สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปี 2539

รายงานวิจัย

เรื่อง

เครื่องแปรรูปและพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้ด้วยการให้ความร้อนแบบโอห์ม

โดย

ดร. กิตติชัย บรรจง

(หัวหน้าโครงการวิจัย)

T032382

RCH
TP
562.5
.P55
ก๖๗๙

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 32382
วัน, เดือน, ปี 19 เม.ย. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องแปรรูปและพลาสเจอไรซ์น้ำผลไม้ด้วยการให้ความร้อนแบบโอห์ม

ดร.กิตติชัย บรรจง
หัวหน้าโครงการวิจัย

บทคัดย่อ

การศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องให้ความร้อนของน้ำสับปะรดด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องอาศัยหลักการความสามารถในการนำไฟฟ้าของอาหารเหลว ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดหาจาก เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าที่สร้างขึ้น ซึ่งมีแผ่นขั้วไฟฟ้ากว้างและยาวเท่ากับ 4.7 เซ็นติเมตร จำนวน 2 แผ่น วางอยู่ห่างกัน 6.0 เซ็นติเมตร สามารถคำนวณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดในรูปฟังก์ชั่นของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (S_T) และอุณหภูมิ (T) คือ $\varnothing = -0.001337 + 0.004225S_T + 0.002811T + 2.4698X10^{-4}S_TT$ (r^2 = 0.989) โปรแกรมการคำนวณเชิงตัวเลข ที่สร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าและอุณหภูมิ ถูกเขียนขึ้นเพื่อใช้ในการออกแบบสร้างเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง โดยเครื่องจะประกอบด้วยแผ่นขั้วไฟฟ้าจำนวณ 2 แผ่น กว้าง 5 เซ็นติเมตร ยาว 20 เซ็นติเมตร ระยะห่างระหว่างแผ่นเท่ากับ 5 เซ็นติเมตร น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง มีอุณหภูมิสูงกว่า อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมการคำนวณเชิงตัวเลขประมาณ 1 ถึง 4 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ความหนืด และ พีเอช ของน้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง มีค่าใกล้เคียงกับของน้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนโดยวิธีใช้น้ำร้อนเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อน คุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ และความสามารถในการทำลายจุลินทรีย์ของทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pasteurization of Fruit Juice By Ohmic Heating

Kittichai Banjong

Abstract

In this study a conductivity tester was designed and constructed for pineapple juice. The test cell composes of two pieces of retangular electrodes having dimension of 4.7cm x 4.7cm and a distance between two electrodes is 6.0 cm. . The conductivity of pineapple juice in the function of soluble solid content (S_T) and temperature (T) is $\varnothing = -0.001337 + 0.004225S_T + 0.002811T + 2.4698X10^{-4}S_TT$ ($r^2 = 0.989$) The enumeration programme made from the relationship between the electrical conductivity of pineapple juice and temperature was witten. This programme was applied for the designation of the continuous flow ohmic heating. The constructed ohmic heating unit has the heating cell made from two rectangular electrodes (20 cm x 5 cm) which a distance between two electrodes is 5 cm. The final temperatures of pineapple juice that passed the constructed continuous flow ohmic heating unit were higher than those from the enumeration programme. From the analyses of chemical properties , pH , total soluble solid and vicosity of pineapple juice heated from the ohmic heating were not different from those of conventional process. The continuous flow ohmic heating process could inhibit activity of enzymatic browning and destroy microorganism in pineapple juice as well as conventional process .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญ	III
คำอธิบายสัญลักษณ์	V
ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
ขอบเขตของการศึกษา	1
วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	2
วิธีการดำเนินงาน	4
ผลการทดลองและวิจารณ์	20
สรุปผลการทดลอง	74
เอกสารอ้างอิง	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์

A = พื้นที่ของขั้วไฟฟ้าแต่ละด้าน (ตารางเมตร)

A_i = พื้นที่ตำแหน่ง i บนแผ่นขั้วไฟฟ้า (ตารางเมตร)

$AVGB_i$ = ค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จริงจากเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (คำนวณจากสมการที่ 1) ที่ตำแหน่ง i

B_i = ค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จริงจากเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (คำนวณจากสมการที่ 1) ที่ตำแหน่ง i

C_p = ความร้อนจำเพาะของอาหาร (กิโลจูน/กิโลกรัม.องศาเซลเซียส)

F = อัตราการไหลของน้ำสับปะรด (กิโลกรัม/วินาที)

I = กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลงในอาหาร (แอมแปร์)

L = ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า (เมตร)

LE = ความยาวของแผ่นขั้วไฟฟ้า (เมตร)

m = มวลของผลิตภัณฑ์อาหารระหว่างขั้วไฟฟ้า (กิโลกรัม)

m_i = มวลของผลิตภัณฑ์ระหว่างขั้วไฟฟ้าที่ตำแหน่ง i (กิโลกรัม)

P_i = ค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากสมการประมาณค่า (คำนวณจากสมการที่ 2) ที่ตำแหน่ง i

Q_{mass} = อัตราการไหลของมวลผลิตภัณฑ์ (กิโลกรัม/วินาที)

Q_{vol} = อัตราการไหลของปริมาตรผลิตภัณฑ์ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

R_o = ความต้านทานเริ่มต้น (โอห์ม)

S_T = ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)

T = อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

T_o = อุณหภูมิเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)

t = ระยะเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน (วินาที)

V = ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้า (โวลต์)

W = ความกว้างของแผ่นขั้วไฟฟ้าของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง (เมตร)

$\varnothing$ = ค่าการนำไฟฟ้าของอาหาร (ซีเมนต์ต่อเมตร)

$\varnothing_i$ = ค่าการนำไฟฟ้าที่ตำแหน่ง i (ซีเมนต์/เมตร)

$\varnothing_m$ = ค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าที่สร้างขึ้น

$\varnothing_r$ = ค่าการนำไฟฟ้าที่ถูกต้องจากค่าอ้างอิง

ρ = ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์การศึกษา

ในการทดลองนี้มีความมุ่งหมายที่จะศึกษาการให้ความร้อนน้ำสับปะรดโดยวิธีการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง โดยจำเป็นจะต้องสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการให้ความร้อนขึ้นมาเพื่อทดลองศึกษาในเบื้องต้น และเป็นพื้นฐานในการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นต่อไป ซึ่งวัตถุประ สงค์การศึกษาแบ่งเป็นข้อๆได้ดังนี้

1. ออกแบบและสร้างเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าของอาหารที่อยู่ในรูปของเหลว
2. หาสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้า กับคุณสมบัติทางเคมี ของน้ำสับปะรดเพื่อใช้คาดคะเนค่าการนำไฟฟ้า จากคุณสมบัติทางเคมี
3. ออกแบบ และสร้างเครื่องให้ความร้อนน้ำผลไม้ด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องในระดับห้องปฏิบัติการ
4. ศึกษาคุณสมบัติต่างๆของน้ำสับปะรดเมื่อได้รับความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง และเปรียบเทียบคุณภาพกับการให้ความร้อนด้วยการถ่ายเทความร้อนแบบธรรมดา

ขอบเขตของการศึกษา

-ขอบเขตของการวิจัยนี้จะครอบคลุมเนื้อหาที่สำคัญของกระบวนการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง โดยจะประกอบด้วย

1. การวัดค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างอาหาร โดยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าที่สร้างขึ้น
2. การออกแบบและสร้างเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง ในระดับห้องปฏิบัติการ
3. การคำนวณและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ออกแบบและคาดคะเนผลของกระบวนการให้ความร้อนน้ำสับปะรด
4. การเปรียบเทียบคุณภาพของอาหารที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องกับวิธีการโดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (slideup transformer) เพื่อใช้ปรับแรงดันไฟฟ้าในช่วง 0 ถึง 270 โวลต์ ขนาดกำลัง 2.7 เควีเอ

2.มัลติมิเตอร์ (Sunwa)

3.แอมป์มิเตอร์ (ขนาด 30 แอมป์)

4.เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมขนาดกว้างและยาว 3.5 เซ็นติเมตร สูง 6.0 เซ็นติเมตรด้านข้างทั้ง 2 ด้านประกบกับขั้วไฟฟ้าที่ส่งผ่านกระแสไฟฟ้าจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าสู่น้ำสับปะรดที่ต้องการวัดค่าการนำไฟฟ้า

4.1 แผ่นพลาสติกอะครีริกใสหนา 0.6 เซ็นติเมตร กว้าง 4.7 เซ็นติเมตร ยาว 6.0 เซ็นติเมตร 2 ชิ้น และ กว้าง 3.5 เซ็นติเมตร ยาว 6 เซ็นติเมตร 2 ชิ้นเป็นผนังของเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า ส่วนที่เป็นกรอบประคองแผ่นขั้วไฟฟ้าทั้ง 2 ด้าน ใช้ขนาด หนา 0.6 เซ็นติเมตร กว้าง 2.0 เซ็นติเมตร ยาว 5.9 เซ็นติเมตร 4 ชิ้น และ กว้าง 2.0 เซ็นติเมตร ยาว 4.7 เซ็นติเมตร 4 ชิ้น ส่วนที่ใช้เป็นตัวประกบขั้วไฟฟ้าทั้ง 2 ด้าน ใช้ขนาด หนา 0.6 เซ็นติเมตร กว้างและยาว 10 เซ็นติเมตร

4.2 แผ่นสแตนเลสหนา 1 มิลลิเมตร ใช้ทำเป็นขั้วไฟฟ้า (electrode) ขนาดกว้างและ ยาว 4.7 เซ็นติเมตร

4.3 แผ่นยางกันรั่วใช้เป็นตัวป้องกันการรั่วบริเวณขั้วไฟฟ้า และแผ่นพลาสติกที่ใช้ประกบขั้วไฟฟ้า

4.4 สกรูยึดแผ่นพลาสติกที่ใช้ประกบขั้วไฟฟ้าทั้งสองด้านขนาดความยาว 12 เซ็นติเมตร 4 ตัว

4.5 สายไฟฟ้าเข็งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ที่ใช้ได้กับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์

4.6 ท่อพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซ็นติเมตร

5.เครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมกว้างและยาว 5 เซ็นติเมตร สูง 40 เซ็นติเมตร มีขั้วไฟฟ้าอยู่ภายในเป็นตัวส่งผ่านกระแสไฟฟ้าจากเครื่องแปลงไฟฟ้าสู่น้ำสับปะรดที่ไหลผ่านจากด้านล่างของเครื่องขึ้นสู่ด้านบน

5.1 แผ่นพลาสติกอะครีริกใส หนา 0.5 เซ็นติเมตร กว้าง 6.0 เซ็นติเมตร ยาว 40 เซ็นติเมตร 2 ชิ้น และ กว้าง 5.0 เซ็นติเมตร ยาว 40 เซ็นติเมตร 2 ชิ้นเป็นผนังของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง ส่วนที่เป็นตัวประกบด้านบนและด้านล่างของเครื่อง ใช้พลาสติกอะครีริกหนา 0.5 เซ็นติเมตร กว้างและยาว 6.0 เซ็นติเมตร 2 ชิ้น ส่วน ที่ใช้เป็นผนังที่เลื่อนได้และเป็นที่ติดกับท่อพีวีซีทางออกของน้ำสับปะรดหลังจากการให้ความร้อนแล้วใช้พลาสติกหนา 0.3 เซ็นติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว้าง 6 เซ็นติเมตร และยาว 35 เซ็นติเมตร ส่วนพลาส ติกที่ใช้เป็นตัวประกบผนังที่เลื่อนได้และเป็นที่ติดกับท่อพีวีซีทางออกของน้ำสับปะรดหลังจากการ ให้ความร้อนแล้วกับผนังของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง ใช้พลาส ติกหนา 0.6 เซ็นติเมตร กว้าง 2 เซ็นติเมตร ยาว 10 เซ็นติเมตร 6 ชิ้น

5.2 ท่อพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซ็นติเมตร ยาว 45 เซ็นติเมตร

5.3 ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.5 นิ้ว

5.4 สายไฟฟ้าแข็งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ที่ใช้ได้กับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์

5.5 สวิชเบรกเกอร์ขนาด 15 แอมป์

5.6 สกรูยึดแผ่นพลาสติกที่ใช้เป็นตัวประกบผนังที่เลื่อนได้ และเป็นที่ติดกับท่อพีวีซีทางออกของน้ำสับปะรดหลังจากการให้ความร้อนแล้วกับผนังของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง ขนาดความยาว 10 เซ็นติเมตร 4 ตัว เพื่อใช้เป็นตัวยึดขั้วไฟฟ้าของเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า

5.7 โฟมหนา 2 เซ็นติเมตร

5.8 แผ่นสแตนเลสหนา 1 มิลลิเมตร ใช้ทำเป็นขั้วไฟฟ้า (electrode) ขนาดกว้าง 5 เซ็นติเมตร ยาว 20 เซ็นติเมตร

6.กล่องเก็บน้ำสับปะรดก่อนการให้ความร้อนและใช้เป็นตัวรักษาอัตราการไหลของน้ำสับปะรด จะมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมกว้างและยาว 5 เซ็นติเมตร สูง 20 เซ็นติเมตรประกอบด้วย

6.1 แผ่นพลาสติกอะครีริกใสหนา 0.5 เซ็นติเมตร กว้าง 6.0 เซ็นติเมตร ยาว 20 เซ็นติเมตร 2 ชิ้น และ กว้าง 5.0 เซ็นติเมตร ยาว 20 เซ็นติเมตร 2 ชิ้นเป็นผนังของกล่อง ส่วนที่เป็นผนังด้านล่างของกล่องมีขนาด หนา 0.5 เซ็นติเมตร กว้างและยาว 6.0 เซ็นติเมตร

6.2 ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.5 นิ้ว

7.ระบบวัดและวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย

7.1 คอมพิวเตอร์ชนิดพีซีมีระบบดอส เพื่อที่จะใช้ได้กับโปรแกรมสำเร็จรูป PCLDAS

7.2 ตัววัดอุณหภูมิ ชนิด พีที100โอห์ม

7.3 กล่องแปลงสัญญาณจากสัญญาณแอนนาลอก เพื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล (Daughter Boards) รุ่น PCLD-ENC ของบริษัท PC-LabDAS

7.4 การ์ดรับสัญญาณไฟฟ้าจากตัววัดอุณหภูมิ ชนิดพีที100โอห์ม (Plug-In Cards) รุ่น PCLD-7702 ของบริษัท PC-LabDAS

8.วัสดุและอุปกรณ์วิเคราะห์ทางกายภาพและชีววิทยา

8.1 พีเอชมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2 เครื่องวัดความหนืด (Synchro-Electric Viscometer, Brookfield , RVF-100)โดยใช้หัวเบอร์ 2 และตัวเลขที่วัดได้จะต้องคูณด้วย 4 หน่วยเป็น เซ็นติพ้อยต์

8.3 เครื่องวัดการดูดกลืนคลื่นแสง (สเปกโตรโฟโตมิเตอร์) แบบดิจิตอลปรับความ ยาวคลื่นแสงด้วยมือหมุน 420 นาโนเมตร (ควรมีการอบตัวดูดความชื้นทุกครั้งที่ใช้งาน)

8.4 ปิเปตปริมาตร 0.1 , 1 และ 10 มิลลิลิตร จำนวนอย่างละ 50 อัน

8.5 หลอดทดลองขนาด 20 มิลลิลิตร

8.6 บีกเกอร์แก้วไพเรกขนาด 50 มิลลิลิตร จำนวน 3 บีกเกอร์

8.7 เพลตแก้วไพเรก (Anumbra) จำนวน 48 เพลต

8.8 กระดาษกรองเบอร์ 42 (Whatman)

8.9 ชุดชิม ประกอบด้วย แก้วน้ำดื่ม ถาดรองชุดชิม ถ้วยชิม และช้อนชิม

9.เครื่องปั่นแยกตะกอน (Jouan , GR 4-11 , France) ใช้ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที

10.เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ

วิธีการดำเนินงาน

1.การสร้างเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าและการวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรด

1.1 การสร้างเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำผลไม้

เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำผลไม้ดัดแปลงจาก Gupta (1992) โดยตัวเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าจะทำจากแผ่นพลาสติกอะครีริก เป็นรูปกล่องทรงสี่เหลี่ยมสูง 6.0 เซ็นติเมตร และมีความกว้างและยาว 3.5 เซ็นติเมตร แผ่นพลาสติกอะครีริกที่ใช้ เป็นแผ่นพลาสติกอะครีริกใส หนา 0.6 เซ็นติเมตร กว้าง 4.7 เซ็นติเมตร ยาว 6.0 เซ็นติเมตร 2 ชิ้น และ กว้าง 3.5 เซ็นติเมตร ยาว 6 เซ็นติเมตร 2 ชิ้นเป็นผนังของเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า โดยประกอบพลาสติกทั้ง 4 ชิ้นตามแนวยาวให้เป็นกล่องทรงสี่เหลี่ยม สูง 6.0 เซ็นติเมตร ความกว้างและยาวภายในเท่ากับ 3.5 เซ็นติเมตร โดยใช้กาวที่เป็นสารละลายพลาสติกให้ติดกันคือ ไดคลอโรมีเทน

ส่วนที่เป็นกรอบประคองแผ่นขั้วไฟฟ้าด้านข้างทั้ง 2 ด้าน ใช้หนา 0.6 เซ็นติเมตร ขนาดกว้าง 2.0 เซ็นติเมตร ยาว 5.9 เซ็นติเมตร 4 ชิ้น และ กว้าง 2.0 เซ็นติเมตร ยาว 4.7 เซ็นติเมตร 4 ชิ้น โดยประกอบแผ่นพลาสติกหนา 0.6 เซ็นติเมตร ขนาดกว้าง 2.0 เซ็นติเมตร ยาว 5.9 เซ็นติเมตร 2 ชิ้น และกว้าง 2.0 เซ็นติเมตร ยาว 4.7 เซ็นติเมตร 2 ชิ้น ที่ขอบด้านบนและด้านล่างภายนอกของตัวกล่องทั้งสองด้าน โดยพลาสติกทั้งสี่ชิ้นที่ประกอบด้านบนและด้านล่างภายนอกของกล่องพลาสติกจะต้องเหลื่อมออกไปทางด้านบนและด้านล่างของกล่องพลาสติกเป็นระยะ 1.0 มิลลิเมตร เพื่อใช้เป็นตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประคองแผ่นขั้วไฟฟ้า และมีระยะเท่ากับความหนาของแผ่นขั้วไฟฟ้า เมื่อกาวแห้งและพลาสติกเชื่อมติดกันเป็นอย่างดีแล้วนำไปเจาะรูที่ด้านข้างของกล่องขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 เซ็นติเมตร 2 รู จากระยะ 2 เซ็นติเมตร จากด้านบนและด้านล่างของตัวกล่อง เพื่อต่อเข้ากับท่อพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางยาว 8 เซ็นติเมตร เพื่อใช้เป็นทางเข้าออกของน้ำผลไม้ เมื่อเจาะรู 2 รูแรกเสร็จเรียบร้อยแล้วนำไปเจาะรูอีก 3 รูที่ด้านข้างของตัวกล่องโดยด้านข้างนี้จะต้องเป็นด้านที่อยู่ติดกับด้านที่เจาะรูให้น้ำผลไม้เข้าและออกโดยเจาะรูให้มีขนาด 0.8 เซ็นติเมตร เจาะห่างจากด้านบนและด้านล่าง 1.0 เซ็นติเมตร 2 รู และเจาะตรงกลางกล่องคือห่างจากด้านบนและด้านล่าง 3.0 เซ็นติเมตร อีก 1 รู รวมเป็น 3 รู เพื่อใช้ต่อเข้ากับตัววัดอุณหภูมิชนิด พีที100โอห์ม ทั้ง 3 รู

เมื่อเสร็จแล้วนำท่อพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 เซ็นติเมตร ไปต่อเข้ากับสองรูแรกที่เจาะให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 เซ็นติเมตรที่ด้านข้างของกล่องและใช้กาวซิลิโคนเป็นตัวติดป้องกันการรั่วของน้ำผลไม้ จากนั้นนำตัววัดอุณหภูมิด้านที่เป็นแกนเหล็ก 3 อัน ต่อเข้ากับรู 3 รู ที่เจาะไว้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 เซ็นติเมตร โดยให้ปลายแกนเหล็กของตัววัดอุณหภูมิยื่นเข้าไปภายในตำแหน่งกลางตัวกล่อง คือยื่นเข้าไปภายในเป็นระยะ 1.75 เซ็นติเมตร ทั้ง 3 รู จากนั้นใช้กาวซิลิโคนอุด เพื่อป้องกันการรั่วของน้ำผลไม้ เมื่อเสร็จแล้วตัดแผ่นยางหนา 1.5 มิลลิเมตร กว้างและยาว 5.9 เซ็นติเมตร 2 แผ่น และเจาะรูตรงกลางเพื่อให้สายไฟที่ต่อมาจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ต่อเข้ากับแผ่นขั้วไฟฟ้าที่ช่องนี้ แผ่นยางทั้งสองนี้จะใช้เป็นตัวป้องกันการรั่วของน้ำสับปะรดจากขอบของแผ่นขั้วไฟฟ้าและกรอบประคองแผ่นขั้วไฟฟ้า

สำหรับแผ่นพลาสติกที่ใช้ประกบเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและป้องกันการรั่วใช้ แผ่นพลาส ติกหนา 0.6 เซ็นติเมตร กว้างและยาว 10.0 เซ็นติเมตร 2 แผ่นมาเจาะรู 4 รู ที่มุมทั้งสี่ของแผ่นพลาสติกให้มีระยะห่างจากมุม 1.4 เซ็นติเมตร รูทั้งสี่นี้จะใช้เป็นที่ร้อยสกรูที่มีความยาว 12 เซ็นติเมตร เป็นตัวยึดไม่ให้แผ่นขั้วไฟฟ้าเคลื่อนที่และให้แผ่นยางป้องกันการรั่วเกิดการอัดตัวและไปอุดช่องว่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้าและกรอบที่ใช้ประคองแผ่นขั้วไฟฟ้า และนำแผ่นพลาส ติกแผ่นเดิมนี้มาเจาะรูตรงกลางให้มีขนาดกว้างพอดวร เพื่อให้สายไฟที่ต่อมาจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าต่อเข้ากับแผ่นขั้วไฟฟ้าที่ช่องนี้

จากนั้นนำแผ่นขั้วไฟฟ้าที่ทำด้วยแผ่นสแตนเลสหนา 1.0 มิลลิเมตร กว้างและยาว 4.7 เซ็นติเมตร จำนวน 2 แผ่น ซึ่งแต่ละแผ่นมีการเชื่อมสกรูยาว 2.0 เซ็นติเมตรเพื่อใช้เป็นจุดเชื่อมต่อกับสายไฟฟ้า ที่ต่อมาจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าประกบเข้ากับกล่องด้านบนและด้านล่าง แผ่นขั้วไฟฟ้านี้จะประกบเข้าพอดีกับกรอบประคองแผ่นขั้วไฟฟ้าทำให้ผิวด้านบนและด้านล่างของกรอบประคองแผ่นขั้วไฟฟ้าและแผ่นขั้วไฟฟ้าเรียบเสมอกัน จากนั้นนำแผ่นยางที่เตรียมไว้มาประกบด้านบนผิวของ กรอบประคองแผ่นขั้วไฟฟ้าและแผ่นขั้วไฟฟ้าทั้งที่อยู่ด้านบนและด้านล่าง จากนั้นนำแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลาสติกหนา 0.6 เซ็นติเมตร กว้างและยาว 10.0 เซ็นติเมตร ที่เตรียมไว้แล้วมาประกบทับบนแผ่นยางกันรั่วอีกทีหนึ่ง สุดท้ายนำสกรูที่มีความยาว 12 เซ็นติเมตรมาร้อยเข้ากับรูที่เจาะไว้ที่มุมทั้งสี่ที่เจาะไว้ขนาด 0.8 เซ็นติเมตร ของแผ่นพลาสติกทั้งสองและขันสกรูให้แน่นเพื่อกดอัดแผ่นยางไปอุดช่องระหว่างกรอบประคองแผ่นขั้วไฟฟ้าและแผ่นขั้วไฟฟ้า

1.2 การปรับเทียบค่าตัววัดอุณหภูมิกับเทอร์โมมิเตอร์

ตัววัดอุณหภูมิทั้ง 3 อัน ชนิด พีที100โอห์ม ที่ใช้ประกอบเข้ากับเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าและเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง จะต้องอ่านค่าได้แตกต่างกันไม่เกิน 0.1 องศาเซลเซียส และอ่านค่าได้ถูกต้องกับความเป็นจริง และที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือตัววัดอุณหภูมินี้จะนำไปต่อเข้ากับการ์ดรับสัญญาณไฟฟ้า (Plug-In Cards) จากนั้นการ์ดรับสัญ ญาณไฟฟ้าจะต่อเข้ากับกล่องแปลงสัญญาณจากสัญญาณแอนนาลอก เพื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล (Daughter Boards) จากนั้นกล่องแปลงสัญญาณจึงต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ชนิดพีซี มีระบบดอส ที่มีโปรแกรมสำเร็จรูป PCLDAS ซึ่งจะใช้ในการบันทึกและแสดงผลของอุณหภูมิที่วัดได้ จากตัววัดอุณหภูมิ โดยสัญญาณที่วัดจากตัววัดอุณหภูมิจะมีค่าเป็นโวลต์ ซึ่งค่าที่ได้จะยังไม่ใช่ค่าอุณหภูมิที่วัดได้ดังนั้นจึงต้องมีการแก้ค่าที่วัดได้ที่มีหน่วยเป็นโวลต์ให้เป็นองศาเซลเซียสก่อนโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทเป็นตัวปรับค่า โดยนำน้ำกลั่นใส่ลงในบีกเกอร์ แล้วใส่ลงใน water bath ที่ตั้งอุณหภูมิให้คงที่จุ่มเทอร์โมมิเตอร์พร้อมกับตัววัดอุณหภูมิ อ่านค่าอุณหภูมิจากเทอร์ โมมิเตอร์ และบันทึกไว้แล้วบันทึกอุณหภูมิที่อ่านได้จากตัววัดอุณหภูมิที่อ่านค่าโดยโปรแกรม PCLDAS โดยที่อุณหภูมิของ water bath คือ 30.5 , 37 , 42 , 47.5 , 52 , 59 , 64.5 , 71.5 และ 78 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจึงหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของ water bath ที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ กับค่าโวลต์ ที่อ่านได้จากโปรแกรม PCLDAS ที่วัดโดยตัววัดอุณหภูมิ และนำค่าสัมประสิทธ์ตัวคูณและค่าคงที่จากความสัมพันธ์ที่ได้ ไปเป็นค่าแก้ในโปร แกรม PCLDAS เพื่อให้ค่าโวลต์ ที่อ่านได้จากตัววัดอุณหภูมิ มีค่าเท่ากับค่าที่อ่านได้จริงจากเทอร์โมมิเตอร์

1.3 การวัดค่าการนำไฟฟ้า

ค่าการนำไฟฟ้า คือคุณสมบัติที่วัตถุใดวัตถุหนึ่งยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านในอัตราหนึ่ง ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าของวัตถุ จะมีความสัมพันธ์กับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ให้แก่วัตถุและความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า ดังนั้นการที่วัตถุจะมีการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้ามากหรือน้อย จึงขึ้นอยู่กับค่าการนำไฟฟ้าของอาหาร หากมีค่าการนำไฟฟ้าสูง ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าภายในก็จะสูง ทำให้เกิดความร้อนได้มากขึ้นด้วย โดยปรกติแล้วการวัดค่าการนำไฟฟ้าของวัตถุจะวัดได้โดยใช้คอนดักโตมิเตอร์แต่วิธีการนี้ใช้ได้ดีกับวัตถุที่เป็นชิ้น เช่น ข้าวโพดทั้งฝัก มันฝรั่งหรือแครอททั้งหัว และการวัดค่าการนำไฟฟ้าอีกวิธีหนึ่งของวัตถุที่เป็นของเหลวก็คือเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าที่มีตัววัดแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้จุ่ม แต่เนื่องจากอุปกรณ์ที่ว่านี้มีราคาแพงและในการทดลองจะต้องมีการใช้วัดบ่อย และจะต้องมีทฤษฎีที่เห็นได้อย่างชัดเจนรองรับงานวิจัย จึงตัดสินใจว่าจะวัดได้โดยสร้างอุปกรณ์ง่ายๆขึ้นมาเอง และจากการทดลองนี้อาหารที่ใช้ในการให้ความร้อนเป็นอา หารเหลวจึงต้องสร้างอุปกรณ์ที่จะใช้ในการวัดค่าการนำไฟฟ้าขึ้นมาเองโดยมีหลักการและวิธีการดังต่อไปนี้

ค่าการนำไฟฟ้าคำนวณได้จากสมการ (Gupta ,1992)

$$\varnothing = \frac{L\,I}{V\,A} \qquad (1)$$

เมื่อ $\varnothing$ = ค่าการนำไฟฟ้าของอาหาร (ซีเมนต์ต่อเมตร)

I = กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลงในอาหาร (แอมแปร์)

V = ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้า (โวลต์)

L = ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า (เมตร)

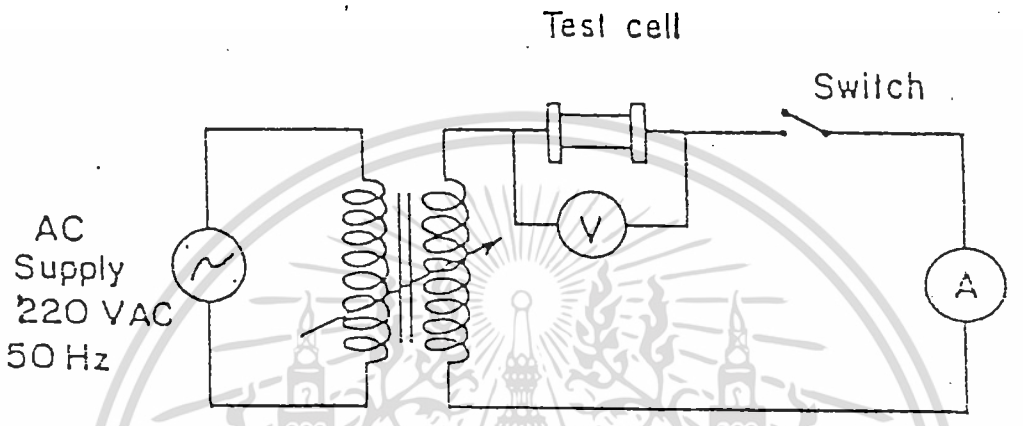
A = พื้นที่ของขั้วไฟฟ้าแต่ละด้าน (ตารางเมตร)

สำหรับเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าที่สร้างขึ้นมี ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า (L) เท่ากับ 0.060 เมตร และพื้นที่ของขั้วไฟฟ้าแต่ละด้าน (A) เท่ากับ 0.001225 ตารางเมตร

วงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการวัดค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าแสดงในภาพที่ 1 โดยใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่มีกำลังขนาด 2.7 เควีเอ ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า ที่ผ่านสู่อาหารจะถูกวัดโดยมัลติมิเตอร์ โดยความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าต้องบันทึกทันทีหลังจากปล่อยกระแสไฟฟ้าสู่อาหาร เพื่อลดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นของอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 1



แสดงวงจรที่ใช้ในการวัดค่าการนำไฟฟ้า

Gupta (1992)

1.3.1 การปรับเทียบเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า

การปรับเทียบค่าก่อนการนำไปใช้งานจริง โดยใช้สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เป็นสารละลายมาตรฐาน เนื่องจากในเอกสารอ้างอิง (CRC ,1979-1980) จะให้ค่าการนำไฟฟ้าไว้อย่างละเอียด และเป็นสารที่หาง่ายราคาถูก และการปรับเทียบเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าทำได้เป็นลำดับดังนี้

เตรียมสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1 , 2 , 3 , 4 , 5 และ 6 กรัมต่อลิตร จากนั้นนำสารละลายเกลือ 21 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร ใส่ลงในเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (ทำการทดลองทีละความเข้มข้น) และปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเป็น 3 ระดับ อยู่ในช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50 ถึง 100 โวลต์ (เป็นการทำซ้ำ) โดยในความเข้มข้นของน้ำเกลือแต่ละความเข้มข้นจะทำการทดลองทีละระดับความต่างศักย์จนครบ 3 ระดับ จากนั้น เปิดสวิชเบรกเกอร์ให้กระแสไฟฟ้าเข้าสู่เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า และอ่านค่า กระแสไฟฟ้าที่ได้จากแอมป์มิเตอร์ที่ต่ออยู่ในวงจร (ต้องบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าทันทีเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นของน้ำเกลือจะมีผลต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าในน้ำเกลือ) นำค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านลงในอาหาร ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า และพื้นที่ของแผ่นขั้วไฟฟ้ามาคำนวณค่าการนำไฟฟ้าจากสมการที่ 1 เมื่อได้ค่าการนำไฟฟ้าแล้ว ให้นำมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละความเข้มข้นของสารละ ลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ (3 ระดับความต่างศักย์ที่ใช้) จากนั้นนำค่าการนำไฟฟ้าจากการคำนวณจากสมการที่ 1 ในแต่ละความเข้มข้นของน้ำเกลือมาเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าอ้างอิงหน่วยเป็นซีเมนต์ต่อเมตร (S/m) โดยการเขียนกราฟและหาสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าอ้างอิง กับค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการทดลอง ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้จะแสดงให้เห็นว่า เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าที่ทำขึ้นจะสามารถวัดค่าได้ถูกต้องมากน้อยเพียงไร ขณะเดียวกันความสัมพันธ์ที่ได้จะนำไปเป็นสมการที่จะใช้เป็นค่าแก้สำหรับค่าการนำไฟฟ้าที่วัดจริงจากเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้านี้ โดยจะแทนค่าการนำไฟฟ้าจากการวัดจริงของน้ำสับปะรดที่วัดด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าที่ทำขึ้นนี้ลงในสมการ และทำการคำนวณให้ได้ค่าการนำไฟฟ้าที่ถูกต้อง

1.3.2 การทดสอบสมการที่ใช้ในการประมาณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดที่ผ่านการปั่นแยกตะกอน (ซีรัม) และน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอน

เมื่อทำการปรับเทียบเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าแล้ว และได้สมการปรับแก้ค่าสำหรับค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จากเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าเครื่องนี้ ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าไปใช้จริงกับน้ำสับปะรดทั้งสองชนิดคือ น้ำสับปะรดที่ผ่านการปั่นแยกตะกอน และน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอน และนำค่าต่างๆคือ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลงในอาหาร ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า และพื้นที่ของแผ่นขั้วไฟฟ้ามาคำนวณค่าการนำไฟฟ้าจากสมการที่ 1 เปรียบเทียบกับการนำค่า อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมาคำนวณค่าการนำไฟฟ้าจากสมการที่ 2 ซึ่งเป็นสมการสำ หรับประมาณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดที่มีผู้เคยทดลองไว้ เพื่อที่จะดูว่าสมการที่มีผู้เคยทดลองไว้จะสามารถใช้ได้กับการประมาณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดทั้งสองชนิดในการทด ลองนี้ได้หรือไม่ ซึ่งถ้าสามารถใช้ได้ก็จะได้นำมาใช้ในการทดลองนี้ได้ทันที แต่ถ้าใช้ไม่ได้กับการประมาณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดจากการทดลองนี้ก็จะได้มีการดำเนินการทดลอง เพื่อสร้างสมการในการประมาณค่าการนำไฟฟ้าสำหรับน้ำสับปะรดที่เหมาะสมในการทดลองนี้ต่อไป การทดลองในขั้นตอนนี้มีลำดับการทดลองดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำสับปะรดทั้งผลปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และคั้นน้ำสับปะรดด้วยมือจากนั้นแยกส่วนที่เป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกด้วยเครื่องปั่นแยกตะกอนที่ความเร็ว 2,000 รอบ ต่อนาที ปรับความเข้มข้นของน้ำสับปะรดที่ผ่านการปั่นแยกตะกอน ให้มีค่าเท่ากับ 6.3 ,10.9 , 14.3 17.2 , 19.5 และ 21.8 องศาบริกซ์ โดยใช้เครื่องระเหยน้ำ (vaccumn evaporator) นำน้ำ สับปะรดที่เป็นซีรัมไปลดอุณหภูมิลงจนต่ำกว่า 27 องศาเซลเซียสและใส่ลงในเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าปริมาตร 21 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร เปิดสวิชเบรกเกอร์เพื่อให้กระแสไฟฟ้าจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าไหลผ่านน้ำสับปะรดที่เป็นซีรัม และทำการบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านน้ำสับ ปะรดที่เป็นซีรัมจากแอมป์มิเตอร์ที่ต่ออยู่ในวงจร และอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป โดยจะต้องบันทึกค่ากระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปทุกๆ 2 องศาเซลเซียส โดยน้ำสับปะรดที่เป็นซีรัมทุกความเข้มข้นจะทำตามลำดับดังนี้ทุกความเข้มข้น และในแต่ละความเข้มข้นของน้ำสับปะรดที่ใช้จะทำการทดลองสองซ้ำ โดยแต่ละซ้ำของการทดลองจะเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ที่ใช้อยู่ในช่วง 30 ถึง 70 โวลต์ จากนั้นนำค่าต่างๆคือ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลงในอาหาร ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า และพื้นที่ของแผ่นขั้วไฟฟ้ามาคำนวณค่าการนำไฟฟ้าจากสมการที่ 1 เมื่อได้ค่าการนำไฟฟ้าแล้วแก้ค่าให้ถูกต้องโดยใช้สมการที่ได้จากการทดลองในการทดลองที่ 1.3.1 และนำค่าการนำไฟฟ้าที่ได้แก้ค่าให้ถูกต้องแล้วมาเปรียบเทียบกับการนำค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ มาคำนวณค่าการนำไฟฟ้าจากสมการที่ 2 (Gupta ,1992)

$$\varnothing = a + bS_T + cT + dS_T T \qquad (2)$$

โดย a = 0.133927

b = -0.00240

c = -0.00019

d = 0.000465

T = อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

S_T = ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)

คำนวณค่าความแตกต่างของค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณจากสมการที่ 1 กับที่ได้จากสมการที่ 2 (B_i-P_i) และคำนวณค่า Mean Square Error ออกมาในรูปของเปอร์เซ็นต์ MSE คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$MSE = \sqrt{\frac{\sum (B_i - P_i)^2}{n}} \qquad (3)$$

$$\%MSE = \frac{MSE}{AVGB_i} \times 100 \qquad (4)$$

B_i คือค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จริงจากเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (คำนวณจากสมการที่ 1) ที่ตำแหน่ง i

P_i คือค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากสมการประมาณค่า (คำนวณจากสมการที่ 2) ที่ตำแหน่ง i

$AVGB_i$ คือค่าเฉลี่ยของ B_i

นำค่าการนำไฟฟ้าที่คำนวณได้จากสมการที่ 2 และค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากสมการที่ 1 ซึ่งจะเป็นค่าการนำไฟฟ้าที่คำนวณได้จากสมการประมาณค่า และค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จริงจากการทดลองตามลำดับมาเขียนกราฟ ทั้ง 2 ซ้ำในกราฟเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างว่าสมการที่ใช้ในการประมาณค่าการนำไฟฟ้าสมการที่ 2 (Gupta ,1992) จะให้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จริงมากน้อยอย่างไร จากนั้นเตรียมน้ำสับปะรดอีก 1 ชุด โดยไม่ต้องปั่นแยกตะกอน โดยคั้นน้ำสับปะรดด้วยมือ และนำน้ำสับปะรดที่ได้มาปรับค่าความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 10.8 , 13.9 , 15.2 , 17.8 และ 21.6 องศาบริกซ์ และทำการทดลองซ้ำเหมือนการทดลองของน้ำสับปะรดที่ผ่านปั่นแยกตะกอน

1.3.3 การทดสอบหาสมการในการประมาณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรด

เมื่อทดสอบแล้วว่าสมการที่ใช้ประมาณค่าการนำไฟฟ้าของสมการอ้างอิง (Gupta ,1992) ไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนในการประมาณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดที่ได้จากการทดลองนี้ได้ ก็จะได้มีการดำเนินการทดลองเพื่อสร้างสมการในการประมาณค่าการนำไฟฟ้าสำหรับน้ำสับปะรดที่เหมาะสมในการทดลองนี้ต่อไป การทดลองในขั้นตอนนี้มีลำดับการทดลองดังนี้

นำข้อมูลระหว่างของแข็งที่ละลายได้ , อุณหภูมิ และค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองคำนวณด้วยสมการที่ 1 ในการทดลองที่ 1.3.2 มาหาสมการความสัมพันธ์ใหม่โดยใช้ การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS จากนั้นนำสมการความสัมพันธ์ที่ได้ใหม่ไปใช้คำนวณค่าการนำไฟฟ้าโดยนำข้อมูลระหว่างของแข็งที่ละลายได้ อุณหภูมิ ที่บันทึกไว้ในการทดลองที่ 1.3.2 มาทดลองแทนค่าลงในสมการความสัมพันธ์ที่ได้ใหม่นี้เมื่อเสร็จแล้วนำค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณด้วยสมการที่สร้างขึ้นมาใหม่ มาเขียนกราฟเปรียบเทียบกับค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จริงจากการคำนวณด้วยสมการที่ 1 จากการทดลองก่อนหน้านี้ (การทดลองที่ 1.3.2) ที่แต่ละค่าความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ของน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอนโดยพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ MSE ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 3 และ 4 จากนั้นนำสมการความสัมพันธ์ใหม่ที่ได้ไปใช้คำนวณค่าการนำไฟฟ้า เทียบกับค่าการนำไฟฟ้าจากการทดลองวัดจริงและคำนวณด้วยสมการที่ 1 ใหม่อีกครั้งหนึ่ง โดยพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ MSE ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 3 และ 4

2.การออกแบบและสร้างเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง การทดลองใช้งานและการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการให้ความร้อนด้วยเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง

2.1การออกแบบและสร้างเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง สำหรับอาหารเหลว

การออกแบบ (ออกแบบจากการเขียนแบบด้วยมือไม่ได้ใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้นในการออกแบบแต่จะใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้นในการคำนวณอัตราส่วนที่เหมาะสม) และสร้างเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องสำหรับอาหารเหลว ให้ได้อัตราส่วนที่ถูกต้องคือเหมาะสมกับอัตราการไหลของอาหารที่จะทำการให้ความร้อน โดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าในช่วงที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่มีอยู่สามารถทำได้ (0 ถึง 270 โวลต์) และกระแสไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปมีขนาดไม่เกิน 15 แอมป์ โดยสมการที่ 5 (Nguyen Le Hung ,1993) แสดงความสัมพันธ์ระ หว่าง มวลสาร ค่าความจุความร้อนจำเพาะ เวลา อุณหภูมิ กระแสไฟฟ้า พื้นที่หน้าตัดและความยาวของส่วนให้ความร้อน และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า โดยจากสมการจะเห็นว่าอุณหภูมิของมวลสารจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ซึ่งจะเป็นหลักสำคัญในการจะนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมการคำนวณเชิงตัวเลข เพื่อคำนวณหาความยาวและความกว้างที่ถูกต้องของแผ่นขั้วไฟฟ้า และระยะห่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้าของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง เนื่องจากน้ำสับปะรดที่ไหลผ่านแผ่นขั้วไฟฟ้าที่มีการป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไปตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีสาระสำคัญดังต่อไปนี้คือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านอาหารที่กำลังไหลตัดผ่านสนามไฟฟ้าจะเกิดความร้อนขึ้น ปริมาณความร้อนนี้สามารถคำนวณได้จากสมดุลของมวลและพลังงานเมื่อสมมุติว่าไม่มีการสูญเสียความร้อนให้สิ่งแวดล้อม สำหรับกระบวนการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องจะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$mC_p\frac{dT}{dt} = VI = V^2\varnothing\frac{A}{LE} \qquad (5)$$

เมื่อ m = มวลของผลิตภัณฑ์อาหารระหว่างขั้วไฟฟ้า (กิโลกรัม)

C_p = ความร้อนจำเพาะของอาหาร (กิโลจูน/กิโลกรัม.องศาเซลเซียส)

T = อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

t = ระยะเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน (วินาที)

I = กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลงในอาหาร (แอมแปร์)

V = ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้า (โวลต์)

$\varnothing$ = ค่าการนำไฟฟ้าของอาหาร (ซีเมนต์ต่อเมตร)

A = พื้นที่ของขั้วไฟฟ้าแต่ละด้าน (ตารางเมตร)

LE = ความยาวของขั้วไฟฟ้า (เมตร)

น้ำสับปะรดจะไหลเป็นแนวตั้งฉากกับสนามไฟฟ้าจากขั้วไฟฟ้าทั้งสองโดยมีทิศทางจากล่างขึ้นบน เมื่อแยกพิจารณาของเหลวที่ไหลผ่านสนามไฟฟ้าเป็นส่วนย่อยๆ จะได้ว่าส่วนย่อยแต่ละส่วนจะมีความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน ในระบบการไหลแบบต่อเนื่องจะเกิดการเคลื่อนที่ของ ส่วนย่อยของน้ำสับปะรดไปตามแนวของขั้วไฟฟ้าจากที่เคยเป็นส่วนย่อยที่ 1 ในตอนเริ่มต้นแต่จะไหลกลายไปเป็นส่วนย่อยที่ 2 และถัดไปเรื่อยๆตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้อุณหภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลง (dT) ที่ตำแหน่งส่วนย่อย i โดยจะเปลี่ยนจากอุณหภูมิเริ่มต้นของส่วนย่อย i ไปเป็นอุณหภูมิสุดท้ายของส่วนย่อย i และจากอุณหภูมิสุดท้ายของส่วนย่อย i ไปเป็นอุณหภูมิเริ่มต้นของส่วนย่อย i + 1 ดังสมการที่ 6

$$m_iC_p\frac{dT}{dt} = \frac{V^2\varnothing_I A_i}{LE} \qquad (6)$$

เมื่อ $m_i = LA_i\rho$

$\varnothing_i = a_1+b_1((T+T_{new})/2)$

$A_i = dxW$

$dt = LA_i/Q_{vol}$

$dT = T_{new}-T$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q_{mass} = Q_{vol}\rho$$

โดยกำหนดให้ $B_o = a_1$, $A_o = b_1/2$, และ $M = (V^2dxW)/(LQ_{mass}C_p)$
เมื่อแทนค่าต่างๆเหล่านี้ลงในสมการที่ 6 จะได้ผลดังนี้

$$T_{new}(1-MA_O) = MB_o+T(MA_o+1) \qquad (7)$$

สำหรับการคำนวณการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จาก

$$I = \frac{V}{R_o} \qquad (8)$$

และ

$$R_o = \frac{1}{a_1+b_1T_o} \cdot \frac{L}{LE\,W} \qquad (9)$$

ในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน ส่วนย่อยแต่ละส่วนจะได้รับความร้อนในอัตราเดียวกันในช่วงแรกและจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อสภาวะเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือเมื่อของเหลวไหลจากส่วนย่อยเดิมผ่านไปยังส่วนย่อยใหม่จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นซึ่งขึ้นอยู่กับ residence time โดยที่ความต้านทานรวมสามารถอธิบายได้จากสมการ

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ... + \frac{1}{R_n} \qquad (10)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{dxW}{L}(1+2+...+n) \qquad (11)$$

ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ใช้โดยรวมจะได้ดังนี้

$$I = \frac{V}{R} = \frac{VdxW}{L}(1+2+...+n) \qquad (12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ m_i = มวลของผลิตภัณฑ์ระหว่างขั้วไฟฟ้าที่ตำแหน่ง i (กิโลกรัม)

$\varnothing_i$ = ค่าการนำไฟฟ้าที่ตำแหน่ง i (ซีเมนต์/เมตร)

A_i = พื้นที่ตำแหน่ง i บนแผ่นขั้วไฟฟ้า (ตารางเมตร)

L = ระยะทางระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้า (เมตร)

LE = ความยาวของแผ่นขั้วไฟฟ้า (เมตร)

Q_{mass} = อัตราการไหลของมวลผลิตภัณฑ์ (กิโลกรัม/วินาที)

Q_{vol} = อัตราการไหลของปริมาตรผลิตภัณฑ์ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

R_o = ความต้านทานเริ่มต้น (โอห์ม)

T = อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

T_o = อุณหภูมิเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)

$\dot{W}$ = ความกว้างของแผ่นขั้วไฟฟ้า (เมตร)

ρ = ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

เขียนโปรแกรมคำนวณขนาดของเครื่องโดยอาศัยสมการที่ 7 และ 12 ด้วยภาษาปาสคาล โดยมีหลักการว่าต้องเขียนให้โปรแกรมคำนวณแบบวนรอบจนกว่าจะได้ผลลัพท์ตามข้อกำหนด (กำหนดว่าต้องการให้ความร้อนที่อุณหภูมิเท่าใด ใช้อัตราเร็วของการไหลของของเหลวเท่าใด ใช้ให้ความร้อนปริมาณเท่าใด ใช้อุณหภูมิเริ่มต้นและความเข้มข้นของน้ำสับปะรดเป็นเท่าใด) คือจะแบ่งแผ่นขั้วไฟฟ้าเป็นส่วนย่อยเล็กๆ ให้ผู้ที่จะมาใช้โปรแกรมสามารถเลือกได้ด้วยว่าจะแบ่งเป็นกี่ส่วนย่อยตามความรวดเร็ว และความละเอียดของผลที่ต้องการจากการคำนวณ ซึ่งในแต่ละส่วนย่อยจะคำนวณค่าอุณหภูมิ (T) ตามสมการที่ 7 และค่ากระแสไฟฟ้า (I) ตามสมการที่ 12 คือค่าอุณหภูมิสุดท้ายในส่วนย่อยนั้น แต่ถ้าค่าอุณหภูมิที่คำนวณได้เป็นของส่วนย่อยสุดท้ายของแผ่นขั้วไฟฟ้า และโปรแกรมหยุดการคำนวณเนื่องจากค่าอุณหภูมิที่ได้ตรงกับข้อกำหนดที่ตั้งไว้ว่าให้หยุดการคำนวณที่อุณหภูมิเท่าใดแล้วโปรแกรมก็จะแสดงให้เห็นว่าในขณะที่โปรแกรมหยุดการคำนวณตามข้อกำหนดแล้วนั้น เป็นการคำนวณสิ้นสุดในรอบของค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เท่าใด และใช้กระแสไฟฟ้าโดยรวมไปเท่าใด โปรแกรมจึงสามารถ ทำนายค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า เวลา ระยะความแตกต่างระหว่างช่องน้ำล้น และช่องน้ำออกของน้ำสับปะรด เพื่อให้ได้อัตราการไหล และอุณหภูมิสุดท้ายของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดตามที่ต้องการ และเขียนโปรแกรมทำนายค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า เวลา ระยะความแตกต่างระหว่าง ช่องน้ำล้นและช่องน้ำออก เพื่อให้ได้ อัตราการไหล และอุณหภูมิสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการของน้ำเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.1 โมล่าร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยภาษาปาสคาล (เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องที่สร้างขึ้น) โดยอาศัยสมการที่ 7 และ 12 เช่นเดียวกันกับของน้ำสับปะรดเพียงแต่มีการเปลี่ยนค่าบางค่าให้ต่างกันไปตามคุณสมบัติ เช่น ค่าความจุความร้อนของน้ำเกลือเป็นต้น จากนั้นให้ใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้นสำหรับทำนายการเปลี่ยนแปลงของน้ำสับปะรดมาลองทดสอบดูว่าควรจะต้องใช้อัตราส่วนต่างๆของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องอย่างไร เพื่อให้สามารถให้ความร้อนน้ำสับปะรดได้ โดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าในช่วงที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่มีอยู่สามารถทำได้ (0 ถึง 270 โวลต์) และกระแสไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปมีขนาดไม่เกิน 15 แอมป์ เมื่อได้ขนาดตามต้องการแล้ว ก็จะเขียนแบบ และนำแบบที่เขียนเสร็จแล้วนี้ไปสร้างเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง โดยเครื่องนี้จะมีส่วนประกอบสำคัญคือขั้วไฟฟ้าขนาดพื้นที่ A (ตารางเมตร) ประกบอยู่กับผนังกล่องสี่เหลี่ยมทางผ่านของอาหารซึ่งทำด้วยพลาสติกอะครีริก ที่เป็นฉนวนความร้อนและฉนวนไฟฟ้า ความยาวของกล่องสี่เหลี่ยมนี้เท่ากับ L (เมตร) เมื่ออาหารถูกบังคับให้ไหลผ่านขั้วไฟฟ้า ในกล่องสี่เหลี่ยมด้วยความเร็วสม่ำเสมอจะเกิดความร้อนขึ้น ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะวัดด้วยตัววัดอุณหภูมิ ซึ่งสามารถที่จะเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับค่าที่ได้จากการคำนวณได้ ภาพร่างของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง ได้แสดงในภาพที่ 2

2.2 การทดสอบการใช้งานของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง

การทดสอบแบ่งออกเป็นสองตอน คือการทดสอบการให้ความร้อนน้ำเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.1 โมล่าร์ กับการทดสอบการให้ความร้อนน้ำสับปะรด ในการทดสอบการให้ความร้อนน้ำเกลือเป็นการทดสอบว่าเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง สามารถใช้ได้จริงหรือไม่ และเมื่อทดลองใช้แล้วอุณหภูมิสุดท้ายที่ได้จากการให้ความร้อนผิดพลาดไปมากเพียงใด และที่ใช้น้ำเกลือทดสอบเนื่องจากมีราคาถูกและเตรียมได้ง่ายกว่าน้ำสับปะรดมาก เมื่อการทดสอบในขั้นตอนนี้ผ่านแล้วจึงจะปฏิบัติในขั้นตอนที่สองต่อไป สำหรับขั้นตอนที่สองคือการให้ความร้อนน้ำสับปะรดเป็นการทดสอบว่าเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องสามารถนำมาใช้ได้จริงหรือไม่โดยปฏิบัติดังต่อไปนี้

-ทดสอบการให้ความร้อนสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ โดยควบคุมอัตราการไหล (ควบคุมระดับความสูงระหว่างช่องน้ำเข้า และออกของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง) และความต่างศักย์ไฟฟ้าตามการคำนวณของโปรแกรมสำหรับการทำนายค่าความต่างศักย์ของสารละลายเกลือ โดยเตรียมสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 0.1 โมล่าร์ ปริมาตร 10 ลิตร ใส่ลงในอ่างเก็บ เปิดปั๊มสูบน้ำเกลือไปยังกล่องเก็บของเหลวที่ใช้ในการรักษาระดับอัตราการไหล เปิดสวิชเบรกเกอร์ให้กระแสไฟฟ้าจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าไหลผ่านแผ่นขั้วไฟฟ้าและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

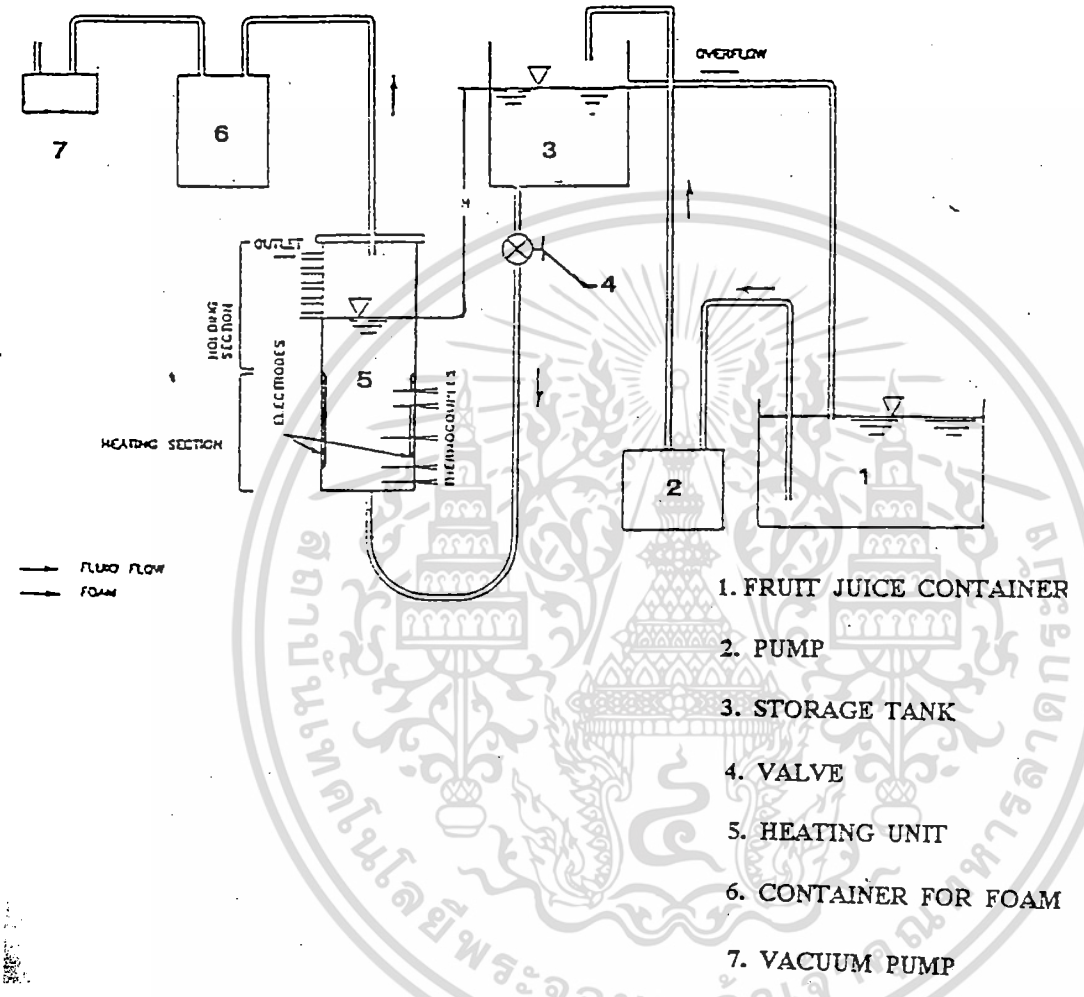
ผ่านลงไปยังสารละลายเกลือที่กำลังไหลจากล่างขึ้นบนของตัวเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง บันทึกค่าอุณหภูมิ และเวลาด้วยโปรแกรม PCLDAS ตั้งแต่เริ่มต้นการให้ความร้อนจนสิ้นสุดการให้ความร้อน เมื่อเสร็จสิ้นการให้ความร้อนแล้ว ปิดสวิชเบรกเกอร์ ปิดปั๊ม ซึ่งผลที่ได้จากการบันทึกคืออุณหภูมิ จะต้องทำการเฉลี่ยโดยโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อใช้ในการเฉลี่ยค่าอุณหภูมิ และนำอุณหภูมิและเวลาที่ทำการเฉลี่ยแล้วไปเขียนกราฟแสดงผล

