติเกิล	98
28	ระยะเวลาคืนทุนของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา สำหรับโรงงานผลิตปาร์ติเกิล	99
29	งบกำไร-ขาดทุนของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา	101
30	อัตราส่วนผลได้และต้นทุนของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา	102
31	ระยะเวลาคืนทุนของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา	103

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1	ปริมาณกากใบชาที่เกิดขึ้นต่อเดือนจากกระบวนการผลิตชาพร้อมดื่ม	38
2	ขั้นตอนการกำจัดกากใบชา ณ ปัจจุบันของรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม	39
3	ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากใบชาเกิดขึ้นต่อเดือนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม	40
4	กระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากไม้ยางพารา	48
5	ความต้านทานแรงดัดของแผ่นปาร์ติเกิล	52
6	ความยืดหยุ่นมอดูลัสของแผ่นปาร์ติเกิล	54
7	ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นปาร์ติเกิล	55
8	การดูดซึมน้ำของแผ่นปาร์ติเกิล เมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง	57
9	การพองตัวทางความหนาของแผ่นปาร์ติเกิล เมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง	58
10	ค่าความชื้นของแผ่นปาร์ติเกิล	60
11	ตัวอย่างแผ่นปาร์ติเกิล	62
12	แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 100:0	62
13	แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 60:40	62
14	แผ่นปาร์ติเกิลอัตรส่วน 50:50	62
15	แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 40:60	62
16	แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 0:100	62
17	การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากใบชามาผลิตแผ่นปาร์ตกิลในเชิงอุตสาหกรรม	64
18	กระบวนการเตรียมกากใบชา	67
19	กระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากไม้ยางพารา	68
20	กระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา	68
21	ขั้นตอนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา	72
22	พื้นที่สำหรับเตรียมกากใบชา	75
23	เครื่องอัดกากใบชา	75
24	การปรับเปลี่ยนสายพานผลิตในกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา	76

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ปัจจุบันเครื่องดื่มชาได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในกลุ่มคนแทบทุกเพศทุกวัยและมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มสูงมากขึ้น (ขวัญอรุณ บำรุงหมู่ และคณะ, 2555) บริษัทผู้ผลิตหลายรายประสบปัญหาในเรื่องของการกำจัดกากใบชาซึ่งเป็นของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต อีกทั้งกระบวนการกำจัดของกากใบชายังทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นด้วย (วิวัฒน์ อภิสิทธิ์ภิญโญ, 2553) ปัจจุบันกากใบชามีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น หมอนดูดซับกลิ่น สารกำจัดศัตรูต้นข้าวในนา รวมถึงการนำมาใช้ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ตาม การแปรรูปดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในเรื่องความชื้นของกากใบชาที่ง่ายต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา สารสกัดที่มีความคงตัวต่ำ รวมถึงความแข็งแรงของเส้นใยที่ยังไม่เพียงพอตามมาตรฐานบรรจุภัณฑ์ (กุลพร กลั่นกลิ่น และคณะ, 2549; จรรยา ชัยเจริญพงศ์, 2552) งานวิจัยใหม่ๆ จึงมุ่งเน้นไปที่การแปรรูปกากใบชาให้เกิดประโยชน์ และมีข้อบกพร่องน้อยที่สุด

บริษัท โออิชิ เทรดดิ้ง จำกัด เป็นผู้ผลิตเครื่องดื่มชารายใหญ่ในประเทศไทย ที่มีการขยายกำลังการผลิตเพิ่มสูงขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้เพียงพอ จากรายงานผลการดำเนินงานของบริษัทโออิชิ กรุ๊ป จำกัด (มหาชน) (รายงานการประชุมสามัญผู้ถือหุ้นประจำปีของ บริษัท โออิชิ กรุ๊ป จำกัด (มหาชน), 2556) พบว่า ในปี 2556 บริษัทมียอดขายจากธุรกิจชาพร้อมดื่มเพิ่มขึ้นจากปีก่อน 18 เปอร์เซ็นต์ หรือคิดเป็น 6,314 ล้านบาท และมีการคาดการณ์ว่าจะมียอดขายเพิ่มขึ้น 32 เปอร์เซ็นต์ ในปี 2557 สอดคล้องแนวโน้มตลาดพร้อมดื่มในปี 2557 ซึ่งคาดการณ์ว่า จะเติบโตไม่ต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ หรือน่าจะสูงถึง 1.98 หมื่นล้านบาท (ผู้จัดการออนไลน์[1], 2557) ส่งผลให้มีกากใบชาซึ่งเป็นของเสียจำนวนมาก จากการสำรวจข้อมูลโรงงานโออิชิซึ่งเป็นโรงงานกรณีศึกษา พบว่า มีปริมาณของกากใบชาเกิดขึ้นประมาณ 21 ตันต่อวัน ซึ่งนับว่าเป็นปริมาณที่สูงและต้องเสียค่าใช้จ่ายให้แก่บริษัทเอกชนในการฝังกลบเพื่อให้ถูกต้องตาม พ.ร.บ. สาธารณสุข ว่าด้วยเรื่องขยะมูลฝอย พ.ศ. 2535 โดยมีค่าใช้จ่ายประมาณวันละ 7,435 บาท ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นปีละประมาณ 2,676,600 บาท ดังนั้น เพื่อลดต้นทุนการผลิตลงจึงมีการคิดนำเอากากใบชา ซึ่งเป็นของเสียมาแปรรูปหรือใช้ใหม่เพื่อให้เกิดมูลค่ามากที่สุด โดยแนวคิดหนึ่งที่ได้รับความสนใจก็คือการแปรรูปกากใบชามาเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

แผ่นปาร์ติเกิลเป็นไม้วิศวกรรมประเภทหนึ่งซึ่งสร้างมาจากเศษชิ้นไม้หรือขี้เลื่อยประสานกันด้วยสารเคมีและทำการอัดด้วยความดันสูง (วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2541) ไม้ดังกล่าวได้รับความนิยมอย่างมากในอุตสาหกรรมเครื่องเรือนและเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งจะเห็นได้จากสถิติการใช้แผ่น ปาร์ติเกิลภายในประเทศในปี พ.ศ. 2550 มีจำนวนสูงถึง 1.13 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีแนวโน้มว่าจะเติบโตขึ้นปีละ 7 เปอร์เซ็นต์ จนสูงถึง 1.93 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี พ.ศ. 2560 (จักรวัฒน์ เรืองแรงสกูล และคณะ, 2554) จึงมีแนวคิดในการนำกาก

ใบชามาใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล เนื่องจากเป็นวิธีที่จะสามารถเพิ่มมูลค่าของของเสียจากโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มได้เป็นอย่างดี และยังมีโอกาสในการสร้างกำไรจากความนิยมในไม้ประเภทนี้ด้วย (วิภา ธนะเพิ่ม และคณะ, 2551; จักรวัฒน์ เรืองแรงสกูล และคณะ, 2554) ประกอบกับองค์ประกอบทางเคมีของกากใบชาที่มีองค์ประกอบของเซลลูโลส 34 เปอร์เซ็นต์ และลิกนิน 14.7 เปอร์เซ็นต์ (Tan, 2000) ซึ่งมีความใกล้เคียงกับวัตถุดิบชนิดอื่นที่นำมาผลิตแผ่นปาร์ติเกิล นอกจากนี้ กากชาใบยังมีข้อดีที่เอื้อต่อการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่น ปาร์ติเกิล คือ กากใบชาเมื่อทำปฏิกิริยากับกาว จะทำให้มีความสามารถในการทนทานต่อการทำลายจากเชื้อราได้สูง มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว อีกทั้งคุณสมบัติทางเคมีของชาที่มีสารประกอบกลุ่มฟีโนลิก ยังมีความเป็นพิษต่อปลวกอีกด้วย (Yalinkili *et al.,* 1998) ส่งผลให้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำผงกากชามาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลชั้นเดียว อย่างไรก็ตามสมบัติเชิงกลของแผ่นไม้ยังไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด (Shi *et al.,* 2006)

ดังนั้น ในงานวิจัยครั้งนี้ จะทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากใบชาซึ่งเป็นของเสียในโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มมาผลิตเป็นนวัตกรรมแผ่นปาร์ติเกิล 3 ชั้น โดยศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชา ซึ่งจะนำไปสู่แนวทางในการลดรายจ่ายที่เกิดขึ้นจากการกำจัดของเสียในโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม และยังสามารถเพิ่มมูลค่าของกากใบชาเพื่อสร้างธุรกิจใหม่ที่ก่อให้เกิดรายได้เข้าสู่โรงงานผลิตชาพร้อมดื่มอีกทางหนึ่ง อีกทั้งผลจากการศึกษาวิจัยยังเป็นประโยชน์ทางอ้อมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้อีกด้วย

การตรวจเอกสาร

1. ชาและกากใบชา

1.1. ประวัติของชา

ชาเป็นพืชตระกูลคาเมลเลีย (Camelliea) มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Camelliea Sinensis* sp. มีถิ่นกำเนิดอยู่ในอินเดียและจีน ซึ่งมีสรรพคุณในทางการแพทย์ (Heiss and Heiss, 2011) และเริ่มเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในช่วงศตวรรษที่ 16 โดยนักบวชและพ่อค้าชาวโปรตุเกสในประเทศจีน (Weinberg

and Bealer, 2001) การดื่มชานั้นได้รับความนิยมในประเทศอังกฤษในช่วงศตวรรษที่ 17 ซึ่งอังกฤษเป็นผู้นำชาเข้าสู่ตลาดอินเดียเพื่อแข่งขันกับสินค้าผูกขาดของชาวจีน (Sen, 2004) ชามีลักษณะเป็นไม้พุ่ม ใบแหลมสีเขียวดอกสีขาว มีกลิ่นหอม ชาโดยทั่วไปมี 2 สายพันธุ์หลักๆ คือ ชาอัสสัม และชาจีน ซึ่งจะมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่แตกต่างกัน ชาอัสสัมจะให้รสชาติที่เข้มข้นกว่า ในขณะที่ชาจีนจะให้กลิ่นที่หอมกว่า (The Refresher Co., Ltd., 2009) ชานั้นสามารถแบ่งได้เป็น 6 กลุ่มตามกระบวนการผลิต ได้แก่ ชาขาว ชาเหลือง ชาเขียว ชาอู่หลง ชาดำ (ชาแดง) และชาผ่านการหมัก(ชาวจีนเรียกว่าชาดำ) (ลานนาทอล์ค, 2556) ทั้งนี้ชาแต่ละประเภทนั้นล้วนแล้วแต่เป็นชาจีนและอาจมาจากต้นเดียวกัน เพียงแต่แตกต่างกันที่กระบวนการผลิต ทำให้มีสี กลิ่นและรสชาติที่แตกต่างกันไป (บริษัทเหยาเหยาที, 2556)

1.2 องค์ประกอบทางเคมีของชาและกากใบชา

ชาและกากใบชามีองค์ประกอบทางอินทรีย์ (Organic Matter) กว่า 450 ชนิด และยังพบสารอนินทรีย์ (Inorganic Mater) ไม่น้อยกว่า 15 ชนิด ทั้งนี้องค์ประกอบทางเคมีของชาและกากใบชาอาจมากน้อยแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ สภาพพื้นที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ของ ดิน น้ำ การดูแลรักษาใบชา รวมถึงการผ่านกระบวนการผลิตต่างๆ ด้วยเช่นกัน (OK nation, 2013) จากการศึกษาของไพโรจน์ พงศ์ศุภสมิทธิ์ (2540) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของกากใบชา พบว่า กากใบชามีองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

สาร	กากใบชาสดที่ความชื้น 70-80%	กากใบชาแห้งที่ความชื้น 3-5%
เซลลูโลส	37.2%	37.2%
ลิกนิน	14.7%	14.7%
โปรตีน	17%	16%
แป้ง	1.5%	0.25%
สารแทนนิน	25%	13%
คาเฟอิน	4%	4%
กรดอะมิโน (ละลายน้ำ)	8%	9%
แร่ธาตุ	3-4%	3-4%

เถ้าถ่าน	5.5%	5.5%

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของกากใบชาสดและกากใบชาแห้ง

ที่มา : ไพโรจน์ พงศ์ศุภสมิทธิ์ (2540)

ด้วยความหลากหลายในองค์ประกอบต่างๆ ของกากใบชา ทำให้ปัจจุบันมีการนำกากใบชามาใช้ประโยชน์ในหลายรูปแบบด้วยกัน จากงานวิจัยของ Ahluwalia และ Goyal ในปี 2005 มีการศึกษาการนำกากใบชาแห้งมาใช้ในการดูดซับโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว สังกะสี เหล็ก นิเกิล และแคดเมียมในน้ำเสีย พบว่าสามารถดูดซับโลหะหนักประเภทตะกั่ว เหล็ก และสังกะสีได้ 92.5, 84 และ 73.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งนับว่าเป็นปริมาณที่สูงถึงแม้เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ถ่านคาร์บอน (Activated carbon) แล้ว พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับของถ่านคาร์บอนนั้นสูงกว่า แต่กากใบชาก็จะช่วยประหยัดในเรื่องของค่าใช้จ่ายที่ไม่ต้องซื้อหา เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาได้ในครัวเรือน (Ahluwalia and Goyal, 2005 ; Amarasinghe and Williams, 2007) คุณสมบัติการเป็นตัวดูดซับที่ดีของกากใบชายังมีการนำไปใช้ประโยชน์ในการดูดซับกลิ่น โดยทำเป็นถุงใบชาอบแห้งเล็กๆ แขวนตู้เย็น ตู้เสื้อผ้า และใส่ในไมโครเวฟ รวมถึงมีการใช้เป็นวัสดุแทนนุ่นหรือใยสังเคราะห์เพื่อยัดไส้ทำเป็นหมอนใบชา ซึ่งจะช่วยดับกลิ่นที่เกิดจากความอับชื้น หรือเหงื่อบนศีรษะ แต่ต้องคอยดูแลความสะอาด และต้องตากแดดทุกๆ สองอาทิตย์เพื่อไม่ให้กากใบชาที่อยู่ภายในเกิดความชื้นซึ่งจะทำให้เชื้อราเจริญเติบโตได้ (ไทม์ฟอร์ที, 2552) นอกจากความสามารถในการดูดซับกลิ่นแล้ว กากใบชายังมีสารออกฤทธิ์ชนิดหนึ่งที่เรียกว่า ซาโปนิน เป็นสารกลุ่มโพลีฟีนอลซึ่งมีฤทธิ์ทำให้เม็ดเลือดแดงแตก และเป็นพิษต่อสัตว์เลือดเย็น จึงมีการนำมาใช้ประโยชน์ในทางการเกษตร โดยนำผงกากชาบดละเอียดไปแช่น้ำแล้วนำน้ำสกัดไปฉีดพ่น หรือหว่านผงกากชาโดยตรงเพื่อกำจัดศัตรูต้นข้าวในท้องนา อาทิเช่น หอยเชอรี่ แต่การใช้เพื่อประโยชน์ทางการเกษตรดังกล่าวนี้ มีข้อจำกัดในเรื่องของประสิทธิภาพที่ไม่คงที่และไม่สะดวกต่อการใช้งาน เนื่องจากการใช้น้ำสกัดจะทำให้เกิดการสูญเสียสารซาโปนิน เพราะสารสำคัญนั้นถูกสกัดออกมาไม่หมด ต้องมีการพัฒนาหาตัวทำละลายและสัดส่วนที่เหมาะสม (จรรยา ชัยเจริญพงศ์, 2552) สำหรับประโยชน์จากสารสกัดของกากใบชานั้น พบว่า ยังมีการสกัดสารเพื่อมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารสัตว์ โดยงานวิจัยของ นันทวัน บุณยะประภัศร ในปี 2549 ได้เตรียมน้ำสกัดจากกากใบชา และคำนวณหาปริมาณสารแคทีชิน เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์หลายชนิด อาทิเช่น ผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพ เครื่องสำอาง และยาฆ่าแมลง รวมถึงผลิตภัณฑ์เสริมอาหารสัตว์ จากผลการศึกษาพบว่า สารแคทีชินนั้นสามารถสกัดได้ด้วยวิธีการต้ม แต่ยังคงมีปัญหาในเรื่องความคงตัวของสาร เนื่องจากผลการทดลองพบว่า เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 เดือน จะทำให้ปริมาณสารแคทีชินลดลงเหลือ 90 และ 70 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดลองนั้นสามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารสัตว์ได้ แต่ยังไม่เหมาะสมสำหรับพัฒนาเพื่อผลิตภัณฑ์อื่นๆ (นันทวัน บุณยะประภัศร, 2549) นอกจากนั้น งานวิจัยของกุลพร กลั่นกลิ่น และคณะ (2544) ได้มีการนำกากใบชามาผลิตเป็นภาชนะร่วมกับการใช้ใบสับปะรดและซังข้าวโพด เพื่อผลิตบรรจุภัณฑ์ธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม หากต้องนำมาประยุกต์ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องดื่มชาสำเร็จรูป อาจต้องเสียค่าใช้จ่ายในการหาวัตถุดิบชนิดอื่นๆ มาเป็นส่วนผสม เนื่องจากกากใบชาอย่างเดียวไม่สามารถทำให้ภาชนะมีคุณสมบัติผ่านตามมาตรฐานของบรรจุภัณฑ์ได้ (กุลพร กลั่นกลิ่น และคณะ, 2544) การนำกากใบชามาผลิต

เป็นแผ่นปาร์ติเกิลจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากแผ่นปาร์ติเกิลนั้นเป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และเครื่องเรือน

ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล เมื่อพิจารณาด้านองค์ประกอบทางเคมีของกากใบชาข้างต้น แสดงให้เห็นว่า กากใบชามีความเป็นไปได้ที่จะสามารถนำมาผลิตแผ่นปาร์ติเกิล เนื่องจากกากใบชามีองค์ประกอบของเซลลูโลสและลิกนินใกล้เคียงกับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดอื่นที่มีการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบ เช่น ลำต้นกีวี่ที่มีเซลลูโลส 38.38 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 26.27 เปอร์เซ็นต์ (Nemli *et al., 2003*) เปลือกถั่วที่มีเซลลูโลส 42.5 เปอร์เซ็นต์ และลิกนิน 28 เปอร์เซ็นต์ (Guler *et al*., 2008) และชานอ้อยซึ่งมีเซลลูโลส 46 เปอร์เซ็นต์ และลิกนิน 23 เปอร์เซ็นต์ (Kollmann *et al.,* 1975) อีกทั้งการเลือกใช้กากใบชามาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลนั้นมีข้อดีอยู่หลายด้านด้วยกัน ประการแรกเป็นการตอบสนองความต้องการใช้ไม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์เครื่องเรือนให้เพียงพอ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการใช้ทรัพยากรทดแทนป่าไม้ที่มีอยู่อย่างจำกัด (ชญานาท แซ่ยิบ และจิดานันท์ เอมเอก, 2549 ; Ntalos and Gigoriou, 2002 ; Nemli *et al*., 2003) ประการที่สอง กากใบชานั้นมีคุณสมบัติพิเศษอีกหลายอย่างที่มีความเหมาะสมในการเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล อาทิเช่น การมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว และองค์ประกอบทางเคมีที่ประกอบไปด้วยสารประเภทโพลีฟีนอลซึ่งมีอยู่มากถึง 20-35 เปอร์เซ็นต์ นั้น ทำให้แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชาจะมีความสามารถทนทานต่อการทำลายจากเชื้อราได้ดี อีกทั้งยังเป็นพิษตามธรรมชาติต่อแมลงจำพวกปลวกอีกด้วย จากงานวิจัยของ Yalinkili และคณะในปี 1998 ได้ศึกษาเกี่ยวกับมวลของ แผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาที่ลดลงหลังจากการถูกย่อยสลายจากด้วยเชื้อรา พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาที่มีการปิดขอบด้วยอิพ็อกซี แบบที่มีการเติมพาราฟินและไม่เติมพาราฟินลงไประหว่างกระบวนการผลิตนั้น มีมวลสูญหายไป 3.5-8 เปอร์เซ็นต์ และ 6.0-12.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเติมพาราฟินลงไปเพิ่มการจับกับยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เรซินนั้นจะสามารถช่วยลดการสูญเสียมวลจากการทำลายโดยเชื้อราได้ สำหรับมวลที่หายไปหลังจากการถูกทำลายโดยสัตว์จำพวกปลวกนั้นมีค่าประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ แต่พบว่าอัตราการตายของปลวกนั้นเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป 3สัปดาห์ แสดงให้เห็นว่าสารฟีโนลิกที่อยู่ในกากใบชาเป็นพิษต่อปลวกจะออกฤทธิ์ช้าในระยะแรก แต่จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 3 สัปดาห์ (วิภา ธนะเพิ่ม และคณะ, 2551 ; Yalinkili *et al*., 1998 อ้างโดย Nemli *et al*., 2009) จากการศึกษากระบวนการผลิตไม้อัด หรือแผ่นปาร์ติเกิล มักจะใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เพื่อเป็นตัวประสานไม้ให้เกาะกัน ซึ่งพบว่าองค์ประกอบในไม้พวกลิกนิน เฮมิเซลลูโลส จะสร้างพันธะกับกาว เกิดเป็นฟอร์มัลดีไฮด์อิสระขึ้น ตัวฟอร์มัลดีไฮด์อิสระดังกล่าวนี้เป็นสารอันตรายต่อมนุษย์ แต่ถึงแม้จะเป็นสารอันตรายยูเรียฟอมัลดีไฮด์ก็ยังคงมีการใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีราคาถูกและประสิทธิภาพดี จึงมีการคิดหาวิธีเพื่อจะลดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์อิสระลง นอกเหนือจากการพัฒนาเรซินแล้ว (Kim and Kim, 2004) การใช้วัตถุดิบที่ไม่มีองค์ประกอบที่จะก่อให้เกิดฟอร์มัลดีไฮด์อิสระหรือมีสารที่จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์อิสระในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง โดยพบว่า สารแทนนิน โปรตีนและกรดอะมิโนบางชนิดในกากใบชาสามารถทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์อิสระที่เกิดขึ้นได้ และให้ผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนรูปไปเป็นสารที่ไม่อันตราย การใช้กากใบชามาเป็นวัตถุดิบจึงทำให้กระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลเป็นมิตรกับทั้งมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (Shi *et al*., 2006)

1.3 แนวโน้มความต้องการชาพร้อมดื่ม

ในปัจจุบัน อิทธิพลของกระแสวัฒนธรรมญี่ปุ่นมีผลอย่างมากกับพฤติกรรมการบริโภคของกลุ่มคนในประเทศไทย โดยเฉพาะอาหารและเครื่องดื่มที่มีต้นกำเนิดมาจากประเทศญี่ปุ่น จึงเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เครื่องดื่มชาเขียวเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมอย่างมาก และยังขยายกว้างอย่างรวดเร็ว ดังจะเห็นได้จากปริมาณการดื่มในประเทศที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี จึงส่งผลให้อุตสาหกรรมชาพร้อมดื่มในประเทศไทยมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้น (ขวัญอรุณ บำรุงหมู่ และคณะ, 2555)

จากสถิติการเติบโตของตลาดชาพร้อมดื่ม พบว่า ในปี 2554 ตลาดชาพร้อมดื่มมีการเติบโตเพิ่มจากปีที่แล้ว 30 เปอร์เซ็นต์ จากมูลค่ารวม 9.1 พันล้านบาท สำหรับในปี 2555 มีการเติบโต 36.7 เปอร์เซ็นต์ จากมูลค่าตลาดชาพร้อมดื่ม 1.3 หมื่นล้านบาท และในปี 2556 ตลาดชาพร้อมดื่มมีการเติบโต 25 เปอร์เซ็นต์ เป็นมูลค่ากว่า 1.65 หมื่นล้านบาท (สยามธุรกิจ, 2556) ซึ่งเป็นตัวเลขที่แสดงให้เห็นว่าตลาดชาพร้อมดื่มมีการเติบโตอันเป็นผลจากความต้องการของผู้บริโภคที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่วนแนวโน้มตลาดพร้อมดื่มในปี 2557 คาดการณ์ว่า จะมีการเติบโตไม่ต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ หรืออาจสูงถึง 1.98 หมื่นล้านบาท เนื่องจากผู้ผลิตรายเก่าจะเร่งทำตลาด และยังมีคู่แข่งใหม่ทั้งในและต่างประเทศเข้ามาอีกด้วย ทำให้ปีนี้ตลาดยังมีการแข่งขันที่รุนแรง และมีแนวโน้มที่จะเติบโตอย่างต่อเนื่องไปอีกหลายปี หรือภายใน 4-5 ปีข้างหน้า และมีการคาดการณ์ว่ามูลค่าตลาดชาพร้อมดื่มอาจสูงถึง 4 หมื่นล้านบาท และมีมูลค่าเทียบเท่าตลาดน้ำอัดลมได้ (ผู้จัดการออนไลน์[1], 2557)

ในประเทศไทย มีผู้ครองตลาดชาพร้อมดื่มรายใหญ่ 2 ราย คือ โออิชิ และอิชิตัน ซึ่งปัจจุบันอิชิตันได้สร้างส่วนแบ่งการตลาดขึ้นมาเป็นอันดับ 1 โดยมีส่วนแบ่งการตลาดกว่า 42 เปอร์เซ็นต์ และมีการคาดการณ์ว่าจะมียอดขายเพิ่มขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์ จากปีก่อน ส่วนผู้ครองตลาดอันดับสองคือ โออิชิ มีส่วนแบ่งการตลาด 39 เปอร์เซ็นต์ (บริษัทหลักทรัพย์ ซีไอเอ็มบี (ประเทศไทย) จำกัด, 2557) และมีการคาดการณ์ว่าจะมียอดขายเพิ่มขึ้นจากเดิม 32 เปอร์เซ็นต์ ในปี 2557 (รายงานการประชุมสามัญผู้ถือหุ้นประจำปีของบริษัท โออิชิ กรุ๊ป จำกัด (มหาชน), 2556)

จะเห็นได้ว่า ไม่ว่าจะเป็นแนวโน้มการเติบโตของตลาดชาพร้อมดื่ม และจากการคาดการณ์การเติบโตของยอดขายชาพร้อมดื่มของผู้ครองตลาดชาพร้อมดื่มรายใหญ่ในประเทศไทย ต่างมีการเติบโตของยอดขายในธุรกิจชาพร้อมดื่ม จึงทำให้เป็นที่มั่นใจว่า กากใบชาซึ่งเป็นของเสียที่เกิดขึ้นของกระบวนการผลิตชาพร้อมดื่มจะมีปริมาณไม่ลดลงจากเดิม ทั้งจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ด้วย ซึ่งหากไม่มีการจัดการที่ดีอาจจะเกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมในอนาคต

2. แผ่นปาร์ติเกิล

แผ่นปาร์ติเกิล หรือ แผ่นชิ้นไม้อัด หมายถึง แผ่นวัสดุที่ทำมาจากไม้หรือวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของเซลลูโลส และลิกนิน ในลักษณะตัดเป็นชิ้นเล็กๆ นำมารวมกันเป็นแผ่นโดยใช้ตัวประสานอินทรีย์หรือกาวสังเคราะห์ต่างๆ เชื่อมให้ติดกันเกิดเป็นกระบวนการเชื่อมยึดกันระหว่างชิ้นวัสดุ ภายใต้ความ

ร้อนและแรงอัดในการอัดร้อน และมีการใช้สารเติมแต่งอื่นๆ ผสมลงในระหว่างการอัดเพื่อให้ได้แผ่นปาร์ติเกิน มีคุณสมบัติพิเศษอื่นๆ โดยแผ่นปาร์ติเกิลจะมีความหนาแน่นปานกลางที่ 400 – 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Kelly, 1997 อ้างโดย วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2550)

2.1. ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิล

วรธรรม อุ่นจิตติชัย (2541) กล่าวว่า แผ่นปาร์ติเกิลแบ่งออกได้หลายชนิด และถูกเรียกชื่อแตกต่างกันไปตามลักษณะชนิดที่แบ่งนั้นๆ ซึ่งสามารถสรุปหลักเกณฑ์การแบ่งชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลโดยทั่วไปดังนี้

1) ลักษณะความหนาแน่นของแผ่น

การแบ่งตามลักษณะความหนาแน่น เป็นหลักเกณฑ์ที่ยึดถือเพื่อใช้จำแนกชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลในทางวิชาการ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลแบ่งตามความหนาแน่นของแผ่น

ชนิด	ระบบมาตรฐานที่ใช้อ้างอิง		
	FAO 1957	CS 236-66	มอก. 876-2532
ความหนาแน่นต่ำ (kg/m^3)	250-400	590	-
ความหนาแน่นปานกลาง (kg/m^3)	400-800	590-800	500-800
ความหนาแน่นสูง (kg/m^3)	810-1,200	800	-

ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย (2541)

2) ลักษณะของชิ้นไม้ที่ผลิต

การแบ่งประเภทนี้จะแบ่งตามชิ้นไม้ที่นำมาผลิต ซึ่งชิ้นไม้ที่นำใช้ผลิตแผ่นปาร์ติเกิลมีลักษณะต่างกันและถูกย่อยด้วยเครื่องจักรต่างกันด้วย เช่น ชิปหรือชิ้นไม้สับ (chips) เกล็ด (flake) เกล็ดใหญ่ (wafer) แกลบ (strand) ขี้กบ (planer shaving) แท่ง (splinter or sliver) ฝอยไม้ (wood wool or excelsior) เป็นต้น แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากชิ้นไม้ลักษณะใดลักษณะหนึ่งมักจะถูกเรียกเป็นแผ่นชิ้นไม้ลักษณะนั้นๆ เช่น Chip board, Flake board, Wafer board และ Shaving board เป็นต้น

3) กรรมวิธีการผลิต

การแบ่งประเภทนี้จะแบ่งตามกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งชิ้นไม้ที่ผสมตัวประสานและสารเติมแต่งอื่นแล้ว จะถูกนำไปทำเป็นแผ่นเตรียมอัด (form mat) เพื่อทำการอัดร้อนต่อไป แรงอัดที่ใช้ในการอัดร้อนมีใช้กันอยู่ 2 ทิศทาง หากใช้แรงอัดให้มีทิศทางตั้งฉากกับระนาบของแผ่นซึ่งอาจทำเป็นแผ่นๆ หรือ ทำต่อเนื่อง เรียกแผ่นชนิดนี้ว่า Flat-planten Pressed Particleboard เป็นปาร์ติเกิลที่นิยมผลิตกันอยู่ในปัจจุบัน หากใช้แรงอัดให้มีทิศทางแรงอัดขนานกับระนาบของแผ่นไปตามความยาวของแผ่น เรียกแผ่นปาร์ติ

เกิลแบบนี้ว่า Extruded Particleboard เช่น แผ่น Kreibaum ซึ่งผลิตโดย Otto Kreibaum ในเยอรมัน แผ่นชนิดนี้จะอัดออกมาตามแบบ แผ่นที่หนามักจะต้องใช้ท่อร้อนกลางแผ่นช่วยให้กาวแข็งตัวเร็วขึ้น จึงมีรูกลมยาวกลางแผ่นปาร์ติเกิลและมีการผลิตกันน้อย

4) ลักษณะโครงร่างของแผ่น เป็นการแบ่งตามการกระจายตัวของขนาดชิ้นไม้ตามความหนา มี 3 ชนิด คือ

(1) แผ่นปาร์ติเกิลชั้นเดียว (Single layer or Homogeneous particle board) หมายถึง แผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาดเหมือนกัน มีส่วนผสมของกาวและสารเติมแต่งอย่างเดียวกันตลอดความหนาของแผ่นปาร์ติเกิล

(2) แผ่นปาร์ติเกิล 3 ชั้น (Three layers particle board) หมายถึง แผ่นปาร์ติเกิลที่แบ่งตามลักษณะของชิ้นไม้ออกเป็น 3 ชั้น ตลอดความหนาของแผ่น ในแต่ละชั้นประกอบด้วยชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาดตลอดจนส่วนผสมของกาวเหมือนกัน ปกติใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กและบางเป็นชั้นผิวหน้าและผิวล่าง ส่วนชั้นไส้ใช้ชิ้นไม้หยาบและใหญ่กว่า โดยไม้ที่ทำชั้นไส้อาจเป็นชนิดที่ต่างกับที่ใช้ทำผิวหน้าก็ได้ ปริมาณกาวที่ใช้ผสมในชั้นผิวทั้ง 2 ด้านมักสูงกว่าชั้นไส้ เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่สมดุลกัน ทั้งมีผิวแข็งและแน่นขึ้น

(3) แผ่นปาร์ติเกิลขนาดลดหลั่น (Graduated particle board) หมายถึง แผ่น ปาร์ติเกิลที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีขนาดและลักษณะต่างกัน โดยโครงสร้างของแผ่นประกอบด้วยชิ้นไม้ขนาดใหญ่และหยาบกว่าอยู่ตรงแนวกลางแผ่นตลอดความหนาจากแนวกลางแผ่น ชิ้นไม้จะมีขนาดลดหลั่นเล็กไปหาผิวทั้งสองด้านโดยไม่มีการแบ่งชั้นแน่นอน

2.2. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

2.2.1 ไม้

ไม้ที่ใช้สำหรับการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

1) เศษไม้ขนาดเล็กที่ยังไม่ได้แปรรูป ซึ่งได้จากการตัดไม้ขนาดเล็กและกิ่งก้านที่หนา หรือใหญ่

2) เศษไม้ใหญ่ที่เหลือจากอุตสาหกรรม เช่น ปีกไม้ ขอบไม้ เศษไม้ที่ตัดทิ้งจากขี้เลื่อย ไส้ไม้ที่เหลือจากการปอก และส่วนเสียที่ถูกคัดทิ้งออกจากการผลิตไม้บางนำมาลดขนาดให้ได้ตามต้องการ

3) เศษไม้ขนาดเล็กจากอุตสาหกรรม โดยเฉพาะขี้กบและขี้เลื่อย

4) ชิปไม้ หรือ ชิ้นไม้สับ จากการตัดไม้ด้วยเครื่องตัดชิ้นไม้

5) เศษเหลือ เช่น แผ่นไม้ ขอบไม้ หรือเศษไม้ระแนง และส่วนอื่นๆ ที่ถูกตัดทิ้งจากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ และอุตสาหกรรมอบไม้

เห็นได้ว่าเศษไม้เกือบทุกชนิด ที่นำมาใช้มีลักษณะรูปร่างแตกต่างกัน ตั้งแต่เศษไม้ที่ได้จากไม้ซุงจนถึงขี้เลื่อย สามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลได้ นอกจากนี้ แผ่นปาร์ติเกิลยังผลิตได้จากวัตถุดิบที่เหลือ

จากการเกษตรกรรม เช่นต้นปอ (Nemli *et al*., 2006) และพืชชนิดอื่น ๆ อาทิเช่น ลำต้นกีวี่ (Nemli *et al*., 2003) ก้านดอกทานตะวัน (Guler *et al*., 2006) และเศษหญ้า (Nemli *et al*., 2009) เนื่องจากวัตถุดิบดังกล่าวมีลิกนิน (Lignin) และเซลลูโลส (Cellulose) เป็นองค์ประกอบ จึงทำให้แผ่นบอร์ดที่ผลิตได้มีคุณสมบัติในการยึดเหนี่ยวเพิ่มขึ้น การใช้งานจำเป็นต้องแยกสิ่งเจือปนที่เป็นอุปสรรคต่อการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลออกให้เหลือน้อยที่สุด เช่น ปริมาณน้ำตาล และส่วนไส้หรือเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารของพืช ซึ่งเป็นเส้นใยผนังบางและสั้น ตลอดจนไขที่เคลือบอยู่ตามผิวของวัสดุเหล่านี้ ซึ่งมักจะเป็นอุปสรรคต่อการติดกาวประเภทที่ใช้น้ำเป็นสารละลายทั่วไป

2.2.2 กาว (Binders)

กาว หมายถึง วัสดุที่ใช้เชื่อมติดวัสดุต่างชนิดกัน กาวส่วนใหญ่เป็นโพลิเมอร์อินทรีย์ เช่น โปรตีน เด็กตรินเรซิน สารยืดหยุ่นและพลาสติก ซึ่งเวลาใช้นั้นจะต้องทำให้มีลักษณะเป็นของเหลวในลักษณะของการหลอมเหลว การละลายหรือการทำให้เป็นอิมัลชัน ในหลายกรณีกาวมักจะประกอบไปด้วยสารโพลิเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบหลักและส่วนผสมอื่นๆ ที่ทำให้ได้คุณสมบัติของกาวที่เหมาะจะใช้กับงานในแต่ละงาน (วิริยะ มีศรี, 2540) ในงานแผ่นปาร์ติเกิลนั้น กาวใช้เป็นตัวประสานให้ชิ้นไม้ประสานกัน โดยคุณภาพของแผ่นปาร์ติเกิลจะดีหรือไม่ขึ้นกับคุณภาพของกาวเป็นสำคัญ สำหรับกาวที่ใช้ในอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเกิลนั้นเป็นกาวสังเคราะห์ประเภทขึ้นตัวที่อุณหภูมิสูง (Thermosetting adhesives) มีหลายชนิดด้วยกัน ได้แก่

1. กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea Formaldehyde) เป็นกาวที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลที่นิยมใช้มากที่สุด โดยเฉพาะใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลประเภทใช้งานในอาคาร เนื่องจากกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นกาวที่ใสเมื่อแห้ง ไม่มีสี แข็งตัวได้เร็วและราคาถูก

2. กาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ (Phenol Formaldehyde) เป็นกาวอีกชนิดหนึ่ง ที่มีการนำมาใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลนอกจากกาวยูเรีย เพื่อต้องการให้แผ่นปาร์ติเกิลมีความทนทานมากขึ้นเพื่อใช้งานภายนอกอาคาร แต่ก็ยังมีการใช้กาวฟีนอลิคนี้เฉพาะในกรณีการใช้งานที่ต้องการความคงทนของแผ่นเพิ่มขึ้นเท่านั้น เนื่องจากกาวฟีนอลิคนั้นมีราคาแพงกว่าและต้องการระยะเวลาในการแข็งตัวนานกว่า

3. กาวยูเรีย-เมลลามีน ฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea-Melamine Formaldehyde) เป็นกาวที่นำมาใช้สำหรับผลิตแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อใช้งานภายในอาคาร และในที่ๆ มีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมปานกลาง

นอกจากนี้ ยังมีการใช้กาวชนิดอื่นในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล เช่น กาวไอโซไซเนต และกาวแทนนิน เป็นต้น กาวเหล่านี้มีการใช้อยู่แล้วในอุตสาหกรรม แต่มีใช้ในปริมาณน้อยกว่า 3 ชนิดแรก สำหรับการนำกากใบชามาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลสามารถใช้กาวได้ทุกชนิดที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งการเลือกใช้นั้นขึ้นอยู่กับสภาวะของแผ่นปาร์ติเกิลที่จะนำไปใช้งาน เช่น หากผลิตแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อใช้งานภายในอาคารไม่ต้องการความแข็งแรงมากก็ควรเลือกใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวยูเรีย-เมลลามีน ฟอร์มัลดีไฮด์ แต่หากต้องการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลที่มีความทนทานมากขึ้นเพื่อใช้งานภายนอกอาคาร ก็ควรเลือกใช้กาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์

