

รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัย
โดยใช้เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีงบประมาณ 2549

เรื่อง

เครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้น
แบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ
Concentrated Coconut Milk Machine by
Evaporative Vacuum System

RCH
TJ
1330
พ 549ด

โดย

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 84555
วัน,เดือน,ปี..... 13 ต.ค. 2551

หัวหน้าโครงการวิจัย : รศ. ดร. ปานมนัส ศิริสมบุญ

ผู้ร่วมโครงการวิจัย : ผศ. ดร. วิภา เจียรระโนวชิระ

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำเอกสารไปใช้

11994587

เครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

บทคัดย่อ

เครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ ตัวเครื่องประกอบด้วย 1) ถังสุญญากาศ 2) ไบวอนและมอเตอร์ขับ 3) ฮีตเตอร์ และระบบควบคุมอุณหภูมิ 4) ชุดคอนเดนเซอร์ 5) บีมสุญญากาศ. รายละเอียดของตัวเครื่องมีดังนี้ ถังวอนสามารถบรรจุน้ำกะทิได้ 5 l ความเร็วรอบ ไบวอน 5, 10, 50 rpm ฮีตเตอร์ขนาด 1000 watt ช่วงความดันสุญญากาศที่ทำได้คือ 760 – 40 mmHg บีมสุญญากาศมีขนาด 4.5 m³/hr หรือ 2 ft³/min ใช้มอเตอร์ขนาด ¼ HP ชุด Condenser มีอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น 5 l/min น้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิ 1-3 °C มีพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน 0.248 m² ได้ศึกษาคุณสมบัติของน้ำกะทิเข้มข้นที่สถานะต่างๆ 3สถานะ คือ 1) ความดัน 80 mmHg อุณหภูมิ 40-42 °C 2) ความดัน 50 mmHg อุณหภูมิ 30-35 °C 3) ความดัน 40 mmHg อุณหภูมิ 15-20 °C เพื่อหาสถานะที่เหมาะสมในการระเหย ได้ผลคือ สถานะที่ 1 ค่า WICIE เปลี่ยนจาก 46.54 เป็น 8.29 ความหนืดของน้ำกะทิเพิ่มขึ้นจาก 17.31 cp เป็น 183.45 cp ที่ 100 rpm (รอบของหัววัด) ค่า total soluble solids ของน้ำกะทิเพิ่มขึ้นจาก 12.82 %Brix เป็น 36.73 %Brix ปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นจาก 38.33 เป็น 64.30 %. สถานะที่ 2 ค่า WICIE เปลี่ยนจาก 45.72 เป็น 14.60 ความหนืดเพิ่มขึ้นจาก 17.98 cp เป็น 183.51 cp ที่ 100 rpm ค่า total soluble solids เพิ่มขึ้นจาก 13.24 %Brix ไปเป็น 31.57 %Brix ปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นจาก 38.83 เป็น 52.67 %. สถานะที่ 3 ค่า WICIE เปลี่ยนจาก 47.02 เป็น 58.22 ความหนืดเพิ่มขึ้นจาก 18.04 cp เป็น 146.26 cp ที่ 100 rpm ค่า total soluble solids เพิ่มขึ้นจาก 13.50 %Brix ไปเป็น >53 %Brix ปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นจาก 38.50 เป็น 71.83 %. จากผลการทดลองสรุปได้ว่า สถานะการทดลองที่ 1 มีความเหมาะสมที่สุด จึงได้นำสถานะนี้มาทำการทดลองเพื่อหาเปอร์เซ็นต์น้ำที่ระเหยไปและอัตราการระเหย ผลคือ 36.2 % โดยปริมาตร และ 0.91 l/hr ตามลำดับ โดยที่ค่า WICIE เปลี่ยนจาก 44.28 เป็น 14.27 ความหนืดเพิ่มขึ้นจาก 18.96 cp ไปเป็น 92.99 cp ที่ 100 ปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นจาก 39.42 เป็น 62.50 %. น้ำกะทิเริ่มต้นมีค่า $k = 0.0394 \text{ Pa s}^n$ ค่า $n = 0.7313$ น้ำกะทิเป็นของเหลวชนิด Non-Newtonian ประเภท Pseudoplastic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Concentrated Coconut Milk Machine by Evaporative Vacuum System

Abstract

The Concentrated Coconut Milk Machine by Evaporative Vacuum System composed of 1) chamber for coconut milk 2) stirring paddle with motor 3) heater and temperature control system 4) condenser and 5) vacuum pump. The chamber can contain 5 l coconut milk. The stirring paddle rotational speeds are 5, 10 and 50 rpm. Heater power is 1000 watt. Range of vacuum pressure is 760 – 40mmHg. The vacuum pump flow rate is 4.5 m³/hr or 2 ft³/min. The pump is driven by ¼ HP motor. Condenser cold water has 5 l/min flow rate, 1-3 °C temperature and 0.248m² heat exchanged surface. Concentrated coconut milk properties (color, viscosity, total soluble solids, and fat concentration) were investigated under 3 different conditions (vacuum pressure × temperature) included 1) 80 mmHg at 40-42 °C 2) 50 mmHg at 30-35 °C and 3) 80 mmHg at 15-20 °C. The first condition, the WICIE (White index CIE standard) was changed from 46.54 to 8.29, viscosity from 17.31 to 183.43 cp, total soluble solids from 12.82 to 36.73 %Brix and fat concentration from 38.33 to 64.30 %. The second condition, the WICIE was changed from 45.72 to 14.60, viscosity from 17.98 to 83.51 cp, total soluble solids from 13.24 to 31.57 %Brix and fat concentration from 38.83 to 52.67 %. The third condition, the WICIE was changed from 47.02 to -58.22, viscosity from 18.04 to 146.26 cp, total soluble solids from 13.50 to >53 %Brix and fat concentration from 38.50 to 71.83 %. It could be concluded that the first was the best. Then the test at the condition was performed to determine the percent of evaporated water and the evaporation rate. The result was 36.2 % by volume and 0.91 l/hr, respectively. The WICIE was changed from 44.28 to 14.27, viscosity from 28.96 to 92.99 cp, total soluble solids from 13.28 to 30.27 %Brix and fat concentration from 39.42 to 62.50 %. The consistency index and flow behavior index of raw coconut milk were 0.0394 Pa sⁿ and 0.7313, respectively. The raw coconut milk was Pseudoplastic Non-Newtonian fluid.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

การบริโภคผลิตภัณฑ์จากกะทิที่ได้มาจากมะพร้าวมีปริมาณมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการแปรรูป ซึ่งปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ แบบน้ำกะทิสำเร็จรูป และแบบผง มีแนวโน้มจะเพิ่มปริมาณมากขึ้น ทั้งในครัวเรือนและอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากมีความสะดวกและเป็นผลผลิตพื้นฐานของเกษตรกรรมไทย แต่มีข้อเสียคือ แบบน้ำกะทิสำเร็จรูปจะมีปริมาณน้ำมาก มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งสูงเนื่องจากน้ำหนัก ส่วนแบบผง ยากต่อการนำมาละลายและการนำไปใช้ ดังนั้น การแปรรูปผลผลิตของน้ำกะทิในรูปน้ำกะทิเข้มข้นจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะนอกจากจะช่วยเพิ่มมูลค่าของน้ำกะทิแล้ว ยังเป็นการสะดวกใช้ต่อการบริโภค ลดน้ำหนักในการขนส่ง และยังเป็นการถนอมอาหารอีกรูปแบบหนึ่ง นอกจากนี้ยังมีความต้องการกะทิเข้มข้นเยือกแข็งส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่นอีกด้วย โดยปัจจุบันการทำน้ำกะทิเข้มข้นตามท้องตลาดยังคงใช้ความร้อนในการเคี้ยว และมีการเค็มแป้งลงไปเพื่อให้น้ำกะทิมีความเข้มข้นขึ้น ด้วยเหตุนี้ทางคณะผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะใช้ระบบสุญญากาศเข้ามาทำให้น้ำกะทิเข้มข้น แทนการใช้ความร้อน ในโครงการนี้จะออกแบบ และสร้างเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้น โดยอาศัยหลักการระเหยแบบสุญญากาศ คือ การลดความดันลงให้ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ เพื่อลดจุดเปลี่ยนเป็นไอของน้ำในน้ำกะทิ ส่งผลให้น้ำระเหยที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้คุณภาพของน้ำกะทิ เช่น สี กลิ่น ยังคงอยู่และไม่เกิดการแตกมัน

งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษา ออกแบบ และสร้างเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้น แบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ โดยการศึกษาหาช่วงความดันที่เหมาะสม รวมถึงการออกแบบระบบการกวน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระเหย เพื่อให้ได้น้ำกะทิเข้มข้นที่มีคุณภาพ สะดวกต่อการบริโภค ประหยัดค่าขนส่งเนื่องจากปริมาณน้ำในน้ำกะทิลดลง นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภทนี้เพื่อการส่งออก

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของน้ำกะทิเข้มข้นที่ได้จากสภาวะต่างๆ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อการระเหยของน้ำในน้ำกะทิโดยใช้ระบบสุญญากาศเท่านั้น

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นแนวทางในการผลิต ผลิตภัณฑ์ใหม่ คือน้ำกะทิเข้มข้นที่มีปริมาณน้ำลดลง โดยที่
คุณภาพของน้ำกะทียังคงสภาพที่ดีอยู่ ซึ่งสามารถปรุงแต่งรสชาติของน้ำกะทิได้ เช่น การทำให้
หวานขึ้น หรือ การใส่สี และยังเป็นการสนับสนุนอุตสาหกรรมการส่งออกน้ำกะทิ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การคำนวณและการออกแบบ

2.1 แนวความคิดในการออกแบบ

- (1) ถังหรือภาชนะที่ใช้การระเหยผลิตภัณฑ์ต้องทนแรงดันสุญญากาศได้
- (2) ใบกวนภายในถังสุญญากาศต้องทำให้เกิดลักษณะเป็นฟิล์มบางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์
- (3) เปลวขับใบกวนต้องสามารถทนต่อแรงบิดได้
- (4) ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการระเหยคือ 5 ลิตร
- (5) ใช้วัสดุที่หาง่าย และราคาประหยัด

2.2 การหาระดับความดันสุญญากาศที่ต้องการในการทำการระเหย

ได้จาก การทดลองเพื่อหาระดับความดันสุญญากาศที่เหมาะสม โดยใช้เครื่อง Rotary Vacuum Evaporator วัสดุอุปกรณ์

- (1) ตัวอย่างน้ำกะทิที่ได้จากห้องตลาด
- (2) Rotary Vacuum Evaporator
- (3) Refractometer

การทดลอง

- (1) บรรจุน้ำกะทิ 200 ml ลงในขวดก้นกลมของ Rotary Vacuum Evaporator
- (2) ปรับความเร็วรอบการหมุนขวดก้นกลมที่ระดับ 5
- (3) ทำการทดลอง 5 สภาวะ คือ
 - ความดัน 20 mmHg, อุณหภูมิ น้ำ 40°C
 - ความดัน 30 mmHg, อุณหภูมิ น้ำ 30°C
 - ความดัน 87 mmHg, อุณหภูมิ น้ำ 60°C
 - ความดัน 87 mmHg, อุณหภูมิ น้ำ 70°C
 - ความดัน 50 mmHg, อุณหภูมิ น้ำ 60°C

(5) จับเวลาและสังเกต การเปลี่ยนแปลงของน้ำกะทิ ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งหยุดเดือด จึง

ทำการวัดค่า total soluble solids และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำที่หายไปกับอัตราการระเหย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 สรุปผลการทดลองการหาระดับความดันสุญญากาศที่ต้องการในการทำระเหย

condition	%Brix	อัตราการระเหย (ลิตรต่อชั่วโมง)	%น้ำกะทิที่ ระเหยไป	เวลาที่ระเหย (นาที)
น้ำกะทิเริ่มต้น	14.3			
ความดัน 20 mmHg, อุณหภูมิ 40 °C	24.96	2.25	28.92	15.56
ความดัน 30 mmHg, อุณหภูมิ 50 °C	22.56	2.34	24.15	12.51
ความดัน 87 mmHg, อุณหภูมิ 60 °C	18.3	1.50	18.67	15
ความดัน 87 mmHg, อุณหภูมิ 70 °C	16.87	2.50	18.63	9
ความดัน 50 mmHg, อุณหภูมิ 60 °C	ระหว่าง 32-58	2.42	35.01	17

จึงสรุปได้ว่า ที่ช่วงความดันประมาณ 50 mmHg และอุณหภูมิประมาณ 60 °C เป็นช่วงที่เกิดการระเหยมากที่สุด โดยมีน้ำระเหยไป 35.01 % มีอัตราการระเหย 2.42 ลิตรต่อชั่วโมง มีค่า total soluble solids อยู่ระหว่าง 32-58 %Brix จึงได้นำข้อมูลเหล่านี้มาประกอบการเลือกขนาด vacuum pump และ ขนาดของ heater

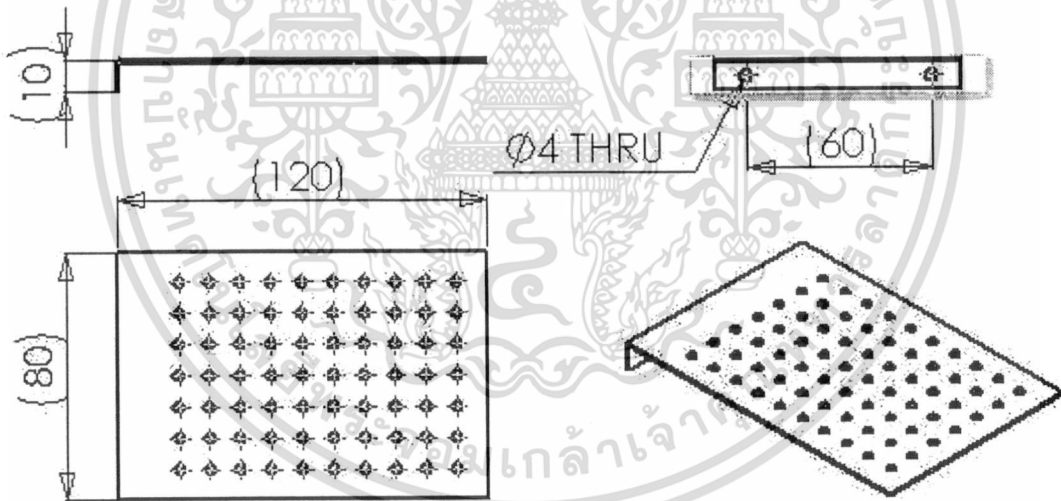
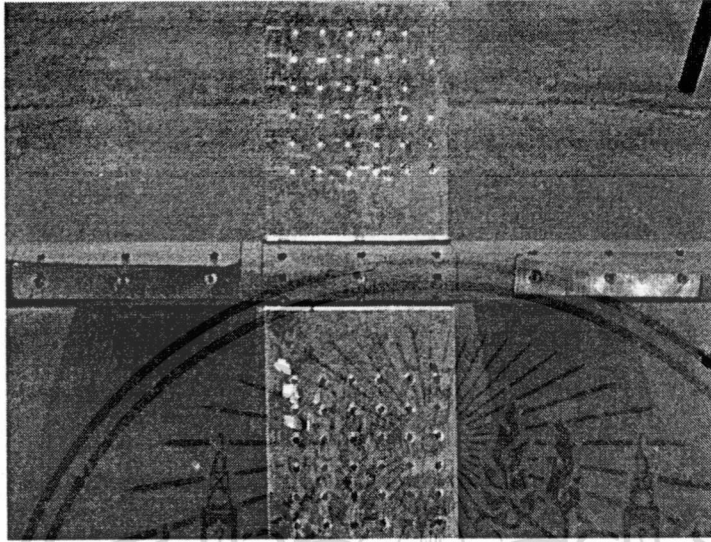
2.3 การออกแบบ ทดลอง และสร้างใบกวน ลักษณะต่าง ๆ

2.3.1 ใบกวนแบบแผ่นตรงแบบเจาะรูทั่วแผ่น

เริ่มต้นโดยคิดว่า ต้องการจะให้ น้ำกะทิ ในถังสุญญากาศเกิดเป็นฟิล์มแผ่นบางๆ จึงนำใบกวนมาเจาะรูเพื่อต้องให้น้ำไหลผ่านรูไปในลักษณะเส้นบางๆ โดยได้แนวความคิดมาจาก กังหันน้ำชัยพัฒนา และสังเกตการณ์น้ำเมื่อใช้ใบกวนเป็นแบบแผ่นตรง

การสร้าง ใช้แผ่นสังกะสีเป็นวัสดุในการทำ โดยจะตัดแผ่นสังกะสีให้มีลักษณะตามขนาดเจาะรูขนาด 3 มม. ทัวทั้งแผ่นสังกะสี และใช้รีเวทเป็นเป็นตัวยึดติดกับแกนท่อ PVC (ดังรูปที่ 2.1)

จากการทดลองใช้มอเตอร์ขับใบกวน ที่ 5,10, 50,100 รอบต่อนาที เติมน้ำลงไป 5 ลิตร ผลของลักษณะการกวนที่ได้ คือ จะมีลักษณะเป็นการตีน้ำให้เกิดความปั่นป่วนภายในถัง โดยที่ไม่มีลักษณะของฟิล์มแผ่นบางๆเกิดขึ้น



รูปที่ 2.1 ใบกวนแบบแผ่นตรงแบบเจาะรูทั่วแผ่น

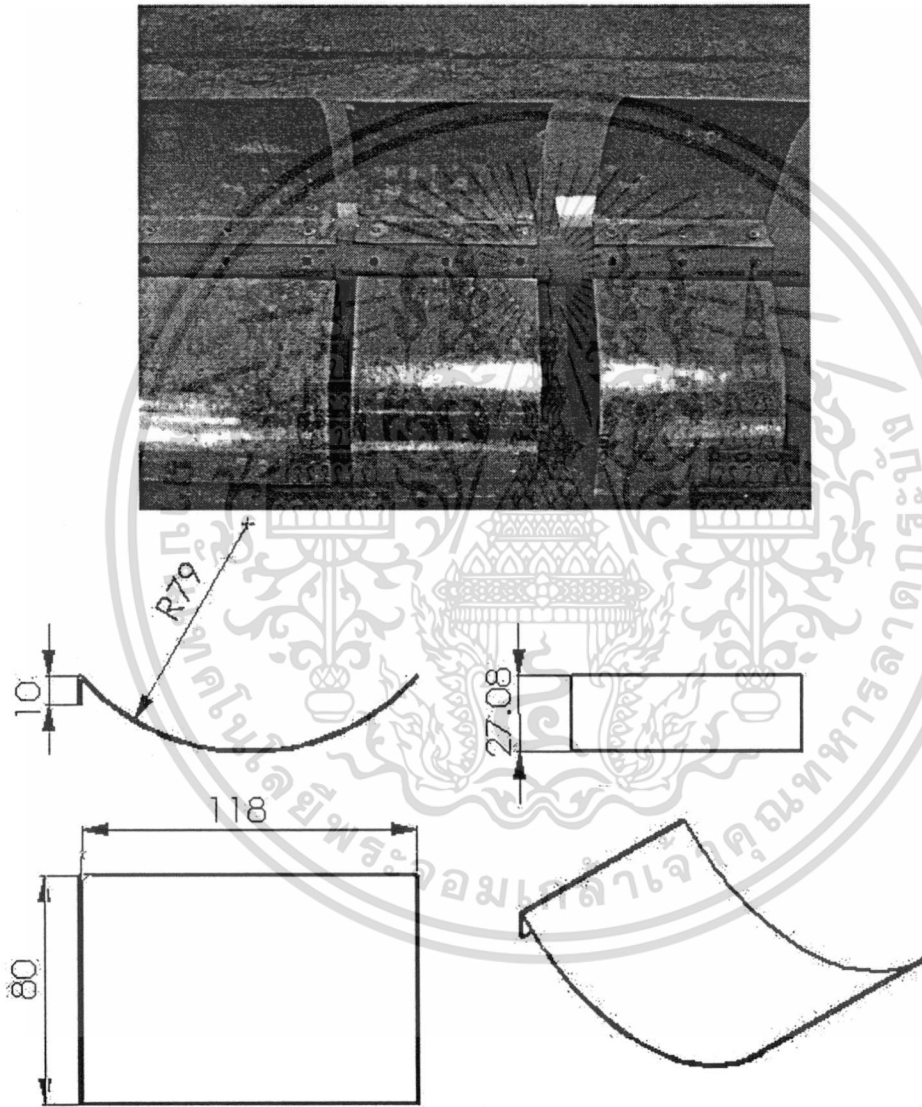
2.3.2 ใบกวนแบบแผ่นโค้ง

ได้ทดลองสร้างใบกวนแบบแผ่นโค้งขึ้นเพื่อทดลองว่าลักษณะใบกวนที่เป็นแผ่นโค้งจะสามารถกวนน้ำให้สาดไปผนังถังเพื่อที่จะเป็นแผ่นฟิล์มที่ผนังถังได้ และสังเกตการตีน้ำเมื่อใช้ใบกวนที่มีลักษณะเป็นแผ่นโค้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้าง ใช้แผ่นสังกะสีเป็นวัสดุในการทำ โดยจะตัดแผ่นสังกะสีให้ได้ขนาด(รูปที่ 2.2) และนำมาตัดเป็นแผ่นโค้ง โดยใช้เครื่องมือหมุนเหล็กแผ่น และใช้รีเวทเป็นเป็นตัวยึดติดกับแกนท่อ PVC

