ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาและปรับปรุงบรรจุภัณฑ์อาหารนำกลับบ้านรักษาอุณหภูมิ

โดย

นางสาวภาวิดา ประสิทธิเม รหัสนักศึกษา 43040680

นางสาวสาทินี สวัสดี รหัสนักศึกษา 43040682

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 22/5/67

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ดร. กิตติชัย บรรจง)

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ)

คณบดีโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19751

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาและปรับปรุงบรรจุภัณฑ์อาหารนำกลับบ้านรักษาอุณหภูมิ

T096603

จัดทำโดย

นางสาวภาวิดา ประสิทธิเม รหัส 43040687
นางสาวสาทินี สวัสดี รหัส 43040695

ปพ.
ภ478ก
2547
สขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาวภาวิดา ประสิทธิเม และ นางสาวสาทินี สวัสดี 2546 : การศึกษาและปรับปรุงบรรจุภัณฑ์อาหารนำกลับบ้านรักษาอุณหภูมิ โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.กิตติชัย บรรจง

การปรับปรุงบรรจุภัณฑ์อาหารนำกลับบ้าน ทำโดยการศึกษาอัตราการลดลงของอุณหภูมิของอาหารเมื่อเก็บใส่ในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด ได้แก่ กระดาษลูกฟูก กระดาษคราฟ และกระดาษเคลือบไข และการปรับปรุงบรรจุภัณฑ์โดยใช้กระดาษทั้ง 3 ชนิด ประกบกับอลูมิเนียมฟอยล์ โดยการทดลองนี้กำหนดเป้าหมายว่าเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที ให้บรรจุภัณฑ์สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร ให้มีอุณหภูมิประมาณ 40°C จากผลการทดลองสามารถคำนวณหาอัตราการลดลงของอุณหภูมิ ได้ดังนี้ กระดาษเคลือบไขมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิ 0.050 นาที $^{-1}$ กระดาษคราฟมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิ 0.063 นาที $^{-1}$ กระดาษลูกฟูกมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิ 0.061 นาที $^{-1}$ เมื่อนำมาทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า กระดาษลูกฟูกกับกระดาษคราฟไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนกระดาษเคลือบไขมีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อนำกระดาษมาประกบกับอลูมิเนียมฟอยล์ มีผลทำให้อัตราการลดลงของอุณหภูมิช้าลงสามารถเก็บความร้อนได้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จากการทดลอง พบว่า กระดาษเคลือบไขประกบอลูมิเนียมฟอยล์ ให้ค่าการลดลงของอุณหภูมิใกล้เคียงกับเป้าหมายที่ตั้งเอาไว้มากที่สุด คือ มีอุณหูภูมิสุดท้าย 38°C มีค่าอัตราการลดลงของอุณหภูมิ 0.0441 นาที $^{-1}$

1.) สาทินี สวัสดี 22/3/47

2.) ภาวิดา ประสิทธิเม .....

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่องการศึกษาและปรับปรุงบรรจุภัณฑ์อาหารนำกลับบ้าน รักษาอุณหภูมินี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์กิตติชัย บรรจง ซึ่งเป็นที่ปรึกษาปัญหาพิเศษเรื่องนี้ที่กรุณาให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา รวมทั้งแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคุณพ่อและแม่ที่ช่วยสละทุนทรัพย์ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ และก็ขอขอบคุณเพื่อนๆที่ให้คำปรึกษาและให้กำลังใจมาโดยตลอด

ภาวิดา ประสิทธิเม

สาทินี สวัสดี

18 มีนาคม 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1	1
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	1
เป้าหมาย	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
2.1 กระดาษกราฟ	2
2.2 กระกดาษลูกฟูก	3
2.3 กระดษาเคลือบ	4
2.4 อะลูมิเนียมฟอยล์	5
2.5 อัตราการลดลงของอุณหภูมิ	6
บทที่ 3 อุปกรณ์ วัตถุดิบและขั้นตอนการทดลอง	8
อุปกรณ์	8
วัตถุดิบ	8
ขั้นตอนการทดลอง	8
บทที่ 4. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง	9
4.1 อัตราการลดลงของอุณหภูมิของบรรจุภัณฑ์	9
4.2 การทดสอบความแตกต่างทางสถิติของบรรจุภัณฑ์	14
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	15
เอกสารอ้างอิง	16
ภาคผนวก	17
ภาคผนวก ก อัตราการลดลงของอุณหภูมิ	18
ภาคผนวก ข ภาพขั้นตอนการทดลอง	22
ประวัติผู้จัดทำ	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงชนิดของลอน จำนวนลอนต่อเมตร และความสูงของลอนของกระดาษลูกฟูก	3
2	อัตราการลดลงของอุณหภูมิและอุณหภูมิสุดท้ายของบรรจุภัณฑ์	9
3	ความแตกต่างทางสถิติของบรรจุภัณฑ์	14
4	แสดงค่าการมีนัยสำคัญของวัสดุบรรจุภัณฑ์	14
5	แสดงผลการทดลองจากการวัดอุณหภูมิของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ	18
6	แสดงค่า Temperature Ratio (TR) ของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ	19
7	แสดงค่า LN (TR) เฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงอัตราการลดลงของอุณหภูมิของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ	10
2	อัตราการลดลงของอุณหภูมิระหว่างบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูกกับกระดาษลูกฟูกประกบอะลูมิเนียมฟอยล์	11
3	อัตราการลดลงของอุณหภูมิระหว่างบรรจุภัณฑ์กระดาษคราฟกับกระดาษคราฟประกบอะลูมิเนียมฟอยล์	12
4	อัตราการลดลงของอุณหภูมิระหว่างบรรจุภัณฑ์กระดาษเคลือบไขกับกระดาษเคลือบไขประกบอะลูมิเนียมฟอยล์	13
5	แสดงบรรจุภัณฑ์ขนาด 8×11×5.5 เซนติเมตร	22
6	แสดงบรรจุภัณฑ์ที่ประกบอะลูมิเนียมฟอยล์	23
7	แสดงมันฝรั่งขนาด 2.5×2.5×6 เซนติเมตร	23
8	แสดงการชั่งน้ำหนักของมันฝรั่ง	24
9	แสดงการต้มและวัดอุณหภูมิของมันฝรั่ง	24
10	แสดงการนำมันฝรั่งที่ต้มแล้วใส่ในบรรจุภัณฑ์อาหารนำกลับบ้าน	25
11	แสดงการวัดอุณหภูมิของมันฝรั่งในบรรจุภัณฑ์อาหารนำกลับบ้าน	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันคนไทยมีการนิยมบริโภคอาหารจานด่วน(Fast Food) กันเป็นจำนวนมาก สาเหตุหนึ่งเนื่องมาจากความเร่งด่วนของการทำงาน ทำให้อาหารจานด่วนเป็นทางเลือกหนึ่งที่ผู้บริโภคนิยมและมักจะมีการหีบห่อเพื่อที่จะนำกลับไปรับประทานที่บ้านหรือที่ทำงาน ซึ่งโดยส่วนใหญ่พบว่า อาหารจานด่วนเหล่านี้จะมีการบริโภคทันทีเมื่อเปิดบรรจุภัณฑ์ โดยมิได้มีการอุ่นอาหารให้ร้อนอีกครั้ง ปัญหาที่เกิดจึงพบว่าในบางครั้งอาหารเหล่านี้มักจะเย็นหมดแล้วเมื่อเปิดภาชนะ ทำให้รสชาติของอาหารเสียไปหรือไม่น่ารับประทานเช่นเดิม

วัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์เป็นทางเลือกหนึ่งซึ่งสามารถช่วยลดปัญหาเหล่านี้ โดยการเลือกวัตถุดิบซึ่งมีความเป็นฉนวนได้ดีหรือโดยการพัฒนาวัสดุที่ใช้อยู่ให้สามารถเก็บความร้อนได้ดีขึ้น ก็จะเป็นช่วยให้อัตราการถ่ายเทความร้อนของอาหารลดลงได้

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและปรับปรุงคุณภาพของบรรจุภัณฑ์อาหารนำกลับบ้านให้สามารถคงความร้อนของอาหารได้นานขึ้น โดยการทดลองหาวัสดุที่มีประสิทธิภาพในการคงความร้อนของอาหารได้มากที่สุด

เป้าหมาย

ปรับปรุงบรรจุภัณฑ์ที่สามารถรักษาอุณหภูมิของอาหารให้ได้ประมาณ 40 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 กระดาษคราฟ

เป็นกระดาษที่ทำจากเยื่อไม้ โดยใช้กระบวนการทางเคมีในการขยายของเส้นใยออกจากกัน ด้วยเกลือซัลเฟท กระดาษชนิดนี้มีเนื้อหยาบและสีน้ำตาล ซึ่งสามารถจะนำมาฟอกให้สีน้ำตาลนั้นอ่อนลงเป็นสีครีม หรือสีขาวได้ (ผศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา; ไม่บอกปีที่พิมพ์)

