รายงานการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตภาชนะย่อยสลายได้ จากหญ้าเนเปียร์เพื่อลดปริมาณขยะจากการใช้ถาดโฟม

A feasibility study of biodegradable packaging production from Napier grass for reducing the amount of foam tray garbage

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จารุณี เข็มพิลา

ปริย นิลแสงรัตน์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ปีงบประมาณ 2560)

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตภาชนะย่อยสลายได้ จากหญ้าเนเปียร์เพื่อลดปริมาณขยะจากการใช้ถาดโฟม

A feasibility study of biodegradable packaging production from Napier grass for reducing the amount of foam tray garbage

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จารุณี เข็มพิลา

ปริย นิลแสงรัตน์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ปีงบประมาณ 2560)

หัวข้อวิจัย	การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์เพื่อลดปริมาณขยะจากการใช้ถาดโฟม
ผู้ดำเนินการวิจัย	นางสาวจารุณี เข็มพิลา นายปริย นิลแสงรัตน์
หน่วยงาน	หลักสูตรฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ปี พ.ศ.	2562

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการขึ้นรูป วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์ โดยใช้หญ้าเนเปียร์ในการผลิตเส้นใยและใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ด้วยอัตราส่วนเส้นใยต่อตัวประสานเป็น 50:50 70:30 90:10 และ 100:0 โดยน้ำหนัก โดยศึกษาเส้นใย 3 ขนาดคือ 1 1.5 และ 2 mm โดยอัดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิ 140°C ที่ความดัน 30 bar เป็นเวลา 15 นาที ซึ่งชิ้นทดสอบที่ได้แห้งตลอดทั่วทั้งแผ่นและผิวมีความเรียบ จากนั้นจึงนำชิ้นทดสอบไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางกล

จากผลการทดสอบ พบว่า เมื่อเส้นใยมีความยาวมากขึ้นส่งผลทำให้ความหนาแน่น ความต้านแรงดัดโค้ง โมดูลัสแรงดัดโค้ง และความต้านทานต่อแรงกระแทก ของชิ้นทดสอบมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ส่งผลต่อการลดลงของค่าการดูดซึมน้ำ ส่วนการเพิ่มสัดส่วนของปริมาณเส้นใยนั้นทำให้ความต้านแรงดัดโค้งมีค่าลดลงส่งผลทำให้ค่าการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น โดยชิ้นงานที่มีสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลดีที่สุด คือเส้นใยที่มีความยาว 1.5-2.0 mm และขึ้นรูปด้วยสัดส่วนของเส้นใยต่อตัวประสานเป็น 50 : 50 จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปผลิตภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์เพื่อใช้แทนถาดโฟม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Research Title	A feasibility study of biodegradable packaging production from Napier grass for reducing the amount of foam tray garbage
Researcher	Miss Jarunee Khempila
	Mr. Pariya Nilsangrat
Organization	Faculty of Science and Technology
	Rajabhat Maha Sarakham University
Year	2019

ABSTRACT

The aims of this research were to study the production of biodegradable food container, physical and mechanical properties order to determine the best condition for production process. Food containers were produced and tested using Napier grass as a main raw material and commercial cassava starch were used as binder. The ratio between Napier grass and binder were 50:50, 70:30, 90:10 and 100:0 by weight. Three sizes of fiber length used in this study were 1, 1.5, and 2 mm. The sample panels was pressed at temperature of 140°C, 15 min with a specific pressure of 30 bar.

The results demonstrated that increasing in fiber length cause increasing in density flexural and impact properties but increasing in fiber content course the increasing in water absorption, decreasing density flexural property. The results also showed that the best Napier grass fiber to binder ratio for production process was 50 : 50 by weight with 1.5-2.0 mm of Napier grass fiber length and represent an alternative to the foam tray.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์เพื่อลดปริมาณขยะจากการใช้ถาดโฟม สำเร็จลงได้ด้วยทุนอุดหนุนการวิจัยงบบำรุงการศึกษาสายวิชาการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 จากมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ขอขอบพระคุณสาขาวิชาฟิสิกส์และฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล UTM. (Universal Testing Machine) จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์รวมทั้งเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชาฟิสิกส์และฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านวัสดุอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ คณะผู้วิจัยขอน้อมรำลึกถึงคุณบิดามารดาและผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่สนับสนุนการทำโครงงานวิจัยจนสำเร็จตามมุ่งหมาย

คณะผู้วิจัย

2562

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ข
กิตติกรรมประกาศ..... ค
สารบัญ..... ง
สารบัญตาราง..... ฉ
สารบัญภาพ..... ช
บทที่ 1 บทนำ..... 1
ความเป็นมาและความสำคัญ..... 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3
ขอบเขตการวิจัย..... 3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5
พลาสติกย่อยสลายได้..... 5
พอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติ..... 11
เส้นใย..... 13
หญ้าเนเปียร์..... 17
กาว..... 18
กระบวนการขึ้นรูป..... 21
การทดสอบสมบัติของภาชนะบรรจุ..... 24
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 30
กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 32
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 33
เครื่องมือในการวิจัย..... 34
วิธีดำเนินการวิจัย..... 34
บทที่ 4 ผลการวิจัย..... 40
ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการขึ้นรูป..... 40
ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ..... 41
ผลการศึกษาสมบัติทางกล..... 43
ผลการวิเคราะห์สัดส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูป..... 46

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เผยแพร่องค์ความรู้การขึ้นรูปภาชนะจากใบหญ้าเนเปียร์..... 47

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 48

สรุปผลการวิจัย..... 48

อภิปรายผล..... 49

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป..... 49

บรรณานุกรม..... 50

บรรณานุกรมภาษาไทย..... 50

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ..... 51

ภาคผนวก..... 52

ภาคผนวก ก ข้อมูลผลการวิจัย..... 53

ภาคผนวก ข ภาพประกอบงานวิจัย..... 56

ประวัติผู้วิจัย..... 61

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	สัดส่วนการขึ้นรูป.....	37
ก-1	ผลการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ.....	54
ก-2	ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบ.....	54
ก-3	ผลการวิเคราะห์ความต้านแรงดัดโค้งของชิ้นทดสอบ.....	54
ก-4	ผลการวิเคราะห์โมดูลัสแรงดัดโค้งของชิ้นทดสอบ.....	55
ก-5	ผลการวิเคราะห์แรงกระแทกของชิ้นทดสอบ.....	55

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	Polycaprolactone	7
2.2	Polylactic acid	8
2.3	Polyvinyl alcohol	9
2.4	biodegradable plastics	10
2.5	ใยฝ้าย	13
2.6	ใยไหม	14
2.7	แร่ใยหิน	14
2.8	หญ้าเนเปียร์	18
2.9	Compression molding	23
2.10	Three-point bending	28
2.11	Charpy Impact Test	29
3.1	ใบหญ้าเนเปียร์	33
3.2	แป้งมันสำปะหลัง	33
3.3	เส้นใยหญ้าเนเปียร์	35
3.4	เครื่องอัดขึ้นรูปร้อน	36
3.5	ชิ้นทดสอบแรงดัดโค้ง	37
3.6	ชิ้นทดสอบการต้านแรงดึง	38
3.7	ชิ้นทดสอบการต้านแรงกระแทก	38
4.1	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง สัดส่วนเส้นใยต่อตัวประสาน และความยาวของเส้นใยที่ส่งผลต่อค่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ	42
4.2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง สัดส่วนเส้นใยต่อตัวประสาน และความยาวของเส้นใยที่ส่งผลต่อค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบ	43
4.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง สัดส่วนเส้นใยต่อตัวประสาน และความยาวของเส้นใยที่ส่งผลต่อค่าความต้านแรงดัดโค้งของชิ้นทดสอบ	44
4.4	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง สัดส่วนเส้นใยต่อตัวประสาน และความยาวของเส้นใยที่ส่งผลต่อค่าโมดูลัสแรงดัดโค้งของชิ้นทดสอบ	45
4.5	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง สัดส่วนเส้นใยต่อตัวประสาน และความยาวของเส้นใยที่ส่งผลต่อค่าความต้านแรงกระแทกของชิ้นทดสอบ	46

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ข-1	เวอร์เนียร์ Vernier Caliper ความละเอียด 0.02 mm	57
ข-2	เทอร์โมมิเตอร์	57
ข-3	เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง	58
ข-4	ตู้อบลมร้อน MEMMERT Universal Oven รุ่น UN110	58
ข-5	เครื่องอัดร้อน	59
ข-6	แผ่นเทฟล่อน	59
ข-7	เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล UTM. รุ่น WDW-100D	60
ข-8	เครื่องปั่น	60

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

โฟมเป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมหลายประเภท รวมทั้งในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งปัจจุบัน โฟมได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของเรามากมาย เช่น ใช้บรรจุสินค้าต่างๆ จำพวกเครื่องใช้ไฟฟ้า และบรรจุอาหารสด เช่น กล่องโฟมอาหารแช่แข็ง และบรรจุอาหารสำเร็จรูป เช่น โฟมแผ่น ทั้งที่ใช้ในรูปของกล่องบรรจุภัณฑ์หรือใช้เป็นถาดรองอาหาร ตามร้านอาหารขนาดเล็ก จำพวกร้านอาหารตามสั่ง ร้านอาหารสำเร็จรูป การบริโภคของคนปัจจุบันมักเลือกความสะดวกสบายเลือกใช้ภาชนะที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง สะดวกในการใช้สอย ราคาถูก น้ำหนักเบา มีหลากหลายรูปแบบหลายขนาดให้เลือกใช้งาน ทั้งกล่องเล็ก กล่องใหญ่ ถาด จาน และถ้วย ทั้งนี้ก็เพื่อรองรับการใช้ชีวิตสมัยใหม่ที่ต้องการความสำเร็จรูป สะดวก รวดเร็วและทันต่อเวลา แต่บรรจุภัณฑ์ประเภทโฟมนั้นก่อให้เกิดปัญหาทางมลพิษ เนื่องจากในกระบวนการผลิตโฟมเป็นที่รู้กันดีว่าผู้ผลิตนิยมใช้สารที่มีส่วนประกอบของสาร Chlorofluorocarbon (CFC) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดการพองตัว และเนื่องจากสาร CFC กระทบต่อชั้นบรรยากาศโลกทำให้เกิดร้อนขึ้น อีกทั้งการย่อยสลายโฟมตามธรรมชาติใช้เวลานานกว่าชั่วอายุคน และเมื่อเผาทำลาย ส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศโดยเฉพาะกล่องโฟมมักถูกนำไปใช้ในการบรรจุอาหารที่ร้อนและมีน้ำมัน อาจทำให้เกิดอันตรายจากสารปนเปื้อนที่แยกตัวออกมาจากภาชนะบรรจุได้ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่ามีส่วนประกอบของสารพิษที่ล้วนเป็น “สารก่อมะเร็ง”หลายประเภท เช่น สารไดออกซิน (Dioxin) ชนิดของสารที่ใช้ในการทำภาชนะบรรจุมีหลายประเภท ได้แก่ โพลีเอทิลีน (ใช้เป็นถุงเย็นหรือถุงร้อนสีขาวขุ่น) โพลีโพรพิลีน (ใช้เป็นถุงร้อนใส) โพลีไวนิลคลอไรด์ (พบในพลาสติกพีวีซี) โพลีสไตรีน (ใช้ทำถ้วย ถาด กล่อง แก้ว) ที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง นอกจากนี้ พฤติกรรมการใช้โฟมเพื่อเป็นบรรจุภัณฑ์ด้านอาหาร ส่วนมากแล้วจะทิ้งและไม่นำกลับมาใช้ใหม่ ส่งผลให้มีปริมาณขยะมากขึ้น ปัญหาขยะที่เกิดจากกล่องโฟมบรรจุอาหารนับว่าเป็นปัญหาสำคัญของหน่วยงานภาครัฐที่ต้องกำจัด ซึ่งต้องใช้งบประมาณในการกำจัดค่อนข้างสูง ด้วยเหตุนี้จึงมีความสำคัญยิ่งที่จะต้องหาวัสดุที่ทดแทนการใช้โฟมเพื่อลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและต่อสุขภาพของผู้บริโภค

แนวทางหนึ่งในการลดปริมาณขยะและมลพิษ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของผู้บริโภค คือ การหาวัสดุที่ใช้ทดแทนบรรจุภัณฑ์ประเภทโฟมที่มีสมบัติเด่นในการสลายตัวได้ตามธรรมชาติและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นั่นคือการใช้ประโยชน์จากเส้นใยธรรมชาติมาทำการขึ้นรูปด้วยวิธีอัดร้อน ในปัจจุบันจึงมีการค้นคว้าวิจัยกันอย่างกว้างขวางเพื่อค้นหาวัสดุธรรมชาติที่ไม่เป็นพิษต่อ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สิ่งแวดล้อมอีกทั้งหาได้ง่ายภายในประเทศ โดยเฉพาะวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรจำพวก ลำต้นและซังข้าวโพด แกลบ ฟางข้าว เป็นต้น ซึ่งวัสดุเส้นใยที่ได้จากภาคเกษตรกรรมส่วนหนึ่งได้นำไปใช้อัดแท่ง อัดเม็ดเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล หรือที่นิยมกันมากคือ ทำเป็นแผ่นอัดใยไม้ แผ่นพาร์ติเคิล เพื่อใช้ตกแต่งภายใน ซึ่งก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มเป็นอย่างมาก และวัสดุจำพวกวัชพืช เช่น ต้นกกช้าง ผักตบชวา หญ้าแฝก เป็นต้น นิยมนำมาพัฒนาเป็นแผ่นฝ้า แผ่นฉนวนความร้อน แผ่นดูดซับเสียง แต่พืชอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจในแง่ของการพัฒนาต่อยอดเพื่อความยั่งยืนด้านการตลาด คือ หญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) เป็นหญ้าที่มีอายุหลายปี เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง เป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว ให้ผลผลิตตลอดทั้งปี สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้บ่อยครั้ง ให้ผลผลิตที่สูง และมีต้นทุนการปลูกที่ต่ำ และมีคุณค่าทางอาหารสูง จึงถูกนำมาใช้เพื่อการเกษตรสำหรับเป็นอาหารในการเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคนม โคเนื้อ กระบือ แพะ และแกะ นอกจากเป็นอาหารสัตว์ หญ้าเนเปียร์ยังถูกนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ ซึ่งจะกลายเป็นแหล่งชีวมวล และที่สำคัญเป็นหญ้าที่ทางภาครัฐคือ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานได้ส่งเสริมให้มีการปลูกกันอย่างกว้างขวางเพื่อใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพทดแทนเชื้อเพลิงในการหุงต้มจากเชื้อเพลิงฟอสซิล จากประโยชน์ทางอ้อมที่ภาครัฐสนับสนุนด้านการส่งเสริมการปลูกหญ้าเนเปียร์เป็นต้นทุนเดิม ดังนั้นการเพิ่มมูลค่าของหญ้าชนิดนี้ในแง่ของอุตสาหกรรมอาหารจึงช่วยเพิ่มมูลค่าได้อีกทางหนึ่ง

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะผลิตภาชนะย่อยสลายได้จากพืชผลทางการเกษตร นั่นคือจากเส้นใยของหญ้าเนเปียร์เพื่อใช้ทดแทนถาดโฟม โดยใช้สารยึดเกาะจากธรรมชาติเช่นกัน คือ แป้งมันสำปะหลัง โดยนำมาใช้งานในรูปของกาวแป้ง แล้วทำการขึ้นรูปภาชนะด้วยเครื่องอัดร้อน จึงนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล ซึ่งได้แก่ การทดสอบแรงดัดโค้ง การทดสอบแรงดึง การทดสอบแรงกระแทก การทดสอบหาค่าความหนาแน่น และการทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำ ประสิทธิภาพของภาชนะที่ผลิตได้จะพิจารณาภายใต้การหาสภาวะที่สามารถอัดขึ้นรูป ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความดัน เวลาในการขึ้นรูป และพิจารณาจากสัดส่วนที่เหมาะสมของปริมาณเส้นใยต่อตัวประสาน จากผลการทดสอบสมบัติต่างๆ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาข้อสรุปถึงความเป็นไปได้ในการผลิตภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์เพื่อลดปริมาณขยะจากการใช้ถาดโฟม เป็นทางเลือกในการลดสารพิษจากบรรจุภัณฑ์จำพวกโฟมและพลาสติก รักษาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน และที่สำคัญยังเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับหญ้าเนเปียร์อีกด้วย

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT PHRANAKHON SI AYUTTHAYA UNIVERSITY

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์
2) เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์
3) เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์
4) เพื่อเผยแพร่องค์ความรู้และประสบการณ์ในการผลิตภาชนะย่อยสลายได้

ขอบเขตการวิจัย

1) ใช้ระบบการผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบอัดร้อน (Compression process)
2) ใช้หญ้าเนเปียร์ในส่วนที่เป็นใบเป็นวัตถุดิบหลัก
3) ใช้สารยึดเกาะจากธรรมชาติ คือ กาวแป้งมันสำปะหลัง
4) ทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของวัสดุด้วยมาตรฐาน ASTM
5) อุณหภูมิในการอัดขึ้นรูปอยู่ในช่วง 120-180 °C
6) ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์ โดยพิจารณาจากความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิควิศวกรรมเท่านั้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้กรรมวิธีการผลิตภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์
2) ทราบอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์
3) ทราบสมบัติทางกลและทางกายภาพของภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปต่อยอดงานวิจัย
4) ได้ทราบถึงความเป็นไปได้ในการผลิตภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์
5) เพิ่มทางเลือกสำหรับบรรจุภัณฑ์ชนิดใหม่ให้แก่ผู้บริโภค ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และง่ายต่อการกำจัดทิ้ง เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
6) สามารถใช้หญ้าเนเปียร์ซึ่งเป็นวัตถุดิบราคาถูกที่สามารถปลูกทดแทนขึ้นใหม่ได้มาผลิตเป็นภาชนะย่อยสลายได้แทนวัตถุดิบจากปิโตรเลียม
7) ช่วยเพิ่มมูลค่าของหญ้าเนเปียร์ด้วยการนำมาผลิตเป็นภาชนะย่อยสลายได้

8) สามารถลดการก่อปัญหาการปล่อยมลภาวะสู่สิ่งแวดล้อมเนื่องจากการใช้โฟม

9) ได้องค์ความรู้เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติโดยการนำแป้งมันมาผลิตบรรจุภัณฑ์ทดแทน

10) เพิ่มมูลค่าของแป้งมันสำปะหลังและนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์

11) สามารถนำผลการวิจัยไปพัฒนาปรับปรุงในการผลิตภาชนะย่อยสลายได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่น ๆ

12) ได้ผลงานตีพิมพ์ลงเผยแพร่ในวารสารวิชาการหรือเข้าร่วมในการประชุมสัมมนาวิชาการในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลาสติกย่อยสลายได้

พลาสติกย่อยสลายได้ หรือพลาสติกสลายตัวได้ (Degradable plastics) เป็นพลาสติกที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ทดแทนพลาสติกทั่วไปที่ใช้เวลาในการย่อยสลายหลายชั่วอายุคน พลาสติก ย่อยสลายได้นั้นจะสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมี ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่กำหนดไว้เฉพาะ ซึ่งก่อให้เกิดการสูญเสียสมบัติบางประการ สามารถทดสอบการย่อยสลายตามมาตรฐานที่เหมาะสมได้ เช่น มาตรฐาน ISO (International Organization for Standardization) มาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materials) และมาตรฐาน DIN (Deutsches Institute fur Normung หรือ German Institute for Standardization) ก็ได้ อย่างไรก็ตาม มาตรฐานเหล่านี้ต่างก็มีหลักการที่คล้ายคลึงกัน เช่น การวัดความสามารถในการย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradability) การวัดความสามารถการแตกเป็นชิ้นเล็ก ๆ (Disintegration) ของวัสดุทดสอบในสภาวะหมักปุ๋ย (Compost) การประเมินการย่อยสลายเบื้องต้น รวมถึงปริมาณโลหะหนักและความเป็นพิษต่อระบบนิเวศของปุ๋ยที่ได้จากการหมัก (Ecotoxicity of the compost) เป็นต้น

