ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การใช้ประโยชน์ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งบุก

THE USEFUL OF WASTE FROM KONJAC FLOUR MANUFACTURE

โดย

นางสาวกิตติพร พรมใจ

ปีการศึกษา 2545

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การใช้ประโยชน์ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งบุก

THE USEFUL OF WASTE FROM KONJAC FLOUR MANUFACTURE

โดย

นางสาวกิตติพร พรมใจ

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

ว/ท.
ก 6741
2545
เลขหมู่
เลขทะเบียน 49829
วัน, เดือน, ปี 31 ธ.ค. 2547
.b.....
.i.....
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
b 11344693

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2545

ชื่อเรื่อง	การใช้ประโยชน์ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งบุก
	The Useful of Waste from Konjac Flour Manufacture
ชื่อ-สกุล	นางสาวกิตติพร พรมใจ
สาขาวิชา	อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชา ครุศาสตร์เกษตร
คณะ	ครุศาสตร์อุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินตนา บุนนาค

บทคัดย่อ

บุกเป็นพืชหัวที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Amorphophallus sp.* ในบุกมีสารสำคัญ คือ กลูโคแมนแนน (glucomannan) ซึ่งจัดเป็นพอลิแซกคาไรด์ที่มีโมเลกุลใหญ่ ก่อตัวเป็นเส้นใย มีคุณสมบัติพิเศษ คือ เมื่อถูกน้ำจะพองตัวได้ 20-30 เท่า มีลักษณะเป็นวุ้น ซึ่งในอุตสาหกรรมผลิตแป้งบุก มีของเหลือทิ้งที่เป็นจำพวกแป้งเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันได้มีการใช้ประโยชน์จากแป้งมันสำปะหลังในการผลิตภาชนะบรรจุ ดังนั้นจึงได้นำแป้งบุกจากของเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกัน ปัญหาพิเศษนี้ได้ใช้แป้งบุกผสมกับ Carboxy methyl cellulose เมื่อถูกน้ำจะมีลักษณะเป็นเจล ซึ่งอัตราส่วนที่ใช้ คือแป้งบุกต่อน้ำ 50 g :150 ml ส่วน Carboxy methyl cellulose ต่อน้ำ 30 g : 70 ml เพื่อผลิตเป็นภาชนะบรรจุอาหาร แต่เมื่อได้ผลิตออกมาแล้ว มีสีน้ำตาลดำ ซึ่งคาดว่าผู้บริโภคคงไม่ยอมรับ จึงวางแผนการทดลองใหม่โดยการผลิตเป็นกระถางปลูกต้นไม้แทน ซึ่งไม่ได้เน้นสีสันมากมาย เมื่อผลิตออกมาเป็นกระถาง ผลปรากฏว่ามีผิวที่ไม่เรียบ จึงได้ทำบล็อกเพื่อขึ้นรูปกระถาง และเมื่อผลิตกระถางโดยใช้บล็อกในการขึ้นรูป ปรากฏว่า ได้กระถางที่มีผิวที่เรียบขึ้นกว่าเดิม นอกจากนี้ยังได้มีการนำไปทดสอบการใช้งาน โดยทดลองบรรจุน้ำ ปรากฏว่าสามารถเก็บน้ำได้นาน40 นาที และทดสอบการปลูกต้นไม้ หลังจาก 1 สัปดาห์ ต้นไม้สามารถเจริญได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือจากหลายฝ่าย โดยเฉพาะผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินตนา บุนนาค อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่ได้ให้คำปรึกษา และได้แนะนำตั้งแต่เอกสารประกอบการทำปัญหาพิเศษ ชี้แนะในเรื่องกระบวนการผลิต ตลอดจนการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ของปัญหาพิเศษด้วยดี ขอขอบคุณท่านอาจารย์จันทร์พร เจ้าทรัพย์ ที่ให้การช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ รวมทั้งการช่วยเหลือของเพื่อน ๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทั้งในการทำการทดลอง การถ่ายภาพ และการใช้อุปกรณ์ในการจัดพิมพ์เอกสาร ซึ่งเป็นผลให้เกิดความสมบูรณ์ของปัญหาพิเศษเรื่องนี้มากขึ้น

ความดีของปัญหาพิเศษเล่มนี้ ขอมอบให้กับบิดา มารดา ยังเป็นบุคคลที่ให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์และคอยให้กำลังใจในเวลาที่เกิดความทุกข์ และท้อแท้ รวมทั้งครูอาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชา และผู้มีพระคุณทุกท่าน

กิตติพร พรมใจ

มีนาคม 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของปัญหา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
1 บุก (Konjac or Elephant Yam)	3
1.1 ลักษณะทั่วไปของบุก	4
1.2 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ของบุก	5
1.3 แป้งบุก (Elephant Yam Flour or Konjac Flour)	7
1.4 โครงสร้างของกลูโคแมนแนนในแป้งบุก	19
1.5 ความสำคัญทางอุตสาหกรรมของบุก	21
1.6 การแปรรูปผลผลิตและผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรม	21
1.7 การตลาดของบุกในประเทศไทย	22
1.8 การใช้ประโยชน์จากแป้งบุก	23
2 พอลิเมอร์ในธรรมชาติ	26
2.1 Polysaccharides	26
2.2 Protein	35
2.3 Polyesters	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3 แป้งมันสำปะหลัง.....	39
3.1 องค์ประกอบ โครงสร้างทางเคมี คุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลัง.....	39
3.2 บทบาทของอะมิโลสที่มีต่อโครงสร้างของแผ่นแป้งที่ถูกอัดด้วยความร้อนและความดัน.....	41
4 บรรจุภัณฑ์.....	41
4.1 หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์.....	41
4.2 ตัวอย่างของวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์แล้วสามารถย่อยสลายโดยธรรมชาติได้หมด.....	43
4.3 บทบาทของบรรจุภัณฑ์อาหาร.....	44
4.4 การแบ่งประเภทของบรรจุภัณฑ์.....	44
4.5 ขั้นตอนการผลิตบรรจุภัณฑ์จากแป้งมันสำปะหลัง.....	54
4.6 การขึ้นรูปภาชนะบรรจุ.....	56
5 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxy methyl cellulose).....	58
6 สีผสมอาหาร.....	59
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....	60
1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	60
2 วิธีการ.....	61
2.1 กรรมวิธีการผลิตภาชนะบรรจุจากแป้งบุก.....	61
2.2 การทดสอบการใช้งาน.....	67
3 สถานที่ทำการทดลอง.....	67
4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย.....	67
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล.....	68
4.1 ผลการวิจัย.....	68
4.2 ผลการทดสอบการใช้งานของภาชนะบรรจุ.....	74
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	75
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 76

บรรณานุกรม..... 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การจำแนกชนิดบุกในประเทศไทย.....	6
2	การเปรียบเทียบคุณสมบัติของการผลิตแป้งบุกแบบแห้ง และการผลิตแป้งบุกแบบเปียก.....	10
3	คุณสมบัติที่ดีของแป้งบุกที่บริสุทธิ์เปรียบเทียบกับแป้งบุก ก่อนนำไปทำให้บริสุทธิ์.....	15
4	ลักษณะทางกายภาพผงบุกที่ผลิตในประเทศไทย.....	15
5	องค์ประกอบทางเคมีหัวบุกสดและแป้งบุก.....	17
6	องค์ประกอบทางเคมีของหัวบุก.....	18
7	คุณค่าอาหาร (nutrition labelling) ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม บุกผงสำเร็จรูป.....	19
8	คุณสมบัติของพลาสติกที่ผลิตจากแป้งชนิดต่าง ๆ โปรตีน และส่วนผสม ระหว่างแป้งกับโปรตีน.....	36
9	เปอร์เซ็นต์การยอมรับบรรจุภัณฑ์ที่ทำมาจากแป้งมันสำปะหลัง ที่สามารถรับประทานได้ และย่อยสลายได้ง่ายมาใช้แทนกล่องโฟม.....	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการผลิตแป้งบุกแบบแห้ง (dry method).....	8
2	กระบวนการผลิตแป้งบุกแบบเปียก (wet method).....	10
3	กระบวนการผลิตกลูโคแมนแนนชนิดบริสุทธิ์ (Konjac mannan of glucomannan).....	12
4	โครงสร้างบางส่วนของกลูโคแมนแนนในแป้งบุก.....	20
5	โครงสร้างของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน.....	28
6	โครงสร้างของอะมิโลเพกติน.....	29
7	ลักษณะของสารที่เข้าไปทำปฏิกิริยาภายในสายเกลียวของแป้ง.....	30
8	สูตรโครงสร้างของเซลลูโลส.....	31
9	การย่อยสลายเซลลูโลสโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส.....	31
10	โครงสร้างของไคโตแซน.....	32
11	สูตรโครงสร้างของ Pullulan.....	33
12	สูตรโครงสร้างของ Levan.....	34
13	สูตรโครงสร้างของ Konjac.....	34
14	สูตรโครงสร้างของ Elsinan.....	35
15	hydrolytic และ enzymatic depolymerization จาก bacterial polyesters.....	37
16	สูตรโครงสร้างของยางธรรมชาติ.....	38
17	enzymatic depolymerization ของยางธรรมชาติ.....	38
18	การพัฒนาผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังครบวงจร.....	52
19	กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์จากแป้งมันสำปะหลัง.....	53
20	ขั้นตอนการเปลี่ยนจากสภาพสตาร์ชกึ่งผลึกไปเป็นอสัญฐาน.....	55
21	ขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ ในแผนการทดลองที่ 2.....	62
22	ขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ ในแผนการทดลองที่ 3.....	64
23	ขั้นตอนการทำบล็อกที่ใช้ในการขึ้นรูปภาชนะบรรจุ.....	66
24	ภาชนะบรรจุที่ยังไม่ได้ใส่สีผสมอาหาร.....	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	ภาชนะบรรจุที่ใส่สีผสมอาหาร (สีแดง).....	70
26	ภาชนะบรรจุที่ใส่สีผสมอาหาร (สีเหลือง).....	70
27	กระถางที่ใช้เป็นพิมพ์.....	71
28	กระถางที่ผลิตจากส่วนผสมของแป้งบุกที่ได้ทาเนยแล้ว.....	72
29	บล็อกและตัวกดที่ใช้ในการขึ้นรูปภาชนะบรรจุ.....	73
30	ภาชนะบรรจุที่ขึ้นรูปโดยบล็อก.....	73
31	การทดสอบการใช้งานโดยการปลูกต้นไม้.....	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

บุกเป็นพืชหัวพื้นเมืองที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Amorphophallus sp.* มีอยู่ในหลายประเทศในเขตเอเชียที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนและเขตอบอุ่น มีการพัฒนาพันธุ์และนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมอาหารมานานแล้ว บุกสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายประเภท เช่น บุกเส้น วุ้นบุก และนอกจากนี้แล้วได้นำบุกมาแปรรูปเป็นแป้งบุก ซึ่งสามารถใช้เป็นส่วนผสมของอาหารหลายชนิด เนื่องจากในหัวบุกมีสารสำคัญชื่อว่า กลูโคแมนแนน ซึ่งมีความสามารถด้านการพองตัวในน้ำได้ที่อุณหภูมิห้อง กลูโคแมนแนนเป็นวุ้นที่ไม่เพิ่มพลังงานและไม่ถูกย่อยในน้ำย่อยในกระเพาะอาหารและจะขัดขวางการดูดซึมน้ำตาล ดังนั้นจึงมีการนำมาแปรรูปเป็นแป้งบุกเป็นส่วนผสมในอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักเพราะช่วยลดโคเลสเตอรอลได้ (อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ,2541 : 11-15)

ปัจจุบันได้มีการผลิตและพัฒนาแป้งบุกเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นอาหารเพื่อสุขภาพดังกล่าวแล้วและนอกจากนี้ยังใช้เป็นส่วนผสมของอาหารซึ่งในการผลิตแป้งบุกเป็นแป้งจะมีขั้นตอนที่ไม่ยากมากนัก กระบวนการผลิตแป้งบุกจะมิได้แป้งบุกทั้งร้อยเปอร์เซ็นต์ หัวบุกสดโดยทั่วไปจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เป็นของแข็ง 10-20 เปอร์เซ็นต์ ของแข็งจะประกอบด้วยอนุภาคขนาดหยาบ 60-80 เปอร์เซ็นต์ และมีอนุภาคขนาดละเอียดประมาณ 10-40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอนุภาคขนาดละเอียดจัดเป็นสารเจือปนที่ต้องกำจัดออก ได้แก่ แป้ง โปรตีนและสารระคายเคือง เป็นต้นจะเห็นได้ว่าในการผลิตแป้งบุกมีส่วนที่เป็นของเหลือทิ้งจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเหลือทิ้ง จึงมีความสนใจที่จะนำเอาของเหลือทิ้งมาแปรสภาพเป็นภาชนะบรรจุต่าง ๆ ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มขึ้นด้วย (บุปผา เดชะภัทรพร,2535 : 2)

1.2 วัตถุประสงค์

1.เพื่อที่จะนำเอาของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งบุกมาใช้ประโยชน์ ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับของเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งบุก โดยผลิตเป็นภาชนะบรรจุชนิดต่าง ๆ ขึ้น

1.3 ขอบเขตของปัญหา

อุตสาหกรรมผลิตแป้งบุก จะมีของเหลือทิ้งที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงได้มีการทดลองนำมาแปรสภาพเป็นภาชนะบรรจุสิ่งของ เพื่อให้เกิดประโยชน์ขึ้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.สามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งบุกได้

2.สามารถนำของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งบุกมาใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งได้

3.เป็นแหล่งข้อมูลพื้นฐานให้กับผู้ประกอบการที่ผลิตแป้งบุกและผู้มีความสนใจที่จะผลิตภาชนะบรรจุสิ่งของจากของเหลือทิ้งของโรงงานผลิตแป้งบุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1 บุก (Konjac or Elephant Yam)

บุก เป็นพืชที่บริโภคกันมานาน บุกมีชื่อไทยหลายชื่อเรียกหลากหลายตามภาษาท้องถิ่นของไทย ได้แก่ บุก บุกคางคก เบือ บุกเกลี้ยง บุกหยวก มันบุก มันกะบุก มันหูช้าง หัวบุก มีชื่อภาษาอังกฤษหลายชื่อเช่นกัน ได้แก่ Elephant yam, Elephant foot yam, Elephant bread, Sweet yam มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Amorphophallus sp.* ตระกูล Araceae บุกมีความสำคัญในเชิงพาณิชย์ นำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมได้ บุกที่นิยมใช้คือ พันธุ์ *Amorphophallus konjac* เนื่องจากเป็นพืชที่พบมากและมีปริมาณสารกลูโคแมนแนน (glucomannan) อยู่สูง ที่มีคุณสมบัติคล้ายวุ้น บุกเป็นพืชหัวใต้ดินที่เจริญเติบโตได้ดีในแถบเอเชีย เขตร้อนและเขตอบอุ่น ญี่ปุ่นก็เป็นประเทศหนึ่งที่บุกเจริญได้ดี และเป็นอาหารที่รู้จักกันดี ซึ่งมีถิ่นกำเนิดตั้งแต่ทางตะวันออกของเทือกเขาหิมาลัยไปจนถึงประเทศจีน ญี่ปุ่นและทางใต้ไปถึงประเทศไทย อินโดนีเซียและฟิลิปปินส์ ในประเทศไทยพบทั่วไปในแถบภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือประเทศที่ผู้ผลิตอาหารบุกรายใหญ่และมีการส่งไปจำหน่ายยังตลาดต่าง ๆ ทั่วโลก ทั้งในทวีปอเมริกา ยุโรปและเอเชีย คือประเทศญี่ปุ่น ประเทศต่าง ๆทั่วโลกยังรู้จักผลิตภัณฑ์อาหารจากบุกจากประเทศญี่ปุ่นมีชื่อเดียวกันว่า "คอนนิยากุ (Konyaku)" ซึ่งได้จากพืชที่เรียกว่า "คอนยัค (Konjac)" (หรรษา จักรพันธ์ ณ อยุธยาและอรนุช เกษประเสริฐ, 2532 : 23-25)ในประเทศไทยเพิ่งเริ่มศึกษาถึงการผลิตและการใช้ประโยชน์จากแป้งบุกที่ได้จากหัวบุก

ในประเทศไทยพบว่ามีชาวต่างชาติได้เข้ามาสำรวจชนิดของบุก และรายงานชื่อภาษาไทยไว้เมื่อประมาณ 30 ปีก่อน ในการค้นคว้าเรื่องบุกได้เริ่มขึ้นอย่างจริงจังในครั้งแรกโดยกรมวิชาการเกษตรเมื่อปี พ.ศ. 2524 มีการเก็บตัวอย่างจากพืชต่าง ๆ ทุกภาคของประเทศนำมาศึกษาลักษณะและวงจรการเจริญเติบโตเพื่อคัดเลือกคุณภาพด้านผลผลิตและเพื่อศึกษาหาแนวทางการใช้ประโยชน์เชิงอาหาร (หรรษา จักรพันธ์ ณ อยุธยา, 2527 : 7-9) จากการสำรวจของกรมวิชาการเกษตรพบว่าบุกที่พบตามธรรมชาติมีหลายชนิดแต่ละภาคของประเทศไทยได้มีการนำมาใช้เป็นอาหาร เช่น ภาคกลางรับประทานก้านดอก ภาคตะวันออก เช่นจังหวัดจันทบุรี นิยมรับประทานหัว โดยฝานเป็นแผ่นบางคลุกเกลือตากแห้งแล้วรับประทานกับข้าว ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่นจังหวัดนครราชสีมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลูกบุกเป็นอาหารและจำหน่ายนิยมรับประทานเนื้อหัวบุก โดยมาทำเป็นแกงลาว ส่วนในภาคเหนือนิยมปิ้งหัวบุก ส่วนลำต้นของบุกนิยมนำมาเป็นอาหารสัตว์ (บุปผา เดชะภัทรพร, 2535 : 3)

1.1 ลักษณะทั่วไปของบุก

บุกเป็นพืชล้มลุก (Herbaceous plant) แต่สามารถมีอายุอยู่ใต้ผิวดินได้นานถึง 6 ปี โดยมีการเกิดต่อเนื่องทุกปี เป็นพืชที่มีลำต้นเป็นเนื้ออ่อน ตั้งตรง โค่นง่าย เมื่อถูกพายุหรือการกระทบแรง ๆ ลำต้นมีสีต่าง ๆ เช่น ต้นสีเขียวอ่อนลายสีขาวขีด ต้นสีเขียวเข้มลายจุดสีขาว ต้นสีเขียวเข้มลายน้ำสีดำ ต้นสีเขียวลายจุดประสีขาว ต้นสีเขียวออกชมพูลายดำ หรือน้ำตาลปนขาว (มงคล เกษประเสริฐ และอรนุช เกษประเสริฐ, 2540 : 6) ต้นสูงประมาณ 5-180 เซนติเมตร ลำต้นรูปทรงกระบอกปลายเรียวเล็กกว่าส่วนโคนเล็กน้อย ลักษณะอวบน้ำ ผิวเรียบ มีต้นอยู่ใต้ดิน (corm) มีลักษณะเป็นหน่อที่มีรูปร่างต่างกัน เช่นกลมแบน ทรงกระบอก ผิวเรียบถึงขรุขระเล็กน้อยสีขาวหรือสีชมพู เมื่อแห้งจะเป็นสีน้ำตาล เนื้อในมีสีขาวอมเหลือง ขาวอมชมพู เหลืองชมพู ลักษณะละเอียดเรียบเหมือนแป้ง ในพืชหัวอื่น ๆ ที่ใช้ในอาหาร แต่บุกมีลักษณะเมือกลื่นซึ่งต่างจากหัวมันเทศหรือมันฝรั่ง ดอกจะมีกลิ่นเหม็นเหมือนเนื้อเน่า เป็นแบบ Spadix ก้านดอกรูปทรงกระบอก ยาวประมาณ 5-45 เซนติเมตร ส่วนของดอกประกอบด้วย กลีบรองดอก (spath) คล้ายกลีบบัวหนึ่งกลีบ ยาวประมาณ 25 เซนติเมตร มีหลายลักษณะ เช่นดอกนอกสีขาวนวล สีขาวอมเขียว ขาวอมชมพู ฯลฯ ด้านในสีชมพู สีเหลือง ชมพูปนน้ำตาลมีลายจุดสีขาว ฯลฯ ช่อดอกเป็นรูปทรงกระบอก ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนโคนติดกับกลีบรองดอก ยาวประมาณ 3-10 เซนติเมตร จะมีสีเหลืองเข้ม เป็นส่วนของดอกตัวเมีย ส่วนกลางของช่อจะมีสีเหลืองอ่อนเป็นส่วนของดอกตัวผู้ ยาวประมาณ 5-15 เซนติเมตร ส่วนปลายคล้ายหัวปลีสีขาวนวล (capitatum) ยาวประมาณ 20-25 เซนติเมตร ผลสีเขียวยาวประมาณ1-1.3 เซนติเมตร เมื่อสุกแก่จะเป็นสีเหลือง ภายในมีเมล็ด 2-4 เมล็ด แต่จะสมบูรณ์เพียง 1-2 เมล็ด (มงคล เกษประเสริฐ และอรนุช เกษประเสริฐ, 2540:7-8) ใบจะเกิดบนก้านใบ ที่ส่วนปลายสุดของต้น ซึ่งจะแยกออกเป็น 3 แฉก (หรือ 3 ก้านใบ) แต่ละแฉกจะมี 2 ใบย่อย ซึ่งลักษณะใบย่อยนี้จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของหัวพันธุ์ โดยต้นที่เกิดจากหัวบนใบและหัวใต้ดินขนาดเล็ก ตัวใบจะมีรูปร่างคล้ายใบหอก ต้นเกิดจากหัวใต้ดินขนาดใหญ่ 50 กรัมขึ้นไป ตัวใบจะมีลักษณะเป็นริ้ว แต่ละริ้วจะมีเส้นใบที่แยกออกจากเส้นกลางใบ ริมใบจะมีสีเขียวอ่อน สีเขียวเข้มหรือสีเขียวอมชมพู บุกจะมีการเพิ่มขนาดของหัวใต้ดินในลักษณะการเติบโตเต็มที่ แบบถ่ายหัว หัวที่เกิดใหม่จะเกิดซ้อนอยู่ด้านบนของหัวเดิม ขนาดของบุกที่เติบโตเต็มที่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity) นั้นใช้เวลา 4 ฤดูปลูก เมื่อปล่อยให้เติบโตเต็มที่อาจมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 30-40 เซนติเมตรหรือใหญ่กว่านี้ ตรงกลางบุบลงแตกหัวย่อยประมาณ 5-10 หัวต่อต้น เมื่อให้การบำรุงรักษาที่เหมาะสมอาจได้หัวบุกที่น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนัก 1-35 กิโลกรัม โดยธรรมชาติการเติบโต พบว่าหัวบุกมีอายุมากปี จะมีน้ำหนักมากขึ้นด้วย (บุปผา เดชะภัทรพร, 2535 : 4) บุกบางชนิดมีหน่อเกิดขึ้นตามลำดับ บุกบางชนิดมีหน่อเกิดขึ้นระหว่างแฉกของใบย่อย ซึ่งหน่อนี้อาจเรียกว่า หน่ออากาศ เพราะเกิดอยู่เหนือดิน เป็นหน่อที่ใช้สำหรับเป็นเชื้อพันธุ์บุกทุกชนิด มีดอกโผล่ขึ้นเป็นลอน ก้านตรงขึ้นมาจากหน่อใต้ดิน การขยายพันธุ์ของพืชชนิดนี้เป็นไปโดยการแตกหน่อลูกรอบหน่อแม่ (สำหรับบุกบางชนิด เช่น ชนิดที่พบที่จังหวัดนครราชสีมา ที่เรียกว่าบุกหัวช้าง บุกหูช้าง หรือกะบุก) สำหรับหน่อที่ลักษณะกลมแป้นและกลมรูปทรงกระบอกนั้นมีหน่อลูกเกิดอยู่ตอนบนของหน่อแม่ บุกบางชนิดมีหน่อลูกทางด้านข้างมีลักษณะหน่อไหลแยกไปจากหน่อแม่ (หรรษา จักรพันธ์ ณ อยุธยา และอรนุช เกษประเสริฐ, 2532 : 20, บุปผา เดชะภัทรพร, 2535 : 4)

1.2 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ของบุก

การจำแนกชนิดบุกได้มีการจำแนกโดยทั่วไปได้ถึง 90 ชนิด สำหรับประเทศไทยมีรายงานไว้ 10 ชนิด ในสกุล Amorphophallus วงศ์ Araceae ในปี พ.ศ. 2524 นักวิชาการกองพฤกษศาสตร์และวัชพืชได้สำรวจพบเพิ่มอีก 4 ชนิดที่จังหวัดกาญจนบุรี ตาก ปทุมธานี สุพรรณบุรี ลพบุรี และสระบุรี และวงศ์อื่น ๆ อีก 3 ชนิด ซึ่งจัดให้เป็นบุกเทียม ดังนั้นในประเทศไทยได้มีการจำแนกชนิดของบุกไว้ทั้งหมด 20 ชนิดซึ่งแสดงในตารางที่ 1 (บุปผา เดชะภัทรพร, 2535 : 7-9)

ชื่อสามัญ	Elephant yam , Elephant foot yam , Elephant bread , Sweet yam , Suran
ชื่อไทย	บุก มันบุก มันกะบุก มันหูช้าง มันเท้าช้าง หัวบุก
ชื่อวิทยาศาสตร์	Amorphophallus spp.
ชื่อวงศ์	Araceae
ชื่ออื่น ๆ	Anto , tigi (ฟิลิปปินส์) , Arsaghna , Balukund , Zaminkund (อินเดีย) , Chena หรือ Karak-Kavanai (มาเลเซีย) , Ilis-Ilis , Kand Godda (อินโดนีเซีย) , Koe (โปลินีเซีย) , Ol (อัสสัม) ,Konjuc , Konniaku , Konyaku (ญี่ปุ่น) , Mo-ya (จีน) , Ol Kuchu (บังคลาเทศ)

ในปัจจุบันพบว่าบุกในประทศไทย มี 3 พันธุ์ ที่มีสารกลูโคแมนแนน ซึ่งเป็นสารสำคัญที่มีความต้องการทางการค้า คือ

1. A.oncopphyllus Prain ex Hook f. เป็นบุก ซึ่งหัวของมันมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร ใบขนาดใหญ่ 1 เมตร ก้านใบยาว 90 เซนติเมตร และหนา 2.5 เซนติเมตร ช่อดอกยาว 20 เซนติเมตร มีกาบหุ้ม บุกพันธุ์นี้แยกจากบุกพันธุ์อื่นได้ง่าย คือรูปร่างของหัวกลมแบน มีรูลึกตรงกลาง หัวสดมีสีต่าง ๆ ได้แก่ เหลืองอมชมพู และขาวเหลือง เป็นต้น ก้านใบมีสีต่าง ๆ ได้แก่ เขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขียวมีจุดขาว และเขียวมีสีชมพูปน พันธุ์นี้มีกลูโคแมนแนนสูงมาก พบทางตะวันตกของประเทศ ได้แก่กาญจนบุรี กำแพงเพชร ตาก เชียงใหม่ และพะเยา ชาวพื้นเมืองใช้เป็นอาหาร

2. A.Kerri N.E. เป็นพันธุ์ที่หัวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7-15 เซนติเมตร ผิวมัน ใบเดี่ยว ใบแยกเป็นส่วน ส่วนข้างขนาด 5-7.5 เซนติเมตร คูณ 3-5.5 เซนติเมตร ส่วนกลาง 15-21.5 เซนติเมตร มีกาบหุ้ม บุกพันธุ์นี้แยกจากบุกพันธุ์อื่นที่รูปร่างของหัวซึ่งกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.5-15 เซนติเมตร มีผิวขรุขระสีน้ำตาล หัวสดมีสีเหลืองเหลืองสดหรือขาว ต้นมีสีเขียวเข้ม มีจุดขาว ก้านสีขาว พบแถบจังหวัดน่าน เชียงใหม่ เลย และกาญจนบุรี หรือพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1,200-1,500 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล มีกลูโคแมนแนน แต่ไม่เท่าพันธุ์ A.oncophyllus Prain ex Hook f.