-การทดลองใช้จริงกับน้ำสับปะรด เตรียมน้ำสับปะรดปริมาตร 10 ลิตรโดยคั้นด้วยมือและกรองกากที่เป็นชิ้นใหญ่ออกด้วยผ้ากรอง 4 ชั้น กรองเพียง 1 ครั้ง นำไปให้ความร้อนโดยควบคุมอัตราการไหล (ควบคุมระดับความสูงระหว่างช่องน้ำเข้า และออกของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง) และความต่างศักย์ไฟฟ้าตามการคำนวณของโปรแกรมสำหรับการทำนายค่าความต่างศักย์ของน้ำสับปะรด ใส่ลงในอ่างเก็บ เปิดปั๊มสูบน้ำสับปะรดไปยังกล่องเก็บของเหลวที่ใช้ในการรักษาระดับอัตราการไหล เปิดสวิชเบรกเกอร์ให้กระแสไฟฟ้าจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าไหลผ่านแผ่นขั้วไฟฟ้า และผ่านลงไปยังน้ำสับปะรดที่กำลังไหลจากล่างขึ้นบนของตัวเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง บันทึกอุณหภูมิ และเวลาด้วยโปรแกรม PCLDAS ตั้งแต่เริ่มต้นการให้ความร้อนจนสิ้นสุดการให้ความร้อน เมื่อเสร็จสิ้นการให้ความร้อนแล้ว ปิดสวิชเบรกเกอร์ ปิดปั๊ม ซึ่งผลที่ได้จากการบันทึกคืออุณหภูมิ จะต้องทำการเฉลี่ยโดยโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อใช้ในการเฉลี่ยค่าอุณหภูมิ และนำอุณหภูมิและเวลาที่ทำการเฉลี่ยแล้วไปเขียนกราฟแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32382

ภาพที่ 2



แสดงภาพร่างของระบบการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องที่นำมาใช้เป็นต้นแบบ

Hung (1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด

น้ำสับปะรดที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง จะเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพ เปรียบเทียบกับน้ำสับปะรดที่ผ่านกระ บวนการให้ความร้อนแบบธรรมดา คุณภาพที่นำมาใช้เปรียบเทียบได้แก่

2.3.1คุณสมบัติทางเคมี และกายภาพคือ พีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) และความหนืด (เซ็นติพ้อยท์)

-พีเอชของน้ำสับปะรด สามารถวัดได้โดยใช้ พีเอชมิเตอร์

-ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ สามารถวัดได้โดยใช้ แฮนด์รีแฟรกโตมิเตอร์ ช่วง 0 ถึง 32 องศาบริกซ์

-ความหนืด สามารถวัดได้โดยใช้ เครื่องวัดความหนืด บรูกฟิลด์ สปินเดิลเบอร์ 2 และอ่านค่าความหนืดที่อัตราเร็วของการหมุน 100 รอบต่อนาที ในแต่ละอัตราเร็วของการหมุนจะวัดค่าความหนืด 5 ครั้ง และทำการเฉลี่ยค่าความหนืดเพื่อใช้ในการรายงานผล

2.3.2 คุณสมบัติทางจุลชีววิทยาคือ จำนวนจุลินทรีย์ที่รอดตาย และความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ในน้ำสับปะรด

-จำนวนจุลินทรีย์ที่รอดตาย สามารถตรวจวัดได้โดย

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ ออเรนจ์ซีรัมมีเดียม ดังสูตรนี้

น้ำส้มที่ผ่านการเหวี่ยงปั่นแล้ว (Orange Serum)	200.0	มิลลิลิตร
แบคโตยีสต์เอ็กเทร็ก	3.0	กรัม
แบคโตทริปโตน	10.0	กรัม
แบคโตเดร็กโตรส	4.0	กรัม
ไดโปแตสเซียมฟอสเฟต	2.5	กรัม
แบคโตอาการ์	17.0	กรัม
เจือจางน้ำกลั่นให้ได้	1.0	ลิตร

และปรับค่าพีเอชให้อยู่ในช่วง 5.5 ± 0.2

นำตัวอย่างน้ำสับปะรดมาเจือจางด้วย เปปโตนวอเตอร์ 1 เปอร์เซ็นต์ ที่สเตอร์ริไรซ์แล้วโดยเจือจางเป็น 100 , 1,000 , 10,000 , 100,000 เท่า นำตัวอย่างที่เจือจางแล้วปริมาตร 1 มิลลิลิตร ไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยใช้เทคนิค พอร์เพลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลในน้ำสับปะรด (โพลีฟีนอลออกซิเดส , Polyphenoloxidase) ทำได้โดย

นำน้ำสับปะรดที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีปรกติ น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรงมาตัวอย่างละ 800 กรัม ทำการปั่นแยกตะกอนที่ความเร็วรอบเครื่องปั่นแยก 1,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที นำน้ำสับปะรดที่ผ่านการปั่นแยกตะกอนแล้วมาเจือจางด้วย แอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วน 1 ต่อ 1 และกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 นำไปวัดค่า โอดี ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนคลื่นแสง ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร

2.3.3 การตรวจสอบ กลิ่น รสชาติ สี และความชอบรวมด้วยผู้ชิม โดยจะมีผู้ชิม 12 คน ต่อการทดลอง 1 ครั้ง คือในการทดลอง 1 ครั้งผู้ชิมแต่ละคนจะต้องชิม 2 ตัวอย่าง คือน้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีธรรมดา และให้ความร้อนด้วยวิธีให้ความร้อนด้วยกระ แสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง และผู้ชิมจะต้องกรอกแบบฟอร์มการให้คะแนนตามระดับความชอบดังนี้ 9 คือชอบมากที่สุด 8 คือชอบมาก 7 คือชอบปานกลาง 6 คือชอบเล็กน้อย 5 คือเฉยๆ 4 คือไม่ชอบเล็กน้อย 3 คือไม่ชอบปานกลาง 2 คือไม่ชอบมาก 1 คือไม่ชอบมากที่สุด เมื่อได้คะแนนคิบจากการให้คะแนนของผู้ชิมแล้ว นำไปวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่าง กลิ่น สี รสชาติ และความชอบรวม ของน้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนทั้งสองชนิดด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS โดยใช้การวิเคราะห์แบบที (T-Test)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลองโครงการวิจัยนี้แบ่งผลการทดลองเป็นสองตอน ตอนแรกได้แก่การสร้าง เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าและการหาสมการที่จะใช้คำนวณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรด ในการทดลองตอนที่สอง จะเป็นการออกแบบและสร้างเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง รวมไปถึงการทดลองใช้งานและการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ได้

1.การสร้างเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าและการวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรด

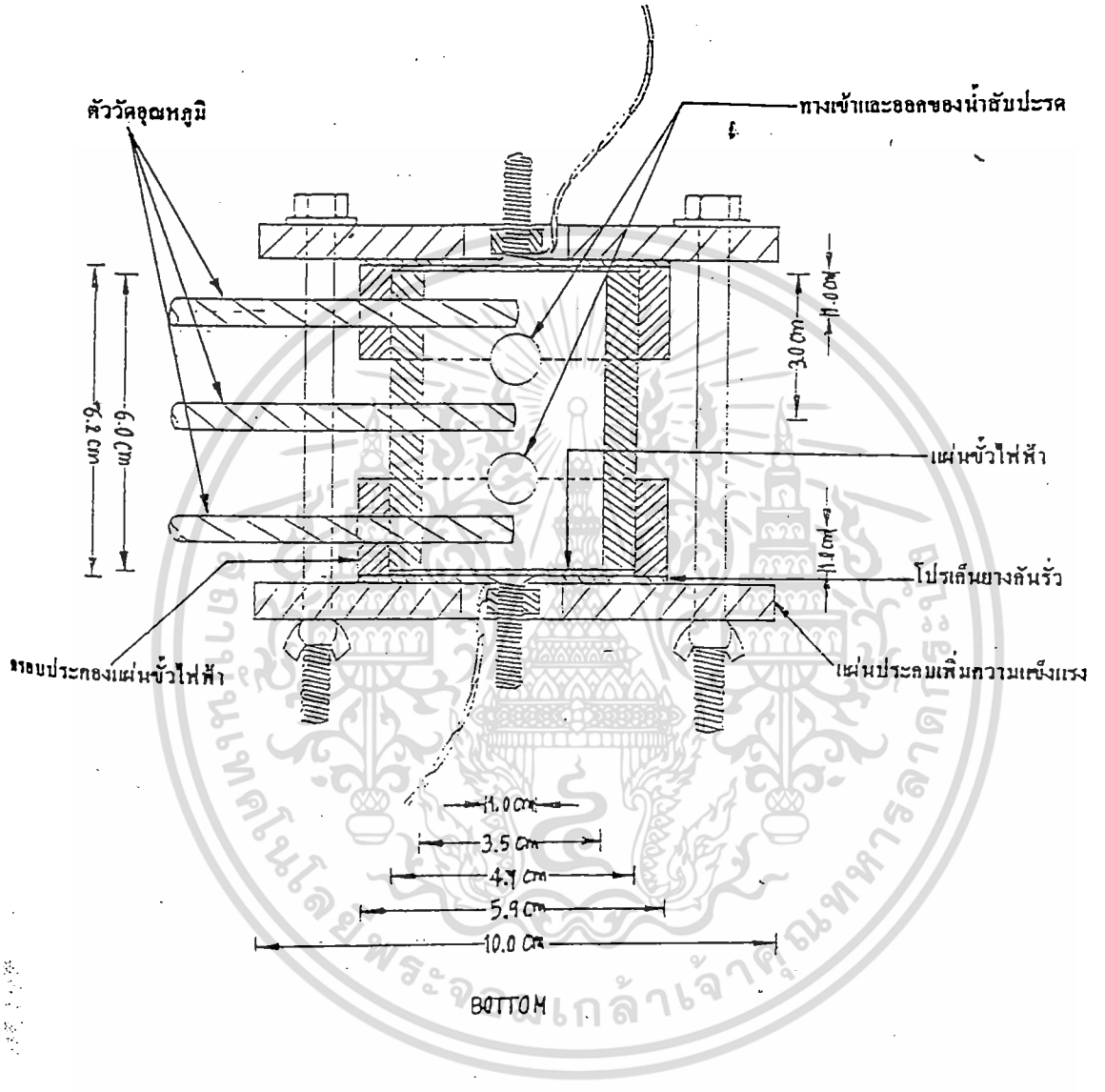
1.1 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำผลไม้ที่สร้างขึ้น (รูปที่ 5 , 6 และ 7) ทำจากแผ่นพลาสติกอะครีริก เป็นรูปกล่องสี่เหลี่ยมมีความยาว 0.6 เซ็นติเมตร มีความกว้างด้านละ 3.5 เซ็นติเมตร และแผ่นพลาสติกอะครีริกหนา 0.6 เซ็นติเมตร (ใช้ไดคลอโรมีเทนในการเชื่อมให้พลาสติกติดกัน) มีขั้วไฟฟ้าทำด้วยสแตนเลสซึ่งมีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อนหนา 1 มิลลิ เมตร มีความกว้างและยาว 4.7 เซ็นติเมตร ปิดด้านบนและด้านล่างของกล่อง และประกบทับด้วยแผ่นพลาสติกอะครีริกหนา 0.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซ็นติเมตร ขนาดกว้างและยาว 10.0 เซ็นติเมตร รองด้วย แผ่นยางสี่เหลี่ยมขนาด 4.7 x 4.7 เซ็นติเมตร เพื่อป้องกันการรั่วซึม แล้วยึดด้วยสกรูยาว 10.0 เซ็นติเมตร 4 ตัว ส่วนที่เป็นกรอบประคองแผ่นขั้วไฟฟ้าด้านข้างทั้ง 2 ด้าน ใช้พลาสติกอะครีริก หนา 0.6 เซ็นติเมตร ขนาดกว้าง 2.0 เซ็นติเมตร ยาว 5.9 เซ็นติเมตร 4 ชิ้น และกว้าง 2.0 เซ็นติเมตร ยาว 4.7 เซ็นติเมตร 4 ชิ้น โดยประกอบแผ่นพลาสติกหนา 0.6 เซ็นติเมตร ขนาดกว้าง 2.0 เซ็นติเมตร ยาว 5.9 เซ็นติเมตร 2 ชิ้น และ กว้าง 2.0 เซ็นติเมตร ยาว 4.7 เซ็นติเมตร 2 ชิ้น ที่ขอบด้านบนและด้านล่างภายนอกของตัวกล่องทั้งสองด้านโดยพลาสติกทั้งสี่ชิ้นที่ประกอบด้านบนและด้านล่างภายนอกของกล่องพลาสติก จะต้องเหลื่อมออกไปทางด้านบนและด้านล่างของกล่องพลาสติกเป็นระยะ 1.0 มิลลิเมตร เพื่อใช้เป็นตัวประคองแผ่นขั้วไฟฟ้าและ มีระยะเท่ากับความหนาของแผ่นขั้วไฟฟ้า เมื่อกาวแห้งและพลาสติกเชื่อมติดกันเป็นที่เรียบร้อยแล้วที่ผนังด้านข้างด้านหนึ่ง เจาะรู 3 รู ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 เซ็นติเมตร สอดตัววัดอุณหภูมิเรียงเป็นแนวตรง 1 รู กลางกล่อง และอีกสองรูห่างจากขั้วไฟฟ้า 1.0 เซ็นติเมตร (ใช้กาวซิลิโคนอุดเพื่อป้องกันการรั่วซึม) ที่ผนังด้านบนมีช่องอาหารไหลเข้าและไหลออกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 เซ็นติเมตร โดยช่อง 2 ช่องนี้ต่อด้วยท่อพลาสติก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 เซ็นติเมตร (ใช้กาวซิลิโคนอุดเพื่อป้องกันการรั่วซึม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3



แสดงภาพตัดขวางของเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า

1.2 การปรับเทียบค่าตัววัดอุณหภูมิกับเทอร์โมมิเตอร์

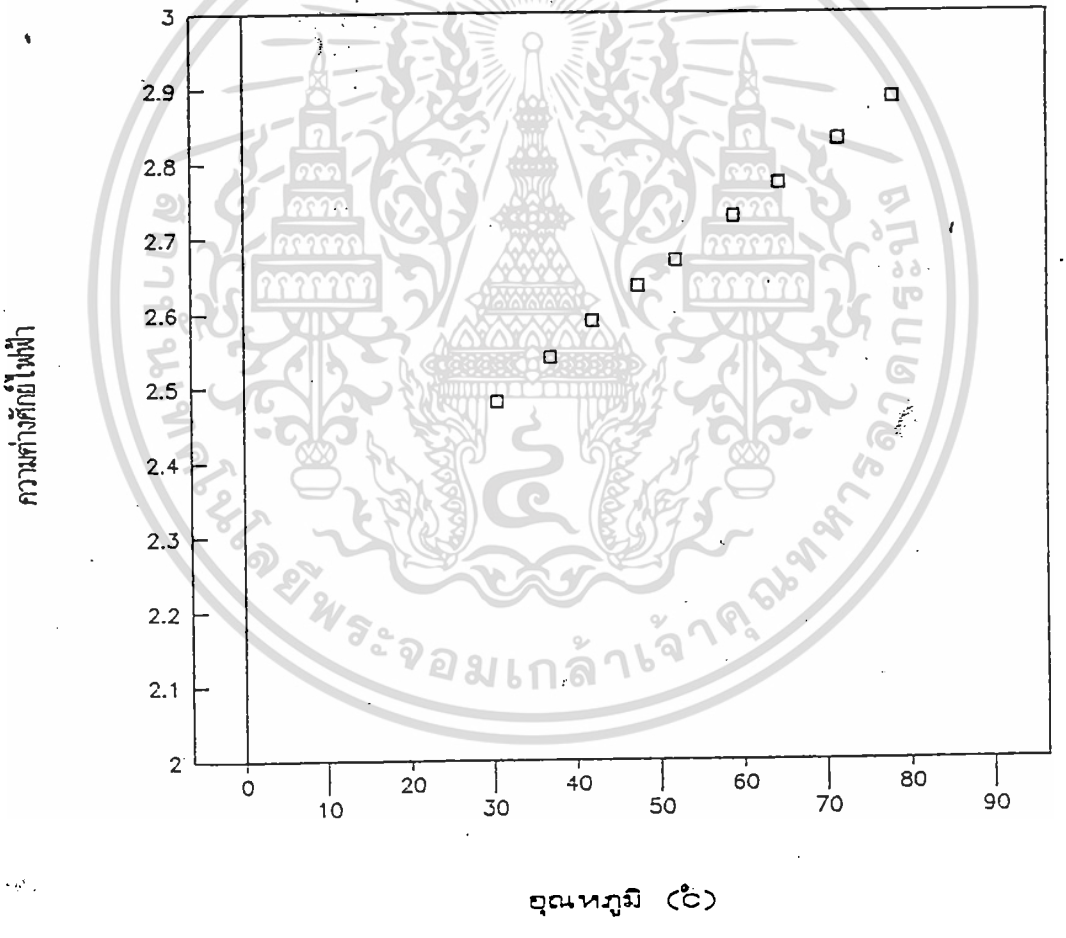
ผลการปรับเทียบค่าตัววัดอุณหภูมิ แสดงในรูปที่ 4 จากกราฟจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิที่วัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท (T) และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เป็นสัญ ญาณจากตัววัดอุณหภูมิที่บันทึกด้วยโปรแกรม PCLDAS (V) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T = -263.70 + 118.36V \qquad (R^2 = 0.999) \qquad (18)$$

จากสมการความสัมพันธ์ที่ได้จะนำค่าจุดตัดแกน y ซึ่งมีค่าเท่ากับ -263.70 และค่าสัมประสิทธ์ตัวคูณของ V ซึ่งมีค่าเท่ากับ 118.36 ไปใช้เป็นค่าแก้ซึ่งแปลงค่าความต่างศักย์ที่วัดด้วยตัววัดอุณหภูมิไปเป็นค่าอุณหภูมิที่ถูกต้องเพื่อใช้ป้อนลงในโปรแกรม PCLDAS ที่ใช้ในการบันทึกอุณหภูมิ

ภาพที่ 4



แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าที่วัดได้จริงจากเทอร์โมมิเตอร์และค่าที่ได้จากการวัดด้วยโปรแกรม PCLDAS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 การวัดค่าการนำไฟฟ้า

การวัดค่าการนำไฟฟ้าสำหรับของเหลวสามารถทำได้โดยนำตัวอย่างอาหารเหลวที่ต้อง การวัดค่าการนำไฟฟ้าใส่ลงใน เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าที่ทำขึ้นให้เต็ม และปล่อยกระแสไฟฟ้า จากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าผ่านของเหลวที่อยู่ภายในเครื่องวัด โดยต้องให้ความต่างศักย์ไฟฟ้า คงที่ และบันทึกกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น หลังจากนั้นคำนวณค่าการนำไฟฟ้าจากสมการ 1 และนำค่าการนำไฟฟ้าที่คำนวณได้ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้และอุณหภูมิ ไปทำการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ผลการทดลองโดยละเอียดแสดงเป็นลำดับดังนี้

1.3.1 การปรับเทียบเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า ด้วยสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ โดยใช้สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ 21 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร ความเข้มข้น 1 , 2 , 3 , 4 , 5 และ 6 กรัมต่อลิตร บรรจุลงในเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าที่สร้างขึ้น ปล่อยไฟฟ้า (V) 50 ถึง 100 โวลต์ ไหลผ่านแล้ววัดกระแส (I) ที่ใช้ทันที เพราะอุณหภูมิของอาหารที่สูงขึ้นมีผลต่อการนำไฟฟ้าของอาหาร นำค่า V และ I ที่ใช้แทนค่าลงในสมการที่ 1 โดยใช้พื้นที่ (A) เท่ากับพื้นที่ของขั้วไฟฟ้าของเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าคือ 0.00122 ตารางเมตร และระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า (L) เท่ากับ 0.06 เมตร

$$\varnothing = \frac{L\,I}{V\,A}$$

และเมื่อเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ที่ได้จากการทดลองนี้กับค่าอ้างอิง (CRC , 1979-1980) หน่วยเป็น ซีเมนต์ต่อเมตร (S/m) พบว่ามีความสัมพันธ์ ดังแสดงในสมการที่ 19 โดย ($\varnothing_m$) คือค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าที่สร้างขึ้น และ ($\varnothing_r$) คือค่าการนำไฟฟ้าที่ถูกต้องจากค่าอ้างอิง

$$\varnothing_r = -0.0342 + 0.8643\varnothing_m \qquad (R^2 = 0.998) \qquad (19)$$

จากสมการความสัมพันธ์ที่ได้จำเป็นต้องใช้ในการแก้ค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จากเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าที่สร้างขึ้น เนื่องจากค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จากเครื่อง มีค่าเปอร์เซ็นต์ความ คลาดเคลื่อนไปมากพอสมควร (แสดงในตารางที่ 1) และการแก้ค่าให้ถูกต้องทำได้โดย นำค่าจุดตัดแกน y ซึ่งมีค่าเท่ากับ -0.0342 และค่าสัมประสิทธิ์ตัวคูณของ $\varnothing_m$ ไปใช้เป็นค่าแก้ค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จริงจากเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าที่สร้างขึ้นให้ถูกต้อง โดยแทนค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จริงของน้ำสับปะรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าที่สร้างขึ้นลงในค่า $\varnothing_m$ และจะได้ค่า $\varnothing_r$ เป็นค่าการนำไฟฟ้าที่ถูกต้องที่จะนำไปแทนค่าลงในโปรแกรมการคำนวณเชิงตัวเลขที่จะเขียนขึ้นเพื่อคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ต้องใช้ในการให้ความร้อน

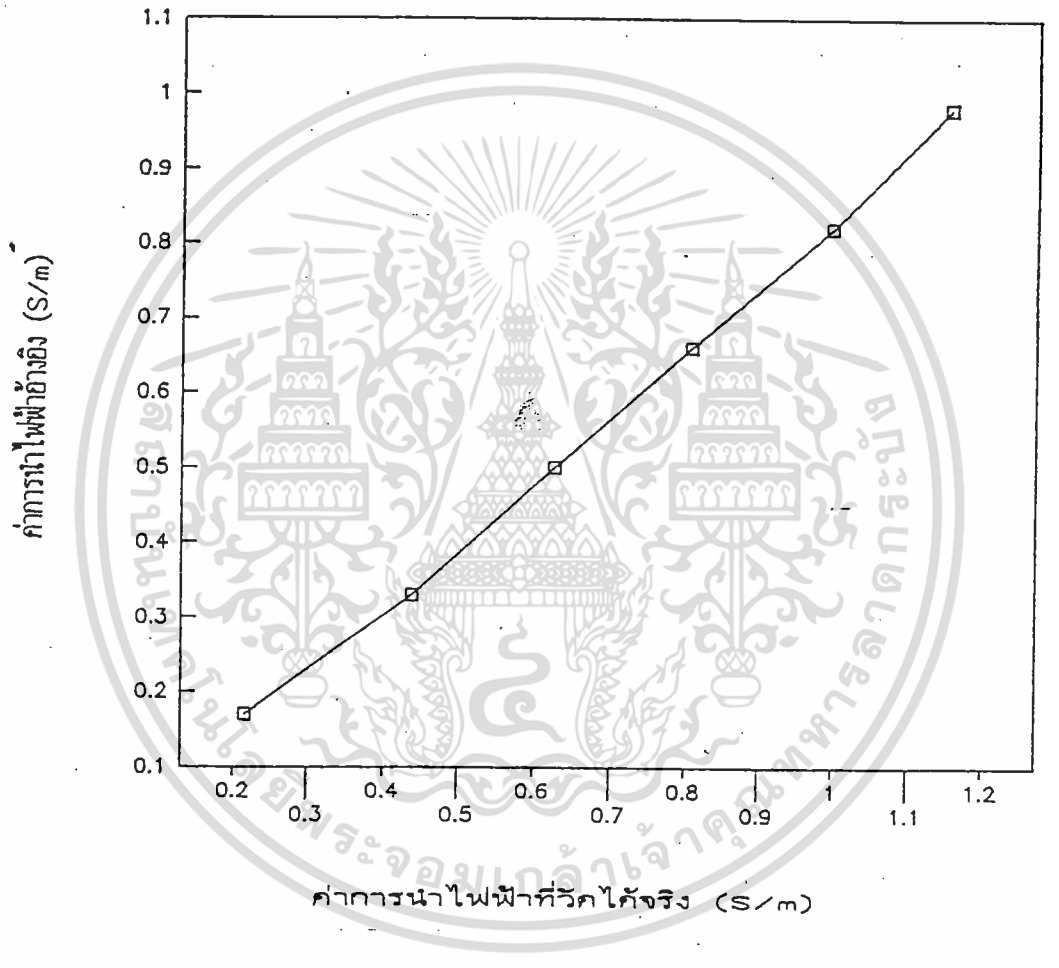
ตารางที่ 1

แสดงค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าที่สร้างขึ้น เปรียบเทียบกับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ได้จากค่าอ้างอิง (CRC , 1979-1980)

สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ (กรัมต่อลิตร)	ค่าการนำไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการที่ 1 ($\varnothing_m$)	ค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากค่าอ้างอิง ($\varnothing_r$)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
1	0.21	0.17	26.6
2	0.44	0.33	32.8
3	0.63	0.50	25.4
4	0.81	0.66	22.3
5	0.99	0.82	21.7
6	1.15	0.98	17.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5



แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าการนำไฟฟ้าอ้างอิงและค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 การทดสอบสมการ ที่ใช้ในการประมาณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดที่ผ่านการปั่นแยกตะกอน (ซีรัม) และน้ำสับปะรดพร้อมดื่มของ Gupta (1992) เพื่อจะทดสอบความถูกต้องแม่นยำของการคำนวณ โดยเปรียบเทียบกับค่าที่วัดด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าที่สร้างขึ้นและเพื่อที่จะทดสอบด้วยว่าตะกอนจะมีผลต่อค่าการนำไฟฟ้ามากน้อยอย่างไร ซึ่งถ้าตะกอนมีผลต่อค่าการนำไฟฟ้ามากแล้ว วิธีเตรียมน้ำสับปะรดในแต่ละครั้งก็จำเป็นจะต้องทำให้เหมือนกันทุกครั้งมิฉะนั้นสมการที่เป็นตัวแทนของค่าการนำไฟฟ้า (สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าการนำไฟฟ้า)จะต้องเปลี่ยนไปอีก ในขั้นตอนนี้ทำได้โดยคั้นน้ำสับปะรดและแยกส่วนที่เป็นของแข็งที่ไม่ละ ลายน้ำออกด้วยความเร็วรอบของเครื่องปั่นแยกตะกอน 2,000 รอบต่อนาที ปรับความเข้มข้นของซีรัมน้ำสับปะรดให้มีค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 6.3 , 10.9 , 14.3 , 17.2 , 19.5 และ 21.8 องศาบริกซ์ โดยใช้เครื่องระเหยน้ำแบบสุญญากาศ วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (V) และกระแสไฟฟ้า (I) ที่ใช้ และนำไปคำนวณค่าการนำไฟฟ้าจากสมการที่ 1

$$\varnothing_m = \frac{L\ I}{V\ A}$$

โดย $\varnothing_m$ = $\varnothing$ ที่วัดได้จากเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าที่สร้างขึ้น (m = measure) เมื่อได้ค่าการนำไฟฟ้า $\varnothing_m$ แล้วปรับค่าให้เป็น $\varnothing$ โดยใช้สมการที่ 19 ค่า $\varnothing$ นี้จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าการนำไฟฟ้าที่คำนวณได้จากสมการของ Gupta (1992)

$$\varnothing = 0.133927 - 0.00240S_T - 0.00019T + 0.000465S_TT$$

การเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้า ใช้วิธีคำนวณค่าความแตกต่างของค่าการนำไฟฟ้าที่วัดและปรับค่าแล้ว ($\varnothing$) กับค่าที่คำนวณได้จากสมการของ Gupta (1992) และคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Square Error , MSE) เป็นเปอร์เซ็นต์ MSE (สมการที่ 3 และสมการที่ 4) โดยให้ A_i เป็นค่าการนำไฟฟ้าที่วัดและปรับค่าแล้วของสภาพการทดลอง i และ P_i เป็นค่าการนำไฟฟ้าที่คำนวณได้ด้วยสมการของ Gupta (1992) ที่สภาพการทดลองเดียวกัน ผลการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของทุกการทดลองแสดงในตารางที่ 2 ส่วนค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการวัด 2 ซ้ำ และค่าการนำไฟฟ้าที่คำนวณได้จากสมการของ Gupta ได้นำมาเขียนกราฟแยกตามความเข้มข้นของน้ำสับปะรดตั้งแต่ภาพที่ 10 ถึง 15 บริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

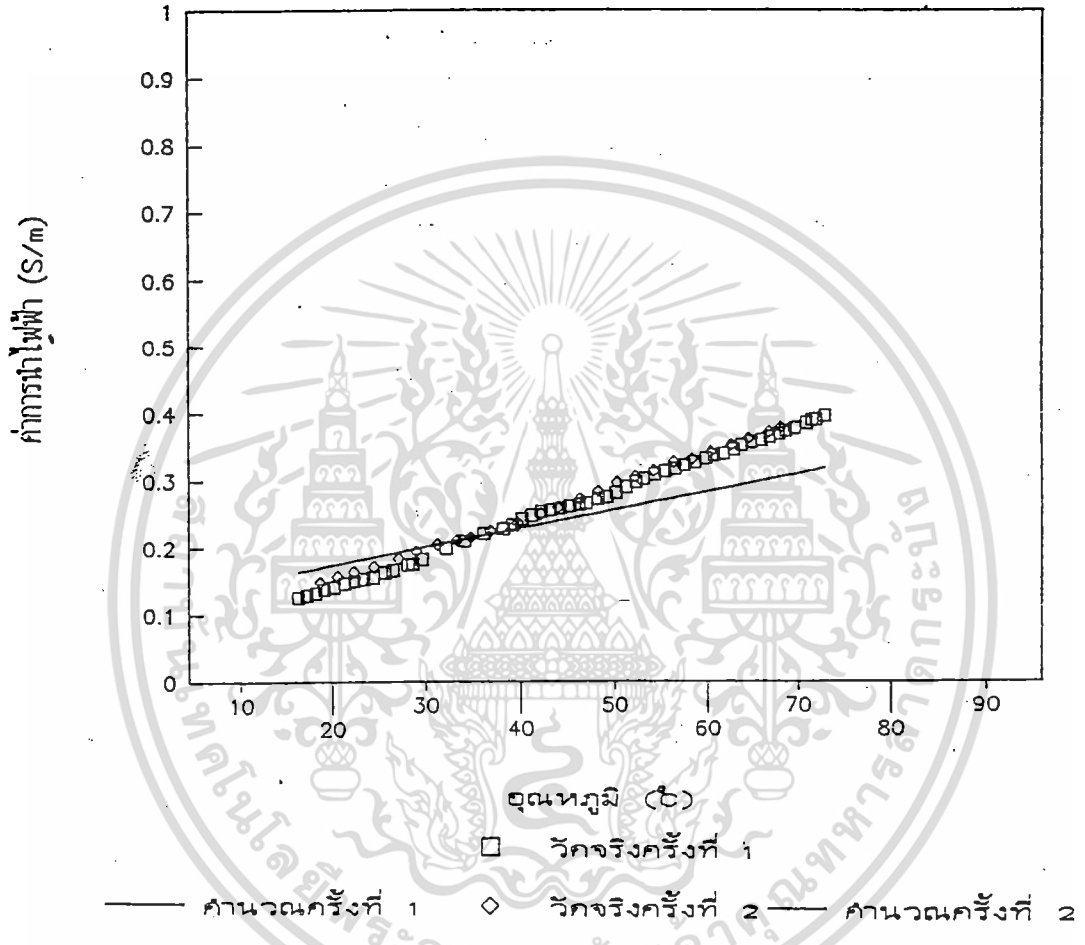
ตารางที่ 2

แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าที่คำนวณได้จากสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดของ Gupta ,1992 และค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จริง (น้ำสับปะรดที่ใช้เป็นน้ำสับปะรดที่ผ่านการปั่นแยกตะกอน)