จากการทดลองใช้ มอเตอร์ขับใบกวน ที่ 5,10,50,100 รอบต่อนาที เติมน้ำลงไป 5 ลิตร ผลของลักษณะ การกวนที่ได้คือ จะมีลักษณะคล้ายกับใบกวนแบบแผ่นตรง คือดีน้ำให้เกิดการปั่นป่วน โดยที่ไม่มีลักษณะของฟิล์มแผ่นบางๆเกิดขึ้นแต่จะสามารถดีน้ำให้เป็นฟิล์มบางๆ โดยจะเป็นฟิล์มวิ่งอยู่ที่บริเวณขอบถัง



รูปที่ 2.2 ใบกวนแบบแผ่นโค้ง

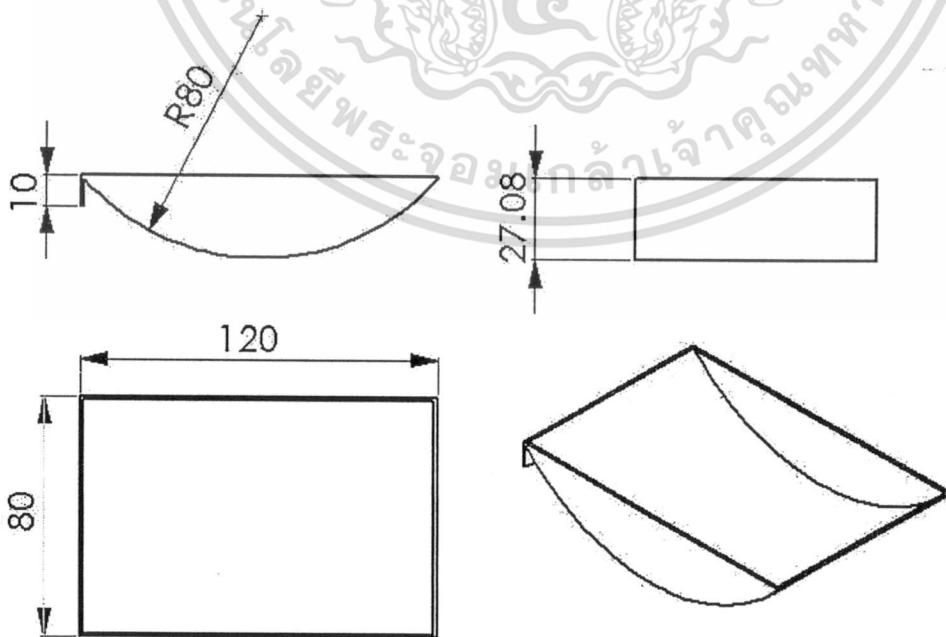
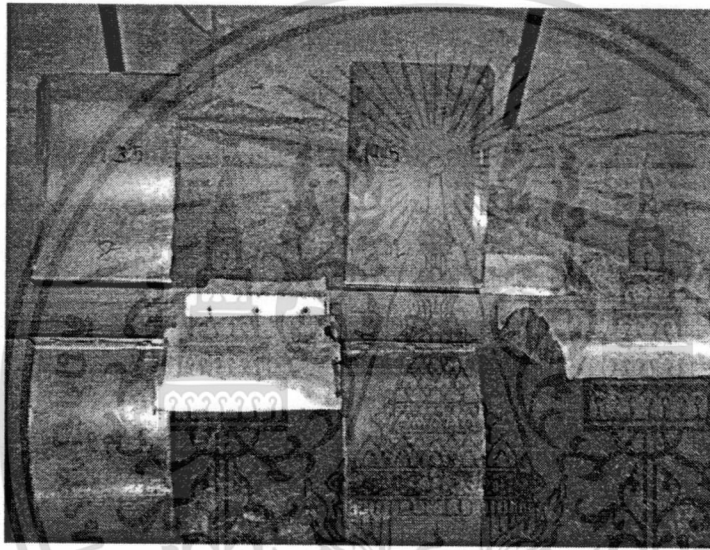
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ไบกวนแบบกระบวย

เพื่อทดลองว่าลักษณะไบกวนที่เป็นกระบวยจะสามารถตักน้ำให้สาคไปผนังถังเพื่อที่จะเป็นแผ่นฟิล์มที่ผนังถังได้

การสร้าง ใช้แผ่นสังกะสีเป็นวัสดุในการทำ โดยจะทำตัดแผ่นสังกะสีส่วน โครงของกระบวยก่อนคือส่วนของผนังด้านข้าง จากนั้นจึงทำส่วนของตัวแผ่นโค้ง ประกอบเข้ากับส่วนโครงยึดติดกัน โดยใช้การเชื่อมแบบจุดและใช้รีเวทเป็นเป็นตัวยึดติดกับแกนท่อ PVC (ดังรูปที่ 2.3)

จากการทดลองใช้ มอเตอร์ขับไบกวน ที่ 5,10,50,100 รอบต่อนาที เติมน้ำลงไป 5 ลิตร ผลของลักษณะ การกวนที่ได้คือ จะเป็นการตักขึ้นและตกลงเท่านั้น โดยที่ไม่มีลักษณะของฟิล์มแผ่นบางๆเกิดขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

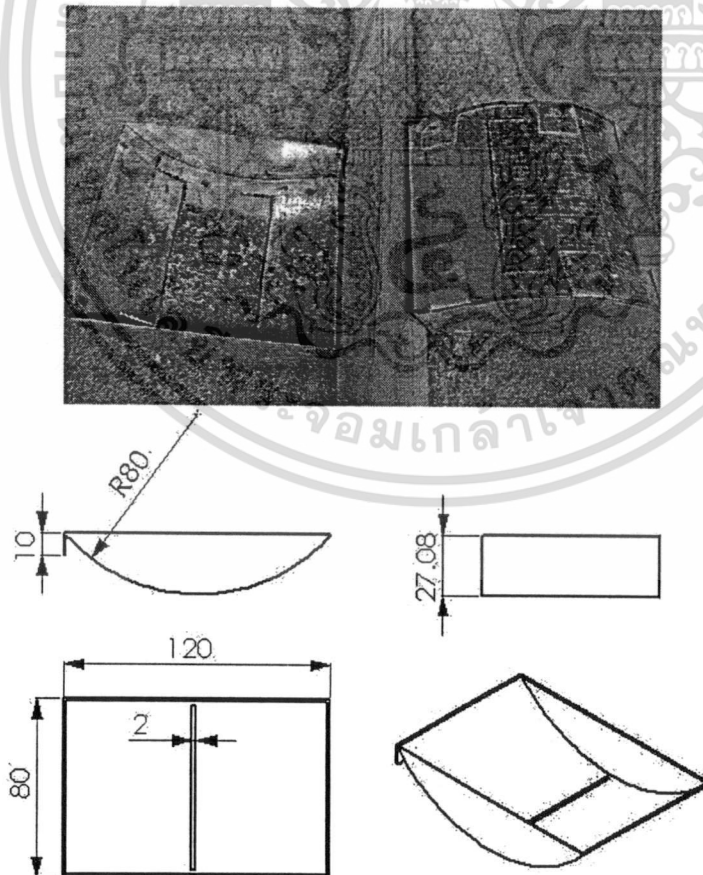
จากการทดลองออกแบบใบกวนทั้ง 3 แบบแรก ได้สังเกตลักษณะการทำงานของใบกวนทั้ง 3 แบบ ได้ข้อสมมติฐานว่าใบกวนควรจะมีลักษณะเป็นแผ่นโค้งแต่จะต้องทำให้ไม่เกิดการปั่นป่วนในระบบที่มากเกินไป และในแบบกระบวยน่าจะมีประสิทธิภาพดีขึ้นถ้านำมาพัฒนาต่อจึงนำแนวคิดที่ได้ไปทำการออกแบบใบกวนต่อ

2.3.4 ใบกวนแบบกระบวยเซาะร่อง

เนื่องจากการใช้ใบกวนแบบกระบวยสามารถตักน้ำได้จึงน่าจะนำไปใช้ประโยชน์ตรงส่วนนี้ได้ จึงคิดใช้ลักษณะการไหลลงมาจากร่องของกระบวยให้มีลักษณะเป็นเป็นแผ่นบางๆจึงได้มีการทำร่องเพื่อให้ น้ำไหลลงมาเป็นแผ่นฟิล์มได้

การสร้าง ใช้วิธีการทำแบบเดียวกันกับการทำใบกวนแบบกระบวย แต่ทำการเซาะร่องเป็นแนวยาวที่ส่วนของแผ่นโค้งและใช้รีเวทเป็นเป็นตัวยึดติดกับแกนท่อ PVC (ดังรูป 2.4)

จากการทดลองใช้ มอเตอร์ขับใบกวน ที่ 5, 10, 50, 100 รอบต่อนาที เติมน้ำลงไป 5 ลิตร ผลของลักษณะ การกวนที่ได้คือ มีลักษณะการตักขึ้นและน้ำจะไหลผ่านร่องลงมาเป็นลักษณะเป็นม่านของน้ำลงมา โดยที่ยังเหลือน้ำบางส่วนถูกเทลงด้านล่าง ซึ่งสังเกตได้ว่าการเกิด เป็นฟิล์มแผ่นบางๆเกิดขึ้น ที่ความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที ส่วนที่ความเร็วรอบสูง 100 รอบต่อนาทีจะมีลักษณะตักวิดน้ำและวิดสาดทั่วถึงชุดทดลอง



รูปที่ 2.4 ใบกวนแบบกระบวยเซาะร่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองโอบกวนทั้ง 4 แบบ สรุปได้ว่าโอบกวนแบบกระสวยเซาะร่องมีความเหมาะสมมากที่สุด โดยต้องมีการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ โดยเพิ่มพื้นที่ส่วนโค้งให้มากขึ้นเพื่อจะได้ตักน้ำได้มากและเพิ่มจำนวนร่องเพื่อเกิดเป็นฟิล์มบางมากที่สุด

2.4 การหาขนาดของถังสูญญากาศ

ในการหาขนาดของถัง เนื่องจากถังอยู่ในลักษณะเป็นทรงกระบอกวางตามแนวราบ โดยจะพิจารณาจากปริมาตรของน้ำกะทิ 5 ลิตร เมื่อบรรจุเข้าไปในถังแล้วมีความสูงจากผนังของถังเท่าใดแล้วจึงกำหนดขนาดของถังให้สัมพันธ์กับขนาดของโอบกวน

การหาความสูงจากผนังของน้ำกะทิ โดย สมมติ ใช้ถังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (d) 28 cm (r = 14 cm) และมีความยาว (l) 28 cm

$$รัศมี (r) = 14 \text{ cm}$$

$$\text{ปริมาตร (V)} = \text{พื้นที่ (A)} * \text{ความยาว (l)}$$

$$\text{ต้องการ } V = 5 \text{ ลิตร} = 5000 \text{ cm}^3$$

หา A จาก

$$A = \frac{V}{l}$$

$$A = \frac{5000}{28}$$

$$A = 178.57 \text{ cm}^2$$

จากสูตร

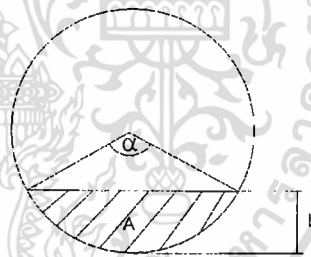
$$A = r^2 * A_1$$

$$A_1 = \frac{A}{r^2}$$

$$A_1 = \frac{178.57}{14^2} = 0.911$$

ใช้การประมาณค่าเพื่อหาค่ามุม α จากตาราง(ภาคผนวก ข.) $\alpha = 140.69^\circ$

จากสูตร (ในหัวข้อ 4.3)



$$b = r(1 - \cos \frac{\alpha}{2})$$

$$b = 14(1 - \cos \frac{140.69}{2})$$

$$b = 14(0.6636)$$

$$b = 9.29 \text{ cm}$$

ความสูงของน้ำกะทิขึ้นมาจากผนังถึง เท่ากับ 9.29 cm พบว่ามีความสอดคล้องกับขนาดของใบกวนจึงเลือกขนาดของถังที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 28 cm และมีความลึกเท่ากับ 28 cm

2.5 การหาความหนาของผนังถังสุญญากาศ

วัสดุที่ใช้ทำถังสุญญากาศต้องเป็นวัสดุที่ไม่เป็นพิษกับอาหาร ในโครงการนี้ได้ใช้วัสดุ Stainless Steel AISI Grade 304 ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมอาหารทั่วไป

พิจารณา ภาวะความดันผนังบาง เมื่อเกิดความเสียหายจะเกิดความเสียหายตามแนวยาว (Longitudinal) ก่อน สันเกิดได้จาก $\sigma_c = 2\sigma_u$ จะพบว่าความเค้นตามแนวแกนของภาชนะความดัน จะมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของความเค้นตามแนวเส้นรอบวง

จากสูตร 4.5
$$\sigma_u = \frac{Pr_i}{2t}$$

ค่า Yield Strength (σ_y) ของ Stainless Steel AISI Grade 304 มีค่าเท่ากับ 205 MPa หรือเท่ากับ 205 N/mm² กำหนดค่าความปลอดภัย (N) เท่ากับ 5

$$\sigma_u = \frac{\sigma_y}{N} = \frac{205}{5} = 41 \text{ N/mm}^2$$

ความดัน (P) คือผลต่างของความดันภายใน และภายนอกถัง ซึ่งความดันภายในถังสุญญากาศมีค่าเป็นศูนย์ ความดันภายนอกประมาณค่าให้เท่ากับ 1 bar หรือเท่ากับ 0.1 N/mm²

รัศมีของถัง (r_i) มีค่าเท่ากับ 14 cm

ความหนาของถัง (t) หาจาก

$$t = \frac{Pr_i}{2(\sigma_u)}$$

$$t = \frac{(0.1)(140)}{2(41)}$$

$$t = 0.17 \text{ mm}$$

ความหนาที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.17 mm แต่ในการเลือกซื้อต้องคำนึงถึงความหนาที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาชั้บใบกวนและขนาดมอเตอร์

เนื่องจากเพลาคที่ใช้ชั้บใบกวนเกิดแรงบิดเพียงอย่างเดียว จึงใช้ทฤษฎีของการบิดเข้ามาคำนวณขนาดของเพลาค เริ่มจากกำหนดขนาดของมอเตอร์ เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1/4 HP ซึ่งเป็นขนาดที่สามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด ให้กำลังชั้บ(Wp) เท่ากับ 186.5 Nm/s ซึ่งเพียงพอในการชั้บใบกวน ค่าความเร็วรอบสูงสุดจากการทดลองที่ใช้ชั้บใบกวนเท่ากับ 100 รอบต่อนาที

ขนาดของเพลาคหาได้จาก

$$\tau_d = \frac{Tr}{J}$$

$$\tau_d = \frac{\tau_y}{N} ; \tau_y = 0.6\sigma_y$$

ค่า Yield Strength (σ_y) ของ Stainless Steel AISI Grade 304 มีค่าเท่ากับ 205 MPa หรือเท่ากับ 205 N/mm²

กำหนดค่าความปลอดภัย (N) เท่ากับ 5

$$\tau_y = 0.6(205) = 123 \text{ N/mm}^2$$

$$\therefore \tau_d = \frac{123}{5} = 24.6 \text{ N/mm}^2$$

จากสูตร $P = \frac{2n\pi T}{60} \therefore T = \frac{60(P)}{2n\pi}$

$$J = \frac{\pi}{32} d^4 ; r = \frac{d}{2}$$

แทนค่าในสมการ

$$\tau_d = \frac{T(d/2)}{(\pi/32) \cdot d^4} = \frac{32T(d/2)}{\pi d^4} = \frac{16T}{\pi d^3}$$

$$= \frac{16\left(\frac{60(P)}{2n\pi}\right)}{\pi d^3}$$

$$P = 186.5 \text{ Nm/s} = 186500 \text{ Nmm/s}$$

$$d^3 = \frac{16\left(\frac{60 \times 186500}{2 \times 100 \times \pi}\right)}{\pi \times 24.6}$$

$$= \frac{16(17809.43)}{77.28}$$

$$= 3687.103 \text{ mm}^3$$

$$d = 15.44 \text{ mm} \therefore \text{เลือกใช้เพลาคขนาด } 16 \text{ mm} \text{ ในการชั้บใบกวน}$$

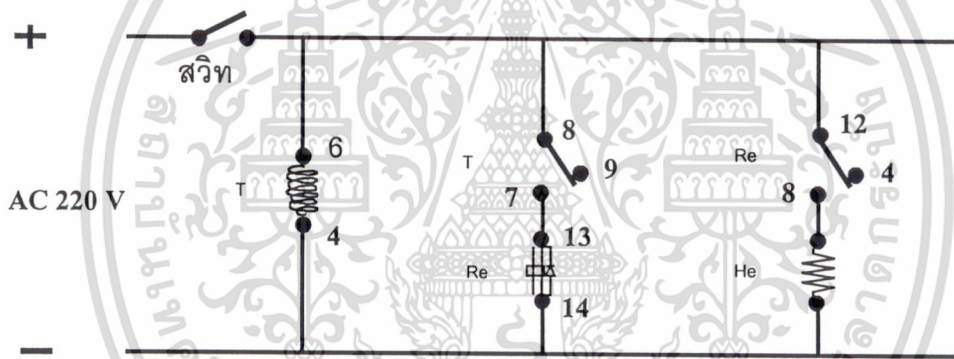
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ระบบควบคุมอุณหภูมิของน้ำกะทิในถังกวน