3. A.corrugatus N.E. มีใบหลายใบ ช่อดอกมีกาบหุ้มยาวถึง 7-17 เซนติเมตร กว้าง 3-7 เซนติเมตร รูปกระดิ่ง แยกจากพันธุ์อื่นตรงที่ใบมีหลายส่วนโดยมากมี 7 ส่วน สีน้ำเงินอมเขียว ขอบใบสีชมพู เมื่อยังอ่อนมีกลูโคแมนแนน

ตารางที่ 1 การจำแนกชนิดบุกในประเทศไทย

ชื่อทั่วไป/ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์
บุกหรือบุกคางคก มันซูรัน	*Amorphophallus campnnlatus Bl.ex.*	Araceae
เบีย,เบือ(เหนือ)หัวบุก(ใต้)	*Decme.*	Araceae
บุก(นครศรีธรรมราช)	*Arisaema pattaninsis Gapnep.*	Araceae
บุกกระเดือ(นครสวรรค์)	*Amorphophallus linearis Gahnep.*	Araceae
บุกเกลี้ยงหรือบุกดอกก้าน(เหนือ) เคียง	*Amorphophallus bulbifera Bl.*	Araceae
คางคกเขา(เหนือ)	*Amorphophallus corrugatus N.E.Br.*	Araceae
บุกเขาหรือบุกอีรอก(อุบลราชธานี, นครศรีธรรมราช)	*Pseudodracontinum Kerrii Gangnep.*	Araceae
บุกคางคก(ตรัง)	*Arisaema chumponese Gagnep.*	Araceae
บุกคางคก(เหนือ)บุกหนาม,บุกหลวก	*Amorphophallus rex Plian ex Hook*	Araceae

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 (ต่อ) การจำแนกชนิดบุกในประเทศไทย

ชื่อทั่วไป/ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์
บุกเครือหรือกาบังดวย(ลำปาง)	*Erycibe paniculata Roxb.*	Convolvucea
บุกด่าง(เหนือ)	*Amorphophallus Kerrii N.E.Br.*	Araceae
บุกแดง(สระบุรี)อีหลอก (เลย)	*Amorphophallus putii Gagnep.*	Araceae
บุกตีนยุ่ง(เชียงใหม่)	*Arosaeme erubescens Schott.*	Araceae
บุกเตียง(นครศรีธรรมราช)	*Arisaeme petiolatum Gagnep.*	Araceae
บุกเตียงเขา(ชุมพร)	*Arisaeme siamicum Gagnep.*	Araceae
บุกหยวก(นครศรีธรรมราช)	*Santiria cobferta Benneth.*	Berseraceae
บุกรอ(สระบุรี)	*Amorphophallus saraburiensis Gagnep.*	Araceae
บุกฤาษีหรือคดหิน(ใต้)	*Tacca paimata Bl.*	Taccaceae
บุกหิน(ตรัง)	*Arisaeme fimbriatum Mast.*	Araceae
บุกหัวช้างหรือบุกหูช้าง กะบุก (นครราชสีมา)	*Amorphophallus Koratensis Gagnep.*	Araceae
บุกอีรอกเขา(สระบุรี)	*Amorphophallus brevispathusGagnep.*	Araceae

ที่มา : บุปผา เดชะภัทรพร, 2535 : 8-9

1.3 แป้งบุก (Elephant Yam Flour or Konjac Flour)

1. โพลีแซคคาไรด์ในแป้งบุก

มีการศึกษาและพบสารสำคัญในพืชตระกูลบุก คือ กลูโคแมนแนน ตั้งแต่ปี 1930 ซึ่งเป็นสารโพลีแซคคาไรด์ ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ ก่อตัวเป็นสายใย ซึ่งจัดว่าเป็นสารสำคัญชนิดหนึ่ง ต่างจากแป้งที่สะสมในเมล็ดพืช หรือพืชหัวอื่น ๆ โดยแป้งของพืชเหล่านี้เป็นสารพวกอะมิโลสและอะมิโลเพกติน ที่โครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส แต่กลูโคแมนแนนเป็นโครงสร้างต่อเนื่องของน้ำตาลแมนโนสและน้ำตาลกลูโคส ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษ คือ เมื่อถูกน้ำจะพองตัวได้ 20 ถึง30 เท่า กลูโคแมนแนนที่สะอาดบริสุทธิ์จะมีสีขาว ไม่มีกลิ่น เมื่อผสมน้ำจะขยายตัว มีลักษณะเป็นวุ้น บริโภคเป็นอาหารสมุนไพร ที่ช่วยในการระบายของเสียออกจากลำไส้ และช่วยให้ระบายดี แต่ผู้บริโภคจะต้องดื่มน้ำตามมาก ๆ (หรรษา จักรพันธ์ ณ อยุธยา, 2527 : 10)

โครงสร้างของกลูโคแมนแนนในแป้งบุกนั้น ประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนสและน้ำตาลกลูโคส โดยอัตราส่วนโมลน้ำตาลแมนโนสต่อน้ำตาลกลูโคส 3 ต่อ 2 เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเบตา-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1,4 (β-1,4) ในโมเลกุลเส้นตรงของกลูโคแมนแนนนี้มีกลุ่มอะซีติล (Acetyl groups) กระจายอยู่อย่างไม่เป็นระเบียบ โดยน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลแมนโนส 19 หน่วย จะพบกลุ่มอะซีติล 1 กลุ่ม

2. การผลิตแป้งบุก

หัวบุกสดโดยทั่วไปจะมีน้ำประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เป็นของแข็งประกอบด้วย ส่วนอนุภาคขนาดหยาบ (Coarse Konjac flour component) ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2x10 มิลลิเมตร ประมาณ 20-40 เปอร์เซ็นต์ โดยอนุภาคส่วนหลังนี้จัดเป็นสารเจือปน(tachiko component) ที่ต้องกำจัดออกได้แก่ แป้ง(starch) โปรตีน และสารระคายเคือง (irritant) เป็นต้น (เสาวภา บูรณวัฒนาโชค, 2540 : 5)

ในการผลิตแป้งบุกทำได้ 3 วิธี คือ

-การผลิตแป้งบุกแบบแห้ง(dry method or traditional method)

-การผลิตแป้งบุกแบบเปียก(wet method or conventional wet method)

-การผลิตแป้งบุกแบบปรับปรุง(improved wet method)

การผลิตแป้งบุกแบบแห้ง(dry method or traditional method)

วิธีการผลิตแป้งบุก คือ นำหัวบุกมาหั่นเป็นแผ่นบาง มีความหนาประมาณ 5 มิลลิเมตรแล้วนำไปทำให้แห้ง จนเหลือความชื้นอยู่ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในการทำแห้งนั้นอาจทำโดยการตากแดด หรืออบโดยใช้อากาศร้อน บุกที่แห้งแล้วจะนำไปบดให้อนุภาคแยกออกจากกันโดยใช้เครื่อง Stamp mill จากนั้นนำส่วนที่บดได้มาแยกแป้งบุกออกจากสารเจือปนหรือสารที่ไม่บริสุทธิ์ โดยใช้การแยกเป่าด้วยลม (air classification) แผนภาพขบวนการผลิตสรุปได้ดังภาพที่ 1

<u>ภาพที่ 1</u> กระบวนการผลิตแป้งบุกแบบแห้ง (dry method)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 1 (ต่อ) กระบวนการผลิตแป้งบุกแบบแห้ง (dry method)

ที่มา : บุปผา เดชะภัทรพร, 2535 : 19-21

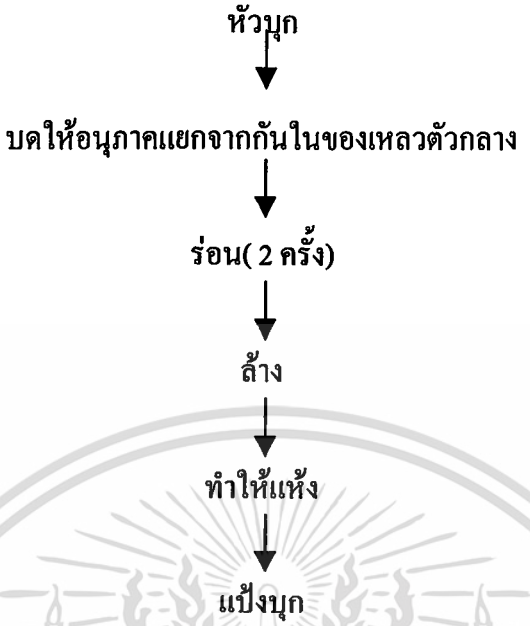
การผลิตแป้งบุกแบบเปียก(wet method or conventional wet method)

วิธีการผลิต คือ นำบุกที่ทำการบดแล้ว ให้อนุภาคแยกออกจากกันในตัวกลางที่เป็นของเหลว(Pulverizing medium) ซึ่งอาจเป็นน้ำหรือตัวทำละลายอินทรีย์ ที่ละลายน้ำได้ (watermiscible organic solvent) เช่น เอธิลแอลกอฮอล์ ที่เติมโซเดียมซัลไฟต์ เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงสี จากนั้นทำการแยกอนุภาคแป้งบุกออกจากสารไม่บริสุทธิ์ โดยการร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 100-120 เมช* และทำซ้ำอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นทำการล้างแป้งบุกด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ จนได้แป้งบุกที่มีสีค่อนข้างขาว หรือถ้าเป็นการผลิตในระดับอุตสาหกรรม จะมีการใช้เครื่องมือบางอย่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ได้แก่ hammer mill , centrifugal setting machine polisher และ differential specific gravity setting tank จะมีระบบนำแอลกอฮอล์กลับมาใช้ใหม่ได้อีก จากนั้นจึงนำไปทำการอบแห้ง โดยใช้อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง หรือจนกว่าแป้งบุกจะมีลักษณะที่แห้ง แผนภาพกระบวนการผลิตสรุปได้ดังภาพที่ 2

(* เมช หน่วยบอกขนาด หมายถึง จำนวนรูใน 1 ตารางนิ้ว)

วิธีนี้ยังไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพต่ำและคุณภาพไม่สม่ำเสมอกัน ซึ่งอาจเกิดจากการที่สารไม่บริสุทธิ์ติดที่ผิวของอนุภาคแป้งบุกเป็นปริมาณมาก เป็นเหตุให้คุณสมบัติการรวมตัวกับน้ำ (hydrophilic) ของแป้งบุกลดลง จึงทำให้แป้งบุกที่ผลิตได้มีคุณภาพไม่ดี แต่การผลิตวิธีนี้มีข้อดีกว่าการผลิตแบบแห้ง คือปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้สูงกว่า และเวลาที่ใช้ในการผลิตสั้นกว่า(บุปผา เดชะภัทรพร, 2535 : 15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตแป้งบุกแบบเปียก(wet method)

ที่มา : บุปผา เดชะภัทรพร, 2535 : 21-22

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของการผลิตแป้งบุกแบบแห้งและการผลิตแป้งบุกแบบเปียก

คุณสมบัติ	การผลิตแป้งบุกแบบแห้ง	การผลิตแป้งบุกแบบเปียก
ลักษณะผงบุก	แห้งและแข็งกระด้าง	เป็นผง เม็ดร่วน กรอบ
การปนเปื้อนของสาร	มีการปนเปื้อนมาก	มีการปนเปื้อนอยู่มาก
ผลผลิตของแป้งบุก	ต่ำ	สูง
คุณสมบัติการรวมตัวกับน้ำ	รวมตัวกับน้ำได้	รวมตัวกับน้ำได้น้อย
อนุภาคของแป้ง	40 เมช (425 ไมครอน)	60 เมช (250 ไมครอน)
สีของแป้ง	สีน้ำตาล	สีขาว

ที่มา : บุปผา เดชะภัทรพร, 2535 : 13

การผลิตแป้งบุกแบบปรับปรุง(improved wet method)

วิธีนี้จะได้แป้งบุกที่มีคุณภาพดี สม่ำเสมอ และปริมาณสูง วิธีการผลิตแบบปรับปรุงนี้ เป็นการปรับปรุงข้อเสียของวิธีการผลิตแป้งบุกแบบแห้งและแบบเปียก ซึ่งมี 2 วิธี คือ

- กระบวนการที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้เป็นของเหลวตัวกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้จะต้องละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ เช่น methanol, ethanol, propanal, acetone, 5% ethyl acetate, modified ethanol, N-N dimethyl formamide และ ethylene glycol dimethyl ether เป็นต้น ในกระบวนกำจัดสารไม่บริสุทธิ์ออกจากอนุภาคแป้งบุกจะทำได้ง่ายกว่า การใช้น้ำเป็นของเหลวตัวกลาง แป้งบุกไม่มีการพองตัว มีลักษณะเป็นแป้งเปียก ขั้นตอนการแยกแป้งบุก ไม่ต้องทำในเวลาอันรวดเร็ว และนอกจากนั้นยังพบว่า กระบวนการนี้ทำให้แป้งบุกที่ผลิตได้มีคุณสมบัติการรวมตัวกับน้ำเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีการเติมสารฟอกสี (bleaching agent) เช่น เกลือซัลฟิวรัสของโซเดียม หรือโปแตสเซียม กรดไฮโปซัลฟิวรัสลงไปในตัวกลางที่เป็นของเหลว ประมาณ 100-200 ppm พบว่าสารฟอกสีเหล่านี้จะไม่มีคุณสมบัติรวมตัวกับน้ำ

-กระบวนการผลิตแป้งบุกโดยใช้น้ำเป็นของเหลวตัวกลาง

กระบวนการผลิตโดยวิธีนี้ เริ่มจากหัวบุกถูกบด เพื่อแยกอนุภาคในน้ำ เกิดเป็นของเหลวข้นและถูกส่งเข้าเครื่องแยก เครื่องแยกจะทำการแยกสารไม่บริสุทธิ์ ซึ่งส่วนใหญ่ถูกกำจัดออกไป ส่วนของเหลวข้นที่แยกได้จะมีปริมาณของแข็ง 20 เปอร์เซ็นต์ ถูกส่งไปยังถังผสม ซึ่งจะผสมของเหลวข้นกับสารที่ใช้ขัดผิวอนุภาค ซึ่งในกระบวนการนี้ใช้สารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 เป็นสารขัดผิวอนุภาคและจากนั้นของเหลวข้นจะถูกส่งเข้าไปยังเครื่องวัด และถูกส่งเข้าไปยังเครื่องแยกตัวที่ 2 จากนั้นถูกส่งไปยังเครื่องทำแห้ง แป้งบุกที่ได้จะมีความชื้นประมาณร้อยละ 10

ในหนังสือบางตำรามีการแบ่งวิธีการผลิตแป้งบุกแค่ 2วิธีแรกแต่ในบางเล่มในกระบวนการผลิตข้อ 3 อาจจะเป็นกระบวนการผลิตกลูโคแมนแนนชนิดบริสุทธิ์แทนการผลิตแป้งบุกแบบปรับปรุง ซึ่งมีการผลิตดังนี้

วัตถุประสงค์ของการผลิตกลูโคแมนแนนชนิดบริสุทธิ์ หรือคอนยัคแมนแนน (Konjac mannan) หรือกลูโคแมนแนน เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านการแพทย์ ซึ่งมีการทดลองยืนยันว่ากลูโคแมนแนนที่บริสุทธิ์นั้น เป็นตัวที่ทำให้ระดับโคเลสเตอรอล (cholesterol) ในเลือดและความดันโลหิตลดลง(บุปผา เดชะภัทรพร, 2535 : 27)การศึกษากระบวนทำแป้งบุกให้บริสุทธิ์โดยนำแป้งบุก 10 กรัม ไปทำการสกัดด้วยสารละลายเอธิลแอลกอฮอล์ 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 3 ครั้ง จากนั้นล้างซ้ำด้วยสารละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ จะนำไปกรองและอบแห้งที่อุณหภูมิประมาณ 80-90 องศาเซลเซียส จะได้บุกที่มีน้ำหนักเหลือประมาณ 4.1 กรัม นำผงบุกไปละลายน้ำในอัตราส่วน 1 กรัม ต่อน้ำ 100-200 มิลลิลิตร ในขั้นตอนนี้ส่วนประกอบที่เป็นสารที่ละลายน้ำได้ เช่น กลูโคแมนแนน สารบริสุทธิ์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำ และเกลืออนินทรีย์ จะละลายอยู่ในน้ำ ส่วนสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ เช่น สตาร์ช(starch) หรือพวกเส้นใยต่าง ๆ จะลอยอยู่ในน้ำและถูกกำจัดออกไปโดยการกรองหรือการเหวี่ยง (centrifuge) หลังจากทำการแยกสารที่ไม่ละลายน้ำออกไปแล้วนำสารละลายส่วนใสไปทำการแยกสารที่ไม่บริสุทธิ์ที่ละลายน้ำได้ และสารอนินทรีย์ออกโดยใช้เยื่อเมมเบรน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(dialysis) ซึ่งจะใช้ถุงเซลโลโฟน หรือเซลลูโลสเมมเบรน ทำการแยกในน้ำกลั่นประมาณ 24-28 ชั่วโมง และเมื่อครบกำหนดเวลาสารละลายที่ได้จากการแยกด้วยเยื่อเมมเบรน จะนำมาทำให้แห้ง โดยใช้เครื่องระเหิดด้วยความเย็น (lyopillzed or freeze-drying) ภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 ชั่วโมง ในที่สุดจะได้ผงบุกที่บริสุทธิ์ (Konjac mannan) มีลักษณะสีขาวเหมือนฝ้าย เบาและพองน้ำได้ กระบวนการผลิตดังกล่าวสรุปได้ดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 กระบวนการผลิตกลูโคแมนแนนชนิดบริสุทธิ์(Konjac mannan of glucomannan)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3 (ต่อ) กระบวนการผลิตกลูโคแมนแนนชนิดบริสุทธิ์ (Konjac mannan of glucomannan)

ที่มา : บุปผา เดชะภัทรพร, 2535 : 27

3. สมบัติบางประการของแป้งบุก

แป้งบุกจะมีสมบัติหลาย ๆ ด้านด้วยกัน เช่น เป็นสารให้ความข้นหนืด สามารถเกิดเจลได้ หรือใช้เป็นสารให้ความคงตัวหรือสารอิมัลชั่น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการเลือกใช้และลักษณะของผลิตภัณฑ์ สมบัติบางประการที่น่าสนใจ ได้แก่

3.1 ความข้นหนืด (water thickening)

เมื่อนำแป้งบุกมาละลายน้ำอนุภาคของแป้งบุกจะดูดซับน้ำเอาไว้ แล้วเกิดการพองตัว ทำให้ได้สารที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น ลักษณะโซล (sol) ของแป้งบุกจะเป็นแบบซูโดพลาสติก (pseudoplastic) อัตราการดูดซับน้ำ (hydration) จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลา โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจะมีผลทำให้อัตราการดูดซับน้ำเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นการเพิ่มอัตราแรงเฉือนก็มีผลทำให้อัตราการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นด้วย

3.2 การเกิดเจล (gel formation)

การเกิดเจลของแป้งบุก เป็นเรื่องที่น่าสนใจ โดยทั่วไปแล้วเจลที่ได้จากโพลีแซคคาไรด์อื่น ๆ เมื่อนำมาให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิหนึ่ง ๆ เจลจะแตกหรือเกิดการแตกตัวของโครงสร้างตาข่ายโพลิเมอร์ (polymer network) ทำให้มีการสูญเสียความเป็นเจลไป ในสภาวะที่มีด่างอ่อนๆ เช่น โปแตสเซียมคาร์บอเนต แป้งบุกจะให้เจลที่ทนต่อความร้อน (thermal stability) ความแข็งแรงมาก และยังมีความคงตัวสูง แม้นำไปต้มน้ำเดือด การให้ความร้อนซ้ำแก่เจล มีส่วนทำให้เจลมีความแข็งแรงและเสถียรภาพเพิ่มขึ้น การเกิดเจลของแป้งบุกสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

-การใช้ด่างในการเกิดเจล

สารละลายด่างที่นิยมใช้ได้แก่ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และโปแตสเซียมคาร์บอเนต เจลที่ได้เป็นชนิดไม่ผันกลับด้วยความร้อน (thermal irrevesible gel) แต่การใช้สารละลายด่างในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดเจลนั้นทำให้เกิดปัญหาบางประการ เช่น เจลที่ได้มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูง มีกลิ่นด่างตกค้าง เกิดการสูญเสียน้ำได้ง่าย และขั้นตอนการเตรียมเจลค่อนข้างยากต้องอาศัยผู้ชำนาญพิเศษในการผสม นวด และขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

-การใช้ไฮโดรคอลลอยด์เพื่อช่วยในการเกิดเจล

1. การเกิดเจลเมื่อใช่ร่วมกับ K-คาร์ราจีแนน การนำ K-คาร์ราจีแนน มาผสมกับแป้งบุก ทำให้เกิดเป็นเจลได้ โดยเจลที่ได้จะมีความยืดหยุ่น และผันกลับได้ด้วยความร้อน (thermal reversible gel) อัตราส่วนของปริมาณการใช้แป้งบุกร่วมกับ K-คาร์ราจีแนน และกลูโคแมนแนน ที่ทำให้เจลมีความแข็งแรงสูง อยู่ในช่วง 70 : 30 ถึง 50 : 50

2. การเกิดเจลเมื่อใช้ร่วมกับแซนแทนกัม (xanthan gum) การใช้แป้งบุกร่วมกับแซนแทนกัมจะทำให้เกิดเจลได้ เจลที่ได้เป็นเจลที่ไม่ผันกลับได้ด้วยความร้อน มีความยืดหยุ่น และมีความแข็งแรงของเจล จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างกลูโคแมนแนนและแซนแทนกัมที่ใช้ โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมเป็น 60 : 40 ถึง 50:50

-การเกิดฟิล์ม (film formation)

เมื่อสารละลายแป้งบุกเกิดการสูญเสียน้ำหรือนำไปทำให้แห้ง จะได้ฟิล์มที่มีลักษณะเหนียว (tough film) ซึ่งฟิล์มที่เกิดขึ้นนี้มีเสถียรภาพทั้งในน้ำร้อน น้ำเย็น หรือในระบบที่เป็นกรดและด่างได้ดี และฟิล์มจะมีความคงตัวสูง แม้จะนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลาหลายชั่วโมงก็ตาม

ฟิล์มจากแป้งบุกจะมีลักษณะอ่อน (suppleness) และสามารถทำได้ทั้งฟิล์มในลักษณะโปร่งใส โปร่งแสง และทึบแสง การเพิ่มปริมาณสาร humectant เช่น กลีเซอรีน มีผลทำให้ค่า film strenght ลดลง แต่กลับมีผลทำให้ค่าลักษณะอ่อนของฟิล์มเพิ่มขึ้น การแพร่ผ่านของน้ำ (water permeability) ในฟิล์มชนิดนี้ขึ้นกับสารที่เติมลงไปว่าจะเป็นแบบ hydrophilic หรือ hydrophobic material โดยอัตราการแพร่ผ่านของน้ำในฟิล์มจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ hydrophilic substance เช่น กลีเซอรีน และจะมีค่าการแพร่ผ่านของน้ำลดลงเมื่อใช้ hydrophobic substance เช่น น้ำมันข้าวโพด

-ความหนืด (viscosity)

เมื่อใช้แป้งบุกร่วมกับกัมชนิดอื่น ๆ และสารให้ความคงตัว สามารถเพิ่มความหนืดของผลิตภัณฑ์ โดยไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นรส แป้งบุกมีผลทำให้ความหนืดของแป้งหรือไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ร่วมด้วยที่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก รักษาความหนืดของระบบให้คงที่ทั้งในกระบวนการให้ความร้อนและการทำให้เย็น เช่นการใช้แป้งบุกร่วมกับ modified waxy maize starch หรือใช้แป้งบุกร่วมกับแป้งข้าวโพด (corn starch) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งบุก คือขาวเหมือนปุยฝ้าย เบา เมื่อละลายน้ำจะให้สารละลายใส โปร่งแสงมีความหนืด มีความสามารถในการเกิดเจลได้ เมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟาเรด แอบซอร์บชั่น พบว่าแป้งบุกที่บริสุทธิ์มีค่าในการดูดซับแสงอินฟาเรดที่ 890 และ 870 μm

(บุปผา เดชะภัทรพร , 2535 : 28-36) ได้ทำการสรุปคุณสมบัติของแป้งบุกที่บริสุทธิ์เปรียบเทียบกับแป้งบุกก่อนการนำไปทำให้บริสุทธิ์ ดังตารางที่ 3 และได้สรุปลักษณะทางกายภาพผงบุกที่ผลิตในประเทศไทย ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 คุณสมบัติที่ดีของแป้งบุกที่บริสุทธิ์ เปรียบเทียบกับแป้งบุกก่อนนำไปทำให้บริสุทธิ์

คุณสมบัติ	แป้งบุกบริสุทธิ์	แป้งบุกเริ่มต้น
ความสามารถในการละลายน้ำ	ละลายได้	ละลายได้
ความสามารถในการเกิดเจล	ยังคงมีอยู่	ยังคงมีอยู่
ความสามารถในการละลายใน NaOH 2%	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย
ความสามารถในการรีดิวส์	ไม่พบ	พบ
เมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายในไอโอดีน	ไม่เกิดปฏิกิริยา	เกิดปฏิกิริยา

ที่มา : บุปผา เดชะภัทรพร, 2535 : 28-34

ตารางที่ 4 ลักษณะทางกายภาพผงบุกที่ผลิตในประเทศไทย

ผงบุกขนาด 70-80 mesh (K.P.3)	ผงบุกขนาด 90-100 mesh (K.P.4)
-มีความเหนียว (viscosity) สูงไม่น้อยกว่า 25,000 c.p.s.	-มีความเหนียว (viscosity) สูงไม่น้อยกว่า 25,000 c.p.s.
-มีปริมาณกำมะถันเจือปนอยู่ไม่เกิน 500 ppm ซึ่งจะไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค	-มีปริมาณกำมะถันเจือปนอยู่ไม่เกิน 500 ppm ซึ่งจะไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค
-มีปริมาณแป้งเจือปนอยู่ไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์ต่อกรัม	-มีปริมาณแป้งเจือปนอยู่ไม่เกิน 0.15 เปอร์เซ็นต์ต่อกรัม
-มีความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์	-มีความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์
-เหมาะที่จะใช้ผสมกับอาหาร,บรรจุแคปซูล	-เหมาะที่จะใช้ทำผงชงดื่ม,ผสมอาหารที่ต้องการการพองตัวที่รวดเร็ว
-จะมีการพองตัวที่ช้ากว่า K.P.4 และ5 แต่จะคงสภาพความเป็นวุ้นได้นานกว่า	-จะมีการพองตัวเร็วกว่า K.P.3

ที่มา : บุปผา เดชะภัทรพร, 2535 : 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. องค์ประกอบทางเคมีของแป้งบุก

องค์ประกอบทางเคมีของบุก ทั้งที่เป็นหัวบุก หรือแป้งบุก จะมีองค์ประกอบทางเคมีด้านต่าง ๆ คือ โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต ความชื้น ซึ่งในหัวบุกที่อายุอ่อนจะมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบในปริมาณที่สูงถึง 19 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อหัวบุกมีอายุมากขึ้นปริมาณโปรตีนในหัวลดจะน้อยลง คือ ในบุกที่มีอายุตั้งแต่ 2 ปีขึ้นไปปริมาณโปรตีนจะมีอยู่ 8 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะเพิ่มมากขึ้น คือจะมีปริมาณมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำหัวบุกที่มีอายุมากกว่า 2 ปีมาทำการสกัดเป็นแป้งบุกด้วยวิธีการสกัดแบบเปียกและการสกัดแบบแห้งปรากฏว่า แป้งบุกที่ได้ทั้ง 2 วิธี มีองค์ประกอบทางเคมี (โดยน้ำหนักแห้ง)ไม่แตกต่างกัน คือ ปริมาณโปรตีน 3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมันน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเส้นใยประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้าประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าองค์ประกอบทางเคมีของหัวบุกสดกับผงบุกจะพบว่าปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้าลดลง เนื่องจากสารที่มีในหัวบุกที่ผ่านการสกัดจัดเป็นสารไม่บริสุทธิ์ในหัวบุกซึ่งจะถูกกำจัดออกไปในระหว่างกระบวนการผลิตผงบุก องค์ประกอบทางเคมีด้านโปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้าจึงมีค่าลดลง แต่ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นปริมาณกลูโคแมนแนนในบุกที่บริสุทธิ์ โดยแสดงในตารางที่ 5 (บุปผา เดชะภัทรพร,2535 : 63) และได้พบว่าองค์ประกอบหลัก ซึ่งเป็นสารสำคัญในพืชตระกูลบุก คือ กลูโคแมนแนน (glucomannan) ซึ่งจัดเป็นโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides) ที่มีขนาดโมเลกุลขนาดใหญ่ที่ประกอบด้วยน้ำตาล 2 ชนิด คือ ดีกลูโคส (D-glucose) และดี-แมนโนส (D-mannose) เป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในรูปของใยอาหาร (dietary fiber) (วัฒนา วิริวุฒิกร,2540 : 44, เสาวภา บูรณวัฒนาโชค,2540 : 3) และก่อตัวเป็นเส้นใยเป็นสารสำคัญชนิดหนึ่งต่างจากสตาร์ชที่สะสมในเมล็ดธัญพืชหรือพืชหัวอื่น ๆ โดยสตาร์ชของพืชเหล่านี้เป็นสารประเภทอะมิโลสและอะมิโลเพกติน ที่โครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส แต่กลูโคแมนแนนเป็นโครงสร้างที่ต่อเนื่องของน้ำตาลกลูโคสและแมนโนส ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษ เมื่อถูกน้ำจะพองตัวได้ 20-30 เท่า แป้งกลูโคแมนแนนที่สะอาดบริสุทธิ์จะมีสีขาวไม่มีกลิ่น เมื่อผสมกับน้ำจะขยายตัว มีลักษณะเป็นวุ้น เมื่อบริโภคแล้วจะต้องดื่มน้ำตามมาก ๆ เพื่อให้กลูโคแมนแนนที่บริโภคไปนั้นเกิดการพองตัวหรือขยายตัว ทำให้เมื่อรับประทานอาหาร ลงไปแล้วจะรู้สึกอิ่ม ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและรูปร่างให้สมส่วน และลดปริมาณโคเลสเตอรอล ลดปริมาณไขมันเพื่อรักษาสุขภาพให้อยู่ในระดับดีตลอดไป (เสาวภา บูรณวัฒนาโชค, 2540 : 3 ,อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ, 2540 : 37)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีหัวบุกสดและแป้งบุก

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักแห้ง)					
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เส้นใย	เถ้า	คาร์โบ-ไฮเดรต
บุกสด[1]	77.67	19.00	1.99	7.62	17.08	54.65
แป้งบุกตากแดด[2]	12.82	3.13	0.39	2.44	1.93	92.11
แป้งบุกอบแห้ง[2]	10.98	3.28	0.37	2.37	1.66	92.31
แป้งบุกสกัดด้วยเอทานอล 50%	10.02	2.85	0.32	2.57	1.57	92.67
แป้งบุกสกัดด้วยเอทานอล 95%[2]	9.87	2.30	0.27	2.99	1.47	92.97

หมายเหตุ [1] หัวบุกสดอายุประมาณ 1 ปี

[2] แป้งบุกที่ได้จากหัวบุกสดอายุประมาณ 2 ปี

ที่มา : บุปผา เดชะภัทรพร, 2535 : 64

จากการหาค่าองค์ประกอบทางเคมีของหัวบุกสดและแป้งที่สกัดได้พบว่าในหัวบุกที่มีอายุประมาณ 1ปี นั้นจะมีความชื้น 77.67 เปอร์เซ็นต์ และองค์ประกอบอื่น (โดยน้ำหนักแห้ง) ได้แก่ โปรตีน 19 เปอร์เซ็นต์ ,ไขมัน 1.99 เปอร์เซ็นต์ , เส้นใย 7.62 เปอร์เซ็นต์ , เถ้า 17.08 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในหัวบุกที่มีอายุตั้งแต่ 2 ปีขึ้นไป และแป้งบุกที่สกัดจากบุกสดที่มีอายุมากกว่า 2 ปี พบว่าองค์ประกอบทางเคมี (โดยน้ำหนักแห้ง) ดังนี้ คือ โปรตีนประมาณ3.00 เปอร์เซ็นต์ , เถ้าประมาณ 2.00 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากกว่า 8.00 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