องศาบริกซ์	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย
6.3	15.40
10.9	16.95
14.3	15.90
17.2	11.05
19.5	6.25
21.8	3.10
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	11.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

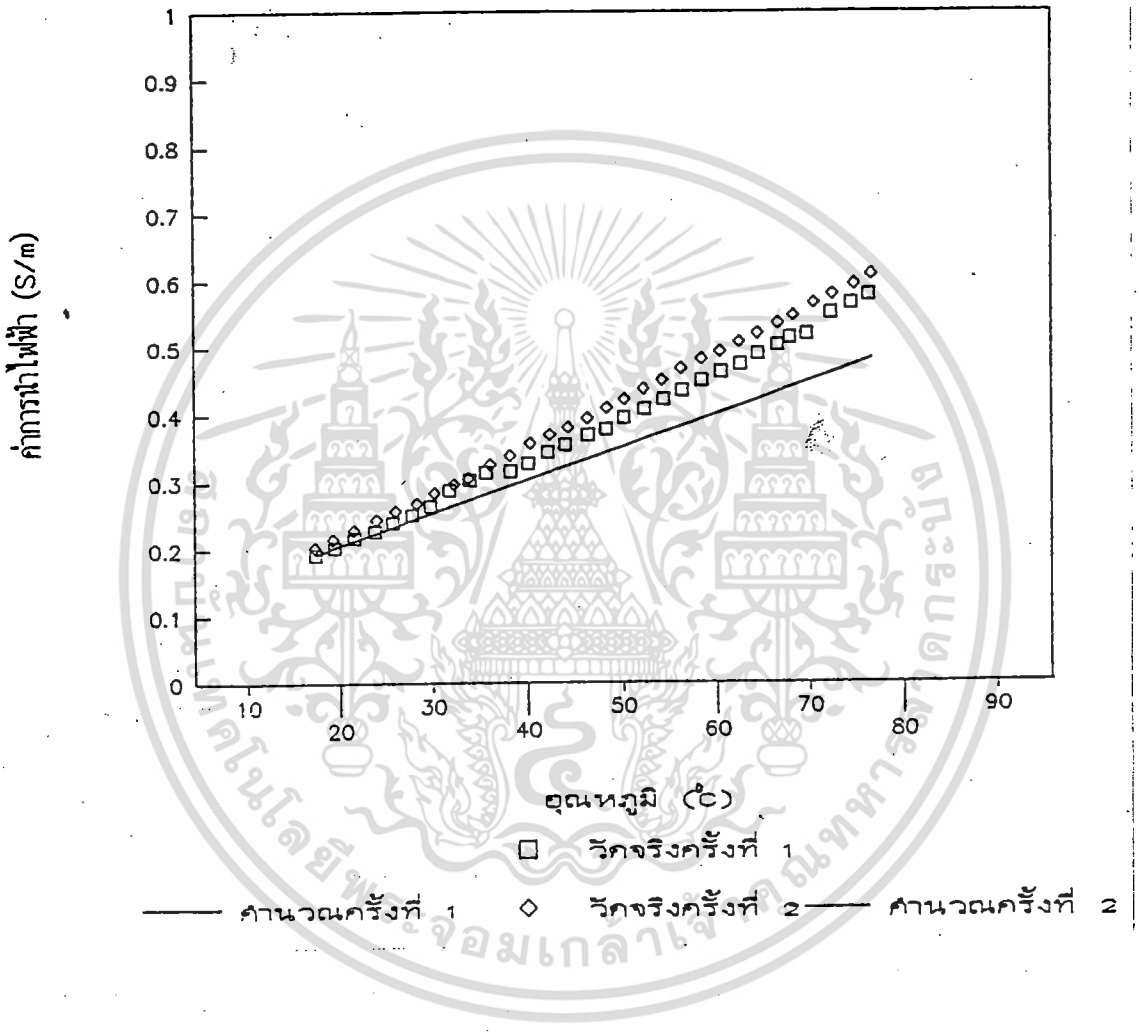
ภาพที่ 6



แสดงค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจริงของน้ำสับปะรดที่ผ่านการปั่นแยกตะกอนแล้วและทำให้มีความเข้มข้น 6.3 บริกซ์ ครั้งที่ 1 และ 2 กับค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณตามสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดของ Gupta, 1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

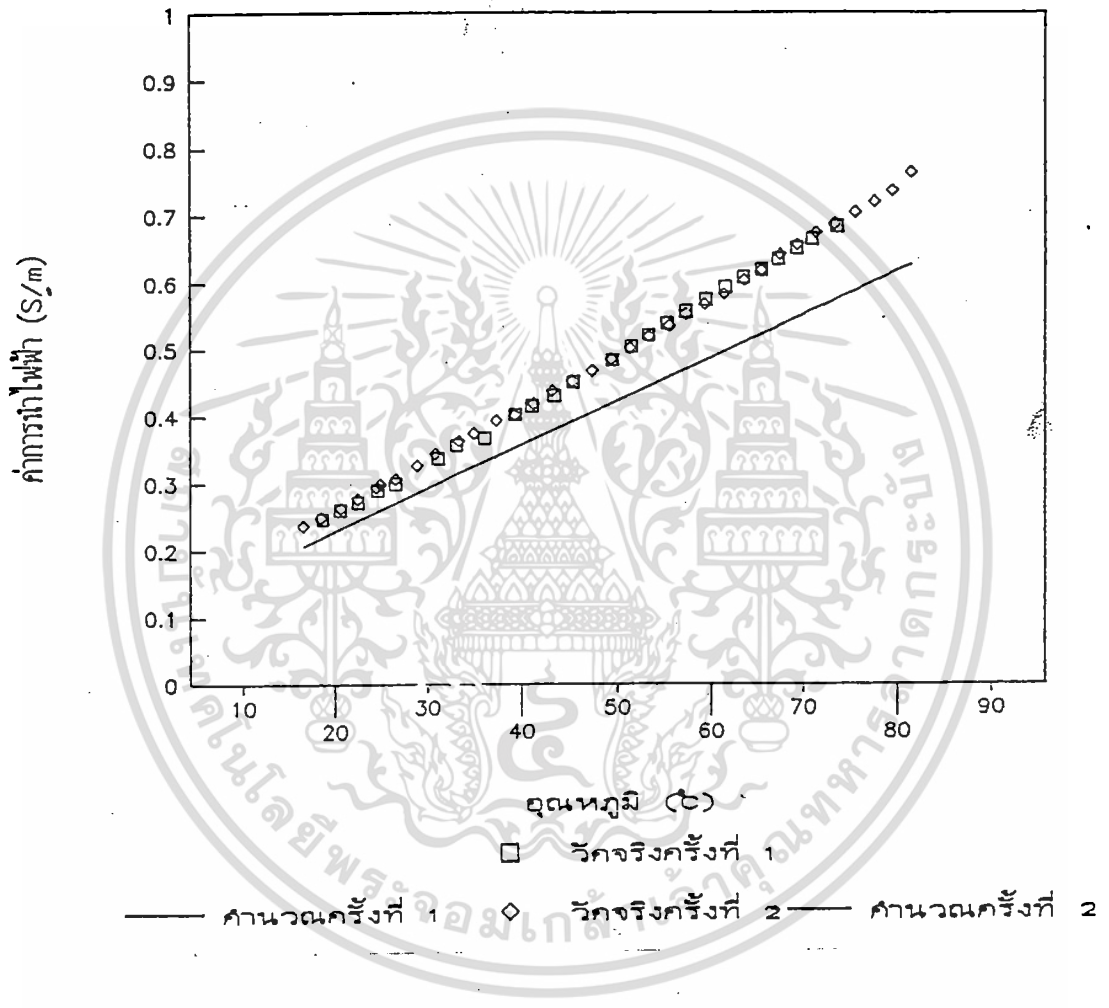
ภาพที่ 7



แสดงค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจริงของน้ำสับปะรดที่ผ่านการปั่นแยกตะกอนแล้วและทำให้มีความเข้มข้น 10.9 บริกซ์ ครั้งที่ 1 และ 2 กับค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการการคำนวณตามสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดของ Gupta, 1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

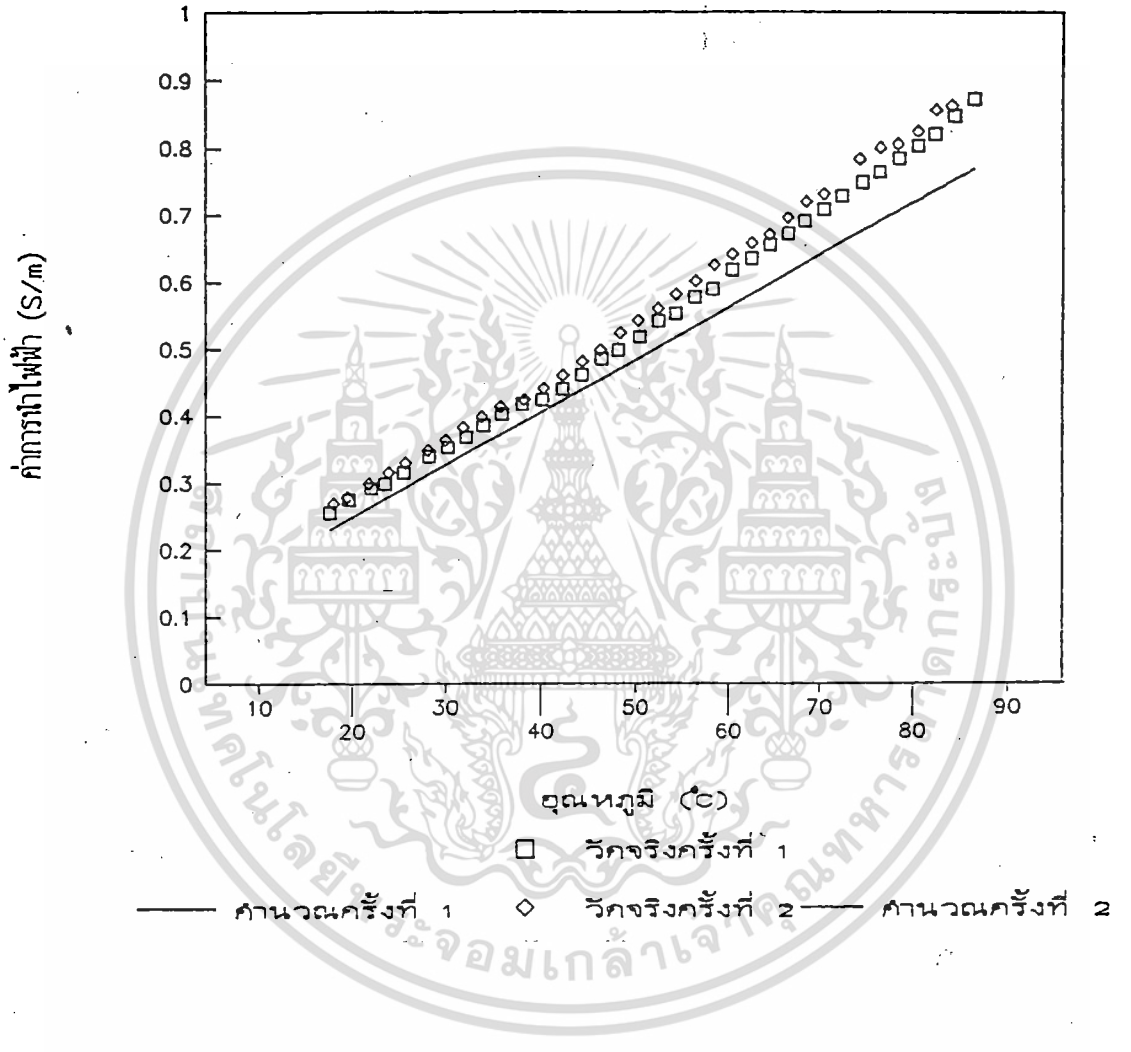
ภาพที่ 8



แสดงค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจริงของน้ำสับปะรดที่ผ่านการปั่นแยกตะกอนแล้วและทำให้มีความเข้มข้น 14.3 บริกซ์ ครั้งที่ 1 และ 2 กับค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการการคำนวณตามสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดของ Gupta, 1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

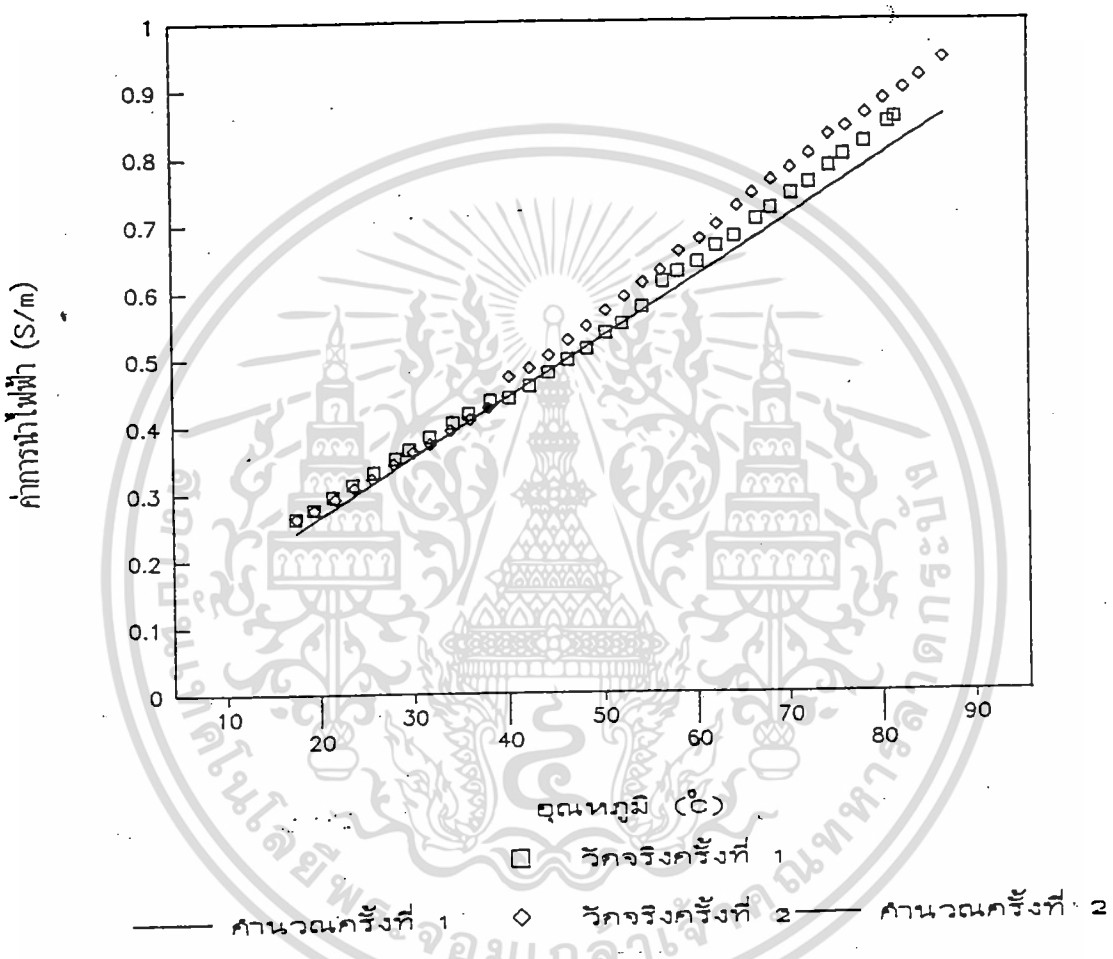
ภาพที่ 9



แสดงค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจริงของน้ำสับปะรดที่ผ่านการปั่นแยกตะกอนแล้วและทำให้มีความเข้มข้น 17.2 บริกซ์ ครั้งที่ 1 และ 2 กับค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการการคำนวณตามสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดของ Gupta, 1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

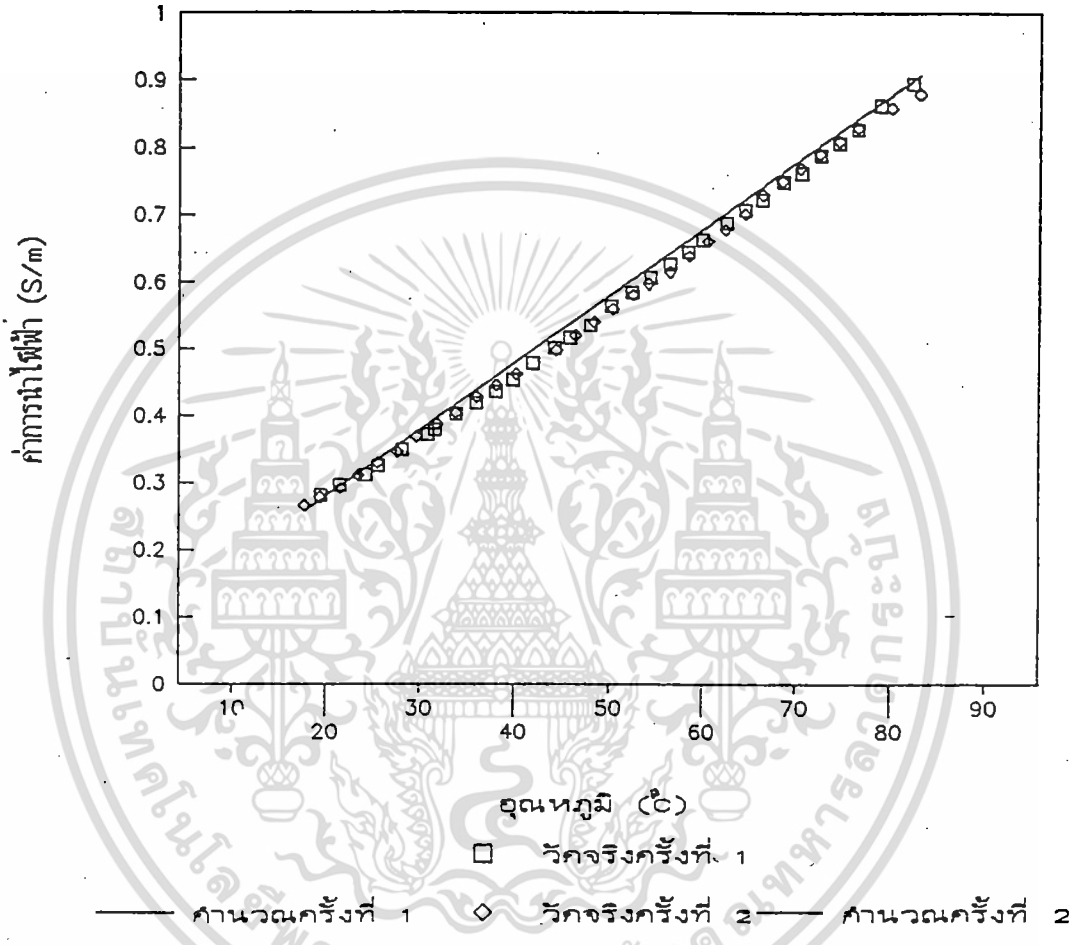
ภาพที่ 10



แสดงค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจริงของน้ำสับปะรดที่ผ่านการปั่นแยกตะกอนแล้วและทำให้มีความเข้มข้น 19.5 บริกซ์ ครั้งที่ 1 และ 2 กับค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการการคำนวณตามสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดของ Gupta, 1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 11



แสดงค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจริงของน้ำสับปะรดที่ผ่านการปั่นแยกตะกอนแล้วและทำให้มีความเข้มข้น 21.8 บริกซ์ ครั้งที่ 1 และ 2 กับค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการการคำนวณตามสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดของ Gupta, 1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของ Gupta (1992) กับน้ำซีรัมน้ำสับปะรดในช่วง 6.3 ถึง 21.8 บริซ์ และ 17.3 ถึง 86.8 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่า MSE อยู่ในช่วงตั้งแต่ 3.2 ถึง 18.5 เปอร์เซ็นต์ หรือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.2 (ตารางที่ 2) โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและการลดลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ จะมีแนวโน้มความแตกต่างของผลการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าจากสมการของ Gupta (1992) กับค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จริงมากขึ้น จึงสรุปได้ว่าไม่สามารถนำสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของ Gupta (1992) มาใช้กับซีรัมน้ำสับปะรดได้

สำหรับน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอน ทำโดยคั้นน้ำสับปะรดด้วยสกรูเพลส แล้วนำน้ำสับปะรดที่ได้ มาปรับค่าความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ด้วยการระเหยแบบสุญ ญากาศ จนมีค่าเท่ากับ 10.8 , 13.9 , 15.2 , 17.8 และ 21.6 องศาบริกซ์ ก็ทำการทดลองด้วยวิธีที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2 และภาพที่ 11 ถึง 16

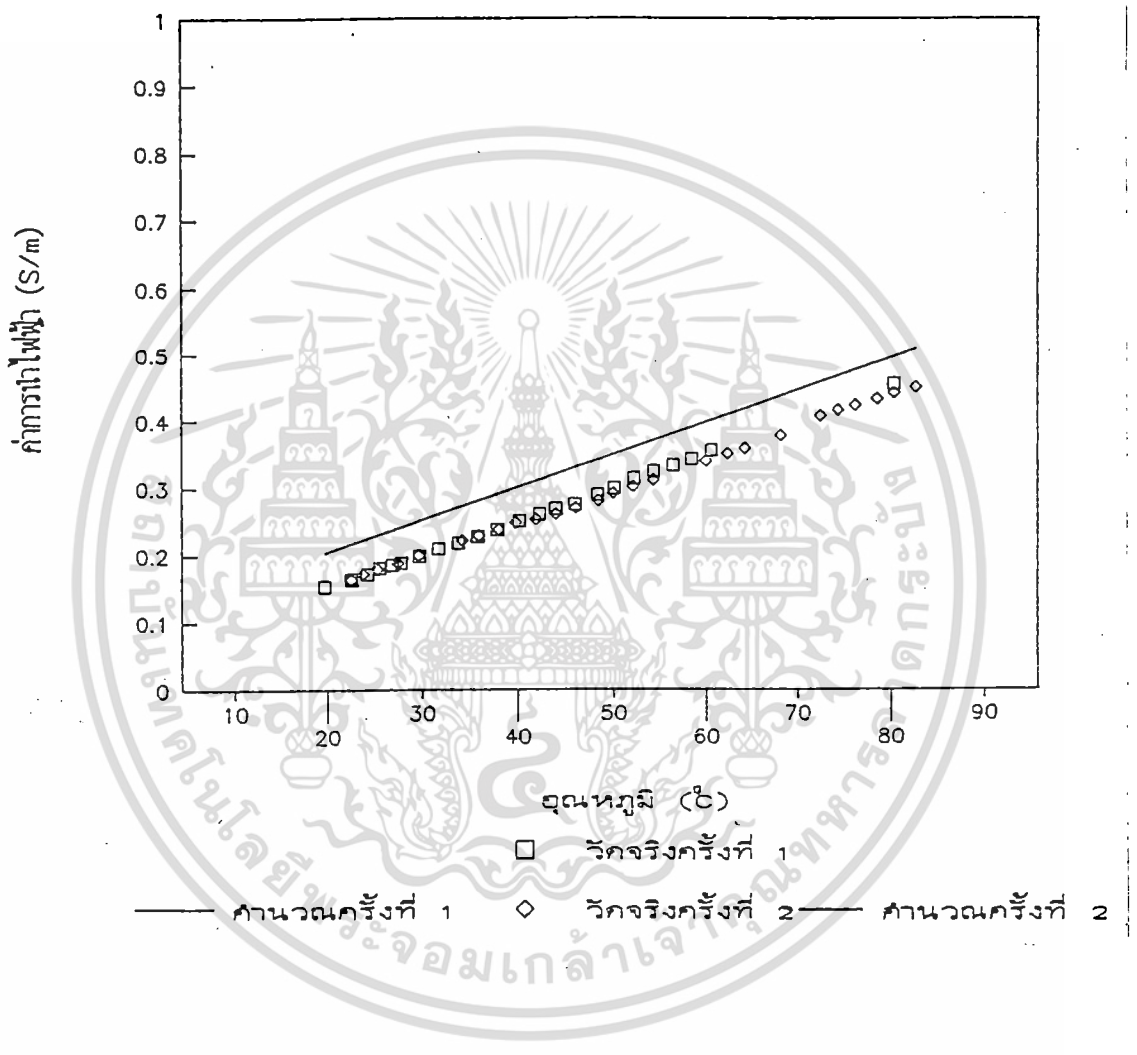
ตารางที่ 3

แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าที่คำนวณได้จากสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดของ Gupta,1992 และค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จริง (น้ำสับปะรดที่ใช้เป็นน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอน)

องศาบริกซ์	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย
10.8	18.00
13.9	11.00
15.2	10.55
17.8	13.55
21.6	18.85
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	14.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

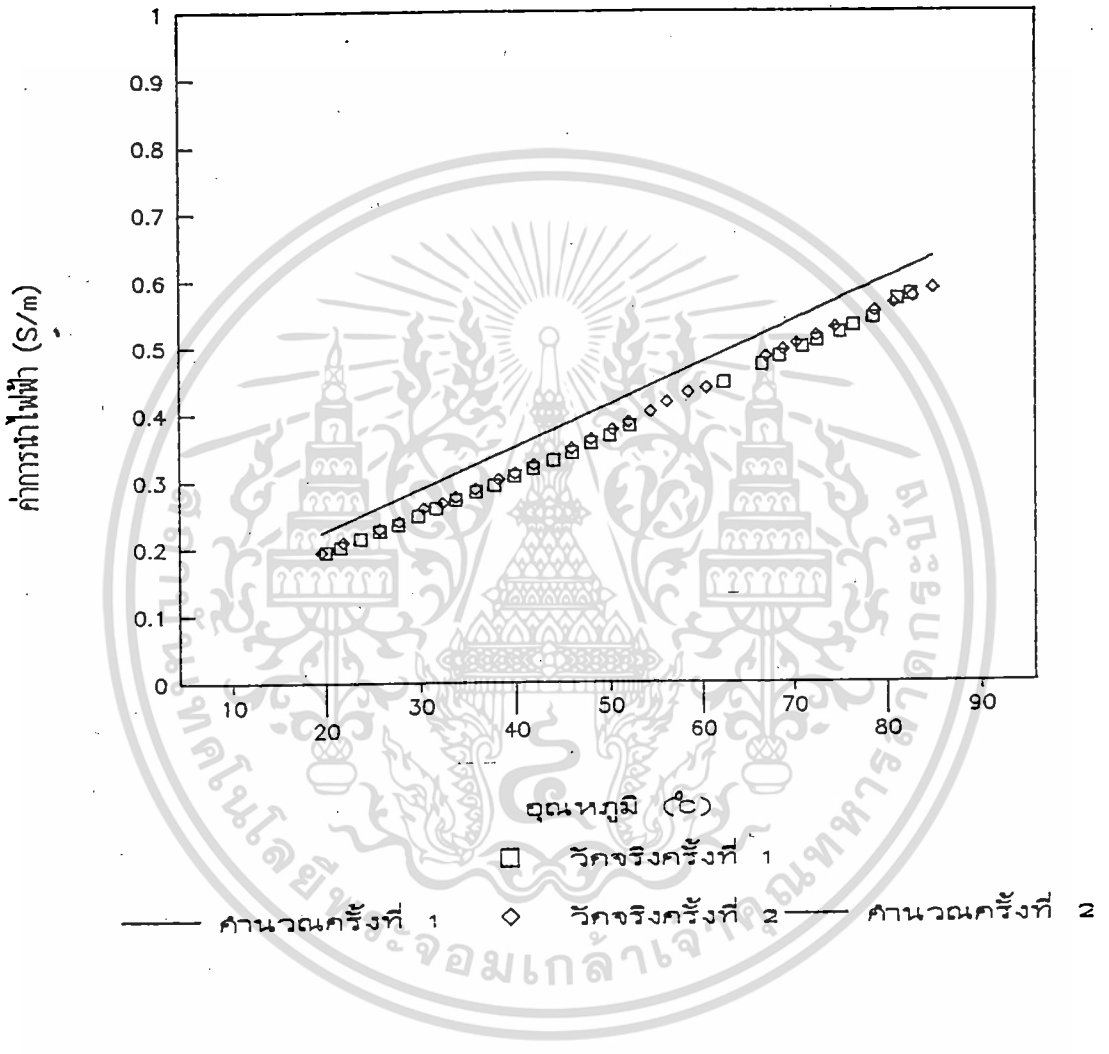
ภาพที่ 12



แสดงค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจริงของน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอนและทำให้มีความเข้มข้น 10.8 บริกซ์ ครั้งที่ 1 และ 2 กับค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการการคำนวณตามสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดของ Gupta, 1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