อีกทั้งการเลือกใช้กาวนั้นควรพิจารณาราคาของกาวด้วย ซึ่งหากเทียบราคาต้นทุนระหว่างกาวแต่ละชนิดคิดเป็นสัดส่วนได้ ดังนี้

ตารางที่ 3 สัดส่วนราคาต้นทุนระหว่างกาวแต่ละชนิด

ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย (2550)

2.2.3 สารเร่งแข็ง (Catalysts or Hardeners)

สารเร่งแข็ง เป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาการแข็งตัวของกาวให้เร็วขึ้น ซึ่งจะลดระยะเวลาในการอัดร้อนให้สั้นขึ้น สารเร่งแข็งมี 2 ชนิด คือ สารเร่งแข็งทั่วไป (Common catalyst) และสารเร่งแฝงภายใน (Latent catalyst) โดยสารเร่งแข็งที่โรงงานใช้ผสมในกาวทั่วไป ได้แก่ แอมโมเนียมซัลเฟต (Ammonium sulfate) และแอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium chloride) ซึ่งเป็นสารเร่งแข็งสำหรับกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ เมื่อเติมสารเร่งแข็งเหล่านี้ในกาวแล้ว จะทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีเหลือใช้ในกาว เกิดเป็นเฮกซามีน

ชนิดกาว	ราคา
ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์	1.0
ยูเรีย-เมลลามีน ฟอร์มัลดีไฮด์	2.0 เท่าของยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์
ฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์	2.5 เท่าของยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์
ไอโซไซเนต	3.5 เท่าของยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์

และกรดแก่ ทำให้ส่วนผสมกาวเป็นกรดมากขึ้น ปฏิกิริยาแข็งตัวของกาวก็จะเกิดเร็วขึ้น สำหรับสารเร่งแข็งของกาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ ได้แก่ การเติมเรซอซินอล (Resorcinol) เรซอซินอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ (Resorcinol-formaldehyde) และ พาราฟอร์มัลดีไฮด์ (Paraformaldehyde) ในกาวเหลว ซึ่งสารเร่งแข็งเหล่านี้จะใช้ผสมเพียง 0.25 – 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักกาวแห้ง (วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2550)

2.2.4 สารเคลือบผิวกันซึม (Sizing Agent)

สารวัตถุดิบที่สำคัญอีกตัวหนึ่งที่ใช้ผสมในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล คือสารกันซึมเพื่อลดการดูดซึมน้ำ โดยปกติใช้ขี้ผึ้ง (Wax) เป็นสารกันซึม ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลโดยทั่วไปจะใช้พาราฟินแว็กอิมัลชั่น (Paraffin-wax-emulsion) ซึ่งจะใช้เนื้อขี้ผึ้งแข็ง 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักในสารละลายแขวนลอย ปริมาณการใช้สารกันซึมนิยมใช้ในปริมาณน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ของเนื้อขี้ผึ้งเทียบกับน้ำหนักไม้อบแห้ง หากใช้ปริมาณที่มากกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ อาจจะไปขัดขวางการติดกาวระหว่างชิ้นไม้ได้ และหากใช้ปริมาณที่น้อยกว่า 0.4 เปอร์เซ็นต์ ก็อาจให้ผลการต้านทานน้ำของแผ่นต่ำลง

2.3 วิธีการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลนั้น นอกจากวัตถุดิบอันได้แก่ ไม้ กาว และสารเติมแต่งแล้ว จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการผลิตเพื่อผสมวัตถุดิบทั้งหมดให้เข้ากัน แล้วก่อตัวเป็นรูปร่างลักษณะแผ่นที่มีความแข็งแรง และคงสภาพเป็นแผ่นให้ใช้งานได้เป็นเวลานาน กระบวนการผลิตจึงเป็นหัวใจหลักที่สำคัญที่สุด

ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลที่มีคุณภาพดี (นิศากร เจริญดี, 2544) ขั้นตอนหลักๆ ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1) กระบวนการเตรียมชิ้นไม้

การเตรียมชิ้นไม้จะใช้เครื่องสับไม้ (Chippers) เพื่อลดขนาดของไม้ท่อนขนาดใหญ่ให้เป็นชิ้นไม้ขนาดเล็กโดยใบมีดจะตัดขวางทำมุมเอียงกับเส้นใย ชิ้นไม้จะแตกออกตามแนวของเส้นใยเนื่องจากแรงเฉือนที่เกิดจากการตัดและแรงกระแทกของใบมีดกับไม้ เพื่อให้ได้ชิ้นไม้ขนาดเล็กลงและมีขนาดเท่ากัน ซึ่งจะนำไปสู่การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลที่ความแข็งแรงสูง ผิวหน้าเรียบ และมีการพองตัวที่สม่ำเสมอ

2) กระบวนการอบชิ้นไม้

ชิ้นไม้ที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจะถูกอบเพื่อให้มีความชื้นประมาณ 2-5 เปอร์เซ็นต์ ก่อนที่จะนำไปผสมกาว ซึ่งชิ้นไม้จะถูกส่งผ่านเครื่องอบไปอย่างรวดเร็วในกระแสอากาศร้อนมากๆ และมีการหมุนเวียนอากาศอย่างรวดเร็วเพื่อลดระยะเวลาในการอบให้สั้นที่สุด ปัญหาของชิ้นไม้ที่เกิดจากการอบนอกจากเรื่องความชื้นที่อยู่ในชิ้นไม้ซึ่งจะต้องมีปริมาณความชื้นที่เหมาะสมตามกำหนดเวลาและมีความชื้นสม่ำเสมอแล้ว คุณสมบัติของไม้ที่ได้จากการอบเป็นอีกผลกระทบหนึ่งที่ไม่ควรมองผ่าน การอบชิ้นไม้ด้วยอุณหภูมิสูงๆ เป็นเวลานานๆจะพบปัญหาการเกิดสภาพการแข็งตัวภายนอกของไม้ และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ผิวของชิ้นไม้ รวมทั้งการเคลื่อนตัวของสารแทรกโดยเฉพาะยางไม้ธรรมชาติภายในไม้ออกสู่ผิวหน้าของไม้ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการยึดติดระหว่างกาวกับผิวหน้าชิ้นไม้ในขณะทำเป็นแผ่นจนทำให้แผ่นปาร์ติเกิลที่ได้มีคุณภาพลดลง (วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2541) ดังนั้น การกำหนดความร้อนและระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการอบชิ้นไม้

3) การคัดแยกชิ้นไม้

ชิ้นไม้ที่ได้จากการแปรรูปเพื่อลดขนาดในขั้นตอนแรกมีขนาดใหญ่เล็กคละปนกันอยู่หลายๆ ขนาด จึงจำเป็นต้องทำการคัดแยกชิ้นไม้ออกให้มีความสม่ำเสมอ เพื่อให้แผ่นที่ได้มีโครงสร้างทางวิศวกรรมที่ดี โดยเฉพาะการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล 3 ชั้น ซึ่งต้องการผิวหน้าละเอียดสวยงาม การคัดขนาดชิ้นไม้จึงต้องแยกชิ้นไม้ละเอียดออกจากชิ้นไม้หยาบ ส่วนชิ้นไม้ที่ใหญ่เกินไปจะถูกคัดออกเพื่อนำไปย่อยด้วยเครื่องสับละเอียดอีกครั้งแล้วนำกลับมาคัดแยกใหม่ ซึ่งการคัดขนาดชิ้นไม้จะทำด้วยวิธีการร่อน โดยการนำชิ้นไม้ผ่านบนตะแกรงที่มีขนาดช่องตามกำหนด โดยชิ้นไม้ที่มีขนาดตามความต้องการก็จะลอดผ่านตะแกรงออกไป

4) กระบวนการผสม

การผสมคลุกเคล้าระหว่าง กาว ขี้ผึ้ง และสารผสมชนิดอื่นๆ จะใช้วิธีการสเปรย์ด้วย กาว น้ำ และขี้ผึ้งไปบนชิ้นไม้ ขณะที่ผ่านอยู่ในเครื่องผสม ขั้นตอนการผสมเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะส่งผลให้ได้แผ่นปาร์ติเกิลที่มีคุณภาพที่ดี เพราะการกระจายของกาวและสารผสมอื่นๆ ที่ไม่สม่ำเสมอจะส่งผลให้บริเวณที่มีการจับยึดกันระหว่างชิ้นไม้มีแรงยึดติดต่ำ และทำให้แผ่นปาร์ติเกิลไม่แข็งแรง ดังนั้น ในการผสมควรมีการใช้เครื่องวัด

ที่ดีสำหรับหาปริมาณของกาวและการไหลของชิ้นไม้ ที่จะส่งไปยังเครื่องคลุกเคล้าเพื่อให้การผสมมีความเหมาะสมดีที่สุด

5) กระบวนการเตรียมแผ่นก่อนอัด

เป็นวิธีการโรยชิ้นไม้ที่ผ่านการผสมกาวและสารอื่นๆ มาแล้ว ลงบนสายพานที่เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง ส่วนใหญ่การโรยแผ่นจะเป็นการปฏิบัติงานด้วยระบบอัตโนมัติ โดยจะมีลมเป่าให้ชิ้นไม้ตกลงมาจากที่โรยเป็นม่านชิ้นไม้อยู่บนสายพานยาวซึ่งเคลื่อนที่ไปอย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไปจะใช้เครื่องโรยชิ้นไม้มากกว่า 1 เครื่อง เพื่อให้ได้แผ่นเตรียมอัดตามความหนาที่ต้องการ เนื่องจากการใช้เครื่องโรยชิ้นไม้หลายเครื่อง จะทำให้แผ่นเตรียมอัดมีความสม่ำเสมอมากกว่า เพราะแต่ละเครื่องโรยชิ้นไม้จะโรยผ่านชิ้นไม้ทีละน้อย ทั้งนี้การผลิตแผ่นปาร์ติเกิล 3 ชั้น จำเป็นต้องมีเครื่องโรยชิ้นไม้หลายเครื่อง โดยมีชิ้นไม้ขนาดใหญ่กว่าเป็นชั้นไส้ และใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กกว่าเป็นชั้นผิว ความเที่ยงตรงและความสม่ำเสมอในการโรยชิ้นไม้เป็นขั้นตอนสำคัญอย่างมากในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล เพราะหากการทำแผ่นเตรียมแล้วเกิดความผันผวนมีการกระจายของชิ้นไม้ไม่สม่ำเสมอจะมีผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพให้เกิดความผันผวนได้ ทั้งความหนาแน่นภายในแผ่นก็จะไม่เท่ากัน ผันผวนเป็นวงกว้าง และจะเกิดการคืนตัวทางความหนาที่มากไปในบริเวณที่มีความหนาแน่นสูงกว่า นอกจากนี้การโรยแผ่นที่ไม่สม่ำเสมอยังก่อให้เกิดการโค้งงอหรือการบิดตัวของแผ่นและยังอาจทำให้สภาพทั่วไปทางภายนอกของแผ่นแย่ลง เช่น ผิวหน้าของแผ่นไม่สวย แผ่นมีลักษณะไม่เรียบ เป็นต้น

6) กระบวนการอัดแผ่น

ขั้นตอนการอัด เป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างมากและขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตต่างๆที่ผ่านมาแล้ว เช่น หากแผ่นเตรียมอัดมีคุณภาพไม่ดี การผสมกาวคลุกเคล้ากันไม่ดี เมื่อนำมาอัดแผ่นก็จะส่งผลให้แผ่นปาร์ติเกิลที่อัดเสร็จมีคุณภาพต่ำ ในขั้นตอนการอัดแผ่นนี้มีปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของแผ่นปาร์ติเกิล ได้แก่ ระยะเวลาในการอัด เวลาในการอัดและความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลที่อัดได้จากการศึกษาตัวแปรต่างๆ ที่ส่งผลต่อการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำมาจากปอ (*Hibiscus cannabinus* L.*)* ของ Kalaycioglu และ Nemli ในปี 2006 ซึ่งได้ทำการศึกษาอุณหภูมิในการอัด ระยะเวลาในการอัด ความดัน ความหนาแน่น พบว่าตัวแปรดังกล่าวยกเว้นความดันส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นปาร์ติเกิล ได้แก่ ค่าการพองตัวทางความหนาหลังแช่น้ำ ความต้านทานแรงดัด และค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า โดยเฉพาะค่าความหนาแน่นหากมีการเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดัดและค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของไม้ดีขึ้น และเป็นไปตามมาตรฐาน แต่ในขณะเดียวกันก็ส่งผลให้ค่าการพองตัวทางความหนาหลังแช่น้ำสูงเกินไปซึ่งทำให้แผ่นปาร์ติเกิลมีคุณสมบัติไม่ดี (Kalaycioglu and Nemli, 2006) ดังนั้นควรมีการควบคุมสภาวะให้มีความเหมาะสมในการผลิตเพื่อให้ได้แผ่นปาร์ติเกิลที่มีคุณภาพดีสำหรับขั้นตอนการอัดนั้น เริ่มจากแผ่นเตรียมจะถูกลำเลียงด้วยสายพานมายังเครื่องอัดแบบต่อเนื่องซึ่งจะถูกอัดระหว่างลูกกลิ้งร้อนตัวใหญ่ (Heated Press Drum) กับลูกกลิ้งอัดเล็ก (Pressure Rolls) ต่อเนื่องกันไปที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส โดยผิวหน้าของแผ่นเตรียมจะได้รับความร้อนอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้น้ำที่อยู่ในชั้นผิวหน้า

ของแผ่นกลายเป็นไอน้ำและเคลื่อนย้ายไปยังบริเวณชั้นไส้ของแผ่นเนื่องจากเย็นกว่า ทำให้อุณหภูมิของแผ่นเพิ่มขึ้นเร็วกว่าการรับความร้อนจากแท่นอัดผ่านมายังไม้ ซึ่งแท่นอัดจะทำการอัดอย่างต่อเนื่องจนกว่าจะได้ความหนาที่กำหนด ทำให้ได้แผ่นปาร์ติเกิลที่มีความยาวต่อเนื่องกันไป (Kelly, 1997)

ทั้งนี้ขั้นตอนการผลิตและกระบวนการผลิตของแต่ละโรงงานอาจจะมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับเงินลงทุนและเทคโนโลยีที่นำมาปรับใช้ภายในโรงงาน เช่น หากต้องการกำลังการผลิตที่สูงและต้องการคุณภาพของแผ่นปาร์ติเกิลที่สูงมาก ก็อาจจะต้องนำเครื่องจักรและเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาใช้ในการผลิตเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพตามที่ต้องการ แต่ก็จะส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นด้วย แต่สิ่งที่ทุกโรงงานในประเทศใช้เหมือนกันก็คือ วัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลซึ่งก็คือไม้ยางพารา ที่เป็นทรัพยากรป่าไม้ที่มีอยู่ขณะนี้ อย่างไรก็ตาม มีการพยากรณ์ว่าในอีกไม่ช้าปริมาณไม้ยางพาราอาจจะลดลงเพราะมีความต้องการนำไม้ยางพาราไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นด้วย ในขณะที่แผ่นปาร์ติเกิลก็ยังมีความต้องการเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งจะเห็นได้จากสถิติการใช้ปาร์ติเกิลในปี พ.ศ. 2550 อยู่ที่ 1.13 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีแนวโน้มว่าจะเติบโตขึ้นปีละ 7 เปอร์เซ็นต์ จนสูงถึง 1.93 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี พ.ศ. 2560 (จักรวัฒน์ เรืองแรงสกูล และคณะ, 2554) ทำให้อาจจะเกิดปัญหาการขาดแคลนไม้ยางพาราได้ จึงมีงานวิจัยเกิดขึ้นมากมายเพื่อที่จะหาวัตถุดิบทดแทนมาใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

ในช่วงระยะ 50 ปีที่ผ่านมา มีรายงานเกี่ยวกับความสำเร็จในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของโรงงานผลิตภัณฑ์ไม้ โดยเฉพาะแผ่นปาร์ติเกิล ด้วยเหตุผลที่ว่าแผ่นปาร์ติเกิลนั้นมีข้อได้เปรียบในทางเศรษฐศาสตร์ เพราะวัตถุดิบไม้ที่นำมาใช้นั้นมีราคาถูก รวมถึงกระบวนการผลิตก็มีต้นทุนต่ำและมีตลาดใหญ่รองรับคืออุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และเครื่องเรือน (Hofstrand *et al.,*1984 ; Koch *et al*., 1987 อ้างโดย Namli *et al*., 2003) มีงานวิจัยมากมายที่ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลโดยมีการเลือกวัสดุเพื่อมาเป็นวัตถุดิบในการขึ้นรูปหลากหลายชนิดต่างกันไป อาทิเช่น งานวิจัยของ Nemli และคณะ ในปี 2003 มีการนำเศษลำต้นกีวี่ (*Actinidiasinensis* Planch.) มาใช้ในผลิตแผ่นปาร์ติเกิลสามชั้นร่วมกับไม้จากโรงงานอุตสาหกรรมไม้ทั่วไป โดยศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของเศษลำต้นกีวี่ เช่น ปริมาณของลิกนิน เฮมิเซลูโลส และถ่าน รวมถึงค่าการละลายในน้ำและด่าง และศึกษาคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากเศษลำต้นกีวี่แห้ง ในส่วนของค่าการพองตัวทางความหนาหลังแช่น้ำการดูดซึมน้ำ ความต้านทานแรงดัดค่าความยืดหยุ่นมอดูลัส และค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ซึ่งพบว่า เศษลำต้นกีวี่นั้นมีความยาวของเส้นใย ความหนาของชั้นผนังเซลล์ รวมถึงค่าการละลายต่างๆ สูงกว่าไม้ทั่วไป แต่เมื่อใช้เศษลำต้นกีวี่เป็นชั้นแกนเป็นอัตราส่วน 50 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลในทางลบแก่แผ่นปาร์ติเกิลกล่าวคือจะมีค่าการดูดซึมน้ำและค่าการพองตัวทางความหนาหลังแช่น้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งต้องมีการปรับปรุงเพื่อให้ได้คุณสมบัติเหมาะสมก่อน โดยวิธีการ Vapour phase formalization วิธี Acythylation รวมถึงการเคลือบผิวหน้าของแผ่นปาร์ติเกิลด้วยเช่นกัน (Nemli *et al*., 2003) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Guler และคณะ ในปี 2006 ซึ่งได้ผลิตแผ่นปาร์ติเกิลสามชั้นโดยใช้วัตถุดิบสองชนิดได้แก่ ก้านดอกทานตะวัน (*Helianthus annuus* L.) และสนเมดิเตอร์เรเนียน (*Pinusbrutia* Ten.) ในอัตราส่วนต่างๆ ห้าแบบ แล้วศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของไม้ที่ผลิตขึ้น ซึ่งพบว่าแผ่นปาร์ติเกิลสามารถผลิตได้จากก้านดอกทานตะวัน 100 เปอร์เซ็นต์ แต่อัตราส่วนที่จะให้ค่าการทดสอบต่างๆ เป็นไปตามมาตรฐานมาก

ที่สุดคือ 50:50 อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนที่ทำให้แผ่นปาร์ติเกิลเป็นไปตามมาตรฐานมากที่สุดยังคงมีข้อบกพร่องในเรื่องของค่าการดูดซึมน้ำและค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ ซึ่งต้องแก้ไขโดยการเติมพาราฟิน หรือศึกษาแนวทางอื่นๆต่อไปในอนาคต (Guler *et al*., 2006) นอกจากนี้ในปี 2009 Nemli และคณะ ยังได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลชั้นเดียวจากส่วนประกอบสองชนิดได้แก่ ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis* Den) และเศษหญ้า (*Loliumperenne* L.) โดยศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบ และคุณทางกายภาพ ได้แก่ ค่าการพองตัวทางความหนาหลังแช่น้ำ และคุณสมบัติเชิงกล ได้แก่ ค่าความต้านทานแรงดัด ค่าความยืดหยุ่นมอดูลัส และค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตขึ้น จากผลการศึกษา พบว่า อัตราส่วนผสม เศษหญ้าต่อยูคาลิปตัส 6:94 นั้น ทำให้แผ่นปาร์ติเกิลมีคุณสมบัติเชิงกลเหมาะสมที่สุดสำหรับนำไปผลิตเฟอร์นิเจอร์หรือใช้งานทั่วไป สำหรับแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้เศษหญ้า 100 เปอร์เซ็นต์ นั้นจะให้คุณภาพต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติต่างๆของแผ่นปาร์ติเกิลจะดีขึ้นเมื่อลดปริมาณของเศษหญ้าลง ซึ่งการจะผลิตแผ่นปาร์ติเกิลให้ได้คุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานนั้น จะใช้เศษหญ้าเป็นส่วนผสมได้มากที่สุดเพียง 13 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น (Nemli *et al*., 2009)

2.4 การนำแผ่นปาร์ติเกิลไปใช้งาน

แผ่นปาร์ติเกิลสามารถนำไปใช้ในงานได้หลานประเภท เช่น ในอุตสาหกรรมเครื่องเรือนและเฟอร์นิเจอร์ ใช้ในงานก่อสร้าง ใช้ตกแต่งภายในอาคาร และใช้สำหรับเก็บเสียง เป็นต้น

1) สำหรับการนำไปใช้ในงานเฟอร์นิเจอร์นั้น แผ่นปาร์ติเกิลสามารถนำไปใช้ในงานเฟอร์นิเจอร์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากแผ่นปาร์ติเกิลมีลักษณะเป็นแผ่นใหญ่ ตัดขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรกลได้ง่าย ทั้งการทำเป็นโครงสร้างเฟอร์นิเจอร์ยังสามารถยึดติดได้ด้วยอุปกรณ์จับยึดได้ดี และมีความแข็งแรงสูงโดยการผลิตเฟอร์นิเจอร์จะนำแผ่นปาร์ติเกิลเปลือยไปติดแผ่นวีเนียร์หรือเคลือบเมลามีนเพื่อให้มีลวดลายตามที่ผู้บริโภคต้องการก่อนนำไปผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์

2) การนำไปใช้ในงานก่อสร้าง และงานตกแต่งภายในอาคาร แผ่นปาร์ติเกิลสามารถใช้ในงานก่อสร้างทั้งภายในและภายนอก โดยจะใช้แผ่นปาร์ติเกิลเป็นฝ้าเพดาน ผนังห้อง อีกทั้งยังใช้สำหรับปูรองพื้น ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นปาร์ติเกิลแผ่นสี่เหลี่ยมและขัดกระดาษทรายให้ได้ความหนาสม่ำเสมอกัน เพื่อให้สามารถใช้วีเนียร์ติดทับเพื่อให้พื้นได้ระดับและเรียบสม่ำเสมอ

3) แผ่นปาร์ติเกิลสำหรับเก็บเสียง เป็นแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้กรุผนังหรือเพดาน เพื่อลดการสะท้อนเสียงในห้องลง โดยทำการปรุรูหรือเซาะร่องเป็นแบบต่างๆ เช่น Acoustic board เป็นต้น

2.5 แนวโน้มความต้องการแผ่นปาร์ติเกิล

อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเกิลในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยมีจำนวนผู้ผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดหรือแผ่นปาร์ติเกิลรวม 12 ราย มีกำลังการผลิตรวมกันประมาณปีละ 2.7 ล้านลูกบาศก์เมตรโดยส่งออกต่างประเทศประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือใช้ภายในประเทศประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ (สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, 2556) โดยแผ่นปาร์ติเกิลมีแนวโน้มความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การคาดการณ์ความต้องการแผ่นปาร์ติเกิลภายในประเทศไทย

ปี พ.ศ.	หน่วย: ล้านลูกบาศก์เมตร
2535	0.35
2540	0.56
2545	0.83
2550	1.13
2555	1.49
2560	1.93

ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, 2556

สำหรับความต้องการแผ่นปาร์ติเกิลภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ (ดังแสดงในตารางที่ 4) จากปี 2535 ความต้องการแผ่นปาร์ติเกิลอยู่ที่ 0.35 ล้านลูกบาศก์เมตรและเพิ่มขึ้นเป็น 0.56 ล้านลูกบาศก์เมตรในระยะเวลา 5 ปีซึ่งคิดเป็น 60 เปอร์เซ็นต์ และจากการคาดการณ์ของสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ พบว่า ในปี พ.ศ. 2560 ความต้องการแผ่นปาร์ติเกิลอาจสูงถึง 1.93 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งคิดเป็น 71 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปี 2550 หรือ ในช่วงระยะเวลาภายใน 10 ปี จากตัวเลขคาดการณ์ความต้องการแผ่นปาร์ติเกิลชี้ให้เห็นว่าในอนาคตจำเป็นจะต้องหาวัตถุดิบให้มีปริมาณเพียงพอกับการผลิตเพื่อตอบสนองกับความต้องการของตลาดด้วย

ตารางที่ 5 สถิติการส่งออกแผ่นปาร์ติเกิลของไทยในช่วง พ.ศ. 2554 ถึง 2557

ปี พ.ศ.	อัตราการขยายตัว (เปอร์เซ็นต์)
2554	10.13
2555	0.19
2556	9.32
2557 (ม.ค.-มี.ค.)	46.91

ที่มา : สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2557

ตารางที่ 5 แสดงสถิติการส่งออกของแผ่นปาร์ติเกิลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 ถึง 2557 พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลมีปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี เห็นได้จากอัตราการขยายตัวที่เพิ่มขึ้นทุกปี ยกเว้นในปี พ.ศ. 2555 อัตราการขายตัวการส่งออกนั้นลดลง จาก 10.03 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.19 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมาจากผลกระทบ

จากสถานการณ์อุทกภัย ทำให้ภาพรวมการส่งออกแผ่นปาร์ติเกิลตลอดปี 2555 มีอัตราการเติบโตที่ชะลอตัวลง อย่างไรก็ตามในปีถัดไป พ.ศ. 2556 อัตราการขยายตัวของการส่งออกของแผ่นปาร์ติเกิลก็กลับมาเพิ่มสูงขึ้น เป็น 9.32 เปอร์เซ็นต์ และในปี 2557 (ม.ค.-มี.ค.) อัตราการขยายตัวของการส่งออกแผ่นปาร์ติเกิลเพิ่มขึ้นถึง 46.91 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันในปี 2556 และยังมีการคาดการณ์ว่าอัตราการขยายตัวของการส่งออกจะขยายตัวเพิ่มขึ้นจนถึงสิ้นปี 2257 (สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2557)

อุตสาหกรรมปลายน้ำของแผ่นปาร์ติเกิล คือ อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และอุตสาหกรรมก่อสร้างและตกแต่งภายใน ดังนั้น อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเกิลจึงมีการขยายตัวในทิศทางเดียวกันกับภาคอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่าง ๆ ภายในประเทศ อาทิ อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์อุตสาหกรรมก่อสร้างและตกแต่งภายในอันเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถพัฒนาควบคู่ไปกับอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเกิล และสนับสนุนซึ่งกันและกันได้ (ฐานเศรษฐกิจ[1], 2557)

จากการศึกษาแนวโน้มของตลาดเฟอร์นิเจอร์ ในปี 2554-2556 พบว่า อุตสาหกรรมเครื่องเรือนไม้และเฟอร์นิเจอร์ไม้ภายในประเทศ ในปี 2554 มียอดการจำหน่ายเท่ากับ 4.53 ล้านชิ้น และ ในปี 2555 และ 2556 มียอดการจำหน่ายเท่ากับ 4.55 และ 4.72 ล้านชิ้น ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2557) ส่วนมูลค่าการส่งออก พบว่า ในปี 2554-2556 มีอัตราการขยายตัวของการส่งออกที่ -5.67, 0.84, และ 6.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในปี 2557 ช่วงไตรมาสแรก พบว่า มีอัตราการขยายตัวการส่งออก 13.14 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับไตรมาสแรกของปี 2556 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการส่งออกเครื่องเรือนและเฟอร์นิเจอร์ไม้มีการเติบโตขึ้น โดยนายกสมาคมอุตสาหกรรมเครื่องเรือนไทย กล่าวว่า อุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ของไทยกำลังเป็นช่วงขาขึ้น เห็นได้จากอัตราการส่งออกเฟอร์นิเจอร์และชิ้นส่วนปี 2556 ที่เพิ่มขึ้น 6.20 เปอร์เซ็นต์ จากปีก่อนซึ่งเติบโตเกินเป้าหมายที่ตั้งไว้ 5 เปอร์เซ็นต์ และมีการคาดการณ์ว่าในปี 2557 จะมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่องจากปีก่อน 10 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเศรษฐกิจ[2], 2557) สำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างซึ่งเป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำของแผ่นปาร์ติเกิลอีกอุตสาหกรรมหนึ่ง พบว่า จากอัตราการเติบโตของเศรษฐกิจไทยปี 2556 ซึ่งมีการเติบโตไม่ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ ทำให้แนวโน้มการลงทุนอุตสาหกรรมก่อสร้างของไทย ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ว่าจะเติบโต 8-8.5 เปอร์เซ็นต์ จากปีก่อนได้ ส่วนปี 2557 พบว่า ทิศทางยังคงชะลอตัวลงจากปี 2556 (ผู้จัดการออนไลน์[2], 2557) ซึ่งการชะลอตัวของอุตสาหกรรมก่อสร้างอาจจะส่งผลให้ความต้องการแผ่นปาร์ติเกิลลดลงด้วย อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าจากสภาวะการผันผวนของเศรษฐกิจในประเทศและธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ ได้ส่งผลกระทบโดยตรงกับความต้องการสินค้าประเภทวัสดุตกแต่ง และแผ่นปาร์ติเกิลนั้น อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเกิล จึงมุ่งเน้นที่การส่งออกเพื่อชดเชยปริมาณความต้องการจากภาคก่อสร้างในประเทศที่ชะลอตัวและมุ่งเน้นที่จะนำรายได้เงินตราต่างประเทศเข้ามา (ฐานเศรษฐกิจ[2], 2557) จากความต้องการดังกล่าว จึงแสดงให้เห็นว่าอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเกิลยังมีแนวโน้มการเติบโตอยู่ทั้งในประเทศและการส่งออก ซึ่งเป็นเหตุผลสนับสนุนสำหรับการหาตลาดมารองรับ เมื่อมีการนำกากใบชามาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิล

3. การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

โครงการ หมายถึง กิจกรรมหรืองานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์และแผนงานภายในระยะเวลาที่กำหนด กิจกรรมหรืองานจะต้องเป็นอิสระที่สามารถทำการวิเคราะห์วางแผน และนำไปปฏิบัติอย่างชัดเจนจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุด (ฐานปนา ฉิ่นไพศาล, 2542)

จันทนาจันทโร และศิริจันทร์ ทองประเสริฐ (2540) อธิบายว่า การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ เป็นการศึกษาเพื่อต้องการทราบผลที่จะเกิดขึ้นจากการดำเนินการตามโครงการนั้น ซึ่งจะพิจารณาจากผลที่เกิดจากการศึกษาด้านการตลาด ด้านการผลิต และด้านการเงินของโครงการเป็นหลักเพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจของผู้ลงทุนในโครงการนั้นๆ โดยในการศึกษาจะมีการระบุรายละเอียดต่างๆ ของกระบวนการผลิต เพื่อให้โครงการได้ผลตอบแทนจากการลงทุนให้ได้มากที่สุด

นอกจากนี้ ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ (2547) อธิบายว่า การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการคือเอกสารที่พรรณนาอย่างชัดเจนและเป็นระบบของโครงการภายใต้การศึกษาเอกสารดังกล่าว ซึ่งเอกสารนั้นจะมีการระบุผลการวิเคราะห์ทางด้านการด้านตลาด ด้านเทคนิค ด้านการเงิน และด้านต่างๆ เพื่อให้สามารถแสดงถึงเหตุผลสนับสนุน (Justification) ความถูกต้องสมบูรณ์ (Soundness) ของโครงการเพื่อให้ได้มาซึ่งโครงการที่ดี สามารถนำโครงการนั้นไปปฏิบัติได้จริงและเมื่อปฏิบัติแล้วจะต้องให้ผลประโยชน์ตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุน เพื่อให้ผู้ตัดสินใจสามารถทำการตัดสินได้

จากคำนิยามต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการคือ การศึกษาและการจัดทำเอกสารที่ประกอบไปด้วยข้อมูลต่างๆที่จำเป็นที่แสดงถึงเหตุผลสนับสนุนความถูกต้องสมบูรณ์ของโครงการเพื่อให้ได้มาซึ่งโครงการที่ดี (มาริณี สาเมาะ, 2554) โดยโครงการที่ดี จะได้แก่ โครงการที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริงและต้องสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการที่วางไว้ในเริ่มแรกภายใต้ระยะเวลาที่มีการกำหนดอย่างแน่นอน และสิ่งที่สำคัญคือเมื่อปฏิบัติแล้วจะให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับการลงทุน โดย ชูชีพ พิพัฒน์ศิถิ (2544)กล่าวว่า ในการวิเคราะห์เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและเป็นไปได้ของโครงการโดยทั่วไป จะประกอบด้วยประเด็นในการพิจารณา 7 ด้าน คือ การศึกษาความเป็นไปได้ด้านเศรษฐกิจ การศึกษาความเป็นไปได้ด้านสังคม การศึกษาความเป็นไปได้ด้านสิ่งแวดล้อม การศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิค การศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด การศึกษาความเป็นไปได้ด้านการจัดการ และการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์หรือการเงิน

ขอบข่ายของการศึกษาความเป็นไปได้ จะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละโครงการ ทั้งนี้แล้วแต่ว่าโครงการนั้นจะมีลักษณะ ประเภท และชนิดของโครงการอย่างไร กล่าวคือ ลักษณะของโครงการอาจเป็นโครงการริเริ่มใหม่ หรือเป็นโครงการปรับปรุงขยายงานเดิม หรือเป็นเพียงการปรับเปลี่ยนเฉพาะเครื่องมือเครื่องจักร หากเป็นโครงการเก่าที่ผลผลิตของโครงการมีลูกค้าประจำอยู่แล้วในกรณีเช่นนี้ก็ไม่มีความจำเป็นต้องศึกษาความเป็นไปได้โดยละเอียดเช่นไม่จำเป็นต้องศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาดของโครงการและด้านการจัดการ แต่ถ้าเป็นโครงการใหม่ก็มีความจำเป็นต้องศึกษาความเป็นได้โดยละเอียด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของโครงการด้วย ด้วยเหตุนี้ จึงไม่มีสูตรตายตัวสำหรับการกำหนดโครงสร้างการศึกษาความเป็นไปได้

สำหรับงานวิจัยนี้ การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากใบชาจากอุตสาหกรรมเครื่องดื่มเพื่อทดแทนการใช้ชิ้นไม้สับในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล จะมุ่งเน้นในการศึกษาความเป็นไปได้ 2 ด้านใหญ่ๆ ซึ่งได้แก่ ความเป็นไปได้ด้านเทคนิค และความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์

4. ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค

การศึกษาด้านเทคนิคเป็นการศึกษาขั้นตอนการทำงาน ปริมาณวัตถุดิบ แบบขนาดของอุปกรณ์การผลิต แผนการผลิต สถานที่ตั้งของโรงงาน วางผังโรงงาน เพื่อดูว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ ซึ่งปัจจัยด้านเทคนิคจะเป็นเครื่องบ่งชี้ขนาดงบประมาณที่ใช้ในการลงทุนสำหรับการดำเนินการผลิตและการตัดสินใจเลือกปัจจัยใดๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งโรงงานที่สามารถให้อัตราผลตอบแทนการลงทุนที่เหมาะสมที่สุด (จันทนา จันทโร และศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2540)

ชัยยศ สันติวงค์ (2536) แสดงให้เห็นว่า การศึกษาด้านเทคนิคเป็นไปเพื่อคัดเลือกกระบวนการผลิต บริษัทผู้จัดจำหน่ายอุปกรณ์ ขนาดและแบบของอุปกรณ์การผลิต การวางผังโรงงาน คุณลักษณะเฉพาะโครงสร้างอาคารวัตถุดิบและข้อกำหนดของวัตถุดิบรวมทั้งแหล่งที่มาของวัตถุดิบ การวิเคราะห์ด้านเทคนิคนี้ เป็นการศึกษาที่สำคัญมากต่อการตัดสินใจว่าจะดำเนินโครงการหรือไม่ เพราะหากการศึกษาด้านเทคนิคไม่มีความเป็นไปได้แล้ว ก็เป็นที่แน่นอนว่าต้องล้มเลิกโครงการนั้นปัจจัยการศึกษาทางด้านเทคนิคควรศึกษา ดังนี้

4.1 ผลิตภัณฑ์และคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์

ข้อมูลด้านเทคนิคนำไปใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตออกจำหน่าย คุณลักษณะเฉพาะต่างๆ ของชิ้นส่วนที่ต้องได้จากการผลิต เช่น วัตถุดิบที่ใช้ สี ขนาด เป็นต้น

4.2 กระบวนการผลิต

การเลือกกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดใดชนิดหนึ่ง อาจใช้กระบวนการผลิตหลายกระบวนการ แต่บางผลิตภัณฑ์อาจใช้กระบวนการผลิตเพียงกระบวนการเดียว โดยปกติการดำเนินโครงการจะคัดเลือกกระบวนการที่เหมาะสมที่สุดเพียงกระบวนการเดียวสำหรับการลงทุน ซึ่งการคัดเลือกกระบวนการจะพิจารณาจากความเหมาะสมในด้านต่างๆ เช่น คุณสมบัติของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิต คุณภาพและข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ และค่าใช้จ่ายในการลงทุนและค่าใช้จ่ายในการผลิต

4.2.1 วัตถุดิบ

แหล่งวัตถุดิบ วัตถุดิบสำหรับการผลิตอาจสั่งซื้อมาจากต่างประเทศ หรือภายในประเทศ โดยอาจจะเป็นทรัพยากรธรรมชาติ หรือผลผลิตจากโรงงาน

4.2.2 ปริมาณ

ปริมาณที่สามารถจัดสรรให้กับโครงการจะประเมินจากกำลังการผลิตของโครงการ ซึ่งได้จากการประเมินความต้องการของตลาด

4.2.3 ราคา

จะพิจารณาจากราคารวมค่าขนส่ง และค่าใช้จ่ายอื่นที่เกิดขึ้นเนื่องจากการขนส่ง อาทิเช่น ค่าประกัน ค่าโกดัง เป็นต้น

4.2.4 แผนการผลิต

การวางแผนการผลิต ในแต่ละช่วงเวลาควรจะกำหนดการผลิตให้สอดคล้องกับปริมาณที่คาดคะเนไว้ เพราะการวางแผนการผลิตจะนำไปสู่การประเมินหากิจกรรมการผลิต เวลาทำงาน จำนวนพนักงาน จำนวนผลผลิต จำนวนวัตถุดิบ และจำนวนเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิต โดยการวางแผนการผลิตในระยะแรกนั้น ปริมาณการผลิตที่เต็มกำลังการผลิตไม่อาจเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ จึงควรวางแผนการผลิตให้เหมาะสมกับความต้องการของตลาด หรือความพร้อมของเครื่องจักร

4.2.5 เครื่องจักรกลและอุปกรณ์การผลิต (Machinery and Equipment)

เครื่องจักรกลและอุปกรณ์การผลิตเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องพึ่งพาในการผลิต เนื่องจากกระบวนการผลิตไม่สามารถที่จะอาศัยการผลิตจากคนเพียงอย่างเดียว ดังนั้น หลังจากที่คัดเลือกกระบวนการที่จะใช้ ในการผลิตและกำหนดโปรแกรมการผลิตได้แล้ว จะต้องทำการพิจารณาขนาดกำลังการผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่จะใช้ในการผลิต รวมถึงผู้จำหน่ายเครื่องจักรและอุปกรณ์นั้นๆ