2.1.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

1. แหล่งวัตถุดิบจากปิโตรเคมี วัตถุดิบจากปิโตรเคมีนั้นไม่สามารถหามาทดแทนได้ เป็นแหล่งวัตถุดิบและพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป เช่น น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ในกระบวนผลิตและผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ได้ยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมอีกด้วย
2. แหล่งวัตถุดิบที่สามารถปลูกทดแทนใหม่ได้ ได้แก่ พืชผลทางการเกษตรจำพวกแป้งและน้ำตาล เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี มันสำปะหลัง อ้อยและปาล์ม นอกจากพืชผลทางการเกษตรแล้ว ยังมีการนำผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมโคนม เช่น หางนม (Whey permeate) มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตมอนอเมอร์ เนื่องจากความต้องการในการลดต้นทุนการ
3. ผลิตย่อยสลายได้ทางชีวภาพ จึงมีการแสวงหามวลชีวภาพประเภทอื่นที่มีศักยภาพและราคาต่ำมาเป็นวัตถุดิบอีกด้วย (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, 2551)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.1.2 ประเภทของพลาสติกย่อยสลายได้

พลาสติกที่ย่อยสลายได้ สามารถจำแนกได้ตามกลไกของการย่อยสลาย ดังต่อไปนี้ (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2550)

1. พลาสติกย่อยสลายทางกล (Mechanical degradation plastics) ย่อยสลายโดยการให้แรงกระทำแก่ชิ้นงานพลาสติก ทำให้ส่วนพลาสติกแตกออกเป็นชิ้น ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปในการทำให้พลาสติกแตก เช่น บด หรือตัดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ เป็นต้น
2. พลาสติกย่อยสลายได้ด้วยแสง (Photodegradable plastics) พลาสติกที่ย่อยสลายได้ด้วยแสงนั้นจำเป็นต้องมีแสงอาทิตย์ หรือรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) เป็นตัวทำปฏิกิริยา พลาสติกชนิดนี้จะไม่สามารถย่อยสลายได้ภายในบ่อฝังกลบขยะ หรือในสภาวะแวดล้อมที่ปิดตลอดจนพลาสติกที่เคลือบผิวที่หนาจนเกินไปจนทำให้ตัวพลาสติกนั้นไม่ได้สัมผัสกับรังสียูวีโดยตรง ในการย่อยสลายได้ด้วยแสงนั้นจำเป็นต้องเติมสารที่มีความไวต่อแสงลงในพลาสติกเพื่อให้หมู่ฟังก์ชันหรือพันธะเคมีไม่แข็งแรง แตกหักได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับรังสียูวี ข้อจำกัดของพลาสติกย่อยสลายประเภทนี้ คือ ต้องใช้ในภูมิประเทศที่มีแสงแดดสม่ำเสมอ เพื่อให้สลายตัวได้อย่างต่อเนื่อง
3. พลาสติกย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative degradation plastics) ในบางครั้งเรียกว่า พลาสติกที่สลายตัวได้โดยไม่ต้องพึ่งพาจุลินทรีย์ (Bioerodable plastics) การย่อยสลายพลาสติกประเภทนี้จะค่อย ๆ เป็นไปตามธรรมชาติอย่างช้า ๆ จากการเติมออกซิเจนเข้าไปในโมเลกุลของพอลิเมอร์ โดยมีความร้อน และแสงแดด หรือแรงทางกลกระทำด้วย จนกลายเป็นสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Hydroperoxide, ROOH) ซึ่งการแตกตัวของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ จะกลายเป็นอนุมูลอิสระ (Free radical) ทำให้สายโซ่พอลิเมอร์เกิดการแตกหัก และเสียสมบัติทางกลอย่างรวดเร็ว
4. พลาสติกย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolytic degradation plastics) โดยทั่วไปปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst hydrolysis) และไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Non-catalytic hydrolysis) โดยที่ประเภทที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานั้นแบ่งย่อยได้อีก 2 แบบ คือ แบบที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจากภายนอกโมเลกุลของ พอลิเมอร์ (External catalytic degradation) และแบบที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจากภายในโมเลกุลของพอลิเมอร์ในการเร่งให้เกิดการย่อยสลาย (Internal catalytic degradation) โดยตัวเร่งปฏิกิริยาจากภายนอกมี 2 ชนิด คือ ใช้เอนไซม์ต่าง ๆ (Enzyme) ในการเร่งปฏิกิริยา ซึ่งจัดเป็นการย่อยสลายทางชีวภาพ ส่วนอีกชนิดไม่ใช้เอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาซึ่งจัดเป็นการย่อยสลายทางเคมี

5. พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable plastics) เป็นพลาสติกที่มีสมบัติการใช้งานเช่นเดียวกับพลาสติกโดยทั่วไป แต่สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ เอนไซม์และแบคทีเรียในธรรมชาติ เมื่อย่อยสลายหมดแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำมวลชีวภาพ ก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการเจริญเติบโตและดำรงชีวิตของพืช รวมถึง มันสำปะหลัง และข้าวโพด ที่เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเป็นพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

ภาชนะบรรจุพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบันถูกผลิตขึ้นจากโมโนเมอร์ชีวภาพ เช่น พอลิคาโพรแลคโทน (Polycaprolactone, PCL) พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid, PLA) และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol, PVA) เป็นต้น

- พอลิคาโพรแลคโทน (Polycaprolactone, PCL) เป็นพลาสติกที่ได้จากการสังเคราะห์น้ำมันดิบ นิยมนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ในธรรมชาติโดยผสมกับแป้ง เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มความสามารถในการย่อยสลาย ข้อดีของ PCL คือมีจุดหลอมเหลวต่ำไม่มีพิษและสามารถต้านทานน้ำหรือน้ำมันได้ดี

ภาพที่ 2.1 Polycaprolactone

ที่มา (https://i.ebayimg.com/images/i/223279765173-0-1/s-l1000.jpg) [ข้อมูลการเข้าเว็บไซต์เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562]

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

- พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid, PLA) เป็นพลาสติกที่ทำจากกระบวนการหมักพืชจำพวกแป้ง เช่น ข้าวโพด ในปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมอย่างมาก เป็นอีกทางเลือกที่จะมาทดแทนพลาสติกที่ได้จากปิโตรเคมี PLA นี้สามารถย่อยสลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำในเวลา 3 เดือน ในสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติ ในทางอุตสาหกรรมสามารถย่อยสลายในความร้อน และสามารถเป็นอาหารของเชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายในถังขยะ หรือหลุมขยะได้ ข้อดีของ PLA คือ มีลักษณะใส มีความ แวววาวสูง ขึ้นอยู่กับสารเติมแต่ง สามารถดักกลิ่นและรสชาติได้ดี มีความต้านทานต่อน้ำมัน และไขมันสูง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำสามารถแพร่ผ่านได้ดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.2 Polylactic acid

ที่มา (https://egbc-images.s3-eu-west-1.amazonaws.com/content/w620/219389.jpg) [ข้อมูลการเข้าเว็บไซต์เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562]

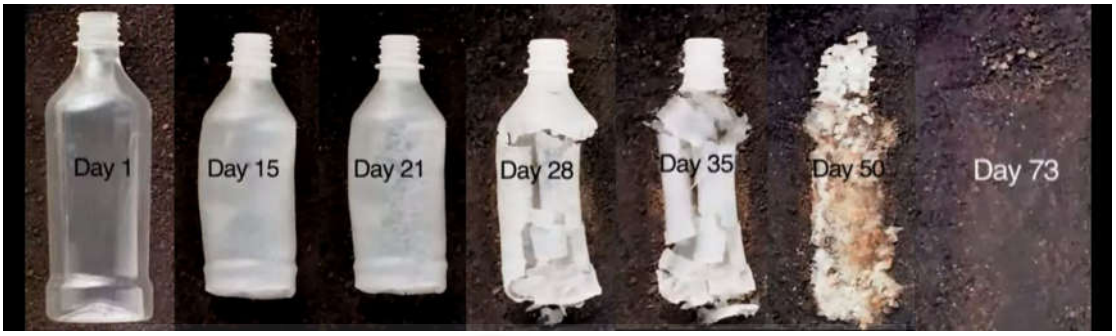
- พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol, PVA) เป็นพลาสติกสังเคราะห์ที่มักใช้ในอุตสาหกรรมกาว อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมกระดาษ และงานเคลือบผิวต่าง ๆ เนื่องจาก PVA นี้มีข้อดีที่มีความเหนียว ทนต่อการเกิดรอยขูด หรือถลอก มีความสามารถต่อการต้านทานแรงดึงได้สูงใกล้เคียงกับพลาสติกทั่วไป

ภาพที่ 2.3 Polyvinyl alcohol
ที่มา (http://d13z1xw8270sfc.cloudfront.net/origin/241733/pva.jpg)
[ข้อมูลการเข้าเว็บไซต์เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562]

พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable plastics)

พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจมากในปัจจุบัน ในช่วงแรกของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพได้มีการนำแป้ง (Starch) ชนิดต่าง ๆ มาใช้เป็นสารผสมร่วมกับพอลิเมอร์ที่ได้จากกระบวนการปิโตรเคมี เพื่อเป็นการลดสัดส่วนของการย่อยสลายได้ยากในวัสดุ และเพิ่มคุณสมบัติการสลายตัวของวัสดุให้มากขึ้น เนื่องจากแป้งเป็นวัสดุเพียงชนิดเดียวที่สามารถขึ้นเป็นรูปร่วมกับวัสดุชนิดอื่นได้โดยการใช้ความร้อน แต่วัสดุที่ใช้จะพบปัญหาในเรื่องของการซึมผ่านของน้ำและการบวมหรือการคงตัวของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เมื่อได้รับความชื้น ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยแป้งนิ่มง่ายและไม่คงรูป จึงทำให้การใช้แป้งเพียงอย่างเดียวไม่ได้ผลเท่าที่ควร วงจรพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพเริ่มต้นจากพืชผลทางเกษตรถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตมอนอเมอร์และพอลิมอร์ ตามลำดับ จากนั้นพอลิเมอร์ที่ได้จะผ่านการปรับปรุงสมบัติและขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับการนำไปใช้งานในด้านต่าง ๆ เมื่อหมดอายุ การใช้งานหรือไม่เป็นที่ต้องการแล้วการนำไปทิ้งในสภาวะที่เหมาะสม จะทำให้พลาสติกเหล่านี้ถูกย่อยสลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และสารชีวมวล ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ผลผลิตจากการเกษตรที่ให้แป้ง เช่น ข้าวเจ้า อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด และปาล์มน้ำมันฯลฯ เมื่อผ่านกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพแล้วจะเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล และเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นมอนอเมอร์ แล้วจึงผ่านกระบวนการปฏิกิริยาเคมีที่มีตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (catalytic polymerization) หรือจากแป้งเปลี่ยนเป็นพอลิเมอร์ประเภทต่าง ๆ โดยตรง ด้วยกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพ เช่น พอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอต (PHAs) เป็นต้น ในอนาคตพลาสติกย่อยสลายได้มีแนวโน้มการใช้งานเพิ่มขึ้นเนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น มีการค้นพบและพัฒนากระบวนการผลิต

ใหม่ ๆ ทำให้พลาสติกมีราคาที่ต่ำลงและมีสมบัติต่าง ๆ ดีขึ้น มีกฎข้อบังคับรวมถึงการที่มีค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะที่สูงขึ้น ทำให้บริษัทต่าง ๆ ทำการผลิตพลาสติกย่อยสลาย ที่มีคุณสมบัติที่หลากหลายแตกต่างกัน บางครั้งผลิตภัณฑ์เหล่านี้ไม่เกิดการย่อยสลายผ่านกระบวนการทางชีวภาพอย่างแท้จริง เพื่อควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว



ภาพที่ 2.4 biodegradable plastics
ที่มา (https://biod.in/wp-content/uploads/2017/07/bio-bottle.jpg)
[ข้อมูลการเข้าเว็บไซต์เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562]

ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

มีด้วยกันหลากหลาย ส่วนมาก จะนิยมใช้ในงานทางการแพทย์เนื่องจากในช่วงแรก ๆ ที่มีการผลิตออกมาราคาของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างสูง พลาสติกย่อยสลายที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการผลิตวัสดุทางการแพทย์ เช่น ผิวหนังเทียม ยาที่ถูกออกแบบมาให้สามารถควบคุมการปลดปล่อยตัวยาอย่างช้า ๆ ภายในร่างกายช่วงระยะเวลาหนึ่ง หรือไหมละลาย อุปกรณ์ประเภทสกรูและแผ่นดามกระดูกที่ได้รับการผ่าตัดและ ฝังอยู่ในร่างกายที่สามารถย่อยสลายได้เองหลังจากการทำหน้าที่ตามที่ได้รับการออกแบบไว้แล้วเสร็จสิ้น ทำให้ไม่ต้องทำการผ่าตัดซ้ำเพื่อนำวัสดุที่ใช้ในการรักษาเสร็จแล้วออกจากร่างกายผู้ป่วย ในปัจจุบันมีการนำพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพมาใช้งานเป็นสารเคลือบกระดาษสำหรับห่อแฮมเบอร์เกอร์ หรือถ้วยน้ำชนิดใช้แล้วทิ้ง ฟิล์มคลุมดินและวัสดุทางการเกษตร ซึ่งช่วยลดขั้นตอนการเก็บและกำจัดฟิล์มภายหลังเสร็จสิ้นการใช้งาน นอกจากนี้ยังมีถุงสำหรับใส่ของ ถุงสำหรับใส่เศษอาหารรวมไปถึงบรรจุภัณฑ์เพื่อการบริโภค ซึ่งปกติการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารที่ผลิตจากพลาสติกทั่วไปมักไม่นิยมนำกลับมารีไซเคิลมากนัก เนื่องจากมีการปนเปื้อนสูงทำให้ไม่สะดวกในการเก็บและทำความสะอาด การนำพลาสติกย่อยสลายได้มาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหาร เช่น ถาดย่อยสลายได้สำหรับอาหารสำเร็จรูปและอาหารจานด่วน จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการลดปัญหาด้านการจัดการขยะบรรจุภัณฑ์ลงได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

เมื่อพิจารณาถึงสมบัติด้านความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การลดอัตราการปล่อย ของเสียสู่สิ่งแวดล้อมนับว่าเป็นจุดเด่นสำคัญของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ นอกจาก จะสามารถลดอัตราการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างกระบวนการสังเคราะห์และขึ้นรูปเพื่อมาใช้ประโยชน์แล้ว จะเห็นว่าในขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบ คือ แป้งข้าวโพดนั้น ต้นข้าวโพด จะดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมาใช้ในการสังเคราะห์แสงปริมาณมาก ดังนั้น ผลที่ได้จากสองปัจจัยนี้จึงสามารถกล่าวได้ว่ากระบวนการผลิตพลาสติกย่อยสลายทางชีวภาพ สามารถช่วยลดปริมาณของแก๊สดังกล่าวในชั้นบรรยากาศได้ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก ผลจากการย่อยสลายของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ทำให้เกิดการแตกตัวของสายโซ่ยาวได้เป็นสารโมเลกุลเล็กกลับมาดังเดิม ซึ่งกระบวนการย่อยสลายนี้เกิดขึ้นได้ในสภาวะต่าง ๆ และเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายก็จะแตกต่างกันไปตามสภาวะนั้น ๆ การประเมินผลกระทบด้านบวกต่อสภาวะแวดล้อมของการนำพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพมาใช้แทนพลาสติกทั่วไป สามารถทำได้โดยการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment : LCA) ของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพเปรียบเทียบกับพลาสติกทั่วไปที่ผลิตจากปิโตรเคมี นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพยังช่วยลดเนื้อที่ในการฝังกลบ ช่วยเพิ่มศักยภาพในการย่อยสลายของเศษอาหารหรือขยะอินทรีย์ในบ่อฝังกลบ และเพิ่มศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในกรณีที่บ่อฝังกลบได้ถูกออกแบบมาให้ผลิตและใช้ประโยชน์จากแก๊สมีเทน อีกทั้งพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตพลาสติกย่อยสลายได้ยังใช้น้อยกว่ากระบวนการผลิตพลาสติกทั่วไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.2 พอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติ

พอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติไม่ว่าจะเป็น พืช สัตว์ หรือจุลินทรีย์ เช่น แป้ง ยางธรรมชาติ เซลลูโลส ไคติน และวุ้น โดยมากอยู่ในจำพวกพอลิแซคคาร์ไรด์และโปรตีน ซึ่งพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติเหล่านี้จะชอบความชื้น

แป้ง (Starch)

แป้งเป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติ ย่อยสลายได้ง่าย มีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ สีขาว ไม่มีรส ไม่มีกลิ่น และไม่ละลายในน้ำเย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนซ์ (Gelatinization temperature) แต่เมื่อละลายในน้ำที่อุณหภูมิเกินแล้ว แป้งจะกลายเป็นเด็กซ์ตริน (Dextrin) ซึ่งเป็นสารที่มีรสหวานเล็กน้อย และเหนียวแบบกาว แป้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวัตถุดิบทางการเกษตร เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าว มันฝรั่ง และมันสำปะหลัง แป้งที่ขายตามท้องตลาดทั่วไป เรียกว่า แป้งฟลาวร์ (Flour) เป็นแป้งที่ยังมีสิ่งเจือปนอยู่ เช่น โปรตีน ไขมัน และเกลือแร่ สูตรโมเลกุลทั่วไปของแป้ง คือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ ประกอบไปด้วย

โมเลกุลของกลูโคส 2 ชนิด คือ อะไมโลส (Amylose) ที่เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น และอะไมโลเพคติน (Amylopectin) ที่เป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่ง

- <u>สมบัติของแป้ง</u>

แป้งแต่ละชนิดมีสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ การพองตัว การละลาย ความหนืด การเกิดเจลาติน และการคืนตัวของแป้ง เป็นต้น

- <u>การพองตัว (Swelling) และการละลาย (Solubility)</u>

แป้งดิบจะไม่สามารถละลายในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนซ์ (Gelatinization temperature) ได้ เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนที่เกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่อยู่ใกล้ ๆ กันเชื่อมอยู่ แต่เมื่ออุณหภูมิของสารผสมน้ำแป้งสูงกว่าช่วงอุณหภูมิเจลาติไนซ์แล้ว พันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย โมเลกุลของน้ำจะเข้ามาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระ เม็ดแป้ง เกิดการพองตัวทำให้ละลาย ความหนืดและความใสเพิ่มมากขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัว และความสามารถในการละลาย คือ ชนิดของแป้ง ความแข็งแรง และลักษณะร่างแหภายในเม็ดแป้ง สิ่งเจือปนในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต สมบัติหลังดัดแปรทางเคมี ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในสภาวะ ที่เกิดการพองตัว เป็นต้น (พรทิพย์ ทูลจินดา, 2550; อังศุมา บุญไชยสุริยา, 2554)