49829

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของหัวบุก

องค์ประกอบของบุก	ชนิดและประเภทของบุก				
	บุกบ้าน (จังหวัดนครราชสีมา)	บุกป่าชนิดก้าน ใบมีหนาม A.campannulat us. Bl.ex.	บุกป่าชนิดก้าน ใบไม่มีหนาม	บุกสดอายุ 1 ปี(โดยน้ำหนักแห้ง)	บุกสดอายุ 2 ปี(โดยน้ำหนักแห้ง)
ความชื้น	-	-	85.0-87.9%	77.67%	-
โปรตีน	5-6%	1.2-5.1%	2.5-3.4%	19.00%	3.00%
ไขมัน	-	0.4-2.1%	0.36-0.58%	1.99%	น้อยกว่า 1.00%
เส้นใย	-	-	4-7%	7.62%	3.00%
เถ้า	-	-	-	17.08%	2.00%
คาร์โบไฮเดรต	-	-	-	54.65%	มากกว่า 8.00%
แป้ง					
แคลเซียม	67%	18-18.4	2.7-3.3%	-	-
ฟอสฟอรัส	-	50mg/100g	-	-	-
เหล็ก	-	20mg	-	-	-
วิตามินเอ	-	0.6mg	-	-	-
ไทอามีน	-	432 ไอ.ยู	-	-	-
วิตามินบี 2	-	60mg	-	-	-
สารแมน-แนน	-	75mg	-	-	-
	-	9%	-	-	-

ที่มา : บุปผา เดชะภัทรพร, 2535 : 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 คุณค่าอาหาร(nutrition labelling) ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มบุกผงสำเร็จรูป

ปริมาณโภชนาการของเครื่องดื่มบุกผงกลิ่นมะนาว, ส้ม, สตรอเบอรี่ และสับปะรด ต่อ 100 %

	มะนาว		ส้ม		สตรอเบอรี่		สับปะรด	
ความชื้น	2.24	G	2.43	G	2.70	G	2.74	G
โปรตีน	0.58	G	0.40	G	0.47	G	0.36	G
ไขมันทั้งหมด	1.05	G	1.34	G	0.69	G	0.92	G
เส้นใยที่ย่อยได้ทั้งหมด	16.80	G	16.29	G	18.69	G	19.18	G
เถ้า	2.48	G	1.08	G	1.15	G	2.79	G
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	93.65	G	94.75	G	97.99	G	93.19	G
แคลอรี่	386.37	G	392.66	G	388.05	G	382.48	G
น้ำตาลทั้งหมด	59.96	G	74.61	G	75.95	G	81.43	G
องค์ประกอบของไขมัน								
ไขมันอิ่มตัว	0.20	G	0.27	G	0.09	G	0.10	G
โคเลสเตอรอล	0.0	G	0.0	G	0.0	G	0.0	G
โซเดียม	580.03	MG	112.78	MG	118.40	MG	709.27	MG
วิตามินเอ	26.61	IU[1]	14.67	IU	8.77	IU	18.60	IU
วิตามินซี	0.0	MG	0.0	MG	0.0	MG	0.0	MG
แคลเซียม	19.67	MG	17.97	MG	19.93	MG	17.79	MG
ธาตุเหล็ก	3.21	MG	2.13	MG	2.15	MG	2.34	MG

[1] International units

ที่มา : บุปผา เดชะภัทรพร, 2535 : 73

1.4 โครงสร้างของกลูโคแมนแนนในแป้งบุก

การศึกษาโครงสร้างทางเคมีของกลูโคแมนแนนจากแป้งบุกโดยการใช้กรดซัลฟิวริกและเอนไซม์ amylase ย่อยแป้งบุก และโดยการใช้เอนไซม์ เซลลูเลสย่อยแป้งบุก แล้วนำไปทำการแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วน โดยสรุปว่า กลูโคแมนแนนในแป้งบุกนั้นมีหน่วยต่อเนื่องของโมเลกุลน้ำตาล (repeating unit) 2 แบบ คือ

กลูโคแมนแนน A ; -G-G-M-M-M-M-G-M

กลูโคแมนแนน B ; -G-G-M-G-M-M-M-M

เมื่อ G แทนหน่วยของน้ำตาล ดี-กลูโคส

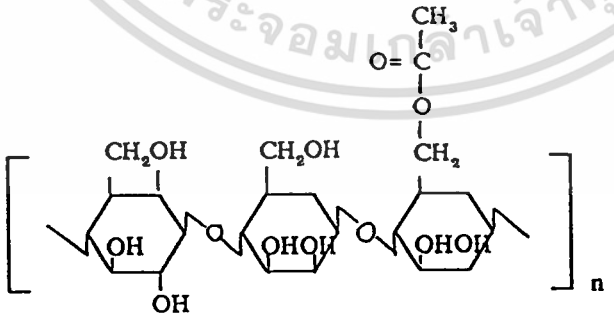
M แทนหน่วยของน้ำตาล ดี-แมนโนส

- แทนพันธะ บีตา 1,4 ไกลโคซิดิก

และพบว่าในกลูโคแมนแนน A มีหน่วยต่อเนื่องของโมเลกุลน้ำตาล ดี-แมนโนส 10-13 หน่วย และกลูโคแมนแนน B มีหน่วยต่อเนื่องของโมเลกุลน้ำตาล ดี-แมนโนส 38-40 หน่วย และยังพบว่ากลูโคแมนแนนทั้งสองชนิดมีส่วนประกอบบางช่วงของโครงสร้างเป็นน้ำตาลแลกโตส แต่มีน้อยกว่าน้ำตาลแมนโนส (เสาวภา บูรณวัฒนาโชค, 2540 : 4-5 , บุปผา เดชะภัทรพร, 2535 : 17-18)

การศึกษาโครงสร้างกลูโคแมนแนนจากแป้งบุก โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีเมทิเลชั่น (methylation analysis) ซึ่งพบว่ากลูโคแมนแนนมีโครงสร้างแตกแขนงที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของน้ำตาลแมนโนส และน้ำตาลกลูโคส (เสาวภา บูรณวัฒนาโชค, 2540 : 4-5)

กลูโคแมนแนนประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนสและน้ำตาลกลูโคส ในอัตราส่วนโมลน้ำตาลแมนโนสต่อกลูโคส 3 :2 เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ บีตา 1,4 ในโมเลกุลเส้นตรงของกลูโคแมนแนนนี้มีกลุ่ม Acetyl กระจายอยู่อย่างไม่มีแบบแผน โดยปกติจะพบกลุ่ม Acetyl 1 กลุ่มต่อน้ำตาลกลูโคสและแมนโนส 19 หน่วย โครงสร้างนี้แสดงดังภาพที่ 4



<u>ภาพที่ 4</u> โครงสร้างบางส่วนของกลูโคแมนแนนในแป้งบุก

ที่มา : เสาวภา บูรณวัฒนาโชค, 2540 : 5 , บุปผา เดชะภัทรพร, 2535 :18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ความสำคัญทางอุตสาหกรรมของบุก

ชาวญี่ปุ่นและจีนได้แปรรูปอาหารจากหัวบุกบางชนิดให้มีลักษณะคล้ายวุ้น แล้วบริโภคมาแต่โบราณ โดยชาวญี่ปุ่นเชื่อว่าจะช่วยให้สุขภาพดีมีอายุยืนเมื่อวิทยาการก้าวหน้าขึ้นจึงได้ ค้นพบว่าหัวบุกนั้นมีสารสำคัญ ที่มีโครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสและแมนโนส มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า กลูโคแมนแนน เป็นสารใยอาหารธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นวุ้น ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกับวุ้นที่ได้จากพืชชนิดอื่น คือ มีความสามารถด้านการพองตัวในน้ำได้ที่อุณหภูมิห้อง แต่มีข้อเสียเปรียบ คือ การคงตัวอยู่ไม่นานเท่ากับวุ้นชนิดอื่น เช่นวุ้นที่ได้จากเมล็ดธัญพืชหรือวุ้นกาแลกโตแมนแนน ที่ได้จากสาหร่ายทะเล นอกจากนี้วุ้นกลูโคแมนแนน ยังมีผลในทางการแพทย์ เป็นที่ยอมรับจากนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลก คือเป็นวุ้นที่ไม่เพิ่มพลังงาน และไม่ถูกย่อยโดยน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร จึงเป็นการเพิ่มของปริมาณเส้นใยอาหารรวมอยู่กับอาหารที่ร่างกายย่อยได้ โดยจะเป็นเมือกลื่นแทรกตัวอยู่โดยรอบ ขัดขวางการดูดซึมน้ำตาล โคเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ ที่จะเข้าสู่กระแสโลหิต ซึ่งจะมีผลในด้าน ป้องกัน บำบัดโรคที่สำคัญหลายชนิดในปัจจุบัน และเมือกลื่นของวุ้นกลูโคแมนแนน ยังสลายตัวเป็นน้ำช่วยในการระบายของเสีย สารพิษตกค้างในระบบย่อยอาหารออกจากร่างกายได้ดีขึ้นจากเหตุผลดังกล่าวนี้กลูโคแมนแนนที่ได้จากบุกจึงมีคุณค่ายิ่ง เป็นทั้งอาหาร ยา และอาหารเสริมสุขภาพ ซึ่งกำลังเป็นที่น่าสนใจ ฉะนั้นความต้องการผลผลิตบุกที่ให้สารชนิดนี้ในอนาคตจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ (มงคล เกษประเสริฐและอรนุช เกษประเสริฐ,2540 : 2)

1.6 การแปรรูปผลผลิตและผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรม

หัวบุกเนื้อทรายสามารถนำมาปรุงอาหารและแปรรูปผลผลิตในเชิงอุตสาหกรรมได้หลายระดับ คือ ตั้งแต่ระดับชาวบ้าน โดยชาวเงี้ยว ที่ อำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน จะนำหัวบุกมาปอกเปลือกหั่นเป็นชิ้น ต้มในน้ำขี้เถ้าจนสุก แล้วนำมานวดด้วยน้ำธรรมดา จนเหนียวไม่คัน แล้วจึงนำไปปรุงอาหาร ชาวกะเหรี่ยง ที่ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก จะนำหัวบุกมาปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นต้มในน้ำที่เติมมะขามเปียก หรือน้ำส้มสายชู จนสุกแล้วนำมาตำ หรือปั่นให้ละเอียด แล้วนำมานวดจนเป็นวุ้นเหนียวแล้วนำมาต้มกับน้ำปูนใสคนให้เข้ากัน ทั่วแล้วเทลงในแบบ จึงนำไปต้มหรือนึ่งให้สุก จะได้เป็นแท่งวุ้นคล้ายน้ำเต้าหู้ หรือแผ่นวุ้น นำมาตัดเป็นชิ้น ๆ คล้ายหมูสามชั้น ซึ่งมีวางขายในอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ในช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม ของทุกปี ชาวบ้านเรียกว่า “วาอุ” ตามภาษากะเหรี่ยง (มงคล เกษประเสริฐและอรนุช เกษประเสริฐ, 2540 : 14-15)

การแปรรูปทางอุตสาหกรรมสามารถทำได้โดยนำหัวบุกสดมาผ่านกระบวนการล้าง ขูดเอาเปลือกออกหรือปอกเปลือกแล้วหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ นำไปอบแห้งหรือผ่านกระบวนการทางเคมีป้องกันการเปลี่ยนสีของเนื้อบุก จากการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ และสารเคมีป้องกันการพอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวของกลูโคแมนแนนในเนื้อบุกเมื่อถูกน้ำ แล้วจึงนำไปอบจนแห้งที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส จะได้บุกแห้งที่ขาวกว่า ซึ่งเนื้อบุกแห้งนี้สามารถส่งจำหน่ายให้กับโรงงานที่เครื่องแยกผงกลูโคแมนแนนจากบุกแห้งได้ แต่ต้องทำความตกลงขั้นตอนการดำเนินงานให้แน่นอน เนื่องจากเคยมีปัญหาเกี่ยวกับเชื้อราในบุกแห้งที่เกิดจากการทำแห้ง หรือการเก็บรักษาบุกแห้งไม่ถูกวิธีก่อนส่งจำหน่าย จนในปัจจุบันโรงงานจะรับซื้อบุกสดแทนการซื้อบุกแห้ง จากเนื้อบุกแห้งนี้เมื่อได้แยกผงกลูโคแมนแนนแล้วจึงนำไปทำความสะอาด โดยล้างด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ 2 ครั้ง ก่อนผ่านกระบวนการทำแห้งอีกครั้ง ซึ่งบุกเนื้อทรายจะให้ผงกลูโคแมนแนนประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของบุกสด ซึ่งผงกลูโคแมนแนนที่สามารถส่งจำหน่ายไปยังโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์จากบุกได้อีกด้วย (มงคล เกษประเสริฐและอรนุช เกษประเสริฐ,2540 : 15)

ปัจจุบันโรงงานในประเทศไทยสามารถทำผลิตภัณฑ์หลายอย่างครบวงจร ทั้งจากหัวบุกสดและผงกลูโคแมนแนน จึงมีผลิตภัณฑ์อาหารบุกกึ่งสำเร็จรูปออกจำหน่ายในประเทศและต่างประเทศ เช่น เส้นวุ้นบรรจุในถุง แท่งวุ้น ผงชงดื่มบรรจุซองกลิ่นผลไม้ และกลูโคแมนแนนบรรจุแคปซูล นอกจากนี้ยังใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเป็นแหล่งใยอาหารในการทำผลิตภัณฑ์อีกหลายชนิด เช่น ไส้กรอก ลูกชิ้น เยลลี่ คุกกี้ พัฟ เป็นต้น (มงคล เกษประเสริฐและอรนุช เกษประเสริฐ,2540 :15)

1.7 การตลาดของบุกในประเทศไทย

ธุรกิจซื้อขายหัวบุกในประเทศไทยเริ่มขึ้นเมื่อประมาณ พ.ศ. 2526 มีบริษัทร่วมลงทุนของชาวไทยกับชาวต่างชาติ ทดลองปลูกและแปรรูปบุกป่าหลายชนิดอย่างไม่เปิดเผย จนใน พ.ศ. 2527 จึงได้ดำเนินธุรกิจรับซื้อบุกที่เก็บจากธรรมชาติจากภาคเหนืออย่างจริงจัง ทำให้ธุรกิจของบุกขยายตัวอย่างรวดเร็วในระยะเวลาเพียง 3-4 ปี โดยเพิ่มขึ้นจาก 750 ตัน ในพ.ศ. 2527 เป็น 2,850 ตัน ในพ.ศ. 2528 แล้วเพิ่มขึ้นมาอยู่ในระดับ 4,000 ตัน ในพ.ศ. 2529 และสูงสุดในพ.ศ. 2532 ประมาณ 5,000-6,000 ตัน ส่งผลกระทบต่อผลผลิตจากป่าลดลงอย่างรวดเร็วจนอยู่ในสภาวะขาดแคลน ในพ.ศ. 2534 หลายบริษัทต้องปิดกิจการ ปัจจุบันมีโรงงานรับซื้อหัวบุก เพื่อการแปรรูปทางอุตสาหกรรมอยู่ 2 โรงงาน คือ บริษัทสหชลผลพืช อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ซึ่งรับซื้อในราคาหน้าโรงงาน กิโลกรัมละ 4.50-5.50 บาท และบริษัท สยามคอนยัค อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งรับซื้อในราคาหน้าโรงงาน กิโลกรัมละ 3.00-4.00 บาท ช่วงรับซื้อตั้งแต่ปลายเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม ธุรกิจที่เกี่ยวข้องบุกขยายตัวมากขึ้นจึงมีการนำเข้าวัตถุดิบทั้งในรูปบุกแห้งและผงกลูโคแมนแนนจากต่างประเทศเพิ่มขึ้นเพื่อนำมาแปรรูปเป็นอาหารกึ่งสำเร็จรูป เช่น วุ้นเส้น และแท่งวุ้น ส่งจำหน่ายในตลาดญี่ปุ่นและอเมริกา หรือทำเป็นชิ้นและแผ่นแห้งส่งออกในรูปของอาหารสัตว์ นอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนี้ยังทำเป็นผลิตภัณฑ์หรือส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อีกหลายชนิด จำหน่ายกับผู้บริโภคในประเทศ

1.8 การใช้ประโยชน์จากแป้งบุก

1. การใช้เป็นอาหารโดยตรง

บุกเป็นพืชสมุนไพรและจัดเป็นอาหาร ได้มีการนำก้านใบอ่อน และหัวใต้ดินมาปรุงอาหาร ยอดอ่อนที่ใบยังไม่คลี่ นำมาต้มหรือผัด (หรรษา จักรพันธ์ ณ อยุธยา, 2527 : 42) หรือนำมาทำขนมแบบเดียวกับขนมกล้วย ส่วนหัวบุกนำมาต้ม ปิ้ง หรือนึ่ง แล้วนำมาทำแกงแบบต่าง ๆ ถ้าแก่จะมีลักษณะเหนียวนิยมใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ หัวบุกก่อนนำมาบริโภคจะต้องต้มด้วยน้ำเดือดก่อน ฉะนั้นจะคัน เนื่องจากมีผลึกของแคลเซียมออกซาเลตอยู่ (หรรษา จักรพันธ์ ณ อยุธยา,2527 : 45)

ชาวญี่ปุ่น เป็นกลุ่มผู้บริโภคที่รู้จักผลิตภัณฑ์โดยตรงจากแป้งบุกมานานแล้ว โดยนิยมนำแป้งมาผลิตให้อยู่ในรูป บุกเส้น (vermicilli) หรือบุกก้อน (gel) ซึ่งรู้จักกันดีในนามของ "Konyaku" ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวข้างต้นนิยมใช้ด่างเป็นตัวทำให้เกิดเจล ดังนั้นก่อนที่จะนำมารับประทานควรนำมาล้างด้วยน้ำสะอาดหลาย ๆ ครั้ง จนกระทั่งความเป็นด่างหมดไป แล้วจึงนำมาลวกด้วยน้ำเดือดอีกครั้ง สะเด็ดให้แห้งก่อนนำไปรับประทานหรือปรุงเป็นอาหารอื่นต่อไป และผลิตภัณฑ์จากบุกโดยมีการผลิตและวางจำหน่าย เช่น หมากฝรั่ง ขนมหวาน หรือก้อนซุป และเครื่องดื่มประเภทเส้นใย เป็นต้น (อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ,2538 : 238, เสาวภา บูรณวัฒนาโชค, 2540 : 12)

2. การใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

2.1 ผลิตภัณฑ์ประเภทแยมและเยลลี่

สมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของแป้งบุก คือ มีความข้นหนืดและสามารถเกิดเจลได้ เมื่อใช้ร่วมกับด่างหรือไฮโดรคอลลอยด์บางชนิด เช่น K-คาร์ราจีแนน หรือแซนแทนกัม ทำให้นักเทคโนโลยีการอาหาร นำแป้งบุกมาผลิตแยมและเยลลี่ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีความแข็งแรงของเจลแตกต่างกันไปตามวิธีการที่ใช้ โดยวิธีการแบบดั้งเดิมนิยมใช้ด่างเพื่อการเกิดเจล แต่อาจเกิดปัญหาบางประการ เช่น กลิ่นด่างตกค้าง กรรมวิธีการผลิตต้องอาศัยความชำนาญเป็นพิเศษ และลักษณะของเจลที่ได้บางครั้งไม่เป็นที่ต้องการ การนำแซนแทนกัมมาใช้ร่วมกับแป้งบุก ในการผลิตแยมและเยลลี่ ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ เนื่องจากสามารถลดปัญหาเรื่องด่าง ที่ผลิตเยลลี่ทั้งในลักษณะ gelatin type pectin type และได้มีการปรับปรุงกระบวนการผลิต Konjac jelly และสามารถนำมาใช้เติมใน processed marine food และ processed meat food เพื่อปรับปรุงกลิ่นรส รสชาติ ความอุ้มน้ำของผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภัณฑ์ รวมทั้งยังได้เติมลงในโด (dough) ของขนมปังและคุกกี้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นรส และลักษณะบางประการดีขึ้น (อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ,2538 : 240-241,เสาวภา บูรณวัฒนาโชค,2540 : 12)

2.2 ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ (processed meat products)

ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ เช่น ไส้กรอก แฮม หมูยอ มีทโลฟ และลูกชิ้น เป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมทานกันทั่วไปในกลุ่มผู้บริโภค แต่ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะให้ค่าพลังงานสูง มีปริมาณไขมันมากแต่มีปริมาณเส้นใยอาหาร(dietary fiber) อยู่น้อยมาก ซึ่งในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จะมีส่วนประกอบของไขมัน ในปริมาณที่สูงโดยไขมันที่เติมลงไปในผลิตภัณฑ์จะทำหน้าที่สำคัญในการเกิดอิมัลชั่นในผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะมีผลทำให้ได้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี มีความนุ่มเนื้อ (tenderness) มีความชุ่มฉ่ำ (juiciness) มีความยืดหยุ่น (springiness) และให้กลิ่นรสที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์ แต่การรับประทานในปริมาณมากและเป็นประจำ อาจก่อให้เกิดภาวะที่ร่างกายได้รับพลังงานมากเกินไป และเกิดการขาดแคลนเส้นใยอาหาร อันเป็นสาเหตุให้เกิดโรคบางอย่างได้ เช่น อาจก่อให้เกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคอ้วน ระดับโคเลสเตอรอลในเลือดสูง จึงได้มีการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์โดยเน้นถึงการใช้สารทดแทนสารที่ให้พลังงานสูงในผลิตภัณฑ์อาหาร สารกลุ่มนี้ ได้แก่ ไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolliod) หรือกัม (gum) ซึ่งสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืด (thickening agent) สารทำให้เกิดความคงตัว (stabilizing agent) จะช่วยทำให้เกิดเสถียรภาพของอิมัลชั่น (emulsion stability) ซึ่งสมบัติของสารเหล่านี้สามารถนำมาทดแทนสมบัติของไขมันได้ ซึ่งแป้งบุกมีสมบัติดังกล่าว อีกทั้งยังเป็นตัวช่วยเพิ่มเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์ เนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ ด้วย (อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ, 2540 : 37 , เสาวภา บูรณวัฒนาโชค,2540 : 15-16)

2.3 ผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ไม่เกิดเจล (ungelled processed food product)

แป้งบุกสามารถนำมาเป็นสารให้ความหนืด และสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ไม่เกิดเจล โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชั่น เช่น ไอศกรีม ,วิปปิ้งครีม , maringues cheese spread , cheese slice และ milk drink เป็นต้น การใช้แป้งบุกทดแทนคารอบกัม (carob gum) ในการผลิตไอศกรีม จะช่วยลดต้นทุนการผลิตได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากแป้งบุกมีราคาถูกกว่า และยังสามารถใช้ในปริมาณที่น้อยกว่าได้อีกด้วย ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ผลิตขึ้นได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้ โดยทั่วไปนิยมใช้แป้งบุกประมาณ 0.1-0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

ผลิตภัณฑ์ประเภท condiment เช่น mayonnaise cream spread ก็มีการใช้แป้งบุกเพื่อลดปริมาณไขมัน โดยการเตรียมสารละลายแป้งบุก ที่มีไขมันอยู่ 1-2 เปอร์เซ็นต์ เพื่อใช้เป็น fat-like system ในการทำ reduced-fat condiment (อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ, 2538 : 241)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากแป้ง

ผลิตภัณฑ์พาสต้า (pasta product) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเสถียรภาพการเก็บ (shelf stability) แตกต่างกันไปขึ้นกับกระบวนการให้ความร้อน ก่อนที่จะนำมาบริโภค ซึ่งบ่อยครั้งที่อาจเกิดปัญหา ในเรื่องเนื้อสัมผัสหรือเกิดลักษณะที่ไม่ต้องการ การใช้แป้งบุกร่วมกับแป้งสามารถช่วยเนื้อสัมผัสจะดีขึ้น และยังคงรักษาเนื้อสัมผัสทางปาก (mouth feel) ของผลิตภัณฑ์หลังจากผ่านการนำไปให้ความร้อนหลาย ๆ ครั้ง แป้งบุกยังถูกนำมาใช้ในการทำเส้นบะหมี่ ก๋วยเตี๋ยว ที่มีค่าพลังงานต่ำ (low-calorie noodle) ซึ่งเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จะมีค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์พอใช้ เนื่องจากการผลิตที่ภาวะด่าง มีผลทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้ มีกลิ่นตกค้างอย่างมาก และกำจัดออกได้ยาก (อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ,2538 : 241-242)

จากการทดลองใช้แป้งบุกในน้ำผลไม้พร้อมดื่ม เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภทสร้างเสริมสุขภาพ (functional food) โดยศึกษาถึงลักษณะปรากฏและความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ โดยแปรปริมาณแป้งบุกที่เติมลงในน้ำส้มและน้ำกระเจี๊ยบเข้มข้น 14 Brix เป็น 0.2 0.4 และ0.6 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสแบบ 9- piont hedonic scale (เสาวภา บูรณวัฒนาโชค,2540 : 11-12)

ผลการทดลองปรากฏว่า ปริมาณแป้งบุกที่เหมาะสมในน้ำผลไม้ทั้งสองชนิด เป็น 0.2 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่าระดับการใช้ปริมาณแป้งบุกที่ 0.4 และ 0.6 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญ ผู้ทดสอบชิมมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ไม่ชอบผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดมาก และจะรู้สึกถึงรสชาติที่ค้างอยู่ในลำคอ (aftertaste) เล็กน้อยหลังจากบริโภค และผู้บริโภคให้ข้อคิดเห็นว่าลักษณะที่ข้นหนืดของน้ำกระเจี๊ยบเพียงเล็กน้อย เพิ่มรสชาติและลักษณะปรากฏของน้ำกระเจี๊ยบไปในทางที่ดีกว่า เมื่อเทียบกับน้ำกระเจี๊ยบธรรมดา (อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ,2538 : 239-241 , เสาวภา บูรณวัฒนาโชค, 2540 : 11)

3. การใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์

จากการทดลองพบว่า แป้งบุกบริสุทธิ์มีประโยชน์ทางด้านการแพทย์ ในแป้งบุกจะประกอบด้วย กลูโคแมนแนน (glucomannan) ซึ่งประกอบด้วยเส้นใยอาหาร (dietary fiber) โดยการรับประทานแป้งบุกเป็นประจำในปริมาณ 0.1-1.0 กรัมต่อน้ำหนักตัวของผู้บริโภคหนึ่งกิโลกรัม จะมีผลช่วยลดระดับโคเลสเตอรอล ระดับไขมันในเส้นเลือด บำบัดอาการท้องผูกและยังสามารถใช้สำหรับผู้ที่เป็นโรคอ้วน หรือผู้ที่ต้องการลดน้ำหนักตัว โดยไม่มีผลข้างเคียงต่ออวัยวะอื่น ๆ ในร่างกาย เช่น กระเพาะอาหาร ตับ หรือไต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในประเทศญี่ปุ่นได้มีการผลิตแป้งบุกบริสุทธิ์บรรจุซอง (ซองละ 1.5 กรัม) ภายใต้ชื่อการค้าว่า Hi-MannanR สำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักตัว โดยรับประทานวันละ 1-3 ซอง ก่อนอาหารมื้อนั้น เมื่อรับประทานแป้งบุกจะดูดซับน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร เกิดการพองตัวทำให้ลดความอยากอาหาร และทำให้รู้สึกอิ่มโดยไม่ให้พลังงานต่อร่างกาย (เสาวภา บูรณวัฒนาโชค,2540 : 17)

การรับประทานแป้งบุกเป็นประจำนอกจากลดระดับโคเลสเตอรอล แล้วยังมีผลทำให้ระบบย่อยอาหารในร่างกายทำงานอย่างปกติ รวมทั้งกระบวนการไฮโดรไลซีส แป้งบุกจะทำให้ได้โอลิโกแซคคาไรด์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมักจะเป็นกลุ่มตั้งแต่ไดแซคคาไรด์จนถึงเฮกซะแซคคาไรด์ น้ำตาลกลุ่มดังกล่าวจะมีผลส่งเสริม ต่อการเจริญและกิจกรรมของ bifidobacteria ในลำไส้ (อดิศักดิ์ เอกโสวรรรณ,2538 : 242)

ประโยชน์ ของใยอาหารที่พบในกลูโคแมนแนนมีผลดีต่อสุขภาพมนุษย์ 4 ประการ คือ (เสาวภา บูรณวัฒนาโชค, 2540 : 17-34)

1. ใยอาหารมีผลป้องกันและรักษาโรคหัวใจที่เกี่ยวกับการตีบตันของเส้นโลหิต ลดความดันโลหิต ลดปริมาณไขมันและโคเลสเตอรอลในเส้นเลือด
2. ประโยชน์ในการรักษาโรคเบาหวาน ช่วยลดระดับน้ำตาลในเส้นเลือด และอินซูลิน
3. กลูโคแมนแนนมีผลบรรเทาอาการท้องผูกและลดการเกิดมะเร็งลำไส้ ช่วยขจัดสารพิษและก๊าซพิษออกจากร่างกาย ลดการเกิดโรคกระเพาะปัสสาวะอักเสบ
4. ใช้เป็นอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก หรือสำหรับผู้ที่เป็นโรคอ้วน
5. การใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ เช่น การทำโลชั่นบำรุงผิว เป็นต้น

4. การใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรม

1. อุตสาหกรรมทำกาว สีทนน้ำ
2. ใช้เป็น emulsifier ในอุตสาหกรรมหลาย ๆ อย่าง เพราะสารกลูโคแมนแนนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ในการละลายน้ำได้ดีขึ้น
3. ใช้เป็นเจล Gel-filtrating agent
4. ใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น เครื่องสำอาง เป็นต้น
5. ใช้ในอุตสาหกรรมทำปุ๋ย

2. พอลิเมอร์ในธรรมชาติ

2.1 Polysaccharides

1. แป้ง (starch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

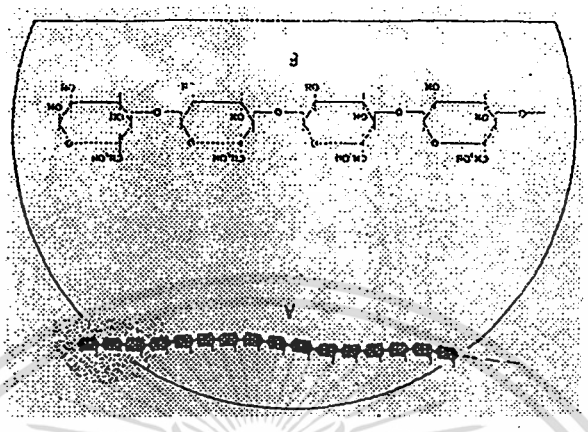
แป้งจะถูกสังเคราะห์โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและเก็บไว้ใน พืชในรูปของเม็ดแป้ง ซึ่งจะมีหลายขนาด ตั้งแต่ 2-50 μm ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช มีสูตรโครงสร้างทั่วไปว่า $(C_6H_{12}O_6)_n$ ประกอบด้วยพอลิเมอร์ 2 ชนิด คือ