4.2.6 ทำเลที่ตั้ง

การเลือกสถานที่ตั้งของโรงงานนับว่าเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากในการตัดสินใจทางธุรกิจ เพราะหากเลือกสถานที่ตั้งของโรงงานผิดพลาด หมายถึง ปัญหาที่อาจเกิดตามอีกมากมายซึ่งอาจจะทำให้ยากที่จะแก้ได้ ดังนั้น การเลือกสถานที่ตั้งควรจะคำนึงถึงปัจจัยหลายๆ ด้าน เช่น ความสามารถในการขนส่ง ควรเลือกสถานที่ที่ทีเส้นทางการคมนาคมที่สะดวกทั้งด้านการขนส่งวัตถุดิบจากแหล่งวัตถุดิบมายังโครงการ รวมทั้งการขนส่งผลิตภัณฑ์ออกจากโรงงาน การจัดหาวัตถุดิบต้องทำได้ไม่ยาก การสรรหาแรงงานต้องหาได้ไม่ยาก ต้องมีระบบสาธารณูปโภคที่สะดวกเพื่อไม่ได้เป็นอุปสรรค์ต่อการผลิต รวมทั้งราคาที่ดินควรเลือกสถานที่ที่มีราคาไม่สูงมากเพื่อรองรับการขยายโรงงานในอนาคต

4.2.7 การวางผังโรงงาน (Plant Layout)

การวางผังโรงงาน คือ การออกแบบเพื่อกำหนดตำแหน่งการวางของเครื่องจักรและอุปกรณ์ ทั้งนี้ การวางผังโรงงานนั้นจะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับลักษณะของกระบวนการผลิตและประเภทของอุตสาหกรรม การออกแบบผังโรงงานที่ดีนั้น ควรจัดให้การหมุนเวียนของวัสดุและการบริการเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ของกิจกรรม ซึ่งประเภทของแบบผังโรงงานพื้นฐานแบ่งเป็น 3 แบบ คือ

1) ผังแบบผลิตภัณฑ์ (Product Layout)

ผังแบบผลิตภัณฑ์เป็นการจัดเครื่องจักร คน และวัสดุหรือหน่วยผลิตให้เรียงลำดับขั้นในการผลิตสินค้าชิ้นนั้นๆ เป็นผังการผลิตที่เหมาะสำหรับการผลิตจำนวนมากหรือ มีความต้องการสินค้าไม่

เปลี่ยนแปลงมากนักจึงผลิตแบบซ้ำๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการผลิตที่อาศัยเครื่องจักรระบบอัตโนมัติ สินค้ามีความเป็นมาตรฐานสูง แรงงานไม่จำเป็นต้องมีทักษะสูงและเป็นการผลิตที่ไม่ทำให้เกิดปริมาณงานค้างสะสม ณ สถานที่ต่างๆ

2) ผังแบบกระบวนการผลิต (Process Layout)

ผังแบบกระบวนการผลิตเป็นการจัดกลุ่มกิจกรรมที่ใกล้เคียงกันไว้ในแผนกเดียวกันหรือในสถานีการผลิตเดียวกัน เหมาะสำหรับการผลิตที่มีความหลากหลายของประเภทผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแต่ละประเภทมีปริมาณการผลิตไม่มากนัก สินค้าแต่ละประเภทใช้เส้นทางการผลิตที่ต่างกัน จึงต้องปรับเครื่องจักรใหม่เมื่อมีงานใหม่เข้ามาซึ่งมักจะมีงานสะสมในแต่ละสถานีผลิต ทำให้เสียเวลารอคอยใช้พื้นที่ในการเก็บงานระหว่างทำมาก และมีปริมาณงานในแต่ละสถานีไม่เท่ากัน (ชัยยศ สันติวงค์, 2536)

3) ผังแบบที่ตั้งคงที่ของงาน (Fixed Location Layout)

ผังแบบที่ตั้งคงที่ของงานเป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ หรือมีน้ำหนักมากตั้งอยู่กับที่ โดยจะนำเครื่องจักร คนและชิ้นส่วนอื่นๆ เข้าไปทำการผลิตตามบริเวณที่กำหนดไว้ รูปแบบการผลิตแบบนี้จะมีต้นทุนคงที่ต่ำ เพราะไม่ต้องลงทุนซื้อเครื่องจักรเองในขณะที่ต้นทุนผันแปรจะสูงเนื่องจากค่าจ้างแรงงานและค่าเช่าเครื่องจักรที่สูง

5. การศึกษาความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์หรือการเงิน คือ การดำเนินการเพื่อประเมินว่าโครงการจะมีผลกำไรทางธุรกิจหรือไม่ ไม่ว่าผู้ลงทุนหรือผู้ดำเนินการจะเป็นใคร คือ ไม่ว่าจะเป็นบริษัทผู้ร่วมทุนหรือเกษตรกร และไม่ว่าจะเป็นธุรกิจเอกชน หน่วยงานรัฐ หรือรัฐวิสาหกิจก็ตาม (ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ, 2545) เนื่องจากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จะช่วยให้กรอบงานที่มีในข้อเสนอของโครงการทุกด้านจะได้รับการประเมินแบบประสานอย่างเป็นระบบ ผลการวิเคราะห์มีความสำคัญต่อผู้กำหนดนโยบายและหน่วยงานที่สนับสนุนทางการเงิน เพราะเป็นการบ่งชี้ถึงความสมเหตุสมผลสำหรับการตัดสินใจที่จะรับหรือปฏิเสธโครงการเพื่อการลงทุน (ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี, 2540)

นอกจากนี้ จันทนา จันทโร และศิริจันทร์ ทองประเสริฐ (2540) กล่าวว่า การศึกษาความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์เป็นการศึกษาด้านการเงิน หรือการวิเคราะห์ความสามารถในการทำกำไรของโครงการ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดของเจ้าของโครงการ จากที่กล่าวมาทั้งหมดจึงสรุปได้ว่าการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์การลงทุน หรือเพื่อศึกษาว่าโครงการที่ต้องลงทุนมีความเหมาะสมในด้านการเงินหรือไม่ โดยพิจารณาจากผลตอบแทนการลงทุนว่าเป็นอย่างไร ผลการดำเนินงานสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลากี่ปี

การตัดสินใจที่จะเลือกโครงการใดโครงการหนึ่งเพื่อการลงทุน ขึ้นอยู่กับความคุ้มค่าของโครงการนั้นๆ (Project worthiness) เอง โดยความคุ้มค่าของโครงการวัดได้จากการเปรียบเทียบกันระหว่างผลประโยชน์ (Benefit) และ/หรือผลตอบแทน (Return) กับต้นทุน (Cost) ของโครงการ

5.1 การกำหนดต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ

นิยามของต้นทุนและผลประโยชน์จะถูกกำหนดโดยวัตถุประสงค์ของโครงการที่ได้ตั้งไว้ กล่าวคือ ต้นทุน หมายถึง อะไรก็ได้ที่ลดหรือมีผลในทางกลับกันต่อวัตถุประสงค์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ต้นทุนทางตรงและต้นทุนทางอ้อม โดยต้นทุนทางตรง คือ ต้นทุนที่เสียไปกับการดำเนินโครงการ เช่น ค่าที่ดิน โรงงาน สิ่งก่อสร้าง ยานพาหนะ เครื่องจักรกล อุปกรณ์ วัตถุดิบ ค่าจ้างแรงงาน เป็นต้น และต้นทุนทางอ้อมของโครงการ คือ ความเสียหายที่กลุ่มคนได้รับจากโครงการโดยปราศจากการชดเชย ส่วนผลประโยชน์ของโครงการ หมายถึง อะไรก็ได้ที่ส่งเสริมเพิ่มพูนวัตถุประสงค์ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทเช่นกัน คือ ผลประโยชน์ทางตรงและผลประโยชน์ทางอ้อมโดยผลประโยชน์โดยตรง คือ ผลประโยชน์ที่เป็นมูลค่าทางเงินตราที่หาได้โดยการคูณปริมาณผลผลิตด้วยราคาตลาดของผลผลิตนั้น แต่การคำนวณผลประโยชน์ของโครงการที่อธิบายข้างต้น จะจำกัดอยู่เฉพาะกรณีโครงการซึ่งประสงค์ที่จะเพิ่มผลผลิต แต่ถ้าโครงการมีความประสงค์ที่จะลดต้นทุนการผลิตแล้ว ผลประโยชน์เนื่องจากการประหยัดต้นทุนได้ (Cost saving benefit) สามารถคำนวณหาได้โดยการเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นในกรณีที่ไม่มีโครงการ กับต้นทุนการผลิตที่ลดต่ำลงในกรณีที่มีโครงการ ส่วนผลประโยชน์ทางอ้อมของโครงการ คือ ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นนอกเหนือไปจากกลุ่มเป้าหมาย (ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี, 2540) สำหรับโครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากใบชาจากอุตสาหกรรมเครื่องดื่มทดแทนการใช้ชิ้นไม้สับในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล จะคำนวณผลประโยชน์ของโครงการในรูปแบบผลประโยชน์เนื่องจากการประหยัดต้นทุนได้ (Cost saving benefit) เนื่องจากเป็นโครงการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการผลิตจากการนำกากใบชามาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลในชั้นไส้แทนไม้ยางพารา ดังนั้น ผลประโยชน์ของโครงการจะมาจากต้นทุนที่ลดลงเมื่อมีการนำกากใบชามาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลในชั้นไส้แทนไม้ยางพาราที่ใช้อยู่เดิม

5.2 ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ

ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการมีความสำคัญอย่างมากต่อการตัดสินใจที่จะรับ หรือปฏิเสธโครงการที่กำลังพิจารณาอยู่ หรือนำมาเป็นเกณฑ์การตัดสินใจในการลงทุน เพราะตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการสามารถบ่งบอกได้ว่าโครงการแต่ละโครงการมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่ และยังสามารถบอกให้ทราบถึงลำดับความสำคัญของโครงการได้อีกด้วย

จากข้อมูลต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการที่ได้กล่าวถึงมาแล้วข้างต้น จะถูกนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการตามการวิเคราะห์แบบปรับค่าของเวลา(Discounted measures of project worth) ซึ่งเป็นวิธีการร่วมสมัย (Contemporary approach) และใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วๆ ไป 4 ประการ ได้แก่

(1) ระยะเวลาคืนทุน (Payback period)

(2) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value : NPV)

(3) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-cost ratio : BCR)

(4) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal rate of return : IRR)

5.2.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback period)

ระยะเวลาคืนทุน หมายถึง ระยะเวลาดำเนินงานที่ทำให้มูลค่าการลงทุนสะสมเท่ากับมูลค่าผลตอบแทนเงินสดสุทธิสะสม

ระยะเวลาคืนทุน เมื่อคิดผลตอบแทนเป็นเงินสดในราคาปัจจุบันเมื่อดำเนินกิจการใดๆ หากผลตอบแทนที่ได้รับคุ้มกับจำนวนลงทุนได้เร็วเท่าใด กิจการนั้นก็นับว่าดีมากเท่านั้น เพราะทำให้โอกาสเสี่ยงต่อการลงทุนในอนาคตมีน้อยลง และยังสามารถนำผลตอบแทนที่ได้ไปลงทุนในกิจการอื่นๆ ได้อีก ระยะเวลาคืนทุนสามารถเขียนเป็นสมการ ได้ว่า

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุนครั้งแรก/กระแสเงินสดสุทธิต่อปี ...(1)

โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกน้อย อาจให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็ว ในขณะที่โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกสูงมี ระยะเวลาคืนทุนนาน อาจให้ผลตอบแทนเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น การตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว อาจเป็นการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ (ฉัตรชัย บุญบวรรัตนกุล, 2552) จึงพิจารณาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนร่วมด้วย เนื่องจากอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนมีการปรับมูลค่าของเงินตามเวลา และคำนึงถึงต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นตลอดอายุของโครงการ (ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ, 2540)

5.2.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value : NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิบ่งชี้ถึงจำนวนผลประโยชน์สุทธิที่ได้รับตลอดระยะเวลาของโครงการ ซึ่งอาจจะมีค่าเป็นลบ เป็นศูนย์ หรือเป็นบวกก็ได้ ขึ้นอยู่กับขนาด (Magnitude) ของมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวม (PVB) หักออกด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (PVC) ของโครงการนั้น

$$NPV = PVB - PVC \quad ...(2)$$

$$= \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad \text{หรือ}$$

$$= \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad \text{หรือ}$$

$$= \sum_{t=1}^{n} (B_t - C_t)(1+r)^t$$

ในที่นี้ B_t หมายถึง ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ t

C_t หมายถึง ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

r หมายถึง อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม

t หมายถึง ระยะเวลาของโครงการ (1,2,...,n)

n หมายถึง อายุโครงการ

หลักการตัดสินใจ (Decision rule) ว่าโครงการจะมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจและการเงินหรือไม่นั้น ให้พิจารณาค่า NPV คือ เมื่อ NPV > 0 หรือมีค่าเป็นบวก แสดงว่าโครงการนั้น ๆ มีความเหมาะสมที่จะลงทุนได้ กล่าวคือ มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (PVB > PVC)

5.2.3 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-cost ration : BCR)

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน คือ มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวมหารด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ผลประโยชน์จะเกิดขึ้นตลอดอายุทางเศรษฐกิจของโครงการถึงแม้ว่าเมื่อการลงทุนโครงการผ่านพ้นไปแล้ว ในขณะที่ต้นทุนในการก่อสร้างจะเกิดขึ้นเฉพาะในช่วงการลงทุนเท่านั้น ส่วนต้นทุนที่อยู่ในรูปของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ซ่อมแซม บำรุงรักษา และลงทุนทดแทนอุปกรณ์ที่เสื่อมสภาพ จะเกิดขึ้นตลอดช่วงอายุทางเศรษฐกิจของโครงการ (Economic life or useful life of the project) จากนั้นจึงนำเอากระแสผลประโยชน์และกระแสต้นทุนของโครงการที่ได้ปรับค่าไปตามเวลาหรือคิดเป็นมูลค่าปัจจุบันแล้ว มาเปรียบเทียบกันเพื่อหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) ดังนี้

$$BCR = PVB/PVC \quad ...(3)$$

$$= \frac{\sum_{t=1}^{n} B_t (1+r)^{-t}}{\sum_{t=1}^{n} C_t (1+r)^{-t}}$$

ขนาด (Magnitude) ของ BCR อาจจะเท่ากับหนึ่ง มากกว่าหนึ่ง หรือน้อยกว่าหนึ่งก็ได้ แต่หลักการตัดสินใจแสดงว่าโครงการมีความเหมาะสมและคุ้มค่าในทางเศรษฐกิจ คือ เมื่อ BCRเท่ากับ หรือ มีค่ามากกว่าหนึ่ง

การตัดสินว่าแต่ละโครงการมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจหรือไม่ โดยอาศัยข้อมูลปัจจุบันสุทธิและอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนเป็นตัวชี้วัดนั้น จะสามารถสรุปผลได้ด้วยความสอดคล้องกันคือ หาก

โครงการมีความเหมาะสมและคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ เมื่อพิจารณาตัดสินโดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ก็จะมีความเหมาะสมและคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ เมื่อพิจารณาตัดสินโดยอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนด้วย อย่างไรก็ตาม ถ้าจะจัดลำดับในแต่ละโครงการต่างๆ โดยอาศัยตัวชี้วัดทั้ง 2 นี้ จะไม่สามารถสรุปผลได้ กล่าวคือ การที่โครงการ ก. มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่าโครงการ ข. แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าโครงการ ก. จะต้องมีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนสูงกว่าโครงการ ข. ในกรณีเช่นนี้ จำเป็นต้องมีวัตถุประสงค์อีกบางประการเพิ่มเข้าไปกับตัวชี้วัดทั้ง 2 นี้ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในกระบวนคัดเลือกโครงการต่อไปนี้

5.2.4 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return ; IRR)

อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ คือ ผลตอบแทนเป็นร้อยละต่อโครงการหรือหมายถึงอัตราดอกเบี้ยในกระบวนการคิดลด ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ หรืออาจกล่าวอีกแบบหนึ่งว่าอัตราดอกเบี้ยที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์พอดี คืออัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ หากกำหนดให้ r คือ IRR แล้วค่าของ r จะสามารถหาได้จากสมการที่ 4

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = 0 \quad ...(4)$$

หลักการตัดสินใจว่า โครงการมีความคุ้มค่าน่าลงทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ คือ เมื่อ IRR มีค่าสูงและต้องสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยเฉพาะ หรือ ค่าเสียโอกาสของทุน (ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี, 2540)

สำหรับโครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากใบชาจากอุตสาหกรรมเครื่องดื่มทดแทนการใช้ชิ้นไม้สับในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการเดียว ไม่มีการเปรียบเทียบผลตอบแทนระหว่างโครงการ และโครงการมีลักษณะเป็นการศึกษาเฉพาะกระบวนการผลิตที่ปรับปรุงจากกระบวนการผลิตเดิม ไม่ได้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงงานขึ้นมาใหม่ จึงถือว่าเป็นโครงการขนาดเล็ก มีความเสี่ยงน้อย อีกทั้งการลงทุนเป็นการใช้เงินทุนของกิจการเอง จึงจะพิจารณาผลตอบแทนของการลงทุนด้วยระยะเวลาคืนทุน เฉพาะในส่วนที่มีการลงทุนปรับปรุงกระบวนการผลิตเท่านั้น โดยไม่นำมูลค่าของเงินตามเวลาและกระแสเงินสดซึ่งเป็นผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมาใช้ในการพิจารณา เนื่องจากเงินลงทุนในการปรับปรุงและผลตอบแทนที่ได้รับในกรณีศึกษานี้มีมูลค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับกระแสเงินสดสุทธิรวมของทั้งโครงการ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิคในการนำกากใบชาซึ่งเป็นของเสียจากโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม มาใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

2. เพื่อประเมินผลตอบแทนจากการลงทุนในการใช้กากใบชามาใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากใบชาจากอุตสาหกรรมเครื่องดื่มทดแทนการใช้ชิ้นไม้สับในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจการลงทุน จะทำการศึกษาความเป็นไปได้ในด้านต่างๆ ดังนี้

1. ศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิค
2. ศึกษาความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

สารเคมี

- กรดซัลฟูริก (ห้างหุ้นส่วนจำกัด พรพจน์ เคมี-วิศวภัณฑ์)
- แอมโมเนียมคลอไรด์ (ห้างหุ้นส่วนจำกัด พรพจน์ เคมี-วิศวภัณฑ์)
- กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เกรด E2 (บริษัท พาเนล พลัส จำกัด)
- กาวเม็ดสังเคราะห์ (บริษัทพาเนล พลัสจำกัด)
- พาราฟินอิมัลชั่น (บริษัทพาเนล พลัสจำกัด)

อุปกรณ์

- กระบอกตวง
- บีกเกอร์
- แท่งแก้วคน
- ชุดดึงชิ้นทดลอง
- อุปกรณ์ไทเทรต
- pH meter (รุ่น PH510, บริษัท เอส.วี เมดิโก จำกัด)
-เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง (รุ่น TE 1502S,บริษัท เอส.วี เมดิโก จำกัด)
- เครื่องวัดความชื้นแบบอินฟาเรต (รุ่น MA35,บริษัท เอส.วี เมดิโก จำกัด)
- ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ (รุ่น UM-500,ห้างหุ้นส่วนจำกัด แอล.มิ ซายน์)
- เครื่องอัดขึ้นรูป (รุ่น HP-40T, บริษัท ช. ช้าง จำกัด)
- เตาไฟฟ้า (Hot platestirrer) (รุ่น HTS 1003, บริษัท ซายน์ลูชั่น จำกัด)
- เครื่องทดสอบคุณสมบัติเชิงกล (รุ่น LR 30K, บริษัท อินโทรเอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด)
- เครื่องวัดความหนา (Thickness gauge) (รุ่น ID-C112PM, มิตูโตโย จำกัด)

วิธีการวิจัย

1. สำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา

สำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวกับสภาพการทำงานปัจจุบันของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม และโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล ประกอบด้วย

1.1 โรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

สำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม ที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดกากใบชา โดยการสังเกตและบันทึกข้อมูล ประกอบด้วย

1.1.1 เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณใบชาที่ใช้ในการผลิตชาพร้อมดื่มของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม ในเดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ปริมาณกากใบชาที่เกิดขึ้น

1.1.2 ศึกษากระบวนการกำจัดกากใบชา ณ ปัจจุบันของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มประกอบด้วย รูปแบบการกำจัดกากใบชาในปัจจุบัน ขั้นตอนการกำจัดกากใบชา ความถี่ในการกำจัดกากใบชา ปริมาณกากใบชาที่ส่งกำจัดต่อครั้ง เพื่อทำการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการกำจัดกากใบชาที่เกิดขึ้น ณ ปัจจุบันของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

1.1.3 วิเคราะห์สมบัติของกากใบชาจากโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการกำหนดสภาวะสำหรับการทดลองขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา ประกอบด้วย

(1) วิเคราะห์ความชื้นของกากใบชา

หาค่าความชื้นของกากใบชา โดยการสุ่มกากใบชามาวัดความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

(2) วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของกากใบชา

หาค่าความเป็นกรดด่างของกากใบชา ตามวิธีของ วรธรรม อุ่นจิตติชัย (2550) โดยนำกากใบชาน้ำหนัก 30 กรัม มาเติมน้ำกลั่นจำนวน 400 มิลลิลิตร แช่และกวนด้วยแท่งแก้ว (Stirring Rod) ให้เข้ากัน จำนวน 3 บีกเกอร์ จากนั้นทำการกวนทุกๆ 10 นาที เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงกรองทั้ง 3 บีกเกอร์ ให้ได้น้ำจากสารละลายจำนวน 150 มิลลิลิตร แล้วจึงนำมาหาค่าความเป็นกรดด่าง (pH) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

(3) วิเคราะห์ค่าความสามารถในการผ่อนความเป็นกรดของกากใบชา

ทำการทดสอบเพื่อหาค่าความสามารถในการผ่อนค่าความเป็นกรด ตามวิธีของ วรธรรม อุ่นจิตติชัย (2550) โดยการนำสารละลายทั้ง 3 บีกเกอร์ จากข้อ (2) มาทำการไทเทรต โดยการเติมกรดซัลฟูริก ลดความเป็นกรดลงเหลือค่า pH ที่ 3.5 จนค่าคงที่ จากนั้นบันทึกค่า และนำมาแทนในสูตรที่ 1 เพื่อหาค่าความสามารถในการผ่อนค่าความเป็นกรด โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

$$\text{ความสามารถในการผ่อนความเป็นกรด} = \frac{\text{ปริมาณกรด} \times \text{EQ Normal (36.8)}}{100} \quad .....(5)$$

(4) วิเคราะห์ปริมาณกากใบชาสดและกากใบชาแห้ง

คำนวณปริมาณกากใบชาสดและกากใบชาแห้งต่อแผ่น โดยทำการชั่งตัวอย่างกากใบชาสดที่ได้จากโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม แล้วนำมาเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ความชื้นออก จากนั้นปล่อยทิ้งไว้จนน้ำหนักคงที่ จึงนำมาคำนวณน้ำหนักที่แตกต่างกันระหว่างกากใบชาสดและกากใบชาแห้ง โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

1.2 โรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

สำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลเกี่ยวกับสภาพการทำงานปัจจุบันในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แผ่นปาร์ติเกิล โดยการสังเกตและบันทึกข้อมูล ประกอบด้วย

1.2.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

1.2.2 ศึกษากระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล เพื่อรวบรวมข้อมูลของกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลและเครื่องจักรที่ใช้ในขั้นตอนต่างๆ

1.2.3 ศึกษาผลิตภัณฑ์ของโรงงาน เช่น ลักษณะทางกายภาพ และมาตรฐานข้อกำหนดของแผ่นปาร์ติเกิล

2. ศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค

ศึกษาปัจจัยต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านเทคนิค ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การทดลองขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา และการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราในเชิงอุตสาหกรรม มีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ทดลองขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา

2.1.1 ออกแบบการทดลอง

การทดลองได้ทำการขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิล 3 ชั้น โดยใช้ไม้ยางพาราเป็นชั้นผิวและใช้กากใบชาเป็นชั้นไส้ มีปัจจัยที่ศึกษาในการทดลองคือ อัตราส่วนระหว่างกากใบชาต่อไม้ยางพารา ซึ่งแบ่งเป็น 5 ชุดการทดลอง ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 อัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ทำแผ่นปาร์ติเกิล 3 ชั้นที่ใช้ในงานวิจัย

ชนิดแผ่นปาร์ติเกิล	อัตราส่วนไม้ยางพารา: กากใบชา: ไม้ยางพารา
100:0	100% กากใบชา
60:40	20:60:20
50:50	25:50:25
40:60	30:40:30
0:100	100% ไม้ยางพารา

หมายเหตุ: แต่ละชุดการทดลองจะทำการขึ้นรูป 3 ซ้ำ

ในการขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารามีปัจจัยควบคุม ดังนี้

1) ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลที่ระดับ 700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2) ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ E2 โดยใช้ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในชั้นผิวหน้าและผิวล่างที่ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไม้ยางพาราแห้ง และปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในชั้นไส้ที่ 8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักกากใบชาแห้ง

3) ปริมาณพาราฟินอิมัลชั่น0.55 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไม้ยางพาราแห้ง

4) อุณหภูมิในการอัดร้อนที่ 190 องศาเซลเซียส

5) ความดันในการอัดร้อนที่ 150 บาร์

6) เวลาในการอัดร้อน 2.5 นาที

2.1.2 ทดลองขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา

ขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา ประกอบด้วย ขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1) นำชิ้นไม้ยางพาราสับที่ผ่านการร่อนคัดขนาดแล้วมาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เพื่อให้ไม้ยางพารามีความชื้นเหลือประมาณ 2-3 เปอร์เซ็นต์

2) นำกากใบชามาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้กากใบชามีความชื้นเหลือประมาณ 2-3 เปอร์เซ็นต์

3) เตรียมเรซิน สำหรับชั้นผิวหน้าโดยผสมเนื้อกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ E2 ปริมาณ10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไม้ยางพาราแห้ง และสารเร่งแข็ง 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักกาวแห้ง สำหรับชั้นไส้โดยผสมเนื้อกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ E2 ปริมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักกากใบชาแห้งและสารเร่งแข็ง 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักกาวแห้ง

4) เติมพาราฟินอิมัลชั่น 0.55 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไม้ยางพาราแห้งลงในเรซินที่เตรียมไว้สำหรับชั้นผิว

5) นำเรซินที่เตรียมไว้สำหรับผิวหน้ามาผสมกับไม้ยางพารา และนำเรซินที่เตรียมไว้สำหรับชั้นไส้มาผสมกับกากใบชาตามสัดส่วนที่คำนวณของแต่ละอัตราส่วน (แสดงตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ก)

6) นำกากใบชาและไม้ยางพาราที่ผ่านการผสมเรซินแล้วมาชั่งน้ำหนักตามสัดส่วนที่คำนวณของแต่ละอัตราส่วน (แสดงตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ก) จากนั้นนำมาโรยในแม่พิมพ์โดยชั้นผิวหน้าเป็นไม้ยางพารา ชั้นไส้เป็นกากใบชา และชั้นผิวล่างเป็นไม้ยางพาราตามแผนการทดลองที่ระบุไว้ในข้อ 2.1.1

7) นำวัตถุดิบที่เตรียมได้จากข้อ 6) มาทำการอัดเย็นที่ความดัน 80 บาร์ เป็นเวลา 1 นาที เพื่อไล่อากาศออกจากแผ่นปาร์ติเกิล

8) นำแผ่นปาร์ติเกิลจากข้อ 7) มาทำการอัดร้อน (Hot-press) ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ความดัน 150 บาร์ เป็นเวลา 2.5 นาที จากนั้นนำแผ่นปาร์ติเกิลที่อัดแผ่นได้ออกจากเครื่องอัดร้อนแล้วนำมาปรับสภาพโดยวางไว้ในห้องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ (50 % RH) และอุณหภูมิ (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 2 วัน ก่อนนำไปทดสอบสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพ

2.1.3 ทดสอบสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิล

ทำการทดสอบสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลตามมาตรฐาน EN (European Norm) โดยการทดสอบสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิล ประกอบด้วย การทดสอบความสามารถในการต้านทานแรงดัด การทดสอบค่าความยืดหยุ่นมอดูลัส การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า การทดสอบการดูดซึมน้ำ การพองตัวทางความหนา และการทดสอบปริมาณความชื้น มีรายละเอียดดังนี้

1) การทดสอบความสามารถในการต้านทานแรงดัด (Modulus of Rupture: MOR) และค่าความยืดหยุ่นมอดูลัส (Modulus of Elasticity : MOE) โดยนำชิ้นทดสอบมาตัดให้มีความยาว 300 มิลลิเมตร ความกว้าง 50 มิลลิเมตร จำนวน 6 ชิ้นทดสอบ ซึ่งขั้นตอนการทดสอบเริ่มจาก วางชิ้นทดสอบบนแท่งรองรับซึ่งมีระยะห่างกัน 15 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร โดยให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับข้างละประมาณ 25 มิลลิเมตร จากนั้นให้แรงกดที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ

โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั้งชิ้นทดสอบหักต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที แต่ไม่มากกว่า 90 วินาที (ความเร็วในการกดประมาณ 10 มิลลิเมตรต่อนาที) (EN310, 2000)

2) การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal Bond: IB) เริ่มจากตัดขนาดชิ้นทดสอบขนาด 50 × 50 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 6 ชิ้น จากนั้นติดผิวหน้าที่สองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่ให้แรงดึงระหว่างชิ้นทดสอบกับแผ่นดึงได้มากกว่าแรงยึดตัวในชิ้นทดสอบ จากนั้นนำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง และดึงชิ้นทดสอบให้แยกออกจากกัน ซึ่งปกติจะแยกในชั้นไส้ อัตราการดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั้งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที แต่ไม่มากกว่า 90 วินาที (EN 311, 2000)

3) การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water absorption : WA) โดยตัดชิ้นทดสอบให้มีขนาด 50 × 50 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 6 ชิ้น จากนั้นนำชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นมาชั่งน้ำหนัก (กรัม) บันทึกค่าน้ำหนักที่ชั่งเป็นน้ำหนักก่อนแช่น้ำ จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปแช่ในน้ำโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 20±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้ส่วนบนของชิ้นทดสอบอยู่ใต้ระดับผิวน้ำประมาณ 25±5 มิลลิเมตร โดยใช้ชุดเหล็กกดชิ้นทดสอบไว้ เมื่อครบกำหนดเวลา นำชิ้นชิ้นทดสอบมาชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักหลังการแช่น้ำ (EN 321, 2000) แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ จากสูตร

$$\% \text{ การพองตัวทางความหนา} = \frac{\text{น้ำหนักหลังแช่น้ำ} - \text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}}{\text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}} \times 100 \quad ...(6)$$

4) การพองตัวทางความหนา (Thickness Swelling) โดยตัดชิ้นทดสอบให้มีขนาด 50 × 50 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 6 ชิ้น จากนั้นนำชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นมาวัดความหนา (มิลลิเมตร) ตำแหน่งวัดตรงกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ บันทึกค่าความหนาที่วัดเป็นความหนาก่อนแช่น้ำ จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปแช่ในน้ำโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 20±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้ส่วนบนของชิ้นทดสอบอยู่ใต้ระดับผิวน้ำประมาณ 25±5 มิลลิเมตร โดยใช้ชุดเหล็กกดชิ้นทดสอบไว้ เมื่อครบกำหนดเวลา นำชิ้นทดสอบมาวัดความหนาเป็นความหนาหลังการแช่น้ำตรงกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การพองตัวทางความหนาจากสูตร

$$\% \text{ การพองตัวทางความหนา} = \frac{\text{ความหนาหลังแช่น้ำ} - \text{ความหนาก่อนแช่น้ำ}}{\text{ความหนาก่อนแช่น้ำ}} \times 100 \quad ...(7)$$

5) การทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture Content) เริ่มจากตัดชิ้นทดสอบให้มีขนาด 50 × 50 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 6 ชิ้นและนำชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นมาชั่งน้ำหนัก (กรัม) แล้วบันทึกค่าน้ำหนักที่ได้เป็นน้ำหนักก่อนอบ จากนั้นนำชิ้นทดสอบเข้าตู้อบโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 105±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วนำชิ้นทดสอบใส่ใน Desicatorทิ้งไว้ให้เย็น เมื่อครบตามกำหนดเวลา นำชิ้นทดสอบมาชั่งน้ำหนัก

อีกครั้งเป็นน้ำหนักหลังอบแห้ง ทำซ้ำจนกว่าน้ำหนักหลังอบจะคงที่ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น จากสูตร

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักหลังอบ}} \times 100 \qquad \ldots(8)$$

2.1.4 วิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติจะคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแตกต่างของผลการทดสอบสมบัติแผ่นปาร์ติเกิลแต่ละอัตราส่วนที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยการวิเคราะห์ Analysis of variance (ANOVA) และคำนวณหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองโดยวิธี Duncan's multiple range Test (DMRT)

2.1.5 เลือกอัตราส่วนแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อนำไปผลิตเชิงอุตสาหกรรม

เลือกอัตราส่วนของแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาและไม้ยางพาราที่ดีที่สุดจากการทดลอง โดยพิจารณาจากสมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ การทดสอบความพึงพอใจ และต้นทุนที่สามารถลดลงได้จากการผลิตเดิม เพื่อที่จะนำไปผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราในเชิงอุตสาหกรรม

2.2 ศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราในเชิงอุตสาหกรรม

การศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราในเชิงอุตสาหกรรม เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากใบชามาผลิตเป็นแผ่น ปาร์ติเกิลร่วมกับไม้ยางพาราในเชิงอุตสาหกรรม โดยจะศึกษาเฉพาะกระบวนการผลิตที่เปลี่ยนไปจากกระบวนการผลิตที่มีอยู่เดิมทั้งในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มและโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล ประกอบด้วย การกำหนดกำลังการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา กระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา และต้นทุนที่เกิดจากกระบวนการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไป แสดงรายละเอียด ดังนี้

2.2.1 ทำการกำหนดกำลังการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา โดยนำข้อมูลปริมาณกากใบชาในข้อ 1.1.1 มากำหนดกำลังการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา เพื่อให้สามารถผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราได้เพียงพอกับปริมาณกากใบชาที่เกิดจากโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

2.2.2 ทำการออกแบบขั้นตอนการผลิต วิธีปฏิบัติงาน และเครื่องจักรที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากกระบวนการผลิตเดิมทั้งในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มและโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล เพื่อให้สามารถนำกากใบชามาใช้เป็นส่วนหนึ่งของวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลได้

2.2.3 คำนวณต้นทุนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (ตามข้อ 2.2.2) เพื่อนำต้นทุนที่เกิดขึ้นไปประกอบการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์

3. ประมาณการผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นของโรงงานกรณีศึกษา

ทำการประมาณการผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นเมื่อมีการดำเนินโครงการผลิตแผ่น ปาร์ติเกิล จากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา ทั้งในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มและโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 โรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

ผลประโยชน์ของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม ประมาณการจากค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้จากการกำจัดกากใบชาในแต่ละปี เมื่อมีการนำกากใบชามาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลแทนการจ้างบริษัทเอกชนฝังกลบ

3.2 โรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

ผลประโยชน์ของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราในส่วนของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล ประมาณการจากค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากต้นทุนไม้ยางพาราและค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ในแต่ละปี เมื่อมีการนำกากใบชามาผลิตชั้นไส้ของแผ่นปาร์ติเกิลทดแทนไม้ยางพารา

4. ศึกษาความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์

การศึกษาความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ โดยรวบรวมข้อมูลต้นทุนและค่าใช้จ่ายต่างๆ เพื่อทำการประมาณการลงทุนในโครงการ รวมถึงผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลตอบแทนด้านการลงทุน ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน และอัตราส่วนผลได้และต้นทุน

5. สรุปผลการศึกษา

สรุปผลการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา

บทที่ 3

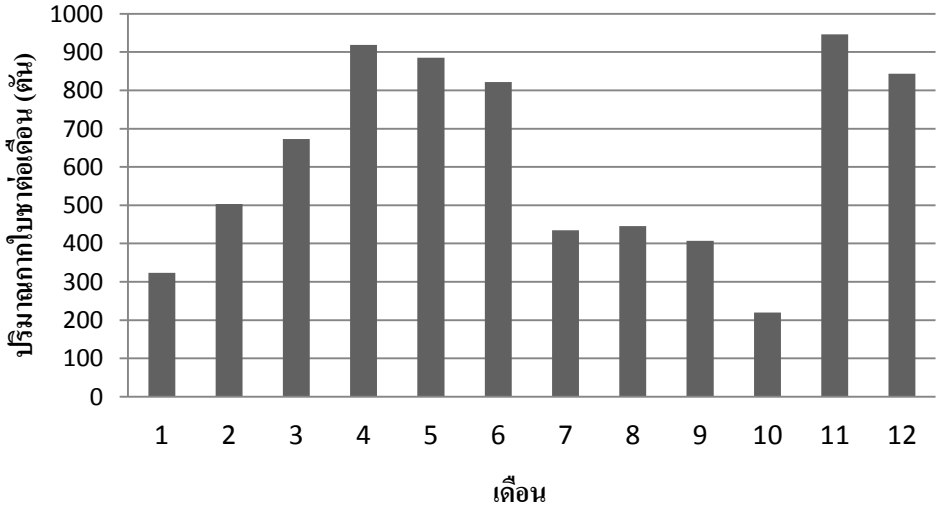
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา

1.1 โรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

1.1.1 ปริมาณกากใบชาที่เกิดขึ้นของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

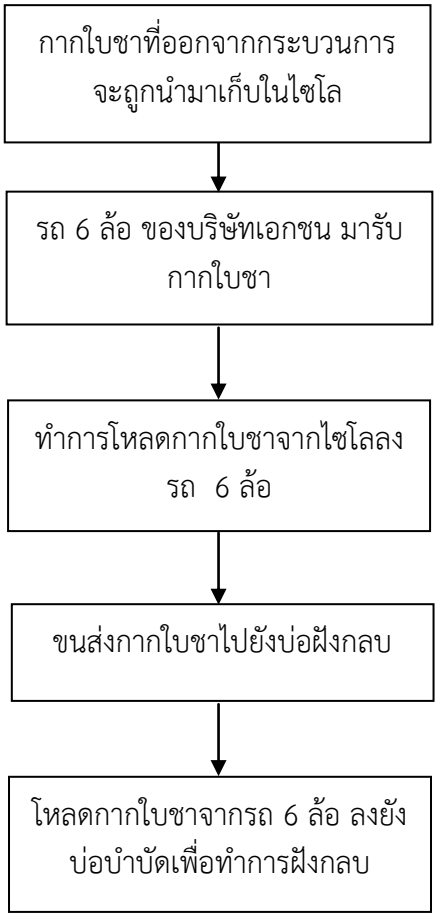
จากการรวมข้อมูลของปริมาณกากใบชาที่เกิดจากกระบวนการผลิตชาพร้อมดื่มของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม ซึ่งประกอบด้วย 3 สายการผลิต คือ สายการผลิตแบบกล่อง UHT สายการผลิตแบบขวดพอลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต หรือ PET (polyethylene terephthalate ; PET) และสายการผลิตแบบขวด PET ระบบเย็น (Cold Aseptic Filling ; CAF) ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2556พบว่า ทั้ง 3 สายการผลิตมีปริมาณกากใบชาเกิดขึ้นรวม 7,560 ตันต่อปี หรือ 21.3 ตันต่อวัน โดยในช่วงเดือนพฤศจิกายนมีปริมาณกากใบชาสูงสุด 945.75 ตัน เนื่องจากในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคมมีการส่งเสริมทางการตลาดส่งผลให้มีความต้องการชาเขียวสูงกว่าปกติ แต่โดยปกติในช่วงประมาณครึ่งแรกของปีตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายนซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนโรงงานจะมีกำลังการผลิตที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับช่วงครึ่งปีหลัง (ภาพที่ 1) แต่เมื่อสิ้นสุดฤดูร้อนคือช่วงฤดูฝนประมาณเดือนกรกฎาคม ความต้องการบริโภคชาเขียวจะลดลงทำให้ปริมาณกากใบชาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตชาลดลงด้วย