- <u>ความหนืด (Viscosity)</u>

ความหนืดเป็นสมบัติที่เฉพาะตัวที่สำคัญของแป้ง เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความหนืดของแป้ง ได้แก่ ชนิดของแป้งและการดัดแปรทางกายภาพ (อังศุมา บุญไชยสุริยา, 2554)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

- <u>การเกิดเจลาติน (Gelatinization)</u>

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl groups) จำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีคุณสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic) แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแห (Micelles) ดังนั้นการจัดเรียงตัวลักษณะนี้ทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก ในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย แต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำแล้วพองตัว ส่วนผสมของน้ำแป้งมีความหนืดมากขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบ ๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ทำให้เกิดความหนืด จนกลายเป็นเจล เรียกว่า การเกิดเจลาติน (Gelatinization) (ณัติฐพล ไข่แสงศรี, 2552; อังศุมา บุญไชยสุริยา, 2554) อุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเกิดความหนืด เรียกว่า อุณหภูมิเจลาติไนซ์

2.3 เส้นใย

เส้นใย หมายถึง วัสดุหรือสารใด ๆ ทั้งที่เกิดจากธรรมชาติหรือมนุษย์สร้างขึ้น มีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง (Aspect ratio) เท่ากับหรือมากกว่า 100 สามารถแบ่งได้ตามแหล่งกำเนิดของเส้นใยออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ เส้นใยธรรมชาติและเส้นใยประดิษฐ์

- เส้นใยจากธรรมชาติ (natural fibers) เส้นใยธรรมชาติเป็นอินทรียวัตถุที่สำคัญ ที่หาได้ง่ายจากธรรมชาติ ได้จากพืช สัตว์ หรือธาตุ มีปริมาณมากและสามารถเกิดขึ้นได้ใหม่เรื่อย ๆมีราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์ สามารถนำมาทำประโยชน์ในการทำคอมโพสิท (Composite) มีประโยชน์อย่างมากต่อการเสริมประสิทธิภาพและความแข็งแรงของพอลิเมอร์ เส้นใยธรรมชาติสามารถแบ่งได้เป็น
    - เส้นใยจากพืช ได้แก่ เส้นใยจากเซลลูโลส เป็นเส้นใยที่ประกอบด้วยเซลลูโลสซึ่งได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ป่าน ปอ ลินิน ใยสับปะรด ใยมะพร้าว ฝ้าย นุ่น เป็นต้น
    - เส้นใยจากสัตว์ ได้แก่ เส้นใยโปรตีน เช่น ขนสัตว์ (wool) ไหม (silk) ผม (hair) เล็บ เขา ใยไหม เป็นต้น เส้นใยเหล่านี้ มีสมบัติ คือ เมื่อเปียกน้ำ ความเหนียวและความแข็งแรงจะลดลงถ้าสัมผัสแสงแดดนาน ๆ จะสลายตัว
    - เส้นใยจากสินแร่ เช่น แร่ใยหิน (asbestos) ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี ทนไฟ ไม่นำไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM

ภาพที่ 2.5 ใยฝ้าย

ที่มา (https://i.ytimg.com/vi/_1WT6zwHLRM/maxresdefault.jpg) [ข้อมูลการเข้าเว็บไซต์เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562]

ภาพที่ 2.6 ใยไหม

ที่มา (http://allaboutsilk.igetweb.com/catalog/p_1412204.jpg)
[ข้อมูลการเข้าเว็บไซต์เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562]

ภาพที่ 2.7 แร่ใยหิน

ที่มา (http://www.thaihealthconsumer.org/wp-content/uploads/2017/10/lesson-learn_local-goverment_asbestos.jpg)
[ข้อมูลการเข้าเว็บไซต์เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562]

เส้นใยธรรมชาติที่ได้จากพืชส่วนใหญ่มีโครงสร้างและองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญ คือ เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และลิกนิน (Lignin)

- เซลลูโลส (Cellulose) เส้นใยธรรมชาติจากพืชทุกชนิดจัดเป็นเส้นใยประเภทเซลลูโลส ที่มีองค์ประกอบด้วยธาตุหลัก คือ คาร์บอน 44.4% ไฮโดรเจน 6.2% และออกซิเจน 49.4%มีโครงสร้างประกอบด้วยหน่วยขั้นพื้นฐานเรียกว่า Anhydro-d-Glucose ยึดเกาะด้วย 1, 4-B-D-Anhydroglucosidic Bonding ต่อกันเป็นลูกโซ่โมเลกุลยาว แต่ละหน่วยของกลูโคสประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลทั้งหมด 3 หมู่ด้วยกัน ซึ่งเหมือนกับโครงสร้างของน้ำตาลทั่วไป แต่เนื่องจากโมเลกุลต่อกันยาวเป็นลูกโซ่ทำให้ไม่สามารถละลายน้ำได้เหมือนกับที่เกิดขึ้นกับน้ำตาลโครงสร้างทางเคมีนี้นับว่ามีบทบาทอย่างยิ่งต่อการกำหนดสมบัติของเส้นใย และลักษณะของการเรียงตัวเป็นลูกโซ่โมเลกุลยาว จะทำให้มีความแข็งแรงสูงไปด้วย เซลลูโลสไม่ละลายน้ำแต่สามารถละลายได้ในกรดเข้มข้น และถ้ามีความเข้มข้นของเซลลูโลสเพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนืดของเซลลูโลสเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และส่วนใหญ่จะมีการดูดซับความชื้นโดยปริมาณความชื้นที่เซลลูโลสดูดซับมีผลต่อสมบัติกายภาพบางประการของเส้นใย เช่น เมื่อความชื้นสูงเส้นใยจะมีค่าทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้น เป็นต้น
- เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เป็นสารประกอบพอลิแซคคาไรด์ซึ่งคล้ายกับเซลลูโลส สามารถพบได้ในเนื้อเยื่อของพืชโดยรวมอยู่กับสารประกอบอื่น ๆ เช่น ลิกนิน และเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสจะมีโครงสร้างแบบอสัณฐาน ซึ่งมีความแข็งแรงน้อยและถูกไฮโดรไลซิสได้ง่ายในกรดเจือจาง มีสมบัติทางกายภาพที่สำคัญ คือ มีความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) และสามารถแลกเปลี่ยนแคทอิออน (Cation exchange) ได้ในกระเพาะอาหารและลำไส้ของมนุษย์
- ลิกนิน (Lignin) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของพืชในไม้เนื้อแข็ง จะมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 17-25 ในไม้เนื้ออ่อนจะมีสัดส่วนประมาณ 24-32 ในเส้นใยเปลือกลำต้น ลิกนินเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ไม่มีรูปผลึกจะกั้นอยู่ในชั้นระหว่างเส้นใยซึ่งทำหน้าที่ยึดเกาะเส้นใยเข้าด้วยกัน และมีบางส่วนผสมอยู่ในเส้นใยด้วย ลิกนินเป็นสารประกอบด้วยคาร์บอนไฮโดรเจน และออกซิเจนรวมกันเป็นหน่วยย่อยหลายชนิด ซึ่งเป็นสายอะโรมาติก ลิกนินไม่ละลายน้ำไม่มีสมบัติทางการยืดหยุ่น ลิกนินและอนุพันธ์ของลิกนินสามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยใช้เป็นสารยึดติด (Adhesives) ด้านเคมีภัณฑ์เกษตร ใช้ในอุตสาหกรรมยางเป็นสารเติมแต่ง สารเร่งปฏิกิริยา สารช่วยให้มีการยืด และสารช่วยให้เป็นพลาสติกดีขึ้น (plasticizer)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สมบัติของเส้นใย

- โครงสร้างทางกายภาพของเส้นใย โครงสร้างทางกายภาพหรือโครงสร้างทางสัณฐาน (Morphology) ของเส้นใยสามารถสังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์ ที่มีกำลังขยาย 250- 1000 เท่า โครงสร้างทางกายภาพนั้นครอบคลุมถึง ความยาว ขนาดหรือเส้นผ่านศูนย์กลาง รูปร่างภาคตัดขวาง (Cross sectional shape) รูปร่างของผิวเส้นใย และความหยักของเส้นใย
- ความยาวของเส้นใย เส้นใยมีทั้งชนิดสั้นและยาว ซึ่งความยาวของเส้นใยจะมีผลต่อสมบัติและการนำไปใช้งาน ลักษณะของเส้นใยสั้นจะเป็นเส้นใยที่ความยาวอยู่ระหว่าง 2-46เซนติเมตร หรือ 18 นิ้ว เส้นใยธรรมชาติทั้งหมดยกเว้นไหมเป็นเส้นใยสั้น ส่วนเส้นใยสั้นที่มาจากเส้นใยประดิษฐ์มักจะทำเป็นเส้นยาวก่อนแล้วค่อยตัดเป็นเส้นใยสั้นตามกำหนด เส้นใยยาวส่วนใหญ่จะเป็นเส้นใยประดิษฐ์ ยกเว้นไหมซึ่งเป็นเส้นใยยาวที่มาจากธรรมชาติ เส้นใยยาวอาจเป็นชนิดเส้นยาวเดี่ยว (monofilament) ที่มีเส้นใยเพียงเส้นเดียว หรือเส้นใยยาวกลุ่ม (multifilament) ซึ่งจะมีเส้นใยมากกว่า 1 เส้นรวมอยู่ด้วยกันตลอดความยาว
- ขนาดของเส้นใย เส้นใยที่มีขนาดใหญ่จะให้ความรู้สึกที่หยาบและแข็ง แต่ในขณะเดียวกันก็ให้ความแข็งแรงมากกว่าเมื่อเทียบกับเส้นใยชนิดเดียวกันที่มีขนาดเล็กกว่า ขนาดของเส้นใยจึงมีผลต่อสมรรถนะการใช้งานและสมบัติทางผิวสัมผัส เส้นใยธรรมชาตินั้นมักมีขนาดไม่สม่ำเสมอ คุณภาพของเส้นใยธรรมชาติมักจะวัดจากความละเอียดของเส้นใย เส้นใยที่มีความละเอียด (ขนาดเล็ก) จะมีคุณภาพที่ดีกว่า ส่วนเส้นใยประดิษฐ์ขนาดของเส้นใยจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ขนาดของรูในหัวฉีด การดึงยืดขณะที่ปั่นเส้นใยและหลังการปั่นเส้นใย รวมไปถึงปริมาณและความเร็วของการอัดน้ำพลาสติกผ่านหัวฉีดในกระบวนการปั่นเส้นใย เส้นใยประดิษฐ์ สามารถควบคุมความสม่ำเสมอของเส้นใยได้ดีกว่าเส้นใยธรรมชาติ แต่ก็ยังมีส่วนที่ไม่สม่ำเสมอบ้างเนื่องจากความไม่คงที่ (irregularity) ของกระบวนการผลิต
- รูปร่างหน้าตัดขวางของเส้นใย เส้นใยมีรูปร่างหน้าตัดที่หลากหลาย เช่น วงกลม สามเหลี่ยม ทรงคล้ายกระดูก (dog bone) ทรงรูปถั่ว (bean shaped) เป็นต้น รูปร่างหน้าตัดขวางของเส้นใยมีผลต่อความเป็นมันวาวและสมบัติต่อผิวสัมผัส ความแตกต่างของรูปร่างหน้าตัดขวางของเส้นใยธรรมชาติ เกิดจากลักษณะการสร้างเซลลูโลสในขณะที่พืชเจริญเติบโต ส่วนเส้นใยประดิษฐ์รูปร่างหน้าตัดของเส้นใยขึ้นอยู่กับรูปร่างของรูในหัวฉีด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

- องค์ประกอบทางเคมีและการเรียงตัวของโมเลกุล เส้นใยประกอบด้วยโมเลกุลจำนวนมาก โมเลกุลเหล่านี้มีลักษณะเป็นเส้นยาวเรียกว่า พอลิเมอร์ ที่เกิดจากการเรียงตัวของหน่วยโมเลกุลเล็ก ๆ คือ มอนอเมอร์และเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเคมีด้วยกระบวนการสังเคราะห์ที่เรียกว่าพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) ขนาดของพอลิเมอร์ขึ้นอยู่กับความยาวของโมเลกุลซึ่งบอกได้จากจำนวนของมอนอเมอร์ที่อยู่ในพอลิเมอร์นั้น พอลิเมอร์ที่มีเส้นโมเลกุลยาวจะมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าพอลิเมอร์ที่มีเส้นโมเลกุลสั้น เนื่องจากจำนวนมอนอเมอร์ที่มากกว่านั่นเองซึ่งจะมีผลต่อความแข็งแรงของเส้นใยที่พอลิเมอร์นั้นเป็นองค์ประกอบอยู่ โมเลกุลหรือพอลิเมอร์ที่อยู่ในเส้นใยจะมีการเรียงตัวแตกต่างกัน เมื่อแต่ละโมเลกุลมีการเรียงตัวอย่างไร้ทิศทาง ก็จะทำให้เส้นใยบริเวณนั้นมีความเป็นอสัณฐาน (Amorphous) ส่วนในบริเวณที่โมเลกุลมีการเรียงซ้อนขนานอย่างเป็นระเบียบก็จะมีความเป็นผลึกเกิดขึ้น เส้นใยที่มีความเป็นผลึกมากก็จะมีความแข็งแรงมากกว่าเส้นใยที่มีความเป็นผลึกน้อย การจัดเรียงตัวโมเลกุลที่อยู่ในทิศทางที่ขนานกับแกนตามความยาวของเส้นใย ก็จะช่วยให้เส้นใยมีความแข็งแรงมาก เนื่องจากโมเลกุลเรียงตัวในทิศทางเดียวกับแรงที่กระทำต่อเส้นใย

2.4 หญ้าเนเปียร์

หญ้าเนเปียร์มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pennisetum purpureum* เป็นพืชดั้งเดิมของอัฟริกาเขตร้อน นำเข้ามาในปี พ.ศ. 2472 โดย นายอาร์.พี. โจนส์ เป็นหญ้าที่มีอายุหลายปี เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ให้ผลผลิตที่สูงและมีคุณค่าทางอาหารสูงจึงถูกนำมาใช้เพื่อการเกษตรสำหรับเป็นอาหารในการเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคนม โคเนื้อ กระบือ แพะ และแกะ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์หนึ่งที่เป็นสายพันธุ์ลูกผสมที่มีศักยภาพของผลผลิตสูงและมีคุณค่าทางอาหารสูงด้วยคือ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นหญ้าลูกผสมซึ่งเกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างหญ้าเนเปียร์ยักษ์และหญ้าไข่มุก ปัจจุบันกรมปศุสัตว์ได้สนับสนุนส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วประเทศไทย หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์นี้มีอายุหลายปีโตเต็มที่สูงประมาณ 4 เมตร มีระบบรากที่แข็งแรง แผ่กระจายอยู่ในดิน ดูดซึมน้ำและปุ๋ยได้ดี ลักษณะลำต้นและทรงต้นตั้งตรง ปลูกขยายพันธุ์โดยใช้ท่อนพันธุ์

ลักษณะเด่นของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 คือ เจริญเติบโตเร็ว ให้ผลผลิตต่อไร่สูง โปรตีนสูง มีความน่ากินสูง สัตว์ชอบกิน ตอบสนองต่อการให้น้ำและปุ๋ยดี แตกกอดี แก่ช้า ทนแล้ง ในฤดูหนาวยังเติบโตได้ดีไม่ชะงัก ไม่มีระยะพักตัว ใบและลำต้นอ่อนนุ่ม ขอบใบไม่คมไม่มีขน ที่ทำให้เกิดอาการคันคาย ระยะออกดอกสั้น ไม่ติดเมล็ด ให้ผลผลิตตลอดทั้งปี มีปริมาณน้ำตาลในใบและลำต้นสูง ปรับตัว

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ได้ดีในดินหลายสภาพ ไม่มีโรคและแมลงรบกวน เก็บเกี่ยวง่าย ปลูกครั้งเดียวสามารถเก็บเกี่ยวได้นานถึง 6-7 ปี เหมาะกับเกษตรกรที่มีพื้นที่จำกัด

ภาพที่ 2.8 หญ้าเนเปียร์

ที่มา (https://i2.wp.com/fredikurniawan.com/wp-content/uploads/2016/06/2.1-4.jpg?resize=560%2C394)
[ข้อมูลการเข้าเว็บไซต์เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562]

2.5 กาว (adhesive)

กาวหรือตัวประสาน คือ ส่วนผสมของของเหลวหรือวัสดุกึ่งของเหลวที่สามารถเชื่อมติดหรือประสานวัสดุ 2 ชนิดให้ติดกัน กาวมีอยู่หลากหลายรูปแบบทั้งมาจากธรรมชาติและจากสารเคมีสังเคราะห์ ซึ่งการใช้งานมักจะขึ้นอยู่กับวัสดุที่จะนำมาติดกัน กาวที่ได้จากสารเคมีสังเคราะห์ ได้แก่ epoxy, polyurethane, cyanoacrylate, acrylic polymers เป็นต้น กาวที่ได้จากธรรมชาติ เช่น กาวจากแป้ง (กาวแป้ง), กาวจากน้ำยางธรรมชาติ เป็นต้น ในส่วนของงานวิจัยนี้เลือกใช้กาวที่ได้จากธรรมชาติ คือ กาวแป้ง เป็นตัวประสานในการทำให้วัสดุเข้ากันได้ดีและมีความเหนียวมากขึ้นนั่นเอง

กาวแป้ง เป็นกาวที่มีความนิยมใช้กันอย่างมากในอดีต เพราะยังไม่มีการคิดค้นกาวจากสารเคมีสังเคราะห์มากนัก กาวแป้งมักจะทำขึ้นจากการนำแป้งมันสำปะหลังผสมกับน้ำแล้วนำไป กวนโดยใช้ไฟอ่อน ๆ จนกระทั่งมีความเหนียว ใส จึงจะนำไปใช้เป็นกาวได้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย เช่น นำไปใช้ในการติดแสตมป์ ใช้ในงานประดิษฐ์ต่าง ๆ เป็นต้น ในปัจจุบันกาวแป้งยังมีการใช้งานอยู่เนื่องจากเป็นกาวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพราะกาวที่ผลิตจากสารเคมีสังเคราะห์ส่วนมากจะมีส่วนผสมของฟอร์มัลดีไฮด์ มีผู้คิดค้นการนำกาวแป้งไปใช้เป็นตัวประสานในการทำไม้อัด โดยมีการนำแป้งหลายชนิดมาผสมกัน ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว แป้งท้าวยายม่อม

และแป้งถั่วเขียว เพื่อช่วยเพิ่มความเหนียวและความแข็งแรงให้แก่ตัวประสาน นอกจากนี้กาวแป้งยังเป็นตัวสานในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งอีกด้วย

สมบัติของแป้ง

แป้งแต่ละชนิดมีสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ การดูดซับน้ำ การพองตัว การละลาย ความหนืด การเกิดเจลาติไนเซชัน และการเกิดรีโทรเกรเดชัน โดยแสดงดังต่อไปนี้