- อะมิโลส (แสดงโครงสร้างดังภาพที่ 5) จะประกอบด้วยหน่วยของน้ำตาลกลูโคสมาต่อกันด้วยพันธะ α-D(1,4) glycosidic linkage ประมาณ 200-2,000 หน่วย เป็นพอลิเมอร์สายตรงมีน้ำหนักโมเลกุล $1x10^5$ ถึง $2x10^6$

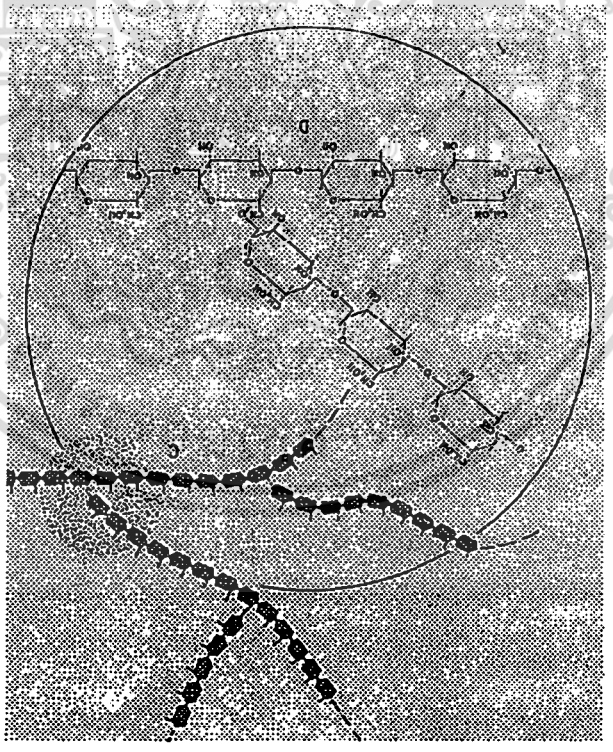
- อะมิโลเพกติน (แสดงโครงสร้างดังภาพที่ 5 และ 6) มีโครงสร้างแบบกิ่ง ประกอบด้วยหน่วยของน้ำตาลกลูโคส มาต่อกันเป็นโซ่แขนงที่ทุก ๆ 20-30 หน่วยของพันธะ α-D (1,4) glycosidic linkage ด้วยพันธะ α-D(1,6) glycosidic linkage มีน้ำหนักโมเลกุล $4x10^7$ ถึง $4x10^8$

อัตราส่วนของพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดที่ประกอบอยู่ในแป้งจะแตกต่างขึ้นอยู่กับพันธุ์ของพืช ตัวอย่างเช่น แป้งข้าวโพดมีอะมิโลส 30 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แป้งมันสำปะหลังมีอะมิโลส 17 เปอร์เซ็นต์ และมีอะมิโลเพกตินประมาณ 83 เปอร์เซ็นต์ แป้งมีความเหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุย่อยสลาย เนื่องจากมีราคาถูก หาได้ง่ายจากเกษตรกรรม และมีความสามารถในการทนความร้อนสูงจากเครื่องมือได้ แต่การใช้แป้งยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับอิทธิพลของน้ำในกระบวนการผลิตและความคงทนของผลิตภัณฑ์หลังการผลิต เนื่องจากปริมาณน้ำที่เปลี่ยนแปลงและคุณสมบัติ hydrophilic ของพอลิเมอร์ ปริมาณความชื้นในแป้งจะขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ เมื่ออยู่ในน้ำเม็ดแป้งที่แห้งสามารถดูดซึมความชื้น แต่จะยังคงรักษาโครงสร้างทางพื้นฐานของมันได้เนื่องจากมีโครงสร้างแบบผลึก (ส่วนที่เป็นอะมิโลเพกติน) และมีพันธะไฮโดรเจนอยู่ภายในเม็ดแป้ง แต่อะมิโลสที่มีโครงสร้างเป็นแบบ amorphous จะแยกออกมาได้โดยน้ำเย็น โครงสร้างเม็ดแป้งสามารถทำให้แตกได้โดยใช้ความร้อนหรือสารเคมีซึ่งสามารถทำลายโครงผลึกและพันธะไฮโดรเจนภายในเม็ดแป้ง และจะละลายในน้ำได้อย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 130-150 องศาเซลเซียส แต่จะต่ำกว่านี้ถ้าละลายในสารละลายด่าง เม็ดแป้งที่แตกออกในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายกล่าวได้ว่าเกิดการเจลาติไนซ์ แต่ถ้าให้ความดันสูงและแรงเฉือนกับเม็ดแป้งจะทำให้เม็ดแป้งแตกตัวได้ในสารละลายที่มีปริมาณน้ำต่ำกว่าที่ความดันปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



อะมิโลส

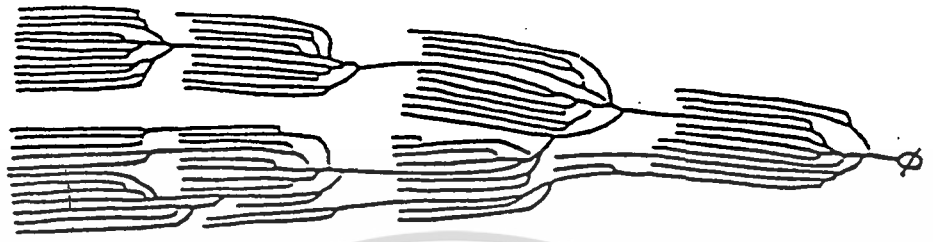


อะมิโลเพกติน

ภาพที่ 5 โครงสร้างของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน

ที่มา : Frence (Refer Bemiller, et al., 1984 : 83)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 โครงสร้างของอะมิโลเพกติน

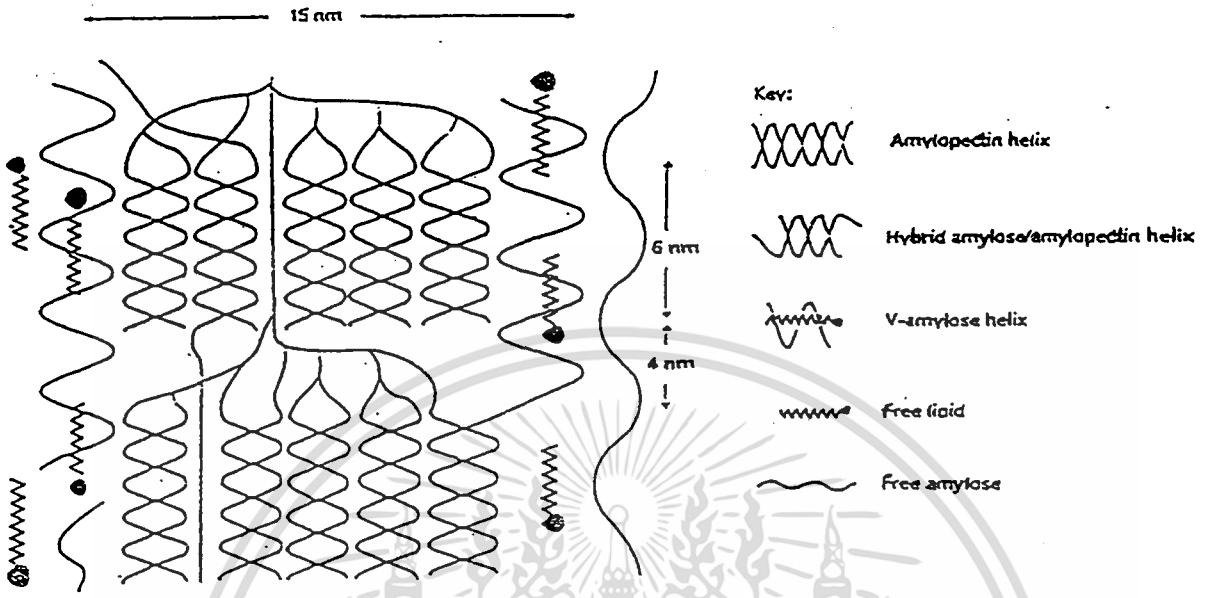
ที่มา : Bemiller, et al., 1984 : 86 อ้างโดย Frence

สารละลายน้ำแป้งจะไม่เสถียรเมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิต่ำ สาละลายน้ำแป้งความเข้มข้นต่ำ อะมิโลสและอะมิโลเพกตินจะตกผลึก แต่ถ้าเป็นสารละลายน้ำแป้งเข้มข้นการทำให้เย็นจะเกิดเจลเหนียวทำให้ตกผลึกช้า อะมิโลสและกิ่งสั้น ๆ ของอะมิโลเพกตินจะเรียงตัวในรูป helix แกนกลางของ helix จะมีคุณสมบัติเป็น hydrophobic แต่ละเกลียวจะประกอบด้วยกลูโคส 6 หน่วย ไอโอดีน, กรดไขมัน,ไขมัน,แอลกอฮอล์และสารอื่น ๆ สามารถเข้าไปในแกนกลางของสายเกลียวเพื่อทำปฏิกิริยาเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับแป้งได้ (ภาพที่ 7)

การย่อยสลายแป้งเกิดขึ้นเมื่ออยู่ในสารละลายกรดและมีการให้ความร้อนหรือโดยใช้เอนไซม์ ปกติแป้งจะเสถียรเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นด่างในอุณหภูมิที่ไม่สูงหรือต่ำเกินไป แต่เมื่อให้ความร้อนและมี amine อยู่ในสารละลายด้วย จะเกิดปฏิกิริยา maillard ได้สารสีน้ำตาลและมีกลิ่นเหมือนคาราเมล

เม็ดแป้งมีคุณสมบัติ hydrophilic เนื่องจากแต่ละหน่วยกลูโคสจะมีหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระ 3 หมู่ การมีหมู่ไฮดรอกซิลมากทำให้แป้งสามารถเกิดอนุพันธ์ที่เกิดจากปฏิกิริยา esterification หรือ etherification ได้ง่าย ตัวอย่างอนุพันธ์ของแป้งที่มีการจำหน่ายทางการค้า ได้แก่ acetate esters,caboxymethyl ethers และ hydroxypropyl ethers ฯลฯ ปัจจุบันแป้งดัดแปรได้เข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย เช่น อุตสาหกรรมอาหาร, อุตสาหกรรมสิ่งทอ,กระดาษ ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



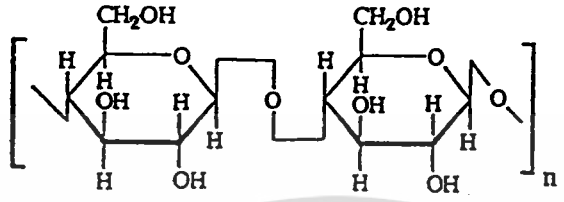
ภาพที่ 7 ลักษณะของสารที่เข้าไปทำปฏิกิริยาภายในสายเกลียวของแป้ง
ที่มา : John, et al., 1987 : 121-123 อ้างโดย Blanchard

สำหรับการผลิตพลาสติกย่อยสลายได้ แป้งสามารถนำมาใช้ในรูปสารตัวเติม (filler),thermoplastic starch หรือ graft copolymer

2. เซลลูโลส (cellulose)

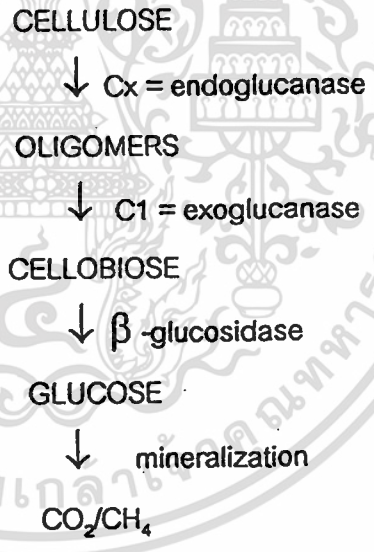
เซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ที่กล่าวได้ว่ามีมากที่สุดในธรรมชาติ มีสูตรโครงสร้างประกอบด้วยหน่วยของน้ำตาลกลูโคสจับกับพันธะ β(1,4)glycosidic linkage ดังภาพที่ 8 ผลิตได้จากพืชและแบคทีเรีย ไม่ละลายในน้ำหรือสารละลายอินทรีย์โดยส่วนใหญ่ เซลลูโลสสามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้ ในการย่อยสลายจะทำให้เกิด cellobiose และ glucose ซึ่งจะถูกย่อยสลายต่อไปโดยวัฏจักรทางชีวเคมีดังภาพที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 สูตรโครงสร้างของเซลลูโลส

ที่มา : Kaplan, et al., 1993 : 4 อ้างโดย Kaplan



ภาพที่ 9 การย่อยสลายเซลลูโลสโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส

ที่มา : Kaplan, et al., 1993 : 10 อ้างโดย Kaplan

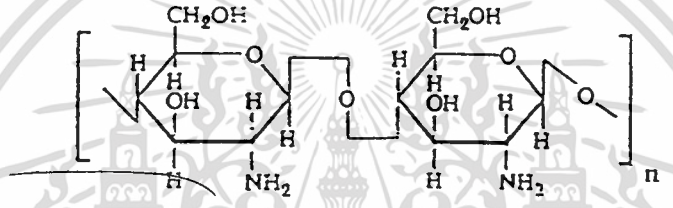
เซลลูโลสไม่สามารถผ่านกระบวนการที่ใช้ความร้อนได้ เพราะจะถูกย่อยก่อนที่จะหลอมละลายเนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนมาก กระดาษแก้วหรือเซลโลเฟน (cellophane) เป็นรูปแบบหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเซลลูโลสที่มีคุณสมบัติในการต้านน้ำมันและมีความโปร่งแสง จึงนำมาใช้ในการบรรจุและห่อหุ้มอาหาร

3. Chitin/Chitosan

Chitin (β-1-4-linked 2-acetamido-2-deoxy-D-glucose) และ Chitosan (β-1-4-linked 2-amino-2-deoxy-D-glucose) เป็นพอลิเมอร์ที่พบในธรรมชาติ สูตรโครงสร้างของไคโตแซนแสดงดังภาพที่ 10 สูตรโครงสร้างของไคตินและไคโตแซนที่ถูกเติมหมู่อะซิติล ที่หมู่ amine ของคาร์บอนตำแหน่งที่ 2



ภาพที่ 10 โครงสร้างของไคโตแซน

ที่มา : Arcidiacono, et al., 1992 : 282

ไคตินเป็นองค์ประกอบเปลือกแข็งภายนอกของสัตว์จำพวกแมลงและปู เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ของ filamentous fungi สามารถถูกย่อยสลายได้โดยการทำงานของเอนไซม์ chitinase และ lysoyme

ไคโตแซนเป็น polycation ที่อยู่ในผนังเซลล์ของ *Zygomycete fungi* เป็นอนุพันธ์ของไคติน ซึ่งได้จากการทำปฏิกิริยา deacetylation กับไคติน สามารถถูกย่อยสลายได้โดยเอนไซม์ chitosanase

ไคตินและไคโตแซนนับว่าเป็นพอลิเมอร์ที่มีประโยชน์ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการเกิดฟิล์มและเส้นใยได้ดี ออกซิเจนซึมผ่านต่ำ นำไปใช้ทำเป็น flocculant, coating และเป็นส่วนผสมในอาหาร สารเชิงซ้อนของ chitosan และ poly(acrylic acid) หรือ alginate หรือ polyanion ชนิดอื่น ๆ นำมาใช้เป็น food coagulant และใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

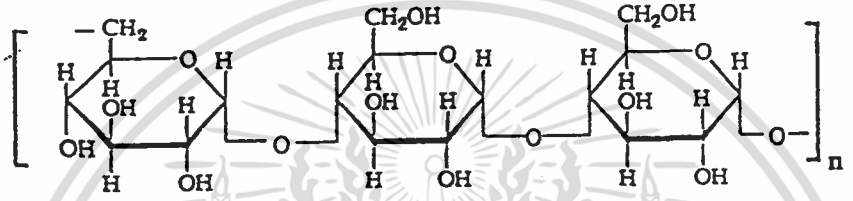
4. Pullulan

Pullulan เป็นพอลิเมอร์ของ D-glucose ที่เชื่อมกันด้วยพันธะ α-1,4 และα-1,6 มีโครง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างดังภาพที่ 11 Pullulan ผลิตได้จากเชื้อรา *Aureobasidium pullulans* (Kaplan, et al., 1993 : 15 อ้างโดย Kaplan) สามารถย่อยสลายได้โดยเอนไซม์ได้กลูโคสซึ่งจุลินทรีย์จะย่อยสลายต่อไป

ข้อดีของ Pullulan คือสามารถผลิตจากเชื้อราได้ในปริมาณสูง ใช้แหล่งอาหารคาร์บอนได้หลายชนิดและสามารถ recovery และทำให้บริสุทธิ์ได้ง่าย เนื่องจาก Pullulan เป็น extracellular polymer มีคุณสมบัติในการต้านทานออกซิเจนได้ดี ดังนั้นจึงเหมาะสมในการใช้เป็น coating หรือฟิล์ม อนุพันธ์ของ Pullulan เช่น ester หรือ ether จะมีความสามารถการละลายในน้ำลดลง



ภาพที่ 11 สูตรโครงสร้างของ Pullulan

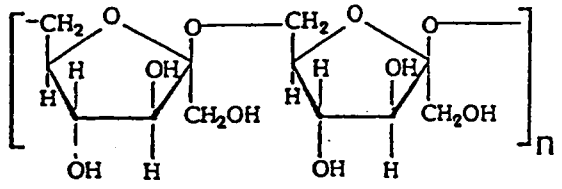
ที่มา : Kaplan, et al., 1993 : 15 อ้างโดย Kaplan

5. Levan

Levanเป็น extracellular polymer จากแบคทีเรีย ประกอบด้วย anhydro-D-fructofuranoside unit ซึ่งเชื่อมกันด้วยพันธะ β-2,6 glycosidic linkage และส่วนกิ่งเชื่อมด้วยพันธะ β-2,1 (Kaplan, et al., 1993 : 17 อ้างโดย Kaplan) แสดงโครงสร้างดังภาพที่ 12

Levan ผลิตได้จากแบคทีเรียหลายชนิด สามารถละลายได้ในน้ำร้อน มีคุณสมบัติเหมาะสมในการใช้เป็น coating ของอาหารหรือยา เอนไซม์ เอนไซม์ Levanase จะทำหน้าที่ย่อยสลาย Levan ที่พันธะ β-2,6 ทำให้ได้ oligosaccharide และ fructose

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

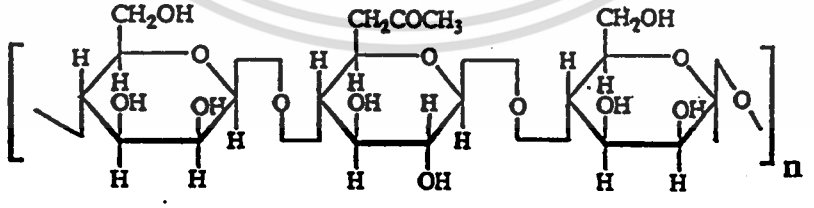


ภาพที่ 12 สูตรโครงสร้างของ Levan

ที่มา : Kaplan, et al., 1993 : 17 อ้างโดย Kaplan

6. Konjac

Konjac เป็นพืชหัว มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Amorphophallus konjac c. koch หรือรู้จักกันทั่วไปว่า มันหัวกระบุก หรือมันบุก (Elephant Yam) ซึ่งพอลิแซคคาไรด์ที่สำคัญที่อยู่ในบุก คือ กลูโคแมนแนน ซึ่งเป็นโคพอลิเมอร์ของ D-glucose และ D-mannose ในอัตราส่วนโมลโดยประมาณ 1: 1.6 เชื่อมกันด้วยพันธะ β-1,4-ไกลโคซิดิก ในโมเลกุลเส้นตรงของกลูโแมนแนนนี้มีกลุ่มอะซิติลกระจายอยู่อย่างไม่มีแบบแผน โดยจะพบหมู่อะซิติล 1 กลุ่มต่อน้ำตาลกลูโคสหรือน้ำตาลแมนโนส 19 หน่วย โครงสร้างแสดงดังภาพ 13 สามารถละลายในน้ำได้ ถูกย่อยสลายได้โดยเอนไซม์ที่มีคุณสมบัติในการย่อยพันธะ β-1,4 ไกลโคซิดิก และสามารถนำไปใช้ทำฟิล์มหรือ coating ได้



ภาพที่ 13 สูตรโครงสร้างของ Konjac

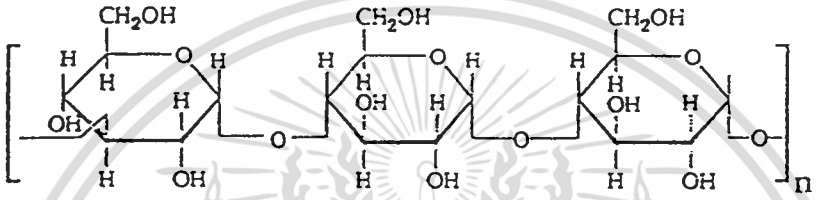
ที่มา : Kaplan, et al., 1993 : 23 อ้างโดย Kaplan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Elsinan

Elsinan เป็น extracellular linear polymer ของ α-D glucan ที่เชื่อมด้วยพันธะ 1,4 และ 1,3 ในอัตราส่วน 2 : 1 ถึง 2.5 : 1 (Kaplan ,1993 : 31) ดังแสดงในภาพที่ 14 โดยประมาณแล้วใน Elsinan จะมีพันธะ α-1,6 อยู่ 1 ใน 140 พันธะ สังเคราะห์ได้จากเชื้อรา Elsinoe

Elsinan มีคุณสมบัติในการให้ออกซิเจนซึมผ่านได้ต่ำ ดังนั้นจึงเหมาะสมในการใช้เป็น film หรือ coating สามารถย่อยสลายได้โดยเอนไซม์ α-amylase



ภาพที่ 14 สูตรโครงสร้างของ Elsinan

ที่มา : Kaplan, et al., 1993 : 29 อ้างโดย Kaplan

2.2 Protein

1. Zein

Zein เป็นโปรตีนที่ได้จากข้าวโพด มีคุณสมบัติเป็น hydrophobic เมื่อนำมาผสมกับแป้งเพื่อทำพลาสติกย่อยสลายจะทำให้พลาสติกทนน้ำได้ เป็นการแก้ปัญหาในด้านคุณสมบัติทางธรรมชาติของแป้ง เนื่องจากแป้งมีคุณสมบัติเป็น hydrophilic ซึ่งละลายและกระจายตัวในน้ำได้ง่าย และแป้งยังมีแนวโน้มที่จะเกิด retrogradation สูงเมื่อมีความชื้นเพียงพอ นอกจากนี้คุณสมบัติทางกายภาพของพลาสติกที่ผลิตได้ เช่น tensile strength, yield strength, percent elongation และ water resistance ยังมีค่ามากกว่าพลาสติกที่ผลิตจากแป้งหรือโปรตีนอย่างเดียว ชนิดของแป้งที่นำมาผสมกับ Zein มีผลทำให้ลักษณะของพลาสติกที่ได้ต่างกันด้วย เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดจะมีโครงสร้าง ปริมาณอะมิโลส อะมิโลเพกติน หมู่ฟังก์ชั่นต่าง ๆ ในปริมาณที่ต่างกัน ตัวอย่างเช่น แป้งมันฝรั่งมีอนุพันธ์ฟอสเฟตมาก อนุพันธ์เหล่านี้มีประจุทำให้จับกับโมเลกุลของอะมิโลเพกตินทำให้แป้งมันฝรั่งมีอุณหภูมิในการเจลาติไนซ์ต่ำและให้ paste ที่โปร่งใสมาก ทำให้ได้พลาสติกที่มีการดูดซึมน้ำได้มากและโปร่งแสงมากกว่าที่ได้จากแป้งชนิดอื่น คุณสมบัติของพลาสติกที่ผลิตได้จากแป้งชนิดต่าง ๆ ผสมกับ Zein แสดงได้ดังตารางที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 คุณสมบัติของพลาสติกที่ผลิตจากแป้งชนิดต่าง ๆ โปรตีนและส่วนผสมระหว่างแป้งกับโปรตีน

ตัวอย่าง	ค่า Tensile strength (kg/mm^2)	ค่า Percent Elongation	ค่า % Water Absorption	
			2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
แป้งข้าวโพด	1.71 (0.14)	2.56 (0.26)	13.0 (0.1)	Disintegrate
Zein	3.91	4.23	11.8	59.9
Zein ที่ผ่านการ cross-linked	4.00 (0.51)	4.29 (0.28)	7.1 (0.4)	27.5 (0.9)
โปรตีนจากถั่วเหลือง	3.18 (0.35)	2.51 (0.36)	40.0 (1.3)	142.6 (8.8)
โปรตีนจากถั่วเหลืองที่ผ่านการ cross-linked	2.72 (0.22)	1.92 (0.18)	9.5 (0.5)	37.0 (1.3)
กลูเตน	1.36 (0.27)	2.58 (0.62)	18.6 (0.8)	60.1 (1.5)
กลูเตน ที่ผ่านการ cross-linked	1.21 (0.10)	1.27 (0.17)	14.6 (0.1)	47.4 (0.2)
ส่วนผสมระหว่างแป้งกับ Zein	1.73 (0.01)	1.37 (0.02)	10.3 (0.2)	Disintegrate
แป้ง-Zein ที่ผ่านการ cross- linked	3.00 (0.13)	2.64 (0.04)	5.7 (0.0)	17.3 (0.2)

ที่มา : Kaplan, et al., 1993 : 62-70 อ้างโดย Jane

2.3 Polyesters

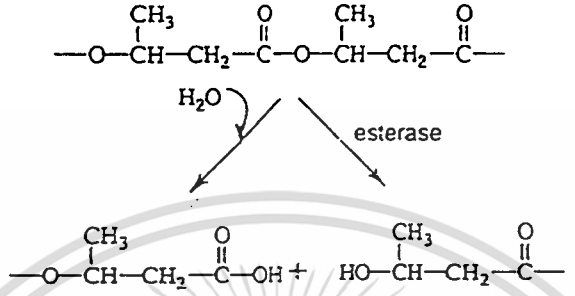
1. Polyhydroxyalkanoates

Polyhydroxyalkanoates เป็น aliphatic polyester homopolymer หรือ copolymer ของ β-hydroxyalkanoic acid ที่เกิดขึ้นระหว่างการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนอาหารที่มีน้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอน polyester ชนิดนี้จะสะสมอยู่ในจุลินทรีย์ องค์ประกอบและน้ำหนักโมเลกุลขึ้นอยู่กับแหล่งคาร์บอนและสารอาหารที่จุลินทรีย์ใช้ side chian ที่ยาวสามารถผลิตได้ถ้ามีการใช้ substrate ที่เหมาะสมในอาหารเลี้ยงเชื้อ

polyester จะมีคุณสมบัติเป็น thermoplastic ไปจนถึง elastomeric ประกอบด้วย valeric และ butyric monomer ซึ่งจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ poly (3-hydroxybutyrate) สามารถย่อยสลายได้โดยใช้เอนไซม์ poly (3-hydroxybutyrate depolymerase) ได้กรดดังภาพที่ 15 นอกจากนี้ยังทำการแยก depolymerase gene จาก *Pseudomonas oleovorans* ได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันได้มีความพยายามที่จะผลิต copolymer ชนิดนี้จากพืช และ *Escherichia coli* เนื่องจากมีต้นทุนที่ต่ำกว่า และกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ไม่ซับซ้อน



ภาพที่ 15 hydrolytic และ enzymatic depolymerization จาก bacterial polyesters

ที่มา : Kaplan, et al., 1993 : 35 อ้างโดย Kaplan

2.4 พอลิเมอร์อื่น ๆ ที่สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ

1. ลิกนิน

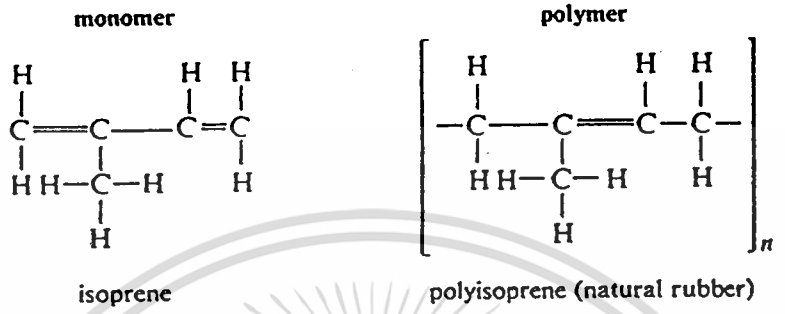
ลิกนินเป็น complex heteropolymer ที่ประกอบด้วยหมู่ aromatic และพันธะ ether ลิกนินสังเคราะห์ได้จากพืชและย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์หลายชนิด โดยเฉพาะเชื้อรา ในปัจจุบันได้มีการนำลิกนินซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ มาเป็นองค์ประกอบของ polymer graft เนื่องจากมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี

2. ยางธรรมชาติ

ยางเป็นพอลิเมอร์ของ Isoprene monomer ซึ่งมีทั้งยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ โครงสร้างของยางธรรมชาติแสดงดังภาพที่ 16 มีสูตรโครงสร้าง $(C_5H_8)_n$ โดยทั่วไป n = 20,000 มีความยืดหยุ่นเนื่องจากสายคาร์บอนซึ่งเชื่อมกันด้วยพันธะเดี่ยวหมุนรอบแกนของมัน โมเลกุลยางธรรมชาติเกือบจะทั้งหมดจะมีโครงสร้างแบบ cis-1,4 สามารถจะตกผลึกได้เมื่อทำการ stretching จะได้ยางเหนียวที่มีค่า tensile strength สูง นอกจากนี้ยังสามารถทำปฏิกิริยา vulcanization กับสารประกอบซัลเฟอร์ซึ่งจะ crosslink กับสายโมเลกุลได้เนื่องจากมีพันธะคู่อยู่ในสายโมเลกุล ทำให้ได้ยางที่มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น ยางธรรมชาติถูกย่อยสลายได้โดยเชื้อรา เช่น *Penicillium sp.* และ แอคติโน