ภาพที่ 1 ปริมาณกากใบชาที่เกิดขึ้นต่อเดือนจากกระบวนการผลิตชาพร้อมดื่ม

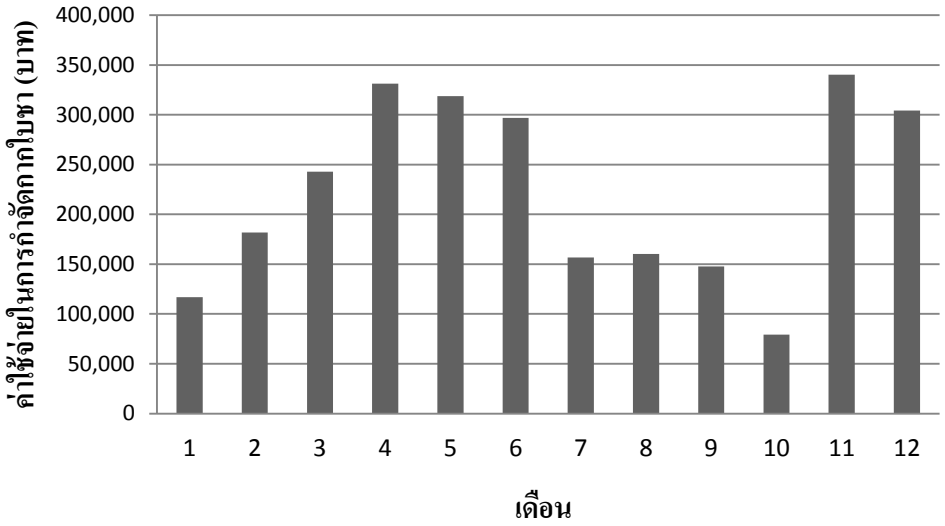
1.1.2 การกำจัดกากใบชา

ปัจจุบันโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มมีการกำจัดกากใบชาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตชาพร้อมดื่มโดยการจ้างบริษัทเอกชนฝังกลบ เพื่อให้ถูกต้องตามกฎกระทรวงอุตสาหกรรม (ว่าด้วยเรื่องขยะมูลฝอย) และ พ.ร.บ. สาธารณสุข (ว่าด้วยเรื่องขยะมูลฝอย พ.ศ. 2535) โดยทุกวันจะมีรถมารับกากใบชาไปฝังกลบที่บ่อฝังกลบ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการฝังกลบรอบละ 1,800 บาท แต่ละรอบสามารถบรรทุกกากใบชาได้ไม่เกิน 5 ตัน สำหรับขั้นตอนการกำจัดกากใบชาเป็นตามที่แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการกำจัดกากใบชา ณ ปัจจุบันของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

จากการรวบรวมข้อมูลของปริมาณกากใบชาที่เกิดจากกระบวนการผลิตชาพร้อมดื่ม ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม 2556 แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากใบชา พบว่า โรงงานผลิตชาพร้อมดื่มมีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการกำจัดกากใบชารวมปีละ 2,676,600 บาท หรือ เฉลี่ยเดือนละ 223,050 บาท จากภาพที่ 3 จะเห็นว่าในช่วงประมาณครึ่งแรกของปีตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายนซึ่งเป็นฤดูร้อน โรงงานผลิตชาพร้อมดื่มจะมีค่าใช้จ่ายในกำจัดกากใบชามากกว่าช่วงอื่น เพราะเป็นช่วงที่มีกำลังการผลิตสูงจึงมีกากใบชาเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตมาก ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากใบชาสูงขึ้นด้วย จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ค่ากำจัดกากใบชาจะแปรผันตรงกับปริมาณกากใบชาที่เกิดขึ้น ซึ่งหากเป็นช่วงที่มีปริมาณกากใบชาเกิดขึ้นมากก็จะส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากใบชาสูงขึ้นด้วย แต่หากเป็นช่วงที่มีกากใบชาเกิดขึ้นน้อยก็จะส่งผลให้เกิดค่าใช้ในการกำจัดกากใบชาน้อยเช่นกัน



ภาพที่ 3 ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากใบชาเกิดขึ้นต่อเดือนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

1.1.3 สมบัติของกากใบชาจากโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

การทดสอบสมบัติของกากใบชา ประกอบด้วย ความชื้นของกากใบชา ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าความสามารถในการผ่อนความเป็นกรด และปริมาณกากใบชาสดต่อกากใบชาแห้ง แสดงรายละเอียดดังนี้

1) ความชื้นของกากใบชา

หาความชื้นของกากใบชาโดยการสุ่มกากใบชามาวัดความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้น จำนวน 3 ซ้ำ ซึ่งมีผลการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบความชื้นของกากใบชา

ตัวอย่างที่	ค่าความชื้น (%)
1	86
2	89
3	87
เฉลี่ย	87.33±1.53

จากตารางแสดงผลการทดสอบค่าความชื้นเฉลี่ยของกากใบชาที่ผ่านกระบวนการผลิตชาพร้อมดื่มของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม พบว่า กากใบชามีความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 87.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นปริมาณความชื้นที่สูงไม่เหมาะสมสำหรับการนำมาผลิตแผ่นปาร์ติเกิล เนื่องจากชิ้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลต้องมีความชื้นอยู่ในช่วง 2-5 เปอร์เซ็นต์ (วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2550) ดังนั้น หากต้องการนำกากใบชามาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจะต้องมีขั้นตอนสำหรับลดความชื้นของกากใบชาให้มีความเหมาะสมสำหรับผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

2) การหาค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

เนื่องจากความเป็นกรดของกากใบชานั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่ออัตราความเร็วในปฏิกิริยาแข็งตัวของกาวในระหว่างการอัดร้อน จึงทำการศึกษาความเป็นกรดด่างของกากใบชาก่อนทำการอัดแผ่นเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเติมสารเร่งแข็ง โดยมีผลการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบความเป็นกรดด่างของกากใบชา

ตัวอย่างที่	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่าง (pH)
1	5.18
2	5.20
3	5.17
เฉลี่ย	5.19±0.02

จากตารางที่ 8 พบว่า กากใบชามีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่ที่ 5.19 ซึ่งถือว่ากากใบชามีค่าความเป็นกรดน้อยไม่เอื้ออำนวยต่อความแข็งตัวของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เนื่องจากสภาวะความเป็นกรดด่างที่ระดับ 3-5 เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันและแข็งตัวได้เร็ว ซึ่งจะช่วยเร่งปฏิกิริยาให้เกิดเร็วขึ้นในขณะอัดร้อน (วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2550) จากผลการทดสอบ สรุปได้ว่า กากใบชามีความเป็นกรดด่างไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะในการเกิดปฏิกิริยาของกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ จึงจำเป็นต้องทดลองหาค่าความสามารถในการผ่อนความเป็นกรดเพื่อใช้เป็นข้อมูลการเติมสารเร่งแข็ง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ยางพาราซึ่งเป็นไม้ที่ใช้ผลิตแผ่นปาร์ติเกิลในเชิงอุตสาหกรรม พบว่า กากใบชามีความเป็นกรดสูงกว่าไม้ยางพาราซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.78 ไม่มากนัก จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำกากใบชามาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลร่วมกับไม้ยางพารา

3) ค่าความสามารถในการผ่อนความเป็นกรด

ความสามารถในการผ่อนความเป็นกรดด่าง (buffering capacity) หมายถึง ความต้านทานของไม้ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรดด่าง (Sullivan *et* al., 1990) การหาค่าความสามารถในการผ่อนความเป็นกรดก่อนผสมตัวเร่งแข็งจะทำให้ทราบปริมาณที่แน่นอนในการเติมตัวเร่งแข็ง ซึ่งนอกจากจะช่วยลดระยะเวลาในการอัดร้อนแล้ว ยังช่วยลดปัญหาที่อาจเกิดการแข็งตัว (precure) ของกาวที่อาจเกิดขึ้นขณะลำเลียง หรือ ขณะทำการอัดร้อน (วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2550) ซึ่งมีผลการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบการผ่อนความเป็นกรดด่างของกากใบชา

ตัวอย่างที่	การผ่อนความเป็นกรดด่างของวัสดุ (milliequivalent)
1	0.571
2	0.573
3	0.570
เฉลี่ย	0.572±0.17

จากตารางแสดงผลการทดสอบการผ่อนความเป็นกรดด่างของกากใบชา พบว่า กากใบชามีค่าการผ่อนความเป็นกรดด่างเท่ากับ 0.572 milliequivalent ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำ จึงสมควรใช้สารเร่งแข็งผสมเข้ากับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เนื่องจากเมื่อเติมสารเร่งแข็งในกาวแล้วจะทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีอยู่ในกาวเกิดเป็นเฮกซามีนและกรดแก่ ซึ่งจะทำให้ส่วนผสมกาวเป็นกรดมากขึ้น ส่งผลให้ปฏิกิริยาแข็งตัวของกาวเกิดเร็วขึ้น (วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2550) โดยสารเร่งแข็งที่ใช้ คือ แอมโมเนียมคลอไรด์ ในอัตราส่วน 1 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักกาวแห้ง แต่เมื่อนำค่าการผ่อนความเป็นกรดด่างของกากใบชามาเปรียบเทียบกับไม้ยางพาราซึ่งเป็นไม้ที่ใช้ผลิตแผ่นปาร์ติเกิลในเชิงอุตสาหกรรม ที่มีค่าการผ่อนความเป็นกรดด่างเท่ากับ 0.488 milliequivalentพบว่า กากใบชามีค่าการผ่อนความเป็นกรดด่างสูงกว่าไม้ยางพาราเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่ากากใบชามีสมบัติทางเคมีใกล้เคียงกับไม้ยางพารา และมีความเป็นไปได้ที่จะนำกากใบชามาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลในเชิงอุตสาหกรรมร่วมกับไม้ยางพารา

4) การหาปริมาณกากใบชาสดและกากใบชาแห้ง

เนื่องจากกากใบชาสดที่ได้จากโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มมีความชื้นและมีน้ำหนักมาก แต่เมื่ออบแห้งแล้วน้ำหนักจะลดลงมาก จึงต้องทำการศึกษาปริมาณกากใบชาสดต่อกากใบชาแห้ง เพื่อนำข้อมูลไปคำนวณปริมาณกากใบชาในการขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิล โดยมีผลการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบน้ำหนักกากใบชาสดต่อกากใบชาแห้ง

ตัวอย่างที่	น้ำหนักกากใบชาสด (กรัม)	น้ำหนักกากใบชาแห้ง (กรัม)	น้ำหนักกากใบชาสด : กากใบชาแห้ง
1	100	23.93	4.18 : 1
2	100	24.06	4.17 : 1
3	100	23.98	4.17 : 1
	เฉลี่ย		4.17±0.006 : 1

จากตารางผลการทดสอบน้ำหนักกากใบชาสดต่อกากใบชาแห้ง สรุปได้ว่าน้ำหนักของกากใบชาสดต่อกากใบชาแห้งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.17 : 1 กรัม แสดงให้เห็นว่ากากใบชามีการสูญเสียน้ำหนักมากเมื่อนำมาอบแห้ง เนื่องจากกากใบชาที่มาจากกระบวนการผลิตชาพร้อมดื่มมีความชื้นสูง

1.2 โรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

ในส่วนของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลได้ทำการเก็บข้อมูลของโรงงาน โดยเข้าไปศึกษาในส่วนของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์สุดท้ายของโรงงาน โดยวัตถุดิบนั้นจะศึกษาเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล ในส่วนของกระบวนการจะศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนต่างๆในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล และสำหรับผลิตภัณฑ์ของโรงงานจะศึกษาเกี่ยวกับลักษณะและข้อกำหนดต่างๆสำหรับผลิตภัณฑ์ แสดงผลการสำรวจข้อมูล ดังนี้

1.2.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของไม้ยางพารา ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ผลิตแผ่นปาร์ติเกิลของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลตัวอย่าง พบว่า ไม้ยางพาราที่มาจากกระบวนการรับวัตถุดิบมีความชื้นประมาณ 60-65 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาวิเคราะห์สัดส่วนน้ำหนักไม้ยางพาราสดต่อไม้ยางพาราแห้ง พบว่า มีสัดส่วนเท่ากับ 3.08:1 กรัม ส่วนสมบัติทางเคมีของไม้ยางพารา พบว่า ไม้ยางพาราที่ใช้สำหรับผลิตแผ่นปาร์ติเกิลมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.78 และมีค่าเฉลี่ยความสามารถในการผ่อนความเป็นกรดด่างเท่ากับ 0.49 milliequivalent

ตารางที่ 11 ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของไม้ยางพารา

สมบัติ	ไม้ยางพารา	กากใบชา
ความชื้น (%)	60-65	87.33
ความเป็นกรดด่าง (pH)	5.78	5.19
ความสามารถในการผ่อนความเป็นกรดด่าง (milliequivalent)	0.49	0.57
น้ำหนักสด : น้ำหนักแห้ง	3.08:1	4.17:1

เมื่อเปรียบเทียบสมบัติระหว่างไม้ยางพาราและกากใบชา พบว่า ไม้ยางพารามีสมบัติทางเคมีใกล้เคียงกับกากใบชา โดยมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และความสามารถในการผ่อนความเป็นกรดด่างต่ำกว่ากากใบชาเพียงเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่ากากใบชาสามารถนำมาใช้ผลิตแผ่นปาร์ติเกิลร่วมกับไม้ยางพาราได้ และสามารถใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และสารเร่งแข็งได้เช่นเดียวกับไม้ยางพารา

1.2.2 การศึกษากระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

จากการศึกษากระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลตัวอย่าง พบว่า กระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลมีขั้นตอนต่างๆ แสดงดังภาพที่ 4

1) กระบวนการรับวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่รับเข้ามา คือ ไม้ยางพารา โดยวัตถุดิบที่รับเข้ามาจะถูกนำมากองที่ลานเก็บวัตถุดิบเพื่อรอสำหรับเข้ากระบวนการสับไม้หยาบต่อไป

2) ขั้นตอนการสับไม้หยาบ

นำท่อนไม้ยางพาราเข้าด้วยเครื่องสับไม้ (Chippers) เพื่อลดขนาดของท่อนไม้ขนาดใหญ่ให้เป็นชิป โดยใบมีดจะตัดขวางทำมุมกับเส้นใย ชิ้นไม้จะแตกออกตามแนวของเส้นใย เนื่องจากแรงเฉือนที่เกิดจากการตัดและแรงกระแทกของใบมีดกับไม้ เพื่อให้ได้ชิ้นไม้ขนาดเล็กลง ระหว่างการสับชิ้นไม้จะต้องสุ่มตัวอย่างชิ้นไม้เพื่อวัดความชื้นของชิ้นไม้ โดยความชื้นของชิ้นไม้ต้องไม่เกิน 70 เปอร์เซ็นต์ พร้อมตรวจสอบความยาวและความหนาของชิ้นไม้ให้เป็นไปตามที่กำหนดคือยาว 30-40 มิลลิเมตร หนา 5-8 มิลลิเมตร

3) ขั้นตอนย่อยละเอียด

นำชิปมาเข้าเครื่องสับละเอียด (Flakers) โดยใบมีดที่คมจะจิกลงไปในเนื้อไม้และตัดเป็นเกล็ดไม้ เพื่อให้ได้ชิ้นเกล็ดไม้ที่มีความหนา 0.5-0.6 มิลลิเมตร

4) ขั้นตอนการอบ

นำชิ้นไม้ยางพาราที่ผ่านการย่อยละเอียดมาเข้าเครื่องอบแบบไอน้ำ เพื่อทำการอบที่อุณหภูมิ 320 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้มีความชื้นสุดท้ายที่ 1.5 – 2 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างการอบจะมีการสุ่มตัวอย่างชิ้นไม้เพื่อวัดความชื้น โดยความชื้นของชิ้นไม้ต้องไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์

5) ขั้นตอนการคัดแยก

ชิ้นไม้ยางพาราจะถูกนำมาแยกขนาดโดยใช้ตะแกรงร่อน ชิ้นไม้ที่มีขนาด 10×10 มิลลิเมตรจะถูกส่งไปเข้าเครื่องสับละเอียดอีกครั้ง ชิ้นไม้ที่มีขนาด 1×1 มิลลิเมตรจะนำไปทำชั้นไส้ ส่วนชิ้นไม้ที่มีขนาด 0.153×0.153 มิลลิเมตร จะนำไปทำชั้นผิวของแผ่นปาร์ติเกิล

6) ขั้นตอนการผสมกาว

นำชิ้นไม้ยางพาราที่ผ่านการแยกขนาดมาผสมกับกาวและสารเติมแต่งต่างๆ ในเครื่องผสมกาว โดยไม้ยางพาราที่ใช้เป็นผิวหน้าจะถูกผสมร่วมกับกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไม้ยางพาราแห้ง ส่วนสารเร่งแข็งและพาราฟินอิมัลชั่น จะผสมในปริมาณ 1 และ 0.55 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักกาวแห้ง ในเครื่องผสมเครื่องที่ 1 ตามลำดับ ส่วนไม้ยางพาราที่ใช้เป็นชั้นไส้จะถูกผสมกับกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไม้ยางพาราแห้ง และสารเร่งแข็ง 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักกาวแห้ง ในเครื่องผสมเครื่องที่ 2

7) การโรยแผ่น

ชิ้นไม้ยางพาราและเรซินที่ผสมเข้ากันดีแล้วในเครื่องผสมกาวเครื่องที่ 1 จะถูกฉีดโดยใช้ลมเป่าชิ้นไม้ยางพาราออกมาจากเครื่องเพื่อโรยเป็นแผ่นในชั้นผิวล่าง 25 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเรซินและไม้ยางพาราที่ผสมเข้ากันดีแล้วในเครื่องผสมกาวเครื่องที่ 2 จะถูกฉีดโดยใช้ลมเป่าออกมาจากเครื่องเพื่อโรยชิ้นกากใบชาในชั้นไส้ 50 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเครื่องผสมกาวเครื่องที่ 1 จะทำงานอีกครั้งเพื่อโรยชิ้นไม้ยางพาราในชั้นผิวหน้าอีก 25 เปอร์เซ็นต์

8) การกดไล่อากาศ

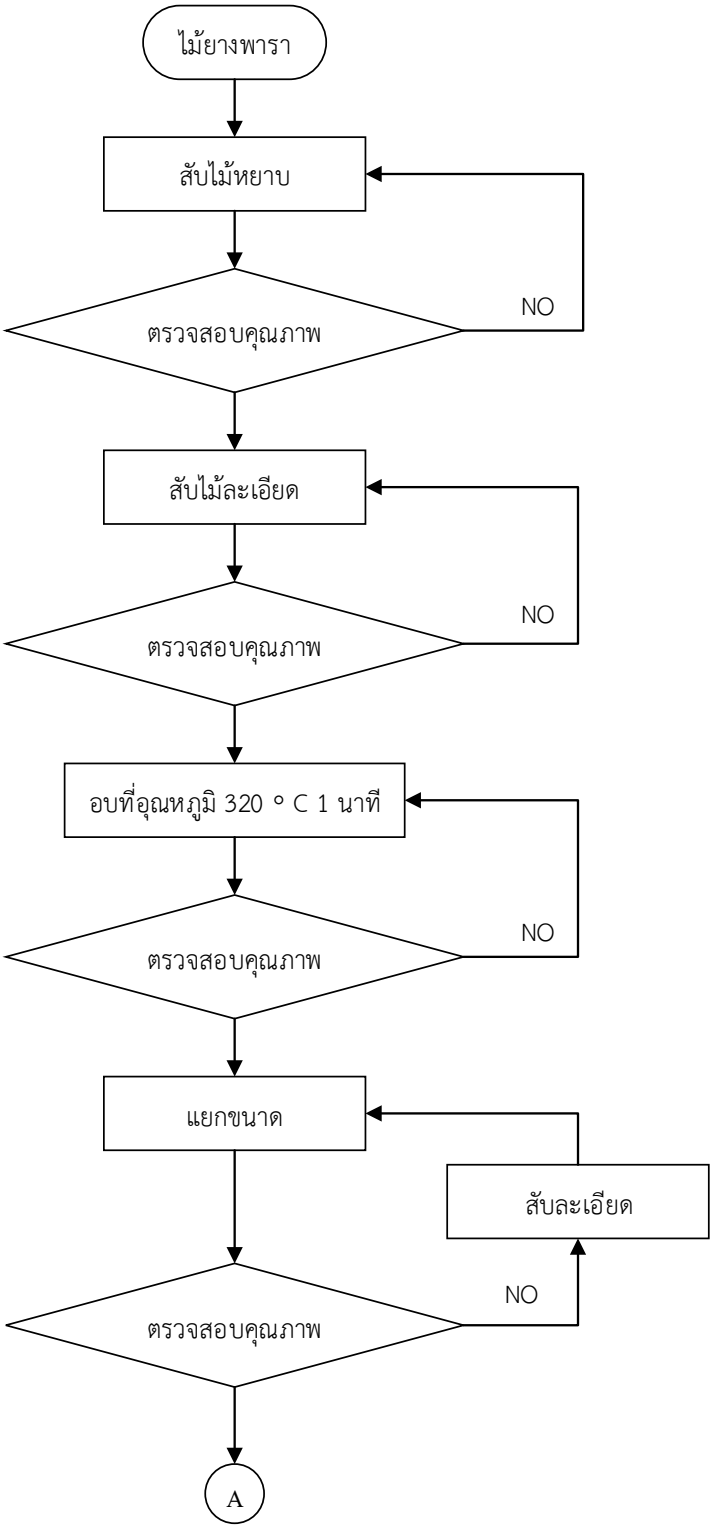
เมื่อมีการโรยชิ้นไม้เป็นแผ่นแล้ว จะถูกนำมากดด้วยลูกกลิ้งเพื่อไล่อากาศออก และขึ้นรูปแผ่นชิ้นไม้ก่อนจะนำไปอัดร้อน ด้วยความดัน 150 บาร์ เป็นเวลา 1วินาที

9) การอัดร้อน

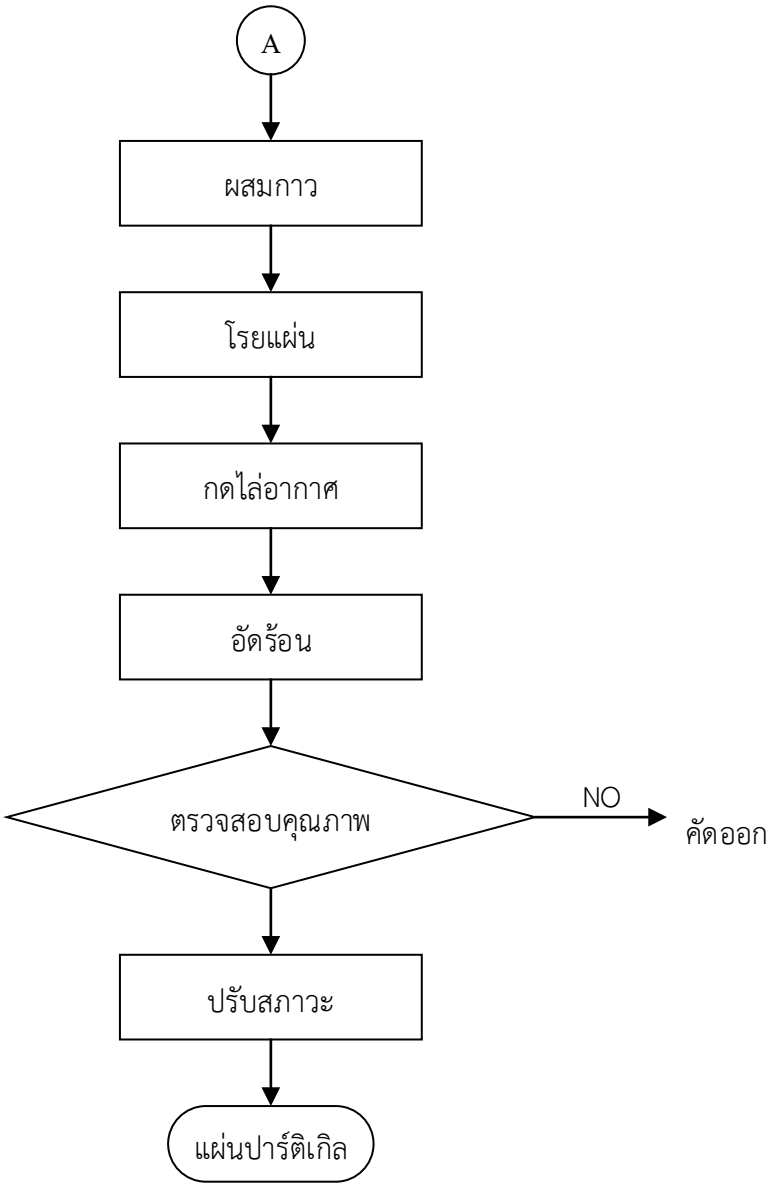
นำแผ่นที่โรยขึ้นรูปแล้วมาทำการอัดร้อนด้วยลูกกลิ้งแบบต่อเนื่อง ที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส ความดัน 250 บาร์ ใช้เวลา 2 นาที เพื่อให้ได้แผ่นปาร์ติเกิล

10) การปรับสภาวะ

แผ่นที่อัดร้อนเสร็จแล้วจะถูกลำเลียงด้วยสายพานไปยังเครื่องปรับสภาวะ (Board cooler) เพื่อทำการปรับสภาวะ โดยตั้งไว้ที่สภาวะปกติเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อคลายความร้อนและปรับสภาพของแผ่นบอร์ดให้มีความชื้นสมดุลกับบรรยากาศและมีความคงตัว



ภาพที่ 4 กระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากไม้ยางพารา



ภาพที่ 4 กระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากไม้ยางพารา (ต่อ)

1.2.3 ผลิตภัณฑ์ของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

จากการศึกษาผลิตภัณฑ์ของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลตัวอย่าง โดยศึกษาเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพ และข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ พบว่า

1) ลักษณะทางกายภาพ

จากการศึกษา พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลตัวอย่างมี 3 เกรด ประกอบด้วย แผ่นปาร์ติเกิลกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ E1 แผ่นปาร์ติเกิลกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ E2 และแผ่นปาร์ติเกิลกาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ (MUF) ซึ่งแต่ละประเภทมีรายละเอียดของลักษณะทางกายภาพ แสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ลักษณะทางกายภาพของแผ่นปาร์ติเกิลที่โรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลตัวอย่างผลิต

เกรด	ความหนา (มิลลิเมตร)	ขนาด (ฟุต)
แผ่นปาร์ติเกิลกาว E1	9.0-30.0	4×6, 4× 8, 6×8
แผ่นปาร์ติเกิลกาว E2	9.0-35.0	4×6, 4× 8, 6×8
แผ่นปาร์ติเกิลกาว MUF	9.0-35.0	4×6, 4× 8, 6×8

2) ข้อกำหนดของแผ่นปาร์ติเกิล

ข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์แผ่นปาร์ติเกิลมีหลายข้อกำหนด เช่น ข้อกำหนดของ EN ข้อกำหนดของ JIS และข้อกำหนดของ มอก. ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า โดยส่วนใหญ่ลูกค้าของโรงงานจะใช้มาตรฐานของแผ่นปาร์ติเกิลตามมาตรฐาน EN (European Norm) โรงงานตัวอย่างจึงมีข้อกำหนดที่อ้างอิงจากมาตรฐาน EN 312 (2010) ในการกำหนดมาตรฐานของแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิต ซึ่งรายละเอียดของข้อกำหนด แสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ข้อกำหนดของแผ่นปาร์ติเกิล อ้างอิงจากมาตรฐาน EN 312 (2010)

คุณสมบัติ	หน่วย	ความหนา				
		8 – 13	1-20	20-25	25-32	32-35
ค่าความคลาดเคลื่อนของความหนา	mm.	±0.3				
ค่าความคลาดเคลื่อนของความกว้างและความยาว	mm.	± 0.5				
ความหนาแน่น	(kg/m^3)	620-750				
ปริมาณความชื้น	(%)	5-13				
การพองตัวหลังการแช่น้ำ	(%)	17				
ความสามารถในการต้านทานแรงดัด	(N/mm^2)	11.0	11.0	10.5	9.5	8.5
ค่าความยืดหยุ่นมอดูลัส	(N/mm^2)	1,800	1,600	1,500	1,350	1,200
ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	(N/mm^2)	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20

2. การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค

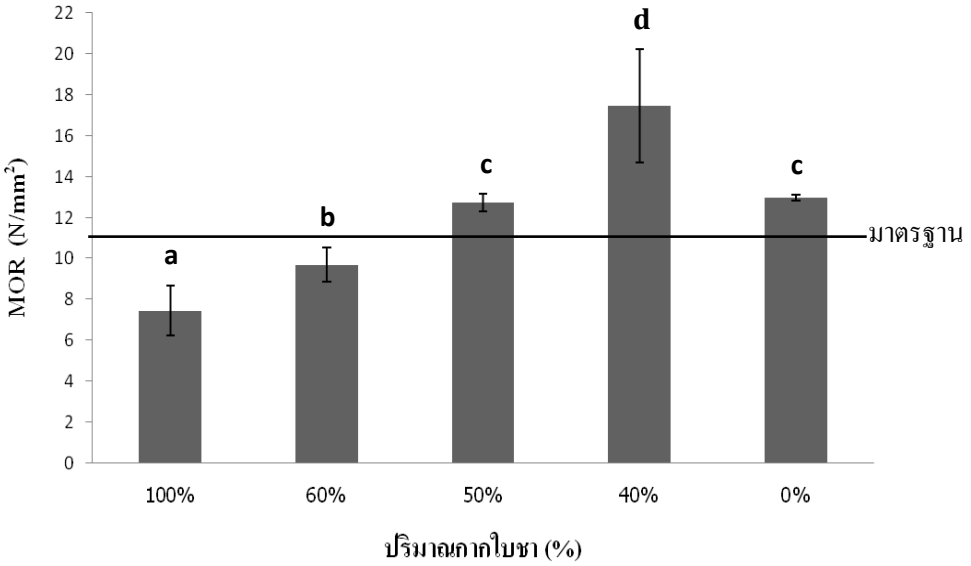
การศึกษาด้านเทคนิคเป็นการศึกษาปัจจัยต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านเทคนิค ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การทดลองขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชา และการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราในเชิงอุตสาหกรรม แสดงรายละเอียด ดังนี้

2.1 การทดลองขึ้นรูปปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชาร่วมกับเส้นใยไม้ยางพารา

จากการทดลองขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา 5 อัตราส่วน ประกอบด้วย อัตราส่วน (กากใบชาต่อไม้ยางพารา) เท่ากับ 100:0, 60:40, 50:50, 40:60 และ 0:100 (จำหน่ายเชิงพาณิชย์) และนำมาทดสอบ ค่าความต้านทางแรงดัด (Modulus Of Rupture : MOR) อ้างอิงตามมาตรฐาน EN 310 ค่าความยืดหยุ่นมอดูลัส (Modulus of Elasticity: MOE) อ้างอิงตามมาตรฐาน EN 310 ค่าความต้านทางแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal Bond : IB) อ้างอิงตามาตรฐาน EN 319 ค่าการดูดซึมน้ำ (Water absorption : WA) อ้างอิงตามาตรฐาน EN 317 ค่าการพองตัวทางความหนาเมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง (Thickness Swelling: TS) อ้างอิงตามมาตรฐาน EN 317 และปริมาณความชื้น (Moisture Content) อ้างอิงตามมาตรฐาน EN 322 แสดงผลการทดลอง ดังนี้

1) ค่าความต้านทางแรงดัด (Modulus of Rupture: MOR)

ค่าความต้านทานแรงดัดเป็นค่าที่แสดงถึง ความสามารถในการต้านการแตกหัก หรือความแข็งแรงของไม้ (ทรงกลด จารุสมบัติ, 2550) พบว่า ค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราในอัตราส่วนกากใบชาต่อไม้ยางพารา เท่ากับ 100:0, 60:40, 50:50, 40:60 และ 0:100 ให้ผลการทดลอง ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นปาร์ติเกิล โดยตัวอักษรบนบาร์ที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของค่าความต้านทานแรงดัด โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐาน EN 312 : 2010 โดยใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน EN 310 ซึ่งกำหนดไว้ว่าแผ่นปาร์ติเกิลที่มีความหนา 8 ถึง 13 มิลลิเมตร ต้องมีค่าความต้านทานแรงดัด มากกว่า 11 N/mm^2 พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่มีส่วนประกอบของกากใบชา 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความต้านทางแรงดัดต่ำที่สุด คือ 7.45 N/mm^2 แต่เมื่อเพิ่มปริมาณไม้ยางพาราในชั้นผิวหน้า พบว่า ความต้านทานแรงดัดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 9.71, 12.74,17.57 และ 12.97 N/mm^2 ที่อัตราส่วน 60:40, 50:50, 40:60 และ 0:100 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 100:0 และ 60:40 มีค่าความต้านทานแรงดัดไม่ผ่านตามเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด เนื่องจากกากใบชามีลักษณะหนา เมื่อนำมาอัดแผ่นทำให้การซ้อนทับกันระหว่างกากใบชาน้อยลง ส่งผลให้แผ่นไม้เกิดช่องว่างมาก จึงไม่สามารถกระจายความเค้น (Stress) ที่เกิดจากแรงดัดได้สม่ำเสมอไปตลอดทั่วแผ่นไม้ จึงเป็นเหตุให้มีความสามารถในการรับแรงได้น้อย (Moslemi, 1994 อ้างโดย วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2550)

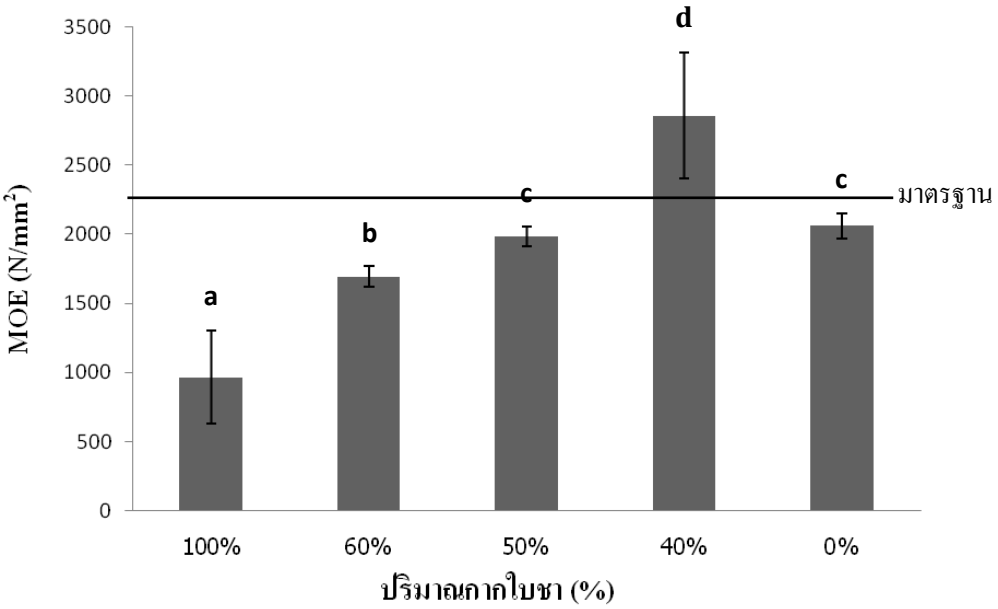
นอกจากนี้ การที่แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 100 เปอร์เซ็นต์กากใบชา มีความต้านทานแรงดัดต่ำอาจเนื่องมาจากการที่กากใบชามีความหนาและหยาบ เมื่อนำมาผสมกาวซึ่งใช้วิธีการผสมกาวและกากใบชาด้วยมือ อาจจะทำให้กากใบชาแต่ละชิ้นได้รับกาวในปริมาณไม่เท่ากัน โดยชิ้นกากใบชาที่หนาจะได้รับปริมาณกาวน้อย เมื่อนำมาอัดแผ่นจะทำให้การยึดเกาะของกาวน้อยและเกิดช่องว่างระหว่างกากใบชามาก ส่งผลให้แผ่นไม้มีความแข็งแรงน้อยลง (Kelly, 1990)

ขณะที่แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชาและไม้ยางพาราในอัตราส่วน 50:50, 40:60 และ 0:100 มีค่าความต้านทางแรงดัดผ่านเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด เนื่องจากการเลือกใช้ชิ้นไม้ยางพาราเป็นชั้นผิวหน้าซึ่งมีลักษณะบางและยาวทำให้มีสัดส่วนความเพรียวสูง (สัดส่วนความเพรียว คือ ความยาว/ความหนา การมีสัดส่วนความเพรียวมากจะส่งผลให้แผ่นไม้จะรับแรงได้ดี และมีความยืดหยุ่น)จะทำให้การเรียงซ้อนกันระหว่างชิ้นไม้ได้ดีแผ่นไม้จึงมีช่องว่างน้อยลง ส่งผลให้สามารถกระจายความเค้นที่เกิดจากแรงดัดได้สม่ำเสมอไปตลอดทั่วแผ่นไม้ (Moslemi, 1994 อ้างโดย วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2550) ประกอบกับการมีชั้นผิวหน้าจากไม้ยางพาราที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ชั้นผิวมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นส่งผลให้โครงสร้างแผ่นไม้มีความแน่นสูง และสามารถทนต่อแรงที่มากระทำได้มากขึ้น (Akbulut, 1995 ; Kuo, 1998 ; May, 1983 ; Ntalos and Grigoriou, 2002) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Nemli และคณะ (2003) ซึ่งมีการนำกีวี่มาขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิล พบว่า การเพิ่มชั้นผิวหน้าในอัตราส่วน 30-45 เปอร์เซ็นต์ส่งผลให้มีค่าความต้านทานแรงดัดเพิ่มขึ้น เนื่องจากทำให้โครงสร้างแผ่นปาร์ติเกิลมีความแน่นหนาและแข็งแรง (Nemli*et* al., 2003) อีกทั้งชั้นผิวหน้าที่เพิ่มขึ้นยังเป็นการเพิ่มปริมาณกาวที่ใช้ ทำให้แผ่นปาร์ติเกิลสามารถรับแรงได้มาก และส่งผลให้แผ่นปาร์ติเกิลมีค่าความต้านทานแรงดัดสูงขึ้นด้วย (วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2550)

เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 50:50 มีค่าความต้านทานแรงดัดไม่แตกต่างกับแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากไม้ยางพารา 100 เปอร์เซ็นต์ (ซึ่งมีจำหน่ายเชิงพาณิชย์) อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2) ค่าความยืดหยุ่นมอดูลัส (Modulus of Elasticity: MOE)

ค่าความยืดหยุ่นมอดูลัสเป็นค่าที่แสดงถึง ความสามารถในการต้านการโก่งหรือความแข็งตึง (Stiffness) ของไม้ (ทรงกลด จารุสมบัติ, 2550) ซึ่งพบว่า ค่าความยืดหยุ่นมอดูลัสของแผ่นปาร์ติเกิลที่อัตราส่วนของกากใบชาต่อไม้ยางพารา เท่ากับ 100:0, 60:40, 50:50, 40:60 และ 0:100 ให้ผลการทดลอง ดังภาพที่ 6



รูปที่ 6 ความยืดหยุ่นมอดูลัสของแผ่นปาร์ติเกิล โดยตัวอักษรบนบาร์ที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าข้อมูล มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากรูปที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยของความยืดหยุ่นมอดูลัส โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐาน EN 312 : 2010 โดยใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน EN 310 ที่กำหนดไว้ว่าแผ่นปาร์ติเกิลที่มีความหนา 8 ถึง 13 มิลลิเมตร ต้องมีค่าความยืดหยุ่นมอดูลัส มากกว่า 1,800 N/mm^2 จากผลการทดลอง พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชา 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความยืดหยุ่นมอดูลัสต่ำที่สุด โดยมีค่าความยืดหยุ่นมอดูลัสเท่ากับ 967.07 N/mm^2 ส่วนแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชาและไม้ยางพาราในอัตราส่วน 60:40,50:50, 40:60 และ 0:100 จะให้ค่าความความยืดหยุ่นมอดูลัสเพิ่มขึ้น เป็น 1,694.40, 1,985.57, 2,855.56 และ 2,058.17 N/mm^2 ตามลำดับ เมื่อนำผลการทดลองไปเปรียบเทียบกับมาตรฐาน พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชาต่อไม้ยางพาราในอัตราส่วน 100:0 และ 60:40 มีค่าความยืดหยุ่นมอดูลัสไม่ผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด ทั้งนี้การที่แผ่นปาร์ติเกิลซึ่งผลิตจากกากใบชา 100เปอร์เซ็นต์ มีค่าความยืดหยุ่นมอดูลัสต่ำที่สุดนั้นมีเหตุผลเดียวกับการที่มีค่าความต้านทานแรงดัดต่ำ คือ กากใบชามีลักษณะหนาเมื่ออัดแผ่นจะทำให้มีการซ้อนทับกันระหว่างกากใบชาน้อยลง ส่งผลให้แผ่นไม้มีช่องว่างมาก จึงไม่สามารถกระจายความเค้น (Stress) ที่เกิดจากแรงดัดได้สม่ำเสมอไปตลอดทั่วแผ่น ทำให้มีความสามารถในการต้านการโก่งหรือความแข็งตึงน้อย ส่งผลให้มีค่าความยืดหยุ่นมอดูลัสน้อยลงด้วย (Moslemi, 1994 อ้างโดย วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2550)

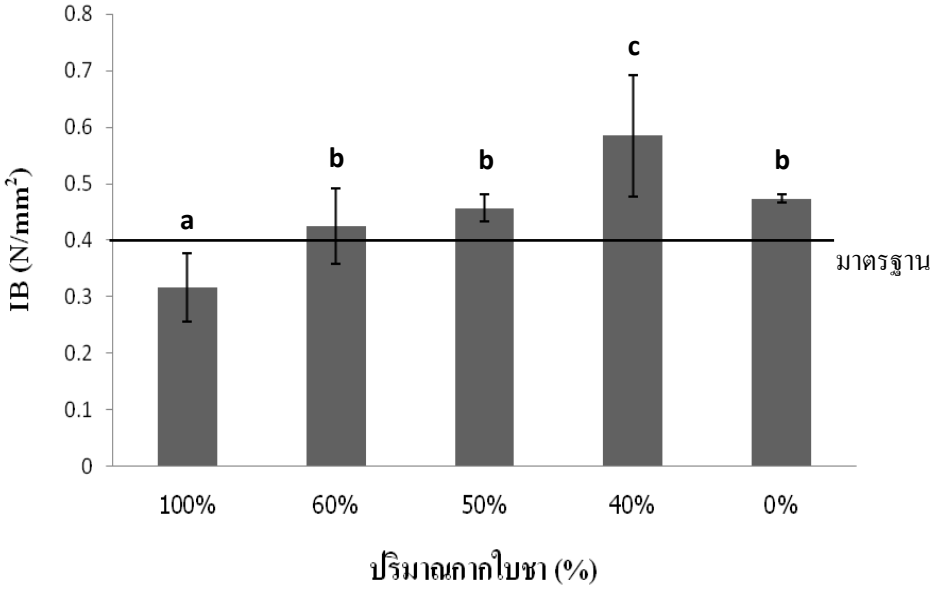
แต่เมื่อพิจารณาแผ่นปาร์ติเกิลที่มีปริมาณไม้ยางพาราเพิ่มขึ้นในชั้นผิวหน้าที่อัตราส่วน 50:50, 40:60 และ 100:0 พบว่า ทุกอัตราส่วนมีค่าความยืดหยุ่นมอดูลัสผ่านตามที่

มาตรฐานกำหนด ทั้งนี้เกิดจากการใช้ไม้ยางพาราเป็นชั้นผิวหน้านั้นจะทำให้แผ่นปาร์ติเกิลสามารถรับแรงได้มากขึ้น เนื่องจากไม้ยางพารามีลักษณะบางและยาว เมื่อนำมาอัดแผ่นไม้ยางพาราก็จะซ้อนทับกันระหว่างไม้ยางพาราได้ดี แผ่นปาร์ติเกิลจึงมีช่องว่างน้อยและมีความหนาแน่นสูงทำให้สามารถรับแรงกดได้มากขึ้น ส่งผลให้มีความสามารถในการต้านการโก่งหรือความแข็งตึงของแผ่นสูงขึ้นด้วย (Akbulut, 1995 ; Kuo *et* al., 1998 ; May, 1983 ; Moslemi, 1994 ; Ntalos and Grigoriou, 2002) นอกจากนี้ การมีชั้นผิวจากไม้ยางพาราที่มากขึ้นจะทำให้แผ่นไม้มีความแข็งแรงขึ้น เนื่องจากชั้นผิวหน้ามีปริมาณกาวสูง ซึ่งจะทำให้สามารถรับแรงได้สูงขึ้น ส่งผลให้แผ่นไม้มีความสามารถในการต้านการโก่งหรือความแข็งตึงสูงขึ้นเช่นเดียวกัน (วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2550)

เมื่อนำค่าความยืดหยุ่นมอดูลัสของแผ่นปาร์ติเกิลที่มีอัตราส่วนของกากใบชาและไม้ยางพาราที่แตกต่างกันไปวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 50:50 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,985.57 N/mm^2 กับแผ่นปาร์ติเกิลที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด (100 เปอร์เซ็นต์ไม้ยางพา) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2,058.17 N/mm^2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3) ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal Bond : IB)

ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเป็นค่าที่แสดงถึง ค่าความแข็งแรงของการยึดเกาะภายใน (ทรงกลด จารุสมบัติ, 2550) โดยการให้แรงดึงอย่างสม่ำเสมอจนกว่าจะเกิดการเสียหาย พบว่า ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชาและไม้ยางพาราในอัตราส่วน 100:0, 60:40, 50:50, 40:60 และ 0:100 ให้ผลการทดลอง ดังภาพที่ 7



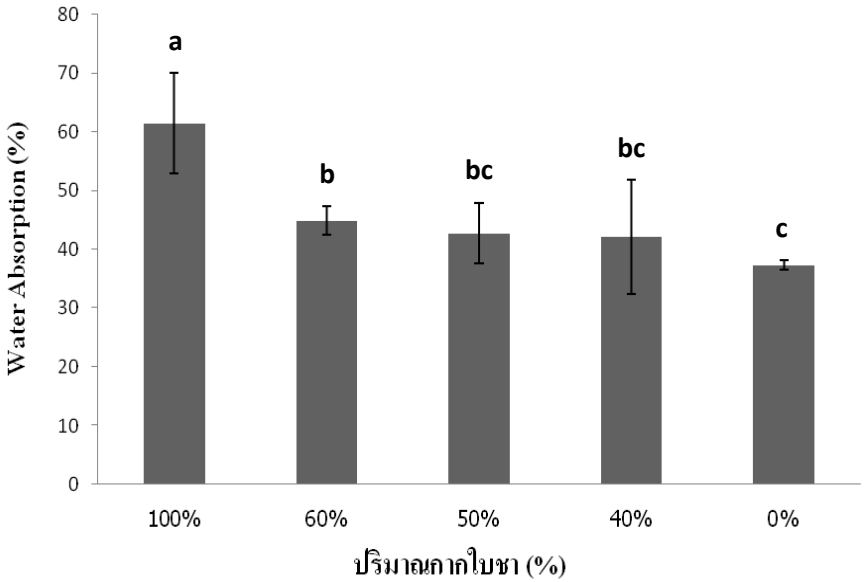
ภาพที่ 7 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นปาร์ติเกิล โดยตัวอักษรบนบาร์ที่แตกต่างกันแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐาน EN 312 : 2010 โดยใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน EN 310 ซึ่งกำหนดไว้ว่าแผ่นปาร์ติเกิลที่มีความหนา 8 ถึง 13 มิลลิเมตร ต้องมีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า มากกว่า 0.4 N/mm^2 ผลการทดลอง พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชา 100 เปอร์เซ็นต์ จะให้ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเท่ากับ 0.32 N/mm^2 ในขณะที่แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชาและไม้ยางพาราในอัตราส่วน 60:40,50:50, 40:40 และ 0:100 จะให้ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเพิ่มขึ้นเป็น 0.47, 0.45, 0.57 และ 0.44 N/mm^2 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแต่ละอัตราส่วนมาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลทุกอัตราส่วนมีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าผ่านเกณฑ์ตามที่มาตรฐานกำหนด ยกเว้น แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชา 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากแผ่นปาร์ติเกิลที่มีชั้นผิวหน้าที่เป็นกากใบชา ซึ่งกากใบชามีลักษณะหนาและหยาบ เวลาติดกับชุดทดสอบจะทำให้ผิวหน้าของแผ่นปาร์ติเกิลและชุดทดลองยึดติดกันไม่ดี เมื่อทำการ ทดสอบโดยชุดดึงแล้ว ชิ้นทดสอบจะมีการหลุดบริเวณชั้นผิวหน้า ส่งผลให้ความต้านทางแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าต่ำ

ส่วนแผ่นปาร์ติเกิลที่มีไม้ยางเป็นชั้นผิวหน้าทุกอัตราส่วนผ่านเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด เพราะการที่ใช้ไม้ยางพาราเป็นชั้นผิวหน้าจะให้ทำแผ่นปาร์ติเกิลมีผิวเรียบเมื่อนำไปติดกับชุดทดลองจึงสามารถยึดติดกันได้ดี เมื่อทำการดึงชิ้นทดสอบจึงมีการหลุดที่ชั้นไส้ซึ่งเป็นกากใบชา ส่งผลให้มีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงขึ้น นอกจากนี้การใช้ไม้ยางพาราเป็นชั้นผิวหน้าซึ่งมีลักษณะบางและเล็ก เวลาผสมกาว ชิ้นไม้ยางพาราจะได้รับกาวทั่วชิ้นไม้ ด้วยพื้นที่ผิวที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ชิ้นไม้มีแรงยึดเหนียวระหว่างชิ้นไม้สูง ส่งผลให้มีแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงขึ้นด้วย (วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2541) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชาและไม้ยางพาราในอัตราส่วน 60:40, 50:50 และ 0:100 มีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4) การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ เมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง (Water absorption)

การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง แสดงถึง การดูดซับน้ำของแผ่นปาร์ติเกิล (ทรงกลด จารุสมบัติ, 2550) ซึ่งทำการทดลองเพื่อดูแนวโน้มการดูดซับน้ำของแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตขึ้น พบว่า ค่าการดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ของแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชาและไม้ยางพาราในอัตราส่วน 100:0, 60:40, 50:50, 40:60 และ 0:100 ให้ผลการทดลอง ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การดูดซึมน้ำของแผ่นปาร์ติเกิล เมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง โดยตัวอักษรบนบาร์ที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากกราฟแสดงค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน EN 317 พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชา 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุดคือ 61.51เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชาและไม้ยางพาราในอัตราส่วน 60:40, 50:50, 40:60 และ 0:100 มีค่าการดูดซึมน้ำลดลงเป็น 44.87, 42.79,42.09 และ 37.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าลักษณะของชิ้นไม้ที่นำมาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลส่งผลต่อความสามารถในการดูดซึมน้ำของแผ่นปาร์ติเกิล (Kollmann, 1951 อ้างโดย Nemil *et* al., 2003) อธิบายได้จากการที่แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วนที่ผลิตจากกากใบชา 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการดูดซึมน้ำสูง เนื่องจากกากใบชามีลักษณะหนาเมื่อเรียงซ้อนกันขณะอัดแผ่นจะทำให้แผ่นมีช่องว่างมาก จึงทำให้น้ำถูกดูดซึมเข้าไปในช่องว่างของแผ่นไม้ได้มาก (Moslemi, 1994 อ้างโดย วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2550) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nemil และคณะ (2003) พบว่า การใช้ กีวีซึ่งมีความหนามาขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลจะส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากลักษณะของไม้ที่หนาจะทำให้ค่าการดูดความชื้น (Hydroscopic) เพิ่มมากขึ้น (Nemil *et* al., 2003)

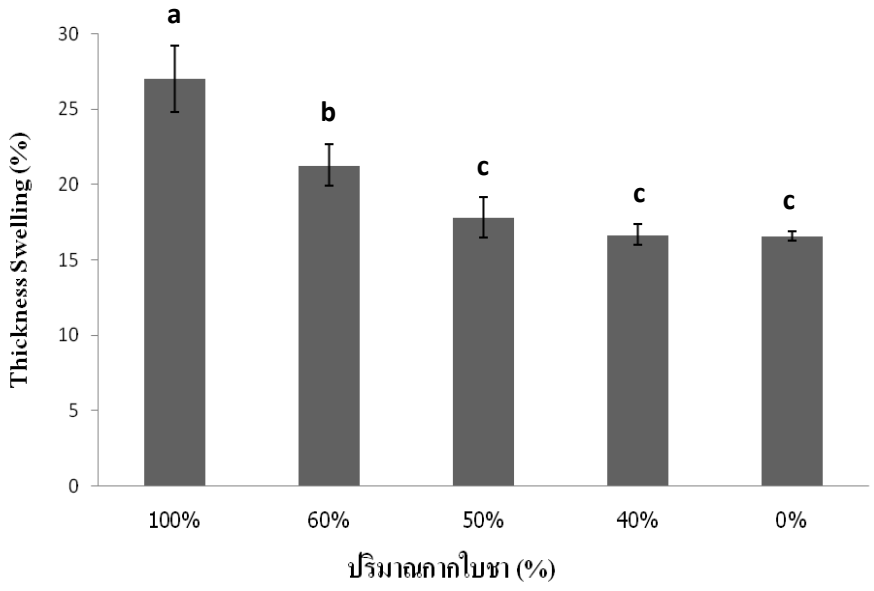
แต่เมื่อเพิ่มปริมาณไม้ยางพาราในชั้นผิวหน้าที่อัตราส่วน 60:40, 50:50, 40:60 และ 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าการดูดซึมน้ำลดลง เนื่องจากชั้นผิวหน้าทำมาจากไม้ยางพารา ซึ่งมีลักษณะที่บางและยาวเมื่อเรียงซ้อนกันทำให้แผ่นปาร์ติเกิลมีช่องว่างเกิดขึ้นน้อยและแผ่นมีโครงสร้างที่แน่นขึ้น ส่งผลให้น้ำซึมเข้าไปในแผ่นปาร์ติเกิลได้น้อย (May, 1983 ; Moslemi, 1994 อ้างโดย วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2550 ; Schneider *et* al., 1982) ประกอบกับการเพิ่มขึ้นของชั้นผิวยังทำให้

ปริมาณกาวและปริมาณพาราฟินอิมัลชั่นที่เคลือบอยู่บนชิ้นไม้ในชั้นผิวหน้าเพิ่มขึ้นด้วยจึงส่งผลให้การดูดซึมน้ำของแผ่นปาร์ติเกิลลดลงด้วย (Unchi, 1998 อ้างโดย Nemli *et* al., 2006)

อย่างไรก็ตามเมื่อนำค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำในแต่ละอัตราส่วนไปวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชาและไม้ยางพาราในอัตราส่วน 50:50, 40:40 และ 0:100 ซึ่งเป็นแผ่นปาร์ติเกิลที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด มีค่าการดูดซึมน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

5) การทดสอบค่าการพองตัวทางความหนา เมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง (Thickness Swelling)

การทดสอบค่าการพองตัวทางความหนาเมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง เป็นค่าที่แสดงถึง การดูดซับน้ำของแผ่นปาร์ติเกิล ซึ่งทำการทดลองเพื่อดูแนวโน้มการพองตัวทางความหนาจากการดูดซับน้ำของแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตขึ้น (ทรงกลด จารุสมบัติ, 2550) พบว่า ค่าความหนาเฉลี่ยเมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ของแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชาและไม้ยางพาราในอัตราส่วน 100:0, 60:40, 50:50, 40:60 และ 0:100 ให้ผลการทดลอง แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 9 การพองตัวทางความหนาของแผ่นปาร์ติเกิล เมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง โดยตัวอักษรบนบาร์ที่แตกต่างกันแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากกราฟแสดงค่าเฉลี่ยการพองตัวทางความหนาของแผ่นปาร์ติเกิล โดยใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน EN 317 พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่อัตราส่วนกากใบชา 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการพองตัวทางความหนาสูงที่สุดคือ 27.01 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อมีการเพิ่มไม้ยางพาราในชั้นผิวหน้าที่

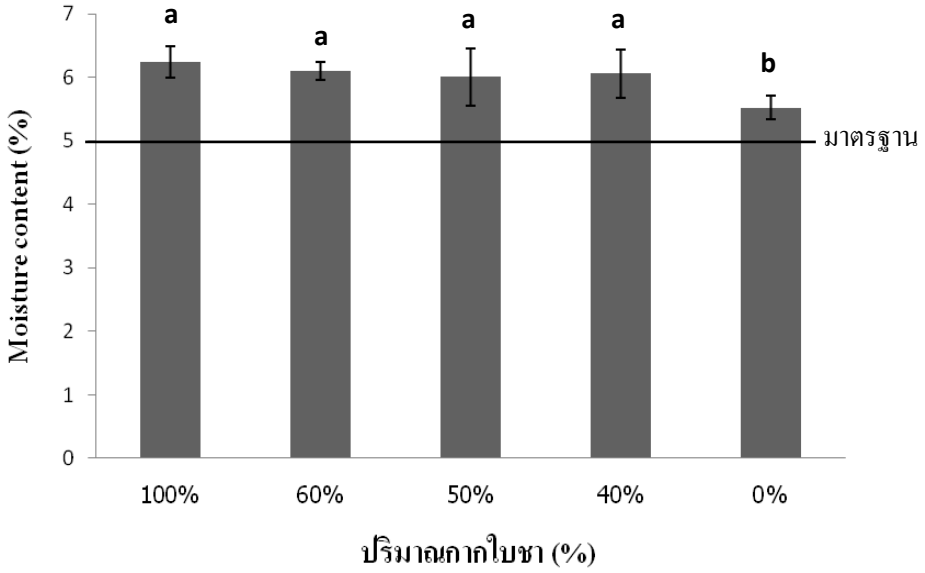
อัตราส่วน 60:40, 50:50, 40:60 และ 0:100 จะมีค่าความพองตัวทางความหนาลดลงเป็น 21.29, 17.80, 16.67 และ 16.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าปาร์ติเกิลทั้ง 5 อัตราส่วนมีค่าการพองตัวทางความหนาใกล้เคียงกับแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากวัสดุทางการเกษตรชนิดอื่นๆ จากงานวิจัย แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากจากป่านและกัญชา มีค่าความพองตัวทางความหนาเท่ากับ 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Kozlowski and Piotrowski, 1987) แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากก้านดอกทานตะวัน มีค่าการพองตัวตามความหนาเท่ากับ 19.96 เปอร์เซ็นต์ (Guler *et* al., 2006) แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากก้านยาสูบ มีค่าความพองตัวตามความหนาอยู่ที่ 17 เปอร์เซ็นต์ (Bektas *et* al., 2002)

การที่แผ่นปาร์ติเกิลซึ่งผลิตจากกากใบชา 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการพองตัวทางความหนาสูงสุดนั้น มีเหตุผลเดียวกับการที่แผ่นปาร์ติเกิลมีการดูดซึมน้ำสูง คือ ใบชามีลักษณะหนาเมื่อนำมาเรียงซ้อนกันขณะอัดแผ่น จะมีการเรียงซ้อนกันไม่ดีทำให้แผ่นไม้มีช่องว่างมาก จึงทำให้น้ำแทรกซึมเข้าไปในแผ่นไม้ได้มาก ส่งผลให้มีการพองตัวตามความหนาสูงขึ้น (Moslemi, 1994 อ้างโดย วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2550) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Guler และคณะ ในปี 2003 พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากก้านดอกทานตะวัน 100 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าการพองตัวทางความหนาสูงที่สุด (Guler *et* al., 2006)

อย่างไรก็ตามจากผลการทดลอง พบว่า การเพิ่มปริมาณชั้นผิวของไม้ยางพาราจะส่งผลให้มีค่าการพองตัวทางความหนาลดลง ซึ่งเป็นผลจากลักษณะของไม้ยางพารา คือไม้ยางพารามีลักษณะบางเมื่อเรียงซ้อนกันจะทำให้แผ่นปาร์ติเกิลมีช่องว่างน้อย น้ำจึงเข้าไปในแผ่นได้น้อย (Schneider *et* al., 1982) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Akbulut (1995), May (1983) และ Schneider และคณะ (1982) ที่พบว่า การเพิ่มชั้นผิวซึ่งเป็นไม้ที่มีลักษณะบางจะช่วยลดค่าการพองตัวทางความหนาของแผ่นไม้ลงได้ (Akbulut, 1995 ; May, 1983 ; Schneider *et* al., 1982) อีกทั้งเมื่อเพิ่มชั้นผิวหน้ามากขึ้น ปริมาณกาวที่เคลือบอยู่ในชั้นผิวหน้าก็จะมากขึ้น เมื่อนำไปแช่น้ำจึงทำให้น้ำแทรกซึมเข้าไปในแผ่นไม้ได้น้อย ส่งผลให้การพองตัวตามความหนาลดลงด้วย (Guler *et* al., 2006 ; Maloney,1977 ; Lehman, 1965 ; Au andGertjejansen, 1989) นอกจากนี้ การเพิ่มปริมาณชั้นผิวเพิ่มขึ้นทำให้พาราฟินอิมัลชั่นในชั้นผิวเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้การดูดซึมน้ำของแผ่นปาร์ติเกิลลดลง ซึ่งทำให้ค่าความพองตัวตามความหนาลดลงเช่นกัน (Unchi, อ้างโดย Nemli *et* al., 2006) และเมื่อนำค่าการพองตัวทางความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลในทุกอัตราส่วนมาเปรียบเทียบกับแผ่นปาร์ติเกิลที่มีจำหน่ายในท้องตลาด (100 เปอร์เซ็นต์ไม้ยางพารา) ซึ่งมีค่าการพองตัวทางความหนาเท่ากับ 16.58 เปอร์เซ็นต์ พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชาและไม้ยางพาราในอัตราส่วน 50:50 และ 40:60 จะมีค่าการพองตัวทางความหนาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับแผ่นปาร์ติเกิลที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

6) การทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture Content)

การทดสอบปริมาณความชื้น เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณการดูดซับความชื้นของแผ่นปาร์ติเกิล (ทรงกลด จารุสมบัติ, 2550) ซึ่งทำการทดลองเพื่อดูแนวโน้มการดูดซับความชื้นของแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตขึ้น พบว่า ปริมาณความชื้นของแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชาและไม้ยางพาราในอัตราส่วน 100:0, 60:40, 50:50, 40:60 และ 100:0 ให้ผลการทดลอง ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ค่าความชื้นของแผ่นปาร์ติเกิล โดยตัวอักษรบนบาร์ที่แตกต่างกันแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากกราฟแสดงปริมาณความชื้นเฉลี่ยของแผ่นปาร์ติเกิล โดยนำค่าเฉลี่ยความชื้นที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐาน EN 312 : 2010 โดยใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน EN 322 ซึ่งกำหนดไว้ว่าแผ่นปาร์ติเกิลที่ความหนา 8 ถึง 13 มิลลิเมตร ต้องมีค่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 5 – 13 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลอง พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชาและไม้ยางพาราในอัตราส่วน 100:0, 60:40, 50:50, 40:60 และ0:100 มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ที่ 6.23, 6.10, 6.00,6.06 และ 5.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลทุกอัตราส่วนมีค่าปริมาณความชื้นอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด ทั้งนี้เนื่องจากการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจะต้องมีการควบคุมความชื้นของกากใบชาและชิ้นไม้ยางพาราที่นำมาผลิตในทุกขั้นตอน โดยความชื้นของชิ้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล คือ ชิ้นไม้ก่อนผสมกาวควรมีความชื้นอยู่ในช่วง 3 – 6 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นของชิ้นไม้หลังผสมกาวควรมีความชื้นอยู่ในช่วง 8 – 14 เปอร์เซ็นต์ (วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2550) ดังนั้น แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตได้จึงมีค่าความชื้นอยู่ในช่วงที่มาตรฐานกำหนด เมื่อนำค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของแผ่นปาร์ติเกิลทุกอัตราส่วนมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า

แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากไม้ยางพารา 100 เปอร์เซ็นต์ (มีจำหน่ายในท้องตลาด) จะแตกต่างกับแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากกากใบชาในทุกอัตราส่วนอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 11 ตัวอย่างแผ่นปาร์ติเกิล

ภาพที่ 12 แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 100:0

ภาพที่ 13 แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 60:40

ภาพที่ 14 แผ่นปาร์ติเกิลอัตรส่วน 50:50

ภาพที่ 15 แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 40:60

ภาพที่ 16 แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 0:100

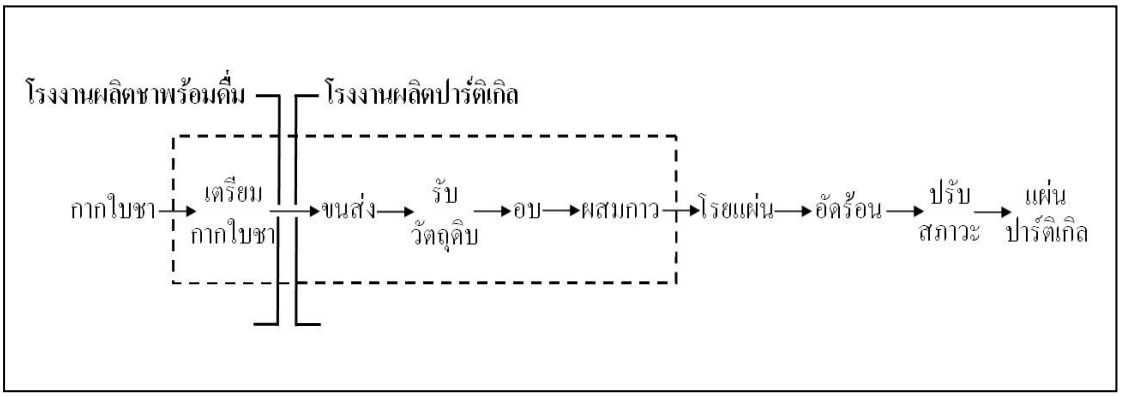
2.1.1 การเลือกอัตราส่วนของแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา

การเลือกอัตราส่วนของแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราเพื่อนำไปผลิตในเชิงอุตสาหกรรม พิจารณาจากหลายๆ ด้านประกอบกันเพื่อให้ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งการพิจารณา ประกอบด้วย ด้านความแข็งแรงของแผ่นปาร์ติเกิล พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 50:50 และ 40:60 มีความแข็งแรงเป็นไปตามมาตรฐานโดยมีค่าความต้านทางแรงดัดค่าความยืดหยุ่นมอดูลัส และค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ผ่านตามที่มาตรฐานกำหนดทุกค่า และมีสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับแผ่นปาร์ติเกิลที่จำหน่ายตามท้องตลาด (100 เปอร์เซ็นต์ไม้ยางพารา) แต่เมื่อพิจารณาถึงความคุมค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่อัตราส่วน 50:50 สามารถลดการใช้ไม้ยางพาราได้มากกว่า คือ สามารถกลดการใช้ไม้ยางพาราได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 40:60 สามารถลดการใช้ไม้ยางพาราได้เพียง 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อนำกากใบชาซึ่งเป็นของเสียมาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด นอกจากนี้การยอมรับแผ่นปาร์ติเกิลของผู้บริโภคนั้น จะให้ความสำคัญเรื่องความแข็งของแผ่นปาร์ติเกิลมากกว่ารูปลักษณ์ที่ปรากฏ กล่าวคือ แผ่นปาร์ติเกิลที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อต้องมีความแข็งแรงผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด โดยไม่ได้คำนึงถึงลักษณะปรากฏเนื่องจากในการใช้งานแผ่นปาร์ติเกิลจริงนั้นสุดท้ายแล้วก็ยังต้องมีการนำไปเคลือบเมลามีนหรือติดทับผิวด้วยวีเนียร์ก่อนนำไปใช้งาน จึงเลือกแผ่นปาร์ติเกิลที่อัตราส่วน 50:50 เป็นอัตราส่วนที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม

สำหรับแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา อัตราส่วน 50:50 ที่พัฒนาขึ้นนี้ มีข้อดีประการหนึ่งที่เหนือกว่าแผ่นปาร์ติเกิลที่มีจำหน่ายเชิงพาณิชย์ คือ มีกลิ่นหอมของชา ซึ่งสามารถดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากมีความแตกต่างจากแผ่นปาร์ติเกิลทั่วไปที่มีกลิ่นฉุนของฟอร์มัลดีไฮด์ทำให้ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ อย่างไรก็ตามการใช้กากใบชามาผลิตร่วมกับไม้ยางพารายังคงมีจุดอ่อนในเรื่องของความแข็งแรงที่ต่ำกว่าแผ่นปาร์ติเกิลเชิงพาณิชย์เล็กน้อย แต่จากการผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่า ที่ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิล 700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรเท่ากันนั้น ความแข็งแรงของแผ่นปาร์ติเกิลทั้งสองชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และความแข็งแรงของแผ่นปาร์ติเกิลที่พัฒนาขึ้นนั้นยังมีคุณสมบัติด้านกายภาพเป็นไปตามมาตรฐาน

2.2 การศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราในเชิงอุตสาหกรรม

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการนี้ เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากใบชามาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลร่วมกับไม้ยางพาราในเชิงอุตสาหกรรม โดยนำผลจากการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิคมาออกแบบกระบวนการผลิต เพื่อให้สามารถนำกากใบชามาเป็นส่วนหนึ่งในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล โดยโครงการนี้จะศึกษาเฉพาะกระบวนการผลิตที่เปลี่ยนไปจากกระบวนการผลิตที่มีอยู่เดิมทั้งในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มและโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล ดังภาพที่ 17 ซึ่งการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ ประกอบด้วย การกำหนดกำลังการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา กระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา และต้นทุนที่เกิดการกระบวนการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไป แสดงรายละเอียดดังนี้



- - - หมายถึง กระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งจะศึกษาในโครงการนี้

ภาพที่ 17 การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากใบชามาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลในเชิงอุตสาหกรรม

2.3.1 กำลังการผลิต

การผลิตของโครงการจะเป็นการกำหนดกำลังการผลิตตามวัตถุดิบที่โครงการได้รับ คือ กากใบชาที่เป็นของเสียจากการกระบวนการผลิตชาพร้อมดื่ม พบว่า มีปริมาณกากใบชาเกิดขึ้นในปี 2556 เฉลี่ย 21.3 ตันต่อวัน แต่การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารามีขั้นตอนและเทคนิคในการผลิตที่เปลี่ยนไปจากการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากไม้ยางพาราที่มีอยู่เดิม ความรู้และความสามารถในการปฏิบัติงานของพนักงานสำหรับขั้นตอนการผลิตที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจึงเป็นสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งนอกเหนือจากปริมาณกากใบชา ดังนั้น ปริมาณการผลิตที่เต็มกำลังการผลิตในระยะแรกจึงไม่อาจเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ เพื่อเป็นการสนองตอบต่อปริมาณกากใบชาที่ป้อนเข้าสู่โครงการ จึงกำหนดกำลังการผลิตให้สอดคล้องกับความพร้อมของพนักงานและเหมาะสมกับปริมาณกากใบชา โดยได้วางเป้าหมายในการผลิตสำหรับโครงการออกเป็น 3 ระยะ

ระยะที่ 1 เป็นระยะเริ่มต้นของโครงการเป็นระยะทดลองเดินเครื่องจักรที่เพิ่มเข้ามาจากกระบวนการผลิตเดิม และพนักงานยังต้องเรียนรู้เทคนิควิธีการในกระบวนการผลิตที่เพิ่มเข้ามาจึงไม่สามารถผลิตได้เต็มกำลัง แต่เนื่องจากพนักงานมีความรู้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากไม้ยางพาราจึงไม่ต้องปรับตัวมาก จึงวางแผนกำลังการผลิต 80 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังการผลิตสูงสุด โดยกำหนดระยะเวลาประมาณ 12 เดือน หรือ ปีแรกของการดำเนินโครงการ

ระยะที่ 2 เป็นระยะที่พนักงานมีความรู้และความสามารถปฏิบัติงานให้เข้ากับเทคนิควิธีการในการผลิตได้ตามที่โครงการต้องการ และเป็นช่วงของการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรให้เต็มประสิทธิภาพในการผลิตเพิ่มขึ้น โครงการวางเป้าหมายที่จะทำการผลิต 90 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังการผลิตสูงสุด โดยกำหนดระยะเวลาประมาณ 12 เดือน หรือ ปีที่ 2 ของการดำเนินงานของโครงการ

ระยะที่ 3 เป็นระยะที่โครงการมีความพร้อมในทุกๆ ด้าน จึงเป็นระยะที่การผลิตได้เต็มกำลังการผลิต ซึ่งเป็นปีที่ 3 จนถึงการสิ้นสุดการดำเนินงานของโครงการ

ทั้งนี้การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราของโครงการอาจเปลี่ยนแปลงกำลังการผลิตได้หากโครงการมีความพร้อมหรือมีอุปสรรคเกิดขึ้น แต่ในเบื้องต้นโครงการวางเป้าหมายเป็น 3 ระยะ ดังข้างต้นมากำหนดกำลังการผลิต

จากการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิค พบว่า ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา (อัตราส่วนกากใบชาต่อไม้ยางพารา 50:50) 1 ลูกบาศก์เมตร ที่มีขนาดกว้าง 4 ฟุต ยาว 8 ฟุต หนา 9 มิลลิเมตร จะต้องใช้กากใบชาสดจำนวน 1.32 ตันต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อคำนวณกำลังการผลิตจะสามารถผลิตแผ่นปาร์ติเกิลได้ 16 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หากคิดกำลังผลิตต่อปี โดยกำหนดวันดำเนินการ 360 วันต่อปี จะได้ว่า กำลังการผลิตในปีที่ 1 เท่ากับ 4,608 ลูกบาศก์เมตร กำลังการผลิตในปีที่ 2 เท่ากับ 5,184 ลูกบาศก์เมตร กำลังการผลิตในปีที่ 3 ถึงปีที่ 5 เท่ากับ 5,760 ลูกบาศก์เมตร แสดงรายละเอียดกำลังการผลิตดังตารางที่ 14 และแสดงสูตรและตัวอย่างการคำนวณกำลังการผลิตต่อปีดังนี้

สูตรการคำนวณ

กำลังการผลิตต่อปี (ลูกบาศก์เมตร) = กำลังการผลิต (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน) × วันที่ทำงานต่อปี
× อัตราการผลิต ... (9)

ตัวอย่างคำนวณ

กำลังการผลิตปีที่ 1 = 16 × 360 × 80%
= 4,608 ลูกบาศก์เมตรต่อปี

ตารางที่ 14 กำลังการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลตลอดอายุโครงการ 10 ปี

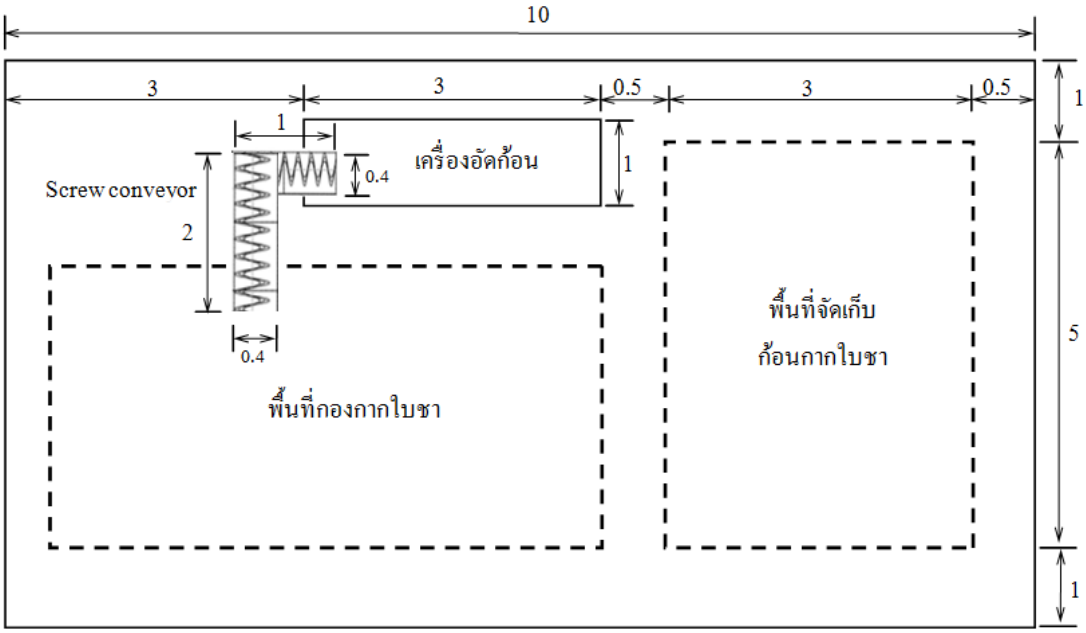
ปีที่	เต็มกำลังการผลิต (ลูกบาศก์เมตร)	อัตราการผลิต (%)	ปริมาณการผลิต (ลูกบาศก์เมตร)
1	5,760	80	4,608
2	5,760	90	5,184
3	5,760	100	5,760
4	5,760	100	5,760
5	5,760	100	5,760
6	5,760	100	5,760
7	5,760	100	5,760
8	5,760	100	5,760
9	5,760	100	5,760
10	5,760	100	5,760