2.1.1 กระดาษคราฟที่ไม่ฟอกสี (bleach kraft paper) เป็นกระดาษคราฟมีสีน้ำตาล มีความคงทนต่อแรงดึง และการฉีกขาดได้ดี จึงนิยมใช้เป็นวัสดุในการหีบห่อระหว่างการขนย้ายหรือขนส่ง มักจะใช้เป็นวัสดุในการทำถุงที่ใช้ในการขนส่ง (shipping sack) นอกจากนี้ยังมีการนำกระดาษเหล่านี้มาเคลือบพาราฟิน ไข หรือเรซิน เพื่อเพิ่มคุณสมบัติในการต้านการซึมผ่านของน้ำ กระดาษคราฟประเภทนี้สามารถที่จะนำมาเป็นถุงแบบที่มีผนังหลายชั้นหรือถุงที่สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้

2.1.2 กระดาษคราฟที่ผ่านการฟอกสี (bleached kraft paper) เป็นกระดาษดราฟ์ท์มีสีน้ำตาลอ่อน หรือครีมจนถึงขาว นิยมใช้ในการทำเป็นถุงในการบรรจุอาหารแบบฟาสฟูดส์ (fast food) หรือบรรจุสินค้าที่มีขนาดเล็กๆในร้านค้า ในการฟอกสีกระดาษดราฟ์ท์นั้นจะทำให้ความแข็งแรงของกระดาษลดลง แต่สามารถติดน้ำหมึกได้ดี นอกจากนี้ยังใช้ในการพิมพ์ฉลากและใช้ในรูปของกระดาษที่ผ่านการเคลือบ หรือปะทาบติดได้ดี

ดังที่ทราบแล้วข้างต้น กระดาษคราฟที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมนั้นมี 2 แบบ คือแบบที่ไม่ได้ผ่านการฟอกสี และผ่านการฟอกสี ซึ่งโดยทั่วไปการใช้งานแตกต่างกัน สามารถจัดเกรดของกระดาษในการใช้ในประเทศไทย (บริษัทสยามคราฟ; ไม่บอกปีที่พิมพ์) ได้ดังนี้

ก. เกรดเอส (KS) จะเป็นกระดาษคราฟที่มีสีขาว เหนียวทนทาน สามารถนำไปใช้ในการทำกล่องบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความเด่นและความสาวงามด้านการพิมพ์เช่น กล่องบรรจุนม เครื่องใช้ไฟฟ้าและเครื่องเสียง เป็นต้น

ข. เกรดเอ (KA) จะเป็นกระดาษคราฟที่มีสีน้ำตาลอมเหลือง มีคุณภาพสอดคล้องตามมาตรฐานผลิตอุตสาหกรรม ม.อ.ก. เลขที่ 170–2519 การนำไปใช้นั้นนิยมนำไปใช้ทำกล่องสำหรับการบรรจุผลิตภัณฑ์ต่างๆเพื่อส่งออกเช่น อาหารทะเลแช่แข็ง ไก่แช่แข็ง อาหารกระป๋อง และใบยาสูบ เป็นต้น สำหรับภายในประเทศนิยมใช้ทำกล่องคุณภาพสูง เพื่อความทนทาน หรือเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งเสริมภาพพจน์ของสินค้า เช่น กล่องบรรจุน้ำมันเครื่อง เครื่องยนต์ดีเซล ผลิตภัณฑ์ยา เคมีภัณฑ์ อาหารนม อาหารกระป๋อง น้ำมันพืช และสินค้าต่างๆ ที่ต้องการเน้นคุณภาพ

ค. เกรดไอ (KI) เป็นกระดาษคราฟที่มีสีผิวสีน้ำตาลอ่อนๆ มีคุณภาพรองลงมาจาก เคเอ มีการนำไปใช้กว้างขวางที่สุด โดยส่วนใหญ่ใช้สำหรับทำกล่องกระดาษลูกฟูก สำหรับบรรจุสินค้าภายในประเทศ เช่น เครื่องแก้ว เครื่องดื่ม เครื่องใช้ไฟฟ้า อาหารต่างๆ เครื่องสำอาง สบู่ ผงซักฟอก และสินค้าทั่วๆไป

ง. เกรดบี (KB) เป็นกระดาษคราฟที่มีผิวสีน้ำตาลอมแดง มีคุณภาพรองลงมาจาก เคไอ ใช้ในการทำกล่องกระดาษลูกฟูก เพื่อห่อหุ้มสินค้าเป็นหลัก โดยไม่ต้องการความแข็งแรง หรือการคุ้มครองสินค้าจากตัวกล่องมากนัก

2.2. กระดาษลูกฟูก

หมายถึงกระดาษที่ประกอบด้วยกระดาษลูกฟูกอย่างน้อย 1 แผ่น ประกบด้วยกระดาษทำผิวกล่องอย่างน้อย 2 แผ่น (ผศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา; ไม่บอกปีที่พิมพ์)

กระดาษลูกฟูกที่ใช้มีขนาดลอนแตกต่างกันตามความต้องการของผู้ใช้ ในปัจจุบันนี้มีใช้ 4 ชนิด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงชนิดของลอน จำนวนลอนต่อเมตร และความสูงของลอนของกระดาษลูกฟูก

ชนิดของลอน (flute type)	จำนวนลอนต่อเมตร	ความสูงของลอน (มิลลิเมตร)
A	120 ± 5	4.5 ± 0.25
B	120 ± 5	4.5 ± 0.25
C	120 ± 5	4.5 ± 0.25
E	120 ± 5	4.5 ± 0.25

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหรรม, 2528

การเลือกใช้กระดาษลูกฟูก โดยทั่งไปนิยมใช้ลอนชนิด A ในการทำกล่องกระดาษลูกฟูกที่ต้องการวางซ้อนกันหลายๆ ชั้น ขณะเก็บรักษาในโกดัง หรือขนส่ง นอกจากนี้ยังใช้ในงานที่ต้องหีบห่อผลิตภัณฑ์ที่แตกง่าย เพราะรองรับแรงกระแทกได้ดี ส่วนลอนชนิด B จะใช้ในงานที่ต้องการใช้ทนต่อแรงอัด (crushing force) สูงๆ เนื่องจากมีพื้นที่สัมผัสกับกระดาษทำผิวกล่องได้มากกว่า ลอน C จะมีคุณสมบัติอยู่ระหว่างลอนชนิด A และ B สามารถพับพับขึ้นรูปได้ง่าย เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักเบา สำหรับงานที่ต้องการคุณภาพในการพิมพ์ที่บริเวณผิวหน้าของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระดาษทำผิวกล่อง และสามารถใช้กับเครื่องจักรกลแบบอัตโนมัติในการขึ้นรูปกล่องได้ง่าย ควรจะใช้ลอนชนิด E

ประเภทของลูกฟูก โดยทั่วไปมี 4 ประเภท

1. แผ่นกระดาษลูกฟูกแบบหน้าเดียว (Single faced corrugated paper) หมายถึง แผ่นกระดาษลูกฟูก 2 แผ่น ประกอบด้วย กระดาษหน้าหรือกระดาษผิวกล่อง 1 แผ่น ประกบกับกระดาษทำลูกฟูก 1แผ่น ที่ผ่านการทำเป็นลอนลูกฟูกแล้ว เมื่ออยู่ในรูปของม้วนมีความยาวเท่ากับ 250 ฟุต และกว้าง 36 นิ้ว ใช้ในการห่อหุ้มผลิตภัณฑ์ หรือ สินค้าที่จะแตกง่าย ในระหว่างการขนส่ง เช่นแก้ว ขวดแก้ว และจานแก้ว เป็นต้น

2. แผ่นกระดาษลูกฟูก 1 ชั้น (Single walls corrugated or double faced paper) หมายถึง แผ่นกระดาษลูกฟูกที่ประกอบด้วย กระดาษลูกฟูก 1 แผ่น double ผลิตจากแผ่นกระดาษลูกฟูชนิดนี้ นอกจากนี้ก็ยังใช้เป็นแผ่นวางชิดกล่องกันกระแทก (liners) หรือในรูปของ Shell ในกรณีที่ล้อมรอบผลิตภัณฑ์หรือบรรจุสินค้า ใช้แผ่นรอง (peds) ในรูปแบบ (tube) และแผ่นกั้น (partition) เพื่อการบรรจุภายในสำหรับแก้ว และสิ่งของอื่นๆ ที่แตกง่าย ซึ่งต้องการการคุ้มครอง