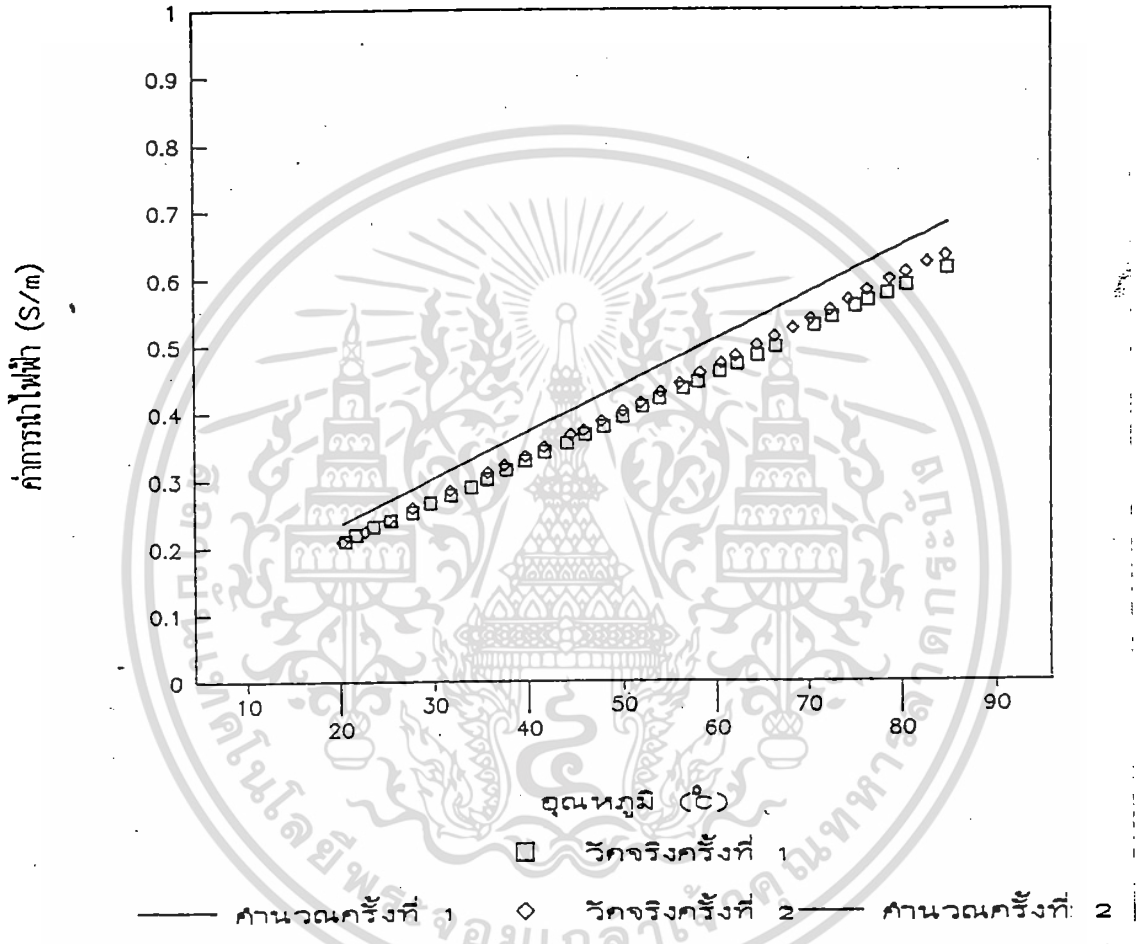
ภาพที่ 13



แสดงค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจริงของน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอนและทำให้มีความเข้มข้น 13.9 บริกซ์ ครั้งที่ 1 และ 2 กับค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการการคำนวณตามสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดของ Gupta, 1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

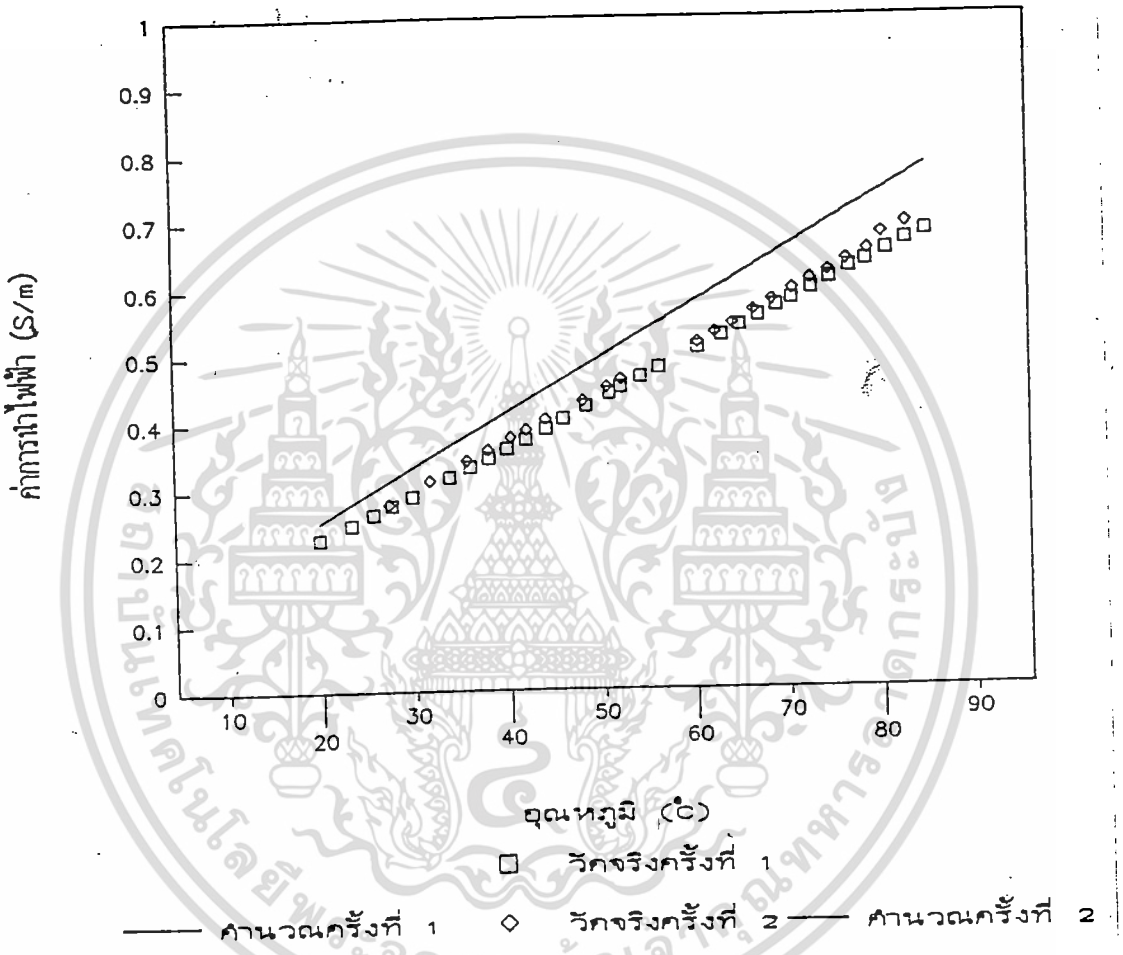
ภาพที่ 14



แสดงค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจริงของน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอนและทำให้มีความเข้มข้น 15.2 บริกซ์ ครั้งที่ 1 และ 2 กับค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการการคำนวณตามสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดของ Gupta, 1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 15



แสดงค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจริงของน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอนและทำให้มีความเข้มข้น 17.8 บริกซ์ ครั้งที่ 1 และ 2 กับค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการการคำนวณตามสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดของ Gupta, 1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับผลการทดสอบสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของ Gupta (1992) กับน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอนในช่วง 10.8 ถึง 21.6 บริซ์ และ 18.5 ถึง 85.1 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่า MSE อยู่ในช่วงตั้งแต่ 9.0 ถึง 20.7 % หรือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.39 (ตารางที่ 3) โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิและปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงขึ้น จะมีแนวโน้มความแตกต่างของผลการคำนวณกับค่าที่วัดได้มากขึ้น น้ำสับปะรดที่ไม่ได้ผ่านการปั่นแยกตะกอน จะมีส่วนที่เป็นของแข็งที่ไม่ละลายเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย และเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำสับปะรด ซึ่งจากการทดลองของPalaniappan Sevugan และ Skudhir K. Sastry (1991 b) พบว่าปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายจะมีผลต่อค่าการนำไฟฟ้า โดยที่ปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงจึงสรุปได้ว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ จะมีผลต่อค่าการนำไฟฟ้าน้อยกว่าปริมาณของแข็งที่ไม่ละลาย ดังนั้นจึงไม่สามารถนำสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของGupta (1992) มาใช้กับน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอนได้

1.3.3การทดสอบหาสมการในการประมาณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอน

การทดสอบสมการของ Gupta (1992) ที่ใช้ในการประมาณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดที่ผ่านการปั่นแยกตะกอน (ซีรัม) และน้ำสับปะรดพร้อมดื่ม (น้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอน) ในการทดลองก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่าสมการดังกล่าวขาดความถูกต้องแม่นยำในการทำนายค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรด ดังนั้นในการทดลองนี้จึงต้องมีการหาสมการที่ใช้ในการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าขึ้นใหม่ เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอน เพื่อนำค่าการนำไฟฟ้าที่ถูกต้องจากการคำนวณด้วยสมการใหม่นี้ ไปใช้ในขั้นการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการให้ความร้อนต่อไป ในขั้นตอนนี้ทดสอบโดย นำข้อมูลระหว่างของแข็งที่ละลายได้ อุณหภูมิ และค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จริงที่ได้รับการปรับแก้ค่าให้ถูกต้องด้วยสมการที่ 19 ของน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอนแล้วจากการทดลอง 1.3.2 มาหาสมการความสัมพันธ์โดยใช้ การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS และนำสมการความสัมพันธ์ที่ได้ไปใช้คำนวณค่าการนำไฟฟ้าเทียบกับค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จริงจากการทดลองของน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอน (1.3.2) ที่ใช้ในการสร้างความสัมพันธ์ขึ้นมา ที่แต่ละค่าความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้โดยพิจารณาจากค่าเปอร์ เซ็นต์ MSE เพื่อทดสอบว่าความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นใหม่นี้เป็นตัวแทนของค่าการนำไฟฟ้าที่ดีหรือไม่ ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 3 และ 4 ผลการทดลองแสดงดังในตารางที่ 4 จากนั้นนำสมการความสัมพันธ์ที่ได้ไปใช้คำนวณค่าการนำไฟฟ้าเทียบกับค่าการนำไฟฟ้าจากการทดลองวัดจริงอีกครั้งหนึ่ง เพื่อทดสอบว่าสมการความสัมพันธ์ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้สามารถใช้คำนวณค่าการนำไฟฟ้าได้ถูกต้องมากน้อยเพียงไรเมื่อเทียบกับค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จริง โดยพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ MSE ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 3 และ 4 ผลแสดงดังในตารางที่ 5 และ ภาพกราฟที่ 17 และ 18

สมการความสัมพันธ์ใหม่ที่ได้จากการทดลองนี้ใช้รูปแบบสมการของ Gupta (1992) คือ

$$\varnothing = a + bS_T + cT + dS_T T \qquad (R^2 = 0.989) \qquad (20)$$

โดยผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณได้ค่าคงที่ a , b , c และ d ของสมการดังนี้

a = -0.001337

b = 0.004225

c = 0.002811

d = 2.469849×10^{-4}

ผลจากการนำสมการที่ 20 ทดลองแทนค่าลงในข้อมูลที่ได้จากการทดลองก่อนหน้านี้ (1.3.2) ของน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอน ที่ใช้ในการสร้างความสัมพันธ์ขึ้นมา ที่แต่ละค่าความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ ผลลัพท์ที่ได้แสดงด้วยค่า MSE ในตารางที่ 4 พบว่ามีค่า MSE อยู่ในช่วง 0.7 ถึง 9.7 เปอร์เซ็นต์ หรือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.42 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสมการของ Gupta (1992) แล้วมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าโดยสมการของ Gupta (1992) ให้ความ คลาดเคลื่อนเฉลี่ยถึง 14.39 เปอร์เซ็นต์ และจากตารางที่ 4 ที่แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าที่คำนวณได้จากสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าที่ 20 และค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จริงอีกครั้งหนึ่ง ได้เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ต่ำ และต่ำกว่าสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าของ Gupta (1992) จากการทดลองนี้จึงยอมรับได้ว่า สมการ 20 สามารถทำนายค่าการนำไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยให้ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มาก ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4

แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าที่คำนวณได้จากสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าที่ 20 และค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จริงจากการทดลองก่อนหน้านี้ (1.3.2) ที่ใช้ในการสร้างความสัมพันธ์ขึ้นมา ที่แต่ละค่าความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้

องศาบริกซ์	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย
10.8	9.30
13.9	1.65
15.2	2.35
17.8	1.55
21.6	2.25
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	3.42

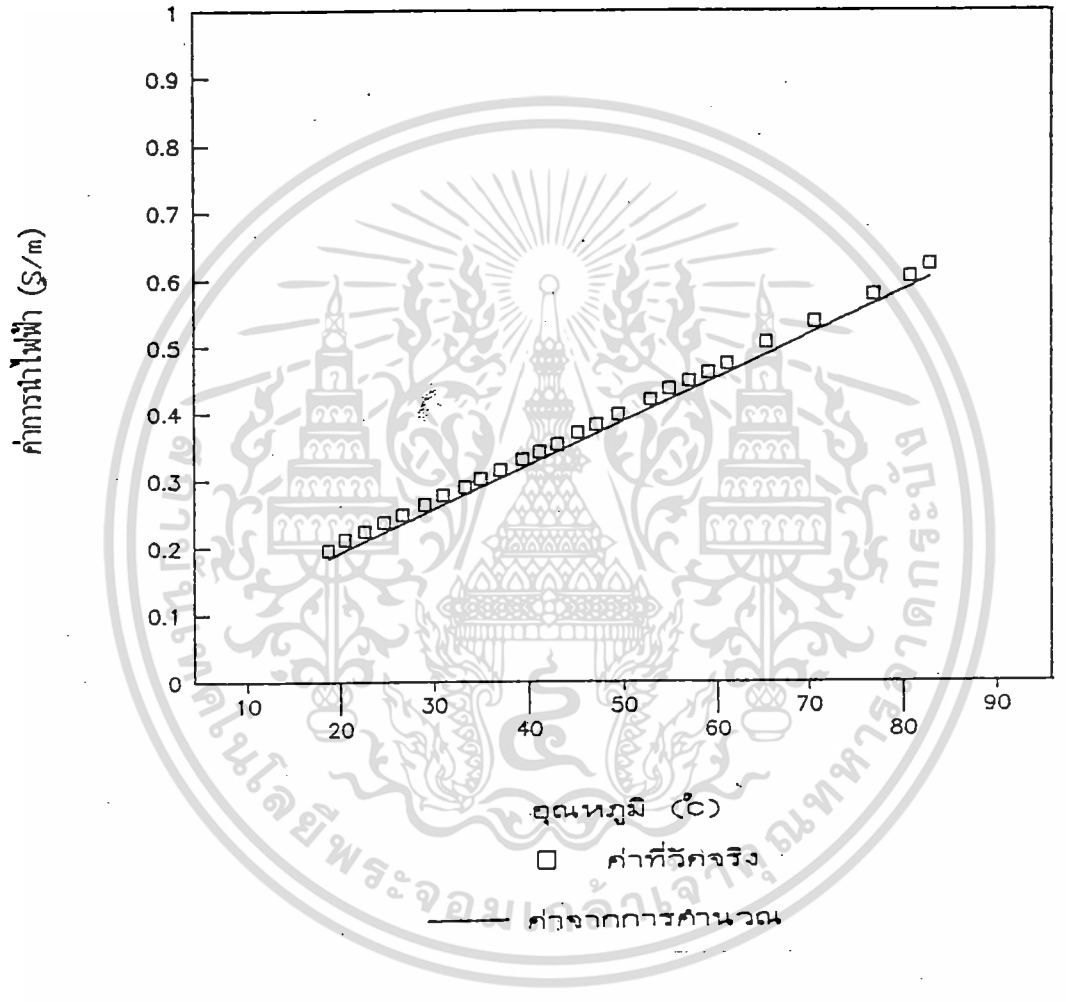
ตารางที่ 5

แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าที่คำนวณได้จากสมการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าที่ 20 และค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จริงอีกครั้งหนึ่ง

ครั้งที่	องศาบริกซ์	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย
1	15.0	3.9
2	13.3	5.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

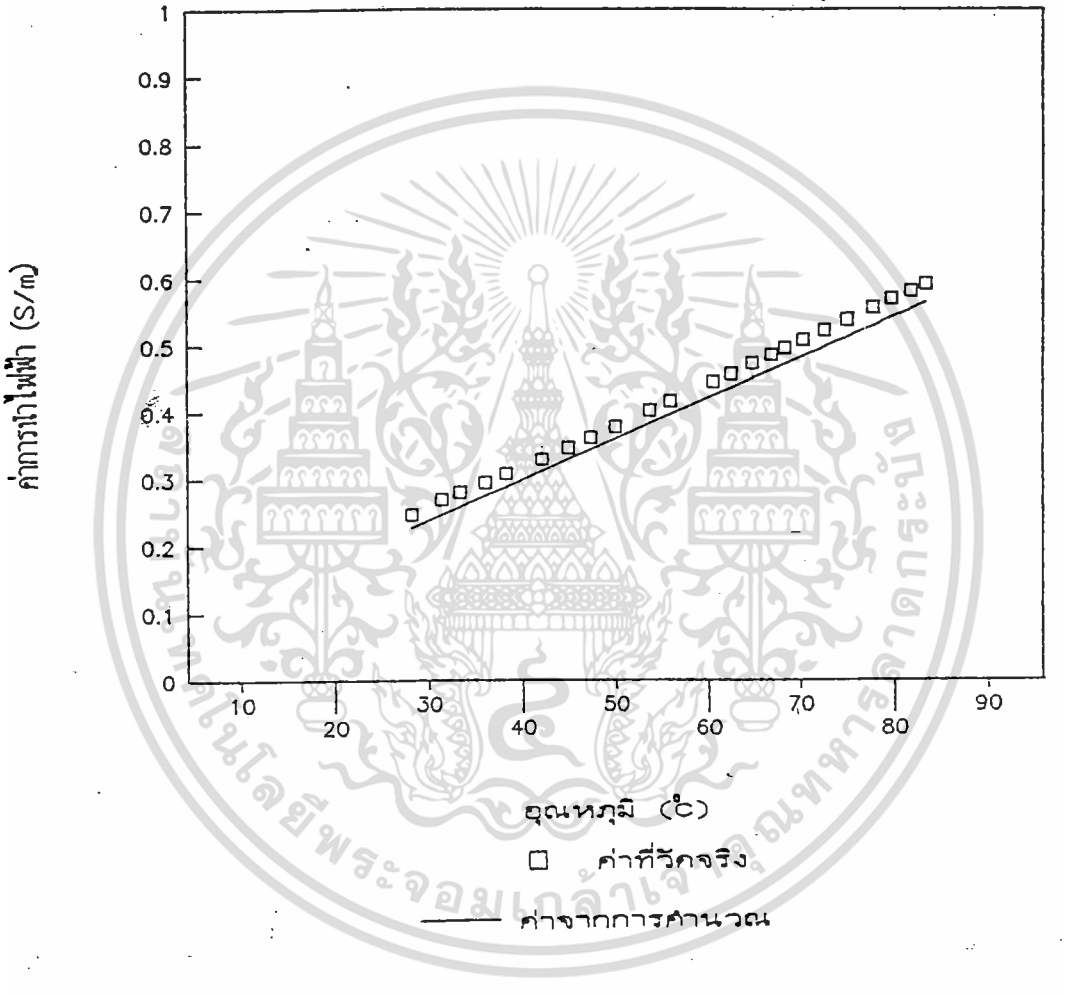
ภาพที่ 17



แสดงการเทียบค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จากการวัดจริงกับค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากสมการที่ 20 ซึ่งจากกราฟเป็นน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอนที่ความเข้มข้น 15.0 บริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 18



แสดงการเทียบค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จากการวัดจริงกับค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากสมการที่ 20 ซึ่งจากกราฟเป็นน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการปั่นแยกตะกอนที่ความเข้มข้น 13.3 บริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การออกแบบและสร้างเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง การทดลองใช้งานและการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการให้ความร้อนด้วยเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง

2.1การออกแบบและสร้างเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องสำหรับอาหารเหลว เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องที่ใช้กับอาหารเหลวโดยจะแบ่งเป็น 3 ขั้นดังนี้คือ

2.1.1เขียนโปรแกรมคำนวณค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงของน้ำสับปะรดซึ่งจะสามารถนำไปใช้ในการกำหนดความกว้างและยาวของแผ่นขั้วไฟฟ้า รวมถึงระยะห่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้าของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องโดยอาศัยสมการที่ 7 และ 12 (โปรแกรมที่เขียนขึ้นในข้อนี้นำไปใช้ในการออกแบบกระบวนการให้ความร้อนน้ำสับปะรด และสามารถนำไปใช้ในการออกแบบเพื่อสร้างเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงได้ถ้ามีการทดลองเปลี่ยนแปลงค่าความกว้างและระยะห่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้าไปเรื่อยๆในตัวของโปรแกรมเองและทดลองรันโปรแกรมดู ซึ่งถ้าผลการทดลองได้ค่าสภาวะที่เหมาะสมคือ ค่าความต่างศักย์ที่ใช้ในการให้ความร้อนอยู่ในช่วง 0 ถึง 270 โวลต์ และกระแสไฟฟ้าที่ใช้ไม่เกิน 15 แอมป์ ก็จะสามารถตัดสินใจเลือกใช้ ขนาดความกว้าง ความยาว และระยะห่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้าที่ใช้ เพื่อจะได้ออกแบบเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงตามความกว้าง ความยาว และระยะห่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้าได้)

$$T_{new}(1-MA_O) = MB_o+T(MA_o+1)$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{VdxW}{L}(1+2+...+n)$$

ซึ่งโครงสร้างของโปรแกรมที่เขียนขึ้น สำหรับน้ำสับปะรดนี้แสดงในภาพที่ 19 โปรแกรมการคำนวณนี้แบ่งเป็นสองตอนคือ ตอนที่หนึ่งจะต้องกำหนดค่าต่างๆ เพื่อให้โปรแกรมคำนวณค่า ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมในการให้ความร้อน กระแสไฟฟ้าโดยรวมที่ใช้ไปในการให้ความร้อนและกำลังไฟฟ้าที่ใช้ซึ่งค่าต่างๆที่ต้องกำหนดมีดังนี้คือ อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำสับปะรด ความเข้มข้นของน้ำสับปะรด ปริมาณน้ำสับปะรดที่ต้องการให้ความร้อน (ใช้ในการคำนวณเวลาที่ให้ความร้อนเท่านั้นจึงประมาณค่าหยาบๆก็ได้ซึ่งจากการทดลองนี้ใช้ 10 ลิตร) อัตราการไหลของน้ำสับปะรด ความกว้างของส่วนย่อยของแผ่นขั้วไฟฟ้าที่ใช้ (ในโปรแกรมจะมีให้เลือกถ้าจะให้ค่าความต่างศักย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่คำนวณได้ถูกต้องมากๆ ก็ต้องเลือกความกว้างของส่วนย่อยที่แคบมากๆ แต่จะทำให้เวลาในการคำนวณนานขึ้นซึ่งจากการทดลองนี้ใช้ 0.01 เซ็นติเมตร) ค่าความต่างศักย์เริ่มต้นที่ต้องการให้โปรแกรมเริ่มคำนวณในรอบความต่างศักย์นั้นเลย โดยไม่ต้องให้ไปเริ่มคำนวณตั้งแต่ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 0.0 โวลต์ ซึ่งจะเป็นการลดเวลาในการคำนวณ (ผู้ที่ใช้โปรแกรมจนชำนาญก็จะรู้ว่าควรเริ่มต้นที่รอบความต่างศักย์เท่าใด แต่สำหรับผู้เริ่มใช้จะให้เริ่มต้นที่รอบการคำนวณเป็น 0.0 โวลต์ ก็ได้เพียงแต่จะใช้เวลาในการคำนวณนานขึ้นเท่านั้น) ค่าความยาวของแผ่นขั้วไฟฟ้า และค่าอุณหภูมิที่ต้องการให้ความร้อนแก่น้ำสับปะรด สำหรับตอนที่สองของโปรแกรมจะต้องกำหนดค่าต่างๆ เพื่อให้โปรแกรมคำนวณค่า ความสูงระหว่างช่องน้ำล้นของกล่องเก็บน้ำสับปะรด กับช่องน้ำออกของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องเพื่อรักษาระดับอัตราการไหลของน้ำสับปะรด และความสูงระหว่างช่องน้ำออกและขอบบนของแผ่นขั้วไฟฟ้า เพื่อรักษาเวลาในการที่น้ำสับปะรดจะคงอุณหภูมิที่ให้ความร้อนไว้ โดยค่าที่ต้องกำหนดเพื่อป้อนเข้าโปรแกรมคือ อัตราการไหลของน้ำสับปะรดที่ใช้ เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่ต่อจากกล่องเก็บน้ำสับปะรด มายังส่วนล่างของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง (0.005 เมตร) ความกว้างและความยาวของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง (0.05 เมตร ทั้งสองค่า) และเวลาที่ต้อง การให้น้ำสับปะรดคงไว้ที่อุณหภูมิที่ให้ความร้อน ในการหาขนาดความกว้าง และความยาวของแผ่นขั้วไฟฟ้าเพื่อที่จะนำไปใช้ในการสร้างเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง นอกจากจะต้องกำหนดค่าต่างๆดังที่กล่าวมาแล้วลงในส่วนของการป้อนข้อมูลของโปรแกรม ยังจำเป็นจะต้องมีการเปลี่ยนค่าความกว้างและระยะห่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้าในตัวของโปรแกรมเองด้วย และเปลี่ยนค่าไปเรื่อยๆเพื่อทดสอบดูว่าค่าที่ได้จากการคำนวณจากโปรแกรมคือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จะต้องใช้ในกระบวนการให้ความร้อนอยู่ในช่วง 0 ถึง 270 โวลต์ ซึ่งไม่เกินค่าที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่มีอยู่สามารถทำได้ และค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ไปไม่เกิน 15 แอมป์ ซึ่งไม่เกินค่าที่แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าสามารถจ่ายให้ได้ (ถ้าไม่เกินจากนี้แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าจะไม่ตัดไฟ)

ผลการแทนค่าต่างๆดังที่กล่าวมาแล้วในส่วนของการป้อนข้อมูลของโปรแกรม และในส่วนของตัวโปรแกรมเองที่ทำให้ตัดสินใจใช้ขนาดของแผ่นขั้วไฟฟ้าของ เครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง กว้าง 5.0 เซ็นติเมตร ยาว 20.0 เซ็นติเมตร และระยะห่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้า 5.0 เซ็นติเมตร แสดงดังในตารางที่ 6 ซึ่งให้เหตุผลได้ว่าค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณเมื่อใช้อัตราการไหล 0.01 กิโลกรัมต่อวินาที แล้วค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณจะมากกว่าเกณฑ์ที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าสามารถให้ได้คือ 0 ถึง 270 โวลต์ และค่ากระแสไฟฟ้าเกินกำลังแหล่งจ่ายไฟฟ้าคือ 15 แอมป์ จึงไม่พิจารณาสัดส่วนของแผ่นขั้วไฟฟ้าที่อัตราการไหลนี้ และเมื่อลดอัตราการไหลลง 10 เท่าคือ 0.001 กิโลกรัมต่อวินาที ปรากฏว่าค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่คำนวณได้ส่วนใหญ่ใช้ได้ (อยู่ในข้อจำกัด) ในหลายสัดส่วนของแผ่นขั้วไฟฟ้า มีบางสัดส่วนเท่านั้นที่ใช้ไม่ได้ แต่คิดว่าจะไม่พิจารณาในอัตราการไหลนี้อีก เนื่องจากน้ำสับปะรดที่ได้จากการให้ความร้อนแล้วไม่พอที่จะนำไปใช้ทดลองในขั้นต่อไป จึงได้คำนวณค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่อัตราการไหลเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย โดยที่น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนจะได้เพียงพอในการนำไปทดลองขั้นต่อไป และเมื่อได้คำนวณค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่อัตราการไหล 0.002 กิโลกรัมต่อวินาที ปรากฏว่ามีหลายสัดส่วนของแผ่นขั้วไฟฟ้า ที่ทำให้ค่าความต่างศักย์ หรือไม่ก็กระแสไฟฟ้าเกินข้อจำกัด สำหรับสัดส่วนที่แผ่นขั้วไฟฟ้ามีความกว้างเป็น 0.01 เมตร ก็ใช้ได้แต่จะมีปัญหาในการตัดแผ่นขั้วไฟฟ้าเพราะเล็กเกินไป และถ้านำไปสร้างเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง จะทำความสะอาดได้ยากด้วยจึงไม่พิจารณาในสัดส่วนนี้ สำหรับสัดส่วนที่แผ่นขั้วไฟฟ้ามีความกว้าง 0.1 เมตร ก็ใช้ได้แต่ใหญ่เกินไปดูไม่สวยงามสมส่วน จึงได้สนใจพิจารณาสัดส่วนแผ่นขั้วไฟฟ้าที่มีความกว้าง 0.05 เมตร ซึ่งแผ่นขั้วไฟฟ้าที่มีความกว้างเท่านี้ และมีระยะห่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้าเป็น 0.01 , 0.05 และ 0.1 เมตร และที่มีความยาวเป็น 0.05 , 0.10 และ 0.20 เมตร หลายสัดส่วนสามารถใช้ได้ แต่ที่ไม่เลือก ที่มีระยะห่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้าเพราะดูใหญ่เกินไปไม่สวยงาม และที่มีระยะห่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้าเท่ากับ 0.01 เมตร ทำให้เครื่องที่จะสร้างขึ้นเล็กจนทำความสะอาดได้ยาก ดังนั้นจึงได้พิจารณาเฉพาะที่มีระยะห่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้า เท่ากับ 0.05 เมตร และมีความยาวของแผ่นขั้วไฟฟ้า 0.10 และ 0.20 เมตร แต่ที่เลือกสัดส่วนที่มีความยาว 0.20 เมตร เพราะประหยัดไฟฟ้ามากกว่า ชนิด 0.10 เมตร และที่สำคัญจะได้เครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องที่มีขนาดสวยงามไม่ใหญ่เกินไป หรือเล็กจนเกินไปทำความสะอาดได้ยาก (ทำความสะอาดโดยใช้แปรงล้างเครื่องแก้วเนื่องจากเครื่องนี้ไม่ได้ออกแบบให้ถอดออกมาล้างได้เหมือนเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าที่สร้างขึ้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6