2.2.2 กระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา

การดำเนินโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารามีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตทั้งในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มและโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล มีรายละเอียด ดังนี้

(1) โรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

ในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มมีการเพิ่มกระบวนการเตรียมกากใบชา แสดงดังภาพที่ 18 โดยจะอัดกากใบชาให้เป็นก้อนและบีบน้ำออกจากกากใบชาเพื่อลดน้ำหนักของกากใบชาระหว่างการขนส่งทั้งยังช่วยชะลอการเจริญของเชื้อราบนกากใบชา แสดงรายละเอียดของขั้นตอนการเตรียมกากใบชา ดังนี้

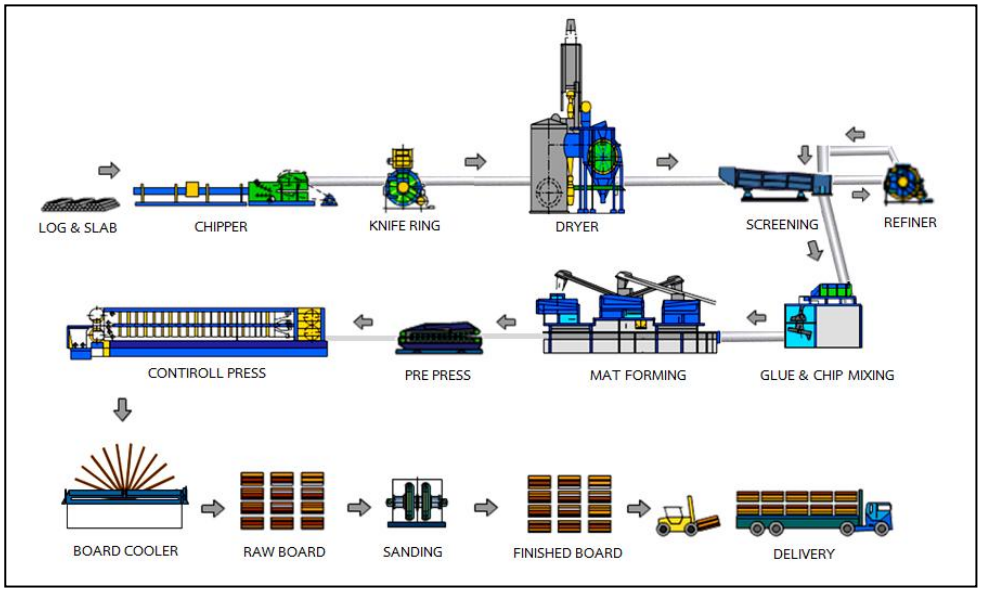


ขั้นตอนเตรียมกากใบชา

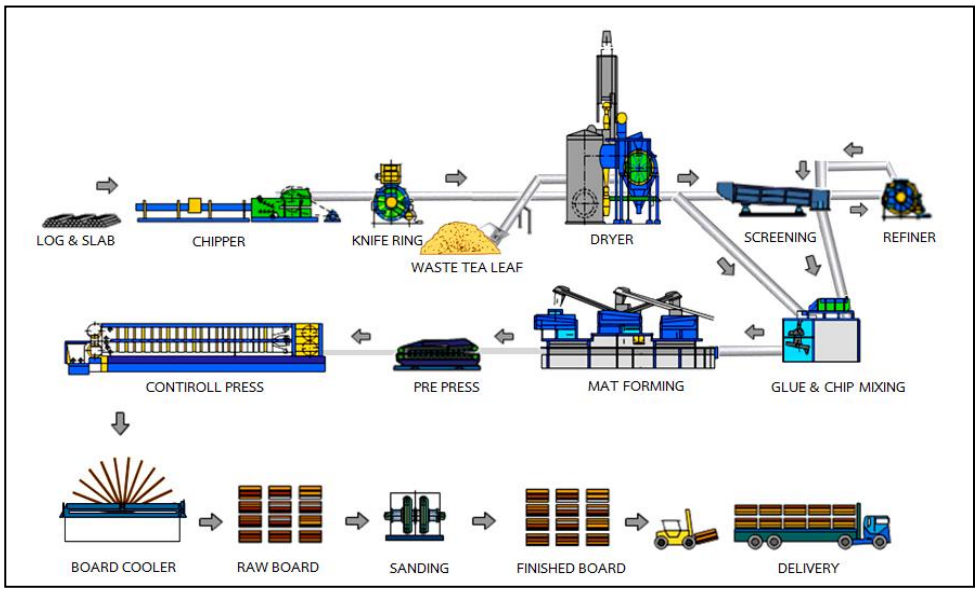
ทุกเช้ากากใบชาจากทั้ง 3 สายการผลิตภายในโรงงานจะถูกลำเลียงมายังพื้นที่สำหรับอัดก้อนกากใบชา โดยกากใบชาจะถูกโหลดจากไซโลลงรถบรรทุก4 ล้อ และจะถูกขนถ่ายมายังพื้นที่สำหรับเตรียมกากใบชา ซึ่งกากใบชาจะถูกนำมากองรวมกันบริเวณลานกองใกล้เกลียวลำเลียง (Screw conveyor) จากนั้นคนงานจะกวาดกากใบชามายังช่องสำหรับป้อนวัตถุดิบของเกลียวลำเลียง ซึ่งกากใบชาจะถูกลำเลียงด้วยเกลียวลำเลียงมายังเครื่องอัดกากใบชา และปล่อยกากใบชาลงในเครื่องอัดก้อน เมื่อกากใบชาบรรจุเต็มเครื่องอัดก้อนแล้ว พนักงานจะปิดสวิตช์เกลียวลำเลียงเพื่อหยุดการลำเลียงกากใบชา และเปิดสวิตช์เครื่องอัดกากใบชาเพื่อทำการอัดก้อนกากใบชาด้วยแรงอัด 120 ตัน ซึ่งจะได้ก้อนใบชาขนาด กว้าง 0.55 เมตร ยาว 0.7 เมตร สูง 0.55 เมตร มีน้ำหนักก้อนละ 80 กิโลกรัม และเมื่อเครื่องอัดเสร็จแล้วคนงานจะนำก้อนกากใบชาที่อัดเสร็จแล้วออกมาจากเครื่องอัด และใช้รถตักก้อนกากใบชามาเก็บบริเวณพื้นที่สำหรับเก็บก้อนกากใบชา เพื่อรอรถจากโรงงานผลิตปาร์ติเกิลมารับไปผลิตยังโรงงานผลิตปาร์ติเกิล ซึ่งกากใบชาจะสามารถเก็บไว้ได้ไม่เกิน 2 วัน นับจากออกจากกระบวนการผลิตชาพร้อมดื่ม เนื่องจากหากเกิน 2 วัน กากใบชาจะมีกลิ่นเหม็นและมีการเจริญเติบโตของเชื้อบนกากใบชา

2) โรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

สำหรับโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตจากกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากไม้ยางพาราที่มีอยู่เดิมดังภาพที่ 19 ซึ่งในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา (อัตราส่วน 50:50) กากใบชาที่จะนำมาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลในชั้นไส้จะไม่ผ่านกระบวนการสับไม้หยาบและสับไม้ละเอียด โดยกากใบชาจะถูกส่งมายังเครื่องอบเมื่อทำการอบเสร็จแล้วก็จะถูกส่งไปยังเครื่องผสมกาวโดยไม่ผ่านกระบวนการคัดขนาด ส่วนกระบวนการโรยแผ่นจนได้แผ่นปาร์ติเกิลจะคงขั้นตอนเดิม แสดงดังภาพที่ 20



ภาพที่ 19 กระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากไม้ยางพารา



ภาพที่ 20 การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา

จากภาพที่ 20 แสดงกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราในเชิงอุตสาหกรรม ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปจากกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากไม้ยางพาราที่มีอยู่เดิม (รูปที่ 19) โดยรายละเอียดของขั้นตอนต่างๆ ของการบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา แสดงดังภาพที่ 21

1) การรับวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่รับเข้ามา คือ ไม้ยางพาราและกากใบชาที่อัดมาเป็นก้อน โดยไม้ยางพาราที่รับเข้ามาจะถูกนำมากองที่ลานสำหรับกองไม้ยางพาราเพื่อรอเข้ากระบวนการสับไม้หยาบ ส่วนกากใบชาที่รับเข้ามาจะถูกนำมากองที่โรงเก็บกากใบชาบริเวณเกลียวลำเลียง (Screw conveyor) ซึ่งกากใบชาจะสามารถเก็บไว้ได้ไม่เกิน 2 วัน นับจากวันที่รับกากใบชาเข้ามา เนื่องจากกากใบชามีความชื้นสูงหากเก็บไว้เกิน 2 วัน อาจจะเกิดเชื้อราได้ จากนั้นก้อนกากใบชาจะถูกยกขึ้นด้วยรถตักแล้วปล่อยทิ้งลงมาบนพื้นเพื่อให้ก้อนกากใบชาที่อัดมาแตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ เมื่อถึง Batch ที่จะผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราคนงานจะกวาดกากใบชามายังช่องสำหรับป้อนวัตถุดิบของเกลียวลำเลียงเพื่อลำเลียงกากใบชาไปยังเครื่องอบ

2) การสับไม้หยาบ

เมื่อถึง Batch ที่จะผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา คนงานจะใช้รถตักไม้ยางพาราที่จะใช้ผลิตชั้นผิวของแผ่นปาร์ติเกิลจากลานกองมาเข้าเครื่องสับไม้ (Chippers) เพื่อลดขนาดของไม้ท่อนขนาดใหญ่ให้เป็นชิ้นไม้สำหรับใช้ทำชั้นผิวของแผ่นปาร์ติเกิล โดยใบมีดจะตัดขวางทำมุมกับเส้นใย ชิ้นไม้จะแตกออกตามแนวของเส้นใยเนื่องจากแรงเฉือนที่เกิดจากการตัดและแรงกระแทกของใบมีดกับไม้ เพื่อให้ได้ชิ้นไม้ขนาดเล็กลง ชิ้นไม้ที่สับเสร็จแล้วจะถูกสุ่มเพื่อวัดความชื้นของชิ้นไม้ โดยความชื้นของชิ้นไม้ต้องไม่เกิน 70 เปอร์เซ็นต์ พร้อมตรวจสอบความยาวและความหนาของชิ้นไม้ให้เป็นไปตามที่กำหนด คือ ยาว 30-40 มิลลิเมตร หนา 5-8 มิลลิเมตร

3) การย่อยละเอียด

นำชิ้นไม้มาเข้าเครื่องสับละเอียด (Flakers) โดยใบมีดที่คมจะจิกลงไปในเนื้อไม้และตัดเป็นชิ้นไม้ เพื่อให้ได้ชิ้นไม้ที่มีความหนา 0.5-0.6 มิลลิเมตร

4) การอบ

ชิ้นไม้ยางพาราขนาดเล็กที่ผ่านการย่อยละเอียดแล้วจะถูกลำเลียงด้วยสายพานเข้าเครื่องอบแบบไอน้ำเพื่อทำการอบที่อุณหภูมิ 320 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้ชิ้นไม้มีความชื้นสุดท้ายที่ 2 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออบเสร็จจะสุ่มตัวอย่างชิ้นไม้เพื่อวัดความชื้น โดยความชื้นของชิ้นไม้ต้องไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ ชิ้นไม้ยางพาราที่มีความชื้นตามที่กำหนดจะถูกส่งไปยังขั้นตอนแยกขนาด

เมื่อชิ้นไม้ยางพาราที่จะใช้สำหรับทำชั้นผิวของ Batch ที่จะผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราอบเสร็จ กากใบชาที่จะใช้ทำชั้นไส้ของแผ่นปาร์ติเกิลใน Batch เดียวกันจะถูกลำเลียงโดยสายพานมาจากโรงเก็บและเข้าเครื่องอบตัวเดียวกันเพื่อทำการอบที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้กากใบชามีความชื้นสุดท้ายที่ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยจะมีการสุ่มกากใบชามาตรวจวัดความชื้นไม่ให้เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับไม้ยางพารา กากใบชาที่มีความชื้นตามที่กำหนดจะถูกลำเลียงออกมาด้วยสายพานมายังประตูเลื่อน (Sliding gate) จากนั้น ประตูเลื่อนจะเปิดเพื่อให้กากใบชาตกลงบนสายพานลำเลียงอีกตัวหนึ่งเพื่อที่จะลำเลียงกากใบชาไปยังเครื่องผสมกาว

5) การคัดแยก

ไม้ยางพาราจะถูกนำมาแยกขนาดโดยใช้ตะแกงร่อน ชิ้นไม้ที่มีขนาดกว้างและยาวมากกว่า 10 มิลลิเมตร จะถูกส่งไปเข้าเครื่องย่อยละเอียดอีกครั้ง ส่วนชิ้นไม้ที่มีขนาดกว้างและยาวเท่ากับ 1.53 มิลลิเมตร จะนำไปทำชั้นผิวหน้าของแผ่นปาร์ติเกิลส่วนชิ้นไม้ยางพาราที่มีขนาดเล็กกว่า 1.53 มิลลิเมตร จะถูกนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อใช้ภายในโรงงาน

6) การผสมกาว

ไม้ยางพาราที่ผ่านการแยกและได้ขนาดตามที่กำหนดจะถูกลำเลียงผ่านทางสายพานมายังเครื่องผสมกาวสำหรับผิวหน้า (เครื่องที่ 1) เพื่อผสมกับกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ 10 เปอร์เซ็นต์ และพาราฟินอิมัลชั่น 0.55 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไม้ยางพาราแห้ง สำหรับใช้โรยแผ่นในชั้นผิว ส่วนกากใบชาที่ผ่านการอบแล้วจะถูกลำเลียงด้วยสายพานมายังเครื่องผสมกาวสำหรับชั้นไส้ (เครื่องที่ 2) เพื่อมาผสมกับกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ 8 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักกากใบชาแห้ง สำหรับนำไปโรยแผ่นในชั้นไส้

7) การโรยแผ่น

ไม้ยางพารา กาว และพาราฟินที่ผสมเข้ากันดีแล้วในเครื่องผสมกาวเครื่องที่ 1 จะถูกฉีดโดยใช้ลมเป่าชิ้นไม้ยางพาราออกมาจากเครื่องเพื่อโรยเป็นแผ่นในชั้นผิวล่าง 25 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกาวและกากใบชาที่ผสมเข้ากันดีแล้วในเครื่องผสมกาวเครื่องที่ 2 จะถูกฉีดโดยใช้ลมเป่าออกมาจากเครื่องเพื่อโรยชิ้นกากชาในชั้นไส้ 50 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเครื่องผสมกาวเครื่องที่ 1 จะทำงานอีกครั้งเพื่อโรยชิ้นไม้ยางพาราในชั้นผิวหน้า 25 เปอร์เซ็นต์

8) การกดไล่อากาศ

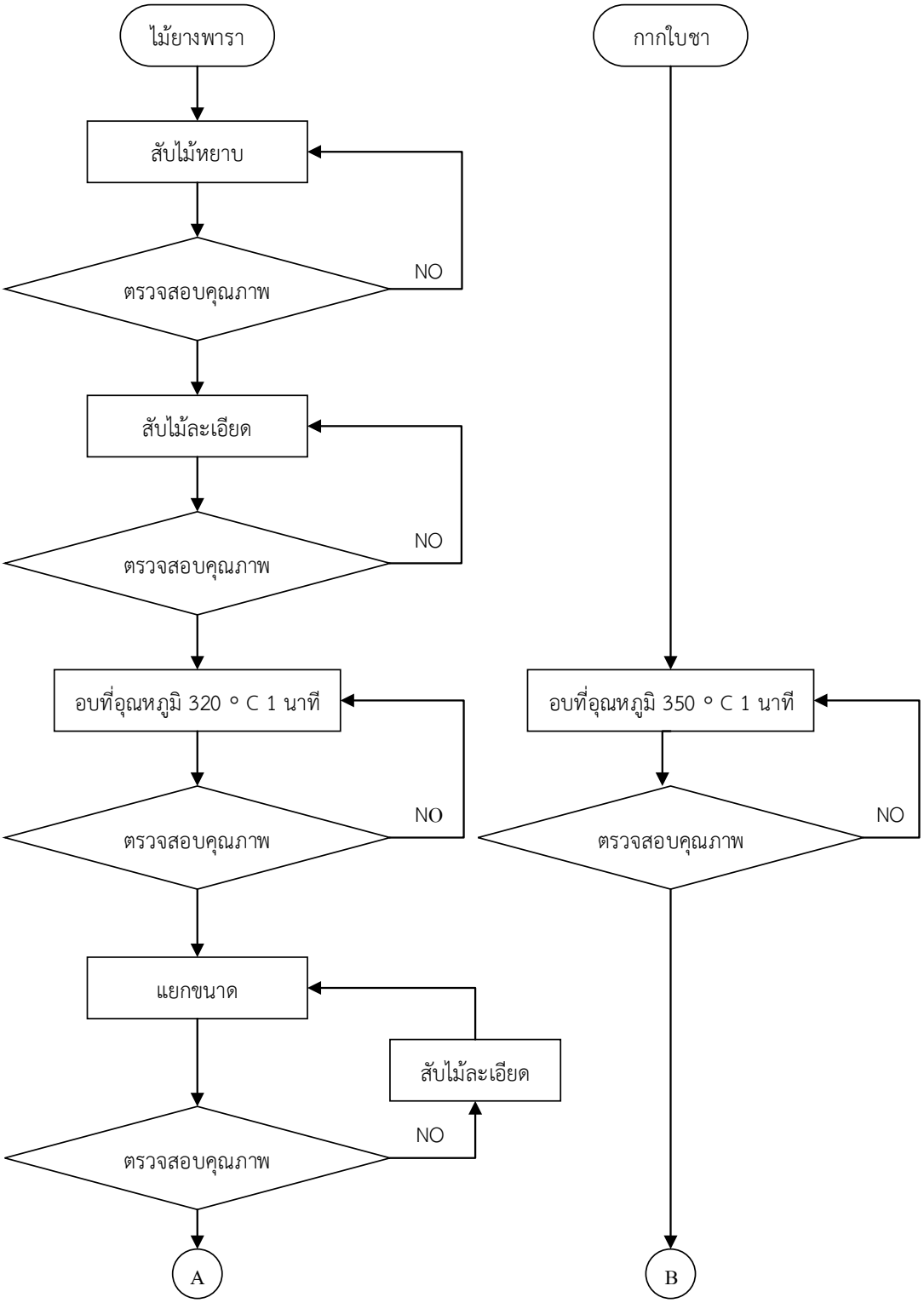
เมื่อมีการโรยชิ้นไม้และกากใบชาเป็นแผ่นแล้ว จึงนำมากดด้วยลูกกลิ้งเพื่อไล่อากาศออก เพื่อให้แผ่นฟอร์มตัวก่อนจะนำไปอัดร้อน ด้วยความดัน 150 บาร์ เป็นเวลา 1 นาที

9) การอัดร้อน

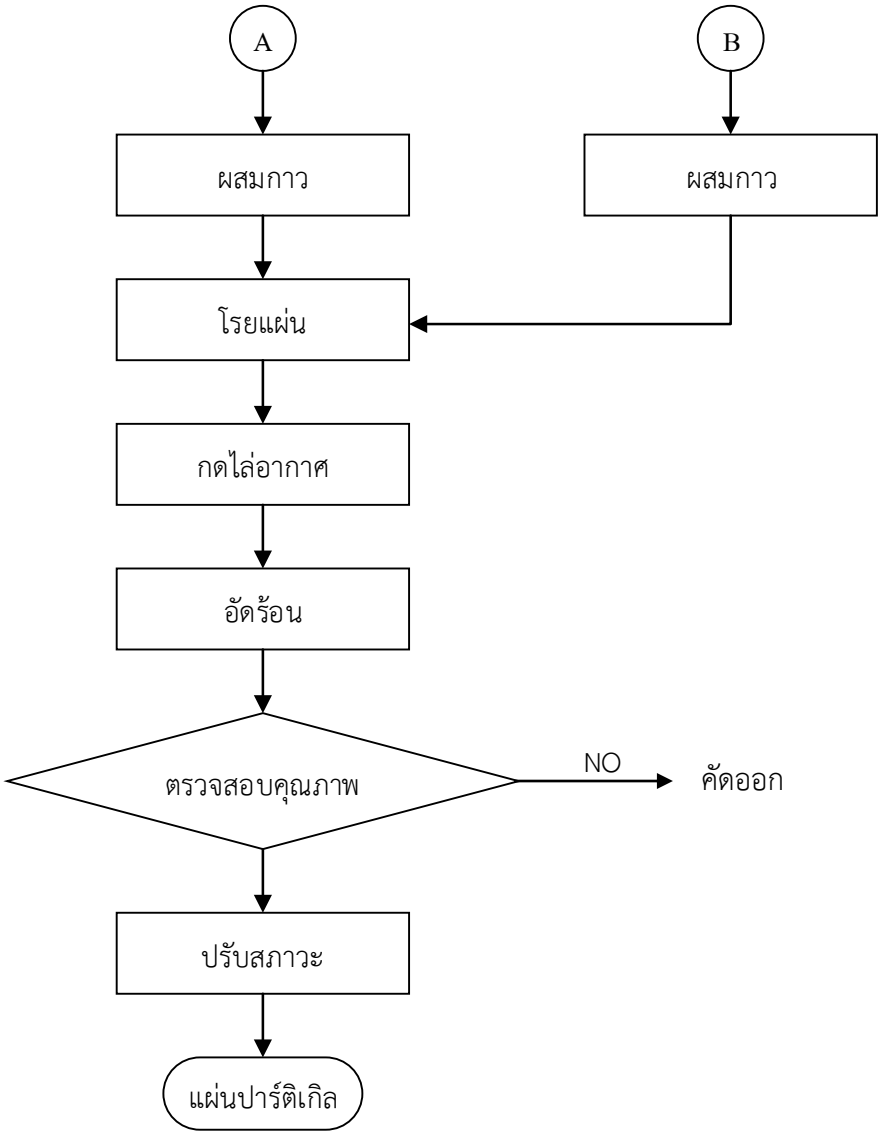
นำแผ่นที่โรยขึ้นรูปแล้วมาทำการอัดร้อนด้วยลูกกลิ้งแบบต่อเนื่อง ที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส ความดัน 250 บาร์ ใช้เวลา 1 นาที เพื่อให้ได้แผ่นปาร์ติเกิล

10) การปรับสภาวะ

แผ่นที่อัดร้อนเสร็จแล้วจะถูกลำเลียงด้วยสายพานไปยังเครื่องปรับสภาวะ (Board cooler) เพื่อทำการปรับสภาวะ โดยตั้งไว้ที่สภาวะปกติเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อคลายความร้อนและปรับสภาพของแผ่นบอร์ดให้มีความชื้นสมดุลกับบรรยากาศ และมีความคงตัว



ภาพที่ 21 กระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา



ภาพที่ 21 กระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา (ต่อ)

2.2.2.1 ทรัพยากรของกระบวนการผลิตที่เปลี่ยนแปลง

การดำเนินโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา มีการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรทั้งในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม และโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล แสดงรายละเอียดดังนี้

(1) โรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

ในส่วนของโรงงงานผลิตชาพร้อมดื่มมีขั้นตอนที่เพิ่มขึ้นมาคือ ขั้นตอนการเตรียมกากใบชา โดยมีรายละเอียดของทรัพยากรที่เปลี่ยนแปลงจากกระบวนการเตรียมกากใบชา ดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมกากใบชา มีทรัพยากรที่ต้องเพิ่มเข้ามาประกอบด้วย

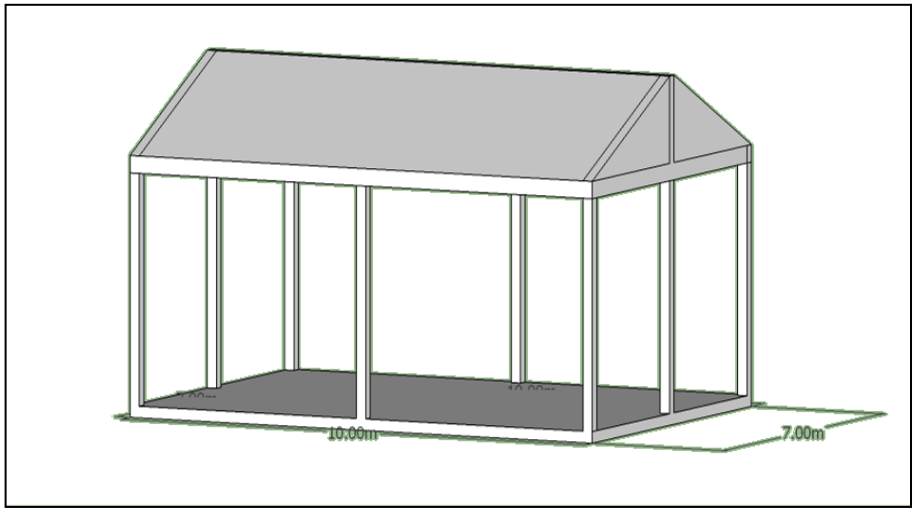
- พื้นที่สำหรับเตรียมกากใบชา มีลักษณะเป็นอาคารโล่งมีความกว้างเท่ากับ 10 เมตร ความยาวเท่ากับ 7 เมตร และมีความสูงเท่ากับ 4 เมตร (แสดงดังภาพที่ 22)

- เครื่องอัดกากใบชา ทำหน้าที่บีบน้ำออกจากกากใบชาและอัดกากใบชาให้เป็นก้อน โดยขนาดห้องอัดสามารถจุกากใบชาได้ 80 กิโลกรัม (แสดงดังภาพที่ 23)

- เกลียวลำเลียง (Screw conveyor) ทำหน้าที่ลำเลียงกากใบชาจากพื้นไปยังเครื่องอัดก้อน โดยโครงสร้างของเกลียวลำเลียงเป็นแบบปิดมีความกว้างเท่ากับ 0.4 เมตร ความยาวเท่ากับ 3 เมตร

- รถบรรทุก 4 ล้อ ยี่ห้อเกียร์ รุ่น K2900 เพื่อขนถ่ายกากใบชาจากไซโลมายังพื้นที่สำหรับเตรียมกากใบชา

- คนงาน 1 คน ทำหน้าที่กวาดกากใบชามายังช่องป้อนวัตถุดิบของเกลียวลำเลียง และควบคุมเครื่องอัดกากใบชา

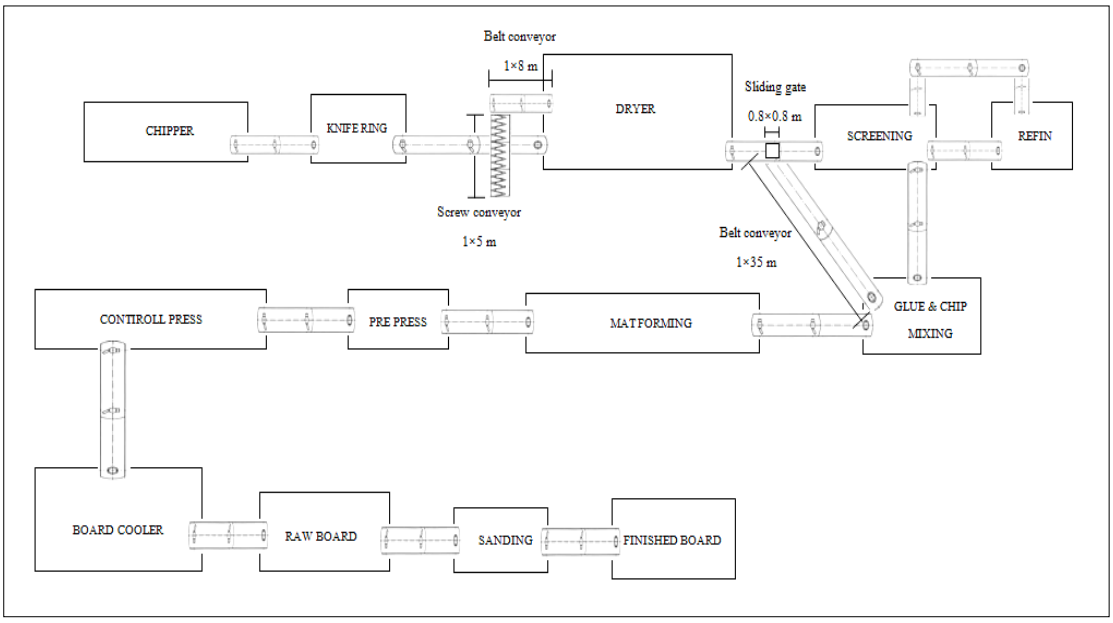


ภาพที่ 22 พื้นที่สำหรับเตรียมกากใบชา

ภาพที่ 23 เครื่องอัดกากใบชา

(2) โรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

จากการออกแบบกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา พบว่า ในส่วนของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลมีขั้นตอนที่เปลี่ยนแปลงไปจากกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากไม้ยางพาราที่มีอยู่เดิมแล้ว 2 ขั้นตอน คือขั้นตอนรับวัตถุดิบ และขั้นตอนการผสมกาว โดยสามารถออกแบบกระบวนการผลิตใหม่ได้ดังภาพที่ 24 ซึ่งมีรายละเอียดของทรัพยากรที่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนี้



ภาพที่ 24 การปรับเปลี่ยนสายพานผลิตในกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา

1. ขั้นตอนรับวัตถุดิบ มีทรัพยากรที่ต้องเพิ่มเข้ามาประกอบด้วย

- ช่องสำหรับลำเลียงกากใบชาลงเกลียวลำเลียง (Screw conveyor) ความกว้างเท่ากับ 1 เมตร ความยาวเท่ากับ 0.8เมตร ลึกเท่ากับ 0.5 เมตร

- เกลียวลำเลียง (Screw conveyor) ทำหน้าที่ลำเลียงกากใบชาให้มีปริมาณสม่ำเสมอจากพื้นไปยังสายพานลำเลียง (Belt conveyor) เพื่อลำเลียงไปยังขั้นตอนต่อไป โครงสร้างของเกลียวลำเลียงเป็นแบบปิด โดยมีความกว้างเท่ากับ 1 เมตร ความยาวเท่ากับ 5 เมตร เพื่อให้สามารถเข้ากับสายการผลิตเดิมได้

- สายพานลำเลียง (Belt conveyor) ทำหน้าที่ลำเลียงกากใบชาจากเกลียวลำเลียงเพื่อลำเลียงต่อไปยังเครื่องอบ โครงสร้างของสายพานลำเลียงเป็นแบบปิด มีความกว้างเท่ากับ 1 เมตร ความยาวเท่ากับ 8 เมตร เพื่อให้สามารถเข้าสายการผลิตเดิมได้

2. ขั้นตอนการผสมกาว มีทรัพยากรที่ต้องเพิ่มเข้ามาประกอบด้วย

- ประตูเลื่อน (Sliding gate) ทำหน้าที่เปิด-ปิด เพื่อให้กากใบชาที่ออกจากเครื่องอบตกมายังสายที่เพิ่มขึ้นใหม่ เพื่อที่จะลำเลียงไปยังเครื่องผสมกาว โดยมีความกว้างเท่ากับ 0.8 เมตร ความยาวเท่ากับ 0.8 เมตร

- สายพานลำเลียง (Belt conveyor) ทำหน้าที่ลำเลียงกากใบชาจากที่ตกมาจากประตูเลื่อนไปยังเครื่องผสมกาว โครงสร้างของสายพานลำเลียงเป็นแบบปิด มีความกว้างเท่ากับ 1 เมตร ความยาวเท่ากับ 35 เมตร เพื่อให้สามารถเข้าสายการผลิตเดิมได้

2.3.3 ต้นทุนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต

ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลที่มีอยู่เดิมเพื่อให้สามารถนำกากใบชามาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา ส่งผลให้มีต้นทุนเกิดขึ้นจากกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ทั้งในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มและโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล แสดงรายละเอียดดังนี้

(1) โรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

จากกระบวนการเตรียมกากใบชาที่เพิ่มเข้ามาในโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม ซึ่งมีสิ่งปลูกสร้างและเครื่องจักรต่างๆ ที่เพิ่มเข้ามา ประกอบด้วย พื้นที่สำหรับเตรียมกากใบชา สายพานลำเลียง และเครื่องอัดก้อนกากใบชา ส่งผลให้มีต้นทุนเกิดขึ้น ดังที่แสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เกิดจากกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงของโงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

รายการ	รายละเอียด	ราคา (บาท)	อ้างอิง
1. ค่าก่อสร้างพื้นที่สำหรับเตรียมกากใบชา	อาคารเตรียมกากใบชาลักษณะโล่งมีแต่หลังคา ขนาด 70 ตารางเมตร	245,000.00	สมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย
2. เกลียวลำเลียง (Screw conveyor) รวมค่าติดตั้งและระบบควบคุม	ขนาด กว้าง 0.4 ยาว 3 เมตร - มอเตอร์ขับเคลื่อน1.1 กิโลวัตต์ - ความเร็ว 0-10 เมตร/นาที	120,000.00	บริษัท อาร์พีเอ็ม พาวเวอร์ จำกัด
3. เครื่องอัดกากใบชา	- แรงอัด 120 ตัน - มอเตอร์ 10 กิโลวัตต์ - Cycle Time 1 นาที - ขนาดห้องอัด 0.55×1.2×0.55 เมตร	260,000.00	บริษัท เอส เอ็ม คอร์ปอเรชั่น จำกัด
4. รถบรรทุก 4 ล้อ	รถบรรทุก 4 ล้อ เกียร์ รุ่น K2900	632,000.00	บริษัท เกียร์ จำกัด
	รวม	**1,257,000.00**	

(2) โรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

จากกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลที่เปลี่ยนไปในโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล มีเครื่องจักรต่างๆ ที่ต้องเพิ่มเข้ามา ส่งผลให้มีต้นทุนที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักร ดังที่แสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เกิดจากกระบวนที่เปลี่ยนแปลงของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

รายการ	**รายละเอียด**	**ราคา (บาท)**	**อ้างอิง**
1. ค่าปรับปรุงสถานที่	เจาะพื้นขนาด 0.8 ตารางเมตร	7,500.00	บริษัท อาร์พีเอ็ม พาวเวอร์ จำกัด
2. เกลียวลำเลียง (Screw conveyor) รวมค่าติดตั้งและระบบควบคุม	ขนาด กว้าง 1.0 ยาว5.0 เมตร - ความเร็ว 0-20 เมตร/นาที - มอเตอร์ขับเคลื่อน 8 กิโลวัตต์ - Capacity load 4 ton/hr.	400,000.00	บริษัท อาร์พีเอ็ม พาวเวอร์ จำกัด
3. สายพานลำเลียง (Belt conveyor) รวมค่าติดตั้งและระบบควบคุม	ขนาด กว้าง 1.0 ยาว 8.0 เมตร - ความเร็ว 0-20 เมตร/นาที - มอเตอร์ขับเคลื่อน 8 กิโลวัตต์ - Capacity load 4 ton/hr.	184,000.00	บริษัท อาร์พีเอ็ม พาวเวอร์ จำกัด
4. ประตูเลื่อน (Sliding gate) รวมค่าติดตั้งและระบบควบคุม	ขนาด กว้าง 0.8 ยาว 0.8 เมตร - มอเตอร์ขับเคลื่อน 0.5 กิโลวัตต์	200,000.00	บริษัท อาร์พีเอ็ม พาวเวอร์ จำกัด
5. สายพานลำเลียง (Belt conveyor) รวมค่าติดตั้งและระบบควบคุม	ขนาด กว้าง 1.0ยาว 35.0เมตร - ความเร็ว 0-20 เมตร/นาที - มอเตอร์ขับเคลื่อน 15 กิโลวัตต์ - Capacity load 4ton/hr.	925,000.00	บริษัท อาร์พีเอ็ม พาวเวอร์ จำกัด
	รวม	**1,716,500.00**	

3. ผลประโยชน์ที่โรงงานกรณีศึกษาจะได้รับจากการดำเนินโครงการ

การประมาณการผลประโยชน์ของโครงการจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือผลประโยชน์สำหรับโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มและผลประโยชน์ของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) โรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

ผลประโยชน์ของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม ประมาณการจากค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้จากการกำจัดกากใบชาในแต่ละปี เมื่อมีการนำกากใบชามาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลแทนการจ้างบริษัทเอกชนฝังกลบ จากข้อมูลค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากใบชาในปี 2556 พบว่า โรงงานมีค่าใช้จ่ายรวม 2,676,600 บาทต่อปี ซึ่งเมื่อมีการดำเนินโครงการ เงินจำนวนดังกล่าวนี้จะไม่ถูกจ่ายออกไป และถือเป็นผลประโยชน์ที่โรงงานจะได้รับต่อปี

(2) โรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

ผลประโยชน์ของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราในส่วนของโรงงานผลิตปาร์ติเกิล คิดจากผลประโยชน์ที่ได้จากการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา ซึ่งมีกำลังการผลิตเต็มกำลังที่ 16 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ประกอบด้วยผลประโยชน์หลักและผลพลอยได้อื่นๆ ดังนี้

ผลประโยชน์หลัก คือปริมาณไม้ยางพาราที่ประหยัดลงได้ 16.11 ตันต่อวัน (ลดการใช้ไม้ยางพารา 50 เปอร์เซ็นต์) โดยกำหนดให้ราคาไม้ยางพารา ณ วันที่ 20 มีนาคม 2557 เท่ากับ 0.8 บาทต่อกิโลกรัม (สำนักงานตลาดกลางยางพาราสุราษฎร์ธานี, 2557) คิดวันดำเนินการ 360 วันต่อปี ดังนั้น มูลค่าผลประโยชน์จากค่าใช้จ่ายที่สามารถลดลงได้ของไม้ยางพาราในปีที่ 1 คิดเป็นมูลค่า 3,711,744.00 บาทต่อปี แสดงการคำนวณดังนี้

สูตรการคำนวณ

มูลค่าไม้ยางพารา (บาทต่อปี) = จำนวนไม้ยางพาราที่ลดลง (กิโลกรัมต่อวัน) × วันที่ทำงานต่อปี
× ราคาไม้ยางพารา (บาทต่อกิโลกรัม) × อัตราการผลิต ...(10)

ตัวอย่างคำนวณ

มูลค่าไม้ยางพาราปีที่ 1 = 16,110 × 360 × 0.8 × 80%
= 3,711,744.00 บาทต่อปี

เมื่อพิจารณาตลอดอายุของโครงการ 10 ปี จะสามารถประมาณการมูลค่าไม้ยางพาราที่สามารถลดลงได้ในปีที่ 1 (กำลังการผลิต 80 เปอร์เซ็นต์) เท่ากับ 3,711,744.00 บาท ในปี

ที่ 2 (กำลังการผลิต 90 เปอร์เซ็นต์) เท่ากับ 4,175,712.00 บาท และในปีที่ 3 ถึง 10 (กำลังการผลิต 100 เปอร์เซ็นต์) เท่ากับ 4,639,680.00 บาท

ผลประโยชน์อื่นๆ ซึ่งก็คือค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากกระบวนการผลิตที่ลดลงเมื่อนำกากใบชามาผลิตแทนไม้ยางพารา ซึ่งปกติ หากนำไม้ยางพารามาผลิตต้องผ่านกระบวนการสับไม้หยาบ (Chipper) สับละเอียด (Flaker) และคัดขนาด (Screener) แต่เมื่อนำกากใบชามาผลิตแทนจะสามารถลดทั้ง 3 กระบวนการนี้ ดังนั้นค่าไฟฟ้าที่เกิดจากทั้ง 3 กระบวนการก็จะลดลงด้วย ซึ่งค่าไฟฟ้าสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 11