3. แผ่นกระดาษลูกฟูก 2 ชั้น (double walls corrugated paper) หมายถึง แผ่นกระดาษลูกฟูกที่ประกอบด้วย กระดาษลูกฟูก 2 แผ่น และกระดาษทำผิวกล่อง 3 แผ่น ปะติดกันตามลำดับดังนี้ กระดาษทำผิวกล่อง/ลอน/กระดาษทำผิวกล่องชั้นกลาง/ลอน/กระดาษทำผิวด้านหลัง ซึ่งสามารถผลิตได้หลายชนิดๆ เช่น AA, AB, BB, AC, และ BC เป็นต้น

กล่องกระดาษลูกฟูกที่ทำมาจากแผ่นกระดาษลูกฟูก 2 ชั้น สามรถบรรจุน้ำหนักได้มาก มีขนาดใหญ่ ใช้ในการบรรจุหรือขนส่งผลิตภัณฑ์ หรือสินค้า นอกจากนี้ยังให้ความแข็งแรงในด้านการวางซ้อนได้สูงขึ้น

4. แผ่นกระดาษลูกฟูก 3 ชั้น (triple walls corrugated paper) หมายถึง แผ่นกระดาษลูกฟูก 3 แผ่น และกระดาษทำผิวกล่อง 4 แผ่น ปะติดตามลำดับดังนี้ กระดาษทำผิวกล่อง/ลอน 1/กระดาษทำผิวกล่อง2/ลอน2/กระดาษทำผิวกล่อง3/กระดาษทำผิวกล่อง 4 แผ่น กระดาษลูกฟูก 3 ชั้น อาจใช้ตามลำพัง หรือใช้กับไม้เพื่อการบรรจุสิ่งของที่มีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักมาก

2.3. กระดาษเคลือบ

กระดาษอาจมีการเคลือบผิวเพื่อเพิ่มคุณสมบัติบางประการให้เป็นไปตามความต้องการใช้งานมากยิ่งขึ้น การเคลือบทำได้หลายวิธี เช่น เคลือบด้วยสารละลาย เคลือบด้วยแลกเคอร์(ตัวทำละลาย) ส่วนสารที่นำมาเคลือบนั้นมักจะมีส่วนประกอบหลักอยู่ 3 ส่วน คือ (ผศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา; ไม่บอกปีที่พิมพ์)

(1) pigments เช่น ดินขาว titanium dioxide และ calcium carbonate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) กาว (adhesives) ซึ่งอาจทำจากโปรตีน แป้ง หรือยางไม้และ

(3) สารเติมแต่ง(additives) เช่น สารกันน้ำ,สีและสารกันบูด

แม้ว่าจะสามารถเคลือบผิวกระดาษได้เกือบทุกประเภทก็ตาม แต่เพื่อความมีประสิทธิภาพในการเคลือบควรพิจารณาเลือกคุณภาพกระดาษที่เหมาะสมด้วย คุณภาพสำคัญที่เกี่ยวข้องในการเคลือบผิวก็คือ ความเรียบของผิวกระดาษ และคุณสมบัติในการดูดซึมของเหลว

กระดาษเคลือบที่นำมาใช้ในการหีบห่อกันมานานและยังคงมีใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบันนี้คือ กระดาษที่เคลือบด้วยขี้ผึ้ง เนื่องจากปราศจากกลิ่น รส และไม่เป็นพิษ เรียกกระดาษนี้ว่ากระดาษไข(waxed paper) ซึ่งเป็นกระดาษที่มีคุณสมบัติต้านการซึมผ่านของไอน้ำที่มีราคาต่ำที่สุด และมีคุณสมบัติในการต้านการซึมผ่านของไขมันได้ดี ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ง่าย มักใช้ในการบรรจุอาหาร ใช้ประกบติดกับผลิตภัณฑ์อื่นเพื่อเสริมคุณสมบัติ ขี้ผึ้งที่ใช้เคลือบผิวส่วนใหญ่จะเป็นขี้ผึ้งพาราฟิน (parafin waxed) ซึ่งในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงคุณสมบัติเพิ่มเติมในการทนทานต่อรอยพับ รอยถลอก ความร้อนในการปิดผนึก และมีความมันวาวดีกว่าขี้ผึ้งทั่วๆไปอีกด้วย

2.4. อะลูมิเนียมฟอยล์

โลหะที่นำมาใช้ในการบรรจุหีบห่ออีกชนิดหนึ่งคือ อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่สามารถนำมารีดเป็นแผ่นบางๆในรูปของอะลูมิเนียมฟอยล์ ใช้ในการหีบห่อ หรือปะทาบติดกับพลาสติก ในการทำภาชนะบรรจุที่ต้องการบรรจุอาหารที่ต้องผ่านกระบวนการให้ความร้อน หรือ ฆ่าเชื้อโรคได้สูงถึง 250 องศาฟาเรนไฮต์ นอกจากนี้ยังเป็นวัสดุที่ใช้ในการทำกระป๋องบรรจุอาหาร และเครื่องดื่ม (ผศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา; ไม่บอกปีที่พิมพ์)

อะลูมิเนียมฟอยล์สามารถนำไปขึ้นรูปหรือพับเป็นภาชนะบรรจุได้ง่ายซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้ทำเป็นภาชนะบรรจุที่ต้องการการมีห่อหลาย ๆ ครั้งหรือภาชนะบรรจุที่ต้องนำกลับมาใช้ใหม่ อะลูมิเนียมฟอยล์มีความอ่อนตัวสูง ทนต่อแรงดึงได้สูง สามารถห่อหรือบุผนังภาชนะบรรจุหรือขึ้นรูปเป็นซอง หรือถุง ด้วยการปะทาบติด หรือผนึกกับวัสดุอื่น ๆ เช่น ฟิล์มพลาสติกเป็นต้น

การผลิตอะลูมิเนียมฟอยล์จะเริ่มต้นจากการนำอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ 99.35 % ใส่ในเตาหลอมเพื่อให้อะลูมิเนียมหลอมละลาย เมื่อแท่งอะลูมิเนียมหลอมละลายแล้วจะนำมาเทลงในแบบหล่อสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อให้ได้แผ่นอะลูมิเนียมยาว หลังจากนั้นนำมาดัดเป็นท่อน ๆ แท่งอะลูมิเนียมที่ใช้หล่อนี้จะมีน้ำหนัก 1,100 ปอนด์ มีขนาด 10 ฟุต × 5 ฟุต × 1.5 ฟุต แผ่นอะลูมิเนียมที่ได้จะถูกนำมาตกแต่งบริเวณผิวหน้าทั้งสองด้วย และตัดส่วนเกินออกไป หลังจากนั้นนำไปเข้าตู้อบเพื่อให้ความร้อน ก่อนที่จะนำมารีดให้บางลงด้วยลูกกลิ้ง อะลูมิเนียมฟอยล์ที่ผ่านการรีดเย็นจะทำให้โลหะแข็งตัวมากขึ้นในการรีดเย็นแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์จะต้องนำไปเข้าเตาอบเป็นเวลาหลายชั่วโมงที่อุณหภูมิ 650 องศาฟาเรนไฮต์ แล้วจึงนำมารีดจนได้ความหนาอยู่ระหว่าง 0.00035 – 0.002 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการผลิตอะลูมิเนียมฟอยล์ ที่มีความหนาน้อยกว่า 0.005 นิ้ว จะใช้แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ 2 แผ่นประกบกัน เพื่อเข้าเครื่องรีดพร้อม ๆ กัน เมื่อออกจากลูกกลิ้งแผ่นอะลูมิเนียมทั้งสอง จะแยกออกจากกัน ผิวด้านหนึ่งของอะลูมิเนียมฟอยล์ที่สำผัสกับลูกกลิ้งที่มีผิวหน้าขัดมันจะทำให้ผิวของงอะลูมิเนียมฟอยล์มีผิวมัน ส่วนด้านที่ไม่สัมผัสกับลูกกลิ้งจะมีผิวด้าน ดังนั้นจึงสังเกตได้ว่าอะลูมิเนียมฟอยล์ที่มีความหนาต่ำกว่า 0.005 นิ้ว จะมีผิวด้านหนึ่งมันและอีกด้านหนึ่งด้านเสมอ

หลังจากนั้นในขั้นสุดท้ายหลังจากได้อะลูมิเนียมฟอยล์เรียบร้อยแล้วจำเป็นต้องนำมาอบอีกครั้งเพื่อทำให้แผ่นฟิล์มของน้ำมันบนซึ่งติดมากับการรีดด้วยลูกกลิ้งระเหยหมดไป ในกรณีที่ต้องนำอะลูมิเนียมฟอยล์ไปพิมพ์อะลูมิเนียมฟอยล์ที่ผ่านการใหห้ความร้อนแล้วจะมีความอ่อนตัว และพร้อมที่จะปะทาบติดหรือผผนึก หรือขึ้นรูป หรือตัดเป็นแผ่นได้สะดวกมากขึ้น