เมื่อลดความดันภายในถังลงน้ำกะทิจะสามารถเกิดการเดือดได้ที่ อุณหภูมิต่ำกว่า 100°C ในระหว่างการเดือด น้ำกะทิจะมีอุณหภูมิต่ำลง เนื่องจากการสูญเสียพลังงานไปในการเปลี่ยนสถานะ ทำให้น้ำกะทิเย็นตัวลงจนไม่เกิดการเดือด จึงจำเป็นต้องมีการให้พลังงานแก่น้ำกะทิ โดยให้พลังงานในรูปแบบความร้อน จึงจำเป็นต้องมีการคิด อุปกรณ์ให้ความร้อนเข้าไปที่ถังกวน

สำหรับตัวถังของเครื่องนั้นได้นำฮีตเตอร์มาใช้ในการให้ความร้อนแก่ระบบ และเพื่อให้สามารถควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์ที่ให้ความร้อนแก่ระบบ จึงได้นำเทอร์โมสตัท มาใช้ในการควบคุมอุณหภูมิโดยจะใช้เทอร์โมคับเปิลวัดอุณหภูมิของน้ำกะทิ

เนื่องจากฮีตเตอร์มีขนาดกำลังไฟ 1000 วัตต์ ซึ่งเกินกว่าที่เทอร์โมสตัทจะจ่ายให้ได้ จำเป็นต้องนำตัว รีเลย์ มาใช้ในการจ่ายไฟให้กับฮีตเตอร์ ในการทำงานของตัวรีเลย์ถูกควบคุมด้วยเทอร์โมสตัท ซึ่งมีวงจรควบคุมการทำงานดังรูป



รูปที่ 2.5 วงจรวงจรควบคุมการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ

T คือ เทอร์โมสตัท

Re คือ รีเลย์

He คือ ฮีตเตอร์

2.8 แบบของเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

จากการสร้างแบบจำลองโบบกวน การคำนวณและการออกแบบส่วนประกอบต่างๆ ได้มีการเขียนแบบของเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ ดังแบบที่แนบมาทำรายงาน (ดูใน file pdf. ใน folder แบบ) เพื่อใช้ในการสร้างเครื่องที่สามารถใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการทดลอง การคำนวณและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.1 การทดลองเพื่อหาสถานะที่เหมาะสมในการทำระเหยน้ำกะทิ

3.1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อหาสถานะที่เหมาะสมที่สุด ที่เครื่องสามารถทำได้ ในการทำระเหยน้ำกะทิ โดยใช้คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำกะทิหลังการทดลองเป็นตัวชี้วัด โดยจะใช้วิธีการหาคุณสมบัติทางกายภาพ 4 วิธี คือ

- (1) การวัดค่า สี โดยใช้เครื่อง COLORMETER
- (2) การวัดค่า viscosity โดยใช้เครื่อง VISCOMETER
- (3) การวัดค่า total soluble solids โดยใช้เครื่อง REFRACTOMETER
- (4) วัดค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันของน้ำกะทิโดยวิธี Gerber Method

3.1.2 วัสดุ และอุปกรณ์

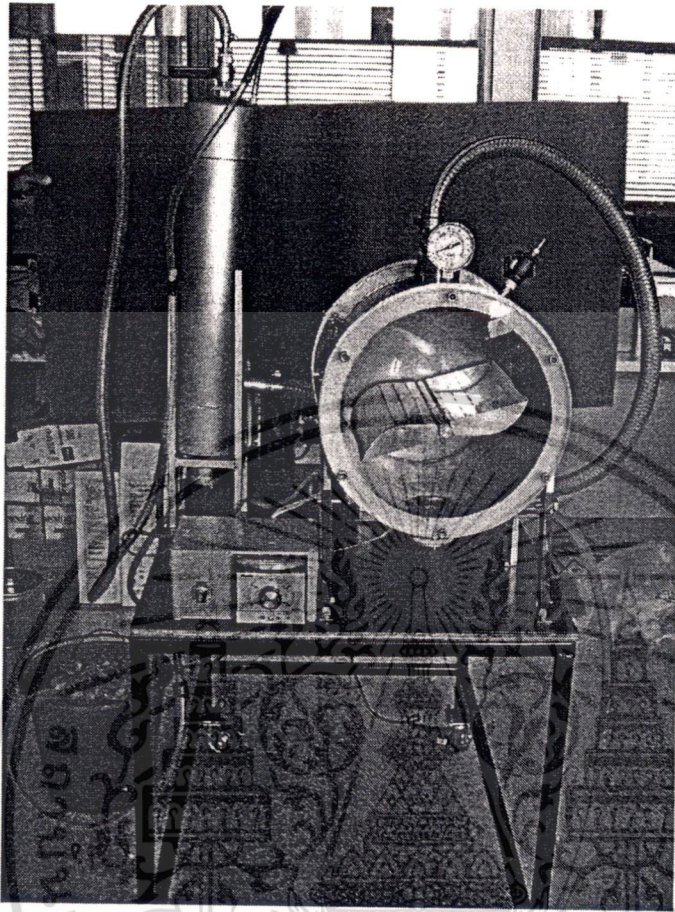
- (1) บีกเกอร์ ขนาด 2000 ml 2 ใบ ขนาด 1000 ml 1 ใบ
- (2) เทอร์โมมิเตอร์
- (3) น้ำกะทิ (หัวกะทิ) 5 ลิตรต่อครั้ง



รูปที่ 3.1 น้ำกะทิ (หัวกะทิ) ปริมาตร 5 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) เครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ(รูปที่ 3.2)



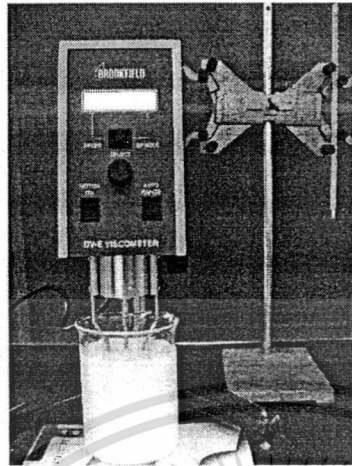
รูปที่ 3.2 เครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

(5) เครื่องวัดค่าสี Color meter รุ่น Miniscan XE Plus 45/0 LAV (Reston, USA.)
(รูปที่3.3)



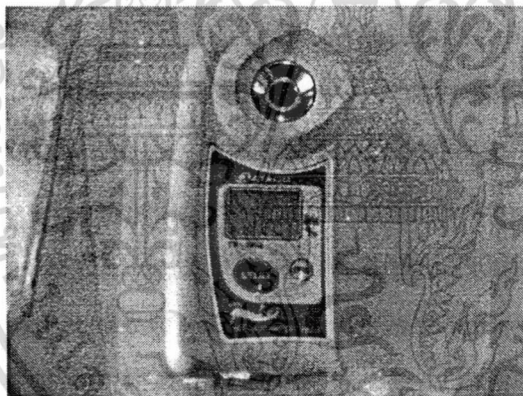
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ประกอบการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเอกสารและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (6) เครื่องวัดค่าความหนืด เครื่อง Rotational Viscometer รุ่น LVDV-E (Brookfield, USA.), Spindle No. s61, s62 พร้อม บีกเกอร์ทรงเตี้ยขนาด 600 ml 3 ใบ (รูปที่ 3.4)



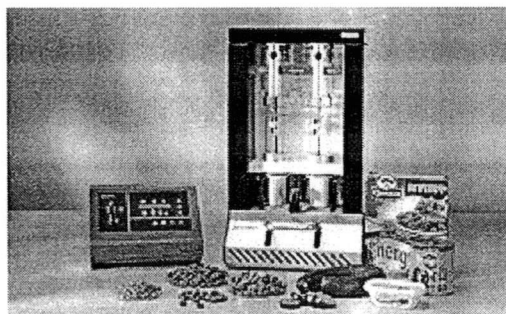
รูปที่ 3.4 Rotational Viscometer

- (7) เครื่องวัดค่า total soluble solids เครื่อง Pocket Refractometer รุ่น PAL-1 (Atago, Japan) (รูปที่ 3.5)



รูปที่ 3.5 Refractometer

- (8) เครื่องวัดค่าเปอร์เซ็นต์ไขมัน โคยวิธี Gerber method (รูปที่ 3.6)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 3.6 เครื่องวัดค่าเปอร์เซ็นต์ไขมัน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 วิธีการทดลอง

- เริ่มทำการทดลองที่สภาวะที่ 1 ความดัน 80 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 40-42 องศาเซลเซียส

- (1) เตรียมตัวอย่างน้ำกะทิ (หัวกะทิ) มากกว่า 5 ลิตร สำหรับการทดลอง
- (2) ทำการวัดคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำกะทิเริ่มต้น โดยทำ 3 ซ้ำ
 - วัดค่าสีของน้ำกะทิโดยเครื่อง Color meter
 - วัดค่าความหนืดของน้ำกะทิโดยเครื่อง Rotational Viscometer
 - วัดค่า total soluble solids ของน้ำกะทิโดยเครื่อง Refractometer
 - วัดค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันของน้ำกะทิโดยวิธี Gerber Method
- (3) เทน้ำกะทิลงในเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศจำนวน 5 ลิตร
 - (4) ให้ความร้อนแก่น้ำกะทิโดย Heater พร้อมกับเริ่มหมุนใบกวนที่ความเร็วรอบ 10 รอบ/นาที จนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำกะทิส่งขึ้นจนถึง 40 องศาเซลเซียส
 - (5) เริ่มทำการดูดอากาศออกเพื่อลดความดันในถังลงจนความดันภายในถังอยู่ที่ 80 มิลลิเมตร-ปรอท
 - (6) เริ่มจับเวลา โดยจะแบ่งน้ำกะทิออกมาจำนวน 3 ซ้ำ เพื่อวัดคุณสมบัติทางกายภาพ ยกเว้นความหนืด ทุกๆ 30 นาที จนครบ 120 นาที หรือ 2 ชั่วโมง
 - (7) บันทึกค่าคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำกะทิ
 - การทดลองที่สภาวะที่ 2 ความดัน 50 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส
 - (1) ทำตามขั้นตอนที่ 1-3 ของ Condition ข้างต้น
 - (2) ให้ความร้อนแก่น้ำกะทิโดย Heater พร้อมกับเริ่มหมุนใบกวนที่ความเร็วรอบ 10 รอบ/นาที จนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำกะทิส่งขึ้นจนถึง 30 องศาเซลเซียส
 - (3) เริ่มทำการดูดอากาศออกเพื่อลดความดันในถังลงจนความดันภายในถังอยู่ที่ 50 มิลลิเมตรปรอท
 - (4) เริ่มจับเวลา โดยจะแบ่งน้ำกะทิออกมาจำนวน 3 ซ้ำ เพื่อวัดคุณสมบัติทางกายภาพครั้งแรกที่ 30 นาที จากนั้นจึงแบ่งน้ำกะทิออกมาวัดคุณสมบัติทางกายภาพทุก 15 นาทีจนครบ 120 นาที หรือ 2 ชั่วโมง
 - (5) บันทึกค่าคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำกะทิเพื่อเป็นข้อมูล
 - การทดลองที่สภาวะที่ 3 ความดัน 40 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 15-20 องศาเซลเซียส
 - (1) ทำตามขั้นตอนที่ 1-3 ของ Condition ข้างต้น
 - (2) ให้ความร้อนแก่น้ำกะทิโดย Heater พร้อมกับเริ่มหมุนใบกวนที่ความเร็วรอบ 10 รอบ/นาที จนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำกะทิส่งขึ้นจนถึง 30 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (3) เริ่มทำการดูดอากาศออกจากถังน้ำกะทิจนความดันภายในถังอยู่ที่ 40 มิลลิเมตรปรอท ขณะน้ำกะทิเดือด อุณหภูมิค่อนข้างคงที่อยู่ระหว่าง 20-25 องศาเซลเซียส
- (4) เริ่มจับเวลา โดยจะแบ่งน้ำกะทิออกมาจำนวน 3 ช้ำ เพื่อวัดคุณสมบัติทางกายภาพครั้งแรกที่ 30 นาที จากนั้นจับเวลาทุก 15 นาทีจนครบ 120 นาที หรือ 2 ชั่วโมง
- (5) บันทึกค่าคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำกะทิเพื่อเป็นข้อมูล

จากขั้นตอนการทดลองทั้ง 3 ครั้งจะเห็นได้ว่า ในครั้งที่ 2 และ 3 มีการนำตัวอย่างน้ำกะทิออกมาวัดคุณสมบัติทางกายภาพ ทุก ๆ 15 นาที ซึ่งต่างจากการทดลองที่ 1 ที่มีการนำน้ำกะทิออกมาวัดค่าทุก ๆ 30 นาที ทั้งนี้เนื่องมาจาก ต้องการที่จะได้ผลการทดลองที่มีความถูกต้องมากขึ้นนั่นเอง

ในการทดลองสภาวะที่ 3 เนื่องจากอุณหภูมิขณะที่น้ำกะทิเกิดการเดือดลดลงอย่างรวดเร็ว จนทำให้กะทิเกิดการจับตัวเป็นไข จึงต้องให้อุณหภูมิน้ำกะทิเริ่มต้นขึ้นไปถึง 30 องศาเซลเซียส ก่อนแล้วจึงค่อยทำการลดความดันในถังลง

3.1.4 วิธีการวัดคุณสมบัติทางกายภาพ

- การใช้เครื่องวัดค่าสี เครื่อง Color meter รุ่น Miniscan XE Plus 45/0 LAV (Reston, USA.)

(1) ติดตั้ง software สำหรับการแสดงค่าสี ที่ Computer เพื่อใช้ในการอ่านค่าสีที่ส่งมาจากตัวเครื่อง Color meter

(2) ทำการ Standardize เครื่อง คือ การกำหนดค่าเริ่มต้น เพื่อ Set ค่าต่ำสุดและสูงสุด เพื่อการทำงานที่ถูกต้องและแม่นยำ (การ Calibrate) โดย วางแผ่นดำ (แผ่นสีมาตรฐานที่มา กับตัวเครื่อง) บนช่องที่ใช้วัด แล้ววัดค่า จากนั้นวางแผ่นขาวแล้วทำการวัดเช่นกัน เครื่องจะทำการเก็บข้อมูลไว้เป็นมาตรฐานเอง

(3) นำวงยางสีดำใส่ลงในถ้วยแก้ว โดยดันลงไปให้สนิทกับพื้นด้านล่างของถ้วย

(4) เทน้ำกะทิลงไปในถ้วยแก้วโดยให้พอดีกับขอบด้านบนของวงยางสีดำ

(5) วางแผ่นกั้นเซรามิกสีขาวลงบนขอบวงยางสีดำให้สนิท โดยสังเกตดูว่าไม่ให้เกิดฟองอากาศที่ด้านล่าง

(6) นำถ้วยแก้วไปวางบนช่องที่ใช้วัด จากนั้นนำฝาครอบสีดำวางครอบถ้วยแก้วให้สนิท

(7) ทำการวัดค่าสีของน้ำกะทิ จากนั้นบันทึกค่าสีที่ได้ โดยจะทำการวัดค่า 3 ช้ำ ต่อครั้ง

- เครื่องวัดค่าความหนืด เครื่อง Rotational Viscometer รุ่น LVDV-E (Brookfield, USA.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของ บริษัท อีซีเอส จำกัด ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (1) ติดตั้งเครื่อง Viscometer ให้ได้ระดับ
- (2) แบ่งน้ำกะทิเป็น 3 ส่วน ส่วนละ 500 ml. บรรจุในบีกเกอร์ทรงเตี้ยขนาด 600 ml
- (3) ติดตั้ง Guardleg และ ติดตั้ง Spindle โดยเลือกจาก s61 - s64 เข้ากับเครื่อง แล้วจุ่ม Spindle ลงในน้ำกะทิที่จะทำการวัดค่า
- (4) ปรับค่าของ Spindle ให้ตรงกับ Spindle ที่เลือกติดตั้ง และปรับค่าความเร็วรอบของ Spindle ตามความต้องการ คือ 20, 30, 50, 60, 100 รอบต่อนาที
- (5) ต้องกำหนดอุณหภูมิของน้ำกะทีก่อนที่จะทำการวัดมีค่า 25 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) ก่อนทำการวัดทุกครั้ง
- (6) เปิดให้ Motor On สังเกตค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของเครื่อง จะต้องอยู่ในช่วง 10-100% torque เท่านั้น ถ้าไม่ได้ให้เปลี่ยน Spindle แล้วทดลองอีกครั้ง
- (7) วัดค่า Viscosity โดยการวัดค่าแต่ละครั้งจะต้องรอจนครบ 1 นาที แล้วค่อยบันทึกค่า 5 ค่าที่ปรากฏบนเครื่องติดต่อกัน
- (8) ทำการวัดค่า Viscosity ของน้ำกะทิ จากนั้นบันทึกค่า Viscosity ที่ได้ โดยจะทำการวัดค่า 3 ซ้ำ ต่อครั้ง

- เครื่องวัดค่าเปอร์เซ็นต์ Brix เครื่อง Pocket Refractometer รุ่น PAL-1 (Atago, Japan)

- (1) ทำการ Set ค่าเริ่มต้น โดยการนำน้ำกลั่นหยดลงบริเวณช่องที่ใช้วัด จากนั้น Set zero เพื่อที่จะใช้ค่าของน้ำกลั่นเป็นค่าเริ่มต้น (การ Calibrate)
- (2) ทำการวัดค่า โดยหยดน้ำกะทิลงบริเวณช่องที่ใช้วัดค่า แล้ววัดค่าเปอร์เซ็นต์ Brix
- (3) ทำการวัดค่า Brix ของน้ำกะทิ จากนั้นบันทึกค่า Brix ที่ได้ โดยจะทำการวัดค่า 3 ซ้ำ ต่อ 1 ตัวอย่าง

- การวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันโดยวิธี Gerber method (ส่งให้โรงงาน food merit จ. ชลบุรี ทำการวัด ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้)

- (1) ขั้นแรกให้เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร ลงในขวด Gerber
- (2) บีบ (เฉพาะ) น้ำกะทิ 10.94 มิลลิลิตร ลงในขวด Gerber โดยค่อยให้น้ำกะทิไหลลงผสมกับกรด สังเกตว่าน้ำกะทิจะแยกอยู่เป็นชั้นๆ
- (3) เติมไอโซเอมิล แอลกอฮอล์ 1 มิลลิลิตร
- (4) ปิดจุกขวดให้แน่นแล้วพลิกขวดกลับด้านหลาย ๆ ครั้ง จนกระทั่งกรดย่อยสลายน้ำกะทิหมดได้ส่วนผสมสีม่วงแกมดำ

(5) นำเข้าเหวี่ยงใสประมาณ 5 นาที และอ่านค่าบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 ผลการทดลอง

(1) สี (color) ค่าเฉลี่ยของสี ของน้ำกะทิจากการทดลองที่สภาวะต่าง ๆ ถูกแสดงในตารางที่ 3.1-3.3 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ค่าสีเฉลี่ยของ สภาวะที่ 1 ความดัน 80 mmHg, อุณหภูมิ 40-42 °C ตามเวลา

เวลา(นาที)	L*	a*	b*	DE*	WICIE
0	88.23	-0.25	5.38		46.54
30	87.76	-0.33	6.10	0.87	41.93
60	86.92	-0.28	6.80	1.93	36.55
90	84.65	-0.19	8.03	4.46	25.10
120	80.70	-0.20	9.53	8.60	8.29

ตารางที่ 3.2 ค่าสีเฉลี่ยของ สภาวะที่ 2 ความดัน 50 mmHg, อุณหภูมิ 25-30 °C ตามเวลา

เวลา(นาที)	L*	a*	b*	DE*	WICIE
0	88.30	-0.30	5.58		45.72
30	87.82	-0.31	6.50	0.76	41.83
45	87.51	-0.28	6.50	1.21	39.40
60	87.19	-0.26	6.85	1.69	36.92
75	86.74	-0.25	7.21	2.26	34.07
90	86.03	-0.24	7.69	3.10	30.07
105	84.80	-0.27	8.26	4.41	24.32
120	82.55	-0.28	9.13	6.76	14.60

