14912

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

T096945

เรื่อง

กล่องควบคุมอุณหภูมิต่ำ

(A Low Temperature Controlled Box)

โดย

นาย เชิดศักดิ์ สุทธินุ่น

นาย สมพงษ์ สุพัฒนคูณ

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(.....)

ปพ.
ส756ก
2540

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(.....)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 30 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2540

เลขที่หมู่.....
เลขทะเบียน. 96945
วัน เดือน ปี 5 JUN 2541

ปพ.
ส756ก

8 ส.ค. 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่องควบคุมอุณหภูมิต่ำ

(A Low Temperature Controlled Box)

นายเชิดศักดิ์ สุทธินุ่น

นายสมพงษ์ สุพัฒนคูณ

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายเชิดศักดิ์ สุทธินุ่น และนาย สมพงษ์ สุพัฒนคูณ. :กล่องควบคุมอุณหภูมิต่ำ (A Low Temperature Controlled Box) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ. 96 หน้า

การศึกษาผลิตกล่องต้นแบบเพื่อใช้ขนส่งผลิตผลเกษตรจำพวกผักและผลไม้ โดยใช้น้ำแข็งแห้งและคาร์บอนไดออกไซด์เหลวเป็นสารให้ความเย็น พบว่าการใช้น้ำแข็งแห้งดีกว่าและสะดวกกว่า ผลจากการทดลองประดิษฐ์กล่องขนาดความจุ 0.08 ลบ.เมตร ใช้ฉนวนทำจากโฟมที่มีความหนาแน่น 16 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความหนา 2 นิ้ว สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในกล่อง ให้อยู่ในช่วง 4-20 องศาเซนเซียส เป็นเวลา 28-32 ชั่วโมงได้ โดยการบรรจุน้ำแข็งแห้งในกล่องขนาดเล็กที่มีปริมาตรภายใน 4.5×18×15.5 ลบ.ซม.ควบคุมการระเหิดของน้ำแข็งแห้งก่อนบรรจุลงในกล่องใหญ่ เมื่อนำกล่องที่ประดิษฐ์ได้ไปทดสอบการบรรจุข้าวโพดอ่อน ถั่วฝักยาว หน่อไม้ฝรั่ง ชมพู่ และสตรอเบอร์รี พบว่าคุณภาพของผลิตผลดีกว่าการไม่ใช้กล่อง และผลิตผลควรบรรจุในถุงพลาสติก (Polyethylene) เพื่อรักษาความชื้นและป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดจากก๊าซาร์บอนไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูง

สมพงษ์ สุพัฒนคูณ.

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การที่ปัญหาพิเศษฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ เป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำการทดลอง และตรวจแก้ไขจนปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่าน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและห้องธุรการ รวมถึงเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจและให้ความสะดวกในเรื่องต่างๆ จนปัญหาพิเศษสำเร็จตามวัตถุประสงค์

และสุดท้ายนี้ผู้จัดทำต้องขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำเนิดชีวิตผู้จัดทำและให้ความรักความอบอุ่น มาโดยตลอด

ผู้จัดทำ

2 มีนาคม 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... ก

กิตติกรรมประกาศ..... ข

สารบัญตาราง..... ฉ

สารบัญรูป..... ช

บทที่

1.บทนำ..... 1

2.วารสารปริทัศน์

2.1 การเปลี่ยนแปลงผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว..... 2

2.2 การหายใจ..... 2

2.3 วัตถุประสงค์การใช้ก๊าซบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร..... 5

2.4 บทบาทของCo_2 ต่อการเก็บรักษาอาหาร..... 6

2.5 คุณสมบัติของคาร์บอนไดออกไซด์..... 8

2.6 ฉนวนความร้อน..... 13

2.7 อะคริลิคพลาสติก 17

3.อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์..... 19

3.2 สารเคมี..... 19

3.3 ตัวอย่างผักและผลไม้..... 19

3.4 วิธีการทดลอง..... 19

4.ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ความสัมพันธ์ปริมาตรกล่องกับอุณหภูมิ..... 24

4.2 ความหนาที่เหมาะสมของโฟม..... 27

4.3 เปรียบเทียบน้ำหนักกับอุณหภูมิ..... 30

4.4 เปรียบเทียบการกระจายตัวของอุณหภูมิ..... 32

4.5 วิธีการควบคุมอุณหภูมิ..... 34

4.6 การใช้ Co_2 เป็นสารให้ความเย็น..... 36

4.7 ออกแบบกล่องต้นแบบ..... 39

4.8 การใช้กล่องต้นแบบบรรจุผักและผลไม้..... 41

4.9 คำนวณต้นทุนการผลิตกล่องต้นแบบ..... 59

5.สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง.....	62
ภาคผนวก.....	63
ประวัติผู้เขียน.....	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.8.1.1 คุณภาพข้าวโพดอ่อนในกล่อง 12 , 24 ชม.	43
4.8.1.2 คุณภาพสตรอเบอร์รีในกล่อง 12 , 24 ชม.	44
4.8.1.3 คุณภาพชมพู่ในกล่อง 12 , 24 ชม.	45
4.8.1.4 คุณภาพถั่วฝักยาวในกล่อง 12 , 24 ชม.	46
4.8.2.1 pH, % Brix, %Acidity ข้าวโพดอ่อน	47
4.8.2.2 pH, % Brix, %Acidity สตรอเบอร์รี	49
4.8.2.3 pH, % Brix, %Acidity ชมพู่	50
4.8.2.4 pH, % Brix, %Acidity ถั่วฝักยาว	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.4.1 แสดงตำแหน่งวัดอุณหภูมิในกล่องทดลอง	20
3.4.7 แสดงตำแหน่งวัดอุณหภูมิในกล่องต้นแบบ ที่บุด้วยอะคริลิคพลาสติกและสังกะสี	22
4.1.1 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลาที่ปริมาตรกล่องต่างกัน เมื่อใช้น้ำแข็งแห้ง 1 กิโลกรัม	25
4.1.2 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลาที่ปริมาตรกล่องต่างกัน เมื่อใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กิโลกรัม	26
4.2.1 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลาที่ความหนาโฟมต่างกัน เมื่อใช้น้ำแข็งแห้ง 1 กิโลกรัม	28
4.2.2 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลาที่ความหนาโฟมต่างกัน เมื่อใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กิโลกรัม	29
4.3.1 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลาที่ปริมาณน้ำแข็งแห้งต่างกัน เมื่อใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กิโลกรัม	31
4.4.1 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลาที่ตำแหน่งการวางน้ำแข็งแห้งต่างกัน เมื่อใช้น้ำแข็งแห้ง 1 กิโลกรัม	33
4.5.1 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลาที่ทำการเจาะรูในกล่องเล็ก เมื่อใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กิโลกรัม	35
4.6.1 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา เมื่อใช้ Co_2 เหลว 950 กรัม ในกล่องปริมาตร 0.03 ลบ.เมตร	37
4.6.2 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา เมื่อใช้ Co_2 เหลว 480 กรัม ในกล่องปริมาตร 0.08 ลบ.เมตร	38
4.7.1 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลาในกล่องต้นแบบ ที่บุด้วยสังกะสี และอะคริลิค	40
4.8.3.1 แสดงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของผักและผลไม้ ที่ เวลา 12 ชั่วโมง	54
4.8.4.1 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลาเมื่อใช้ข้าวโพดอ่อนบรรจุในกล่องต้นแบบ เมื่อใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กิโลกรัม	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8.4.2 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลาเมื่อใช้สตรอเบอร์รีบรรจุในกล่องต้นแบบ	56
4.8.4.3 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลาเมื่อใช้ชมพู่บรรจุในกล่องต้นแบบ	57
4.8.4.4 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลาเมื่อใช้ถั่วฝักยาวอ่อนบรรจุในกล่องต้นแบบ	58
ง.1 เครื่องวัดอุณหภูมิ	90
ง.2 เครื่อง Gas Chromatography	90
ง.3 กล่องเล็กใส่น้ำแข็งแห้ง	91
ง.4 กล่องเล็กที่เจาะฝาปิด	91
ง.5 จุดวัดอุณหภูมิในกล่องต้นแบบ	92
ง.6 กล่องต้นแบบบุด้วยสังกะสี	93
ง.7 กล่องต้นแบบบุด้วยอะคริลิค	94
ง.8 ลักษณะข้าวโพดอ่อนในการทดลอง	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่องควบคุมอุณหภูมิต่ำ

(A Low Temperature Controlled Box)

บทที่ 1

บทนำ

ในการขนส่งผัก ผลไม้ จากไร่หรือสวนไปยังตลาดหรือผู้บริโภคที่อยู่ห่างไกลจากแหล่งปลูก เกษตรมักนิยมขนส่งหรือไม่สามารถจะจัดการขนส่งที่เหมาะสมได้ สิ่งที่เป็นปัญหาอันเนื่องมาจากการขนส่งผลิตผลในปัจจุบันก็คือการลดอายุการเก็บรักษา (Shelf-life) ของผลิตผลและยังมีส่วนทำให้ผลิตผลมีผลในการสูญเสียน้ำหนักและเหี่ยว ซึ่งจะก่อให้เกิดการสูญเสียในรูปของรายได้ และเพิ่มปริมาณของเหลือทิ้งให้แก่สภาพแวดล้อมผลิตผลเกษตรเป็นสิ่งที่มีชีวิตแม้จะสภาวะหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลเหล่านี้จะมีการหายใจ มีการคายพลังงานความร้อนและมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางสรีรวิทยาและกายภาพอื่น กิจกรรมเหล่านี้จะทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพในที่สุด การเก็บรักษาผลิตผลในอุณหภูมิต่ำ (ไม่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่ทำให้เกิด Chilling injury) จะช่วยยืดอายุและคุณภาพของผลิตผลได้อีกทางหนึ่ง

ถ้าหากเกษตรกรมีทางเลือกในการเลือกใช้วิธีการขนส่งที่ง่ายและสามารถลดอุณหภูมิของผลิตผลในขณะที่ขนส่งหรืออยู่ในระหว่างที่ยังไม่ถึงมือผู้บริโภคก็จะเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรสนใจการใช้เทคโนโลยีที่ง่ายและยกระดับคุณภาพของผลิตผลได้ กล่องควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของน้ำแข็งแห้งในการขนส่งแบบใช้ตู้รีเฟอร์(Refer) สำหรับในประเทศไทยในขณะนี้ยังไม่ได้มีการทำเทคโนโลยีของตู้ชนิดนี้มาใช้ การพัฒนาภาชนะบรรจุโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิจึงน่าจะเป็นแนวทางอันหนึ่งที่เหมาะสมจะนำไปใช้ในการพัฒนาการขนส่งผลิตผลจากแหล่งปลูกมายังตลาดที่ห่างไกลทั้งในและนอกประเทศได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและพัฒนากล่องต้นแบบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
2. เพื่อศึกษาความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการเก็บรักษาและการขนส่ง
3. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ในการผลิตกล่องชนิดนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 การเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยว

ผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวยังมีชีวิตอยู่ กระบวนการต่าง ๆ ยังคงดำเนินอยู่เช่นเดียวกับที่ยังติดอยู่บนต้นหรือยังไม่ได้เก็บเกี่ยว ซึ่งหลังการเก็บเกี่ยวก็ยังคงมีการหายใจต่อไป โดยจะดูดเอาก๊าซออกซิเจนเข้าไป และปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความร้อนออกมา จะมีการคายน้ำและสูญเสียน้ำหนัก การสูญเสียเนื่องจากการหายใจและการคายน้ำขณะที่ผลิตผลยังอยู่กับต้นเดิมจะถูกแทนที่หรือชดเชยโดยน้ำหล่อเลี้ยงภายในต้น (cell sap) อาหารได้จากการสังเคราะห์แสงและแร่ธาตุได้จากดินหรือปุ๋ยที่ใส่ให้หลังจากที่ผักและผลไม้ถูกเก็บเกี่ยวแล้ว จะถูกตัดออกจากแหล่งน้ำอาหาร และแร่ธาตุดังนั้นผักและผลไม้หลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วจึงต้องขึ้นอยู่กับอาหารที่สะสมไว้และความชื้นในเนื้อเยื่อที่มีอยู่ การสูญเสียอาหารและน้ำที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อของผลิตผลจะไม่ถูกชดเชยและกระบวนการเน่าเสียจะเกิดขึ้นกับผักและผลไม้ การเปลี่ยนแปลงในด้านเคมีและชีวเคมีที่เกิดขึ้นกับผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตผล การเปลี่ยนแปลงบางอย่างอาจทำให้คุณภาพดีขึ้นหรือเลวลงก็ได้

2.2 การหายใจ

การหายใจเป็นกระบวนการที่ค่อนข้างยุ่งยากและขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการหายใจจึงมีความสำคัญในแง่ของการปฏิบัติการและการเก็บรักษาผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

2.2.1 การหายใจของผลไม้

ผลไม้หลายชนิดมีอัตราการหายใจสูงหลังจากที่เก็บเกี่ยวในช่วงระยะที่แก่ และเมื่อสุก ปรากฏการณ์ของการหายใจเช่นนี้เรียกว่า climacteric rise Bliale เป็นนักชีวเคมีชาวอเมริกันได้จำแนกผลไม้ตามลักษณะการหายใจออกเป็น 2 ชนิด คือ climacteric และ non-climacteric fruit ถ้าวัดอัตราการหายใจของผลไม้ โดยการวัดการใช้ออกซิเจนหรือการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาระหว่างที่ผลไม้มีการเจริญพัฒนาจนกระทั่งสุกและหมดอายุ อัตราการหายใจต่อน้ำหนักสดจะสูงสุดสำหรับผลไม้ที่ยังมีอายุน้อย แล้วอัตราการหายใจค่อย ๆ ลดลงเมื่อผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม้มีอายุมากขึ้น ระยะเวลาก่อนถึง climacteric rise ของผลไม้ที่เป็น climacteric เป็นระยะที่มีการหายใจต่ำสุด เรียกว่า pre - climacteric การเพิ่มอัตาการหายใจของผลไม้เกิดขึ้นพร้อม ๆ กับการสุก ระยะเวลาหลังจาก climacteric rise เป็น postclimacteric rise และช่วงความยาวที่เกิดของ climacteric rise แตกต่างกันไปตามชนิดของผลไม้ ผลไม้ที่เป็น non-climacteric อัตราการหายใจจะค่อย ๆลดลงเมื่อผลไม้มีอายุนานขึ้น และไม่มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นขณะที่ผลมีการสุก การจำแนกผลไม้ออกเป็น 2 พวกเป็นการชักนำทำให้เกิดงานวิจัยและค้นพบกระบวนการควบคุมการเกิด climacteric rise ของผลไม้เมื่อสุก

ผลการวิจัยและค้นคว้าได้มีการอธิบายถึงประจากฏการณ์ของ climacteric rise ที่เกิดขึ้นกับผลไม้สุกดังนี้

ก. climacteric rise เป็นช่วงที่กระบวนการทำลาย (catabolism) มีบทบาทเด่นเหมือนบทบาทอื่น ๆ การเข้าออกของสารผ่านผนังของส่วนต่างๆ ที่อยู่ในโปรโตพลาสซึมมีเพิ่มขึ้น ทำให้สารบางอย่างได้ผ่านเข้าไปรวมกับเอ็มไซม์ ทำให้เกิดการหายใจเพิ่มขึ้น หรือ

ข. climacteric rise เป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับการสังเคราะห์โปรตีน ทำให้มีการสังเคราะห์เอ็มไซม์ใหม่ซึ่งไปกระตุ้นให้เกิดการหายใจเพิ่มขึ้น

2.2.2 การหายใจของผัก

climacteric rise ของการหายใจในผักไม่มีการแบ่งแยกอย่างชัดเจนดังเช่นในผลไม้ ยกเว้นผักประเภทรับประทานผล เช่นมะเขือเทศ แตงกวา แตงเทศ เป็นต้น ซึ่งสามารถจำแนกออกตามลักษณะของการหายใจได้ดังในผลไม้ทั่ว ๆ ไป อัตราการหายใจของผักขึ้นอยู่กับชนิดและอายุขณะที่เก็บเกี่ยว ส่วนที่เก็บเกี่ยวนั้นเป็นอวัยวะที่กำลังเจริญเติบโตหรือเป็นแหล่งที่สะสมอาหาร (Storage organ)

2.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการหายใจ

ปัจจัยภายใน

1. อายุของการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจมีอยู่ในช่วงเวลาระหว่างการพัฒนาส่วนต่าง ๆ ของพืช ผลไม้ขณะที่ยังมีขนาดเล็กมีอัตราการหายใจสูงแต่เมื่อผลไม้มีขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นมีอัตราการหายใจลดลง สำหรับผลไม้ประเภท Climacteric มีอัตราการหายใจต่ำสุดขณะที่ผลกำลังแก่และมีอัตราการหายใจค่อนข้างคงที่อยู่ระยะหนึ่งหลังการเก็บเกี่ยว เมื่อผลไม้เริ่มสุกก็มีอัตราการหายใจสูงขึ้นจนกระทั่งถึงจุดสูงสุด แล้วค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ ผลไม้ประเภท non -climacteric หลังจากเก็บเกี่ยวจากต้นแล้ว อัตราการหายใจจะลดลงตลอดเวลา

2 ขนาดของเซลพืช พืชที่มีขนาดเล็กมีเนื้อเยื่อสัมผัสกับอากาศมากขึ้นทำให้อ๊อกซิเจนสามารถซึมผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่อได้มาก

3 สารธรรมชาติที่เคลือบผิว ผักและผลไม้ที่มีผิวเคลือบด้วยไขเป็นอย่างดีและมีระเบียบเป็นตัวจำกัดในการแลกเปลี่ยนแก๊ส ทำให้มีอัตราการหายใจน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 ชนิดของเนื้อเยื่อ พวกเนื้อเยื่อที่มีอายุน้อยและกำลังเจริญเติบโตมีอัตราการหายใจมากกว่าเนื่อเยื่อที่หยุดการเจริญเติบโตและอยู่ในระยะพักตัว นอกจากนั้นอัตราการหายใจยังแตกต่างกันภายในอวัยวะของพืช เช่นอัตราการหายใจของเปลือก เนื้อ และเมล็ดในผลมะม่วงไม่เท่ากัน

ปัจจัยภายนอก

1. อุณหภูมิ อุณหภูมิระหว่าง 32 ถึง 95 องศาฟาเรนไฮต์ทำให้อัตราการหายใจของผักผลไม้เพิ่มขึ้น 2-2.5 เท่าสำหรับทุก 18 องศาฟาเรนไฮต์ที่เพิ่มขึ้น อัตราการหายใจจะลดลงที่อุณหภูมิเนื้อ 95 องศาฟาเรนไฮต์ เนื่องจากการยับยั้งการทำงานของเอมไซม์ในระยะแรกที่เคลื่อนย้ายผักและผลไม้จากอุณหภูมิต่ำไปอุณหภูมิสูง อัตราการหายใจของผักและผลไม้ในระยะเริ่มแรกจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงทำให้เอ็มไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการหายใจมีการทำงานมากขึ้น แต่ในระยะต่อมาอัตราการหายใจลดลงจนกระทั่งถึงศูนย์ การลดลงของอัตราการหายใจนี้เนื่องจากเอ็มไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการหายใจสูญเสียคุณสมบัติเดิมเพราะอุณหภูมิสูง (denaturation)อย่างไรก็ตามการลดอัตราการหายใจอาจจะแสดงถึง

1.1 อ๊อกซิเจนไม่ได้ซึมผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่ออย่างเพียงพอ

1.2 คาร์บอนไดอ๊อกไซด์สะสมในเซลล์จนกระทั่งถึงจุดที่ยับยั้งการหายใจ

1.3 อาหารสะสมที่ใช้สำหรับการหายใจมีไม่เพียงพอ

2. เอทธิลีน การใช้เอทธิลีนนั้นจะสามารถกระตุ้นให้ผลไม้ประเภท non - climacteric เกิดการหายใจเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเกิดขึ้นทันทีเมื่อได้รับเอทธิลีนยิ่งความเข้มข้นของเอทธิลีนที่ให้มีมากอัตราการหายใจก็จะเกิดขึ้นได้มาก

3. อ๊อกซิเจนผักบางอย่างพบว่าอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นเมื่ออ๊อกซิเจนเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นมากกว่า 21 เปอร์เซนต์เพียงเล็กน้อยจะมีผลต่อการเพิ่มอัตราการหายใจเพียงเล็กน้อย แต่ความเข้มข้นของอ๊อกซิเจนที่ต่ำกว่า 21 เปอร์เซนต์ ทำให้อัตราการหายใจลดลง

4. คาร์บอนไดอ๊อกไซด์ โดยปกติแล้วคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ที่มีความเข้มข้นมากกว่า 0.03 เปอร์เซนต์ จะทำให้อัตราการหายใจของผักและผลไม้ลดลง

5. สารควบคุมการเจริญเติบโต (Growth regulator) สารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดสามารถกระตุ้นหรือยับยั้งการหายใจ เช่นสารเคมีกลุ่ม auxin เช่น 2,4-dichlorophenioxyacetic acid (2,4-D)และ 2- naphthaleneacetic acid สามารถกระตุ้นการหายใจของพืช

6. การเกิดบาดแผล เนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของพืชที่เกิดบาดแผล ไม่ว่าจะเป็นการกระทำที่เกิดขึ้นโดยคน สัตว์ หรือธรรมชาติทำให้มีการหายใจเพิ่มขึ้นอัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและความรุนแรงของการเกิดบาดแผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วัตถุประสงค์ของการใช้ก๊าซบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารที่สำคัญคือ

2.3.1 ชะลอหรือป้องกันการเกิดปฏิกริยาเคมีในอาหาร

ปฏิกิริยาเคมีในอาหารที่สำคัญคือปฏิกริยาออกซิเดชั่น (Oxidation) ซึ่งเมื่อเกิดกับไขมันจะทำให้ให้อาหารเหม็นหืน เมื่อเกิดกับวิตามินจะทำให้คุณค่าทางอาหารลดลง หรือสีของอาหารลดลง หรือสีของอาหารซีดจางลงเป็นต้น การชะลอหรือป้องกันปฏิกริยานี้จะต้องกำจัดก๊าซออกซิเจนภายในบรรยากาศล้อมรอบอาหารออกไป

2.3.2 ชะลอหรือป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียคุณภาพอาหาร

สภาพบรรยากาศที่ไร้ก๊าซออกซิเจนและมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก ๆ จะช่วยชะลอหรือป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ โดยทั่วไปจะใช้ได้ผลดีกับแบคทีเรียที่ชอบอากาศ (Aerobic Bacteria) และเชื้อรา (Mould) ส่วนยีสต์ (Yeast) นั้นผลไม่ค่อยเด่นชัด

2.3.3 ชะลออัตรการหายใจของพืช

พืชจะหายใจช้าลงเมื่อความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศลดลง และหรือความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น เมื่อพืชหายใจช้าลงการเสื่อมเสียคุณภาพก็จะช้าลงด้วย โดยทั่วไปความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนไม่ควรต่ำกว่าร้อยละ 1-3 (Keper,1986) มิฉะนั้นจะเกิดการหมัก (Fermentation) ทำให้พืชเน่าเสียเร็วขึ้น ส่วนความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถ้าสูงเกินไปอาจเป็นอันตรายต่อเซลพืชได้อัตราส่วนความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ถ้าสูงเกินไปอาจเป็นอันตรายต่อเซลของพืชได้อัตราส่วนความเข้มข้นของก๊าซที่ใช้จะขึ้นกับชนิดของพืช

2.3.4 ชะลอหรือป้องกันการเจริญเติบโตและการฟักไข่ของหนอน แมลงต่าง ๆที่อาจติดอยู่ในอาหาร

ในสภาพไร้ก๊าซออกซิเจน หนอน ไข่หนอน และแมลงต่าง ๆ ไม่สามารถเจริญเติบโตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 บทบาทที่สำคัญของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารที่สำคัญคือ

2.4.1 ชะลออัตราการหายใจของพืช โดยทั่วไปเมื่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้น อัตราการหายใจของพืชจะลดลง ทำให้อายุการเก็บรักษาของผักผลไม้สดเพิ่มข้น อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมจะแตกต่างกันออกไปขึ้นกับชนิดของพืช การชะลออัตราการหายใจของพืชอาจจะได้ผลน้อย เมื่อใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่ำเกินไป ในขณะที่ความเข้มข้นสูงเกินไปอาจทำให้เซลพืชเป็นอันตรายอันเป็นเหตุทำให้เกิดการเน่าเสียเร็วยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น แอปเปิลจะทนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้น้อยกว่าสตรอเบอรี การเก็บรักษาแอปเปิลจะใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียงร้อยละ 3-5 ในขณะที่ใช้ถึงร้อยละ 15-20 สำหรับสตรอเบอร์รี่

2.4.2 ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิด จึงเรียกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ว่าเป็นBacteriostatic หรือ Fungistatic agent คือการยับยั้งการเจริญเติบโตเท่านั้นมิได้ทำลายหรือฆ่าเชื้อเชื้อจุลินทรีย์ โดยทั่วไปจะต้องใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นอย่างน้อยร้อยละ 20 ณ สมดุลในบรรยากาศ พบว่าผลของก๊าซคารีบอนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์เป็นประเภทเลือกเฉพาะ (Selective Effect)ดังนี้คือ

- แบคทีเรียที่ชอบอากาศและเชื้อราทั่วไป ไม่สามารถเจริญเติบโตในบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก ๆ
- แบคทีเรียที่ชอบอากาศน้อย ๆ (slightly aerobic bacteria) เช่น Lactobacillus ยังคงเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก ๆ
- แบคทีเรียที่เจริญได้ทั้งในสภาพที่มีอากาศหรือไม่มีอากาศ(Facutative anaerobic bacteria) พบว่าที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นสูง ๆ มิได้ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตบางกรณียังช่วยเร่งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเหล่านี้ด้วย
- แบคทีเรียที่ไม่ชอบอากาศ ((Anaerobic bacteria)เจริญเติบโตได้ในสภาพไร้ออกซิเจนแต่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10-20 แต่ถ้าเพิ่มก๊าซออกซิเจนเล็กน้อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเหล่านี้ได้บางชนิด
- ยีสต์ค่อนข้างจะทนทานต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดี จึงพบการเจริญเติบโตของยีสต์ในสภาวะที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง ๆ Hintian และ Hotchkiss (1986) ได้สรุปจากผลงานของนักวิจัยหลายท่านว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดี ก็ต่อเมื่อเชื้อจุลินทรีย์นั้นอยู่ในช่วงการเตรียมพร้อมเพื่อแบ่งตัว (Lag phase) โดยจะทำให้ช่วงเวลานี้เพิ่มขึ้นเป็นผลให้การแบ่งตัวเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์เป็นไปได้ช้ายิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้จะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง หรือเมื่อความดันของบรรยากาศเพิ่มขึ้น

2.4.3. สามารถละลายได้ดีในน้ำและไขมัน และการละลายนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง ดังสามารถสังเกตได้จากการยุบตัวของภาชนะบรรจุ เนื่องจากความดันภายในต่ำกว่าความดันบรรยากาศ นอกจากนี้หากการละลายสูงมากพอจะทำให้เกิดกลิ่นรสของกรดในผลิตภัณฑ์อาหารได้ จึงต้องจำกัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เหมาะสมกับประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารที่บรรจุ

ความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ที่ผักและผลไม้สดบางชนิดทนทานได้

Maximum CO_2level tolerated (%)	Commod
2	apple, (golden delicious) ,apricot<artichoke, celery, Chinese cabbage, grape,lettuce ,pear,pepper(sweet) sweet potato, tomato
5	apples (most cultivars) , avocado, banana , Brusseld sprouts,cabbage, carrot, cauliflower, cranberry,kivi.mango,nectarine,orange,papaya, pea, peach, pepper(chilli),plum,radish
10	asparagus,broccoli,cucumber,grapefruit,green bean,lemon,parsley,pineapple,potato
15	blackberry,blueberry,cantaloupe,cherry,corn(sweet), mushroom,raspbeery,spinach,stawberry

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 คุณสมบัติของคาร์บอนไดอ๊อกไซด์

1. สามารถอยู่ได้ 3 สถานะ คือของแข็ง ของเหลว และก๊าซ

2. ของแข็งจะถูกเก็บอยู่ที่บรรยากาศปกติ โดยจะมีอุณหภูมิของตัวมันเองประมาณ -78 องศาเซลเซียส

3. ของเหลวจะถูกเก็บอยู่ที่บรรยากาศที่มีความดันประมาณ 18 เท่าของบรรยากาศโดยจะมีอุณหภูมิของตัวมันเองประมาณ -25 องศาเซลเซียส

4. สำหรับแก๊ส ได้มาจากการเก็บของเหลวในภาชนะทนความดันที่ประมาณ 80 เท่าของความดันบรรยากาศ

5. แก๊สคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ เมื่อสัมผัสตัวคนจะไม่เป็นอันตรายแต่สำหรับน้ำแข็งแห้งไม่ควรจับต้องด้วยมือเปล่าเนื่องจากเย็นจัด ทำให้ความร้อนทั้งหมดในร่างกายจะวิ่งไปที่จุด ๆ เดียวบนมือเกิดความร้อนจัดทำให้ไหม้ได้

- Critical point P = 75.28 kg/cm abs T = 31.1 C
- triple point P = 5.28 kg/cm abs T = -56.6 C
- Dry ice P = 1.0 kg/cm abs T = -78.6 C

2.5.1 ประโยชน์ของคาร์บอนไดออกไซด์ในอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ

คาร์บอนไดอ๊อกไซด์ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ต่าง ๆ มากมาย เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแช่เย็น ใช้ในการควบคุมความเป็นกรดด่าง หรือ pH ในอุตสาหกรรมกระดาษ เยื่อกระดาษและอุตสากรรมสิ่งทอ นอกจากนั้นยังสามารถใช้ในขบวนการอบรมควันเพื่อฆ่าแมลง(Fumigation) ใช้เป็นสารปรับ pH ในน้ำทิ้งหรือน้ำที่ออกมาหลังการบำบัดแล้ว (Effluent Streams) รวมทั้งใช้เป็นตัวส่งผ่านความเย็นในระบบทำความเย็น ซึ่งมีแนวโน้มสูงที่จะนำมาใช้แทนระบบทำความเย็นแบบเชิงกล(Mechanical Refrigaration)

คาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารที่ได้รับการยืนยันจากองค์การคุ้มครองเพื่อความปลอดภัยและสุขภาพของสหรัฐอเมริกา (U.S. Occupation Safety and Health Administration หรือ OSHA) ว่าไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีความเฉื่อยสูงคือเป็นสารไม่ติดไฟ ไม่ระเบิด องค์การป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติ (National Fire Protection Assn หรือ NFPA) แห่งสหรัฐอเมริกาจึงกำหนดว่าคาร์บอนไดอ๊อกไซด์มีอัตราของอันตรายเนื่องจากการติดไฟและเกิดปฏิกริยาเท่ากับ 0 และอัตราความเสี่ยงที่จะก่อให้ เกิดผลเสียต่อสุขภาพน้อยมากเพียง 1 (โดยความเสี่ยงจะเรียงลำดับจากต่ำไปสูง 0,1,2,3 และ 4 ตามลำดับ) เกือบ 88 เปอร์เซนต์ ของปริมาณคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ที่เป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียง (By product) จากอุตสาหกรรมการผลิตแอมโมเนีย อุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมันและก๊าซธรรมชาติอุตสาหกรรมการผลิตเอธานอลและอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์บอนไดอ๊อกไซด์เป็นสารที่มีความเสถียรสูงมากไม่มีพิษไม่ว่าจะอยู่ในรูปของแข็ง ของเหลวหรือก๊าซก็ตาม คาร์บอนไดออกไซด์ไม่มีผลในการทำลายเนื้อเยื่อของมนุษย์และไม่มีฤทธิ์ในการกระตุ้นก่อให้เกิดการเติบโตผิดปกติ (มะเร็ง) ของเนื้อเยื่อใด ๆ ทั้งสิ้น แต่มีข้อควรระวังในการใช้บางประการอันได้แก่ อาจเกิดอาการเป็นลมหมดสติถ้าสูดดมคาร์บอนไดอ๊อกไซด์เข้าไปมาก ๆ เนื่องจากทำให้ร่างกายขาดออกซิเจนและผิวหนังอาจได้รับอันตรายจากความเย็นจัดของคาร์บอนไดออกไซด์แข็ง หรือคาร์บอนไดออกไซด์เหลวได้ถ้าสัมผัสโดยตรงแต่คาร์บอนไดอ๊อกไซด์จะไม่ส่งผลหรืออาการต่อเนื่องอย่างอื่นต่อสุขภาพ

