

เครื่องแช่แข็งผักแบบเป่าลมเย็น

Vegetables Air Blast Freezer

ธวัชชัย จารุงศรีวิทยา¹

Received: October, 2007; Accepted: March, 2008

บทคัดย่อ

เครื่องแช่แข็งผักแบบเป่าลมเย็น (ขนาด 0.75 x 0.80 m ยาว 3.0 m) ได้รับการออกแบบสร้างขึ้น โดยมีผนังด้านในทำด้วยสังกะสีหนา 1.5 mm จากนั้นหุ้มด้วยโฟมหนา 150 mm และผนังนอกสุดจะบุด้วยสังกะสีหนา ในการแช่แข็งผลิตภัณฑ์จะถูกลำเลียงเข้าเครื่องแช่แข็ง โดยสายพานสแตนเลสแบบตาข่าย (Stainless steel, AISI 316L) ในการทดลองแช่แข็ง จะใช้มันฝรั่งที่มีความหนาแตกต่างกัน 3 ขนาด คือ 0.5, 1.0 และ 1.5 cm ได้ทำการลดอุณหภูมิของมันฝรั่งจากอุณหภูมิ 25°C ลงเหลือ -18°C ด้วยอุณหภูมิในห้องแช่แข็ง -28°C ผลการทดลองพบว่า ใช้เวลาในการแช่แข็ง 7.43, 14.55 และ 20.28 นาที (มันฝรั่งขนาด 0.5, 1.0 และ 1.5 cm) ตามลำดับ และผลการคำนวณเวลาในการแช่แข็งมันฝรั่งโดยใช้สมการของ Plank ภายใต้สภาวะเดียวกันพบว่าใช้เวลา 2.43, 7.07 และ 22.46 นาที เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการคำนวณจะเห็นว่าเวลาในการแช่แข็งที่คำนวณได้สำหรับมันฝรั่งขนาด 0.5 cm และ 1.0 cm จะสั้นกว่าเวลาที่ได้จากการทดลอง แต่เวลาแช่แข็งสำหรับมันฝรั่งหนา มีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณ จึงสามารถใช้สมการของ Plank ในการทำนายเวลาแช่แข็งสำหรับมันฝรั่งขนาดความหนาอื่น นอกจากนี้เมื่อนำมันฝรั่งแช่แข็งมาละลายเพื่อคืนสภาพ พบว่ามันฝรั่งที่ผ่านการแช่แข็งแบบนี้จะมีสีเข้ม เนื่องจากการเกิดรอยช้ำในเนื้อมันฝรั่ง

คำสำคัญ : แช่แข็ง ลมเย็น ผัก

¹ ศูนย์กลางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Abstract

The air blast freezer was designed and constructed with 0.75 m wide, 0.80 m high and 3.0 m long. The inner wall was made of (1.5 mm thick.) zinc sheet and covered with insulation foam with the thickness of 150 mm . The outer wall was made of 1.5 mm thick zinc sheet. The product, which will be frozen was delivered to the freezer chamber by stainless steel (AISI 316L) conveyer.

The experiment for determining the freezing time were conducted. In the experiments the potato chips with the thickness of 0.5 cm , 1.0 cm and 1.5 cm were used. In order to reduce the temperature of potato chips from 25°C to -18°C , the temperature in the freezer chamber was set at -28°C . It was found that the freezing time of the potato chips were 7.43 , 14.55 and 20.28 minutes for the potato chips with the thickness of 0.5 , 1.0 and 1.5 cm , respectively. In addition, the freezing time, under the same condition, calculated by the Plank equation were found 2.43 , 7.07 and 22.46 minutes. It was showed that the freezing time obtaining from the calculation were shorter than those of the experiments for the potato chips with the thickness of 0.5 and 1.0 cm . The freezing time obtaining from the calculation for the thickness of 1.5 cm , however, was found nearly the same as that of the experimental result. As a result, it can be concluded that the Plank equation may be used to predict the freezing time for the potato chip with thickness of 1.5 cm . Furthermore, it was evident that, quality of the potato chip frozen by the air blast, decreased, in term of deterioration of texture colour of potato chips, after return to normal condition.

Keywords : Freezer, Air blast

บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีประชากรประกอบอาชีพทางด้านเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ ในแต่ละปีมีผลผลิตที่ได้จากการเกษตรเป็นจำนวนมาก ทั้งจากพืชและสัตว์ ซึ่งผลผลิตที่ได้นั้นบางชนิดกำเนิดขึ้นได้เฉพาะประเทศไทยเท่านั้น และบางชนิดสามารถเก็บเกี่ยวได้บางฤดูกาล ผลผลิตดังกล่าวนั้นสามารถทำรายได้ให้แก่เกษตรกรและเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้ให้แก่ประเทศเป็นจำนวนมากในแต่ละปี แต่ผลผลิตที่ได้จากการเกษตรนั้นมีจุดอ่อนคือ หลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วถ้าจำหน่ายหรือบริโภคไม่หมดก็จะเกิดการเน่าเสีย อีกทั้งถ้ามีการเก็บรักษาไว้ด้วยวิธีที่ไม่เหมาะสม จะทำให้รักษาสภาพความสดไว้ได้ในระยะเวลาอันสั้นและคุณภาพของผลผลิตก็จะแตกต่างจากผลผลิตที่สดและใหม่หรือก่อให้เกิดการเน่าเสีย ผลผลิตที่ได้จึงไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและประเทศที่นำเข้า ส่งผลให้เกษตรกรและประเทศสูญเสียผลประโยชน์ที่ควรได้ไปเป็นจำนวนมากในแต่ละปี จึงต้องมีการเก็บรักษาที่ถูกต้อง เพื่อที่จะใช้ประโยชน์จากผลผลิตให้คุ้มค่าทั้งทางด้านการบริโภคและการส่งออกสินค้าเกษตรกรรมประเภทของสด