ตารางที่ 3.3 ค่า สี เฉลี่ยของสภาวะที่ 3 ความดัน 40 mmHg, อุณหภูมิ 15-20 °C ตามเวลา

เวลา(นาที)	L*	a*	b*	DE*	WICIE
0	88.63	-0.39	5.47		47.02
30	87.04	-0.39	6.32	2.06	39.15
40	86.96	-0.46	6.75	2.36	36.87
60	84.90	-0.61	8.00	4.76	25.81
75	83.47	-0.37	8.49	6.22	20.00
90	77.67	-0.28	10.19	12.16	-2.16
105	61.43	-0.63	11.84	28.18	-47.24
120	55.20	-0.77	11.50	34.20	-58.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.1-3.3 ค่าสีของน้ำกะทิมีการเปลี่ยนแปลงไป ดังนี้

- สภาวะที่ 1 ความดัน 80 mmHg อุณหภูมิ 40-42 °C

L* เปลี่ยนจาก 88.23 ที่น้ำกะทิเริ่มต้น เป็น 80.70 ที่น้ำกะทิล้างการทดลอง

a* เปลี่ยนจาก -0.25 ที่น้ำกะทิเริ่มต้น เป็น -0.20 ที่น้ำกะทิล้างการทดลอง

b* เปลี่ยนจาก 5.38 ที่น้ำกะทิเริ่มต้น เป็น 9.53 ที่น้ำกะทิล้างการทดลอง

DE* มีค่าเท่ากับ 8.60

WICIE เปลี่ยนจาก 46.54 ที่น้ำกะทิเริ่มต้น เป็น 8.29 ที่น้ำกะทิล้างการทดลอง

- สภาวะที่ 2 ความดัน 50 mmHg อุณหภูมิ 30-35 °C

L* เปลี่ยนจาก 88.30 ที่น้ำกะทิเริ่มต้น เป็น 82.55 ที่น้ำกะทิล้างการทดลอง

a* เปลี่ยนจาก -0.30 ที่น้ำกะทิเริ่มต้น เป็น -0.28 ที่น้ำกะทิล้างการทดลอง

b* เปลี่ยนจาก 5.58 ที่น้ำกะทิเริ่มต้น เป็น 9.13 ที่น้ำกะทิล้างการทดลอง

DE* มีค่าเท่ากับ 6.76

WICIE เปลี่ยนจาก 45.72 ที่น้ำกะทิเริ่มต้น เป็น 14.60 ที่น้ำกะทิล้างการทดลอง

- สภาวะที่ 3 ความดัน 80 mmHg อุณหภูมิ 15-20 °C

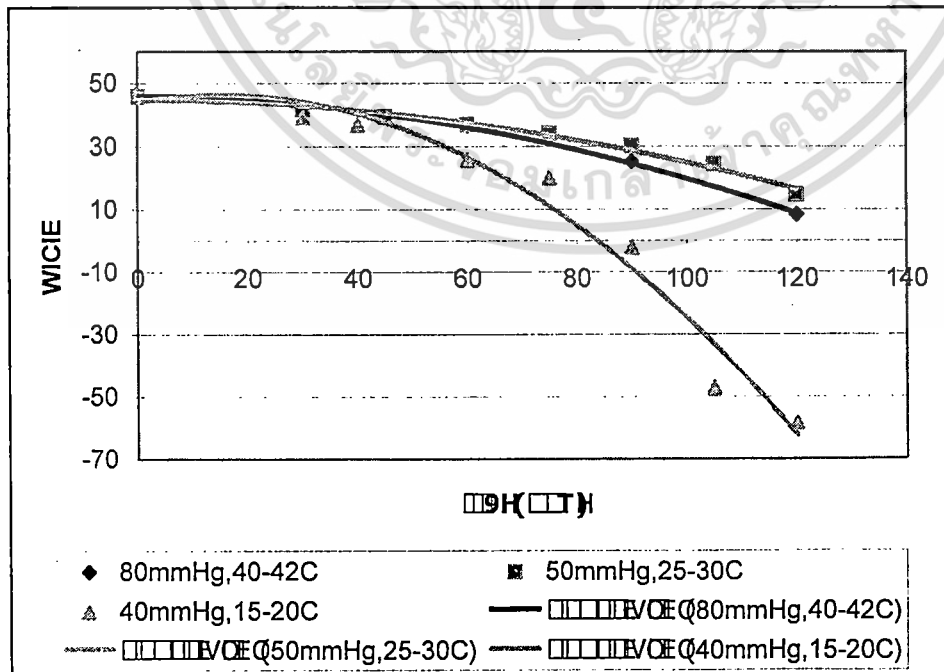
L* เปลี่ยนจาก 88.63 ที่น้ำกะทิเริ่มต้น เป็น 55.20 ที่น้ำกะทิล้างการทดลอง

a* เปลี่ยนจาก -0.39 ที่น้ำกะทิเริ่มต้น เป็น -0.77 ที่น้ำกะทิล้างการทดลอง

b* เปลี่ยนจาก 5.47 ที่น้ำกะทิเริ่มต้น เป็น 11.50 ที่น้ำกะทิล้างการทดลอง

DE* มีค่าเท่ากับ 34.20

WICIE เปลี่ยนจาก 47.02 ที่น้ำกะทิเริ่มต้น เป็น -58.22 ที่น้ำกะทิล้างการทดลอง



เอกสารนี้รูปที่ 3.7 การเปลี่ยนแปลงของค่า WICIE ของน้ำกะทิที่สภาวะต่างๆ นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.7 จะเห็นได้ว่า สีจากสถานะที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าสถานะที่ 2 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองสถานะที่ 1 สูงกว่า สถานะที่ 2 ส่วนในสถานะการทดลองที่ 3 สาเหตุที่สีมีการเปลี่ยนแปลงไปมากที่สุด อาจเนื่องมาจากผลของความดันที่ต่ำมีผลมากกว่าอุณหภูมิ โดยเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างจากกะทิเริ่มต้น สถานะที่ 1 มีความแตกต่าง 82.19% สถานะที่ 2 มีความแตกต่าง 68.1% สถานะที่ 3 มีความแตกต่าง 223.82%

(2) ความหนืด (viscosity) ค่า viscosity เฉลี่ยของสถานะการทดลองต่าง ๆ ถูกแสดงในตารางที่ 3.4-3.6 ดังนี้

ตารางที่ 3.4 ค่า viscosity เฉลี่ยของสถานะการทดลองที่ 1 ความดัน 80 mmHg, อุณหภูมิ 40-42 °C

ความเร็วรอบ (rpm)	viscosity (cp)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
20	26.42	255.27
30	23.35	233.33
50	19.53	211.23
60	18.35	202.63
100	17.31	183.45

ตารางที่ 3.5 ค่า viscosity เฉลี่ยของสถานะการทดลองที่ 2 ความดัน 50 mmHg, อุณหภูมิ 25-30 °C

ความเร็วรอบ (rpm)	viscosity (cp)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
20	26.60	313.40
30	23.72	276.53
50	20.30	233.25
60	19.41	218.32
100	17.98	183.51

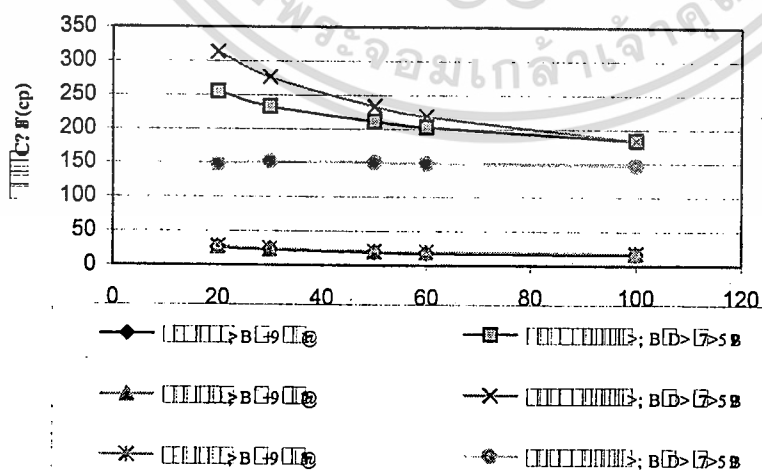
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 ค่า viscosity เฉลี่ยของสภาวะการทดลอง
ที่ 3 ความดัน 40 mmHg, อุณหภูมิ 15-20 °C

ความเร็วรอบ (rpm)	viscosity (cp)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
20	27.72	147.13
30	24.40	152.00
50	20.65	150.63
60	19.38	148.73
100	18.04	146.26

จากตารางที่ 3.4-3.6 ความหนืด (viscosity) มีการเปลี่ยนแปลงไป โดยจะแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดที่ความเร็วรอบ 100 rpm เพราะว่า ความหนืดเริ่มมีค่าคงที่

- สภาวะที่ 1 ความดัน 80 mmHg อุณหภูมิ 40-42 °C ความหนืดของน้ำกะทิเพิ่มจาก 17.31 cp เป็น 183.45 cp ที่ 100 rpm
- สภาวะที่ 2 ความดัน 50 mmHg อุณหภูมิ 30-35 °C ความหนืดของน้ำกะทิเพิ่มจาก 17.98 cp เป็น 183.51 cp ที่ 100 rpm
- สภาวะที่ 3 ความดัน 80 mmHg อุณหภูมิ 15-20 °C ความหนืดของน้ำกะทิเพิ่มจาก 18.04 cp เป็น 146.26 cp ที่ 100 rpm



รูปที่ 3.8 การเปรียบเทียบค่าความหนืด ก่อน และ หลังการทดลองและเปรียบเทียบความหนืดที่สภาวะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.8 จะเห็นว่า น้ำกะทิหลังการทดลองมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น โดยดูจากที่ความเร็วรอบเดียวกัน ซึ่งในที่นี้ใช้ความเร็วรอบ 100 rpm มาทำการพิจารณา เนื่องจาก ค่าความหนืดเริ่มคงที่ จะเห็นได้ว่า ค่า viscosity จากสภาวะการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าใกล้เคียงกันมาก ส่วนค่า viscosity จากสภาวะการทดลองที่ 3 มีค่าน้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัด และ เมื่อดูจากเส้นกราฟรวมทั้งหมดของน้ำกะทิหลังการทดลองจะเห็นได้ว่าเส้นกราฟของสภาวะการทดลองที่ 1 และ 2 มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรอบการกวนเพิ่มมากขึ้น โดยเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างจากกะทิเริ่มต้นโดยคิดที่ 100 rpm แล้ว สภาวะที่ 1 มีความแตกต่าง 90.56% สภาวะที่ 2 มีความแตกต่าง 90.2% สภาวะที่ 3 มีความแตกต่าง 87.67%

(3) total soluble solids ค่าเฉลี่ยของ total soluble solidsของน้ำกะทิ ที่สภาวะการทดลองต่าง ๆ ถูกแสดงในตารางที่ 3.7 ดังนี้

ตารางที่ 3.7 total soluble solids ของน้ำกะทิที่เวลาและสภาวะต่าง ๆ

เวลา(นาที)	ความดัน 80 mmHg, อุณหภูมิ 40-42 °C	ความดัน 50 mmHg, อุณหภูมิ 25-30 °C	ความดัน 40 mmHg, อุณหภูมิ 15-20 °C
0	12.82	13.24	13.50
30	14.83	14.73	16.10
45	-	17.57	31.67
60	17.33	20.40	23.23
75	-	21.27	27.80
90	26.27	23.70	35.37
105	-	26.87	*
120	36.73	31.57	*

* ค่า Brix มากกว่า 53%

- ไม่มีการนำตัวอย่างน้ำกะทิออกมาวัดค่า

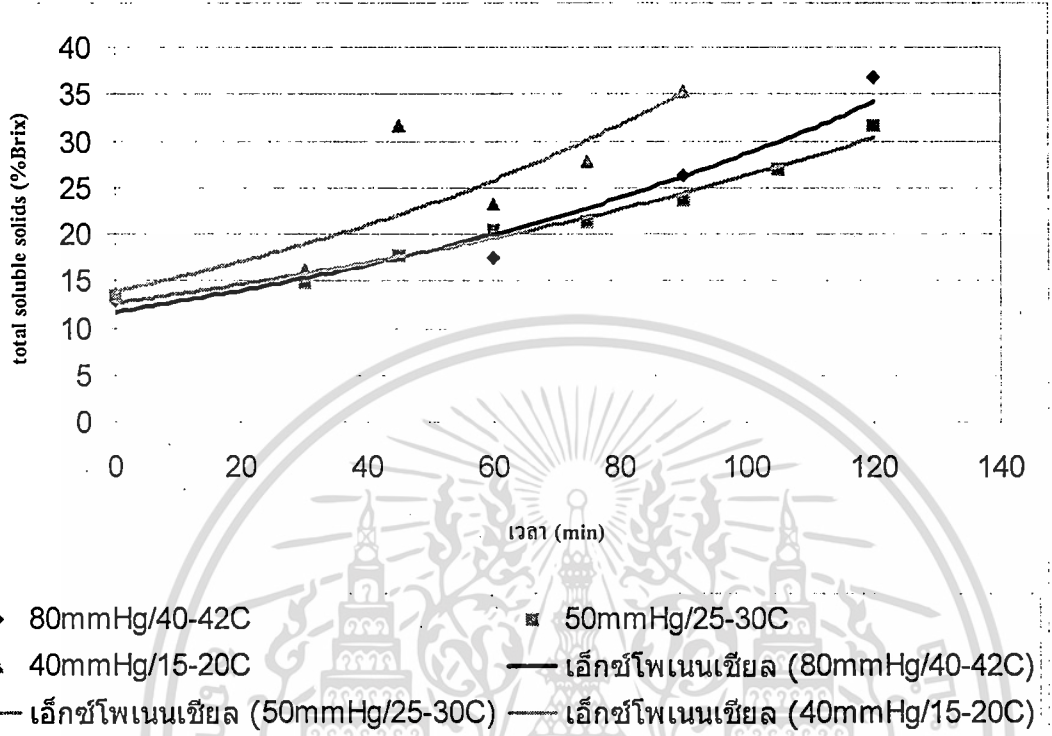
จากตารางที่ 3.7 total soluble solidsของน้ำกะทิ มีการเปลี่ยนแปลงไปดังนี้

สภาวะที่ 1 ความดัน 80 mmHg อุณหภูมิ 40-42 °C total soluble solidsของน้ำกะทิเพิ่มขึ้นจาก 12.82 %Brix เป็น 36.73 %Brix

สภาวะที่ 2 ความดัน 50 mmHg อุณหภูมิ 30-35 °C total soluble solidsของน้ำกะทิเพิ่มขึ้นจาก 13.24 %Brix เป็น 31.57 %Brix

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะที่ 3 ความดัน 80 mmHg อุณหภูมิ 15-20 °C total soluble solids ของ น้ำกะทิเพิ่มขึ้นจาก 13.50 %Brix เป็น มากกว่า 53 %Brix



รูปที่ 3.9 การเพิ่มขึ้นของค่า total soluble solids เมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้น ที่สภาวะต่างๆ จากรูปที่ 3.9 จะเห็นได้ว่าค่า total soluble solids จากผลการทดลองที่ 3 เกิดความไม่แน่นอนขึ้น จึงไม่นำมาพิจารณา ซึ่งจากผลการทดลองในสภาวะที่ 1 และ 2 นั้นจะเห็นได้ว่าในสภาวะการทดลองที่ 1 ให้ค่า total soluble solids ที่ดีกว่าสภาวะการทดลองที่ 2 และยังมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลามากขึ้นอีกด้วย โดยเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างจากกะทิเริ่มต้น สภาวะที่ 1 มีความแตกต่าง 65.1% สภาวะที่ 2 มีความแตกต่าง 58.1% สภาวะที่ 3 มีความแตกต่าง 61.8%

(4) การหาค่า fat concentration ค่าเฉลี่ยของ %fat ของน้ำกะทิ ที่สภาวะการทดลองต่าง ๆ ถูกแสดงในตารางที่ 3.8 ดังนี้

ตารางที่ 3.8 ค่า fat concentration เฉลี่ยของน้ำกะทิ ที่สภาวะต่างๆ

สภาวะที่	fat concentration (%)	
	กะทิเริ่มต้น	กะทิหลังการทดลอง
1	38.33	64.30
2	38.83	52.67
3	38.50	71.83

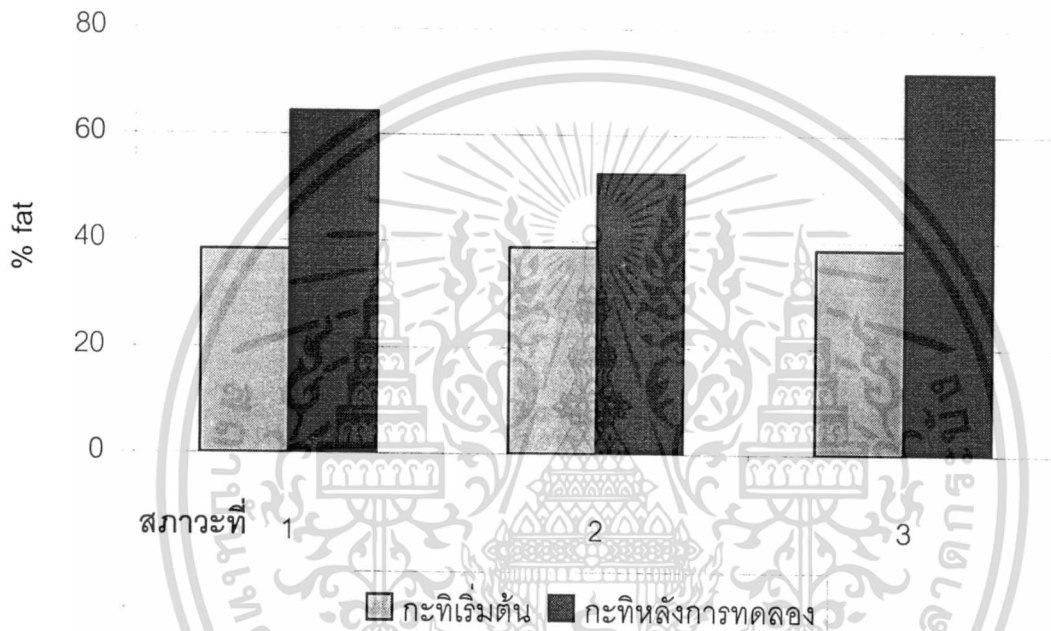
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.8 - fat concentration ของน้ำกะทิมีการเปลี่ยนแปลงไปดังนี้

สภาวะที่ 1 ความดัน 80 mmHg อุณหภูมิ 40-42 °C fat concentration ของน้ำกะทิ มีเพิ่มขึ้นจาก 38.33 เป็น 64.30 % fat

สภาวะที่ 2 ความดัน 50 mmHg อุณหภูมิ 30-35 °C fat concentration ของน้ำกะทิ มีเพิ่มขึ้นจาก 38.83 เป็น 52.67 % fat

สภาวะที่ 3 ความดัน 80 mmHg อุณหภูมิ 15-20 °C fat concentration ของน้ำกะทิ มีเพิ่มขึ้นจาก 38.50 เป็น 71.83 % fat