ทาง OSHA ได้กำหนดขีดจำกัดค่าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศภายในโรงงานหรือสถานที่ปฏิบัติงานไว้ที่ไม่เกิน 10,000 ppm สำหรบสถานที่ที่คนงานต้องปฏิบัติงานติดต่อกันเป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง และควรมีระบบตรวจสอบปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และระบบระบายอากาศเพื่อสุขภาพของคนงาน

- ซูเปอร์คริติคอลคาร์บอนไดอ๊อกไซด์สำหรับการทำความสะอาดและขบวนการการสกัดสารและขบวนการสกัด ที่อุณหภูมิ 90 องศาฟาเรนไฮต์ ความดัน 1,100 psi จะอยู่ในสภาพวิกฤตยิ่งยวด (Supercritical) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดีจึงถูกเรียกว่า ของไหลซูเปอร์คริติคอล (Supercritical fluid) เป็นของไหลที่มีความหนืดและความหนาแน่นต่ำมีอัตราการการแพร่กระจายสูงกว่าสารเคมีชิดอื่น ๆ ที่เคยใช้ในขบวนการการสกัด ซูเปอร์คริติคอลคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้ในขบวนการสกัดเพื่อนำสารที่ต้องการออกทมาหรือสกัดเพื่อกำจัดสารปนเปื้อน ซึ่งในแต่ละวัตถุประสงค์และชนิดของสารที่ต้องการสกัดออกมาจะมีการควบคุมอุณหภูมิและความดันของคาร์บอนไดออกไซด์ให้เหมาะสมแตกต่างกันออกไป

ประโยชน์อย่างหนึ่งของซูเปอร์คริติคอลคาร์บอนไดออกไซด์คือนำไปใช้ในขบวนการทำความสะอาด เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกปนเปื้อนออกจากชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบของอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งวิธีนี้ต้องทำในภาชนะปิด (Sealed vassel) ภายในชิ้นส่วนที่ต้องการทำความสะอาดและใส่ซูเปอร์คริติคอลคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความดัน 1,100 psi หรือมากกว่า จนท่วมชิ้นส่วนอุปกรณ์เหล่านั้นเปิดวาล์วระบายคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ซึ่งในช่วงนี้คาร์บอนไดออกไกซด์จะมีความดันลดลงสิ่งสกปรกปนเปื้อนต่าง ๆ ที่ถูกละลายโดยซูเปอร์คริติคอลคาร์บอนไดออกไซด์จะแยกออกมาซึ่งจะถูกรวบรวมเพื่อทิ้งหรือทำลายต่อไป ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถส่งเข้าเครื่องแยกซึ่งจะเป็นเครื่องแยกชนิดไหนขึ้นอยู่กับผู้ใช้ว่าจะประยุกต์ใช้ในขบวนการทำอะไร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกแยกออกมาสามารถนำกลับมาใช้ได้อีก

-คาร์บอนไดออกไซด์ควบุมค่า pH

คาร์บอนไดออกไซด์ถูกใช้ในการปรับ pH ขอน้ำทิ้งหรือน้ำหลังจากการบำบัดแล้วมีอัลคาไลน์สูง (Alkaline Effluent Steam) ซึ่งน้ำมีความเป็นเบสหรือด่างสูงหรือค่า pH อยู่ในช่วง 12 - 13 เมื่อใช้คาร์บอนไดออกไซด์หรือคาร์บอเนตไฮโดรเจนอิออนอิสระจะเข้าทำปฏิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กริยากับไฮดรอกไซด์จึงเป็นการช่ยลด pH และไบคาร์บอเนตจะเป็นเสมือนสารละลายบัฟเฟอร์โดยธรรมชาติแและทำให้ระบบเข้าสู่สมดุลทำให้สารละลายไม่เป็นกรดมากเกินไปจนมีฤทธิ์กัดกร่อน

คาร์บอนไดออกไซด์มีประโยชน์มากในการควบคุม pH อีกทั้งยังมีคุณสมบัติดีกว่าสารเคมีซึ่งเคยนิยมใช้กันมา เช่นกรดซัลฟูริก เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ปลอดภัยกว่าและมีราคาถูกว่ากรดซัลฟูริค คาร์บอนไดออกไซด์สามารถใช้แทนกรดซัลฟูริคได้ในปริมาณที่เท่ากันกล่าวคือ ถ้าเดิมใช้กรดซัลฟูริค 1 ปอนด์ เมื่อเปลี่ยนมาใช้คาร์บอนไดออกไซด์ราค่าถูกว่าและไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการกำจัดทิ้งและการจัดเก็บ ส่วนกรดซัลฟูริคกำจัดทิ้งและการจัดเก็บจะต้องปลอดภัยสูง ดังนั้น การใช้คาร์บอนไดอ๊อกไซด์จึงเป็นทางเลือกที่ดีกว่านอกจากนี้ คาร์บอนไดออกไซด์ยังถูกใช้ในการควบคุม pH และ Activated Sludge อีกด้วย เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์สามารถที่จะเข้ากันได้ดีกับสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (Microorganism) ซึ่งจะจับกันเป็นตะกอนชิ้นใหญ่ ๆ สีน้ำตาลเข้ม เรียกว่า Sludge และคาร์บอนไดออกไซด์จะไม่ทำลายหรือทำให้ตะกอนเหล่านั้นแตกออก ซึ่งแต่เดิมใช้กรดซัลฟูริกในการควบคุม pH แต่พบปัญหาการเข้ากันได้กับสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กและการทำลายตะกอน

- คาร์บอนไดออกไซด์ใช้อบ-รมควันฆ่าแมลง

คาร์บอนไดออกไซด์มีประโยชน์ในการใช้เป็นสารฆ่าแมลงเหมือนกับฟอสฟีน (Phosphin) หรือ เมธิลโบรไมด์ (Methyl Bromide) แมลงจะไม่สามารถพัฒนาระบบภายในตัวมันเพื่อต้านคาร์บอนไดออกไซด์ได้อีกทั้งอากาศก็ไม่เป็นพิษ และไม่จำเป็นที่จะต้องใช้การกำจัดแบบพิเศษ

ในระบบนี้คาร์บอนไดออกไซด์จะถูกเก็บไว้ในรูปของเหลวที่ 0 องศาฟาเรนไฮต์ และจะเปลี่ยนไปเป็นก๊าซโดยผ่านเครื่องระเหยทำให้เป็นไอ (Vaporizer) และจะถูกส่งผ่านไปยังตัวกรองและวาล์วควบคุมความดันโดยก๊าซจะถูกลดความดันลงประมาณ 10 psig ซึ่งพอเพียงที่จะเป็นแรงผลักดันให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กมากทำให้มันสามารถซึมผ่านเข้าไปในส่วนต่าง ๆ ของถังเก็บเมล็ดพืช โดยที่ภายในถังมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพียง 60 เปอร์เซนต์ ภายในเวลา 4 วัน ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไป จะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 0.15 ถึง 0.20 ปอนด์ต่อ 8 แกลลอน ของเมล็ดพืช

- คาร์บอนไดออกไซด์ใช้เป็นสารทำความเย็นในระบบทำความเย็น

การขนส่งอาหารแช่เย็นและอาหารแช่แข็งโดยใช้รถไฟหรือรถพ่วงที่ติดตั้งระบบทำความเย็น (In-transit Refrigeration) ซึ่งเรียกว่า รีเฟอร์ (Refer) คาร์บอนไดออกไซด์ได้ถูก นำมาใช้แทนระบบทำความเย็นเชิงกล ที่ยังคงใช้สาร CFC และสาร HCFC ซึ่งย่อมาจากคำเต็มว่า Hydro chloro Fluoro Carbon เป็นสารทำความเย็นซึ่งระบบนี้ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศเนื่องจากเกิดก๊าซพิษซึ่งเป็นสารประกอบออกไซด์ของไนโตรเจน (NOX) จาการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อให้พลังงานแก่ระบบ นอกจากนั้นยังก่อให้เกิดมลพิษทางเสียงอีกด้วย ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่เกิดขึ้นถ้าใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออไซด์ในระบบขนส่งแบบนี้ เสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเพียงเล็กน้อย สามารถควบคุมทำให้การลดอุณหภูมิถึงจุดที่ต้องการเร็วกว่าระบบเดิมทำให้ต้นทุนต่ำกว่าระบบเชิงกลมากกว่า 2 เท่า การใช้รถไฟในการขนส่งอาหารแช่แข็งความจุสูงสุดคือ 6,854 ลูก บาศก์ฟุต เมื่อเปรียบเทียบกับการขนส่งโดยใช้รถไฟหรือรถพ่วงที่ติดตั้งระบบทำความเย็นแบบเก่าคือ แบบเชิงกลจากการทดลองขนส่งจากรัฐวอชิงตันถึงนิวยอร์ค พบว่ารถไฟที่ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในระบบแช่แข็งสามารถประหยัดค่าขนส่งได้ประมาณ 2,200 ดอลลาร์ ในแต่ละเที่ยว อาหารแช่แข็งจะถูกฉีดเข้าไปในช่องว่างด้านบนหลังคา (Insulated Car) ซึ่งปิดสนิท คาร์บอนไดออกไซด์เหลวจะถูกฉีดเข้าไปในช่องว่างด้านบนหลังคา (Overhead Bunker) ที่ความดัน 300 psig คาร์บอนไดออกไซด์เหลวที่ถูกฉีดเข้าไปจะขยายตัวผสมกับอากาศภายในอยู่ในรูปของก๊าซผสม และจะพบคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในรูปของของแข็งที่เรียกว่าสโนว์ (Snow) ซึ่งจะเป็นตัวคบคุมทำให้เกิดความเย็นสำหรับการแช่แข็งได้มากกว่า 7 ถึง 20 วัน

การเลือกใช้คาร์บอนไดออกไซด์

โดยทั่วไปแล้วคาร์บอนไดออกไซด์ถูกแบ่งออกเป็น 3 เกรด ตามความบริสุทธิ์ของคาร์บอนไดออกไซด์ อันได้แก่คาร์บอนไดออกไซด์เกรดที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารที่เรียกว่าคาร์บอนไดออกไซด์มาตรฐาน (Standard-Grade CO_2) ซึ่งการขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์ชนิดนี้จะขนส่ง โดยใช้รถบรรทุก รถไฟ หรือส่งผ่านท่อส่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกรดนี้มีความบริสุทธิ์ 99.9 เปอร์เซนต์ ใช้ไม่ได้ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากในอุตสาหกรรมประเภทนี้หากมีการปนเปื้อนเจือปนอยู่เพียง 1 ส่วนในล้านส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ก็สามารถที่จะทำลายส่วนต่าง ๆ ของชิ้นส่วนได้ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่มีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ ดังนั้นงานประเภทนี้จึงต้องใช้คาร์บอนไดออกไซด์ความบริสุทธิ์สูง (Ultra-High - Purity) มีค่าความบริสุทธิ์สูงถึง 99.99 เปอร์เซนต์ สามารถจะวัดปริมาณสิ่งเจือปนในหน่วย ppb จำนวนส่วนในพันล้านส่วนได้

เกรดสุดท้ายได้แก่คาร์บอนไดออกไซด์ที่ไม่จำกัดประมาณสารปนเปื้อน ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ ในขั้นตอนการขุดเจาะน้ำมัน หลังจากพบชั้นหินที่เป็นแอ่งกักเก็บน้ำมันแล้วจะทำการขุดเจาะและติดตั้งอุปกรณ์เพื่อสูบน้ำมันขึ้นมาจากบ่อในช่วงนี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกฉีดลงไปตามรอยแตกของชั้นหิน ที่บริเวณแหล่งน้ำมันเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำมัน และก๊าซธรรมชาติที่ทำการขุดเจาะ

ในการซื้อขายคาร์บอนไดออกไซด์มีทั้งอยู่ในรูปของของเหลว ของแข็ง ก๊าซ แต่ในรูปของของเหลวนั้นเป็นวิธีที่นิยมกันมากที่สุดเนื่องจากขนส่งได้ง่าย ๆ สะดวกและที่สำคัญประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งมากกว่าการขนส่งในรูปของก๊าซและในรูปของของแข็ง ซึ่งการที่จะเลือกว่าจะซื้อขายและขนส่งกันในสถานะไหนนั้นสามารถพิจารณาได้จาก 2 ตัวแปร ด้วยกันคือ ชนิดของการประยุกต์ใช้ว่าในการใช้งานนั้นต้องการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในรูปก๊าซและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ในปริมาณมากควรที่จะส่งในรูปของของเหลวเนื่องจากขนส่งในปริมาณที่มากกว่าทำให้ประหยัดต้นทุนการขนส่งอีกทั้งคาร์บอนไดออกไซด์จะมีราคาแพงกว่าการขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์ในสถานะของเหลว 4 ถึง 5 เท่า

ผู้ใช้ส่วนมากจะคำนึงถึงราคาในการขนส่งโดยจะดูจากระยะทางระหว่างแหล่งผลิตและที่ตั้งของสถานที่ใช้งานปริมาณที่ต้องการซื้อและความสะดวกว่าการขนส่งทางรถไฟ หรือรถบรรทุกแบบไหนจะเข้าถึงผู้รับได้สะดวก (ลักษณะของรถไฟและรถบรรทุกแบบไหนจะเข้าถึงผู้รับได้สะดวก ลักษณะของรถไฟและรถบรรทุกที่ใช้กันในปัจจุบัน) จากการคำนวณอย่างคร่าว ๆ พบว่าประมาณ 85 % ของบริษัทต่างในสหรัฐอเมริกานิยมขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้รถบรรรทุก รถบรรทุกส่วนใหญ่จะมีความจุประมาณ 21 ตัน ส่วนรถไฟจะขนส่งได้เที่ยวละประมาณ 80 ตัน ราคาขนส่งโดยใช้รถบรรทุกนั้นจะอยู่ระหว่าง 0.95 ถึง 1.50 ดอลลาร์ต่อไมล์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างที่ตั้งของแหล่งผลิตและผู้รับว่ามีความลำบากในการขนส่งมากน้อยแค่ไหน ส่วนการขนส่งโดยรถไฟ ค่าขนส่งจะลดลงหลังจากระยะทางผ่านไป 250 ไมล์แรก แต่ปัญหาที่พบบ่อยครั้งก็คือ การขนส่งโดยทางรถไฟในตอนแรก จากนั้นต้องถ่ายจากรถไฟโดยการปั๊มพ์เข้าสู่รถบรรทุกเพื่อขนส่งเพิ่มขึ้น เนื่องจากการขนส่งโดยรถไฟไม่สามารถเข้าถึงมือผู้รับได้โดยตรง

- การเก็บรักษาคาร์บอนไดออกไซด์ และการส่งผ่านเพื่อนำออกมาใช้โดยทั่ว ๆ ไป จะมีอุปกรณ์จำเป็นได้แก่ ถังเก็บ (Stroage Tank) และอุปกรณ์ส่งผ่านเคลื่อนย้าย เช่น ปั๊มพ์ความดันสูงระบบแยกสารเพื่อให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์ที่บริสุทธิ์ ในกรณีที่นำคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ ถังกัก เก็บคาร์บอนไดออกไซด์ต้องเป็นถังที่มีตัวกลางหรือมีฉนวนบุอยู่ภายใน ซึ่งจะติดตั้งถังให้อยู่เป็นแนวตั้งหรือแนวนอนก็ได้ ปริมาณความจุของถังอยู่ระหว่าง 6 ถึง 50 ตัน ท่อที่ใช้ในการส่งคาร์บอนไดออกไซด์เหลวต้องเป็นท่อที่มีฉนวนหุ้มโลหะเป็นปลอก ซึ่งอาจใช้ โพลีเอทธิลีน ความหนาแน่นสูงและพวกโลหะทองเหลือง วาล์วที่ใช้ในการควบคุมปิดเปิดควรใช้บอลล์วาล์ว หรือวาล์วแบบขดลวดโซลินอยด์ซึ่งเป็นวาล์วไฟฟ้าปิดเปิดตามการไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือคาร์บอนไดออกไซด์เหลว

2.5.2 การผลิตคาร์บอนไดอ๊อกไซด์

ในระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมาการผลิตได้เปลี่ยนจากวิธีเผาน้ำมันเป็นการนำคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ที่ได้จากการหมักส่าเพื่อทำเหล้าหรือแอลกอฮอล์ มาทำความสะอาดล้างกลิ่นต่าง ๆ ด้วยน้ำ และสารละลายด่างทับทิม ต่อจากนั้นจะทำการเพิ่มความดันของแก๊สด้วยเครื่องอัดให้มีความดันสูง 18 เท่าบรรยากาศแล้วนำไปพ่นระบบทำความเย็นเพื่อเปลี่ยนแปลงให้แก๊สมีอุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส จุดนี้คาร์บอนไดออกไซด์จะเปลี่ยนสภาพเป็นของเหลว

ในการทำน้ำแข็งแห้ง ทำโดยการนำของเหลวที่มีความดัน 18 เท่าของบรรยากาศ และอุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียสมาลดความดันและปล่อยลงมาจากหอสูง ของเหลวเมื่อเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดันบรรยากาศปกติ จะเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งและก๊าซ ส่วนที่เป็นของแข็งจะมีอุณหภูมิที่ประมาณ -78 องศาเซลเซียส และเครื่องทำการอัดของแข็งให้รวมเป็นก้อนที่มีขนาด 12 กิโลกรัม แล้วตัดแบ่งขนาดเป็น 1-2 กิโลกรัม เพื่อนำไปขาย

ข้อเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำแข็งแห้งและน้ำแข็งธรรมดา

น้ำแข็งแห้ง	น้ำแข็งธรรมดา
1.อุณหภมิ -78 องศาเซลเซียส	1. อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส
2. การทำให้ของเย็นที่ 0 องศาเซลเซียส น้ำแข็งแห้งสามารถถ่ายเทความร้อนได้ 152 กิโลคาลอรีต่อน้ำแข็งแห้ง 1กก.	2. น้ำแข็งธรรมดาสามารถถ่ายเทความร้อนได้ 80 กิโลคาลอรีต่อน้ำแข็ง 1 กก.
3.ที่ปริมาตร 1 หน่วย น้ำแข็งแห้งหนักเป็น 1.56 เท่าของน้ำ	3.น้ำแข็งหนัก 0.9 เท่าของน้ำ
4. ไม่ทำให้อาการเปียกชื้น	4. มีน้ำละลายออกมา

2.6 ฉนวนความร้อน

ฉนวนความร้อนเป็นวัสดุที่ป้องกันไม่ให้พลังงานความร้อนส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้โดยสะดวก ฉนวนความร้อนส่วนมากจะอาศัยหลักการที่ว่า อากาศเป็นตัวนำความร้อนที่เลว ดังนั้นฉนวนส่วนใหญ่จะมีอากาศแทรกอยู่มากมายภายในเนื้อวัสดุ อากาศเหล่านี้เกิดขึ้นได้โดยการอัดเส้นใยหรือเม็ดวัสดุเล็ก ๆ เข้าด้วยกัน หรือเป็นช่องว่างเล็ก ๆ (cell) ซึ่งเกิดจากเนื้อของวัสดุเองช่องว่างเหล่านี้จะต้องมีขนาดเล็กเพียงพอที่จะต้านทานต่อการไหลของอากาศภายในทำให้การสูญเสียความร้อนโดยวิธีการพาลดลง การสูญเสียโดยการนำความร้อนของเนื้อวัสดุฉนวนน้อยลงเมื่อเนื้อฉนวนมีขนาดเล็ก หรือผนังของช่องว่างบาง ๆ ทำให้มีระยะทางยาว และวกวนไปมาในเนื้อฉนวนมากขึ้น นอกจากนี้เนื้อวัสดุของฉนวนเองต้องมีค่าการนำความร้อนต่ำ และมีสีทึบหรือสะท้อนแสง เพื่อลดการสูญเสียพลังงานความร้อนโดยการแผ่รังสี

2.6.1 การเลือกชนิดของฉนวนให้เหมาะสมกับการใช้งาน

การเลือกชนิดของฉนวน ให้เหมาะกับการใช้งานและขั้นตอนการติดตั้งมีความสำคัญมากฉนวนชนิดที่อากาศแทรกซึมได้ทั่วฉนวนเมื่อนำไปหุ้มท่อนำความเย็นแล้ว ควรทาสารกันความชื้นป้องกันการผุกร่อนของท่อนำความเย็นมากเป็นพิเศษจำเป็นต้องใช้วัสดุกันความชื้นของฉนวน เป็นชนิดที่ทนต่อความชื้นได้ดี และต้องรัดแน่นกับเนื้อฉนวนตลอดจนการติดตั้งต้องระวังไม่ให้เกิดช่องว่างขึ้น เนื่องจากเมื่อเกิดการควบแน่นของความชื้นจะทำให้เกิดหยดน้ำ และจะเกิดบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิวฉนวนท่อนำความเย็นเป็นบริเวณแรกเมื่ออากาศมีความชื้นสูงขึ้น ถ้าใช้ฉนวนเซลปิด ก็ควรคำนึงถึงลักษณะผิวฉนวน ต้องมีผิวที่หนาทั้งด้านในและด้านนอก วัสดุที่ใช้ทำฉนวนต้องมีความยืดหยุ่นพอควรเพื่อป้องกันการแตกหรือฉีกขาดของผนังเซล เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงขณะที่ใช้งานรวมทั้งชนิดของก๊าซที่อยู่ภายในช่องว่างเล็ก ๆ ของฉนวน ถ้าเป็นก๊าซที่มีจุดเดือด หรือความดันไอต่ำอยู่ในช่วงอุณหภูมิของน้ำเย็นกับสิ่งแวดล้อม เช่นก๊าซฟรีออน ก๊าซที่มีจุดเดือดอยู่ในอุณหภูมิช่วงนี้จะเกิดการกลั่นตัวขึ้นทำให้ความดันไอของก๊าซในช่องว่างลดลง อากาศและความชื้นจากภายนอกจะแทรกซึมเข้าได้มากกว่าปกติ และที่ความหนาของฉนวนระดับหนึ่งจะมีอุณหภูมิเท่ากับจุดเดือดของก๊าซทำให้เกิดการพาความร้อนเข้าสู่ท่อน้ำเย็นเร็วขึ้น ฉนวนที่ใช้ก๊าซเหล่านี้มักจะนิยมใช้กับท่อนำความร้อนที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก (50-150 $^{\circ}$C) เป็นส่วนใหญ่ เพราะไม่มีผลต่อความดันไอของก๊าซในอุณหภูมิดังกล่าว ฉนวนเซลปิดที่ใช้กับท่อนำความเย็นในปัจจุบันใช้ฉนวนที่มีก๊าซอากาศแห้งอาทิ เช่นก๊าซไนโตรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่ แม้ว่ามีก๊าซหลายประเภทที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าอากาศแห้งก็ตาม แต่มีความดันไอต่ำหรือมีจุดเดือดอยู่ในช่วงใช้งาน (-40-30 $^{\circ}$C) ทำให้เกิดปรากฏการณ์ดังที่ได้อธิบายไว้แล้วข้างต้น นอกจากนี้ผนังของช่องว่างต้องมีความหนาที่เหมาะสม (โดยปกติความหนาอยู่ในช่วง 2-6 ไมครอน) ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความหนาแน่นของฉนวนนั้น (ความหนาแน่นที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 4-6 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต) ความหนาแน่นที่ต่ำเกินไปผนังจะบางมากการซึมของความชื้นสูงตลอดจนการฉีกขาดง่ายของผนังเซลทำให้ค่าความเป็นฉนวนลดต่ำลง

การเลือกประเภทของฉนวนให้เหมาะกับการใช้งานนั้น ควรเข้าใจถึงโครงสร้างภายในของฉนวนความร้อนซึ่งมีผลมากต่อความสม่ำเสมอของค่าความเป็นฉนวน และอายุของการใช้งาน รวมทั้งการเลือกชนิดของวัสดุกันความชื้น เพื่อป้องกันการผุกร่อนของอุปกรณ์หรือท่อนำความร้อนและความเย็น ฉนวนความร้อนพอที่จะจำแนกเป็นประเภทต่าง ๆ ตามลักษณะโครงสร้างภายในดังนี้

1. ฉนวนชนิดเซลเปิด (open-cell type)

ฉนวนชนิดนี้ อากาศที่อยู่ภายในเนื้อฉนวนจะเชื่อมโยงต่อกันได้ตลอด ฉนวนเซลเปิดชนิดนี้ใช้หุ้มอุปกรณ์ หรือท่อที่มีความร้อนสูงกว่าจุดเดือดของน้ำ (100 $^{\circ}$C) น้ำที่อยู่ภายในฉนวนจะระเหยออกสู่ภายนอกทำให้อากาศที่มีอยู่ในเนื้อฉนวนจะระเหยออกสู่ภายนอกทำให้อากาศที่มีอยู่ในเนื้อฉนวนแห้งยังผลทำให้มีความเป็นฉนวนค่อนข้างสม่ำเสมอ ถ้าใช้ฉนวนชนิดนี้หุ้มท่อน้ำเย็นจำเป็นต้องใช้วัสดุกันความชื้นหุ้มทับฉนวนซึ่งถ้าเกิดหยดน้ำ (Condensation) ขึ้น น้ำจะแทรกซึมและกระจายไปทั่วเนื้อฉนวนทำให้การซ่อมแซมเฉพาะช่วงที่เสียไม่อาจจะทำได้ ถ้าต้องการใช้ฉนวนประเภทนี้ต้องใช้วัสดุกันความชื้นและการติดตั้งที่พิถีพิถัน เพราะรอยฉีกขาดของวัสดุกันความชื้นเพียงเล็กน้อยอาจทำให้ฉนวนเสื่อมคุณภาพได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ฉนวนชนิดเซลอัด (interconnection cell)

ฉนวนชนิดนี้ทำจากการนำเม็ดโฟมหรือไม้คอร์คเล็ก ๆ มาอัดเชื่อมเข้าด้วยกันทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเม็ดโฟม หรือชิ้นไม้คอร์คขึ้น ฉนวนประเภทนี้ได้แก่ ไม้คอร์ค และโพลีสไตรีนโฟม ซึ่งใช้กับท่อน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลาเซียส การแทรกซึมของความชื้นในอากาศเข้าไปในเนื้อฉนวนได้ยากกว่าฉนวนชนิดเซลปิด แต่อย่างไรก็ตามช่องว่างที่เกิดจากการนำเม็ดโฟม (cell) เล็ก ๆ มาติดกันนั้นทำให้ความชื้นแทรกซึมผ่านเข้าไปได้ การแทรกซึมมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของการอัดติด เช่น ถ้าความหนาแน่น 2 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต ก็จะมีการแทรกซึมน้อยกว่าโฟมที่มีความหนาแน่น 1 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต ซึ่งทำให้การใช้วัสดุกันความชื้นหุ้มท่อฉนวนนั้นมีความจำเป็นมากโดยเฉพาะท่อน้ำเย็น และฉนวนโฟมมักจะทาด้วยฟริ้นโค๊ต และใช้ผ้าดิบพัน ฟริ้นโค๊ตมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำทำให้น้ำซึมผ่านเข้าไปในเนื้อฉนวนเป็นผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าสูงขึ้น ในบางประเทศจะใช้ยางมะตอยร้อนทาจึงต้องใช้ช่างที่ชำนาญมากแต่ก็อาจทำให้โฟมเกิดการหลอมตัวทำให้ความหนาลดลงไป นอกจากนี้โฟมยังมีโอกาสหดตัวซึ่งทำให้ฟริ้นโค๊ตเกิดการหลุดร่อนหรือแตกได้ เมื่อวัสดุกันความชื้นประเภทอื่น เช่น อะลูมิเนียมฟอยล์ หรือสังกะสีซึ่งไม่สามารถหดตัวตามโฟมได้ทำให้เกิดช่องว่างขึ้นได้ถ้าต้องการใช้ฉนวนประเภทนี้ต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญที่สามารถติดตั้งได้

3. ฉนวนชนิดเซลกึ่งปิด (semiclosed cell type)

ฉนวนชนิดนี้มีลักษณะเป็นเซลอิสระเล็ก ๆ อยู่เป็นจำนวนมาก แต่ละเซลมีผนังกั้น แต่กั้นไม่สมบูรณ์นัก ซึ่งทำให้มีค่าการดูดซึมน้ำมากกว่า 10% ตาม ASTMD1056 ฉนวนชนิดนี้ได้แก่ โพลีเอทิลีนโฟมที่มีน้ำหนักเบา (PE FOAM) โพลียูรีเทนที่มีความหนาแน่นต่ำ

4. ฉนวนชนิดเซลปิด (Closed- cell type)

ฉนวนชนิดนี้มักจะผลิตจากยางสังเคราะห์ หรือยางสังเคราะห์ผสมพลาสติก (มักเรียกว่าเป็นสารพวกอีลาสโตเมอร์) ที่มีเซลอิสระเล็ก ๆ อยู่เป็นจำนวนมาก แต่ละเซลมีผนังกั้นไม่ทะลุถึงกัน และภายในเซลมีก๊าซแห้งซึ่งเกิดจากการแตกตัวของเคมี (Blowing agent) ที่ผสมอยู่ในเนื้ออีลาสโตเมอร์ในขั้นตอนการผลิตที่ต้องการอาศัยการควบคุมอย่างดีซึ่งทำให้ได้เซลอิสระ ฉนวนชนิดที่ทำจากยางสังเคราะห์ผสมพลาสติก มีความยืดหยุ่นดีจึงได้สภาพเซลอิสระ (Closed cell) ค่อนข้างสมบูรณ์ ซึ่งผนังเซลของแต่ละเซลเปรียบเสมือนเป็นวัสดุกันความชื้น

2.6.2 โฟม คือ วัตถุที่มีน้ำหนักเบาภายในเนื้อมีรูฟองอากาศเต็มไปหมดลักษณะทั่วไปคล้ายกับฟองน้ำธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลาสติกที่ใช้ทำโฟมมีทั้งเทอร์โมเซตติ้งและเทอร์โมพลาสติก เช่น สไตรีน ยูเรเทน ไวนิล อีพอกซี โปลีเอททีลีน ซิลิโคน เซลลูโลซิค เป็นต้น แต่ที่นิยมใช้กันมากคือ สไตรีน และยูรีเทน

การผลิตวัตถุดิบพลาสติกโฟมทำได้ 2 วิธี

1. ทางกายภาพ คือใช้แก๊สอัดหรือผสมสารเคมีทำให้เกิดแก๊ส (volatile liquid) เข้าไปในเนื้อวัตถุดิบพลาสติกขณะทำการผลิต เมื่อนำวัตถุดิบนี้ไปผ่านกรรมวิธีการผลิตโดยใช้ความร้อน แก๊สซึ่งอยู่ภายในจะขยายตัวทำให้เนื้อพลาสติกฟูขึ้นเป็นโฟมเช่น โปลิสไตรีนโฟม (Expandable Polystyrene)

2. ทางเคมี คือใช้ปฏิกริยาของสารเคมีสองชนิดทำให้เกิดโฟม วัตถุดิบที่ใช้มักประกอบด้วยของเหลวสองชนิดหรือมากกว่า ชนิดหนึ่งเป็นพลาสติกเหลว (Resin) อีกชนิดหนึ่งเป็นส่วนผสมของวัสดุตกผลึก หรือตัวทำให้แข็ง(Catalyst) และสารเคมีที่ทำปฏิกริยากับพลาสติกเหลวให้เกิดแก๊สขึ้น (Foaming agent หรือ Blowing Agent) เมื่อของเหลวทั้งสองชนิดแยกกันอยู่จะไม่เกิดปฏิกริยาใด ๆ ทั้งสิ้น เช่น พลาสติกพวกโปลียูเรเทนโฟม

กรรมวิธีประเภทหล่อโฟม แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

ก. แบบหล่อพลาสติกเม็ด (Molding Expandable polyystyrene)

ข. แบบหล่อพลาสติกเหลว (Casting Rigid & Flexible polyurethane Foam)

2.6.3 แบบหล่อพลาสติเม็ด (Molding expandable Polystyrene)

กรรมวิธีการผลิต

1. อบเม็ดพลาสติก (Styrene Beads) ให้ร้อนขยายตัวระยะแรก (pre-expanded)ด้วยไอน้ำ (Steam) หรือต้มในน้ำเดือด จะทำให้เม็ดพลาสติกฟูขยายตัวขึ้น มีความหนาแน่นประมาณ 1-10 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต ทั้งนี้เพื่อช่วยลดเวลาการผลิตในขั้นต่อไป เก็บเม็ดพลาสติกที่ฟูระยะแรกแล้วในถังเก็บ (ไซโล) ประมาณ 24 ชั่วโมง จึงจะนำไปบรรจุในแม่แบบได้

2. บรรจุเม็ดพลาสติกที่อบแล้วเข้าในแม่แบบเปิด โดยใช้ระบบอากาศอัด หรือจะใช้มือเทก็ได้ จากนั้นจึงนำแม่แบบเข้าห้องอบไอน้ำ (Autoclave) ไอน้ำจะอัดเข้าไปตามรูรอบๆ แม่แบบด้วยความร้อนประมาณ 275 องศาฟาเรนไฮต์ เม็ดพลาสติกจะขยายตัวอัดแน่นในแม่แบบพร้อมทั้งหลอมละลายติดกันที่ผิว ความหนาแน่นของชิ้นงานขึ้นอยู่กับปริมาณของเม็ดพลาสติกที่ใส่ในแม่แบบ ใส่มากจะมีความหนาแน่นมาก