ดังนั้น เพื่อการเก็บรักษาผักสดอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมส่งออกผักสด อุตสาหกรรมขนาดเล็ก และการเกษตรในประเทศไทย การออกแบบและสร้างเครื่องแช่แข็งผักแบบเป่าลมเย็น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากวิธีการนี้สามารถทำให้ผลผลิตแข็งตัวได้ภายในเวลาที่รวดเร็ว เป็นวิธีการเก็บรักษาผลผลิตที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่งที่สามารถยืดอายุในการรักษาสภาพความสดของผลผลิตยาวนานขึ้น และมีความสดใหม่ เนื่องจากน้ำที่เป็นส่วนประกอบของผลผลิตนั้นมีการเปลี่ยนสถานะจาก

ของเหลวเป็นของแข็งอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ -18°C เป็นผลให้จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในผลผลิตหยุดการเจริญเติบโต ทันทีทันใด เป็นเหตุให้ไม่สามารถทำหน้าที่ในการย่อยสลายได้ ผลผลิตจึงไม่เกิดการเน่าเสีย ซึ่งวิธีการแช่แข็งดังกล่าวเป็นการช่วยลดจำนวนการเน่าเสียลง ทำให้ผลผลิตมีจำนวนเพิ่มขึ้น เป็นผลให้เกษตรกรและประเทศ มีรายได้เพิ่มขึ้นจากการจำหน่ายและส่งออกจากผลผลิตที่เพิ่มขึ้น

1. วัตถุประสงค์หลักของโครงการวิจัย

1.1 ออกแบบและสร้างเครื่องแช่แข็งผักแบบเปาลมเย็น ราคาถูก เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่เกิดจากการรวมกลุ่มของเกษตรกร

1.2 ศึกษาหลักการทำความเย็นสำหรับการแช่แข็งแบบเปาลมเย็น เพื่อให้ผักแข็งตัวและมี อุณหภูมิ -18°C หรือต่ำกว่า

2. ขอบเขตของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ มุ่งเน้นประเด็นการออกแบบและสร้างเครื่องแช่แข็งผักแบบเปาลมเย็นสำหรับผักที่มีความหนาไม่เกิน 5 cm. โดยจำเป็นที่จะต้องเข้าใจลักษณะทางกายภาพ และคุณสมบัติทางความร้อนของผักที่นำมาทำการแช่แข็ง

3. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

3.1 การแช่แข็งและการทำละลายสำหรับอาหารแช่แข็งโดยวิธีใหม่ (Bing Li และ Da – Wen Sun et al., 2001) ได้ทำการรวบรวมงานวิจัยต่างๆ เกี่ยวกับการเก็บรักษาอาหารด้วยวิธีการแช่แข็งและการทำละลายที่นอกเหนือจากวิธีที่เป็นที่ยอมรับในงานอุตสาหกรรมปัจจุบัน โดยวิธีการแช่แข็งและการทำละลายแบบใหม่นั้น จะต้องมีความสามารถในการรักษาคุณภาพของอาหาร คุณสมบัติทางด้านฟิสิกส์และเคมีได้ไม่ต่ำกว่าวิธีที่เป็น ที่นิยมอยู่ในขณะนี้ ซึ่งวิธีดังกล่าวมีดังนี้

3.1.1 การแช่แข็งโดยใช้ความดันสูง จะใช้ความดันที่ประมาณ 200 MPa ในการทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารแข็งตัว

3.1.2 การแช่แข็งโดยการกำจัดน้ำ

3.1.3 การทำละลายโดยใช้ความดันสูง จะใช้ความดันอยู่ในช่วง 200 MPa ถึง 400 MPa

3.1.4 การทำละลายโดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง จะใช้ความถี่ประมาณ 2450 MHz

3.1.5 การทำละลายโดยใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า วิธีนี้จะใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรง 60 – 210 VAC ความถี่ 60 Hz – 60 kHz วิ่งผ่านอาหารที่มีความต้านทานสูงอยู่แล้ว โดยเป็นไปตามกฎของโอห์ม

3.1.6 การทำละลายโดยใช้คลื่นเสียง จะใช้คลื่นเสียงความถี่สูงประมาณ 500 kHz

สรุปได้ว่า วิธีการที่กล่าวมานั้นมีผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจคือ สามารถทำให้ขนาดของผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กมาก และในการทำละลายก็ใช้เวลาน้อย สูญเสียน้ำน้อย แต่ยังมีขั้นตอนการทำงานที่ซับซ้อน และยังไม่เป็นที่นิยมสำหรับอุตสาหกรรม

3.2 การเปรียบเทียบขนาดของผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในเนื้อหมู (M.N.Martino และ L.Otero. et al., 1998) โดยเปรียบเทียบเครื่องแช่แข็งแบบความดันสูงกับแบบโครโอจีนิกส์ด้วยไนโตรเจนเหลว และเครื่องแช่แข็งแบบอากาศเย็นความเร็วสูง ปรากฏว่าเครื่องแช่แข็งแบบความดันสูงให้ผลึกที่มีขนาดเล็กกว่าแบบโครโอจีนิกส์ แต่ใช้พลังงานมากและมีขั้นตอนที่ยุ่งยากกว่าแบบโครโอจีนิกส์ สำหรับแบบอากาศเย็นความเร็วสูง มีขนาด

ของผลึกน้ำแข็งโตที่สุด ซึ่งผลจากการแข็งตัวอย่างรวดเร็วนั้นเป็นผลให้คุณสมบัติของผลผลิตทางด้านรูปร่าง สี รสชาติ ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