รูปที่ 3.10 การเปลี่ยนแปลงของ %fat ที่สภาวะต่างๆ

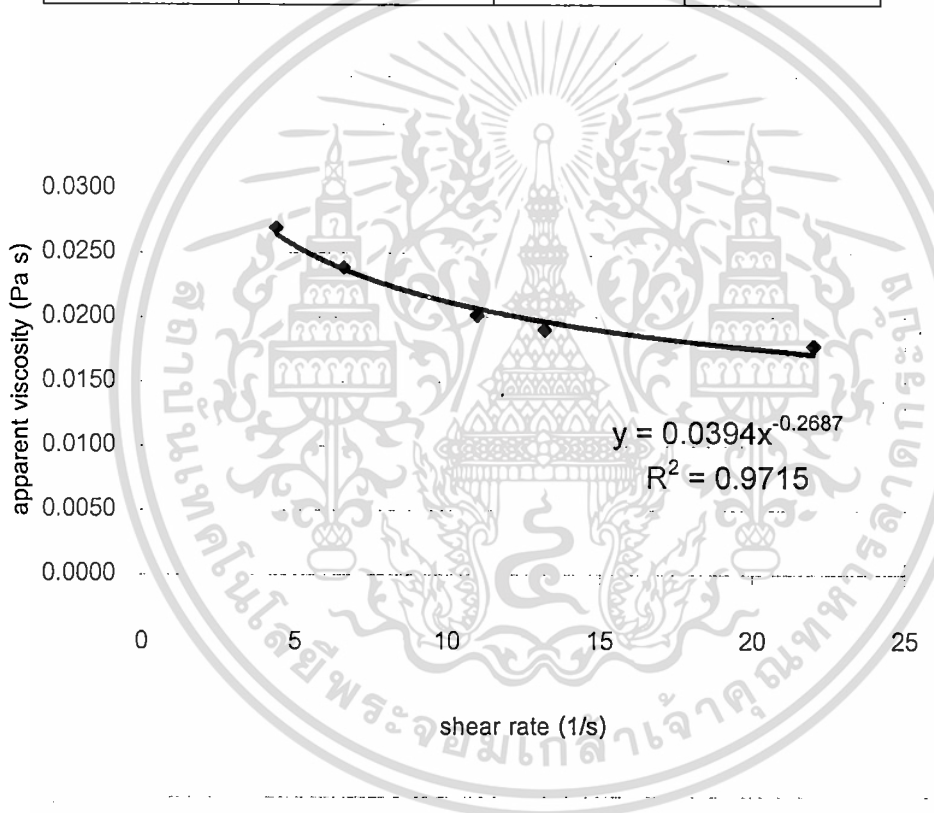
จากรูปที่ 3.10 จะเห็นได้ว่าค่า %fat จากสภาวะที่ 3 มีการเปลี่ยนแปลงไปมากที่สุดแต่เมื่อพิจารณาจากสีและความหนืดแล้ว สภาวะที่ 3 สีมักเปลี่ยนแปลงไปมาก แต่ความหนืดเปลี่ยนไปน้อยเมื่อเทียบกับสภาวะที่ 1 และ 2

- การหาค่า flow behavior index (n) และค่า consistency index (k) ของน้ำกะทิเริ่มต้น โดยนำค่า viscosity เฉลี่ยที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ของน้ำกะทิเริ่มต้นจากทั้ง 3 สภาวะการทดลองมาคำนวณดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9 ค่า apparent viscosity ที่ shear rate ต่าง ๆ

ความเร็วรอบ (rpm)	viscosity (cp) เฉลี่ยของน้ำกะทิก่อนการทดลอง	shear rate (1/s)	viscosity (pa s)
20	26.91	4.4	0.0269
30	23.82	6.6	0.0238
50	20.16	11	0.0202
60	19.05	13.2	0.0190
100	17.78	22	0.0178



รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง apparent viscosity ของน้ำกะทิเริ่มต้น กับ shear rate

จากรูปที่ 3.11 แสดงว่า น้ำกะทิเป็นของเหลวชนิด Non-Newtonian ประเภท Pseudoplastic และจากสมการในรูปที่ 3.3 ค่า consistency index (k) = 0.0394 Pa sⁿ ค่า $n - 1 = -0.2687$ เพราะฉะนั้น ค่า flow behavior index (n) = 0.7313

3.1.6 การวิเคราะห์ผลการทดลองโดยวิธีการทางสถิติ

ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของสี ได้นำค่า WICIE มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยนำค่า mean (ภาคผนวก ก.) มาทำการเปรียบเทียบโดยวิธี Independent-Samples T Test ซึ่งเป็นการไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบระหว่าง ข้อมูล 2 ชุด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของค่าสีของน้ำกะทิ ก่อนการทดลองและ จากการทดลองที่เวลาต่าง ๆ ถูกแสดงในตารางที่ 3.11 ดังนี้ (วิธีการวิเคราะห์ที่แสดงในภาคผนวก.)

ตารางที่ 3.10 ค่า mean และค่า standard deviation ของค่า WICIE และความแตกต่างของสีกะทิ ก่อนและหลังการทดลองที่ช่วงเวลาต่างๆ

สภาวะ	กะทิเริ่มต้น	เวลา(นาที)			
		30	60	90	120
P80mmHg,T40-42°C	46.54 ± 0.96	41.93 ± 0.99*	36.55 ± 0.91*	25.10 ± 0.53*	8.29 ± 0.14*
P80mmHg,T40-45°C	45.75 ± 1.16	41.83 ± 0.35*	36.92 ± 0.07*	30.07 ± 0.18*	14.60 ± 0.15*
P80mmHg,T40-45°C	47.02 ± 1.86	39.15 ± 0.39*	25.81 ± 1.55*	- 2.16 ± 0.53*	- 58.22 ± 3.61*

* หมายถึง สีของกะทิเกิดความแตกต่างจากสีของกะทิเริ่มต้น ที่ความน่าเชื่อถือมากกว่า 95% (ภาคผนวก)

จากตาราง จะเห็นได้ว่าเกิดความแตกต่างระหว่างสีของน้ำกะทิเริ่มต้น กับน้ำกะทิที่ผ่านกระบวนการทำระเหย โดยที่เวลาผ่านไป 30 นาที กะทิก็มมีการเปลี่ยนสีไปจากเดิมแล้วไม่ว่าจะเป็นที่สภาวะใด ๆ ก็ตาม

จากข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำกะทิที่ได้ทำการทดลองมาทั้งหมด จึงสรุปได้ว่า สภาวะที่ดีที่สุดที่เครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศเครื่องนี้สามารถทำได้คือ การระเหยที่สภาวะความดัน 80 mmHg, อุณหภูมิ 40-42 °C จึงใช้สภาวะการทดลองนี้ในการทดลองเพื่อหาเปอร์เซ็นต์น้ำที่ระเหยไป

3.2 การทดลองเพื่อหาเปอร์เซ็นต์น้ำที่ระเหยไปและอัตราการระเหยจากน้ำกะทิโดยใช้สภาวะที่ดีที่สุดในการทำระเหย

3.2.1 วัตถุประสงค์

เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่ระเหยไป อัตราการระเหย และคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำกะทิ ที่สภาวะที่ดีที่สุดที่เครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นจะสามารถทำได้ คือ ที่ความดัน 80 mmHg, อุณหภูมิ 40-42 °C

3.2.2 วัสดุและอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารใช้วัสดุและอุปกรณ์เช่นเดียวกันกับ หัวข้อ 3.1.2 นี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 วิธีการทดลอง

- ทำการทดลองที่สภาวะ ความดัน 80 mmHg อุณหภูมิ 40-42 °C

(1) เตรียมตัวอย่างน้ำกะทิ (หัวกะทิ) 5 ลิตร สำหรับการทดลอง

(2) ทำการวัดคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำกะทิเริ่มต้น คือ

- วัดค่าสีของน้ำกะทิโดยเครื่อง Color meter
- วัดค่าความหนืดของน้ำกะทิโดยเครื่อง Rotational Viscometer
- วัดค่า total soluble solids ของน้ำกะทิโดยเครื่อง Refractometer
- วัดค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันของน้ำกะทิโดยวิธี Gerber Method

(3) เทกะทิ 5 l ลงในเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่า

บรรยากาศ

(4) แยกส่วนถังของเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่า

บรรยากาศ ไปชั่งน้ำหนัก แล้วบันทึกผล แล้วติดตั้งกลับที่เดิม

(5) ให้ความร้อนแก่น้ำกะทิโดย Heater พร้อมกับ เริ่มหมุนใบกวนที่ความเร็วรอบ 10 รอบ/นาที จนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำกะทิสูงขึ้นจนถึง 40 °C

(6) เริ่มทำการดูดอากาศออกจากถังเพื่อลดความดัน จนความดันภายในถังอยู่ที่ 80 mmHg

(7) เริ่มจับเวลาจนครบ 120 นาที หรือ 2 ชั่วโมง โดยไม่มีการนำตัวอย่างน้ำกะทิ ออกจากถังเพื่อทำการวัดค่าคุณสมบัติทางกายภาพแต่อย่างใด ทุกๆ 15 นาที หยุดใบกวน อ่านระดับ น้ำกะทิและบันทึกผล

(8) แยกส่วนถังของเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่า บรรยากาศไปชั่งน้ำหนัก แล้วบันทึกผล

(9) ทำการวัดคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำกะทิหลังการทดลอง

(10) บันทึกค่าคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำกะทิ

3.2.4 ผลการทดลอง เปอร์เซ็นต์น้ำที่ระเหยไปและอัตราการระเหย

การหาเปอร์เซ็นต์น้ำที่หายไปสามารถหาได้จาก การวัดระดับน้ำกะทิที่เหลือในถัง หรือจาก น้ำหนักที่หายไป โดยจะแสดงวิธีหาทั้ง 2 แบบ คือ

(1) หากจากการวัดระดับน้ำกะทิในถังที่เวลาต่าง ๆ โดยในเบื้องต้นได้ทำการหา ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณน้ำกะทิกับระดับน้ำกะทิในถัง ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

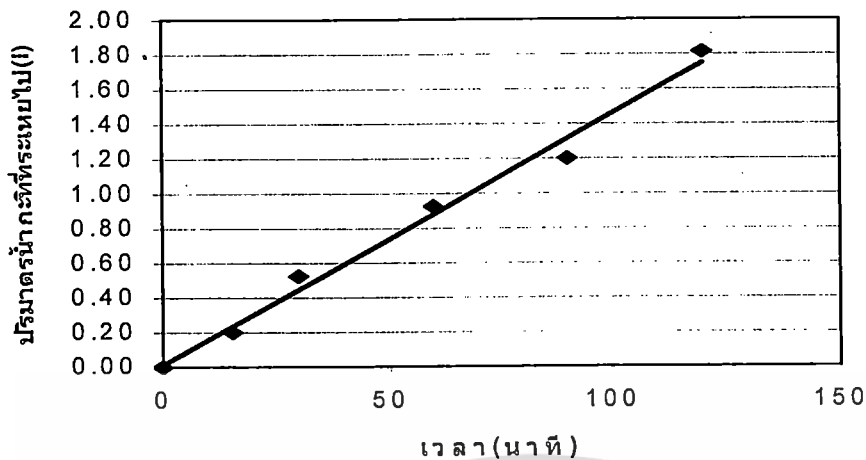
ตารางที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณน้ำกะทิกับระดับน้ำกะทิในถัง

ปริมาณน้ำกะทิ (l)	ระดับน้ำกะทิในถัง (cm)
1	3
2	4.8
3	6.3
4	7.8
5	9.05

ตารางที่ 3.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง ระดับน้ำกะทิในถัง กับปริมาณของ น้ำกะทิที่ระเหยไปที่เวลาต่างๆ

เวลา (นาที)	ระดับน้ำกะทิ (cm)	ปริมาตร (l)	ปริมาณน้ำกะทิที่ระเหยไป (l)
0	9.05	5.00	0.00
15	8.8	4.80	0.20
30	8.4	4.48	0.52
60	7.9	4.08	0.92
90	7.5	3.80	1.20
120	6.59	3.19	1.81

จากตารางที่ 3.12 ที่เวลา 2 ชั่วโมง น้ำกะทิมีปริมาตร 3.33 ลิตร จากปริมาตรเริ่มต้น 5 ลิตร น้ำกะทิ หายไป 1.81 ลิตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำกะทิที่หายไปได้เท่ากับ 36.2 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 3.12 ปริมาณน้ำกะทิที่ระเหยไปเทียบกับเวลา

(2) หากจากน้ำหนักน้ำกะทิที่หายไป โดยทำการชั่งน้ำหนักตั้งรวมกับน้ำกะทีก่อน และหลังการทดลองแล้วคำนวณหาปริมาณน้ำกะทิที่หายไปได้ ดังนี้ เนื่องจากสิ่งที่ระเหยไปคือน้ำ จึงต้องใช้ค่าความหนาแน่นของน้ำมาคำนวณ

- น้ำหนักตั้ง + น้ำกะทีก่อนการทดลอง 20.11 kg

- น้ำหนักตั้ง + น้ำกะทิหลังการทดลอง 18.31 kg

- คิดเป็นน้ำหนักน้ำกะทิที่หายไป 1.8 kg

- ค่าความหนาแน่นของน้ำ โดยประมาณ 1 kg/l

นำค่าความหนาแน่นของน้ำ หาค่ากับ น้ำหนักน้ำกะทิที่หายไป $1.8 / 1 = 1.8$ (ลิ) คิดเป็น

เปอร์เซ็นต์น้ำที่ระเหย $\frac{1.8}{5} \times 100 = 36\%$

คิดอัตราการระเหยจาก ใช้เวลาน้ำการทำการระเหย 2 ชั่วโมง น้ำกะทิหายไปประมาณ 1.81 ลิตร เพราะฉะนั้น อัตราการระเหยมีค่าเท่ากับ 0.91 ลิตร ต่อ ชั่วโมง

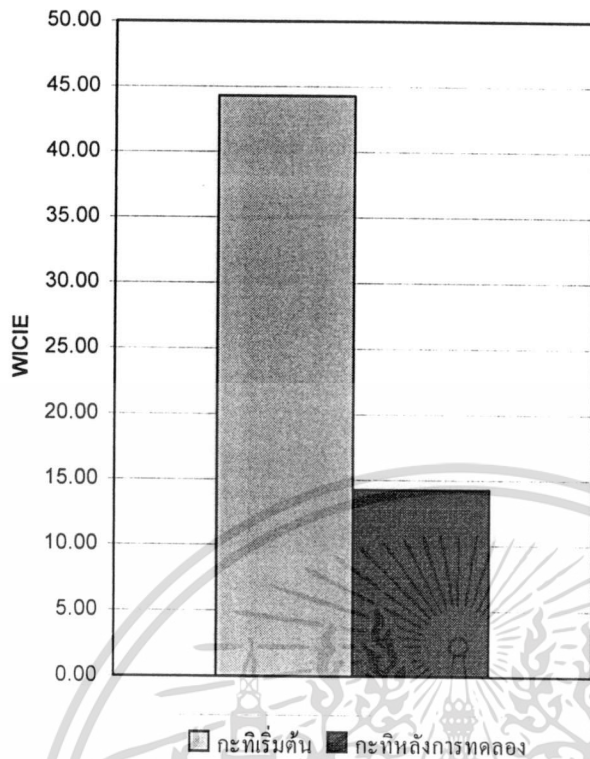
3.2.5 ผลการทดลอง ลักษณะทางกายภาพของน้ำกะทิ

(1) สี ค่าเฉลี่ยของค่า WICIE ของน้ำกะทีก่อนและหลังการทดลอง ถูกแสดงใน ตารางที่ 3.12 ดังนี้

ตารางที่ 3.13 การเปรียบเทียบค่าสี ของน้ำกะทีก่อนและหลังการทดลอง

น้ำกะทิ	L*	a*	b*	DE*	ค่าเฉลี่ย WICIE
เริ่มต้น	88.36	-0.41	5.90		44.28
หลังการทดลอง	83.02	-0.36	9.41	7.04	14.27
% ความแตกต่าง	6.04%	13.89%	37.3%		67.77%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ค่า WICIE ของน้ำกะทีก่อนและหลังการทดลอง

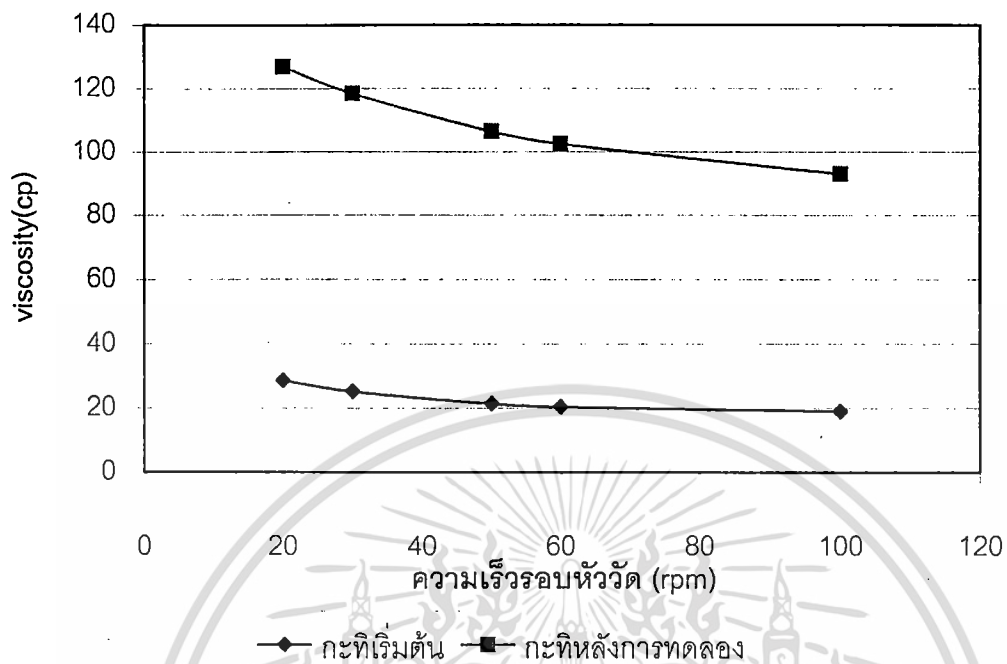
จากรูปที่ 3.12 ค่า WICIE ของน้ำกะทีก่อนการเปลี่ยนแปลงจาก 44.28 ไปเป็น 14.27 คิดเป็น 67.77%

(2) ความหนืด (viscosity) ค่า viscosity เหนือของน้ำกะทีก่อนและหลังการทดลอง แสดงในตารางที่ 3.13 ดังนี้

ตารางที่ 3.14 การเปรียบเทียบค่า Viscosity ของน้ำกะทีก่อนและหลังการทดลอง

ความเร็วรอบ (rpm)	Viscosity (cp)	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
20	28.44	126.93
30	25.16	118.47
50	21.46	106.47
60	20.38	102.51
100	18.96	92.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ค่า Viscosity ของน้ำกะทีก่อนและหลังการทดลองที่ความเร็วรอบต่างๆ