3. นำแม่แบบออกจากห้องอบแล้วทำให้แม่แบบเย็นโดยทันที โดยผ่านน้ำเข้าไปในช่องเนื้อแม่แบบ หรือนำแม่แบบจุ่มลงในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ถอดชิ้นงานออกโดยการอัดอากาศหรือน้ำเข้าไปในแม่แบบตามช่องอัดไอน้ำ

- ชนิดของพลาสติก มีชนิดเดียวที่นิยมใช้กันมาก คือโปลีสไตรีน ชนิดของผลิตภัณฑ์ คือโปลีสไตรีนโฟม หรือโฟมผ่นสีขาว ซึ่งนิยมใช้ทำตัวหนังสือในงานพิธีต่าง ๆ โฟมบรรจุผลิตภัณฑ์ แผ่นฉนวนกันความร้อน หุ้มท่อ ชั้นในหมาวกกันน็อค ชั้นในกระติกน้ำแข็ง ฯลฯ

คุณสมบัติของโพลีสไตรีนโฟม

คุณสมบัติ	โฟมอัดรีด	โฟมแบบหล่อ, แผ่นอัด
สภาพนำความร้อน (^{o}K) W/m.K	0.0290	0.036
สภาพต้านทานความร้อนปรากฏ (^{o}R) m.K/W	34.48	27.78
ความหนาแน่นของวัสดุ Kg/m_3	28.84-41.65	24.03
ความร้อนจำเพาะ kJ/Kg (^{o}C)	1.13	1.13
สภาพแพร่กระจายความร้อน m_2/s	8.77 (10-7)	1.34 (10-8)
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด (^{o}C)	80	80
สปส.การขยายตัวทางความร้อนm/m (^{o}C)	63 (10-6)	63 (10-6)
ความจุของเซลล์ที่ชิดกัน %	85	85
ค่าแทรกซึมความชื้น perm-cm	1.08-1.62	2.16-5.4
ค่าดูดซึมน้ำเปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก	0.5-0.7	3.8-4.0
ผลกระทบต่อคน การเป็นพิษ	ไม่มี	ไม่มี
กลิ่น	ไม่มี	ไม่มี

2.7 อะคริลิค (Acrylics) หรือ (Polymethylmethacrylate)

รู้จักกันดีในชื่อทางการค้าว่า เพลคซิกลาส , ลูไซท์ , โพลิกลาส ถูกนำมาใช้เมื่อปี 1936 ถูกนำไปผสมกับพลาสติกชนิดอื่น เช่น methylmethacrylate-styrene เป็นต้น

คุณสมบัติ

เป็นพลาสติกที่ใสที่สุดชนิดหนึ่งแข็งแรงพอสมควรเป็นรอยขีดข่วนง่าย ทนแสงอุลตราไวโอเลตได้ดี เป็นฉนวนไฟฟ้าดีมาก ทนสารเคมีได้ดีพอสมควร ไม่ควรให้ถูกน้ำมันเบนซิน , อาซีโตน, คลอโรฟอร์ม, สเปรย์น้ำหอม และพวกกรดอ๊อกซิไดซิงชนิดเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96945

การใช้ประโยชน์

นิยมใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ป้ายร้านค้า ป้ายโฆษณา โดมหลังคา กระจกแว่นตา acrylic plastic จัดอยู่ในประเภท thermoplastic สามารถนำไปดัดเป็นรูปต่างๆ ได้ เมื่อได้รับความร้อน เผาอีกครั้งหนึ่งประมาณ 140-160 องศาเซลเซียส จะมีสภาพอ่อนนิ่มเมื่อนำไปกดลงในแม่แบบสำเร็จรูปที่ต้องการก็จะได้รูปตามนั้น และเมื่อเย็นตัวแล้วจะรักษารูปแบบตามแม่พิมพ์ตลอดไป

ลักษณะทางกายภาพของAcrylic-styrene copolymer

กรรมวิธการผลิต	Injection, Extrusion,Compression
อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต	300-400
ความหดตัวหลังการผลิต	0.002 นิ้ว/นิ้ว
ปริมาตร ลบ.นิ้ว/ปอนด์	25.6-23.8
ความถ่วงจำเพาะ	1.08-1.16
ทนแรงดึง	9000-11000 ปอนด์/ตารางนิ้ว
ทรแรงอัด	11000-15000 ปอนด์/ตารางนิ้ว
ทนแรงกระทบ	0.35-0.5
ความแข็ง	M70-M80
ทนความร้อนโดยปกติ	180-200 $^{\circ}$F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 Thermocouple and Recorder (CHINO)

Model BL 160-NDN No BL 963A011

3.1.2 Gas Chromatography

Delsi GC11 printer ShimadzuC-R6A

3.1.3 ถุงพลาสติก

ถุง Polyethylene ขนาด 12× 28 ตารางนิ้ว ความหนา 0.01 มิลลิเมตร

ถุง Polypropyrene ขนาด 12× 28 ตารางนิ้ว ความหนา 0.004 มิลลิเมตร

3.1.4 Polystyrene foam

ความหนา 2 นิ้ว ความหนาแน่น 16 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3.1.5 แผ่น Acrylic ความหนา 3 และ5 มิลลิเมตร

3.1.6 แผ่นยางความหนา 3 มิลลิเมตร

3.1.7 Refractometer N1

3.1.8 pH - meter WTW pH 522

3.1.9 วัตถุดิบที่ให้ความเย็น

น้ำแข็งแห้ง (Dry ice) , คาร์บอนไดออกไซด์เหลว

3.2 สารเคมี

3.2.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล

3.2.2 ฟีนอล์ฟทาลีน

3.3.3 สารละลายบัฟเฟอร์

3.3 ตัวอย่างผักและผลไม้ที่ทดลอง

3.1 ข้าวโพดฝักอ่อน

3.2 สตรอเบอรี่

3.3 ชมพู่

3.4 ถั่วฝักยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1. ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของกล่องกับอุณหภูมิ

การผลิตใช้กล่อง 3 ขนาด ดังนี้

ขนาดกล่องทดลอง	ขนาดภายใน(ซม.) (กว้าง×ยาว×สูง)	ขนาดภายนอก(ซม.) (กว้าง×ยาว×สูง)	ปริมาตรภายใน (ลูกบาศก์เมตร)
ใหญ่	40× 50 ×40	51× 61× 47	0.08
กลาง	33.2× 43.5 ×39.7	44.2× 55× 51	0.06
เล็ก	29 ×39× 30	40× 50× 42.8	0.03

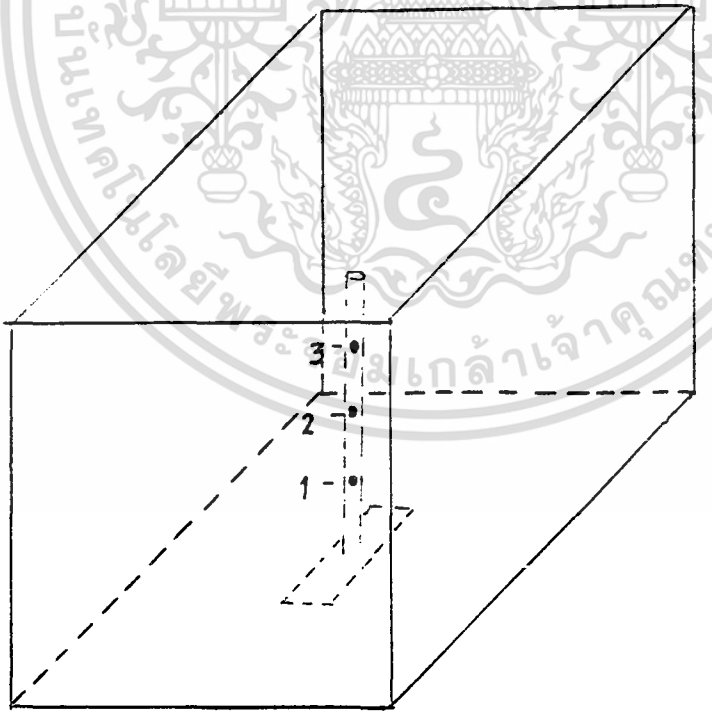
การผลิตใช้โฟมเป็นฉนวนความเย็น โดยใช้โฟมหนา 2 นิ้ว และใช้แผ่นอะคริลิคหนา 0.5 ซม. เป็นฉนวนด้านนอก การทดลองใช้น้ำแข็งแห้งวางบนพื้นล่างตรงกลางกล่องทดลองจำนวน 1 และ 2 กิโลกรัม วัดอุณหภูมิ 3 จุด

การทดลองใช้จุดที่ 1 ห่างจากพื้นล่าง 5 ซม.

จุดที่ 2 ห่างจากพื้นล่าง 19 ซม (จุดกึ่งกลางกล่อง)

จุดที่3 ห่างจากพื้นล่าง 37 ซม

วัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัมเปิลซึ่งมีเรคคอร์เดอร์บันทึกอุณหภูมิไว้ ทุก ๆ 1 ชั่วโมง



รูปที่ 3.4.1 แสดงตำแหน่งที่ทำการวัดอุณหภูมิในกล่องทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14912

3.4.2. หาความหนาที่เหมาะสมของโฟมในการทำกล่อง

โดยจะเลือกใช้ความหนาของโฟม 1 , 1.5 . 2 นิ้ว ตามลำดับ มาทำเป็นกล่องขนาดปริมาตร 0.08 ลบ.เมตร เปรียบเทียบอุณหภูมิกับความหนาของแผ่นโฟมที่เป็นฉนวนความร้อน ใช้น้ำแข็งแห้ง หนัก 1 และ 2 กิโลกรัม วัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคับเปิลที่มีเครื่องบันทึกข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง ใช้จุดวัดอุณหภูมิ เหมือนกับข้อ 3.4.1

3.4.3.เปรียบเทียบน้ำหนักกับอุณหภูมิ เมื่อใช้โฟมที่มีความหนาต่างกัน

การทดลองใช้ความหนาของโฟม 1,1.5 และ2 นิ้ว และมีความหนาแน่น16 กิโลกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร และใช้น้ำหนักน้ำแข็งแห้ง ที่ 1, 2 และ 3 กิโลกรัม ตามลำดับ ในการทดลอง จุดที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิเหมือนกับข้อ 3.4.1

3.4.4.เปรียบเทียบการกระจายตัวของอุณหภูมิ เมื่อวางน้ำแข็งแห้งวางไว้ที่ด้านล่างและด้านบนกล่องทดลอง

โดยใช้น้ำแข็งแห้งวางบนตะแกรงด้านบนกล่องเปรียบเทียบกับการวางที่ด้านล่างตรงกลางกล่อง โดยน้ำหนักน้ำแข็งแห้งที่ใช้ คือ 1 กิโลกรัม จุดที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิเหมือนกับข้อ 3.4.1

3.4.5.ทดลองเพื่อหาวิธีในการควบคุมอุณหภูมิ

อุณหภูมิในช่วงที่ต้องการคือ 4-20 องศาเซนเซียส โดยคำนึงถึงคุณสมบัติที่ต้องการดังต่อไปนี้

3.4.5.1 ยืดเวลาในการควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำ

3.4.5.2 จำกัดอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 4-20 องศาเซนเซียส

โดยการออกแบบกล่องเล็กที่ด้านนอกใช้อะคริลิคความหนา 3 มิลลิเมตรเป็นฉนวน โดยใช้แผ่นโฟมหนา 1 ซม.เป็นฉนวนภายใน การออกแบบจะให้มีขนาดพอดีกับขนาดของน้ำแข็งแห้งปริมาตรภายในของกล่องเล็กเท่ากับ4.5×18×15.5 ลบ.ซม.จุดที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิเหมือนกับข้อ 3.4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

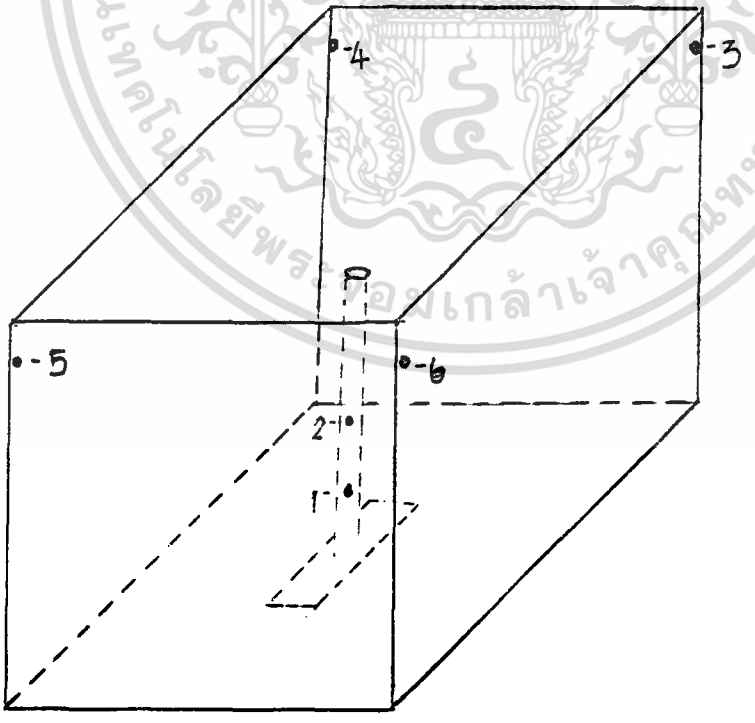
3.4.6. ทดลองใช้ คาร์ บอนไดออกไซด์ เหลวเป็ นสารให้ ความเย็ น

ทดลองโดยการอัดคาร์บอนไดออกไซด์เหลวไว้ในกล่องเล็กที่ด้านข้างกล่องทดลองขนาด 0.08 และ0. 03ลบ.เมตร น้ำหนักน้ำแข็งแห้งที่ใช้ในกล่อง 0.08 ลบ.มเท่ากับ 480 กรัม และกล่องทดลองขนาด 0.03 ลบ.เมตร น้ำหนักน้ำแข็งแห้งเท่ากับ 950 กรัม จุดที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิเหมือนกับข้อ 3.4.1

3.4.7.การออกแบบกล่ องต้ นแบบ

ออกแบบโดยบุทั้งด้านนอกและด้านในด้วยสังกะสีกับที่บุด้วยอะคริลิค เพื่อที่จะเปรียบเทียบการกระจายความเย็นและเวลาในการระเหิดของน้ำแข็งแห้งเมื่อนำไปบรรจุในกล่องทดลองทั้ง 2 ชนิด โดยใช้ตำแหน่งในการวัดดังนี้

จุดที่ 1 ห่างจากพื้นล่างกล่อง 5 ซม.
จุดที่ 2 ห่างจากพื้นล่างกล่อง 19 ซม. (จุดกึ่งกลางกล่อง)
จุดที่ 3 ห่างจากพื้นล่างกล่อง 37 ซม.
จุดที่ 4 ห่างจากพื้นล่างกล่อง 37 ซม.
จุดที่ 5 ห่างจากพื้นล่างกล่อง 37 ซม.
จุดที่ 6 ห่างจากพื้นล่างกล่อง 37 ซม.



รูปที่ 3.4.7 แสดงจุดวัดอุณหภูมิที่ใช้ในการวัดกล่องที่บุด้วยอะคริลิคพลาสติกและสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.8.ทดลองการใช้งานในสภาวะจริง

โดยทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาเมื่อบรรจุผักและผลไม้ในกล่องต้นแบบ วัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ วัดปริมาณกรด และวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ผักและผลไม้ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

3.4.8.1ข้าวโพดอ่อน

3.4.8.2 สตรอเบอร์รี

3.4.8.3 ชมพู่

3.4.8.4 ถั่วฝักยาว

วิธีการทดลองมีดังนี้

ชุดที่ 1 ทำการเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (26-29 องศาเซนเซียส)

ชุดที่ 2 ใส่ถุงพลาสติกชนิด Polyethylene ความหนา 0.01 มม. บรรจุผัก แล้วทำการปิดผนึกถุงด้วยเครื่องปิดผนึกแบบให้ความร้อน รอยปิดผนึกห่างจากปากถุง 10 ซม. จำนวน 3 ถุงๆละ 300 กรัม นำไปวางในกล่องต้นแบบเมื่อครบเวลา 12 ชั่วโมงจึงนำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องโดยเปิดปากถุงออก

ชุดที่ 3 ใส่ถุงพลาสติกชนิด Polypropylene ความหนา 0.004 มม.แล้วปฏิบัติการเหมือนชุดที่2

ชุดที่ 4 ทดลองเหมือนชุดที่ 2 แต่เปลี่ยนเวลาเป็น 24 ชั่วโมง

ชุดที่ 5 ทดลองเหมือนชุดที่ 3 แต่เปลี่ยนเวลาเป็น 24 ชั่วโมง

ชุดที่ 6 นำผักและผลไม้ที่ใช้ในการทดลองใส่ในกล่องโดยตรง โดยไม่ต้องบรรจุถุงพลาสติก เป็นเวลา 12 ชั่วโมงแล้วนำาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ชุดที่ 7 ทำการทดลองเหมือนชุดที่ 6 แต่เปลี่นเวลาเป็น 24 ชั่วโมง

โดยจุดที่ใช้วัดอุณหภูมิในการทดลอง เหมือนกับข้อ 3.4.7

3.4.9 คำนวณราคาต้นทุนของกล่องต้นแบบที่บุด้วยอะคริลิคและสังกะสี

เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในทางพาณิชย์ โดยการคำนวณต้นทุนของการผลิตกล่องต้นแบบที่บุดวยอะคริลิคเปรียบเทียบกับที่บุด้วยสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

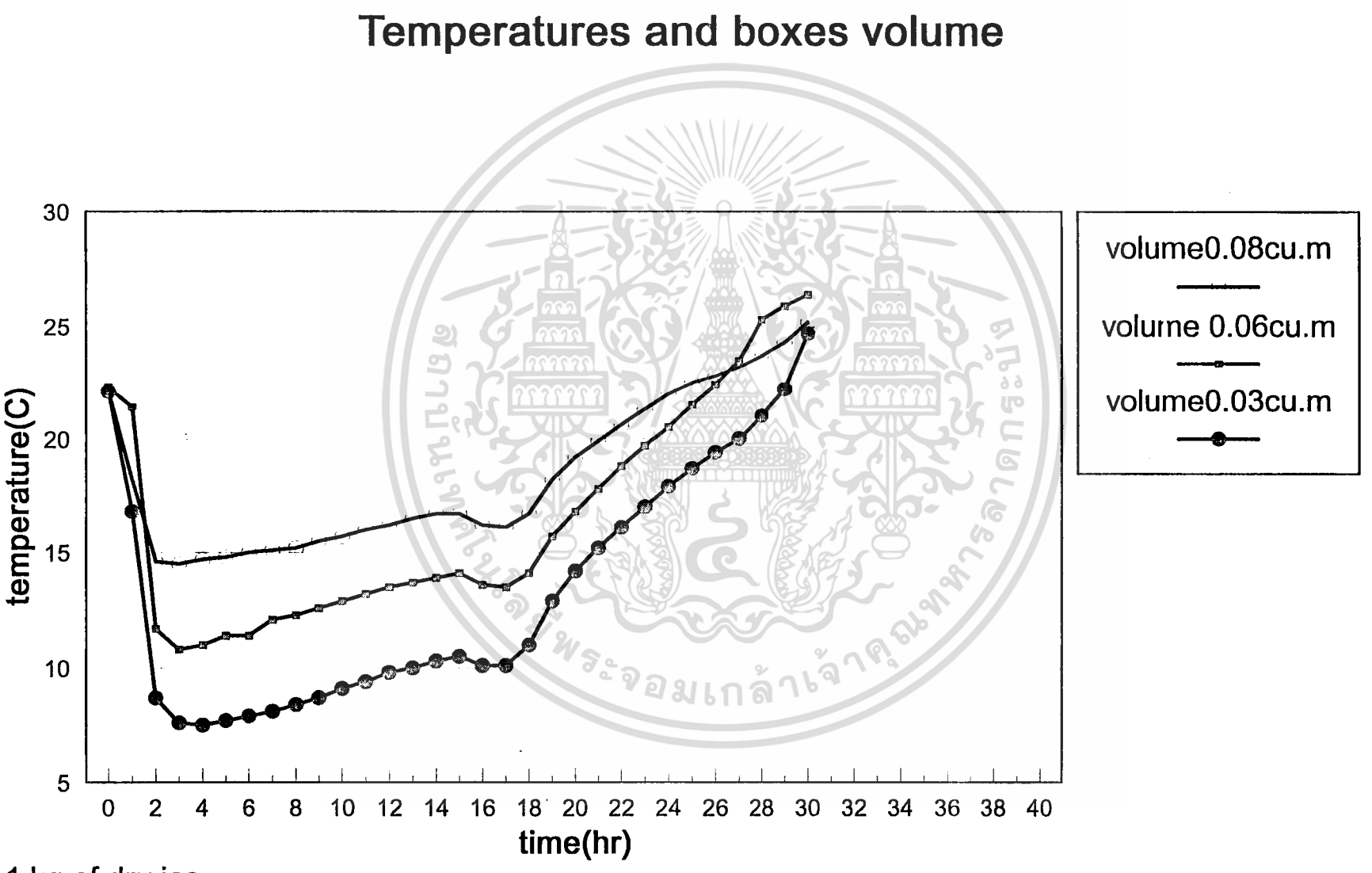
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของกล่องกับอุณหภูมิ

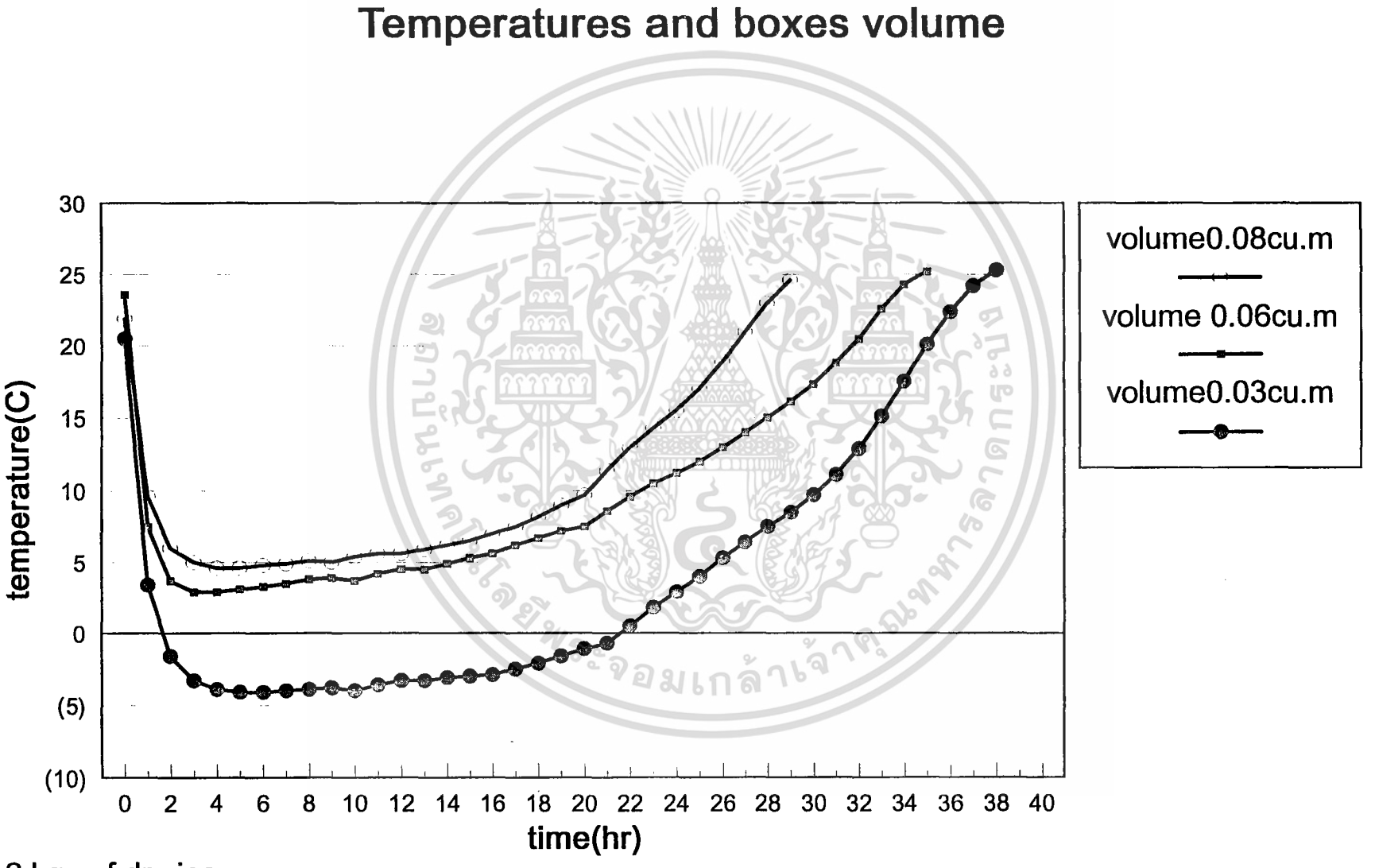
การทดลองใช้ความหนาโฟม 2 นิ้ว ผลิตเป็นกล่องขนาดบรรจุ 0.08, 0.06 และ 0.03 ลบ.เมตรใช้น้ำหนักน้ำแข็งแห้ง 1 และ 2 กิโลกรัม เมื่อพิจาณาจากกราฟและอุณหภูมิที่ได้ จะเห็นได้ว่าที่ปริมาตร 0.08 ลบ.เมตร เมื่อใช้น้ำหนักน้ำแข็งแห้ง 2 กิโลกรัม สามารถควบคุมอุณหภูมิที่ต้องการคือในช่วง 4-20 องศาเซนเซียสได้เป็นเวลานานพอสมควรแม้จะไม่นานเท่ากล่องที่มีปริมาตร 0.06 และ0.028 ลบ.เมตร แต่เมื่อพิจารณาถึงประโยชน์ใช้สอยและพื้นที่ในการบรรจุผักและผลไม้ที่มากกว่า จึงเลือกใช้กล่องปริมาตร 0.08 ลบ.เมตร ในการทดลองขั้นต่อไป และความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาเมื่อใช้ปริมาตรกล่องต่างกันแสดงในรูปที่ 4.1.1 และ4.1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1 kg of dry ice

Figure 4.1.1



2 kgs of dry ice

Figure 4.1.2

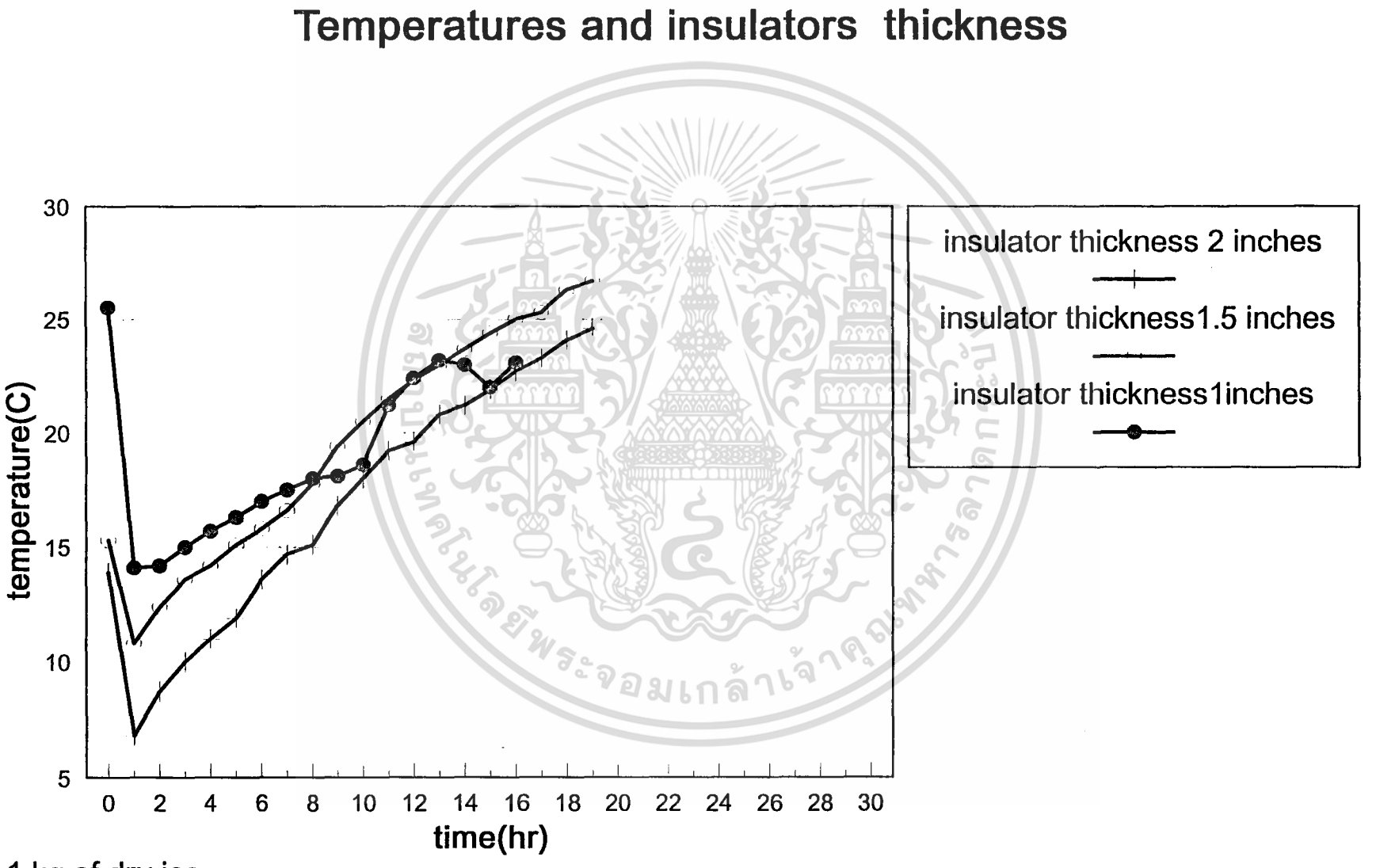
4.2 หาความหนาที่เหมาะสมของโฟมในการทำกล่องทดลอง

ผลการทดลองใช้โฟมที่มีความหนา 2,1.5 และ 1 นิ้ว ผลิตเป็นกล่องขนาดความจุ 0.08 ลบ. เมตร นำไปทดลองโดยใช้น้ำแข็งแห้ง จำนวน1 และ 2 กิโลกรัม โดยวางน้ำแข็งแห้งบนพื้นกล่อง และวัดอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางกล่อง ข้อมูลแสดงในตารางข้างล่าง

ความหนาโฟม (นิ้ว)	น้ำหนักน้ำแข็งแห้ง (กิโลกรัม)	เวลาที่ควบคุมอุณหภูมิในช่วง4-20 C (ชั่วโมง)
2	1	12
1.5	1	10
1	1	10
2	2	28-32
1.5	2	20
1	2	19