3.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของอาหารแช่แข็งที่ได้จากเครื่องแช่แข็งแบบโครโอจินิกส์ด้วยไนโตรเจนเหลว กับเครื่องแช่แข็งแบบอากาศเย็นความเร็วสูง (Miriam E. Agnelli และ Rodolfo H. Mascheroni et al., 2001) โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด คือ แสมเบอร์เกอร์ ลูกชิ้น และสตอเบอร์รี่ และสร้างแบบจำลองของตัวอย่างทั้ง 3 ด้วยอสมุติเยียม ให้มีรูปทรงทางคณิตศาสตร์ มาทำการแช่แข็งแบบ Cry mechanical และแบบ Air blast freezing ให้ได้อุณหภูมิ -20°C จากนั้นทำการเปรียบเทียบกันโดย temperature profile ที่ได้จากการทดลองมา กับ temperature profile ที่ได้จากการคำนวณพบว่า ในแบบจำลองของแสมเบอร์เกอร์ และลูกชิ้น เมื่อเทียบกับของจริงนั้นใกล้เคียงกันมาก ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป สำหรับสตอเบอร์รี่นั้น ยังมีความแตกต่างกันบ้าง จัดว่าอยู่ในเกณฑ์ดีพอสมควร

3.4 การศึกษาเรื่องของคุณสมบัติของอาหารแช่แข็งที่ได้จากเครื่องแช่แข็งแบบ Cry mechanical (Miriam E. Agnelli และ Rodolfo H. Mascheroni et al., 2002) โดยนำผลิตภัณฑ์ตัวอย่างมาทำการทดลอง 5 ชนิด คือ แสมเบอร์เกอร์ เนื้อไก่ สตอเบอร์รี่ เห็ด และหน่อไม้ฝรั่ง สำหรับสตอเบอร์รี่นั้นนำตัวอย่างมาจากแหล่งผลิต 2 แห่ง คือ แห่งแรกเป็นการปลูกจากสวน (F) และแห่งที่สองเป็นการปลูกในเรือนกระจก (G) มาทำการแช่แข็งแบบ Cry mechanical และแบบ Air blast freezing ให้ได้อุณหภูมิ -20°C แล้วนำมาทำการละลายน้ำแข็ง เพื่อให้กลับคืนสู่สภาพเดิม หลังจากนั้นนำมาวัดค่าเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการแช่แข็งทั้ง 2 แบบ ซึ่งผลที่ได้นั้นสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่แข็งแบบ Air blast freezing จะมีจำนวนน้ำที่สูญเสียมากกว่า และสีเข้มกว่าแบบ Cry mechanical เนื่องจากแบบที่สองนั้นใช้อัตราการเกิดผลึกน้ำแข็งช้ากว่าแบบแรก ทำให้ผลึกมีขนาดใหญ่ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดการซ้ำ สีจึงเข้มกว่าแบบแรก

3.5 การศึกษาเรื่อง การทำนายคุณสมบัติทางความร้อนและเวลาในการแช่แข็งของอาหารจากข้อมูลต่าง ๆ (Q.T.Pham et al., 1996) โดยใช้ตัวอย่างอาหารจำนวน 43 ชนิด ทำการทดลองและคำนวณหาค่าต่างๆ ให้อยู่ภายใต้ขอบเขตอุณหภูมิ -40 ถึง 40°C แล้วทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งสมการที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

$$T_f = -4.66 \frac{x_o}{x_{wa}} - 46.4 \frac{x_{As}}{x_{wa}} \quad (1)$$

เมื่อ

$$x_{wa} = \text{สัดส่วนโดยมวลของน้ำก่อนการแข็งตัว (\%)}$$

$$x_o = \text{สัดส่วนโดยมวลของส่วนประกอบอื่น ๆ (\%)}$$

$$x_{As} = \text{สัดส่วนโดยมวลของเกลือ (\%)}$$

การหาปริมาณของน้ำในอาหารที่ไม่แข็งตัว (Bound water)

$$x_b = 0.3x_p + 0.1x_c \quad (2)$$

จากการทดลองสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง เอนทาลปี - อุณหภูมิ ผลที่ได้จากการศึกษานี้ เป็นที่น่าพอใจและยอมรับได้ในงานวิศวกรรม ว่าเป็นค่าที่มีความผิดพลาดน้อยยกเว้นค่าที่ได้จากไขมันและไอศกรีม

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย

1.1 น้ำมัน

น้ำมัน เป็นพืชอาหารที่สำคัญของโลกมีปริมาณและมูลค่าของผลผลิตอยู่ในลำดับที่ 4 รองจากข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด ในอดีตคนไทยบริโภคไขมันในปริมาณที่น้อยสำหรับการประกอบอาหารในครัวเรือน แต่ปัจจุบัน ความต้องการน้ำมันและผลิตภัณฑ์ไขมันได้เพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากการขยายตัวอย่างรวดเร็วของโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศที่ต้องการน้ำมันเพื่อการแปรรูป ทั้งในรูปไขมันทอดกรอบ น้ำมันทอดแท่ง และขนมขบเคี้ยวอื่น ๆ