อะลูมิเนียมฟอยล์ใช้กันมากในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร โดยมักใช้ในการห่อผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ หหรืออาจนำไปขึ้นรูปเป็นถาด หรือถ้วย เพื่อใช้ในการบรรจุ นอกจากนี้ยังใช้ร่วมกับกระดาษในการขึ้นรูปโดยจะบุชั้นในของกระดาษ

คุณสมบัติของอะลูมิเนียมฟอยล์ในการนำไปใช้บรรจุผลิตภัณฑ์

1.) อะลูมิเนียมฟอยล์เป็นวัสดุที่มีความสะอาดหลังจากผ่านการให้ความร้อนแล้ว และ เชื้อโรคไม่สามารถที่จะเจจรญเติบโตได้
2.) ไม่เป็นพิษและปลอดภัยเมื่อออนำไปใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร
3.) ไม่มีกลิ่นและรส
4.) อะลูมิเนียมฟอยล์ที่มีความหนาตั้งแต่ 0.001 นิ้วขึ้นไปจะมีคุณสมบัติในการป้องกันการไหลผ่านของตัวกลางต่าง ๆ
5.) อะลูมิเนียมฟอยล์สามารถปะทาบติด หรือผนึก หรือเคลือบกับวัสดุชนิดอื่นได้ สามารถอุดรูพรุนที่เกิดขึ้นในแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ได้ดี
6.) อะลูมิเนียมฟอยล์ไม่มีการระเหยกลายเป็นไอ ขนาดจะคงที่ในช่วงอุณหภูมิ -100 ถึง 700 องศาฟาเรนไฮด์
7.) อะลูมิเนียมฟอยล์สามารถป้องกันการซึมผ่านของไขมันและน้ำมันได้ดี
8.) อะลูมิเนียมฟอยล์สามารถให้ร้อน หรือปล่อยให้เย็นตัวลงได้อย่างรวดเร็ว

2.5 อัตราการลดลงของอุณหภูมิ

การหาอัตราการลดลงของอุณหภูมิ ที่ เวลาใดของบรรจุภัณฑ์

(ดัดแปลงจาก สนธิสุข ธีรชัยชยุติ; 2545)

จากสูตร $$TR = e^{-kt} \quad \text{.....(1)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเทานั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$LN(TR) = -kt$$

$$k = LN(TR) / t$$

$$TR = (T_t - T_{room}) / (T_i - T_{room}) \quad \text{.....(2)}$$

ดังนั้นอัตราการถ่ายเทอุณหภูมิของบรรจุภัณฑ์จะสามารถทราบได้จากความชันของแผนภูมิระหว่าง LN(TR) กับ เวลาที่นาทีต่างๆ 30 นาที

โดยที่

TR = Temperature Ratio

t = เวลาใดๆ (นาที)

T_t = อุณหภูมิที่เวลาใดๆ (°C)

T_{room} = อุณหภูมิห้อง (°C)

T_i = อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)

k = อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (นาที $^{-1}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. อุปกรณ์

1.1 อะลูมิเนียมฟอยล์

1.2 กระดาษลูกฟูก

1.3 กระดาษคราฟ

1.4 กระดาษเคลือบไข

1.5 เทอร์โมคอปเปิล

1.6 นาฬิกาจับเวลา

1.7 เครื่องชั่งน้ำหนัก

1.8 หม้อต้ม

2. วัตถุดิบ

2.1 มันฝรั่ง

3. วิธีการทดลอง

3.1 เตรียมกล่องขนาด 8×11×5.5 เซนติเมตร ที่ทำจากวัสดุ 3 ชนิด คือ กระดาษลูกฟูก, กระดาษคราฟ, กระดาษเคลือบไข อย่างละ 2 กล่อง ทั้งหมด 6 กล่อง

3.2 นำกล่องชนิดละ 1 ใบ ทั้ง 3 ชนิดมาประกบกับอลูมิเนียมฟอยล์

3.3 หั่นมันฝรั่งให้มีขนาด 2.5×2.5×6 เซนติเมตร 6 ชิ้น

3.4 นำมันฝรั่งไปต้มเป็นเวลา 8 นาที แล้วบรรจุใส่ในกล่องทั้ง 6 ใบ ใช้เทอร์โมคอปเปิลเสียบตรงกลางมันฝรั่งเพื่อทำการวัดอุณหภูมิ

3.5 เริ่มต้นวัดอุณหภูมิของมันฝรั่งที่ 75 องเซลเซียส วัดอุณหภูมิที่ลดลงทุกนาที เป็นเวลา 30 นาที ทำการทดลองในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 24 องศาเซลเซียส

3.6 ทำการทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำ

3.7 นำผลการทดลองหาอัตราการลดลงของอุณหภูมิและทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยหาความแตกต่างของวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชนิดโดยใช้วิธี Duncan และหาความแตกต่างของการประกบฟอยล์และไม่มีฟอยล์ โดยใช้วิธี Factorial ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

4.1. อัตราการลดลงของอุณหภูมิของบรรจุภัณฑ์

กระดาษทั้ง 6 ชนิด คือ กระดาษคราฟ กระดาษคราฟประกบฟอยล์ กระดาษลูกฟูก กระดาษลูกฟูกประกบฟอยล์ กระดาษเคลือบไขและกระดาษเคลือบไขประกบฟอยล์ที่นำมาทำบรรจุภัณฑ์อาหารนำกลับบ้าน มีอัตราการลดลงของอุณหภูมิและอุณหภูมิสุดท้ายตามตารางที่ 2

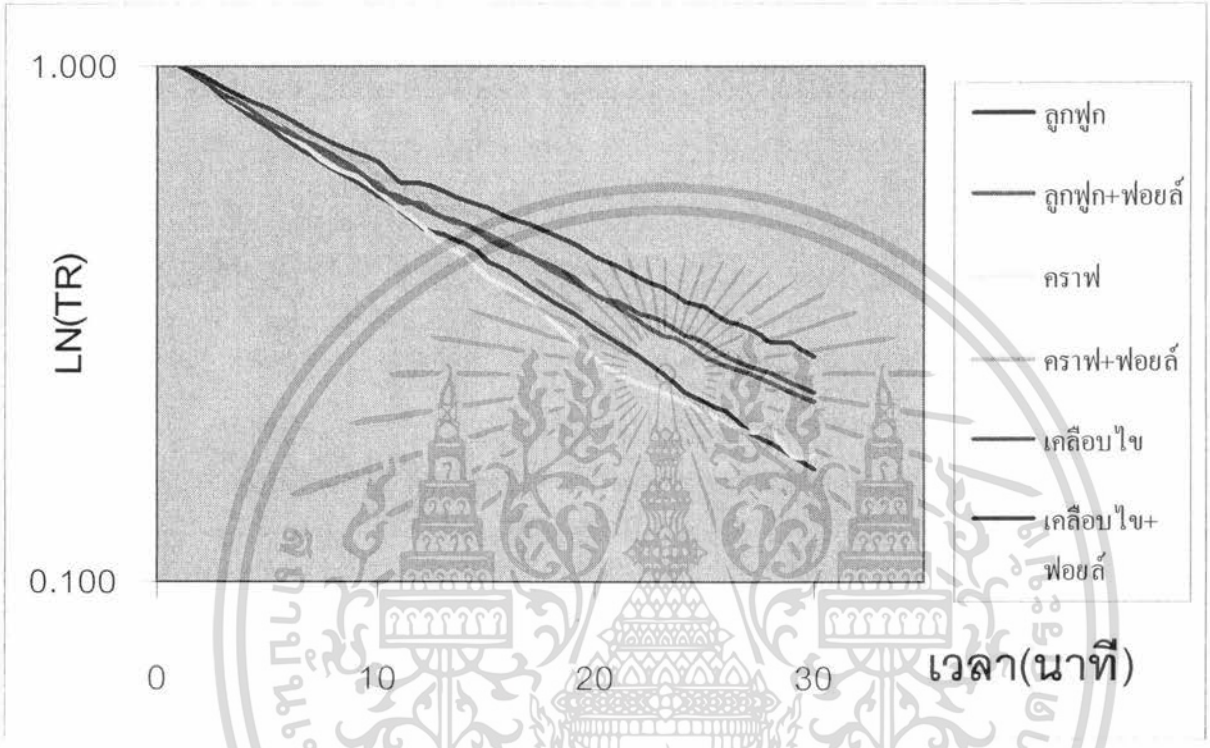
ตารางที่ 2 อัตราการลดลงของอุณหภูมิและอุณหภูมิสุดท้ายของบรรจุภัณฑ์