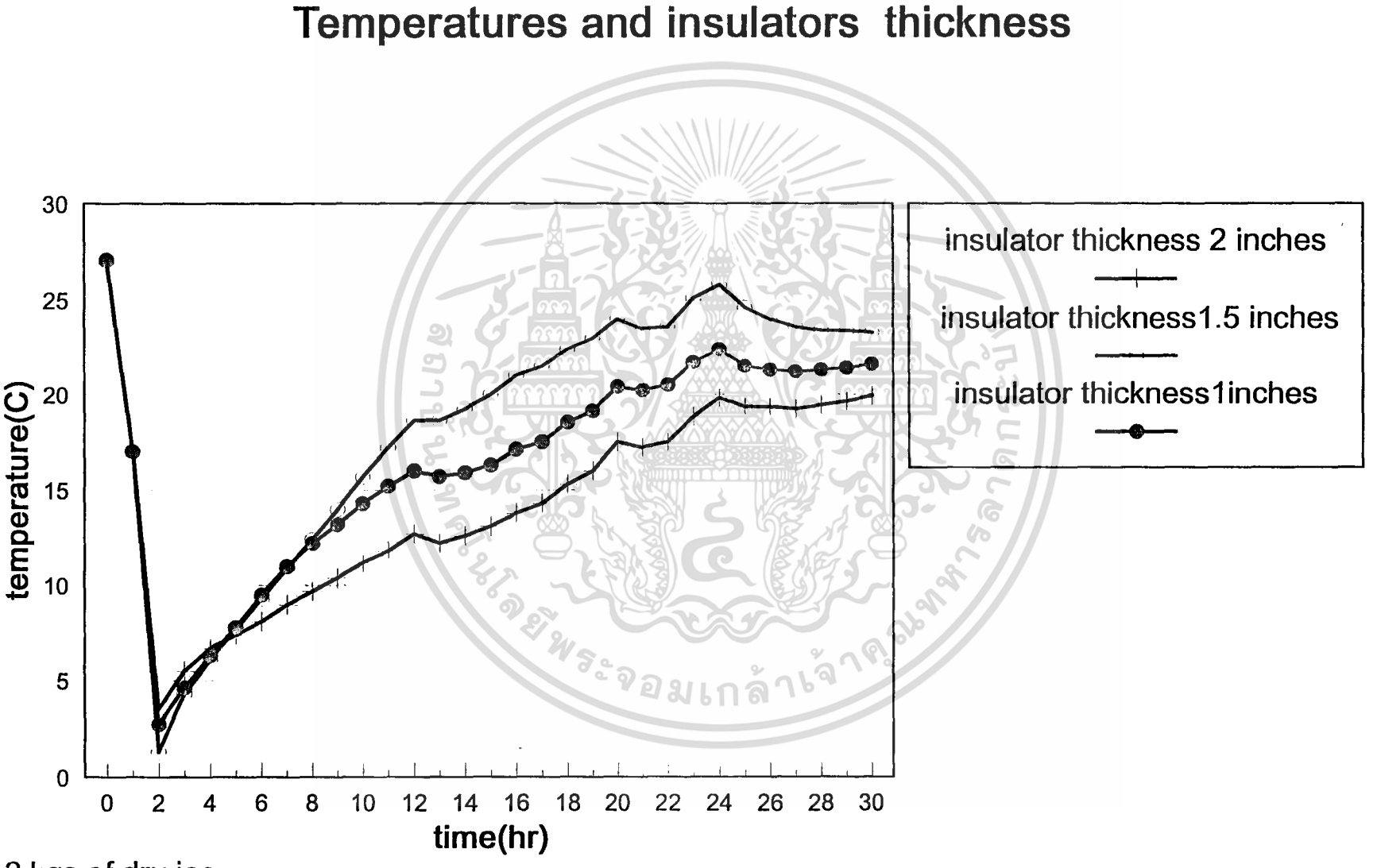
จากผลการทดลองเห็นได้ชัดเจนว่าที่ความหนา 2 นิ้ว และน้ำแข็งแห้ง 2 กก. สามารถควบคุมความเย็นในช่วงที่ต้องการคือ 4-20 องศาเซนเซียส เป็นเวลานานประมาณ 28-32 ชั่วโมงซึ่งเป็นเวลาที่นานพอสำหรับการถนอมผักและผลไม้ในการขนส่งในระยะทางที่ไกล จึงเลือกใช้ความหนาของโฟม 2 นิ้ว และมีเหตุผลอื่นประกอบด้วย คือ กล่องที่ใช้ในการขนส่งผักโดยทั่วไปนิยมใช้ความหนาของโฟมที่ 2 นิ้ว และความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาเมื่อใช้ความหนาโฟมต่างกันแสดงในรูปที่ 4.2.1ถึง 4.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1 kg of dry ice

Figure 4.2.1



2 kgs of dry ice

Figure 4.2.2

4.3.เปรียบเทียบน้ำหนักกับอุณหภูมิ เมื่อใช้น้ำหนักน้ำแข็งแห้งต่างกัน

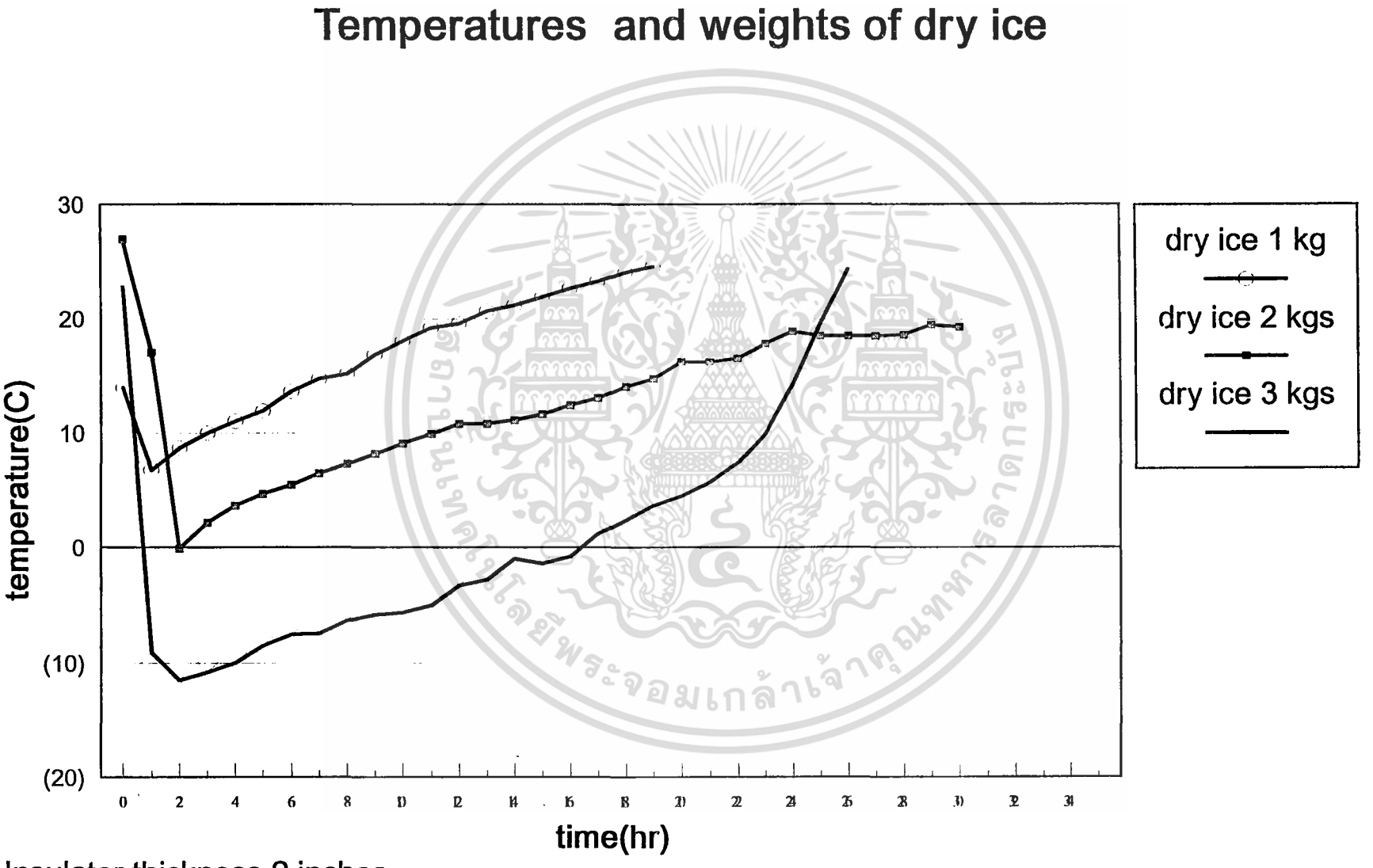
การทดลองจะใช้น้ำหนักน้ำแข็งแห้ง ที่ 1,2 และ 3 กิโลกรัม และใช้ความหนาของโฟมที่ 2 นิ้ว ในการทดลอง และใช้กล่องทดลองที่มีปริมาตร 0.08 ลบ.เมตร ในการทดลอง

จากผลการทดลองผลที่ได้ดังนี้ คือ

น้ำหนักน้ำแข็งแห้ง(กิโลกรัม)	ความหนาโฟม(นิ้ว)	เวลาที่ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 4-20 C (ชั่วโมง)
1	2	12
2	2	28-32
3	2	25 (ช่วงแรกอุณหภูมิติดลบ)

จากการทดลองจะเห็นได้ชัดว่าที่น้ำหนักน้ำแข็งแห้ง ที่ 3 กิโลกรัม แม้ว่าจะรักษาอุณหภูมิได้นาน แต่ในชั่วโมงแรก ๆ ของการระเหิดอุณหภูมิที่ได้จะต่ำกว่า 0 องศาเซนเซียส ซึ่งไม่เหมาะที่จะใช้ในการเก็บรักษาอาหารเพื่อการขนส่ง จะเห็นว่าที่น้ำหนักน้ำแข็งแห้ง 2 กิโลกรัม จะเป็นน้ำหนักที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษาผักและผลไม้สำหรับการขนส่งในระยะทางที่ไกล ซึ่งดูได้จากระยะเวลาในการระเหิดของน้ำแข็งแห้ง ความสม่ำเสมอของอุณหภูมิ และในด้านของต้นทุน ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาเมื่อใช้น้ำหนักน้ำแข็งแห้งต่างกันแสดงในรูปที่4.3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Insulator thickness 2 inches

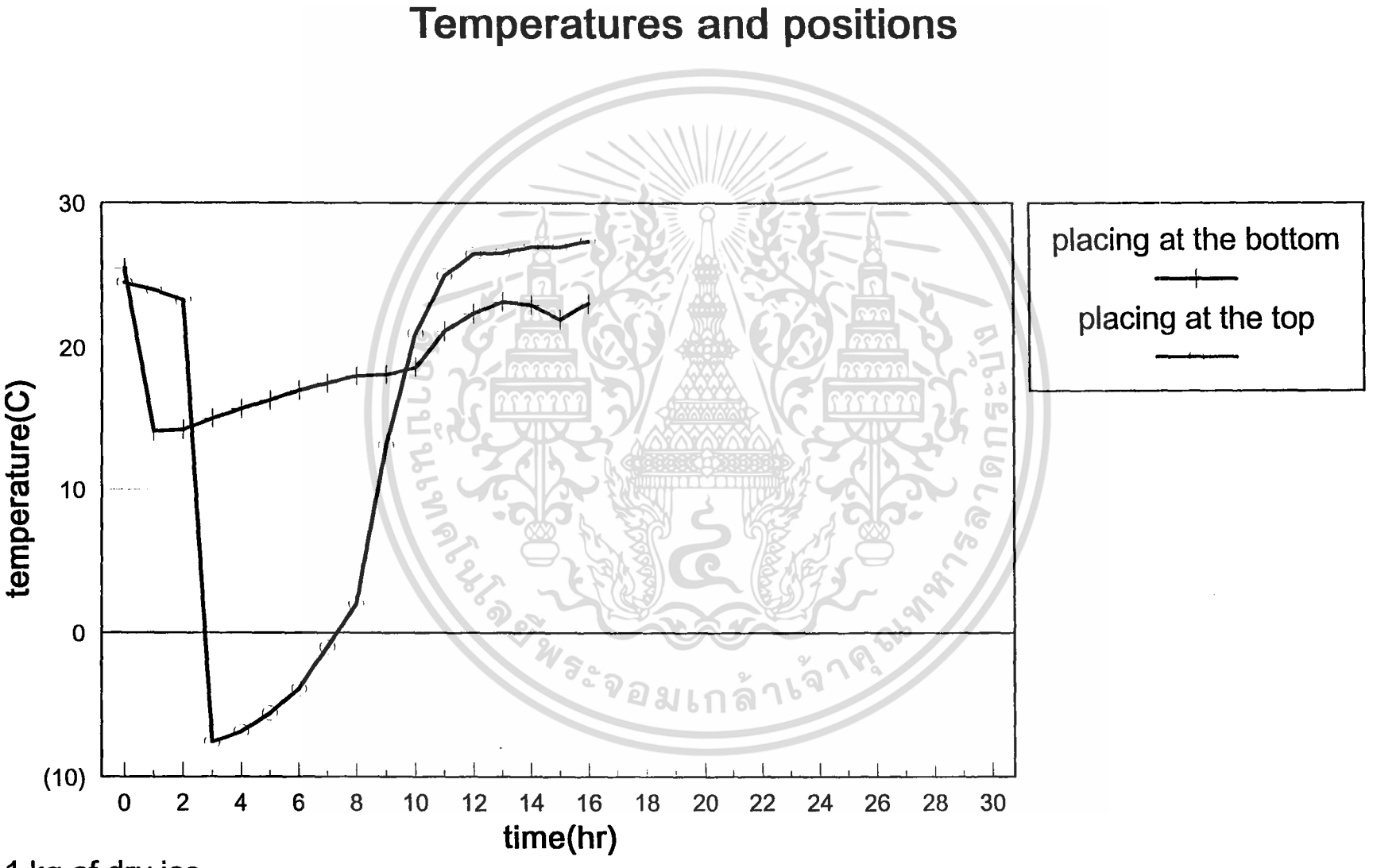
Figure 4.3.1

4.4เปรียบเทียบการกระจายตัวของอุณหภูมิ

เมื่อวางน้ำแข็งแห้งวางไว้ที่ด้านล่างตรงกลางกล่องทดลองกับวางน้ำแข็งแห้งที่บริเวณด้านบนกล่อง โดยใช้น้ำแข็งแห้งวางบนตะแกรงด้านบนกล่องและใช้น้ำหนักน้ำแข็งแห้ง 1 กิโลกรัม

จากการทดลองเห็นได้ชัดเจนว่าการวางน้ำแข็งด้านบน การควบคุมอุณหภูมิทำได้ไม่ดี ความเย็นจะไม่สม่ำเสมอตลอดปริมาณน้ำแข็งแห้ง ส่วนการวางน้ำแข็งที่พื้นล่างกล่องทดลองสามารถควบคุมความเย็นและความสม่ำเสมอได้ดีกว่าจึงไม่เลือกใช้การวางน้ำแข็งแห้งที่ด้านบนกล่อง ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาเมื่อตำแหน่งในการวางต่างกันแสดงในรูปที่4.4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1 kg of dry ice

Figure4.4.1

4.5 ทดลองเพื่อหาวิธีในการควบคุมอุณหภูมิ

โดยอุณหภุมิในช่วงที่ต้องการ คือ 4-20 องศาเซ็นเซียส โดยคำนึงถึงคุณสมบัติที่ต้องการดังต่อไปนี้

4.1 ยืดเวลาในการควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำ

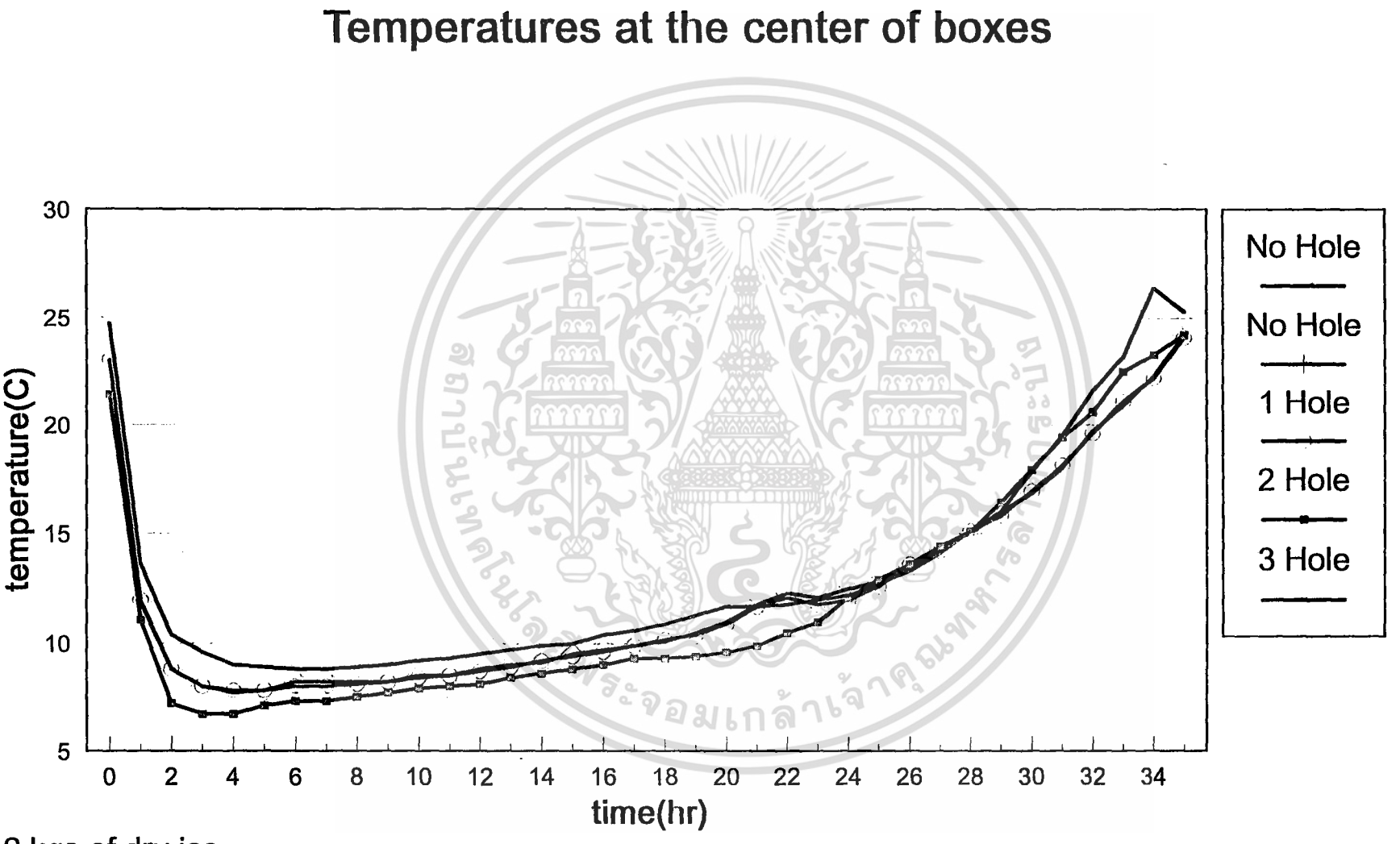
4.2 จำกัดอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 4-20 องศาเซ็นเซียส

โดยอาศัยจากการสังเกตุการทดลองที่ผ่านมาเห็นได้ว่า การวางน้ำแข็งแห้งบนพื้นโดยตรง อุณหภูมิเมื่อลดลงถึงจุดต่ำสุดแล้วอุณหภูมิจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงมีแนวความคิดว่าควรจะหาวิธีควบคุมความเย็นที่ปล่อยออกมาจากน้ำแข็งแห้งโดยการนำกล่องโฟมที่ข้างในเป็นรูกลวงแล้วทำการเจาะรูที่ฝาปิดกล่องโฟม เส้นผ่าศูนย์กลาง3 ซม. เพื่อควบคุมความเย็นให้ออกมาอย่างสม่ำเสมอ วางที่มุมด้านล่างของกล่องทดลองที่มีปริมาตร 0.08 ลบ.เมตรทั้ง 4 มุม และใช้น้ำหนักน้ำแข็งแห้ง 2 กิโลกรัม จากการทดลอง จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการระเหิดของน้ำแข็งแห้ง ช้าลง สามารถรักษาระดับความเย็นได้คงที่ขึ้นสังเกตุได้จากความชันของกราฟที่ค่อยๆ ชันขึ้นอย่างช้าๆ จึงมีแนวความคิดที่จะใช้กล่องเล็กขนาดที่สามารถใส่น้ำแข็งแห้งที่ 1 กก.ได้อย่างพอดี

. และจากข้อสมมติฐานที่ว่าจำนวนรูในกล่องเล็กที่ใส่น้ำแข็งแห้งน่าจะมีผลต่ออุณหภูมิภายในกล่องต้นแบบ ได้ทำการศึกษาผลของจำนวนรูที่ปล่อยไอของน้ำแข็งแห้ง โดยการเจาะรูบนฝากล่องจำนวน 1,2,3 รูและไม่เจาะรู การทดลองใช้น้ำแข็งแห้งจำนวน 2 กิโลกรัม

จากการรูปที่ 4.5.1 การทดลองจะเห็นได้ว่าการเจาะรูไม่มีผลต่อระยะเวลาในการให้ความเย็น จึงเลือกใช้กล่องเล็กที่ไม่เจาะรูในการบรรจุน้ำแข็งแห้งโดยการวางด้านข้างกล่องทั้ง 2 ด้านเพื่อให้ความเย็นกระจายอย่างสม่ำเสมอมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2 kgs of dry ice

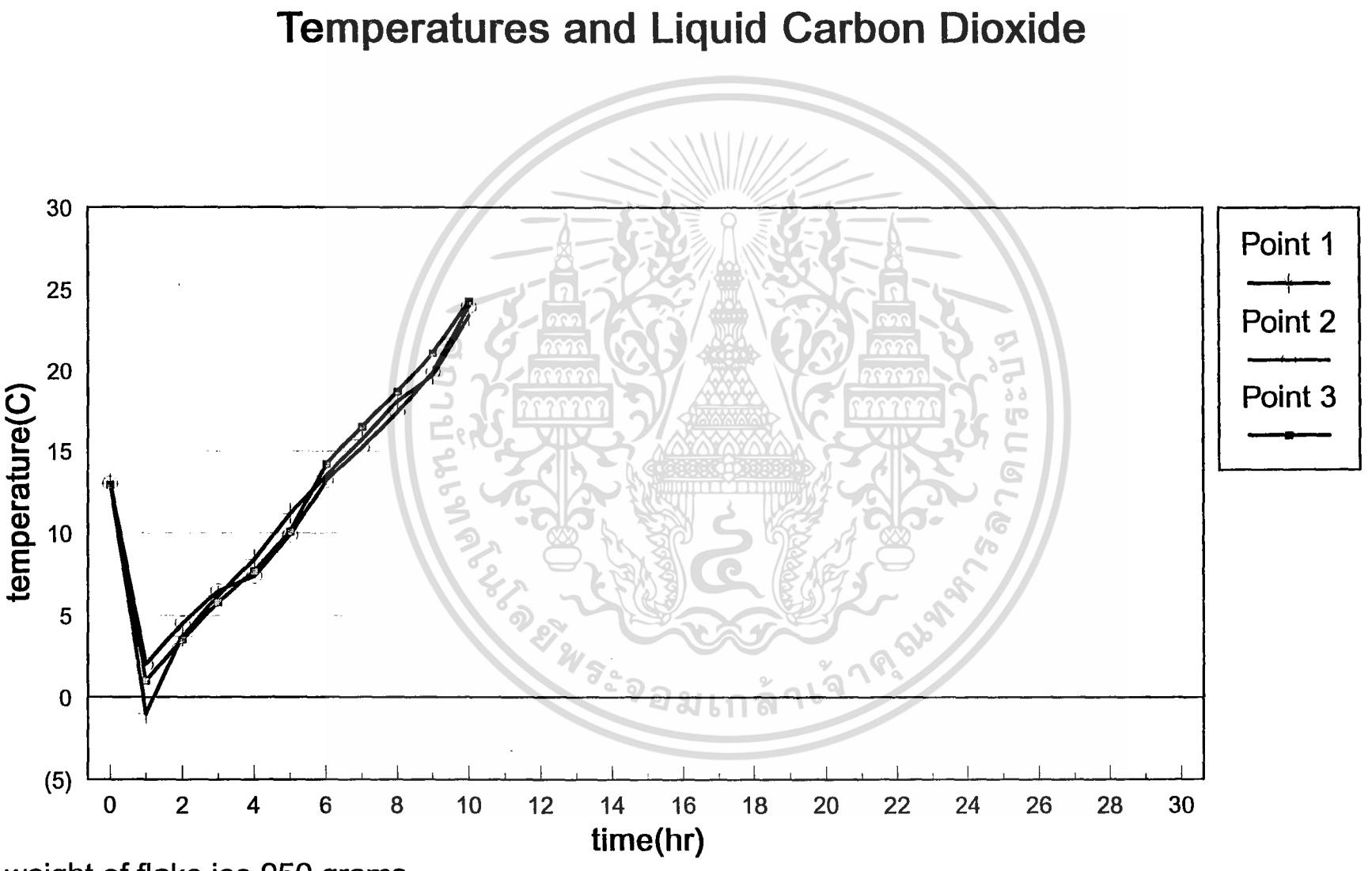
Figure 4.5.1

4.6 การใช้ คาร์ บอนไดออกไซด์ เหลวเป็ นสารให้ ความเย็ น

ทดลองโดยการอัดคาร์บอนไดออกไซด์เหลวไว้ที่ด้านข้างกล่องทดลองขนาด 0.08 และ 0.03 ลบ.เมตร โดยน้ำหนักน้ำคาร์บอนไดออกไซด์เหลวในกล่องปริมาตร 0.08 ลบ.เมตร เท่ากับ 480 กรัมและกล่องปริมาตร 0.03 ลบ.เมตร เท่ากับ 950 กรัม

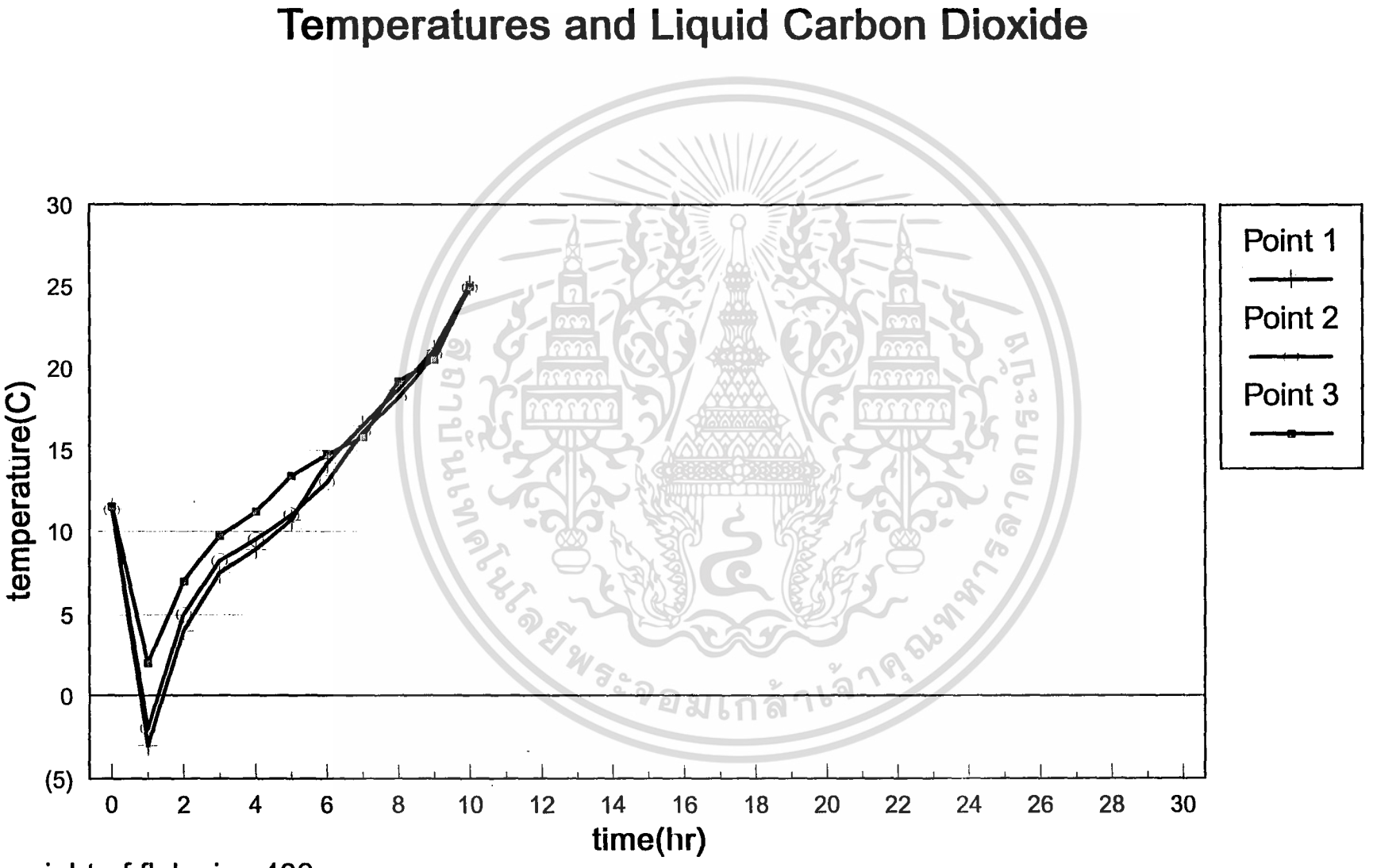
จากรูป ที่ 4.6.1 และ 4.6.2 จะเห็นได้ว่าการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว ในกล่องปริมาตร 0.08 ลบ.เมตร ให้เวลาการระเหิดที่เร็วมาก อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจนถึงอุณหภูมิห้องใช้เวลาเร็วมาก โดยใช้เวลาประมาณ 10 ชั่วโมง และจากกราฟจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ต้องการในการเก็บรักษาผักและผลไม้ คือ 4-20 องศาเซ็นเซียสจะใช้เวลาประมาณ 9 ชั่วโมง ถือว่ารวดเร็วมาก รวมทั้งการให้ความเย็นที่ไม่สม่ำเสมอ จึงไม่เลือกใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



weight of flake ice 950 grams

Figure4.6.1



weight of flake ice 480grams

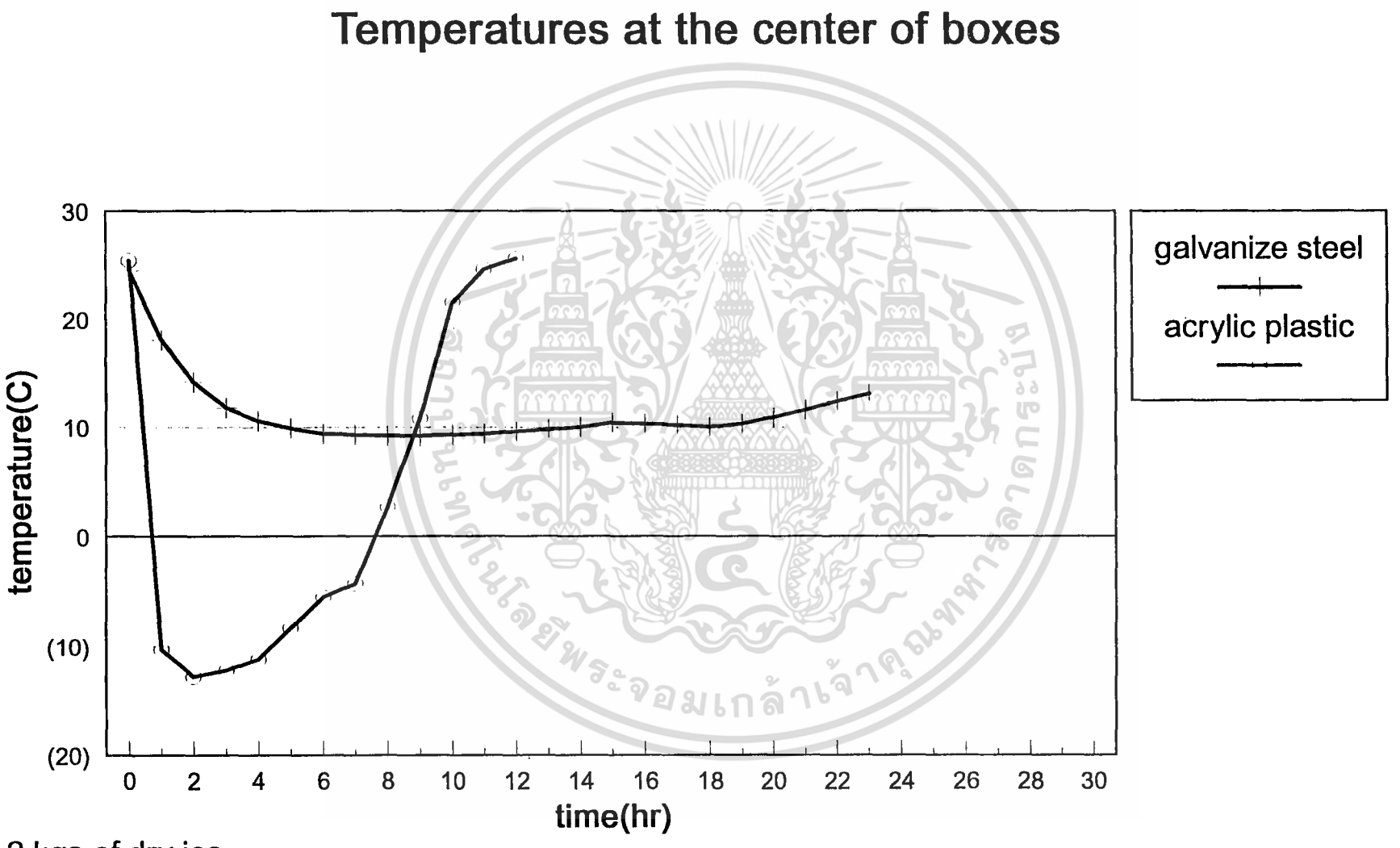
Figure 4.6.2

4.7.ออกแบบกล่องต้นแบบ

โดยบุกล่องต้นแบบด้านนอกและด้านในด้วยสังกะสีกับที่บุด้วยอะคริลิค เพื่อที่จะเปรียบเทียบการกระจายความเย็นและเวลาในการระเหิดของน้ำแข็งแห้งเมื่อนำไปบรรจุในกล่องทดลองทั้ง 2 ชนิด สาเหตุที่ทำกล่องต้นแบบที่บุด้วยสังกะสีจุดประสงค์หลักก็เพื่อให้ความแข็งแรง และทนทาน รวมถึงการใช้งานที่สะดวกเนื่องจากมีน้ำหนักเบา กล่องที่บุด้วยอะคริลิคด้านบนส่วนที่ใช้ปิดเปิดกล่องจะใช้แผ่นยางหนา 3 มม.ติดรอบกล่องเพื่อป้องกันความเย็นกระจายออกนอกกล่อง