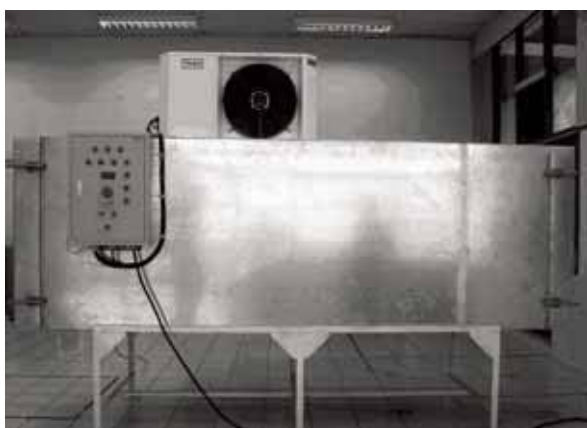
ส่วนประกอบของน้ำมัน

น้ำ	72.8 %	โปรตีน	1.65 %
ไขมัน	0.3 %	คาร์โบไฮเดรต	24.28 %
เส้นใย	3.0 %	เถ้า	0.95 %

ในการวิจัยได้มีการเลือกใช้น้ำมันที่มีความต้องการของตลาดแล้วทดลองที่ความหนาต่าง ๆ กัน 3 ขนาด คือ ขนาดความหนา 5 , 10 และ 15 mm. ซึ่งในการทดลองแต่ละขนาดจะใช้น้ำมันปริมาณ 5 กิโลกรัม

1.2 เครื่องแช่แข็ง

ในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการแช่แข็งน้ำมันที่ได้จากการคำนวณกับเวลาที่ใช้ในการแช่แข็งน้ำมันด้วยเครื่องแช่แข็งผักแบบเป่าลมเย็น ที่ได้จากการออกแบบและสร้าง และเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมัน หลังการแช่แข็งด้วยเครื่องแช่แข็งผักแบบเป่าลมเย็น และเครื่องแช่แข็งแบบชำ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 : เครื่องแช่แข็งผักแบบเป่าลมเย็น และเครื่องแช่แข็งแบบชำ

1.3 เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบตัวเลข

เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิของน้ำมันฝรั้งก่อนทำการแช่แข็ง ขณะทำการแช่แข็งจนกระทั่งสิ้นสุดการแช่แข็ง โดยเครื่องมือวัดแบบตัวเลขยี่ห้อ Union และใช้ Thermocouple type K $\pm 1^{\circ}\text{C}$

2. วิธีการวิจัย

2.1 การคำนวณหาค่าความหนาแน่นของน้ำมันฝรั้ง

กำหนดให้ อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำมันฝรั้ง $T = 25^{\circ}\text{C}$
 ค่าความพรุนของน้ำมันฝรั้ง $e = 0$

จากสมการ
$$\rho = \frac{1}{\sum \frac{x_i}{\rho_i}}$$

$$\therefore \rho = \frac{1}{0.00099} = 1010.10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

2.2 การคำนวณหาค่าการนำความร้อนของน้ำมันฝรั้ง

สมมุติฐาน 1. การไหลของของไหลตั้งฉากกับผลิตภัณฑ์
 2. อุณหภูมิอ้างอิง $T = T_r = -28^{\circ}\text{C}$

จากสมการ
$$k = \frac{1}{\sum \frac{x_i^v}{k_i}}$$

$$\therefore k = \frac{1}{1.6226} = 0.6165 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

2.3 การคำนวณหาจุดเยือกแข็งของน้ำมันฝรั้ง

จากส่วนประกอบต่าง ๆ ของน้ำมันฝรั้ง

จะได้
$$T_f = -\left(4.66 \times \frac{0}{0.728}\right) - \left(46.4 \times \frac{0.0095}{0.728}\right) = -0.6^{\circ}\text{C}$$

2.4 คำนวณเวลาในการแช่แข็ง

จากสมการของ Plank คือ
$$t = \frac{\rho \Delta h}{T - T_{\infty}} \left[P \frac{D}{h} + R \frac{D^2}{k} \right]$$

สมมุติฐาน มันฝรั่งมีลักษณะเป็นรูปทรงลูกเต๋า
กำหนดให้

$$\begin{aligned} \text{อุณหภูมิเริ่มต้นของมันฝรั่ง} & T = 25^{\circ}\text{C} \\ \text{อุณหภูมิหลังการแช่แข็งมันฝรั่ง} & T_{\infty} = -18^{\circ}\text{C} \\ \text{ความหนาของมันฝรั่ง} & X = 0.01 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{จะได้ } t = \frac{1010.10 \times 310,280}{(25 - (-18))} \left[\left(\frac{1}{2} \times \frac{0.005}{166.98} \right) + \left(\frac{1}{8} \times \frac{0.005^2}{0.6165} \right) \right] = 2.43 \text{ min}$$

2.5 การคำนวณหาความหนาของฉนวนกันความร้อน

การหาความหนาของฉนวนกันความร้อนสำหรับห้องที่ใช้ในการแช่แข็ง การออกแบบทำ
ได้โดยให้ความร้อนผ่านผนังรวมไม่เกิน 200 W

กำหนดให้

1. ผนังด้านนอกและด้านในทำจากสังกะสี

$$\text{มีความหนา} \quad x_1 = 0.0015 \text{ m}$$

$$\text{ค่าการนำความร้อน} \quad k_1 = 112.5 \frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{C}}$$

2. ฉนวนทำจากโฟม

$$\text{มีความหนา} \quad x_2 = 0.15 \text{ m}$$

$$\text{มีค่าการนำความร้อน} \quad k_2 = 0.026 \frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{C}}$$