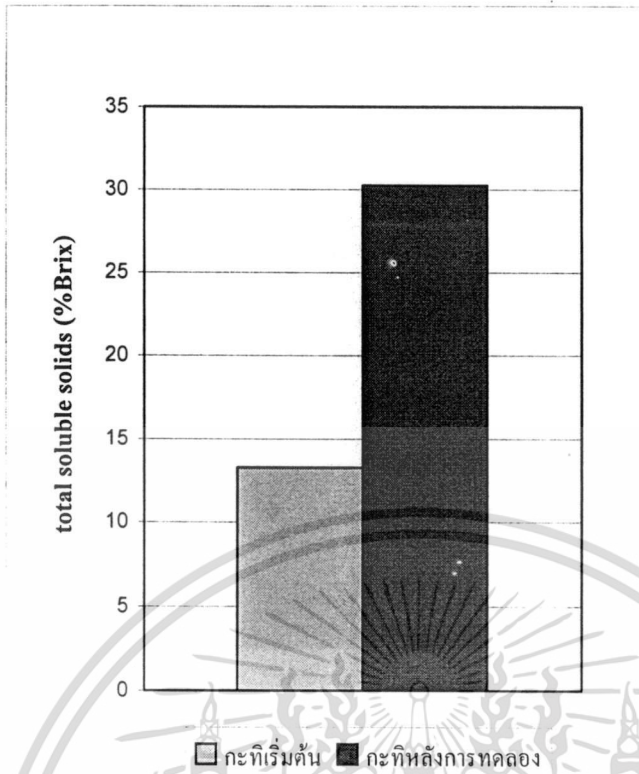
จากรูปที่ 3.14 ที่ความเร็วรอบหัววัด 100 rpm ค่า Viscosity เปลี่ยนแปลงจาก 18.96 ไปเป็น 92.99 cp คิดเป็น 79.61 %

(3) total soluble solids ค่าเฉลี่ยของ total soluble solids ของน้ำกะทีก่อนและหลังการทดลอง แสดงในตารางที่ 3.15 ดังนี้

ตารางที่ 3.15 การเปรียบเทียบค่า total soluble solids ของน้ำกะทีก่อนและหลังการทดลอง

	total soluble solids (%Brix)
น้ำกะทิเริ่มต้น	13.28
น้ำกะทิจนหลังการทดลอง	30.27
% ความแตกต่าง	56.13%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 ค่า total soluble solids ของน้ำกะทีก่อนและหลังการทดลอง

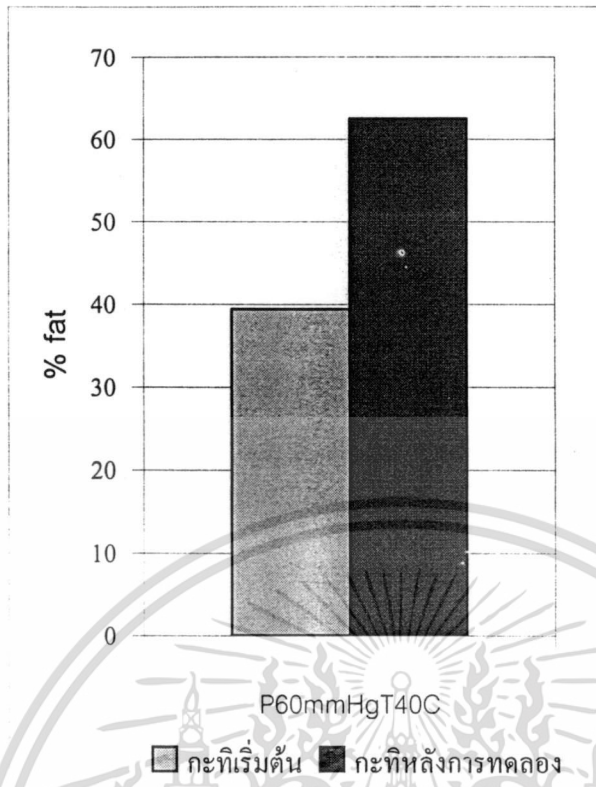
จากรูปที่ 3.15 ค่า total soluble solids มีการเปลี่ยนจาก 13.28 เป็น 30.27 %Brix คิดเป็น

56.13 %

ตารางที่ 3.16 ค่า fat concentration ของน้ำกะทีก่อนและหลังการทดลอง

สภาวะที่	fat concentration (%)	
	กะทิเริ่มต้น	กะทิล้นการทดลอง
P80mmHg, T40-42°C	39.42	62.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ค่า %fat ก่อนและหลังการทดลอง

จากรูปที่ 3.16 ค่า fat concentration ของน้ำกะทิจึงมีการเปลี่ยนแปลงจาก 39.42 ไปเป็น 62.5 % คิดเป็น 36.92 %

(4) fat concentration ค่าเฉลี่ยของ %fat ของน้ำกะทีก่อนและหลังการทดลอง แสดงในตารางที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

สรุป และ วิจารณ์ผล

4.1 สรุปเกี่ยวกับชุดเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

ในการทำน้ำกะทิเข้มข้นแต่ละครั้งสามารถใส่น้ำกะทิเริ่มต้นครั้งละ 5 l มอเตอร์สามารถทำความเร็วในการหมุนใบกวนได้ที่ความเร็วรอบ 5, 10 และ 50 rpm ฮีตเตอร์ที่ให้ความร้อนแก่ระบบมีขนาดกำลังไฟ 1000 W ปัมสุญญากาศยี่ห้อ MAKASHI รุ่น FY-1.5A สามารถลดความดันได้ตั้งแต่ 760 – 40 mmHg ความเร็วในการดูดอากาศ 4.5 m³/hr หรือ 2 ft³/min มอเตอร์ขนาด ¼ HP ชุดCondenser มีอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น 5 l/min น้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิ 1-3 °C มีพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน 0.248 m²

ในการทำงานของเครื่องสามารถที่จะปรับใช้ความเร็วรอบของใบกวน ปรับค่าความร้อนที่ให้แก่ระบบ และปรับความดันในการทำงาน ให้เหมาะสมกับสภาวะที่กำหนดตามสมรรถนะของเครื่องที่สามารถจะทำได้

ในบางครั้งที่ระบบไม่สามารถทำความดันให้เหลือ 40 mmHg อาจจะเป็นเพราะว่าเกิดการรั่วของอากาศเข้ามาในระบบ ผู้ปฏิบัติงานควรที่จะทำการตรวจสอบจุดต่อต่างๆของระบบ และขันน็อตหรือสกรูให้แน่นก็จะสามารถแก้ปัญหาได้

4.2 สรุปผลการทดลอง

4.2.1 ค่า n และค่า k ของน้ำกะทิเริ่มต้น

ค่า consistency index (k) = 0.0394 Pa sⁿ ค่า flow behavior index (n) = 0.7313

น้ำกะทิเป็นของเหลวชนิด Non-Newtonian ประเภท Pseudoplastic

4.2.2 การทดลองโดยใช้สภาวะที่ดีที่สุดในการทำระเหย

จากการทดลองโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่เครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศเครื่องนี้ จะสามารถทำได้ ระยะเวลาในการทำระเหย 2 ชั่วโมง ที่สภาวะการทดลอง ความดัน 80 mmHg อุณหภูมิ 40-42 °C

- เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่ระเหยไป 36.2 % โดยปริมาตร
- อัตราการระเหย 0.91 l/hr
- ค่าสีของน้ำกะทิมีการเปลี่ยนแปลงไป ดังนี้

L* เปลี่ยนจาก 88.36 ที่น้ำกะทิเริ่มต้น เป็น 83.02 ที่น้ำกะทิตั้งการทดลอง

a* เปลี่ยนจาก -0.41ที่น้ำกะทิเริ่มต้น เป็น -0.36 ที่น้ำกะทิตั้งการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่งานปฐมนิเทศใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b* เปลี่ยนจาก 5.90 ที่น้ำกะทิเริ่มต้น เป็น 9.41 ที่น้ำกะทิล้างการทดลอง
DE* มีค่าเท่ากับ 7.04

WICIE เปลี่ยนจาก 44.28 ที่น้ำกะทิเริ่มต้น เป็น 14.27 ที่น้ำกะทิล้างการทดลอง

- ความหนืด (viscosity) มีการเปลี่ยนแปลงไป โดยจะแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดที่
ความเร็วรอบ 100 rpm เพราะว่า ความหนืดเริ่มมีค่าคงที่

ความหนืดของน้ำกะทิเพิ่มจาก 18.96cp เป็น 92.99 cp ที่ 100 rpm

- total soluble solidsของน้ำกะทิ มีการเปลี่ยนแปลงไปดังนี้

total soluble solidsของน้ำกะทิเพิ่มขึ้นจาก 13.28 %Brix ไปเป็น30.27 %Brix

- fat concentration ของน้ำกะทิมมีการเปลี่ยนแปลงไปดังนี้

fat concentration ของน้ำกะทิมเพิ่มขึ้นจาก 39.42 เป็น 62.5 % fat

4.3 ข้อเสนอแนะ

4.3.1 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับ ชุดเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่า
บรรยากาศ

(1) ในการออกแบบชุดดังกล่าว การใช้งานยังมีความยุ่งยากในการถอดประกอบ และ
การล้างทำความสะอาดจำเป็นต้องถอดยกชุดถังออกและถอดฮีตเตอร์ จึงควรที่จะปรับปรุงและ
แก้ไขลักษณะการจับยึดของถังให้มีการถอดและประกอบได้สะดวกขึ้น

(2) เนื่องจากตัวเครื่องนั้นมีการประกอบจากหลายชิ้นส่วน ทำให้มีจุดต่อของ
ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นหลายจุด เช่น ฝาอุดด้ายถังด้านบน ฝาหน้าและฝาลังของตัวเครื่อง วาล์วน้ำกะทิ
ออก เป็นต้น จึงทำให้อาจจะเกิดการรั่วของอากาศเข้าสู่ระบบได้ง่าย จึงควรลดการต่อของชิ้นส่วน
ลงและปรับปรุงจุดต่อต่างๆให้สามารถป้องกันการรั่วและบริเวณข้อต่อสายอากาศควรปรับปรุงให้
ถอด-ต่อ ได้สะดวกขึ้น

(3) การให้ความร้อนของฮีตเตอร์แก่ระบบ ยังไม่สามารถที่จะกำหนดอุณหภูมิได้
ตามที่ต้องการเพราะฮีตเตอร์มีกำลังวัตต์ไม่เพียงพอ จึงควรที่จะเพิ่มขนาดกำลังวัตต์ของฮีตเตอร์
เพิ่มพื้นที่ของฮีตเตอร์ให้สัมผัสกับถังให้มากขึ้นอีกและควรที่จะมีการหุ้มฉนวนฮีตเตอร์เพื่อป้องกัน
อันตรายจากความร้อนของฮีตเตอร์ขณะปฏิบัติงาน

(4) เนื่องจากไม่สามารถที่จะคุมอุณหภูมิของน้ำเย็นในระบบคอนเดนเซอร์ให้คงที่
ตลอดเวลาจึงส่งผลต่อประสิทธิภาพของคอนเดนเซอร์ ควรที่จะปรับปรุงชุดการทำน้ำเย็นเพื่อรักษา
อุณหภูมิของน้ำเข้าให้คงที่ และแก้ไขทางระบายน้ำ Condensate ให้สามารถทำได้สะดวกขึ้น

ภาคผนวก

ตารางแสดงการคำนวณทางสถิติของค่า WICIE โดยใช้โปรแกรม SPSS

โดยการวิเคราะห์จะเป็นการเปรียบเทียบระหว่าง ค่า WICIE ของน้ำกะทิเริ่มต้น กับค่า WICIE ของน้ำกะทิที่ผ่านกระบวนการทำระเหยที่เวลาต่าง ๆ ทั้ง 3 สภาวะที่ทำการทดลอง (ภาคผนวก ค)

วิธีการวิเคราะห์ความแตกต่างของสีจากตาราง

โดยผลการวิเคราะห์จะบอกเพียงว่ามีความแตกต่างของสีหรือไม่ โดยให้พิจารณาจากตาราง Independent Samples Test ดูที่ค่า Sig. ของ F ในคอลัมน์ Levene's Test for Equality of Variances ถ้าค่า sig. ของ $F < 0.05$ เลือกดูค่า t จากคอลัมน์ t-test for Equality of Means ตัวล่าง ถ้าค่า sig. ของ $F > 0.05$ เลือกดูค่า t จากคอลัมน์ t-test for Equality of Means ตัวด้านบน จากนั้นพิจารณาค่า Sig. (2-tailed) ของ t อีกครั้ง ถ้าค่า Sig. (2-tailed) ของ $t < 0.05$ แสดงว่า ต่างกัน ถ้าค่า Sig. (2-tailed) ของ $t > 0.05$ แสดงว่า ไม่ต่างกัน

ส่วนตาราง Group Statistics จะใช้ค่า Mean กับค่า Std. Deviation เพื่อนำมาทำเป็นตารางแสดงผลการวิเคราะห์

การกำหนดตัวแปร

time หมายถึง เวลาในการทำระเหย

wi หมายถึง ค่า WICIE ของน้ำกะทิเริ่มต้นและน้ำกะทิจากการทดลองที่เวลาต่างๆ

ตาราง 1 การทดลองสภาวะที่ 1 ความดัน 80 mmHg, อุณหภูมิ 40-42 °C

เปรียบเทียบระหว่างกะทิเริ่มต้น กับ น้ำกะทิจากการทดลองที่เวลาผ่านไป 30 นาที

Group Statistics

	time	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
wi	0	3.00	46.54	0.96	0.55
	30.00	3.00	41.93	0.99	0.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
wi Equal variances assumed	0.0002	0.99	5.80	4.00	0.004	4.61	0.80	2.40	6.82
wi Equal variances not assumed			5.80	4.00	0.004	4.61	0.80	2.40	6.82

เปรียบเทียบระหว่างกะที่เริ่มต้น กับ น้ำกะที่จากการทดลองที่เวลาผ่านไป 60 นาที

Group Statistics

	time	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
wi	0	3.00	46.54	0.96	0.55
	60.00	3.00	36.55	0.91	0.53

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
wi Equal variances assumed	0.02	0.89	13.09	4.00	0.0002	9.99	0.76	7.87	12.11
wi Equal variances not assumed			13.09	3.99	0.0002	9.99	0.76	7.87	12.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบระหว่างกะที่เริ่มต้น กับ น้ำกะทิจากการทดลองที่เวลาผ่านไป 90 นาที

Group Statistics

	time	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
wi	0	3.00	46.54	0.96	0.55
	90.00	3.00	25.10	0.53	0.30

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper	
wi	Equal variances assumed	0.74	0.44	33.98	4.00	0.000004	21.44	0.63	19.68	23.19
	Equal variances not assumed			33.98	3.10	0.00004	21.44	0.63	19.47	23.41

เปรียบเทียบระหว่างกะที่เริ่มต้น กับ น้ำกะทิจากการทดลองที่เวลาผ่านไป 120 นาที

Group Statistics

	time	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
wi	1.00	3.00	46.54	0.96	0.55
	120.00	3.00	8.29	0.14	0.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
wi	Equal variances assumed	3.82	0.12	68.46	4.00	0.000000	38.25	0.56	Lower	Upper
	36.70			39.80						
	Equal variances not assumed			68.46	2.08	0.00016	38.25	0.56	35.94	40.57

ตาราง 2 การทดลองสภาวะที่ 2 ความดัน 50 mmHg, อุณหภูมิ 30-35 °C
เปรียบเทียบระหว่างกะที่เริ่มต้น กับ น้ำกะที่จากการทดลองที่เวลาผ่านไป 30 นาที

Group Statistics

time	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	
wi	0	3.00	45.75	1.16	0.67
	30.00	3.00	41.83	0.35	0.20

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
wi	Equal variances assumed	2.99	0.16	5.59	4.00	0.01	3.92	0.70	Lower	Upper
	1.97			5.87						
	Equal variances not assumed			5.59	2.36	0.02	3.92	0.70	1.30	6.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์บุรีรัมย์ ขอสงวนไว้สำหรับงานวิจัยและการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบระหว่างกะที่เริ่มต้น กับ น้ำกะที่จากการทดลองที่เวลาผ่านไป 60 นาที

Group Statistics

	time	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
wi	0	3.00	45.75	1.16	0.67
	60.00	3.00	36.92	0.07	0.04

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper	
wi	Equal variances assumed	5.86	0.07	13.13	4.00	0.00	8.83	0.67	6.96	10.70
	Equal variances not assumed			13.13	2.01	0.01	8.83	0.67	5.96	11.70

เปรียบเทียบระหว่างกะที่เริ่มต้น กับ น้ำกะที่จากการทดลองที่เวลาผ่านไป 90 นาที

Group Statistics

	time	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
wi	0	3.00	45.75	1.16	0.67
	90.00	3.00	30.07	0.18	0.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
wi									Lower	Upper
	Equal variances assumed	4.62	0.10	23.09	4.00	2.09E-05	15.68	0.68	13.80	17.57
	Equal variances not assumed			23.09	2.09	0.001479	15.68	0.68	12.88	18.48

เปรียบเทียบระหว่างกะที่เริ่มต้น กับ น้ำกะที่จากการทดลองที่เวลาผ่านไป 120 นาที

Group Statistics

	time	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
wi	0	3.00	45.75	1.16	0.67
	120.00	3.00	14.60	0.15	0.09

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
wi									Lower	Upper
	Equal variances assumed	5.05	0.09	46.01	4.00	0.00	31.15	0.68	29.27	33.03
	Equal variances not assumed			46.01	2.07	0.00	31.15	0.68	28.32	33.97

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.3 การทดลองสภาวะที่ 3 ความดัน 40 mmHg, อุณหภูมิ 15-20 °C

เปรียบเทียบระหว่างกะที่เริ่มต้น กับ น้ำกะที่จากการทดลองที่เวลาผ่านไป 30 นาที

Group Statistics

	time	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
wi	0	3.00	47.02	1.86	1.07
	30.00	3.00	39.15	0.39	0.22

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
wi	Equal variances assumed	9.41	0.04	7.19	4.00	0.00	7.87	1.09	4.83	10.90
	Equal variances not assumed			7.19	2.17	0.01	7.87	1.09	3.50	12.23

เปรียบเทียบระหว่างกะที่เริ่มต้น กับ น้ำกะที่จากการทดลองที่เวลาผ่านไป 60 นาที

Group Statistics

	time	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
wi	0	3.00	47.02	1.86	1.07
	60.00	3.00	25.81	1.55	0.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
wi	Equal variances assumed	0.37	0.58	15.19	4.00	0.00	21.21	1.40	17.33	25.08
	Equal variances not assumed			15.19	3.88	0.00	-21.21	1.40	17.28	25.13

เปรียบเทียบระหว่างกะที่เริ่มต้น กับ น้ำกะที่จากการทดลองที่เวลาผ่านไป 90 นาที

Group Statistics

	time	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Wi	0	3.00	47.02	1.86	1.07
	90.00	3.00	-2.16	0.53	0.30

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
wi	Equal variances assumed	7.23	0.05	44.17	4.00	1.57E-06	49.18	1.11	46.09	52.27
	Equal variances not assumed			44.17	2.32	0.00	49.18	1.11	44.96	53.39

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบระหว่างกะที่เริ่มต้น กับ น้ำกะที่จากการทดลองที่เวลาผ่านไป 120 นาที

Group Statistics

	time	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
wi	0	3.00	47.02	1.86	1.07
	120.00	3.00	-58.22	3.61	2.09