- การดูดซับน้ำ การพองตัว และการละลาย เมื่อมีการเติมน้ำเข้าไปในแป้งและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำที่เติมลงไปภายใต้สภาวะบรรยากาศห้อง จนเกิดสมดุลระหว่างความชื้นภายในเมล็ดแป้งกับน้ำที่เติมและความชื้นในบรรยากาศ ปริมาณน้ำที่ดูดซึมจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แป้งส่วนใหญ่จะเกิดสมดุลภายใต้บรรยากาศปกติจะมีความชื้น 10-17 % แป้งดิบจะไม่ละลายในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนซ์ (Gelatinize temperature) เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนซึ่งเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่อยู่ใกล้ ๆ กันเชื่อมต่ออยู่ แต่เมื่ออุณหภูมิของสารผสมน้ำแป้งเพิ่มจนสูงกว่าอุณหภูมิเจลาติไนซ์พันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัวขึ้นทำให้การละลาย ความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวและความสามารถในการละลาย คือ ชนิดของแป้ง ความแข็งแรงและลักษณะร่างแหภายในเม็ดแป้ง สิ่งเจือปนภายในแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต ปริมาณน้ำในสารละลายแป้งและการดัดแปรทางเคมี ซึ่งกำลังการพองตัวของแป้งจะแสดงเป็นปริมาตรหรือน้ำหนักของเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเม็ดแป้งพองตัวได้อย่างอิสระในน้ำ
- ความหนืด ความหนืดเป็นสมบัติเฉพาะตัวที่สำคัญของแป้ง เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของแป้ง ได้แก่ ชนิดของแป้งและการดัดแปร ทางกายภาพ เช่น แป้งพรีเจลาติไนซ์หรืออัลฟา สตาร์ช ดัดแปรโดยให้ความร้อนแก่แป้งทำให้แป้งสุกหรือเกิด เจลาติไนซ์แล้วทำให้แห้งโดยเครื่องทำแห้ง แป้งที่ได้เมื่อนำไปกระจายตัวในน้ำเย็น จะให้ความหนืดทันทีและไม่เกิดเจล
- การเกิดเจล (Gelatinization) โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล จำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีคุณสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic) เมื่อนำแป้งไปผสมกับน้ำที่อุณหภูมิห้องแป้งจะยังไม่เกิดการละลายหรือพองตัว แต่เมื่อนำน้ำแป้งไปให้ความร้อนจะทำให้พันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย สายพอลิเมอร์อะไมโลสและอะไมโลเพคตินที่อัดแน่นอยู่ในเม็ดแป้งจะเกิดการคลายตัว เม็ดแป้งจะดูดน้ำเกิดการพองตัวและมีความหนืดมากขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบ ๆ เม็ดแป้ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวยากขึ้นทำให้เกิดความหนืดปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) และอุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเกิดความหนืดเรียกว่า gelatinization temperature หรือ pasting temperature อยู่ในช่วง 60-70 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เช่น แป้งจากพืชหัวจำพวก แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง จะมีอุณหภูมิเจลาติไนเซชันต่ำกว่าอุณหภูมิจากแป้งธัญพืช ช่วงนี้เม็ดแป้งยังคงมีสภาพอยู่ได้โดยไม่แตกออก เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นเม็ดแป้งจะพองตัวเพิ่มขึ้นและมีความหนืดสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเกิดลักษณะของน้ำแป้งข้น (starch paste) ความหนืดจะเพิ่มสูงขึ้น จนกระทั่งถึงจุดที่เม็ดแป้งเกิดการพองตัวสูงสุดและให้ความหนืดสูงสุด (maximum viscosity) จากนั้นเม็ดแป้งจะแตกถึงจุดสูงสุดซึ่งจะไม่สามารถกลับคืนสภาพได้

- การเกิดเรทโทรเกรเดชัน (Retrogradation) เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิเจลติไนเซชันแล้วให้ความร้อนต่อไป จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของอะไมโลสขนาดเล็กจะกระจัดกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง
- การคืนตัวของแป้ง (Retrodegradation) หลังจากที่เม็ดแป้งได้รับความร้อนอย่างต่อเนื่องจนเกินอุณหภูมิเจลาติไนซ์ ความร้อนจะทำให้เม็ดแป้งนั้นพองตัว และแตกออก โมเลกุลของอะไมโลสขนาดเล็กจะกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อหยุดให้ความร้อนและปล่อยให้เย็นตัวลง พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลจะทำการจัดเรียงโมเลกุลที่อยู่ใกล้ ๆ กัน จนกลายเป็นร่างแหสามมิติ มีลักษณะเจลเหนียวคล้ายฟิล์มหรือผลึก ซึ่งโครงสร้างใหม่ที่ได้สามารถอุ้มน้ำและไม่ดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดมากขึ้น เรียกปรากฏการณ์เหล่านี้ว่า การคืนตัว หากลดอุณหภูมิให้ต่ำลงไปอีก โมเลกุลอิสระของน้ำภายในจะถูกบีบออกมานอกเจลเป็นโครงสร้างที่แน่นมากขึ้น ซึ่งปรากฏการณ์ทั้งสองนี้ เจลจะมีลักษณะขาวขุ่น และมีความหนืดมากขึ้น (อังศุมา บุญไชยสุริยา, 2554) ซึ่งการคืนตัวของแป้งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดของแป้ง ความเข้มข้นของแป้ง กระบวนการให้ความร้อน กระบวนการให้ความเย็น อุณหภูมิ ระยะเวลา ความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายปริมาณและขนาดของ อะไมโลส อะไมโลเพคติน และองค์ประกอบอื่น ๆ ทางเคมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.6 กระบวนการขึ้นรูป (Compression molding)

เป็นเทคนิคการแปรรูปพอลิเมอร์ที่เก่าแก่ที่สุด แต่ยังมีการใช้แปรรูปพลาสติกอย่างกว้างขวาง ในปัจจุบันนิยมใช้เทคนิคนี้ในการอัดพลาสติกกลุ่มเทอร์โมเซ็ทและยางนอกจากนี้ยังนิยมใช้เทคนิคนี้ในการขึ้นรูปเทอร์โมพลาสติกที่ขึ้นรูปโดยเทคนิคอื่นได้ยาก เช่น การแปรรูปเทอร์โมพลาสติกที่มีการผสมไฟเบอร์ชนิดต่าง ๆ เช่น เส้นใยแก้ว และเส้นใยคาร์บอนเป็นต้น นอกจากนี้การแปรรูปพอลิเมอร์ในกลุ่มเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ (Thermoplastic elastomers) ก็นิยมใช้การอัดในการแปรรูป พลาสติกส่วนใหญ่ที่ใช้การอัดในการแปรรูป คือ พลาสติกชนิดเทอร์โมเซ็ท ในเทคนิคการอัดใช้เครื่องอัดที่ไม่มีความซับซ้อน ส่วนประกอบหลักของเครื่อง คือ แผ่นเหล็กอัด (platens) จำนวนสองชุด ซึ่งแผ่นหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้และอีกแผ่นจะถูกยึดติดอยู่กับที่ ทำให้สามารถทำการปิดและเปิดเบ้าได้เนื่องจากเบ้าถูกยึดติดกับแผ่นเหล็กทั้งสองแผ่นนี้ ส่วนประกอบอื่น ๆ ของเครื่องอัด คือ อุปกรณ์ให้ความร้อน ระบบไฮดรอลิก และอาจ จะมีอุปกรณ์หล่อเย็น เครื่องอัดส่วนใหญ่จะเคลื่อนที่แผ่นเหล็กอัดขึ้นลงโดยใช้ระบบไฮดรอลิก แต่มีเครื่องอัดบางชนิดที่เคลื่อนที่โดยใช้แรงลม นอกจากทำหน้าที่ให้แผ่นเหล็กอัดเคลื่อนที่แล้ว ระบบขับเคลื่อนจะทำหน้าที่ในการให้แรงดันในการอัดซึ่งจะให้แรงดันอยู่ในช่วง 5 - 100 ตัน ส่วนระบบให้ความร้อนจะมีการให้ความร้อนอยู่ 2 ลักษณะ คือ การให้ความร้อนแก่คอมปาวด์ก่อนอัด และการให้ความร้อนแก่เบ้าอัดโดยตรงขณะที่ทำการอัด ซึ่งระบบการให้ความร้อนแก่เบ้าอัดนั้นยังสามารถทำได้หลากหลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการให้ความร้อนด้วยระบบไฟฟ้าซึ่งเป็นวิธีที่มีความนิยมมากเนื่องจากง่ายในการออกแบบและติดตั้ง หรือจะเป็นการให้ความร้อนด้วยระบบไอน้ำ ซึ่งมีข้อดีคือ ให้ความร้อนที่สม่ำเสมอมาก แต่ไม่สามารถให้ความร้อนได้เกิน 180 องศาเซลเซียส นอกจากระบบการให้ความร้อนแล้วในเครื่องอัดบางเครื่องอาจจะมีระบบหล่อเย็นเพิ่มเข้ามาด้วย เพื่อช่วยให้ชิ้นงานที่ได้จากการอัดมีการเย็นตัวลง ระบบหล่อเย็นส่วนใหญ่จะใช้น้ำเย็นไหลหมุนเวียนเข้าสู่ระบบท่อใกล้ช่องว่างของแม่พิมพ์

กระบวนการขึ้นรูป

ในกระบวนการผลิตภาชนะบรรจุย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากพอลิเมอร์ทางธรรมชาตินั้นมีวิธีการขึ้นรูปที่คล้ายกับการผลิตภาชนะบรรจุพลาสติกจากปิโตรเคมี สามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน อาทิเช่น การอัดขึ้นรูป (Compression molding) การฉีดขึ้นรูป (Injection molding) การอัดรีด (Extrusion) การอบในแม่แบบที่ให้ความร้อน (Baking in hot mold) เป็นต้น

<u>การอัดขึ้นรูป (Compression molding)</u>

เป็นวิธีการผลิตที่ง่ายและไม่ซับซ้อนที่สุด ผลิตได้ไม่เร็วนัก ทำได้โดยเติมวัตถุดิบ ลงในแม่พิมพ์เปิด แล้วใช้ความดันอัดแม่พิมพ์พร้อมทั้งให้ความร้อนที่เหมาะสม ให้วัตถุดิบกระจายแทนที่ช่างว่างจนเต็มแม่พิมพ์จนได้ตามรูปทรงที่ต้องการ ซึ่งปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการอัดแต่ละครั้ง ควร

จะต้องมีปริมาณที่พอดี จึงจะได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ และคุณสมบัติที่ดี ไม่ต้องแก้ไขเพิ่มเติม ถ้าใช้ปริมาณวัตถุดิบน้อยเกินไปชิ้นงานที่ได้จะไม่เต็มแบบ มีส่วนที่เปราะอยู่ หากใช้ปริมาณวัตถุดิบมากเกินไปชิ้นงานที่ได้จะมีครีบ (Flash) ส่วนที่เหลือมากต้องทำการตัดแต่งเพิ่มเติมอีก วิธีการกะเกณฑ์วัตถุดิบมีอยู่ 2 วิธี คือ การกะเกณฑ์โดยปริมาตร ซึ่งจะวัดด้วยกระบอกตวง และการกะเกณฑ์โดยน้ำหนัก

การอัดขึ้นรูปภาชนะบรรจุนั้นต้องอัดในพิมพ์ภายใต้ความดันและอุณหภูมิที่เหมาะสม เริ่มจากตอนแรกแม่พิมพ์ตัวผู้ (Core) และแม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity) อยู่ห่างกันมากที่สุดเพื่อง่ายต่อการใส่วัตถุดิบ และเป็นระยะเดียวกันกับตอนเอาชิ้นงานออก การเคลื่อนที่ของแม่พิมพ์ตัวผู้จะเร็วในช่วงแรกและจะเริ่มช้าลงเมื่อแม่พิมพ์ปิด และเริ่มอัดวัตถุดิบไปตามช่องว่างเพื่อให้วัตถุดิบได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง เมื่อแม่พิมพ์ตัวผู้มาถึงตำแหน่งต่ำสุด จะเป็นเวลาที่วัตถุดิบนั้นเริ่มแข็งตัวกลายเป็นรูปทรงตามที่ต้องการ ระยะการแข็งตัวนั้นควรจะมีช่วงเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ที่สุด ในช่วงสุดท้ายจะเปิดแม่พิมพ์ออกเพื่อปลดชิ้นงาน โดยที่ควรจะมีเวลาที่ไม่นานนักเพื่อลดระยะเวลาต่อรอบการทำงานสามารถทำงานรอบต่อไปได้เร็วขึ้น

การอัดขึ้นรูปนั้นจะเกิดก๊าซหรือไอน้ำหลงเหลืออยู่ อาจจะทำให้เกิดการฝังตัวของก๊าซจนชิ้นงานเกิดรอยปูดพองได้ ในแม่พิมพ์นั้นควรจะมีรูระบายอากาศ หรือในการอัดแต่ละครั้งอาจจะต้องมีจังหวะยกแม่พิมพ์เพื่อระบายก๊าซดังกล่างออกมา เมื่อระบายออกแล้วจึงค่อยอัดต่อไปจนเสร็จกระบวนการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1. ลักษณะของแท่นอัด

แท่นอัดในปัจจุบันมีอยู่มากมายหลายแบบ มีทั้งอัดด้วยแม่แรงธรรมดา ไปจนถึงระบบอัตโนมัติซึ่งทำงานด้วยระบบไฮดรอลิคส่งกำลัง แท่นอัดนี้มีปั๊มไฮดรอลิคในตัว มีเครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ และมีหัวเป่าลมอัดสำหรับทำความสะอาดหัวพิมพ์อีกด้วย

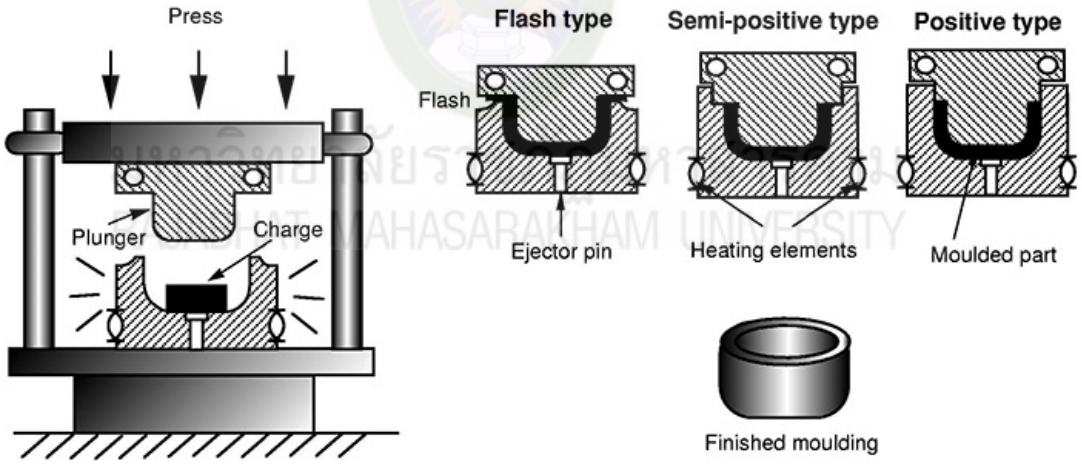
2. แม่พิมพ์

แม่พิมพ์ที่ใช้ในงานอัดมีมากมายหลายลักษณะ สามารถแบ่งตามลักษณะของโครงสร้างได้ดังนี้

- แม่พิมพ์อัดแบบมีครีบ (Flash mold) เป็นแม่พิมพ์สำหรับอัดชิ้นงานทรงแบน ซึ่งเป็นแบบที่ง่ายและมีความยุ่งยากน้อยที่สุด นิยมใช้ในการอัดขึ้นรูปภาชนะแบน เช่น จาน ชามต่าง ๆ วัตถุดิบจะไหลออกได้เมื่อกดแม่พิมพ์ตัวผู้ลงมา ไม่ต้องใช้แรงในการอัดมาก แต่ข้อเสียของแม่พิมพ์นี้ คือ มีครีบมากต้องตัดแต่ง

เพิ่มเติมอีก ชิ้นงานที่ได้เนื้อไม่แน่น ขนาดความหนาไม่ค่อยคงที่ และมีความแข็งแรงน้อยกว่าแบบอื่น ๆ เพราะฉะนั้นงานที่จะขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ชนิดนี้ควรมีลักษณะที่บางและตื้น

- แม่พิมพ์อัดชิ้นงานแบบปิดหมด (Fully positive mold) เป็นแม่พิมพ์อัดที่ได้รับความนิยมมาก วัตถุที่เติมในแม่พิมพ์จะถูกขังอยู่ภายในไม่สามารถเล็ดลอดออกมาได้จากการปิดช่องทางของแม่พิมพ์อย่างสนิท สามารถอัดได้ด้วยความดันสูงทำให้ชิ้นงานที่ได้ เนื้อแน่นและแข็งแรงมากขึ้น แต่ข้อเสียของแม่พิมพ์นี้คือ หากใส่วัตถุดิบในปริมาณที่มากเกินไปแรงอัดจะทำให้แม่พิมพ์แตกร้าวได้
- แม่พิมพ์อัดชิ้นงานแบบกึ่งเปิด (Semi-positive mold) เป็นแม่พิมพ์ที่ผสมผสานระหว่างแม่พิมพ์อัดแบบมีครีบกับแบบปิดหมด เหมาะสำหรับชิ้นงานทั่วไป ชิ้นงานที่ได้มีความแข็งแรงพอสมควร ในช่วงแรกที่แม่พิมพ์ตัวผู้เริ่มอัดวัตถุดิบส่วนเกินจะสามารถเล็ดลอดออกมาได้ แต่พอถึงระยะหนึ่งบ่าของแม่พิมพ์ตัวผู้จะปิดไม่ให้วัตถุดิบเล็ดลอดออกมาแล้วอัดแน่น



ภาพที่ 2.9 Compression molding

ที่มา (https://www.mechanicatech.com/Plastics/resourses/Compression%20molding%201.jpg)
[ข้อมูลการเข้าเว็บไซต์เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562]

3. ความดันและอุณหภูมิในการอัด

ในการอัดขึ้นรูปภาชนะบรรจุนั้นจะต้องใช้ความดันและอุณหภูมิที่เหมาะสมกับวัตถุดิบและรูปทรงนั้น ๆ โดยความดันในการอัดจะขึ้นกับความหนาและรูปทรงของชิ้นงานตลอดจนความเรียบของแม่พิมพ์อีกด้วย หากชิ้นงานที่มีความหนามากขึ้นจะต้องใช้ความดันในการอัดมากขึ้น และการเปลี่ยนแปลงรูปทรงนั้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความดัน กล่าวคือหากรูปทรงของภาชนะบรรจุนั้นมีเหลี่ยมหรือมุม จะทำให้วัตถุดิบไหลเข้าไปแทนที่ในช่องว่างยากขึ้นต้องใช้ความดันในการอัดสูงขึ้น ดังนั้นในการออกแบบควรจะให้มีมุมที่โค้งมนช่วยให้วัตถุดิบเติมเต็มช่องว่างได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ความเรียบผิวของแม่พิมพ์ก็มีผลต่อความดันในการอัด หากผิวของแม่พิมพ์มีความขรุขระก็จะต้องใช้ความดันที่สูงขึ้น อุณหภูมิที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการ หากใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจทำให้ภาชนะบรรจุไหม้หรือเสียรูปได้ หากใช้อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปอาจทำให้ชิ้นงานมีความหนาที่ไม่สม่ำเสมอได้ ดังนั้นความดันและอุณหภูมิที่เหมาะสมนั้นเป็นสิ่งจำเป็นในกระบวนการอัดขึ้นรูปเช่นกัน ควรจะต้องศึกษาให้เหมาะสมตามแต่ละสูตรในการผลิต

2.7 การทดสอบสมบัติของภาชนะบรรจุ

2.7.1 สมบัติทางกายภาพและการทดสอบ

สมบัติทางกายภาพ (Physical properties) หมายถึง สมบัติของชิ้นทดสอบที่สามารถสังเกตได้จากลักษณะภายนอก หรือจากการตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัดที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น ขนาด รูปร่าง พื้นที่ผิว สี ความหนาแน่น ความพรุน การดูดซึมน้ำ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
PHRANAKHON RAJABHAT UNIVERSITY