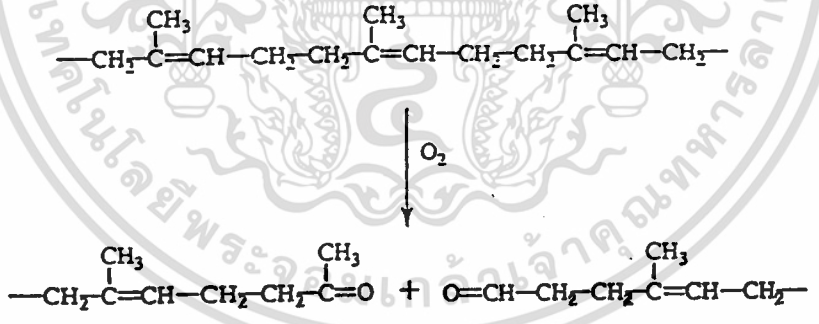
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มัยซีท *Nocordia sp.* (Williams, 1982 : 31-36, Tsuchi , 1985 : 965-970) ในปัจจุบันได้มีการสกัดเอนไซม์ย่อยสลายยางจาก extracellular cuture medium ของ *Xanthomonas sp.* การย่อยสลายยางธรรมชาติโดยใช้เอนไซม์แสดงดังภาพที่ 17



ภาพที่ 16 สูตรโครงสร้างของยางธรรมชาติ

ที่มา : Williams, 1982 : 33, Tsuchi,1985 : 967



ภาพที่ 17 enzymatic depolymerization ของยางธรรมชาติ

ที่มา : Kaplan, et al., 1993 : 39 อ้างโดย Kaplan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แป้งมันสำปะหลัง

3.1 องค์ประกอบ โครงสร้างทางเคมี คุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลัง

แป้งมันสำปะหลัง เป็นแป้งที่ผลิตจากหัวมันสำปะหลังสด มันสำปะหลังมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Manihot esculenta crantz. มันสำปะหลังแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ชนิดหวาน (Manihot aipi) ใช้ในการบริโภคและชนิดขม (Manihot palmata) นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในประเทศไทยนิยมปลูกมันสำปะหลังชนิดขมพันธุ์ระยอง 1 แป้งมันสำปะหลังที่ผลิตในอุตสาหกรรมมีองค์ประกอบดังนี้ ความชื้นไม่เกินร้อยละ 13, โปรตีนไม่เกินร้อยละ 0.3, สตาร์ชไม่น้อยกว่าร้อยละ 97.5, เยื่อใยไม่เกินร้อยละ 2.2 โดยน้ำหนักแห้ง องค์ประกอบที่มีมากที่สุดในแป้งมันสำปะหลังคือ สตาร์ช ลักษณะสตาร์ชของแป้งมันสำปะหลังเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope,SEM) พบว่าส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นรูปไข่ ซึ่งปลายข้างหนึ่งถูกตัดออก ผิวตรงส่วนที่ถูกตัดออกมีลักษณะเว้าเข้าข้างใน บางเม็ดอาจมีริมด้านหนึ่งโค้งอีกด้านหนึ่งแบนไม่สม่ำเสมอกัน พบรอยปุ่ม (hilum) อย่างชัดเจน เม็ดสตาร์ชตั้งแต่ 2-8 เม็ดมารวมกันแต่ละเม็ดมีความยาวตั้งแต่ 5-35 ไมโครเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 15 ไมโครเมตร (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2521 : 10-13) หัวมันสำปะหลังสด ประกอบด้วย น้ำร้อยละ 60-95, คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 30-35, โปรตีนร้อยละ 1-2 เมื่อคิดน้ำหนักแห้งจะมีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 70-90 ประกอบด้วย สตาร์ช น้ำตาล เฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส สตาร์ชในแป้งมันสำปะหลังประกอบด้วยอะมิโลสร้อยละ 16-18 นอกจากนี้ยังพบว่ามันสำปะหลังมีโปรตีน ไขมัน วิตามินในปริมาณเพียงเล็กน้อย ไซยาไนด์ในหัวมันสดมีปริมาณร้อยละ 0.01-0.04 มีความสำคัญเนื่องจากไซยาไนด์เป็นสารพิษและมีอันตราย โดยเกิดจากสารไซยาโนจีนิกไกลโคไซด์ (cyanogenic glycoside) ซึ่งเมื่อถูกไฮโดรไลซ์จะทำให้เกิดกรดไฮโดรไซยานิก (hydrocyanic acid) ที่มีความเป็นพิษต่อร่างกายคนและสัตว์โดยปริมาณที่ทำให้เกิดอันตรายต่อคน คือ 50-60 มิลลิกรัม สารพิษนี้ถูกทำลายได้โดยความร้อนตั้งแต่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียสขึ้นไป ในการผลิตแป้งมันสำปะหลังหรือการปรุงอาหารที่ผ่านความร้อน (Balagopalan, et al., 1998 : 5) สำหรับส่วนประกอบของมันสำปะหลังจะเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น วิธีการปลูก อายุ สายพันธุ์และเทคโนโลยีในการปลูก

การผลิตแป้งมันสำปะหลังแบบดั้งเดิม คือ การผลิตแป้งมันสำปะหลังแบบอังไฟ โดยมันสำปะหลังถูกขูดเป็นชิ้นละเอียด จะถูกส่งไปยังตะแกรงร่อนรูปทรงกระบอกที่มีการหมุนและฉีดน้ำเพื่อล้างแป้งออก น้ำแป้งจะไหลลงถัง ส่วนกากมันจะถูกส่งเข้าเครื่องบด และทำแห้ง ได้กากมันสำปะหลังแห้ง น้ำแป้งในถังทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 24 ชั่วโมง แล้วปล่อยน้ำใสออก จะมีชั้นระหว่างน้ำใสกับแป้ง เรียกว่า ชั้นขี้แป้ง ซึ่งจะมีแป้งเหลืออยู่จะปล่อยไปยังบ่อขี้แป้ง ส่วนที่เหลืออยู่ในถังจะล้างทำความสะอาดผิวแป้งเติมน้ำและตีให้เป็นน้ำแป้ง นำน้ำแป้งจากหลายถังมารวมกัน แล้วตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะกอนใหม่ ระบายน้ำใสทิ้ง แยกขี้แป้ง ล้างผิวหน้าแป้ง จะได้แป้งที่สะอาด ส่วนขี้แป้งในบ่อขี้แป้ง จะนำมาแยกแป้งอีกครั้ง จนได้แป้งสะอาด นำแป้งสะอาดที่ได้ไปเกลี่ยบนพื้นคอนกรีต ที่มีไฟสุมอยู่ด้านล่างจะทำให้แป้งแห้ง ไปบดละเอียดและบรรจุ ซึ่งวิธีนี้ไม่นิยมผลิตในปัจจุบันเนื่องจากใช้ระยะเวลานานและได้แป้งมันสำปะหลังที่คุณภาพไม่ดี

สำหรับการผลิตแป้งมันสำปะหลังในปัจจุบันเป็นระบบการผลิตที่ต่อเนื่อง คือการผลิตแป้งมันสำปะหลังเกรดหนึ่ง (สลัดแห้ง) โดยหัวมันจะถูกส่งเข้าตะแกรงร่อนทราย เพื่อกำจัดดินและทรายที่ติดมากับหัวมัน และลอกผิวเปลือกออก ส่งไปยังเครื่องล้างหัวมัน ทำความสะอาดโดยใช้น้ำฉีดหัวมัน แล้วเข้าเครื่องหั่น หัวมันชิ้นขนาดประมาณ 1-2 นิ้ว และผ่านเข้าสู่เครื่องขูดหัวมัน ทำให้มันเป็นชิ้นละเอียด เข้าสู่เครื่องแยกหยาบ จะแยกกากมันออกจากน้ำแป้งกากที่ได้จะนำเข้าเครื่องอัดกาก นำไปตากแห้ง ได้กากมันสำปะหลังชนิดแห้งเพื่อขายเป็นอาหารสัตว์ ส่วนน้ำแป้งจะถูกแยกเอากากที่เหลือออกให้หมดด้วยเครื่องแยกละเอียด จะได้น้ำแป้งข้น และส่งเข้าเครื่องเหวี่ยง เพื่อแยกน้ำออก น้ำที่ออกมาจะถูกส่งเข้าเครื่องแยกละเอียดอีกครั้ง ส่วนแป้งที่แยกได้จะถูกพ่นเข้าท่อไอร้อนลมร้อนจากเตาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียส เป่าเข้าไปด้วยความแรงสูงเอาแป้งขึ้นไปตามปล่องและตกสู่ไซโคลน ทำให้เย็นด้วยลมเย็น ผ่านเข้าเครื่องร่อนแป้ง และบรรจุ

การผลิตแป้งมันสำปะหลังจะได้กากมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้ โดยกากมันสำปะหลังมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากกว่าร้อยละ 50 มีโปรตีนต่ำมากแต่มีปริมาณเส้นใยสูง รายงานว่ากากมันสำปะหลังมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและเส้นใยประมาณร้อยละ 48.72-70.500 และร้อยละ 12.15-24.13 ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ (สุนีย์ โชตินีรนาท, 2538 : 43-58) พบว่ามีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 66.22 และเส้นใยร้อยละ 15.26 การนำกากมันสำปะหลังมาใช้ประโยชน์มีปัญหาเนื่องจากมีความชื้นและปริมาณแป้งอยู่สูง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างการอบช้า ดังนั้นกากมันสำปะหลังจึงไม่สามารถทำให้แห้งได้หมด จึงก่อให้เกิดการเน่าเสียและเกิดกลิ่นเหม็นได้ ส่วนใหญ่กากมันสำปะหลังจะขายราคาถูกเพื่อนำไปผสมในอาหารสัตว์ มีการศึกษาเพื่อนำกากมันสำปะหลังมาใช้ประโยชน์แปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ เช่น กลูโคส เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น แอลกอฮอล์ กรดซิตริก ผงชูรส ซอร์บิทอล แและอุตสาหกรรมการผลิตยา มีการผลิตกรดมะนาวในระดับอุตสาหกรรมในไต้หวันและไทย โดยใช้กากมันสำปะหลัง มาเป็นวัตถุดิบ ซึ่งทำการผลิตแบบหมักแห้ง (อัจฉริยา จารุจินดา,2529 : 53-56) หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง (2540) ศึกษาและพัฒนาการแป้งออกจากกากมันสำปะหลังได้ โดยใช้กระบวนการทางเทคโนโลโลยีชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 บทบาทของอะมิโลสที่มีต่อโครงสร้างของแผ่นแป้งที่ถูกอัดด้วยความร้อนและความดัน

มีการศึกษาการ extrusion แป้งชนิดต่าง ๆ การผลิตใช้ความดันและอุณหภูมิสูงระยะเวลาสั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถวัดค่าการขยายตัว (expansion) ความหนาแน่น (bulk density) และความแข็งแรง พบว่าการเพิ่มปริมาณโปรตีนและไขมันจะช่วยลดค่าการขยายตัวดีกว่าแป้งข้าวโพดธรรมดาที่มีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 25,50 และ 70 เมื่อผสมแป้งข้าวโพดชนิดเหนียวและแป้งข้าวโพดชนิดธรรมดา ทั้ง 3 ชนิด จนมีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 50 พบว่า มีการขยายตัวมากที่สุดแต่น้อยกว่าแป้งข้าวโพดชนิดเหนียว และความแข็งแรงเพิ่มขึ้นตามปริมาณอะมิโลสที่เพิ่มขึ้น (Badrie, et al., 1992 :103) ทดลองเติมอะมิโลสบริสุทธิ์ปริมาณร้อยละ 60 ในสตาร์ชมันสำปะหลังที่มีอะมิโลสร้อยละ 16.4 พบว่าช่วยเพิ่มการขยายตัวและความแข็งแรงที่ระดับสูงสุด พบว่าเมื่อปริมาณอะมิโลสเพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าการขยายตัวและความแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย ลักษณะของเซลล์ในโครงสร้างและผนังเซลล์มีผลมากต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ โดยเซลล์จะมีขนาดเล็กลงและผนังบางเมื่อมีปริมาณอะมิโลสสูงขึ้น นอกจากนี้ Badrie, et al., (1992 : 105) พบว่าปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เซลล์ในโครงสร้างมีขนาดเล็กลงได้ โดยน้ำมีหน้าที่ เป็นตัวทำให้เกิดเจล ช่วยควบคุมความดันที่มีผลต่อการขยายตัว เป็นสารหล่อลื่นเมื่อมีปริมาณน้ำตั้งแต่ร้อยละ 17 ขึ้นไป ความร้อนในการ extrusion ก็มีผลต่อการขยายตัว โดยอุณหภูมิในการ extrusion สตาร์ชข้าวโพดที่มีความชื้นร้อยละ 22 ให้ค่าการขยายตัวสูงสุด ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส

4. บรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ หมายถึง วัตถุใด ๆ ที่ใช้ในการบรรจุ หีบห่อ สินค้า สามารถอำนวยความสะดวก และปกป้องสินค้าได้

4.1 หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์

หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์อาหารแปรรูปมีความสอดคล้องกับวิทยาการ 2 ด้าน คือ ด้านเทคนิค และด้านการตลาด จำแนกได้ดังนี้

ด้านเทคนิค

- การทำหน้าที่บรรจุใส่ ได้แก่ ใส่-ห่อสินค้า ด้วยการชั่ง ตวง วัด นับ
- การทำหน้าที่ปกป้องคุ้มครอง ได้แก่ป้องกันไม่ให้สินค้าเสียรูปแตกหัก ไหลซึม
- การทำหน้าที่รักษาคุณภาพอาหาร ได้แก่การใช้วัสดุที่ป้องกันอากาศซึมผ่าน ป้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันแสง ป้องกันก๊าซเฉื่อยที่ฉีดเข้าไปชะลอปฏิกิริยาชีวภาพ ป้องกันความชื้นจากภายนอก

- การทำหน้าที่ขนส่ง ได้แก่กล่องลูกฟูก ลังพลาสติก ซึ่งบรรจุสินค้าหลายห่อหรือหน่วย เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและขนส่งสินค้าไปยังแหล่งผลิตหรือแหล่งขาย
- การวางจำหน่าย คือ การนำบรรจุภัณฑ์ที่มีสินค้าอาหารแปรรูปอยู่ภายใน วางจำหน่ายได้โดยไม่ต้องให้เห็นสินค้าเลย สามารถวางนอนหรือวางตั้งได้โดยสินค้าไม่ได้รับความเสียหาย ซึ่งควรคำนึงถึงขนาดที่เหมาะสมกับชั้นวางสินค้าด้วย
- การรักษาสิ่งแวดล้อม ได้แก่
  1. ใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ให้ปริมาณขยะน้อย เป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ง่าย
  2. การผลิตไม่ใช้สารที่ทำลายชั้นบรรยากาศ เป็นต้น
  3. นำบรรจุภัณฑ์เวียนใช้ใหม่หรือใช้ประโยชน์อื่นได้ เช่นขวดเหล้า แก้วใส่แยม เป็นต้น
  4. หมุนเวียนนำกลับมาผลิตใหม่ คือ นำบรรจุภัณฑ์ที่ใช้แล้วไปหลอมหรือย่อยสลายเป็นวัตถุดิบสำหรับใช้ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์หรือสินค้าอื่นได้

ด้านการตลาด

- ทำหน้าที่ส่งเสริมการขาย เพราะบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบสวยงามสามารถใช้เป็นสื่อโฆษณาได้ด้วยตัวเอง รวมถึงการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อใช้เฉพาะกาล เช่น มีการแนบของแถมไปกับตัวบรรจุภัณฑ์ การนำรูปภาพดารา เครื่องหมายกีฬาที่ได้รับความนิยมมาพิมพ์บนบรรจุภัณฑ์ จะเป็นแนวทางหนึ่งในการเรียกความนิยมจากสินค้า
- ทำหน้าที่เป็นฉลากแสดงข้อมูลของอาหารแปรรูป ได้แก่ ข้อมูลทางด้านโภชนาการ ส่วนประกอบของอาหาร วันที่ผลิต วันที่หมดอายุ คำแนะนำ และเครื่องหมายทะเบียนหรือเลขอนุญาตจากคณะกรรมการอาหารและยา
- ทำให้ตั้งราคาขายได้สูงขึ้น เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ที่สวยงามจะสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้า สร้างความนิยมในสินค้า จากตราและเครื่องหมายการค้าทำให้เกิดความภักดีในตัวสินค้า ส่งผลให้ขายราคาที่สูงขึ้นได้ หรือที่เรียกว่าสินค้าแบรนด์เนม
- การเพิ่มปริมาณขาย ด้วยการรวมหน่วยขายปลีกในบรรจุภัณฑ์อีกชั้นหนึ่ง เช่น นมกล่อง 1 โหลในกล่องกระดาษลูกฟูกที่มีหูหิ้ว หรือการขายขวดน้ำยาทำความสะอาดพร้อมกับซองน้ำยาทำความสะอาดเพื่อใช้เติมใส่ในขวดเมื่อใช้น้ำยาในขวดหมดแล้ว เป็นต้น
- ให้ความถูกต้องรวดเร็วในการขาย โดยการพิมพ์บาร์โค้ดบนบรรจุภัณฑ์ ทำให้คนคิดเงินไม่จำเป็นต้องอ่านราคาบนบรรจุภัณฑ์แล้วกดเงินที่ต้องจ่าย แต่ให้เครื่องอ่านบาร์โค้ดทำหน้าที่แทน ทำให้รวดเร็วขึ้นและถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ร่วมมีบทบาทในการรณรงค์เรื่องต่าง ๆ เช่น สัญลักษณ์รีไซเคิล ฉลากเขียว กีฬา ท่องเที่ยว กินของไทยใช้ของไทย เป็นต้น

4.2 ตัวอย่างของวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ แล้วสามารถย่อยสลายโดยธรรมชาติได้หมด

1. Warner Lambert's Noven เป็น Starch-based โพลิเมอร์
2. Cargill ผลิต Polylactic acid จากข้าวโพด
3. Ecochem ซึ่งเป็นบริษัทร่วมทุนระหว่าง Dupont กับ Con Agra พัฒนา Polylactic-Based homo และ Copolymer
4. Polyhydroxybutyl Valerate Aliphatic Polyester โดย ICI ประเทศอังกฤษ ใช้ชื่อทางการค้าว่า Biopol
5. Novamont's Master-Bi Product ซึ่งเป็นแป้ง 60เปอร์เซ็นต์ และตัว Biodegradable Polymer ซึ่งได้รับการยอมรับจาก FDA
6. Union Carbide ผลิต Polycarprolactone
7. Air Product ผลิต Polyvinyl Alcohol Vinnex Resin ซึ่งละลายในน้ำได้ และสามารถสลายตัวได้ทั้งในน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในสภาวะที่มีความชื้นและเชื้อแบคทีเรียในดิน
8. บริษัท Mitsui ได้นำเอากรดแลคติค (ซึ่งเป็นสารที่เกิดในธรรมชาติโดยการหมักแป้ง) มาเปลี่ยนเป็นโพลิเมอร์ในขั้นตอนเดียว (One-step condensation reaction) โพลิเมอร์นี้มีชื่อเรียกว่า "Lacea" ซึ่งสามารถย่อยสลายได้อย่างสมบูรณ์และทนต่อการขึ้นรูป ได้โดยมีความใสเทียบเท่ากับโพลีสไตรีน

เนื่องจากแนวโน้มในการให้มี Green Product จึงทำให้มีการค้นคว้าในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง คือ

1. การพัฒนาการแยกพลาสติกให้ดีขึ้น
2. พัฒนาสารเติมแต่งที่ใช้ในพลาสติก
3. พัฒนา Depolymerization และ Chemical Recycling
4. พัฒนา Biodegradable Resins
5. พัฒนาความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่ของผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการใช้งานนาน
6. ควบคุมการปลดปล่อยและการนำกลับมาใช้ของเสียจากกระบวนการผลิต การถมทิ้งและการเผา

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอย่างกว้างขวางทั้งทางด้านเทคโนโลยีและการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลาดของพลาสติกที่สามารถถูกย่อยสลายได้หมด ปัญหาก็คือ วัสดุเหล่านี้ยังมีราคาแพงอยู่มาก เมื่อเทียบกับพลาสติกที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ทั่วไป แต่ก็ยังควรค่าแก่การนำไปใช้งานในหลายประเภท เช่น ผลิตภัณฑ์ที่จะไปทำให้เกิดเป็นขยะในทะเลหรือพลาสติกที่ใช้ในงานเกษตร เช่น ถุงใส่ปุ๋ยธรรมชาติ หมุดรองตีกอล์ฟ บรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุอาหาร แผ่นฟิล์มทำผ้าอ้อม แคปซูลใส่ยา เป็นต้น

4.3 บทบาทของบรรจุภัณฑ์อาหาร

ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทใดจะประสบความสำเร็จเป็นที่ยอมรับของตลาดนั้น จะต้องมีการควบคุมคุณภาพตั้งแต่วัตถุดิบ ขั้นตอนระหว่างการแปรรูปและการบรรจุ นอกจากนี้ยังต้องมีมาตราการควบคุมการเก็บรักษาและการจัดส่ง เพื่อให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตและจัดส่งแต่ละครั้งมีคุณภาพอย่างคงที่ ถ้าสามารถควบคุมคุณภาพอาหารได้อย่างแน่นอนและสม่ำเสมอ โอกาสที่บรรจุภัณฑ์จะช่วยส่งเสริมทางด้านการตลาดจะมีประสิทธิผลสูงซึ่งจะเป็นไปตามสัจธรรมที่ว่า บรรจุภัณฑ์ไม่สามารถเพิ่มคุณภาพของสินค้าแต่สามารถเพิ่มคุณค่าของสินค้าได้

ปัจจุบันบรรจุภัณฑ์ที่มีอยู่บางอย่างก็สร้างปัญหาให้กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นวัสดุที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ จึงได้มีการศึกษาวิจัยและพยายามหาวัสดุที่สามารถย่อยสลายตามธรรมชาติได้ ก่อนที่จะทำการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่รักษาสิ่งแวดล้อม จำเป็นต้องมีการศึกษาถึงประเภทและคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ที่มีอยู่แล้ว เพื่อจะได้หาวัสดุที่มีคุณสมบุติใกล้เคียงกันมาผลิตบรรจุภัณฑ์รักษาสิ่งแวดล้อมได้

4.4 การแบ่งประเภทของบรรจุภัณฑ์

แบ่งประเภทตามคุณสมบัติในการใช้งาน

1. ภาชนะบรรจุอาหารที่มีอายุการใช้งานสั้น มีอุณหภูมิไม่สูง

คุณสมบัติที่สำคัญของกลุ่มนี้ก็คือ

- ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย
- ก๊าซสามารถซึมผ่านได้เล็กน้อย
- มีความแข็งแรงทนทานพอสมควร
- ไม่เหมาะที่จะใช้บรรจุอาหารที่มีอุณหภูมิสูง

ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในข้อนี้ เช่น

ขวดที่ได้จากการผลิตแบบเป่า

- กระปุก
- ถาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กล่อง
- ภาชนะบรรจุเครื่องดื่ม เช่นนมสด น้ำผลไม้
- ฟิล์มพลาสติก

2. ภาชนะที่ทนความร้อนได้สูง

ผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีคุณสมบัติข้อนี้ เช่น

- ภาชนะต้องต้มเพื่อฆ่าเชื้อโรค
- ถุงร้อน
- ขวดนม

3. ภาชนะที่ทนความร้อนได้สูงใกล้จุดน้ำเดือด แต่ไม่สามารถทนต่อแสงแดดได้

คุณสมบัติที่สำคัญของกลุ่มนี้ คือ

- ยอมให้ออกซิเจนผ่านเข้าออกน้อย
- ไม่สามารถทนต่อแสงแดด คือถูกแสงแดดนาน ๆ อาจจะแตกได้
- มีปฏิกิริยาต่อไขมัน และน้ำมันเล็กน้อย
- รักษากลิ่นอาหารได้ดี

ผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีคุณสมบัติในข้อนี้ คือ

- ภาชนะบรรจุน้ำมัน
- ภาชนะบรรจุน้ำ

4. ภาชนะที่รักษาอุณหภูมิได้ดี

ผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีคุณสมบัติในข้อนี้ ได้แก่

- ถ้วยไอศกรีม
- ถ้วยเครื่องดื่ม
- ภาชนะใส่อาหารสำเร็จรูปประเภท ฟาสต์ฟู้ด
- ถังเก็บของสด
- ลังน้ำแข็ง

5. ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหนียว แข็งแรงทนต่อการกระแทกได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในข้อนี้ ได้แก่

- ภาชนะบรรจุ
- เครื่องสำอาง
- เคมีภัณฑ์
- ยา
- เครื่องใช้ไฟฟ้า
- วัสดุกันกระแทก

แบ่งประเภทตามรูปทรงของบรรจุภัณฑ์

1. ถุง และกระสอบ

บรรจุภัณฑ์ที่มีรูปทรงดังข้อนี้ ได้แก่

1.1 ถุงพลาสติก เช่น

- ถุงร้อน มีลักษณะใสมาก สามารถบรรจุของร้อนได้ถึงจุดเดือด ไม่เหมาะกับการบรรจุอาหารแช่แข็ง เพราะพลาสติกเปราะ
- ถุงเย็น มีลักษณะค่อนข้างใส นิ่ม ยืดหยุ่นพอสมควร สามารถบรรจุอาหารแช่แข็งได้
- ถุงหิ้ว ส่วนใหญ่มักนำถุงพลาสติกที่ใช้แล้วมาทำความสะอาด แล้วหลอมใหม่ใส่สีให้ดูสวยงามขึ้น ไม่ปลอดภัยกับการบรรจุอาหารที่เอาอาหารสัมผัสกับถุงโดยตรง
- ถุงซิบ เป็นถุงที่ปากถุงมีล็อค เพื่อสะดวกในการเปิด-ปิด ใช้บรรจุอาหารสำเร็จรูปประเภทของแห้งและยาเม็ด

1.2 ถุงผ้า

1.3 ถุงกระดาษ

1.4 กระสอบปอ ป่าน

2. ขวด มักใช้ในการบรรจุของเหลว สิ่งสำคัญที่สุดของขวด คือ ปากขวด ซึ่งต้องสัมพันธ์กับการเลือกฝา วิธีเปิดฝา วิธีบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในขวด และวิธีนำผลิตภัณฑ์ออกมาใช้ ดังนี้

2.1 ขวดปากแคบ มักใช้กับอาหารประเภทของเหลวทั่วไป เช่น น้ำอัดลม นม น้ำผลไม้ ซอส เหล้า เบียร์ น้ำยาต่าง ๆ

2.2 ขวดปากกว้าง ใช้กับผลิตภัณฑ์กึ่งของเหลว เป็นชิ้น ก้อน หรือแห้ง เช่น ครีม น้ำผึ้ง เครื่องสำอาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ขวดรูปทรงพิเศษ ใช้กับเครื่องสำอางพวกน้ำหอม ซึ่งมีราคาสูง วัตถุดิบที่นิยมใช้คือ แก้ว และพลาสติกประเภท PET และ PVC เพราะทรงแข็ง มีลักษณะโปร่งแสง ยอมให้อากาศผ่านได้เล็กน้อย

3. หลอด นิยมใช้ในบรรจุภัณฑ์ 3 ประเภท ได้แก่ ยารักษาโรค เครื่องสำอาง และอาหาร เนื่องจากมีความแข็งแรง รักษารูปทรงได้ทนทานตลอดอายุการใช้งาน และมีน้ำหนักเบา สำหรับวัตถุดิบที่นิยมใช้ คือ พลาสติกประเภท PE และ โลหะ การบรรจุสำหรับบรรจุภัณฑ์แบบโลหะจะทำที่ด้านข้างหลอด แล้วจึงบีบปิดสนิท

4. บรรจุภัณฑ์ชนิดแผ่น

บรรจุภัณฑ์ที่รูปทรงดังข้อนี้ ได้แก่

4.1 ฟิล์มหด (shrink film) เป็นฟิล์มพลาสติก ที่จะหดรัดเมื่อได้รับความร้อนจนถึงจุดที่เรียกว่า “heat set” หรือ “set memory” ตัวอย่างของการบรรจุด้วยฟิล์มชนิดนี้ เช่น การบรรจุนมกล่องจำนวน 6 กล่อง ต่อ 1 แพค

4.2 ฟิล์มยืด (stretch film) มีการใช้งานคล้ายคลึงกับฟิล์มหด ต่างกันตรงที่ฟิล์มยืดไม่ต้องอาศัยความร้อน สามารถเกาะติดได้เอง ตัวอย่าง เช่น ฟิล์มห่ออาหารคู่กับถาดโฟม

4.3 กระดาษขาวห่ออาหาร กระดาษห่อลูกอม

4.4 ฟิล์มเคลือบกระดาษห่ออาหาร

4.5 ฟิล์มพลาสติกห่อลูกอม

4.6 ฟิล์มห่อดอกไม้สด

4.7 อะลูมิเนียมฟอยด์ เป็นแผ่นอะลูมิเนียมที่บางมาก ราคาค่อนข้างสูง สามารถนำไปห่ออาหาร และสามารถนำไปขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ขายปลีกได้ นอกจากนี้ยังใช้ร่วมวัสดุอื่น เช่น ฟิล์มพลาสติก ในลักษณะของการประกบเพื่อเสริมคุณสมบัติในการสกัดกั้นอากาศและไอน้ำได้ดีขึ้น นิยมใช้ทำเป็นถุงบรรจุยา

5. กล่อง ถ้วย และถาด (tray) มีทั้งแบบมีฝาและไม่มีฝา นิยมใช้บรรจุอาหารสำเร็จรูป อาหารกึ่งสำเร็จรูป อาหารประเภทฟาสฟู้ด และอาหารสดที่มักห่อรัดด้วยฟิล์ม วัตถุที่นิยมใช้ทำกล่อง และถาดในปัจจุบัน ได้แก่

- พลาสติกประเภท PVC และ PS
- โฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กระดาษ
- C-FINE

6. กระป๋อง (can) มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก นิยมใช้บรรจุอาหารกระป๋อง คุกกี้ ใบชา อาหารแห้ง เครื่องดื่มประเภท น้ำอัดลม น้ำผลไม้ และใช้บรรจุสี ส่วนมากกระป๋องผลิตจากโลหะ