Independent Samples Test

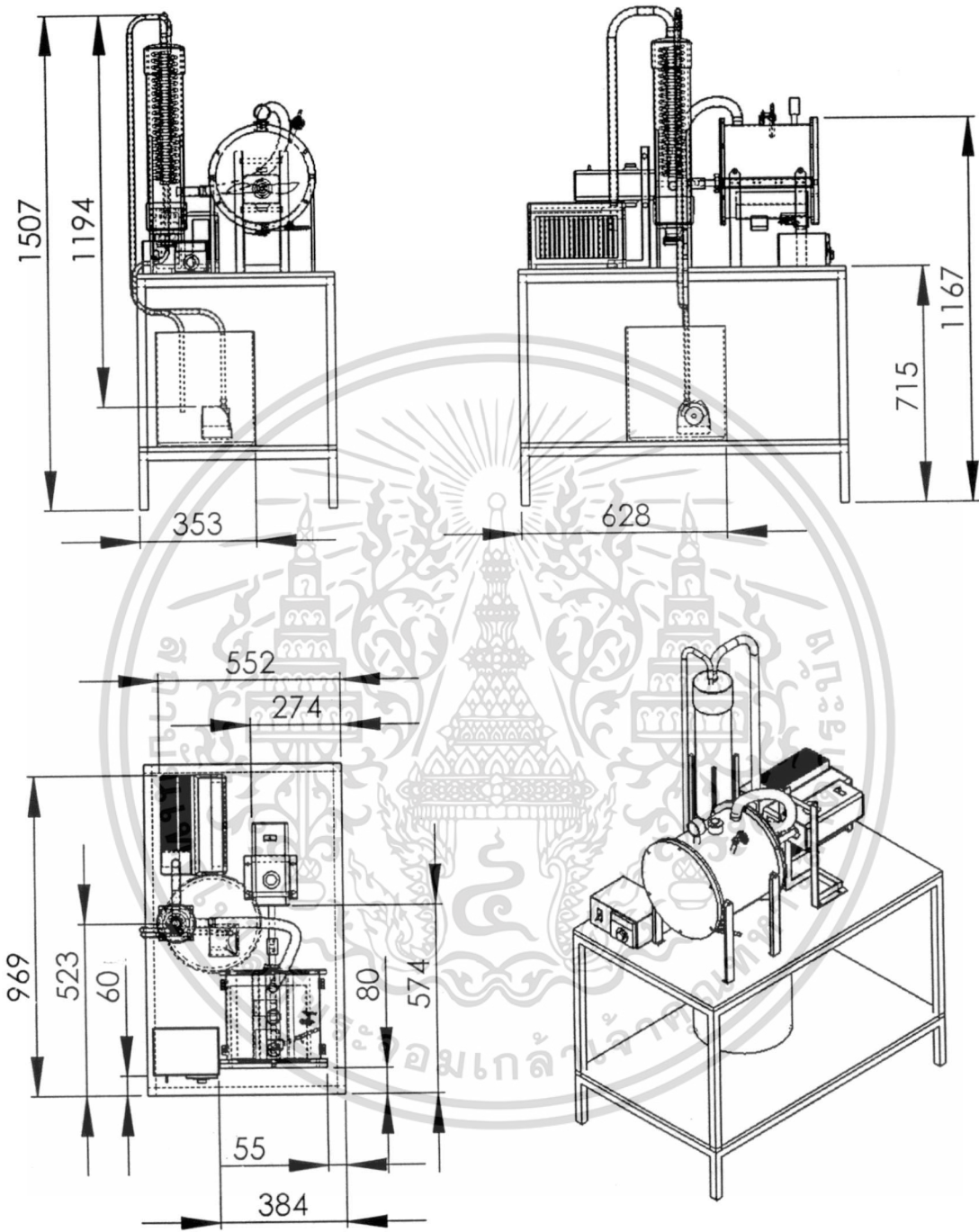
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper	
wi	Equal variances assumed	1.92	0.24	44.87	4.00	1.47E-06	105.24	2.35	98.73	111.75
	Equal variances not assumed			44.87	2.99	0.00	105.24	2.35	97.75	112.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้น
แบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.6 แบบเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

Faculty of Engineering

Agricultural Engineering

แบบเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

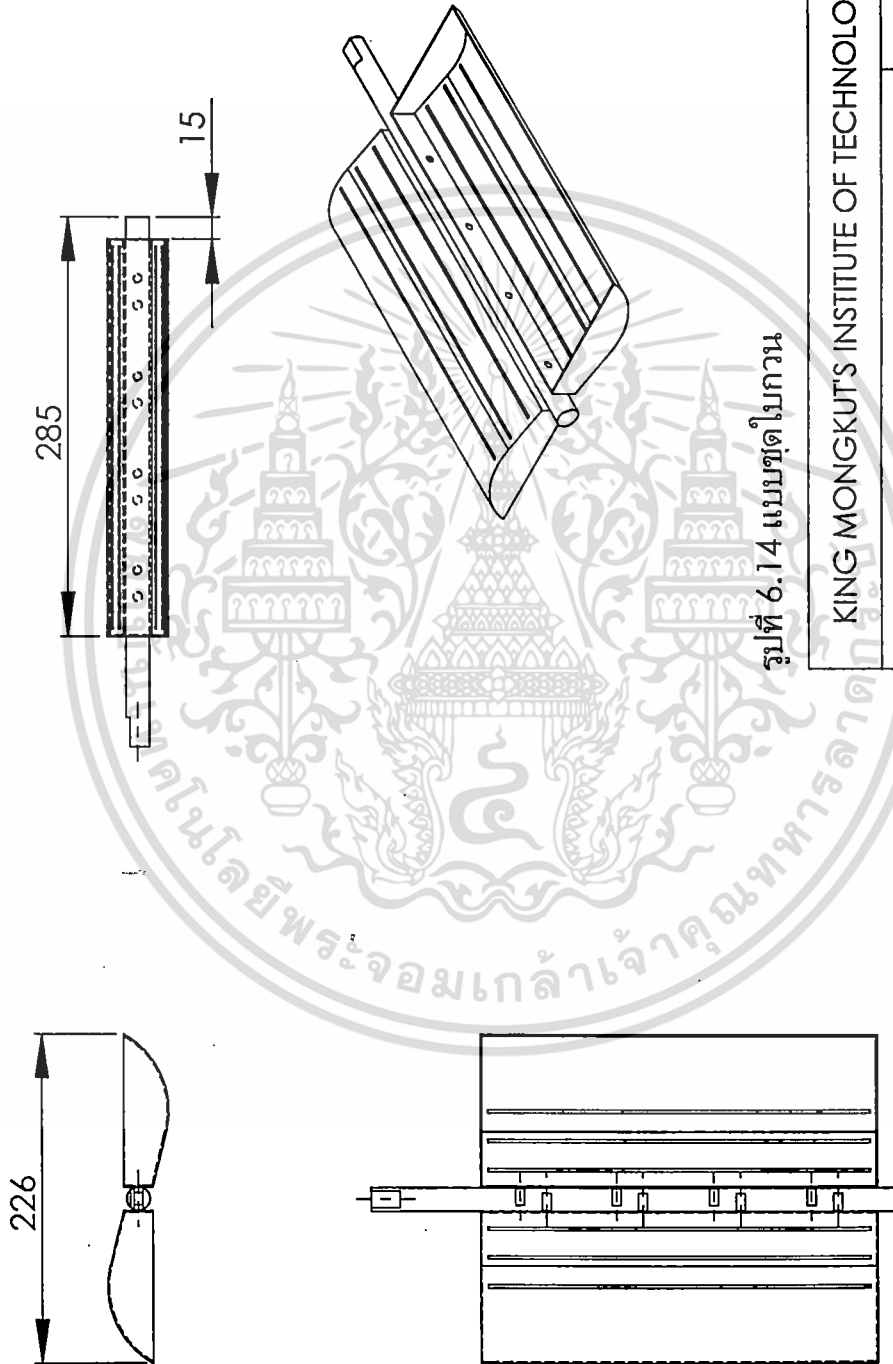
No.

Concentrated Coconut Milk Project

Scale:1:20

Date:3/17/2006

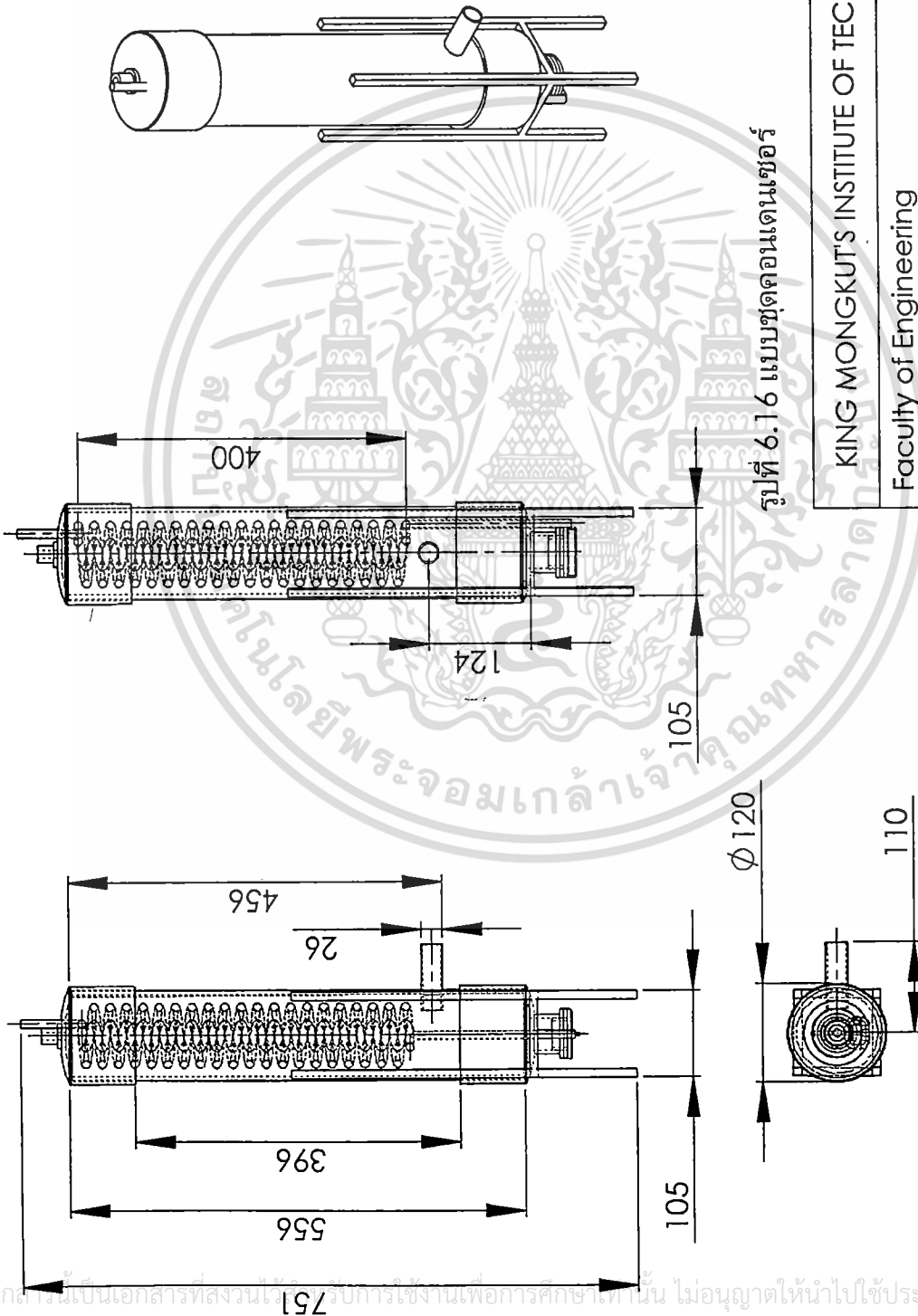
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
 ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงที่มาของเอกสารนี้



รูปที่ 6.14 แบบชุดไมกาน

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG	
Faculty of Engineering	Agricultural Engineering
แบบชุดไมกาน	
Concentrated Coconut Milk Project	Scale: 1:1
	Date: 3/17/2006
No.	

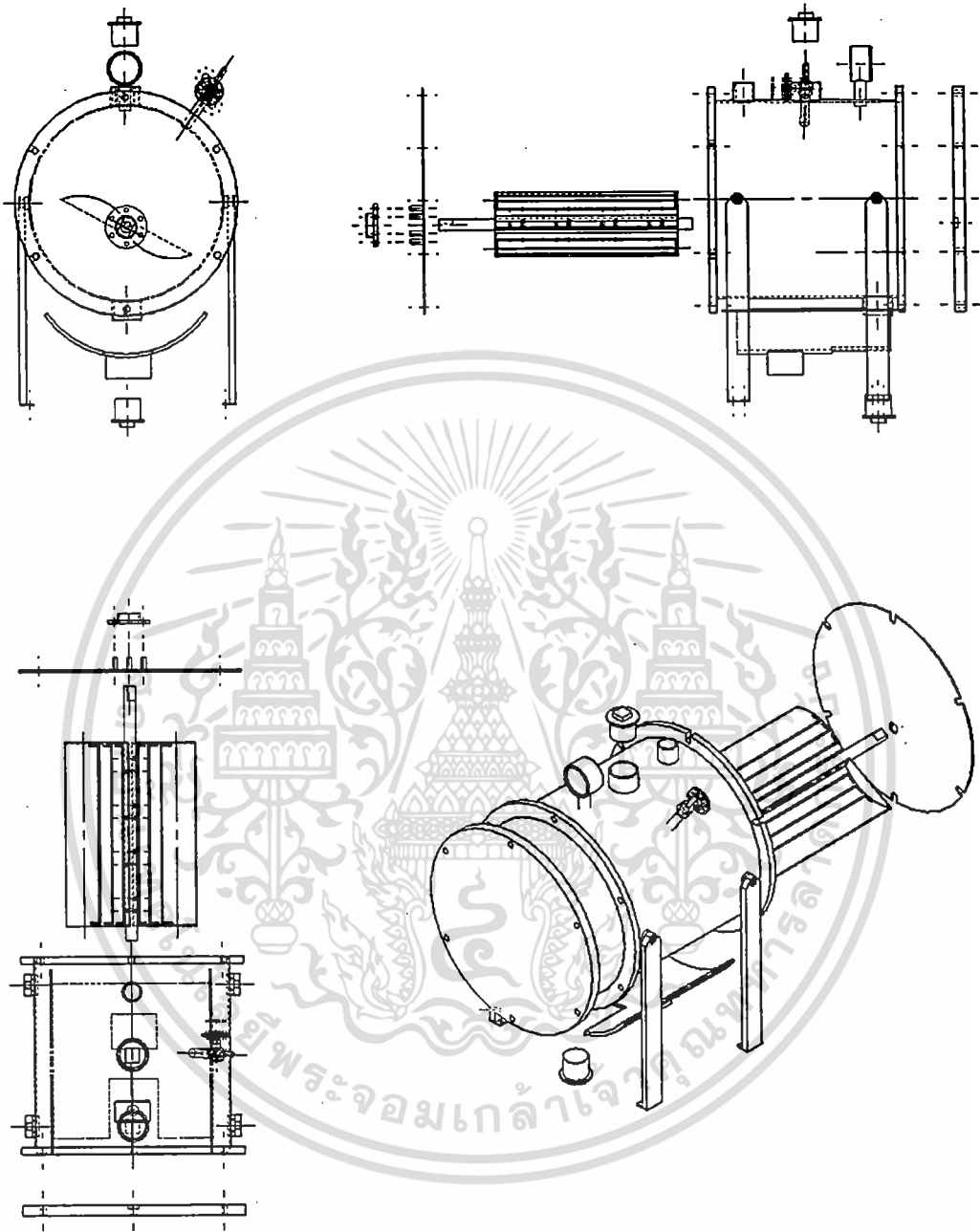
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.16 แบบชุดเดนเนเจอร์

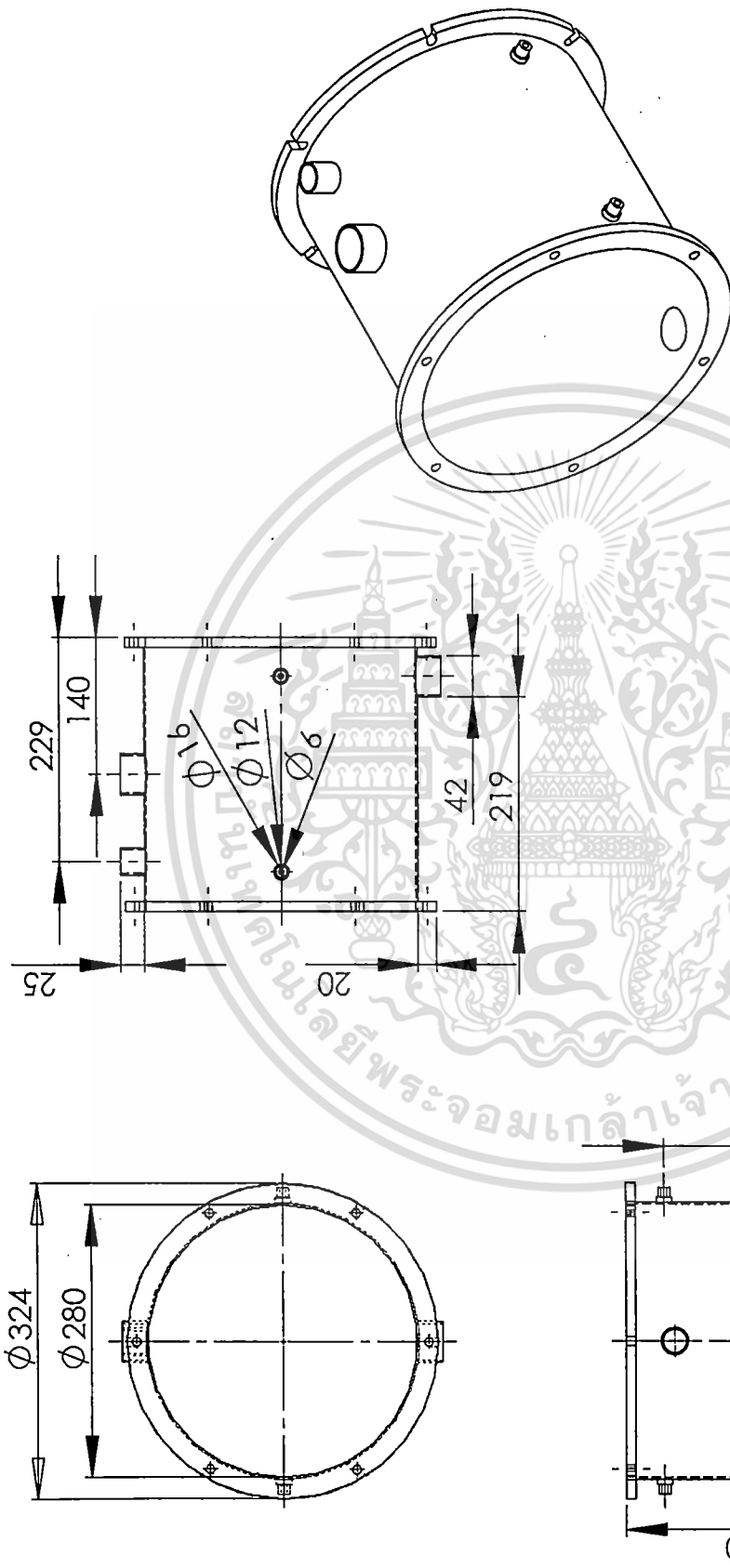
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG		No.
Faculty of Engineering	Agricultural Engineering	
แบบชุดเดนเนเจอร์		Scale: 1:1
Concentrated Coconut Milk Project		
		Date: 3/17/2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 751
 556
 396
 456
 26
 105
 124
 400
 105
 110
 120



รูปที่ 6.7 แบบส่วนประกอบชุดถังสุญญากาศ

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG		
Faculty of Engineering		Agricultural Engineering
แบบส่วนประกอบชุดถังสุญญากาศ		No.
Concentrated Coconut Milk Project		
Scale: 1:1		Date: 3/17/2006
Date: 3/17/2006		