จากรูปที่ 4.7.1 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการควบคุมอุณหภูมิกล่องที่บุดวยสังกะสี โดยใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กก.ในการทดลอง ทำได้ยาก การระเหิดของน้ำแข็งแห้งเร็ว เมื่ออุณหภูมิถึงจุดต่ำสุดแล้วอุณหภูมิจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากคุณสมบัติของตัวสังกะสีเองที่มีค่าการนำความร้อนที่สูง ส่วนกล่องที่บุด้วยอะคริลิค สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ดีกว่า และมีความสม่ำเสมอของอุณหภูมิที่ดีกว่า จึงเลือกใช้กล่องต้นแบบที่บุด้วยอะคริลิคทดลองเก็บผักและผลไม้ในสภาวะจริงในขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2 kgs of dry ice
Boxes constructed from galvanized steel and acrylic plastic
Figure 4.7.1

4.8 ผลการทดลองการใช้กล่องต้นแบบในการบรรจุผักและผลไม้

4.8.1 คุณภาพของผักผลไม้โดยวิธีทดสอบแบบใช้ประสาทสัมผัส

จากผลการทดลองพบว่าการบรรจุผักและผลไม้ ได้แก่ ข้าวโพดฝักอ่อน สตรอเบอร์รี่ ชมพู่ และถั่วฝักยาว ในกล่องควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ น้ำแข็งแห้งเป็นสารให้ความเย็น สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ได้ยาวนานกว่าการไม่ใช้บรรจุกล่องนี้ ดังแสดงในตารางที่ 4.8.1.1- 4.8.1.4

4.8.2 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผักและผลไม้

จากการทดลองวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ปริมาณกรด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix) ของผักและผลไม้ ที่ผ่านการเก็บในกล่องต้นแบบ พบว่าผักและผลไม้ที่ผ่านการเก็บในกล่องต้นแบบที่ควบคุมอุณหภูมิและนำมาเก็บต่อที่อุณหภูมิห้อง จะมีค่า pH ลดลงเมื่อเทียบกับผักและผลไม้ที่ไม่ได้ผ่านการเก็บ ในทำนองเดียวกัน %Brix ก็จะลดลงเล็กน้อยเมื่อผักและผลไม้มีอายุการเก็บยาวนานขึ้น ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ปริมาณของแข็งที่ละลาย %Brix และ ค่าความเป็นกรด Acidity แสดงในตารางที่ 4.8.2.1,-4.8.2.4

4.8.3 การวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกล่องต้นแบบ

ผลการวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกล่องต้นแบบเมื่อมีผักและผลไม้บรรจุอยู่ภานในกล่อง และในถุงที่เก็บผักและผลไม้ พบว่าปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกล่องเพิ่มขึ้นสูงมากกว่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุง แต่พบว่าความเข้มข้นของก๊าซาร์บอนไดออกไซด์ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อคุณลักษณะทางกายภาพของผักและผลไม้เมื่อใช้ระยะเวลาในการเก็บที่สั้น และจากการทดลองพบว่าการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการเก็บรักษาผักและผลไม้ควรบรรจุในถุงพลาสติกที่มีความหนาก่อน

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการเก็บรักษาผักและผลไม้แสดงในรูปที่ 4.8.3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกล่องต้นแบบเมื่อบรรจุผักและผลไม้ในการทดลอง

จากการทดลองบรรจุผักและผลไม้ในกล่องต้นแบบพบว่าการคายความร้อนของผักและผลไม้ทำให้อุณหภูมิในกล่องสูงขึ้นประมาณ 5-6 องศาเซนเซียสเมื่อเทียบกับอุณหภูมิในกล่องต้นแบบในขณะที่ไม่ได้บรรจุผักและผลไม้ ดังแสดงในรูปที่ 4.8.4.1-4.8.4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาเมื่อนำออกจากกล่อง	ควบคุม	ใส่ถุงPE 12ชั่วโมง	ใส่ถุงPP 12ชั่วโมง	ใส่ถุงPE 24ชั่วโมง	ใส่ถุงPP 24ชั่วโมง	ไม่ใส่ถุงในกล่อง12ชั่วโมง	ไม่ใส่ถุงในกล่อง24ชั่วโมง
0 ชั่วโมง	สด ผิวเหลืองนวล	สด ผิวเหลืองนวล	สด ผิวเหลืองนวล	สด ผิวเหลืองนวล	สด ผิวเหลืองนวล	ผิวเหลืองเหี่ยว ปลายฝักมีสีน้ำตาล	ผิวเหลืองเหี่ยว ปลายฝักมีสีน้ำตาล
12ชั่วโมง	สดผิวเหลือง	สดผิวเหลือง	สดผิวเหลือง	สดผิวเหลือง	สดผิวเหลือง	เหี่ยว ปลายฝักมีสีน้ำตาล	เหี่ยวปลายฝักมีสีน้ำตาล
1 วัน	สด ผิวเหลือง	สด ผิวเหลือง	สดผิวเหลือง	สดผิวเหลือง	สดผิวเหลือง	เหี่ยว ผิวมีสีน้ำตาล	เหี่ยว ผิวมีสีน้ำตาล
2 วัน	สดผิวเหลือง	สด ผิวเหลือง	สด ผิวเหลือง	สด ผิวเหลือง	สด ผิวเหลือง	เหี่ยว มีสีน้ำตาล บริเวณผิวมากขึ้น	เหี่ยว มีสีน้ำตาล บริเวณผิวมากขึ้น
3 วัน	สด ผิวเหลือง เริ่มมีสีน้ำตาลที่ปลายฝัก	สด ผิวเหลือง	สด ผิวเหลือง	สด ผิวเหลือง	สดผิวเหลือง	เริ่มเน่า	เริ่มเน่า
4วัน	สด เริ่มมีสีน้ำตาล บริเวณผิว	สีซีดลง	สีซีดลง	สด ผิวเหลือง	สด ผิวเหลือง	เน่า	เน่า
5 วัน	เริ่มเน่า	มีสีน้ำตาลทั่วบริเวณผิว	มีสีน้ำตาลทั่วบริเวณผิว	สด ผิวเหลือง	สด สีซีด	เน่า	เน่า
6 วัน	เน่า	เน่า	เน่า	สด ผิวเหลือง	สีซีดมีสีน้ำตาล	เน่า	เน่า
7 วัน	เน่า	เน่า	เน่า	มีสีน้ำตาลที่ผิว	เน่า	เน่า	เน่า
8 วัน	เน่า	เน่า	เน่า	เน่า	เน่า	เน่า	เน่า

ตารางที่ 4.8.1.1 คุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อนเมื่อบรรจุในกล่องที่เวลา 12 และ 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาเมื่อนำออกจากกล่อง	ควบคุม	ใส่ถุง PE 12ชั่วโมง	ใส่ถุง PP 12ชั่วโมง	ใส่ถุงPE 24ชั่วโมง	ใส่ถุงPP 24ชั่วโมง	ไม่ใส่ถุงในกล่อง 12 ชั่วโมง	ไม่ใส่ถุงในกล่อง 24ชั่วโมง
0 วัน	สด มีรอยช้ำ	สด สภาพดี	สด สภาพดี	สด สภาพดี	สด สภาพดี	สด สภาพดี	สด สภาพดี
1 วัน	เริ่มเน่า	เกิดรอยช้ำ	เกิดรอยช้ำ	เกิดรอยช้ำ	เกิดรอยช้ำ	เกิดรอยช้ำ	เกิดรอยช้ำ
2 วัน	เน่า	เน่า	เน่า	มีรอยช้ำมากขึ้น	มีรอยช้ำมากขึ้น	เน่า	เน่า
3 วัน	เน่า	เน่า	เน่า	เน่า	เน่า	เน่า	เน่า

ตารางที่ 4.8.1.2 คุณภาพของสตรอเบอร์รีเมื่อบรรจุในกล่องที่เวลา 12 และ 14 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาเมื่อนำออกจากกล่อง	ควบคุม	ใส่ถุงPE 12 ชม.	ใส่ถุง PP 12ชม.	ใส่ถุงPE 24 ชม.	ใส่ถุง PP 24 ชม.	ไม่ใส่ถุงในกล่อง 12ชม.	ไม่ใส่ถุงในกล่อง 24 ชม.
0 วัน	สด สภาพดี	สด สภาพดี	สด สภาพดี	สด สภาพดี	สด สภาพดี	สด ปลายผลมีสีน้ำตาล	สด ปลายมีสีน้ำตาล นิ่ม
1 วัน	ปลายมีสีน้ำตาลเล็กน้อย เริ่มเน่า	สด สภาพดี	สด สภาพดี	สด สภาพดี	ปลายมีสีน้ำตาล	มีสีน้ำตาลมากขึ้น เริ่มเหี่ยว	มีสีน้ำตาลมากขึ้น เหี่ยว นิ่ม
2 วัน	เน่า	ปลายโคนมีสีน้ำตาล เหี่ยว	ปลายโคนมีสีน้ำตาล เหี่ยว	สด ที่ปลายเริ่มมีสีน้ำตาล	ปลายโคนมีสีน้ำตาล เหี่ยว	เน่า	เน่า
3 วัน	เน่า	เน่า	เน่า	เหี่ยว ที่ปลายมีสีน้ำตาลมากขึ้น	เน่า	เน่า	เน่า
4 วัน	เน่า	เน่า	เน่า	เน่า	เน่า	เน่า	เน่า

ตารางที่ 4.8.1.3 คุณภาพของชมพู่เมื่อบรรจุในกล่องที่เวลา 12 และ 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาเมื่อเริ่มนำออกจากกล่อง	ควบคุม	ใส่ถุงPE 12ชั่วโมง	ใส่ถุงPP 12ชั่วโมง	ใส่ถุง PE 24ชั่วโมง	ใส่ถุง PP 24ชั่วโมง	ไม่ใส่ถุงในกล่อง 12ชั่วโมง	ไม่ใถุงในกล่อง 24 ชั่วโมง
0 วัน	สด สภาพดี เนื้อแน่น สีเขียวสด	สด สภาพดี เนื้อแน่น สีเขียวสด	สด สภาพดี เนื้อแน่น สีเขียวสด	สด สภาพดี เนื้อแน่น สีเขียวสด	สด สภาพดี เนื่อแน่น สีเขียวสด	สด สภาพดี เนื้อแน่น สีเขียวสด	สด วส ภาพดี เนื้อแน่น สีเขียวสด
1 วัน	เหี่ยว สีซีด	เนื้อนิ่ม เหี่ยว ผิวเริ่มมีสีเหลือง	เนื้อนิ่ม เหี่ยว ผิวเริ่มมีสีเหลือง	สภาพดี สีเขียวสด	สภาพดี สีเขียวสด	เนื้อนิ่ม สีเขียวปนเหลือง	เนื้อนิ่มสีเขียวปนเหลือง
2 วัน	เหี่ยว ผิวมีสีเหลือง	เนื้อนิ่ม ผิวมีสีเหลือง	เนื้อนิ่มผิวมีสีเหลือง	สภาพดี สีเขียวสด	สภาพดี สีเขียวคล้ำ	ผิวมีสีเหลืองเริ่มมีจุดสีดำเกิดขึ้น	เนื้อนิ่มเริ่มมีจุดสีดำ
3 วัน	เน่า	ผิวมีสีน้ำตาล	ผิวเริ่มมีสีน้ำตาล	ผิวเริ่มมีสีเหลือง	ผิวสีเหลือง	เน่า	เน่า
4 วัน	เน่า	มีราเกิดขึ้น	มีราเกิดขึ้น	มีราเกิดขึ้น	มีราเกิดขึ้น	เน่า	เน่า
5 วัน	เน่า	เน่า	เน่า	เน่า	เน่า	เน่า	เน่า

ตารางที่ 4.8.1.4 คุณภาพของถั่วฝักยาวเมื่อบรรจุในกล่องที่เวลา 12 และ 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง(ข้าวโพดอ่อน)	pH	Brix(%)	Acidity(%)
Control	5.75	6.0	0.0025
ใส่กล่อง12ชม. ในถุง PP 1	5.9	5.7	0.0026
PP 2	6.06	5.9	0.0021
PP 3	5.87	5.4	0.0028
PE 1	5.83	6.5	0.0043
PE 2	5.71	6.4	0.0032
PE 3	5.61	5.4	0.0029
ใส่กล่อง24ชม. ในถุง PP 1	5.94	4.4	0.0031
PP 2	5.84	5.1	0.0035
PP 3	5.91	5.3	0.0028
PE 1	5.87	5.7	0.0028
PE 2	5.85	6.4	0.0025
PE 3	5.91	5.8	0.0039
นอกถุง 12 ชม.ในกล่อง	5.86	5.7	0.0040
นอกถุง 24 ชม.ในกล่อง	5.99	5.6	0.0028

ตารางที่ 4.8.2.1 ก. ค่า pH , %Brix และ Acidity (%) ของข้าวโพดอ่อนเมื่อเริ่มนำออกจากกล่องต้นแบบ

หมายเหตุ % Acidity คำนวณออกมาในรูป equivalent weight

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง(ข้าวโพดอ่อน)	pH	Brix(%)	Acidity(%)
Control	5.55	6.2	0.0028
ใส่กล่อง12ซม. ในถุง PP 1	5.59	6.0	0.0028
PP 2	5.77	6.0	0.0023
PP 3	5.62	5.4	0.0028
PE 1	5.56	6.6	0.0041
PE 2	5.47	6.4	0.0035
PE 3	5.62	5.8	0.0030
ใส่กล่อง24ซม. ในถุง PP 1	5.71	4.3	0.0034
PP 2	5.51	5.6	0.0036
PP 3	5.59	5.4	0.0031
PE 1	5.64	5.9	0.0028
PE 2	5.41	6.6	0.0041
PE 3	5.78	5.8	0.0035
นอกถุง 12 ซม.ในกล่อง	5.56	6.0	0.0043
นอกถุง 24 ซม.ในกล่อง	5.56	5.6	0.0030

ตารางที่ 4.8.2.1 ข. ค่า pH , %Brix และ Acidity (%) ของข้าวโพดอ่อนเมื่อนำออกจากกล่องต้นแบบ เป็นเวลา 4 วัน

หมายเหตุ % Acidity คำนวณออกมาในรูป equivalent weight

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง(สตรอเบอร์รี)	pH	Brix(%)
Control	3.41	3.8
ใส่กล่อง12ซม. ในถุง PP 1	3.62	5.4
PP 2	3.64	5.4
PP 3	3.60	5.2
PE 1	3.46	4.9
PE 2	3.48	4.8
PE 3	3.45	5.0
ใส่กล่อง24ซม. ในถุง PP 1	3.54	4.2
PP 2	3.56	4.2
PP 3	3.58	4.4
PE 1	3.56	4.2
PE 2	3.56	4.4
PE 3	3.58	4.2
นอกถุง 12 ซม.ในกล่อง	3.58	4.2
นอกถุง 24 ซม.ในกล่อง	3.64	4.2

ตารางที่ 4.8.2.2. ค่า pH , %Brix ของสตรอเบอร์รีเมื่อเริ่มนำออกจากกล่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง(ชมพู่)	pH	Brix(%)	Acidity(%)
Control	4.68	6.9	0.0014
ใส่กล่อง12ชม. ในถุง PP 1	4.47	7.5	0.0023
PP 2	4.52	5.3	0.0043
PP 3	4.50	7.2	0.0032
PE 1	4.64	5.4	0.0010
PE 2	4.65	6.4	0.0013
PE 3	4.62	5.6	0.0012
ใส่กล่อง24ชม. ในถุง PP 1	4.76	7.2	0.0010
PP 2	4.34	7.8	0.0018
PP 3	4.58	7.5	0.0015
PE 1	4.48	5.2	0.0013
PE 2	4.39	4.0	0.0023
PE 3	4.43	4.5	0.0021
นอกถุง 12 ชม.ในกล่อง	4.45	8.0	0.0019
นอกถุง 24 ชม.ในกล่อง	4.59	11.6	0.0026

ตารางที่ 4.8.2.3ก. ค่า pH , %Brix และ Acidity (%) ของชมพู่เมื่อเริ่มนำออกจากกล่องต้นแบบ

หมายเหตุ % Acidity คำนวณออกมาในรูป equivalent weight

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง(ชมพู่)	pH	Brix(%)	Acidity(%)
Control	4.31	6.3	0.0032
ใส่กล่อง12ชม. ในถุง PP 1	4.30	6.9	0.0041
PP 2	4.40	5.6	0.0069
PP 3	4.30	6.4	0.0058
PE 1	4.47	5.1	0.0036
PE 2	4.59	6.6	0.0024
PE 3	4.51	5.6	0.0024
ใส่กล่อง24ชม. ในถุง PP 1	4.59	6.9	0.0026
PP 2	4.23	7.1	0.0031
PP 3	4.61	6.2	0.0021
PE 1	4.40	4.9	0.0013
PE 2	4.34	3.7	0.0036
PE 3	4.39	4.5	0.0034
นอกถุง 12 ชม.ในกล่อง	4.45	7.5	0.0051
นอกถุง 24 ชม.ในกล่อง	4.55	9.6	0.0034

ตารางที่ 4.8.2.3 ข. ค่า pH , %Brix และ Acidity (%) ของชมพู่เมื่อนำออกจากกล่องต้นแบบ 2 วัน

หมายเหตุ % Acidity คำนวณออกมาในรูป equivalent weight

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง(ถั่วฝักยาว)	pH	Brix(%)	Acidity(%)
Control	5.96	4.8	0.0012
ใส่กล่อง12ซม. ในถุง PP 1	5.36	5.4	0.0010
PP 2	5.96	4.8	0.0013
PP 3	5.93	4.8	0.0017
PE 1	5.03	4.2	0.0016
PE 2	5.07	5.2	0.0011
PE 3	5.99	4.4	0.0018
ใส่กล่อง24ซม. ในถุง PP 1	5.69	5.4	0.0021
PP 2	5.90	5.4	0.0023
PP 3	5.78	5.5	0.0021
PE 1	5.90	4.8	0.0041
PE 2	5.92	4.9	0.0017
PE 3	5.95	4.8	0.0021
นอกถุง 12 ซม.ในกล่อง	5.95	5.2	0.0015
นอกถุง 24 ซม.ในกล่อง	5.97	5.7	0.0022

ตารางที่ 4.8.2.4 ก. ค่า pH , %Brix และ Acidity (%) ของถั่วฝักยาวเมื่อเริ่มนำออกจากกล่องต้นแบบ

หมายเหตุ % Acidity คำนวณออกมาในรูป equivalent weight

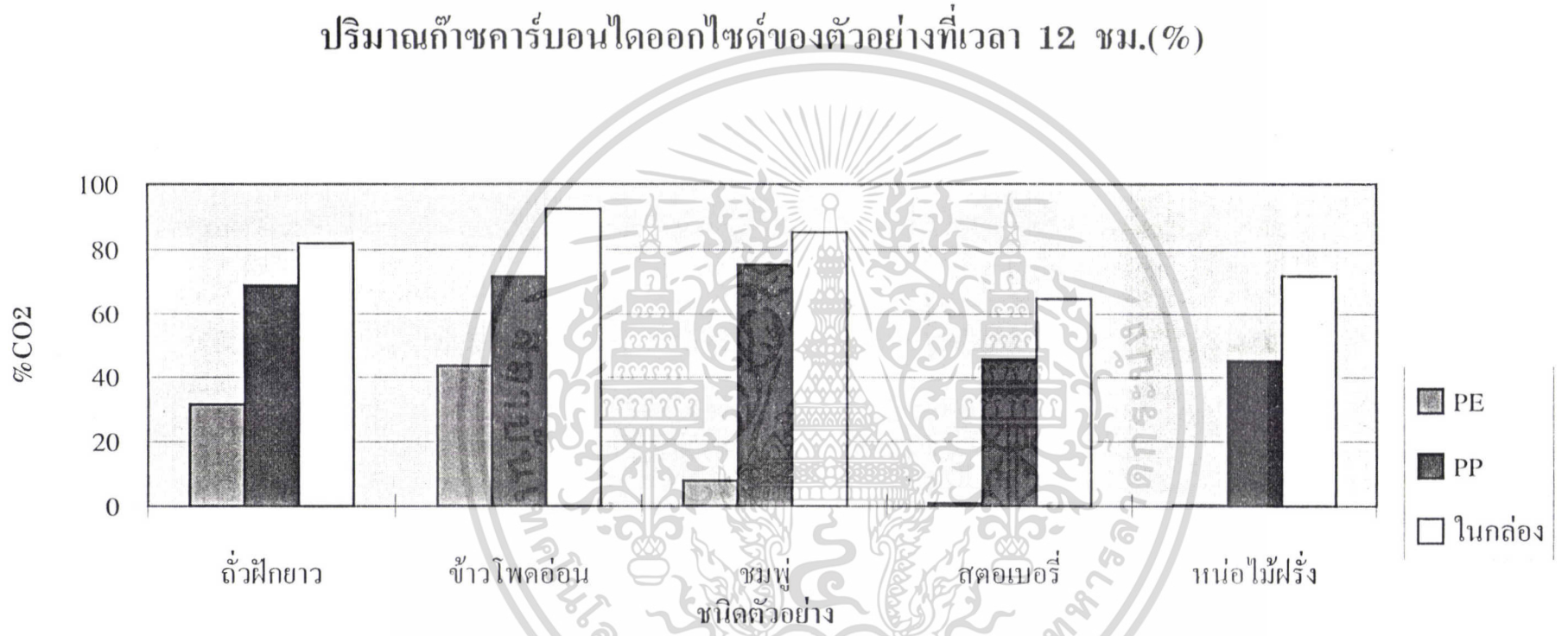
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง(ถั่วฝักยาว)	pH	Brix(%)	Acidity(%)
Control	5.87	4.8	0.0016
ใส่กล่อง12ซม. ในถุง PP 1	5.36	5.6	0.0015
PP 2	5.89	5.0	0.0014
PP 3	5.90	5.3	0.0016
PE 1	5.83	4.2	0.0019
PE 2	6.05	5.7	0.0015
PE 3	5.94	3.9	0.0014
ใส่กล่อง24ซม. ในถุง PP 1	5.67	5.9	0.0028
PP 2	5.92	6.0	0.0026
PP 3	5.75	5.5	0.0021
PE 1	5.87	4.9	0.0059
PE 2	5.89	5.1	0.0026
PE 3	5.91	5.4	0.0027
นอกถุง 12 ซม.ในกล่อง	5.84	5.6	0.0019
นอกถุง 24 ซม.ในกล่อง	5.74	5.9	0.0022

ตารางที่ 4.8.2.4 ข. ค่า pH , %Brix และ Acidity (%) ของถั่วฝักยาวเมื่อนำออกจากกล่องต้นแบบ 3 วัน

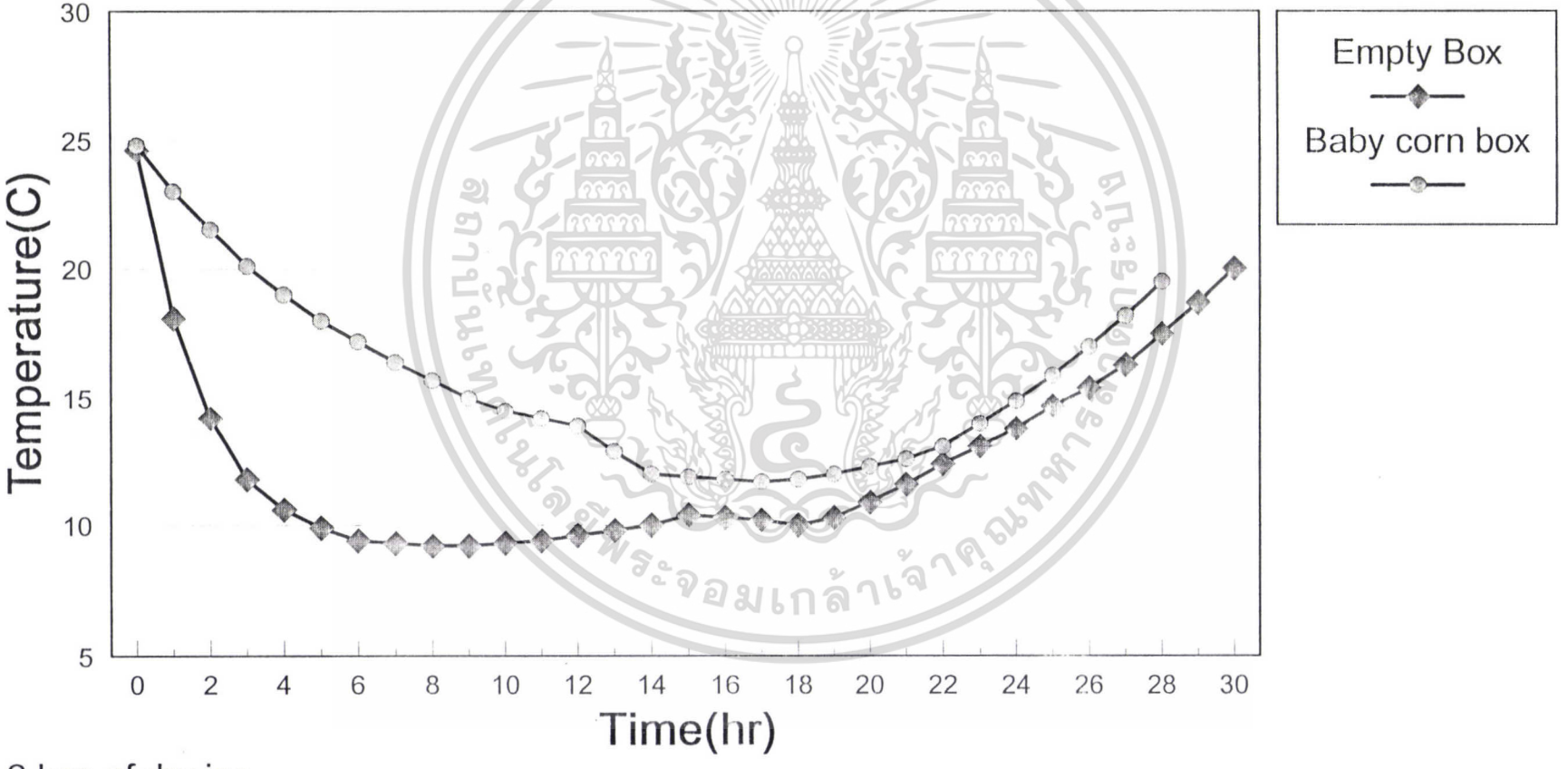
หมายเหตุ % Acidity คำนวณออกมาในรูป equivalent weight

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.8.3.1. แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักและผลไม้ที่ใช้ในการทดลองที่เวลา 12 ชั่วโมง

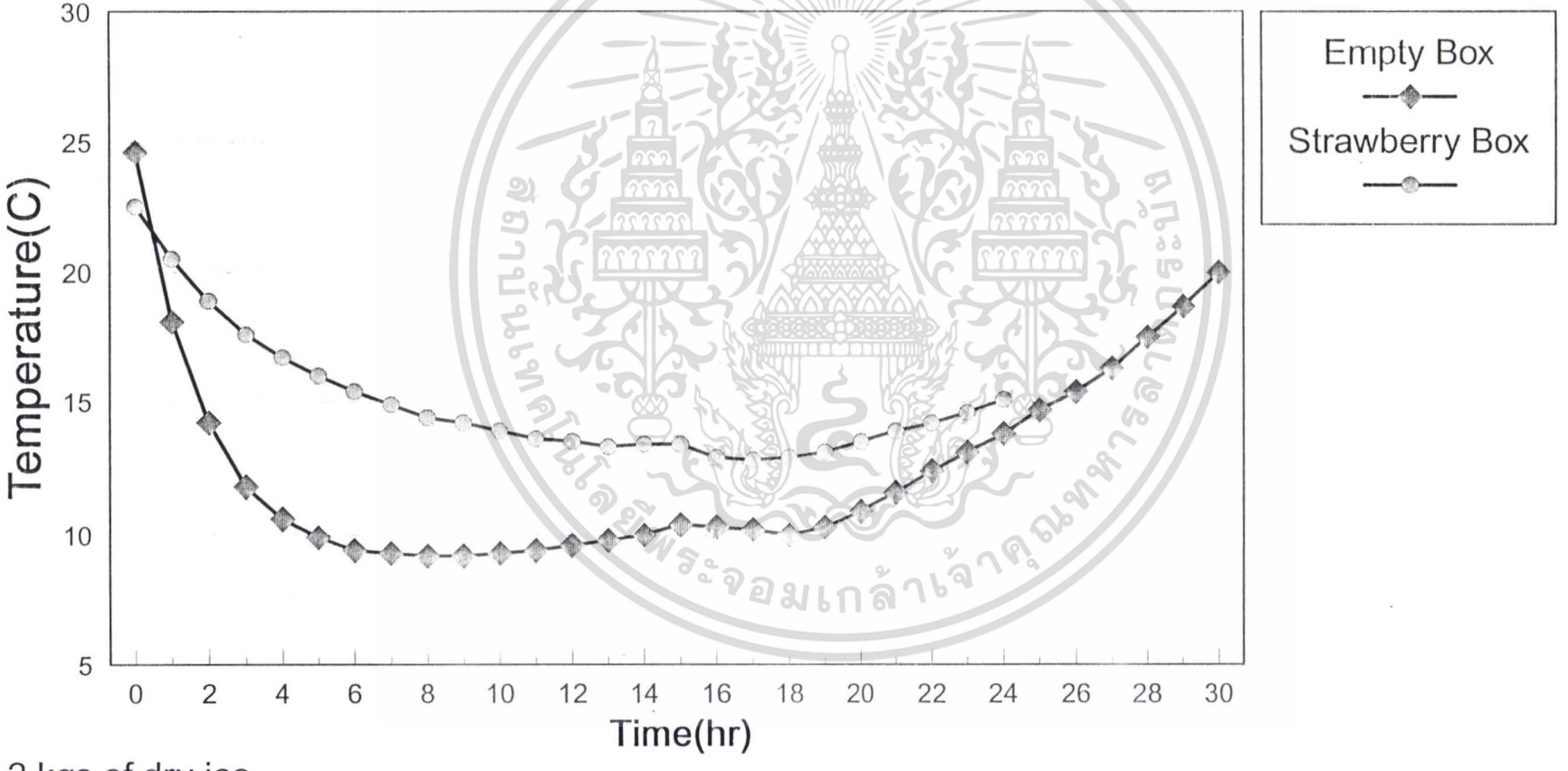
Temperatures in Empty Box and Baby corn Box



