

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของขนาดรูตะแกรงในหม้อฆ่าเชื้อต่อความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว

EFFECT OF MESH SIZE IN WATER SPRAY RETORT ON THE STRENGTH OF  
RETORTTABLE POUCH

โดย

ลัทธพล

ทิพกนก

สมชาย

มุลสุมาลย์

สาริต

บ่อน้อย

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 72006  
วัน,เดือน,ปี..... - 7 ส.ย. 2550

.b. 11261226  
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ ผลของขนาดรูตะแกรงในหม้อฆ่าเชื้อต่อความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว

EFFECT OF MESH SIZE IN WATER SPRAY RETORT ON THE STRENGTH  
OF RETORTTABLE POUCH

ผู้จัดทำ

นายลัทธพล	ทิพย์กนก	รหัสนักศึกษา	46015585
นายสมชาย	มูลสุมาลย์	รหัสนักศึกษา	46015592
นายสาริต	ปอน้อย	รหัสนักศึกษา	46015594

.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อาจารย์ สมัคร รักแม่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลของขนาดรูตะแกรงในหม้อฆ่าเชื้อต่อความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว

นายลัทธพล ทิพกนก

นายสมชาย มุลสุมาลย์

นายสาธิต ป่อน้อย

อาจารย์สมัคร รักแม่ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2549

### บทคัดย่อ

โครงการนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของรูตะแกรงที่มีผลต่อบรรจุภัณฑ์โดยจะทำการวัดค่าการต้านแรงดึง(Tensile Strength) ความสามารถในการยืดตัว(% Elongation at Break) และความแข็งแรงรอยฉีกโดยใช้ถุงขนาด 180 มิลลิเมตร × 300 มิลลิเมตร บรรจุน้ำ 1 กิโลกรัม ระยะห่างระหว่างถุงกับชั้นวางที่ 0, 10 มิลลิเมตรและระยะอิสระ ทำการศึกษผลกระทบที่เกิดจากการปิดผนึกแบบธรรมดาและแบบสุญญากาศ พบว่าอิทธิพลของรูตะแกรงต่อถุงบรรจุภัณฑ์การปิดผนึกแบบธรรมดาและแบบสุญญากาศ แรงต้านแรงดึงและระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง(cross-direction)และแนวนอน(machine-direction)ที่ระยะห่าง 0, 10 มิลลิเมตรและระยะอิสระของขนาดรูตะแกรง 9 มิลลิเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับถุงบรรจุภัณฑ์ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ แต่ที่ขนาดรูตะแกรง 3 และ 5 มิลลิเมตรทางด้านความแข็งแรงของรอยฉีกทุกขนาดของรูตะแกรงให้ค่าที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และอิทธิพลของการปิดผนึกแบบธรรมดาและแบบสุญญากาศ การปิดผนึกทั้งแบบสุญญากาศและแบบธรรมดาให้ค่าการต้านแรงดึง ความสามารถในการยืดตัว ความแข็งแรงของรอยฉีก ที่ระยะ 0, 10 มิลลิเมตรและระยะอิสระไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับระยะห่างระหว่างถุงบรรจุภัณฑ์กับชั้นวางตะแกรงที่ระยะห่าง 0, 10 มิลลิเมตรและระยะอิสระระหว่างถุงบรรจุภัณฑ์กับชั้นวางการต้านแรงดึงความสามารถในการยืดตัวและความแข็งแรงของรอยฉีก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Effect of Mesh Size in Water Spray Retort on The Strength of Retortable Pouch

Lattapon . Tipkanok

Somchai Moonsuman

Sathit Borno

Samak Rakmae Advisor

2006

### Abstract

This project studies about the effect of mesh size of divider plate in the retort on the strength of retort pouch. Tensile Strength, % Elongation at break and the seaming strength will be measured of retort pouch and divider plate are 0, 10, mm. or others. The effect of normal and air tight seaming will also be studied.

Effect of mesh size of divider plate on the strength of retort pouch which are normal and air tight seamed. The distance between retort pouch and divider plate are 0, 10mm. or others, the mesh size is 9 mm. Tensile Strength and Elongation distance at break (cross-direction and machine-direction) are not different significantly. In the condition of 3 and 5 mm. mesh size, the seaming strength decrease significantly.

Effect of normal and air tight seaming. Tensile strength %Elongation at break and seaming strength of Both of these seaming type are not different significantly.

Retort pouch and divider plate are 0, 10, mm. or others. Tensile strength %Elongation at break and seaming strength of Both of these seaming type are not different significantly.

## กิตติกรรมประกาศ

ด้วยความอนุเคราะห์ของทุกคนโครงการนี้จึงสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีคณะผู้จัดทำขอกราบ  
ขอบพระคุณ

อาจารย์สมัคร รักแม่ อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้ความช่วยเหลือกระตุ้นให้เรามีความ  
กระตือรือร้นในการทำงาน และคอยห่วงใยเราตลอดเวลาโดยไม่เว้นวันหยุดราชการ

คณาจารย์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือตลอดมา พี่แมน พี่บุญนำ พี่แป้ง เพื่อนๆ  
และน้องๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณน้า พี่ชายและน้องสาวที่ให้ทั้งกำลังใจและทุนทรัพย์จน  
ปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ	2
บทที่ 2 ถุงบรรจุภัณฑ์ (Retort Pouch)	3
2.1 หน้าที่ของภาชนะบรรจุ	3
2.2 การบรรจุอาหารและการใช้ภาชนะบรรจุ	4
2.3 วัสดุที่ใช้ผลิต Retort pouch	6
2.4 รูปแบบของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว	7
2.5 โครงสร้างของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว	8
2.6 การตรวจสอบคุณสมบัติการใช้งานของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว	10
2.7 ผลการทดสอบคุณภาพของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว	12
บทที่ 3 หม้อฆ่าเชื้อ (Water Spray Retort)	18
3.1 การแบ่งลักษณะของ Retort สามารถแบ่งในลักษณะต่างๆ	18
3.2 การเปรียบเทียบระบบ Retort	20
3.3 ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการฆ่าเชื้ออาหารใน Retort Pouch	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.4 การศึกษาอัตราการแทรกผ่านความร้อน (Heat penetration test)	22
<b>บทที่ 4 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง</b>	<b>24</b>
4.1 วัสดุดิบ	24
4.2 วัสดุและเครื่องมือ	24
4.3 การกำหนดตัวแปรที่ศึกษา	24
4.4 ขั้นตอนการทดลอง	25
4.5 สถานที่ทำการทดลอง	25
<b>บทที่ 5 ผลการทดลองและวิจารณ์</b>	<b>26</b>
5.1 อิทธิพลของขนาดรูตะแกรงต่ออุ้งบรรจุภัณฑ์ที่ระยะความสูงในระดับต่างๆ	26
5.2 อิทธิพลของวิธีการปิดผนึกแบบธรรมดาและแบบสุญญากาศต่อบรรจุภัณฑ์	41
5.3 อิทธิพลของระยะห่างระหว่างอุ้งบรรจุภัณฑ์กับชั้นวาง	41
<b>บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง</b>	<b>42</b>
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก ก	46
ภาคผนวก ข	47
ภาคผนวก ค	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูป	หน้า
<b>รูปที่ 2.1</b> โครงสร้างของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว	8
<b>รูปที่ 2.2</b> การทดสอบแรงดันภายใน (Internal Burst Testing)	12
<b>รูปที่ 2.3</b> ความแข็งแรงของรอยผนึก (Seal Strength) กับระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์	14
<b>รูปที่ 2.4</b> การทดสอบความคงทนต่อแรงดันทะลุ (Burst Testing)	15
<b>รูปที่ 2.5</b> การทดสอบความแข็งแรงของรอยผนึก (Seal Strength)	15
<b>รูปที่ ค.1</b> Water Spray Retort	77
<b>รูปที่ ค.2</b> เครื่องวัดอุณหภูมิ (Data Logger)	77
<b>รูปที่ ค.3</b> เครื่อง Seal แบบสูญญากาศ	77
<b>รูปที่ ค.4</b> เครื่อง Seal แบบธรรมดา	78
<b>รูปที่ ค.5</b> เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง	78
<b>รูปที่ ค.6</b> เครื่อง Texture Analyser	78
<b>รูปที่ ค.7</b> ชั้นวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูตะแกรง 3, 5 และ 9 มิลลิเมตร	79
<b>รูปที่ ค.8</b> รูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร	79
<b>รูปที่ ค.9</b> รูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร	79
<b>รูปที่ ค.10</b> รูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร	80
<b>รูปที่ ค.11</b> แสดงการวางถุงบรรจุภัณฑ์บนชั้นวาง	80
<b>รูปที่ ค.12</b> ถุงบรรจุภัณฑ์หลังผ่านหม้อฆ่าเชื้อ	80
<b>รูปที่ ค.13</b> ถุงบรรจุภัณฑ์ที่วางบนรูตะแกรงขนาด 9 มิลลิเมตร หลังผ่านหม้อฆ่าเชื้อ	81
<b>รูปที่ ค.14</b> ถุงบรรจุภัณฑ์ที่วางบนรูตะแกรงขนาด 5 มิลลิเมตร หลังผ่านหม้อฆ่าเชื้อ	81
<b>รูปที่ ค.15</b> ถุงบรรจุภัณฑ์ที่วางบนรูตะแกรงขนาด 3 มิลลิเมตร หลังผ่านหม้อฆ่าเชื้อ	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
<b>ตารางที่ 2.1</b> ข้อกำหนดของคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว	11
<b>ตารางที่ 2.2</b> ผลของการเก็บรักษาที่มีผลต่อระดับความดันที่ทำให้ถุงแตก โดยการซีลโดยการใช้และไม่ใช้เม็ดยางในการในการซีล	13
<b>ตารางที่ 2.3</b> จากการศึกษาถึงคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว	16
<b>ตารางที่ 2.4</b> จากการศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว	17
<b>ตารางที่ 3.1</b> ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของตัวกลางความชื้นชนิดต่างๆ	20
<b>ตารางที่ 5.1</b> ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้งของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	26
<b>ตารางที่ 5.2</b> ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้งของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	26
<b>ตารางที่ 5.3</b> ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอนของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	27
<b>ตารางที่ 5.4</b> ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอนของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	27
<b>ตารางที่ 5.5</b> ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้งของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	28
<b>ตารางที่ 5.6</b> ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้งของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	28
<b>ตารางที่ 5.7</b> ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอนของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	29
<b>ตารางที่ 5.8</b> ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอนของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	29
<b>ตารางที่ 5.9</b> ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้งของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่างอิสระ	30
<b>ตารางที่ 5.10</b> ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้งของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่างอิสระ	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
<b>ตารางที่ 5.11</b> ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอนของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่างอิสระ	31
<b>ตารางที่ 5.12</b> ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอนของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่างอิสระ	31
<b>ตารางที่ 5.13</b> ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	32
<b>ตารางที่ 5.14</b> ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้งที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	32
<b>ตารางที่ 5.15</b> ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอนที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	33
<b>ตารางที่ 5.16</b> ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอนที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	33
<b>ตารางที่ 5.17</b> ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้งที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	34
<b>ตารางที่ 5.18</b> ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้งที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	34
<b>ตารางที่ 5.19</b> ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอนที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	35
<b>ตารางที่ 5.20</b> ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอนที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	35
<b>ตารางที่ 5.21</b> ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้งที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่างอิสระ	36
<b>ตารางที่ 5.22</b> ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้งที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่างอิสระ	36
<b>ตารางที่ 5.23</b> ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอนที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่างอิสระ	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
<b>ตารางที่ 5.24</b> ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอนที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่างอิสระ	37
<b>ตารางที่ 5.25</b> ค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	38
<b>ตารางที่ 5.26</b> ค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	38
<b>ตารางที่ 5.27</b> ค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	39
<b>ตารางที่ 5.28</b> ค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	39
<b>ตารางที่ 5.29</b> ค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่างอิสระ	40
<b>ตารางที่ 5.30</b> ค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่างอิสระ	40
<b>ตารางที่ ข.1</b> แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้งของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	47
<b>ตารางที่ ข.2</b> แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้งของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	48
<b>ตารางที่ ข.3</b> แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวนอนของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	49
<b>ตารางที่ ข.4</b> แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวนอนของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	50
<b>ตารางที่ ข.5</b> แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้งของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	51
<b>ตารางที่ ข.6</b> แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้งของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สารบัญตาราง(ต่อ)**

<b>ตาราง</b>	<b>หน้า</b>
<b>ตารางที่ ข.7</b> แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวนอนของดุมที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	53
<b>ตารางที่ ข.8</b> แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวนอนของดุมที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	54
<b>ตารางที่ ข.9</b> แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้งของดุมที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่างอิสระ	55
<b>ตารางที่ ข.10</b> แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้งของดุมที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่างอิสระ	56
<b>ตารางที่ ข.11</b> แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวนอนของดุมที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่างอิสระ	57
<b>ตารางที่ ข.12</b> แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวนอนของดุมที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่างอิสระ	58
<b>ตารางที่ ข.13</b> แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	59
<b>ตารางที่ ข.14</b> แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้งที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	60
<b>ตารางที่ ข.15</b> แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอนที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	61
<b>ตารางที่ ข.16</b> แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอนที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	62
<b>ตารางที่ ข.17</b> แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้งที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	63
<b>ตารางที่ ข.18</b> แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้งที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	64
<b>ตารางที่ ข.19</b> แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอนที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
ตารางที่ ข.20 แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอนที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	66
ตารางที่ ข.21 แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้งที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่างอิสระ	67
ตารางที่ ข.22 แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้งที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่างอิสระ	68
ตารางที่ ข.23 แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอนที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่างอิสระ	69
ตารางที่ ข.24 แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอนที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่างอิสระ	70
ตารางที่ ข.25 แสดงค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	71
ตารางที่ ข.26 แสดงค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร	72
ตารางที่ ข.27 แสดงค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	73
ตารางที่ ข.28 แสดงค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร	74
ตารางที่ ข.29 แสดงค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่างอิสระ	75
ตารางที่ ข.30 แสดงค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่างอิสระ	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มา

ปัจจุบันโรงงานอาหารของประเทศไทย ได้นำเทคโนโลยีการผลิตอาหารบรรจุในถุงอ่อนตัวทน ความร้อนและความดันสูงมาใช้ทดแทนการทำอาหารบรรจุกระป๋องเนื่องจากเห็นว่า เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มี ลักษณะแบนราบและยังมีน้ำหนักเบา ทำให้จำนวนขนส่งอาหารต่อตู้คอนเทนเนอร์เพิ่มขึ้น

ในขั้นตอนการผลิต คือเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการบรรจุอาหารแล้วปิดผนึกเองความแข็งแรงของถุง เป็นสิ่งที่โรงงานผลิตอาหารต้องการทราบ กล่าวคือ ถุงบรรจุอาหารที่ทำจากวัสดุประเภทพลาสติกอ่อน ตัวจะสามารถทนสภาวะการให้ความร้อนสูงถึง 250 °F (121.1 °C) ได้มากน้อยเพียงใด ถ้าเราบรรจุ น้ำเปล่าไว้ในถุงที่ระดับอุณหภูมิค่านี จะมีแรงดันไอน้ำภายในถุงสูงถึง 14.9 psig (1.05 kgf/cm<sup>2</sup>, gage pressure) แรงดันนี้อาจทำให้ถุงพองจนแตกได้ ซึ่งภายในหม้อฆ่าเชื้อจะมีอุปกรณ์ที่สัมผัสกับถุง โดยตรง คือ ตะแกรงจะมีรูเพื่อถ่ายเทความร้อนในระยะเวลาที่ถุงพองติดกับตะแกรงอาจทำให้ส่วนของถุง ที่ติดกับภาชนะหรือรูตะแกรงมีความแข็งแรงลดลง เนื่องจากการวางถุงลงในตะแกรงจะเกิดการหดทับ ระหว่างน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ภายในถุงกับรูตะแกรงหลังจากนั้นถุงจะได้รับความดันจากภายนอกและ ภายในถุงระหว่างใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้ออาหาร ซึ่งขนาดของรูตะแกรงต่างๆอาจจะทำให้ถุงเป็น รอยส่งผลต่อค่าความแข็งแรงของถุงได้

งานวิจัยหาความแข็งแรงของถุงทนความร้อนและความดันสูงยังมีจำกัด พบงานวิจัยได้บ้าง จากงานของ SrinivasaGopal และคณะ 2001, Ravi Shankarและคณะ 2002, Rangarao 1992. แต่ ก็เป็นการทดสอบกับถุงที่ทำจากวัสดุแตกต่างกันจึงน่าสนใจที่ทำการวิจัยกับถุงที่ผลิตในประเทศไทย โดยตรง ในการทดลองครั้งนี้จึงได้ศึกษาความแข็งแรงจากรอยกดทับของขนาดรูตะแกรงต่างๆภายใน ถุงทนความร้อนและความดันสูงนี้ใน 3 ประเด็น คือ 1) การหาค่าความแข็งแรงจากรอยวัสดุที่ใช้ทำถุง โดยหาได้จากการใช้แรงดึงแผ่นวัสดุขนาด (Tensile Strength) 2) การทดสอบหาระยะยืดเมื่อขาด โดยหาได้จากการใช้แรงดึงแผ่นวัสดุขนาด (%Elongation at Break)และ 3)การหาค่าความแข็งแรง ของรอยผนึก หาได้จากการใช้แรงดึงให้รอยผนึกฉีกแยกออกจากกัน(Seal Strength)

#### 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลขนาดของรูตะแกรงที่อัตราช่องเปิดเท่ากันของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงผลกระทบของรูตะแกรงต่อบรรจุภัณฑ์
2. สามารถนำผลการทดลองไปออกแบบตะแกรงให้ มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น

### 1.4 ขอบเขตของโครงการ

1. คุณหมุมิในหม้อฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 1.5 บาร์ ตามลำดับ Come Up 9 นาที Process time (holding time) 30 นาที Cooling 9 นาที
2. หม้อฆ่าเชื้อแบบ Water spray retort
3. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูตะแกรง 3 ขนาด คือ 3 , 5 และ 9 มิลลิเมตร พื้นที่รูเปิดตะแกรงเท่ากับร้อยละ 40 ของพื้นที่ทั้งหมด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ถุงบรรจุภัณฑ์

#### (Retort Pouch)

ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ในของพลาสติกทนความร้อนสูง ซึ่งมีข้อดี คือ ช่วยชะลอการเสื่อมเสีย สะดวกแก่การใช้งาน และสามารถขนส่งได้เป็นจำนวนมาก (ประมาณ 2 เท่า ของภาชนะบรรจุแบบขวด) เนื่องจากบรรจุภัณฑ์มีลักษณะแบนราบ มีน้ำหนักเบา จึงเห็นว่าน่าการบรรจุอาหารในของหรือถุงพลาสติกทนความร้อนสูงน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะมีประโยชน์ต่อทั้งผู้ผลิต และผู้บริโภค (วราทิพย์, 2542)

### 2.1 หน้าที่ของภาชนะบรรจุ

หน้าที่หลัก หน้าที่หลักของภาชนะบรรจุในปัจจุบันสามารถแบ่งได้เป็น 5 ประการ ดังนี้

1. บรรจุผลิตภัณฑ์ เป็นหน้าที่หลักของภาชนะบรรจุที่มนุษย์ตั้งแต่สมัยดึกดำบรรพ์จนถึงสมัยปัจจุบันต้องการจากภาชนะบรรจุ นั่นคือ ภาชนะบรรจุต้องสามารถบรรจุ ห่อหุ้ม และรวบรวมผลิตภัณฑ์ไว้ด้วยกัน เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการขนย้ายการเก็บรักษาและการจัดการ
2. คุ้มครองผลิตภัณฑ์ ภาชนะบรรจุต้องสามารถคุ้มครองผลิตภัณฑ์จากปัจจัยภายนอกที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปัจจัยภายนอกเหล่านี้จะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซ ออกซิเจน ไอน้ำ แสง ความร้อน จุลินทรีย์ และแรงกระทำจากภายนอก
3. ใช้อำนวยต่อการนำผลิตภัณฑ์มาใช้และให้ความสะดวก
4. สื่อสารและให้ข้อมูล ภาชนะบรรจุทำหน้าที่เป็นสื่อสำหรับให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์แก่ผู้บริโภค ซึ่งอาจทำได้โดยการพิมพ์ข้อความโดยตรงบนภาชนะบรรจุ หรือใช้ฉลาก หน้าที่ประเด็นนี้ของภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารได้กำหนดเป็นข้อบังคับทางกฎหมายแล้ว ข้อมูลที่ต้องระบุบนฉลากหรือภาชนะบรรจุส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับคุณค่าทางอาหารและคำประกาศสรรพคุณ เช่น ไขมันต่ำ เกลือต่ำ โปรตีนสูง เป็นต้น เรียกฉลากนี้ว่า ฉลากโภชนาการ (nutrition label)
5. ดึงดูดใจผู้บริโภค ในทางการตลาดจะให้ความสำคัญต่อหน้าที่นี้มาก ภาชนะบรรจุที่ออกแบบได้เหมาะสมและสวยงาม สามารถเป็นสิ่งจูงใจผู้บริโภคให้ตัดสินใจซื้อสินค้านั้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่รอง ภาชนะบรรจุนอกจากจะทำหน้าที่หลักทั้ง 5 ประการที่กล่าวมาแล้วบางครั้งยังช่วยทำหน้าที่รอง หน้าที่รองที่สำคัญ ได้แก่

1. เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องจักร ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตแทบทุกชนิดอาศัยเครื่องจักรมากกว่าแรงงานคน เพื่อผลิตสินค้าให้มีมาตรฐานเดียวกันและกำลังการผลิตสูง ๆ ภาชนะบรรจุจึงต้องสามารถตอบสนองการทำงานของเครื่องจักรได้ดีไม่ควรมีการหยุดเครื่องจักรเพื่อเตรียมภาชนะหรือแยกผลิตภัณฑ์ที่บรรจุเรียบร้อยแล้วออกไปภาชนะบรรจุควรออกแบบให้สอดคล้องกับการทำงานของเครื่อง สามารถเปิดปิดได้โดยอัตโนมัติ

2. แสดงเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ ภาชนะบรรจุควรมีลักษณะเด่น ที่ทำให้ผู้บริโภคจดจำผลิตภัณฑ์ได้ และเมื่อนำไปวางเรียงกับผลิตภัณฑ์ของคู่แข่งกัน ผู้บริโภคก็สามารถแยกผลิตภัณฑ์ออกมาได้

3. ทนทานต่อกระบวนการผลิต เช่น ภาชนะบรรจุไคแพะเยือกแข็งไอคิวเอฟต้องสามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำที่ -80 หรือ -196 องศาเซลเซียสได้ เนื่องจากการแช่เยือกแข็ง จะจุ่มไคที่บรรจุเรียบร้อยแล้วในคาร์บอนไดออกไซด์เหลว หรือไนโตรเจนเหลว

4. ป้องกันปลอมปนผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปหน้าที่ของอุปกรณ์ที่ใช้ในการปิดภาชนะ เช่น ฝาพลาสติกหกดตัวรัดฝาขวด ฉลาก เป็นต้น หน้าที่ประการที่สำคัญมากขึ้นเนื่องจากการแข่งขันกันทางการค้า ทำให้มีการปลอมปนสินค้าเพื่อหวังผลกำไรสูงขึ้นของผู้ประกอบการบางกลุ่ม นอกจากนี้ยังสามารถให้ผู้บริโภคทราบได้ว่าภาชนะบรรจุนี้มิได้ถูกเปิดมาก่อน เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคในเรื่องคุณภาพและปริมาณของผลิตภัณฑ์ เช่น ฝาขวดน้ำดื่ม เมื่อเปิดแล้วห่วงพลาสติกจะขาดออกจากตัวฝา เป็นต้น (จรรยาพันธ์, 2546)

## 2.2 การบรรจุอาหารและการใช้ภาชนะบรรจุ

การบรรจุอาหาร (food packaging) เป็นการป้องกันอาหารโดยใช้ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารจากอิทธิพลต่าง ๆ จากภายนอก ปกติภาชนะบรรจุอาหารชนิดหนึ่ง ๆ สามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด และมักจะผลิตในปริมาณมาก ๆ

โดยทั่วไปการเลือกใช้ภาชนะจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติเฉพาะของภาชนะบรรจุและวิธีการบรรจุ ทั้งนี้เพื่อให้การใช้งานภาชนะบรรจุมีประสิทธิภาพสูงสุด หลักการง่าย ๆ ของการเลือกใช้ภาชนะบรรจุอาหารคือ จะต้องทราบคุณสมบัติของอาหารที่จะบรรจุเสียก่อน ได้แก่ ต้องการให้อากาศผ่านเข้าออกได้หรือไม่ สัมผัสกับแสงได้หรือไม่ ต้องเก็บที่อุณหภูมิต่ำ เป็นต้น ภาชนะบรรจุอาหารควรมีลักษณะโดยทั่ว ๆ ไปดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. สะอาด ถูกสุขลักษณะ
2. ไม่เป็นพิษ
3. เข้ากันได้กับอาหารที่บรรจุอยู่ โดยไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารอันเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างภาชนะบรรจุกับอาหาร หรือมีการเปลี่ยนแปลงของสารจากภาชนะบรรจุไปปนเปื้อนแก่อาหารที่บรรจุอยู่ภายใน
4. ให้ความคุ้มครองป้องกันอาหารได้ดีตลอดการเก็บรักษา
5. ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารดูดีขึ้น ชวนบริโภค
6. คุณสมบัติของภาชนะบรรจุอาหารที่ใช้จะต้องมีลักษณะเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2522) รวมทั้งฉลากบนภาชนะบรรจุอาหารต้องมีข้อความต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 68 (พ.ศ.2522)

การพัฒนาเทคโนโลยี การผลิตภัณฑ์อาหารในของพลาสติกทนความร้อนสูง เนื่องมาจากการบรรจุอาหารชนิดอ่อนตัวแบบลามิเนตที่สามารถทนต่อขบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูง ซึ่งเป็นภาชนะที่สามารถเก็บอาหารไว้ได้นานที่อุณหภูมิปกติ ในขณะที่มีการรักษาลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณค่าของอาหารได้ดี เป็นภาชนะที่มีน้ำหนักเบา สะดวกในการเก็บและขนย้าย ซึ่งจัดว่าเป็นภาชนะบรรจุแบบใหม่ที่จะเข้ามาแทนที่กระป๋องโลหะและขวดแก้วในอุตสาหกรรมการแปรรูปด้วยความร้อน (งามทิพย์, 2537)

#### **ข้อดีของ Retort Pouch**

- 1) ถุงหรือซองที่มีความหนาต้านข้างที่น้อยกว่ากระป๋องทำให้ลดเวลาในการฆ่าเชื้อลงไป เป็นผลให้อาหารภายในมีลักษณะสี และเนื้อสัมผัสที่ดี การสูญเสียคุณค่าทางอาหารที่น้อยลง
- 2) การเปิดถุงเพื่อนำอาหารออกมาทำได้ง่ายกว่าการเปิดกระป๋องโลหะ โดยเฉพาะถ้าถุงนั้นมีรอยตัดเพื่อช่วยในการเปิด โดยสามารถเปิดถุงด้วยมือเปล่า โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ใดๆมาช่วยเลย
- 3) ฉลากที่ติดมาบนชั้นของพลาสติกเป็นฉลากในตัวซึ่งเป็นแบบถาวรไม่หลุดลอกง่าย
- 4) ประหยัดพื้นที่และสะดวกในการขนส่งถุงหรือซอง เพราะมีน้ำหนักเบา

#### **ข้อเสียของ Retort Pouch**

- 1) มีการลงทุนเบื้องต้นค่อนข้างสูง เช่น เครื่องฆ่าเชื้อ (Retort)
- 2) การควบคุมกระบวนการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อจะยุ่งยากซับซ้อนกว่า เช่น จำเป็นต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมปริมาณอากาศที่เหลืออยู่ในช่องหรือถุง ความหนาต้านข้างของช่อง ส่วนผสมของไอน้ำและอากาศในเครื่องฆ่าเชื้อ ตลอดจนชั้นวางแบบพิเศษภายในเครื่องฆ่าเชื้อ ที่จะต้องเอื้ออำนวยต่อการหมุนเวียนและกระจายความร้อนภายในเครื่องดังกล่าว

3) ช่องหรือถุงมักจะถูกทิ่มแทงหรือทำให้ฉีกขาดได้ง่าย จำเป็นจะต้องอาศัยการปกป้องจากภาชนะบรรจุชั้นนอก เช่น กล่องกระดาษอีกชั้นหนึ่งเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในระหว่างการขนส่ง

4) จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ทดสอบการทะลุ (Burst tester) หรือทดสอบแรงดึง (Tensile tester) เพื่อประเมินผลและควบคุมคุณภาพของภาชนะบรรจุชนิดของหรือถุง

### ความเหนียวของวัสดุ (Tensile Strength)

ค่า Tensile Strength ของวัสดุหาได้จากเครื่องมือทดสอบ Instron หรือเครื่องมืออื่นเทียบเท่า ค่าความแข็งแรงในการยึดติดกันของแผ่นวัสดุที่ถูกนำมาประกบกัน เช่น ชั้นฟิล์มพลาสติกกับชั้นน้ำของโลหะพอยล์หรือชั้นฟิล์มพลาสติกกับพลาสติก เป็นค่าที่พิจารณาคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำถุงหรือซองด้วย

ผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูปบรรจุ Retort Pouch โดยทั่วไปจะนิยมใช้ของที่ผลิตและขึ้นรูปมาแบบพร้อมใช้งาน โดยมีการปิดผนึกแบบ 3 ด้านมาแล้ว เพียงแต่นำอาหารบรรจุลงไปและใช้เครื่องปิดผนึกแบบความร้อน (Heat bar)

### 2.3 วัสดุที่ใช้ผลิต Retort Pouch

การเลือกวัสดุบรรจุที่ใช้ในการผลิต Retort Pouch มีความสำคัญ เพราะภาชนะบรรจุจะต้องป้องกันความชื้น ก๊าซออกซิเจนเชื้อจุลินทรีย์ ตลอดจนแสง ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นสาเหตุของการสูญเสียคุณภาพของอาหาร นอกจากนี้ภาชนะบรรจุจำเป็นต้องมีโครงสร้างที่แข็งแรงเหนียวทนทานต่ออุณหภูมิและความดันที่เกิดขึ้นในสภาพของหม้อฆ่าเชื้อแรงดันสูง (Retort) และที่สำคัญวัสดุที่ใช้ในการผลิตทุกชนิดที่ผ่านการรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภคโดยกฎหมายแล้ว

ลักษณะที่สำคัญและจำเป็นของวัสดุผลิต Retort Pouch

- มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนต่ำ
- มีอัตราการซึมผ่านของน้ำต่ำ
- มีคุณสมบัติไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ (low hydrophilic)
- ปิดผนึกได้ด้วยความร้อนแต่ทนความร้อนสูงระดับสเตอริไรซ์
- วัสดุที่ใช้ผลิตต้องเป็นชนิดที่ได้รับการอนุญาตตามกฎหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทนต่อการซึมผ่านของน้ำมัน ไขมัน หรือส่วนประกอบอาหารอื่นๆ
- มีความเหนียวทนต่อกรรมวิธีต่างๆ นับตั้งแต่การบรรจุ การผ่านความร้อนและความดันในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ การขนส่งและการจัดจำหน่าย
- ปราศจากสารเคมีปนเปื้อนที่จะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค
- วัสดุภาวที่ใช้เชื่อมระหว่างชั้นต่างๆ ของวัสดุจะต้องไม่ซึมผ่านออกมาสัมผัสกับอาหาร
- Stearates ที่ใช้ในการผลิต วัสดุ ชนิดพลาสติก เป็นสิ่งที่น่าสงสัยตามกฎหมายของ Halal เช่นเดียวกับน้ำมันหรือไขมันจากสัตว์ที่ใช้ในกรรมวิธีการหลอกล่อน เพื่อขึ้นรูปภาชนะบรรจุดังกล่าวเป็นสิ่งต้องห้าม

โดยทั่วไปผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูปสามารถเลือกรูปแบบของ Retort Pouch ได้เป็นจำนวนมากไม่ว่าจะเป็นถุงหรือซองที่ขึ้นรูปสำเร็จมาแล้วในแบบปิดผนึกสามด้าน (3-side seal) หรือแบบเป็นม้วนฟิล์มมาขึ้นรูป ณ โรงงานผลิตอาหารพร้อมๆ กับการบรรจุและปิดผนึก (Form-Fill-Seal)

การควบคุมคุณภาพของการผลิตวัสดุที่จะนำมาผลิต Retort Pouch จะทำได้โดยการกำหนดเป็น ข้อกำหนดเฉพาะ ของซองหรือถุงที่ต้องการพร้อมๆ กับการกำหนดแผนและวิธีการในการสุ่มตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุ 2 ประการหลักๆ ที่จำเป็นจะต้องกำหนด ได้แก่ น้ำหนักมาตรฐาน (Basis Weight) และความเหนียว (Tensile Strength) ของแผ่นวัสดุประกอบหลายชั้น

ซองบรรจุอาหารที่สามารถทนความร้อนสูง (Retort Pouch) สามารถบรรจุอาหารเหลว เพื่อนำไปให้ความร้อนแบบสเตอริไรส์ เช่น ที่อุณหภูมิ 121.1 °C หรือ 250 °F ซึ่งในขณะนั้นน้ำที่อยู่ภายในซองบรรจุภัณฑ์จะเดือดและมีความร้อนสูงถึง 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หากไม่มีแรงดันจากภายนอกมาต้านแรงดันภายในถุงให้สมดุลกัน ซองบรรจุภัณฑ์ก็จะฉีกขาดตามแนวตะเข็บของถุง

#### 2.4 รูปแบบของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว

โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดตามลักษณะการผลิตและรูปทรง คือ

##### 1. ชนิดแบน (FLAT POUCH)

เรียกอีกชื่อได้ว่า PILLOW POUCH เพราะมีลักษณะคล้ายหมอน ผลิตโดยใช้วิธีนำแผ่นฟิล์ม

2 แผ่นมาประกบเข้าด้วยกันแล้วซีลให้สนิท 3 ด้าน เปิดไว้ 1 ด้านเพื่อบรรจุอาหาร จึงเรียกตามลักษณะการผลิตว่า ซองชนิดซีล 3 ด้าน (3-SIDE SEALED POUCH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ชนิดตั้งได้ (STANDING POUCH)

ผลิตโดยใช้แผ่นฟิล์มแผ่นเล็กๆ ประบริเวณกันของ ทำให้สามารถตั้งได้ โดยมากนิยมใช้ผลิตแพคเกจขนาดเล็ก

## 3. ชนิดซีลตรงกลาง (CENTER SEALED POUCH)

เป็นการนำแผ่นฟิล์มแผ่นเดียวมาม้วนตัวแล้วซีลแนวยาว ก่อนจะนำไปซีลบริเวณกันของ 1 ด้าน โดยจัดให้ซีลแนวยาวที่ทำไว้ก่อนนั้นอยู่ตรงกลางพอดี จึงเรียกว่า ชนิดซีลตรงกลาง นิยมใช้สำหรับของแห้ง เช่น บะหมี่สำเร็จรูป กาแฟผง ฯลฯ (จรรยาพันธ์, 2546)

## 2.5 โครงสร้างของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว

กฤษณา และคณะ, (2544) ได้ทำการศึกษาโครงสร้างของแต่ละชั้นของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว ซึ่งมีลักษณะของแต่ละชั้นที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว

ที่มา : กฤษณา, (2544)

จากภาพที่ 1 จะเห็นว่าส่วนใหญ่ของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวจะประกอบไปด้วยวัสดุ 4 ชั้นได้แก่ 1) Polyester (PET) ซึ่งเป็นชั้นนอกสุดมีความหนา 12 ไมครอน และมีคุณสมบัติดังนี้ มีลักษณะใส ไม่ละลายน้ำ กรด ตาง แอลกอฮอล์ น้ำมัน และไขมัน ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำได้ดี ทนต่ออุณหภูมิสูงสุดที่ 200 °C และทนอุณหภูมิต่ำสุดได้ที่ -40 °C มีความแข็งแรงไม่ฉีกขาดง่าย สามารถใช้ในการพิมพ์ภาพกราฟฟิกได้ดี 2) Nylon (Polyamide or PA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความหนา 15-25 ไมครอน และมีคุณสมบัติดังนี้ คือ มีลักษณะใส ไม่ละลายน้ำ น้ำมัน และไขมัน แต่ละลายในกรดและแอลกอฮอล์ได้ง่าย ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดี แต่ป้องกันไอน้ำได้ปานกลาง แข็งแรง ไม่ฉีกขาดง่าย และทนทานต่อรอยขีดข่วนที่อาจเกิดขึ้นได้ มี Sealability ต่ำ 3) Aluminium Foil (ALU FOIL) ความหนา 7-9 ไมครอน และมีคุณสมบัติดังนี้ ป้องกันแสง อากาศ เชื้อจุลินทรีย์ และกลิ่นได้ดี ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนได้ดี เหนียวและทนทานต่อการฉีกขาดได้ดี 4) Polypropylene (PP) เป็นชั้นที่อยู่ในสุดของซอง มีความหนา 70-100 ไมครอน และมีคุณสมบัติดังนี้ มีลักษณะใส ไม่ละลายน้ำ กรด ต่าง และแอลกอฮอล์ แต่ละลายในน้ำมันและไขมันได้ปานกลาง ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ปานกลาง แต่ป้องกันความชื้นหรือไอน้ำได้ดีมาก สามารถซีลปิดปากถุงได้ดี (High Sealability) มีความยืดหยุ่นสูง (High Flexibility) และไม่ทำปฏิกิริยากับอาหารที่อยู่ในซอง Rangarao, (1992)

5. Adhesive Compounds หรือกาวยาเหนียวที่เชื่อมพลาสติกในแต่ละชั้นให้ติดกัน ควรจะมีความหนาอย่างน้อย 3 ไมครอน ในแต่ละชั้น เพื่อให้แน่ใจว่าการยึดติดมีความแข็งแรงเพียงพอ (สมศักดิ์, 2535)

ข้อดีของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวเมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋องโลหะ และแก้ว (Ohsuga, 1996)

1. Retortable Pouch มีความหนาน้อย ใช้เวลาการฆ่าเชื้อลดลง คุณค่าทางโภชนาการดีขึ้น ประหยัดพลังงานในการผลิต

2. Retortable Pouch ง่ายต่อการเปิดเพื่อนำไปบริโภค

3. เนื่องจากด้านนอกของ เคลือบด้วย Polyester ทำให้สามารถพิมพ์ลวดลายกราฟฟิกได้ ทำให้ดึงดูดใจผู้บริโภคมากกว่า

4. ซองมีลักษณะบาง ทำให้สามารถขนส่งได้ ประหยัดทั้งเวลาและด้านค่าขนส่ง

5. ช่วยประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ

คุณสมบัติที่จำเป็นของวัสดุที่ใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว (Rangarao, 1992)

1. มีการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนต่ำ

2. มีการซึมผ่านของไอน้ำต่ำ

3. วัสดุอื่นๆ ต้องไม่ละลายน้ำ

4. สามารถซีลปิดถุงได้ดี และทนต่อความร้อนสูง

5. ป้องกันการซึมผ่านของน้ำมัน ไขมันได้ดี

6. มีความแข็งแรง เหนียว ไม่ขาดง่าย

7. ไม่มีสารเจือปนหลุดออกไปตกค้างในอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Adhesive Compounds ต้องไม่ซึมเข้าไปปนเปื้อนในอาหารได้
9. ป้องกันอาหารจากแสงภายนอกได้ดี
10. โครงสร้างของวัสดุที่ใช้ในการผลิตของต้องผ่านการอนุมัติจาก CFIA, USFDA, EU Regulation หรือ Japan FDA

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของอาหารในช่องบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว Ohsuga, (1996)

- การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างการผลิต ซึ่งเป็นผลจากการซีลที่ไม่สนิท
- การทำระบบสุญญากาศที่ไม่ถูกต้อง

สาเหตุที่มีผลต่อการซีลปิดผนึกของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว (วราทิพย์, 2542)

1. การบรรจุที่ผิดปกติ
2. การซีลที่ผิดปกติ
3. การจัดวางช่องในระหว่างการบรรจุที่ไม่ถูกต้อง

คุณภาพในการซีลขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้ (Herbert และคณะ, 1987)

1. อุณหภูมิของผิววัสดุที่ใช้ในการซีล
2. แรงดันที่ใช้ในการซีล
3. ระยะเวลาซีล
4. คุณภาพของวัสดุที่ใช้ซีล
5. ไม่มีการปนเปื้อนที่บริเวณรอยซีล
6. สภาพทางกายภาพของผิวที่ใช้ในการซีล

## 2.6 การตรวจสอบคุณสมบัติการใช้งานของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว (Herbert และคณะ, 1987)

โดยทั่วไปสามารถทำการตรวจสอบคุณสมบัติการใช้งานของถุง 4 ประการ

1. การตรวจสอบด้วยตา สังเกตฉลาก ขอบการซีลทุกด้าน วัดความกว้างการซีล  $\leq 3$  mm. ทำทุก 30 นาที และบันทึกผล
2. การทดสอบตรวจค่าความคงทนต่อแรงดันที่ทำให้ถุงแตก (Static Load Burst) วางของลงระหว่าง Plate แล้วทำการกดทับ บันทึก Temp. ถ้าเปลี่ยนแปลง 30 – 40 °C ค่าลดลง 35% ไม่ควรใช้กับผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็ง ไม่ควรนำของที่ทดสอบมาใช้อีก
3. การทดสอบการทนต่อแรงดันภายใน (Internal Burst Test) ควรทำก่อนกระบวนการฆ่าเชื้อ เพราะจะทำให้ค่าการซีลลดลง ทดสอบทั้ง 4 ด้าน โดยสอดเข็มเข้าไปและให้อากาศ ทดสอบทั้ง 3 ด้าน โดยตัดปลายด้านหนึ่งและปล่อยอากาศเข้าของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การทดสอบการทนต่อแรงดึง (Tensile Test) เก็บต.ย.ที่ temp. 23 °C ที่ 50 %RH 40 ชั่วโมงระบุว่าใช้วัสดุอะไรในการทดลอง ความกว้างการซีล อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ตำนานต่างๆ แรงสูงสุดที่ทำให้ซีลขาด (N/M)

นอกจากนี้ มยรี (2534) ได้มีการศึกษาข้อกำหนดรายละเอียดคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว และได้มีการนำออกมาเป็นมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 2.1

**ตารางที่ 2.1** ข้อกำหนดของคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว

คุณสมบัติ	เกณฑ์กำหนด	
	S.I.	British
ความคงทนระหว่างชั้นที่เชื่อมยึด (laminate strength)	400-750 g/15 mm width	0.8-2.8 psi
ความแข็งแรงของรอยผนึก (seal strength)	4-5 kg/15 mm width	15-20 psi at 77 °F
อุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมผนึก (heat sealing range)	150-230 °C	320-500 °F
ความคงทนต่อแรงดันทะลุ (burst strength)	3.5-7.0 kg/cm <sup>2</sup>	28-35 psi, 30 seconds
การต้านแรงฉีกขาด (tear resistance)	50-90 g/mil	-
ความคงทนต่อการยืดตัว (elongation)	80-110%	-
ความคงทนต่อแรงดึง (tensile strength)	5-11 kg/15 mm width	-
thickness tolerance	— + 0.5 g/100 sq in	— + 0.0001/in (10%)
อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (O <sub>2</sub> transmission rate)	0-118 cc/sq m/day/atm at 27 °C, 65% RH	0-0.9 cc/sq in/24 hr/atm, — at + 72 °F
อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapour transmission rate)	0-3 g/sq m/day, at 38 °C 90% RH	0-0.5/100 sq in/24 hr, at 100 °F
อุณหภูมิสูงสุดที่ทนได้	120-135 °C	100% RH 240-300 °F

**ที่มา :** มยรี (2534)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 ผลการทดสอบคุณภาพของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว

ผลการทดลองของ Lampi และคณะ, (1976) ได้ทำการทดสอบการทนต่อแรงดันภายใน (Internal Burst Testing) โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้ โดยทำการสอดเข็มลงไปภายในซองบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว แล้วให้อากาศเข้าไปภายในซอง จนกว่าซองจะแตก แล้วทำการอ่านค่าและบันทึกผล ดังแสดงใน รูปที่ 2.2

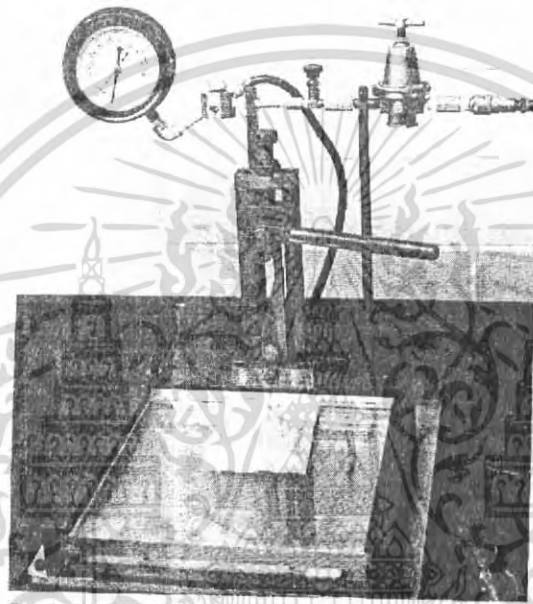


Fig. 2—INTERNAL BURST TESTING APPARATUS injects air into the pouch for a preset pressure-time cycle

**รูปที่ 2.2** การทดสอบแรงดันภายใน (Internal Burst Testing)

ที่มา : Lampi และคณะ, (1976)

ผลของการเก็บรักษาที่มีผลต่อระดับความดันที่ทำให้ถุงแตกโดยการซีลโดยการใช้และไม่ใช้ เม็ดยางในการในการซีล โดยแสดงดัง ตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

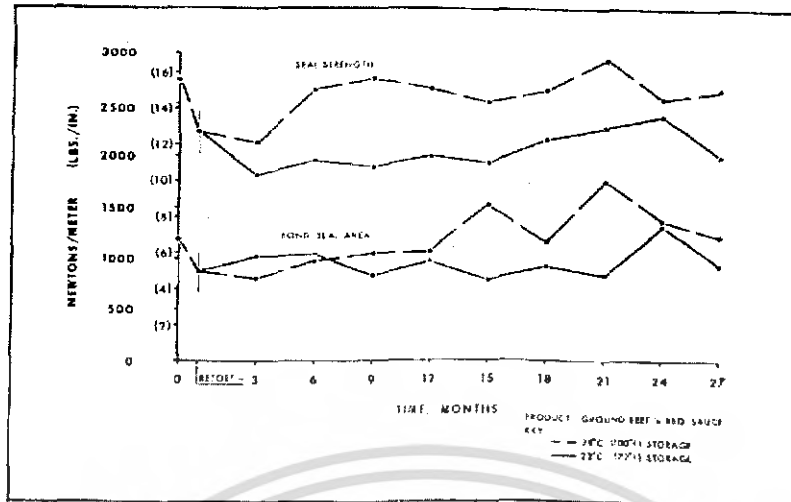
**ตารางที่ 2.2** ผลของการเก็บรักษาที่มีผลต่อระดับความดันที่ทำให้ถุงแตก โดยการซีลโดยการใช่และไม่ใช่เม็ดยางในการในการซีล

Measurement time	Burst pressure in Pa (psig)			
	0.32-cm-wide seals		0.64-cm-wide seals	
	Without particles	With particles	Without particles	With particles
Before retort	$2.76 \times 10^5$ (40.0)	$2.72 \times 10^5$ (39.5)	$3.41 \times 10^5$ (49.5)	$3.10 \times 10^5$ (45.0)
After retort	$1.95 \times 10^5$ (28.3)	$2.05 \times 10^5$ (29.8)	$1.77 \times 10^5$ (25.6)	$2.05 \times 10^5$ (29.8)
6 mo	$1.61 \times 10^5$ (23.4)	$8.83 \times 10^4$ (12.8)	$1.77 \times 10^5$ (25.6)	$1.52 \times 10^5$ (22.0)
12 mo	$1.45 \times 10^5$ (21.0)	$8.96 \times 10^4$ (13.0)	$1.97 \times 10^5$ (26.0)	$1.45 \times 10^5$ (21.0)

**ที่มา :** Lampi และคณะ, (1976)

จากตารางที่ 2.2 จะแสดงให้เห็นว่าความกว้างของแนวการซีลยิ่งถ้ามีความกว้างของแนวการซีลมากจะทำให้ทนต่อความดันที่ทำให้ถุงแตกมากตามไปด้วย โดยถ้าถุงไม่มีเม็ดยางแทรกระหว่างชั้นฟิล์มก่อนการให้ความร้อนจะทำให้ทนต่อความดันที่ทำให้ถุงแตกจะมากกว่าหลังการให้ความร้อนมาก และจะเริ่มลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ และการที่ไม่มีเม็ดยางแทรกระหว่างชั้นฟิล์มจะทำให้ได้ค่าการทนต่อความดันที่ทำให้ถุงแตกมีค่ามากกว่าการที่มีเม็ดยางแทรกระหว่างชั้นฟิล์ม

Lampi และคณะ, (1976) ผลของความแข็งแรงของรอยผนึก (Seal Strength) กับระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ดังแสดงดัง รูปที่ 2.3



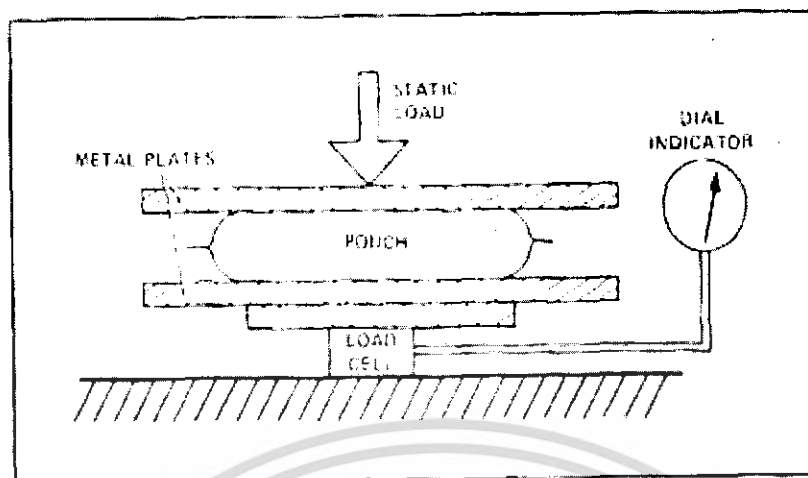
### รูปที่ 2.3 ความแข็งแรงของรอยผนึก (Seal Strength) กับระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ที่มา : Lampi และคณะ, (1976)

จากรูปที่ 2.3 จะแสดงให้เห็นว่า หลังจากถุงได้รับความร้อนในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อค่าความแข็งแรงของรอยผนึก (Seal Strength) ลดลงอย่างมากกล่าวคือ ก่อนการนึ่งฆ่าเชื้อความแข็งแรงของรอยผนึกมีค่าประมาณ 2,750 Newton ต่อความยาวแนวผนึก 1 เมตร หรือประมาณ 16 ปอนด์แรงต่อความยาวของแนวผนึก 1 นิ้ว หลังจากเก็บถุงอาหารไว้นาน 27 เดือน ที่อุณหภูมิต่างกันคือที่ 22 °C และ 38 °C พบว่าหลังจากเวลาผ่านไป 6 เดือน การเก็บที่อุณหภูมิสูง(38 °C) มีผลทำให้ค่าความแข็งแรงของรอยผนึกเพิ่มขึ้นจนเกือบเท่าความแข็งแรงของรอยผนึกถุงก่อนนำเข้านึ่งฆ่าเชื้อ ในขณะที่การเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (22 °C) ค่าความแข็งแรงของรอยผนึกลดลงต่ำกว่าค่าความแข็งแรงของรอยผนึกที่นำออกจากหม้อนึ่งใหม่ ๆ และการลดลงเริ่มคงที่ หลังจากเวลาผ่านไป 3 เดือน

ผลการทดลองของ Pflug และคณะ, (1966) ได้ทำการทดสอบของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวที่สามารถทนต่อแรงดันทะลุ (Burst Testing) โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้ โดยนำของที่บรรจุอาหารที่ผ่านความร้อน แล้วนำไปวางระหว่างแผ่นเหล็กแล้วกดทับจนถุงแตก แล้วทำการอ่านค่าและบันทึกผล รูปเครื่องมือแสดงในรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 2.4** การทดสอบความคงทนต่อแรงดันทะลุ (Burst Testing)

ที่มา : Pflug และคณะ, (1966)

Brown และคณะ, (1973) ได้ทำการทดสอบความแข็งแรงของรอยผนึก (Seal Strength) โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้ โดยนำซองที่บรรจุอาหารที่ผ่านความร้อน แล้วไปตัดบริเวณรอยซีลทั้งสองด้าน ทำการดึงปลายทั้งสองด้านด้วยเครื่อง Testometric จนกว่ารอยซีลจะแยกขาดออกจากกัน รูปที่ 2.5 แล้วทำการอ่านค่าและบันทึกผล



**รูปที่ 2.5** การทดสอบความแข็งแรงของรอยผนึก (Seal Strength)

ที่มา : Brown และคณะ, (1973)

### คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว

Srinivasa และคณะ, (2001) จากการศึกษาถึงคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว ดังแสดงให้เห็นใน ตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.3** จากการศึกษาถึงคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว

Detail	Composition	Heat seal strength N/25 mm. width (average of 5 readings)		Overall migration residue (mg/dm <sup>2</sup> ) (mean values of triplicates)	Bursting strength (psig) (mean values of triplicates)
		Machine direction	Cross direction		
Imported pouch source 1	12.5 micron polyester/25 micron aluminium foil/12.5 micron nylon/75 micron cast	123	97	0.183	30
Imported pouch source 2	polypropylene 12.5 micron polyester/12.5 micron aluminium foil/92.5	96	83	0.20	30
Imported pouch source3 sample C	micron cast polypropylene 12.5 micron polyester/15 micron aluminium foil/75 micron	98	81	0.30	30
Indigenous pouch source 1	cast polypropylene 12.5 micron polyester/12.5 micron aluminium foil/92.5	63	60	0.80	20
Indigenous pouch source 2	micron cast polypropylene 12.5 micron polyester/12.5 micron aluminium foil/75 micron	61	60	0.95	25
Indigenous pouch source 3 sample A	cast polypropylene 12.5 micron polyester/12.5 micron aluminium foil/75 micron	75	65	0.58	25
Indigenous pouch source 4 sample B	cast polypropylene 12.5 micron polyester/12 micron aluminium foil/87.5 micron cast polypropylene	50	40	1.53	20

ที่มา : Srinivasa และคณะ, (2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.3 Srinivasa และคณะ, (2001) ได้แสดงให้เห็นว่าบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวที่นำเข้ามาจะมีค่าความทนต่อความแข็งแรงของรอยฉีก และค่าความทนต่อแรงดันที่ทำให้ฉีกมากกว่าที่ผลิตในประเทศในการทดลองนี้จึงได้นำถุงที่นำเข้ามาใช้ในการทดลอง

Ravi และคณะ, (2002) จากการศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว ดังแสดงให้เห็นใน ตารางที่ 2.4

**ตารางที่ 2.4** จากการศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว

1.	Total thickness	420 gauge (105 $\mu\text{m}$ )
2.	Thickness of aluminium foil	50 gauge (12.5 $\mu\text{m}$ )
3.	Thickness of polypropylene layer	320 gauge (80 $\mu\text{m}$ )
4.	Thickness of polyester layer	50 gauge (12.5 $\mu\text{m}$ )
5.	Tensile strength (machine-direction)	450 $\text{kg}/\text{cm}^2$
6.	Tensile strength (cross-direction)	425 $\text{kg}/\text{cm}^2$
7.	Elongation at break (machine-direction)	20%
8.	Elongation at break (cross-direction)	20%
9.	Heat seal strength (machine-direction)	70 N/25 mm. width
10.	Heat seal strength (cross-direction)	61 N/25 mm. width
11.	Bursting strength	21 psig
12.	Overall migration residue	0.80 $\text{mg}/\text{dm}^2$

ที่มา : Ravi และคณะ, (2002)

72006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

## หม้อฆ่าเชื้อ

### ( Retort )

#### 3.1 การแบ่งลักษณะของ Retort สามารถแบ่งในลักษณะต่างๆ ได้ คือ

3.1.1 การแบ่งตามลักษณะการจัดวางตัว คือ Vertical และ Horizontal สำหรับเครื่องฆ่าเชื้อ สำหรับรีทอร์ทเพาซ์ส่วนมากมักเป็นแบบการจัดวางตัวในลักษณะนอน คือ Horizontal arrangement

3.1.2 การแบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่ของรีทอร์ทเพาซ์ภายใน คือ Stationary และ Retort ซึ่งผู้ประกอบการสามารถเลือกเป็นใดเป็นหนึ่งหรือมีทั้ง 2 แบบในเครื่องเดียวกันก็ได้ โดยทั่วไปเครื่องฆ่าเชื้อรีทอร์ทเพาซ์มักมีความสามารถทั้งสองแบบ คือ จัดวางให้รีทอร์ทเพาซ์อยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ขณะฆ่าเชื้อได้ การเคลื่อนที่หรือหมุนของ รีทอร์ทเพาซ์ภายในเครื่องฆ่าเชื้อมีทั้งภายในลักษณะ end over หรือ side over side

3.1.3 การแบ่งตามลักษณะความต่อเนื่องในการฆ่าเชื้อคือแบบ Batch หรือ Continuous โดยมากเครื่องฆ่าเชื้อสำหรับรีทอร์ทเพาซ์มักนิยมแบบ Batch เป็นการฆ่าเชื้อที่ละเอียดมากกว่าการฆ่าเชื้อแบบต่อเนื่อง

3.1.4 การแบ่งตามลักษณะการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ Heating Media ซึ่งเป็นการแบ่งที่ทำให้เครื่องแต่ละเครื่องมีลักษณะจำเพาะในการออกแบบและประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อต่างกันไป รีทอร์ท ที่ใช้สำหรับรีทอร์ทเพาซ์สามารถแบ่งตามลักษณะ heating media ได้เป็น

3.1.4.1 แบบใช้น้ำ Steam เพียงอย่างเดียว ได้แก่เครื่องฆ่าเชื้อที่ใช้ปกติตามโรงงานผลิตอาหารกระป๋องทั่วไปทั้งนี้ต้องเป็นเครื่องที่สามารถควบคุมปริมาณไอน้ำ (สัมพันธ์กับอุณหภูมิและความดัน) ได้ละเอียดแม่นยำ รวมทั้งมีความสามารถในการทำความเย็นแบบ Pressure cooling ไอน้ำที่ต้องการใช้คือ dry saturated steam (ในการปฏิบัติมักเป็น wet saturated steam) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการใช้ความร้อนแฝง (latent heat of vaporization) สูง อย่างไรก็ตามปัญหาที่พบคือ Retort นี้ ไม่สามารถใช้กับอาหารทุกชนิดในรีทอร์ทเพาซ์การเลือกใช้จะถูกบังคับ (limit) ด้วยคุณลักษณะของอาหารภายใน กล่าวคือ steam retort เหมาะสมกับเฉพาะอาหารที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บรรจุในภาชนะ semi rigid เช่น heavy wall plastic can (หนา 0.045 – 0.080 นิ้ว) ที่มีฝาปิดแบบโลหะด้วยลักษณะ double seam
- อาหารแห้งที่ไม่มีน้ำหรือน้ำเกลือ หรือน้ำมัน ปริมาณมากบรรจุอยู่ในรีทอร์ทเพาซ์
- อาหารที่ระหว่างการฆ่าเชื้อไม่เกิดความดันขึ้นในรีทอร์ทเพาซ์สูงเกิดความดันภายใน รีทอร์ทซึ่งเกิดจากแรงดันไอน้ำที่ใช้ ณ อุณหภูมิฆ่าเชื่อนั้น เช่น อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 120°C สัมพันธ์หรือก่อให้เกิดแรงดันภายในเครื่อง 15 lb/in<sup>2</sup> (psig)

3.1.4.2 แบบให้ความร้อนทั่วรีทอร์ทเพาซ์ตลอดระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ (Full water Immersion Heating) retort ลักษณะนี้สามารถฆ่าเชื้อได้ที่อุณหภูมิต่ำเช่น 100°C ในลักษณะ pasteurization จนถึงความร้อนสูง เช่น 125°C เพื่อการ sterilization ซึ่งจำเป็นต้องมีการอัดความดันที่เกิดภายในเครื่องระหว่างการฆ่าเชื้อ เพื่อให้ความร้อนอุณหภูมิสูงกว่า 100°C ได้ ในการรักษาความดันภายในเครื่องอาจใช้ไอน้ำ (saturated steam) หรืออาจใช้อากาศก็ได้ส่วนมากนิยมใช้อากาศเพื่อควบคุมความดันภายในเครื่องให้อุณหภูมิสูงตามต้องการและเพื่อต้านทานความดันที่เกิดภายในรีทอร์ทเพาซ์ไม่ให้ดันรีทอร์ทเพาซ์ ฉีกขาด ลักษณะการให้ความร้อนกับน้ำสามารถทำได้โดยใช้ไอน้ำฉีดผสมกับน้ำเข้าโดยตรง (steam injection) ภายใน รีทอร์ท หรือใช้เครื่อง heat exchanger โดยปั๊มผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อให้น้ำมีอุณหภูมิสูงแล้วปั๊มกลับเข้าสู่ฆ่าเชื้อตลอดเวลาต่อเนื่องไป

3.1.4.3 แบบใช้น้ำร้อน (Cascade หรือ Shower Water Heating) เป็นการใช้น้ำร้อนในการฆ่าเชื้อ โดยให้น้ำร้อนออกเป็นสายจากส่วนบน รีทอร์ท ผ่านรีทอร์ทเพาซ์ตลอดเวลาทั้งนี้เพื่อการประหยัดน้ำที่ใช้แต่ขณะเดียวกันต้องมีการหมุนเวียนของน้ำ (circulation) ปริมาณมากและรวดเร็วอย่างสม่ำเสมอ การให้ความร้อนแก่น้ำมักใช้ลักษณะ heat exchanger และควบคุมความดันด้วยอากาศใน รีทอร์ท แบบนี้สามารถควบคุมความดันได้ดีกว่าและมีความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิไม่ฉับพลัน เช่น แบบ full water immersion รวมถึงอาจมีการใช้น้ำที่ฆ่าเชื้อเป็นน้ำหล่อเย็นได้ในภายหลัง อย่างไรก็ตามหากไม่มีการออกแบบที่ดีแล้วอาจก่อให้เกิดปัญหาในด้านความดันสม่ำเสมอของอุณหภูมิ รีทอร์ทเพาซ์ตลอดทั้ง รีทอร์ท ระหว่างการฆ่าเชื้อ (temperature uniformity)

3.1.4.4 Steam – Air heating เป็น รีทอร์ท ที่มีการออกแบบเฉพาะไอน้ำในการฆ่าเชื้อและในขณะเดียวกันได้มีการอัดอากาศเข้าในเครื่องพร้อมกัน เพื่อต้านทานความดันที่เกิดในรีทอร์ทเพาซ์ที่มีอุณหภูมิการฆ่าเชื่อนั้นๆ ทำให้สามารถฆ่าเชื้ออาหารในรีทอร์ทเพาซ์ได้หลากหลายมากกว่าเครื่องที่ใช้ไอน้ำ (steam retort) เพียงอย่างเดียว การควบคุมอัตราส่วนของไอน้ำต่ออากาศ (steam-air

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

mixture ratio) เป็นจุดที่สำคัญเพื่อให้ทั้งอุณหภูมิและความดันเป็นไปตามที่กำหนดการฆ่าเชื้ออย่างถูกต้องอัตราส่วนที่นิยมใช้ คือ saturated steam/air เป็น 75/25 เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการส่งผ่านความร้อนสูง และควบคุมความดันในช่วงทั่วไปสำหรับรีทอร์ทเพาซ์ได้ลักษณะที่สำคัญอีกประการคือ การที่ต้องออกแบบให้มีพัดลมหรือกลไกที่ทำให้ไอน้ำและอากาศนั้นผสมกันอย่างสม่ำเสมอและกระจายตัวอย่างทั่วถึงไปทั่ว รีทอร์ท ซึ่งหากมีการออกแบบและควบคุมทั้ง 2 จุดให้ดีแล้ว steam – air retort จะลดปัญหาการใช้ไอน้ำปริมาณมาก ลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว (less thermal shock) และมีช่วงเวลาการเพิ่มอุณหภูมิให้ขึ้นสู่อุณหภูมิฆ่าเชื้อ (COME – UP TIME) เร็วกว่าเมื่อเทียบกับ full water immersion retort (มรยา, 2548)

### 3.2 การเปรียบเทียบระบบ Retort

3.2.1 เมื่อเปรียบเทียบในด้านของ heating media แล้วดังในตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนโดยรวม (overall heat transfer coefficient) ของตัวกลางชนิดต่างๆซึ่งจะเห็นว่า ไอน้ำมีประสิทธิภาพสูงที่สุดรองลงมาคือ น้ำ และ steam/air ที่ 75/25 ตามลำดับอย่างไรก็ตามใช้ไอน้ำโดยไม่มีการควบคุมความดันภายใน รีทอร์ท เพิ่มเติมจะจำกัดการใช้ได้กับอาหารบางประเภทเท่านั้น ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นหากพิจารณาในด้านของปริมาณความร้อนในการฆ่าเชื้อแล้ว water retort จะมีความดันสูงกว่าและมีการควบคุมอุณหภูมิและความดันให้มีอุณหภูมิม่าเสมอของอุณหภูมิได้ง่ายกว่า steam – air แต่ทั้งนี้ในการเลือกซื้อหรือใช้จำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆอีกเป็นอันมาก โดยเฉพาะการออกแบบเครื่องจากผู้ผลิตแต่ละราย

#### ตารางที่ 3.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของตัวกลางความร้อนชนิดต่างๆ

ตัวกลาง	Btu/Hr/ °F/Sq.Ft.of Heating Surface
Steam	170
Water	150
Steam - air (75/25%)	87.5
Air (100%)	2.96

Theoretical calculations based on pouches 5 x 7 inch filled water Assume H = H (outside = inside temperature of foil) Work by I.J Pflug project 1 k 6433240587 for Natick

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 เมื่อพิจารณาในเรื่องของการฆ่าเชื้อโดยให้รีทอร์ทเพาซ์อยู่นิ่งขณะฆ่าเชื้อ เปรียบเทียบกับการหมุน (rotary) ของรีทอร์ทเพาซ์แล้ว เป็นที่ทราบดีว่าจุดเด่นของระบบ rotary ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนให้อาหารได้ดีขึ้น (สำหรับอาหารชั้นเหลวที่มี headspace ในการบรรจุ) ทำให้ประหยัดเวลาในการฆ่าเชื้อหรือได้ค่า  $F^\circ$  เท่ากันในเวลาที่สั้นขึ้นรวมทั้งได้อาหารที่มีคุณภาพด้านสีและความสม่ำเสมอของเนื้ออาหารดีขึ้น อย่างไรก็ตามในกรณีของรีทอร์ทเพาซ์แล้ว มีข้อเสดและพึงระวังในการฆ่าเชื้อแบบ rotary คือ ความแข็งแรงของรอยปิดผลึกของรีทอร์ทเพาซ์ (seal strength) จะลดต่ำลงอย่างมากในการปิดผลึกอยู่ในสภาพอุณหภูมิสูงที่อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ  $121^\circ\text{C}$  ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของรอยปิดผลึกของรีทอร์ทเพาซ์จะเหลืออีกประมาณ 7 psi และเมื่อทำให้รีทอร์ทเพาซ์นั้นเย็นกลับไปที่อุณหภูมิห้อง ( หลังการฆ่าเชื้อ 30 นาที ) จะพบว่าความแข็งแรงของรอยปิดผลึกคือกลับมาเพียง 90 % ของความแข็งแรงก่อนการฆ่าเชื้อ ดังนั้นในการใช้ระบบ rotary หรือ รีทอร์ทเพาซ์จะต้องเพิ่มความระมัดระวังในเรื่องการปิดผลึกที่ถูกต้องและสะอาด

การควบคุมความดัน รีทอร์ท ให้ถูกต้องตลอดการฆ่าเชื้อและทำเย็น และการระมัดระวังความสมบูรณ์ของรีทอร์ทเพาซ์ (pouch integrity) มิให้เกิดรอยขีดหรือปริกระหว่างการเคลื่อนย้ายและระหว่างการหมุนในรีทอร์ท (มรุตยา, 2548)

### 3.3 ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการฆ่าเชื้ออาหารใน Retort Pouch

3.3.1 ในการฆ่าเชื้อซึ่งมีผลต่อการฆ่าเชื้อ (การคำนวณค่า  $F^\circ$ ) อาหารภายในสำหรับรีทอร์ทเพาซ์ที่มีความหนาไม่เกิน  $1\frac{1}{2}$  นิ้วซึ่ง  $F^\circ$  จะมีความสัมพันธ์กับความหนาคือ  $F = 24.2 t^2$  เมื่อ  $t =$  ความหนาของรีทอร์ทเพาซ์โดยความหนาของรีทอร์ทเพาซ์จะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ คือ

1. น้ำหนักบรรจุ (fill weight)
2. อากาศที่เหลือในรีทอร์ทเพาซ์ (residual air)
3. ตำแหน่งต่างๆตามรูปของรีทอร์ทเพาซ์เช่น standup pouch
4. ขนาดของรีทอร์ทเพาซ์ที่ใช้
5. ความสม่ำเสมอของพื้นที่ผิวหน้าของรีทอร์ทเพาซ์ (surface) ซึ่งขึ้นกับลักษณะ

และขนาดของชิ้นอาหารภายใน การบังคับรูปร่างของรีทอร์ทเพาซ์ขณะฆ่าเชื้อ ( confinement of Pouch ) สำหรับในที่นี่จะกล่าวถึงเฉพาะปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการบังคับรูปร่างของรีทอร์ทเพาซ์เท่านั้น เนื่องจากเกี่ยวพันถึงการออกแบบชั้นวาง (recking system) ที่ใช้ใน retort ต่างๆในการออกแบบชั้นวางสำหรับ รีทอร์ทเพาซ์ จะต้องพิจารณาถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบให้มีช่องเปิด (Holes or openings) มากพอที่ให้ตัวกลางให้ความร้อน ออกแบบให้มีช่องเปิด 40 – 50 % ของพื้นที่ของเปิดที่มากจะทำให้สามารถมีพื้นที่ผิวที่ให้ตัวกลาง สัมผัสกับรีทอร์ทเพาซ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อได้ดีขึ้น

3.3.2 การออกแบบให้มีช่องทาง (Channel) สำหรับตัวกลางให้ความร้อนไหลผ่านชั้นของ pouch แต่ละชั้นได้อย่างทั่วถึง เพื่อให้ตัวกลางให้ความร้อนสัมผัสพื้นผิวของ pouch ได้โดยรอบ โดย หลีกเลี่ยงการที่ รีทอร์ทเพาซ์จะสัมผัสกัน (pouch to pouch contact) การออกแบบให้มีช่องทางไหลของตัวกลางโดยรอบรีทอร์ทเพาซ์จะเพิ่มประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อและลดเวลาในการฆ่าเชื้อลง พร้อมทั้ง ทำให้รีทอร์ทเพาซ์แต่ละรีทอร์ทเพาซ์ได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอใกล้เคียงกันทุกส่วนของรีทอร์ทเพาซ์และทุกรีทอร์ทเพาซ์ซึ่งการออกแบบให้มีช่องทางไหลของตัวกลางให้ความร้อนนี้สามารถออกแบบควบคู่ไปกับการบังคับรูปร่างของรีทอร์ทเพาซ์ได้

3.3.3 การออกแบบให้มีชั้นแผ่นกัน (ที่มีช่องเปิด) ที่บังคับรูปร่าง (confinement) ของรีทอร์ทเพาซ์ไม่ให้โป่งพอง เนื่องจากความร้อนที่มากไปหรือจากอากาศที่เหลืออยู่ในรีทอร์ทเพาซ์รวมทั้งเป็นการบังคับให้รีทอร์ทเพาซ์มีความหนาที่สม่ำเสมอใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการฆ่าเชื้อทุกรีทอร์ทเพาซ์ไม่ให้ความหนาเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิและความดันภายใน retort อีกทั้งยังช่วยรูปร่างของรีทอร์ทเพาซ์ ไม่ให้บิดเบี้ยวเสียรูปร่างระหว่างฆ่าเชื้อและที่สำคัญเป็นการลดความเครียดที่เกิดขึ้นกับผิวและรอยปิดผนึก (ซึ่งหากเกิดการเปลี่ยนรูปร่างของรีทอร์ทเพาซ์ที่อุณหภูมิสูงอาจทำให้รอยปิดผนึกปริหรือรั่วซึมได้ง่าย) เพื่อความปลอดภัยป้องกันการรั่วซึมของรีทอร์ทเพาซ์

3.3.4 การออกแบบให้มีช่องหรือรูปร่างของชั้นวางแต่ละชั้นที่เหมาะสมกับรูปร่างและขนาดของรีทอร์ทเพาซ์ เพื่อเป็นการป้องกันการขยับเคลื่อนที่ของรีทอร์ทเพาซ์ขณะอยู่ใน Retort ซึ่งอาจทำให้เกิดการขูดขีดเป็นตำหนิต่อผิวและรอยปิดผนึกของรีทอร์ทเพาซ์ อันมีผลกระทบต่อทั้งความปลอดภัยและคุณภาพของอาหารภายในโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีการหมุน (rotary) ขณะการฆ่าเชื้อ

3.3.5 วัสดุที่ใช้ทำชั้นวาง มีการใช้เหล็กปลอดสนิม (Stainless steel) อลูมิเนียมแบบหนา (heavy gauge aluminum) และพลาสติกทนร้อน (High density polypropylene rack) (มรยา, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การศึกษาอัตราการแทรกผ่านความร้อน (Heat penetration test)

การกำหนดการให้ความร้อนไปทำลายจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหารในขณะปิดสนิทต้องศึกษาข้อมูลอัตราการแทรกผ่านความร้อนเข้าสู่ในกระบวนการผลิตภัณฑอาหาร ซึ่งมีการถ่ายเทความร้อนไปยังจุดต่างๆ ในผลิตภัณฑ์อาหารไม่เท่ากัน ดังนั้นการศึกษาจึงต้องมีการศึกษาวัดอุณหภูมิจากจุดที่ได้รับความร้อนซ้ำที่สุดของผลิตภัณฑ์อาหารนั้นขณะที่อาหารได้รับการถ่ายเทความร้อนในระหว่างการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์นั้น จะมีลักษณะการถ่ายเทความร้อนเข้าไปในผลิตภัณฑ์มี 3 รูปลักษณะ คือ

- การนำความร้อน
- การพาความร้อน
- การถ่ายเทความร้อนแบบผสม

ในการศึกษาอัตราการแทรกผ่านความร้อนในผลิตภัณฑ์อาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิทต้องคำนึงถึง

- ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำการศึกษาต้องมีองค์ประกอบ คุณสมบัติลักษณะการบรรจุ และน้ำหนักบรรจุตรงกับผลิตภัณฑ์ผลิตจริง
- การติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์อาหารต้องวัดที่ตำแหน่งร้อนซ้ำที่สุด
- ตรวจสอบเครื่องฆ่าเชื้อ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความดันอยู่ในสภาพใช้งานได้ตามปกติ
- มีการบันทึกอุณหภูมิเริ่มต้น (Initial Temperature) ของผลิตภัณฑ์หลังจากเขย่าให้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารมีอุณหภูมิสม่ำเสมอเท่ากัน
- บันทึกขั้นตอนต่างๆ ในขบวนการฆ่าเชื้อเหมือนการผลิตจริง เช่น ช่วงเวลาไล่อากาศช่วงเวลา Come up time เวลาฆ่าเชื้อและเวลา cooling เป็นต้น (วราทิพย์, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

#### 4.1 วัสดุ

- ภาชนะอ่อนตัวทนความร้อนสูงชนิดที่บดแสง ประเภท flat pouch ขนาด 180 มิลลิเมตร x 300 มิลลิเมตรหนา 0.13 มิลลิเมตร

#### 4.2 อุปกรณ์

- หม้อฆ่าเชื้อแบบ Water Spray Retort ของบริษัท KM GRAND PACK จำกัด
- เครื่องปิดผนึกสุญญากาศ (sealer air tight) ของบริษัท BETTER PACK จำกัด รุ่น TURBOVAC D2D 500/2SD
- เครื่องปิดผนึกแบบธรรมดา (sealer) ของบริษัท BETTER PACK จำกัด รุ่น IMPULSE SEALER
- เครื่องวัดค่าแรงดึง(Tex Analyser) ของบริษัท CHARPA TECHCENTER จำกัด รุ่น TA.XT.Plus
- เครื่องวัดอุณหภูมิพร้อมสายวัดอุณหภูมิในหม้อฆ่าเชื้อ
- เครื่องคอมพิวเตอร์

#### 4.3 การกำหนดตัวแปรที่ศึกษา

##### 4.3.1 ตัวแปรที่ศึกษา (Independent variables)

1. ขนาดของรูตะแกรง
  - ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร
  - ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร
  - ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร
2. รอยปิดผนึก (seal)
  - ปิดผนึกแบบธรรมดา
  - ปิดผนึกแบบสุญญากาศ
3. ระยะห่างระหว่างชั้นวางตะแกรง
  - ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร
  - ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร
  - ระยะห่างอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำถุงบรรจุภัณฑ์ขนาด 180 มิลลิเมตร X 300 มิลลิเมตร บรรจุน้ำ 1000 กรัม
2. ปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกแบบธรรมดาและแบบสุญญากาศ
3. นำไปวางบนชั้นตะแกรงที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูตะแกรง 3 , 5 และ 9 มิลลิเมตร ตามลำดับ
4. นำไปให้ความร้อนด้วยหม้อฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิน้ำร้อน 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
5. นำถุงทั้งก่อนและหลังผ่านความร้อนในหม้อฆ่าเชื้อที่ขนาดรูตะแกรงต่างๆ ที่ระยะห่างระหว่างชั้นวางตะแกรงกับถุงบรรจุภัณฑ์ 0 มิลลิเมตร และที่ปิดผนึกแบบธรรมดา มาหาค่าความแข็งแรงของวัสดุ (Tensile Strength) ตัดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดกว้าง X ยาว เท่ากับ 15 มิลลิเมตร X 70 มิลลิเมตร ในแนวตั้ง ด้านบน ตรงกลาง และด้านล่าง จำนวน 3 ตัวอย่าง ในแนวขวาง ด้านบน ตรงกลาง และด้านล่าง จำนวน 3 ตัวอย่าง นำไปตั้งให้ขาดด้วยเครื่องวัดค่าแรงดึง(Texture analyzer) แล้วบันทึกค่าการต้านแรงดึงที่มากที่สุด( $F_{MAX}$ ) เพื่อหาค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของวัสดุและเปอร์เซ็นต์ระยะยืดเมื่อขาด(% Elongation At Break) หาได้จาก

$$\% \text{ Elongation At Break} = \frac{\text{ระยะยืดเมื่อขาด} - \text{ระยะเริ่มต้น}}{\text{ระยะเริ่มต้น}} \times 100$$

สำหรับการหาค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึก (Seal Strength) ให้ตัดถุงตรงบริเวณที่มีการปิดผนึกในบริเวณด้านข้าง 2 ด้าน และรอยปิดผนึกที่ก้นถุง ขึ้นตัวอย่าง กว้าง X ยาว เท่ากับ 15 มิลลิเมตร X 70 มิลลิเมตร นำไปตั้งเพื่อหาค่าแรงดึงสูงสุด ( $F_{MAX}$ ) ที่ทำให้รอยปิดผนึกแยกออกจากกัน

6. ทำซ้ำอีกครั้ง โดยเปลี่ยนเป็นถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ
7. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 5 , 6 และ 7 โดยเปลี่ยนระยะห่างระหว่างชั้นวางตะแกรงกับถุงบรรจุภัณฑ์ 10 มิลลิเมตร

#### 4.5 สถานที่ทำการทดลอง

- ตึก E12 ชั้น 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## บทที่ 5 ผลการทดลองและวิจารณ์

### 5.1 อิทธิพลของขนาดรูตะแกรงต่อคุณสมบัติที่ระยะความสูง ในระดับต่างๆ

5.1.1 ผลกระทบต่อความต้านทานแรงดึง ที่ระยะห่างระหว่างรูตะแกรงที่กับตะแกรงเท่ากับ 0 มิลลิเมตร

**ตารางที่ 5.1** ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	6.713	6.016	6.117	6.514
ถุงด้านขวา	7.128	5.831	6.295	6.481
ถุงตรงกลาง	6.391	5.598	6.032	6.350
เฉลี่ย	6.744 <sup>a</sup>	5.815 <sup>b</sup>	6.148 <sup>b</sup>	6.448 <sup>a</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 5.2** ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	6.713	6.231	6.158	6.730
ถุงด้านขวา	7.128	6.145	6.024	6.933
ถุงตรงกลาง	6.391	6.061	5.984	6.431
เฉลี่ย	6.744 <sup>a</sup>	6.145 <sup>b</sup>	6.055 <sup>b</sup>	6.698 <sup>a</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5.3** ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน (machine-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบสูญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านบน	6.483	4.969	4.719	4.911
ถุงด้านล่าง	6.616	4.913	5.089	5.084
ถุงตรงกลาง	6.296	4.545	4.641	4.893
เฉลี่ย	6.465 <sup>a</sup>	4.809 <sup>b</sup>	4.816 <sup>b</sup>	4.962 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 5.4** ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน (machine-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านบน	6.483	4.968	4.943	5.211
ถุงด้านล่าง	6.616	5.186	5.263	5.228
ถุงตรงกลาง	6.296	4.738	4.830	5.120
เฉลี่ย	6.465 <sup>a</sup>	4.964 <sup>b</sup>	5.012 <sup>b</sup>	5.186 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

พบว่าถุงที่วางบนรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 และ 5 มิลลิเมตร จะทำให้ถุงที่ปิดผนึกทั้ง 2 แบบมีแรงต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในขณะที่ถุงที่วางบนรูตะแกรงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร แรงต้านแรงดึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับถุงที่วางบนรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3, 5 และ 9 มิลลิเมตร ทำให้แรงต้านแรงดึงแนวนอน (machine-direction) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับถุงบรรจุภัณฑ์ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อแต่รูตะแกรงทั้ง 3 ขนาดให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 ผลกระทบต่อความต้านทานแรงดึงที่ระยะห่างระหว่างถุงบรรจุภัณฑ์กับตะแกรงเท่ากับ 10 มิลลิเมตร

**ตารางที่ 5.5** ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	6.713	5.152	5.733	6.349
ถุงด้านขวา	7.128	5.198	5.546	6.109
ถุงตรงกลาง	6.391	5.015	5.351	5.989
เฉลี่ย	6.744 <sup>a</sup>	5.121 <sup>b</sup>	5.543 <sup>b</sup>	6.149 <sup>c</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 5.6** ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	6.713	5.970	5.736	6.132
ถุงด้านขวา	7.128	5.975	5.831	6.235
ถุงตรงกลาง	6.391	5.611	5.664	6.254
เฉลี่ย	6.744 <sup>a</sup>	5.852 <sup>b</sup>	5.743 <sup>b</sup>	6.207 <sup>c</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 5.7** ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน (machine-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	6.483	5.100	4.949	5.151
ถุงด้านขวา	6.616	5.084	5.260	5.080
ถุงตรงกลาง	6.296	4.900	4.569	5.027
เฉลี่ย	6.465 <sup>a</sup>	5.028 <sup>b</sup>	4.926 <sup>b</sup>	5.086 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 5.8** ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน (machine-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	6.483	4.804	4.811	4.867
ถุงด้านขวา	6.616	5.013	5.041	5.081
ถุงตรงกลาง	6.296	4.757	4.740	4.724
เฉลี่ย	6.465 <sup>a</sup>	4.585 <sup>b</sup>	4.864 <sup>b</sup>	4.890 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

พบว่าถุงที่วางบนรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 และ 5 มิลลิเมตร จะทำให้ถุงที่ปิดผนึกทั้ง 2 แบบมีแรงต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ถุงที่วางบนรูตะแกรงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร แรงต้านแรงดึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับถุงที่วางบนรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3, 5 และ 9 มิลลิเมตร ทำให้แรงต้านแรงดึงแนวนอน (machine-direction) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับถุงบรรจุภัณฑ์ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ แต่รูตะแกรงทั้ง 3 ขนาดให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5.1.3 ผลกระทบต่อความต้านทานแรงดึงที่ระยะห่างระหว่างถุงบรรจุภัณฑ์กับตะแกรงแบบ  
อิสระ

**ตารางที่ 5.9** ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่  
ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	6.713	6.106	6.115	6.498
ถุงด้านขวา	7.128	5.931	6.326	6.502
ถุงตรงกลาง	6.391	5.578	5.994	6.387
เฉลี่ย	6.744 <sup>a</sup>	5.871 <sup>b</sup>	6.143 <sup>b</sup>	6.462 <sup>a</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  
ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 5.10** ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่  
ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	6.713	5.610	5.910	6.289
ถุงด้านขวา	7.128	5.889	6.021	6.221
ถุงตรงกลาง	6.391	5.515	5.322	6.147
เฉลี่ย	6.744 <sup>a</sup>	5.668 <sup>b</sup>	5.751 <sup>b</sup>	6.219 <sup>a</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  
ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5.11** ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน (machine-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ  
ที่ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	6.483	5.337	5.012	5.270
ถุงด้านขวา	6.616	4.521	5.374	5.474
ถุงตรงกลาง	6.296	4.443	4.885	4.878
เฉลี่ย	6.465 <sup>a</sup>	4.767 <sup>b</sup>	5.090 <sup>b</sup>	5.207 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 5.12** ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน (machine-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่  
ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านบน	6.483	5.013	4.829	5.105
ถุงด้านล่าง	6.616	4.834	4.881	5.046
ถุงตรงกลาง	6.296	4.823	4.799	4.863
เฉลี่ย	6.465 <sup>a</sup>	4.890 <sup>b</sup>	4.836 <sup>b</sup>	5.004 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

พบว่าถุงที่วางบนรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 และ 5 มิลลิเมตร จะทำให้ถุงที่ปิดผนึกทั้ง 2 แบบมีแรงต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในขณะที่ถุงที่วางบนรูตะแกรงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร แรงต้านแรงดึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับถุงที่วางบนรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3, 5 และ 9 มิลลิเมตร ทำให้แรงต้านแรงดึงแนวนอน (machine-direction) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับถุงบรรจุภัณฑ์ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ แต่รูตะแกรงทั้ง 3 ขนาดให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4 ผลกระทบต่อความสามารถในการยึดตัวที่ระยะห่างระหว่างถุงบรรจุภัณฑ์กับ ตะแกรงเท่ากับ 0 มิลลิเมตร

**ตารางที่ 5.13** ระยะยึดเมื่อขาดในแนวตั้ง (cross-direction) ที่ปิดผนึกแบบสูญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ระยะยึดเมื่อขาดในแนวตั้ง (% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	61.266	53.666	52.398	60.398
ถุงด้านขวา	68.466	56.332	52.798	63.432
ถุงตรงกลาง	56.766	42.098	51.132	57.432
เฉลี่ย	62.166 <sup>a</sup>	50.698 <sup>b</sup>	52.109 <sup>b</sup>	60.420 <sup>a</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 5.14** ระยะยึดเมื่อขาดในแนวตั้ง (cross-direction) ที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ระยะยึดเมื่อขาดในแนวตั้ง (% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านบน	61.266	52.332	54.032	60.866
ถุงด้านล่าง	68.466	52.664	49.832	67.266
ถุงตรงกลาง	56.766	46.166	47.432	57.032
เฉลี่ย	62.166 <sup>a</sup>	50.387 <sup>b</sup>	50.432 <sup>b</sup>	61.712 <sup>a</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5.15** ระยะเวลายืดเมื่อขาดในแนวนอน (machine-direction) ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ระยะเวลายืดเมื่อขาดในแนวนอน (% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านบน	92.932	61.066	61.198	68.932
ถุงด้านล่าง	91.132	55.866	65.432	63.698
ถุงตรงกลาง	87.698	52.998	55.898	61.632
เฉลี่ย	90.587 <sup>a</sup>	56.643 <sup>b</sup>	60.842 <sup>b</sup>	64.754 <sup>a</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 5.16** ระยะเวลายืดเมื่อขาดในแนวนอน (machine-direction) ที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ระยะเวลายืดเมื่อขาดในแนวนอน (% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านบน	92.932	61.466	59.966	59.298
ถุงด้านล่าง	91.132	58.698	60.166	68.498
ถุงตรงกลาง	87.698	55.598	57.132	57.732
เฉลี่ย	90.587 <sup>a</sup>	58.587 <sup>b</sup>	59.088 <sup>b</sup>	61.846 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

พบว่าถุงที่วางบนรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 และ 5 มิลลิเมตร ทำให้ถุงที่ปิดผนึกทั้ง 2 แบบ มีความสามารถในการยืดตัวในแนวตั้ง (cross-direction) ลดลงเมื่อเทียบกับถุงบรรจุภัณฑ์ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ แต่ถุงที่วางบนรูตะแกรง 9 มิลลิเมตร ความสามารถในการยืดตัวไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับถุงบรรจุภัณฑ์ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับถุงที่วางบนรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3, 5 และ 9 มิลลิเมตร ทำให้ความสามารถในการยืดตัวแนวนอน (machine-direction) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับถุงบรรจุภัณฑ์ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ แต่รูตะแกรงทั้ง 3 ขนาดให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5.1.5 ผลกระทบต่อความสามารถในการยืดตัวที่ระยะห่างระหว่างถุงบรรจุภัณฑ์กับตะแกรงเท่ากับ 10 มิลลิเมตร

**ตารางที่ 5.17** ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง (cross-direction) ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง (% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	61.266	58.543	53.463	60.221
ถุงด้านขวา	68.466	52.922	55.759	63.724
ถุงตรงกลาง	56.766	49.785	50.031	59.985
เฉลี่ย	62.166 <sup>a</sup>	53.751 <sup>b</sup>	53.084 <sup>b</sup>	61.310 <sup>a</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 5.18** ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง (cross-direction) ที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง (% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	61.266	55.264	54.567	60.997
ถุงด้านขวา	68.466	53.365	50.578	65.367
ถุงตรงกลาง	56.766	48.893	49.198	58.424
เฉลี่ย	62.166 <sup>a</sup>	52.507 <sup>b</sup>	51.447 <sup>b</sup>	61.596 <sup>a</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5.19** ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน (machine-direction) ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน (% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	92.932	61.442	61.065	68.452
ถุงด้านขวา	91.132	55.631	63.542	63.691
ถุงตรงกลาง	87.698	52.784	55.721	61.325
เฉลี่ย	90.587 <sup>a</sup>	56.619 <sup>b</sup>	60.109 <sup>b</sup>	64.489

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 5.20** ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน (machine-direction) ที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน (% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	92.932	61.982	58.497	60.012
ถุงด้านขวา	91.132	57.632	60.465	65.489
ถุงตรงกลาง	87.698	55.004	56.223	55.261
เฉลี่ย	90.587 <sup>a</sup>	58.206 <sup>b</sup>	58.401 <sup>b</sup>	60.254 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

พบว่าถุงที่วางบนรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 และ 5 มิลลิเมตร ทำให้ถุงที่ปิดผนึกทั้ง 2 แบบ มีความสามารถในการยืดตัวในแนวตั้ง (cross-direction) ลดลงเมื่อเทียบกับถุงบรรจุภัณฑ์ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ แต่ถุงที่วางบนรูตะแกรง 9 มิลลิเมตร ความสามารถในการยืดตัวไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับถุงบรรจุภัณฑ์ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ

สำหรับถุงที่วางบนรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3, 5 และ 9 มิลลิเมตร ทำให้ความสามารถในการยืดตัวแนวนอน (machine-direction) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับถุงบรรจุภัณฑ์ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ แต่รูตะแกรงทั้ง 3 ขนาดให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5.1.6 ผลกระทบต่อความสามารถในการยืดตัวที่ระยะห่างระหว่างถุงบรรจุภัณฑ์กับตะแกรงแบบอิสระ

**ตารางที่ 5.21** ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง (cross-direction) ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง (% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	61.266	52.863	55.653	61.524
ถุงด้านขวา	68.466	52.554	50.496	65.352
ถุงตรงกลาง	56.766	47.126	48.569	58.556
เฉลี่ย	62.166 <sup>a</sup>	50.847 <sup>b</sup>	51.572 <sup>b</sup>	61.810 <sup>a</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 5.22** ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง (cross-direction) ที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง (% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	61.266	55.366	58.598	62.782
ถุงด้านขวา	68.466	58.198	59.78	59.452
ถุงตรงกลาง	56.766	52.782	57.448	55.698
เฉลี่ย	62.166 <sup>a</sup>	55.447 <sup>b</sup>	58.608 <sup>b</sup>	59.310 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5.23** ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน (machine-direction) ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่

ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน (% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	92.932	61.856	60.864	65.687
ถุงด้านขวา	91.132	56.013	64.935	60.356
ถุงตรงกลาง	87.698	52.485	54.126	59.442
เฉลี่ย	90.587 <sup>a</sup>	56.784 <sup>b</sup>	59.975 <sup>b</sup>	61.828 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 5.24** ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน (machine-direction) ที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง

อิสระ

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน (% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	92.932	60.523	59.112	60.421
ถุงด้านขวา	91.132	59.864	60.985	65.413
ถุงตรงกลาง	87.698	53.427	57.704	55.356
เฉลี่ย	90.587 <sup>a</sup>	57.938 <sup>b</sup>	59.267 <sup>b</sup>	60.396 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

พบว่าถุงที่วางบนรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 และ 5 มิลลิเมตร ทำให้ถุงที่ปิดผนึกทั้ง 2 แบบ มีความสามารถในการยืดตัวในแนวตั้ง (cross-direction) ลดลงเมื่อเทียบกับถุงบรรจุภัณฑ์ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ แต่ถุงที่วางบนรูตะแกรง 9 มิลลิเมตร ความสามารถในการยืดตัวไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับถุงบรรจุภัณฑ์ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ

สำหรับถุงที่วางบนรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3, 5 และ 9 มิลลิเมตร ทำให้ความสามารถในการยึดตัวแนวนอน (machine-direction) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับถุงบรรจุภัณฑ์ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ แต่รูตะแกรงทั้ง 3 ขนาดให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5.1.7 ผลกระทบต่อความแข็งแรงของรอยผนึกที่ระยะห่างระหว่างถุงบรรจุภัณฑ์กับตะแกรงเท่ากับ 0 มิลลิเมตร

**ตารางที่ 5.25** ค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าความแข็งแรงของรอยผนึก ( Seal Strength ) kg / 15mm			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านข้างที่1	6.206 <sup>a</sup>	5.362 <sup>b</sup>	5.443 <sup>b</sup>	5.298 <sup>b</sup>
ถุงด้านข้างที่2	6.143 <sup>a</sup>	5.167 <sup>b</sup>	5.408 <sup>b</sup>	5.296 <sup>b</sup>
ก้นถุง	6.019 <sup>a</sup>	5.354 <sup>b</sup>	5.291 <sup>b</sup>	5.375 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 5.26** ค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าความแข็งแรงของรอยผนึก ( Seal Strength ) kg / 15mm			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านข้างที่1	6.206 <sup>a</sup>	5.128 <sup>b</sup>	4.989 <sup>b</sup>	5.237 <sup>b</sup>
ถุงด้านข้างที่2	6.143 <sup>a</sup>	4.839 <sup>b</sup>	4.973 <sup>b</sup>	5.054 <sup>b</sup>
ก้นถุง	6.019 <sup>a</sup>	5.036 <sup>b</sup>	5.129 <sup>b</sup>	4.952 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

พบว่าความแข็งแรงรอยผนึกทั้ง 2 แบบของถุงบรรจุภัณฑ์ที่วางบนรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3, 5 และ 9 มิลลิเมตร มีความแข็งแรงรอยผนึกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่รูตะแกรงทั้ง 3 ขนาดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.8 ผลกระทบต่อความแข็งแรงของรอยผนึกที่ระยะห่างระหว่างถุงบรรจุภัณฑ์กับตะแกรง เท่ากับ 10 มิลลิเมตร

**ตารางที่ 5.27** ค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าความแข็งแรงของรอยผนึก ( Seal Strength ) kg / 15mm			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านข้างที่1	6.20 <sup>a</sup>	5.235 <sup>b</sup>	5.367 <sup>b</sup>	5.275 <sup>b</sup>
ถุงด้านข้างที่2	6.14 <sup>a</sup>	5.378 <sup>b</sup>	5.215 <sup>b</sup>	5.248 <sup>b</sup>
ก้นถุง	6.02 <sup>a</sup>	5.208 <sup>b</sup>	5.280 <sup>b</sup>	5.217 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 5.28** ค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าความแข็งแรงของรอยผนึก ( Seal Strength ) kg / 15mm			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านข้างที่1	6.206 <sup>a</sup>	4.839 <sup>b</sup>	5.028 <sup>b</sup>	4.795 <sup>b</sup>
ถุงด้านข้างที่2	6.143 <sup>a</sup>	5.228 <sup>b</sup>	5.216 <sup>b</sup>	4.965 <sup>b</sup>
ก้นถุง	6.019 <sup>a</sup>	5.075 <sup>b</sup>	5.213 <sup>b</sup>	5.080 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

พบว่าความแข็งแรงรอยผนึกทั้ง 2 แบบของถุงบรรจุภัณฑ์ที่วางบนรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3, 5 และ 9 มิลลิเมตร มีความแข็งแรงรอยผนึกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่รูตะแกรงทั้ง 3 ขนาดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

### 5.1.9 ผลกระทบต่อความแข็งแรงของรอยผนึกที่ระยะห่างระหว่างถุงบรรจุภัณฑ์กับตะแกรงแบบ

อิสระ

**ตารางที่ 5.29** ค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ค่าความแข็งแรงของรอยผนึก ( Seal Strength ) kg / 15mm			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านข้างที่1	6.20 <sup>a</sup>	5.029 <sup>b</sup>	5.163 <sup>b</sup>	5.331 <sup>b</sup>
ถุงด้านข้างที่2	6.14 <sup>a</sup>	5.032 <sup>b</sup>	5.220 <sup>b</sup>	5.098 <sup>b</sup>
ก้นถุง	6.02 <sup>a</sup>	5.159 <sup>b</sup>	4.893 <sup>b</sup>	5.158 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 5.30** ค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ค่าความแข็งแรงของรอยผนึก ( Seal Strength ) kg / 15mm			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านข้างที่1	6.20 <sup>a</sup>	5.332 <sup>b</sup>	5.275 <sup>b</sup>	5.168 <sup>b</sup>
ถุงด้านข้างที่2	6.14 <sup>a</sup>	5.029 <sup>b</sup>	5.226 <sup>b</sup>	4.958 <sup>b</sup>
ก้นถุง	6.02 <sup>a</sup>	4.784 <sup>b</sup>	4.9344 <sup>b</sup>	5.184 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

พบว่าความแข็งแรงรอยผนึกทั้ง 2 แบบของถุงบรรจุภัณฑ์ที่วางบนรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3, 5 และ 9 มิลลิเมตร มีความแข็งแรงรอยผนึกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่รูตะแกรงทั้ง 3 ขนาดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 อิทธิพลของวิธีการปิดผนึกแบบธรรมดาและแบบสุญญากาศต่อบรรจุภัณฑ์

### 5.2.1 ผลกระทบต่อการต้านแรงดึง

แรงต้านแรงดึงทั้งในแนวตั้งและแนวนอนจากการทดลองพบว่าวิธีการปิดผนึกแบบธรรมดาและแบบสุญญากาศให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ขนาดรูตะแกรง 3, 5 และ 9 มิลลิเมตร

### 5.2.2 ผลกระทบต่อความสามารถในการยึดตัว

ความสามารถในการยึดตัวทั้งแนวตั้งและแนวนอนพบว่า การปิดผนึกทั้งแบบธรรมดาและแบบสุญญากาศให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ขนาดรูตะแกรง 3, 5 และ 9 มิลลิเมตร

### 5.2.3 ผลกระทบต่อความแข็งแรงของรอยผนึก

ความแข็งแรงของรอยผนึกทั้งแนวตั้งและแนวนอนพบว่า การปิดผนึกทั้ง 2 แบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ขนาดรูตะแกรง 3, 5 และ 9 มิลลิเมตร

## 5.3 อิทธิพลของระยะห่างระหว่างถุงบรรจุภัณฑ์กับชั้นวาง

โดยจากการทดลองที่ระยะห่าง 0, 10 มิลลิเมตรและระยะอิสระพบว่า

### 5.3.1 ผลกระทบต่อการต้านแรงดึง

การปิดผนึกแบบธรรมดาและแบบสุญญากาศทั้งแนวตั้งและแนวนอน ที่ระยะห่าง 0, 10 มิลลิเมตรและระยะห่างอิสระ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อการต้านแรงดึง

### 5.3.2 ผลกระทบต่อความสามารถในการยึดตัว

การปิดผนึกแบบธรรมดาและแบบสุญญากาศทั้งแนวตั้งและแนวนอน ที่ระยะห่าง 0, 10 มิลลิเมตรและระยะห่างอิสระ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อความสามารถในการยึดตัว

### 5.3.3 ผลกระทบต่อความแข็งแรงของรอยผนึก

ความแข็งแรงของรอยผนึกแบบธรรมดาและแบบสุญญากาศทั้งแนวตั้งและแนวนอน ที่ระยะห่าง 0, 10 มิลลิเมตรและระยะห่างอิสระ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อความแข็งแรงของรอยผนึก

## บทที่ 5

### สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

#### 1. อิทธิพลของรูตะแกรงต่ออุ้งบรรจุภัณฑ์

การปิดผนึกแบบธรรมดาและแบบสุญญากาศ แรงต้านแรงดึงและระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง และแนวนอนที่ระยะห่าง 0, 10 มิลลิเมตรและระยะอิสระของขนาดรูตะแกรง 9 มิลลิเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอุ้งบรรจุภัณฑ์ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ แต่ที่ขนาดรูตะแกรง 3 และ 5 มิลลิเมตรทางด้านความแข็งแรงของรอยผนึกทุกขนาดของรูตะแกรงให้ค่าที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญกับอุ้งบรรจุภัณฑ์ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ

เนื่องจากที่ขนาดของรูตะแกรงที่ 3 และ 5 มิลลิเมตร มีส่วนที่เป็นรูมากกว่าขนาด 9 มิลลิเมตร ส่วนที่เป็นขอบของรูตะแกรงจึงสัมผัสกับอุ้งบรรจุภัณฑ์มากกว่า ทำให้อุ้งบรรจุภัณฑ์ที่วางบนรูตะแกรงที่ 3 และ 5 มิลลิเมตร เกิดความเสียหายมากกว่าที่ขนาด 9 มิลลิเมตร

#### 2. อิทธิพลของการปิดผนึกแบบธรรมดาและแบบสุญญากาศ

การปิดผนึกแบบธรรมดาและสุญญากาศ ให้ค่าการต้านแรงดึง ความสามารถในการยืดตัว ความแข็งแรงของรอยผนึกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

#### 3. ระยะห่างระหว่างอุ้งบรรจุภัณฑ์กับชั้นวางตะแกรง

ที่ระยะห่าง 0, 10 มิลลิเมตรและระยะอิสระระหว่างอุ้งบรรจุภัณฑ์กับชั้นวางตะแกรง การต้านแรงดึง ความสามารถในการยืดตัวและความแข็งแรงของรอยผนึกลดลงอย่างมีนัยสำคัญกับอุ้งบรรจุภัณฑ์ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ แต่ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าการต้านแรงดึง ความสามารถในการยืดตัว และความแข็งแรงของรอยผนึกที่ระยะห่างต่างๆ ให้ค่าที่ใกล้เคียงกันมาก

อย่างไรก็ตามในงานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวัดค่าความแข็งแรงของรอยผนึกในด้านที่ผลิตมาจากโรงงานเท่านั้น ไม่ได้ทำการทดลองในด้านที่ผู้ทำการวิจัยปิดผนึกเอง ซึ่งอาจจะต้องมีการทดลองเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะช่วยในการวิเคราะห์ผลมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

กฤษฎณา พงษ์ศรีเจริญสุข 2544, Retortable Pouch, วารสารสถาบันอาหาร. ปีที่3 ฉบับที่ 18  
น. 45-47.

กฤษฎณา พงษ์ศรีเจริญสุข 2544, Retortable Pouch, วารสารสถาบันอาหาร. ปีที่4 ฉบับที่19  
น. 38-40.

จรรยาพันธ์ ลิ้มทอง และณัฐวรรณ ชูติโชติ 2546, เรื่อง Retortable Pouch. เอกสารประกอบการ  
สัมมนา. บริษัทรอแยลแคเนอีนดีสทรีส์ จำกัด. 12 น.

มยุรี ภาคลำเจียก 2534, Retort Pouch เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ LACF  
Workshop “Container Integrity Evaluation” จัดโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และ  
เทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ณ โรงแรมรามาดาเก้น กรุงเทพมหานคร 31 ตุลาคม – 2  
พฤศจิกายน 2534.

วราทิพย์ สมบุญญฤทธิ 2542, เรื่องบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวสำหรับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ. ภาควิชา  
ผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. น. 1-12.

สมศักดิ์ ชาญเกียรติทอง 2535, อาหารที่ไม่บรรจุกระป๋อง. อุตสาหกรรมกรรมการเกษตร. ปีที่ 3 ฉบับที่ 2.  
น. 31-41.

Brown, F. and Keegan, P.B. 1973. Heat sealing methods. Modern Packaging, 46(12) : 314.

Chia S.S., R.C. Baker, and J.H. Hotchkiss. 1983. Quality comparison of thermoprocessed  
fishery products in can and retortble pouch. Journal of Food Science, 48 : 1521-  
1525.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Herbert, D.A. and J. Bettison 1978 Packaging for Thermally Sterilised Foods in Development in Food Preservation-4 by Stuart Thorne Department of Food and Nutrition Sciences King's college University of London U.K. Elsevier Applied Science London and New York.

Lampi R.A., Gerald L. Schulz, Tedio Ciavarini and Peter T. Burke. 1976. Performance and integrity of retort pouch seals. Food Technology, : 38-48.

Ohsuga, H 1996 Retort Pouch Seafood Lecture notes for Retort Pouch Seafood course at Marine Fisheries Research Department South East Asian Fisheries Development Center Singapore

Pflug, I.J. and Long, F.E. 1996. Static load tests evaluate lexible packaging materials at elevated temperatures. Package Eng, 11(5) : 91.

Rangarno G.C.P. 1992 Retortable Plastic Packing for Thermo-Processed Foods Indian Food Industry, Vol 11 (6) Nov-Dec

Ravi Shankar, T.K. Srinivasa Gopal and P.K. Vijayan. 2002. Studies on heat processing and storage of seer fish curry in retort pouches. Packaging Technology and Science, 15; 3-7.

Srinivasa Gopal T.K., P.K. Vijayan, K.K. Balachandran, P. Madhavan and T.S.G. Iyer. 2001. Traditional kerala style fish curry in indigenous retort pouch. Food Control, 12 : 523-527.

มรุยา. สถาบันอาหาร, <http://www.nfi.or.th/nfi/home>, [20 สิงหาคม 2548]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### การทดสอบค่าความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว

#### การทดสอบค่าความต้านทานแรงดึง ค่าความสามารถในการยึดตัวและค่าความแข็งแรงของรอยฉีก

ขั้นตอนการวิเคราะห์

ใช้เครื่อง Texture Analyzer (TA) เพื่อหาค่าแรงกดสูงสุด

1. ประกอบหัวดึงชนิด Tensile Grip และฐานเข้ากับตัวเครื่อง เปิดเครื่อง TA และ Computer เปิดโปรแกรม Texture Exponent
2. ทำการ calibrate force โดยใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 2000 กรัม
3. ทำการ calibrate height โดยตั้งระยะหัววัดให้ห่าง 50 มิลลิเมตร
4. ตั้งโปรแกรม โดยเลือกรูปแบบการทดสอบพร้อมทั้งจัดค่าความเร็วหัววัดเริ่มต้น 1 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วขณะกดเป็น 8.33 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วของหัวกลับเป็น 10 มิลลิเมตร/วินาที ระยะที่ใช้เป็น 60 มิลลิเมตร แรงกดเริ่มต้นที่ 0 กรัม รวมถึงตั้งหน่วยของกราฟที่ต้องการโดยแกน X เป็นระยะทาง(มิลลิเมตร) และแกน Y เป็นแรงกด(กิโลกรัม)
5. นำตัวอย่างมา 1 ชิ้นและทำเครื่องหมายตรงตำแหน่งที่ต้องการจับ
6. นำไปจับกับหัวหนีบ
7. เดินเครื่องโดยควบคุมตำแหน่งกดให้มั่นคง รอจนกระทั่งเครื่องทำงานเสร็จ
8. ทำการวัดค่าแรงกด 3 ซ้ำ
9. บันทึกกราฟที่ได้อ่านค่า แรงดึงสูงสุด (กรัม) และระยะยืดเมื่อขาด(มิลลิเมตร)
10. คำนวณค่า %Elongation จากสมการ

$$\% \text{ Elongation At Break} = \frac{\text{ระยะยืดเมื่อขาด} - \text{ระยะเริ่มต้น}}{\text{ระยะเริ่มต้น}} \times 100$$

11. เปลี่ยนความเร็วขณะกดเป็น 5 มิลลิเมตร/วินาที และทำซ้ำขั้นตอนที่ 1-10 เพื่อให้ทดสอบค่าความแข็งแรงของรอยฉีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ข**  
**ตารางแสดงค่าความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว**

**ตารางที่ ข.1** แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	6.824, 6.531, 5.784	6.231, 5.943, 5.874	5.744, 6.497, 6.111	6.280, 6.749, 6.513
ถุงด้านขวา	7.294, 6.982, 7.108	6.101, 5.678, 5.714	6.588, 5.981, 6.316	6.842, 6.496, 6.105
ถุงตรงกลาง	6.293, 6.412, 6.468	5.474, 6.039, 5.281	6.086, 5.729, 6.281	6.187, 6.457, 6.512

หมายเหตุ retort pouch ชนิดทึบแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 มม 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.2** แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง(cross-direction) ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	6.824, 6.531, 5.784	6.584, 6.088, 6.021	5.566, 6.857, 6.049	6.960, 6.933, 6.277
ถุงด้านขวา	7.294, 6.982, 7.108	5.977, 6.512, 5.946	5.940, 5.853, 6.279	7.305, 7.208, 6.291
ถุงตรงกลาง	6.293, 6.412, 6.468	6.005, 6.258, 5.920	6.525, 6.159, 5.258	6.597, 6.677, 6.019

หมายเหตุ retort pouch ชนิดที่บดแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 หนา 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.3** แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน (machine-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบ  
สูญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน(machine-direction) ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านบน	6.102, 6.844, 6503	4.855, 5.190, 5.862	5.173, 4.946, 4.038	4.796, 5.346, 4.591
ถุงด้านล่าง	6.853, 6.158, 6.337	4.269, 5.280, 5.190	4.212, 6.471, 4.638	5.654, 6.251, 5.347
ถุงตรงกลาง	6.411, 6.381, 6.159	4.397, 4.825, 4.413	5.021, 4.879, 4.023	5.399, 5.017, 4.263

หมายเหตุ retort pouch ชนิดที่บดแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 นหนา 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.4** แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน (machine-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา  
ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน(machine-direction) ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านบน	6.102, 6.844, 6503	5.060, 5.013, 4.831	5.019, 4.850, 4.960	4.492, 5.411, 5.730
ถุงด้านล่าง	6.853, 6.158, 6.337	4.600, 5.943, 5.015	5.313, 5.465, 5.011	5.312, 5.102, 5.270
ถุงตรงกลาง	6.411, 6.381, 6.159	4.884, 5.015, 4.315	5.151, 4.654, 4.685	5.113, 5.312, 4.935

หมายเหตุ retort pouch ชนิดที่บดแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 หนา 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.5** แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง(cross-direction) ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	6.824, 6.531, 5.784	5.732, 4.929, 4.795	5.696, 5.930, 5.573	6.785, 6.359, 5.903
ถุงด้านขวา	7.294, 6.982, 7.108	5.756, 4.962, 4.876	5.540, 5.973, 5.125	6.741, 5.883, 5.703
ถุงตรงกลาง	6.293, 6.412, 6.468	5.573, 4.737, 4.735	5.083, 5.867, 5.107	5.263, 6.312, 5.715

หมายเหตุ retort pouch ชนิดทึบแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 นหนา 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.6** แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	6.824, 6.531, 5.784	6.266, 6.332, 5.312	6.080, 5.993, 5.135	5.857, 6.756, 5.783
ถุงด้านขวา	7.294, 6.982, 7.108	6.277, 6.531, 5.135	5.878, 6.336, 5.279	6.172, 6.830, 5.703
ถุงตรงกลาง	6.293, 6.412, 6.468	5.813, 5.887, 5.133	5.919, 5.835, 5.178	6.169, 6.700, 5.893

หมายเหตุ retort pouch ชนิดทึบแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 หนา 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ๒.7** แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน (machine-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบ  
สูญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน(machine-direction) ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	6.824, 6.531, 5.784	4.920, 5.312, 5.068	4.910, 4.714, 5.223	5.239, 4.902, 5.312
ถุงด้านขวา	7.294, 6.982, 7.108	4.812, 5.226, 5.214	5.013, 5.337, 5.434	4.814, 5.202, 5.224
ถุงตรงกลาง	6.293, 6.412, 6.468	4.715, 4.843, 5.142	4.392, 4.472, 4.843	4.821, 4.919, 5.341

หมายเหตุ retort pouch ชนิดที่บีบแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 หน้า 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.8** แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน (machine-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา  
ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน(machine-direction) ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ
		รูตะแกรง 3 มม.	รูตะแกรง 5 มม.	รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	6.102, 6.844, 6503	4.931, 4.728, 4.753	4.883, 4.935, 4.615	4.588, 5.631, 4.332
ถุงด้านขวา	6.853, 6.158, 6.337	4.639, 5.587, 4.763	4.809, 5.531, 4.783	5.041, 5.431, 4.771
ถุงตรงกลาง	6.411, 6.381, 6.159	5.238, 4.930, 4.103	4.954, 4.956, 4.301	4.917, 4.665, 4.590

หมายเหตุ retort pouch ชนิดที่บดแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 หนา 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ๒.9** แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	6.824, 6.531, 5.784	5.984, 6.289, 6.045	5.583, 6.231, 6.531	6.658, 6.913, 6.013
ถุงด้านขวา	7.294, 6.982, 7.108	5.305, 6.119, 6.289	5.973, 6.852, 6.153	6.859, 6.615, 6.032
ถุงตรงกลาง	6.293, 6.412, 6.468	4.953, 5.801, 5.980	5.353, 6.273, 6.356	6.482, 6.548, 6.131

หมายเหตุ retort pouch ชนิดทึบแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 นหนา 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.10** แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวตั้ง (cross-direction) (Tensile Strength) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	6.824, 6.531, 5.784	5.729, 5.971, 5.130	6.187, 6.351, 5.201	6.330, 6.835, 5.702
ถุงด้านขวา	7.294, 6.982, 7.108	6.195, 6.321, 5.151	5.950, 6.356, 5.730	6.055, 6.775, 5.833
ถุงตรงกลาง	6.293, 6.412, 6.468	5.502, 5.933, 5.110	5.238, 5.515, 5.213	6.360, 6.751, 5.330

หมายเหตุ retort pouch ชนิดทึบแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 หนา 0.13 มิลลิเมตร

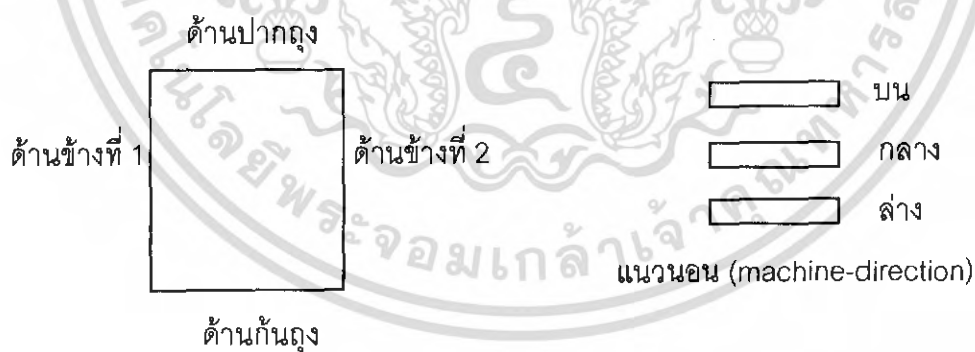


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.11** แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน (machine-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบ  
สูญญากาศ ที่ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน(machine-direction) ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	6.102, 6.844, 6503	5.160, 5.835, 5.016	4.516, 5.763, 4.756	4.950, 5.850, 5.010
ถุงด้านขวา	6.853, 6.158, 6.337	4.585, 4.873, 4.105	5.222, 5.799, 5.101	5.254, 5.977, 5.191
ถุงตรงกลาง	6.411, 6.381, 6.159	4.331, 4.787, 4.211	4.973, 4.683, 4.979	4.935, 4.783, 4.916

หมายเหตุ retort pouch ชนิดที่บีบแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 มม. 0.13 มิลลิเมตร

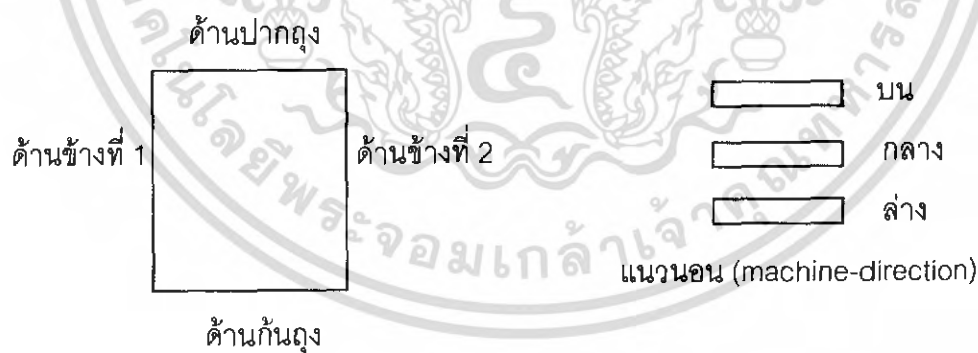


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.12** แสดงค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน(machine-direction) ของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา  
ที่ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ค่าการต้านแรงดึงในแนวนอน(machine-direction) ( Tensile Strength ) kg / mm <sup>2</sup>			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านบน	6.102, 6.844, 6503	5.245, 5.063, 4.731	4.959, 4.713, 4.797	5.227, 5.232, 4.856
ถุงด้านล่าง	6.853, 6.158, 6.337	4.954, 4.956, 4.592	4.709, 4.952, 4.982	5.182, 5.035, 4.921
ถุงตรงกลาง	6.411, 6.381, 6.159	4.913, 4.754, 4.802	4.901, 4.845, 4.651	5.049, 4.731, 4.809

หมายเหตุ retort pouch ชนิดทึบแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 หน้า 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.13** แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง (cross-direction) ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง(cross-direction)			
	(% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	61.031, 61.411, 61.374	53.943, 53.231, 53.824	52.603, 52.673, 51.913	61.894, 60.594, 60.101
ถุงด้านขวา	68.731, 68.153, 68.514	56.316, 56.845, 55.835	53.942, 52.921, 51.731	63.352, 63.831, 63.013
ถุงตรงกลาง	56.911, 56.133, 57.174	41.344, 42.931, 41.519	51.410, 51.554, 50.432	57.516, 57.835, 56.945

หมายเหตุ retort pouch ชนิดทึบแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 นหนา 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.14** แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง (cross-direction) ที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง(cross-direction)			
	(% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านบน	61.031, 61.411, 61.374	52.843, 51.545, 52.608	54.068, 54.615, 53.413	61.215, 60.332, 61.051
ถุงด้านล่าง	68.731, 68.153, 68.514	52.920, 52.921, 52.151	50.233, 49.375, 49.898	67.024, 67.943, 66.831
ถุงตรงกลาง	56.911, 56.133, 57.174	46.435, 45.871, 46.192	47.230, 42.934, 47.132	57.633, 56.532, 56.931

หมายเหตุ retort pouch ชนิดที่บดแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 นหนา 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.15** แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน (machine-direction) ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน(machine-direction)			
	(% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านบน	93.543, 92.151, 93.102	61.781, 60.751, 60.666	61.379, 61.784, 60.431	69.832, 68.013, 68.951
ถุงด้านล่าง	91.713, 90.545, 91.138	55.424, 56.543, 55.631	65.931, 64.932, 65.433	63.981, 63.798, 63.315
ถุงตรงกลาง	87.943, 87.125, 88.026	53.233, 52.243, 53.528	56.350, 56.231, 55.113	61.933, 61.112, 61.851

หมายเหตุ retort pouch ชนิดที่บดแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 นหนา 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.16** แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน (machine-direction) ที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน(machine-direction) (% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านบน	93.543, 92.151, 93.102	61.833, 61.125, 61.440	60.945, 59.738, 59.215	59.723, 58.831, 59.340
ถุงด้านล่าง	91.713, 90.545, 91.138	59.052, 58.831, 58.211	60.785, 59.733, 59.980	68.622, 58.753, 68.119
ถุงตรงกลาง	87.943, 87.125, 88.026	55.931, 55.175, 55.688	57.015, 57.635, 56.746	57.991, 57.103, 58.102

หมายเหตุ retort pouch ชนิดที่บดแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 หนา 0.13 มิลลิเมตร

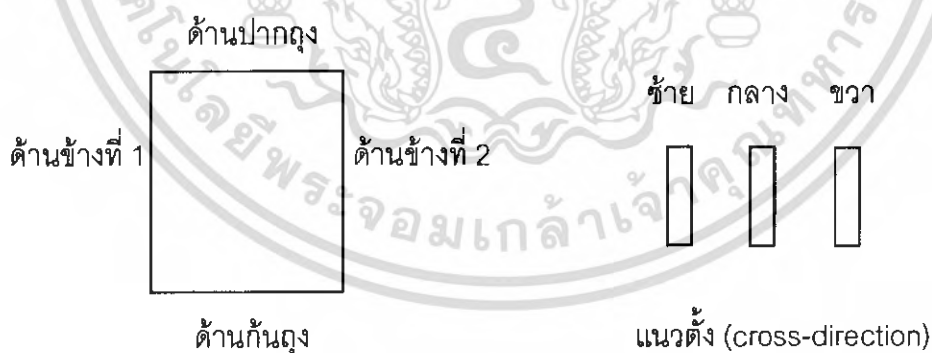


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.17** แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง (cross-direction) ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง(cross-direction)			
	(% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	61.031, 61.411, 61.374	55.212, 59.992, 60.425	53.434, 50.142, 56.813	60.205, 57.324, 63.134
ถุงด้านขวา	68.731, 68.153, 68.514	51.012, 52.222, 55.532	56.554, 52.231, 58.492	60.435, 64.245, 66.492
ถุงตรงกลาง	56.911, 56.133, 57.174	50.050, 47.014, 52.291	49.137, 47.832, 53.124	61.149, 56.492, 62.314

หมายเหตุ retort pouch ชนิดทึบแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 หนา 0.13 มิลลิเมตร

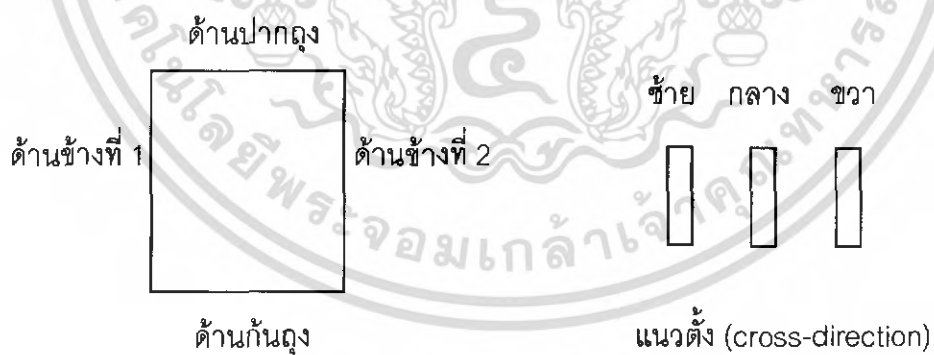


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.18** แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง (cross-direction) ที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง(cross-direction)			
	(% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	61.031, 61.411, 61.374	55.525, 52.139, 58.128	54.824, 51.382, 57.495	62.274, 57.232, 63.485
ถุงด้านขวา	68.731, 68.153, 68.514	50.431, 53.250, 56.141	51.138, 47.383, 53.213	65.531, 62.091, 68.459
ถุงตรงกลาง	56.911, 56.133, 57.174	45.631, 50.124, 50.924	46.921, 48.945, 51.728	55.673, 58.107, 61.492

หมายเหตุ retort pouch ชนิดที่บดแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 นหนา 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.19** แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน (machine-direction) ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ  
ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน(machine-direction)			
	(% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	93.543, 92.151, 93.102	59.992, 55.212, 60.425	53.434, 50.142, 56.813	60.205, 57.324, 63.134
ถุงด้านขวา	91.713, 90.545, 91.138	51.012, 52.222, 55.532	52.231, 56.554, 58.492	60.135, 64.245, 66.492
ถุงตรงกลาง	87.943, 87.125, 88.026	50.050, 47.014, 52.291	47.832, 49.137, 53.124	56.492, 61.149, 62.314

หมายเหตุ\_ retort pouch ชนิดที่บดแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 หนา 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.20** แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน (machine-direction) ที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน(machine-direction)			
	(% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	93.543, 92.151, 93.102	63.520, 58.413, 64.013	59.348, 55.132, 61.011	57.414, 59.184, 63.438
ถุงด้านขวา	91.713, 90.545, 91.138	58.558, 54.214, 60.124	57.891, 60.062, 63.242	62.212, 65.313, 68.942
ถุงตรงกลาง	87.943, 87.125, 88.026	52.162, 54.838, 58.012	53.012, 55.944, 59.713	52.441, 55.180, 58.162

หมายเหตุ retort pouch ชนิดที่บดแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 หนา 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.21** แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง (cross-direction) ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่  
ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง(cross-direction) (% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	61.031, 61.411, 61.374	52.853, 50.412, 55.324	56.403, 52.143, 58.413	62.660, 59.778, 62.134
ถุงด้านขวา	68.731, 68.153, 68.514	50.341, 50.909, 56.412	58.233, 50.113, 53.142	63.882, 63.242, 68.932
ถุงตรงกลาง	56.911, 56.133, 57.174	45.693, 45.342, 50.343	48.006, 47.263, 49.028	56.431, 58.955, 60.282

หมายเหตุ retort pouch ชนิดทึบแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 นานา 0.13 มิลลิเมตร

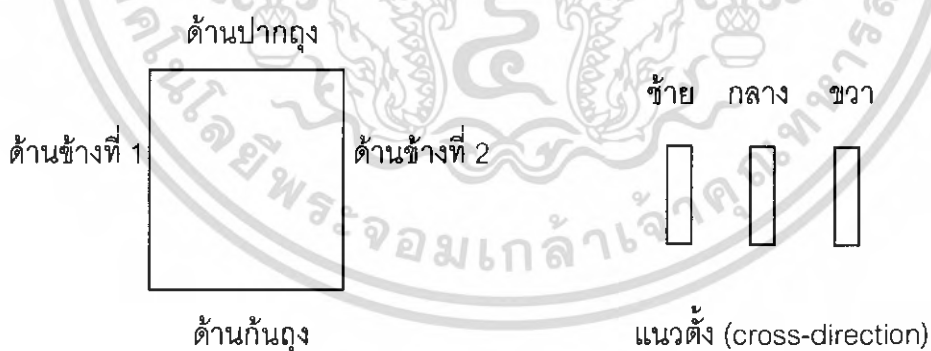


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.22** แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง (cross-direction) ที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวตั้ง(cross-direction)			
	(% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	61.031, 61.411, 61.374	56.543, 51.421, 58.143	59.069, 56.413, 60.312	63.871, 60.143, 64.332
ถุงด้านขวา	68.731, 68.153, 68.514	58.820, 55.341, 60.433	56.713, 60.190, 62.437	60.480, 56.434, 61.422
ถุงตรงกลาง	56.911, 56.133, 57.174	50.310, 52.902, 53.134	56.797, 55.133, 60.414	53.142, 55.520, 58.432

หมายเหตุ retort pouch ชนิดทึบแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 หนา 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.23** แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน (machine-direction) ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน(machine-direction)			
	(% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	93.543, 92.151, 93.102	61.626, 59.021, 62.921	62.069, 58.092, 61.431	65.898, 63.721, 67.442
ถุงด้านขวา	91.713, 90.545, 91.138	53.201, 56.413, 48.425	66.270, 61.451, 67.084	58.814, 62.812, 59.412
ถุงตรงกลาง	87.943, 87.125, 88.026	51.824, 50.014, 54.617	53.411, 53.146, 56.821	58.115, 59.315, 60.832

หมายเหตุ retort pouch ชนิดทึบแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 นหนา 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.24 แสดงค่าระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน (machine-direction) ที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ระยะยืดเมื่อขาดในแนวนอน(machine-direction)			
	(% Elongation at Break)			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านซ้าย	93.543, 92.151, 93.102	60.405, 58.451, 52.713	58.084, 57.441, 61.811	60.492, 59.319, 61.452
ถุงด้านขวา	91.713, 90.545, 91.138	61.130, 58.024, 60.438	62.272, 58.251, 62.432	64.962, 62.812, 68.465
ถุงตรงกลาง	87.943, 87.125, 88.026	54.401, 52.267, 53.613	57.887, 55.013, 58.212	54.702, 52.674, 58.693

หมายเหตุ retort pouch ชนิดที่บแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 หนา 0.13 มิลลิเมตร