กำหนดให้ค่า Safety factor 1.5 เท่า

$$\text{เพราะฉะนั้นเลือกใช้โฟมที่มีความหนา } 10 \times 1.5 = 15 \text{ cm}$$

2.6 การคำนวณหาขนาดของเครื่องทำความเย็น

ค่าความร้อนรวมของมันฝรั่ง

$$Q_{\text{potatoe}} = 2.645 \text{ kW}$$

หาค่าความร้อนที่ผ่านผนังจริง

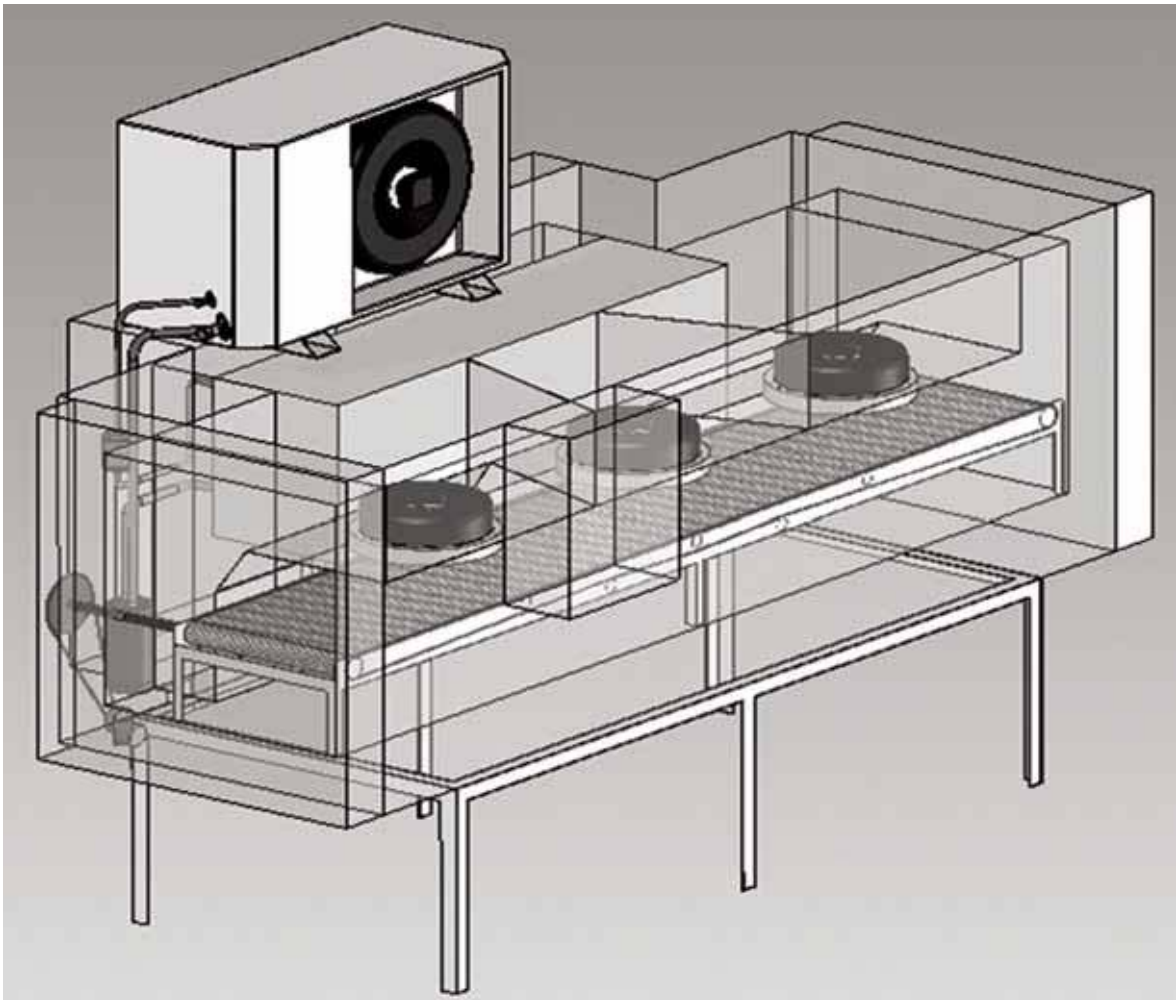
$$Q_{\text{wall}} = 0.17 \text{ kW}$$

ดังนั้นค่าความร้อนรวมคือ

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{potatoe}} + Q_{\text{wall}} = 2.645 + 0.17 = 2.815 \text{ kW}$$

ดังนั้นจึงเลือกใช้ขนาดของเครื่องทำความเย็น 3.02 kW

จากการออกแบบส่วนประกอบทั้งหมดดังที่กล่าวมา แล้วทำการสร้างเครื่องแช่แข็งผักแบบ เปาลมเย็น โดยมีลักษณะการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติด้วยสายพานลำเลียง และมีพัดลมเปาลมเย็นจากคอยล์เย็น จำนวน 3 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 : แบบอุปกรณ์ประกอบเครื่องแช่แข็งผักแบบเปาลมเย็น

2.8 ทดลองและเก็บข้อมูล

ดำเนินการทดลองโดยใช้ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างมาทำการทดลองแช่แข็งให้มีอุณหภูมิ -18°C หรือ ต่ำกว่า แล้วบันทึกผลเวลาและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งได้ตั้งประเด็นในการทดลองไว้ 2 ประเด็นด้วยกัน คือ

2.8.1 การทดลองหาเวลาที่ใช้ในการแช่แข็ง

เพื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการแช่แข็งมันฝรั่งที่ได้โดยการคำนวณจากสมการของ Plank กับเวลาที่ใช้ในการแช่แข็งมันฝรั่งด้วยเครื่องแช่แข็งผักแบบเปาลมเย็น มีวิธีและการทดลองดังนี้

- 1) นำมันฝรั่งมาหั่นเป็นแท่งให้มีความหนา 0.5 cm. แล้วล้างทำความสะอาด
- 2) วัดอุณหภูมิของมันฝรั่งที่ตำแหน่งใจกลางของแท่ง แล้วบันทึกอุณหภูมิที่ได้พร้อมทั้งเสียบ เทอร์โมคัปเปิลไว้ที่แท่งตัวอย่าง

- 3) เดินเครื่องทำความเย็น ให้อุณหภูมิของห้องแช่แข็งมีอุณหภูมิ -18°C หรือต่ำกว่า
- 4) จัดเรียงมันฝรั่งเข้าห้องแช่แข็ง
- 5) จับเวลาและบันทึกผลเมื่อมันฝรั่งมีอุณหภูมิลดลงทุก 1°C จนมันฝรั่งมีอุณหภูมิ

-18°C

- 6) ดำเนินการทดลองตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึง 5 โดยทำการเพิ่มความหนาของมันฝรั่งเป็น 1.0 และ 1.5 cm.