ค่าไฟฟ้า = กำลังงาน (กิโลวัตต์) × การบริโภค (ชั่วโมง) × ค่าไฟต่อหน่วย (บาท)

× วันทำการ (วันต่อปี) ...(11)

ค่าไฟฟ้าจากเครื่องสับไม้หยาบ (Chipper) = 250 × 0.32 × 3.82 × 360

= 110,016.00 บาทต่อปี

ค่าไฟฟ้าจากเครื่องสับละเอียด (Flaker) = 160 × 0.32 × 3.82 × 360

= 70,410.24 บาทต่อปี

ค่าไฟฟ้าจากเครื่องคัดขนาด (Screener) = 360 × 0.14 × 3.82 × 360

= 69,310.08 บาทต่อปี

ดังนั้น ค่าไฟฟ้ารวม = 110,016.00 + 70,410.24 + 69,310.08

= 249,736.32 บาทต่อปี

แต่ในระยะแรก (ปีที่ 1) ของโครงการมีอัตราการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา 80 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังการผลิตสูงสุด ส่งผลให้มีค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ในปีที่ 1 เท่ากับ 199,789.056 บาทต่อปี ส่วนปีที่ 2 มีอัตราการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล 90 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังการผลิตสูงสุด ส่งผลให้มีมีค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้เท่ากับ 224,762.69 บาทต่อปี และในปีที่ 3-10 มีค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้เท่ากับ 249,736.32 บาทต่อปี เพราะฉะนั้นผลประโยชน์ของโครงการสำหรับโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลในปีที่ 1 คิดเป็นมูลค่ารวมเท่ากับ 3,911,533.06 บาทต่อปี (มูลค่าผลประโยชน์หลัก + ผลประโยชน์อื่นๆ)

เมื่อพิจารณาตลอดอายุของโครงการ 10 ปี จะสามารถประมาณการรายรับของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล คือ รายรับในปีที่ 1 เท่ากับ 3,911,533.06 บาท รายรับในปีที่ 2 เท่ากับ 4,400,474.69 บาท และรายรับในปีที่ 3 ถึง 10 เท่ากับ 4,889,416.32 บาท รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ประมาณการผลประโยชน์ของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลตลอดอายุโครงการ

ปีที่	อัตราการผลิต (%)	ประมาณการรายรับ (บาท)	ปีที่	อัตราการผลิต (%)	ประมาณการรายรับ (บาท)
1	80	3,911,533.06	6	100	4,889,416.32
2	90	4,400,474.69	7	100	4,889,416.32
3	100	4,889,416.32	8	100	4,889,416.32
4	100	4,889,416.32	9	100	4,889,416.32
5	100	4,889,416.32	10	100	4,889,416.32

การคำนวณนี้ เป็นการคำนวณเฉพาะต้นทุนไม้ยางพาราและค่าไฟฟ้าที่ลดลง ยังไม่หักค่าใช้จ่ายเรื่องของกากใบชา เช่น การขนส่ง (เนื่องจากกากใบชาเก็บได้ไม่เกิน 2 วัน ดังนั้น ต้องมีการขนส่งกากใบชาทุกวันไม่เหมือนไม้ยางพาราที่สามารถเก็บได้ 3-4 วัน)

4. การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เป็นส่วนสำคัญของการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ โดยอาศัยข้อมูลจากการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิค และการประมาณการผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการในการพิจารณาต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการ ซึ่งการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงงานชาพร้อมดื่ม และความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) โรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม จะพิจารณาจากต้นทุนและรายรับที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการจากทั้ง 3 โรงงาน ซึ่งเป็นโรงงานในเครือของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม เนื่องจากกากใบชาที่ส่งให้โครงการมาจากทั้ง 3 โรงงาน แสดงรายละเอียดดังนี้

1.1 การประเมินต้นทุนในการลงทุนตามโครงการสำหรับโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

เงินลงทุนที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม ประกอบด้วย ค่าก่อสร้างพื้นที่สำหรับเตรียมกากใบชา ค่าลงทุนเครื่องจักร และค่ายานพาหนะ แสดงรายละเอียดดังนี้

1) ค่าก่อสร้าง ประกอบด้วย ค่าก่อสร้างพื้นที่สำหรับเตรียมกากใบชา ขนาด 70 ตารางเมตร แสดงรายละเอียดดังภาพที่ 22 ซึ่งคิดค่าก่อสร้างตารางเมตรละ 3,500 บาท (สมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย, 2557) ดังนั้น ค่าใช้จ่ายสำหรับสิ่งก่อสร้างได้ประเมินไว้ทั้งสิ้นเป็นจำนวนเงิน 245,000 บาท หากคิดทั้ง 3 โรงในเครือของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม โครงการจะมีค่าก่อสร้างรวมทั้งสิ้น 735,000 บาท

2) เงินลงทุนเครื่องจักร ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตในกระบวนการเตรียมกากใบชา ได้ประมาณไว้ทั้งสิ้น 380,000.00 บาท ดังตารางที่ 15 หากคิดทั้ง 3 โรงในเครือของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม โครงการจะมีเงินลงทุนเครื่องจักรทั้งหมดเป็นมูลค่า 1,140,000 บาท

3) ค่ายานพาหนะขนส่ง ประกอบด้วย รถบรรทุก 4 ล้อ เกียร์ รุ่น K2900 จำนวน 3 คัน (โรงงานละ 1 คัน) ราคา 632,000 บาทต่อคัน (บริษัท เกียร์ จำกัด) รวมค่ายานพาหนะในการขนส่งประมาณ 1,896,000 บาท

จากรายละเอียดข้างต้น การประมาณการลงทุนของโครงการในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม มีมูลค่าการลงทุนประมาณ 3,771,000 บาท ดังแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 เงินลงทุนของโครงการสำหรับโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

รายการ	บาท
ค่าสิ่งก่อสร้าง	735,000
ค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์	1,140,000
ค่ายานพาหนะ	1,896,000
รวม	3,771,000

1.2 ต้นทุนการผลิตของโครงการสำหรับโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

ต้นทุนการผลิตของโครงการได้แก่ ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตโดยตรง เช่น ค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าเสื่อมราคาเป็นต้น และต้นทุนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตโดยตรงได้แก่ ค่าบำรุงรักษา มีรายละเอียดดังนี้

1) ค่าเสื่อมราคา ประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคาสิ่งก่อสร้าง ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร และค่าเสื่อมราคายานพาหนะ ซึ่งคิดอายุการใช้งานที่ 20 ปี 10 ปี และ 10 ปี ตามลำดับ โดยคิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง (Straight-Line Depreciation) แสดงดังสมการ

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = \frac{\text{ราคาต้นทุนทรัพย์สิน} - \text{ราคาขายสินทรัพย์เมื่อหมดอายุการใช้งาน}}{\text{จำนวนปีของอายุการใช้งาน}} \quad ..(12)$$

ค่าเสื่อมราคาสิ่งก่อสร้างคิดจากราคาสิ่งก่อสร้างซึ่งมีมูลค่าโดยประมาณ 735,000 บาท เมื่อหมดอายุการใช้งานแล้วมีความจำเป็นต้องทุบทิ้งเพื่อความปลอดภัย ดังนั้นค่าเสื่อมอายุสิ่งก่อสร้างเท่ากับ 36,750 บาทต่อปี

$$\text{ค่าเสื่อมราคาสิ่งก่อสร้าง} = \frac{735,000}{20}$$

$$= 36,750 \text{ บาทต่อปี}$$

ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรอุปกรณ์การผลิต (อายุ 10 ปี) คิดจากราคาเครื่องจักรอุปกรณ์ (ตารางที่15) มีมูลค่าโดยประมาณ 1,140,000 บาท เมื่อหมดอายุการใช้งานเครื่องจักรสามารถขายต่อให้กับผู้สนใจได้ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาเครื่องจักร (จากการสอบถามผู้ผลิต) ดังนั้นค่าเสื่อมอายุเครื่องจักรอุปกรณ์เท่ากับ 91,200 บาทต่อปี

$$\text{ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรอุปกรณ์การผลิต} = \frac{1,140,000 - (1,140,000 \times 10\%)}{10}$$

$$= 102,600 \text{ บาทต่อปี}$$

ค่าเสื่อมราคายานพาหนะ (อายุ 10 ปี) มูลค่าโดยประมาณค่ารถบรรทุก 4 ล้อ เมื่อหมดอายุการใช้งานเท่ากับ 126,400 บาทต่อคัน (บริษัทไฟแนนต์ใน อ. หาดใหญ่ จ.สงขลา) ดังนั้นรถจำนวน 3 คัน มีค่าเสื่อมราคารถเท่ากับ 151,680 บาทต่อปี

$$\text{ค่าเสื่อมราคายานพาหนะ} = \frac{(1,896,000) - (126,400+126,400+126,400)}{10}$$

$$= 151,680 \text{ บาทต่อปี}$$

2) ค่าบำรุงรักษาประกอบด้วย ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร และค่าบำรุงรักษายานพาหนะ ซึ่งคิดจาก 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร และ 20 เปอร์เซ็นต์ของค่าเสื่อม

ราคายานพาหนะโดยมีค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรเท่ากับ 102,600 บาทต่อปี และค่าบำรุงรักษาค่ายานพาหนะ เท่ากับ 30,336 บาทต่อปี ดังนั้นมีค่าบำรุงรักษารวมทั้งสิ้น 40,596 บาทต่อปี

ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ = 102,600 × 10%

= 10,260 บาทต่อปี

ค่าบำรุงรักษายานพาหนะ = 151,680 × 20%

= 30,336 บาทต่อปี

3) ค่าจ้างแรงงานดูแลกระบวนการเตรียมกากใบชาประกอบด้วย พนักงานจำนวน 1 คน ซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมดูแลกระบวนการเตรียมกากใบชา คิดเงินเดือนเดือนละ 15,000 บาท หรือคิดเป็น 180,000 บาทต่อปี ดังนั้นค่าจ้างแรงงานดูแลกระบวนการเตรียมกากใบชา ทั้ง 3 โรงในเครือของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มมีค่าเท่ากับ 540,000 บาทต่อปี

4) ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ประกอบด้วย ค่าน้ำมันที่เกิดจากการใช้รถบรรทุก 4 ล้อ ขนถ่ายกากใบชาภายในโรงงานจากไซโลไปยังพื้นที่สำหรับเตรียมกากใบชา ซึ่งระยะทางในการขนถ่ายกากใบชาสำหรับโรงงาน นวนคร ประมาณ 1 กิโลเมตร (6 เที่ยว) ระยะทางของโรงงาน วังม่วง ประมาณ 0.4 กิโลเมตร (2 เที่ยว) และระยะทางของโรงงาน อมตะนคร ประมาณ 0.4 กิโลเมตร (2 เที่ยว) ดังนั้น รวมระยะทางขนถ่ายกากใบชาจากไซโลมายังพื้นที่เตรียมกากใบชาเท่ากับ 1.8 กิโลเมตร จากข้อมูลสามารถนำมาคำนวณค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนถ่ายกากใบชาได้เท่ากับ 7,580 บาทต่อปี

ค่าน้ำมันดีเซล = อัตราส่วนการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ลิตร/กิโลเมตร) × ระยะทาง (กิโลเมตร) × ค่าน้ำมัน (บาท/ลิตร) × วันทำการ ....(14)

= (3 × 0.13) × 1.8 × 29.99 × 360

= 7,580 บาทต่อปี

5) ค่าไฟฟ้าพิจารณาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดของโครงการในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มทั้ง 3 โรงในเครือของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม โดยคำนวณการคิดค่าไฟฟ้าตามสมการ ดังนี้

พลังงานไฟฟ้า = พลังงานไฟฟ้า × ชั่วโมงต่อปี × ร้อยละการใช้งาน ....(15)

พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่โครงการใช้ในการดำเนินงานประมาณ 10,021 กิโลวัตต์ต่อปี ดังตารางที่ 18 เมื่อคำนวณค่าไฟฟ้า พบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 400 หน่วยต่อเดือน ขึ้นไปจะคิดที่อัตราไฟฟ้า 3.82 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง (การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย, 2557) โครงการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 10,021 กิโลวัตต์ เพราะฉะนั้น ค่าไฟฟ้าที่โครงการใช้ทั้งหมดเท่ากับ 38,281 บาทต่อปี ทั้งนี้ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของทั้งโครงการ แสดงดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 การใช้พลังไฟฟ้าของโครงการ

รายการ	กำลังงาน (kw)	ชั่วโมงทำงาน	วันทำการ	กำลังงานต่อปี (kw)
โรงงาน นวนคร				
เครื่องอัดกากใบชา (อัดกากใบชา 56 ก้อน)	10	1	360	3,600
สานพานลำเลียง	1.1	1	360	396
รถยกไฟฟ้า	3.94	1	360	1418.4
โรงงาน วังม่วง				
เครื่องอัดกากใบชา (อัดกากใบชา 27ก้อน)	10	0.42	360	1,512
สานพานลำเลียง	1.1	0.5	360	198
รถยกไฟฟ้า	3.94	0.5	360	709.2
โรงงาน อมตะนคร				
เครื่องอัดกากใบชา (อัดกากใบชา 23ก้อน)	10	0.37	360	1332
สานพานลำเลียง	1.1	0.37	360	146.5
รถยกไฟฟ้า	3.94	0.5	360	709.2
	รวม			10,021

จากต้นทุนค่าใช้จ่ายต่างๆ สามารถนำมาหาค่าต้นทุนการผลิตของโครงการ ดังแสดงในตางรางที่ 20

ตารางที่ 20 ต้นทุนการผลิตของโครงการในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

รายการ	บาท/ปี
ค่าเสื่อมราคา	
สิ่งก่อสร้าง (อายุ 20 ปี)	36,750
เครื่องจักรและอุปกรณ์ (อายุ 10 ปี)	102,600
ยานพาหนะ (อายุ 10 ปี)	151,680
ค่าบำรุงรักษา	
เครื่องจักรและอุปกรณ์	10,260
ยานพาหนะ	30,336
ค่าจ้างพนักงาน	540,000
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	7,580
ค่าไฟฟ้า	38,281
รวม	**917,487**

1.3 รายรับจากการดำเนินโครงการสำหรับโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

รายรับของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม คือ ผลประโยชน์ที่ได้รับจาการดำเนินโครงการ ซึ่งประมาณการจากค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากใบชาที่สามารถลดลงได้ เมื่อมีการนำกากใบชาไปผลิตแผ่นปาร์ติเกิลแทนการฝังกลบ ซึ่งมีมูลค่าเท่ากับ 2,676,600 บาทต่อปี

1.4 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการสำหรับโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

สำหรับการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม กำหนดระยะเวลาโครงการที่ 10 ปี โดยประมาณการกำไรขาดทุนตลอดระยะเวลาโครงการ (ตารางที่ 21) และพิจารณาเกณฑ์ตัดสินใจเพื่อลงทุนจาก อัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน (B/C Ration) และระยะเวลาคืนทุน โดยมีสมมุติฐานในการทำวิจัยว่า ไม่นำดอกเบี้ยมาคิด เพราะว่ารายจ่ายไม่มากเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโรงงาน จึงเป็นการลงทุนด้วยเงินของกิจการเองและกำหนดอัตราคิดลด ร้อยละ 8 (อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ร้อยละ 8) สำหรับการคิดอัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน (B/C Ration)

1) อัตราส่วนผลได้และต้นทุน (B/C Ratio)

อัตราส่วนผลได้และต้นทุนเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในโครงการ แสดงดังตารางที่ 22 ซึ่ง

อัตราส่วนผลได้และต้นทุนของโครงการมีค่าเท่ากับ 1.86 แสดงว่าโครงการให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับที่ลงทุนไป พิจารณาจากอัตราส่วนผลได้และต้นทุนมีค่ามากกว่า 1

2) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าลงทุนของโครงการ ซึ่งโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2 ปี 3 เดือน (ตารางที่ 24) ซึ่งถือว่าเป็นระยะเวลาที่ดีสำหรับการดำเนินกิจการในระยะเวลา 10 ปี สอดคล้องกับที่ ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ (2540) กล่าวว่า โครงการที่ดีควรให้ผลตอบแทนคืนเร็วระหว่าง 3-5 ปี แสดงว่าโครงการนี้มีความเป็นไปได้ในการลงทุน

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนด้านการลงทุน พบว่า โครงการมีระยะเวลาในการคืนทุนประมาณ 2 ปี 3 เดือน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ไม่นาน แต่การพิจารณาระยะเวลาในการคืนทุนไม่ได้พิจารณามูลค่าของเงินที่ลดลงตามเวลา ฉะนั้นจึงต้องพิจารณาระยะเวลาคืนทุนประกอบกับอัตราส่วนผลได้และต้นทุนร่วม พบว่า โครงการมีค่าอัตราส่วนผลได้และต้นทุนเท่ากับ 1.86 แสดงว่าการลงทุนให้ผลตอบแทนมากกว่าที่ลงทุนไปตลอดอายุโครงการ จึงสรุปได้ว่า การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการสำหรับโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มมีความเป็นไปได้และน่าสนใจในการลงทุน

ตารางที่ 21 งบกำไร-ขาดทุนของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา สำหรับโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

รายการ	งบกำไร-ขาดทุน ปีที่ 1-10									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
รายได้	2,676,600.00	2,676,600.00	2,676,600.00	2,676,600.00	2,676,600.00	2,676,600.00	2,676,600.00	2,676,600.00	2,676,600.00	2,676,600.00
หักค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ*	626,457.00	626,457.00	626,457.00	626,457.00	626,457.00	626,457.00	626,457.00	626,457.00	626,457.00	626,457.00
หักค่าเสื่อมราคา	291,030.00	291,030.00	291,030.00	291,030.00	291,030.00	291,030.00	291,030.00	291,030.00	291,030.00	291,030.00
หักค่าดอกเบี้ย	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
กำไรสุทธิก่อนหักภาษี	1,759,113.00	1,759,113.00	1,759,113.00	1,759,113.00	1,759,113.00	1,759,113.00	1,759,113.00	1,759,113.00	1,759,113.00	1,759,113.00
ภาษีเงินได้นิติบุคคล ร้อยละ 20	351,822.60	351,822.60	351,822.60	351,822.60	351,822.60	351,822.60	351,822.60	351,822.60	351,822.60	351,822.60
กำไรสุทธิ	1,407,290.40	1,407,290.40	1,407,290.40	1,407,290.40	1,407,290.40	1,407,290.40	1,407,290.40	1,407,290.40	1,407,290.40	1,407,290.40
กำไรสะสม	1,407,290.40	2,814,580.80	4,221,871.20	5,629,161.60	7,036,452.00	8,443,742.40	9,851,032.80	11,258,323.20	12,665,613.60	14,072,904.00

หมายเหตุ * คือ ค่าบำรุงรักษา ค่าจ้างพนักงาน ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง และค่าไฟฟ้า

ตารางที่ 22 อัตราส่วนผลได้และต้นทุนของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราสำหรับโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

ปี	เงินลงทุน	ค่าเสื่อมราคา	ค่าดำเนินการ	ต้นทุนรวม	ผลประโยชน์	PWF (8,10)	PV ต้นทุน	PV ผลตอบแทน
1	3,771,000.00	291,030.00	626,457.00	4,688,487.00	2,676,600.00	0.9259	4,341,070.11	2,478,263.94
2		291,030.00	626,457.00	917,487.00	2,676,600.00	0.8573	786,561.61	2,294,649.18
3		291,030.00	626,457.00	917,487.00	2,676,600.00	0.7938	728,301.18	2,124,685.08
4		291,030.00	626,457.00	917,487.00	2,676,600.00	0.7350	674,352.95	1,967,301.00
5		291,030.00	626,457.00	917,487.00	2,676,600.00	0.6806	624,441.652	1,821,693.96
6		291,030.00	626,457.00	917,487.00	2,676,600.00	0.6302	578,200.31	1,686,793.32
7		291,030.00	626,457.00	917,487.00	2,676,600.00	0.5835	535,353.66	1,561,796.10
8		291,030.00	626,457.00	917,487.00	2,676,600.00	0.5403	495,718.23	1,446,166.98
9		291,030.00	626,457.00	917,487.00	2,676,600.00	0.5002	458,927.00	1,338,835.32
10		291,030.00	626,457.00	917,487.00	2,676,600.00	0.4632	424,979.98	1,239,801.12
รวม	3,771,000.00	2,910,300.00	6,264,570.00	12,945,870.00	26,766,000.00		9,647,906.68	17,959,986.00

อัตราส่วนผลตอบแทน/ต้นทุน = มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน/มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย

= 17,959,986.00/9,647,906.68

= 1.86

ตารางที่ 23 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา สำหรับโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม

รายการ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
กำไรสุทธิ	1,407,290.40	1,407,290.40	1,407,290.40	1,407,290.40	1,407,290.40	1,407,290.40	1,407,290.40	1,407,290.40	1,407,290.40	1,407,290.40
ค่าเสื่อมราคา	291,030.00	291,030.00	291,030.00	291,030.00	291,030.00	291,030.00	291,030.00	291,030.00	291,030.00	291,030.00
กระแสเงินสด (กำไรสุทธิ+ ค่าเสื่อมราคา)	1,698,320.40	1,698,320.40	1,698,320.40	1,698,320.40	1,698,320.40	1,698,320.40	1,698,320.40	1,698,320.40	1,698,320.40	1,698,320.40
กระแสเงินสดสะสม	1,698,320.40	3,396,640.80	5,094,961.20	6,793,281.60	8,491,602.00	10,189,922.40	11,888,242.80	13,586,563.20	15,284,883.60	16,983,204.00
เงินลงทุน	3,771,000.00	3,771,000.00	3,771,000.00	3,771,000.00	3,771,000.00	3,771,000.00	3,771,000.00	3,771,000.00	3,771,000.00	3,771,000.00
	ไม่คืนทุน	ไม่คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุนครั้งแรก/กระแสเงินสดสุทธิต่อปี

= 3,771,000.00/1,698,320.40

= 2.22

ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนของโครงการ สำหรับโรงงานชาพร้อมดื่ม (เงินสดรับสะสมมีค่าเท่ากับเงินลงทุน ณ. เริ่มโครงการ) เท่ากับ 2 ปี 3 เดือน

(2) โรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการในส่วนของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจะพิจารณาจากต้นทุนและรายรับที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการดังนี้

2.1 การประเมินต้นทุนในการลงทุนตามโครงการสำหรับโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

เงินลงทุนที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการในส่วนของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล ประกอบด้วย ค่าปรับปรุงสถานที่ ค่าลงทุนเครื่องจักร แสดงรายละเอียดดังนี้

1) ค่าปรับปรุงสถานที่ประกอบด้วย ค่าปรับปรุงสถานที่บริเวณลานกองกากใบชา โดยเจาะพื้นขนาด 0.8 ตารางเมตร เพื่อเป็นช่องสำหรับป้อนกากใบชาเข้าสู่สายพานลำเลียงมีค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 7,500 บาท

2) เงินลงทุนเครื่องจักร ประกอบด้วย สายพานลำเลียงที่เพิ่มเข้ามาในกระบวนการรับวัตถุดิบและผสมกาว โดยมีค่าใช้จ่ายรวมทั้งสิ้น 1,709,000 บาท รายละเอียดดังตารางที่ 16

จากรายละเอียดข้างต้น การประมาณการลงทุนของโครงการในส่วนของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลมีมูลค่าการลงทุนประมาณ 1,716,500 บาท ดังแสดงในตารางที่ 26

ตารางที่ 24 เงินลงทุนของโครงการสำหรับโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

รายการ	บาท
ค่าปรับปรุงสถานที่	7,500
ค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์	1,709,000
รวม	1,716,500

2.2 ต้นทุนการผลิตของโครงการสำหรับโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

ต้นทุนการผลิตของโครงการ ได้แก่ ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตโดยตรง เช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าสารเคมี ค่าขนส่ง เป็นต้น และต้นทุนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตโดยตรงได้แก่ ค่าบำรุงรักษา มีรายละเอียดดังนี้

1) ค่าเสื่อมราคา ประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรคิดอายุการใช้งานที่ 10 ปี โดยคิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง (Straight-Line Depreciation) ซึ่งค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรอุปกรณ์การผลิตคิดจากราคาเครื่องจักรอุปกรณ์ (ตารางที่ 16) มีมูลค่าโดยประมาณ 1,709,000 บาท เมื่อหมดอายุการใช้งานเครื่องจักรสามารถขายต่อให้กับผู้สนใจได้ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาเครื่องจักร (จากการสอบถามผู้ผลิต) ดังนั้นค่าเสื่อมอายุเครื่องจักรอุปกรณ์เท่ากับ 153,810 บาทต่อปี

$$\text{ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรอุปกรณ์การผลิต} = \frac{1{,}709{,}000 - (1{,}709{,}000 \times 10\%)}{10}$$

= 153,810 บาทต่อปี

2) ค่าบำรุงรักษาประกอบด้วย ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร ซึ่งคิดจาก 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร มีมูลค่าเท่ากับ 153,810 บาทต่อปี

ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ = 153,810 × 10%

= 15,381 บาทต่อปี

3) ค่าขนส่งกากใบชาประกอบด้วย ค่าขนส่งกากใบชาซึ่งคิดจากโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มทั้ง 3 โรงในเครือของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มมายังโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลซึ่งตั้งอยู่ในจังหวัดสมุทรสาคร แสดงรายละเอียด ดังนี้

3.1) ค่าขนส่งคิดจากโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม นวนคร จังหวัดปทุมธานี มายังโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจังหวัดสมุทรสาคร ด้วยรถบรรทุก 6 ล้อคอก (มีผ้าใบคลุม) มีราคา 3,400 บาทต่อเที่ยว (ภรณ์กิตติขนส่ง จำกัด, 2557) ซึ่งทำการขนส่ง 1 เที่ยวต่อวัน โดยที่ 1 ปี ทำการผลิต 360 วัน จึงมีค่าขนส่งเกิดขึ้น 1,224,000 บาทต่อปี

3.2) ค่าขนส่งคิดจากโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม อมตะนครจังหวัดชลบุรี มายังโรงงานผลิตปาร์ติเกิลจังหวัดสมุทรสาคร ด้วยรถบรรทุก 4 ล้อคอก (มีผ้าใบคลุม) มีราคา 3,000 บาทต่อเที่ยว (ภรณ์กิตติขนส่ง จำกัด, 2557) ซึ่งทำการขนส่ง 1 เที่ยวต่อวัน โดยที่ 1 ปี ทำการผลิต 360 วัน จึงมีค่าขนส่งเกิดขึ้น 1,080,000 บาทต่อปี

3.3) ค่าขนส่งคิดจากโรงงานผลิตชาพร้อมดื่ม วังม่วง จังหวัดสระบุรี มายังโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจังหวัดสมุทรสาคร ด้วยรถบรรทุกทึบ 4 ล้อคอก (มีผ้าใบคลุม) มีราคา 4,000 บาทต่อเที่ยว (ภรณ์กิตติขนส่ง จำกัด, 2557) ซึ่งทำการขนส่ง 1 เที่ยวต่อวัน โดยที่ 1 ปี ทำการผลิต 360 วัน จึงมีค่าขนส่งเกิดขึ้น 1,440,000 บาทต่อปี

ค่าขนส่งรวม = 1,224,000 + 1,080,000 + 1,440,000

= 3,744,000 บาทต่อปี

ดังนั้นโครงการมีค่าขนส่งกากใบชารวมทั้งสิ้นปีละ 3,816,000 บาท

4) ค่าสารเคมีคือ ค่าสารเคมีที่ต้องใช้เพิ่มขึ้นเมื่อผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราที่อัตราส่วน 50:50 ประกอบด้วย กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ และแอมโมเนียมคลอไรด์ แสดงรายละเอียด ดังนี้

4.1) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ราคาขายอยู่ที่ 1.2 บาทต่อกิโลกรัม โดยต้องใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เพิ่มขึ้นจากเดิม 144.48 กิโลกรัมต่อวัน

ดังนั้นค่ากาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ = 1.2 × 144.48 × 360

= 62,415.36 บาทต่อปี

4.2) แอมโมเนียมคลอไรด์ ราคาขายอยู่ที่ 80 บาทต่อกิโลกรัม โดยต้องใช้แอมโมเนียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นจากเดิม 1.03 กิโลกรัมต่อวัน

ดังนั้นค่าแอมโมเนียมคลอไรด์ = 80 × 1.03 × 360

= 29,664 บาทต่อปี

ดังนั้น ค่าสารเคมีรวม = 62,415.36 + 29,664.00

= 92,079.36 บาทต่อปี

แต่ในระยะแรก (ปีที่ 1) ของโครงการมีอัตราการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา 80 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังการผลิตสูงสุด ส่งผลให้มีค่าสารเคมีที่เพิ่มขึ้นในปีที่ 1 เท่ากับ 73,663.49 บาทต่อปี ส่วนปีที่ 2 มีอัตราการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล 90 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังการผลิตสูงสุด ส่งผลให้มีค่าสารเคมีเพิ่มขึ้นเท่ากับ 82,871.42 บาทต่อปี และในปีที่ 3-10 มีค่าสารเคมีเพิ่มขึ้น 92,079.36 บาทต่อปี

จากต้นทุนค่าใช้จ่ายต่างๆ สามารถนำมาหาค่าต้นทุนการผลิตของโครงการ ดังแสดงในตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ต้นทุนการผลิตของโครงการในส่วนของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

รายการ	**บาท/ปี**
ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์ (อายุ 10 ปี)	153,810
ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์	15,381
ค่าขนส่งกากใบชา	3,744,000
ค่าสารเคมี	92,079.36
รวม	4,005,270.36

2.3 รายรับจากการดำเนินโครงการสำหรับโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

รายรับของโครงการ คือ ผลประโยชน์ที่ได้รับจาการดำเนินโครงการ ซึ่งประมาณการจากมูลค่าของไม้ยางพาราที่ประหยัดลงได้ต่อปี แสดงดังตารางที่ 19 โดยในปีที่ 1 จะมีรายรับเกิดขึ้น 3,911,533.06 บาทต่อปี ปีที่ 2 มีรายรับเกิดขึ้น 4,400,474.69 บาทต่อปี และปี่ที่ 3-10 มีรายรับเกิดขึ้น 4,889,416.32 บาทต่อปี

2.4 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการสำหรับโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

สำหรับการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของการโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราในส่วนของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลกำหนดระยะเวลาโครงการที่ 10 ปี โดยประมาณการกำไรขาดทุนตลอดระยะเวลาโครงการ (ตารางที่ 26) และพิจารณาเกณฑ์ตัดสินใจเพื่อลงทุนจาก อัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน (B/C Ration) และระยะเวลาคืนทุนโดยมีสมมุติฐานในการทำวิจัยว่า ไม่นำดอกเบี้ยมาคิด เพราะว่ารายจ่ายไม่มากเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโรงงาน จึงเป็นการลงทุนด้วยเงินของกิจการเองและกำหนดอัตราคิดลด ร้อยละ 8 (อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ร้อยละ 8) สำหรับการคิดอัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน (B/C Ration)

1) อัตราส่วนผลได้และต้นทุน (B/C Ratio)

เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในโครงการ แสดงดังตารางที่ 27 ซึ่งอัตราส่วนผลได้และต้นทุนของโครงการมีค่าเท่ากับ 1.11 แสดงว่าโครงการให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับที่ลงทุนไป พิจารณาจากอัตราส่วนผลได้และต้นทุนมีค่ามากกว่า 1

2) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าลงทุนของโครงการ ซึ่งโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราในส่วนของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 3 ปี 4 เดือน (ตารางที่ 28) ซึ่งถือว่าเป็นระยะเวลาที่ดีสำหรับการดำเนินกิจการในระยะเวลา 10 ปี เนื่องจากโครงการที่ดีควรให้ผลตอบแทนคืนเร็วระหว่าง 3-5 ปี (ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ, 2540) แสดงว่า โครงการนี้มีความเป็นไปได้ในการลงทุน

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านการเงินของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา สำหรับโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล โดยงบกำไร-ขาดทุนของโครงการแสดงดังตารางที่ 25 พบว่า โครงการมีระยะเวลาในการคืนทุน ประมาณ 3 ปี 4 เดือน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ไม่นาน แต่การพิจารณาระยะเวลาในการคืนทุนไม่ได้พิจารณามูลค่าของเงินที่ลดลงตาม

เวลา ฉะนั้นจึงต้องพิจารณาระยะเวลาคืนทุนประกอบกับอัตราส่วนผลได้และต้นทุนร่วม พบว่า โครงการมีค่าอัตราส่วนผลได้และต้นทุนเท่ากับ 1.11 แสดงว่า การลงทุนให้ผลตอบแทนมากกว่าเงินที่ลงทุนไปตลอดอายุโครงการ จึงสรุปได้ว่า มีความเป็นไปได้ในการงทุนสำหรับโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

ตารางที่ 26 งบกำไร-ขาดทุนของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา สำหรับโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

รายการ	งบกำไร-ขาดทุน ปีที่ 1-10									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
รายได้	3,911,533.06	4,400,474.69	4,889,416.32	4,889,416.32	4,889,416.32	4,889,416.32	4,889,416.32	4,889,416.32	4,889,416.32	4,889,416.32
หักค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ*	3,851,460.36	3,851,460.36	3,851,460.36	3,851,460.36	3,851,460.36	3,851,460.36	3,851,460.36	3,851,460.36	3,851,460.36	3,851,460.36
หักค่าเสื่อมราคา	153,810.00	153,810.00	153,810.00	153,810.00	153,810.00	153,810.00	153,810.00	153,810.00	153,810.00	153,810.00
หักค่าดอกเบี้ย	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
กำไรสุทธิก่อนหักภาษี	-75,321.43	404,412.27	884,145.96	884,145.96	884,145.96	884,145.96	884,145.96	884,145.96	884,145.96	884,145.96
ภาษีเงินได้นิติบุคคล ร้อยละ 20	0.00	80,882.45	176,829.19	176,829.19	176,829.19	176,829.19	176,829.19	176,829.19	176,829.19	176,829.19
กำไรสุทธิ	-75,321.43	323,529.82	707,316.77	707,316.77	707,316.77	707,316.77	707,316.77	707,316.77	707,316.77	707,316.77
กำไรสะสม	-75,321.43	248,208.39	955,525.16	1,662,841.93	2,370,158.70	3,077,475.47	3,784,792.24	4,492,109.01	5,199,425.78	5,906,742.55

หมายเหตุ ***** คือ ค่าบำรุงรักษา ค่าขนส่งกากใบชา และค่าสารเคมี

ตารางที่ 27 อัตราส่วนผลได้และต้นทุนของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา สำหรับโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

ปี	เงินลงทุน	ค่าเสื่อมราคา	ค่าดำเนินการ	ต้นทุนรวม	ผลประโยชน์	PWF (8,10)	PV ต้นทุน	PV ผลตอบแทน
1	1,716,500.00	153,810.00	3,833,044.49	5,703,354.49	3,911,533.06	0.9259	5,280,735.92	3,621,688.46
2		153,810.00	3,842,252.42	3,996,062.42	4,400,474.69	0.8573	3,425,824.31	3,772,526.95
3		153,810.00	3,851,460.36	4,005,270.36	4,889,416.32	0.7938	3,179,383.61	3,881,218.68
4		153,810.00	3,851,460.36	4,005,270.36	4,889,416.32	0.7350	2,943,873.71	3,593,721.00
5		153,810.00	3,851,460.36	4,005,270.36	4,889,416.32	0.6806	2,725,987.01	3,327,736.75
6		153,810.00	3,851,460.36	4,005,270.36	4,889,416.32	0.6302	2,524,121.38	3,081,310.17
7		153,810.00	3,851,460.36	4,005,270.36	4,889,416.32	0.5835	2,337,075.26	2,852,974.42
8		153,810.00	3,851,460.36	4,005,270.36	4,889,416.32	0.5403	2,164,047.58	2,641751.638
9		153,810.00	3,851,460.36	4,005,270.36	4,889,416.32	0.5002	2,003,436.23	2445686.043
10		153,810.00	3,851,460.36	4,005,270.36	4,889,416.32	0.4632	1,855,241.23	2264777.639
รวม	1,716,500.00	1,538,100.00	38,486,979.79	41,741,579.79	47,427,338.31		28,439,726.24	31,483,391.75

อัตราส่วนผลตอบแทน/ต้นทุน = มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน/มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย

= 31,483,391.75/28,439,726.24

= 1.11

ตารางที่ 28 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา สำหรับโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

รายการ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
กำไรสุทธิ	-75,321.43	323,529.82	707,316.77	707,316.77	707,316.77	707,316.77	707,316.77	707,316.77	707,316.77	707,316.77
ค่าเสื่อมราคา	153,810.00	153,810.00	153,810.00	153,810.00	153,810.00	153,810.00	153,810.00	153,810.00	153,810.00	153,810.00
กระแสเงินสด(กำไรสุทธิ+ ค่าเสื่อมราคา)	78,488.57	477,339.82	861,126.77	861,126.77	861,126.77	861,126.77	861,126.77	861,126.77	861,126.77	861,126.77
กระแสเงินสดสะสม	78,488.57	555,828.39	1,416,955.16	2,278,081.93	3,139,208.70	4,000,335.47	4,861,462.24	5,722,589.01	6,583,715.78	7,444,842.55
เงินลงทุน	1,709,000.00	1,709,000.00	1,709,000.00	1,709,000.00	1,709,000.00	1,709,000.00	1,709,000.00	1,709,000.00	1,709,000.00	1,709,000.00
	ไม่คืนทุน	ไม่คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน

ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ สำหรับโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล (เงินสดรับสะสมมีค่าเท่ากับเงินลงทุน ณ. เริ่มโครงการ) เท่ากับ 3ปี 4 เดือน

(3) **การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา**

เมื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของทั้งโครงการ โดยมีต้นทุน ประกอบด้วย เงินลงทุนเท่ากับ 5,487,500 บาท ค่าเสื่อมราคาเท่ากับ 444,840 บาทต่อปี และมีค่าดำเนินการ ปีที่ 1 เท่ากับ 4,459,501.49 บาทต่อปี ปีที่ 2 เท่ากับ 4,468,709.42 บาทต่อปี ปีที่ 3 เท่ากับ 4,477,917.36 บาทต่อปี และมีรายรับของโครงการในปีที่ 1 เท่ากับ 6,588,133.06 บาทต่อปี ปีที่ 2 เท่ากับ 7,077,074.69 บาทต่อปี และปีที่ 3 เท่ากับ 7,566,016.32 บาทต่อปี

จากการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา กำหนดระยะเวลาโครงการที่ 10 ปี โดยประมาณการกำไรขาดทุนตลอดระยะเวลาโครงการ (ตารางที่ 29) และพิจารณาเกณฑ์ตัดสินใจเพื่อการลงทุนจาก อัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน (B/C Ration) และระยะเวลาคืนทุน พบว่า โครงการมีค่าอัตราส่วนผลได้และต้นทุนเท่ากับ 1.30 (ตารางที่ 30) แสดงว่าโครงการให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับที่ลงทุนไป พิจารณาจากอัตราส่วนผลได้และต้นทุนมีค่ามากกว่า 1 และมีระยะคืนทุนของโครงการเท่ากับ 2 ปี 8 เดือน (ตารางที่ 31) ซึ่งถือว่าเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินกิจการในระยะเวลา 10 ปี เนื่องจากโครงการที่ดีควรให้ผลตอบแทนคืนเร็วระหว่าง 3-5 ปี (ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ, 2540) แสดงว่าโครงการนี้มีความเป็นไปได้และน่าสนใจในการลงทุน

ตารางที่ 29 งบกำไร-ขาดทุนของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา

รายการ	งบกำไร-ขาดทุน ปีที่ 1-10									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
รายได้	6,588,133.06	7,077,074.69	7,566,016.32	7,566,016.32	7,566,016.32	7,566,016.32	7,566,016.32	7,566,016.32	7,566,016.32	7,566,016.32
หักค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	4,459,501.49	4,468,709.42	4,477,917.36	4,477,917.36	4,477,917.36	4,477,917.36	4,477,917.36	4,477,917.36	4,477,917.36	4,477,917.36
หักค่าเสื่อมราคา	444,840.00	444,840.00	444,840.00	444,840.00	444,840.00	444,840.00	444,840.00	444,840.00	444,840.00	444,840.00
หักค่าดอกเบี้ย	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
กำไรสุทธิก่อนหักภาษี	1,683,791.57	2,163,525.27	2,643,258.96	2,643,258.96	2,643,258.96	2,643,258.96	2,643,258.96	2,643,258.96	2,643,258.96	2,643,258.96
ภาษีเงินได้นิติบุคคลร้อยละ 20	336,758.31	432,705.05	528,651.79	528,651.79	528,651.79	528,651.79	528,651.79	528,651.79	528,651.79	528,651.79
กำไรสุทธิ	1,347,033.26	1,730,820.22	2,114,607.17	2,114,607.17	2,114,607.17	2,114,607.17	2,114,607.17	2,114,607.17	2,114,607.17	2,114,607.17
กำไรสะสม	1,347,033.26	3,077,853.48	5,192,460.65	7,307,067.82	9,421,674.99	11,536,282.16	13,650,889.33	15,765,496.50	17,880,103.67	19,994,710.84

ตารางที่ 30 อัตราส่วนผลได้และต้นทุนของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา

ปี	เงินลงทุน	ค่าเสื่อมราคา	ค่าดำเนินการ	ต้นทุนรวม	ผลประโยชน์	PWF (8,10)	PV ต้นทุน	PV ผลตอบแทน
1	5,487,500.00	444,840.00	4,459,501.49	10,391,841.49	6,588,133.06	0.9259	9,621,806.04	6,099,952.40
2		444,840.00	4,468,709.42	4,913,549.42	7,077,074.69	0.8573	4,212,385.92	6,067,176.13
3		444,840.00	4,477,917.36	4,922,757.36	7,566,016.32	0.7938	3,907,684.79	6,005,903.76
4		444,840.00	4,477,917.36	4,922,757.36	7,566,016.32	0.7350	3,618,226.66	5,561,022.00
5		444,840.00	4,477,917.36	4,922,757.36	7,566,016.32	0.6806	3,350,428.66	5,149,430.71
6		444,840.00	4,477,917.36	4,922,757.36	7,566,016.32	0.6302	3,102,321.69	4,768,103.49
7		444,840.00	4,477,917.36	4,922,757.36	7,566,016.32	0.5835	2,872,428.92	4,414,770.52
8		444,840.00	4,477,917.36	4,922,757.36	7,566,016.32	0.5403	2,659,765.80	4,087,918.62
9		444,840.00	4,477,917.36	4,922,757.36	7,566,016.32	0.5002	2,462,363.23	3,784,521.36
10		444,840.00	4,477,917.36	4,922,757.36	7,566,016.32	0.4632	2,280,221.21	3,504,578.76
รวม	5,487,500.00	4,448,400.00	44,751,549.79	54,687,449.79	74,193,338.31		38,087,632.92	49,443,377.75

อัตราส่วนผลตอบแทน/ต้นทุน = มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน/มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย

= 49,443,377.75/38,087,632.92

= 1.30

ตารางที่ 31 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา

รายการ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
กำไรสุทธิ	1,347,033.26	1,730,820.22	2,114,607.17	2,114,607.17	2,114,607.17	2,114,607.17	2,114,607.17	2,114,607.17	2,114,607.17	2,114,607.17
ค่าเสื่อมราคา	444,840.00	444,840.00	444,840.00	444,840.00	444,840.00	444,840.00	444,840.00	444,840.00	444,840.00	444,840.00
กระแสเงินสด (กำไรสุทธิ+ ค่าเสื่อมราคา)	1,791,873.26	2,175,660.22	2,559,447.17	2,559,447.17	2,559,447.17	2,559,447.17	2,559,447.17	2,559,447.17	2,559,447.17	2,559,447.17
กระแสเงินสดสะสม	1,791,873.26	3,967,533.48	6,526,980.65	9,086,427.82	11,645,874.99	14,205,322.16	16,764,769.33	19,324,216.50	21,883,663.67	24,443,110.84
เงินลงทุน	5,487,500.00	5,487,500.00	5,487,500.00	5,487,500.00	5,487,500.00	5,487,500.00	5,487,500.00	5,487,500.00	5,487,500.00	5,487,500.00
	ไม่คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน	คืนทุน

ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ สำหรับโครงการผลิตปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา (เงินสดรับสะสมมีค่าเท่ากับเงินลงทุน ณ. เริ่มโครงการ) เท่ากับ 2 ปี 8 เดือน

บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณและสมบัติของกากใบชาซึ่งเป็นของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตชาพร้อมดื่ม พบว่า ปริมาณกากใบชาจะขึ้นกับกำลังการผลิตชาพร้อมดื่ม ซึ่งมีปริมาณกากใบชาเกิดขึ้นโดยรวมประมาณ 7,560 ตันต่อปี โดยช่วงฤดูร้อนจะมีปริมาณกากใบชาสูงกว่าช่วงอื่น การวิเคราะห์สมบัติของกากใบชา พบว่า กากใบชามีความชื้นเฉลี่ย 87.33 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เฉลี่ย 5.19 และมีค่าการผ่อนความเป็นกรดด่างเฉลี่ยเท่ากับ 0.572 milliequivalent เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ยางพาราซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ผลิตแผ่นปาร์ติเกิล พบว่า มีสมบัติใกล้เคียงกัน ดังนั้น กากใบชาจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตแผ่น ปาร์ติเกิลร่วมกับไม้ยางพารา

จากการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิคในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพารา พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตในอัตราส่วนของกากใบชาต่อไม้ยางพาราเท่ากับ 50:50 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจาก มีค่าความแข็งแรงตามที่มาตรฐานกำหนด คือ มีค่าความต้านทานแรงดัด ค่าความยืดหยุ่นมอดูลัส และค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเท่ากับ 12.74, 1,985.57 และ 0.45 N/mm^2 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่อัตราส่วน 50:50 สามารถลดปริมาณการใช้ไม้ยางพาราลงได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นปาร์ติเกิลที่อัตราส่วน 40:60 ซึ่งมีความแข็งแรงตามที่มาตรฐานกำหนดแต่สามารถลดการใช้ปริมาณไม้ยางพาราลงได้เพียง 40 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิคในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากกากใบชาร่วมกับไม้ยางพาราในระดับอุตสาหกรรม พบว่า โรงงานผลิตชาพร้อมดื่มต้องมีการเพิ่มกระบวนการเตรียมกากใบชา ซึ่งมีทรัพยากรที่เพิ่มเข้ามาคือ พื้นที่สำหรับเตรียมกากใบชา เครื่องอัดกากใบชา สายพานลำเลียง และรถบรรทุก 4 ล้อ รวมเงินลงทุนทั้งสิ้น 3,771,000 บาท และโรงงานผลิต แผ่นปาร์ติเกิลต้องมีการปรับปรุงกระบวนการรับวัตถุดิบและกระบวนการผสมกาว ซึ่งมีทรัพยากรที่เพิ่มเข้ามาคือ สายพานลำเลียงและช่องสำหรับป้อนวัตถุดิบ โดยมีเงินลงทุนทั้งสิ้น 1,716,500 บาท เพื่อที่จะนำกากใบชามาเป็นส่วนหนึ่งในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลได้ สำหรับผลประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการนี้ ในส่วนโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มมีมูลค่าเท่ากับ 2,676,600 บาทต่อปี ในขณะที่โรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจะมีผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการในปีที่ 1 เท่ากับ 3,911,533 บาท ปีที่ 2 เท่ากับ 4,400,474 บาท และปีที่ 3 เท่ากับ 4,889,416 บาท

จากการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการทั้งสองโรงงาน ซึ่งมีระยะเวลาโครงการที่ 10 ปี โดยใช้เกณฑ์ อัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน และระยะเวลาคืนทุน พบว่า โครงการในส่วนของโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มมีสัดส่วนผลได้ต่อต้นทุนเท่ากับ 1.86 และมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2 ปี 3 เดือน จึงมี

ความเป็นไปได้ในการลงทุน ขณะที่โครงการในส่วนของโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล มีสัดส่วนผลได้ต่อต้นทุนเท่ากับ 1.11 และมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 3 ปี 4 เดือน ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการลงทุนเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาความเป็นไปได้ของทั้งโครงการ พบว่า มีสัดส่วนผลได้ต่อต้นทุนเท่ากับ 1.30 และมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2 ปี 8 เดือน ซึ่งหมายถึงโครงการนี้มีความเป็นไปได้และเหมาะสมในลงทุน

4.2 ข้อเสนอแนะ

กรณีศึกษานี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากใบชาที่เป็นของเสียจากโรงงานผลิตเครื่องดื่ม (โรงงาน ก.) มาใช้ทดแทนการใช้ชิ้นไม้สับในโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิล (โรงงาน ข.) ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นเฉพาะในกรณีตัวอย่างระหว่าง 2 โรงงานนี้เท่านั้น อย่างไรก็ดีในการศึกษานี้ได้พยายามหาสัดส่วนการใช้กากใบชาที่ทำให้แผ่นปาร์ติเกิลยังคงคุณสมบัติที่สำคัญไว้ รูปแบบทั่วไปของค่าใช้จ่ายและประโยชน์ที่ได้รับจากการนำกากใบชามาใช้ทดแทนการใช้ชิ้นไม้สับในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากโครงการนี้ยังสามารถนำมาใช้ในกรณีทั่วไปได้ หากแต่การนำผลการศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้กับโรงงานอื่นอาจต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลให้สอดคล้องเฉพาะกับกรณีศึกษานั้น ๆ

แม้ว่าโครงการนี้ให้ผลตอบแทนด้านเศรษฐกิจกับผู้ลงทุนไม่สูงนัก แต่ผลที่ได้รับจะมีคุณค่าทางสังคมในด้านการใช้ประโยชน์จากของเสียโรงงานอุตสาหกรรม และช่วยทำให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้นจากคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลที่มีส่วนผสมของกากใบชาซึ่งมีข้อดีกว่าแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากชิ้นไม้สับที่ได้จากส่วนของต้นยางพาราเพียงอย่างเดียว จากข้อมูลที่แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มในการขยายตัวของอุตสาหกรรมเครื่องดื่มจากชา และแนวโน้มความต้องการของแผ่นปาร์ติเกิล แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการนำกากใบชามาใช้ทดแทนชิ้นไม้สับในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นโรงงานผลิตชาพร้อมดื่มจึงควรพิจารณาถึงการพัฒนาวิธีเก็บรวบรวมกากใบชา และการดำเนินการที่ทำให้กากใบชามีความสะดวกในการขนส่งเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านการเก็บรวบรวมและค่าขนส่ง ส่วนโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลควรพิจารณาถึงการออกแบบเครื่องจักรในขั้นการเตรียมกากใบชาให้มีคุณสมบัติที่นำเข้าสู่การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลได้ง่ายและมีค่าเตรียมการที่ถูกลง

สำหรับในส่วนของการขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิล อาจต้องทดลองหาสภาวะ อัตราส่วนหรือสูตรที่จะช่วยให้สามารถเพิ่มปริมาณการใช้กากใบชา หรือลดปริมาณสัดส่วนการใช้ชิ้นไม้สับของยางพาราลงได้มากกว่านี้ โดยที่ยังคงคุณภาพให้เป็นไปตามมาตรฐานของแผ่นปาร์ติเกิลในเชิงพาณิชย์ เช่น การปรับเปลี่ยนชนิดของเรซินหรือสภาวะการขึ้นรูป เป็นต้น และอาจต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาดเพิ่มเติมเพื่อเป็นการยืนยันว่าผลิตภัณฑ์แผ่นปาร์ติเกิลที่พัฒนาขึ้นจะมีตลาดรองรับในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มยุทธศาสตร์และสารสนเทศ. 2555. บทความทางวิชาการ สถิติการปลูกชา (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.ndoae.com/Data_plant/tea2012_P1.htm. (29 พฤษภาคม 2556)

ขวัญอรุน บำรุงหมู่, แพทรียา เวฬุวนารักษ์, กฤติยา ปะสาวระ, นวลฉวี จันทร์เสน และ จิราพร ฉันวิจิตร. 2555. พฤติกรรมการซื้อซ้ำเครื่องดื่มชาเขียวโออิชิของกรุงเทพมหานคร. (ออนไลน์). สืบค้นจาก:http://www.slideshare.net/NuanchaweeJunsen/ss-11131376

(3 พฤษภาคม 2557)

จรรยา ชัยเจริญพงศ์. 2552. กากเมล็ดชากำจัดหอยเชอรี่. สัมมนาวิชาการระดับชาติ ครั้งที่4. ณ สถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์กรุงเทพมหานคร. 17 มีนาคม 2552. หน้า 37-40

จักรวัฒน์ เรืองแรงสกูล. 2554. การใช้กากมะพร้าว ต้นข้าวโพดและเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุประกอบชีวภาพทดแทนไม้ในแผ่นใยอัดความหนาแน่นปานกลาง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

จันทนาจันทโร และศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. 2540. การศึกษาความเป็นไปได้โครงการด้านธุรกิจและอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 6. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

ชญานาท แซ่ยิบและจิดานันท์ เอมเอก. 2549. การผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากกากชาและเส้นใยจากปาล์มน้ำมัน. ปริญญานิพนธ์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี. 2539. เศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์โครงการ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ชัยยศ สันติวงค์. 2536. การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. ไทยวัฒนาพานิช. กรุงเทพฯ.

ฐานปนา ฉิ่นไพศาล. 2542. การบริหารโครงการและการศึกษาความเป็นไปได้. พิมพ์ครั้งที่ 5. ธีระฟิล์มและไซเท็กซ์ จำกัด. กรุงเทพฯ.

ฐานเศรษฐกิจ. 2557. ส่งออกเฟอร์นิเจอร์ลุ้นระทึก(ออนไลน์). สืบค้นจาก:

http://www.thanonline.com/index.php?option=com_content&view=article&id=219466:2014-02-19-06-11-11&catid=87:2009-02-08-11-23-26&Itemid=423.

(3 เมษายน 2557)

เดอร์ รีเฟรชเชอร์. 2551. ชาคืออะไร(ออนไลน์). สืบค้นจาก:

http://www.refresherthai.com/article/tea.php. (30พฤษภาคม 2556)

ไทม์ฟอร์ที. 2552. เกร็ดความรู้รอบตัว ประโยชน์ของชา (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://rueanthai2.lefora.com/2009/04/22/20090422213825. (29พฤษภาคม 2556)

นิศากร เจริญดี. 2544. การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากผักตบชวา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหิดล.

นันทวัน บุณยะประภัศร. 2549. การเตรียมสารสกัดน้ำจากกากชาและผลิตภัณฑ์เสริมอาหารสัตว์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยมหิดล.

บริษัท เหยาเหยาที. 2556. กระบวนการผลิตชา (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.tea.co.th/th/knowledge_teaproduce. (29พฤษภาคม 2556)

บริษัท โออิชิ กรุ๊ป จำกัด (มหาชน). 2556. รายงานการประชุมสำมัญผู้ถือหุ้นประจำปี 2556 (ออนไลน์). สืบค้นจาก: www.oishigroup.com (31พฤษภาคม 2556)

ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ. 2545. การวางแผนและการวิเคราะห์โครงการ. ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด.กรุงเทพฯ.

ผู้จัดการออนไลน์. 2557.ก่อสร้างปีนี้พลาดเป้าล้านล้านบาท ปี 57 ส่อชะลอตัวตามภาวะเศรษฐกิจ (ออนไลน์).สืบค้นจาก : http://www.manager.co.th/iBizchannel/ViewNews.aspx?NewsID=956000015075 (4 พฤษภาคม 2557)

ผู้จัดการออนไลน์. 2557. แนวโน้มตลาดรวมชาพร้อมดื่ม(ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.manager.co.th/iBizchannel/viewNews.aspx?NewsID=957000000445 (3 เมษายน 2557)

ไพโรจน์ พงศ์ศุภสมิทธิ์. 2540. เทคโนโลยีการผลิตชา. พิมพ์ครั้งที่ 1. รั้วเขียว. กรุงเทพฯ.

ลานนาทอล์ค. 2556. ชาแบ่งตามกรรมวิธีการหมักและความสดของชา (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.lannatalkkhongdee.com/scoopDetail.php?id=Sco000141. (1 มิถุนายน 2556)

วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล (แผ่นชิ้นไม้อัด) และกรรมวิธีการผลิต. กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.

วิภา ธนะเพิ่ม, นภดล กีรติรัฐิติกุล, ฐิติกุล ภาคคีรี, และวรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2551. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากใบชา. ว. กรมป่าไม้. 7 : 168-181.

วิภาวี ศรีทาสร้อย. 2552. การศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดตั้งโรงงานผลิตอาหารแปรรูปจากหมึกในจังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิริยะ มีศรี. 2540. กาว. ว. วิทยาศาสตร์. 51:424-428.

วิวัฒน์ อภิสิทธิ์ภิญโญ. 2553.การบัญชีต้นทุนสำหรับของเสีย (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.thailandindustry.com/guru/view.php?id=11454&section=9&rcount=Y. (5 พฤษภาคม 2556)

สยามธุรกิจ. 2556. หมื่นล้านชาเขียวเปรี้ยวไม่หยุดสมุนไพรแจ้งเกิดเมินสงครามแจกแหลก (ออนไลน์).สืบค้นจาก : http://www.siamturakij.com/home/news/display_news.php?news_id=4133714 (3 พฤษภาคม 2557)

สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. 2557. สินค้าส่งออก 10 อันดับแรกของไทยรายประเทศ (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.ops3.moc.go.th/infor/menucomth/stru1_export/export_topn_country/report.asp. (3 พฤษภาคม 2557)

สุวิมล แม้นจริง. 2546 การจัดการการตลาด.พิมพ์ครั้งที่ 1.เอชเอ็นกรุ๊ป จำกัด.กรุงเทพฯ.

อรอุมา เผือกชาย. 2552. การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์จากน้ำหวานทิ้งจากโรงงานน้ำอัดลม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

โอ เค เนชั่น. 2556. การปลูกชา ตอนที่ 2(ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.oknation.net/blog/print.php?id=845728.(24 พฤษภาคม 2556)

Ahluwalia, S. S. and Goyal, D. 2005. Removal of heavy metals from waste tea leaves from aqueous solution. J. Engineering Life Sciences. 5: 158-162.

Akbulut, T. 1995. Effects of some factors on the properties of particleboard. Ph.D. Dissertation. Univerity of Istanbul.

Au, K.C. and Gertjansen, R.O. 1989. Influence of wafer thickness and resin spread on the properties of paper Birch waferboard. J. Forest Prod. 39(4): 49-50.

Ersoy, S. and Kucuk, H. 2009.Investigation of industrial tea-leaf-fiber waste material for its sound absorption properties. J. Applied Acoustics. 70: 215-220.

Guler, C., Bektas, I., and Kalaycioglu, H. 2006. The experimental particleboard manufacture from sunflower stalks (*Helianthus annuus* L.) and Calabrian pin (*Pinusbrutia*Ten.). J. Forest products. 56(4): 56-60.

Guler, C. and Ozen, R. 2004. Some properties of particleboards made from cotton stalks (Gossypiumhirsitum L.). J. HolzRohWerkst. 62: 40-43.

Hosfstrand, A.D., Moslemi, A.A., and Garcia, J.F. 1984. Curing characteristics of wood particles from nine northern Rocky Mountain species mixed with Portland cement. J.Forest Products. 34(2): 57-61.

Kalaycioglu, H. and Nemli, G. 2006. Producing composite particleboard from kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) stalks. J. Industrial Crops and Products. 24: 177-180.

Kelly. M. 1977. Review of particleboard manufacture and processing. J. Wood technology.43: 220-234.

Kozlowski, R. and Helwig, M. 1998. Lignocellulosic polymer composite. J. Science and Technology. 40:679-698.

Kim, S. and Kim, H.J. 2004. Evaluation of formaldehyde emission of pine and wattle tannin- based adhesives .J. Holz Roh Werkst. 62(2) : 101-106.

Kuo, M., Adams, D., Curry, D., Heematra, K., Smith, J., and Bian, Y. 1998. Properties of wood agricultural fiberboard bonden with soybean-based adhesives. J. Forest Prod. 48(2) : 71-75.

Lehman, W.F. 1965. Improved particleboard through better resin efficiency. J. Forest Prod. 15:155-161.

May, H.A. 1983. Relations between properties raw materials and the distribution of density in particleboards. J. Holzals Roh Werkstoff. 49:271-275.

Maloney, T., Dahmardeh, G., Madhoushi, M., Tabarsa, T. and Nazerian, M. 2010. The manufacture of particleboards using mixture of reed (surface layers) and commercial species (middle layer). J Wood prod. 69 : 341-344.

Mukhtar, H. and Ahmad, N. 2000. Tea polyphenols: prevention of cancer and optimizing health. J. Clinical Nutrition. 71: 1698-1702.

Nemli, G., Demirel, S., Gumuskaya, E., Aslan, M. and Acar, C. 2009. Feasibility of incorporating waste grass clippings (Loliumperenne L.) in particleboard composites. J. Waste Management. 29: 1129-1131.

Nemli, G., Gezer, E.D., Yildiz, S., Temiz, A. and Aydin, A. 2006. Evaluation of the mechanical physical properties and decay resistance of particleboard made from particles impregnated with pinus brutia bark extractives. J. Biores Technol. 97: 2059-2064

Nemli, G. Kirci, H., Serdar, B. and Ay, N. 2003.Suitability of kiwi (*Actinidiasinensis* Planch.) prunings for particleboard manufacturing. J. Industrial Crops and Products. 17: 39-46.

Ntalos, G.A. and Grigoriou, A.H. 2002. Characterization and utilization of wine pruning as a wood substitute for particleboard production. J. Industrial Crops and Products. 16(1): 59-68.

Schneider, A., Roffael, E. and May, A.H. 1982. Untersuchungen uber den einfub von rohdichte. J. Holzals Roh Werkst. 40:339-344.

Sen, C.T.,Sampathrajan, A., Vijayaraghavan, N.C. and Swaminathan, K. R. 1992. Mechanical and thermal properties of particleboard made from farm residues. J. Bioresour Technol. 40 : 249-251. 2004.

Shi, J.H., Li, J.Z., Fan, Y.M. and Ma, H.X. 2006. Preparation and properties of waste tea leaves particleboard. J. Stud China. 8: 41-45.

Tan,W.T. 1985. Copper (III) adsorption by waste tea leaves and coffee powder. J. Pertanika. 8(2): 223-230.

Xu, J., Sugawara, R., Widyorini, R., Han, G. and Kawai, S. 2004. Manufacture and properties of low-density binderlesparticleboard fromkenaf core. J Wood Sci. 50: 62-67.

Yalinkilic, M.K., Imamura, Y., Takahashi, M., Kalaycioglu, H., Nemli, G., Kemirci, Z. and Ozdemir, T. 1998. Biological, physical and mechanical properties of particleboard manufactured from waste tea leaves. J. International Biodeterioration& Biodegradation. 41: 75-84.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สมการและตัวอย่างการคำนวณ

ก1 ตัวอย่างการคำนวณส่วนผสมของแผ่นปาร์ติเกิล

แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วนกากใบชาต่อไม้ยางพารา 50:50

ขนาดของแผ่นปาร์ติเกิล =350 × 350 × 10 มิลลิเมตร

(V) =1,225 ลูกบาศก์เมตร

ความหนาแน่น (D) = 700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

= 0.7 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร

น้ำหนักแผ่นปาร์ติเกิล (M) = D × V

= 0.7 × 1,225

= 875.5 กรัม

ชั้นผิว 50 เปอร์เซ็นต์ ไม้ยางพารา (437.75 กรัม)

น้ำหนักชิ้นไม้ยางพาราแห้ง+น้ำหนักกาวแห้ง+น้ำหนักพาราฟิน+สารเร่งแข็ง = 437.75 กรัม

X+ 0.10X + 0.0055X+ [0.10X × (1/100)] = 437.75 กรัม

1.1065 X= 437.75 กรัม

X= 395.62 กรัม

น้ำหนักของชิ้นไม้ยางพาราแห้ง = 395.62 กรัม

ชิ้นไม้ยางพารามีความชื้น 2 เปอร์เซ็นต์ = 407.49 กรัม

น้ำหนักกาวแห้งที่ 10 เปอร์เซ็นต์ ของชิ้นไม้ยางพาราแห้ง = 395.62 × 0.1

= 39.56 กรัม

น้ำหนักกาวที่ 67 เปอร์เซ็นต์ (SC) = 39.56×(100/67)

= 59.05 กรัม

สารเร่งแข็ง 1 เปอร์เซ็นต์ ของกาวแห้ง = 3 9.56 × 0.01

= 0.40 กรัม

น้ำหนักพาราฟินอิมัลชั่นแห้งที่ 0.55 เปอร์เซ็นต์ ของชิ้นไม้ยางพาราแห้ง= 395.62×0.0055

= 2.18 กรัม

น้ำหนักพาราฟินอิมัลชั่นที่ 67 เปอร์เซ็นต์ (SC) = 2.18 × (100/67)

= 3.25 กรัม

น้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดเพื่อเตรียมการโรยแผ่น

ชิ้นไม้ยางพารา + กาว (SC) + สารเร่งแข็ง + พาราฟิน (SC) = 407.49 + 59.05+0.40 + 3.25

= 470.19 กรัม

เพราะฉะนั้น น้ำหนักส่วนผสมผิวหน้าและผิวล่างเท่ากับชั้นละ235.10กรัม

ชั้นไส้ 50 เปอร์เซ็นต์กากใบชา (437.75 กรัม)

น้ำหนักชิ้นกากใบชาแห้ง+น้ำหนักกาวแห้ง+น้ำหนักสารเร่งแข็ง = 437.75 กรัม

X+ 0.08X+ [0.08X × (1/100)] = 437.75 กรัม

1.011 X= 437.75 กรัม

X = 432.99 กรัม

น้ำหนักของชิ้นกากใบชาแห้ง = 432.99 กรัม

ชิ้นกากใบชามีความชื้น 2 เปอร์เซ็นต์ = 445.98 กรัม

น้ำหนักกาวแห้งที่ 8 เปอร์เซ็นต์ ของชิ้นกากใบชาแห้ง = 432.99×0.08

= 34.64 กรัม

น้ำหนักกาวที่ 67 เปอร์เซ็นต์ (SC) = 34.64×(100/67)

= 51.70 กรัม

สารเร่งแข็ง 1 เปอร์เซ็นต์ ของกาวแห้ง = 34.64 × 0.01

= 0.35 กรัม

น้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดเพื่อเตรียมการโรยแผ่น

ชิ้นกากใบชา + กาว (SC) + สารเร่งแข็ง = 445.98 + 51.70 +0.35

= 498.03 กรัม

ก2 ตัวอย่างการคำนวณค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อวันของการกำจัดกากใบชา

ค่าใช้จ่ายรวมต่อปีของการกำจัดกากใบชาที่โรงงานเก็บรวบรวมไว้ ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2556 มีค่าเฉลี่ย คือ 2,676,600 บาท เมื่อนำมาคิดค่ากำจัดกากใบชาเฉลี่ยต่อวัน ซึ่งคิดวันทำการ 360 วันต่อปี แสดงสูตรและตัวอย่างการคำนวณค่ากำจัดกากใบชาเฉลี่ยต่อวัน ดังนี้

สูตรการคำนวณ

$$\text{ค่ากำจัดกากใบชาเฉลี่ย (บาทต่อวัน)} = \frac{\text{ค่ากำจัดกากใบชารวม (บาทต่อปี)}}{\text{วันทำการ (วันต่อปี)}}$$

ตัวอย่างคำนวณ

$$\text{ค่ากำจัดกากใบชาเฉลี่ย} = \frac{2,676,600}{360}$$

$$= 7,435 \text{ บาทต่อวัน}$$

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบแผ่นปาร์ติเกิลเชิงสถิติ

1. ความต้านทานแรงดัด

ตารางที่ ข1การวิเคราะห์สถิติผลของอัตราส่วนกากใบชาต่อความต้านทานแรงดัด

ANOVA

MOR

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	516.081	4	129.020	64.713	.000
Within Groups	79.749	40	1.994		
Total	595.830	44			

จากตารางวิเคราะห์สถิติ ANOVA พบว่า ปริมาณกากใบชาต่อความต้านทานแรงดัด ให้ค่า Sig. = 0.00 < 0.05 (แตกต่างกันอย่างน้อยหนึ่งคู่)

เมื่อนำผลการทดลองของอัตราส่วนกากใบชาต่อค่าความต้านทานแรงดัด มาวิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อหาค่าความแตกต่าง โดยวิธี Duncan จะให้ผลการวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ ข2

ตารางที่ ข2 การวิเคราะห์สถิติของอัตราส่วนกากใบชาต่อค่าความต้านทานแรงดัด โดยวิธี Duncan

Multiple Comparisons

Duncan[a]

อัตราส่วนกากใบชา	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
100:0	9	7.4489			
60:40	9		9.7089		
50:50	9			12.7444	
0:100	9			12.9700	
40:60	9				17.4689
Sig.		1.000	1.000	.736	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

ดังนั้นสรุปได้ว่า อัตราส่วนกากใบชามีอิทธิพลต่อค่าความต้านทางแรงดัดของแผ่นปาร์ติเกิลอย่างมีนัยสำคัญ โดยแผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 100:0 ให้ค่าความต้านทานแรงดัดแตกต่างจากแผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 60:40, 50:50, 40:60 และ 0:100 แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 60:40 ให้ค่าความต้านทานแรงดัดแตกต่างจากแผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 50:50, 40:60 และ 0:100 แผ่น ปาร์ติเกิลอัตราส่วน 50:50 และ 0:100 ให้ค่าความต้านทานแรงดัดแตกต่างจากแผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 40:60 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2. ความยืดหยุ่นมอดูลัส

ตารางที่ ข3 การวิเคราะห์สถิติผลของอัตราส่วนกากใบชาต่อค่าความยืดหยุ่นมอดูลัส

ANOVA

MOE

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.527E7	4	3818260.938	45.126	.000
Within Groups	3384535.141	40	84613.379		
Total	1.866E7	44			

จากตารางวิเคราะห์สถิติ ANOVA พบว่า ปริมาณกากใบชาค่าความยืดหยุ่นมอดูลัสให้ค่า Sig. = 0.00 < 0.05 (แตกต่างกันอย่างน้อยหนึ่งคู่)

เมื่อนำผลการทดลองของอัตราส่วนกากใบชาต่อค่าความยืดหยุ่นมอดูลัสมาวิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อหาค่าความแตกต่าง โดยวิธี Duncan จะให้ผลการวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ ข4

ตารางที่ ข4 การวิเคราะห์สถิติของอัตราส่วนกากใบชาต่อค่าความยืดหยุ่นมอดูลัสโดยวิธี Duncan

Multiple Comparisons

Duncan[a]

อัตราส่วนกากใบชา	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
100:0	9	1067.0667		
60:40	9		1783.2900	
0:100	9		1948.7300	
50:50	9		1985.5689	
40:60	9			2893.0900
Sig.		1.000	.171	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

ดังนั้นสรุปได้ว่า อัตราส่วนกากใบชามีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นมอดูลัสของแผ่นปาร์ติเกิลอย่างมีนัยสำคัญ โดยแผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 100:0 ให้ค่าความยืดหยุ่นมอดูลัสแตกต่างจากแผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 60:40, 50:50, 40:60 และ 0:100 แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 60:40, 50:50 และ 0:100 ให้ค่าความยืดหยุ่นมอดูลัสแตกต่างจากแผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 40:60 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2. ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ตารางที่ ข5 การวิเคราะห์สถิติผลของอัตราส่วนกากใบชาต่อค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ANOVA

IB

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.334	4	.083	20.373	.000
Within Groups	.164	40	.004		
Total	.498	44			

จากตารางวิเคราะห์สถิติ ANOVA พบว่า ปริมาณกากใบชาต่อค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ให้ค่า Sig. = 0.00 < 0.05 (แตกต่างกันอย่างน้อยหนึ่งคู่)

เมื่อนำผลการทดลองของอัตราส่วนกากใบชาค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า มาวิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อหาค่าความแตกต่าง โดยวิธี Duncan ให้ผลการวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ ข6

ตารางที่ ข6 การวิเคราะห์สถิติผลของอัตราส่วนกากใบชาต่อค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าโดยวิธี Duncan

Multiple Comparisons

Duncan[a]

อัตราส่วนกากใบชา	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
100:0	9	.3167		
60:40	9		.4244	
50:50	9		.4567	
0:100	9		.4733	
40:60	9			.5844
Sig.		1.000	.133	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

ดังนั้นสรุปได้ว่า อัตราส่วนกากใบชามีอิทธิพลต่อค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นปาร์ติเกิล อย่างมีนัยสำคัญ โดยแผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 100:0 ให้ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับ

ผิวหน้าแตกต่างจากแผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 60:40, 50:50, 40:60 และ 0:100 แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 60:40, 50:50 และ 0:100 กากใบชา ให้ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแตกต่างจากแผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 40:60 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. การดูดซึมน้ำ เมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

ตารางที่ ข7 การวิเคราะห์สถิติผลของอัตราส่วนกากใบชาต่อค่าการดูดซึมน้ำ เมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

ANOVA

WA

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3086.440	4	771.610	19.287	.000
Within Groups	1600.301	40	40.008		
Total	4686.741	44			

จากตารางวิเคราะห์สถิติ ANOVA พบว่า ปริมาณกากใบชาต่อค่าการดูดซึมน้ำ เมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมงผิวหน้า ให้ค่า Sig. = 0.00 < 0.05 (แตกต่างกันอย่างน้อยหนึ่งคู่)

เมื่อนำผลการทดลองของอัตราส่วนกากใบชาค่าการดูดซึมน้ำ เมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง มาวิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อหาค่าความแตกต่างโดยวิธี Duncan จะให้ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ ข8

ตารางที่ ข8 การวิเคราะห์สถิติผลของอัตราส่วนกากใบชาต่อค่าการดูดซึมน้ำ เมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมงโดย วิธี Duncan

Multiple Comparisons

Duncan[a]

อัตราส่วนกากใบชา	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0%	9	37.2944		
40%	9	42.0911	42.0911	
50%	9	42.7878	42.7878	
60%	9		44.8733	
100%	9			61.5144
Sig.		.088	.386	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

ดังนั้นสรุปได้ว่า อัตราส่วนกากใบชามีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำ เมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ของแผ่นปาร์ติเกิล อย่างมีนัยสำคัญ โดยแผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 100:0 ให้ค่าการดูดซึมน้ำ เมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง แตกต่างจากจากแผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 60:40, 50:50, 40:60 และ 0:100 แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 60:40 ให้ค่าการดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง แตกต่างจากแผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 0:100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. การพองตัวทางความหนา เมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

ตารางที่ ข9 การวิเคราะห์สถิติผลของอัตราส่วนกากใบชาต่อค่าการพองตัวทางความหนาเมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

ANOVA

TS

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	705.843	4	176.461	95.840	.000
Within Groups	73.648	40	1.841		
Total	779.492	44			

จากตารางวิเคราะห์สถิติ ANOVA พบว่า ปริมาณกากใบชาต่อค่าการพองตัวทางความหนาเมื่อแช่น้ำ 24 ให้ค่า Sig. = 0.00 < 0.05 (แตกต่างกันอย่างน้อยหนึ่งคู่)

เมื่อนำผลการทดลองของอัตราส่วนกากใบชาต่อค่าการพองตัวทางความหนาเมื่อแช่น้ำ 24 มาวิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อหาค่าความแตกต่าง โดยวิธี Duncan จะให้ผลการวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ ข10

ตารางที่ ข10 การวิเคราะห์สถิติผลของอัตราส่วนกากใบชาต่อค่าการพองตัวทางความหนา เมื่อแช่น้ำ 24 โดยวิธี Duncan

Multiple Comparisons

Duncan[a]

อัตราส่วนกากใบชา	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0:100	9	16.5811		
40:60	9	16.6656		
50:50	9	17.8044		
60:40	9		21.2956	
100:0	9			27.0144
Sig.		.077	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

ดังนั้นสรุปได้ว่า อัตราส่วนกากใบชามีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวทางความหนาเมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมงของแผ่นปาร์ติเกิล อย่างมีนัยสำคัญ โดยแผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 100:0 ให้ค่าการพองตัวทางความหนาเมื่อแช่น้ำ 24 แตกต่างจากจากแผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 60:40, 50:50, 40:60 และ 0:100 แผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 40:60, 50:50 และ 0:100 ให้ค่าการพองตัวทางความหนา เมื่อแช่น้ำ 24 แตกต่างจากแผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 60:40 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. การทดสอบปริมาณความชื้น

ตารางที่ ข11 การวิเคราะห์สถิติผลของอัตราส่วนกากใบชาต่อค่าปริมาณความชื้น

ANOVA

MC

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.645	4	.661	7.173	.000
Within Groups	3.687	40	.092		
Total	6.332	44			

จากตารางวิเคราะห์สถิติ ANOVA พบว่า ปริมาณกากใบชาต่อค่าปริมาณความชื้น ให้ค่า Sig. = 0.00 < 0.05 (แตกต่างกันอย่างน้อยหนึ่งคู่)

เมื่อนำผลการทดลองของอัตราส่วนกากใบชาค่าปริมาณความชื้น มาวิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อหาค่าความแตกต่าง โดยวิธี Duncan จะให้ผลการวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ ข12

ตารางที่ ข12 การวิเคราะห์สถิติผลของอัตราส่วนกากใบชาต่อค่าปริมาณความชื้น โดยวิธี Duncan

ข้อมูล

Duncan[a]

อัตราส่วนกากใบชา	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
0:100	9	5.5222	
40:60	9		6.0044
50:50	9		6.0589
60:40	9		6.0956
100:0	9		6.2333
Sig.		1.000	.152

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

ดังนั้นสรุปได้ว่า อัตราส่วนกากใบชามีอิทธิพลต่อค่าปริมาณความชื้นของแผ่น ปาร์ติเกิล อย่างมีนัยสำคัญ โดยแผ่นปาร์ติเกิลอัตราส่วน 0:100 ให้ค่าปริมาณความชื้น แตกต่างจากแผ่นปาร์ติเกิล อัตราส่วน 40:60, 50:50, 60:40 และ 100:0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05