ชนิดบรรจุภัณฑ์	อัตราการลดลงของอุณหภูมิ (นาที $^{-1}$)		อุณหภูมิสุดท้าย (องศาเซลเซียส)	
	ไม่ประกบฟอยล์	ประกบฟอยล์	ไม่ประกบฟอยล์	ประกบฟอยล์
กระดาษคราฟ	0.063	0.49	32	35
กระดาษลูกฟูก	0.061	0.05	33	35
กระดาษเคลือบไข	0.05	0.044	37	38

ชนิดของกระดาษที่ใช้ในการทำภาชนะบรรจุมีผลทำให้อัตราการลดลงของอุณหภูมิแตกต่างกัน กระดาษเคลือบไขมีผลทำให้อัตราการลดลงของอุณหภูมิน้อยที่สุด และเมื่อประกบฟอยล์ในกล่องกระดาษเคลือบไขอัตราการลดลงของอุณหภูมิ คือ 0.044 นาที $^{-1}$ และสามารถคงความร้อนของอาหารได้สูงที่สุด ณ เวลาผ่านไป 30 นาที กระดาษคราฟและกระดาษลูกฟูกมีค่าอัตราการถ่ายเทอุณหภูมิใกล้เคียงกัน

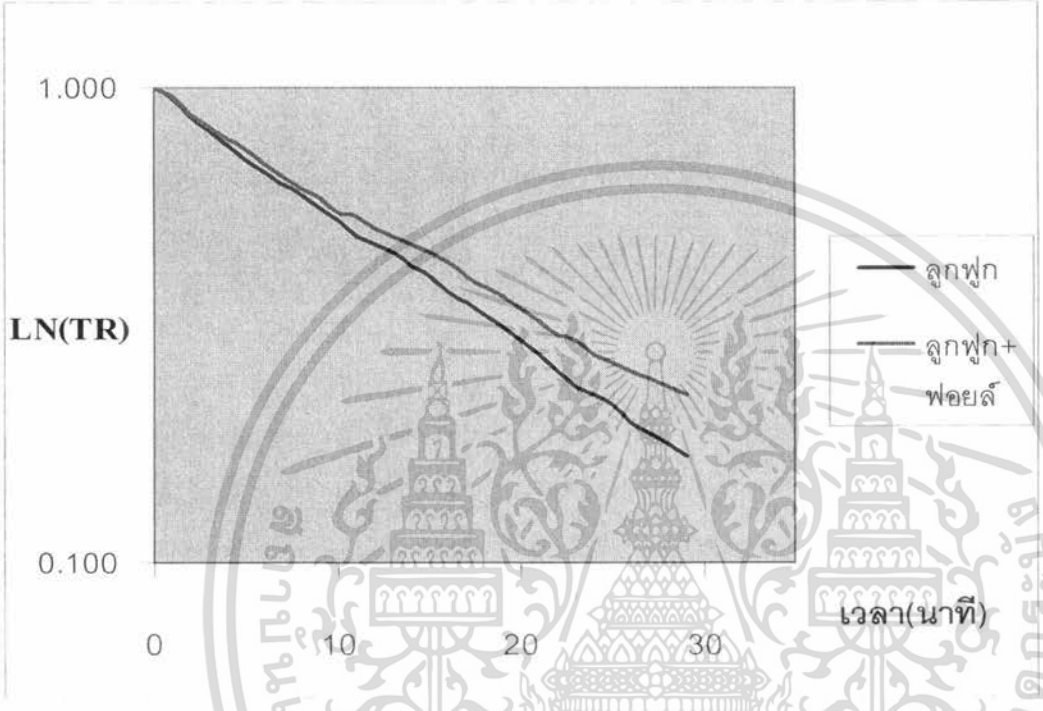
การประกบฟอยล์เสริมเข้าไปในภาชนะมีผลทำให้อัตราการลดลงของอุณหภูมิต่ำลง สามารถคงความร้อนของมันฝรั่งต้มได้นานขึ้นในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 แสดงอัตราการลดลงของอุณหภูมิของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



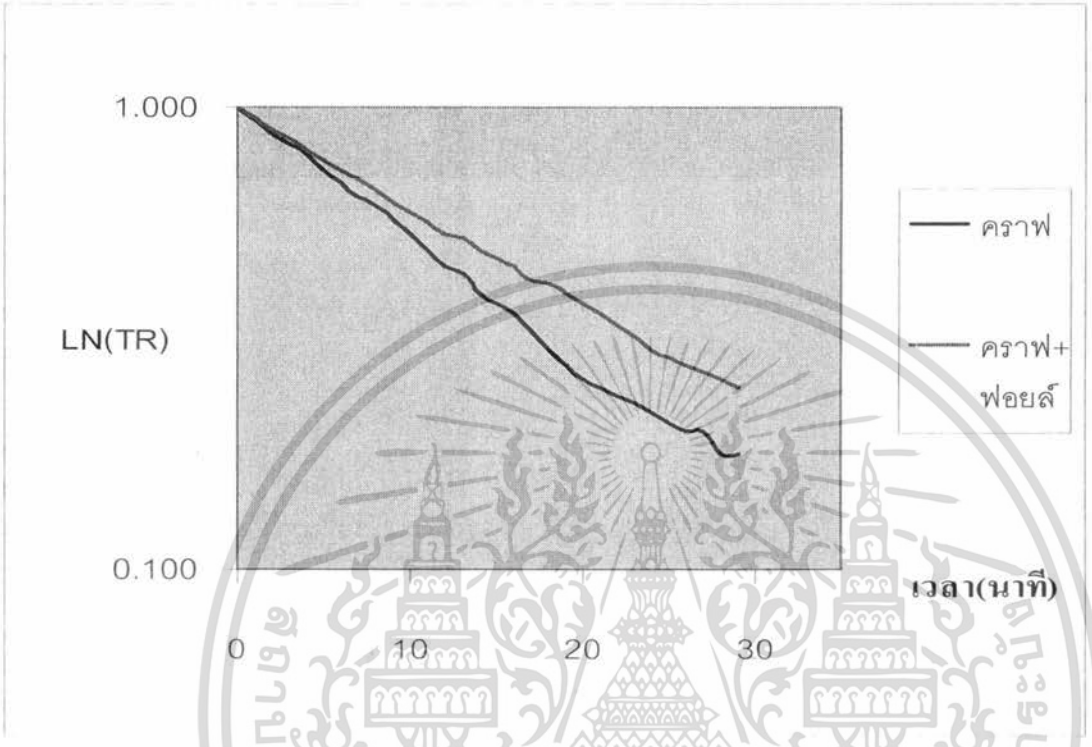
ภาพที่ 2 อัตราการลดลงของอุณหภูมิระหว่างบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูกกับกระดาษลูกฟูกประกบอะลูมิเนียมฟอยล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

33603

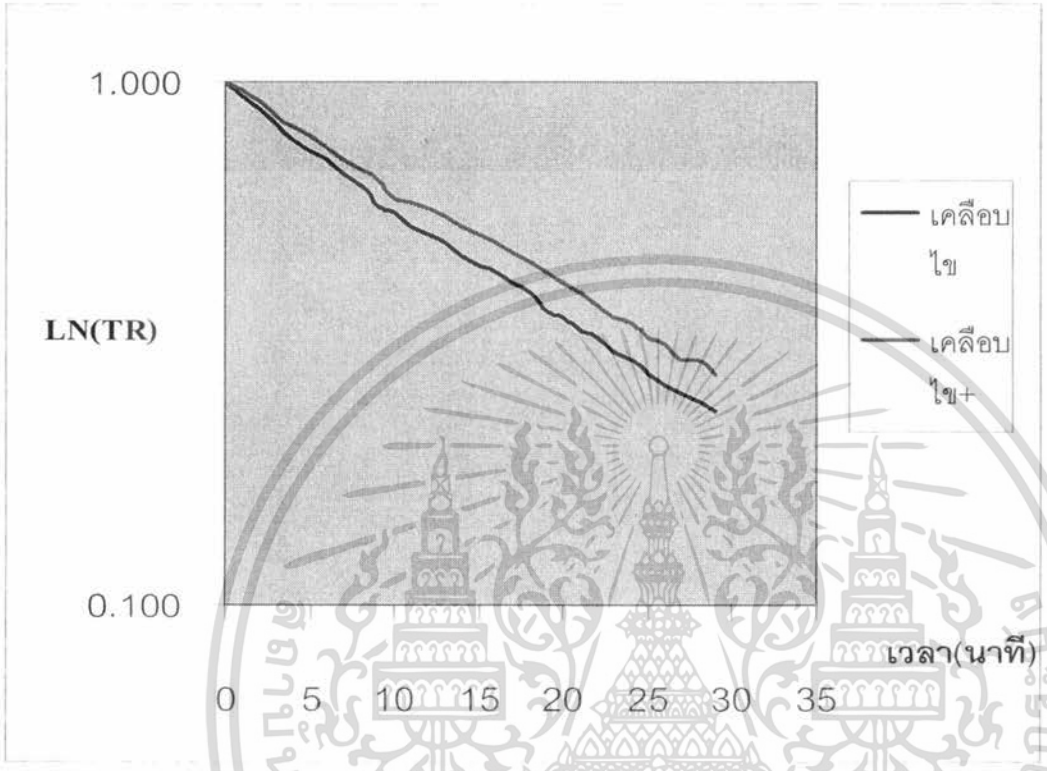
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง



ภาพที่ 3 อัตราการลดลงของอุณหภูมิระหว่างบรรจุภัณฑ์กระดาษคราฟกับ
กระดาษคราฟประกบอะลูมิเนียมฟอยล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 อัตราการลดลงของอุณหภูมิระหว่างบรรจุภัณฑ์กระดาษเคลือบไขกับกระดาษเคลือบไขประกบอะลูมิเนียมฟอยล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2. การทดสอบความแตกต่างทางสถิติของบรรจุภัณฑ์

ตารางที่ 3 ความแตกต่างทางสถิติของบรรจุภัณฑ์

ชนิดบรรจุภัณฑ์	อัตราการถ่ายเทของอุณหภูมิ (นาที $^{-1}$)
กระดาษคราฟ	0.063[a]
กระดาษลูกฟูก	0.061[a]
กระดาษเคลือบไข	0.05[b]

หมายเหตุ : a,b คือ มีความแตกต่างกันอย่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้วิธี DUNCAN พบว่า กระดาษเคลือบไขมีอัตราการถ่ายเทอุณหภูมิเฉลี่ย แตกต่างจากกระดาษคราฟและกระดาษลูกฟูก โดย กระดาษเคลือบไขมีอัตราการถ่ายเทอุณหภูมิน้อยกว่ากระดาษอีก 2 ชนิด

ตารางที่ 4 แสดงค่าการมีนัยสำคัญของวัสดุบรรจุภัณฑ์

Source	Sig
PAPER	0.0014
FOIL	0.0002
PAPER * FOIL	0.0932

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้วิธี Factorial พบว่าทั้งชนิดของกระดาษและการเคลือบอลูมิเนียมฟอยล์มีผลทำให้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการถ่ายเทอุณหภูมิของของมันฝรั่งต้ม ซึ่งผลดังกล่าวเป็นไปในวัสดุทั้ง 3 ชนิด เหมือนกัน แต่เมื่อวิเคราะห์จากแผนภูมิแสดงผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างมีการเสริมฟอยล์และไม่มีของวัสดุทั้ง 3 ชนิด พบว่า การเสริมฟอยล์ในกระดาษลูกฟูกและการดาษคราฟ มีผลทำให้ค่าในการถ่ายเทอุณหภูมินั้นต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ในกระดาษเคลือบไข การเสริมฟอยล์เข้าไปมีผลทำให้ค่าในการถ่ายเทอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปไม่มากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาและปรับปรุงบรรจุภัณฑ์อาหารนำกลับบ้านรักษาอุณหภูมิสามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

1. กระดาษทั้ง 3 ชนิด คือ กระดาษคราฟ กระดาษลูกฟูก และกระดาษเคลือบไขที่นำมาทำบรรจุภัณฑ์อาหารนำกลับบ้าน พบว่า กระดาษเคลือบไขมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิต่ำที่สุด กระดาษคราฟและกระดาษลูกฟูกมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิใกล้เคียงกัน

2. การปรับปรุงคุณภาพบรรจุภัณฑ์อาหาร โดยประกบอะลูมิเนียมฟอยล์ในกระดาษทั้ง 3 ชนิด พบว่าอัตราการลดลงของอุณหภูมิลดต่ำลงกว่าไม่ได้ประกบอะลูมิเนียมฟอยล์

3. จากเป้าหมายเพื่อหาวัสดุที่สามารถเก็บความร้อนของอาหารได้ประมาณ 40 องศาเซลเซียส ในเวลา 30 นาที อัตราการลดลงของอุณหภูมิ 0.0314 นาที $^{-1}$ พบว่า กระดาษเคลือบไขประกบอะลูมิเนียมฟอยล์มีอัตราการลดลงของอุณหภูมิ 0.044 นาที $^{-1}$ ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกับเป้าหมายมากที่สุด และมีอุณหภูมิของอาหาร 38 องศาเซลเซียส ในเวลา 30 นาที

4. เมื่อนำมาทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า กระดาษลูกฟูกกับกระดาษคราฟไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนกระดาษเคลือบไขมีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อนำกระดาษมาประกบกับอะลูมิเนียมฟอยล์ มีผลทำให้อัตราการลดลงของอุณหภูมิช้าลงสามารถเก็บความร้อนได้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

รองศาสตราจารย์สุนันท์ ศรัณยนิตย์.2538.การถ่ายเทความร้อน. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพมหานคร.

พงษ์เจตน์ พรหมวงศ์.2534. การถ่ายเทความร้อน. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

นักสิทธิ์ คูวัฒนาชัย. การถ่ายเทความร้อน.สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์. กรุงเทพมหานคร.

ผศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา.หลักการบรรจุ.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

สนธิสุข ธีรชัยชยุติ.2545.เอกสารประกอบการเรียนวิชา วิศวกรรมแปรรูปอาหาร 1 .สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

ดร.กิตติชัย บรรจง.2546. เอกสารประกอบการเรียนวิชา การวางแผนการทดลอง. สถาบันเทคโนโลยีพพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

Christopher.A Long. 1999. Essential Heat Transfer. Peason Education Limited. England.

J.P.Holman. 1997. Heat Transfer. Mc.Graw-Hill,Inc. U.S.A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

อัตราการลดลงของอุณหภูมิ

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดลองจากการวัดอุณหภูมิของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)											
	กระดาษลูกฟูก		กระดาษลูกฟูกประกบฟอยล์		กระดาษคราฟ		กระดาษคราฟประกบฟอยล์		กระดาษเคลือบไข		กระดาษเคลือบไขประกบฟอยล์	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
1	72	73	73	73	72	72	72	73	72	72	73	73
2	68	69	69	69	69	69	69	70	69	69	70	71
3	65	66	66	67	66	66	67	68	67	66	67	69
4	63	63	64	64	64	64	65	65	64	63	65	67
5	60	60	62	62	61	61	63	63	62	61	63	65
6	58	58	59	60	59	59	61	61	61	59	61	63
7	56	56	57	58	57	56	59	60	59	57	59	61
8	54	55	55	56	56	54	57	58	57	55	58	59
9	52	53	54	54	54	52	55	56	54	53	57	57
10	51	51	52	52	52	50	53	55	53	52	54	55
11	49	49	51	52	50	48	52	53	52	50	53	55
12	58	48	50	50	48	46	51	51	51	49	52	54
13	47	47	49	49	47	45	50	51	50	48	51	53
14	45	46	47	49	45	43	48	50	49	46	50	52
15	44	45	46	48	44	42	47	49	48	45	49	51
16	42	44	45	47	43	41	46	48	47	45	48	50
17	41	43	44	45	41	40	45	46	46	44	47	49
18	40	42	43	44	39	39	45	45	45	43	46	48
19	39	41	42	43	38	38	44	44	43	42	45	47
20	38	40	41	42	37	37	43	43	43	41	44	46
21	37	39	40	41	36	37	42	42	42	40	43	45
22	36	38	39	40	36	36	41	41	41	40	42	44
23	35	37	39	39	35	36	40	40	40	39	41	43
24	35	36	38	38	35	35	39	39	39	39	41	42
25	34	36	37	38	34	35	38	39	38	38	40	41
26	33	35	37	37	34	34	38	38	37	38	40	40
27	33	34	36	37	34	34	37	38	37	37	39	39
28	32	34	36	36	33	33	37	37	36	37	39	39
29	32	33	35	36	33	33	36	37	36	36	38	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หา Temperature Ratio (TR) จากการ นำอุณหภูมิจากผลการทดลองมาคำนวณตามสูตร

$$TR = (T_t - T_{room}) / (T_i - T_{room})$$

ตารางที่ 6 แสดงค่า Temperature Ratio (TR) ของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

เวลา (นาที)	TR											
	กระดาษลูกฟูก		กระดาษลูกฟูกประกบฟอยล์		กระดาษคราฟ		กระดาษคราฟประกบฟอยล์		กระดาษเคลือบไข		กระดาษเคลือบไขประกบฟอยล์	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1	0.940	0.961	0.961	0.961	0.941	0.941	0.941	0.961	0.941	0.941	0.961	0.961
2	0.860	0.882	0.882	0.882	0.882	0.882	0.882	0.902	0.882	0.882	0.902	0.922
3	0.800	0.824	0.824	0.843	0.824	0.824	0.843	0.863	0.843	0.824	0.843	0.882
4	0.760	0.765	0.784	0.784	0.784	0.784	0.804	0.804	0.784	0.765	0.804	0.843
5	0.710	0.706	0.745	0.745	0.725	0.725	0.765	0.765	0.745	0.725	0.765	0.804
6	0.670	0.667	0.686	0.706	0.686	0.686	0.725	0.725	0.725	0.686	0.725	0.765
7	0.630	0.627	0.647	0.667	0.647	0.627	0.686	0.706	0.686	0.647	0.686	0.725
8	0.590	0.608	0.608	0.627	0.627	0.588	0.647	0.667	0.647	0.608	0.667	0.686
9	0.550	0.569	0.588	0.588	0.588	0.549	0.608	0.627	0.588	0.569	0.647	0.647
10	0.530	0.529	0.549	0.549	0.549	0.510	0.569	0.608	0.569	0.549	0.588	0.608
11	0.490	0.490	0.529	0.549	0.510	0.471	0.549	0.569	0.549	0.510	0.569	0.608
12	0.470	0.471	0.510	0.510	0.471	0.431	0.529	0.529	0.529	0.490	0.549	0.588
13	0.450	0.451	0.490	0.490	0.451	0.412	0.510	0.529	0.510	0.471	0.529	0.569
14	0.410	0.431	0.451	0.490	0.412	0.373	0.471	0.510	0.490	0.431	0.510	0.549
15	0.392	0.412	0.431	0.471	0.392	0.353	0.451	0.490	0.471	0.412	0.490	0.529
16	0.353	0.392	0.412	0.451	0.373	0.333	0.431	0.471	0.451	0.412	0.471	0.510
17	0.333	0.373	0.392	0.412	0.333	0.314	0.412	0.431	0.431	0.392	0.451	0.490
18	0.314	0.353	0.373	0.392	0.294	0.294	0.412	0.412	0.412	0.373	0.431	0.471
19	0.294	0.333	0.353	0.373	0.275	0.275	0.392	0.392	0.373	0.353	0.412	0.451
20	0.275	0.314	0.333	0.353	0.255	0.255	0.373	0.373	0.373	0.333	0.392	0.431
21	0.255	0.294	0.314	0.333	0.235	0.255	0.353	0.353	0.353	0.314	0.373	0.412
22	0.235	0.275	0.294	0.314	0.235	0.235	0.333	0.333	0.333	0.314	0.353	0.392
23	0.216	0.255	0.294	0.294	0.216	0.235	0.314	0.314	0.314	0.294	0.333	0.373
24	0.216	0.235	0.275	0.275	0.216	0.216	0.294	0.294	0.294	0.294	0.333	0.353
25	0.196	0.235	0.255	0.275	0.196	0.216	0.275	0.294	0.275	0.275	0.314	0.333
26	0.176	0.216	0.255	0.255	0.196	0.196	0.275	0.275	0.255	0.275	0.314	0.314
27	0.176	0.196	0.235	0.255	0.196	0.196	0.255	0.275	0.255	0.255	0.294	0.294
28	0.157	0.196	0.235	0.235	0.176	0.176	0.255	0.255	0.235	0.255	0.294	0.294
29	0.157	0.176	0.216	0.235	0.176	0.176	0.235	0.255	0.235	0.235	0.275	0.275

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำค่า Temperature Ratio (TR) ที่ได้ take LN แล้วหาค่าเฉลี่ยของ LN (TR)

ตารางที่ 7 แสดงค่า LN (TR) เฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

เวลา (นาที)	LN(TR) เฉลี่ย					
	กระดาษลูกฟูก	กระดาษลูกฟูกประกบฟอยล์	กระดาษคราฟ	กระดาษคราฟประกบฟอยล์	กระดาษเคลือบไข	กระดาษเคลือบไขประกบฟอยล์
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	-0.051	-0.040	-0.061	-0.050	-0.061	-0.040
2	-0.138	-0.125	-0.125	-0.114	-0.125	-0.092
3	-0.209	-0.171	-0.194	-0.159	-0.182	-0.148
4	-0.271	-0.243	-0.243	-0.218	-0.256	-0.194
5	-0.345	-0.294	-0.321	-0.268	-0.308	-0.243
6	-0.403	-0.348	-0.376	-0.321	-0.349	-0.295
7	-0.464	-0.405	-0.451	-0.362	-0.406	-0.349
8	-0.513	-0.466	-0.498	-0.420	-0.467	-0.391
9	-0.581	-0.531	-0.565	-0.482	-0.548	-0.435
10	-0.635	-0.600	-0.637	-0.531	-0.582	-0.514
11	-0.713	-0.600	-0.714	-0.582	-0.637	-0.531
12	-0.754	-0.674	-0.797	-0.636	-0.674	-0.565
13	-0.797	-0.713	-0.842	-0.655	-0.714	-0.600
14	-0.866	-0.713	-0.937	-0.714	-0.777	-0.637
15	-0.912	-0.754	-0.989	-0.755	-0.821	-0.674
16	-0.989	-0.796	-1.043	-0.797	-0.842	-0.714
17	-1.043	-0.887	-1.129	-0.864	-0.888	-0.755
18	-1.100	-0.936	-1.224	-0.887	-0.937	-0.797
19	-1.161	-0.987	-1.293	-0.936	-1.014	-0.842
20	-1.226	-1.041	-1.367	-0.987	-1.043	-0.888
21	-1.295	-1.099	-1.407	-1.041	-1.100	-0.937
22	-1.370	-1.159	-1.447	-1.099	-1.129	-0.989
23	-1.450	-1.224	-1.490	-1.159	-1.192	-1.043
24	-1.490	-1.293	-1.534	-1.224	-1.224	-1.070
25	-1.538	-1.293	-1.582	-1.258	-1.293	-1.129
26	-1.634	-1.367	-1.629	-1.293	-1.330	-1.159
27	-1.682	-1.367	-1.629	-1.330	-1.367	-1.224
28	-1.741	-1.447	-1.735	-1.367	-1.407	-1.224
29	-1.793	-1.447	-1.735	-1.407	-1.447	-1.293

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตร

$$TR = e^{-kt}$$

$$LN\,(TR) = -kt \quad \text{----------(1)}$$

k = อัตราการลดลงของอุณหภูมิ

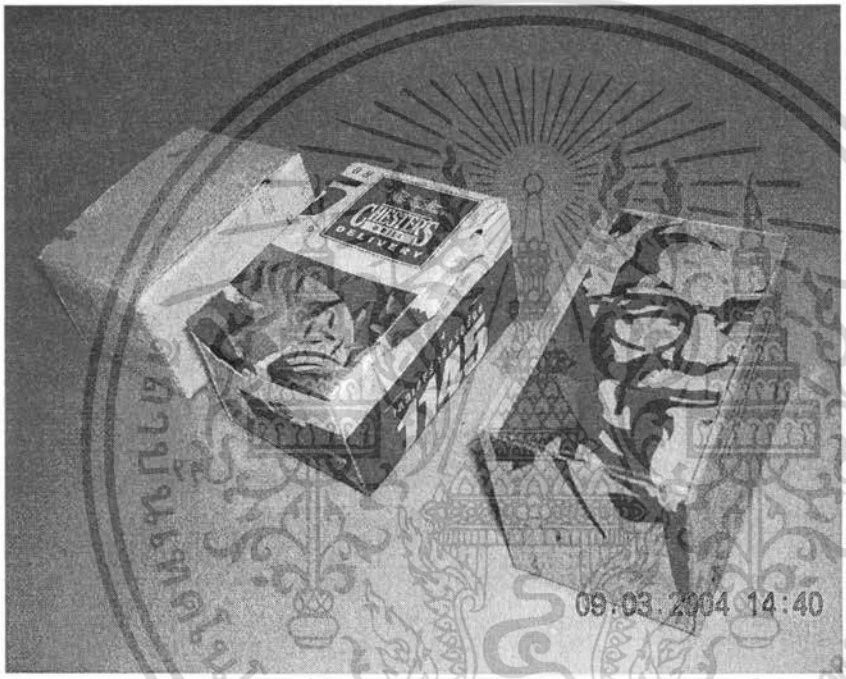
t = เวลา (นาที)

จากสมการ (1) เป็นสมการเส้นตรงสามารถหาอัตราการลดลงของอุณหภมิจากความชันของกราฟที่พลอตระหว่าง LN (TR) กับ เวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

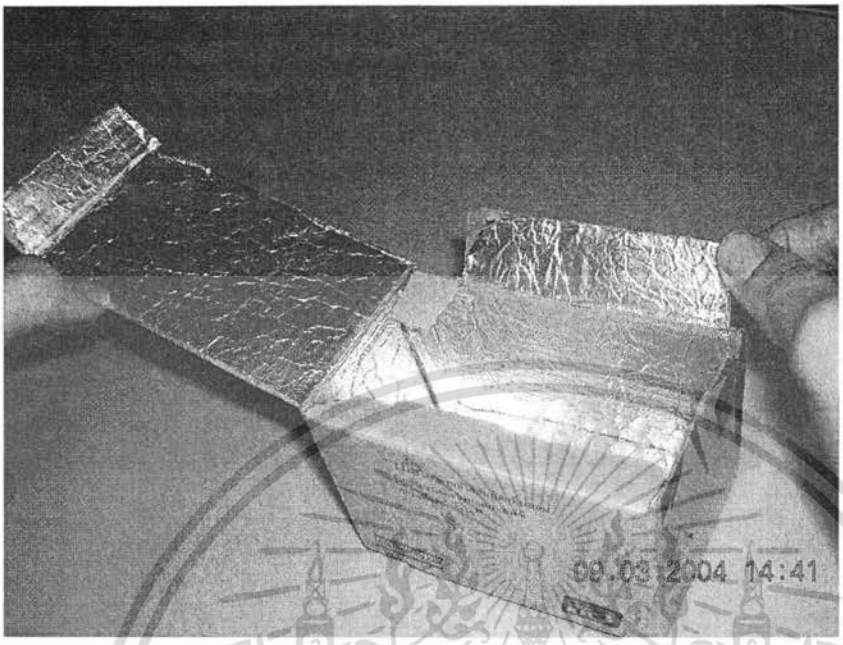
ภาคผนวก ข

ภาพขั้นตอนการทดลอง

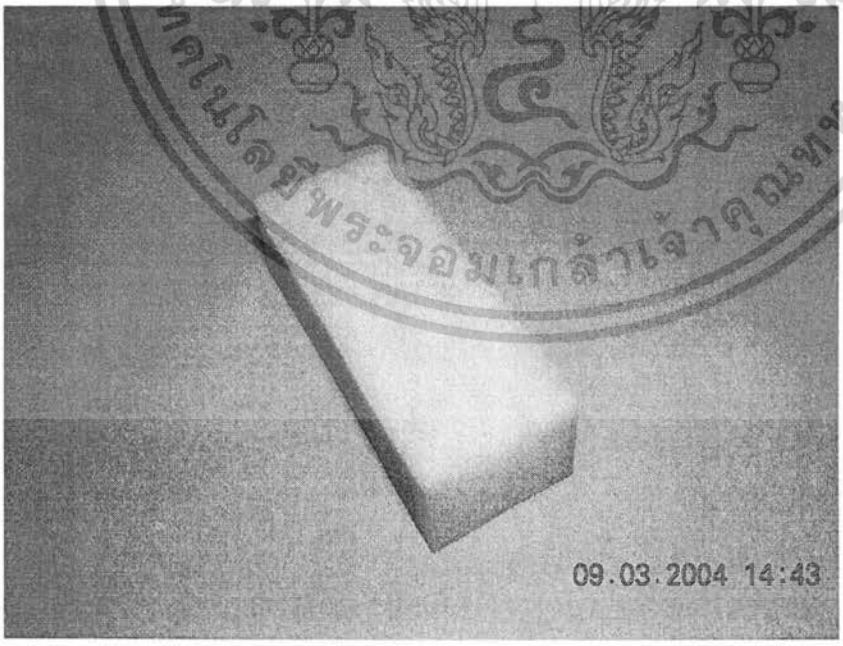


ภาพที่ 5 แสดงบรรจุภัณฑ์ขนาด 8×11×5.5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



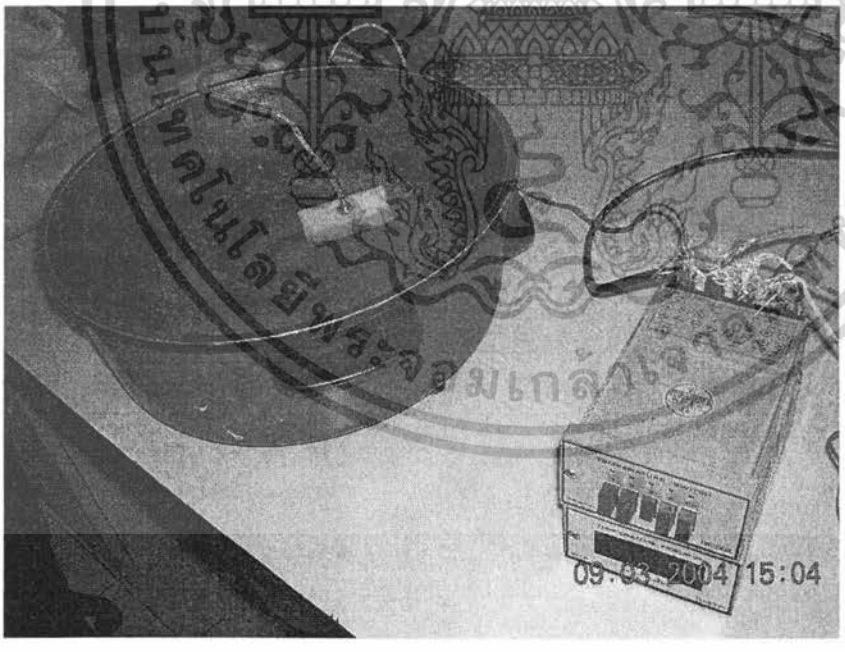
ภาพที่ 6 แสดงบรรจุภัณฑ์ที่ประกบอะลูมิเนียมฟอยล์



ภาพที่ 7 แสดงมันฝรั่งขนาด 2.5×2.5×6 เซนติเมตร

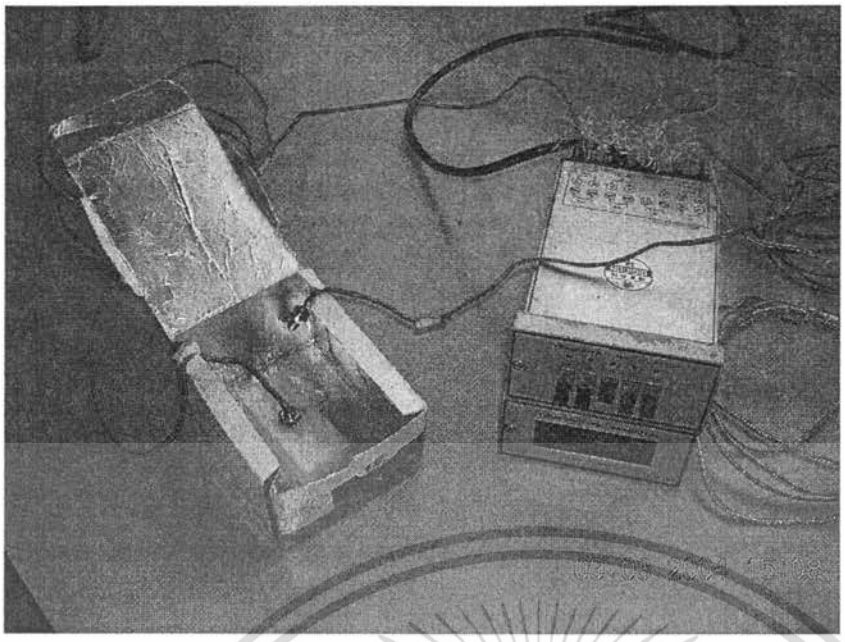
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 8 แสดงการชั่งน้ำหนักของมันฝรั่ง



ภาพที่ 9 แสดงการต้มและวัดอุณหภูมิของมันฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 แสดงการนำมันฝรั่งที่ต้มแล้วใส่ในบรรจุภัณฑ์อาหารนำกลับบ้าน

ภาพที่ 11 แสดงการวัดอุณหภูมิของมันฝรั่งในบรรจุภัณฑ์อาหารนำกลับบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้จัดทำ

นางสาวภาวิดา ประสิทธิเม เกิดวันที่ 23 มิถุนายน 2525. จบการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเซนต์โยเซฟ บางนา จังหวัดสมุทรปราการ ปัจจุบันศึกษาในระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร ชั้นปีที่ 4 ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร.

นางสาวสาทินี สวัสดี เกิดวันที่ 12 เมษายน 2525. จบการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสตรีประเสริฐศิลป์ จังหวัดตราด ปัจจุบันศึกษาในระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร ชั้นปีที่ 4 ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้