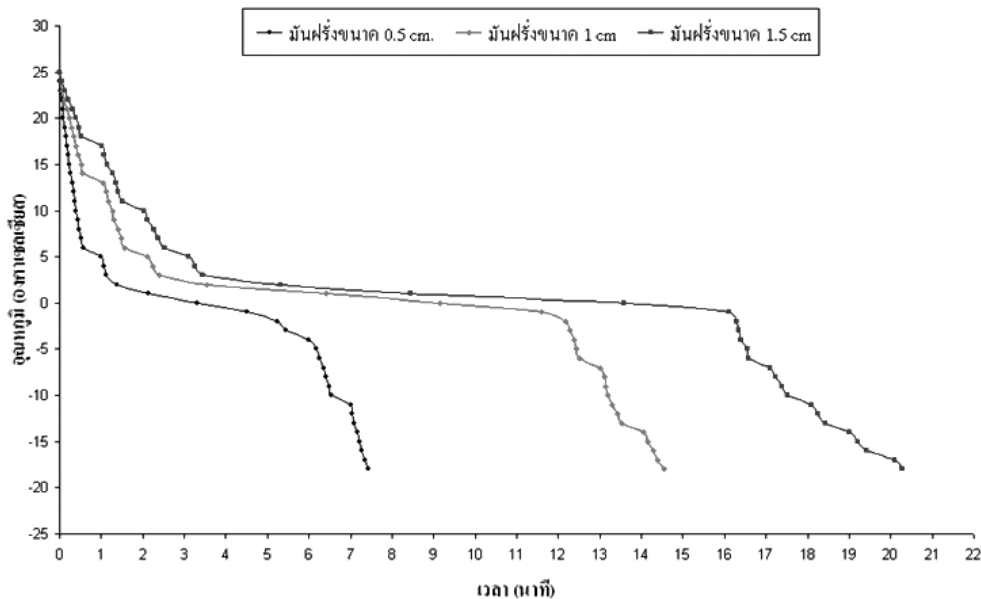
2.8.2 การทดลองเปรียบเทียบคุณลักษณะของมันฝรั่ง

เพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะของมันฝรั่งหลังจากการทำละลาย เมื่อผ่านการแช่แข็งด้วยเครื่องแช่แข็ง แบบชำและเครื่องแช่แข็งผักแบบเปาลมเย็นกับมันฝรั่งก่อนการแช่แข็ง มีวิธีและการทดลองดังต่อไปนี้

- 1) นำมันฝรั่งขนาด 0.5 cm. เข้าทำการแช่แข็งในเครื่องแช่แข็งแบบชำ และเครื่องแช่แข็งผักแบบเปาลมเย็น จนกระทั่งมีอุณหภูมิ -18°C
- 2) นำมันฝรั่งที่ผ่านการแช่แข็งจากเครื่องแช่แข็งทั้ง 2 แบบ มาทำการละลายคืนสภาพ จนกระทั่งมันฝรั่งมีความอ่อนตัว แล้วนำมาเปรียบเทียบกับมันฝรั่งก่อนการแช่แข็ง

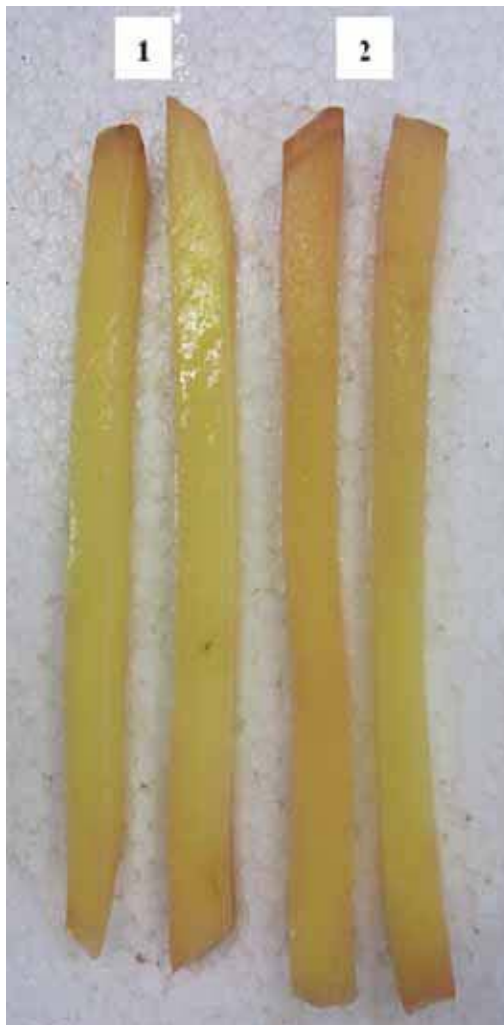
ผลการวิจัย

จากการทดลอง สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในการแช่แข็งมันฝรั่ง ด้วยเครื่องแช่แข็งผักแบบเปาลมเย็นและแบบชำของมันฝรั่งในแต่ละขนาด ซึ่งปรากฏว่าอุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4 เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการแช่แข็งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนาของแท่งมันฝรั่ง คือ ถ้ามันฝรั่งมีความหนาน้อยก็จะใช้เวลาน้อย และถ้าความหนามากก็จะใช้เวลามากตามไปด้วย ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการแช่แข็งจนกระทั่งมันฝรั่งมีอุณหภูมิ -18°C ที่ได้จากการทดลองคือ 7.43, 14.55 และ 20.28 นาที และจากการคำนวณด้วยสมการของ Plank คือ 2.43, 7.07 และ 22.46 นาที จากมันฝรั่งขนาด 0.5, 1 และ 1.5 cm. ตามลำดับ