7. แอร์ แคป (AIR-cap) มีชื่อเรียกทางการค้าว่า Air-Bubble Film เป็นแผ่นพลาสติกบางโปร่งใส ประกอบด้วยฟองอากาศที่มีความหนาแน่นอย่างทั่วถึง ทำให้สามารถรับแรง กระแทกได้ดี มีคุณสมบัติป้องกันสารเคมีและเชื้อรา น้ำหนักเบา มีความยืดหยุ่น ตัดแต่งรูปทรงให้เข้ากับขนาดและรูปร่างของผลิตภัณฑ์ได้ง่าย ผลิตจาก PE

8. บลิสเตอร์แพกเกจ (blister package) เป็นการบรรจุแผ่นพลาสติกให้มีลักษณะเป็นถาดเป็นเบ้า หลุมหรือเนิน สำหรับบรรจุภัณฑ์ เช่น ยารักษาโรค ของเล่น ฯลฯ ลงในช่องนั้น แล้วจึงปิดหลังด้วยกระดาษ และผนึกด้วยความร้อน (heat sealed) ใช้ PVS และ PS เป็นวัตถุดิบ มีข้อดี คือ ทำให้เห็นผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจน

จากการพิจารณาตามประเภทของบรรจุภัณฑ์ ทั้งจากการแบ่งประเภทตามคุณสมบัติ การแบ่งประเภทตามรูปทรงของบรรจุภัณฑ์และการแบ่งประเภทตามวัสดุที่ใช้ผลิต พบว่าบรรจุภัณฑ์ที่สามารถแทนที่ได้โดยบรรจุภัณฑ์จากแป้งมันสำปะหลัง คือ

1. แผ่นห่อทอฟฟี่ เหตุผลที่บรรจุภัณฑ์จากแป้งมันสำปะหลังสามารถนำมาทดแทนได้ คือ
   - คุณสมบัติในการรีดเป็นแผ่น
   - มีความอ่อนตัวเมื่อเป็นแผ่น สามารถห่อ พับ ให้เข้ากับรูปร่างทอฟฟี่ที่จะห่อได้
   - มีความเหนียวเพียงพอ ไม่ขาดง่าย เมื่อทำการห่อ พับ บิด และไม่ต้องการความเหนียว
   - ความทนทานมาก เพราะเป็นเพียงการห่อเพื่อการแยกชิ้น
   - น้ำหนักเบามากกว่ากระดาษหรือพลาสติก
   - ไม่เป็นพิษทั้งต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม
   - สามารถรับประทานแผ่นห่อทอฟฟี่ได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความสวยงามน่าดึงดูดภายหลังการห่อ สามารถทำให้สวยงามได้โดยการใส่สีผสมอาหารลงไป ในขั้นตอนการผลิต หรือพิมพ์ลายด้วยสีผสมอาหารลงบนแผ่นผลิตภัณฑ์

2. กล่องและถาด ใส่อาหารประเภทฟาสฟู้ด (Fast food) ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้วัสดุจากกระดาษ โฟม พลาสติก และ C-FINE

ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของบรรจุภัณฑ์จากแป้งมันสำปะหลัง สามารถนำมาใช้ทดแทนได้ ได้แก่

- ผิวเรียบ
- ไม่ดูดซึมน้ำมัน และมีความเป็นกลางเหมาะกับการใช้บรรจุอาหาร
- มีความคงตัว (โดยไม่เสียรูปทรงง่าย เมื่อรับน้ำหนักของอาหารที่บรรจุ)
- เป็นฉนวนกันความร้อนเพราะมีโพรงอากาศเล็ก ๆ อยู่มากมาย ซึ่งโพรงอากาศเหล่านี้จะกันความร้อนผ่านออกมา ซึ่งสามารถเก็บอาหารให้อุ่นได้นาน และเก็บได้นานกว่ากล่องกระดาษด้วย
- ไม่เป็นพิษทั้งต่อผู้บริโภค และต่อสิ่งแวดล้อม ซ้ำยังบริโภคบรรจภัณฑ์ได้ด้วย เพราะวัตถุดิบที่ใช้ทำมาจากแป้งมันสำปะหลัง
- น้ำหนักเบา
- มีความยืดหยุ่น ช่วยป้องกันการกระทบกระแทกของสินค้า
- เป็นภาชนะที่ใช้ครั้งเดียวทิ้ง จึงไม่ต้องการความแข็งแรงสูงมาก บรรจุภัณฑ์จากแป้งมันสำปะหลังสามารถรองรับคุณสมบัติข้อนี้ได้
- ทนต่อการขีดข่วนได้ดี (โดยไม่เกิดรอย หรือความเสียหาย)

เมื่อพิจารณาด้านคุณสมบัติเห็นว่าสามารถใช้ผลิตภัณฑ์จากแป้งมันสำปะหลังมาทดแทนกล่องโฟม และกล่องกระดาษที่ใช้บรรจุ fast food ได้เป็นอย่างดี ส่วนด้านปริมาณการใช้พบว่าอาหาร fast food ในประเทศไทยได้รับความนิยมมาก เนื่องมาจาก

1. การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของไทยในปัจจุบัน ส่งผลให้คนไทยมีรายได้สูงขึ้น โอกาสในการเลือกซื้ออาหารจึงสูงขึ้นตามไปด้วย

2. คนไทยยอมรับวัฒนธรรมต่างชาติอย่างจริงจัง ไม่ว่าจะเป็นวิถีการดำรงชีวิต หรือเทคโนโลยีต่าง ๆ

3. ความเร่งรีบในชีวิตประจำวัน

4. รสนิยมในการบริโภคหรือการอยากลองของแปลก ๆ ใหม่ ๆ ของคนไทย

สาเหตุดังกล่าวเป็นตัวการสำคัญที่เข้ามามีส่วนเพิ่มบทบาทของ ฟาสฟู้ดให้มากขึ้นด้วยเหตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้ ทำให้ธุรกิจฟาสฟู้ดขยายตัวอย่างรวดเร็ว ฟาสฟู้ดแต่ละรายมีการขยายสาขาเพิ่มขึ้นทั่วกรุงเทพ และกำลังขยายเข้าสู่ตลาดภูมิภาค

มูลค่าตลาดจากเดิมเพียง	500	ล้านบาทต่อปี ในปี พ.ศ. 2530
มาเป็น	3,000	ล้านบาทต่อปี ในปี พ.ศ. 2534
และมากกว่า	5,500	ล้านบาทต่อปี ในปี พ.ศ. 2537
และเพิ่มเป็น	6,000	ล้านบาทต่อปี ในปี พ.ศ. 2539

โดยมีการเติบโตร้อยละ 20 ต่อปี และแนวโน้มของธุรกิจ นี้ยังคงขยายตัวอีกมาก

ซึ่งแน่นอนว่า ร้านค้าเหล่านี้จำเป็นต้องใช้บรรจุภัณฑ์จำนวนมากตามไปด้วย การที่ตลาด fast food ยังมีอัตราการเจริญที่สูงอยู่ เป็นหลักประกันได้ว่า จะมีตลาดรองรับสินค้าที่จะผลิต ซึ่งมีความต้องการของตลาดสูง และมีระยะเวลานาน

ส่วนการยอมรับของผู้ใช้ มีความเป็นไปได้สูงที่จะยอมรับได้อย่างรวดเร็ว เช่น กรณีตัวอย่างของร้านแมคโดนัลด์ ที่ใช้กระดาษฟอกขาวบรรจุอาหารลูกค้าไม่ชอบ เพราะทำลายสิ่งแวดล้อม แต่ผลิตภัณฑ์จากแป้งมันสำปะหลังนี้ ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังรับประทานได้ด้วย จึงน่าจะไปได้ด้วยดีในตลาดนี้

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของถาดที่สามารถรับประทานได้แล้ว เห็นว่าสามารถนำมาใช้บรรจุ fast food ทดแทนกระดาษ โฟม พลาสติกได้เป็นอย่างดี จากการตอบแบบสอบถามของผู้บริโภคด้านปริมาณจะพบว่าเปอร์เซ็นต์การยอมรับอยู่ในเกณฑ์สูงดังตารางที่ 9 และจะเห็นว่าเราสามารถพบร้านค้าที่ขายอาหาร fast food มีอยู่เกือบทุกแห่ง ซึ่งเป็นข้อพิสูจน์ได้เป็นอย่างดีว่า ธุรกิจ fast food มีผู้บริโภคครอบคลุมเกือบทุกพื้นที่ ไม่ใช่เฉพาะในเมืองเท่านั้น ปัจจุบันได้กระจายไปสู่ภูมิภาคแล้ว ดังนั้นร้านค้าเหล่านี้จึงมีความต้องการบรรจุภัณฑ์จำนวนมาก บรรจุภัณฑ์จากแป้งมันสำปะหลังก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ไม่มีผลเสียต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม และไม่ต้องมีภาระเรื่องขยะอีกด้วย โครงการผลิตบรรจุภัณฑ์จากมันสำปะหลังจึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะพัฒนาให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ

<u>ตารางที่ 9</u> เปอร์เซ็นต์การยอมรับบรรจุภัณฑ์ที่ทำมาจากแป้งมันสำปะหลังที่สามารถรับประทานได้และย่อยสลายได้ง่ายมาใช้แทนกล่องโฟม

กลุ่มอายุ 15-20 ปี จากการสุ่มตัวอย่าง n = 240 คน

	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
กลุ่มที่เคยได้ยิน	25.00%	0.80%
กลุ่มที่ไม่เคยได้ยิน	74.20%	0.00%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มอายุ 21-25 ปี จากการสุ่มตัวอย่าง n = 300 คน

	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
กลุ่มที่เคยได้ยิน	30.00%	0.67%
กลุ่มที่ไม่เคยได้ยิน	66.70%	2.67%

กลุ่มอายุ 26-30 ปี จากการสุ่มตัวอย่าง n = 260 คน

	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
กลุ่มที่เคยได้ยิน	27.30%	0.77%
กลุ่มที่ไม่เคยได้ยิน	71.50%	0.38%

กลุ่มอายุ 31 ปี ขึ้นไป จากการสุ่มตัวอย่าง n = 200 คน

	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
กลุ่มที่เคยได้ยิน	28.00%	2.00%
กลุ่มที่ไม่เคยได้ยิน	68.00%	2.00%

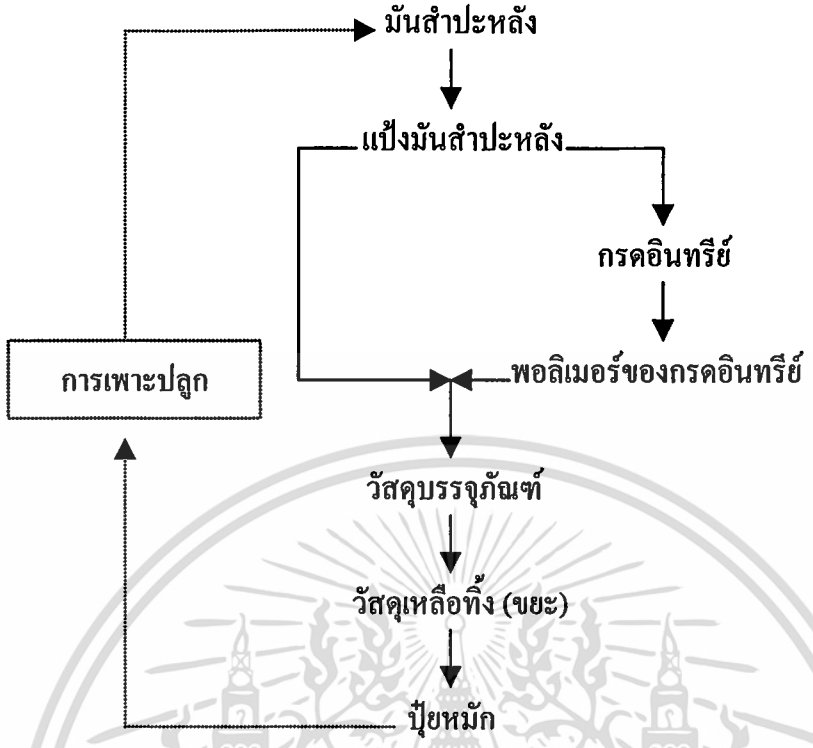
สรุปจากการสุ่มตัวอย่าง n = 1,000 คน

	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
กลุ่มที่เคยได้ยิน	27.70%	1.00%
กลุ่มที่ไม่เคยได้ยิน	70.00%	1.30%

ที่มา : พรทิพย์ ฐานมั่น, 2543 : 45-50

ก่อนที่จะมีการนำมันสำปะหลังมาแปรรูปอะไรก็ตาม ต้องมีวัตถุประสงค์ในการทำ มีหลักการและเหตุผล จึงต้องมีการพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ให้ดี สิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญที่ควรจะพิจารณา คือ แป้งที่มีอยู่ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลัก คือ ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ในหัวมันสด และจากการศึกษาค้นคว้าในสหรัฐอเมริกา ซึ่งใช้วัตถุดิบ คือแป้งข้าวโพดนั้น มีแนวทางที่สามารถใช้ในการพัฒนาอุตสาหกรรมของแป้งมันสำปะหลังได้ โดยมีแนวทางการพัฒนา ดังแผนภาพที่ 18

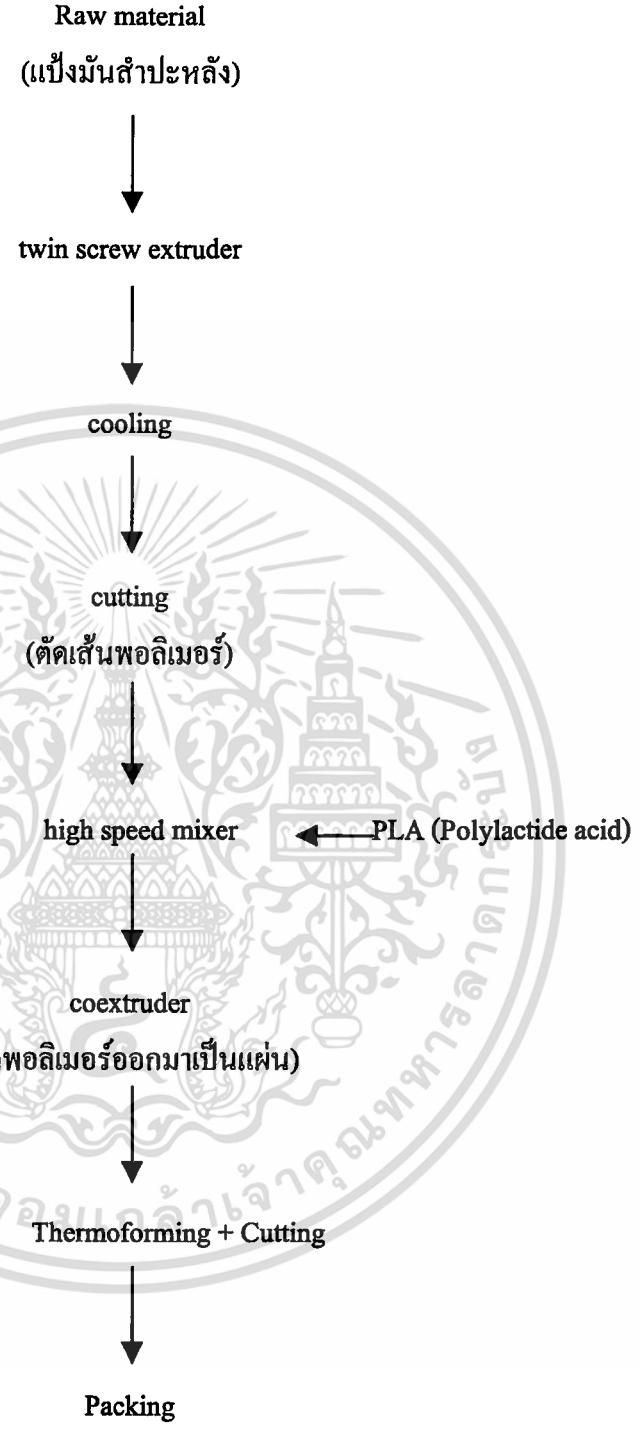
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 18 การพัฒนาผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังครบวงจร
ที่มา : พรทิพย์ ฐานมั่น, 2543 : 63

ปัจจุบันได้มีการศึกษา วิจัยเกี่ยวกับมันสำปะหลัง ได้นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ การนำแป้งมันสำปะหลังมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์ ก็เป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ผู้คนให้ความสนใจกันเป็นอย่างมาก เพราะเป็นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถรับประทานได้ ก่อนที่จะแปรรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ก็ต้องมีการศึกษาถึงขั้นตอนการผลิตให้ดีเสียก่อน ดังที่ได้สรุปกรรมวิธีการผลิตบรรจุภัณฑ์จากแป้งมันสำปะหลังดังภาพที่ 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 19 กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์จากแป้งมันสำปะหลัง

ที่มา : พรทิพย์ ฐานมั่น, 2543 : 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ขั้นตอนการผลิตบรรจุภัณฑ์จากแป้งมันสำปะหลัง

1. สูบแป้งมันลงไปใน Hopper ของเครื่อง twin screw extruder ซึ่งเครื่อง twin screw extruder จะมีข้อเหนือกว่าเครื่อง single screw extruder คือ

- ใช้ได้ดีกว่าสำหรับส่วนผสมที่มีความหนืดมาก
- สามารถใช้ได้กับวัตถุดิบที่มีความชื้นได้ในช่วงกว้างขึ้น

เครื่อง twin screw extruder จะมีทั้งหมด 7 head เรียงลำดับกัน จากท้ายเครื่องไปสู่หัวเครื่อง

2. สกรูจะหมุนพาส่วนผสมจากท้ายเครื่องไปสู่หัวเครื่องพร้อม ๆ กับปล่อยน้ำเข้าไปผสมกับส่วนผสมที่หัวที่ 2 โดยอัตราไหลของน้ำ ประมาณ 11.5 กรัม/นาที และให้ความร้อนกับส่วนผสมที่อยู่ใน extruder ซึ่งความร้อนนี้มาจาก 4แหล่งคือ

ความร้อนจากการตั้งค่าในเครื่อง เป็นความร้อนจากภายนอก ส่งผ่าน barrel โดยการนำความร้อน

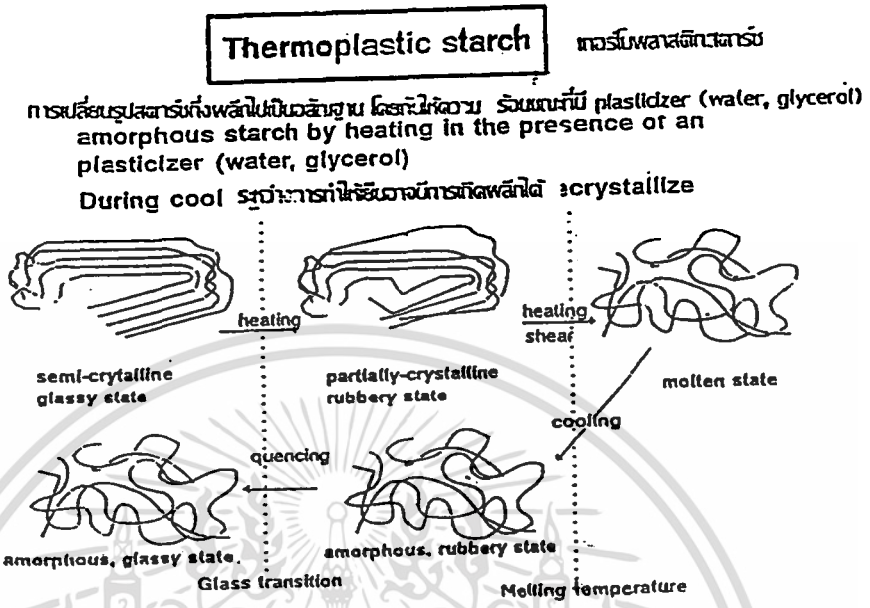
ความร้อนจากแรงเสียดทาน ระหว่างผสมกับสกรูระหว่างที่หมุน

ความร้อนจากแรงเสียดทานระหว่าง ส่วนผสมกับผนัง extruder barrel เนื่องจากแป้งอยู่ในช่องว่างที่จำกัด

ความร้อนจากแรงเสียดทานระหว่างสกรู 2 ตัวที่อยู่ภายใน barrel

โดยอุณหภูมิและความดันจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อส่วนผสมเข้าสู่หัวเครื่อง ส่วนผสมจะเปลี่ยนรูปสตาร์ชกึ่งผลึก ไป เป็น อสัญฐานโดยการให้ความร้อนขณะที่มี Plasticizer (water glycerol) ดูภาพที่ 20 ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>ภาพที่ 20</u> ขั้นตอนการเปลี่ยนสภาพจากสตาร์ชกึ่งผลึกไปเป็นอสัญฐาน

ที่มา : พรทิพย์ ฐานมั่น, 2543 : 80

ฉีดส่วนผสมผ่าน die ซึ่งต่อ barrel ให้ยาวออกไป ทั้งนี้เพื่อค่อย ๆ ลดความดัน ของส่วนผสมที่เพิ่งออกมาจากหัว die ให้เข้าใกล้ความดันบรรยากาศ เพื่อที่เส้นพอลิเมอร์จะไม่เกิดการโป่งพองเมื่อออกสู่บรรยากาศ จากขั้นตอนนี้ก็จะได้ "thermoplastic starch" ซึ่งเป็นเส้นยาวออกมา

3. ทำการหล่อเย็นเส้น "thermoplastic starch" อาจหล่อเย็นด้วยน้ำหรือลมก็ได้

4. ตัดเส้น "thermoplastic starch" ให้เป็นเม็ดสั้น ๆ

5. อบเม็ดให้แห้งก็จะได้เม็ดพอลิเมอร์ จากธรรมชาติ (biopolymer) หรือเรียกว่า "granurate " พร้อมที่จะนำไปแปรสภาพแทนการใช้เม็ดพลาสติก

6. ผสม "thermoplastic starch" กับ PLA (Polylactide acid) ให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง high speed mixer

ในอัตราส่วน granurate : Polylactide acid

คือ 90 : 10

<u>หมายเหตุ</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Polylactide acid เป็นโพลีเมอร์ของกรดอินทรีย์ที่ได้มาแป้งหรือเป็นกรดที่มีอยู่ในผักดองที่ใช้รับประทานโดยทั่ว ๆ ไป ซึ่งสามารถรับประทานได้

7. เป็นขั้นตอนการนำส่วนผสมจาก high speed mixer มารีดเป็นแผ่น โดยผ่านเครื่อง co-extruder แผ่นพอลิเมอร์ที่ได้จะใช้สายพานแบบลูกกลิ้งส่งต่อไป ทำการขึ้นรูปขั้นตอนที่ 8

8. เป็นขั้นตอนในการขึ้นรูปด้วยการขึ้นรูปร้อน และใช้แรงอัดช่วย โดยให้ความร้อนแก่แผ่นพอลิเมอร์แล้วทำการปั๊มขึ้นรูป โดยใช้เครื่อง thermoforming และเครื่องจะทำการตัดแต่งโดยอัตโนมัติเมื่อออกจากครื่องก็จะได้บรรจุภัณฑ์ที่เสร็จสมบูรณ์

บรรจุภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้จะมีความชื้น 8-10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่า 13 เปอร์เซ็นต์ จะไม่ขึ้นรา หรืออาจเคลือบสารกันความชื้นจำพวก “ซอร์เบต” (ซึ่งเป็นสารที่ใช้ผสมในอาหาร) ในอัตราส่วนที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) จำกัด

9. บรรจุภัณฑ์เป็นหีบห่อ พร้อมส่งมอบให้ลูกค้า

4.6 การขึ้นรูปภาชนะบรรจุ

ภาชนะบรรจุย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งขึ้นรูปโดยอาศัยหลักการเจลาติไนเซชันของสตาร์ช จึงเรียกภาชนะนี้ว่า Gelatinized starch puff ซึ่งมีลักษณะคล้ายโฟมพลาสติก การขึ้นรูปภาชนะบรรจุนี้จะใช้แป้งที่มีลักษณะเป็นโด เมื่อถูกความร้อนสูง น้ำจะกลายเป็นไอในขณะขึ้นรูป จึงเกิดการพองตัวเนื่องจากแรงดันของไอน้ำ เมื่อเย็นตัวจะมีโครงสร้างแข็ง มีโพรงอากาศภายในความหนาแน่นต่ำ สามารถขึ้นรูปได้หลายลักษณะ เช่น ถาด ถ้วย และแก้ว การใช้งานจะใช้ทดแทนโฟมที่ทำจากพอลิสไตรีน อาจมีการใส่สารเติมแต่งเพื่อพัฒนาคุณสมบัติ เช่น เติมเส้นใยเพื่อความแข็งแรง และการเคลือบสารเคลือบที่ย่อยสลายได้และปลอดภัย เพื่อเพิ่มความทนทานต่อความชื้นและน้ำ เป็นต้น

การขึ้นรูปภาชนะจากวัตถุดิบ ที่ย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ สามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการขึ้นรูป และต้องควบคุมอุณหภูมิ เวลา ให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ภาชนะบรรจุที่คงรูป และเหมาะสมในการใช้งาน ซึ่งการขึ้นรูปที่รวดเร็วเป็นที่ต้องการในระดับอุตสาหกรรม วิธีการขึ้นรูปภาชนะบรรจุมีหลายวิธี คือ

1. วิธีเอกซ์ทรูชัน (extrusion)

(David, 1994 : 533-536) ได้ศึกษาการขึ้นรูปภาชนะบรรจุด้วยวิธีเอกซ์ทรูชันโดยประกอบด้วย แป้งและสตาร์ชจากข้าวโพด ข้าว มันฝรั่ง มันสำปะหลัง และข้าวสาลี ร้อยละ40-80 และร้อยละ 20-60 ร้อยละ 15-25 สารเติมแต่ง เช่น เคซีน เซอีน ซอร์บิทอล ซูโครส กลีเซอรอล ร้อยละ 10 ส่วนผสมในเอกซ์ทรูชันคุกเกอร์ อุณหภูมิประมาณ 120-140 องศาเซลเซียส ความดัน 50-100 psi (ปอนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อตารางนิ้ว) ความชื้นร้อยละ 10-12 ขึ้นรูปโดยการฉีดเข้าแม่พิมพ์ แล้วเคลือบด้วยสารที่ป้องกันน้ำ เช่น เคซีน เซอีน และอัลจิเนต ทำให้แห้ง และทำให้เย็น ภาชนะที่ได้มีความแข็ง น้ำหนักเบา คงทนต่ออุณหภูมิ –40 ถึง 160 องศาเซลเซียส

(Romano, et al., 1994 : 20-32) ศึกษาการขึ้นรูปภาชนะด้วยวิธีเอกซ์ทรูชัน โดยใช้ส่วนผสมที่ประกอบด้วย สตาร์ชร้อยละ 96-99 มีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 24-30 กรดอ่อนร้อยละ 0.5-1 เช่น กรดซิตริก และกรดแอซิติก น้ำมันพืชร้อยละ 0.5-1.5 ใช้ extruder-twin screw ผสมให้เกิดเจลและอัดออกจากหน้าแปลน ที่ความดัน 100-120 บาร์ อุณหภูมิ 145-150 องศาเซลเซียส ได้ภาชนะบรรจุที่มีความหนาแน่นต่ำ

2. วิธีทอด (frying)

เตรียมภาชนะบรรจุจากมันฝรั่ง ที่ขึ้นรูปเป็นรูปถ้วยมีขอบโค้งด้านบน แล้วนำไปทอดในน้ำมัน จะได้ภาชนะบรรจุรับประทานได้ นำมาใช่ใส่อาหาร เช่น ไส้กรอก บะหมี่ ผัก เป็นต้น

3. วิธีอัดร้อน (thermal compression)

การขึ้นรูปแบบอัดร้อนใช้แม่พิมพ์ แบบ compression molding เป็นการขึ้นรูปแบบประกบที่มีราคาถูกที่สุดและง่ายที่สุดในการทำพอลิเมอร์ (Josef, et al., 1992 : 124-139) แม่พิมพ์มี 2 ชิ้น คือ แม่พิมพ์ตัวผู้และแม่พิมพ์ตัวเมีย ภายในพิมพ์จะมีขดลวดหรือน้ำมันเป็นตัวให้ความร้อน การขึ้นรูปจะใส่วัตถุดิบในแม่พิมพ์ตัวเมียและปิดแม่พิมพ์ตัวผู้ลงมามีทั้งความร้อนและความดัน ทำให้เกิดการหลอมละลายพร้อมกับถูกอัดขึ้นรูปจะมีส่วนที่เหลือถูกขับออกมาบริเวณด้านข้างแม่พิมพ์ ในระหว่างการอักจะเกิดไอน้ำ มีผลทำให้เกิดแรงดันสูงขึ้นอาจมีผลทำให้แม่พิมพ์เผยอขึ้นเล็กน้อยเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปต้องเพียงพอให้ชิ้นงานแข็งตัว แต่ถ้านานเกินไปชิ้นงานจะกรอบและเกิดการไหม้เกรียม สำหรับการขึ้นรูปแบบอัดนี้จะเป็นหลักการของการหล่อแบบเทอร์โมเซต โดยชิ้นงานที่ได้จะไม่สามารถนำไปขึ้นรูปใหม่ได้ (Charles,1992 : 241-243)

ในปี 1993 ได้มีการเตรียมภาชนะใส่ขนมหวานแช่แข็งและโดนไอศกรีมจากก้อนแป้งคุกกี้ขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์ 2 ชิ้น และมีช่องให้ก๊าซและความชื้นออกมาระหว่างอบ โดยแม่พิมพ์ตัวเมียและแม่พิมพ์ตัวผู้มีอุณหภูมิระหว่างขึ้นรูป 140-160 องศาเซลเซียส การขึ้นรูปจะเริ่มจากใส่ก้อนแป้งในพิมพ์ตัวเมียประมาณ 1 นาทีแล้วจึงปิดแม่พิมพ์ตัวผู้ลงใช้เวลาประมาณ 2 นาที ซึ่งระหว่างการขึ้นรูปนี้แม่พิมพ์ตัวผู้จะถูกดันขึ้นมาเล็กน้อยเนื่องจากมีการปล่อยก๊าซและไอน้ำออกจากโด ภาชนะที่ขึ้นรูปได้มีความหนาประมาณ 3.1 มิลลิเมตร ต่อมาในปี 1994 (David, 1994 : 620) เตรียมภาชนะใส่ขนมหวานแช่แข็งจากโดที่ประกอบด้วยน้ำตาล น้ำมัน แป้งและน้ำที่ทำให้เป็นแผ่นแล้วนำไปอบบนแผ่นให้ความร้อนจนมีความชื้นประมาณร้อยละ 3 หลังจากนั้นพ่นน้ำจนมีความชื้นร้อยละ 10-15 ซึ่งแต่ละแผ่นจะเกิดความเหนียว นำมาประมาณ 10 แผ่น มาประกบติดกันเป็นชั้น ๆ ด้วยซิลิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15 ซึ่งแต่ละแผ่นจะเกิดความเหนียว นำมาประมาณ 10 แผ่น มาประกบติดกันเป็นชั้น ๆ ด้วยซิลิโคน และนำไปขึ้นรูปโดยการอัดร้อนที่อุณหภูมิแม่พิมพ์ประมาณ 180 องศาเซลเซียส เวลา 20-35 วินาที จะได้ภาชนะบรรจุที่สามารถแช่แข็งได้