2 kgs of dry ice

Figure 4.8.4.1

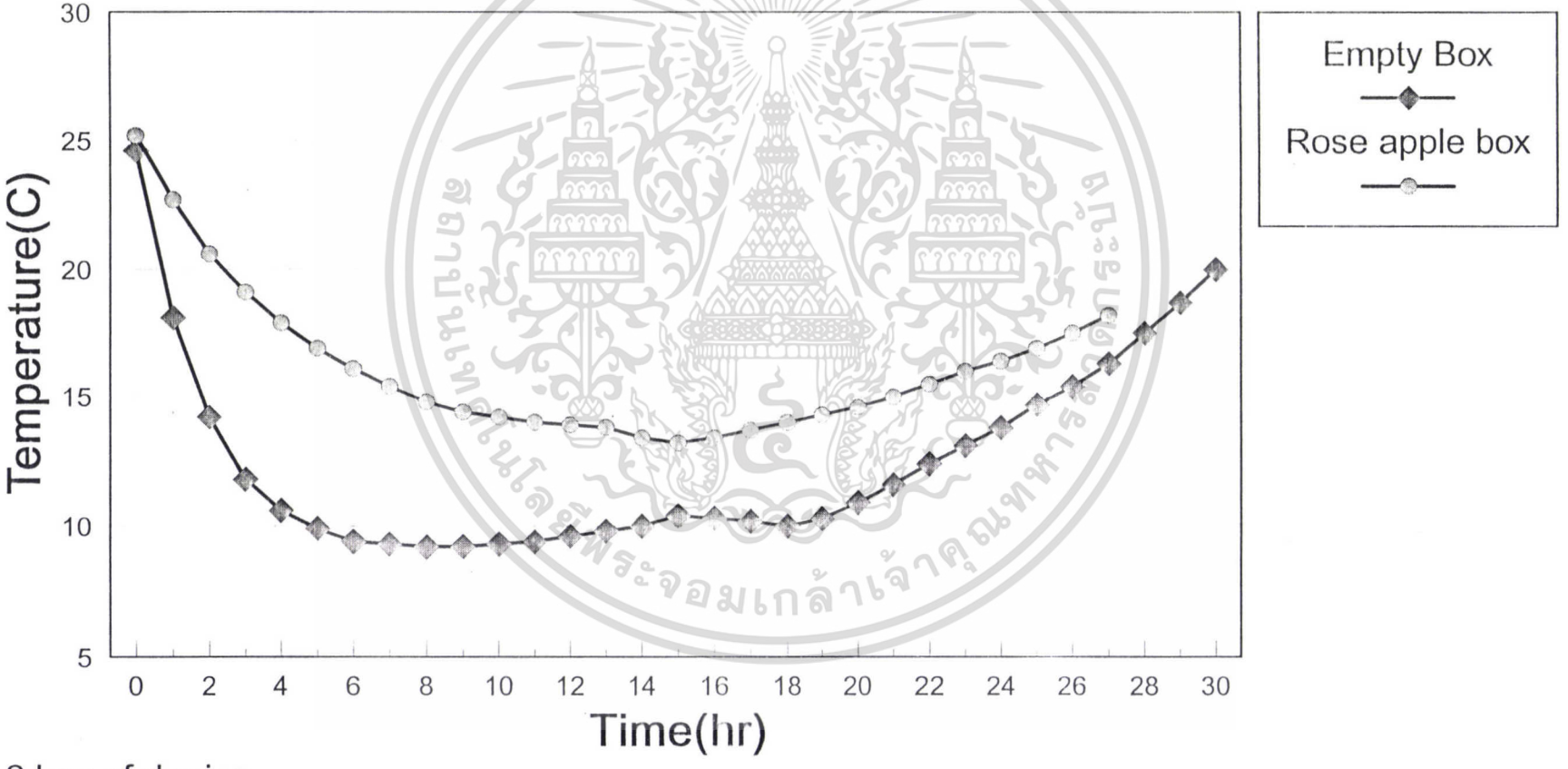
Temperatures in Empty Box and strawberry Box



2 kgs of dry ice

Figure 4.8.4.2

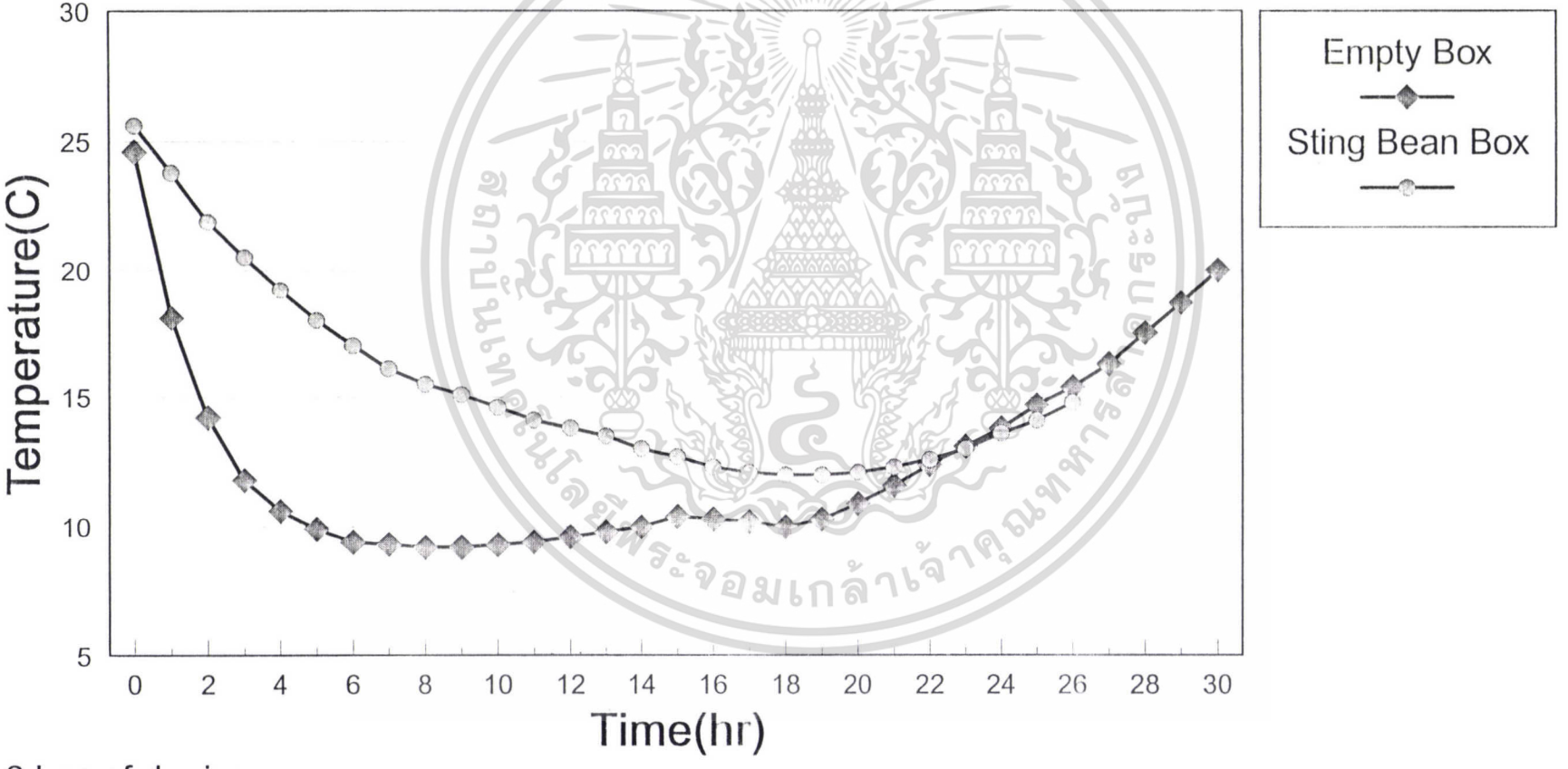
Temperatures in Empty Box and Rose apple Box



2 kgs of dry ice

Figure 4.8.4.3

Temperatures in Empty Box and Sting Bean Box



2 kgs of dry ice

Figure 4.8.4.4

4.9 ผลการทดลองในการศึกษาความเป็นไปได้ในทางพาณิชย์ โดยการคำนวณต้นทุนของการผลิตกล่องต้นแบบที่บุด้วยอะคริลิคกับบุด้วยสังกะสี

กล่องต้นแบบบุด้วยอะคริลิค

วัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบ

อะคริลิค	28,000 ต.ร.ซ.ม. ต.ร.ซ.ม ละ 0.05 บาท	เป็นเงิน 1400 บาท
โฟมโพลีสไตรีน หนา 2 นิ้ว จำนวน 3 แผ่น แผ่นละ 56 บาท		เป็นเงิน 168 บาท
กาวซิลิโคน	หลอดละ 150 บาท จำนวน 2 หลอด	เป็นเงิน 300 บาท
ยาง 2 เมตร		เป็นเงิน 122 บาท
		รวมเป็นเงิน 1,990 บาท

กล่องต้นแบบที่บุด้วยสังกะสี

วัสดุที่ใช้รวมกับค่าแรง รวมเป็นเงิน 2,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การศึกษาและพัฒนากล่องต้นแบบที่มีปริมาตร 0.08 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นปริมาตรที่เหมาะสม สำหรับการบรรจุผักและผลไม้ มีขนาดภายใน 40 ×50 ×40 ลบ.เมตร โดยกล่องต้นแบบนี้ควบคุมอุณหภูมิได้ประมาณ 4-20 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำแข็งแห้งเป็นตัวให้ความเย็นซึ่งมีอุณหภูมิ -78.6 องศาเซลเซียส การพัฒนาและออกแบบกล่องต้นแบบโดยใช้โฟมหนา 2 นิ้ว ซึ่งเป็นความหนาที่สามารถรักษาอุณหภูมิ 4-20 องศาเซลเซียส ได้นานที่สุดคือ 28-32 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับที่ความหนา 1.5 และ 1 นิ้ว สามารถรักษาอุณหภูมิที่ต้องการได้ในเวลาเท่า ๆ กัน คือ 10 ชั่วโมง น้ำหนักน้ำแข็งแห้งที่เหมาะสมสำหรับปริมาตร0.08 ลูกบาศก์เมตร เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักน้ำแข็งที่ 1,2และ 3 กิโลกรัมน้ำหนักน้ำแข็งแห้งที่ 2 กิโลกรัม สามารถให้ช่วงอุณหภูมิในช่วงที่ต้องการระยะเวลานานมากที่สุด เนื่องจากที่ 1 กิโลกรัม ระยะเวลาที่ได้อุณหภูมิในช่วงที่ต้องการน้อย ส่วนนน้ำหนักน้ำแข็งแห้งที่ 3 กิโลกรัม อุณหภูมิที่ได้จะติดลบซึ่งไม่เหมาะกับการเก็บรักษาผักผลไม้

การหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการวางน้ำแข็งแห้ง ซึ่งทำการทดลองโดยการเปรียบเทียบการกระจายตัวอุณหภูมิ โดยการทดลองจะวางน้ำแข็งแห้งไว้ด้านล่างตรงกลางกล่องทดลอง และวางน้ำแข็งแห้งไว้ด้านบนตะแกรง สรุปได้ว่า การวางน้ำแข็งแห้งไว้ด้านบนตะแกรงอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอและระยะเวลาที่ให้อุณหภูมิในช่วงที่ต้องการน้อย คือเท่ากับ 10 ชั่วโมง ซึ่งน้อยมากสำหรับการเก็บรักษา สำหรับการวางไว้ด้านล่าง จากกราฟอุณหภูมิภายในกล่องจะไม่กระจายตัว ความแตกต่างของอุณหภูมิที่จุดวัดด้านล่างกล่องกับจุดวัดบนกล่องแตกต่างกันมาก ดังนั้นเราจึงเลือกวางน้ำแข็งแห้งไว้ด้านข้างตรงกลางกล่องซึ่งสามารถทำให้เกิดการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ

จากการสังเกตกราฟที่วางน้ำแข็งแห้งบนพื้นโดยตรงอุณหภูมิเมื่อลดลงถึงจุดต่ำสุดแล้วอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจึงมีแนวความคิดที่น่าจะทำให้ความเย็นที่ปล่อยออกจากน้ำแข็งแห้งให้ค่อย ๆ เย็นลง ซึ่งได้ทำการทดลองโดยนำน้ำแข็งแห้งใส่ในกล่องโฟมที่เจาะรูตรงฝาปิดเส้น ผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเ มตร เพื่อควบคุมความเย็นให้ค่อย ๆสูงขึ้น จากกราฟที่ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อนำเอาฉนวนความเย็นมาหุ้มน้ำแข็งแห้งแล้วสามารถควบคุมอุณหภูมิให้ค่อย ๆ สูงขึ้นได้ จึงได้ผลิตฉนวนกันความเย็นซึ่งใช้อะคริลิคเป็นด้านนอกและโฟมหนา 1 เซนติเมตรอยู่ด้านใน จากการทดลองที่ผ่านมาสามารถตั้งสมมติฐานได้ว่า จำนวนรูในกล่องเล็กที่ใส่น้ำแข็งแห้งน่าจะมีผลต่ออุณหภูมิภายในกล่องต้นแบบ จากการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูกับอุณหภูมิจำนวนรู 1,2,3รูและไม่เจาะรู จากการทดลองทำให้เราทราบว่าจำนวนรูไม่มีผลต่ออุณหภูมิ จึงเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ไม่เจาะรูบนฝาและวางกล่องเล็กตรงกลางด้านข้างที่ใส่น้ำแข็งแห้ง ซึ่งเป็นจุดที่ความเย็นสามารถกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอมากที่สุด และจากการทดลองใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลวเป็นตัวให้อุณหภูมิ สามารถสรุปได้ว่าไม่สามารถใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลวเป็นตัวให้ความเย็นในกล่องนี้ได้เนื่องจากการเกิดเกล็ดน้ำแข็งจะต้องเกิดจากคาร์บอนไดออกไซด์เหลวที่อยู่ภายใต้ความกดดันสูงมาก ทำให้ไม่สามารถบรรจุเกล็ดน้ำแข็งแห้งลงในช่องเก็บน้ำแข็งแห้งได้โดยตรง การที่เกล็ดน้ำแข็งแห้งไม่ได้อัดตัวกันแน่นทำให้การระเหิดของน้ำแข็งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้อุณหภูมิของกล่องเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าการใช้น้ำแข็งแห้ง

จากการทำกล่องต้นแบบไปใช้ในการเก็บรักษาผักและผลไม้เพื่อการขนส่ง พบว่าคุณภาพของผักและผลไม้ที่เก็บในกล่องต้นแบบในระยะเวลา 12-24 ชั่วโมง มีคุณภาพที่ดีกว่าผักและผลไม้ที่ไม่ผ่านการเก็บในกล่องและในการเก็บรักษาผักและผลไม้จะใช้ถุงพลาสติกที่มีความหนาห่อหุ้มผักและผลไม้อีกชั้นหนึ่งแล้วจึงทำการบรรจุในกล่องต้นแบบ

การศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตกล่องในทางการค้าพบว่า มูลค่าของกล่องต้นแบบที่บุด้วยอะคริลิคจะเสียค่าวัสดุประมาณกล่องละ 1990 บาท เมื่อเทียบกับที่บุด้วยสังกะสีเสียค่าวัสดุรวมทั้งค่าแรงงานประมาณกล่องละ2000 บาท แต่เนื่องจากคุณสมบัติของสังกะสีที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการเก็บรักษาผักและผลไม้โดยใช้น้ำแข็งแห้งจึงไม่เลือกใช้กล่องที่บุด้วยสังกะสี

ข้อเสนอแนะการทดลอง

จากข้อมูลการทดลอง เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบกล่องต้นแบบ ถ้าจะทำกล่องต้นแบบที่ใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการเก็บรักษาความเย็น รวมถึงทางด้านการใช้งาน จะต้องหาวัสดุที่มีคุณสมบัติทางด้านกายภาพใกล้เคียงกับอะคริลิคพลาสติกให้มากที่สุดเนื่องจากจากการทดลองอะคริลิกพลาสติกสามารถรักษาความเย็นในระดับที่ต้องการได้ในระดับหนึ่ง แต่คุณสมบัติที่ด้อยของอะคริลิคพลาสติกคือด้านความแข็งแรงทำให้อาจมีปัญหาในการใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ดร.งามทิพย์ ภู่วโรดม.2537. ก๊าซสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.170 หน้า
2. ดร.สายชล เกตุษา .2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผล ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 349 หน้า
3. วิชัย หฤทัยธนาสันต์.2521. หลักการถนอมและแปรรูปผักและผลไม้เบื้องต้น. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 122 หน้า
4. รุ่งระวี ถาวรพานิช. 2539. สรุปการบรรยายพิเศษอุตสาหกรรมการแช่เย็งอาหาร. ศีรสิน. 2(4) :12-13
5. รวิวรรณ คงคาน้อย. 2537. บทบาทของคาร์บอนไดออกไซด์ในงานอุตสาหกรรม. วิศวกรรมการผลิต . :52-57
6. ภวัฒน์ วิฑูรปกรณ์ , ชำนาญ วิฑูรปกรณ์ . โครงสร้างของฉนวนความร้อนกับความเหมาะสมในการใช้งาน. เทคนิค เครื่องกล ไฟฟ้า อุตสาหการ. :77-82
7. ผศ.วรรณา ตั้งเจริญชัย. เอกสารประกอบการปฏิบัติการเคมีอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
8. AOAC. 1975. Association of Official Analifical Chemists, 12 th ed. Washington,D.C. Association of Official Analifical Chemists. Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการเตรียมสารและวิธีการทดลอง

ก.1) การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด โดยวิธีของ AOAC

1.1 การเตรียมสาร

1.1.1 สารเคมี

1) Sodium hydroxide

2) Potassium phthalate

3) Phenolpthalein : เตรียมจากสารละลาน 1 กรัม ใน neutral 95 % Alcohol จนละลายหมด แล้วทำให้ปริมาตรเป็น 100 ml

1.1.2 การหานอร์มอลลิตี้ของโวเดียมไฮดรอกไซด์

1) เตรียมสารละลาย NaOH 0.1 N (โดยประมาณ) ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 กรัมในกระจกนาฬิกา ละลายสารด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตรในบิกเกอร์ 50 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้สักครู่ พร้อมกับปิดปากบิกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา

2) ดูดสารละลายส่วนที่ใสในบิกเกอร์ประมาณ 5.5 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร ปิดจุกเขย่าให้สารละลายผสมกันด้วยดี

3) ชั่งโปตัสเซียมพาทาเลต ที่อบแห้งที่ 120 C นาน 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดสซิเคเตอร์ แล้วชั่งด้วยตาชั่งละเอียด 0.6000-0.7000 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 50-75 มิลลิลิตร

4) หยดสารละลายฟีนอล์ทาลีน 1 เปอร์เซ็นต์ ลงในสารละลายพาทาเลต จำนวน 2 หยด

5) นำสารละลายพาทาเลต ไปไตเตรตกับสารละลายด่างที่บรรจุในบิวเรต จนสารละลายพาทาเลต เปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อน และสีชมพูยังคงไม่เปลี่ยนภายในเวลา 1 นาที

6) ทำการทดลองซ้ำโดยใช้สารละลายด่างในขวดที่เตรียมไว้อีก 2 ครั้ง บันทึกปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

$$\text{Normality NaOH} = \frac{\text{น้ำหนัก(กรัม)} KHC_8H_4O_4 \times 1000}{\text{มิลลิลิตร NaOH} \times 204.229}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วิธีวิเคราะห์

1) บดผักหรือผลไม้ที่ต้องการทดสอบ ทำโดยการนำผักหรือผลไม้ 50 กรัม มาปั่นด้วยเครื่องปั่น (Blender) เขย่าน้ำผักหรือผลไม้ให้ผสมกันดี แล้วกรองด้วยผ้ากรองที่แห้งและสะอาด

2). ดูดสารละลายผักและผลไม้ด้วย ปีเปต จำนวน 5 มิลลิลิตรลงใน Erlenmeyer flask 250 มิลลิลิตร หยด phenolpthalein (1%) จำนวน 1-2 หยด เขย่าให้เข้ากัน

3). นำสารละลายไป ไตเตรต กับสารละลายมาตรฐาน NaOH จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน ทำการทดลองซ้ำ

การคำนวณ

$$\%\text{ความเป็นกรด} = \frac{\text{ml.NaOH} \times \text{Normality NaOH} \times \text{Equivalent wt.of acid} \times 100}{\text{ml. (or gm.)sample} \times 1000}$$

ก.2) การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด โดยใช้ pH-meter

วิธีการ

1. Standardize เครื่อง pH-meter ด้วยการใช้ buffer pH 4.00 และ pH 7.00 ตามลำดับ

2. วัดค่า pH ของสารละลายผักและผลไม้ ที่ได้จากการปั่นด้วยเครื่องปั่น(Blender) ในบิกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3) การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์โดยเครื่อง Gas Chromatography

วิธีการ

1. ทำการ Calibrate เครื่อง Gas Chromatography โดยการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาตรฐาน โดยการปรับความเข้มข้นให้เท่ากับความเข้มข้นที่บอกไว้ข้างถัง

2. เมื่อปรับความเข้มข้นได้แล้ว ทำการวัดความเข้มข้นของ คาร์บอนไดออกไซด์ในกล่องที่บรรจุผักและผลไม้ โดยใช้หลอดฉีดยาขนาดเล็กเจาะเข้าไปในถุงที่บรรจุผักและผลไม้ และใช้สายยางเสียบไว้ในกล่องเพื่อวัดความเข้มข้นของ คาร์บอนไดออกไซด์ในกล่อง

3. ใช้หลอดฉีดยาที่มีขีดบอกปริมาตรดึงก๊าซออกมาจากสายยางที่มีวาล์วปิดเปิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ติดตั้งอยู่

4. นำตัวอย่างไปวัดความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยเครื่อง Gas Chromatography ที่ 12 และ 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา เมื่อใช้กล่องทดลองที่ปริมาตรต่างๆ

วิธีการทดลอง ใช้น้ำแข็งแห้ง 1 กก. โดยใส่ในกล่องเล็กจำนวน2 กล่อง ๆละ 0.5 กก. แล้ววางด้านข้างกล่องทดลอง

กล่องทดลองขนาดใหญ่ ปริมาตร 0.08 ลบ.ม.

กล่องทดลองขนาดกลางปริมาตร 0.06 ลบ.ม.

กล่องทดลองขนาดเล็ก ปริมาตร 0.03 ลบ.ม.

เวลา(ชั่วโมง)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
อุณหภูมิ(C)	จุดที่1	22.1	18.2	14.6	14.5	14.7	14.8	15	15.1	15.2	15.5	15.7	16	16.2	16.5	16.7	16.7	16.2	16.1	16.7	18.2	19.2	19.9	20.6	21.3	22	22.5	22.8	23.2	23.7	24.3	25.2
	จุดที่2	21	17.8	13.9	13.7	13.9	14.1	14.3	14.5	14.6	14.8	15.1	15.4	15.7	15.9	16.1	16.3	15.8	15.7	16.1	17.6	18.6	19.4	20.1	20.8	21.5	22.1	22.6	22.8	23.5	24.2	25.2
	จุดที่3	22.3	21.4	11.7	10.8	11	11.4	11.7	12.1	12.3	12.6	12.9	13.2	13.5	13.7	13.9	14.1	13.6	13.5	14.1	15.7	16.8	17.8	18.8	19.7	20.5	21.5	22.4	23.5	25.3	25.9	26.4
	จุดที่4	22	21.1	10.6	9.7	9.9	10.3	10.6	11	11.2	11.5	11.9	12.1	12.5	12.7	13	13.1	12.7	12.5	13.1	14.7	15.9	16.8	17.9	18.9	19.8	20.8	21.9	23.1	24.9	25.9	26.4
	จุดที่5	22.1	16.8	8.7	7.6	7.5	7.7	7.9	8.1	8.4	8.7	9.1	9.4	9.8	10	10.3	10.5	10.1	10.1	11	12.9	14.2	15.2	16.1	17	17.9	18.7	19.4	20	21	22.2	24.7
	จุดที่6	21.8	15.9	4	5.6	5.6	5.8	6	6.3	6.5	6.9	7.3	7.7	8	8.2	8.5	8.8	8.5	8.5	9.3	11.3	12.7	13.7	14.7	15.6	16.5	17.4	18.2	19	20.1	21.5	22.9

ตารางที่ 1ข ข้อมูลการทดลองเมื่อใช้กล่องทดลองปริมาตรต่างๆ โดยใช้น้ำแข็งแห้ง 1 กิโลกรัม

ทดลองหาความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลาเมื่อใช้กล่องทดลองที่มีปริมาตรต่างๆ

วิธีการทดลอง ใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กก.ใส่ในกล่องเล็ก2กล่องๆละ 1 กก. วางด้านข้างกล่องทดลอง

เวลา(ชั่วโมง)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
อุณหภูมิ(C)	จุดที่1	21.9	9.6	6	5	4.6	4.6	4.6	4.8	4.9	5.1	5	5.4	5.6	5.6	5.9	6.2	6.5	7	7.5	8.2	9	9.7	11.4	13	14.3	15.5	17	18.9	21	23	24.6								
	จุดที่2	21.9	8.9	5.1	3.8	3.4	3.3	3.4	3.5	3.7	3.9	3.7	4.1	4.4	4.5	4.7	5.1	5.4	5.9	6.5	7.1	7.9	8.6	10.3	12	13.3	14.5	16.2	18.4	20.5	22.9	24.7								
	จุดที่3	23.6	7.5	3.7	2.9	2.9	3.1	3.3	3.5	3.8	3.9	3.7	4.2	4.5	4.5	4.9	5.3	5.6	6.2	6.7	7.2	7.5	8.6	9.6	10.5	11.2	12	13	14	15	16.1	17.3	18.8	20.5	22.6	24.3	25.2			
	จุดที่4	23.4	6.7	2.6	1.8	1.8	2	2.2	2.5	2.8	2.8	2.6	3.1	3.4	3.5	3.8	4.3	4.5	5.2	5.7	6.2	6.4	7.6	8.6	9.4	10.3	11.1	12.1	13.1	14.2	15.5	16.8	18.4	20.2	22.4	24.2	25.2			
	จุดที่5	20.8	3.4	-1.6	-3.3	-3.9	-4.1	-4.1	-4	-3.9	-3.8	-4	-3.6	-3.3	-3.3	-3.1	-3	-2.9	-2.5	-2.1	-1.6	-1.1	-0.7	0.5	1.8	2.9	4	5.3	6.4	7.5	8.5	9.7	11.1	12.9	15.1	17.5	20.1	22.4	24.2	25.3
	จุดที่6	20.7	2.5	-3.3	-5.2	-5.9	-6.2	-6.2	-6.1	-6	-6	-6.1	-5.8	-5.5	-5.4	-5.3	-5.2	-5	-4.8	-4.3	-3.8	-3.3	-3	-1.8	-0.4	0.7	1.9	3.3	4.3	5.4	6.6	7.8	9.3	11.3	13.7	16.4	19.4	22.1	24	25.1

ตารางที่ 2 ข. ข้อมูลการทดลองเมื่อใช้กล่องทดลองปริมาตรต่างๆ โดยใช้น้ำหนักน้ำแข็งแห้ง 2 กิโลกรัม

หมายเหตุ จุดที่ 1 คือจุดกึ่งกลางกล่องทดลองใหญ่ ที่มีปริมาตร 0.08 ลบ.ม

จุดที่ 2 ห่างจากพื้นล่างกล่องทดลองขนาดใหญ่ 5 ซม.

จุดที่ 3 คือจุดกึ่งกลางกล่องทดลองขนาดกลางปริมาตร 0.06 ลบ.ม.

จุดที่ 4 ห่างจากพื้นล่างกล่องทดลองขนาดกลาง 5 ซม.

จุดที่ 5 คือจุดกึ่งกลางกล่องทดลองขนาดเล็ก ปริมาตร 0.03 ลบ.ม.

จุดที่ 6 ห่างจากพื้นล่างกล่องทดลองขนาดเล็ก 5 ซม.

ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาเมื่อใช้โฟมหนาต่างกัน

วิธีการทดลอง ใช้ความหนาของโฟม 2 นิ้ว และใช้น้ำแข็งแห้ง 1กก. วางบนโฟมโดยตรงที่พื้นล่างตรงกลางกล่อง

เวลาชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
อุณหภูมิ(C) จุดที่1	7.5	2.2	4.8	6.5	7.8	8.9	9.8	11.1	12.5	14.5	15.9	17	17.9	18.7	19.6	20.3	21.4	22.4	23.1	24	
จุดที่2	13.9	6.8	8.7	10	11	11.9	13.6	14.7	15.1	16.8	18	19.2	19.6	20.8	21.2	21.9	22.7	23.3	24.1	24.6	
จุดที่3	14.9	8.8	10.4	11.6	12.4	13.2	13.6	14.6	15.9	17.5	18.7	19.6	20.3	20.9	21.6	22.4	23.1	23.8	24.5	25	

ตารางที่ 3ข ข้อมูลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาเมื่อใช้ความหนาโฟม 2 นิ้ว น้ำหนักน้ำแข็งแห้ง 1 กก.

ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาเมื่อใช้ความหนาโฟมต่างกัน

วิธีการทดลอง ใช้ความหนาโฟม 1.5 นิ้ว และใช้น้ำแข็งแห้ง 1 กก.วางบนโฟมโดยตรงที่พื้นล่างตรงกลางกล่อง

เวลา(ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
อุณหภูมิ(C) จุดที่1	6.8	4.4	7	8.8	9.9	11.3	12.5	13.5	14.9	16.7	18.2	19.4	20.5	21.4	22.2	23.1	24	24.8	25.5	26	
จุดที่2	15.3	10.8	12.4	13.6	14.2	15.1	15.8	16.6	17.8	19.4	20.5	21.5	22.3	23	23.7	24.4	25	25.3	26.3	26.7	
จุดที่3	15.3	11.2	12.8	13.9	14.5	15.3	16	16.7	17.9	19.5	20.7	21.6	22.4	23.1	23.8	24.5	25.2	25.9	26.4	26.9	

ตารางที่ 4 ข ข้อมูลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาเมื่อใช้ความหนาโฟม 1.5 นิ้ว น้ำหนักน้ำแข็งแห้ง 1 กก.

ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฉนวนกับอุณหภูมิ

วิธีทดลอง ใช้ความหนาของโฟม 1 นิ้ว และใช้น้ำแข็งแห้ง 1 กก.วางบนโฟมที่พื้นล่างตรงกลางกล่อง

เวลา(ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
อุณหภูมิ(C) จุดที่1	23.7	9.1	9.9	11.2	12.3	13.2	14.2	15	15.8	16.1	16.8	19.6	21	21.9	22.4	21.7	22.3				
จุดที่2	25.5	14.1	14.2	15	15.7	16.3	17	17.5	18	18.1	18.6	21.2	22.4	23.2	23	22	23.1				
จุดที่3	26.2	16.3	16.2	16.9	17.2	17.7	18.1	18.5	18.7	18.9	19.3	21.8	23	23.8	24.1	23.1	23.4				

ตารางที่ 5 ข ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาเมื่อใช้ความหนาโฟม 1 นิ้ว น้ำหนักน้ำแข็งแห้ง 1 กก.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาเมื่อใช้ความหนาโฟมต่างกัน

วิธีการทดลอง ใช้โฟมหนา 2 นิ้ว และใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กก.วางบนโฟม โดยวางที่พื้นล่างตรงกลางกล่อง

เวลา(ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
อุณหภูมิ(C) จุดที่1	27	17	0.1	2.2	3.7	4.7	5.5	6.5	7.3	8.2	9.1	9.9	10.8	10.5	11.1	11.6	12.4	13	14	14.7	16.2	16.2	16.5	17.8	18.9	18.5	18.5	18.5	18.6	19.5	19.3
จุดที่2	27	17	3.5	5.5	6.7	7.4	8.1	9	9.7	10.4	11.2	11.8	12.7	12.2	12.6	13.1	13.8	14.3	15.3	16	17.5	17.2	17.5	18.8	19.8	19.3	19.3	19.2	19.4	19.6	19.9
จุดที่3	27	17	5.5	7.3	8.5	9.5	10.2	10.5	11.7	12	13.2	14.1	14.5	14.9	14.9	15.4	15.9	16.2	17.4	17.4	17.9	18.2	18.7	19.5	19.8	19.3	19.4	19.5	19.5	19.7	20.1

ตารางที่ 6 ข ข้อมูลการทดลองความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา เมื่อใช้ความหนาโฟม 2 นิ้ว และน้ำแข็งแห้ง 2 กิโลกรัม

ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาเมื่อใช้ความหนาโฟมต่างกัน

วิธีการทดลอง ใช้ความหนาโฟม 1.5 นิ้ว ใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กิโลกรัม วางบนโฟมโดยวางไว้ที่พื้นล่าง ตรงกลางกล่อง

เวลา(ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
อุณหภูมิ(C) จุดที่1	27	17	-3.4	0.3	3	5	6.9	8.7	10.5	12.3	14.3	16.1	17.6	17.6	18.3	19.2	20.5	21.1	22.1	22.7	23.7	23.3	23.4	25	25.7	24.6	24	23.6	23.4	23.3	23.3
จุดที่ 2	27	17	1.3	4.3	6.1	7.7	9.3	10.9	12.4	14	15.7	17.2	18.6	18.6	19.2	20	21	21.5	22.4	23	24	23.5	23.6	25.1	25.8	24.6	24	23.6	23.4	23.4	23.3
จุดที่ 3	27	17	3	6	7.5	8.9	11.2	11.9	14	15.5	17.1	18.6	19.5	20.6	20.9	21.6	22.4	22.7	22.9	23	23	23.4	24.1	25.2	26	24.7	24	23.6	23.4	23.4	23.4

ตารางที่ 7 ข ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาเมื่อใช้ความหนา1.5 นิ้ว น้ำแข็งแห้ง 2 กก.

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฉนวนกับอุณหภูมิ

วิธีการทดลอง ใช้ความหนาโฟม 1 นิ้ว ใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กก. วางบนพื้นโฟมโดย วางที่พื้นล่างตรงกลางกล่อง

เวลา(ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
อุณหภูมิ(C) จุดที่1	27.1	17	-1.5	0.9	3.1	5	6.9	8.6	10	11.2	12.4	13.5	14.4	14.2	14.5	15	15.9	16.4	17.4	18.2	19.6	19.5	19.8	21.3	21.9	21.4	20.8	20.8	20.9	21.1	21.3
จุดที่2	27.1	17	2.7	4.6	6.3	7.8	9.5	11	12.2	13.2	14.3	15.2	16	15.7	15.9	16.3	17.1	17.5	18.5	19.1	20.4	20.2	20.5	21.7	22.4	21.5	21.3	21.2	21.3	21.4	21.6
จุดที่ 2	27	17	4.5	6.1	7.8	9.4	11.1	12.8	13.9	15	15.8	15.9	17.8	18.1	18.4	18.9	18.9	19.3	19.5	19.8	20	20.4	20.6	21.6	22.3	21.5	21.2	21.2	21.3	21.5	21.7

ตารางที่ 8 ข ข้อมูลการทดลองความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา เมื่อความหนาโฟม 1 นิ้ว น้ำหนักน้ำแข็งแห้ง 2 กก.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ทดลองหาความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา

วิธีการทดลอง ใช้นำแข็งแห้ง 2 กก. ใส่ในกล่องโฟมขนาดเล็ก โดยเจาะรูที่ฝาปิดให้มีเส้นผ่ศูนย์กลาง 3 ซม. กล่องละ 0.5 กก.โดยวางไว้ 4 มุมในกล่องใหญ่

เวลา(ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
อุณหภูมิ(C) จุดที่1	24.7	2.9	3	3.5	4.2	4	4.6	5.2	5.7	6.3	6.8	7.2	7.7	7.8	7.9	8.3	8.6	9.1	9.7	9.8	9.9	10.5	10.7	11	12	13.2	14.4
จุดที่2	24.9	6.2	6.4	6.9	7.5	7.3	7.9	8.4	8.9	9.6	9.9	10.3	10.7	10.7	10.7	11	11.3	11.7	12.2	12.3	12.3	12.7	12.9	13.1	14	15.1	16.1
จุดที่3	21	11.1	11.2	11.6	12	11.7	12.2	12.7	13	13.5	13.8	14.1	14.4	14.1	14.1	14.2	14.5	14.8	15.1	15.2	15.1	15.4	15.4	15.5	16.4	17.4	18.2

ตารางที่ 9 ข ข้อมูลความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา เมื่อใช้กล่องโฟมขนาดเล็ก เจาะรูที่ฝาปิดกล่อง น้ำหนักน้ำแข็งแห้ง 2 กิโลกรัม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ทดลองหาความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา โดยวางน้ำแข็งแห้งไว้ด้านบน

วิธีการทดลอง น้ำแข็งแห้ง 1 กก.วางบนตะแกรงด้านบน ความหนาโฟม 1 นิ้ว

เวลา(ชั่วโมง)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
อุณหภูมิ(C)	จุดที่1	24.2	23.7	22.9	-10	-10	-8.9	-6.9	-3.9	-0.8	10.2	19.7	24.5	26.1	26.5	26.7
	จุดที่2	24.5	24	23.3	-7.6	-6.9	-5.6	-3.9	-1	2	13.1	21	25	26.5	26.6	27
	จุดที่3	24.5	24.1	23.4	-7.1	-6.5	-5.3	-3.8	-0.7	2.2	12.9	20.7	25.1	26.5	26.9	27

หมายเหตุ จุดที่ 1ห่างจากตะแกรง 28.5 ซม.

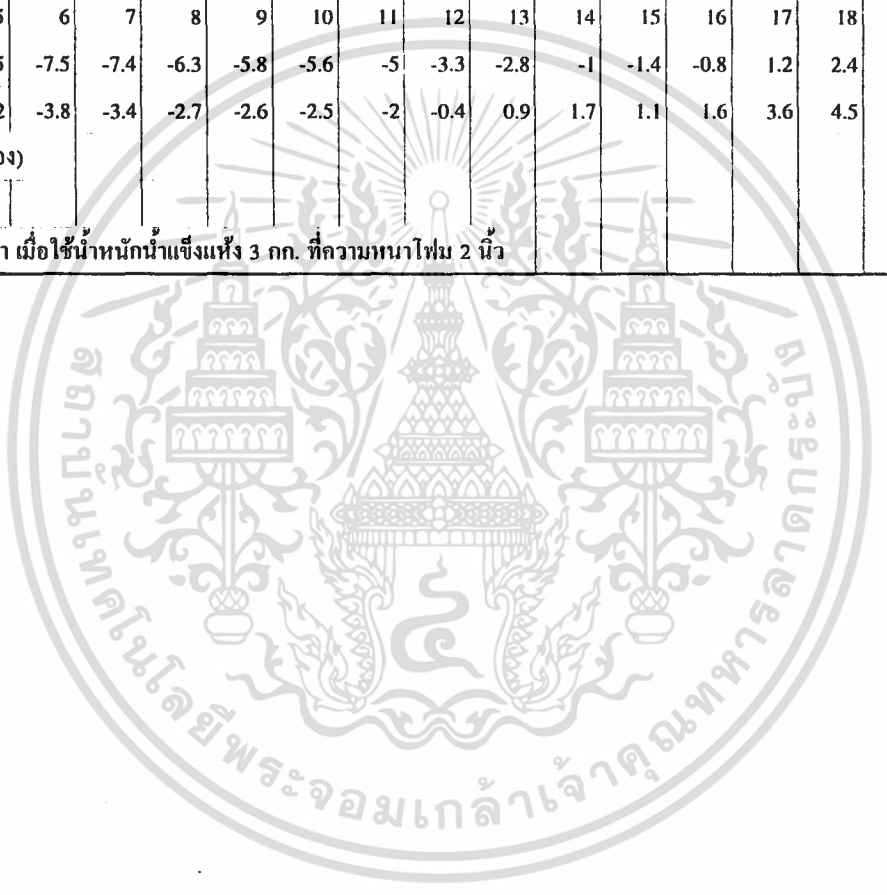
จุดที่ 2 ห่างจากตะแกรง 14 ซม.(จุดกึ่งกลางกล่อง)

จุดที่ 3 ห่างจากตะแกรง 4 ซม.

ตารางที่ 10 ข ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา เมื่อวางน้ำแข็งแห้งด้านบนกล่อง น้ำหนักน้ำแข็งแห้ง 1 กิโลกรัม

	ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา																								
	วิธีการทดลอง น้ำแข็งแห้ง 3 กก.ความหนาโฟม 2 นิ้ว วางน้ำแข็งแห้งด้านล่างตรงกลางกล่องทดลอง																								
เวลา(ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	36
อุณหภูมิ(C) จุดที่1	22.8	-9.1	-11.5	-10.5	-10	-8.5	-7.5	-7.4	-6.3	-5.8	-5.6	-5	-3.3	-2.8	-1	-1.4	-0.8	1.2	2.4	3.7	4.5	5.7	7.4	9.9	14.2	19.6	24.4
จุดที่2	23.1	-5.2	-7.2	-7.1	-6.8	-5.2	-3.8	-3.4	-2.7	-2.6	-2.5	-2	-0.4	0.9	1.7	1.1	1.6	3.6	4.5	5.7	6.4	7.4	8.9	10.9	14.8	20	24.4
หมายเหตุ จุดที่ 1 ห่างจากพื้นล่างกล่อง 19 ซม.(จุดกึ่งกลางกล่อง)																											
จุดที่ 2 ห่างจากพื้นล่างกล่อง 37 ซม.																											

ตารางที่ 11 ข ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา เมื่อใช้น้ำหนักน้ำแข็งแห้ง 3 กก. ที่ความหนาโฟม 2 นิ้ว



ทดลองหาความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา โดยการไม่เจาะรูที่ฝาปิดกล่องเล็ก

วิธีการทดลอง ใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กก. ใส่ในกล่องเล็ก2กล่องๆ ละ 1กก.โดยไม่เจาะรูฝาปิดแล้ววางในกล่องทดลองปริมาตร 0.08 ลบ.เมตร

เวลา(ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
อุณหภูมิ(C) ชุดที่1	23	10.7	7.1	6	5.7	5.6	5.5	5.6	5.6	5.7	6	6	6.4	6.6	6.8	7	7.2	7.5	7.7	7.9	8.4	9.2	9.8	9.7	9.9	10.7	11.3	12.4	13.3	14.2	15.5	16.9	18.8	20.2	22.2	23.9
ชุดที่2	23	11.9	8.8	8	7.7	7.8	8.2	8.2	8.2	8.2	8.5	8.5	8.8	9	9.1	9.5	9.7	9.9	10.1	10.5	11	11.8	12.3	12.1	12.5	12.8	13.5	14.3	15	16	16.8	18	19.7	20.9	22.3	24.2
ชุดที่3	23	11.2	7.8	6.8	6.5	6.4	6.7	6.7	6.8	6.9	7	7	7.2	7.5	7.6	7.8	8	8.3	8.5	8.9	9.5	10.1	10.9	10.6	10.9	11.1	12.1	13.2	14	14.7	15.9	17.7	19.4	20.9	22.2	24.2

ตารางที่ 12 ข ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาเมื่อใช้กล่องเล็ก โดยไม่เจาะรู

ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา โดยการเจาะรูในกล่องขนาดเล็กที่วางในกล่องใหญ่

วิธีการทดลอง ใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กก.ใส่ในกล่องเล็กกล่องละ 1กก.ทำการเจาะรูบนฝาปิดกล่องขนาดเล็ก 1 รู เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม.แล้ววางในกล่องทดลองปริมาตร 0.08 ลบ.เมตร

เวลา(ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
อุณหภูมิ(C) ชุดที่1	23	10.6	7	5.9	5.6	5.6	5.5	5.6	5.6	5.8	5.9	6.1	6.3	6.5	6.8	7	7.2	7.4	7.7	8	8.5	9.3	9.8	9.6	9.7	10.4	11.4	12.3	13.2	14.1	15.4	17	18.7	20.4	22.1	23.8
ชุดที่2	23	12	8.8	8	7.8	7.8	8	8	8.1	8.2	8.4	8.5	8.7	8.9	9.2	9.4	9.6	9.9	10.2	10.4	10.9	11.7	12.1	11.8	12	12.6	13.6	14.2	15.1	15.8	16.9	18.1	19.6	21.1	22.2	24.1
ชุดที่3	23.1	11.3	7.7	6.7	6.4	6.4	6.5	6.5	6.6	6.8	6.9	7	7.2	7.4	7.7	7.9	8.1	8.4	8.7	9	9.4	10.2	10.7	10.4	10.6	11.2	12.2	13.1	13.9	14.8	16	17.5	19.2	20.9	22.3	24.1

ตารางที่13 ข ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาเมื่อเจาะรูกล่องเล็ก 1 รู

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ทดลองหาความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา โดยการเจาะรูฝากล่องเล็กที่วางในกล่องทดลอง

วิธีการทดลอง ใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กก.ใส่ในกล่องเล็ก ที่เจาะรู 2 รู บนฝากล่อง เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม. กล่องละ 1กก.วางในกล่องทดลองที่มีปริมาตร 0.08 ลบ.เมตร

เวลา(ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
อุณหภูมิ(C) จุดที่1	21.9	10.3	5.5	4.9	4.6	5	5.2	5.2	5.3	5.5	5.7	5.8	5.9	6.2	6.4	6.6	6.8	7.2	7.1	7.3	7.5	7.8	8.4	9.5	10.2	11	11.9	12.7	13.5	14.9	16.5	18.2	20.1	22	23	23.9	24.2	24.4	24.8	25	25.1
จุดที่2	21.4	11.1	7.2	6.7	6.7	7.1	7.3	7.3	7.5	7.7	7.9	8	8.1	8.4	8.6	8.8	9	9.3	9.3	9.4	9.6	9.9	10.5	11	12.1	12.9	13.6	14.4	15.1	16.4	17.9	19.4	20.6	22.5	23.3	24.2	24.4	24.6	25.1	25.2	25.3
จุดที่3	21.6	10.4	5.9	5.3	5.3	5.6	5.9	5.9	6.1	6.2	6.4	6.5	6.7	6.9	7.1	7.3	7.5	7.8	7.8	7.9	8.1	8.4	9	10.1	10.8	11.5	12.3	13.1	13.9	15.3	16.9	18.6	20.4	22.2	23.2	24	24.2	24.5	25	25.2	25.2

ตารางที่ 14 ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา เมื่อเจาะรูกล่องเล็ก 2 รู

ทดลองหาความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา โดยการเจาะรูที่ฝากล่องเล็กที่วางในกล่องทดลอง

วิธีการทดลอง ใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กก. ใส่ในกล่องเล็กกล่อง 2 กล่อง ๆละ1กก.โดยเจาะรูที่ฝากล่องเล็ก 3 รู เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม.แล้ววางในกล่องทดลองที่มีปริมาตร 0.08 ลบ.เมตร

เวลา(ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
อุณหภูมิ(C) จุดที่1	24.6	12.7	8.9	7.6	7	6.8	6.7	6.7	6.7	6.8	6.9	7.1	7.3	7.5	7.7	8	8.2	8.5	8.8	9.2	9.4	9.8	9.9	10.1	10.4	10.9	11.6	12.4	13.5	14.5	16.3	18.2	20.6	22.8	24.4	25.1
จุดที่2	24.7	13.6	10.4	9.6	9	8.9	8.8	8.8	8.9	9	9.2	9.3	9.5	9.7	9.9	10	10.4	10.6	10.9	11.3	11.7	11.7	11.8	12	12.2	12.7	13.3	14.1	15.1	16	17.8	18.7	21	23.1	24.5	25.2
จุดที่3	24.9	12.6	9.5	8.2	7.7	7.5	7.5	7.5	7.5	7.6	7.7	7.9	8.1	8.3	8.5	8.7	9	9.2	9.5	9.9	10.3	10.4	10.5	10.7	11	11.5	12	12.8	13.9	14.9	16.7					

ตารางที่ 15 ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา เมื่อเจาะรูกล่องเล็ก 3 รู

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ทดลองหาความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว

วิธีการทดลอง ใช้ Co2 เหลว ใสในกล่องทดลองปริมาตร 0.03 ลบ.เมตร โดยอัด Co2ไว้ด้านข้างกล่อง น้ำหักคาร์บอนไดออกไซด์เหลว กรัม

เวลา(ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
อุณหภูมิ(C) จุดที่1	11.4	-3	4	7.5	8.9	10.7	14.2	16.5	18.7	21.1	25.1
จุดที่2	11.3	-2	5	8.2	9.5	11	13	16.1	18.2	20.8	24.9
จุดที่3	11.5	2	7	9.7	11.2	13.4	14.7	15.8	19.2	20.5	25

ตรางที่ 16 ข ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา เมื่อใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว กรัมในกล่องปริมาตร 0.03 ลบ.เมตร

ทดลองหาความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว

วิธีการทดลอง ใช้ Co2 เหลวน้ำหนัก กรัม. ใส่ไว้ด้านข้างในกล่องทดลองปริมาตร 0.08 ลบ.เมตร

เวลา(ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
อุณหภูมิ(C) จุดที่1	13	-1	3.7	6.2	8.4	11.2	13.5	15.7	18.1	19.7	23.4
จุดที่2	13	2	4.5	6.5	7.4	9.9	13.2	15.2	17.4	19.9	24
จุดที่3	12.9	1	3.5	5.8	7.7	10.1	14.2	16.5	18.7	21.1	24.3

ตารางที่ 17 ข ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา เมื่อใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว กรัมในกล่องปริมาตร 0.08 ลบ.เมตร

หมายเหตุ จุดที่ 1 ห่างจากพื้นล่าง 5 ซม.

จุดที่ 2 ห่างจาก พื้นล่าง 19 ซม.(จุดกึ่งกลางกล่อง)

จุดที่ 3 ห่างจากขอบบน 7 ซม.

ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลากล่องต้นแบบที่บุด้วยสังกะสี โดยไม่มีผักในการทดลอง

วิธีการทดลอง ใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กก. โดยวางด้านข้างกล่องต้นแบบข้างละ 1 กก. โดยไม่ต้องใส่กล่องเล็ก

เวลา(ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
อุณหภูม(C) จุดที่1	25.8	-5.6	-7.7	-7	-6	-3.3	-0.9	0.2	6.1	13.1	21.8	24.7	25.8
จุดที่2	25.5	-10.3	-12.8	-12.2	-11.2	-8.3	-5.5	-4.3	2.7	10.8	21.6	24.7	25.7
จุดที่3	25.6	-13.6	-16.2	-15.7	-14.9	-11.7	-8.8	-7.6	0.1	8.9	21.2	24.6	25.6
จุดที่4	24.9	-14.4	-16.7	-16.1	-15.2	-12	-9.2	-7.9	0.7	9.5	21.5	24.5	25.6
จุดที่5	24.8	-13.9	-16.5	-16.2	-15.3	-11.9	-9.1	-7.6	0.5	9.3	21.4	24.3	25.4
จุดที่6	24.8	-14.2	-16.4	-16.3	-15.1	-11.8	-8.9	-7.8	0.5	9.4	21.3	24.4	25.7

ตารางที่ 18 ข ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุรหภูมิกับเวลาของกล่องต้นแบบที่บุดวยสังกะสี

ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของกล่องต้นแบบที่บุด้วยอะคริลิคโดยไม่มีผักในการทดลอง

วิธีการทดลอง น้ำแข็งแห้ง 2 กก.ใสในกล่องเล็ก 2 กล่อง วางไว้ด้านข้างกล่องต้นแบบ

เวลา (ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
อุณหภูมิ(C) จุดที่1	24.2	17.1	13.2	10.8	9.4	8.7	8.3	8.1	8	8	8	8.2	8.4	8.6	8.8	9.1	9.2	9.1	9	9.2	9.8	10.5	11.2	12	12.8	13.5	14.4	15.4	16.6	17.9	19.4	20.9	22.4	23.6	24.6
จุดที่2	24.6	18.1	14.2	11.8	10.6	9.9	9.4	9.3	9.2	9.2	9.3	9.4	9.6	9.8	10	10.4	10.3	10.2	10	10.3	10.9	11.6	12.4	13.1	13.8	14.7	15.4	16.3	17.5	18.7	20	21.4	22	24	24.9
จุดที่3	25.2	20.1	16.2	14	12.7	12.1	11.7	11.5	11.4	11.4	11.5	11.6	11.8	12	12.2	12.5	12.4	12.2	12.1	12.4	13	13.6	14.3	15	15.7	16.4	17	17.9	18.8	19.9	21	22.1	23.3	24.4	25.2
จุดที่4	25.4	20.2	16.2	13.8	12.5	11.8	11.4	11.2	11.1	11.1	11.2	11.3	11.5	11.7	11.9	12.2	12.2	12	11.8	12.1	12.8	13.4	14.1	14.8	15.5	16.2	16.8	17.6	18.6	19.6	20.8	21.9	23.1	24.2	25.1
จุดที่5	25.4	20.5	16.3	14	12.7	11.9	11.6	11.3	11.2	11.2	11.2	11.3	11.6	11.9	12	12.4	12.4	12.1	11.9	12.2	12.9	13.5	14.2	14.9	15.5	16.4	16.9	17.8	18.9	19.9	20.9	22	23.2	24.2	25.3
จุดที่6	25.3	20.4	16.4	14.2	12.9	12.2	11.9	11.7	11.5	11.6	11.6	11.7	11.9	12.2	12.3	12.8	12.6	12.4	12.1	12.6	13.2	13.9	14.5	15.1	15.7	16.6	17	17.9	18.9	19.8	20.9	22	23.2	24.3	25.1

ตารางที่ 19 ข ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ของกล่องต้นแบบที่บุด้วยอะคริลิคพลาสติก

มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในกล่องต้นแบบที่บุด้วยยอะคริลิค

วิธีการทดลอง ใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กก.ใส่ในกล่องต้นแบบที่บุด้วยยอะคริลิค โดยใช้สตรอเบอร์รีเป็นผลไม้ทดลอง

เวลา(ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
อุณหภูมิ(C) จุดที่1	21.9	19.9	18.3	17.1	16.2	15.4	14.8	14.3	13.8	13.5	13.2	12.9	12.7	12.6	12.5	12.5	12.6	12.5	12.6	12.7	13	13.2	13.6	13.9	14.4
จุดที่2	22.5	20.5	18.9	17.6	16.7	16	15.4	14.9	14.4	14.2	13.9	13.6	13.5	13.3	13.4	13.4	12.9	12.8	12.9	13.1	13.5	13.9	14.2	14.6	15.1
จุดที่3	21.5	19.3	17.8	16.7	16.1	15.6	15.1	14.7	14.4	14.2	14	13.8	13.8	13.9	13.9	13.8	14.1	14	14.1	14.3	14.7	15	15.3	15.6	16.1
จุดที่4	21.6	19.4	17.9	16.8	16.3	15.8	15.4	15	14.7	14.5	14.3	14.1	14.1	13.9	13.9	13.9	13.8	13.7	13.8	14	14.5	14.8	15.1	15.4	15.9
จุดที่5	21.8	19.8	18.3	17.2	16.8	16.2	15.8	15.4	15.1	14.8	14.5	14.3	14.4	14.5	14.6	14.5	14.4	14	14	14.2	14.7	15	15.3	15.6	16.1
จุดที่6	22.4	20.3	17.8	17.5	17.1	16.5	16	15.6	15.2	14.9	14.7	14.4	14.5	14.7	14.8	14.6	14.9	14.7	14.7	14.9	15.4	15.7	15.9	16.2	16.7

ตารางที่ 20 ข ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาในกล่องต้นแบบอะคริลิค โดยใช้สตรอเบอร์รีเป็นผลไม้ทดลอง

ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาในกล่องต้นแบบที่บุด้วยยอะคริลิค

วิธีการทดลอง ใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กก.ใส่ในกล่องต้นแบบที่บุด้วยยอะคริลิค โดยใช้ถั่วฝักยาวเป็นผักทดลอง

เวลา (ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
อุณหภูมิ(C)จุดที่1	25	23	21.3	19.8	18.5	17.3	16.4	15.5	14.8	14.4	14	13.6	13.3	12.9	13.4	12.6	12.4	12.1	11.9	11.8	11.8	12	12.1	12.5	12.8	13.4	13.9
จุดที่2	25.6	23.8	21.9	20.5	19.2	18	17	16.1	15.5	15.1	14.6	14.1	13.8	13.5	13	12.7	12.3	12.1	12	12	12.1	12.3	12.6	13	13.6	14.1	14.8
จุดที่ 3	24.6	21.6	19.5	18	16.9	15.9	15.2	14.7	14.4	14.1	13.8	13.6	13.4	13.3	13.9	14.1	13.6	13.3	13.2	13.2	13.3	13.5	13.8	14.2	14.7	15.2	15.7
จุดที่ 4	24.7	21.5	19.4	17.9	16.8	15.9	15.1	14.6	14.4	14.1	13.8	13.7	13.5	13.5	14.1	13.8	13.4	13.2	13.1	13.1	13.2	13.4	13.7	14.2	14.7	15.2	15.8
จุดที่ 5	24.9	21.8	19.8	18.3	17.1	16.1	15.2	14.7	14.3	13.9	13.6	13.4	13.2	13.2	13.5	13.7	13.3	13	12.9	13	13.1	13.3	13.6	14	14.5	15.1	15.7
จุดที่ 6	25.3	22.2	20.5	19.1	18	17	16.1	15.7	15.4	15	14.7	14.6	14.3	14.5	15.2	14.8	14.3	14	13.8	13.9	14	14.2	14.5	14.9	15.4	15.9	16.5

ตารางที่ 21 ข ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาในกล่องต้นแบบอะคริลิค โดยใช้ถั่วฝักยาวเป็นผักทดลอง

	ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาในกล่องต้นแบบที่บุด้วยอะคริลิค																												
	วิธีการทดลอง ใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กก. ใส่ในกล่องต้นแบบที่บุด้วยอะริลิค โดยใช้ข้าวโพดอ่อนเป็นผักทดลอง																												
เวลา(ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
อุณหภูมิ(C) จุดที่1	24.1	22.4	20.5	19	17.8	16.7	16.1	15.2	14.5	14	13.6	13.1	12.8	13.1	12.4	12.3	12	11.9	11.8	11.7	11.9	12.1	12.3	12.9	13.6	14.5	15.5	16.5	17.7
จุดที่2	24.8	23	21.5	20.1	19	18	17.2	16.4	15.7	15	14.5	14.2	13.9	12.9	12	11.9	11.8	11.7	11.8	12	12.3	12.6	13.1	14	14.9	15.9	17	18.2	19.5
จุดที่3	24.4	21.7	20.4	19.3	18.4	17.7	17	15.4	14.8	14.3	14	13.8	13.6	11.3	11.4	11.3	11.2	11.1	11.2	11.5	11.8	12.1	12.6	13.4	14.4	15.5	16.6	17.8	19
จุดที่4	24.8	21.4	20	18.9	18	17.3	16.6	15.9	15.4	14.9	14.7	14.4	14.3	15	14.2	14	13.8	13.7	13.8	14.1	14.3	14.5	15.1	15.9	16.7	17.6	18.7	19.9	21.1
จุดที่5	24.9	21.7	20.5	19.5	18.6	17.8	17.2	16.5	15.9	15.4	15	14.7	14.6	15.2	14.2	14	13.7	13.6	13.6	13.8	14.1	14.3	14.9	15.8	16.7	17.6	18.5	19.6	20.7
จุดที่6	25.1	21.7	20.5	19.4	18.6	17.8	17.3	16.5	15.9	15.3	15	14.7	14.6	15.4	14.6	14.3	14	13.8	13.9	14.1	14.3	14.5	15.1	16.1	16.9	17.8	18.7	19.9	21.2

ตารางที่ 22 ข ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาในกล่องต้นแบบอะคริลิค โดยใช้ข้าวโพดอ่อนเป็นผักทดลอง

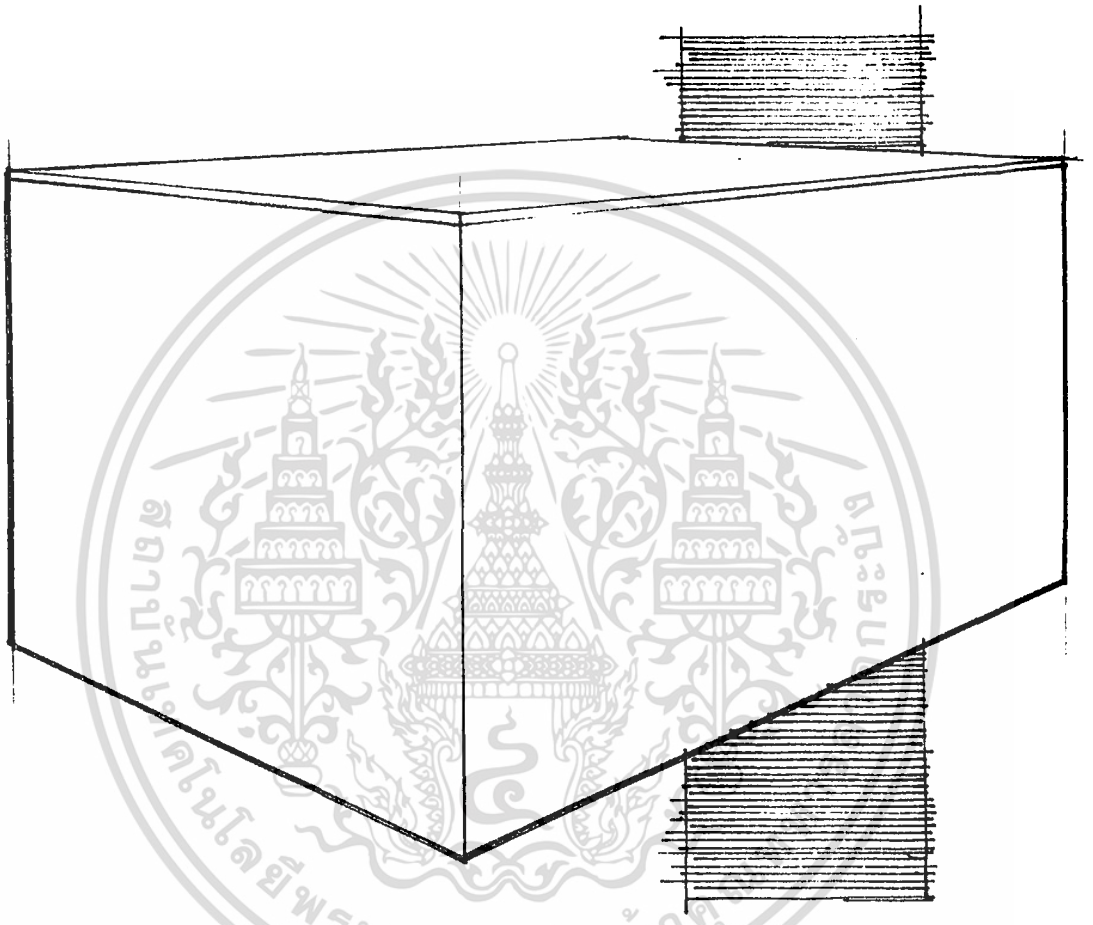
	ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในกล่องต้นแบบที่บุด้วยอะคริลิค																												
	วิธีการทดลอง ใช้น้ำแข็งแห้ง 2 กก.ใส่ในกล่องต้นแบบที่บุด้วยอะคริลิค โดยใช้ชมพู่เป็นผลไม้ทดลอง																												
เวลา(ชั่วโมง)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	2		
อุณหภูมิ(C)จุดที่1	24.7	22.8	19.8	28.2	17	16.1	15.3	14.7	14.23	13.7	13.5	13.3	13.2	13	13.5	12.9	13	13.2	13.5	13.7	14	14.4	14.9	15.2	15.7				
จุดที่2	25.2	22.7	20.6	19.1	17.9	16.9	16.1	15.4	14.8	14.4	14.2	14	13.9	13.8	13.4	13.2	13.4	13.7	14	14.3	14	14.4	14.9	15.2	16.4				
จุดที่3	25	21.3	19.1	17.9	17	16.2	15.6	15.2	14.9	14.7	14.6	14.5	14.5	14.4	14.9	14.5	14.7	14.9	15.2	15.5	15.8	16.2	16.7	17.1	17.4				
จุดที่4	25.1	21.2	19	17.8	16.8	16.1	15.5	15.1	14.7	14.5	14.4	14.3	14.4	14.3	14.2	14.2	14.5	14.7	15	15.3	15.7	16.1	16.5	17	17.3				
จุดที่5	25.2	21.5	19.4	18.3	17.4	16.6	16	15.6	15.3	15.1	15	14.8	15	14.9	15.1	14.5	14.7	15	15.3	15.6	16	16.3	16.8	17.3	17.6				
จุดที่6	25.3	22	19.8	18.6	17.7	16.8	16.3	15.8	15.5	15.3	15.1	14.9	15	14.9	14.8	14.7	15	15.2	15.5	15.8	16.1	16.5	16.9	17.5	17.8				

ตารางที่ 23 ข ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาในกล่องต้นแบบอะคริลิค โดยใช้ชมพู่เป็นผลไม้ทดลอง

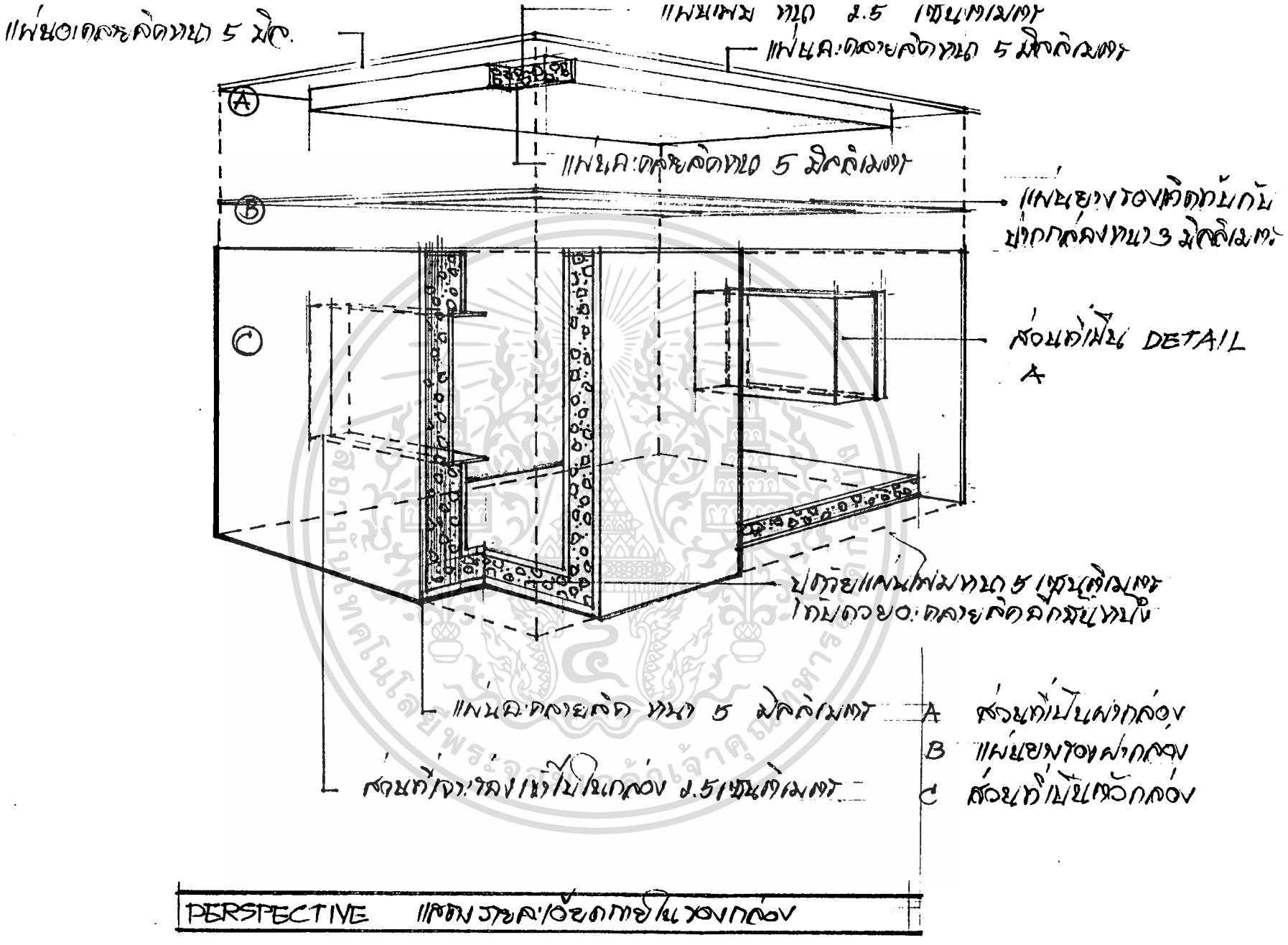
ภาคผนวก ค.