รูปที่ 4 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในการแช่แข็งมันฝรั่ง

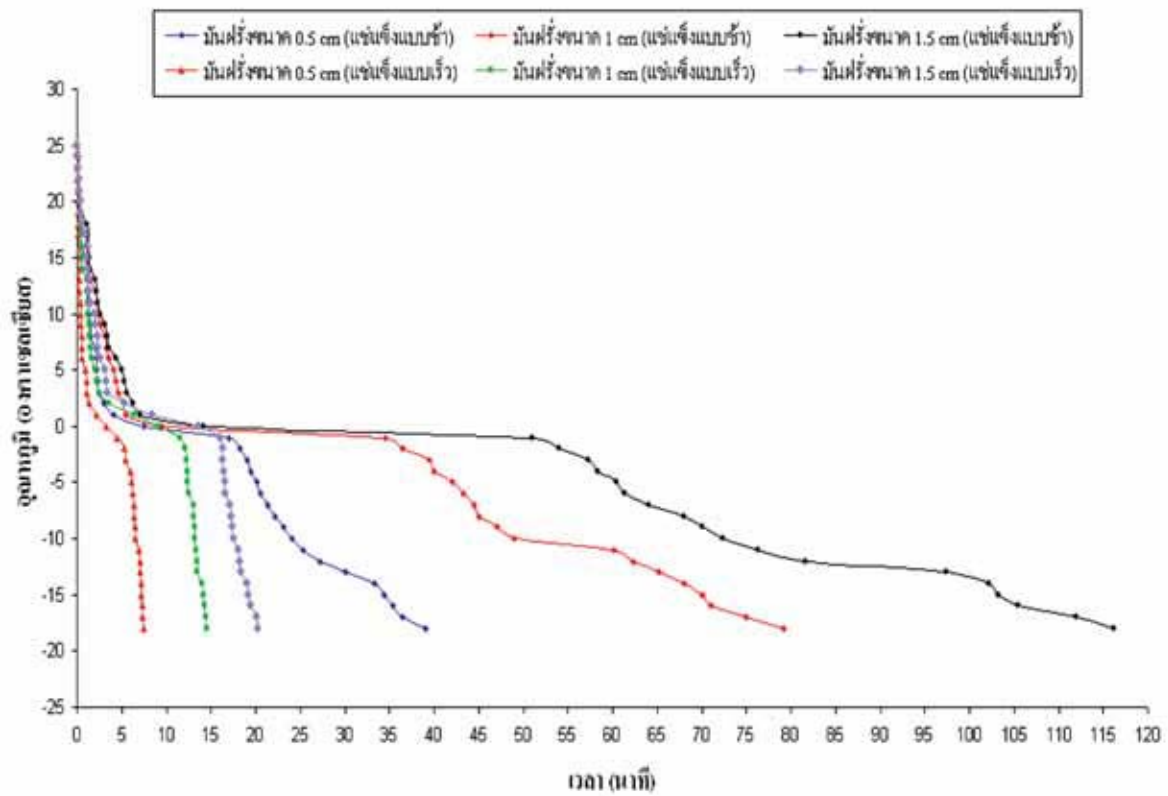
สำหรับการทดลองเพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะของมันฝรั่งที่ได้จากการละลายเพื่อคืนสภาพ หลังผ่านการแช่แข็งด้วยเครื่องแช่แข็ง 2 แบบ ซึ่งแบบแรกเป็นการแช่แข็งชนิดเร็ว คือ เครื่องแช่แข็งแบบเป่าลมเย็น โดยใช้เวลาในการแช่แข็งมันฝรั่งขนาด 0.5 cm. คือ 7 นาที 43 วินาที ในการแช่แข็งให้มันฝรั่งมีอุณหภูมิ -18°C และแบบที่สองเป็นการแช่แข็งแบบช้า โดยใช้เวลา 39 นาทีในการแช่แข็งให้มันฝรั่งมีอุณหภูมิเช่นเดียวกัน แล้วนำมาทำการละลายเพื่อคืนสภาพซึ่งมีผลดังนี้ คือมันฝรั่งที่ผ่านการแช่แข็งแบบช้าที่ส่วนปลายแท่งมันฝรั่งจะมีสีดำ และเนื้อมันฝรั่งจะนิ่มกว่าการแช่แข็งแบบเป่าลมเย็น ดังแสดงในรูปที่ 5 ส่วนลักษณะของการแข็งตัวหลังการแช่แข็ง การแช่แข็งแบบเป่าลมเย็นจะมีเกล็ดน้ำแข็งปกคลุมมากกว่าและทั่วถึงกว่าการแช่แข็งแบบช้า ดังแสดงในรูปที่ 6 แต่สิ่งที่แตกต่างกันมากคือเวลาที่ใช้ในการแช่แข็ง เนื่องจากการแช่แข็งแบบเป่าลมเย็นจะอาศัยหลักการพาความร้อนโดยใช้พัดลมดูดอากาศเย็นเป่าเข้าปะทะกับผลิตภัณฑ์โดยตรง ทำให้สามารถพาความร้อนออกจากผลิตภัณฑ์ได้เร็วกว่าการแช่แข็งแบบช้า โดยสามารถเปรียบเทียบได้ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 5 : เปรียบเทียบสีของมันฝรั่งที่ได้จากการละลายเพื่อคืนสภาพหลังการแช่แข็งมันฝรั่ง
(1) มันฝรั่งที่ได้จากการละลายเพื่อคืนสภาพหลังการแช่แข็งแบบเป่าลมเย็น
(2) มันฝรั่งที่ได้จากการละลายเพื่อคืนสภาพหลังการแช่แข็งแบบช้า



รูปที่ 6 : เปรียบเทียบมันฝรั่งที่ได้จากการแช่แข็งแบบเร็ว (1) และการแช่แข็งแบบช้า (2)



รูปที่ 7 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในการ แช่แข็งมันฝรั่งแบบช้า และแบบเร็ว

บทสรุป

จากผลการทดลองแช่แข็งมันฝรั่งโดยเครื่องแช่แข็งแบบเป่าลมเย็นที่ได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) จากการทดลองพบว่า เครื่องแช่แข็งแบบเป่าลมเย็นที่ได้จากการออกแบบและสร้างขึ้นนั้น ใช้ระยะเวลาในการแช่แข็งมันฝรั่งน้อยกว่าการแช่แข็งแบบช้ามาก อีกทั้งยังมีราคาต้นทุนในการสร้างที่ต่ำกว่าเครื่องแช่แข็งที่มีใช้ในปัจจุบันสามารถใช้งานได้ง่ายไม่ยุ่งยาก ดังนั้นค่าใช้จ่ายหลัก ๆ จะอยู่ที่การสร้างเครื่องแช่แข็งแบบเป่าลมเย็นกับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในวัฏจักรอัดไอในการทำความเย็น ซึ่งมีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นต้นกำลังคือมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ มอเตอร์พัดลมระบายความร้อน และมอเตอร์พัดลมในการกระจายลมเย็นภายในห้องแช่แข็ง ส่วนเวลาที่ใช้ในการแช่แข็งมันฝรั่งจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญดังต่อไปนี้ คือ อุณหภูมิของมันฝรั่งก่อนการแช่แข็ง ขนาดความหนาของมันฝรั่ง และ อุณหภูมิภายในห้องแช่แข็ง

2) เครื่องต้นแบบในการแช่แข็งแบบเป่าลมเย็น ที่ได้จากการศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่ผลผลิตที่ได้จากการเกษตรชนิดเดียวคือมันฝรั่ง เมื่อทำการทดลองปรากฏว่าสามารถลดอุณหภูมิของมันฝรั่งได้ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาคือ -18°C สำหรับเวลาที่ใช้ในการแช่แข็งที่ได้จากการคำนวณนั้นจะมีค่าต่ำกว่าที่ได้จากการทดลอง เนื่องจากสมการที่ใช้ได้ตั้งสมมุติฐานว่าการถ่ายเทความร้อนออกจากผลิตภัณฑ์จากใจกลางสู่ผิวของผลิตภัณฑ์เป็นไปอย่างสม่ำเสมอโดยรอบ แต่จากการทดลองด้วยเครื่องต้นแบบนี้มันฝรั่งจะสัมผัสกับอากาศเย็นเพียงด้านเดียว ทำให้ต้องใช้เวลาการถ่ายเทความร้อนออกจากผลิตภัณฑ์นานกว่า

เอกสารอ้างอิง

- ชูชัย ต. ศิริวัฒนา. 2546. การทำความเย็นและปรับอากาศ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น). :206-233
- วิไล รัชสาดทอง. 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพฯ : เทกซ์แอนเจอร์นัลพับลิเคชั่น ครั้งที่ 2. :131-162
- Bing Li and Da-Wen sun. 2001. Novel Methods for Rapid Freezing and Thawing of Food – a review : J. of Food Engineering ; 54 :P 175 – 182.
- Choi, Y. and M.R. Okos. 1986. Effects of Temperature and Composition on the Thermal Properties of Food : In Food Engineering and Process Applications. ed.M.LeMaguer and P. Jelen ; 1 : 93-101.
- C.P.Arora. 2000. Refrigeration and Air Conditioning. New York : Mc Graw Hill.
- C.P.Mallett. 1993. Frozen Food Technology. London : Blackie A&P.
- Massoud Kaviany. 2002. Principles of Heat Transfer. New York : John Wiley & Sons,Inc.
- Ozisik,M.N. 1985. Basic Heat Transfer. Singapore : McGraw-Hill.
- Q.T.Pham. 1996. Prediction of Calorimetric Properties and Freezing Time of Food from Composition Data : J. of Food Engineering ; 30 : 95 – 107.
- M.N.Martino and L.Otero. 1998. Size and Location of Ice Crystals in Pock Frozen by High- Pressure-Assisted Freezing as Compared to Classical Methods : J. of Meat science ; 50: 303 – 313.

- Miriam E. Agnelli and Rodolfo H. Mascheroni. 2001. Cryomechanical Freezing. A Model for the Heat Transfer process : J. of Food Engineering ; 47: 263 – 270.
- Miriam E. Agnelli and Rodolfo H. Mascheroni. 2002. Quality Evaluation of Foodstuffs Frozen in a Cryomechanical Freezer : J. of Food Engineering ; 52: 257 – 263.
- Viviana, O.S. and Rodolfo H.M. 2002. Analysis of Impingement Freezers Performance: Journal of Food Engineering ; 54: 133-140.
- Yunus A.engel. 1998. Heat Transfer : A Practical Approach. New York : Mc Graw Hill.