(Wilkerson , 1994 : 250) ขึ้นรูปภาชนะบรรจุจากข้าวโพดและน้ำแป้งที่ผสมกัน ขึ้นรูปโดยการอัดร้อนด้วยแม่พิมพ์ 2 ชิ้น โดยข้าวโพดดั่วจะทำได้โดยโครงสร้างที่แข็งแรงของภาชนะบรรจุ (Borbely , 1995 : 192-193) เตรียมภาชนะบรรจุโดยมีส่วนผสมจากข้าวสาลีบดร้อยละ 60-88 ,รำข้าวสาลีร้อยละ 20 , สตาร์ชข้าวโพดร้อยละ 1-5 ,โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตร้อยละ 0.4-1.5 , นมผงร้อยละ 0.5-1.2 ,ไข่แดงร้อยละ 0.3-1.2 ,ไขมันหมูร้อยละ 0.3-1.2 และน้ำไม่เกินร้อยละ 10.1 ขึ้นรูปโดยการอัดด้วยแม่พิมพ์ 2 ชิ้น ที่อุณหภูมิ 180-190 องศาเซลเซียส ความดัน 6 บาร์ ภาชนะบรรจุที่ได้สามารถทนต่ออุณหภูมิตั้งแต่แช่แข็ง แช่เย็น และสามารถอุ่นในเตาไมโครเวฟได้ และสามารถบรรจุน้ำได้นาน 35-40 นาที โดยไม่เสียรูปทรง มีคุณสมบัติต้านทานการซึมผ่านของไขมันได้ดี การขึ้นรูปสามารถขึ้นรูปได้หลายรูปแบบขึ้นกับแม่พิมพ์ เช่น ถาด จาน และแก้ว

(สายสนม ประดิษฐ์ดวงและงามทิพย์ ภู่วโรดม, 2541 : 57) ได้ค้นพบภาชนะบรรจุที่ย่อยได้ทางชีวภาพที่ทำจากแป้งมันสำปะหลัง ขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดร้อนด้วยแม่พิมพ์ 2 ชิ้น ภาชนะบรรจุที่ได้มีความหนาแน่นต่ำ สามารถขึ้นรูปได้หลายลักษณะ เช่น ถาด ถ้วย และแก้ว นำไปใช้ทดแทนฟิล์มพลาสติก

5. คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxy methyl cellulose)

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส หรือที่เรียกกันว่า ซีเอ็มซี (Carboxymethylcellulose, CMC) ซึ่งจัดเป็นพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำได้ มีสมบัติคือ เป็นสารที่เพิ่มความหนืด และช่วยในการยึดเกาะ ละลายได้ในน้ำ ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ ไม่เปลี่ยนแปลงความหนืด เมื่อทิ้งไว้นานๆ ทำหน้าที่เป็นตัวคงสภาพ สารแขวนลอยและสารยึดเกาะ ให้ฟิล์มที่ใสและแข็งแรง ไม่ละลายในน้ำมัน ไขมันและสารอินทรีย์ มีความคงทนต่อสารเคมี และเชื้อจุลินทรีย์สูงกว่าสารธรรมชาติ ไม่เปลี่ยนแปลงสมบัติแม้เก็บไว้เป็นเวลานาน และเป็นสารที่มีแคลอรีต่ำปัจจุบันพบว่ามีการนำซีเอ็มซีไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ดังนี้ อุตสาหกรรมผงซักฟอก , อาหาร , การขุดเจาะ, สิ่งทอ , กระดาษ , ยาและเวชภัณฑ์ สีทา เซรามิก กาว และมีแนวโน้มที่จะขยายตัว ในด้านอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะอาหารและเครื่องดื่ม ที่มีแคลอรีต่ำเพื่อการลดน้ำหนัก นอกจากนี้ยังนำซีเอ็มซีไปใช้ ในอุตสาหกรรมอื่นๆ อีก เช่น อุตสาหกรรมไม้อัด ซีเมนต์ ลวดเชื่อมไฟฟ้า ดินสอ วัตถุระเบิด บุหรี่ หนัง ยาง เครื่องสำอาง ของใช้ประจำบ้าน ได้แก่ ยาสีฟัน โฟมล้างหน้า โลชั่นและอื่น ๆ ซึ่งควรจะมีการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สีผสมอาหาร

ปัจจัยที่สำคัญปัจจัยแรกที่ช่วยดึงดูดให้ผู้บริโภคอยากซื้อสินค้าก็คือ สี ไม่ว่าจะเป็นสินค้าอะไรก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากสีเป็นปัจจัยแรกที่กระทบประสาทสัมผัสของผู้บริโภค และเป็นคุณลักษณะที่แสดงคุณภาพของสินค้าต่าง ๆ ให้ปรากฏแก่ผู้บริโภค อาหารก็เช่นเดียวกัน ฉะนั้นผู้บริโภคจึงมักตัดสินใจซื้อสินค้าด้วยสีของอาหารนั้นโดยอาศัยสีช่วยบอกคุณภาพของกลิ่น รสและลักษณะเนื้อสัมผัส ผู้ผลิตจึงพยายามใช้สีผสมอาหารต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นสีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์แต่งผลิตภัณฑ์อาหารนั้นให้มีสีใกล้เคียงกับอาหารธรรมชาติ ทั้งนี้เพื่อดึงดูดใจผู้บริโภค

วัตถุประสงค์ของการใช้สีผสมอาหาร

1. เพื่อช่วยแต่งสีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์อาหารที่อาจสูญเสียไปเนื่องจากขบวนการแปรรูปหรือการเก็บรักษา
2. เพื่อช่วยแต่งสีของผลิตภัณฑ์อาหารให้มีความสม่ำเสมอ
3. เพื่อเป็นการช่วยผู้บริโภคให้สามารถจำแนกกลิ่นรสของอาหารชนิดนั้น
4. เพื่อเป็นการช่วยให้ผู้บริโภคสามารถประเมินคุณภาพของอาหารชนิดนั้นได้
5. เพื่อช่วยป้องกันกลิ่น รสและวิตามินชนิดที่ถูกทำลายได้ง่ายด้วยแสงในระหว่างการเก็บรักษา
6. เพื่อช่วยให้อาหารมีลักษณะน่าบริโภค
7. เพื่อช่วยเพิ่มความเข้มของสีธรรมชาติ เมื่อสีในผลิตภัณฑ์มีสีอ่อนกว่าที่ควรจะเป็น

สีที่นิยมใช้ในอาหาร โดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด

1. สีจากธรรมชาติ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสีที่สกัดได้จากพืชหรือสัตว์ที่บริโภคได้ เช่น anthocyanins, carotenoids และคลอโรฟิลล์ เป็นต้น มักเป็นสีที่ไม่ค่อยคงตัว และมักจะต้องใช้ในปริมาณค่อนข้างมาก
2. สีสังเคราะห์ เป็นสีที่สังเคราะห์ขึ้นจากสารเคมีต่าง ๆ เป็นสีที่ค่อนข้างคงตัว และใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยก็จะให้สีตามต้องการได้ ตัวอย่างของสีสังเคราะห์ที่มีใช้กัน ได้แก่ Azorubine, Erythrosine และ Tartarzine เป็นต้น
3. สีอนินทรีย์ ที่สำคัญได้แก่ titanium dioxide, iron oxide และผงถ่านที่ได้จากการเผาพืช เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

ก. วัตถุดิบ สารเคมี และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานทดลอง

วัตถุดิบ

1. ผงบุก
2. น้ำ
3. สีผสมอาหาร
4. เนย

สารเคมี

1. Carboxy methyl cellulose (CMC)

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. แท่งแก้วคนสาร
3. ช้อนตักสาร
4. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
5. hot plate
6. cylinder
7. เครื่องชั่งหยาบ
8. เครื่องชั่งละเอียด
9. กระถาง
10. ช้อน

ข. อุปกรณ์ที่ใช้ทำรูปเล่มปัญหาพิเศษ

1. กระดาษ A4
2. อุปกรณ์เครื่องเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แผ่นดิสก์
4. คอมพิวเตอร์

2. วิธีการ

การผลิตภาชนะบรรจุ หรือกระถาง จากแป้งบุก เพื่อจะนำเอาของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งบุกมาใช้ประโยชน์ ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัด และช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับของเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งบุก โดยมีการทดลองใช้แป้งบุกในการทดแทนแป้งมันสำปะหลัง และใช้ Carboxy methyl cellulose แทน Polylactide acid และ มีการเติมสีผสมอาหารลงไปด้วยเพื่อให้เป็นที่ยอมรับต่อผู้บริโภค

2.1 กรรมวิธีการผลิตภาชนะบรรจุ จากแป้งบุก

แผนการทดลองที่ 1

ในการทดลองครั้งแรก ได้ทดลองใช้แป้งบุกกับน้ำในอัตราส่วน 20 : 25 g และใช้ Carboxy methyl cellulose กับน้ำในอัตราส่วน 40 : 100 g

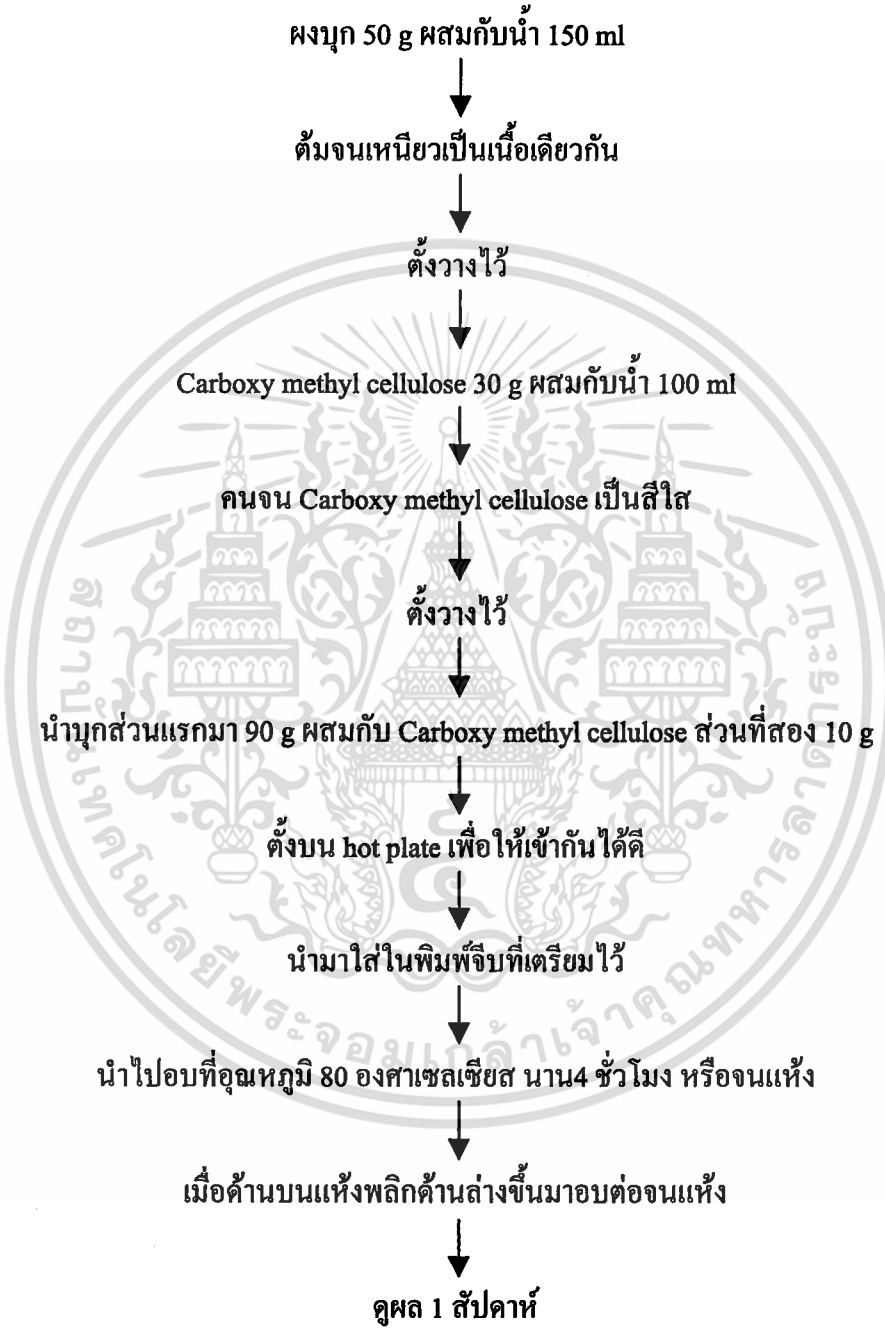
จากการทดลองนำแป้งบุกมาผสมกับน้ำ จะให้ความหนืดที่พอดี ส่วน Carboxy methyl cellylose เมื่อนำมาผสมกับน้ำแล้ว ให้ความหนืดสูงมากจนไม่สามารถคนให้เป็นเนื้อเดียวกันได้ ถึงแม้จะใช้อุณหภูมิสูงถึง 50 องศาเซลเซียส เพราะปริมาณน้ำที่ใช้น้อยเกินไป ซึ่งเป็นปัญหาแรกของการทดลองครั้งนี้ ส่วน Carboxy methyl cellulose เมื่อผสมกับน้ำแล้วจะเกิดการพองตัวทำให้เมื่อมีน้ำน้อยก็ไม่สามารถละลายได้

ได้มีการแก้ไขโดยเปลี่ยนจากการใช้ Carboxy methyl cellulose เป็น Polyvinyl alcohol แทน เป็นสารที่มีคุณสมบัติคล้ายกัน เมื่อละลายน้ำจะทำให้เกิดความหนืด เป็นเจล โดยอัตราส่วนที่ใช้คือ Polyvinyl alcohol 10 g ใช้น้ำ 90 ml แล้วนำไปต้ม ครั้งแรกต้ม 4.45 นาที Polyvinyl alcohol จึงละลาย เป็นเนื้อเดียวกันได้ จากนั้นจึงพักไว้ก่อน แล้วนำแป้งบุกมาละลายน้ำ โดยใช้แป้งบุก 40 g และน้ำ 50 ml เมื่อเข้ากันดีแล้ว นำมาผสมกับ Polyvinyl alcohol ที่ผสมกับน้ำแล้ว โดยใช้อัตราส่วน Polyvinyl alcohol กับ ผงบุกที่ละลายน้ำไว้ คือ 10 g : 90 ml เมื่อคนผสมเข้ากันดีแล้ว ปรากฏว่า มีเนื้อสัมผัสเหลว ไม่หนืด จึงมีการทดลองซ้ำอีกครั้งโดยใช้ Polyvinyl alcohol 30 g ผสมกับน้ำ 70 ml ใช้เวลาในการต้ม 3.30 นาที แล้วคนให้เข้ากัน จากนั้นนำมา 10 g ผสมกับผงบุกที่ได้ผสมกับ Polyvinyl alcohol แล้วทำให้เหลวในครั้งแรก เมื่อผสมกับ Polyvinyl alcohol อีก 10 g ทำให้เหลวกว่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนการทดลองที่ 2

แสดงตามแผนภาพต่อไปนี้



<u>ภาพที่ 21</u> ขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ ในแผนการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก ภาพที่ 21 ขั้นแรกนำผงบุกมา 50 g ผสมกับน้ำ 150 ml แล้วนำไปตั้งบน hot plate ซึ่งปรับเปลี่ยนจากแผนการทดลองครั้งแรก ซึ่งไม่ได้ตั้งบน hot plate เพียงแค่คนให้เข้ากัน เนื่องจากว่าเราเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจะทำให้แป้งบุกดูดน้ำได้ดีขึ้นและเข้ากันได้ดีกว่าเดิม เนื้อของแป้งบุกจะมีลักษณะที่ละเอียดกว่าด้วย เมื่อต้มแป้งบุกกับน้ำจากนั้นก็คนให้เข้ากันจนหนืด แล้วพักส่วนนี้ไว้ก่อน

ขั้นที่สอง นำ Carboxy methyl cellulose 30 g มาผสมกับน้ำ 150 ml แล้วนำไปตั้งบน hot plate เช่นกัน คนจนสาร Carboxy methyl cellulose เป็นเนื้อเดียวกัน และมีสีใส ยกลงจาก hot plate พักไว้ก่อน

ขั้นที่สาม นำแป้งบุกที่ละลายน้ำในขั้นแรกมา 90 g และนำ Carboxy methyl cellulose ที่ละลายน้ำในขั้นที่สองมา 10 g ผสมกัน โดยคนให้เข้ากัน แล้วนำไปตั้งบน hot plate เพื่อให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้นและมีการละลายเพิ่มขึ้นด้วย จากนั้นนำมาใส่ในพิมพ์ถ้วยขนมแบบจีบ โดยให้มีช่องว่างตรงกลาง ทาให้หนาประมาณ 3 มิลลิเมตร แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อน ใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ประมาณ 4 ชั่วโมง หรือจนแห้ง เมื่อด้านบนแห้งให้พลิกด้านล่างขึ้นมา แล้วอบต่อจนแห้ง แล้วทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ เพื่อตรวจสอบผลของภาชนะบรรจุที่ได้

แผนการทดลองที่ 3

จากแผนการทดลองที่ 2 มีข้อเสียที่ต้องปรับปรุงคือ สีของผลิตภัณฑ์มีสีดำเข้มเกินไป จึงมีการวางแผนการทดลองใหม่ เพื่อที่จะทำให้สีของภาชนะบรรจุมีสีอ่อนลง โดยทดลองเติมสีผสมอาหารลงไป โดยทดลองใช้สีแดง นำมาผสมในแป้งบุกโดยใช้ 1 % และ 2% ทดลองโดย นำสีผสมอาหารผสมกับน้ำ แล้วผสมกับแป้งบุกอีกที คนให้เข้ากัน โดยใช้ 2 บีกเกอร์ บีกเกอร์แรกใส่สีผสมอาหาร 1% และ บีกเกอร์ที่สองใส่สีผสมอาหาร 2% ปรากฏว่าสีของแป้งบุกยังมีสีเข้มอยู่ และสีจะออกสีแดงดำมากเกินไป ซึ่งคาดว่าผู้บริโภคจะไม่ยอมรับในภาชนะบรรจุที่จะนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร และปริมาณสีที่เติมลงไป 1 % และ 2 % ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก

ดังนั้นจึงมีการปรับปรุง โดยการใช้สีผสมอาหารที่เป็นสีเหลือง ซึ่งคาดว่าจะให้สีอ่อนลง โดยทำการทดลองดังนี้คือ นำสีผสมอาหารสีเหลืองมา 1% และ 2% เหมือนสีแดง คิดเทียบจากปริมาตรของน้ำที่ผสมในแป้งบุก คือใส่น้ำ 150 ml ถ้าใส่สีผสมอาหาร 1% เมื่อเทียบออกมาจะได้ 1.5 g ถ้าสีผสมอาหาร 2% จะได้ 3 g เมื่อผสมสีผสมอาหารลงไปแล้ว สีจะใกล้เคียงกัน แต่ 2%จะทำให้แป้งบุกมีสีที่อ่อนกว่าเล็กน้อย จากการทดลองจึงสรุปได้ว่า ใช้สีผสมอาหาร 2% เพราะให้สีของแป้งบุกอ่อนกว่า 1% สรุปได้ดังแผนภาพดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 22 ขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ ในแผนการทดลองที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนการทดลองที่ 4

จากแผนการทดลองที่ 3 พบว่า เมื่อใส่สีผสมอาหาร (สีเหลือง) ลงไปในแป้งบุกแล้ว เมื่อนำไปอบก็ยังให้สีน้ำตาลดำ แต่จะมีสีอ่อนลงกว่าไม่เติมสีผสมอาหารเล็กน้อย เนื่องจากว่าถ้านำไปบรรจุอาหารจริง ๆ ผู้บริโภคคงจะไม่ให้การยอมรับสำหรับบรรจุภัณฑ์นี้ เมื่อมองแล้วทำให้อาหารไม่น่ารับประทาน ซึ่งเมื่อเกิดปัญหาขึ้นในแผนการทดลองที่ 3 ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนสีของภาชนะบรรจุให้อ่อนลงได้ ดังนั้นจึงมีการแก้ไขดังนี้ คือ แทนที่จะผลิตเป็นภาชนะบรรจุอาหาร นำมาทำเป็นกระถางปลูกต้นไม้แทน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคไม่ได้เน้นสีสันมากมาย จะเน้นที่ประโยชน์การใช้สอยมากกว่า ดังนั้นในแผนการทดลองนี้ จึงได้นำแป้งบุกที่ผสมน้ำแล้ว และ Carboxy methyl cellulose ที่ผสมน้ำแล้วเช่นกัน มาทำเป็นกระถางโดยมีขั้นตอนการทำเหมือนกับทำถ้วยทุกอย่าง เพียงแต่เปลี่ยนจากพิมพ์ที่เป็นถ้วยมาเป็นพิมพ์จากกระถางปลูกต้นไม้

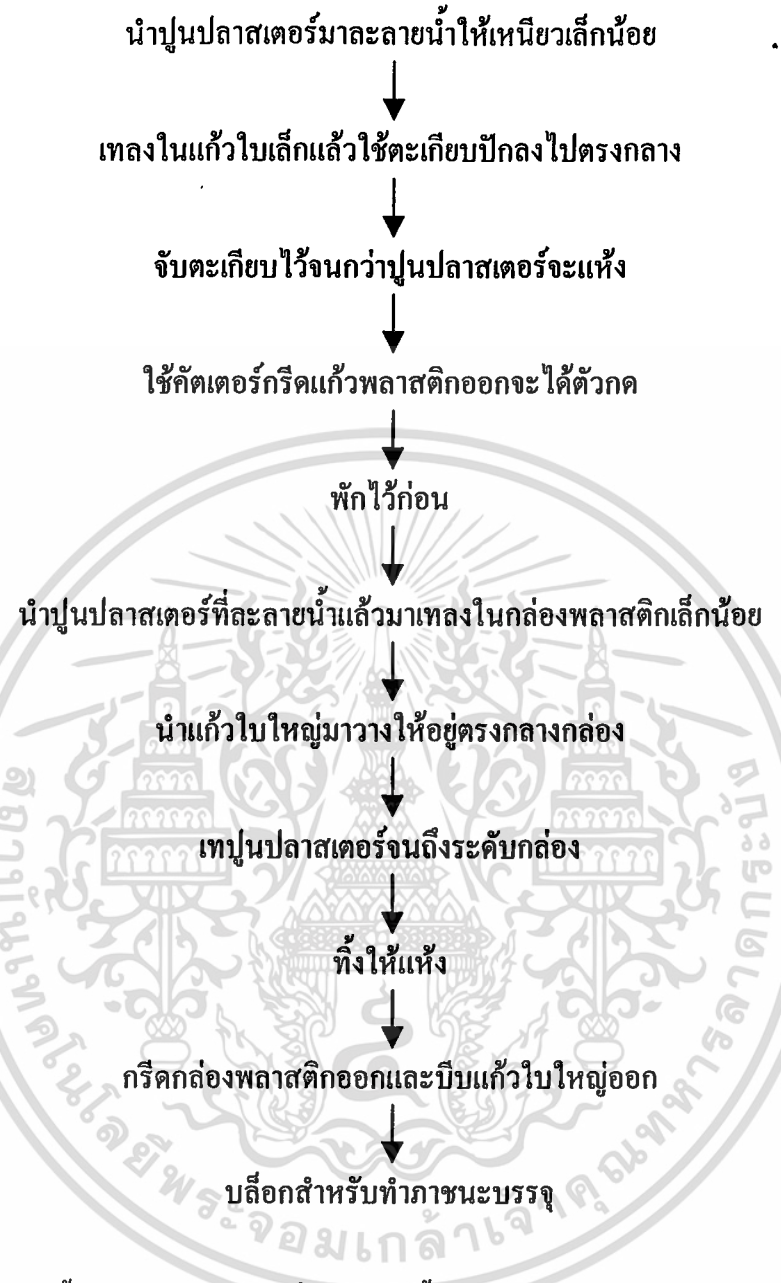
แผนการทดลองที่ 5

จากแผนการทดลองที่ 4 ไม่สามารถแกะส่วนผสมออกมาจากกระถางได้ จึงมีการวางแผนโดยการใช้เนยทาให้ทั่วด้านในของกระถาง ซึ่งเมื่อเนยโดนความร้อนจะได้ละลายลงไปถึงก้นกระถาง ซึ่งคาดว่าน่าจะแกะออกได้ง่ายกว่าเดิม และนอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงเรื่องของสี โดยใช้สีแดงผสมกับสีเหลือง ใช้อัตราส่วนสีแดงต่อสีเหลือง 2 กรัม : 1 กรัม และขั้นตอนอื่น ๆ ยังเหมือนเดิม เมื่อผสมกับแป้งบุกแล้วจะได้สี

แผนการทดลองที่ 6

จากแผนการทดลองที่ผ่านมา พบว่าในการทำภาชนะบรรจุไม่สามารถเปลี่ยนแปลงในด้านสีได้ ในแผนการทดลองนี้จึงได้มีการวางแผนโดยเปลี่ยนจากการปรับปรุงในด้านสีไปเป็นการปรับปรุงในด้านความเรียบของภาชนะบรรจุ ได้มีการทำบล็อกขึ้นมา ซึ่งในการทำบล็อกนี้ใช้ปูนปลาสเตอร์เป็นวัตถุดิบ ส่วนวัสดุที่ใช้จะมีแก้วพลาสติกขนาดใหญ่ และขนาดเล็กอย่างละ 1 ใบ , กล่องพลาสติกที่มีขนาดใหญ่กว่าแก้วทั้ง 2 ใบ รูปร่างแบบไหนก็ได้ และไม้ที่เหลามีความยาวพอที่จะถือได้ หรืออาจใช้ตะเกียบก็ได้ เมื่อเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ เสร็จแล้ว ก็มาถึงขั้นตอนการทำบล็อก ซึ่งมีขั้นตอนการทำดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 23 ขั้นตอนการทำบล็อกที่ใช้ในการขึ้นรูปภาชนะบรรจุ

หลังจากที่ได้บล็อกแล้ว จึงนำบล็อกไปทำการขึ้นรูปภาชนะบรรจุจากส่วนผสมของแป้งบุก อัตราส่วนของการผสมแป้งบุกก็เหมือนกับแผนการทดลองที่ผ่านมา เมื่อได้ส่วนผสมของแป้งบุกก็นำมาขึ้นรูป แต่ก่อนที่จะนำมาขึ้นรูปต้องทาเนยที่บล็อกและตัวกดที่ทำขึ้นมา จากนั้นปั้นส่วนผสมของแป้งบุกให้เป็นก้อน แล้วใส่ลงไปในบล็อก ใช้ตัวกด กดส่วนผสมของแป้งบุก โดยจับที่ตะเกียบที่เสียบไว้ กดให้อยู่ตรงกลางพอดี ด้านข้างต้องมีความหนาเท่ากัน จากนั้นค่อย ๆ เอาตัวที่กดลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกมา แล้วนำส่วนผสมของแป้งบุกที่ขึ้นรูปอยู่ในบล็อกไปอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เหมือนเดิม อบจนแห้ง แล้วพลิกอีกด้านออกมาอบต่อจนแห้งเช่นกัน

2.2 การทดสอบการใช้งาน

1. ได้มีการนำภาชนะบรรจุที่ผลิตขึ้น มาทำการทดสอบการใช้งาน คือ การทดสอบความสามารถในการเก็บน้ำ โดยบรรจุน้ำในภาชนะบรรจุที่ผลิตขึ้น แล้วทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ให้สังเกตการผลการทดสอบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง

2. นำภาชนะบรรจุที่ผลิตขึ้น มาทดสอบการใช้งาน ซึ่งภาชนะบรรจุที่ผลิตขึ้นเป็นกระถางปลูกต้นไม้ ถือว่าเป็นหน้าที่หลักของภาชนะบรรจุชนิดนี้ จึงต้องมีการทดสอบการปลูกต้นไม้ โดยใส่ดินลงไปในกระถาง ให้เว้นระยะห่าง ระหว่างขอบกระถางถึงดินประมาณ 1 เซนติเมตร แล้วนำต้นไม้มาปลูก ต้นไม้ที่นำมาทดสอบการปลูก คือ ต้นกุหลาบเข็ม เป็นต้นไม้ที่ขึ้นง่าย จากนั้นทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ สังเกตผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ระหว่างที่ดูผล 1 สัปดาห์ ให้รดน้ำตามปกติ

3. สถานที่ทำการทดลอง

1. ห้องปฏิบัติการอุตสาหกรรมการเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีและการผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2545 – เดือนกุมภาพันธ์ 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การทดลองทำภาชนะบรรจุ หรือกระถาง โดยมีการใช้แป้งบุกแทนแป้งมันสำปะหลัง อัตราส่วนในการใช้แป้งบุกกับน้ำ คือ 50 g : 150 ml และอัตราส่วนในการใช้ Carboxy methyl cellulose กับน้ำ คือ 30 g : 70 ml ส่วนสีผสมอาหารที่ใช้มีอยู่ 2สีด้วยกัน คือ สีแดง และสีเหลือง ซึ่งปรากฏดังผลการทดลอง ดังนี้

4.1 ผลการวิจัย

ผลการทดลองที่ 1

ในครั้งนี้ จึงสรุปได้ว่า Carboxy methyl cellulose ให้ความหนืดมากกว่า Polyvinyl alcohol ดังนั้นในการทำภาชนะบรรจุ (ถ้วย) ในครั้งนี้จะใช้ Carboxy methyl cellulose เป็นส่วนผสมแทน Polyvinyl alcohol