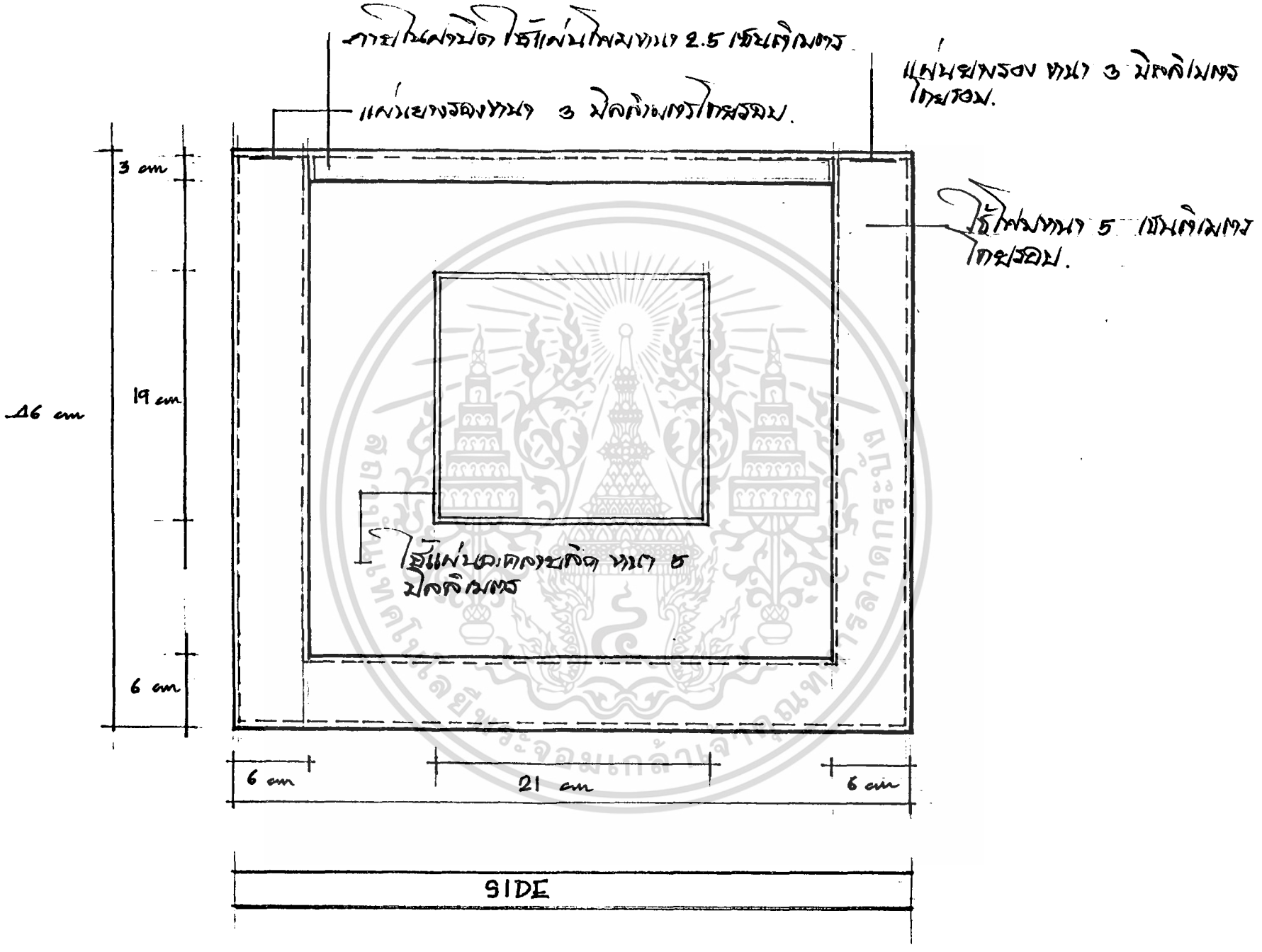
แบบแสดงรายละเอียดกล่องต้นแบบที่บุด้วยอะคริลิค

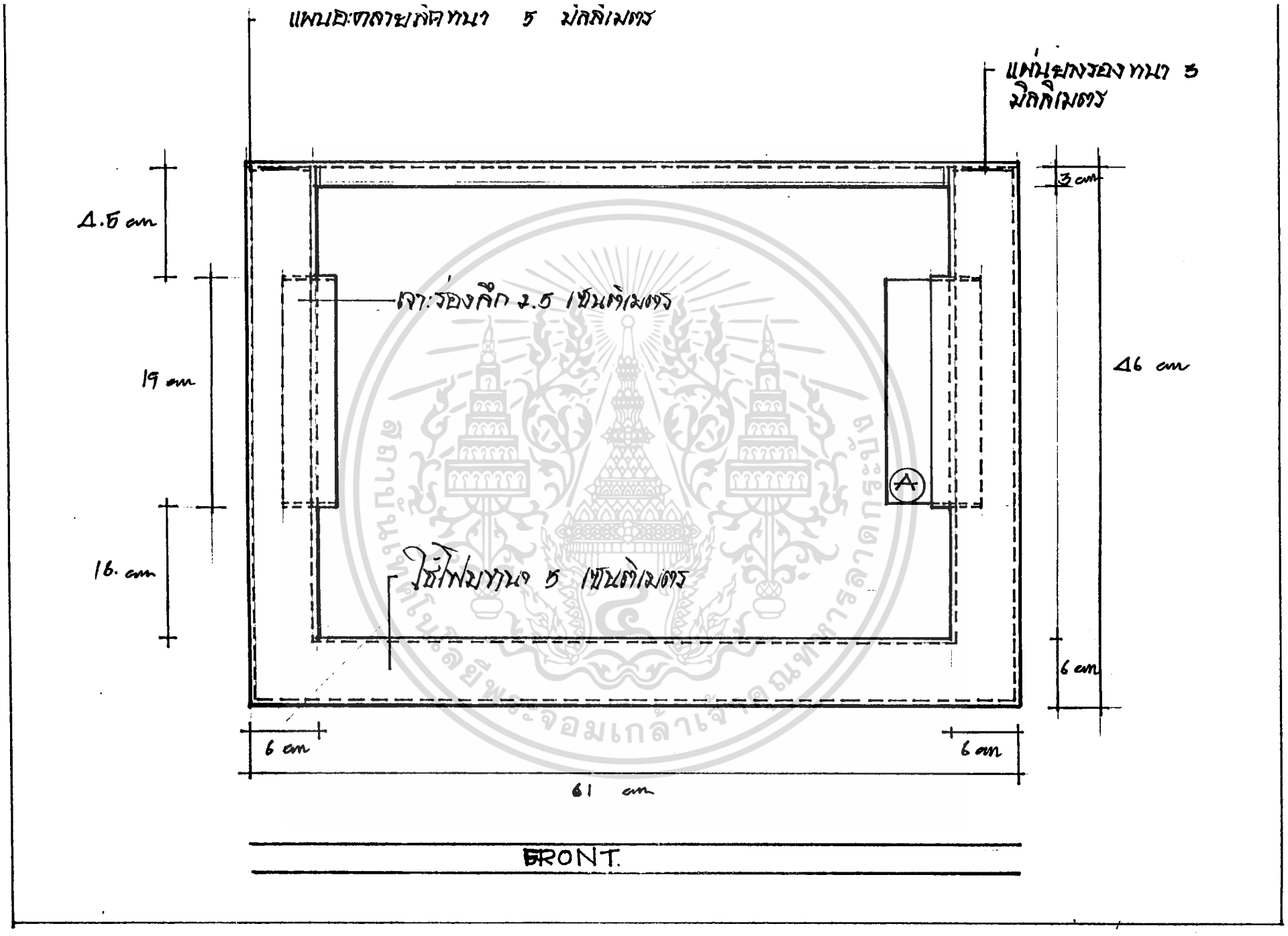
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

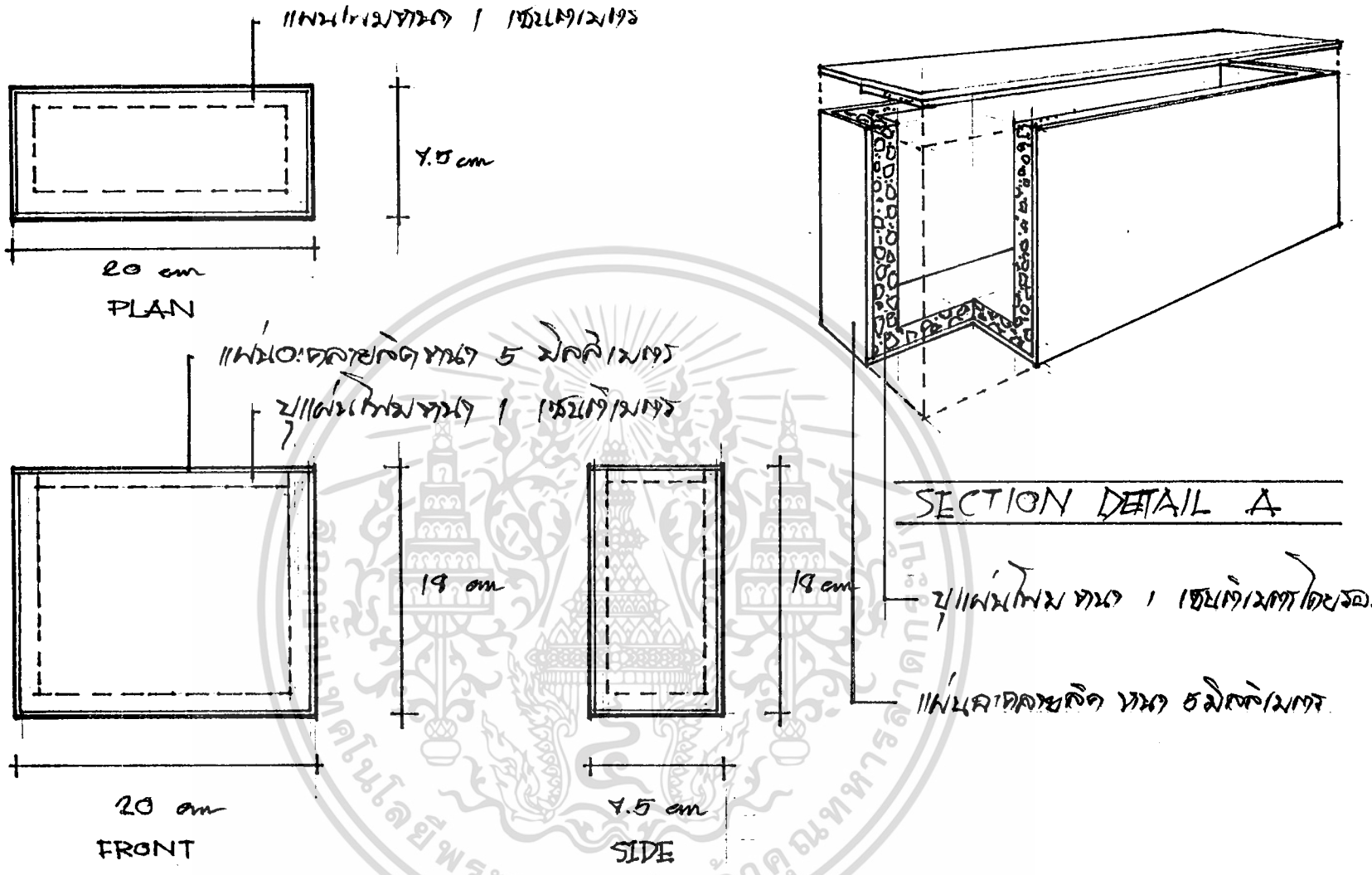


PERSPECTIVE


แผ่นอเคอะคลิดหนา 5 มิล.
แผ่นคลายคลิดหนา 5 มิลลิเมตร
A
แผ่นคลายคลิดหนา 5 มิลลิเมตร
B
แผ่นยางรองฝากล่องหนา 3 มิลลิเมตร
C
ส่วนที่เป็น DETAIL A
ปูกระดาษแผ่นเพ่มหนา 5 มิลลิเมตร
ใช้กาวยอดคลายคลิดยึดกับพื้น
แผ่นคลายคลิด หนา 5 มิลลิเมตร
A ส่วนที่เป็นผนังกล่อง
B แผ่นยางรองฝากล่อง
C ส่วนที่เป็นหัวกล่อง
PERSPECTIVE แสดงรายละเอียดภายในของกล่อง

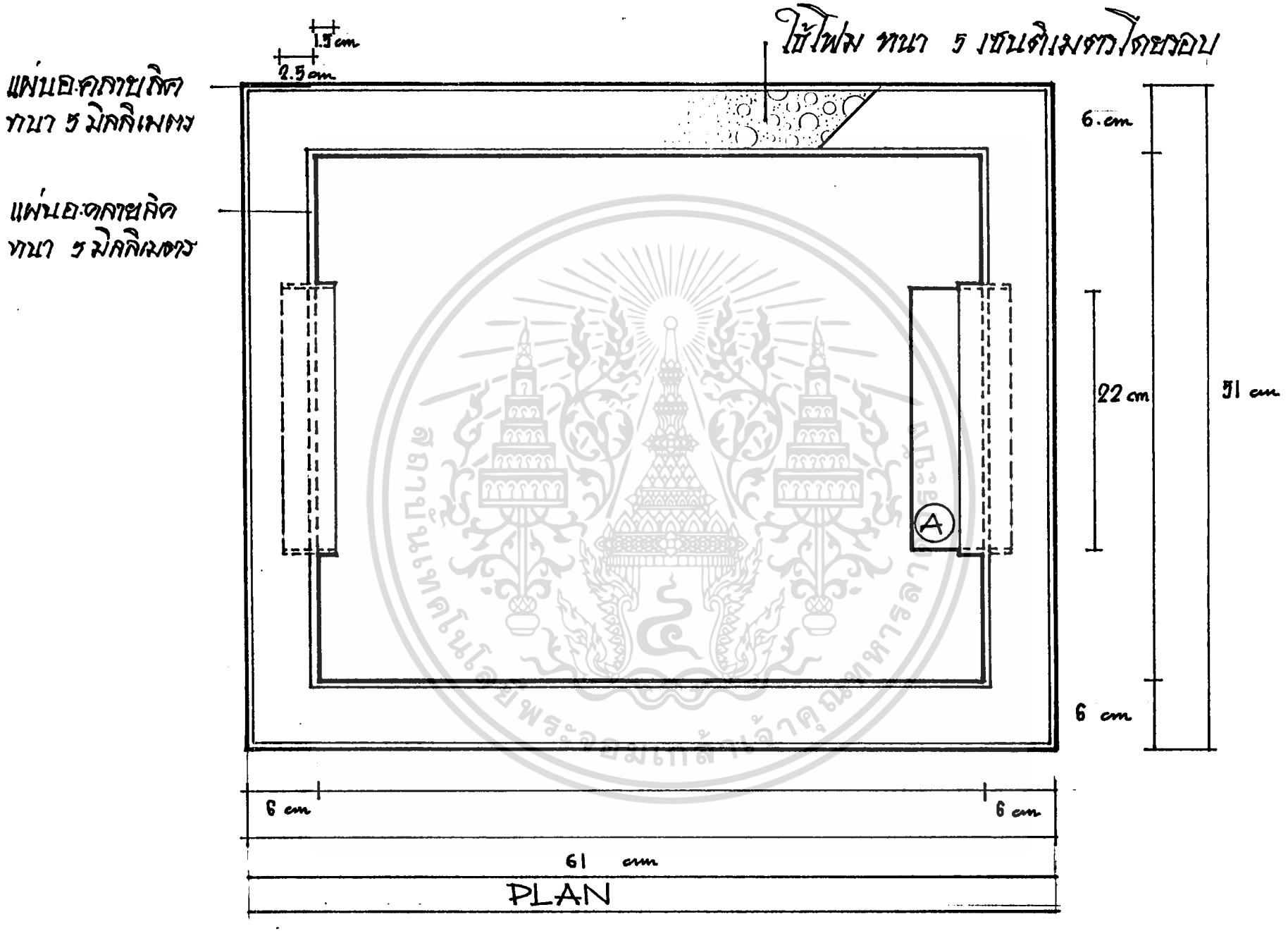

ภายในฝาปิด ใช้แผ่นไม้หนา 2.5 เซนติเมตร
แผ่นยางรองหนา 3 มิลลิเมตร โดยรอบ.
แผ่นยางรองหนา 3 มิลลิเมตร โดยรอบ.
ใช้ไม้หนา 5 เซนติเมตร โดยรอบ.
3 cm
19 cm
6 cm
16 cm
ใช้แผ่นอะคลายลิคหนา 5 มิลลิเมตร
6 cm
21 cm
6 cm
SIDE


แผ่นยางรองหนา 5 มิลลิเมตร
3 cm
4.5 cm
เจาะร่องลึก 2.5 เซนติเมตร
19 cm
46 cm
A
16 cm
ใช้ไฟฟ้าหนา 5 เซนติเมตร
6 cm
6 cm
61 cm
FRONT



DETAIL A

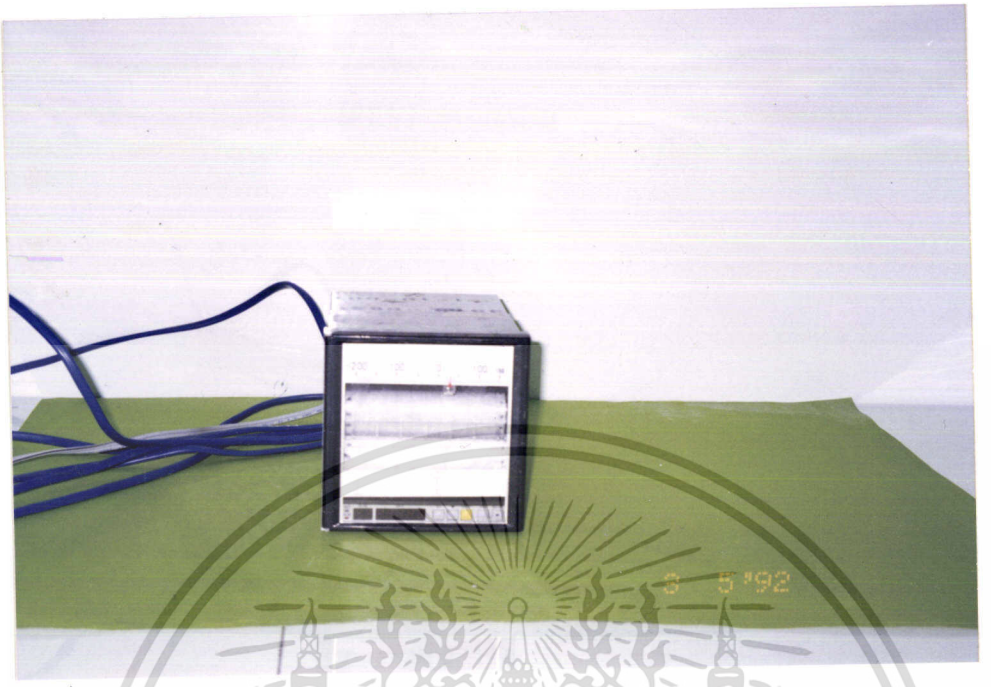
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง


ใช้โฟม หนา 5 เซนติเมตรโดยรอบ
แผ่นอะคลายลิค
หนา 5 มิลลิเมตร
แผ่นอะคลายลิค
หนา 5 มิลลิเมตร
1.5 cm
2.5 cm
6 cm
22 cm
31 cm
6 cm
A
6 cm
6 cm
61 cm
PLAN

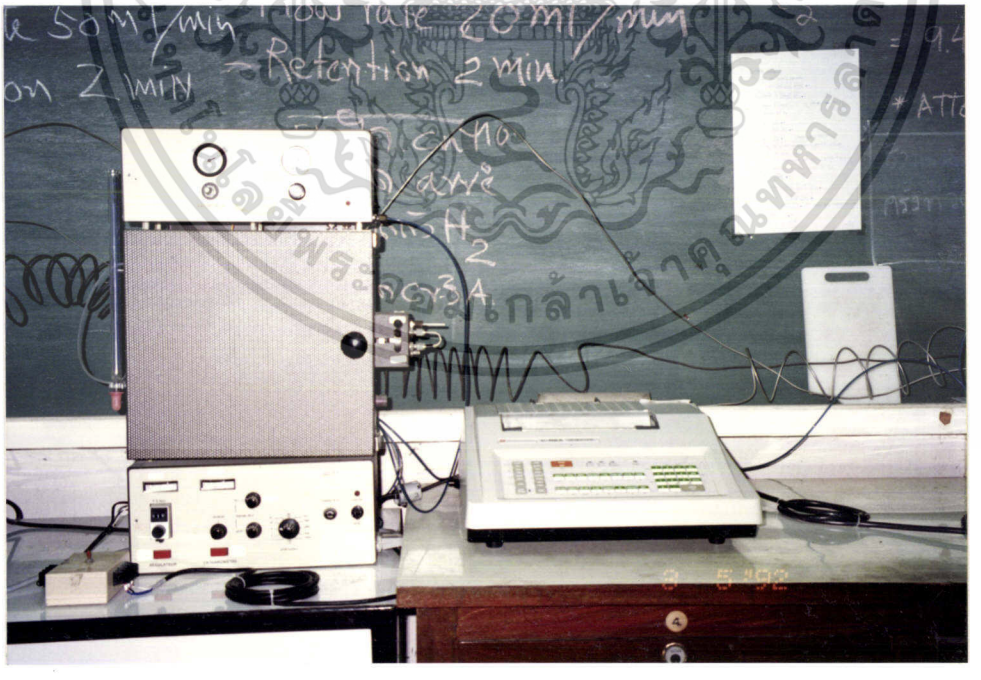
ภาคผนวก ง.

รูปและอุปกรณ์การทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

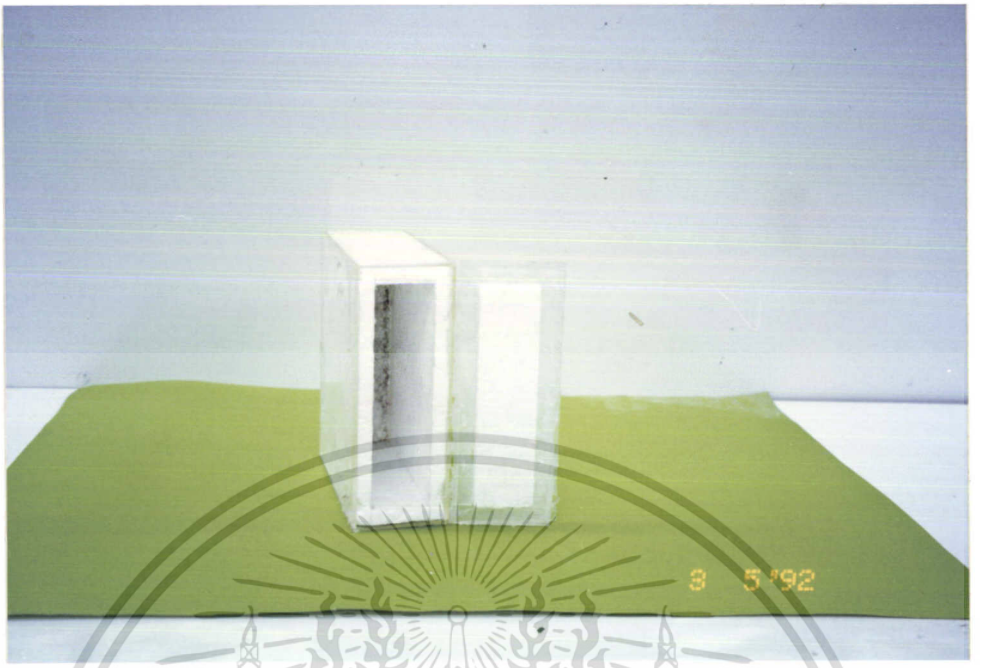


รูปที่ ง.1 เครื่องวัดอุณหภูมิพร้อมเครื่องบันทึก

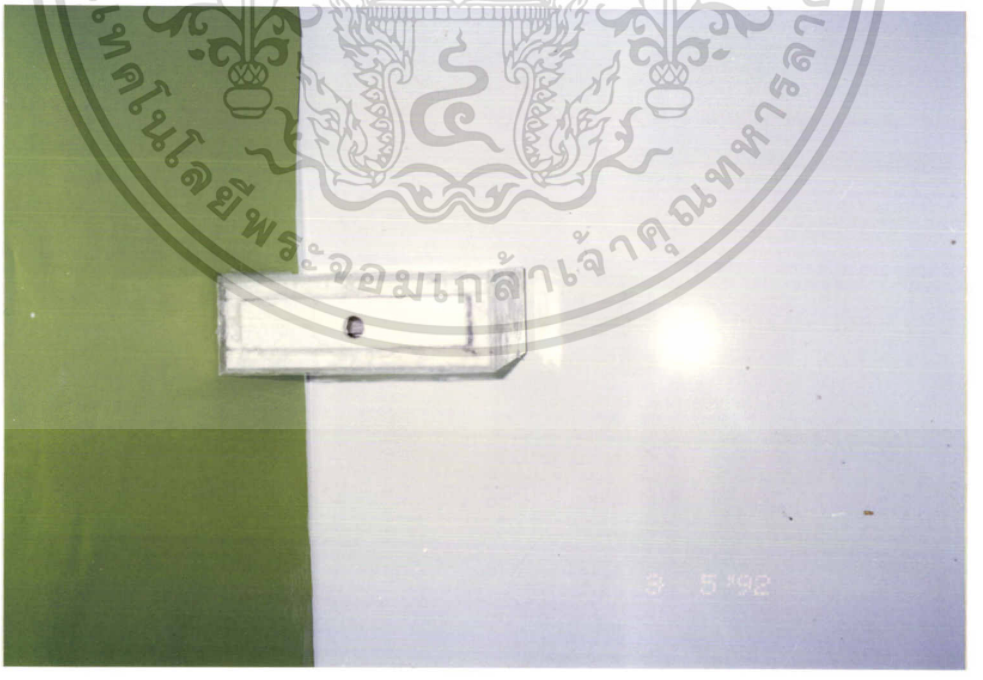


รูปที่ ง.2 เครื่อง Gas Chromatography

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.3 กล่องเล็กสำหรับใส่น้ำแข็งแห้ง



รูปที่ ง.4 ลักษณะกล่องเล็กที่เจาะรูฝาปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง.5 แสดงจุดวัดอุณหภูมิในกล่องต้นแบบ

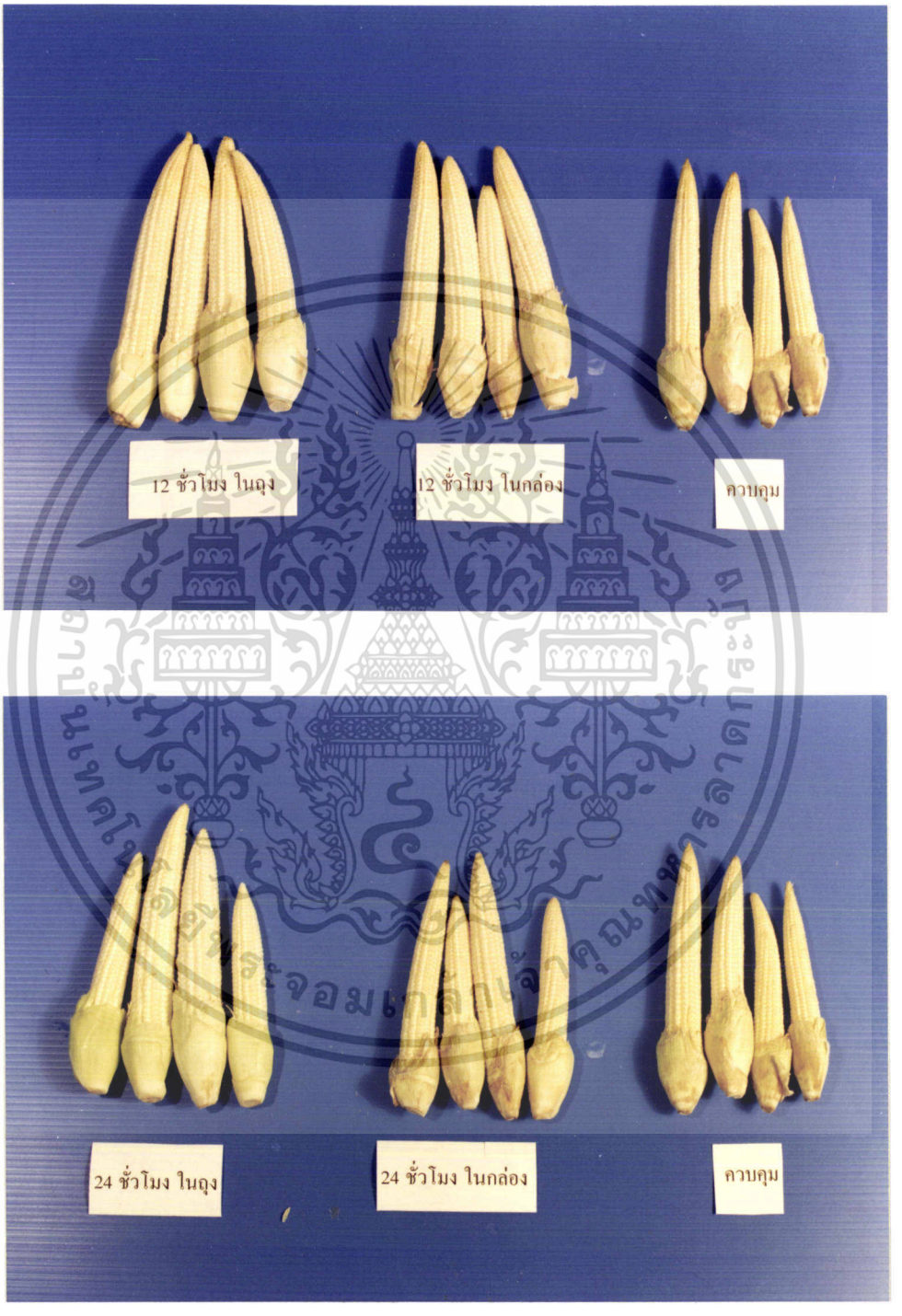
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง.6 กล่องต้นแบบที่บุด้วยสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง.7 กล่องต้บแบบที่บุด้วยอะคริลิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.8 ลักษณะของข้าวโพดอ่อนที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายเชิดศักดิ์ สุทธินุ่น เกิดเมื่อวันที่ 30 กันยายน 2513 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนประจำจังหวัดสุราษฎร์ธานี เมื่อปี พ.ศ. 2532 สำเร็จการศึกษาระดับ ปวส. สาขาเทคโนโลยียาง(Rubber Technology) จากวิทยาลัยชุมชนภูเก็ต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เมื่อปี พ.ศ. 2534 หลังจากจบการศึกษาระดับ ปวส.แล้ว ไดเข้าร่วมงานกับ บ.ไทยบริจสโตน ประเทศไทย จำกัด ในตำแหน่ง Production Supervisor และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง เมื่อปี พ.ศ. 2540

นายสมพงษ์ สุพัฒนคูณ เกิดเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2516 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนวัดไตรมิตร เมื่อปี พ.ศ. 2535 สำเร็จการศึกษาระดับ ปวส. สาขาเคมีอุตสาหการ ปิโตรเคมีจากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ เมื่อปี พ.ศ. 2538 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง เมื่อปี พ.ศ. 2540

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้