แสดงผลการคำนวณค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่ต้องใช้ในการให้ความร้อนน้ำสับปะรดเมื่อเปลี่ยนค่าความกว้างและยาวของแผ่นขั้วไฟฟ้า และระยะห่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้าที่อัตราการไหลของน้ำสับปะรดต่างๆ

L(m)	W(m)	LE(m)	F=0.01(kg/s)		F=0.001(kg/s)		F=0.002(kg/s)	
			V(V)	I(A)	V(V)	I(A)	V(V)	I(A)
0.01	0.01	0.05	377.3	11.14	119.4	3.53	168.8	4.98
0.01	0.01	0.10	267.2	17.00	84.5	5.38	119.5	7.60
0.01	0.01	0.20	189.0	25.01	59.8	7.92	84.6	11.21
0.01	0.05	0.05	168.8	24.92	53.4	7.89	75.5	11.15
0.01	0.05	0.10	119.5	38.02	37.8	12.03	53.5	17.05
0.01	0.05	0.20	84.6	56.04	26.8	17.79	37.8	25.01
0.01	0.10	0.05	119.4	35.27	37.8	11.18	53.4	15.77
0.01	0.10	0.10	84.5	53.78	26.8	17.11	37.8	24.06
0.01	0.10	0.20	59.8	79.18	18.9	25.01	26.8	35.58
0.05	0.01	0.05	843.7	4.98	266.8	1.57	377.3	2.23
0.05	0.01	0.10	597.4	7.60	189.0	2.41	267.2	3.40
0.05	0.01	0.20	422.6	11.18	133.7	3.54	189.0	5.00
0.05	0.05	0.05	377.3	11.14	119.4	3.53	168.8	4.98
0.05	0.05	0.10	267.2	17.00	84.5	5.38	119.5	7.60
0.05	0.05	0.20	189.0	25.01	59.8	7.92	84.6	11.21
0.05	0.10	0.05	266.8	15.75	84.4	4.98	119.4	7.05
0.05	0.10	0.10	189.0	24.06	59.8	7.62	84.5	10.76
0.05	0.10	0.20	133.7	35.40	42.3	11.21	59.8	15.84
0.10	0.01	0.05	1193.1	3.52	377.3	1.11	533.6	1.57
0.10	0.01	0.10	844.8	5.37	267.2	1.70	377.9	2.40
0.10	0.01	0.20	597.6	7.91	189.0	2.50	267.3	3.54
0.10	0.05	0.05	533.6	7.87	168.8	2.49	238.7	3.52
0.10	0.05	0.10	377.9	12.02	119.5	3.80	169.0	5.38
0.10	0.05	0.20	267.3	17.69	84.6	5.60	119.6	7.92
0.10	0.10	0.05	377.3	11.14	119.4	3.53	168.8	4.98
0.10	0.10	0.10	267.2	17.00	84.5	5.38	119.5	7.60
0.10	0.10	0.20	189.0	25.01	59.8	7.92	84.6	11.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย

W คือค่าความกว้างของแผ่นขั้วไฟฟ้า (เมตร)

L คือระยะห่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้า (เมตร)

LE คือค่าความยาวของแผ่นขั้วไฟฟ้า (เมตร)

F คืออัตราการไหลของน้ำสับปะรด (กิโลกรัม/วินาที)

V คือค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่คำนวณได้ (โวลต์)

I คือค่ากระแสไฟฟ้าที่คำนวณได้ (แอมป์)

2.1.2เขียนโปรแกรมคำนวณค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.1 โมล่าร์ โดยอาศัยสมการที่7 และ 12 การทดลองใช้สารละลายเกลือให้ความร้อนด้วยเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง เพื่อทดสอบเครื่องก่อนการนำไปใช้จริงกับน้ำสับปะรดว่า เครื่องสามารถทำงานได้จริงและจะเป็นการประหยัดมากกว่าการใช้น้ำสับปะรดในการทดลองเบื้องต้น โปรแกรมการคำนวณนี้แบ่งเป็นสองตอนคือตอนที่หนึ่งจะต้องกำหนดค่าต่างๆ เพื่อให้โปรแกรมคำนวณ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมในการให้ความร้อน กระแสไฟฟ้าโดยรวมที่ใช้ไปในการให้ความร้อน กระแสไฟฟ้าโดยรวมที่ใช้ไปในการให้ความร้อน และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ซึ่งค่าต่างๆที่ต้องกำหนดมีดังนี้คือ อุณหภูมิเริ่มต้นของสารละลายเกลือ ปริมาณสารละลายเกลือที่ต้องการให้ความร้อน (ใช้ในการคำนวณเวลาที่ให้ความร้อนเท่านั้นจึงประมาณค่าหยาบๆก็ได้) อัตราการไหลของสารละลายเกลือ ความกว้างของส่วนย่อยของแผ่นขั้วไฟฟ้าที่ใช้ (ในโปรแกรมจะมีให้เลือกถ้าจะให้ค่าความต่างศักย์ที่คำนวณได้ถูกมากๆ ก็ต้องเลือกความกว้างของส่วนย่อยที่แคบมากๆ แต่จะทำให้เวลาในการคำนวณนานขึ้น) ค่าความต่างศักย์เริ่มต้นที่ต้องการให้โปรแกรมเริ่มคำนวณในรอบความต่างศักย์นั้นเลยโดยไม่ต้องให้ไปเริ่มคำนวณตั้งแต่ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 0.0 โวลต์ ซึ่งจะเป็นการลดเวลาในการคำนวณ (ผู้ที่ใช้โปรแกรมจนชำนาญก็จะรู้ว่าควรเริ่มต้นที่รอบความต่างศักย์เท่าใด แต่สำหรับผู้เริ่มใช้จะให้เริ่มต้นที่รอบการคำนวณเป็น 0.0 โวลต์ ก็ได้เพียงแต่จะใช้เวลาในการคำนวณนานขึ้นเท่านั้น) ค่าความยาวของแผ่นขั้วไฟฟ้าซึ่งจำเป็นจะต้องเลือกตามที่โปรแกรมกำหนดไว้ให้ (มีให้ตั้งค่าเองได้ เพราะสามารถนำโปรแกรมไปใช้ได้กว้างขึ้นสำหรับเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงเครื่องอื่นได้) และค่าอุณหภูมิที่ต้องการให้ความร้อนแก่สารละลายเกลือ สำหรับตอนที่สองของโปรแกรมจะต้องกำหนดค่าต่างๆ เพื่อให้โปรแกรมคำนวณค่าความสูงระหว่าง ช่องน้ำล้นของกล่องเก็บสารละลายเกลือกับช่องน้ำออกของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง เพื่อรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับอัตราการไหลของสารละลายเกลือ และความสูงระหว่าง ช่องน้ำออกและขอบบนของแผ่นขั้วไฟฟ้า เพื่อรักษาเวลาในการที่สารละลายเกลือจะคงอุณหภูมิที่ให้ความร้อนไว้ โดยค่าที่ต้องกำหนดให้คือ อัตราการไหลของสารละลายเกลือที่ใช้ เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่ต่อจากกล่องเก็บสารละลายเกลือมายังส่วนล่างของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง ความกว้างและความยาวของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง และเวลาที่ต้องการให้สารละลายเกลือคงไว้ที่อุณหภูมิที่ให้ความร้อน

เมื่อผลการคำนวณด้วยโปรแกรมทั้งสองขั้นตอนสิ้นสุดลงจะต้องนำ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมในการให้ความร้อนไปปรับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าให้ตรงกับที่คำนวณได้ ค่ากระแสไฟฟ้าโดยรวมที่ใช้ไปในการให้ความร้อน จะนำไปพิจารณาว่าเกินปริมาณที่แหล่งกระแสไฟฟ้า จะสามารถจ่ายให้หรือไม่ถ้าเกินก็จะต้องใช้โปรแกรมในการคำนวณค่าต่างๆเหล่านี้ใหม่ทั้งหมด โดยจะสามารถปรับเปลี่ยนค่าที่ให้แก่โปรแกรมได้คืออัตราการไหลของสารละลายเกลือ ถ้ากระแสไฟฟ้าที่คำนวณได้มีค่ามากเกินไปจากแหล่งจ่ายไฟก็ให้ลดค่าอัตราการไหลของสารละลายเกลือลง ปรับค่าความสูงระหว่าง ช่องน้ำล้นของกล่องเก็บสารละลายเกลือกับช่องน้ำออกของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง เพื่อรักษาระดับอัตราการไหลของสารละลายเกลือตามที่โปรแกรมคำนวณได้ และปรับความสูงระหว่างช่องน้ำออกและขอบบนของแผ่นขั้วไฟฟ้าเพื่อรักษาเวลาในการที่สารละลายเกลือจะคงอุณหภูมิที่ให้ความร้อนไว้ ซึ่งถ้าปฏิบัติตามขั้นตอนข้างต้นแล้วจะสามารถให้ความร้อนได้ถูกต้อง

2.1.3 การสร้างเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง

จากผลการทดลองในข้อที่ 1.1 ทำให้ตัดสินใจใช้ ขนาดของแผ่นขั้วไฟฟ้าดังนี้คือกว้าง 5.0 เซ็นติเมตร ยาว 20.0 เซ็นติเมตร และระยะห่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 5.0 เซ็นติเมตร (แผ่นขั้วไฟฟ้าทั้งสองแผ่นต้องเจาะรู 3 รู ตามแนวยาวและตรงกลางแผ่น โดย รูแรกเจาะในระยะกลางแผ่น อีกสองรูเจาะห่างจากด้านทั้งสองเป็นระยะ 2.0 เซ็นติเมตร โดยใช้เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซ็นติเมตร ซึ่งรูทั้ง 3 นี้ใช้เป็นที่ร้อยสกรูเพื่อยึดแผ่นขั้วไฟฟ้าให้ติดกับผนังของเครื่อง)เมื่อทราบขนาด และระยะห่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้าแล้วก็ทำส่วนต่างๆของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงให้สัมพันธ์กับแผ่นขั้วไฟฟ้าเพราะขนาดและระยะห่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้าจะมีความสำคัญที่สุดในการที่ จะทำให้อุณหภูมิในการให้ความร้อนน้ำสับปะรดถูกต้องตามที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงต้องสร้างผนังของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง เป็นกล่องสี่เหลี่ยมและเมื่อติดแผ่นขั้วไฟฟ้าที่ผนังแล้วจะมีระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าเท่ากับ 5.0 เซ็นติเมตร

ผนังของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงสำหรับผนังของเครื่องให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า ประกอบด้วยพลาสติกอะครีริกหนา 0.5 เซ็นติเมตร กว้าง 5.0 เซ็นติเมตร ยาว 40.0 เซ็นติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมตร 2 แผ่น เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซ็นติเมตร 3 รู เพื่อใช้เป็นที่ร้อยสกรูทองเหลือง (ลดปริมาณการกัดกร่อนจากความเป็นกรดของน้ำสับปะรด) เพื่อยึดแผ่นขั้วไฟฟ้าให้ติดแน่นกับผนังภายในเครื่อง โดยรูทั้ง 3 รู ของแผ่นพลาสติกอะครีริกทั้งสอง จะเจาะห่างจากด้านล่าง (คือเจาะจากด้านใดด้านหนึ่งเนื่องจากขณะนี้ยังไม่ได้ประกอบเป็นกล่องจึงยังบอกไม่ได้ว่าด้านใดเป็นด้านล่าง) เป็นระยะ 2.0 , 12.0 และ 20.0 เซ็นติเมตร ตามลำดับจากนั้นนำแผ่นขั้วไฟฟ้าทั้งสองติดเข้ากับผนังทั้งสองด้านนี้โดยร้อยด้วยสกรูทองเหลืองจากแผ่นขั้วไฟฟ้าไปติดกับผนัง และก่อนที่จะขันสกรูทองเหลืองตัวเมียเข้าไปจะต้องรองด้วยแผ่นยางกันรั่วหนา 0.4 เซ็นติเมตร กว้างและยาว 1.0 เซ็นติเมตร ที่เจาะรูตรงกลาง เพื่อให้พอดีกับสกรูทองเหลืองตัวผู้ (จะคับเล็กน้อยเพื่อป้องกันการรั่วของน้ำสับปะรด) จากนั้นจึงขันด้วยสกรูทองเหลืองตัวเมียให้แน่น จึงได้ผนังทั้งสองด้านของเครื่องที่มีแผ่นขั้วไฟฟ้าติดอยู่สูงจากด้านล่าง 2.0 เซ็นติเมตร ส่วนผนังของเครื่องด้านที่สาม ทำจากแผ่นพลาสติกอะครีริกหนา 0.5 เซ็นติเมตร กว้าง 6.0 เซ็นติเมตร ยาว 40.0 เซ็นติเมตร เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 เซ็นติเมตร 3 รู เพื่อไว้ใส่ตัววัดอุณหภูมิ โดยรูทั้ง 3 รู เจาะไปตามแนวยาวและกึ่งกลางของแผ่นพลาสติกระยะห่างจากด้านล่างเป็นระยะ 1.6 , 12.0 และ 22.4 เซ็นติเมตร ตามลำดับ ส่วนผนังด้านที่สี่ ทำจากแผ่นพลาสติกอะครีริกหนา 0.5 เซ็นติเมตร กว้าง 6.0 เซ็นติเมตร ยาว 40.0 เซ็นติเมตร ผนังด้านนี้เจาะช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 3.0 เซ็นติเมตร ยาว 18.0 เซ็นติเมตร เพื่อใช้เป็นช่องสำหรับให้ท่อน้ำออกที่ติดอยู่กับผนังด้านนอกที่สามารถเลื่อนขึ้นลงได้เพื่อให้น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่ต้องการแล้วยังอยู่ในตัวเครื่อง และมีอุณหภูมิเท่ากับที่ใช้ในการให้ความร้อนเป็นเวลาที่กำหนดไว้ โดยช่องที่เจาะนี้เจาะจากด้านบนของผนังด้านที่สี่และให้อยู่ตรงกลางของผนังด้านนี้ นำผนังทั้งสี่ด้านประกอบเข้าด้วยกันโดยใช้ ไดคลอโรมีเทนเป็นตัวเชื่อม ซึ่งต้องเรียงผนังเวลาประกอบดังนี้คือผนังด้านที่หนึ่งเป็นผนังด้านที่กว้าง 5.0 เซ็นติเมตร ยาว 40.0 ที่มีแผ่นขั้วไฟฟ้าติดอยู่ด้วย ตามด้วยผนังด้านที่สองที่เจาะรูไว้สามรูเพื่อใส่ตัววัดอุณหภูมิ ซึ่งกว้าง 6.0 เซ็นติเมตร ยาว 40.0 เซ็นติเมตร ผนังด้านที่สาม เป็นผนังด้านที่กว้าง 5.0 เซ็นติเมตร ยาว 40.0 ที่มีแผ่นขั้วไฟฟ้าติดอยู่ด้วย ส่วนผนังด้านที่สี่เป็นผนังด้านที่กว้าง 6.0 เซ็นติเมตร ยาว 40.0 เซ็นติเมตร ที่เจาะช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าไว้ โดยต้องประกอบให้เป็นกล่องสี่เหลี่ยม กว้างและยาวภายในเท่ากับ 5.0 เซ็นติเมตร สูง 40.0 เซ็นติเมตร ที่สำคัญคือ จะต้องจัดให้ถูกกว่าด้านใดเป็นด้านบนและด้านล่าง

เมื่อส่วนของผนังเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงสร้างเสร็จแล้วตัดแผ่นพลาสติกอะครีริกแผ่นใหม่เพื่อใช้เป็นฐานด้านล่างของเครื่อง โดยใช้แผ่นพลาสติกหนา 0.5 เซ็นติเมตร กว้างและยาว 6.0 เซ็นติเมตร เจาะรูตรงกลางให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 เซ็นติเมตร (เพื่อต่อสายพลาสติกจากกล่องเก็บน้ำสับปะรดมายังเครื่องและน้ำสับปะรดก็จะไหลเข้าทางด้านล่างของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องและออกทางด้านบน) นำแผ่นพลาสติกที่ตัดได้นี้ประกอบเข้ากับด้านล่างของเครื่องโดยเชื่อมต่อแผ่นพลาสติกด้วย ไดคลอโรมีเทน

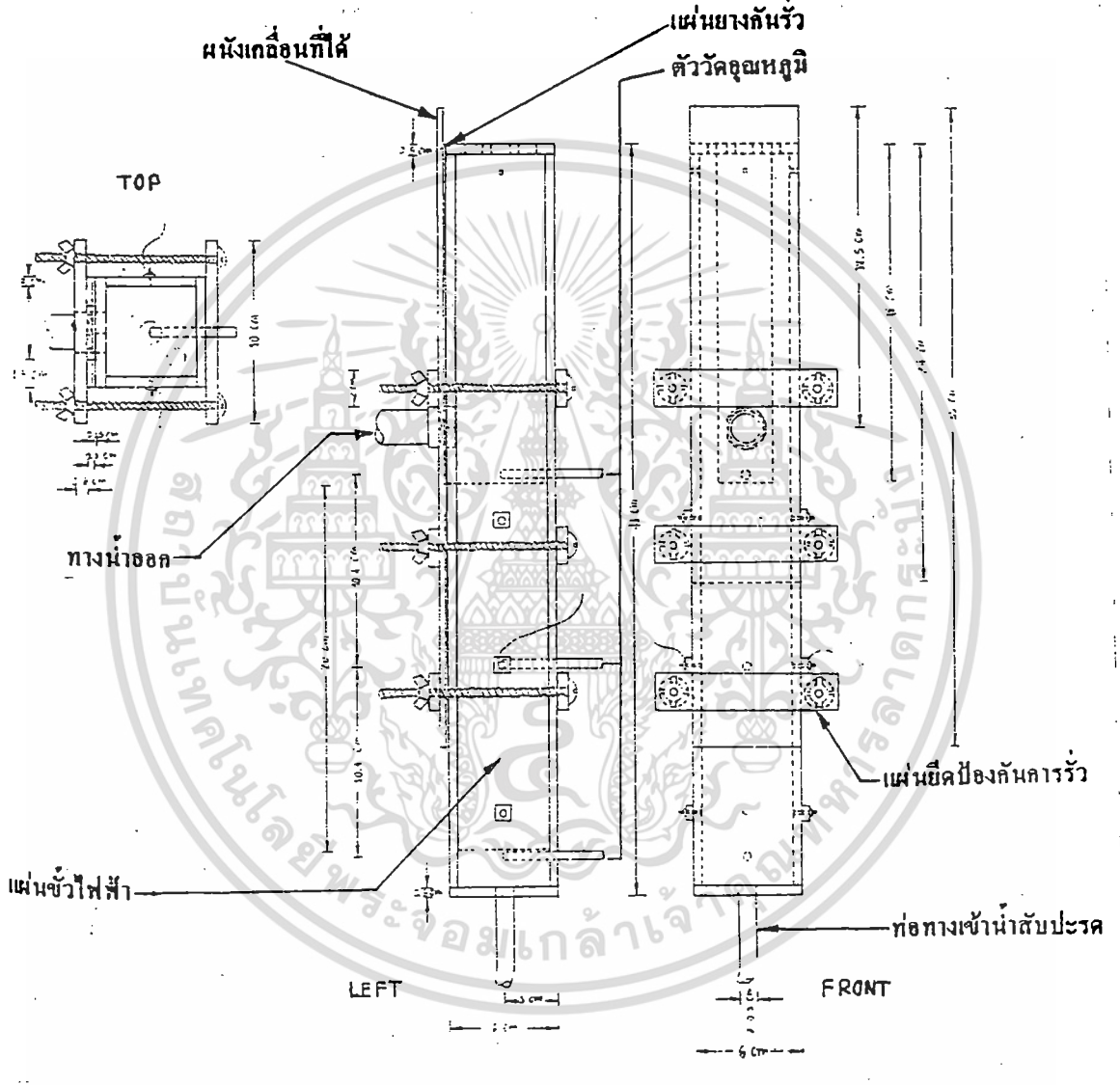
จากนั้นทำฝาปิดส่วนบนของเครื่องให้ความร้อนโดยการ ตัดแผ่นพาสติกแผ่นใหม่หนา 0.5 เซ็นติเมตร กว้างและยาว 6.0 เซ็นติเมตร เจาะรูระบายอากาศ 5 รู ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 เซ็นติเมตร ตรงกลาง 1 รู ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซ็นติเมตร 4 รู โดยรอบที่มุมทั้งสี่ นำไปประกอบเข้าที่ส่วนบนของเครื่องด้วย ไดคลอโรมีเทนเพื่อใช้ป้องกันฝุ่น และใช้เป็นรูระบายอากาศขณะที่น้ำสับปะรดไหลเข้าเครื่องด้วย หลังจากนั้นตัดแผ่นพลาสติกอะครีริกหนา 0.3 เซ็นติเมตร กว้าง 6.0 เซ็นติเมตร ยาว 35.0 เซ็นติเมตร เจาะรูขนาดพอดีกับท่อพีวีซีขนาด 4 ส่วน 16 นิ้ว เพื่อใช้ต่อเป็นท่อน้ำออกจากเครื่อง โดยแผ่นพลาสติกนี้เป็นผนังด้านนอกที่สามารถเลื่อนขึ้นลงได้ เพื่อให้น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่ต้องการแล้วยังอยู่ในตัวเครื่อง และมีอุณหภูมิเท่ากับที่ใช้ในการให้ความร้อนเป็นเวลาที่กำหนดไว้ ผนังด้านนอกที่เลื่อนขึ้นลงได้นี้ จะติดกับผนังของเครื่องด้านที่เจาะสี่เหลี่ยมผืนผ้าไว้และจะสามารถเลื่อนขึ้นลงได้ตามแนวความสูงของเครื่อง เนื่องจากช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาดความกว้างพอดีกับแกนท่อที่ต่อกับผนังด้านนอกจะเป็นตัวบังคับทิศทางให้เลื่อนขึ้นและลงได้เท่านั้น (การเลื่อนเพื่อเปลี่ยนระยะความสูงของท่อนี้จะไม่สามารถเลื่อนขณะใช้งานเครื่องอยู่) ระหว่างผนังด้านนอกและผนังของเครื่องที่เจาะรูสี่เหลี่ยมไว้จะมีแผ่นยางกันรั่วหนา 0.2 เซ็นติเมตร ผนังด้านนอกนี้จะยึดด้วยแผ่นพลาสติกอะครีริกเป็นคู่ๆ 3 คู่เข้ากับตัวเครื่อง หนา 0.6 เซ็นติเมตร ยาว 10.0 เซ็นติเมตร แต่ละแผ่นเจาะรูทั้งสองด้าน เพื่อใช้ร้อยสกรูเป็นคู่ในการยึดให้ผนังด้านนอกติดกับตัวเครื่องและการยึดให้แน่นนี้ยังเป็นการป้องกันการรั่วระหว่างผนังด้านนอกและผนังของเครื่องด้วย

เมื่อทุกส่วนของตัวเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องเสร็จแล้ว ใส่ตัววัดอุณหภูมิชนิด พีที100โอห์ม ทั้งสามอันไปจนถึงกึ่งกลางของเครื่องในผนังด้านที่เจาะไว้สำหรับใส่ตัววัดอุณหภูมิ โดยใช้กาวซิลิโคนอัดเพื่อป้องกันการรั่ว จากนั้นต่อสายพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 เซ็นติเมตร จากกล่องเก็บน้ำสับปะรด ที่ฐานของเครื่องที่เจาะรูไว้ใส่สายพลาสติกเพื่อเป็นทางเข้าของน้ำสับปะรดอยู่แล้ว และอัดด้วยกาวซิลิโคนเพื่อป้องกันการรั่ว จากนั้นหุ้มผนังของเครื่องด้วยโฟมหนา 2.0 เซ็นติเมตร เพื่อลดอัตราการถ่ายเทความร้อนสู่บรรยา กาศ เมื่อเสร็จขั้นตอนนี้แล้วก็จะได้เครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง ที่มีแผ่นขั้วไฟฟ้าขนาดกว้าง 5.0 เซ็นติเมตร ยาว 20.0 เซ็นติเมตร ระยะห่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้า 5.0 เซ็นติเมตร ภายในตัวเครื่องกว้างและยาว 5.0 เซ็นติเมตร สูง 40.0 เซ็นติเมตร

ภาพตัดขวางแสดงขนาดส่วนต่างๆของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องพร้อมภาพถ่ายแสดงในภาพที่ 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 19



แสดงภาพตัดขวางของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การทดสอบการใช้งานของ เครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องซึ่งได้ผลการทดสอบออกเป็นสองตอนตามวิธีการทดลองดังนี้คือ

-ทดสอบการให้ความร้อนสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ โดยควบคุมอัตราการไหล (ควบคุมระดับความสูงระหว่างช่องน้ำเข้า และออกของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง) และความต่างศักย์ไฟฟ้าตามการคำนวณของโปรแกรมที่เขียนขึ้น สำหรับใช้ทำนายค่าต่างๆดังที่กล่าวมาแล้วของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.1 โมล่าร์ โดยเตรียมสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.1 โมล่าร์ และบันทึกค่าอุณหภูมิ และเวลาด้วยโปรแกรม PCLDAS ซึ่งผลที่ได้จะต้องทำการเฉลี่ยโดยโปรแกรมที่เขียนขึ้นสำหรับเฉลี่ยค่าอุณหภูมิ และนำอุณหภูมิ และเวลาที่เฉลี่ยแล้วไปเขียนกราฟแสดงผลการทดสอบการให้ความร้อนสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ เพื่อเป็นการทดสอบว่าโปรแกรมการคำนวณเชิงตัวเลขสามารถคำนวณค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการให้ความร้อนได้ถูกต้อง หรือใกล้เคียงกับความเป็นจริงหรือไม่ เมื่อเทียบดูจากอุณหภูมิในการให้ความร้อนที่คงที่คือต่างกันไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียสในเวลา 1 นาที และเพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการทดสอบจึงใช้ทดสอบให้ความร้อนสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ก่อนการทดสอบให้ความร้อนน้ำสับปะรด เนื่องจากสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เตรียมได้ง่ายกว่า และยังประหยัดต้นทุนในการทดลองด้วย ผลการทดสอบ แสดงในตารางที่ 7 และในภาพกราฟที่ 20 ถึง 22 ซึ่งวิจารณ์ได้ว่า อุณหภูมิของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ที่ใช้ในการทดลองให้ความร้อนที่วัดได้จริงจะมากกว่าอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมทำนายค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณอยู่ในช่วงประมาณ 0 ถึง 3.2 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถบอกได้ว่าสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ได้จะได้รับความร้อนมากกว่าค่าที่กำหนดในการออกแบบเล็กน้อย จึงทำให้กระบวนการให้ความร้อนโดยใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรงเกิดความร้อนมากพอที่จะควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ที่ดีต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7

แสดงเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณจากโปรแกรมที่ใช้ทำนายอุณหภูมิในการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์จากข้อ 2.1.2 เทียบกับการวัดอุณหภูมิจากการทดลองจริง

ครั้งที่	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (Volt)	อัตราการไหล (kg/s)	อุณหภูมิเริ่มต้น (^{o}C)	อุณหภูมิตรงกลาง (^{o}C)	อุณหภูมิสุดท้าย (^{o}C)	อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณ (^{o}C)	% ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณกับอุณหภูมิสุดท้าย
1	25.7	.0019	29.7	41.44	56.12	56.96	1.5
2	22.3	.0014	28.7	41.99	57.92	56.10	3.2
3	20.1	.0015	29.8	38.59	49.22	49.24	0

สรุปได้ว่าการออกแบบกระบวนการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องสำหรับสารละลายเกลือ จะแบ่งเป็นสองตอน คือตอนที่หนึ่งจะต้องกำหนดค่าต่างๆเพื่อให้โปรแกรมคำนวณค่า ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมในการให้ความร้อน กระแสไฟฟ้าโดยรวมที่ใช้ไปในการให้ความร้อน และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ซึ่งค่าต่างๆที่ต้องกำหนดหรือป้อนข้อมูลเข้าโปรแกรมมีดังนี้คือ อุณหภูมิเริ่มต้นของสารละลายเกลือ ปริมาณสารละลายที่ต้องการให้ความร้อน (ใช้ในการคำนวณเวลาที่ให้ความร้อนเท่านั้นจึงประมาณค่าหยาบๆก็ได้ ซึ่งจากการทดลองนี้ใช้ 10 ลิตร) อัตราการไหลของสารละลายเกลือ ความกว้างของส่วนย่อยของแผ่นขั้วไฟฟ้าที่ใช้ (ในโปรแกรมจะมีให้เลือก ถ้าจะให้ค่าความต่างศักย์ที่คำนวณได้ถูกมากๆ ก็ต้องเลือกความกว้างของส่วนย่อยที่แคบมากๆ แต่จะทำให้เวลาในการคำนวณนานขึ้น ซึ่งจากการทดลองนี้ใช้ 0.01 เซ็นติเมตร) ค่าความต่างศักย์เริ่มต้นที่ต้องการให้โปรแกรมเริ่มคำนวณในรอบความต่างศักย์นั้นเลยโดยไม่ต้องให้ไปเริ่มคำนวณตั้งแต่ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 0.0 โวลต์ซึ่งจะเป็นการลดเวลาในการคำนวณ (ผู้ที่ใช้โปรแกรมจนชำนานก็จะรู้ว่าควรเริ่มต้นที่รอบความต่างศักย์เท่าใด แต่สำหรับผู้เริ่มใช้ จะให้เริ่มต้นที่รอบการคำนวณเป็น 0.0 โวลต์ก็ได้เพียงแต่จะใช้เวลาในการคำนวณนานขึ้นเท่านั้น) , ค่าความยาวของแผ่นขั้วไฟฟ้าซึ่งจำเป็นจะต้องเลือกตามที่โปรแกรมกำหนดไว้ให้ (มีให้ตั้งค่าเองได้เพราะสามารถนำโปรแกรมไปใช้ได้กว้างขึ้นสำหรับเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงเครื่องอื่นได้แต่การทดลองนี้ใช้ 20.0 เซ็นติเมตร) และค่าอุณหภูมิที่ต้องการให้ความร้อนแก่สารละลายเกลือ สำหรับตอนที่สองของ