<u>การทดสอบสมบัติทางกายภาพ</u>

- การวัดความหนา (Thickness)

ความหนา คือ ระยะตั้งฉากระหว่างผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบ โดยทั่วไปจะวัดออกมาในหน่วยมิลลิเมตร (mm) สามารถตรวจสอบได้โดยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ซึ่งความหนาจะมีความสัมพันธ์กับสมบัติอื่น ๆ เช่น ความหนาแน่น การต้านทานแรงดึง การต้านทานแรงดัดโค้ง การต้านแรงกระแทก เป็นต้น (ณัติฐพล ไข่แสงศรี, 2552)

- การวัดความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่นของสารเป็นสมบัติเฉพาะของสารแต่ละชนิดและเป็นปริมาณที่บ่งบอกค่ามวลสารต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร สามารถวัดออกมาในหน่วยกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3) โดยวัตถุที่มีความหนาแน่นมากขึ้น หมายถึง วัตถุที่มีมวลต่อปริมาตรมากขึ้น กล่าวคือ วัตถุที่มีความหนาแน่นสูงจะมีปริมาตรน้อยกว่าวัตถุที่มีความหนาแน่นต่ำกว่าเมื่อมีมวลที่เท่ากัน สำหรับวัตถุที่เป็นเนื้อเดียวกันความหนาแน่นจะเท่ากับมวลรวมของวัตถุ

หารด้วยปริมาตรรวมของวัตถุนั้น ซึ่งปกติแล้วมวลรวมสามารถตรวจสอบได้จากตาชั่งได้โดยตรง และปริมาตรอาจจะตรวจสอบได้จากการวัดขนาดโดยตรง

- การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water absorption test)

การดูดซึม หมายถึง ปรากฏการณ์หรือกระบวนการที่พลังงานหรือมวลปริมาณหนึ่ง ๆ เข้าแทรกหรือละลายเข้าไปอยู่ภายในปริมาตรของพลังงานหรือมวลในอีกปริมาณหนึ่ง โดยสสารที่ถูกดูดซึมไป จะเรียกว่า สารถูกดูดซึม (Absorbate) ส่วนสสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวดูดซึมจะเรียกว่า สารดูดซึม (Absorbent) เช่น การดูดซึมน้ำของกระดาษชำระ การละลายคลอรีนในน้ำ เป็นต้น สำหรับภาชนะที่ผลิตจากแป้งเป็นหลัก (Bio-based materials) จะมีข้อด้อยที่สำคัญ คือ สามารถดูดซึมน้ำจากสิ่งแวดล้อมได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งจะส่งผลให้สมบัติทางกลต่ำลงจึงจำเป็นต้องศึกษาการดูดซึมน้ำของวัสดุและพัฒนาต่อไป โดยค่าปริมาณการดูดซึมน้ำสามารถคำนวณได้จากมวลของน้ำที่ชิ้นทดสอบดูดซึมไว้หารด้วยน้ำหนักของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ ตามมาตรฐาน ISO 535 (1991)

- การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา (Morphology studies)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเป็นการศึกษาถึงรูปแบบ โครงสร้างของชิ้นทดสอบ ซึ่งอาจนำไปสู่การทำนายสมบัติทางกลของชิ้นทดสอบ โดยทั่วไปจะศึกษาลักษณะของพื้นผิวของชิ้นทดสอบ และโครงสร้างภายในของชิ้นทดสอบ การสังเกตโครงสร้างภายในของชิ้นทดสอบอาจพิจารณาจากบริเวณรอยแตกหัก (Fracture surface) ของชิ้นทดสอบจากการทดสอบแรงดึง หรือแรงกระแทก เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์สมบัติทางกล เช่น หากรอยแตกหักของชิ้นทดสอบมีลักษณะที่ค่อนข้างราบเรียบ เนื่องจากเป็นการแตกหักอย่างฉับพลัน สามารถอธิบาย ได้ว่าชิ้นทดสอบนั้นมีการแตกหักแบบเปราะ (Brittle) และหากรอยแตกหักของชิ้นทดสอบมีลักษณะที่ค่อนข้างขรุขระ เนื่องจากมีแรงยึดเหนี่ยวกันภายในเนื้อวัสดุที่ต้านการแตกหัก สามารถอธิบายได้ว่าชิ้นทดสอบนั้นมีการแตกหักแบบเหนียว (Ductile) ทั้งนี้การพิจารณาโครงสร้างภายในอาจบ่งชี้ถึงความเข้ากันได้ (Compatibility) ภายในเนื้อวัสดุผสม รวมไปถึงสามารถบ่งบอกถึงลักษณะโครงสร้างของเซลล์ และรูปแบบการจัดเรียงตัวของเส้นใยภายในเมทริกซ์ (Matrix) อีกด้วย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.7.2 สมบัติทางกลและการทดสอบ

สมบัติทางกล (Mechanical properties) หมายถึง พฤติกรรมที่วัสดุแสดงออกมาเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ เช่น ความแข็งแรง ความแข็ง ความยืดหยุ่น ความเหนียว เป็นต้น ซึ่งสมบัติทางกลนั้นเป็นสมบัติที่มีความสำคัญที่สุดในการเลือกใช้วัสดุในงานวิศวกรรม กล่าวคือหากออกแบบ

เครื่องจักรหรือโครงสร้างใด ๆ จะต้องเลือกใช้วัสดุที่มีความแข็งแรง (Strength) ที่สามารถต้านทานต่อแรงกระทำ (Load) ต่าง ๆ ได้โดยไม่เกิดการวิบัติ (Failure) เช่น ไม่เกิดการแตกร้าวของโครงสร้าง เป็นต้น นอกจากนี้เครื่องจักรหรือโครงสร้างที่ออกแบบจะต้องมีความแกร่ง (Stiffness) ที่เพียงพอภายใต้แรงกระทำ โดยที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างมากนักจนทำให้เครื่องจักรหรือโครงสร้างเสียความสามารถในการปฏิบัติหน้าที่ตามวัตถุประสงค์การออกแบบ

<u>การทดสอบสมบัติทางกล</u>

- การทดสอบแรงดึง (Tensile test)

การทดสอบแรงดึงเป็นการทดสอบสมบัติทางกลที่สำคัญอย่างหนึ่ง ซึ่งมีประโยชน์ในการเลือกวัสดุสำหรับนำไปใช้งาน รวมทั้งการออกแบบเครื่องจักรและโครงสร้างในงานวิศวกรรม โดยทั่วไปสมบัติการดึงจะทำโดยการวัดแรงกระทำ หรือความเค้นที่เกิดขึ้นเมื่อดึงวัสดุด้วยความเร็วคงที่ (Constant speed) หรืออัตราความเครียดคงที่ (Constant strain rate) ซึ่งวัสดุที่ต่างกันจะแสดงสมบัติการดึงที่ต่างกัน ทั้งนี้สมบัติการดึงของวัสดุจะขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ เช่น ลักษณะของชิ้นทดสอบ วิธีการเตรียมชิ้นทดสอบ อุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วของการดึง เป็นต้น ดังนั้นเพื่อความถูกต้องและน่าเชื่อถือของการทดสอบจึงจำเป็นต้องมีการระบุรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับชิ้นทดสอบและสภาวะต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งวิธีการทดสอบสมบัติการดึงของวัสดุนั้นสามารถทำได้หลายวิธีขึ้นกับมาตรฐานที่เลือกใช้ เช่น มาตรฐาน ASTM D638-10 ใช้ทดสอบสมบัติการดึงของพลาสติกทั้งที่เสริมแรงและไม่ได้เสริมแรง มาตรฐาน ASTM D882-12 ใช้ทดสอบสมบัติการดึงของพลาสติกแผ่นบางและฟิล์มที่มีความหนาน้อยกว่า 1.0 mm มาตรฐาน ASTM D828-97 ใช้ทดสอบสมบัติการดึงของกระดาษและบอร์ดโดยใช้อัตราการยืดตัวที่คงที่ (Constant-Rate-of-Elongation) และมาตรฐาน ASTM D3039/D3039M-08 ใช้ทดสอบสมบัติการดึงของวัสดุเชิงประกอบเสริมแรงด้วยเส้นใยมอดูลัสสูง เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ในการทดสอบแรงดึง เมื่อติดตั้งชิ้นทดสอบเข้ากับเครื่องมือทดสอบแล้วจะให้แรงดึง หรือแรงกระทำแก่ชิ้นทดสอบ โดยมีเครื่องมือวัดการยืดตัว (Strain gage หรือ Extensometer) ติดตั้งไว้เพื่อวัดความยาวที่เปลี่ยนไปของระยะทดสอบ (Gage length) จากนั้นทำการบันทึกค่าของแรงที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอและความยาวของชิ้นทดสอบที่เปลี่ยนไปในช่วงของแรงต่าง ๆ จนกระทั่งชิ้นงานเสียหาย ซึ่งค่าของแรงและความยาวที่เปลี่ยนไปนั้นสามารถนำมาคำนวณและนำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดได้ (Stress-strain curve)

สมบัติที่ได้จากการทดสอบแรงดึงที่สำคัญ คือ การต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ซึ่งเป็นค่าความเค้นสูงสุดที่วัสดุรับได้ ในการทดสอบหาความแข็งแรงของวัสดุนั้นจะสามารถกระทำได้โดยค่อย ๆ เพิ่มแรงกระทำต่อวัสดุไปจนกระทั่งวัสดุนั้นเกิดการแตกหัก จุดที่มีแรงกระทำต่อชิ้นทดสอบสูงสุด คือ จุด Max หรือในบางครั้งอาจเรียกค่าความเค้นที่จุดนี้ว่า การต้านทานแรงดึงสูงสุด

(Ultimate tensile strength, UTS) ซึ่งในจุดนี้สำหรับชิ้นทดสอบจากวัสดุเหนียวทั่วไปนั้นจะเริ่มเกิดคอคอด (Necking) ขึ้นที่บริเวณระยะทดสอบของชิ้นทดสอบ และหลังจากจุดนี้ชิ้นทดสอบจะมีพื้นที่หน้าตัดลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งเกิดการแตกหัก

- การทดสอบแรงดัดโค้ง (Flexural test)

การทดสอบแรงดัดโค้งเป็นการทดสอบสมบัติทางกลที่นิยมใช้กับวัสดุพอลิเมอร์ต่าง ๆ เช่น พลาสติกทั้งแบบเสริมแรงและไม่เสริมแรง รวมไปถึงวัสดุคอมโพสิทมอดูลัสสูง ซึ่งชิ้นทดสอบอาจจะขึ้นรูปจากแม่พิมพ์รูปสี่เหลี่ยมโดยตรง หรือตัดจากชิ้นงานที่เป็นแผ่น หรือมีรูปร่างต่าง ๆ ก็ได้ อาจจะมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือทรงกลมได้ตามแต่ละมาตรฐานที่ใช้ ในการทดสอบแรงดัดโค้งจะมีอัตราการให้แรงกระทำต่อชิ้นทดสอบคงที่อย่างช้า ๆ จนกระทั่งอัตราการให้แรงกระทำไม่มีผลต่อการทดสอบ ในบางครั้งอาจจะใช้ในการประมาณค่าแรงดึงสำหรับวัสดุเปราะ เช่น คอนกรีต ที่จะเกิดการแตกหักที่จุดจับยึดตัวอย่างในการทดสอบแรงดึงได้ง่าย เมื่อให้แรงกระทำกับชิ้นทดสอบบริเวณตรงกลางโดยมีฐานรองรับสองจุดแล้ว ผิวด้านบนของชิ้นทดสอบจะถูกทำให้หดตัวลงเนื่องจากถูกกระทำด้วยหน่วยแรงกดอัด (Compressive strength) และผิวหน้าของชิ้นทดสอบที่อยู่ด้านล่างจะถูกทำให้ยืดออกเนื่องจากถูกกระทำด้วยหน่วยแรงดึง (Tensile strength) และมีเส้นแบ่ง หรือแกนสะเทิน (Neutral axis) อยู่บริเวณกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ อย่างไรก็ตามสมบัติการต้านทานแรงดัดโค้งจะไม่สามารถหาจากวัสดุที่มีความอ่อนตัวโดยที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างภายใต้แรงกระทำได้มาก หรือวัสดุดังกล่าวไม่เกิดการเสียหายภายใต้ขอบเขตความเครียด 5% เนื่องจากสมการที่ใช้ในการคำนวณสมบัติของการทดสอบแรงดัดโค้งนี้จะถูกต้องในกรณีที่การเปลี่ยนแปลงรูปร่างวัสดุในระดับที่ต่ำตามความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดแบบเชิงเส้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี
DHANBURI RAJABHAT UNIVERSITY

<u>การทดสอบแรงดัดโค้งแบบจุดรองรับ 3 จุด (Three-point bending)</u>

เหมาะสำหรับชิ้นทดสอบที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้น้อย จะติดตั้งชิ้นทดสอบเข้ากับฐานรองรับสองจุดและให้แรงกระทำที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ หัวกดและจุดรองรับที่ใช้จะมีลักษณะเป็น หัวมน (Round edge) หรือเพลาโลหะแข็งก็ได้ เพื่อลดความเข้มของความเค้น (Stress concentration) ที่กระทำกับจุดสัมผัสดังกล่าวจนำไปสู่การแตกหักบริเวณจุดสัมผัสนั้น ตามมาตรฐาน ASTM D790-10 สามารถหาระยะห่างแท่นวางชิ้นทดสอบ (Support span length) ได้จากอัตราส่วนของระยะห่างแท่นวางชิ้นทดสอบต่อความหนาของชิ้นทดสอบ (Support span-to-depth ratio) โดยมีค่าตั้งแต่ 16:1 ไปจนถึง 60:1 ขึ้นอยู่กับประเภทและความแข็งแรงของชิ้นทดสอบ สำหรับค่าการต้านทานแรงดัดโค้ง (Flexural strength, f) ที่ได้จากการทดสอบจะเป็นค่าความเค้นแรงดัดโค้งสูงสุด (Maximum flexural stress) ของชิ้นทดสอบในขณะที่เสียหาย (ASTM D790-10)

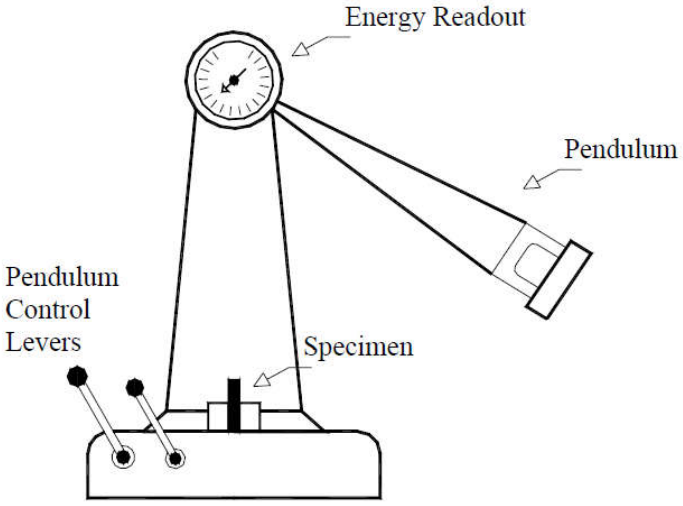
ภาพที่ 2.10 Three-point bending

ที่มา (http://www.daksystem.com/wp-content/uploads/2014/12/3-point_new.png) [ข้อมูลการเข้าเว็บไซต์เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562]

- การทดสอบแรงกระแทก (Impact test)

การทดสอบแรงกระแทกเป็นการทดสอบเพื่อหาความสามารถของวัสดุพอลิเมอร์ในการรับแรงที่มากระทำด้วยความรวดเร็ว (Dynamic load) ค่าการต้านทานแรงกระแทก (Impact strength) ของวัสดุ เป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งที่นำมาใช้ในการพิจารณาในการออกแบบชิ้นส่วนโครงสร้างหรือเครื่องจักรต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับประเภทและอายุการใช้งาน ซึ่งความสามารถในการรับแรงกระแทกของวัสดุจะประเมินจากปริมาณพลังงาน (Impact energy) ของชิ้นทดสอบที่ดูดซับไว้ก่อนที่จะเกิดการแตกหัก (Fracture) หรือปริมาณพลังงานที่ทำให้ชิ้นทดสอบเกิดการแตกหัก แสดงผลในรูปของพลังงานต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดที่เกิดการแตกหักในหน่วยจูลต่อตารางเมตร (J/m^2) หรือพลังงานต่อหน่วยความยาวของบริเวณที่เกิดการแตกหักในหน่วยจูลต่อเมตร (J/m)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 2.11 Charpy Impact Test

ที่มา (https://sites.google.com/site/gobanengineeringnotes/_/rsrc/1280510586185/materials-testing/impact-testing/charpy-impact-test/Image%201.png) [ข้อมูลการเข้าเว็บไซต์เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562]

ค่าการต้านทานแรงกระแทกนั้นสามารถบ่งชี้ถึงลักษณะของวัสดุได้ว่าเป็นวัสดุเปราะ(Brittle) หรือเป็นวัสดุเหนียว (Toughness) โดยวัสดุที่มีความเหนียวจะสามารถดูดซับพลังงานก่อนเกิดการแตกหักได้มากและมีค่าการต้านทานแรงกระแทกสูง นอกจากนี้ค่าความเปราะหรือค่าความเหนียวของวัสดุนี้จะสอดคล้องกับขนาดพื้นที่ใต้กราฟของความสัมพันธ์ระหว่าง ความเค้นและความเครียด (Stress-strain curve) ที่ได้จากการทดสอบสมบัติแรงดึงขาด กล่าวคือวัสดุที่มีความเหนียวกว่าจะมีพื้นที่ใต้กราฟมากกว่าวัสดุที่มีความเปราะกว่าการทดสอบการต้านทานแรงกระแทกสำหรับวัสดุพอลิเมอร์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือการทดสอบแบบใช้เพนดูลัม (Pendulum impact test) และการทดสอบแบบใช้ตุ้มน้ำหนัก (Falling weight test) โดยในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดเฉพาะของการทดสอบแบบเพนดูลัมเท่านั้น การทดสอบแบบเพนดูลัมแบ่งออกเป็นการทดสอบแบบชาร์ปี (Charpy test) และการทดสอบแบบไอซอด (Izod test) โดยเครื่องมือทดสอบแบบเพนดูลัมแบบพื้นฐานจะประกอบด้วยหัวค้อนตี (Pendulum hammer) ลักษณะการเหวี่ยงคล้ายกับลูกตุ้มนาฬิกา สามารถอ่านค่าพลังงานได้จากหน้าปัดของเครื่องทดสอบได้โดยตรงในหน่วยจูล (J) และมีฐานสำหรับติดตั้งชิ้นทดสอบ (Anvil) ในการคำนวณปริมาณพลังงานที่ใช้ในการตีชิ้นทดสอบจนเกิดการแตกหัก (Impact energy หรือ Absorbed energy) สำหรับการทดสอบแบบเพนดูลัมจะคำนวณจากผลต่างของระดับพลังงานศักย์ที่ความสูงของหัวค้อนในตำแหน่งเริ่มต้นและในตำแหน่งสิ้นสุดการหมุนหลังการกระแทก(ASTM D256-10)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Salgado et al. (2008) ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพของถาดโฟมแป้งมันสำปะหลังที่เติมโปรตีนดอกทานตะวัน และเส้นใยเซลลูโลส ด้วยกระบวนการอัดร้อนขึ้นรูป พบว่าการเติมโปรตีนลงในถาดโฟมแป้งผสมเส้นใยนั้น ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำและปริมาณความชื้นของถาดโฟมมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยไม่ส่งผลต่อสมบัติทางกลอื่น ๆ ซึ่งสูตรที่ดีที่สุด คือ เติมเส้นใยเซลลูโลส 20% และเติมโปรตีนดอกทานตะวัน 10%