รูปที่ 6.8 แบบถังสูญญากาศ

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

Faculty of Engineering

Agricultural Engineering

แบบถังสูญญากาศ

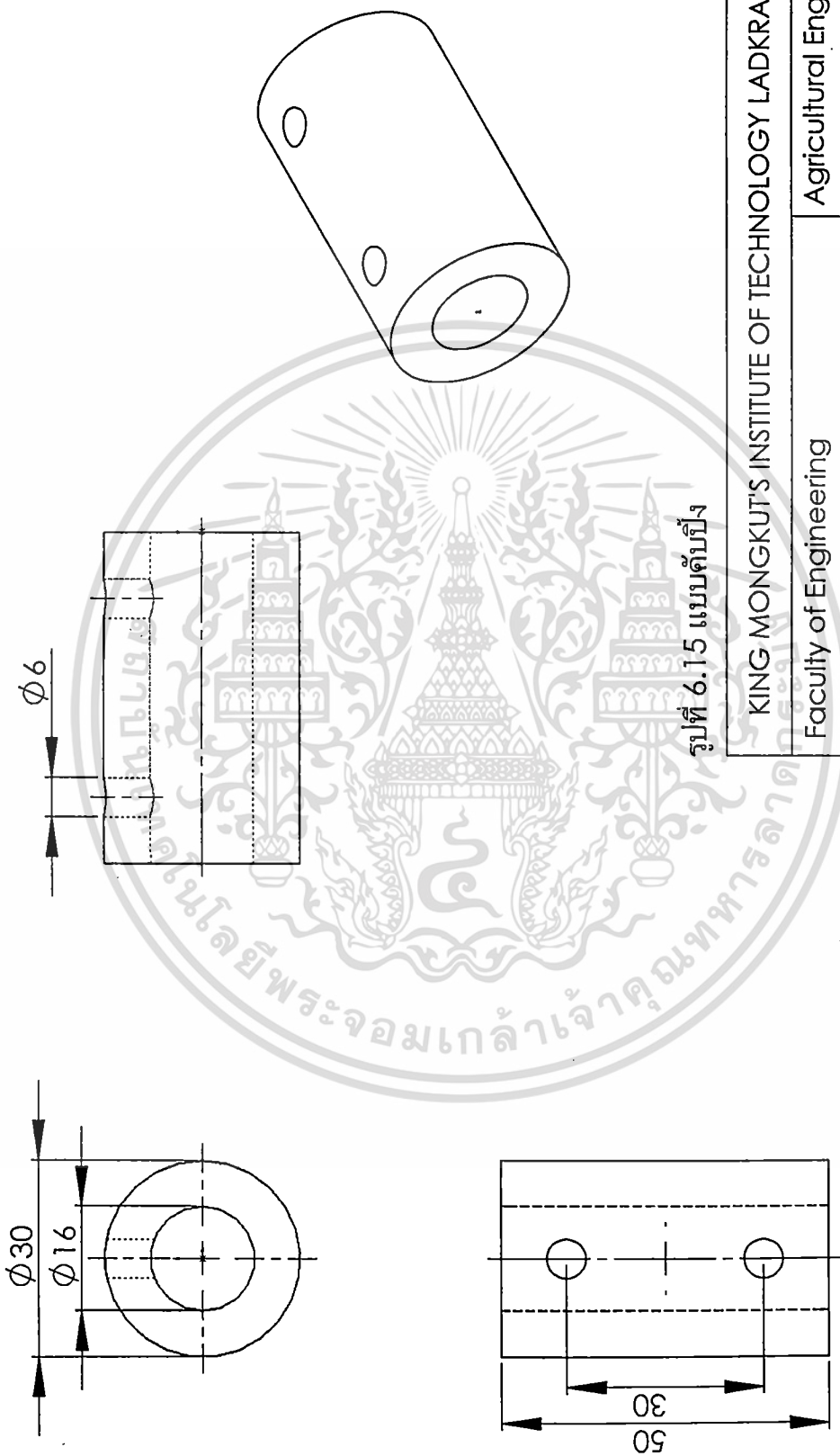
No.

Concentrated Coconut Milk Project

Scale: 1:1

Date: 3/17/2006

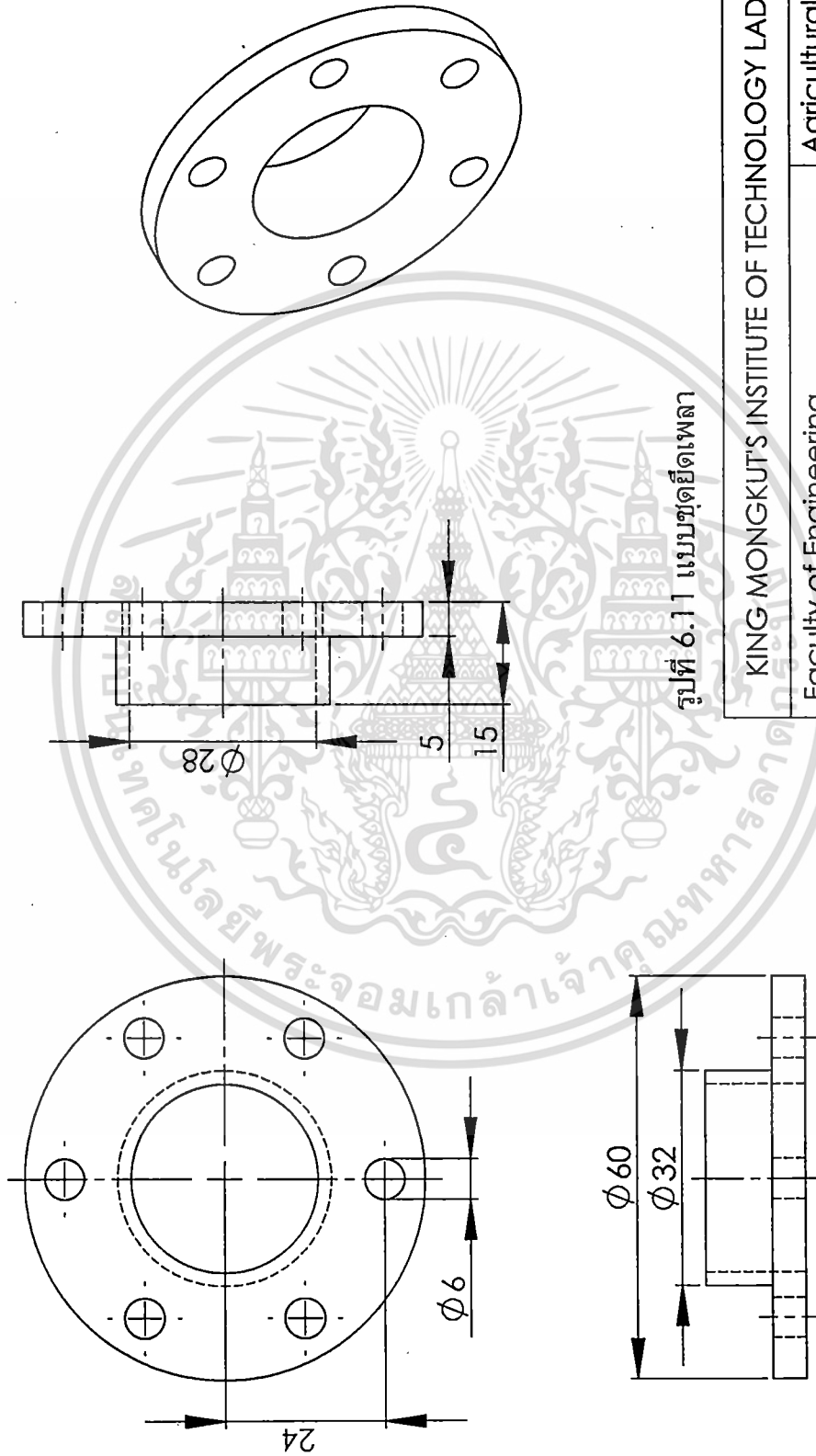
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.15 แบบตัดบั้ง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG		No.
Faculty of Engineering	Agricultural Engineering	
แบบตัดบั้ง		Scale: 2:1
Concentrated Coconut Milk Project		

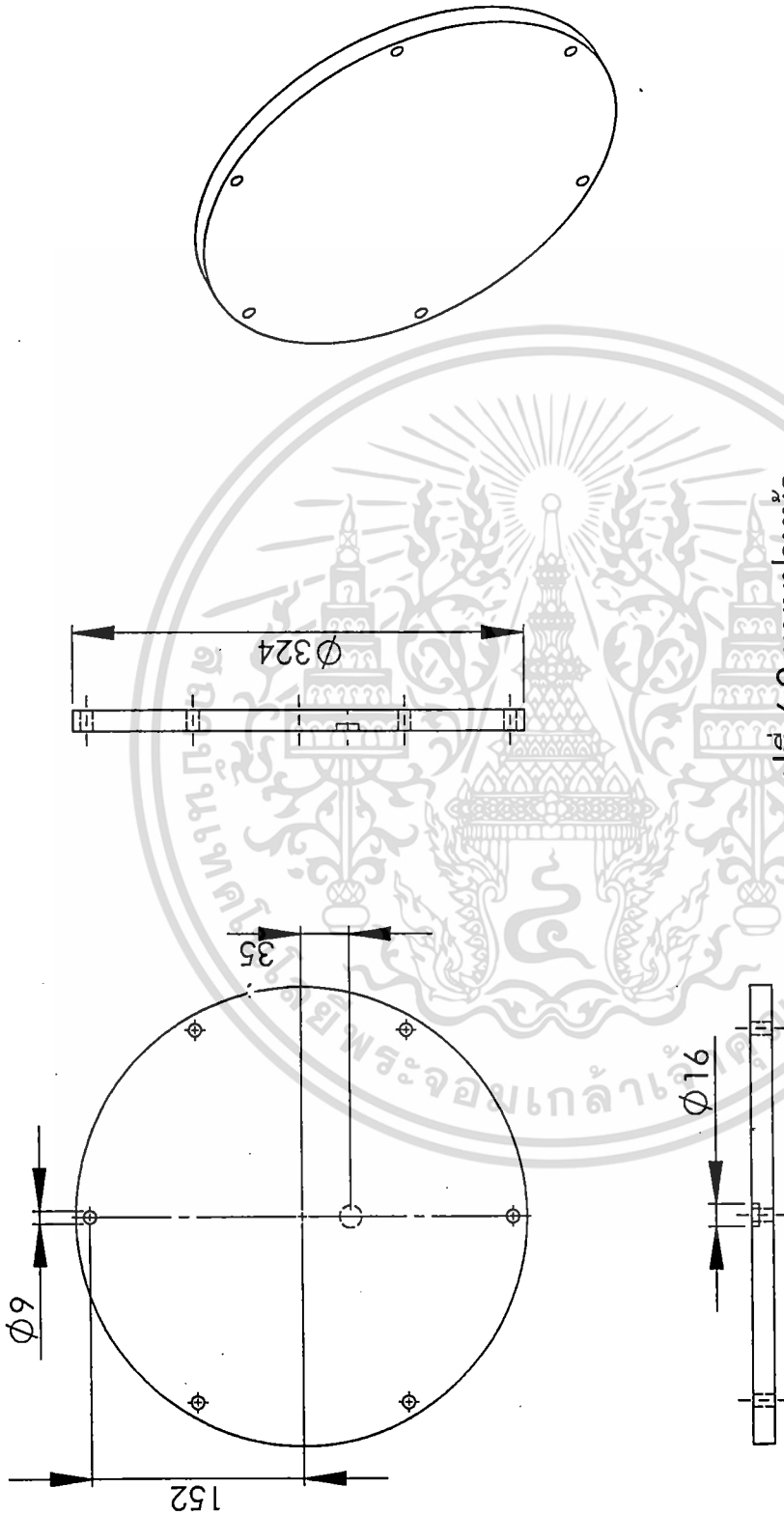
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.11 แบบชุดยึดเพลลา

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG		No.
Faculty of Engineering	Agricultural Engineering	
แบบชุดยึดเพลลา		Scale: 1:1
Concentrated Coconut Milk Project		
		Date: 3/17/2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.9 แบบฝาหน้า

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

Faculty of Engineering

Agricultural Engineering

แบบฝาหน้า

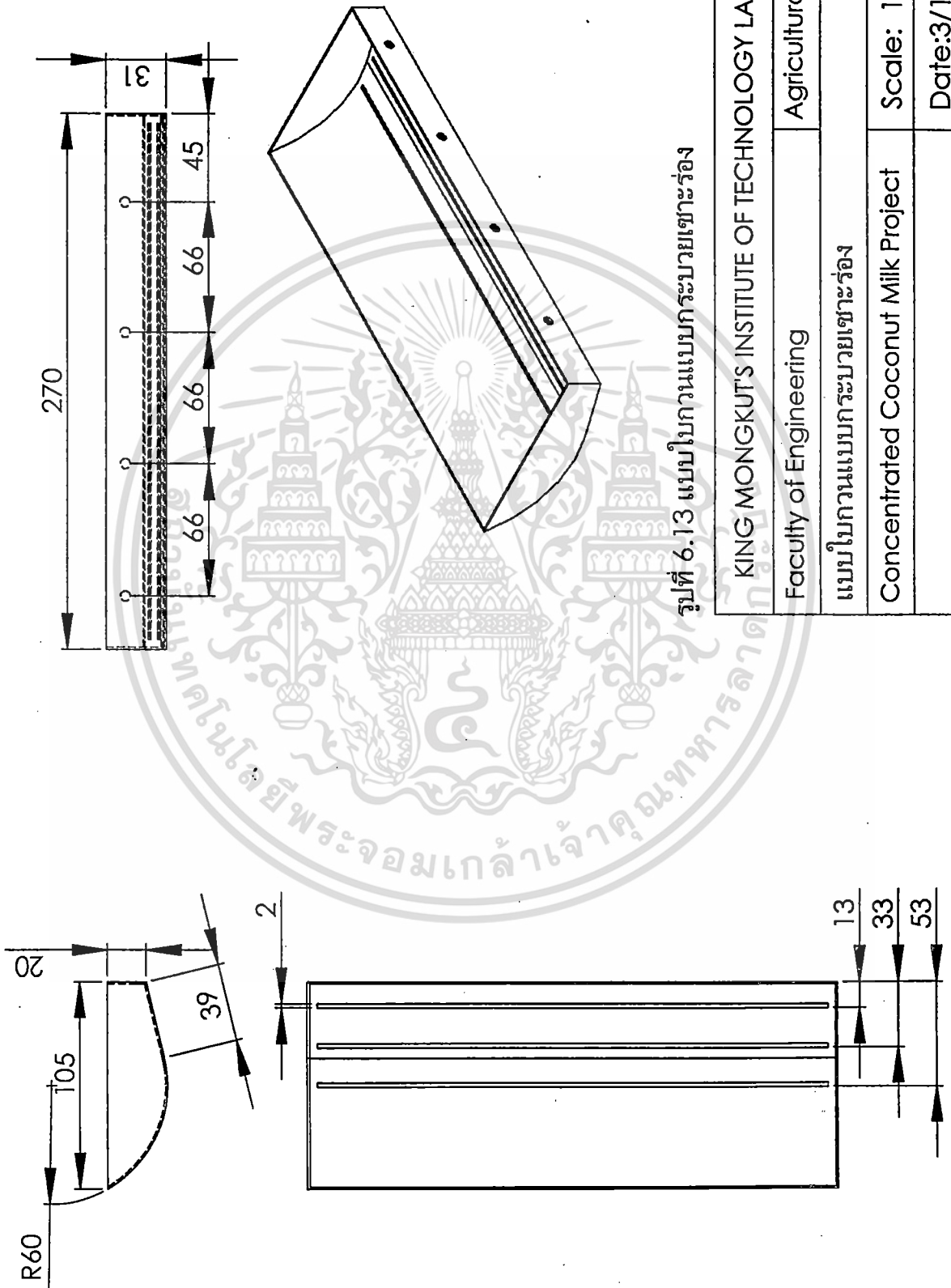
No.

Concentrated Coconut Milk Project

Scale: 1:5

Date: 3/17/2006

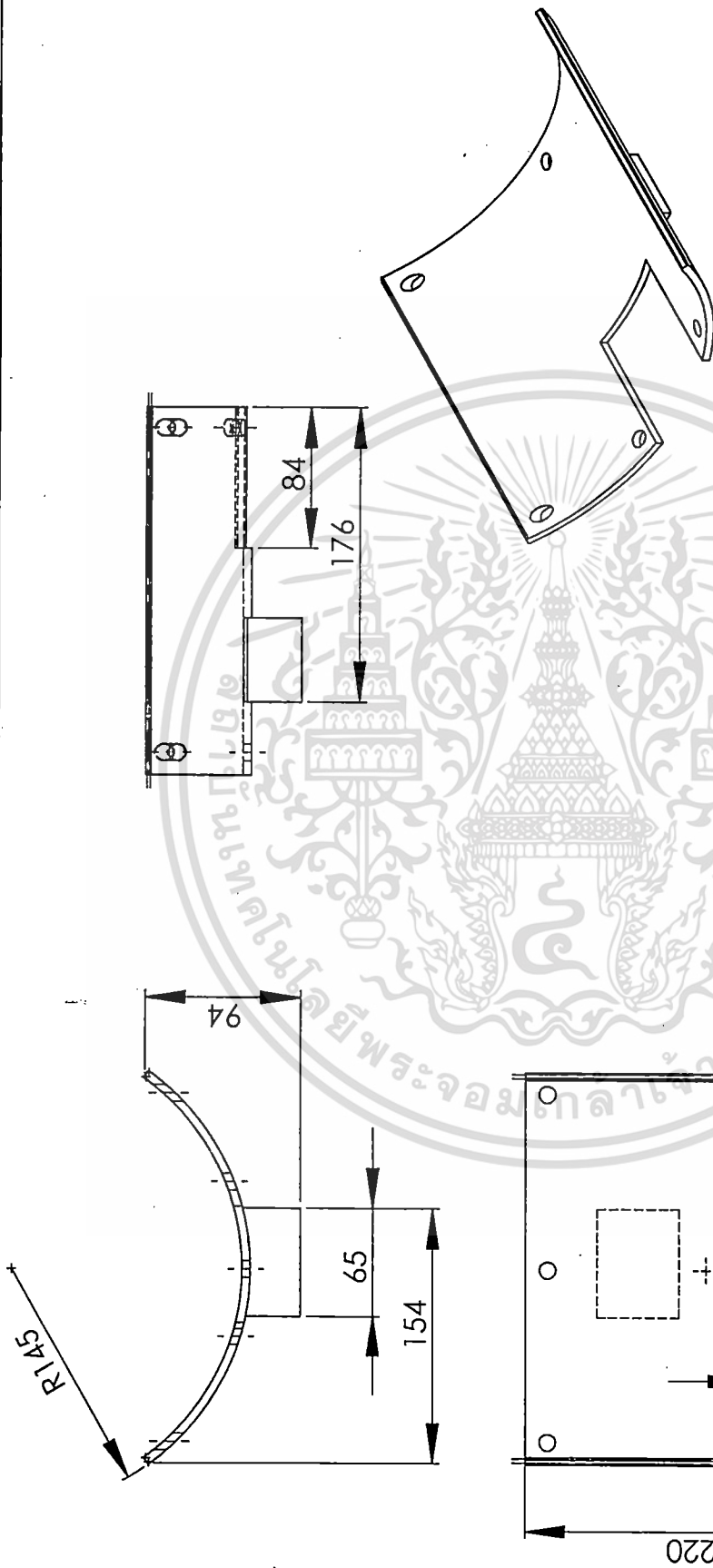
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.13 แบบใบกวนแบบกระบายตะขาร่อง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG	
Faculty of Engineering	Agricultural Engineering
แบบใบกวนแบบกระบายตะขาร่อง	
Concentrated Coconut Milk Project	No.
	Scale: 1:1
	Date: 3/17/2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.12 แบบฉีตเตอร์

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG	
Faculty of Engineering	Agricultural Engineering
แบบฉีตเตอร์	
Concentrated Coconut Milk Project	No.
	Scale: 1:1
	Date: 3/17/2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้