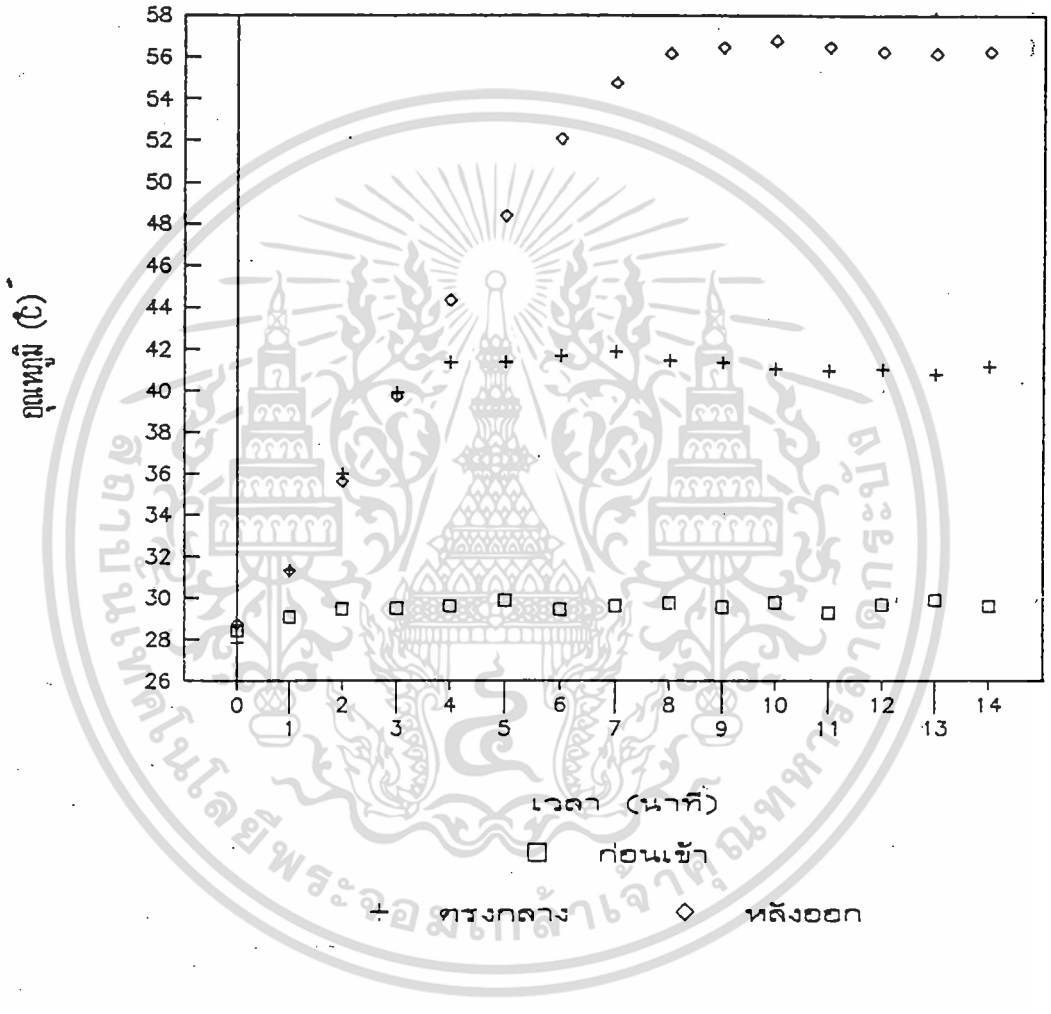
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมจะต้องกำหนดค่าต่างๆเพื่อให้โปรแกรมคำนวณค่า ความสูงระหว่างช่องน้ำล้นของกล่องเก็บสารละลายเกลือกับช่องน้ำออกของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องเพื่อรักษาระดับอัตราการไหลของสารละลายเกลือ และความสูงระหว่างช่องน้ำออกและขอบบนของแผ่นขั้วไฟฟ้าเพื่อรักษาเวลาในการที่สารละลายเกลือจะคงอุณหภูมิที่ให้ความร้อนไว้ โดยค่าที่ต้องกำหนดเพื่อป้อนข้อมูลเข้าโปรแกรมคือ อัตราการไหลของสารละลายเกลือที่ใช้ เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่ต่อจากกล่องเก็บสารละลายเกลือ มายังส่วนล่างของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง (0.005 เมตร) ความกว้างและความยาวภายในของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง (0.05 เมตร ทั้งสองค่า) และเวลาที่ต้องการให้สารละลายเกลือคงไว้ที่อุณหภูมิที่ให้ความร้อน

เมื่อผลการคำนวณด้วยโปรแกรมทั้งสองขั้นตอนสิ้นสุดลงจะต้องนำ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมในการให้ความร้อนไปปรับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าให้ตรงกับที่คำนวณได้ ค่ากระแสไฟฟ้าโดยรวมที่ใช้ไปในการให้ความร้อน จะนำไปพิจารณาว่าเกินปริมาณที่แหล่งกระแสไฟฟ้าจะสามารถจ่ายให้หรือไม่ถ้าเกินก็จะต้องใช้โปรแกรมในการคำนวณค่าต่างๆเหล่านี้ใหม่ทั้งหมด โดยจะสามารถปรับเปลี่ยนค่าที่ให้แก่โปรแกรมได้คืออัตราการไหลของสารละลายเกลือถ้ากระแสไฟฟ้าที่คำนวณได้มีค่ามากเกินไปจากแหล่งจ่ายไฟก็ให้ลดค่าอัตราการไหลของสารละลายเกลือลง ปรับค่าความสูงระหว่างช่องน้ำล้นของกล่องเก็บสารละลายเกลือ กับช่องน้ำออกของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง เพื่อรักษาระดับอัตราการไหลของสารละลายเกลือตามที่โปรแกรมคำนวณได้ และปรับความสูงระหว่างช่องน้ำออกและขอบบนของแผ่นขั้วไฟฟ้าเพื่อรักษาเวลาในการที่สารละลายเกลือจะคงอุณหภูมิที่ให้ความร้อนไว้ ซึ่งถ้าปฏิบัติตามขั้นตอนข้างต้นแล้วจะสามารถให้ความร้อนได้ถูกต้อง แต่จะมีข้อจำกัดการใช้งานคือพลาสติกที่ใช้ทำผนังของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องจะทนอุณหภูมิที่สูงมากไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

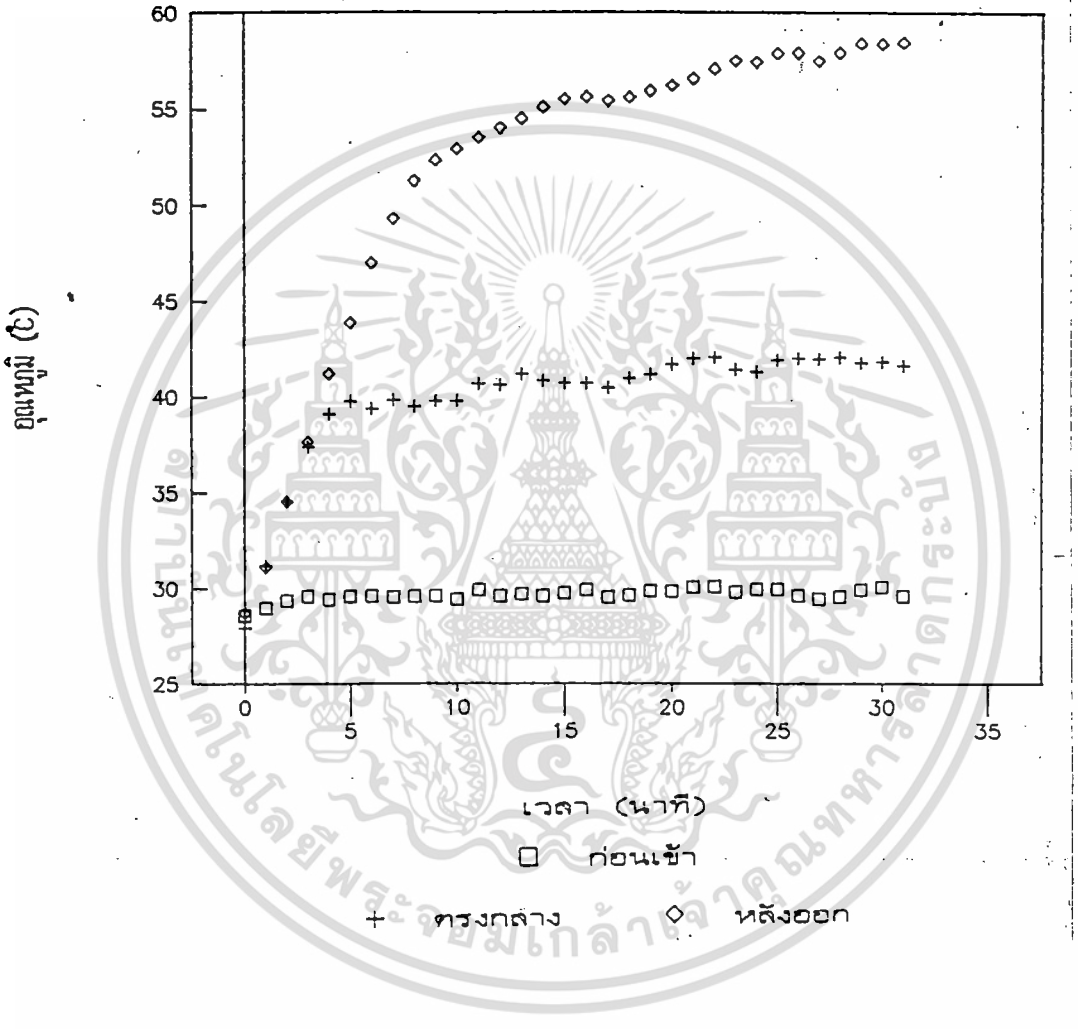
ภาพที่ 20



แสดงผลการทดสอบให้ความร้อนสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.1 โมล่าร์ ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 21

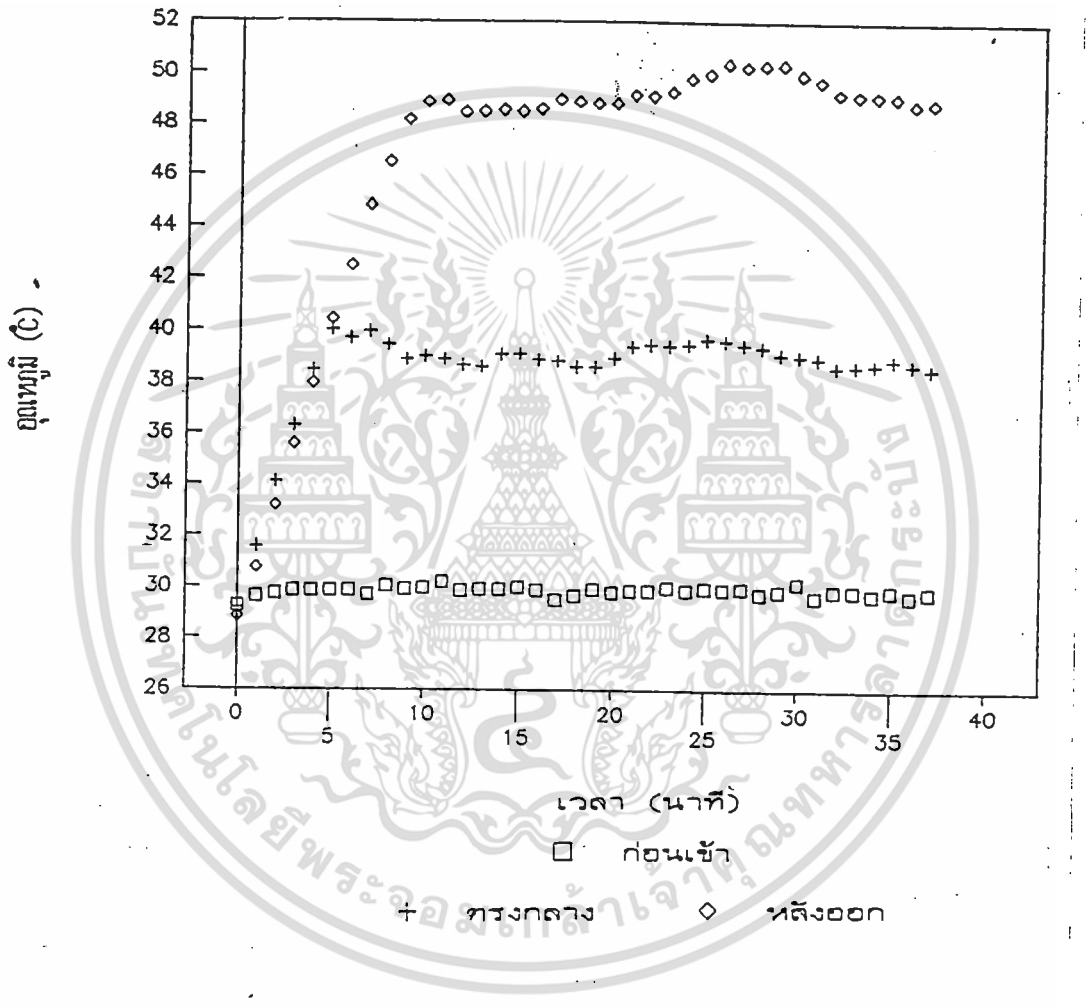


แสดงผลการทดสอบให้ความร้อนสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.1 โมล่าร์ ครั้งที่

2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 22



แสดงผลการทดสอบให้ความร้อนสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.1 โมล่าร์ ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ทดสอบการให้ความร้อนน้ำสับปะรด เตรียมน้ำสับปะรดปริมาตร 10 ลิตรโดยคั้นด้วยมือและกรองกากที่เป็นชิ้นใหญ่ออกด้วยผ้ากรอง 4 ชั้น กรองเพียง 1 ครั้ง นำไปให้ความร้อนโดยควบคุมอัตราการไหล (ควบคุมระดับความสูงระหว่างช่องน้ำเข้า และออกของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง) และความต่างศักย์ไฟฟ้าตามการคำนวณของโปร แกรมสำหรับการทำนายค่าความต่างศักย์ของน้ำสับปะรด บันทึกค่าอุณหภูมิ และเวลาด้วยโปร แกรม PCLDAS ซึ่งผลที่ได้จากการบันทึกคืออุณหภูมิ จะต้องทำการเฉลี่ยโดยโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อใช้ในการเฉลี่ยค่าอุณหภูมิ และนำอุณหภูมิและเวลาที่ทำการเฉลี่ยแล้วไปเขียนกราฟแสดงผล เช่นเดียวเดียวกันกับการให้ความร้อนสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ และน้ำสับปะ รดที่ผ่านการให้ความร้อนแล้ว จะนำไปทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพในขั้นตอนต่อไป ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 8 และในภาพกราฟที่ 23 ถึง 27 จากการทดสอบการให้ความร้อนน้ำสับปะรดทำให้ทราบได้ว่าอุณหภูมิของน้ำสับปะรดที่ใช้ในการทดลองให้ความร้อนที่วัดได้จริงจะมากกว่าอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณอยู่ในช่วงประมาณ 0.7 ถึง 3.7 เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิที่ผิดไปจากการคำนวณที่เกิดขึ้นจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และอุณหภูมิที่คลาดเคลื่อนไปจากการคำนวณ จะมีค่ามากกว่าเสมอในแต่ละปริมาณของของแข็งที่ละลายได้ จึงสามารถบอกได้ว่าน้ำสับปะรดที่ได้ผ่านให้ความร้อน จะได้รับความร้อนเพียงพอต่อการทำลายจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่กำหนดไว้ในการออกแบบกระบวนการ จึงทำให้กระบวนการให้ความร้อนโดยใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรงปลอดภัยในการนำไปใช้ ในการควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในอาหารเหลวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8

แสดงเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณจากโปรแกรมที่ใช้ทำนายอุณหภูมิในการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงของน้ำสับปะรดจากข้อ 2.1.1 เทียบกับการวัดอุณหภูมิจากการทดลองจริง

ความเข้มข้น (°Brix)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (Volt)	อัตราการไหล (kg/s)	อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิตรงกลาง (°C)	อุณหภูมิสุดท้าย (°C)	อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณ (°C)	% ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณกับอุณหภูมิสุดท้าย
9.9	74.5	.0017	31.0	56.73	94.44	93.75	0.7
10.6	70.0	.0015	32.6	58.50	97.62	95.67	2.0
10.6	66.5	.0014	32.0	57.17	91.90	90.63	1.4
12.0	67.5	.0017	31.3	54.36	85.74	84.02	2.0
12.0	66.5	.0018	30.6	51.30	79.16	76.33	3.7

สรุปได้ว่าการออกแบบกระบวนการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องสำหรับน้ำสับปะรด จะแบ่งเป็นสองตอนคือตอนแรกจะต้องกำหนดค่าต่างๆ เพื่อให้โปรแกรมคำนวณค่า ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมในการให้ความร้อน กระแสไฟฟ้าโดยรวมที่ใช้ไปในการให้ความร้อน และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ซึ่งค่าต่างๆที่ต้องกำหนดเพื่อป้อนเข้าโปรแกรมมีดังนี้คือ อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำสับปะรด ความเข้มข้นของน้ำสับปะรด ปริมาณน้ำสับปะรดที่ต้องการให้ความร้อน (ใช้ในการคำนวณเวลาที่ให้ความร้อนเท่านั้นจึงประมาณค่าหยาบๆก็ได้ซึ่งจากการทดลองใช้ 10 ลิตร) อัตราการไหลของน้ำสับปะรด ความกว้างของส่วนย่อยของแผ่นขั้วไฟฟ้าที่ใช้ (ในโปรแกรมจะมีให้เลือกถ้าจะให้ค่าความต่างศักย์ที่คำนวณได้ถูกมากๆ ก็ต้องเลือกความกว้างของส่วนย่อยที่แคบมากๆ แต่จะทำให้เวลาในการคำนวณนานขึ้นซึ่งจากการทด ลองใช้ 0.01 เซ็นติเมตร) ค่าความต่างศักย์เริ่มต้นที่ต้องการให้โปรแกรมเริ่มคำนวณในรอบความต่างศักย์นั้นเลยโดยไม่ต้องให้ไปเริ่มคำนวณตั้งแต่ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 0.0 โวลต์ซึ่งจะเป็นการลดเวลาในการคำนวณ ค่าความยาวของแผ่นขั้วไฟฟ้าซึ่งจำเป็นจะต้องเลือกตามที่โปร แกรมกำหนดไว้ให้ (มีให้ตั้งค่าเองได้เพราะสามารถนำโปรแกรมไปใช้ได้กว้างขึ้นสำหรับเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงเครื่องอื่นได้แต่เครื่องนี้ใช้ 20.0 เซ็นติเมตร) และค่าอุณหภูมิที่ต้องการให้ความร้อนแก่น้ำสับปะรด สำหรับตอนที่

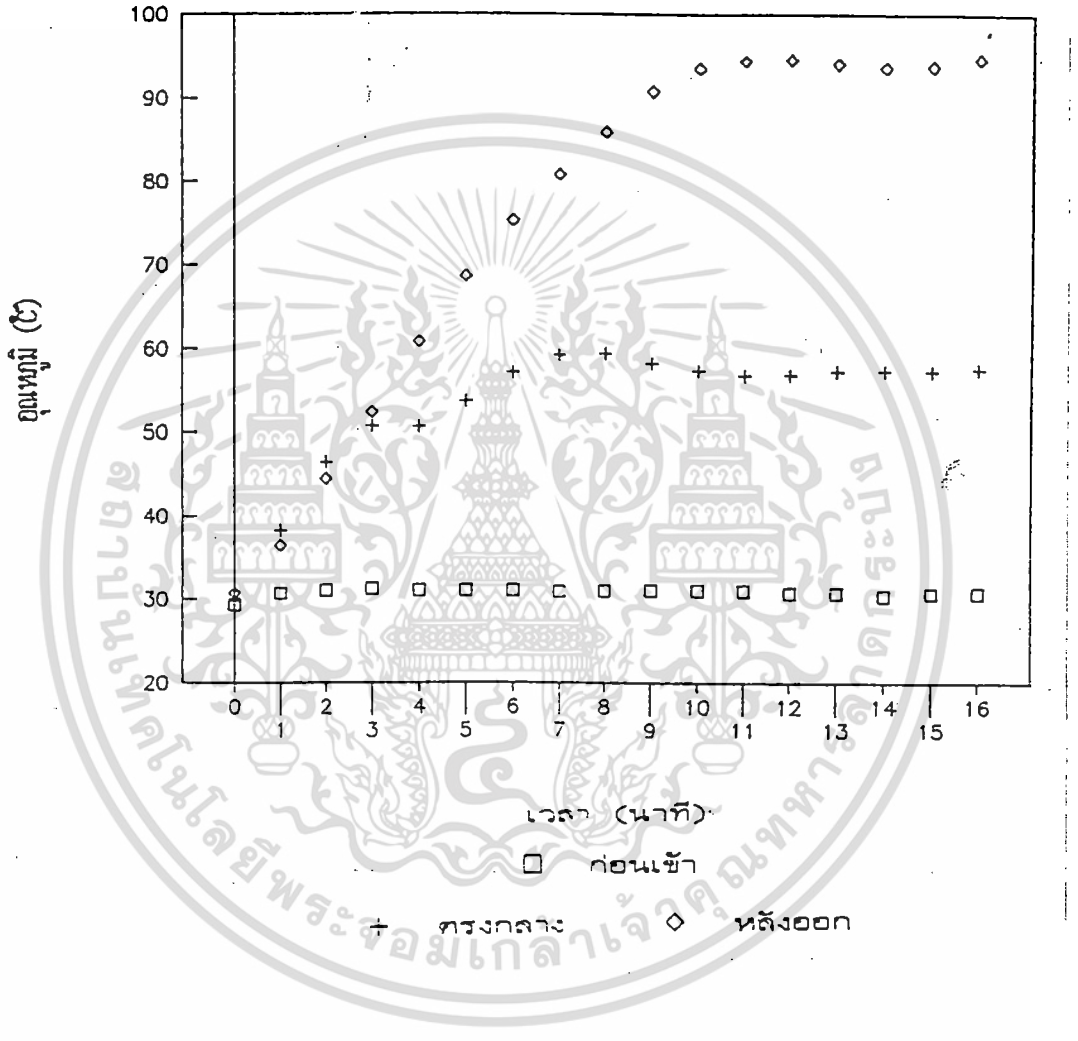
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สองของโปรแกรมจะต้องกำหนด ค่าต่างๆเพื่อให้โปรแกรมคำนวณค่า ความสูงระหว่างช่องน้ำล้นของกล่องเก็บน้ำสับปะรดกับช่องน้ำออกของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง เพื่อรักษาระดับอัตราการไหลของน้ำสับปะรด และความสูงระหว่างช่องน้ำออก และขอบบนของแผ่นขั้วไฟฟ้าเพื่อรักษาเวลาในการที่น้ำสับปะรดจะคงอุณหภูมิที่ให้ความร้อนไว้ โดยค่าที่ต้องกำหนดเพื่อป้อนเข้าโปร แกรมคือ อัตราการไหลของน้ำสับปะรดที่ใช้ เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่ต่อจากกล่องเก็บน้ำสับปะรดมายังส่วนล่างของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง (0.005 เมตร) ความกว้างและความยาวภายในของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง (0.05 เมตร ทั้งสองค่า) และเวลาที่ต้องการให้น้ำสับปะรดคงไว้ที่อุณหภูมิที่ให้ความร้อน

เมื่อผลการคำนวณด้วยโปรแกรมทั้งสองขั้นตอนสิ้นสุดลงจะต้องนำ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมในการให้ความร้อนไปปรับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าให้ตรงกับที่คำนวณได้ ค่ากระแสไฟฟ้าโดยรวมที่ใช้ไปในการให้ความร้อน จะนำไปพิจารณาว่าเกินปริมาณที่แหล่งกระแสไฟฟ้าจะสามารถจ่ายให้ หรือไม่ถ้าเกินก็จะต้องใช้โปรแกรมในการคำนวณค่าต่างๆเหล่านี้ใหม่ทั้งหมด โดยจะสามารถปรับเปลี่ยนค่าที่ให้แก่โปรแกรมได้คือ อัตราการไหลของน้ำสับปะรดถ้ากระแสไฟฟ้าที่คำนวณได้มีค่ามากเกินไปจากแหล่งจ่ายไฟ ก็ให้ลดค่าอัตราการไหลของน้ำสับปะรดลง ปรับค่าความสูงระหว่างช่องน้ำล้นของกล่องเก็บน้ำสับปะรดกับช่องน้ำออกของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่อง เพื่อรักษาระดับอัตราการไหลของน้ำสับปะรดตามที่โปรแกรมคำนวณได้ และปรับความสูงระหว่างช่องน้ำออก และขอบบนของแผ่นขั้วไฟฟ้าเพื่อรักษาเวลาในการที่น้ำสับปะรดจะคงอุณหภูมิที่ให้ความร้อนไว้ ซึ่งถ้าปฏิบัติตามขั้นตอนข้างต้นแล้วจะสามารถให้ความร้อนได้ถูกต้อง แต่จะมีข้อจำกัดการใช้งานคือพลาสติกที่ใช้ทำผนังของเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องจะทนอุณหภูมิที่สูงมากไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

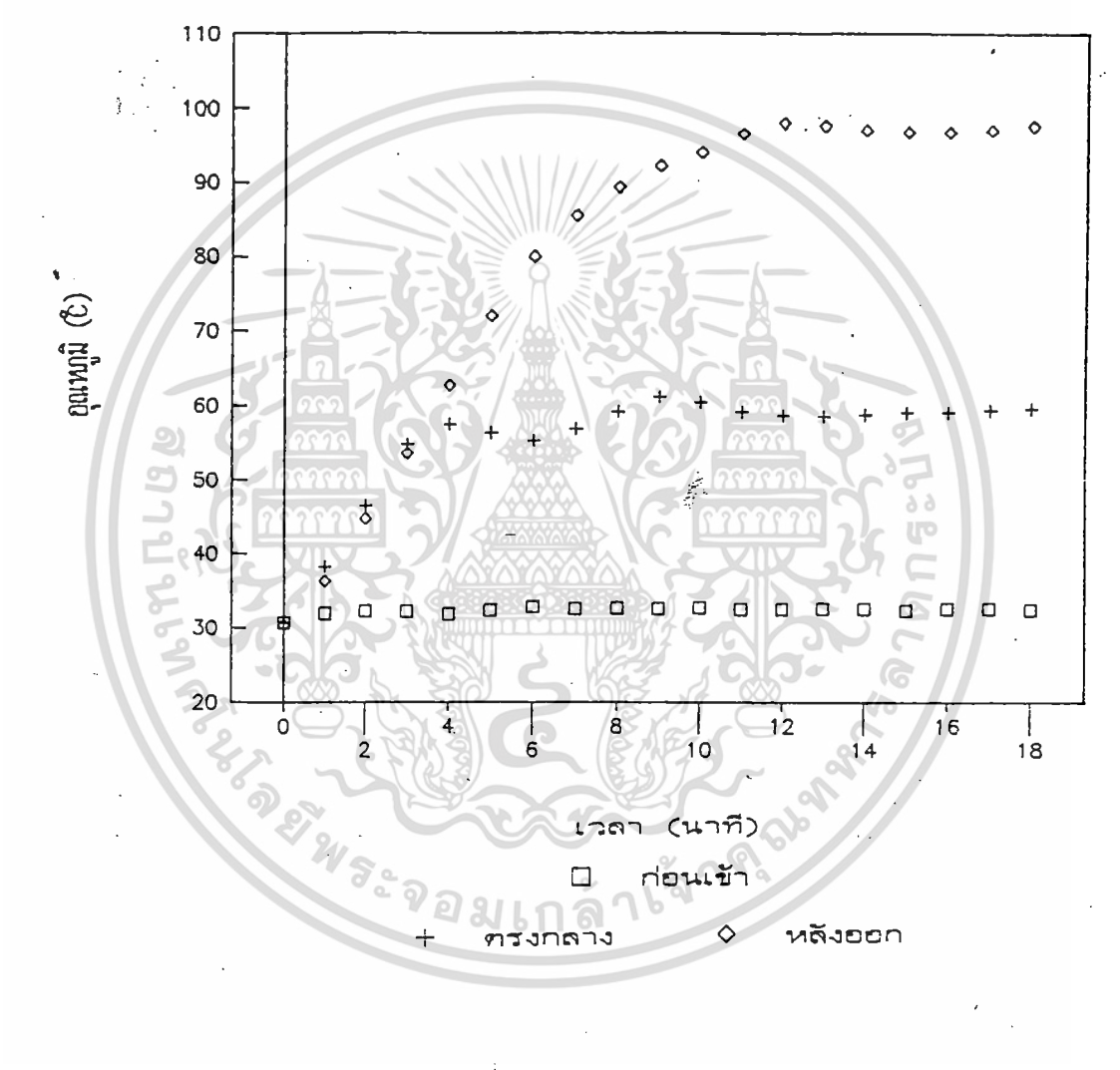
ภาพที่ 23



แสดงผลการให้ความร้อนน้ำสับปะรดครั้งที่ 1 เข้มข้น 9.9 บริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

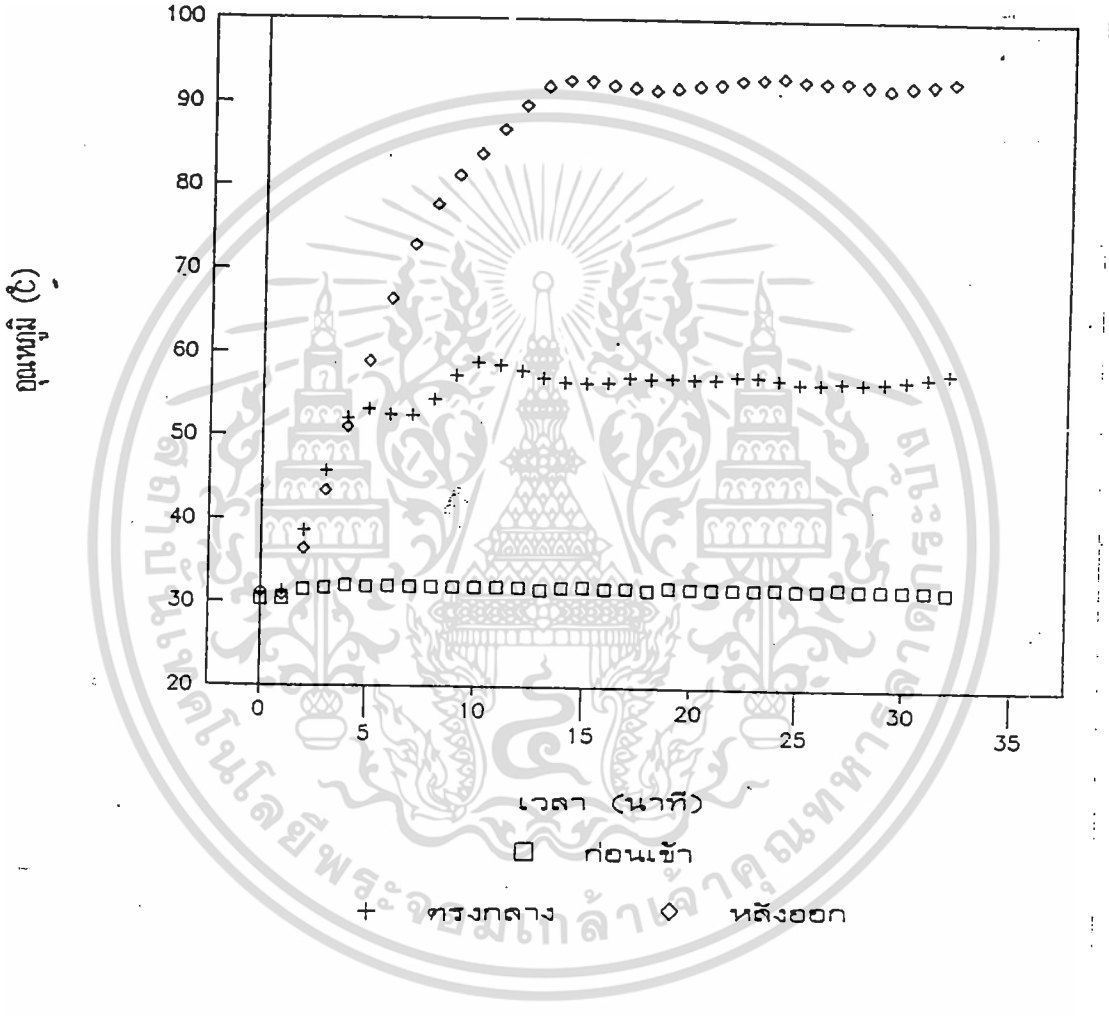
ภาพที่ 24



แสดงผลการให้ความร้อนน้ำสับปะรดครั้งที่ 2 เข้มข้น 10.6 บริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

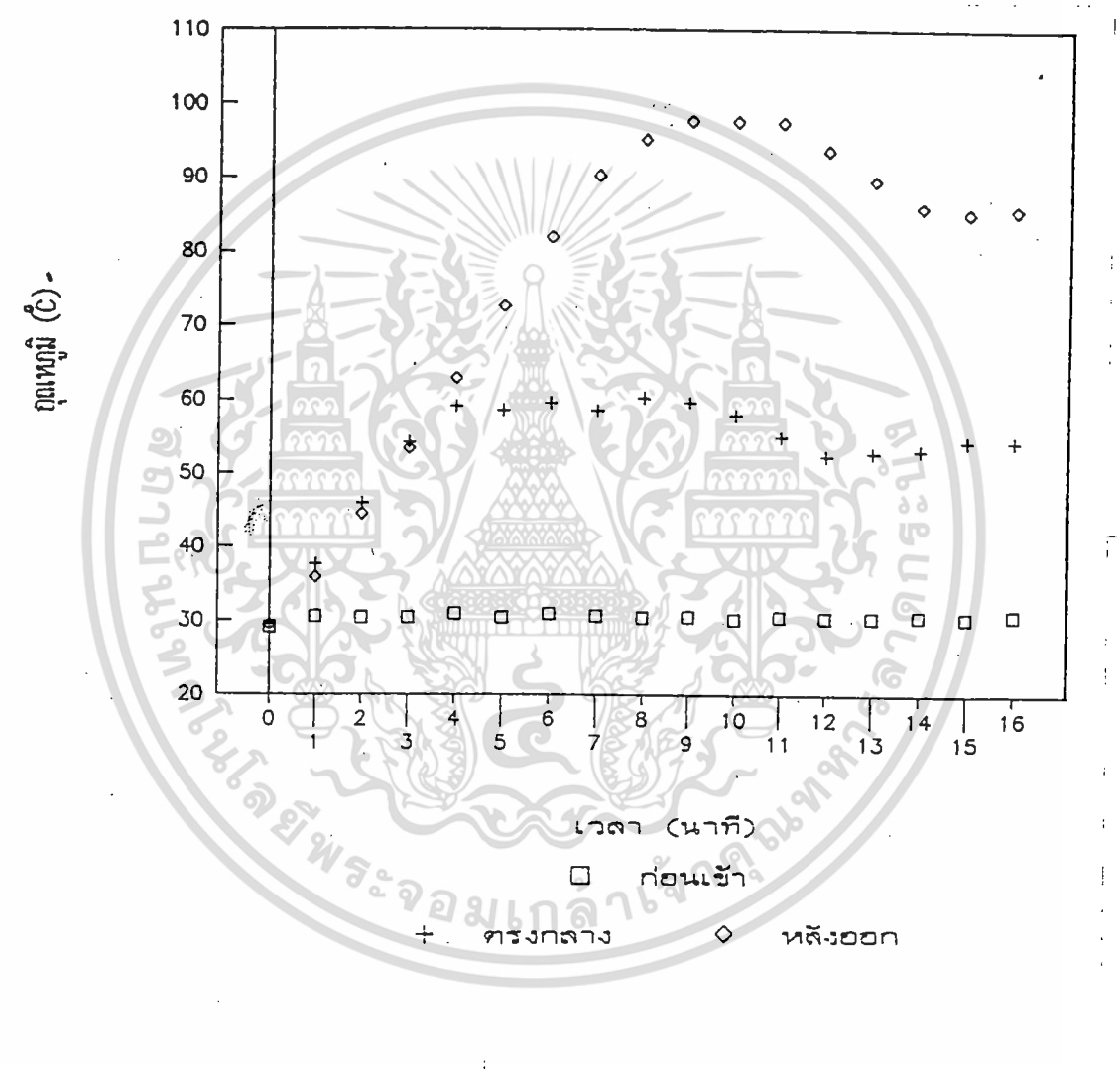
ภาพที่ 25



แสดงผลกำรให้ความร้อนน้ำสับปะรดครั้งที่ 3 เข้มข้น 10.6 บริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

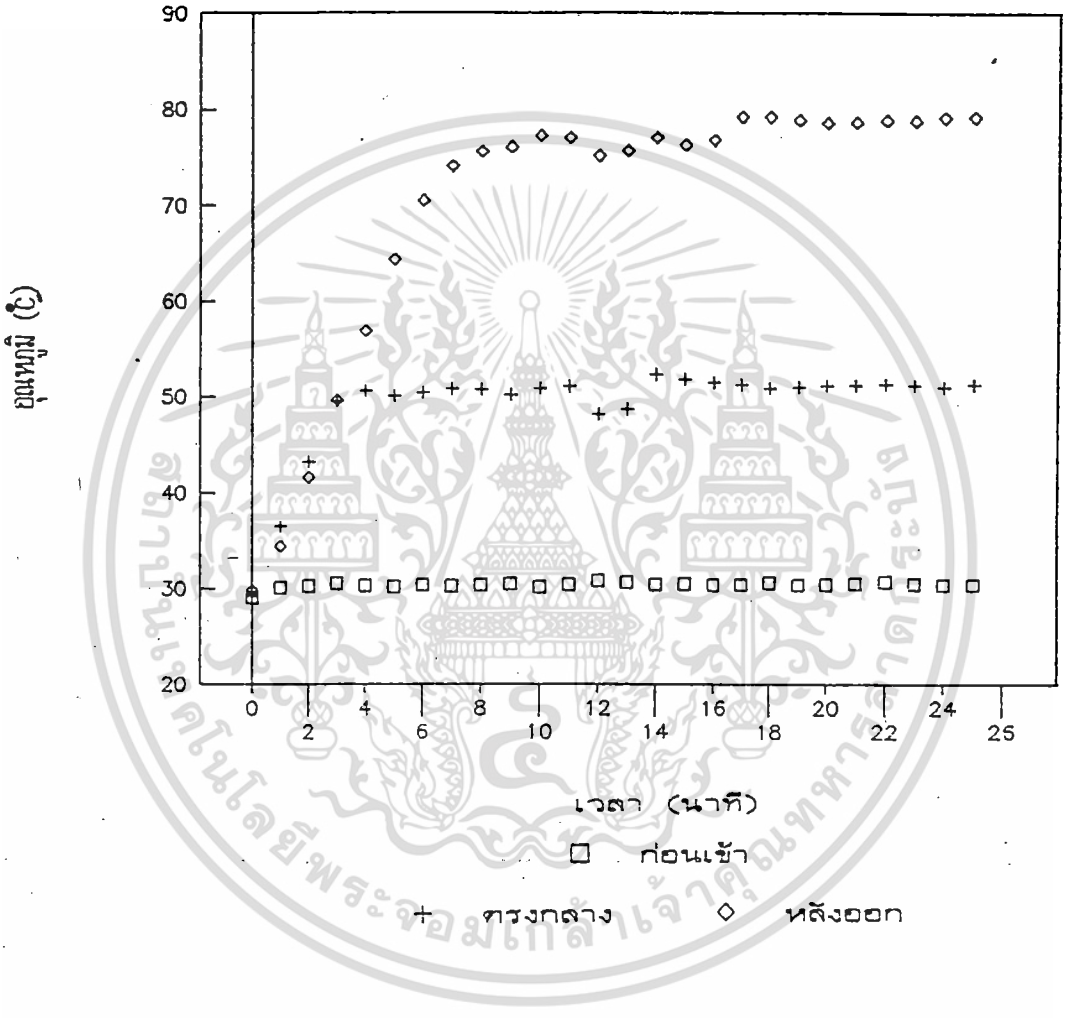
ภาพที่ 26



แสดงผลการให้ความร้อนน้ำสับปะรดครั้งที่ 4 เข้มข้น 12 บริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 27



แสดงผลการให้ความร้อนน้ำสับปะรดครั้งที่ 5 เข้มข้น 12 บริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด

เมื่อนำน้ำสับปะรดที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนด้วยวิธีการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง มาเปรียบเทียบคุณภาพกับ น้ำสับปะรดที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนด้วยวิธีธรรมดา โดยวัดค่า พีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) และ ความหนืด ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 9 ถึง 13 เพื่อต้องการทราบถึงปริมาณการสูญเสียน้ำไปในกระบวนการให้ความร้อนวิธีนั้นๆเมื่อเทียบกับน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน จากการเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนทั้งแบบธรรมดา และแบบการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง ทั้ง 5 ครั้ง พบว่า การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพคือ พีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และความหนืด แสดงให้เห็นว่าน้ำสับปะรดที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนทั้งแบบธรรมดา และแบบการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง ทั้ง 5 ครั้ง จะมีการสญเสียน้ำ แต่กระบวนการให้ความร้อนแบบปรกติจะมีการสูญเสียปริมาณน้ำมากกว่าเนื่องจากมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เปลี่ยนไปมากกว่า (เพิ่มขึ้นมากกว่า) กระบวนการให้ความร้อนโดยใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรง สำหรับพีเอชของน้ำสับปะรดจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากทั้งสองวิธี และส่วนมากจะมีแนวโน้มลดลงทั้งสองวิธี และสำหรับความหนืดก็เกือบไม่มีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าการให้ความร้อนด้วยวิธีทั้งสองนี้ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

สำหรับจำนวนจุลินทรีย์ที่รอดตาย หลังจากผ่านกระบวนการให้ความร้อนแสดงในตารางที่ 14 เพื่อดูว่าวิธีการให้ความร้อนวิธีใดมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่ากันเมื่อทำการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ และเวลาเดียวกัน และเทียบกับน้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน จำนวนจุลินทรีย์ที่รอดตายจากการให้ความร้อนด้วยความร้อนทั้งวิธีธรรมดา และใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรงให้ผลใกล้เคียงกันคือ สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำสับปะรดได้ใกล้เคียงกัน โดยจะลดได้ตั้งแต่ 100-10,000 เท่าโดยประมาณซึ่งจะขึ้นกับช่วงอายุ และปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น จึงกล่าวได้ว่าไม่ว่าแหล่งพลังงานความร้อนจะมาจากที่ใด ถ้าสามารถทำให้อุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อได้ตามที่ต้องการก็สามารถที่จะใช้ในการให้ความร้อนได้เท่าเทียมกัน

สำหรับการยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลในน้ำสับปะรด ผลแสดงดังในภาพที่ 27 เพื่อต้องการทราบว่าวิธีการใดจะสามารถใช้ในการยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ได้บ้าง และความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ในน้ำสับปะรดสรุปผลได้ดังนี้คือ กระบวนการให้ความร้อนด้วยวิธีธรรมดา และกระบวนการให้ความร้อนโดยใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรง จะสามารถยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ได้ทั้ง 2 วิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับผลจากการทดสอบ สี กลิ่น รสชาติ ความชอบรวม ของน้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนทั้ง 2 วิธี โดยใช้ผู้ชิมทั้งหมด 12 คน ผลแสดงดังในตารางที่ 15 ผู้ชิมให้ความเห็นว่าการให้ความร้อนโดยการใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรง ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง กลิ่น รสชาติ สี ของน้ำสับปะรด เพราะว่าผู้ทดสอบชิมไม่สามารถแยกความแตกต่างทั้ง สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมของน้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง และน้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีธรรมดาได้

ตารางที่ 9

แสดงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำสับปะรดที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนครั้งที่ 1

คุณสมบัติของน้ำสับปะรด	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกส์)	ความหนืด (เซ็นติพ้อยต์)	พีเอช
น้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน	9.9	3.5	4.09
น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีธรรมดา	10.4	3.55	4.08
น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรง	10.1	3.5	4.08

ตารางที่ 10

แสดงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำสับปะรดที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนครั้งที่ 2

คุณสมบัติของน้ำสับปะรด	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกส์)	ความหนืด (เซ็นติพ้อยต์)	พีเอช
น้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน	10.6	4.0	4.05
น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีธรรมดา	10.8	4.25	4.06
น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรง	10.6	4.0	4.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11

แสดงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำสับปะรดที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนครั้งที่ 3

คุณสมบัติของน้ำสับปะรด	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกส์)	ความหนืด (เซ็นติพ้อยต์)	พีเอช
น้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน	10.6	4.1	3.9
น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีธรรมดา	10.8	4.25	3.89
น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรง	10.7	4.15	3.88

ตารางที่ 12

แสดงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำสับปะรดที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนครั้งที่ 4

คุณสมบัติของน้ำสับปะรด	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกส์)	ความหนืด (เซ็นติพ้อยต์)	พีเอช
น้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน	12.0	4.5	3.94
น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีธรรมดา	12.3	4.6	3.92
น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรง	12.0	4.51	3.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13

แสดงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำสับปะรดที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนครั้งที่ 5

คุณสมบัติของน้ำสับปะรด	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกส์)	ความหนืด (เซ็นติพ้อยต์)	พีเอช
น้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน	12.0	4.49	3.94
น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีธรรมดา	12.0	4.51	3.94
น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรง	12.0	4.50	3.94

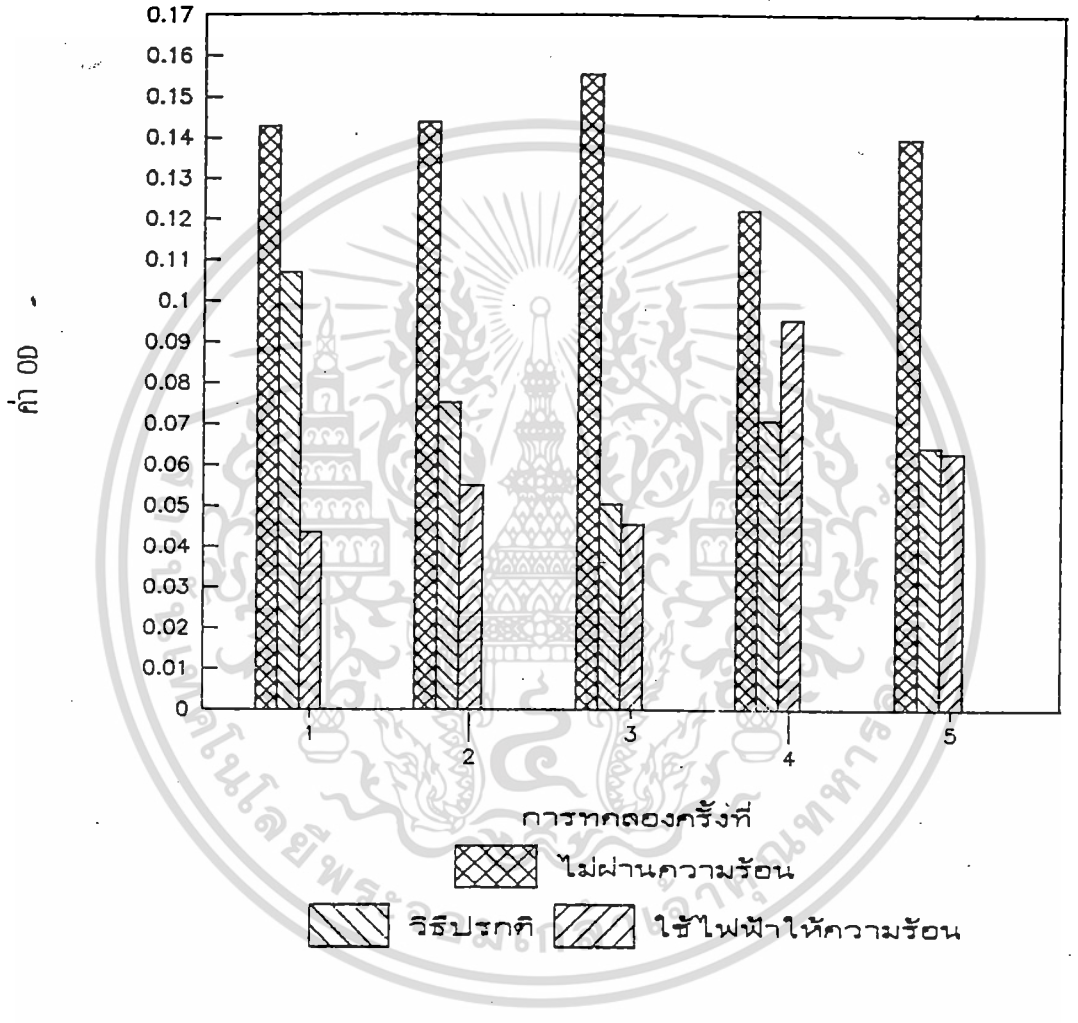
ตารางที่ 14

แสดงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่รอดตาย (โคโลนี/มิลลิลิตร)

การทดสอบให้ความร้อนน้ำสับปะรดครั้งที่	น้ำสับปะรดที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน	น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีธรรมดา	น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรง
1	$1.8x10^{5}$	$5.0x10^{1}$	$8.0x10^{1}$
2	$1.7x10^{5}$	$1.0x10^{1}$	$4.0x10^{1}$
3	$2.5x10^{5}$	$1.5x10^{2}$	$2.0x10^{2}$
4	$2.0x10^{7}$	$6.1x10^{2}$	$6.2x10^{2}$
5	$2.2x10^{7}$	$5.1x10^{2}$	$4.9x10^{2}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 28



แสดงการยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ในน้ำสับปะรดสำหรับกระบวนการให้ความร้อนน้ำสับปะรดทั้ง 2 วิธีจำนวน 5 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15

แสดงผลการทดสอบทางสถิติของ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ของน้ำสับปะรดที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนทั้งวิธีการแบบธรรมดา และวิธีการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง

ลักษณะที่ตรวจสอบ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
การให้ความร้อนโดยใช้ไฟฟ้า	6.96[a]	6.45[a]	6.53[a]	6.58[a]
การให้ความร้อนด้วยวิธีธรรมดา	7.06[a]	6.61[a]	6.45[a]	6.61[a]

คะแนนที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน ถ้ามีอักษรต่างกันจะมีความแตกต่างเป็นนัยสำคัญ ($P<0.05$)

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1.เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้นประกอบด้วย แผ่นขั้วไฟฟ้าจำนวน 2 แผ่น กว้าง ยาว เท่ากับ 4.7 เซ็นติเมตร วางอยู่ห่างกัน 6 เซ็นติเมตร โดยมีสมการปรับค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ

$$\varnothing_r = -0.0342 + 0.8643\varnothing_m \qquad (R^2 = 0.998)$$

และเครื่องวัดนี้ใช้ได้กับอาหารเหลว อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว ที่มีของแข็งที่ไม่ละลายขนาดไม่ใหญ่เกินกว่า 0.8 เซ็นติเมตร

2.ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสับปะรด ในรูปฟังก์ชั่นของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (S_T) และอุณหภูมิ (T) สามารถเขียนอยู่ในรูปของสมการ

$$\varnothing = -0.001337 + 0.004225S_T + 0.002811T + 2.469849 \times 10^{-4} S_T T$$
$$(R^2 = 0.989)$$

3.โปรแกรมการคำนวณเชิงตัวเลข ที่สร้างจากความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการนำไฟฟ้าและอุณหภูมิ สามารถคำนวณค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ระยะความแตกต่างระหว่างช่องน้ำล้น และช่องน้ำออกของน้ำสับปะรด เพื่อให้ได้อัตราการไหลที่ต้องการ ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ จะนำไปใช้ในการออกแบบประมาณ สัดส่วนของแผ่นขั้วไฟฟ้า ในเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องของน้ำสับปะรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.เครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องที่สร้างขึ้น ประกอบด้วย แผ่นขั้วไฟฟ้า จำนวน 2 แผ่น กว้าง 5 เซ็นติเมตร ยาว 20 เซ็นติเมตร ระยะห่าระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้าเท่ากับ 5 เซ็นติเมตร นอกจากจะใช้กับน้ำสับปะรดเครื่องมือนี้ยังสามารถใช้ได้กับ อาหารเหลว
ชนิดอื่นที่มีความหนืดต่ำ

5.น้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยเครื่องให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องจะมีอุณหภูมิสูงกว่า อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมการคำนวณเชิงตัวเลข ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปริมาณความร้อนที่พอเพียงกับระดับที่ต้องการ

6.ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ความหนืด และ พีเอช ของน้ำสับปะรด ที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรงแบบต่อเนื่องมีค่าใกล้เคียงกับ ของน้ำสับปะรดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีใช้น้ำร้อนเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อน คุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลในน้ำสับปะรด และความสามารถในการทำลายจุลินทรีย์ โดยวิธีการให้ความร้อนจากทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน

7.ผลของการชิมเปรียบเทียบระหว่างน้ำสับปะรด ที่ผ่านการให้ความร้อนโดยใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรง และการให้ความร้อนด้วยวิธีธรรมดา จากผู้ชิมทั้งหมด 12 คน พบว่า คะแนนการชิมในด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างอย่างเป็นนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จินตนา อังสุวรังษี และ สายสนม ประดิษฐ์ดวง "การคืนตัวของผลิตภัณฑ์แช่เย็งโดยใช้กระแสไฟฟ้า" วารสารวิทยาศาสตร์การอาหาร . ปีที่ 16 , ฉบับที่ 3 , (กันยายน 2528) : 36- 42 .

APV . "Ohmic Heating Update. "Food Engineering. (September 1993) : 39-42 .

CRC . Handbook of Chemistry and Physics . The Chemical Rubber Company , Ohio , USA , Edition 1979-1980 : D-227-262 .

De Alwis and P.J. Fryer ."The Use of Direct Resistance Heating in the Food Industry." Journal of Food Engineering , Vol. 11 (1990) : 3-27 .

Difco Manual . "Dehydrated Culture Media and Reagents for Microbiology . " Difco Laboratories , Detroit Michigan, USA : 630 .

Fatterman , J.C . "The Electrical Conductivity Method of Processing Milk." Agricultural Engineering , Vol. 9 (1928) : 107-108 .

Getchell , B.E . "Electrical Pasteurization of Milk ." Agricultural Engineering , Vol. 16 , no. 10 (1935) : 408-410 .

Gupta , V . Experimental Determination of Electrical Conductivity of Selected Fruit Juice Thesis No.AE-92-10 . Bangkok. Asian Institute of Technology Bangkok Thailand . 1992 .

Halden , K. , De Alwis , A.A.P. and P.J. Fryer ."Changes in the Electrical Conductivity of Foods During Ohmic Heating." International Journal of Food Science and Techno logy , Vol. 25 (1990) : 9-25 .

Hung N.L. and V.K, Jindal . Pasteurization of Fruit Juices Using a Continuous Flow Ohmic Heating Unit . Thesis No.AE-93-13 . Bangkok : Asian Institute of Technology Bangkok Thailand . 1992 .

Mitchell , F.R.G and A.A.P DE Alwis . "Electrical Conductivity Meter for Food Samples." J. Phys. E: Sci. Instrum , Vol. 22 (1989) : 554-556 .

Mizrahi , S. , I. J. Kopelman and J. Perlman . "Blanching By Electroconductive Heating." Journal Food Technol , Vol. 10 (1975) : 281-288 .

Moses , D.B . "Electrical Pasteurization of Milk." Agricuitural Engineering , (December 1938) : 525-526 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Naveh , D. , I. J. Kopelman and S. Mizrahi . "Electroconductivity Thawing by Liquid Contact ." Journal Food Technology , Vol. 18 (1983) : 171-176 .

Ockerman , H.W and J , Szczawinski . " Combined Effects of Electrical Stimulation and Methods of Meat Preservation upon The Survival of Bacteria . "Journal of Food Processing and Preservation , Vol. 8 (1984) : 47-56 .

Palaniappan , Sevugan and S.K, Sastry . " Electrical Conductivity of Selected Juices Influences of Temperature , Solid Content , Applied Voltage , and Particle Size." Journal of Food Process Engineering . Vol.14 (1991a)

Palaniappan , Sevugan and S.K, Sastry . " Electrical Conductivity of Selected Solid Foods During Ohmic Heating." Journal of Food Process Engineering , Vol.14 (1991b)

Palaniappan , Sevugan , S.K, Sastry and E.R, Richter . " Effects of Electroconductive Heat Treatment and Electrical Pretreatment on Thermal Death Kinetics of Selected Microorganisms." Biotechnology and Bioengineering , Vol.39 (1991) : 225- 232 .

Palaniappan , Sevugan , S.K , Sastry and E.R , Richter . " Effects of Electricity on Microorganisms : a Review . " Journal of Food Process Engineering . Vol.14 (1990) : 393-414 .

Parrott , D.K ."Use of Ohmic Heating for Aseptic Processing of Food Particulates." Food Technology, (December 1992) : 68-72 .

Qihua Tao . Design and Development of an Experimental Ohmic Heating Unit for Liquid Foods . Thesis No.AE-92-13 .Bangkok: Asian Institute of Technology Bangkok Thailand . 1992 .

Rao , C.V.N. and E.H., Cornwell . "Thawing Frozen Prawns Electrically." Indian Food Pecker , no.26 (1974) : 11- 12 .

Sastry , S.K and Sevugan , Palaniappan."Influence of Particle Orientation on The Effective Electrical Resistance and Ohmic Heating Rate of a Liquid-Particle Mixture. "Journal of Food Process Engineer , Vol. 15 (1992b) : 213-227 .

Sastry , S.K and Sevugan , Palaniappan."Mathematical Modeling and Experimental Studies on Ohmic Heating of Liquid-Particle Mixtures in a Static Heater."Journal of Food Process Engineer , Vol 15 (1992a) : 241-261 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sastry , S.K ."A Model for Heating of Liquid-Particle Mixtures in a Continuous Flow Ohmic Heater ."Journal of Food Process Engineer , Vol 15 (1992) : 263-278 .

Skudder , Paul J . "Ohmic Heating in Food Processing." Asian Food Journal , Vol.4 , No. 4 (1989)

Zhang , Li and P.J Fryer . "A Comparison of Alternative Formulations for The Prediction of Electrical Heating Rates of Solid-Liquid Food Materials." J. of Food Process Engineering , Vol. 18 (1995) : 85-97 .

Zhang , Qinghua , Bai-Lin Qin , Gustavo V. Barbosa-Canovas and Barry G. Swanson "Inactivation of E. Coli for Food Pasteurization by High-Strength Pulsed Electric Fields." J. of Food Processing and Preservation , Vol. 19 (1995) : 103-118 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้