Lawton et al.(2004) ได้ศึกษาการปรับปรุงสมบัติทางกลของถาดโฟมแป้งข้าวโพดโดยการเติมเส้นใยแอสเพน (Aspen fiber) ด้วยการขึ้นรูปแบบการอบในแม่แบบปิด พบว่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อความแข็งแรงของถาดโฟมอย่างไม่เป็นเชิงเส้น โดยถาดโฟมจะมีความแข็งแรงมากที่สุดเมื่อปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ 50% เสมอในทุกกรณีของการเติมเส้นใย นอกจากนี้ถาดโฟมจะมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นเมื่อเติมเส้นใยเพิ่มขึ้น โดยการเติมเส้นใยแอสเพน 15% ถาดโฟมจะมีความแข็งแรงสูงที่สุด และความแข็งแรงจะลดต่ำลงหากเติมเส้นใยเกิน 30%

ณัติฐพล ไข่แสงศรี (2552) ได้ศึกษาอิทธิพลของเส้นใยต่อสมบัติทางกลและการต้านทานน้ำของถาดโฟมแป้งมันสำปะหลัง ด้วยวิธีการอบขึ้นรูปในแม่แบบร้อน ที่อุณหภูมิ 250°C เป็นเวลา 3 นาที พบว่าถาดโฟมแป้งที่เติมเส้นใยจากตะไคร้ และเยื่อคราฟท์จะมีค่าการต้านทานแรงดึงและค่าการยืดตัวสูงขึ้น แต่เมื่อเติมเส้นใยมากเกินไป จะทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงและการยืดตัวลดลง สำหรับการทดสอบการดูดซึมน้ำ และการละลายน้ำของถาดโฟมแป้งนั้น เมื่อผสมเส้นใยเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าการดูดซึมน้ำ และการละลายน้ำลดลง โดยสูตรที่ดีที่สุด คือ โฟมแป้งที่ผสมเส้นใยจากตะไคร้ 20% และเยื่อคราฟท์ 20-30% โฟมแป้งจะมีค่าการต้านทานแรดึงและการยืดตัวสูงที่สุด ค่าการดูดซึมน้ำและค่าการละลายน้ำต่ำที่สุด

ณัติฐพล ไข่แสงศรี และ คณะ (2553) ได้ทำการทดสอบนำถาดโฟมแป้งมันสำปะหลังมาบรรจุส้มโอตัดแต่งสด จากการศึกษาพบว่า โฟมแป้งมันสำปะหลังที่ผสมเยื่อคราฟท์ 30% และเติมไคโตแซนความเข้มข้น 4% จะมีสมบัติด้านความแข็งแรงใกล้เคียงกับถาดโฟม พอลิสไตรีน แต่การดูดซึมน้ำและการละลายน้ำของโฟมแป้งมีค่าสูงกว่าโฟมแป้งจากพอลิสไตรีน เมื่อเติมน้ำมันถั่วเหลือง 10% จะไม่มีผลต่อการต้านทานแรงดึง และการยืดตัวของโฟมแป้ง แต่ทำให้การดูดซึมน้ำและการละลายน้ำลดลง เมื่อนำมาบรรจุส้มโอตัดแต่งสด พบว่าโฟมแป้งที่ใช้น้ำมัน ถั่วเหลืองเป็นสารเติมแต่งมีสมบัติด้านการต้านทานแรงดึง และการยืดตัวที่ดีกว่าใช้ PVA ปริมาณ 10% เป็นสารเติมแต่ง

มลสุดา ลิวไธสง (2556) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นคิดค้นเกี่ยวกับการผลิตภาชนะจากแหล่งวัตถุดิบที่สามารถปลูกทดแทนใหม่ได้ โดยเป็นงานวิจัยเชิงทดลองซึ่งจะเลือกใช้กาบกล้วยที่สามารถหาได้ง่ายตามท้องถิ่นเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเส้นใย และใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ด้วยอัตราส่วนระหว่างเส้นใยกล้วยต่อตัวประสานเท่ากับ 66.67 : 33.33 75 : 25 และ 100 : 0 โดยน้ำ

หนัก กำหนดให้ความยาวของเส้นใยที่ใช้ในการศึกษามีสามขนาด คือ 2 มิลลิเมตร 5 มิลลิเมตร และ 10 มิลลิเมตร การขึ้นรูปใช้วิธีการอัดขึ้นรูปร้อน (Hot compression process) ที่อุณหภูมิ 150°C ความดัน 500 psi และ ใช้เวลาในการอัด 15 นาที จากนั้นจึงนำไปศึกษาอิทธิพลของความยาวเส้นใย ที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของภาชนะ จากนั้นทำการทดสอบสมบัติทางกลและสมบัติทางกายภาพของชิ้นงาน ผลการทดสอบชี้ให้เห็นว่าปริมาณของเส้นใยมีผลกระทบต่อสมบัติทางกลอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือส่งผลให้ค่าสมบัติการต้านแรงดัดโค้ง สมบัติการต้านแรงดึงมีค่าลดลง ในขณะที่สมบัติการต้านแรงกระแทกจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดเมื่อปริมาณเส้นใยมีค่า 75% หลังจากนั้นจะมีค่าลดลง อีกทั้งการเพิ่มปริมาณเส้นใยจะส่งผลให้ค่าความหนาแน่นและค่าการซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น ส่วนอิทธิพลของความยาวของเส้นใยนั้น พบว่าเมื่อเส้นใยมีความยาวเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้สมบัติการต้านแรงดัดโค้ง สมบัติการต้านแรงดึง สมบัติการต้านแรงกระแทกและค่าความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ค่าการซึมน้ำของชิ้นงานจะมีค่าลดลง

นพดล จันทรลักษณ์(2555) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเส้นใยธรรมชาติเพื่อขึ้นรูปภาชนะที่สามารถย่อยสลายตัวเองตามธรรมชาติได้เพื่อลดขยะจากภาชนะโฟม โดยใช้เยื่อกระดาษชานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุที่เหลือจากโรงงานน้ำตาลผสมกับน้ำเป็นวัสดุในการขึ้นรูป โดยจะทำการศึกษากรรมวิธีและความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปภาชนะ 2 ชนิดได้แก่ จานขนาด 6 นิ้ว , ชามขนาด 4 นิ้ว การออกแบบและสร้างเครื่องจะเป็นในรูปแบบการทดลอง ประกอบด้วยอุปกรณ์ 3 ส่วนหลักคือ 1.แท่นกดควบคุมด้วยนิวแมติกส์สามารถควบคุมเวลาได้ 2. ชุดสุญญากาศสำหรับดูดน้ำออกจากแม่พิมพ์ 3.ชุดควบคุมอุณหภูมิแผ่นความร้อนของแม่พิมพ์ จากการทดลองพบว่าเมื่อขึ้นรูปที่ความดัน 6 บาร์ พบว่าการขึ้นรูปจานขนาด 6 นิ้ว พบว่าความชื้นที่มีค่า ร้อยละ 2.74-6.20 นั้นชิ้นงานมีความเสถียร ไม่บิดงอหลังจากขึ้นรูป โดยเวลาที่น้อยที่สุดคือ 35 นาทีเมื่ออุณหภูมิ 140 °C และการขึ้นรูปถ้วยขนาด 4 นิ้วพบว่าความชื้นที่มีค่าร้อยละ 2.25-6.41 นั้นชิ้นงานมีความเสถียร ไม่บิดงอหลังจากขึ้นรูป โดยเวลาที่น้อยที่สุดคือ 20 นาที เมื่ออุณหภูมิ 140 °C ส่วนในการทดสอบค่าความต้านทานแรงกดพบว่า ความดันขณะขึ้นรูปของชิ้นงานแปรผันตรงต่อค่าความต้านทานแรงกด โดยการขึ้นรูปจานขนาด 6 นิ้วพบว่ามีค่าต้านทานแรงกดที่ 78,99,126 นิวตัน ที่ความดัน 4,5และ6 บาร์ ตามลำดับและการขึ้นรูปถ้วยขนาด 4 นิ้วพบว่ามีค่าต้านทานแรงกดที่ 233,358,466 นิวตัน ที่ความดัน 4,5 และ 6 บาร์ตามลำดับ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมจะเห็นว่า ปัจจุบันได้มีการวิจัยทั้งด้านพลาสติกย่อยสลายได้ ซึ่งต้นทุนการผลิตและจำหน่ายยังคงสูงและใช้งานเฉพาะบางกลุ่ม แม้วัสดุเหล่านี้จะเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมแต่ถ้าหากราคายังคงสูงกว่าพลาสติกและโฟมที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปในขณะนี้ ยังถือว่าไม่ใช่ทางเลือกที่ดี ซึ่งในอนาคตหากมีการวิจัยมากขึ้น มีคู่แข่งทางการค้ามากขึ้น ราคาย่อมถูกลง แต่หากสามารถผลิตจากวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก ย่อมส่งผลดีในทุกด้าน ดังเช่นงานวิจัยในช่วง 5 ปีหลังมานี้ ได้มีการนำวัสดุทางการเกษตรมาพัฒนาต่อยอด เช่น จากมันสำปะหลังซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจ จากกาบกล้วย เป็นต้น ดังนั้นหากสามารถใช้วัตถุดิบอื่นๆ ที่ไม่ใช่พืชเศรษฐกิจ แต่หาง่ายและมีความยั่งยืนทางวัตถุดิบ เช่น หญ้าเนเปียร์ ใบสับปะรด ลำต้นมันสำปะหลัง ย่อมช่วยเพิ่มโอกาสในการพัฒนาต่อยอดต่อไปได้จนเกิดผลสัมฤทธิ์เป็นรูปธรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือในการวิจัย

วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย สามารถจำแนกเป็นส่วนของวัสดุที่ใช้ในงานวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

1. หญ้าเนเปียร์ ได้จากไร่ของเกษตรกร ในอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม

ภาพที่ 3.1 ใบหญ้าเนเปียร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. ตัวประสาน คือ แป้งมันสำปะหลัง เป็นยี่ห้อที่วางจำหน่ายในร้านค้าทั่วไป

ภาพที่ 3.2 แป้งมันสำปะหลัง

3. น้ำเปล่า เพื่อใช้ในการอัดขึ้นรูป

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ ความยาว 0-150 mm ความละเอียด 0.02 mm
2. เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น Pioneer Series ยี่ห้อ OHAUS
3. ตู้อบลมร้อน MEMMERT Universal Oven รุ่น UN110
4. เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล (Universal Testing Machine)
5. ผ้าใยแก้วเคลือบเทฟล่อน (teflon Glass Fiber)
6. เครื่องปั่นอาหาร
7. เครื่องอัดร้อน
8. แม่พิมพ์
9. เทอร์โมมิเตอร์
10. ถุงซิปล็อค
11. ผ้าซับน้ำ
12. ถาดสแตนเลส
13. ตะแกรงสแตนเลส

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 ศึกษาความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์

การศึกษาความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์เป็นการศึกษาเชิงทดลองโดยเริ่มจากการอัดขึ้นรูปชิ้นทดสอบที่สัดส่วนและสภาวะต่างๆ แล้วนำชิ้นทดสอบที่สามารถขึ้นรูปได้โดยการพิจารณาด้วยตาเปล่า นั่นคือการปล่อยให้ชิ้นทดสอบเย็นตัวที่อุณหภูมิห้องแล้วสังเกตรอยแตกรอยร้าว หากชิ้นทดสอบมีความสมบูรณ์จึงนำชิ้นทดสอบไปเข้าสู่กระบวนการทดสอบสมบัติต่าง ๆ

การเตรียมสารยึดเกาะ

สารยึดเกาะที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ น้ำแป้งมันสำปะหลัง (Cassava starch batter, CS) ซึ่งน้ำแป้งที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะมีอัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังเป็น 4:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุดจากการทดสอบความหนืดของกาวแป้งจากธรรมชาติในงานวิจัยของกฤตนู อัมพรพิทักษ์ และ คณะ(2555)

การเตรียมและการผลิตชิ้นทดสอบด้วยกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน

ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปชิ้นงานนั้น ในเบื้องต้นจะทำการศึกษาเชิงทดลองเพื่อหาค่าความดันและอุณหภูมิที่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานโดยพิจารณาและตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นด้วยตาเปล่าคือหลังจากอัดขึ้นรูป ภาชนะสามารถคงรูปอยู่ได้และไม่มีสีเข้มหรือรอยที่เกิดจากการไหม้แล้วจึงทำการอัดขึ้นรูปชิ้นงานให้ได้ตามสัดส่วนดังตารางที่ 3.1

วิธีการเตรียมและการผลิตชิ้นทดสอบสำหรับการหาสภาวะที่เหมาะสมมีดังนี้

1. หั่นย่อยใบหญ้าเนเปียร์ด้วยเครื่องหั่นย่อย แล้วปั่นด้วยเครื่องผสมอาหารเพื่อลดขนาดเส้นใย
2. ใช้ตะแกรงร่อนให้ได้ขนาดเส้นใย 3 ขนาด

ภาพที่ 3.3 เส้นใยหญ้าเนเปียร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3. ผสมเข้ากับตัวประสานด้วยเครื่องผสมอาหารในอัตราส่วน เส้นใยหญ้าเนเปียร์ต่อตัวประสานตามสัดส่วนในตารางที่ 3.1 เป็นเวลา 10 นาที
4. เตรียมแม่พิมพ์สำหรับทำชิ้นทดสอบรูปสี่เหลี่ยมขนาด 150×150 mm หนา 3 mm และแผ่นประกบแม่พิมพ์ ที่รองด้วยแผ่นเทฟลอนเพื่อป้องกันชิ้นงานติดแม่พิมพ์ นำชุดแม่พิมพ์เปล่าไปอุ่นในเครื่องอัดขึ้นรูปร้อนจนอุณหภูมิคงที่ (ประมาณ 10 นาที) ซึ่งทำการอัดร้อนในช่วงอุณหภูมิ 120-180 °C

ภาพที่ 3.4 เครื่องอัดขึ้นรูปร้อน

5. หลังจากที่อุ่นแม่พิมพ์เปล่าเสร็จแล้ว นำของผสมใส่ลงในแม่พิมพ์ ซึ่งปริมาณของของผสมที่เติมลงในแม่พิมพ์จะเป็นปริมาณที่น้อยสุดที่ได้ชิ้นงานที่รูปร่างสมบูรณ์พอดีเมื่อใส่ของผสมเสร็จแล้ว จากนั้นกดไล่อากาศจากนั้นจึงเพิ่มความดันอย่างช้า ๆ จนถึงค่าความดันที่กำหนด และคงไว้ที่อุณหภูมิและความดันดังกล่าวตามระยะเวลาที่กำหนด
6. เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการอัด ชุดแม่พิมพ์จะถูกปล่อยให้เย็นตัวภายใต้อุณหภูมิห้องก่อนทำการแกะชิ้นทดสอบ เพื่อป้องกันชิ้นงานบิดงอ ชิ้นทดสอบจะถูกเก็บไว้ในถุงซิปล็อคที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อปรับสภาพให้สมดุล ก่อนการนำไปทดสอบสมบัติต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 3.1 สัดส่วนผสมและรายละเอียดของการผลิตชิ้นทดสอบต่างๆ

ชิ้นงานที่	ขนาดของเส้นใย (mm)	อัตราส่วน เส้นใย : ตัวประสาน (wt%)
1	0.5-1.0	100 : 0
2	0.5-1.0	90 : 10
3	0.5-1.0	70 : 30
4	0.5-1.0	50 : 50
5	1.0-1.5	100 : 0
6	1.0-1.5	90 : 10
7	1.0-1.5	70 : 30
8	1.0-1.5	50 : 50
9	1.5-2.0	100 : 0
10	1.5-2.0	90 : 10
11	1.5-2.0	70 : 30
12	1.5-2.0	50 : 50

ตอนที่ 2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล

การทดสอบแต่ละสมบัตินั้น ใช้จำนวนตัวอย่างในการทดสอบอย่างน้อย 5 ตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

<u>สมบัติทางกล</u>

1. การทดสอบแรงดัดโค้ง เป็นทดสอบสมบัติการต้านแรงดัดโค้งจะทดสอบแบบจุดรองรับสามจุด (Three point bending) ตามมาตรฐาน ASTM D790-92

ภาพที่ 3.5 ชิ้นทดสอบแรงดัดโค้ง

2. การทดสอบแรงดึง เป็นการทดสอบสมบัติการต้านแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM D638 โดยจะตัดชิ้นงานให้เป็นรูปดัมเบลล์มีขนาดความยาว 165 มิลลิเมตร ความกว้าง 19 มิลลิเมตร ความหนาเท่ากับ 3 มิลลิเมตร

ภาพที่ 3.6 ชิ้นทดสอบการต้านแรงดึง

3. การทดสอบแรงกระแทก เป็นการทดสอบสมบัติการทดสอบสมบัติการต้านแรงกระแทก ตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือทดสอบความต้านแรงกระแทกตามมาตรฐาน ASTM D256

ภาพที่ 3.7 ชิ้นทดสอบการต้านแรงกระแทก

<u>สมบัติทางกายภาพ</u>

1. การทดสอบหาค่าความหนาแน่น เป็นการทดสอบหาความหนาแน่นเป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของชิ้นงาน
2. การทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำ เป็นการทดสอบการซึมน้ำของชิ้นงานโดยจะทำการชั่งน้ำหนักชิ้นงานก่อนทดสอบ จากนั้นนำชิ้นงานแช่ในน้ำปราศจากไอออนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 วินาที แล้วนำชิ้นงานมาชั่งน้ำหนักหลังการทดสอบ บันทึกน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงของชิ้นทดสอบและคำนวณหาค่าร้อยละการดูดซึมน้ำ

ตอนที่ 3 วิเคราะห์สัดส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปวัสดุย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาข้อสรุปถึงความเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยในเบื้องต้นต้องพิจารณาถึงสภาวะที่ทำการอัดขึ้นรูป ทั้ง อุณหภูมิ ความดัน และเวลา ที่ส่งผลทำให้สามารถขึ้นรูปได้ โดยพิจารณาจากการคงตัวหลังการปรับสภาพ จากความเรียบของแผ่น ร่องรอยการไหม้ ทำการเปรียบเทียบร่วมกับระยะเวลาที่ใช้ในการที่ควรจะสั้น และได้ชิ้นทดสอบที่แห้งและเรียบ พิจารณาหลังจากนั้นจึงทำการพิจารณาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของชิ้นทดสอบเพื่อเลือกสัดส่วนการขึ้นรูปวัสดุย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์ที่ดีที่สุดจากการทดลอง เพื่อนำไปต่อยอดผลิตเป็นภาชนะที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตอนที่ 4 เผยแพร่องค์ความรู้การผลิตวัสดุย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์