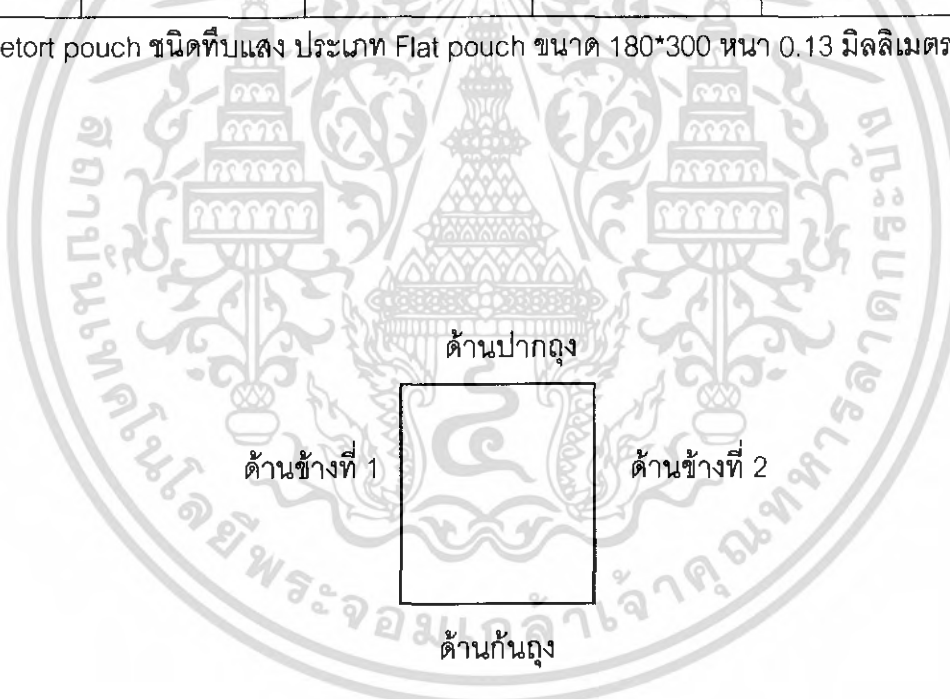


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.25** แสดงค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าความแข็งแรงของรอยผนึก ( Seal Strength ) kg / 15mm			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านข้างที่1	6.173, 6.182, 6.255	4.997, 5.075, 5.310	4.857, 4.724, 5.083	6.035, 5.482, 5.695
ถุงด้านข้างที่2	6.054, 6.172, 6.203	4.996, 4.421, 5.095	4.828, 4.971, 4.520	4.712, 5.236, 5.212
ก้นถุง	6.015, 5.953, 6.104	5.285, 5.373, 5.404	5.241, 5.281, 5.351	5.252, 5.398, 5.475

หมายเหตุ retort pouch ชนิดที่บดแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 หน้า 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.26** แสดงค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง  
0 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าความแข็งแรงของรอยผนึก ( Seal Strength ) kg / 15mm			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านข้างที่1	6.152, 6.212, 6.254	5.259, 5.417, 5.412	5.418, 5.869, 5.041	5.668, 4.983, 5.244
ถุงด้านข้างที่2	6.125, 6.103, 6.201	5.326, 5.114, 5.809	5.422, 5.833, 4.969	5.474, 5.267, 5.148
ก้นถุง	5.871, 6.077, 6.109	5.413, 5.592, 5.059	5.148, 5.579, 5.147	5.453, 5.231, 5.439

หมายเหตุ retort pouch ชนิดที่บดแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 นนท 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.27** แสดงค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าความแข็งแรงของรอยผนึก ( Seal Strength ) kg / 15mm			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านข้างที่1	6.173, 6.182, 6.255	5.663, 5.097, 4.946	5.266, 5.034, 5.801	4.748, 5.591, 5.487
ถุงด้านข้างที่2	6.054, 6.172, 6.203	5.665, 5.434, 5.035	4.820, 5.126, 5.700	5.391, 4.985, 5.369
ก้นถุง	6.015, 5.953, 6.104	5.116, 5.141, 5.368	5.536, 5.278, 5.025	5.180, 5.132, 5.340

หมายเหตุ retort pouch ชนิดทึบแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 หนา 0.13 มิลลิเมตร

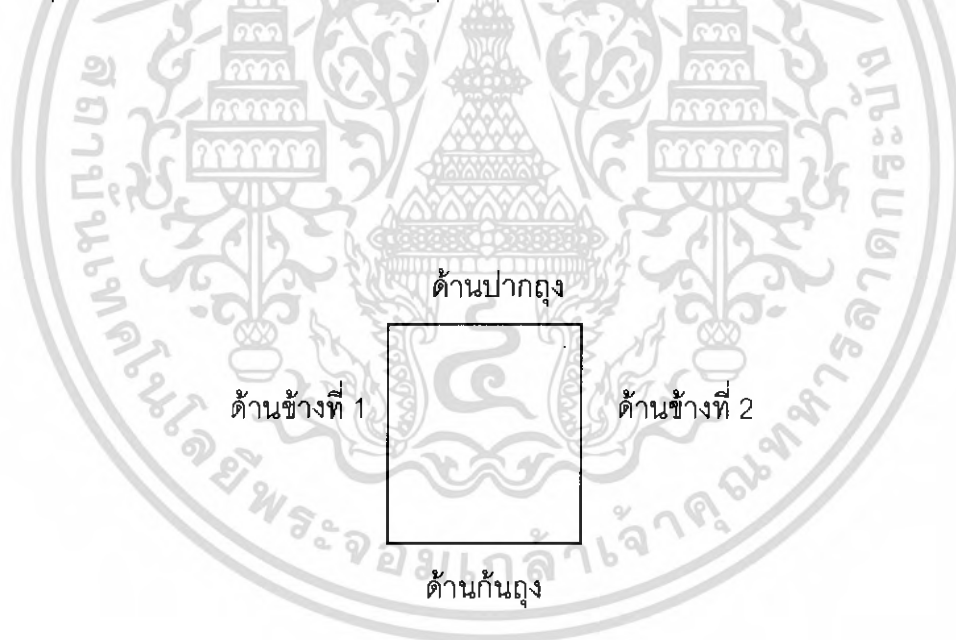


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.28** แสดงค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าความแข็งแรงของรอยผนึก ( Seal Strength ) kg / 15mm			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านข้างที่1	6.152, 6.212, 6.254	4.733, 5.327, 4.987	5.144, 4.744, 5.194	4.886, 4.476, 5.023
ถุงด้านข้างที่2	6.125, 6.103, 6.201	5.179, 5.408, 5.098	5.200, 4.870, 5.577	5.180, 4.839, 4.873
ก้นถุง	5.871, 6.077, 6.109	4.807, 5.372, 5.045	5.453, 4.958, 5.229	5.007, 5.200, 5.033

หมายเหตุ retort pouch ชนิดที่บดแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 หนา 0.13 มิลลิเมตร

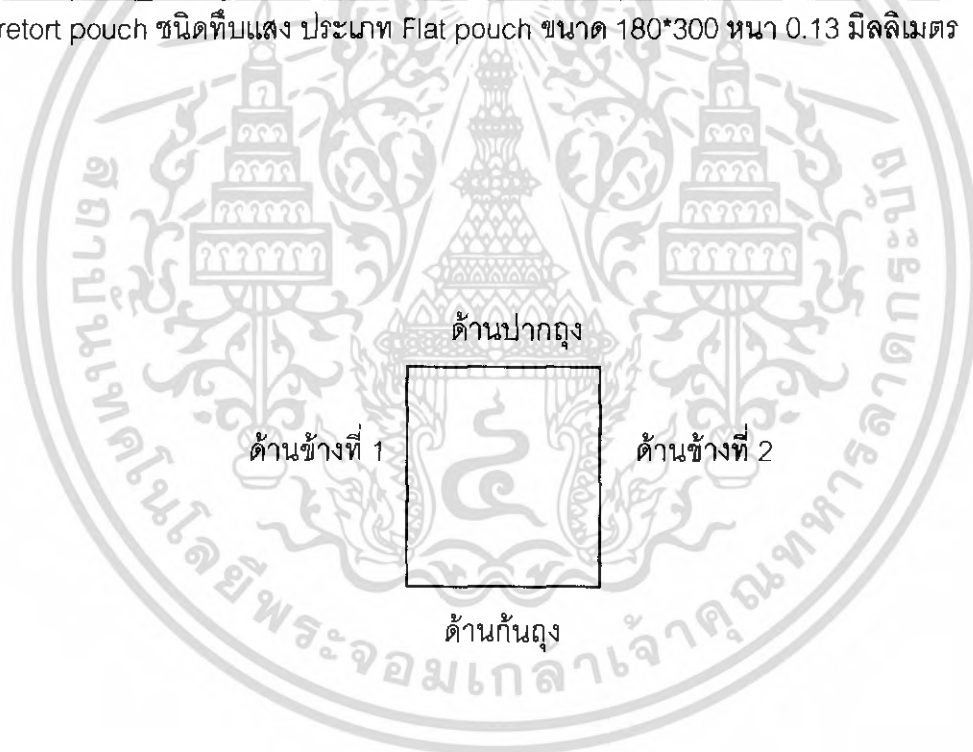


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.29** แสดงค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ค่าความแข็งแรงของรอยผนึก ( Seal Strength ) kg / 15mm			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่าเชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านข้างที่1	6.173, 6.182, 6.255	4.558, 5.257, 5.272	5.519, 5.143, 4.827	5.328, 5.368, 5.296
ถุงด้านข้างที่2	6.054, 6.172, 6.203	5.326, 4.798, 4.969	5.056, 5.429, 5.174	5.079, 5.064, 5.152
ก้นถุง	6.015, 5.953, 6.104	4.932, 5.211, 5.335	4.749, 4.744, 5.183	5.063, 5.152, 5.257

หมายเหตุ retort pouch ชนิดที่บดแต่ง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 มม หนา 0.13 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.30** แสดงค่าความแข็งแรงของรอยผนึกของถุงที่ปิดผนึกแบบธรรมดา ที่ระยะห่างอิสระ

รายละเอียด	ค่าความแข็งแรงของรอยผนึก ( Seal Strength ) kg / 15mm			
	ก่อนเข้าหม้อฆ่า เชื้อ	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 3 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 5 มม.	หลังเข้าหม้อฆ่า เชื้อ รูตะแกรง 9 มม.
ถุงด้านข้างที่1	6.152, 6.212, 6.254	5.502, 5.462, 5.032	5.152, 5.417, 5.255	5.337, 5.115, 5.053
ถุงด้านข้างที่2	6.125, 6.103, 6.201	5.066, 4.857, 5.164	5.129, 5.169, 5.380	4.992, 4.548, 5.332
ก้นถุง	5.871, 6.077, 6.109	4.804, 4.783, 4.764	5.265, 4.680, 4.857	5.345, 4.902, 5.304

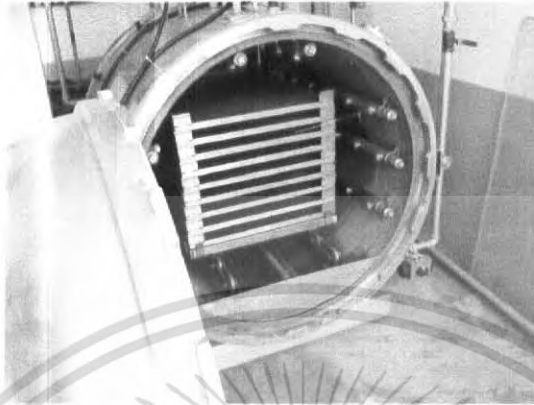
หมายเหตุ retort pouch ชนิดที่บดแสง ประเภท Flat pouch ขนาด 180\*300 หนา 0.13 มิลลิเมตร



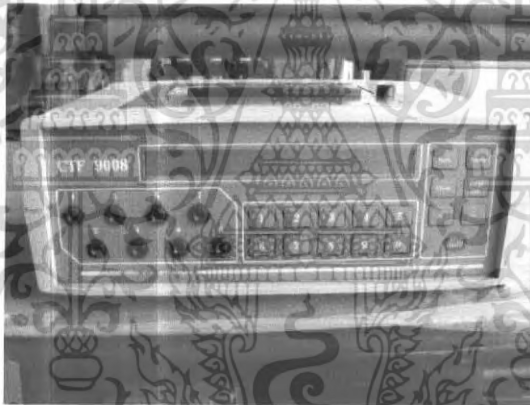
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค

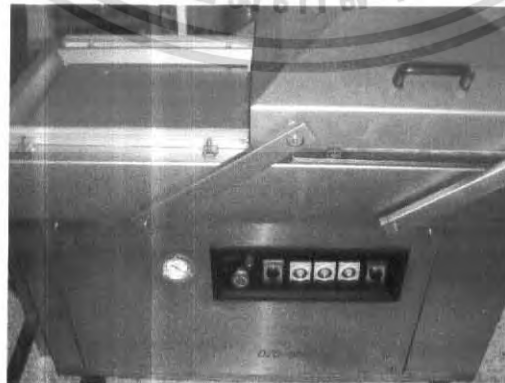
## รูปเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และบรรจุภัณฑ์หลังผ่านหม้อฆ่าเชื้อ



รูปที่ ค.1 Water Spray Retort

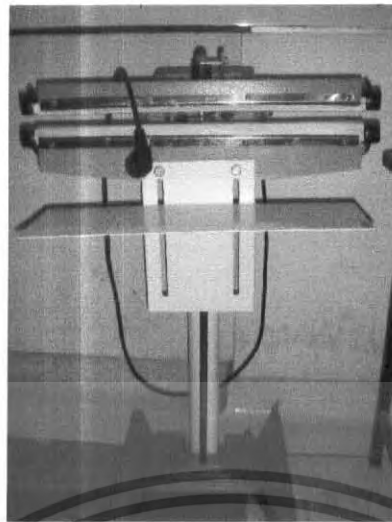


รูปที่ ค.2 เครื่องวัดอุณหภูมิ (Data Logger)



รูปที่ ค.3 เครื่อง Seal แบบสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.4 เครื่อง Seal แบบธรรมดา

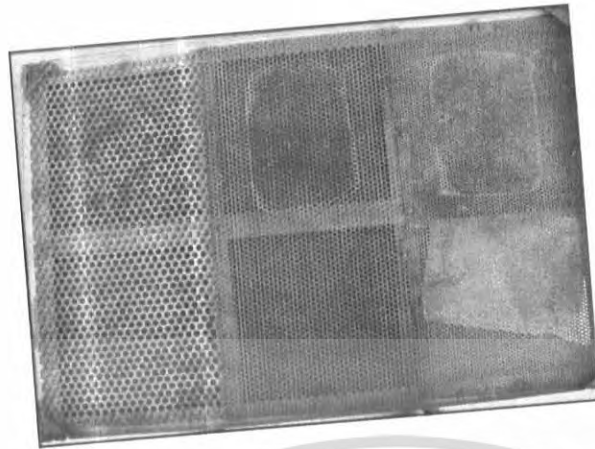


รูปที่ ค.5 เครื่องขึง 3 ตำแหน่ง

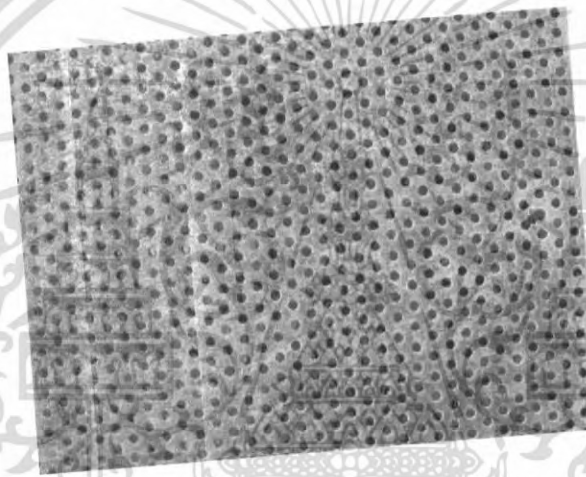


รูปที่ ค.6 เครื่อง Texture Analyser

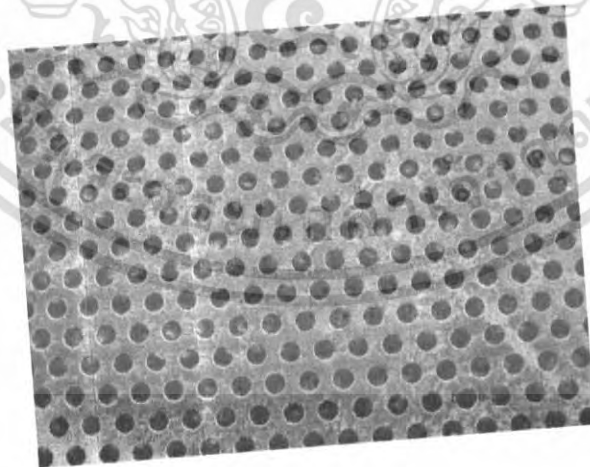
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.7 ชั้นวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูตะแกรง 3, 5 และ 9 มิลลิเมตร

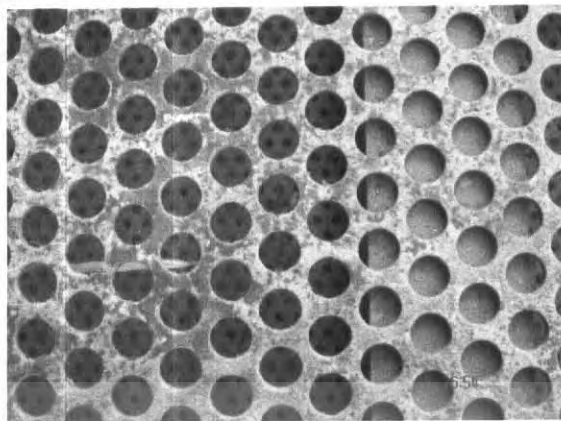


รูปที่ ค.8 รูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร



รูปที่ ค.9 รูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.10 รุตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร

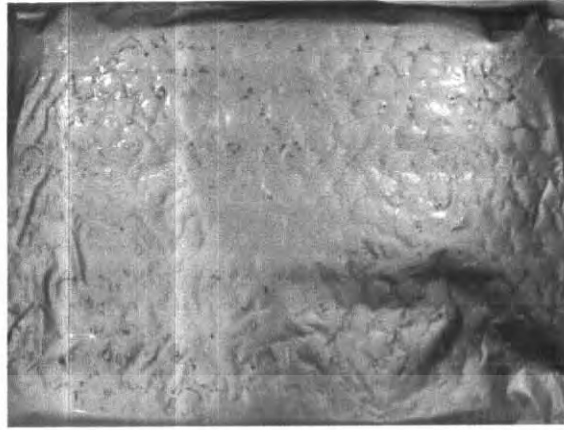


รูปที่ ค.11 แสดงการวางถุงบรรจุภัณฑ์บนชั้นวาง

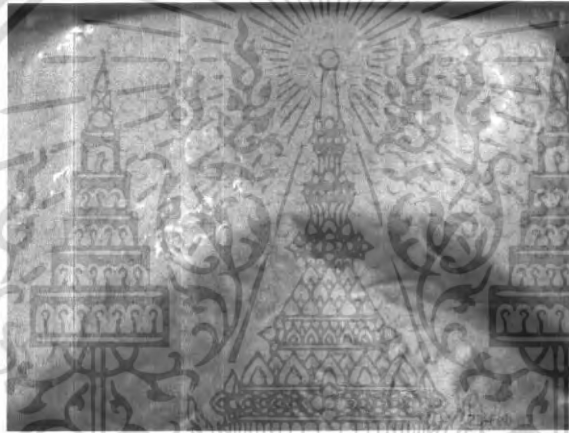


รูปที่ ค.12 ถุงบรรจุภัณฑ์หลังผ่านหม้อฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.13 ทุงบรรจุภัณฑ์ที่วางบนรูตะแกรงขนาด 9 มิลลิเมตร หลังผ่านหม้อฆ่าเชื้อ



รูปที่ ค.14 ทุงบรรจุภัณฑ์ที่วางบนรูตะแกรงขนาด 5 มิลลิเมตร หลังผ่านหม้อฆ่าเชื้อ



รูปที่ ค.15 ทุงบรรจุภัณฑ์ที่วางบนรูตะแกรงขนาด 3 มิลลิเมตร หลังผ่านหม้อฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้