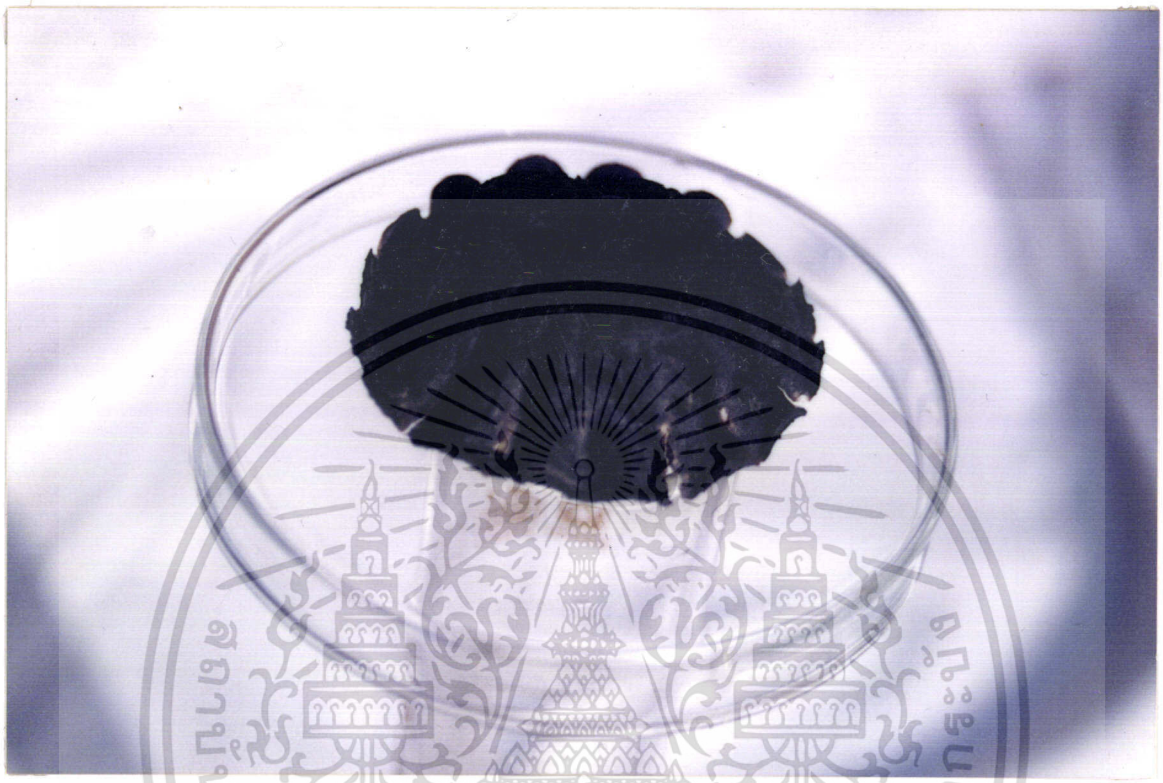
ผลการทดลองที่ 2

ลักษณะที่ได้ของภาชนะบรรจุ เป็นถ้วยใส่ขนมหวาน

1. สี สีของภาชนะบรรจุที่ได้จะมีสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งโดยปกติผู้บริโภคจะไม่ยอมรับในโทนสีที่เข้มเกินไป แต่เนื่องจากแป้งบุกที่นำมาผลิตมีสีน้ำตาลอยู่แล้ว และเมื่อโดนความร้อนจะทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล และในแป้งบุกก็มีแป้งเป็นองค์ประกอบด้วย เมื่อใช้อุณหภูมิสูงถึง 80 องศาเซลเซียส จึงทำให้สีของภาชนะบรรจุมีสีที่เข้มมาก และสีไม่สวยด้วย ดังภาพที่ 24

2. ความแข็งและความยืดหยุ่น หลังจากที่อบจนแห้งแล้ว ภาชนะบรรจุจะมีความแข็ง แต่ก็มีความยืดหยุ่นด้วย เมื่อทดสอบความแข็งแรงของภาชนะบรรจุ โดยนำของที่มีน้ำหนักมากกว่ามาวางทับบนภาชนะบรรจุ ภาชนะบรรจุจะไม่แตก แต่ว่าจะแบนและฉีกออก เนื่องจากในกรรมวิธีการผลิตมีการเติมสาร Carboxy methyl cellulose ลงไปด้วย และใช้เวลาน้อยในการอบ ภาชนะบรรจุอาจ
ไม่ค่อยแห้งด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 24 ภาชนะบรรจุที่ยังไม่ได้ใส่สีผสมอาหาร

ผลการทดลองที่ 3

ลักษณะปรากฏของภาชนะบรรจุ เป็นดังนี้

1. สี สีของภาชนะบรรจุ ใกล้เคียงกันกับในแผนการทดลองแรก แทบจะแยกความแตกต่างไม่ออก เนื่องจากยังมีสีน้ำตาลดำอยู่ ถึงแม้จะเติมสีผสมอาหาร (สีแดง) ลงไปในครั้งแรกก็ไม่ได้ทำให้สีอ่อนลง ดังภาพที่ 25 เมื่อใส่สีผสมอาหาร (สีเหลือง) ซึ่งคาดว่าน่าจะมีสีที่อ่อนลง ก่อนที่จะทำการอบเมื่อใส่ผสมอาหารลงในแป้งบุกแล้วสีจะอ่อนลงเล็กน้อย แต่ว่าพออบแล้ว สีก็ยังเข้มอยู่ แสดงว่าเกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกิดจากแป้งโดนความร้อนสูง ซึ่งในเรื่องของสีก็ไม่สามารถแก้ไขเพื่อให้มีสีน้ำตาลอ่อนได้ ดังภาพที่ 26

2. ความแข็งและความยืดหยุ่น ยังเหมือนเดิมเนื่องจากไม่ได้เปลี่ยนแปลงในส่วนผสม ที่มีผลต่อความแข็งและความยืดหยุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 25 ภาชนะบรรจุที่ใส่สีผสมอาหาร (สีแดง)

ภาพที่ 26 ภาชนะบรรจุที่ใส่สีผสมอาหาร (สีเหลือง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 4

เมื่อเปลี่ยนจากพิมพ์จีบมาเป็นพิมพ์กระถาง ดังภาพที่ 27 นำมาบรรจุส่วนผสม แล้วนำไปอบ หลังจากอบจนแห้งแล้ว นำมาแกะออกจากพิมพ์กระถาง ผลปรากฏว่าแกะออกไม่ได้ เมื่อด้านนอกแห้ง แต่ด้านที่ติดกับกระถางยังไม่แห้ง ทำให้แกะออกยากมาก ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าพิมพ์กระถางมีความหนามาก ต้องใช้เวลานานในการอบ และไม่เหมือนกับพิมพ์อลูมิเนียมที่แกะออกง่าย จึงมีการวางแผนใหม่โดยการนำเนยมาทารอบ ๆ ปากกระถาง เมื่อเนยโดนความร้อนจะได้ละลายลงไปถึงก้นกระถาง สามารถแกะออกได้ง่ายขึ้นกว่าเดิม

ผลการทดลองที่ 5

เมื่อได้ทดลองนำเนยมาทาภายในกระถางแล้วนำส่วนผสมที่ผสมกันดีแล้วมาขึ้นรูปในกระถาง แล้วนำไปอบ ปรากฏว่าสามารถแกะได้ง่ายขึ้น แต่ลักษณะภายนอกของกระถางที่แกะออกมาไม่ค่อยเรียบเท่าที่ควร ส่วนสีของ กระถาง ถึงแม้จะใช้สีในอัตราส่วนเท่าไรก็ไม่สามารถเปลี่ยนสีให้มีสีที่อ่อนลงได้ ดังภาพที่ 28

<u>ภาพที่ 27</u> กระถางที่ใช้เป็นพิมพ์

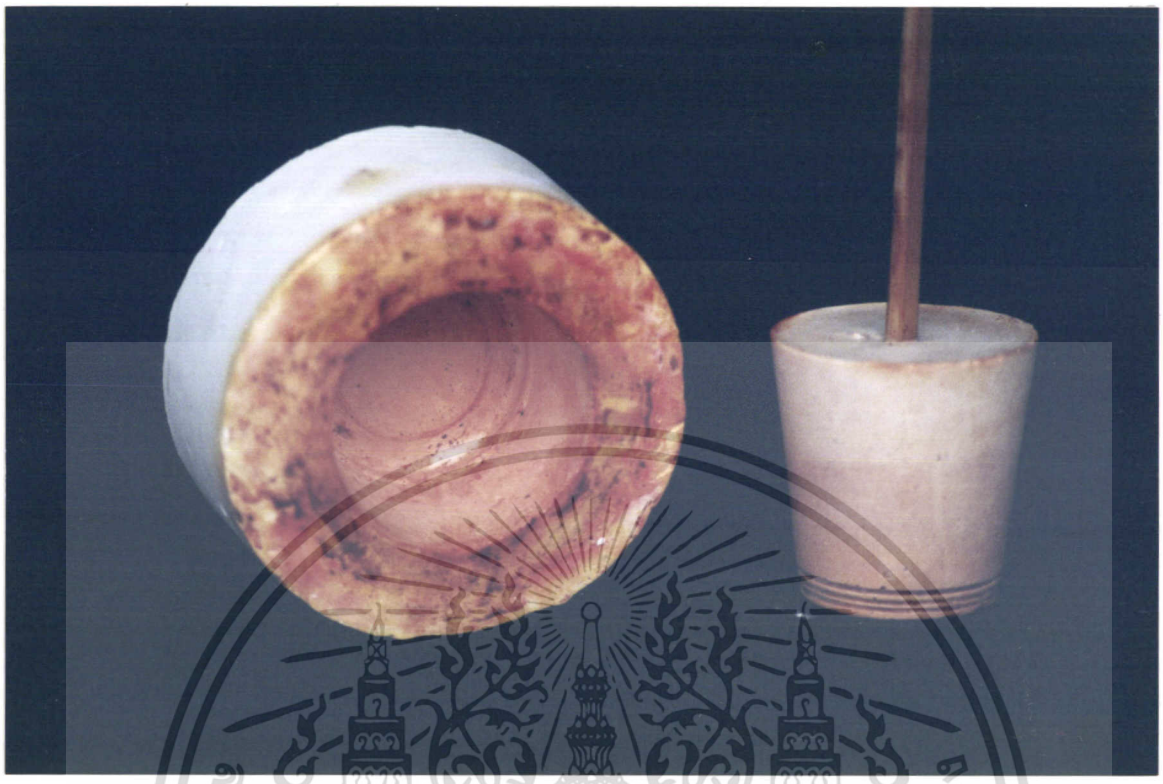
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 28 กระถางที่ผลิตจากส่วนผสมของแป้งบุกที่ได้ทาเนยแล้ว

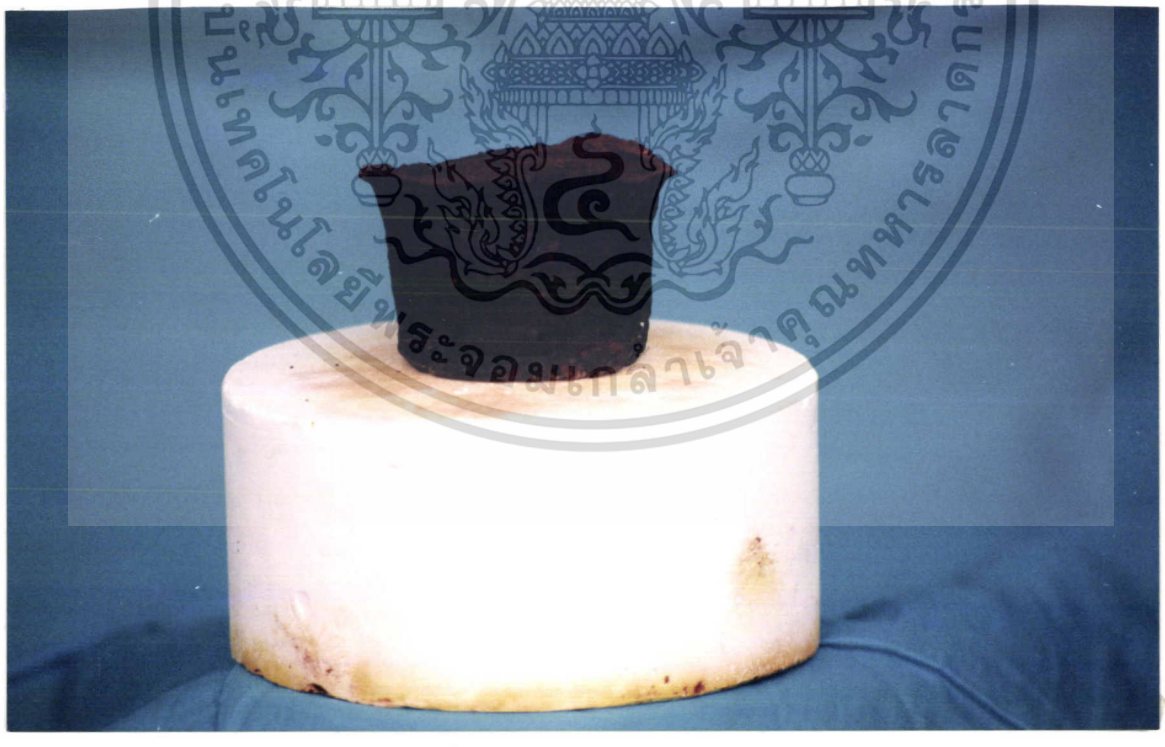
ผลการทดลองที่ 6

จากแผนการทดลองที่ 6 ซึ่งได้มีการทำบล็อกและตัวกดขึ้นมา ดังภาพที่ 29 เพื่อปรับปรุงลักษณะภายนอกของภาชนะบรรจุให้เรียบขึ้น ผลปรากฏว่าในการใช้บล็อก ทำให้ภาชนะบรรจุที่ทำมีลักษณะภายนอกที่เรียบขึ้นและสามารถออกจากบล็อกได้ง่ายกว่าพิมพ์จีบ หรือ พิมพ์กระถาง ซึ่งในการจะทำให้ภาชนะบรรจุเรียบจะต้องมีแรงอัด ซึ่งแรงอัดที่ได้ก็มาจากตัวกดนั่นเอง ที่ไปกดส่วนผสมของแป้งบุก ให้ออกมาเป็นรูปภาชนะบรรจุตามบล็อกที่ใช้ ดังนั้นในการทดลองทำภาชนะบรรจุจากส่วนผสมของแป้งบุก ต้องใช้บล็อกในการขึ้นรูปเพื่อให้ได้ภาชนะบรรจุที่มีความสวยงาม ดังภาพที่ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 29 บล็อกและตัวกดที่ใช้ในการขึ้นรูปภาชนะบรรจุ



ภาพที่ 30 ภาชนะบรรจุที่ขึ้นรูปโดยบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดสอบการใช้งานของภาชนะบรรจุ

1. หลังจากที่ทำการทดสอบโดยการบรรจุน้ำ ในภาชนะบรรจุ แล้วทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ผลปรากฏว่า เมื่อเวลาผ่านไป 40 นาที น้ำที่อยู่ในภาชนะบรรจุค่อย ๆ ซึมออกจากภาชนะบรรจุจนหมด แสดงว่าไม่สามารถนำไปเป็นภาชนะบรรจุของเหลวได้ ซึ่งในภาชนะบรรจุที่ผลิตขึ้นจุดประสงค์หลักก็คือ การนำไปใช้ประโยชน์ในการปลูกต้นไม้ ซึ่งไม่จำเป็นว่าจะต้องมีความสามารถในการเก็บน้ำได้อย่างดีที่สุด ในการทดสอบนี้ถือว่าผลออกมาเป็นที่พอใจในระดับหนึ่ง

2. สำหรับการทดสอบการใช้งานในการปลูกต้นไม้ ได้ทำการรดน้ำตามเวลาปกติ เมื่อเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์ ต้นไม้ที่ปลูกไว้ยังสามารถเจริญได้ตามปกติ แสดงว่า ในการทดสอบการใช้งานในข้อนี้ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่ก่อนที่จะทำการปลูกจะต้องมีการเลือกพันธุ์ไม้ที่มีความเหมาะสม ต้องเป็นพันธุ์ไม้ที่ไม่ชอบน้ำมากเกินไป เพราะถ้าเลือกพันธุ์ไม้ที่ชอบน้ำมาก ๆ จะทำให้ความแข็งแรงของภาชนะบรรจุลดลง ดังภาพที่ 31

ภาพที่ 31 การทดสอบการใช้งานโดยการปลูกต้นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

บุกมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Amorphophallus sp.* เป็นพืชหัวพื้นเมืองของหลายประเทศในแถบเอเชียเขตร้อน เช่น ไทย พม่า ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย บังคลาเทศ อินเดีย และในเขตอบอุ่น เช่น จีนและญี่ปุ่น นิยมนำส่วนหัวมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปของแป้งบุก ซึ่งมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ คือ กลูโคแมนแนน (glucomannan) จัดเป็นพอลีแซคคาไรด์ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ ก่อตัวเป็นเส้นใย โครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสกับน้ำตาลแมนโนส ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษ คือ เมื่อถูกน้ำจะพองตัวได้ 20-30 เท่า แป้งกลูโคแมนแนนที่สะอาดบริสุทธ์จะมีสีขาวไม่มีกลิ่น เมื่อผสมน้ำจะขยายตัวมีลักษณะเป็นวุ้น ทำให้เมื่อรับประทานลงไปจะรู้สึกอิ่ม ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักหรือสำหรับบุคคลที่ต้องการลดความอ้วน สามารถป้องกันโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคเบาหวาน และโรคมะเร็งในลำไส้ใหญ่ได้ จากคุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติอื่น ๆ จึงได้นำแป้งบุกมาเป็นส่วนผสมในการผลิตภาชนะบรรจุที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและยังสามารถรับประทานได้ด้วย เพื่อทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ที่มีผู้คิดค้นผลิตออกมาปัญหพิเศษนี้ได้ วางแผนการทดลองครั้งแรก จะทำภาชนะบรรจุที่สามารถรับประทานได้จากส่วนผสมของแป้งบุก โดยมีการหาสูตรที่เหมาะสมระหว่าง แป้งบุกกับน้ำ และ Carboxy methyl cellulose กับน้ำ จนได้อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ แป้งบุกต่อน้ำ 50 g : 150 ml ส่วน Carboxy methyl cellulose ต่อน้ำ 30 g : 70 ml โดยมีการใช้พิมพ์จีบที่ใส่ขนมมาเป็นพิมพ์ เมื่อได้ภาชนะบรรจุออกมาผลที่ได้ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ ซึ่งในภาชนะบรรจุอาหารจะต้องมีสีที่ชวนให้อาหารที่ใส่อยู่น่ารับประทานยิ่งขึ้น แต่ว่าสีของภาชนะบรรจุที่ได้มีสีน้ำตาลดำ ซึ่งมีสีที่ไม่สวย ทำให้ต้องมีการวางแผนการทดลองใหม่ เพื่อที่จะปรับปรุงในด้านสีของภาชนะบรรจุให้มีสีที่อ่อนลง โดยการเติมสีผสมอาหารที่เป็นสีแดง คือ 1 % และ 2 % ผลปรากฏว่า 1 % และ 2 % ให้สีที่ไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก แต่เลือกใช้ 2 % เนื่องจากทำให้สีน้ำตาลดำจางลงมากกว่า 1 % เมื่อลองนำไปอบ ปรากฏว่าสีของภาชนะบรรจุยังให้สีที่ไม่แตกต่างจากครั้งแรก จึงได้ทดลองโดยเปลี่ยนสีผสมอาหารจากสีแดงไปเป็นสีเหลืองซึ่งใช้ 2 % ผลก็ปรากฏเหมือนเดิมจึงสรุปได้ว่า ในการทำภาชนะบรรจุจากส่วนผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแป้งบุกในครั้งนี้ ไม่สามารถนำมาเป็นภาชนะบรรจุอาหารได้เพราะให้สีที่ไม่สวยและคงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ดังนั้นได้มีการวางแผนการทดลองใหม่โดยเปลี่ยนจากการทำภาชนะบรรจุอาหารไปเป็นกระถางปลูกต้นไม้ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้เนื่องจากว่า กระถางปลูกต้นไม้ ไม่ได้เน้นสีสันมากมาย โดยมีการใช้กระถางที่ใช้ปลูกต้นไม้มาเป็นพิมพ์ ผลปรากฏว่า ลักษณะของกระถางปลูกต้นไม้ที่แกะออกมาจากพิมพ์แล้วมีผิวที่ขรุขระ ไม่เรียบ เนื่องจากกระถางที่นำมาเป็นพิมพ์นั้น เป็นกระถางที่มีการเจาะรู ลักษณะของกระถางที่ได้ไม่เรียบ การแกะส่วนผสมของแป้งบุกออกจากพิมพ์ยากมาก ผิวของกระถางจึงขรุขระ ดังนั้นจึงมีการวางแผนการทดลอง โดยใช้เนยมาทารอบด้านในของพิมพ์กระถาง เมื่ออบแล้วสามารถออกได้ง่ายกว่าเดิม แต่ว่าผิวของกระถางที่ทำขึ้นมา ยังมีลักษณะที่ไม่ค่อยเรียบ เพราะการทาเนยไม่ได้ทำให้ผิวของกระถางเรียบขึ้น

ดังนั้นจึงวางแผนการทดลอง โดยการทำบล็อกขึ้นมาเพื่อใช้ในการขึ้นรูปภาชนะบรรจุจากแป้งบุก ในการทำบล็อกจะใช้ปูนปาสเตอร์เป็นวัตถุดิบ ซึ่งจะทำเป็น 2 ชิ้น คือ ตัวกด และบล็อก ที่มีการเลือกใช้ปูนปาสเตอร์นี้เพราะว่างานที่ออกมามีความแข็งแรงมาก และที่สำคัญสามารถอบที่อุณหภูมิสูงได้ เมื่อนำไปอบจนแห้งสามารถแกะส่วนผสมของแป้งบุกออกได้ง่าย และมีความเรียบกว่าทุกครั้งที่ผ่านมา

เมื่อได้ภาชนะบรรจุที่เป็นกระถางแล้ว นำไปทดสอบการใช้งาน โดยการมีการทดสอบอยู่ 2 อย่างด้วยกัน คือ นำไปทดสอบความสามารถในการเก็บน้ำ เมื่อทำการทดสอบแล้วปรากฏว่าสามารถเก็บน้ำได้นาน 40 นาที ซึ่งถือว่าเป็นผลการทดสอบที่ใช้ได้ ส่วนการทดสอบอีกอย่าง คือ การนำภาชนะบรรจุ ไปทำการปลูกต้นไม้ แล้วทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ โดยมีการรดน้ำตามปกติ เมื่อครบกำหนดเวลาแล้ว ได้มีการสังเกตผล ซึ่งผลที่ปรากฏ คือ ต้นไม้ที่ทำการปลูกสามารถเจริญได้ดี ซึ่งในการทดสอบนี้ ถือว่าได้ผลที่เป็นที่น่าพอใจ

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ในการผลิตภาชนะบรรจุจากส่วนผสมของแป้งบุกในครั้งนี้ จะทำการผลิตเป็นกระถางปลูกต้นไม้แทนภาชนะบรรจุอาหาร และในการผลิตจะต้องมีการใช้บล็อกเป็นตัวที่ช่วยในการขึ้นรูปของภาชนะบรรจุที่ผลิต เพราะจะช่วยให้ภาชนะบรรจุที่ทำจากส่วนผสมของแป้งบุกมีทั้งความสวยงามและความทนทานยิ่งขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการผลิตภาชนะบรรจุจากส่วนผสมของแป้งบุก มีข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นอยู่หลายจุด เนื่องจากเป็นการทดลองทำ ซึ่งยังไม่ทราบว่าจุดใดที่ดีที่สุด และจุดใดที่มีข้อเสียมากที่สุด ดังนั้นในการผลิตภาชนะบรรจุจากส่วนผสมของแป้งบุกจะต้องมีการเตรียมในหลาย ๆ ด้าน ทั้งผู้ที่ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอง วัสดุ อุปกรณ์ สถานที่ต่าง ๆ ให้มีความพร้อมให้มากที่สุด ซึ่งในการทดลองบางครั้ง วัสดุ อุปกรณ์ มีไม่ครบ ทำให้การทดลองออกมาไม่สมบูรณ์ ส่วนในกระบวนการผลิตภาชนะบรรจุจากส่วนผสมของแป้งบุกนั้นก็ต้องมีความชำนาญในการใช้วัสดุ อุปกรณ์ และมีความรู้ที่เพียงพอ พยายามศึกษาข้อมูลขั้นตอนการทำให้ละเอียดเพื่อที่จะทำให้การผลิตภาชนะบรรจุจากส่วนผสมของแป้งบุกเป็นไปด้วยความสมบูรณ์ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

บุปผา เดชะภัทรพร. 2535. การสกัดผงบุกจากหัวบุกและการเตรียมผลิตภัณฑ์เจล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 105 น.

พรทิพย์ ฐานมั่น. 2543. การศึกษาภาชนะบรรจุจากแป้งมันสำปะหลัง. กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 101 น.

มงคล เกษประเสริฐและอรนุช เกษประเสริฐ. 2540. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการการผลิตบุกเนื้อทรายหรือบุกเพื่อการอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : กองพฤกษชีพการวิทยา กองพฤกษศาสตร์และวัชพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 19 น.

วัฒนา วิริวุฒิกร. 2540. "บุกอาหารลดน้ำหนัก". อาหาร. ปีที่ 27 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มีนาคม). น 44-45.

สายสนม ประดิษฐ์ดวงและงามทิพย์ ภู่วโรดม. 2541. องค์ประกอบย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้ง. สิทธิ์บัตรเลขที่ 008057, กรมทรัพย์สินทางปัญญา. กระทรวงพาณิชย์. 125 น.

สุนีย์ โชตินีรนาท. 2538. การผลิตน้ำตาลรีดิวส์จากแป้งมันสำปะหลังโดยการใช้เอนไซม์และอัลทราฟิลเทรชั่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ : 112 น.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2521. มาตรฐานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ : 14 น.

เสาวภา บูรณวัฒนาโชค. 2540. ผลิตภัณฑ์จากแป้งบุก. สัมมนาปริญญาตรี ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 243 น.

หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง. 2540. พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ : 67 น.

หรรษา จักรพันธ์ ณ อยุธยา. 2527. พืชสะสมแป้ง (เป็นอาหารและยา). เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ กรมวิชาการเกษตร. 134 น.

_____และอรนุช เกษประเสริฐ. 2532. พืชสมุนไพร-พืชหอม. เอกสารวิชาการ เล่มที่ 1. กองพฤกษศาสตร์และวัชพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 109 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2538. "แป้งบุกการผลิตสมบัติบางประการและการนำไปใช้ประโยชน์". อาหาร. ปีที่ 25 ฉบับที่ 4 (ตุลาคม-ธันวาคม) น. 238-242.

_____. 2540. "การผลิตไส้กรอกหมูไขมันต่ำจากแป้งบุก". อาหาร. ปีที่ 27 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มีนาคม). น.36-43.

_____. 2541. "การลดไขมันในผลิตภัณฑ์เค้กและคุกกี้ด้วยแป้งบุก". อาหาร. ปีที่ 28 ฉบับที่ 2 (เมษายน-มิถุนายน). น. 11-123.

อัจฉริยา จารุจินดา. 2529. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกรดมะนาวจากวัสดุเหลือทิ้งและวัตถุดิบราคาถูกบางชนิด โดยเชื้อ *Aspergillus niger*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 175 น.

Arcidiacono, S., and D.L. Kaplan. 1992. "Fermentation Production of Chitosan from *Mucor rouxii.*" Biotechnol. *Bioeng*. 39 : pp. 281-286.

Badrie, N. and W.A. Mellowes. 1992. "Cassava starch or amylose effect on characteristics of cassava extrudate". J. Food Sci. 57(1): pp. 103-107.

Balagopalan, C.,G. Padmaja, S.K. Naada andS.N. Moorthy. 1998. Cassava in Food, Feed, and Industry. CRC Press, Inc., Boca Raton. 205 p.

Blanchard, J.M.V. 1987. Starch Granule structure and function : a physiochemical approach. *In* Galliard, 16 p. John Wiley and Sons. T. (Ed.). "n.d." Starch : Propertie and Potential. New York. 258 p.

Borbely, J. 1995. Environment- Friendly Packaging Material Prepared from a Dough by Baking, Particularly for Packaging Fatty or Oily Foods. WO 95/34482. International Application Published under the Patent Cooperation Treaty. 289 p.

Charles,A.H. 1992. Handbook of Plastics, Elastomer, and Composites. 2ed., Mc Graw-Hill, Inc., New York. 378 p.

David, A. 1994. Composition Suitable for Forming into Shaped Article, Process for Preparing the Composition, Process for Preparing Shaped Article Using the Composition, and Shaped Article So-Formed. Patent number 5,279, U.S. 658 p.

Frence, D. 1984. Organization of starch granules. In Whistler, 184 p. Refer R.L., J.N. Bemiller, and E.F. "n.d." Paschall. Academic Press, New York. 264 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jane, J.L., S.T. Lim, and I . Peatau. 1993. Degradeble Plastics Made from Starch and Protein. *In* Ching, Refer C., D. Kaplan, and E. Thomus (Eds.). Biodegradable Polymers and Packaging.Technomic Publishing Co., Ltd. Lancaster, PA. pp. 63-73.

Josef, L.K., L.S. Iai and Chedid. 1992. "Effect of starch structure on starch rheological properties". Food technol. Jun. : 124-139 p.

Kaplan, D.L., J.M. Mayer, D. Ball, J. Mccassie, A.L. Allen, and P. Stenhouse. 1993. Fundamentals of Biodegradable Polymers. *In* Ching, Refer C., D. Kaplan, and E. Thomus (Eds.). Biodegradable Polymer and packaging. Technomic Publishing Co., Ltd. Lancaster, PA. pp. 1-42.

Romano, G., C. Cesare, B. Dario, V. Luisito, C. Enrica and S. Ugo. 1994. Starch Based Composition and Process for Making Biodegradable Packaging Products. Patent Application number 0669 369 A1. European. Pp. 20-32.

Tsuchi, A., T. Suzuki, and K. Takeda. 1985. "Microbial Degradation of Natural Rubber Vulcanizates." Appl. Environ. Microbial. 50 : pp. 965-970.

Wilkerson, C.W. 1994. Biodegradable Insulated Food Container. Patent number 5,300, U.S. 333 p.

Williams, G.R. 1982. "The Breakdown of Rubber Polymers by Microorganisms". Intern. Biodeterioration Bulletin. 18 : pp. 31-36.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้