เมื่อได้ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนที่เหมาะสมของการผลิตภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์ แล้วจึงทำการสรุปผลการวิจัย ปัญหาระหว่างทำวิจัย และแนวทางการทำวิจัยต่อยอด ตลอดจนเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปจัดทำสื่อเผยแพร่องค์ความรู้และแบ่งปันประสบการณ์ในการทำวัสดุย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์ ในรูปแบบของการจัดทำฐานข้อมูลผลการวิจัยเผยแพร่ทางสังคมออนไลน์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตวัสดุย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ด้วยกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน โดยทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูป คือ อุณหภูมิ ความดัน และเวลาที่ใช้ในการอัดร้อน โดยเส้นใยที่ทำการศึกษามี 3 ขนาดคือ 1 1.5 และ 2 mm โดยทำการศึกษาสัดส่วนของ เส้นใยต่อตัวประสาน 4 สัดส่วน นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของชิ้นทดสอบ เพื่อนำไปพิจารณาสัดส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูป

4.1 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์

การผลิตวัสดุย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ ดำเนินการขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดร้อน โดยใช้วัตถุดิบหลักคือ หญ้าเนเปียร์ ซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติที่มีความชื้นสูงอีกทั้งใช้น้ำแป้งเป็นตัวประสาน ด้วยส่วนประกอบของน้ำที่มีอยู่ทั้งในวัสดุและตัวประสาน ทำให้จำเป็นต้องหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูป ซึ่งหากสภาวะไม่เหมาะสม วัสดุจะเกิดการไหม้ หรือการโป่งพอง เสียรูปของชิ้นงาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาสภาวะที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูปชิ้นงาน โดยทำการศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ ระยะเวลาในการอัดร้อน ความดัน และอุณหภูมิ ซึ่งอุณหภูมิของฮีทเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบอัดขึ้นรูปร้อนมีค่าในช่วง 100-160 °C ความดันมีค่าในช่วง 10-50 bar โดยใช้เวลาในการอัด 10-20 นาที

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4.1.1 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการกระบวนการอัดร้อน

อุณหภูมิของฮีทเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบอัดขึ้นรูปร้อนมีค่าในช่วง 100-160 °C โดยทำการทดลองอัดร้อนที่อุณหภูมิ 100 120 140 และ 160°C ซึ่งพบว่าในการอัดร้อนโดยใช้อุณหภูมิ 100 120 และ 140°C พบว่า สามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้ ไม่มีการไหม้ ส่วนการขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 160°C พบว่าแม้จะทำให้วัสดุแห้งตัวได้เร็วแต่ชิ้นงานเกิดการไหม้ที่ขอบ ดังนั้นจึงทำการเลือกอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 140°C เนื่องจากชิ้นงานคงรูปและไม่มีการไหม้ของวัสดุ อีกทั้งไล่ความชื้นได้เร็ว

4.1.2 การศึกษาผลของความดันที่เหมาะสมต่อการกระบวนการอัดร้อน

ความดันของเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปร้อนมีค่าในช่วง 10-50 bar โดยทำการทดลองอัดร้อนที่ความดัน 10 30 และ 50 bar ซึ่งพบว่าที่ความดันของการอัดแบบ 10 bar ทำให้วัสดุแพร่กระจายไม่เต็มแบบ และผิวชิ้นงานไม่เรียบเนื่องจากความดันในการกดที่น้อยเกินไป ส่วนการอัดที่ความดัน 50 bar พบว่าเกิดการปะทุของไอน้ำ เนื่องจากน้ำเกิดการเดือดในเวลาอันสั้นทำให้

ความชื้นต้องระบายออกจากชิ้นงานโดยเร็วด้วยแรงกดที่สูง ดันนั้นจึงเกิดความเสียหายต่อผิวของชิ้นงาน เมื่อเทียบกับชิ้นงานที่อัดด้วยความดัน 30 bar พบว่าได้ชิ้นงานที่ผิวเรียบและวัสดุกระจายสม่ำเสมอมากกว่า จึงเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการอัดขึ้นรูปร้อน

4.1.3 การศึกษาผลของเวลาที่เหมาะสมต่อการกระบวนการอัดร้อน

เวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปร้อนมีค่าในช่วง 10-20 นาที โดยทำการทดลองอัดร้อนที่เวลา 10 15 และ 20 นาที ซึ่งพบว่าที่เวลา 10 วัสดุยังเหลือความชื้น ส่วนที่เวลา 20 นาที ชิ้นงานมีความกรอบแข็ง และมีรอยน้ำตาลเข้มที่ขอบของชิ้นงาน ดังนั้นจึงเลือกอัดขึ้นรูปด้วยเวลา 15 นาที

4.2 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล

4.2.1 สมบัติทางกายภาพ

สมบัติทางกายภาพที่ทำการทดสอบ ได้แก่ การวิเคราะห์ความหนาแน่น ซึ่งเป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของชิ้นงาน และการทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำ ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังภาพที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

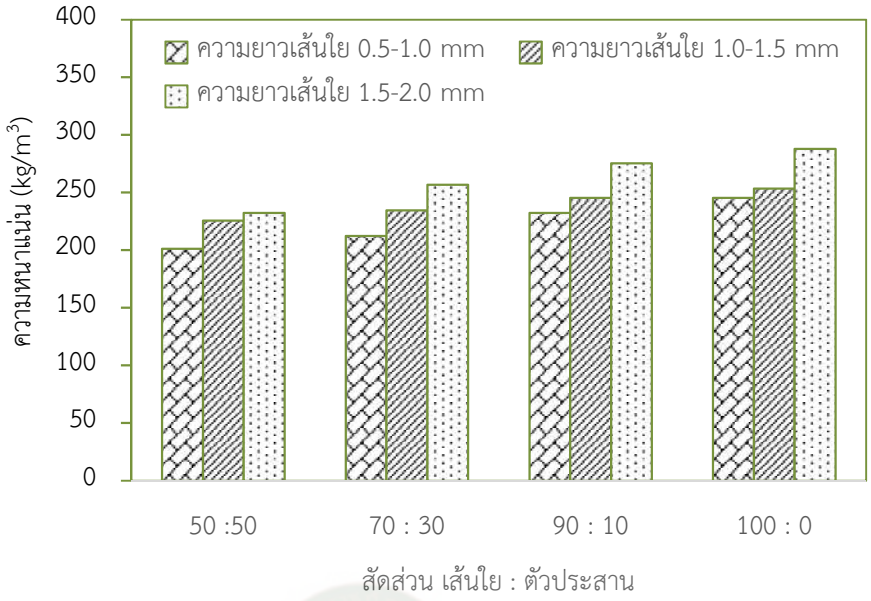
ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น

จากการทดสอบค่าความหนาแน่นดังภาพที่ 4.1 พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 200-290 kg/m^3 ซึ่งถือว่าในแต่ละกรณีมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของการแปรผัน (coefficient of variation) เท่ากับ 10.17 % ซึ่งการแปรผันมีค่าน้อยจึงสามารถละทิ้งผลเนื่องจากความผันแปรของค่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบที่มีต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากการเปรียบเทียบผลของความยาวเส้นใยต่อค่าความหนาแน่น พบว่ามีแนวโน้มของค่าความหนาแน่นในทิศทางเดียวกัน นั่นคือเมื่อความยาวของเส้นใยมากขึ้นส่งผลต่อค่าความหนาแน่นที่มากขึ้น

และเมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนเส้นใยต่อตัวประสานที่ส่งผลต่อความหนาแน่น พบว่าเมื่อสัดส่วนของเส้นใยมีค่ามากขึ้นจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่น เนื่องจากการที่มีปริมาณเส้นใยมากขึ้นนั่นคือมีตัวประสานที่ลดลง ซึ่งตัวประสานคือน้ำแป้งที่มีความชื้นอยู่มากเมื่อทำการอัดขึ้นรูปร้อนจะสูญเสียน้ำส่วนหนึ่งออกไปจากเนื้อวัสดุด้วยทำให้เกิดรูพรุนขึ้นมากกว่าสัดส่วนที่ไม่มีตัวประสาน



ภาพที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง สัดส่วนเส้นใยต่อตัวประสาน และความยาวของเส้นใยที่ส่งผลต่อค่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ

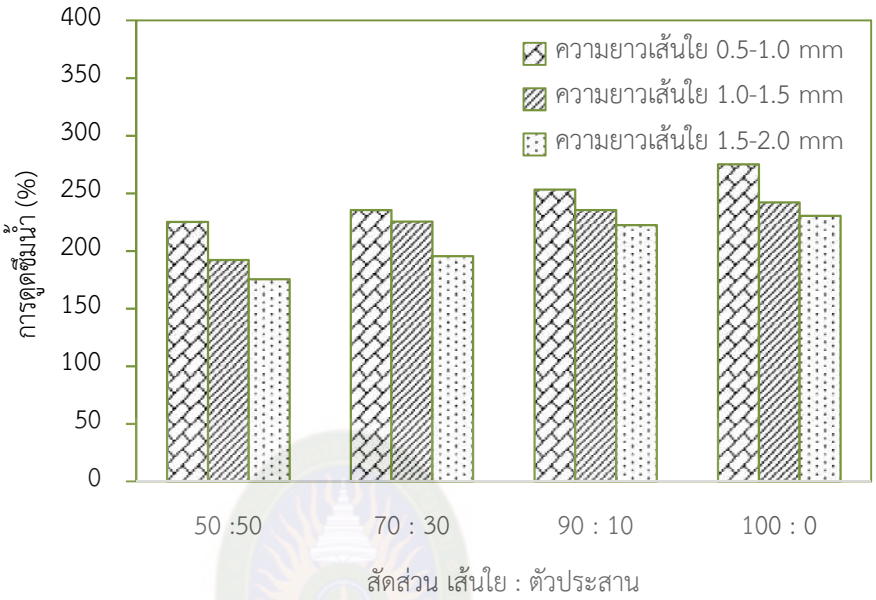
ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

จากผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบดังภาพที่ 4.2 พบว่ามีค่าการดูดซึมน้ำค่อนข้างสูง เนื่องจากชิ้นงานมีองค์ประกอบหลักคือเส้นใยและแป้ง ซึ่งจากข้อมูลงานวิจัยพบว่าหญ้าเนเปียร์มีปริมาณองค์ประกอบผนังเซลล์ ซึ่งประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และเถ้า ที่ 41.64, 22.53, 9.35 และ 11.27 ตามลำดับ (กรรณิกา และคณะ, 2556) ซึ่งทั้ง เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ต่างมีสมบัติดูดซึมน้ำ ซึ่งผลรวมของผนังเซลล์ทั้งสองชนิดพบว่ามีค่าประมาณ 60 % ขององค์ประกอบของเส้นใยทั้งหมด อีกทั้งแป้งมันที่เป็นตัวประสานซึ่งมีคุณสมบัติที่ชอบน้ำ (hydrophilic) จึงส่งผลให้ชิ้นงานดูดซับความชื้นและดูดซับน้ำได้ง่าย

จากการเปรียบเทียบผลของความยาวเส้นใยต่อการดูดซึมน้ำ พบว่ามีแนวโน้มของค่าการดูดซึมน้ำในทิศทางเดียวกันนั่นคือ เมื่อความยาวของเส้นใยมากขึ้นส่งผลต่อค่าการดูดซึมน้ำที่ลดลง ซึ่งอธิบายได้จากผลของการทดสอบค่าความหนาแน่น เนื่องจากเส้นใยที่ยาวขึ้นส่งผลต่อค่าความหนาแน่นที่มากขึ้น ดังนั้นโมเลกุลของน้ำแทรกตัวได้ยาก ค่าการดูดซึมน้ำจึงลดลง

และเมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนเส้นใยต่อตัวประสานที่ส่งผลต่อการดูดซึมน้ำ พบว่ามีเมื่อสัดส่วนของเส้นใยมีค่ามากขึ้นจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของการดูดซึมน้ำเช่นกัน เนื่องจากความชอบน้ำของเส้นใยซึ่งเป็นคุณสมบัติของวัสดุ อีกทั้งการไม่มีตัวประสานจะทำให้มีช่องว่างระหว่างเนื้อวัสดุ จึงเป็นช่องทางให้น้ำผ่านเข้าไปในชิ้นงานได้มากขึ้น ในขณะที่ชิ้นงานที่มีตัวประสานมีค่าการดูดซับน้ำน้อย

กว่าเนื่องจากแป้งที่ทำหน้าที่เคลือบผิวของชิ้นงานลดช่องว่างระหว่างเส้นใยทำให้โมเลกุลของน้ำแทรกตัวได้ยาก



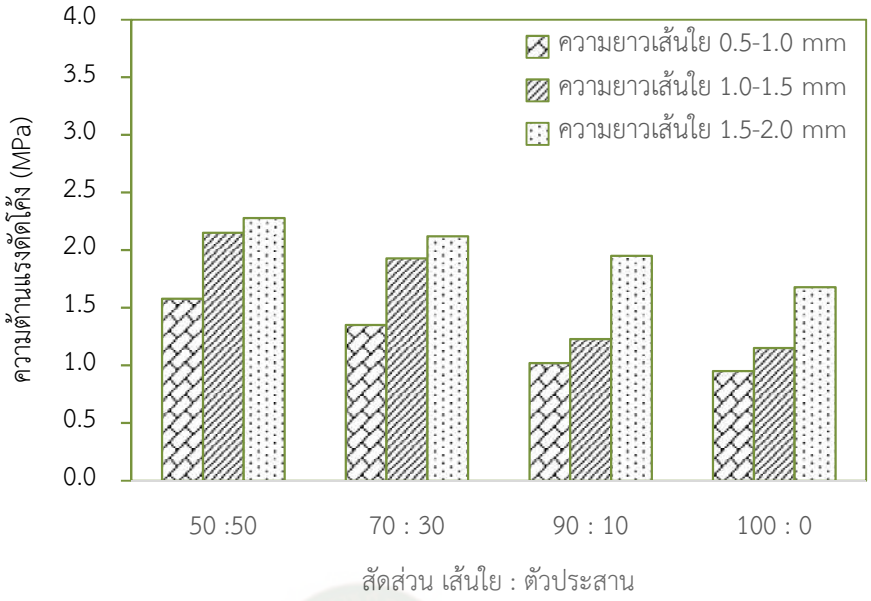
ภาพที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง สัดส่วนเส้นใยต่อตัวประสาน และความยาวของเส้นใยที่ส่งผลต่อค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4.2.2 สมบัติทางกล

ผลการทดสอบแรงดัดโค้ง

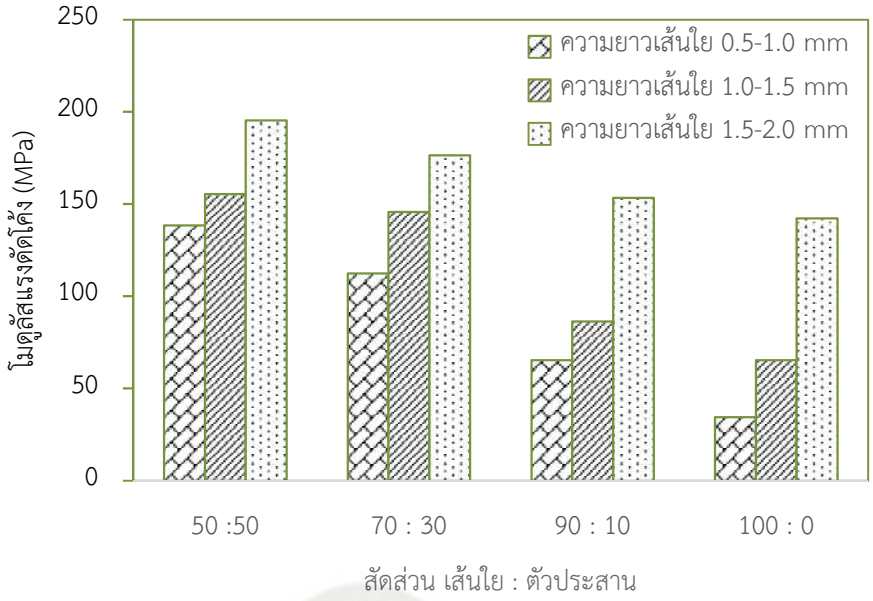
จากผลการทดสอบความต้านแรงดัดโค้งของชิ้นทดสอบดังภาพที่ 4.3 พบว่าเมื่อเส้นใยมีความยาวมากขึ้นจะส่งผลทำให้ค่าความต้านแรงดัดโค้งมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากความยาวของเส้นใยที่มากขึ้นจะช่วยเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างเส้นใยกับตัวประสานทำให้เกิดการยึดเกาะได้ดี ชิ้นงานจึงสามารถรับแรงดัดโค้งได้มากขึ้น อีกทั้งตัวประสานที่ใช้เป็นวัสดุจากธรรมชาตินั่นคือ แป้ง ซึ่งมีโครงสร้างเซลลูโลสเช่นเดียวกันกับหญ้าเนเปียร์จึงสามารถยึดเกาะกันได้ดี แต่จะสังเกตพบว่าการเพิ่มปริมาณเส้นใยส่งผลต่อการลดลงของค่าความต้านแรงดัดโค้ง อาจเนื่องเส้นใยธรรมชาติเมื่อผ่านการอัดร้อนจะทำให้เส้นใยแข็งกระด้างและเปราะ ดังนั้นเมื่อเพิ่มสัดส่วนของปริมาณเส้นใยที่มากเกินไปจึงทำให้ชิ้นทดสอบรับแรงดัดได้น้อยลง



ภาพที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง สัดส่วนเส้นใยต่อตัวประสาน และความยาวของเส้นใยที่ส่งผลต่อค่าความต้านแรงดัดโค้งของชิ้นทดสอบ

ผลการทดสอบแรงดัดโค้ง

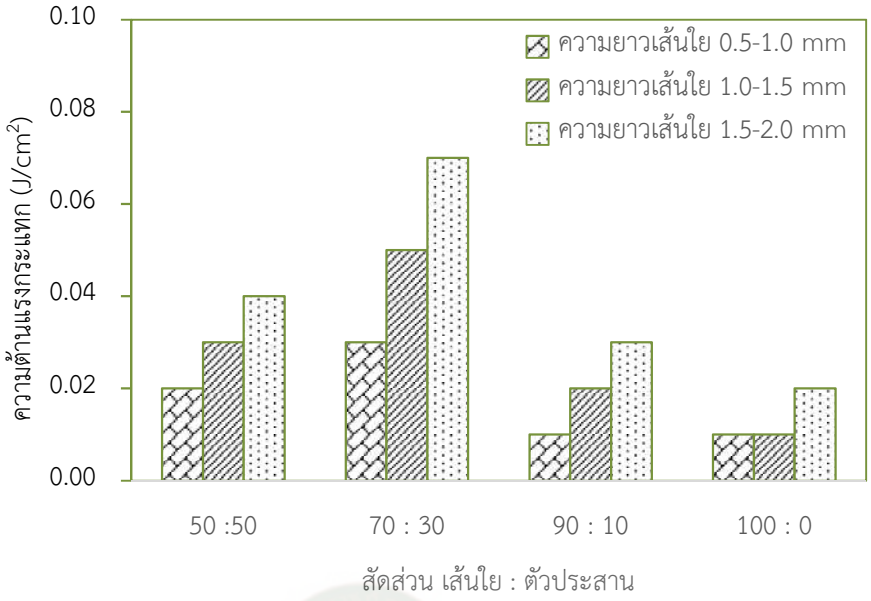
จากผลการทดสอบโมดูลัสแรงดัดโค้งของชิ้นทดสอบดังภาพที่ 4.4 พบว่าให้ผลการทดสอบสอดคล้องกับการทดสอบความต้านแรงดัดโค้ง นั่นคือ เมื่อเส้นใยมีความยาวมากขึ้นหรือเรียกว่าเส้นใยมีความเพรียวเนื่องจากมีความกว้างของเส้นใยน้อยเมื่อเทียบกับความยาวจะส่งผลทำให้ค่าโมดูลัสแรงดัดโค้งมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อทำการอัดขึ้นรูปจะมีผิวสัมผัสระหว่างเส้นใยได้มากจึงช่วยให้สามารถรับแรงได้ดี ซึ่งในสัดส่วนที่เส้นใยมีขนาดที่สั้นกว่าพบว่ามีค่าโมดูลัสแรงดัดโค้งน้อยเนื่องด้วยเส้นใยของหญ้าที่ผ่านการปั่นและสับย่อยทำให้ได้เส้นใยที่สั้นส่งผลให้เกิดการเรียงตัวกันแบบไม่แน่นอนและผิวสัมผัสระหว่างเส้นใยมีค่าน้อยลง จึงมีแนวโน้มที่เส้นใยจะกระจายตัวไม่สม่ำเสมอและจับตัวเป็นกระจุกเล็กๆ ทำให้เกิดช่องว่างในชิ้นงานมากขึ้น ซึ่งช่องว่างนี้ส่งผลให้เกิดความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของวัสดุทำให้เกิดเป็นจุดอ่อนเมื่อได้รับแรงจึงส่งผลให้รับและกระจายแรงได้น้อยลง



ภาพที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง สัดส่วนเส้นใยต่อตัวประสาน และความยาวของเส้นใยที่ส่งผลต่อค่าโมดูลัสแรงดัดโค้งของชิ้นทดสอบ

ผลการทดสอบแรงกระแทก

ความต้านแรงกระแทกเป็นสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของวัสดุหรือชิ้นงานที่มีการใช้งานเกี่ยวข้องกับการวัดแรง โดยตัวแปรที่ทำการวัดคือความต้านทานต่อแรงกระแทก โดยใช้แรงกระทบที่วัสดุอย่างรวดเร็ว ได้ผลการวิเคราะห์แรงกระแทกของชิ้นทดสอบดังภาพที่ 4.5 พบว่าชิ้นทดสอบที่มีตัวประสานเป็นส่วนผสมจะมีความต้านทานต่อแรงกระแทกได้มากกว่าสัดส่วนที่ขึ้นรูปด้วยเส้นใยเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีตัวประสาน เนื่องจากตัวประสานจะช่วยให้เส้นใยยึดเกาะกันได้ดี เมื่อมีแรงกระทำจึงสามารถรับแรงได้ดีกว่า นอกจากนี้จะพบว่าเมื่อเส้นใยมีความยาวมากขึ้นส่งผลต่อความต้านทานต่อแรงกระแทกได้สูงขึ้นเช่นเดียวกันเนื่องด้วยเส้นใยที่ยาวขึ้นจะทำให้พื้นที่สัมผัสระหว่างเส้นใยและเส้นใยและเส้นใยกับตัวประสานมีมากขึ้น ดังนั้นเส้นใยจึงยึดกันได้ดีส่งผลต่อความสามารถในการรับแรงกระแทกได้มากขึ้น นอกจากนี้ด้วยสมบัติของเส้นใยธรรมชาติเมื่อมีปริมาณมากขึ้นจะช่วยดูดซับแรงที่กระทำได้มากขึ้นอีกด้วย



ภาพที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง สัดส่วนเส้นใยต่อตัวประสาน และความยาวของเส้นใย ที่ส่งผลต่อค่าความต้านแรงกระแทกของชิ้นทดสอบ

4.3 วิเคราะห์สัดส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์

จากผลการทดสอบสมบัติด้านต่างๆ ทั้งทางกายภาพและทางกล จะพบว่าชิ้นทดสอบแต่ละสัดส่วนนั้นมีจุดเด่นจุดด้อยที่ต่างกัน บางสัดส่วนส่งผลดีต่อสมบัติทางกล เช่น ความต้านทานแรงดัดสูง ทนแรงกระแทกได้ดี แต่แผ่นมีความหนาแน่นมากเกินไป ดูดซึมน้ำมากเกินไป เป็นต้น ดังนั้นจึงให้ค่าคะแนนความสำคัญมุ่งเน้นไปที่การนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นหลัก นั่นคือ นำไปใช้งานในรูปแบบของการใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง โดยคุณสมบัติที่สอดคล้องกับการใช้งานในรูปแบบนี้คือ ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าความต้านแรงดัดโค้ง เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักคือเพื่อผลิตภาชนะจากธรรมชาติที่ทดแทนการใช้โฟม เพื่อลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและต่อสุขภาพของผู้บริโภค ดังนั้นภาชนะที่ดีควรจะมีสมบัติต้านทานการดูดซึมน้ำได้บางส่วนก่อนที่จะเสียรูปแล้วทิ้งหลังการใช้งาน และในการใช้งานภาชนะใช้แล้วทิ้งเหล่านี้ ผู้ใช้งานจะถือภาชนะที่ขอบของภาชนะด้านใดด้านหนึ่งจึงเปรียบเสมือนมีแรงกระทำต่อภาชนะด้วยการดึง ดังนั้นจึงสำคัญยิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญกับสมบัติความต้านทานต่อแรงดัดโค้ง ซึ่งสัดส่วนที่สอดคล้องกับสมบัติหลักทั้ง 2 สมบัตินี้ นั่นคือ สัดส่วนที่มีเส้นใยต่อตัวประสานเป็น 50 : 50 และเส้นใยมีความยาวที่สุดนั่นคือ 1.5-2.0 mm ซึ่งพบว่ามีค่าการดูดซึมน้ำต่ำและความต้านทานต่อแรงดัดโค้งที่มีค่าสูง เมื่อพิจารณาสมบัติรองลงมา ได้แก่ ภาชนะย่อยสลายได้ควรจะมีความหนาแน่นต่ำ ค่าโมดูลัสของยังสูง และค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกสูง จะพบว่า สัดส่วนที่มีเส้นใยต่อตัวประสานเป็น 50 : 50 ยังคงมีค่าความหนาแน่นที่ต่ำ และค่าโมดูลัสของยังที่สูงกว่าสัดส่วน

อื่นๆ เช่นเดียวกัน แม้ความต้านแรงกระแทกจะมีค่าเป็นอันดับรองจากสัดส่วนที่มีเส้นใยต่อตัวประสานเป็น 70 : 30 แต่คุณสมบัติที่สำคัญ คือควรมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำและความต้านทานต่อแรงดัดโค้งที่สูง และสมบัติประกอบอื่นๆ คือมีค่าความหนาแน่นที่ต่ำและค่าโมดูลัสของยังที่สูง ยังคงส่งผลให้สัดส่วนที่มีเส้นใยต่อตัวประสานเป็น 50 : 50 และเส้นใยมีความยาวที่สุดนั่นคือ 1.5-2.0 mm เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมและมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปผลิตภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์เพื่อลดปริมาณขยะจากการใช้ถาดโฟมและเพื่อศึกษาต่อยอดต่อไป

4.4 เผยแพร่องค์ความรู้การผลิตภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์

องค์ความรู้จากการศึกษาการผลิตภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์ในงานวิจัยนี้มีผลการศึกษาที่สำคัญและควรเผยแพร่เพื่อเป็นแนวทางในการต่อยอดและพัฒนาต่อไป ได้แก่ กระบวนการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดร้อน สัดส่วนที่เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้เป็นภาชนะที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง โดยจัดทำสื่อเผยแพร่องค์ความรู้และแบ่งปันประสบการณ์ในการทำภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์ ในรูปแบบของการจัดทำฐานข้อมูลผลการวิจัยเผยแพร่ทางสังคมออนไลน์ผ่านทางเว็บไซต์ https://sites.google.com/view/napier-grass/home ซึ่งเป็นช่องทางที่เข้าถึงและเข้าทันกับบุคคลในทุกอาชีพและอายุ นอกจากมุ่งหวังให้เกิดการต่อยอดงานวิจัยให้เป็นรูปธรรมในการ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของผู้บริโภค คือ การหาวัสดุที่ใช้ทดแทนบรรจุภัณฑ์ประเภทโฟมที่มีสมบัติเด่นในการสลายตัวได้ตามธรรมชาติและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นั่นคือการใช้ประโยชน์จากเส้นใยธรรมชาติแล้ว ยังมุ่งหวังให้เกิดความตระหนักถึงพฤติกรรมการใช้โฟมเพื่อเป็นบรรจุภัณฑ์ด้านอาหารซึ่งโดยมากแล้วจะทิ้งและไม่นำกลับมาใช้ใหม่ ส่งผลให้มีปริมาณขยะมากขึ้น ปัญหาขยะที่เกิดจากกล่องโฟมบรรจุอาหารนับว่าเป็นปัญหาสำคัญของหน่วยงานภาครัฐที่ต้องกำจัด ซึ่งต้องใช้งบประมาณในการกำจัดค่อนข้างสูงและสำคัญยิ่งคือลดปริมาณขยะและมลพิษที่นับวันยิ่งทวีความรุนแรงมาก

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการขึ้นรูปวัสดุย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์ การศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล และศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิต สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. จากกระบวนการอัดร้อนขึ้นรูปชิ้นงานเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการอัดขึ้นรูปร้อนด้วยเครื่องอัดร้อนไฮโดรลิค คือ ใช้อุณหภูมิของฮีทเตอร์ 140°C เนื่องจากชิ้นงานคงรูปและไม่มีการไหม้ของวัสดุ อีกทั้งไล่ความชื้นได้เร็วและทำการอัดที่ความดัน 30 bar พบว่าได้ชิ้นงานที่ผิวเรียบและวัสดุกระจายสม่ำเสมอมากกว่า โดยใช้เวลา 15 นาที ซึ่งชิ้นทดสอบที่ได้แห้งตลอดทั่วทั้งแผ่นและผิวมีความเรียบ

2. จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล ของภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์ พบว่า เมื่อความยาวของเส้นใยมีค่ามากขึ้นส่งผลต่อค่าความหนาแน่น ค่าความต้านแรงดัดโค้ง ค่าโมดูลัสแรงดัดโค้ง และความต้านทานต่อแรงกระแทก ในแนวโน้มทางเดียวกัน แต่การเพิ่มสัดส่วนของปริมาณเส้นใยส่งผลต่อค่าการดูดซึมน้ำที่มากขึ้นและส่งผลต่อการลดลงของค่าความต้านแรงดัดโค้ง

3. จากการวิเคราะห์สัดส่วนที่เหมาะสมจากสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล พบว่าสัดส่วนที่มีเส้นใยต่อตัวประสานเป็น 50 : 50 และเส้นใยมีความยาวที่สุดนั่นคือ 1.5-2.0 mm เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมและมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปผลิตภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์เพื่อลดปริมาณขยะจากการใช้ถาดโฟมและเพื่อศึกษาต่อยอดต่อไป

4. องค์ความรู้และประสบการณ์ในการผลิตภาชนะย่อยสลายได้จากเส้นใยได้นำเสนอในรูปแบบของเว็บไซต์ https://sites.google.com/view/napier-grass/home ซึ่งสะดวกต่อการเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย โดยประกอบด้วยกระบวนการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดร้อน สัดส่วนที่เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้เป็นภาชนะที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง และความรู้ด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

อภิปรายผล

1. ค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบพบว่ามีค่าสูงมาก เนื่องด้วยวัสดุและตัวประสานที่มีความชอบน้ำ จึงยังไม่เหมาะสมที่จะใช้งานในสภาวะที่สัมผัสของเหลวโดยตรงหรือมีความชื้นสูง

2. ถึงแม้ผลจากการวิจัยจะบ่งชี้ว่ามีความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์และทราบถึงสภาวะการอัดร้อนที่เหมาะสม แต่ยังคงเป็นเพียงการทดสอบในห้องปฏิบัติการ หากจะนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์จำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสม เช่น ระยะเวลาในการอัดร้อนที่สั้นลง

3. ในงานวิจัยนี้ ถึงแม้จะเลือกใช้วัสดุและตัวประสานจากธรรมชาติ แต่ยังคงขาดการทดสอบการย่อยสลายตามธรรมชาติ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาตัวประสานที่ส่งผลต่อการลดลงของค่าการดูดซึมน้ำ หรือศึกษาการเคลือบผิวชิ้นงานให้มีความมันวาวเพื่อป้องกันความชื้น

2. ศึกษาความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์

3. ทดสอบการย่อยสลายตามธรรมชาติ โดยการฝังกลบในดิน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

นที ฐานมั่น, (2557), การพัฒนาภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากลำต้นมันสำปะหลัง, คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี: นครราชสีมา.

มลสุดา ลิวไธสง, (2556), การผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย, คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี: กรุงเทพฯ.

นพดล จันทรลักษณ์, (2555), การออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ทำจากเส้นใยธรรมชาติ, การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555 17-19 ตุลาคม 2555 : เพชรบุรี.

ณัติฐพล ไข่แสงศรี (2552). การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้จากไคโตแซนร่วมกับพอลิเมอร์จากธรรมชาติส าหรับทดแทนโฟม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ณัติฐพล ไข่แสงศรี, อรพิน เกิดชูชื่น, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง (2553). การพัฒนาถาดโฟมจากแป้งมันส าปะหลังในการบรรจุส้มโอตัดแต่งสด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, ปีที่ 41, ฉบับที่ 3/1 (พิเศษ), หน้า 669-672.

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (2551). บทที่ 3 เทคโนโลยีของประเทศผู้นำด้านพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://www.nia.or.th/download/document/chapter3.pdf [20 กันยายน 2559].

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (2550). ประเภทของพลาสติกย่อยสลายได้ [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://www2.mtec.or.th/th/special/biodegradable_plastic/type_de_plas.html [20 กันยายน 2559].

กฤตนู อัมพรพิทักษ์, สิราภา ตรีระแสง และ ทวิช จิตรสมบูรณ์ (2555). การทำจานจากกาบกล้วย. โครงงานปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

พรทิพย์ ทูลจินดา (2550). การศึกษาสมบัติของคอมพอสิตโฟมที่มีแป้งมันสำปะหลัง ไคติน อนุพันธ์ไคติน และน้ำยางพาราเป็นส่วนประกอบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อังศุมา บุญไชยสุริยา (2554). การผลิตโฟมย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเสริมแรงด้วยเส้นใยปาล์มน้ำมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

Lawton, J.W., Shogren, R.L., Tiefenbacher, K.F. (2004). Aspen fiber addition improves the mechanical properties of baked cornstarch foams. Industrial Crops and Products 19: 41-48.

Salgado, P.R., Schmidt, V.C., Ortiz, S.E.M., Mauri, A.N., and Laurindo, J.B. (2008). Biodegradable foams based on cassava starch, sunflower proteins and cellulose fibers obtained by a baking process. Journal of Food Engineering, Vol. 85, pp. 435-443.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

ข้อมูลผลการวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล โดยการทดสอบแต่ละสมบัตินั้น ใช้จำนวนตัวอย่างในการทดสอบอย่างน้อย 5 ตัวอย่าง ซึ่งทำการทดสอบสมบัติทั้งหมด 5 สมบัติ ได้แก่ แรงดัดโค้ง แรงดึง แรงกระแทก ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ

ตารางที่ ก-1 ผลการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ

	สัดส่วน เส้นใย : ตัวประสาน			
ความยาวเส้นใย (mm)	50 :50	70 : 30	90 : 10	100 : 0
0.5-1.0	225.3	235.41	253.36	275.24
1.0-1.5	192.16	225.34	235.36	242.22
1.5-2.0	175.4	195.56	222.32	230.33

ตารางที่ ก-2 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบ

	สัดส่วน เส้นใย : ตัวประสาน			
ความยาวเส้นใย (mm)	50 :50	70 : 30	90 : 10	100 : 0
0.5-1.0	201.2	212.3	232.3	245.4
1.0-1.5	225.6	234.5	245.3	253.4
1.5-2.0	232.3	256.7	275.5	287.9

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-3 ผลการวิเคราะห์ความต้านแรงดัดโค้งของชิ้นทดสอบ

	สัดส่วน เส้นใย : ตัวประสาน			
ความยาวเส้นใย (mm)	50 :50	70 : 30	90 : 10	100 : 0
0.5-1.0	1.58	1.35	1.02	0.95
1.0-1.5	2.15	1.93	1.23	1.15
1.5-2.0	2.28	2.12	1.95	1.68

ตารางที่ ก-4 ผลการวิเคราะห์โมดูลัสแรงดัดโค้งของชิ้นทดสอบ

	สัดส่วน เส้นใย : ตัวประสาน			
ความยาวเส้นใย (mm)	50 :50	70 : 30	90 : 10	100 : 0
0.5-1.0	138.45	112.43	65.35	34.45
1.0-1.5	155.36	145.75	86.36	65.35
1.5-2.0	195.35	176.42	153.36	142.22

ตารางที่ ก-5 ผลการวิเคราะห์แรงกระแทกของชิ้นทดสอบ

	สัดส่วน เส้นใย : ตัวประสาน			
ความยาวเส้นใย (mm)	50 :50	70 : 30	90 : 10	100 : 0
0.5-1.0	0.02	0.03	0.01	0.01
1.0-1.5	0.03	0.05	0.02	0.01
1.5-2.0	0.04	0.07	0.03	0.02

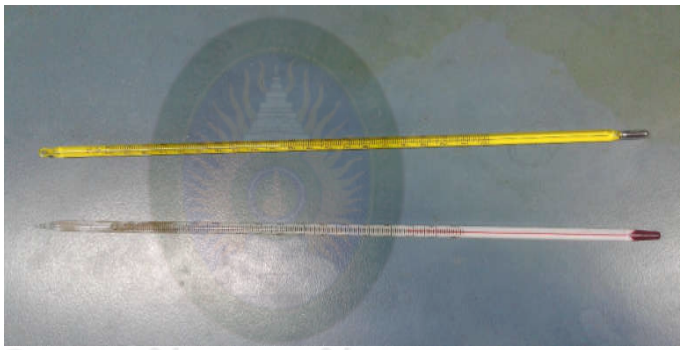
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

ภาพประกอบงานวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ ข-1 เวอร์เนียร์ Vernier Caliper ความละเอียด 0.02 mm



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ ข-2 เทอร์โมมิเตอร์

ภาพที่ ข-3 เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ ข-4 ตู้อบลมร้อน MEMMERT Universal Oven รุ่น UN110

ภาพที่ ข-5 เครื่องอัดร้อน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ ข-6 แผ่นเทฟล่อน

ภาพที่ ข-7 เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล UTM. รุ่น WDW-100D

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ ข-8 เครื่องปั่น

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ นางสาวจารุณี นามสกุล เข็มพิลา ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์
2. สังกัด หลักสูตรฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
3. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับการศึกษา	วุฒิ	สาขา	ชื่อสถาบันการศึกษา
อยู่ระหว่างการศึกษา	ปริญญาเอก	ปร.ด.	ฟิสิกส์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2555	ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
2550	ปริญญาโท	วท.ม.	เทคโนโลยีพลังงาน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2546	ปริญญาตรี	วท.บ.	ฟิสิกส์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น

4. ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2554-ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

5. งานวิจัย

หัวหน้าโครงการ

- การศึกษาการผลิตแผ่นปาร์ติเคิลจากกากกาแฟคั่วบดร่วมกับกากใบชาเหลือทิ้งเพื่อลดปริมาณขยะจากร้านกาแฟสด (ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2560)
- การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์เพื่อลดปริมาณขยะจากการใช้ถาดโฟม (ทุนอุดหนุนการวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560)

ผู้ร่วมวิจัย

- สมบัติเชิงกลของวัสดุผสมชีวภาพแบบไฮบริดจากเส้นใยรากหญ้าแฝกและเปลือกถั่วลิสง (ทุนอุดหนุนการวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY