สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T036725

วิเคราะห์การใช้พลังงานและหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์โดยการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในโรงงานผลิตน้ำผลไม้

ENERGY AND EFFICIENCY ANALYSIS BY DEVELOPMENT PROGRAM COMPUTER IN FRUIT JUICE PROCESS

โดย

นายธวชิน ญาณสร้อย

นางสาวสุภัทตรา เพ็งภิบาล

นางสาววีรวรรณ ปฐมาขจรพงศ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่..........

เลขทะเบียน 36725

วัน, เดือน, ปี 2 8 ส.ค. 2543

...ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง วิเคราะห์การใช้พลังงานและหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ โดยการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในโรงงานผลิตน้ำผลไม้

ผู้จัดทำ

นายธวชิน ญาณสร้อย
นางสาวสุภัทตรา เพ็งภิบาล
นางสาววีรวรรณ ปฐมาขจรพงศ์

สรรวิศ อุ่ยวัฒนา ....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์สรรวริศ อุ่ยวัฒนา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์การใช้พลังงานและหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์โดยการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในโรงงานผลิตน้ำผลไม้

นายธวชิน ญาณสร้อย
นางสาวสุภัทตรา เพ็งภิบาล
นางสาววีรวรรณ ปฐมาขจรพงศ์

อาจารย์ สรรวริศ อุ่ยวัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

โปรแกรมนี้ทำขึ้นโดยการพัฒนาโปรแกรมวิชวลเบสิก 6.0 สำหรับหาค่าประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์หลักในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ได้แก่ หม้อไอน้ำ,หม้อฆ่าเชื้อ และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น ประสิทธิภาพที่โปรแกรมคำนวณได้สามารถนำมาวิเคราะห์การใช้พลังงานของอุปกรณ์และหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน

โปรแกรมในส่วนของหม้อไอน้ำประกอบด้วยการหาเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน, เปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์ , เปอร์เซ็นต์ความร้อนสูญเสียจากก๊าซร้อนทิ้ง , เปอร์เซ็นต์ความร้อนสูญเสียจากการแผ่รังสีและการพาความร้อน , เปอร์เซ็นต์ความร้อนสูญเสียจากการปล่อยน้ำใต้เครื่อง , ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ และคำนวณหาประสิทธิภาพหม้อไอน้ำเมื่อมีอุปกรณ์เสริมได้แก่ อีโคโนไมเซอร์(Economizer), พรีฮีทเตอร์(Preheater) และดีแอเรเตอร์(Deaerator) ในส่วนสุดท้ายจะแสดงกราฟเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับค่าตัวแปรต่างๆที่สำคัญ

โปรแกรมในส่วนของหม้อฆ่าเชื้อประกอบด้วย ส่วนที่1 การหาค่าความร้อนที่ใช้ในช่วงไล่อากาศ ส่วนที่2 คำนวณหาค่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในหม้อฆ่าเชื้อ , ปริมาณความร้อนที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในหม้อฆ่าเชื้อ และปริมาณความร้อนเนื่องจากการปล่อยน้ำใต้เครื่อง ส่วนที่3 คำนวณหาพลังงานที่ปั๊มลมผลิตได้ และประสิทธิภาพของมอเตอร์

โปรแกรมในส่วนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น การทำงานของโปรแกรมเพื่อหาประสิทธิภาพในการทำงานของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น และหาอุณหภูมิที่เหมาะสม เทียบกับอัตราการไหลโดยมวลของไอน้ำร้อนและน้ำเย็น เมื่อต้องการให้เครื่องทำงานให้ได้ประสิทธิภาพตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก-1
สารบัญรูปภาพ	ก-2
สารบัญตาราง	ก-4
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขต	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
1. น้ำผักผลไม้และผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง	3
2. การเสตอริไรส์ (อุปกรณ์หม้อฆ่าเชื้อ)	10
3. การพาสเจอไรส์	18
4. หม้อไอน้ำ	23
บทที่ 3 การคำนวณ	35
1. หม้อไอน้ำ	35
2. หม้อฆ่าเชื้อ	40
3. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น	44
บทที่ 4 การทดลอง	49
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์	53
ภาคผนวก	54
ภาคผนวก ก.	54
ภาคผนวก ข.	58
กิตติกรรมประกาศ	86
หนังสืออ้างอิง	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 1 แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการผลิต น้ำผลไม้ชนิดใส ผลไม้ที่ยกตัวอย่างคือ แอปเปิล	4
รูปที่ 2 แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการผลิต น้ำผลไม้ชนิดขุ่นเล็กน้อย ผลไม้ที่ยกตัวอย่างคือ สัปปะรด	5
รูปที่ 3 แสดงเครื่องพาสเจอไรส์แบบอุโมงค์	19
รูปที่ 4 แสดง ก. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น ข. ทิศทางการไหลของอาหารและทิศทางการแลกเปลี่ยนความร้อน	20
รูปที่ 5 การพาสเจอไรส์นมโดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น	21
รูปที่ 6 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของหม้อไอน้ำ	31
รูปที่ 7 กราฟก๊าซร้อนทิ้งและเขม่า โดยเขม่าเกาะบนผิวท่อหนา 1/8 นิ้ว ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ 25 เปอร์เซ็นต์	33
รูปที่ 8 แสดงขอบเขตปริมาตรควบคุมของหม้อไอน้ำ	36
รูปที่ 9 แผนผังกรทำงานของโปรแกรมส่วนอุปกรณ์หม้อไอน้ำ	60
รูปที่ 10 แผนผังการทำงานของโปรแกรมส่วนอุปกรณ์หม้อฆ่าเชื้อ	61
รูปที่ 11 แผนผังการทำงานของโปรแกรมส่วนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น	62
รูปที่ 12 หน้าจอต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม	63
รูปที่ 13 หน้าจอแสดงการเข้าสู่อุปกรณ์ต่าง ๆ	64
รูปที่ 14 หน้าจอแสดงการทำงานของอุปกรณ์หม้อไอน้ำ	65
รูปที่ 15 หน้าจอแสดงส่วนอุปกรณ์หม้อไอน้ำ	66
รูปที่ 16 หน้าจอรับค่าของอุปกรณ์หม้อไอน้ำ	67
รูปที่ 17 หน้าจอแสดงผลการคำนวณ	68
รูปที่ 18 หน้าจอแสดงกราฟเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพกับตัวแปรต่าง ๆ ที่ผู้ใช้ต้องการ	69
รูปที่ 19 หน้าจอแสดงคำแนะนำ	70
รูปที่ 20 หน้าจอแสดงการทำงานของหม้อฆ่าเชื้อ	71
รูปที่ 21 หน้าจอแสดงขั้นที่1 ช่วงไล่อากาศของหม้อฆ่าเชื้อ	72
รูปที่ 22 หน้าจอแสดงข้อมูลที่ได้ทำการบันทึกไว้	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 23 หน้าจอแสดงขั้นที่2 ช่วงฆ่าเชื้อของหม้อฆ่าเชื้อ	74
รูปที่ 24 หน้าจอแสดงผลการคำนวณค่าความร้อนช่วงฆ่าเชื้อ	75
รูปที่ 25 หน้าจอแสดงข้อมูลที่ได้บันทึกไว้	76
รูปที่ 26 หน้าจอแสดงขั้นที่3 ช่วงไล่ไอน้ำและทำเย็น	77
รูปที่ 27 หน้าจอแสดงข้อมูลที่ได้บันทึกไว้	78
รูปที่ 28 หน้าจอเข้าสู่ส่วนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น	79
รูปที่ 29 หน้าการคำนวณเพื่อหาประสิทธิภาพ	80
รูปที่ 30 หน้าจอแสดงผลการคำนวณประสิทธิภาพ	81
รูปที่ 31 หน้าจอแสดงข้อมูลที่ได้บันทึกไว้	82
รูปที่ 32 หน้าจอการคำนวณเพื่อหาอุณหภูมิ	83
รูปที่ 33 หน้าจอแสดงผลการคำนวณ	84
รูปที่ 34 หน้าจอแสดงกราฟของผลการคำนวณ	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงข้อดีและข้อเสียของเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด	24
ตารางที่ 2 แสดงมาตรฐานของน้ำมันเตาและแอลพีจีตามประกาศกระทรวงพาณิชย์	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ประเทศไทยสามารถผลิตผลไม้ตามฤดูกาลได้เป็นจำนวนมาก มีการแปรรูปผลไม้เป็นลักษณะต่างๆ ตั้งแต่ในอดีต เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และในปัจจุบันยังมีการพัฒนาให้มีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย การผลิตน้ำผลไม้เป็นวิธีหนึ่งในการแปรรูปผลไม้เพื่อให้ได้ประโยชน์ทั้งทางด้านพัฒนาผลิตภัณฑ์ และยืดอายุการเก็บรักษา ในช่วงเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมานี้อุตสาหกรรมด้านน้ำผลไม้ได้มีการพัฒนาขึ้นมาก เนื่องจากความเจริญทางเทคโนโลยี และน้ำผลไม้ได้รับความนิยมอย่างมากภายในประเทศ และยังเป็นสินค้าส่งออกอีกประเภทหนึ่งด้วย

ในการแปรรูปเพื่อผลิตน้ำผลไม้จำเป็นต้องใช้ อุปกรณ์ เครื่องจักร และ เชื้อเพลิง จำนวนมาก การวางระบบการใช้อุปกรณ์ และเครื่องจักร ในหลายโรงงาน ยังมีการใช้พลังงานอย่างไม่คุ้มค่า อีกทั้งปัจจุบันได้มี พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ตามมาตราที่ 9 ว่าเจ้าของโรงงานต้องควบคุมการอนุรักษ์พลังงานตรวจสอบ และวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงานของตนให้เป็นไปตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวงที่รัฐมนตรีออกโดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

เพื่อเป็นการส่งเสริมพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานตามมาตราที่ 9 ทางนักคณะผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาหาประสิทธิภาพเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบการทำงานของเครื่องจักร และอุปกรณ์ในโรงงาน ซึ่งอุปกรณ์ที่ได้ทำการศึกษา ได้แก่ หม้อไอน้ำ , เครื่องฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการหาค่าประสิทธิภาพ และนำค่าประสิทธิภาพไปวิเคราะห์การใช้พลังงานให้ได้เหมาะสม

การใช้งานโปรแกรมวิเคราะห์ประสิทธิภาพอุปกรณ์ เป็นเพียงเครื่องมือที่ใช้เพื่อหาแนวทางในการประหยัดพลังงานเท่านั้น ซึ่งโปรแกรมนี้ได้ออกแบบให้ใช้กับการผลิตน้ำผลไม้และมีความหลากหลายในการผลิต โดยโปรแกรมนี้มิได้เป็นการตัดสินการผ่านพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาระบบการผลิตน้ำผลไม้
2. หาประสิทธิภาพการทำงาน และวิเคราะห์การใช้พลังงานของอุปกรณ์ เพื่อเป็นแนวทางในการประหยัดพลังงาน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษากระบวนการผลิตน้ำผลไม้ และการทำงานของอุปกรณ์ ในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้
2. ศึกษาการใช้พลังงานของอุปการณ์ที่เกี่ยวกับไอน้ำเพื่อหา พลังงานที่สูญเสีย และประสิทธิภาพของอุปกรณ์
3. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับวิเคราะห์ การใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่างๆ และตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ในการผลิตน้ำผลไม้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เรียนรู้ระบบและวิธีการผลิตน้ำผลไม้
2. เรียนรู้และเข้าใจการทำงานของอุปกรณ์ในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ โดยเน้นอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำเป็นหลัก
3. เข้าใจทฤษฎีและหลักการคำนวณด้านการถ่ายเทความร้อนมากขึ้น
4. เพิ่มความสามารถในการทำงานของผู้ทำวิจัยให้รู้จักการวางแผนงาน มีความรับผิดชอบและการทำงานเป็นหมู่คณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

1. น้ำผักผลไม้ และผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

1.1 น้ำผลไม้

อุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้แต่ดั้งเดิมใช้เป็นทางออกสำหรับแปรรูปผลไม้ ซึ่งมีคุณภาพรองลงมา ไม่สามารถใช้การแปรรูปด้านอื่นๆได้ เช่น มีรูปร่างผิดปกติ หรือสุกมากเกินไป อย่างไรก็ตามผลไม้เหล่านี้ยังต้องมีคุณภาพดี ปัจจุบันเมื่อผู้บริโภคนิยมดื่มน้ำผลไม้มากขึ้น ทำให้อุตสาหกรรมด้านนี้มีการขยายตัวขึ้นวัตถุดิบที่ใช้จึงไม่จำกัดเพียงแต่ผลไม้ที่มีคุณภาพรองเท่านั้น แต่ยังได้มีการนำผลไม้ชนิดต่างๆ มาทดลองผลิตน้ำผลไม้เพิ่มขึ้น

1. ชนิดของน้ำผลไม้

ผลไม้ที่สามารถนำมาผลิตน้ำผลไม้ได้นั้นมีหลายชนิด เมื่อคั้นน้ำจะให้น้ำผลไม้ที่มีลักษณะ สีสัน และรสชาติต่างกันไป ลักษณะตามธรรมชาติของน้ำผลไม้เมื่อคั้นออกใหม่ๆ เกือบทุกชนิดจะมีลักษณะขุ่นอาจมีเนื้อของผลไม้ชนิดนั้นปะปนอยู่แต่ในด้านของผู้บริโภคนั้น สำหรับน้ำผลไม้แต่ละชนิดจะนิยมให้มีลักษณะต่างกันไปอาจแบ่งน้ำผลไม้ตามความต้องการของผู้บริโภคโดยดูจากลักษณะปรากฏหรือแบ่งตามการเพิ่มหรือลดปริมาณของแข็งในน้ำผลไม้

2. กระบวนการผลิต

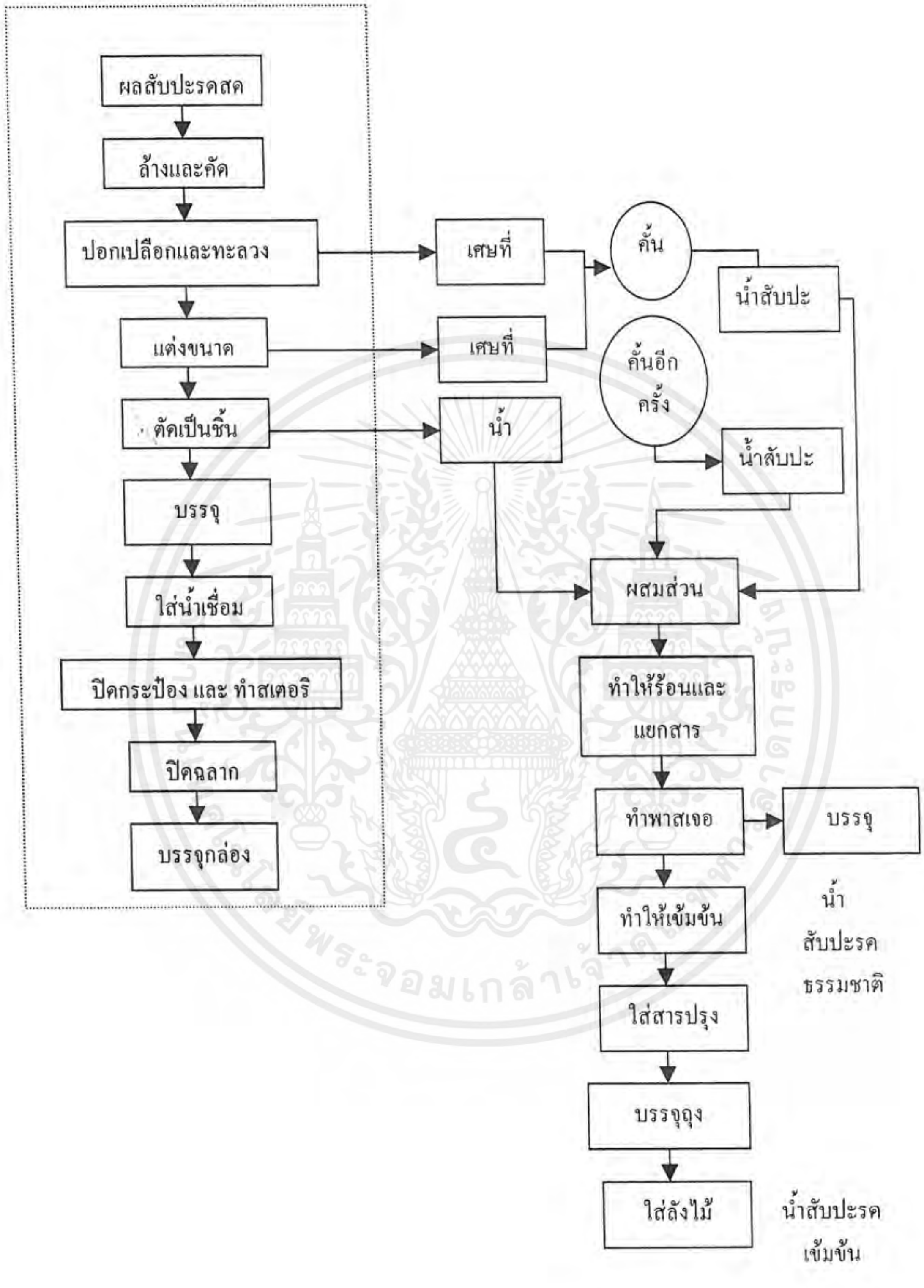
กระบวนการผลิตน้ำผลไม้ทุกกลุ่มจะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน คือเริ่มจากการทำความสะอาดและการแยกน้ำผลไม้ออกจากกากเมื่อได้น้ำผลไม้แล้วจะมีการแปรรูปสองลักษณะ คือถ้าต้องการผลิตน้ำผลไม้ชนิดใส จะมีกระบวนการแยกเพคติน ออกจากน้ำผลไม้ แต่ถ้าต้องการน้ำผลไม้ชนิดขุ่น จะต้องมีกระบวนการเสถียร เพคติน เพื่อไม่ให้ตกตะกอน หลังจากได้น้ำผลไม้ที่มีลักษณะขุ่นใสตามต้องการแล้ว จึงจะนำไปบรรจุ ภาชนะและผ่านกระบวนการเก็บรักษาตามความเหมาะสม

แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ ชนิดใส และน้ำผลไม้ชนิดขุ่นเล็กน้อย ได้แสดงดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1 แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการผลิต น้ำผลไม้ชนิดใส ผลไม้ที่ยกตัวอย่างคือ แอปเปิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ชนิดขุ่นเล็กน้อย ผลไม้ที่ยกตัวอย่าง คือ สับปะรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การเลือกผลไม้

ผลไม้ที่จะนำมาผลิตน้ำผลไม้ควรเป็นผลไม้ที่มีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคควรมีรสค่อนข้างจัดและมีการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นไม่มากนักในระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเก็บ ผลไม้ควรถูกเก็บเกี่ยวในระยะที่มีความแก่เหมาะสมกับการทำน้ำผลไม้

2) การทำความสะอาด

ก่อนคั้นน้ำผลไม้จะถูกทำความสะอาด น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดผลไม้บางครั้งอาจเติมกรดไฮโดรคลอดริกลง ไปในปริมาณ 1 % เพื่อช่วยลดการตกค้างที่อาจมีบนผลไม้

3) การสกัดน้ำผลไม้

การสกัดน้ำผลไม้จะเกี่ยวข้องกับกระบวนการลดขนาด โดย จะเป็นการทำลายโครงสร้างระดับเซลล์ของผลไม้และแยกส่วนที่เป็นของเหลว วิธีการสกัดน้ำผลไม้จะขึ้นกับลักษณะโครงสร้างของผลไม้ตำแหน่งและลักษณะของเนื้อเยื่อที่เก็บน้ำผลไม้ และลักษณะของน้ำผลไม้ที่ต้องการ

โดยทั่วไปกระบวนการสกัดน้ำผลไม้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ คือ การลดขนาดเนื้อผลไม้ ให้ละเอียด และการแยกน้ำผลไม้ออกจากกาก

4) การจำกัดอากาศ

ระหว่างการบด และการบีบคั้นจะมีอากาศเข้าไปปะปนในน้ำผลไม้ ออกซิเจนในอากาศที่ปะปนเข้าไปจะทำลายวิตามินซี ทำให้เกิดปฏิกิริยา การเติมออกซิเจน เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีและกลิ่นรส ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลกจากออกซิเจนนี้จะเกิดอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นก่อนการให้ความร้อนจะต้องผ่านการกำจัดอากาศ

การกำจัดอากาศในน้ำผลไม้อาจทำได้หลายวิธี เช่น ใช้สุญญากาศ, ใช้ก๊าซเฉื่อยหรือไอน้ำเพื่อแทนที่อากาศในน้ำผลไม้, ใช้วิธีทางเคมีโดยการเติมเอนไซม์ และ การเติมสารป้องกันปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนเช่น กรดแอสคอร์บิค

5) การทำใส

สำหรับน้ำผลไม้ชนิดใส จะต้องกำจัดสารแขวนลอยที่มีในน้ำผลไม้ออก โดยการทำให้น้ำผลไม้ใสสามารถทำได้ 3 วิธี คือ การทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเอง , การใช้สารตกตะกอน และการใช้เอนไซม์ ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูง และนิยมใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) การแยกตะกอนออก

หลังจากกระบวนการทำให้ใส น้ำผลไม้ที่ได้ยังคงมีสารแขวนลอยขนาดเล็กมากปะปนอยู่ ซึ่งต้องมีการแยกสารเหล่านี้ออกเพื่อให้น้ำผลไม้มีความใสมาก การแยกอาจทำโดยการกรองหรือโดยการใช้แรงเหวี่ยง การกรองแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ การใช้แรงดัน และการใช้สุญญากาศ ส่วนการใช้แรงเหวี่ยง มีการออกแบบเครื่องมือที่มีลักษณะแตกต่างกันไป มีทั้งแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง

7) การเสถียรเพคตินในน้ำผลไม้

สำหรับน้ำผลไม้ชนิดขุ่น จะต้องมีการเสถียรเพคตินเพื่อให้น้ำผลไม้นั้นคงลักษณะขุ่นไว้ตลอดอายุการเก็บ กระบวนการนี้จะตรงข้ามกับการทำให้ใส คือจะต้องมีการให้ความร้อนเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ เพคโทไลทิก(pectolytic) โดยใช้อุณหภูมิและเวลาที่เพียงพอจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโทษได้ หลังจากให้ความร้อนแล้วต้องลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพที่ไม่ต้องการ การนำน้ำผลไม้ผ่านเครื่อง โฮโมจีไนซ์ก็สามารถช่วยรักษาความขุ่นของน้ำผลไม้เอาไว้ได้

8) การทำให้เข้มข้น

การทำให้เข้มข้นนี้จะช่วยในการเก็บรักษา คือ เป็นการเพิ่มแรงดันออสโมติก และช่วยลดการเจริญของจุลินทรีย์

การทำให้เข้มข้นสามารถทำได้โดยการใช้ความร้อน หรือการแช่แข็งน้ำผลไม้ซึ่งวิธีนี้ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรสเนื่องจากไม่มีการใช้ความร้อน แต่สามารถเพิ่มความเข้มข้นได้ในระดับที่จำกัดเท่านั้นและยังอาจมีการสูญเสียของแข็งที่ติดไปกับน้ำมาก

9) การเก็บรักษาน้ำผลไม้

ในทางการค้ามีวิธีการเก็บรักษาน้ำผลไม้หลายวิธี ที่นิยมใช้กันได้แก่

1. การใช้ความร้อน ซึ่งความร้อนนี้จะทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้น้ำผลไม้เสื่อมเสีย ช่วยยืดอายุการเก็บของน้ำผลไม้ออกไป แต่ความร้อนจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำผลไม้ในด้านที่ไม่ต้องการด้วย ดังนั้นการใช้ความร้อนให้กับน้ำผลไม้ จึงไม่อาจใช้สภาวะที่อุณหภูมิสูงและเวลานานได้ ในปัจจุบันนิยมใช้กระบวนการที่ใช้อุณหภูมิสูงและใช้เวลาสั้น เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำผลไม้

2. การแช่แข็ง วิธีนี้ทำให้สามารถเก็บน้ำผลไม้ไว้ได้เป็นเวลานานซึ่งจะนิยมแช่แข็งที่อุณหภูมิ -12 ถึง –10 องศาเซลเซียส แต่ต้องกำจัดอากาศออกจากภาชนะเสียก่อน การแช่แข็งนี้ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสเหมือนกับการใช้ความร้อน แต่จะเสียค่าใช้จ่ายในกระบวนการเก็บรักษาสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การใช้สารเคมี เป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมในการเก็บรักษาน้ำผลไม้ การใช้สารเคมีจะต้องคำนึงถึงกฎหมายข้อบังคับในการใช้ทั้งชนิดและปริมาณของสารที่ใช้

4. การใช้ความดันสูง จะสามารถช่วยในการเก็บรักษาได้นานในภาชนะปิดสนิท เหมือนกับได้ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแล้ว น้ำผลไม้ที่รักษาด้วยวิธีนี้จะมีกลิ่น รส และคุณภาพเหมือนกับน้ำผลไม้สด แต่วิธีนี้ยังมีข้อจำกัดคือ การสร้างเครื่องมือเพื่อใช้กับน้ำผลไม้ในปริมาณมากในเชิงอุตสาหกรรมยังทำได้ยาก ซึ่งเป็นปัญหาในการนำมาใช้งานจริง

10) การบรรจุและการเก็บรักษาน้ำผลไม้

ภาชนะบรรจุที่นิยมใช้กันคือ ขวดแก้ว กระป๋องโลหะ และกล่องกระดาษลามิเนท ซึ่งก่อนนำมาบรรจุผลิตภัณฑ์จะต้องมีการฆ่าเชื้อภาชนะบรรจุเสียก่อน เครื่องบรรจุที่นิยมใช้กันเป็นส่วนมากมักเป็นเครื่องบรรจุอัตโนมัติที่ทำงานอย่างต่อเนื่อง โดยบรรจุอาหารจากด้านบนในแนวดิ่ง เครื่องบรรจุสำหรับกล่องกระดาษลามิเนท มักเป็นเครื่องซึ่งขึ้นรูปไปพร้อมกับการบรรจุและปิดผนึก

1.2 น้ำผัก

1. ผักสำหรับผลิตน้ำผัก

เนื่องจากผักที่นำมาสำหรับการผลิตน้ำผักมีความแตกต่างกัน อาจแบ่งผักต่าง ๆ นำมาใช้ในกระบวนการผลิตออกเป็น 4 กลุ่มคือ

- ผักใช้ใบและก้าน เช่นผักกาด ผักโขม
- ผักส่วนที่อยู่ใต้ดินซึ่งรวมทั้งรากและลำต้น เช่น แครอท หัวผักกาด
- ผักที่เป็นส่วนผล เช่นแตงกวา มะกอก
- ผักตระกูลถั่ว เช่นถั่วลันเตา ถั่วแขก

ส่วนประกอบที่สำคัญของผัก 3 กลุ่มแรกคือน้ำ ผักที่เป็นพืชตระกูลถั่วจะมีโปรตีนสูง

2. กระบวนการผลิต

น้ำผักส่วนใหญ่จะมีลักษณะคล้ายน้ำผลไม้ชนิดขุ่น หรือขุ่นเล็กน้อย น้ำผักที่สกัดได้จะถูกให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 นาที ทันทีหลังจากสกัด เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นและรส และทำให้สารแขวนลอยในน้ำผักไม่ตกตะกอน หลังจากนั้นน้ำผักจะถูกนำมาปรับปริมาณของแข็งที่ละลาย หรือเติมเกลือเพื่อให้รสชาติดีขึ้น จากนั้นจึงนำมาผ่านเครื่อง โฮโมจีไนซ์ เพื่อป้องกันการตกตะกอนของสารแขวนลอย หลังจากให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อ อาจเติมสารที่ช่วยให้คงตัวเพื่อลดการเกิดตะกอนในภายหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำผักจะถูกบรรจุในภาชนะบรรจุ ที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส การบรรจุในขณะร้อนจะช่วยไล่อากาศออกจากช่องว่างในภาชนะบรรจุ เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงของน้ำผักในระหว่างเก็บ

น้ำผักส่วนมากจัดอยู่ในประเภทที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH สูงกว่า 4.5) ดังนั้นจะต้องใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อสูง อุณหภูมิที่ใช้จะอยู่ในช่วง 115.5-121.1 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาประมาณ 30 นาทีแต่สภาวะดังกล่าวจะทำให้น้ำผักมีกลิ่นไหม้ หรือเกิดสีคล้ำได้ เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้อุณหภูมิสูงในการฆ่าเชื้อจึงมีการเพิ่มความเป็นกรดของน้ำผัก ให้มีความเป็นกรดสูงขึ้น (pH ต่ำกว่า 4.5) ทำให้สามารถฆ่าเชื้อได้ที่อุณหภูมิต่ำลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การสเตอรีไรส์ (อุปกรณ์หม้อฆ่าเชื้อ)

อาหารที่ผ่านขบวนการถนอมรักษาโดยการใช้ความร้อนสูง (Sterilization) นั้นอุณหภูมิที่ใช้ตั้งแต่ 100-200 องศาเซลเซียส หรืออาจจะเป็น 130 – 150 องศาเซลเซียส เช่นกรณีของ UHT (Ultra High temperature) ซึ่งนิยมใช้กับน้ำนมหรือน้ำผลไม้ การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนสูงๆ เช่นนี้นอกจากจะทำลาย เวกเจดเททีฟ เซลล์ (vegetative cell) ของจุลินทรีย์ แล้วพวก สปอร์ (spore) ของ แบคซิรัส (bacillus) และ คอสตริเดียม (Clostridium) ก็จะทำลายหมดไปด้วย การใช้ความร้อนสูง ๆ ทำลายจุลินทรีย์ ได้เกือบทั้งหมด หรือจนหมดไปนี้ ทางการค้าเรียกอาหารเหล่านี้ว่า " คอมเมอร์เชียล สเตอริไรส์ ฟู้ด (commercial sterilized food) " อาหารที่ผ่านการถนอมรักษาโดยวิธีนี้อาจมีจุลินทรีย์หลงเหลืออยู่บ้าง แต่ไม่สมารถทำให้อาหารเสียได้

การทำอาหารบรรจุกระป๋องเป็นการใช้ความร้อนสูงในการถนอมรักษา การจะใช้อุณหภูมิสูงแค่ไหนนั้นขึ้นกับชนิดของอาหารที่จะนำมาบรรจุ โดยทั่วไปแบ่งอาหารตามค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ ได้แก่อาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงกว่า 5.3 ได้แก่ผักต่างๆ เนื้อสัตว์ น้ำนม
2. อาหารที่เป็นกลาง ได้แก่อาหารที่มีค่าค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 4.5 – 5.3 ได้แก่ฟักทอง น้ำมะพร้าว มะละกอ หน่อไม้น้ำ
3. อาหารที่มีความเป็นกรดได้แก่อาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 3.7 – 4.5 ได้แก่สับปะรด มะเขือเทศ เงาะ มะม่วง
4. อาหารที่มีความเป็นกรดสูง ได้แก่อาหารที่มีค่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 3.7 ได้แก่ผลไม้ตระกูลส้ม อาหารหมักดอง

ในกรณีที่อาหารมีค่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำว่า 4.5 อุณหภูมิที่ใช้เพียง 100 – 105 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าก็เพียงพอที่จะถนอมรักษาได้แล้ว แต่ถ้าอาหารนั้นมีค่าค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 4.5 จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่า จะนานแค่ไหนนั้น นอกจากจะขึ้นกับลักษณะของอาหารนั้นแล้ว ยังขึ้นกับชนิด ขนาดของภาชนะบรรจุ อุณหภูมิเริ่มต้น และลักษณะของอาหารกระป๋องภายในเครื่องฆ่าเชื้อ เป็นต้น

2.1 การใช้เครื่องมือฆ่าเชื้อ (Still Retort Operation)

อุตสาหรรมการผลิตอาหารกระป๋องเป็นการผลิตอาหารบรรจุในภาชนะปิดผนึกอากาศซึมผ่านเข้าออกไม่ได้ ผ่านการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อนก่อนหรือหลังการบรรจุและปิดผนึกในช่วงระยะเวลาหนึ่งที่อุณหภูมิเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ เป็นต้น เหตุให้อาหารเสื่อมคุณภาพ เน่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสีย และเป็นการถนอมอาหารที่บรรจุภายในไม่ให้เน่าเสียหรือเปลี่ยนแปลงในสภาวะการเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานาน

สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องประเภทกรดต่ำ (Low acid canned food : LACE) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH value) สูงกว่า 4.5 ได้แต่ผลิตภัณฑ์เนื้อ, ปลา, หน่อไม้ ผักต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งสภาพธรรมชาติของอาหารประเภทนี้มีความเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ประเภททนร้อน (Thermophics) และสามารถสร้างสปอร์ เมื่อเกิดสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ดังนั้นจึงต้องใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง และระยะเวลาเหมาะสมในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และสปอร์ แบบการฆ่าเชื้อทางการค้า (Commercial sterilization) ซึ่งนอกจากจะได้ผลิภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยต่อการบริโภคแล้วยังจะช่วยรักษาคุณภาพลักษณะที่ดีและคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ด้วย

เครื่องฆ่าเชื้อ (Retort) เป็นอุปกรณ์สำคัญในหารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋อง การใช้เครื่องได้อย่างถูกต้อง เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้กระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพดี ซึ่งต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และกรรมวิธีการผลิตที่ดี เรียกว่า จีเอ็มพี (Good Manutacturing Practicc) โดยทั่วไปโครงสร้างของเครื่องฆ่าเชื้อเป็นโลหะหนาประกอบด้วยรูปทรงปิด ซึ่งอาจเป็นทรงกระบอก หรือสี่เหลี่ยมควรหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน มีฝาโลหะครอบปิด สนิทด้วยล๊อคที่แน่นหนา เครื่องฆ่าเชื้อต้องสามารถให้ความปลอดภัย สามารถแบ่งเครื่องฆ่าเชื้อตามลักษณะการใช้งานเป็น 2 ประเภท

- เครื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่ง (Still retort) ไม่ต้อเนื่อง การทำงานเป็นชุด แบ่งตามลักษณะการวางเป็นแนวตั้ง (Vertical type)
- เครื่องฆ่าเชื้อแบบต่อเนื่อง (Continuous retort) มีหลายรูปแบบได้แก่ ไฮโดรสแตติก สเตอริไรส์ (Hudrostatic sierilizer) , ซีรีลเมติก สเตอริไรส์ (sierilmatic sterilizer) เป็นต้น

โรงงานอาหารกระป๋องประเภทกรดต่ำในประเทศไทยส่วนมากใช้เรื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่งลักษณะขวางตามแนวนอน (Still / horizontal retort) เป็นเครื่องแบบพื้นฐานการผลิตในประเทศใช้เจ้าหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่โดยการปิดเปิดวาล์วไอน้ำการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋องขั้นต่ำที่จำเป็นสำหรับการติดตั้งควบคุมและการใช้งานให้ถูกต้อง

ส่วนประกอบเครื่องฆ่าเชื้อ

ในการผลิตอาหารกระป๋องประเภทกรดต่ำต้องใช้อุณหภูมิสูงในการทำลายสปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์ แหล่งพลังงานความร้อนสูงเป็นไอน้ำอิ่มตัว บริสุทธิ์ปราศจากสารเจือปนต่าง ๆ และมีแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดันไอน้ำไม่ต่ำกว่า 90 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว คงที่ตลอดเวลาทำงาน เพื่อให้การควบคุมอุณหภูมิฆ่าเชื้อให้สม่ำเสมอ บริเวณที่ติดตั้งเครื่องฆ่าเชื้อควรเป็นพื้นที่กว้างเพียงพอสะดวกในการปฏิบัติงาน อากาศถ่ายเทและมีการระบายน้ำดี สำหรับส่วนประกอบของเครื่องฆ่าเชื้อมีดังนี้

- หัวจ่ายไอน้ำ (Steam header) หรือท่อพักไอน้ำทำหน้าที่จ่ายไอน้ำไปยังเครื่องฆ่าเชื้อหลายๆ ตัว เป็นท่อมีฉนวนหุ้ม และมีที่ดักน้ำที่กลั่นตัวออกมาควรติดตั้งใกล้บริเวณเครื่องฆ่าเชื้อ เป็นส่วนช่วยควบคุมกำลังไอน้ำให้คงที่เพียงพอขณะฆ่าเชื้อ
- ท่อไอน้ำเข้า (Steam inlet) เป็นท่อที่มีขนาดใหญ่เพียงพอต่อการใช้งาน ทำหน้าที่นำไอน้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ อาจอยู่ส่วนบนหรือส่วนล่างของเครื่องฆ่าเชื้อ แต่ต้องอยู่ตำแหน่งตรงข้ามช่องไล่อากาศ
- เครื่องควบคุมไอน้ำ (Steam controller) เครื่องฆ่าเชื้อแต่ละเครื่องควรมีอุปกรณ์ควบคุมไอน้ำอัตโนมัติ มีความแน่นอนในการควบคุมอุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อได้ดี ควรใช้วาล์วอัตโนมัติแบบทำงานด้วยลม และมีการใช้ท่อไอน้ำเบี่ยง (Steam – by – pass) ต่อขนานคร่อมท่อที่ติดตั้งวาล์วอัตโนมัติ ท่อนี้มีขนาดเดียวกับท่อไอน้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ และ มีหน้าที่ควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อด้วยมือในกรณีเครื่องควบคุมไอน้ำอัตโนมัติขัดข้อง และช่วยร่นระยะเวลาไล่อากาศเร็วขึ้นแต่ต้องมีพนักงานดูแลตลอดเวลาขณะเปิด ห้ามปล่อยทิ้งไว้
- ท่อกระจายไอน้ำ (Steam spreader) เป็นท่อปลายปิดที่ติดตั้งภายในเครื่องฆ่าเชื้อ ต่อจากทางเข้าท่อไอน้ำ ตัวท่อถูกเจาะรูส่วนบนเป็นแนวยาวสองแนวตามความยาวท่อตลอดเครื่องฆ่าเชื้อ ช่วยให้ไอน้ำกระจายทั่วถึง ท่อกระจายไอน้ำนี้มีจำนวนและขนาดของรูกระจายไอน้ำต้องสัมพันธ์กันกับขนาดท่อไอน้ำเข้ามาในเครื่องฆ่าเชื้อ อย่างน้อยตามข้อแนะนำของ บิลลิทิน-262 (Bulletin – 262) (NFPA , 1982) ที่ได้กำหนดไว้ให้มีพื้นที่รูกระจายไอน้ำรวมกันเท่ากับ 1 ½ ถึง 2 เท่าของพื้นที่หน้าตัดของท่อไอน้ำเข้า และขนาดรูไม่ควรมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 3/16 นิ้ว และมีระยะห่างรูต่อรูเท่า ๆ กันตลอดความยาวท่อกระจายไอน้ำตลอดเครื่องฆ่าเชื้อ
- วาล์วนิรภัย (Safety valve) เป็นวาล์วอัตโนมัติใช้ป้องกันความดันที่เกินความต้องการภายในเครื่องฆ่าเชื้อ โดยระบายแรงดันที่สูงเกินกำหนดปลอดภัยให้ออกจากเครื่องฆ่าเชื้อโดยเร็ว ต้องเป็นวาล์วมาตรฐาน ขนาดจะแตกต่างกันไปตามสภาพของงาน
- ช่องไล่อากาศ (Vent) ติดวาล์วขนาดใหญ่เพียงพอที่จะให้ไอน้ำขับดันอากาศภายในเครื่องฆ่าเชื้อออกมา ต้องติดตั้งในลักษณะที่สามารถไล่อากาศออกจากเครื่องฆ่าเชื้อได้หมดและรวดเร็วเต็มที่ ต้องไม่ต่อตรงกับท่อระบายน้ำ และอยู่ตรงข้ามกับทางเข้าไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสมอ ถ้ามีการรวมช่องไล่อากาศหลายช่องจากเครื่องฆ่าเชื้อเดียวกันมารวมเป็นท่อรวม เรียก เวนท์ แมนนิโฟลด (vent manifold) ท่อรวมนี้ต้องมีพื้นที่หน้าตัดใหญ่กว่าพื้นที่หน้าตัดของช่องไล่อากาศทุกช่องรวมกัน ท่อรวมนี้ต้องสั้นที่สุด ไม่มีส่วนโค้งงอ และต้องแน่ใจว่าอากาศถูกไล่ออกจากเครื่องฆ่าเชื้อหมดสมบูรณ์ใช่ช่วงเวลาไล่อากาศ

- ช่องระบายไอน้ำ (Bleeder) เป็นรูเปิดขนาด 1/8 ถึง 1/4 เพื่อไล่อากาศที่อาจแทรกอยู่ในไอน้ำและทำให้เกิดการหมุนเวียนของไอน้ำในเครื่องฆ่าเชื้อช่องระบายไอน้ำนี้ต้องเปิดให้ไอน้ำระบายออกสะดวกตลอดเวลาปฏิบัติการฆ่าเชื้อ พนักงานควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อต้องสามารถสังเกตการระบายไอน้ำได้ง่าย ช่องระบายไอน้ำอาจติดตั้งอยู่บริเวณส่วนล่างของเครื่องฆ่าเชื้อได้ นอกจากนี้บริเวณที่กะเปาะเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิเครื่องฆ่าเชื้อต้องมีรูระบายไอน้ำ เครื่องฆ่าเชื้อแบบตั้งจะมีช่องระบายไอน้ำที่ส่วนบนสุดของเครื่องตรงข้ามกับท่อไอน้ำเข้า สำหรับเครื่องฆ่าเชื้อแบบนอนต้องมีช่องระบายไอน้ำส่วนบนของเครื่อง ห่างจากปลายแต่ละข้างไม่เกินหนึ่งฟุต และช่องระบายไอน้ำอื่นๆ นอกจากนี้ต้องอยู่ห่างกันไม่เกิน 8 ฟุต ขนานไปตามส่วนบนของเครื่องฆ่าเชื้อ
- ท่อระบายน้ำ (Drain) ควรมีขนาดใหญ่พอที่จะระบายน้ำที่ใช้ทำความเย็นกระป๋องที่อยู่ภายในเครื่องฆ่าเชื้อหลังจากสิ้นสุดการฆ่าเชื้อโดยไม่ใช้เวลานานเกินไป จนมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้ วาล์วท่อระบายน้ำควรเป็นแบบ เกทวาล์ว (Gate valve)
- ท่อน้ำเข้า (water line) เครื่องฆ่าเชื้อที่ใช้น้ำเป็นตัวทำให้กระป๋องเย็นตัวลง ท่อน้ำเข้าต้องมีขนาดใหญ่และมีจำนวนเพียงพอให้น้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อรวดเร็ว ควรใช้วาล์วประเภทโกลบ วาล์ว (globe valve) และต้องแน่ใจว่าไม่รั่ว ไม่มีน้ำซึมไหลเข้าเครื่องฆ่าเชื้อขณะทำการฆ่าเชื้อ ซึ่งอาจมีผลทำให้ฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ (Under processing)
- ท่ออากาศ (Air line) เครื่องฆ่าเชื้อที่ใช้ลมเป็นตัวทำให้กระป๋องเย็นลงด้วยความดันในท่ออากาศต้องใช้วาล์วแบบ โกลบ วาล์ว และต้องแน่ในว่าไม่มีการรั่วของอากาศเข้าเครื่องฆ่าเชื้อขณะทำการฆ่าเชื้อ เพราะส่วนผสมของอากาศและไอน้ำทำให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำร้อนลดต่ำลง ความร้อนอาจไม่เพียงพอในการฆ่าเชื้อ
- ที่รองรับตะกร้าใส่อาหารกระป๋อง (Basket or crate support) เครื่องฆ่าเชื้อตามแนวตั้งจะมีที่รองรับตะกร้าหรือตะแกรงใส่กระป๋องในบริเวณตอนล่างของเครื่องฆ่าเชื้อ
- ท่อน้ำล้น (Overflow) เป็นท่อระบายน้ำส่วนที่ท่วมล้นเมื่อมีการทำให้กระป๋องเย็นด้วยน้ำในเครื่องฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ควบคุม วัดและบันทึกอุณหภูมิ ความดัน และเวลา

อุปกรณ์ควบคุม วัดและบันทึกอุณหภูมิ ความดัน และเวลาเป็นส่วนสำคัญในการควบคุมประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋อง ดังนั้นเครื่องฆ่าเชื้อควรมีอุปกรณ์ควบคุมวัดและบันทึกที่ได้มาตรฐาน อยู่ในสภาพทำงานได้ดีถูกต้องเที่ยงตรง อุปกรณ์เหล่านี้จะติดตั้งที่เครื่องฆ่าเชื้อในตำแหน่งที่อ่านได้ง่ายชัดเจน ไยมีรายละเอียดดังนี้

- เทอร์โมมิเตอร์ เป็นชนิดปรอทในหลอดแก้ว (Mercury in glass thermometer) มีขีดแบ่งละเอียดถึง 0.5 องศาเซลเซียส (หรือ 1 องศาฟาเรนไฮน์) และมีสเกลไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส (หรือ 17 องศาฟาเรนไฮน์ ต่อนิ้ว) ต้องติดตั้งให้กะเปาะเทอร์โมมิเตอร์สอดในช่องต่อกับเครื่องฆ่าเชื้อที่เป็นรูเปิดซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย 3/4 นิ้ว และมีช่องระบายไอน้ำเป็นรูขนาดอย่างน้อย 1/16 นิ้ว ตั้งในตำแหน่งให้ไอน้ำผ่านตลอดตามความยาวของกะเปาะเทอร์โมมิเตอร์ ให้ไอน้ำระบายออกจากช่องระบายไอน้ำอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาฆ่าเชื้อ ควรติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ ในตำแหน่งที่อ่านได้ง่ายชัดเจน ไม่ควรติดตั้งที่ฝาปิด เทอร์โมมิเตอร์ ต้องผ่านการตรวจสอบความถูกต้องเที่ยงตรงกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานอย่างน้อยปีละ ครั้งหรือเมื่อสงสัยเกี่ยวกับความเที่ยงตรง
- เครื่องมือวันและบันทึกอุณหภูมิ (Temperature recording device) เป็นอุปกรณ์ติดตั้งกับเครื่องฆ่าเชื้อเพื่อวัดและบันทึกอุณหภูมิและเวลาฆ่าเชื้อ อาหาร กระป๋อง วัดได้ละเอียดถึง 1 องศาเซลเซียส (หรือ 2 องศาฟาเรนไฮน์) ภายในช่วงกระดาษกราฟบันทึกระหว่าง 5องศาเซลเซียส หรือ (10 องศาฟาเรนไอน์) ของอุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้อผ่านกระดาษกราฟบันทึกควรมีความยาวของสเกลไม่น้อยกว่า 3 นิ้ว ต้องปรับการบันทึกค่าให้ตรงกับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท โดยทำแหน่งที่วัดอยู่ใกล้กับกะเปาะเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทและช่องระบายไอน้ำ และต้องมีการป้องกันการแก้ไข ปรับแต่ง การบันทึกอุณหภูมิโดยพลการ ให้ผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องเท่านั้นจึงปรับเปลี่ยนได้ อุปกรณ์บันทึกอุณหภูมินี้อาจใช้ร่วมกับเครื่องควบคุมไอน้ำและสามารถใช้เป็นเครื่องควบคุมและบันทึกอุณหภูมิในเครื่องเดียวกัน โดยตัววัดอุณหภูมิจะส่งสัญญาณให้วาล์วควบคุมซึ่งกระตุ้นให้ทำงานปิด เปิดไอน้ำ ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่สม่ำเสมอ
- มาตรวัดความดัน (pressure gauge) ติดตั้งที่เครื่องฆ่าเชื้อโดยต่อกับอุปกรณ์คอห่านหรือเกจไซฟอน (goose – neck or gauge siphon) เพื่อป้องกันตัวมาตรวัดเสียหาย มาตรวัดความดันควรวัดได้ ในช่วง 0-30 หรือ 0-60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และช่องแบ่งละเอียด 1 หรือ 2 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว มาตรควรมีหน้าปัดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่า 4.5 นิ้ว มาตรวัดความดันจะบ่งชี้ความแตกต่างระหว่างความดันบรรยากาศและความดันในเครื่องฆ่าเชื้อ

- นาฬิกาบอกเวลา ควรใช้นาฬิกาขนาดใหญ่อ่านได้ง่าย ชัดเจน บอกเวลาได้เที่ยงตรง อาจมีการติดตั้งสัญญาณเตือนเมื่อครบเวลาที่กำหนด ไม่ควรอ่านจากอุปกรณ์ใช้บันทึกอุณหภูมิ

2.2 กระบวนการฆ่าเชื้อ อาหารกระป๋อง

กระบวนการฆ่าเชื้อประกอบด้วยช่วงเวลาไล่อากาศ ช่วงเวลาที่อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด เวลาฆ่าเชื้อและเวลาทำให้กระป๋องเย็นตัวลง ก่อนจะเริ่มเปิดท่อไอน้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อต้องเปิดวาล์วท่อระบายน้ำ และช่องระบายไอน้ำทั้งหมดต้องเปิดกว้างก่อนเริ่มกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋องดังนี้

1. การไล่อากาศ (venting) เนื่องจากอากาศเป็นฉนวนทำความร้อนกระจายตัวไม่สม่ำเสมอทั่วตลอดภายในเครื่องฆ่าเชื้อ จำเป็นต้องใช้ไอน้ำไล่อากาศออกจากเครื่องฆ่าเชื้อให้แน่ใจว่าไม่มีอากาศเหลืออยู่ เพราะส่วนผสมของอากาศและไอน้ำทำให้ประสิทธิภาพการใช้ความร้อนฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ลดลงการกำหนดวิธีการไล่อากาศขึ้นกับขนาด รูปลักษณะของเครื่องฆ่าเชื้อ ปริมาณและแรงดันไอน้ำ แรงต้านอากาศที่ถูกไล่ออกจากเครื่องฆ่าเชื้อ ขนาดและตำแหน่งของช่องไล่อากาศ เป็นต้น ดังนั้นการตั้งข้อกำหนดช่วงเวลาไล่อากาศนานเท่าใดขึ้นกับการตรวจสอบผลของการกระจายตัวของความร้อน (heat distribution test) ในเครื่องฆ่าเชื้อ (อย่างไรก็ตามสำหรับเครื่องฆ่าเชื้อขนาดมาตรฐานและแรงดันไอน้ำใช้ในการฆ่าเชื้อสม่ำเสมอมากกว่า 90 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ต้องทำการตรวจวัดอุณหภูมิและจับเวลาการไล่อากาศให้ได้อย่างน้อยตามข้อกำหนด (อุณหภูมิไล่อากาศจะต้องสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส)
2. ช่วงเวลาที่อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด (come – up time) เป็นช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มเปิดไอน้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อผ่านกระบวนการไล่อากาศจนอุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด คือ เปิดท่อไอน้ำเข้าไล่น้ำค้างท่อผ่านทางท่อระบายน้ำแล้วปิดท่อระบายน้ำ ทำการไล่อากาศออกจากเครื่องฆ่าเชื้อตามข้อกำหนดการไล่อากาศโดยตรวจสอบอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อและจับเวลาต่อจากนั้นจึงเริ่มหรี่วาล์วไล่อากาศจนปิดหมด และถ้ามีการใช้ท่อไอน้ำเบี่ยง (Steam – by – pass) ต้องค่อยๆ หรี่วาล์วปิดลงโดยมิให้อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อลดต่ำลงในทันทีทันใด แต่ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบายไอน้ำ(bleeder) ต้องเปิดตลอดเวลา แล้วตรวจดูอุณหภูมิที่อุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อเล็กน้อย

3. เวลาฆ่าเชื้อ (process time) นับตั้งแต่อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อสูงถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนดโดยตรวจอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ และห้ามใช้ความดันเป็นหลักเกณฑ์ในการกำหนดการฆ่าเชื้อทำการจับเวลาฆ่าเชื้อด้วยนาฬิกาที่เที่ยงตรงถูกต้อง ในการกำหนดเวลาฆ่าเชื้อที่เหมาะสมขึ้น กับความสามารถทนความร้อนของจุลินทรีย์ในอาหารคุณสมบัติลักษณะอาหารและการศึกษาอัตราการแทรกผ่านของความร้อน (heat penetration rate) ไปยังใจกลางอาหารที่จุดร้อนช้าที่สุดของผลิตภัณฑ์ อาหารกระป๋องนั้น โดยคำนึงถึงการรักษาคุณสมบัติและคุณลักษณะที่ดีของอาหารเพื่อให้ผู้บริโภคยอมรับการกำหนดการให้ความร้อนฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องเป็นการผลิตที่กำหนด (scheduled process) เป็นการกำหนดเวลาและอุณหภูมิขั้นต่ำเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แบบเชิงการค้าอย่างเพียงพอ และในการผลิตจริงผู้ผลิตอาจเพิ่มระยะเวลาแต่ต้องไม่นานจนเกินควรเพราะทำให้อาหารกระป๋อง ได้รับความร้อนเกินไป เรียกว่า โอเวอร์ โพรเสสซิ่ง (over processing) การเพิ่มเวลาเท่าไรนั้นเป็นประสบการณ์ของผู้ผลิตหรืออาจมีการใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในอาหารกระป๋องขณะทำการฆ่าเชื้อ เพื่อตรวจสอบและวัดค่าที่ถูกต้องขณะฆ่าเชื้อ

4. การทำให้เย็น (cooling) เมื่อครบกำหนดเวลาฆ่าเชื้อแล้วต้องทำให้อาหารกระป๋องเย็นตัวลงโดยเร็ว โดยใช้น้ำที่มีคลอรีนหรือใช้ระบบความดันลมร่วมกันเพื่อลดอุณหภูมิลงไปที่ ระดับอุณหภูมิต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส แล้วนำไปเป่าด้วยลมให้กระป๋องแห้งไม่เป็นสนิมและลดอุณหภูมิอาหารภายในกระป๋องให้เย็นลงโดยเร็วเป็นการรักษาคุณภาพและสีอาหาร ไม่ให้เปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อนสะสม (stack burn) และช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรย์บางประเภทที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูง (Thermopiles) น้ำที่ใช้ในการทำให้อาหารกระป๋องเย็นต้องเป็นน้ำสะอาด อาจมีการประหยัดน้ำใช้โดยนำน้ำผ่านเครื่องทำให้เย็น (cooling tower) แล้วนำมาใช้หมุนเวียน แต่ต้องมีการควบคุมคุณภาพและเติมคลอรีน เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ให้มีปริมาณ 0.5 ส่วนในล้านส่วนในรูปคลอรีนอิสระ

สำหรับอาหารที่บรรจุกระป๋องขนาดใหญ่ โดยเฉพาะกระป๋องเบอร์ 10 หลังจากฆ่าเชื้อต้องทำให้กระป๋องเย็นลงแบบควบคุมความดันเพื่อป้องกันการเกิดลักษณะเป็นสันนูนที่ฝากระป๋องเรียกว่า บัคคลิง (buckling) อาจเป็นผลเสียต่อตะเข็บกระป๋อง ทำให้เกิดรอยรั่วได้ เหตุเกิดจากความดันภายในกระป๋องกับความดันรอบๆ กระป๋องเครื่องฆ่าเชื้อไม่สมดุลกัน เมื่อปิดท่อไอน้ำเข้าความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ในเครื่องฆ่าเชื้อจะลดลงอย่างรวดเร็วก่อนอาหารในกระป๋องจะเย็นตัวลงทำให้เกิดแรงดันภายในส่งผลต่อฝา และ ตะเข็บโป่งเป็นสันนูนขึ้น ดังนั้นในช่วงเวลาทำให้อาหารกระป๋องเย็นตัวลงหลังจากครบกำหนดเวลาฆ่าเชื้อแล้ว ต้องควบคุมความดันในเครื่องฆ่าเชื้อโดยเปิดท่อลมเข้าเครื่องแล้วค่อย ๆ เปิดท่อน้ำเข้าเครื่องพร้อมกับควบคุมความดันโดยตรวจดูที่มาตรวัดความดัน การลดการปล่อยน้ำเข้าหรือเพิ่มลมเพื่อรักษาความดันให้อยู่ในช่วง +1 ปอนด์ ต่อตารางนิ้วของความดันในขณะทำการฆ่าเชื้อ เมื่อควบคุมความดันในเครื่องฆ่าเชื้อให้คงที่สม่ำเสมอ จนน้ำเข้าเต็มเครื่องฆ่าเชื้อพร้อมกับค่อยๆ หรี่วาล์วลมจนปิดสนิท ทำการลดอัตราการไหลเข้าของน้ำเข้า เวลาในการทำให้กระป๋องเย็นขึ้นกับชนิดของอาหาร ขนาดกระป๋อง อัตราการไหลเข้าของน้ำ เป็นต้น หลังจากระบายน้ำหมดแล้วนำอาหารกระป๋องไปทำให้กระป๋องแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36725

3. การพาสเจอไรส์

การพาสเจอไรส์ คือการใช้ความร้อนที่ไม่สูงมาก ปกติต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บอาหารในช่วงเวลาสั้นๆ โดยจำเป็นต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำด้วย ความร้อนที่ใช้ในการพาสเจอไรส์ต้องเพียงพอต่อการทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ต้านทานความร้อนได้ไม่สูงมาก การใช้ความร้อนต่ำมีข้อดี คือ ลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ(pH สูงกว่า 4.5) จะใช้ความร้อนเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ส่วนอาหารที่มีความเป็นกรดสูง (pH ต่ำกว่า 4.5) จะใช้ความร้อนเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย

การพาสเจอไรส์น้ำผลไม้ ทำเพื่อยับยั้งการทำงานของ เอนไซม์ และทำลายสารที่ทำให้เกิดการเน่าเสียจำพวก รา และยีสต์

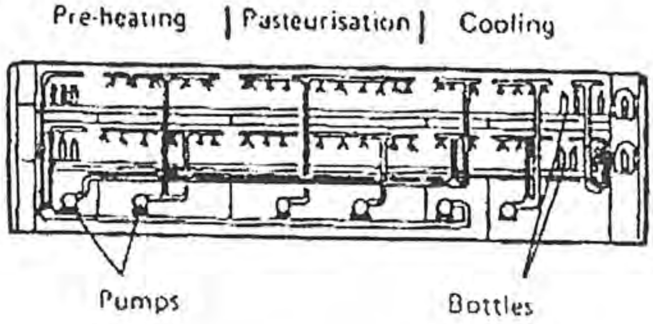
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้

1) การพาสเจอไรส์อาหารในภาชนะบรรจุ

ทำในอาหารเหลวบางชนิด เช่น เบียร์หรือน้ำผลไม้ สิ่งที่ควรระมัดระวังคือ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว อาจทำให้ขวดแตกได้ การบรรจุในภาชนะโลหะหรือพลาสติก นิยมใช้ไอน้ำร่วมกับอากาศหรือน้ำร้อนก็ได้ อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการทำความเย็นคือ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้น้ำบริเวณผิวหน้าระเหย ลดการกัดกร่อน และช่วยให้ปิดฉลากได้ดียิ่งขึ้น

การพาสเจอไรส์โดยใช้น้ำร้อน สามารถทำได้ทั้งแบบครั้งคราว และแบบต่อเนื่อง วิธีที่ง่ายที่สุด คือ การแช่อาหารที่บรรจุภาชนะเรียบร้อยแล้วในอ่างน้ำร้อน ให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ คงอุณหภูมิไว้ตามเวลาที่กำหนด ลดอุณหภูมิโดยการค่อยๆ เติมน้ำเย็นลงไปแทนที่ การพาสเจอไรส์แบบต่อเนื่องทำได้โดยการนำอาหารมาวางบนสายพานที่กำลังเคลื่อนที่ผ่านอ่างน้ำร้อนและน้ำเย็นดังรูปที่ 3 ซึ่งเป็นอุโมงค์ที่แบ่งการทำงานเป็นสามส่วน ส่วนแรกทำหน้าที่เพิ่มอุณหภูมิของอาหารจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ ส่วนที่สองทำหน้าที่พาสเจอไรส์อาหารโดยการคงอุณหภูมิที่ต้องการไว้ให้ครบตามที่กำหนด ส่วนที่สามทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของอาหารลง น้ำแต่ละส่วนที่ฉีดพ่นลงมาจะผ่านหัวฉีด ทำให้มีลักษณะเป็นฝอยละเอียด ช่วยในการประหยัดน้ำและพลังงาน โดยนำน้ำที่ผ่านการทำเย็นอาหารซึ่งผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอาหารจนร้อนขึ้นไปใช้ต่อในส่วนที่หนึ่ง และนำน้ำจากส่วนที่หนึ่งไปใช้ในส่วนที่สาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 แสดงเครื่องพาสเจอไรส์แบบอุโมงค์

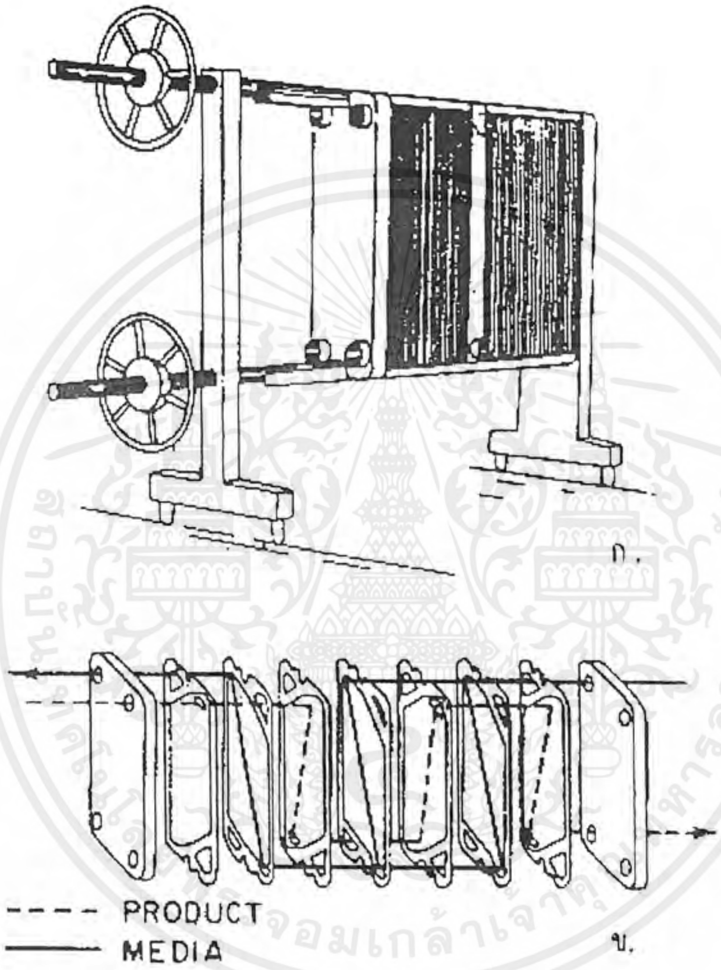
การให้ความร้อนด้วยไอน้ำมีข้อได้เปรียบ คือ อุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เวลาที่ใช้จึงสั้นและอุปกรณ์มีขนาดกะทัดรัด

2) การพาสเจอไรส์อาหารเหลวที่ยังไม่ได้ผ่านการบรรจุ

โรงงานขนาดเล็กนิยมใช้ทำงานในแบบครั้งคราวโดยใช้ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ผิวหน้าหรือ จานต้มแบบเปิด ส่วนโรงงานขนาดใหญ่ นิยมใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นกับอาหารเหลวที่มีความหนืดต่ำ เช่น นม น้ำผลไม้ ซึ่งมีการทำงานแบบต่อเนื่อง ผลิตภัณฑ์บางอย่างอาจมีขั้นตอนการแยกเอาอากาศออกก่อน เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนในระหว่างการเก็บรักษา โดยการพ่นให้เป็นฝอยในหม้อสุญญากาศ อากาศที่ละลายอยู่ถูกดูดออกโดยเครื่องดูดอากาศ

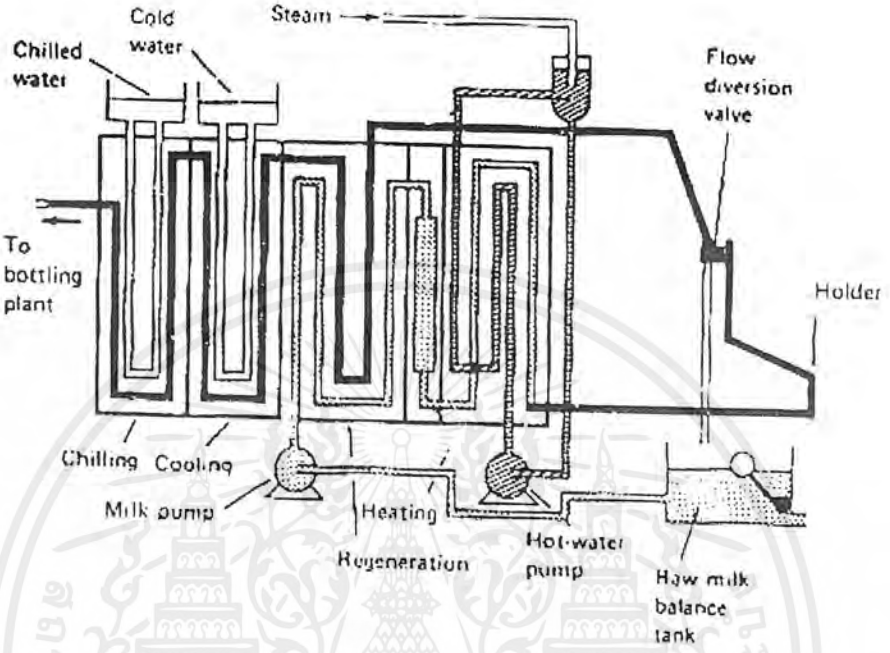
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น ประกอบด้วยแผ่นสเตนเลสส์บางจำนวนมากวางเรียงต่อกันเป็นชุดตามแนวตั้ง ยึดติดกันด้วยแกนโลหะ ระหว่างแต่ละแผ่นจะมีปะเก็นยางเพื่อป้องการรั่ว มีการส่งอาหาร และตัวกลางถ่ายเทความร้อน อาจเป็นไอน้ำ น้ำร้อน หรือน้ำเย็นเข้าไปในช่องว่างระหว่างแต่ละแผ่นแยกกัน อาจมีการไหลแบบสวนทางกันหรือทางเดียวกันกับอาหารก็ได้ แต่ละแผ่นมักออกแบบให้มีลักษณะเป็นลอนเพื่อให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งช่วยให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 แสดง ก.เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น
ข.ทิศทางการไหลของอาหาร และตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 การพาสเจอไรส์นมโดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น

จากรูปที่5 ผลิตภัณฑ์ดิบถูกสูบมาจากถังปรับมาตราฐานเข้าสู่ ส่วนรีเจนเนอเรชั่น (Regeneration section) เพื่อให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์จนถึงอุณหภูมิระดับหนึ่ง แล้วจึงส่งต่อไปยังส่วนให้ความร้อนเพื่อให้อุณหภูมิถึงระดับการพาสเจอไรส์ จากนั้นไหลเข้าสู่ ท่อพัก จนครบเวลาการพาสเจอไรส์ หากผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิไม่ถึงหรือเวลาไม่ครบตามที่กำหนด เครื่องส่งกลับ (Flow diversion value) จะทำงานโดยปล่อยให้ผลิตภัณฑ์ไหลกลับสู่ถังเก็บผลิตภัณฑ์ดิบอีกครั้งเพื่อผ่านกระบวนการพาสเจอไรส์ใหม่ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพาสเจอไรส์แล้วจะไหลเข้าสู่ส่วนรีเจนเนอเรชั่น เพื่อลดอุณหภูมิลงโดยการถ่ายเทความร้อนให้กับผลิตภัณฑ์ดิบจนถึงอุณหภูมิระดับหนึ่ง เป็นการนำความร้อนกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์จากนั้นจึงผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนโดยมีด้านหนึ่งเป็นน้ำเย็น เพื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลงจนถึงประมาณ 40 องศาเซลเซียส ก่อนบรรจุในภาชนะ

นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในการพาสเจอไรส์อาหารเหลวได้เช่นกัน ได้แก่ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อซ้อนกันมีจุดศูนย์กลางร่วมกัน (Concentric tube heat exchanger) เหมาะกับอาหารที่มีความหนืด เช่น มายองเนส ซอสมะเขือเทศ ประกอบด้วยท่อทรงกระบอกสเตนเลสซ้อนกัน 2-3 ท่อ ปล่อยให้อาหารเคลื่อนที่อยู่ในท่อนั้นในโดยมีน้ำร้อนหรือน้ำเย็นไหลอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบๆ โดยมีช่วงของการให้ความร้อนและช่วงทำเย็นแยกออกจากกัน มีการเวียนน้ำร้อนและน้ำเย็นที่ผ่านการใช้งานแล้วกลับมาใช้ใหม่

อาหารที่ผ่านการพาสเจอไรส์แล้วจะถูกบรรจุในถัง ขวดแก้วหรือขวดพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อมาแล้ว ปิดผนึกฝาจนแน่นเพื่อป้องกันการปนเปื้อนเข้ามาใหม่

3.2 ผลต่ออาหาร

การพาสเจอไรส์ เป็นการใช้ความร้อนไม่สูงมากนักทำให้คุณค่าทางโภชนาการเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ไม่นานนัก และในขณะเดียวกันจำเป็นต้องถนอมร่วมกับวิธีอื่นด้วยเช่น การแช่เย็น การฉายรังสี เป็นต้น สีของอาหารอาจเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง โดยมีออกซิเจนเป็นตัวเร่ง ดังนั้นจึงควรกำจัดอากาศออกก่อน การพาสเจอไรส์มีผลทำให้กลิ่นหอมที่ระเหยได้ส่วนหนึ่งได้หายไป ส่วนในน้ำนมสามารถกำจัดกลิ่นหญ้าแห้ง และหากใช้เวลาหรืออุณหภูมิสูงเกินไป อาจทำให้อาหารเกิดกลิ่นไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หม้อไอน้ำ

4.1 หม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำ คือ ภาชนะที่มีความดันสูง และทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำ คล้ายกาต้มน้ำ หม้อไอน้ำโดยทั่วๆไป อาจจำแนกออกได้หลายวิธี แต่ที่นิยมจำแนกกันแบบหนึ่งคือ แยกตามลักษณะการไหลของน้ำกับก๊าซร้อน คือ แบบท่อไฟและแบบท่อน้ำ

1) หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ หม้อไอน้ำแบบนี้ ก๊าซร้อนได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไหลอยู่ในท่อ มีน้ำอยู่ภายนอก โดยปกติหม้อไอน้ำแบบนี้มีขนาดเล็ก ความดันไม่เกิน 8 บาร์ ผลิตไอน้ำได้ไม่เกิน 12 ตันต่อชั่วโมง สามารถผลิตไอน้ำได้แต่แบบไอน้ำอิ่มตัวเท่านั้น หม้อไอน้ำแบบนี้ใช้กับอุตสาหกรรม ที่ต้องการไอน้ำเพื่อไปใช้งานด้านการนำความร้อนไปใช้งาน และด้านขบวนการผลิตได้อย่างดี ปัจจุบันนิยมสร้างแบบ แพคเกจ (package) มีการไหลวนของก๊าซร้อน อยู่ภายในหม้อไอน้ำหลายรอบ ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำแบบนี้สูงมากขึ้น

2) หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ หม้อไอน้ำแบบนี้น้ำหรือไอน้ำจะไหลอยู่ในท่อส่วนรอบนอกของท่อจะมีก๊าซร้อนไหลผ่านได้ ทั้งแบบไอน้ำอิ่มตัวหรือไอน้ำร้อนยวดยิ่งโดยติดชุดซุบเปอร์-ฮีทเตอร์ (Superheater) เข้าไปด้วย

4.2 เชื้อเพลิง (Fuel)

เชื้อเพลิงให้คำจำกัดความได้ว่าเป็นสารที่มีส่วนประกอบของธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นส่วนใหญ่ เมื่อเผาไหม้กับออกซิเจนในอากาศจะให้พลังงานความร้อนออกมาเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเชื้อเพลิงประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจน จึงเรียกว่าเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน ในเชื้อเพลิงอาจมีกำมะถันปนอยู่บ้างเล็กน้อย เชื้อเพลิงอาจจัดแบ่งได้เป็น 3 ชนิดคือ เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิง-เหลว ก๊าซเชื้อเพลิง แต่ละชนิดของก๊าซเชื้อเพลิงยังอาจแบ่งได้เป็น เชื้อเพลิงจากธรรมชาติ และเชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นมาซึ่งจะกล่าวถึงเชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่สำคัญต่อการใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันของเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด

	เชื้อเพลิงแข็ง	เชื้อเพลิงเหลว	ก๊าซเชื้อเพลิง
การขนส่ง	• ขนส่งง่าย	• ขนส่งง่าย	• ยกเว้น แอลพีจี,แอลเอ็นจี แล้วการขนส่งปริมาณมากทำได้ยาก
	• ต้องใช้เนื้อที่กว้าง	• ต้องใช้ถัง	• ต้องการภาชนะบรรจุพิเศษ
การเก็บ	• ความสม่ำเสมอของคุณภาพมีไม่ดี	• ค่อนข้างดี	• ดี
	• ค่าความร้อนต่อน้ำหนักหนึ่งหน่วยมีต่ำ	• ค่าความร้อนต่อน้ำหนักหนึ่งหน่วยมีสูง	• ไม่คงที่ขึ้นกับชนิดของเชื้อเพลิง
	• มีขี้เถ้ามาก	• น้อยมาก	• ไม่มี
คุณสมบัติ	• ประสิทธิภาพในการสันดาปต่ำ	• สูง	• สูงสุด
	• ต้องการอากาศส่วนเกินเป็นจำนวนมากในการสันดาป	• เกิดการสันดาปอย่างสมบูรณ์ด้วย อากาศส่วนเกินจำนวนน้อย	• เกิดการสันดาปอย่างสมบูรณ์ด้วยอากาศส่วนเกินจำนวนน้อยมาก
	• การปรับควบคุมอัตโนมัติทำได้ลำบาก	• ง่าย	• ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ	เชื้อเพลิงแข็ง	เชื้อเพลิงเหลว	ก๊าซเชื้อเพลิง
อุปกรณ์สันดาป	• ขนาดเล็กไม่ซับซ้อน	• ขนาดเล็ก	• ขนาดค่อนข้างใหญ่
มลภาวะ	• ต้องมีการป้องกันการเกิดมลภาวะต่อบรรยากาศ	• ต้องมีการป้องกันการเกิดมลภาวะต่อบรรยากาศ	• ไม่ต้องเป็นห่วงมากเกี่ยวกับการเกิดมลภาวะต่อบรรยากาศ
ราคา	• ถูก	• ค่อนข้างแพง	• แพงที่สุด

ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เชื้อเพลิงที่ใช้ในหม้อต้มคือ น้ำมันเตา เนื่องจากมีราคาปานกลาง และยังมีคุณสมบัติในการสันดาปค่อนข้างดีเกิดเขม่าน้อย

ตารางที่ 2 แสดงมาตรฐานของน้ำมันเตาและแอลพีจีตามประกาศของกระทรวงพาณิชย์

ชนิดของน้ำมันเตา คุณสมบัติ	เบอร์ 1	เบอร์ 4	เบอร์ 5	เบอร์ 6	แอลพีจี
1) ความถ่วงจำเพาะ ที่ 15.6/15.6 องศาเซลเซียส (ค่าสูงสุด)	0.985	0.99	0.995	0.995	-
2) ความหนืด ที่ 50 องศาเซลเซียส	7 -80	81 -180	181 –230	231 -280	-
3)จุดวาบไฟ ทดสอบโดยวิธีเพ็นสกี้-มาร์เต้นส์ โคลส เทสเตอร์ (Pensky-Martens Closed Tester) ,องศาเซลเซียส (ค่าต่ำสุด)	60	60	60	60	-
4) จุดไหลเท ,องศาเซลเซียส (ค่าสูงสุด)	24	24	30	30	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของน้ำมันเตา คุณสมบัติ	เบอร์ 1	เบอร์ 4	เบอร์ 5	เบอร์ 6	แอลพีจี
5) อัตราปริมาณธาตุกำมะถันต่อน้ำหนักของน้ำมัน (% wt) (ค่าสูงสุด)	3	3.5	3.5	3.5	0.343
6)ปริมาณความร้อน (Gross Heating Value) (กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม) (ค่าต่ำสุด)	10,000	9,900	9,900	9,900	-
7)ปริมาณเถ้าต่อน้ำหนักของน้ำมัน (% wt) (ค่าสูงสุด)	0.1	0.2	0.2	0.2	-
8)ปริมาณน้ำและตะกอนต่อปริมาตรของน้ำมัน (% Volume) (ค่าสูงสุด)	1	1.5	1.5	1.5	-
9)สีมาตรฐาน เอเอสทีเอ็ม (ASTM) (ค่าต่ำสุด)	8	-	-	-	-

คุณสมบัติที่สำคัญ

1) ความถ่วงจำเพาะ แสดงความหนักเบาของน้ำมันที่ 60 องศาฟาเรนไฮต์(15.6 องศาเซลเซียส) มี 2 แบบที่ใช้กัน คือความถ่วงจำเพาะ และ เอพีไอ ความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเตายังบอกให้ทราบถึงสิ่งต่างๆ คือ

- ปริมาณไฮโดรเจนในน้ำมัน จะมีน้อยลงเมื่อน้ำมันหนักขึ้น เมื่อเผาไหม้จะให้อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่าน้ำมันที่เบากว่า
- ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สูงสุดในก๊าซทิ้ง (Flue gas) ของน้ำมันที่หนักกว่าจะมีค่ามากกว่าน้ำมันที่เบากว่า
- น้ำมันที่หนักกว่าจะมีค่าความร้อนต่อหน่วยน้ำหนักน้อยกว่า น้ำมันที่เบา และตรงข้าม จะมีค่าความร้อนต่อหน่วยปริมาตรมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ความหนาแน่น แสดงน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตร (กิโลกรัมต่อลิตร) ณ อุณหภูมิมาตรฐาน 15 องศาเซลเซียส ใช้ในการคำนวณต่าง ๆ และด้านการซื้อขาย ทั้งความหนาแน่น และความถ่วงของน้ำมันค่าเฉลี่ยจะเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิของน้ำมันเปลี่ยนไปจากอุณหภูมิมาตรฐาน

3) ความหนืด เป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดที่ต้องคำนึงถึงในการเก็บ, การสูบส่ง และการเผาไหม้ของน้ำมัน หน่วยความหนืดของน้ำมันที่ใช้คือ เซนติสโตรก ที่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (cSt@ 50^{o}C) เนื่องจากความหนืดของน้ำมันจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ จึงต้องปรับหรืออุ่นอุณหภูมิของน้ำจะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพเมื่อมีความหนืดประมาณ 500-1000 เซนติสโตรก ส่วนในด้านการพ่นน้ำมันให้เป็นฝอยละเอียด ออกจากหัวเผาน้ำมัน (Oil burner) เพื่อผสมรวมตัวกับออกซิเจนกับอากาศได้ทั่วถึงกัน ฝอยน้ำมันก็จะระเหยเป็นไออย่างรวดเร็ว สามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ ความหนืดของน้ำมันที่เหมาะสมก่อนที่จะพ่นออกจากหัวฉีดนั้นขึ้นกับชนิดของหัวเผา ซึ่งจะได้กล่าวถึงในเรื่องชนิดของหัวเผาน้ำมัน

การอุ่นน้ำมันด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสมก่อนที่น้ำมันจะถูกฉีดพ่นออกจากหัวฉีดเป็นสิ่งสำคัญที่สุดต่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ สะอาด และสามารถปรับให้ใช้อากาศที่เกิดให้น้อยที่สุดโดยไม่เกิดควันที่ปล่องได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังมีผลต่อการสตาร์ท (Start) จุดติดเตายากขึ้นและอาจเกิดไฟตีกลับได้ หากน้ำมันข้นมากเกินไปและยังมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่ออกจากหัวฉีดและต่อมุมของฝอยน้ำมันที่ฉีดออกไป

4) จุดวาบไฟ น้ำมันเชื้อเพลิงทุกชนิดจะระบุจุดวาบไฟของน้ำมันเพื่อเป็นเครื่องชี้ถึงอันตรายอันจะเกิดจากไฟไหม้น้ำมันและเพื่อกำหนดมาตรการในทางกฎหมายต่อการประกันภัย และการควบคุมไฟไหม้ สำหรับน้ำมันเตาจุดวาบไฟจะไม่ต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส สามารถเก็บ, สูบส่งในแบบที่มีระบบระบายอากาศ ณ อุณหภูมิบรรยากาศได้อย่างปลอดภัย

5) จุดหยุดไหลเท มีความสำคัญต่อการเก็บและสูบส่งในช่วงฤดูหนาว หรือ ฤดูฝน ที่ตกหนักติดต่อกันหลายวัน ปัจจุบันประเทศไทยใช้น้ำมันดิบจากแถบมาเลเซีย, ไทย(ลานกระบือ), อินโดนีเซีย และจีน ซึ่งมีไขสูง เมื่อกลั่นแล้วปริมาณไขมาสะสมอยู่ในน้ำมันเตา ทำให้น้ำมันเตาประเทศเราค่อนข้างจะมีจุดหยุดไหลเทต่ำกับเก็บน้ำมันของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ หากมีปัญหาควรพิจารณาปรับปรุงอุ่นน้ำมันในถัง

6) ปริมาณตะกอนและน้ำ

ตะกอน คือ สารหรือของแข็งที่ไม่ละลายพวกเกลือ ทราย สิ่งสกปรก และเส้นใยของสารต่างๆ ซึ่งติดมากับน้ำมันดิบ และเหลือตะกอนค้างอยู่ในน้ำมันเตา ส่วนน้ำมาจากการขนส่งทางเรือหรือจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นในอากาศ เมื่อน้ำกับตะกอนมีรวมกันมากๆอาจเกิดกลายเป็นตะกอนโคลนเรียก "สลัชจ์" (Sludge) ตะกอนสลัชจ์อาจอุดตันหม้อกรองน้ำมัน เกาะสะสมในหม้ออุ่นน้ำมันและอาจอุดตันภายในหัวฉีดน้ำมันได้ ควรมีการระบายน้ำจากก้นถังเป็นประจำ

7) ปริมาณกำมะถัน

ปริมาณกำมะถันในน้ำมันเตาขึ้นกับแหล่งน้ำมันดิบและเกรดของน้ำมันเตา กำมะถัน เมื่อเผาไหม้จะกลายเป็น กำมะถันไดออกไซด์ (SO_2) และบางส่วนของกำมะถันไดออกไซด์ จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศที่เกิน (Excess Air) กลายเป็นกำมะถันไตรออกไซด์ (SO_3)

- กำมะถันไดออกไซด์ เป็นปัญหาต่อสภาวะของบรรยากาศ และเป็นภัยต่อสุขภาพมนุษย์

- กำมะถันไตรออกไซด์ ก่อปัญหาการกัดกร่อนในบริเวณอุณหภูมิต่ำ คือ กำมะถันไตรออกไซด์ จะรวมตัวกับความชื้น กลายเป็นไอกรดกำมะถัน (H_2SO_4) มันจะกลั่นตัวลงบนพื้นผิวโลหะที่มีอุณหภูมิต่ำประมาณ 140 ถึง 160 องศาเซลเซียส เช่น บริเวณหม้ออุ่นอากาศ ของหม้อไอน้ำ หรือบริเวณปากปล่อง และเกิดการกัดกร่อนขึ้น อุณหภูมิที่ไอกรดกลั่นตัวเรียก "แอซิด ดิว พ้อยนต์" (Acid Dew Point) การแก้ไขปัญหานี้ทำได้หลายทาง

1. เปลี่ยนไปใช้น้ำมันเตาที่มีปริมาณกำมะถันน้อยลง
2. หุ้มฉนวนผิวโลหะ เพื่อทำให้บริเวณนั้น ๆ มีอุณหภูมิไม่สูงเกินจุดแอซิด ดิว พ้อยนต์
3. ใช้โลหะผสมที่ทนต่อการกัดกร่อน
4. ปรับปรุงการเผาไหม้ด้วยการใช้ระดับอากาศที่เกินต่ำมาก ๆ ซึ่งจะได้ผลทางอ้อมคือ ปริมาณกำมะถันไตรออกไซด์จะมีน้อยลงและขณะเดียวกันอุณหภูมิที่ไอกรดจะกลั่นตัวลดลงมาด้วยในทางปฏิบัติหม้อไอน้ำขนาดใหญ่ ๆ จะไม่เกิดไอกรดเลย ถ้าปรับหม้อไอน้ำให้ใช้อากาศที่เกินลดลงเหลือ 7 เปอร์เซ็นต์ (เปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประมาณ16)

- กรดกำมะถันยังมีคุณสมบัติเชื่อมเกาะติด ในการรวมตัวกับเขม่าคาร์บอนและเกาะอยู่ภายในปล่อง เมื่อมีโหลด (Load) เปลี่ยนแปลงมันก็จะปลิวออกมาเรียก "แอซิด ซมัท" (Acid Smut) ตกบนหลังคาสังกะสีกระเบื้องบนผ้าและหลังคารถ ทำความเสียหายและรบกวนได้มาก

- กำมะถันในน้ำมันเตา อาจมีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์กระจก, แก้ว, เซรามิคและอิฐทนไฟ ซึ่งอุตสาหกรรมดังกล่าวจะต้องคำนึงถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ปริมาณเถ้า เถ้าในน้ำมันเตาเป็นปัญหาอันหนึ่งกับหม้อน้ำที่ผลิตไอร้อนยวดยิ่ง (Superheat) เถ้าคือ สารประกอบของโลหะ โซเดียม, วานาเดียม, แคลเซี่ยม, แมกนีเซี่ยม, นิเกิ้ล, เหล็ก และสังกะสี ซึ่งมีอยู่ในน้ำมันดิบตามธรรมชาติ และจากการที่น้ำมันดิบปนกับน้ำทะเลในระหว่างการขนส่ง หรือจากสนิมในถัง และจากขบวนการกลั่นน้ำมันดิบ เป็นผลให้ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นได้โดยทั่วไป น้ำมันเตาจะมีเถ้าที่ไม่เผาไหม้ให้หมดไปได้ไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์ แต่ก็ก่อให้เกิดปัญหาให้กับหม้อไอน้ำได้

- เกาะติดสะสมบนหลอดหม้อไอน้ำ ซึ่งจะขัดขวางการถ่ายเทความร้อนเป็นผลให้ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำลดลง บริเวณหลอดหม้อไอน้ำอุณหภูมิสูง เถ้าจะเกาะสะสมหนาและแข็งแรงมาก รู้จักกันว่า "ซแล็กกิ้ง" (Slagging)

- เถ้าประเภทโซเดียมและวานาเดียม เป็นตัวอันตรายที่สุดมันจะทำปฏิกิริยากันเป็นโซเดียมวานาเดต เป็นสารประกอบที่มีจุดหลอมเหลวต่ำประมาณ 620 ถึง 650 องศาเซลเซียส และมีคุณสมบัติกัดกร่อนโลหะซึ่ง ซแล็กกิ้ง ที่เกาะตามหลอดซุป-เปอร์ฮีท อุณหภูมิสูงจะเกิดจากการกัดกร่อนได้ซึ่งรู้จักกันว่า "ไฮ เทมเพอเรเจอร์ คอร์โรชั่น" (High Temperature Corrosion)

อนึ่งเถ้าในน้ำมันเตา อาจมีผลต่อการทำลายอิฐทนไฟภายในเตาหม้อไอน้ำ, เตาเผาอิฐ ได้

9) ค่าความร้อน คือจำนวนของความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ต่อ 1 หน่วยน้ำหนักของเชื้อเพลิงมีหน่วยเป็น บีทียูต่อปอนด์ (Btu/bl), กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม (kcal/kg) และกิโลจูลต่อกิโลกรัม (kJ/kg) ค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงหาได้จากเครื่องมือในห้องปฏิบัติการเรียกว่าแคลอรี่มิเตอร์ (Calorimeter) ซึ่งจะให้ค่าความร้อนทั้งหมดเรียกว่า "กร๊าซ" หรือ "ไฮ ฮีทติ้ง แวลลู" (Grass or High heating Value) ซึ่งหมายถึง ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้รวมกับค่าความร้อนแฝงที่ได้จากการกลั่นตัวของไอน้ำ ซึ่งเกิดจากไฮโดรเจนในน้ำมันเผาไหม้กับออกซิเจนในอากาศส่วน "เน็ท" หรือ "โลฮีทติ้ง แวลลู" (Net or Low Heating Value)ไม่นับรวมความร้อนแฝงที่ได้จากการกลั่นตัวของไอน้ำเข้ามาด้วย

10) ปริมาณกากคาร์บอน คือ สารคาร์บอนที่เหลือติดก้นภาชนะอยู่หลังกระเหย และการสลายตัวของเชื้อเพลิงด้วยความร้อนปกติ น้ำมันเตาจะมีปริมาณกากคาร์บอนเกาะสะสมได้ทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนตกลง และถ้าสภาพการทำงานของหัวเผาไม่ดี บริเวณปลายหัวฉีดน้ำมันได้รับความร้อนจัด อาจมีกากคาร์บอนสะสมจนอาจอุดตันรูหัวฉีดได้

11) ความร้อนจำเพาะและสัมประสิทธิ์การขยายตัว ความร้อนจำเพาะของน้ำมันเตาจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ และความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสจะมีค่าประมาณ 0.43 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม-องศาเซลเซียส ส่วนสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาณของน้ำมันเตามีค่าประมาณ 0.0007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ ในการซื้อขายโดยปริมาตร จะทำกันที่อุณหภูมิมาตรฐาน 60 องศาฟาเรนไฮต์หรือ 15 องศาเซลเซียส

4.3 การเดินเครื่องของหม้อไอน้ำ

ในการจุดนำแต่ละครั้งเราจะใช้ลมเป็นตัวจุดนำซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ อากาศปฐมภูมิ เป็นอากาศที่ผสมกับเชื้อเพลิงภายในหัวเผา ซึ่งอากาศก่อนเข้ากระบอกฉีดจะต้องมีความดันประมาณ10 พีเอสไอ (Psi) และที่ตำแหน่งไฮไฟร (Hi Fire) จะใช้ความดันอากาศประมาณ 15 ถึง 20 พีเอสไอ ส่วนอากาศทุติยภูมิเป็นอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ที่ป้อนเข้าไปในเปลวไฟในลักษณะหมุนปั่นป่วนด้วยความเร็วสูง ด้วยโบลเวอร์มอเตอร์ (Blower Motor) ซึ่งติดอยู่หน้าเครื่อง ก่อนที่จะทำการพ่นอากาศและน้ำมันจะมีอุปกรณ์ในการจุดสตาร์ทติดไฟครั้งแรก อาจใช้จุดด้วยประกายไฟฟ้าหรือใช้ก๊าซแอลพีจีร่วมกับจุดประกายไฟ

ในการพ่นน้ำมันก๊าซและอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะต้องคำนึงถึงค่าความสามารถในการเร่ง-หรี่ไฟ (Turn Down Ratio) คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณสูงสุดของส่วนผสมเชื้อเพลิงอากาศที่ป้อนเข้าเผาไหม้ต่อปริมาณต่ำสุดโดยที่หัวเผายังทำงานได้อย่างเป็นที่พอใจ (เผาไหม้อย่างสมบูรณ์) ถ้าอัตราที่ป้อนเข้ามากเกินไป เปลวไฟอาจดับลงได้ เพราะความเร็วของส่วนผสมสูงเกินความเร็วเปลวไฟและอัตราที่ป้อนเข้าน้อยเกินไปอาจเกิดไฟตีกลับได้เพราะความเร็วเปลวไฟสูงเกินกว่าความเร็วของส่วนผสมหัวเผาน้ำมันมักจะระบุความสามารถในการเร่ง-หรี่ไฟ มาด้วยเช่น 10:1 หมายความว่า หัวเผานี้สามารถหรี่น้ำมันลงได้ 1 ใน 10 ของปริมาณน้ำมันที่ใช้สูงสุดได้ โดยประสิทธิภาพของการเผาไหม้ยังดีเหมือนเดิมตลอดช่วงการทำงาน

การควบคุมการทำงานของหัวเผาโดยอัตโนมัติมี 3 แบบ ดังนี้

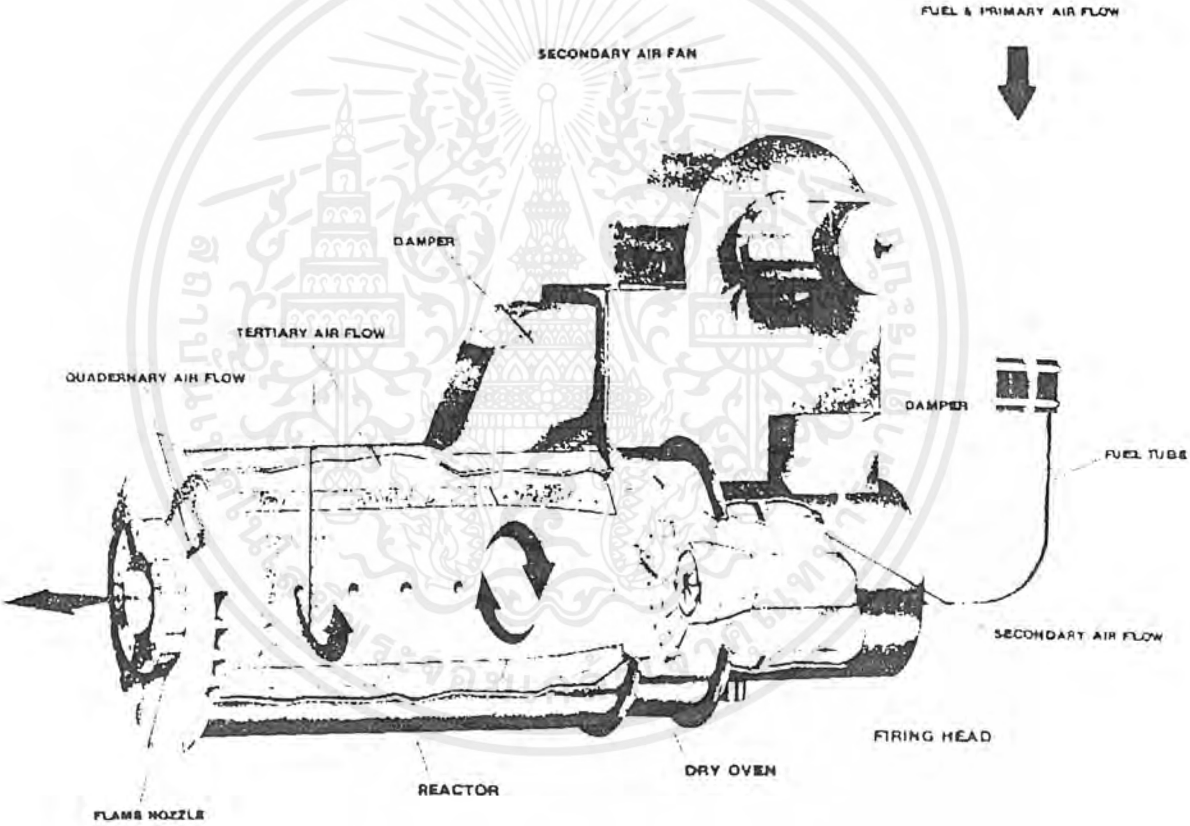
(1) การควบคุมแบบเปิด-ปิด เป็นแบบที่หัวเผาสตาร์ทจุดติดไฟแล้วก็จะทำงานป้อนเชื้อเพลิงเข้าเผาไหม้ในอัตราสูงสุดตามที่ออกแบบไว้ตลอดไป และเมื่อโหลดต้องการอีกมันก็จะเริ่มจุดใหม่อีก มักจะพบกับหัวเผาใช้กับหม้อไอน้ำขนาดเล็กๆ และใช้น้ำมันใสๆ พวกน้ำมันดีเซล หรือน้ำมันเตาใส

(2) การควบคุมแบบไฮ-โล เมื่อหัวเผาทำงานจุดติดไฟครั้งแรกแล้วจะทำงานที่โลไฟร ซึ่งอัตราป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของไฮไฟร เมื่อโหลดตัวการปริมาณความร้อนมากขึ้น หัวเผาก็จะปรับไปเดินที่ไฮไฟร และเมื่อความต้องการลดลงก็จะกลับมาที่โลไฟร หรือลงไปที่ปิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่กับโหลด หัวเผาในปัจจุบันได้มีการพัฒนาปรับปรุงในหัวเผาเดียวกัน โดยหัวที่1 ให้ทำงานที่โลไฟร, หัวที่2 ทำงานที่มีเดี่ยมไฟร (Medium Fire) และหัวที่3 ทำงานที่ไฮไฟร เป็นต้น

(3) โมดูเลทติ้ง คอนโทรล (Modulating Control) เป็นการควบคุมการทำงานของหัวเผาให้ป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าเผาไหม้ตั้งแต่โลไฟรจนถึงที่ไฮไฟรตลอดทั้งช่วงกลับไปมาได้ มักจะใช้กับหม้อน้ำที่มีอัตราการใช้ไอน้ำเพิ่มลดบ่อย



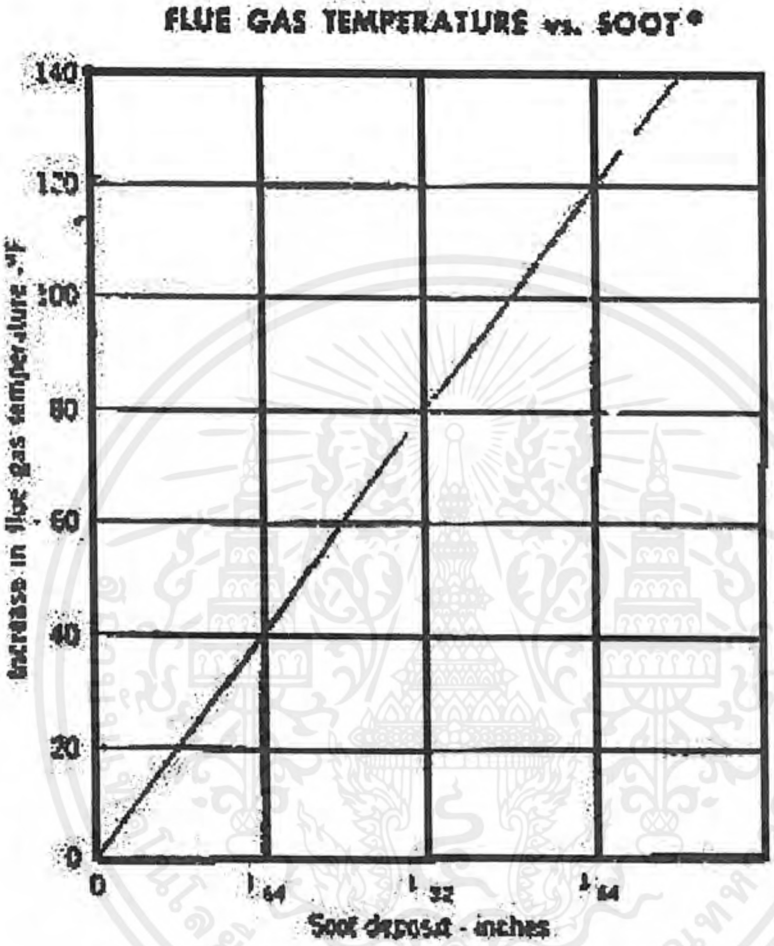
รูปที่ 6 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของหม้อไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การตรวจสอบและปรับประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

1) โดยการวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิของปล่องไอเสียด้วยเครื่องมือวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกู๊ด-เวย์ (Good-Way), ไฟไรท (Fyrite), คะไวเยอร์ (Dwyer) โดยหม้อไอน้ำที่ออกแบบมาเป็นอย่างดีแล้ว อุณหภูมิของปล่องไอเสียจะสูงกว่าอุณหภูมิของไอน้ำที่ผลิตประมาณ 100 องศาฟาเรนไฮต์ และปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้ที่ปล่องไอเสียต้องปรับให้ได้ 13 เปอร์เซ็นต์ ทุกช่วงของ load เมื่อใช้น้ำมันเตาเบอร์ 6 และ 12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้น้ำมันโซล่า และ 9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้แก๊ส เขม่าหรือควันที่วัดจากปล่องไอเสียไม่ควรเกินเบอร์ 2 ของสโมกสเกล (Smoke Scale) เมื่อใช้เครื่องวัดของกู๊ด-เวย์, ไฟไรท, คะไวเยอร์ เชื้อเพลิงเผาไหม้ไม่หมดเกิดการสูญเสียไปเนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดเขม่าตกค้างภายในหม้อไอน้ำจำนวนมากเกาะตามท่อ, ผนัง ความหนาของเขม่าที่ตกค้างเกาะภายในหม้อไอน้ำจะทำให้การถ่ายเทความร้อนไม่ดี อุณหภูมิปล่องสูงมาก ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 กราฟก๊าซร้อนทิ้งและเขม่า โดยเขม่าเกาะบนผิวท่อหนา 1/8 นิ้ว ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองเชื้อ เพลิงในการเผาไหม้ 25 เปอร์เซ็นต์

อุณหภูมิของไอเสียที่สูงขึ้นกว่าปกตินี้ แสดงว่าความร้อนถ่ายเทไปให้น้ำไม่ดีเพราะเขม่าเป็นฉนวนจึงสูญเสียออกปล่องมาก เขม่าหนาเพียง 1 /16 นิ้ว ภายในตัวหม้อไอน้ำ จะใช้เชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้นถึง 4 เปอร์เซ็นต์ดังนั้นจึงควรทำความสะอาดเขม่าจากหม้อไอน้ำเมื่อความหนาเกิน 1/16 นิ้ว

1. การวัดก๊าซออกซิเจนจากปล่องไอเสียโดยใช้เครื่องมือวัดก๊าซออกซิเจนของ กู๊ด-เวย์, ไฟไรท, คะไวเยอร์ ปริมาณก๊าซออกซิเจนจากปล่องไอเสียโดยทั่วไปกำหนดระหว่าง 2 ถึง 4 เปอร์เซ็นต์หรือน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่า และปริมาณอากาศส่วนเกิน 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเป็นการควบคุมปริมาณอากาศส่วนเกินที่เข้าไปเผาไหม้ให้น้อยที่สุด จึงมีการทำเครื่องวัดและควบคุมก๊าซออกซิเจน ไปใช้ในหม้อไอน้ำเพื่อควบคุมอากาศส่วนเกินนี้โดยลดปริมาณอากาศส่วนเกินที่พาความร้อนออกปล่องมากเกินไป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้เชื้อเพลิง

2. เขม่าหรือขี้เถ้า ที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ถ้าหนาเกิน 1/16 นิ้ว สังเกตจากอุณหภูมิของปล่องไอเสียสูงผิดปกติไม่ยอมลดถ้าสูงกว่าอุณหภูมิของไอน้ำ 200 องศาฟาเรนไฮต์ แล้วจะต้องทำความสะอาดทันที

3. ขั้นกันไฟและปะเก็นต่างๆ ของตัวเครื่องจะต้องไม่แตก หัก ร้าว ชำรุด ซึ่งจะทำให้ไฟหรือแก๊สร้อนแลบหรือรั่วออกมา หรืออาจรั่วลัดชั้นไฟไม่วิ่งตามจำนวนครั้งที่ได้ออกแบบมา สังเกตได้จากอุณหภูมิของปล่องสูงมากผิดปกติจะต้องแก้ไขซ่อมแซมเพราะแก๊สร้อนที่รั่วไปนี้ไม่เพียงแต่จะสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเท่านั้น อาจเกิดอุบัติเหตุเป็นอันตรายแก่ผู้คนและทรัพย์สินได้

4.น้ำเข้าหม้อน้ำ จะต้องมีคุณสมบัติอย่างเหมาะสมกับหม้อน้ำ

5.ตะกรันหรือตะกอนที่เกาะในหม้อไอน้ำหนาเพียง 1/32 นิ้ว จะเปลืองเชื้อเพลิงมากขึ้น ดังนั้นเมื่อพบว่ามีตะกรันเกิดขึ้นในหม้อน้ำเพียง 1/32 นิ้ว ก็ควรจะทำการล้างทำความสะอาดตะกรันให้ออกไปจากหม้อน้ำวิธีการล้างทำความสะอาดมี 2 วิธี คือ ใช้สารเคมี, ใช้เครื่องมือ

6.การปล่อยน้ำใต้เครื่องการเตรียมน้ำก่อนเข้าหม้อน้ำเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง น้ำที่เตรียมเป็นอย่างดีแล้ว ก็ยังไม่บริสุทธิ์ 100 เปอร์เซ็นต์ดังนั้นความเข้มข้นของน้ำภายในหม้อไอน้ำจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามอัตราของน้ำที่ป้อนเข้าหม้อน้ำ ความเข้มข้นที่สูงเกินไป จะทำให้เกิดตะกรัน, แครรี่โอเวอร์ (Carryover), การผุกร่อน, โฟมมิ่ง (Foaming), คอสติก เอ็มบริเทิ้ลเมนท์ (Caustic Embrittlement) ซึ่งจะยังผลให้เกิดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และความเสียหายแก่ตัวหม้อไอน้ำตลอดจนเครื่องจักรต่าง ๆดังนั้นจึงจำเป็นต้องปล่อยน้ำใต้เครื่องทิ้งไปบางส่วนเพื่อลดความเข้มข้นภายในตัวหม้อไอน้ำการปล่อยน้ำใต้เครื่องนี้เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานต้องปล่อยให้น้อยที่สุดโดยการควบคุมปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TDS) ในหม้อน้ำให้มีค่าสูงสุด แต่ไม่เกินค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ที่กำหนดไว้

เมื่อมีการปล่อยน้ำใต้เครื่องทิ้ง เราสามารถนำความร้อนที่ปล่อยไปนี้กลับมาใช้งานอีกโดยผ่านเข้าไปในชุดการนำความร้อนจากการปล่อยน้ำใต้เครื่องทิ้งมาถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำก่อนเข้าหม้อไอน้ำซึ่งเป็นการลดเชื้อเพลิงได้อีกทางหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
การคำนวณ

อุปกรณ์ที่สำคัญในขบวนการผลิตน้ำผลไม้ และเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานมาก ได้แก่ หม้อไอน้ำ เครื่องฆ่าเชื้อและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น การใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้จะมีผลกระทบอย่างมากต่อการใช้พลังงานภายในโรงงาน ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงเน้นที่จะประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์ทั้งสามชนิดนี้ ดังต่อไปนี้

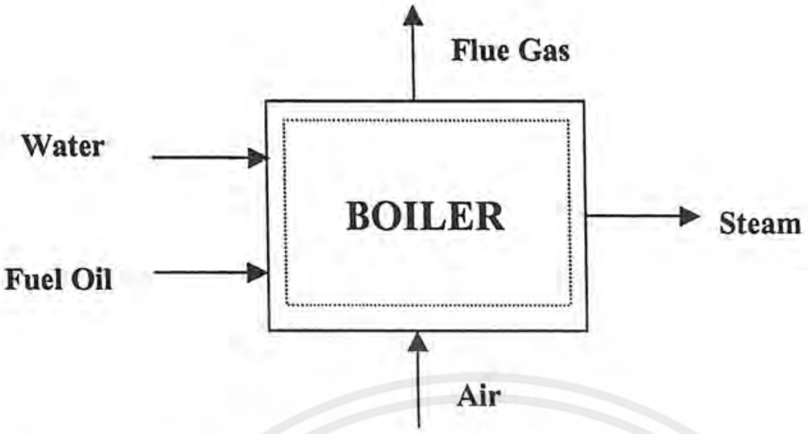
1. หม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในกระบวนการต่างๆ ในโรงงาน การทำงานของหม้อไอน้ำอย่างมีประสิทธิภาพส่งผลให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้อยลง ซึ่งเป็นการลดต้นทุนของผู้ประกอบการ ดังนั้นการดูแลหม้อไอน้ำให้มีประสิทธิภาพสูง จะช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงาน ลดการสูญเปล่าของพลังงานโดยไม่จำเป็น การคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำจึงเป็นสิ่งจำเป็น ที่จะใช้ในการประเมินเบื้องต้นได้ว่าการทำงานของหม้อไอน้ำมีประสิทธิภาพเหมาะสมหรือไม่ ถ้าไม่เหมาะสมจะสามารถหาแนวทางในการแก้ไขอย่างไร โดยสามารถแสดงให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพหม้อไอน้ำเมื่อเปลี่ยนแปลง ชนิดของเชื้อเพลิง อุณหภูมิน้ำก่อนเข้าหม้อไอน้ำ เป็นต้น ส่วนแนวทางในการแก้ไขในปริญญานิพนธ์นี้เสนอให้มีการติดตั้งอุปกรณ์เสริม 3 ชนิด คือ อีโคโนไมเซอร์ (Economizer) ดีแอเรเตอร์ (Deaerater) และพรีฮีทเตอร์ (Preheater)

1.1 ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Boiling efficiency, ηboiler)

การคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ ใช้หลักการวิเคราะห์ตามกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ซึ่งเกี่ยวกับพลังงานความร้อน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 แสดงขอบเขตปริมาตรควบคุมของหม้อไอน้ำ

จากรูปที่ 8 กำหนดปริมาตรควบคุมเฉพาะหม้อไอน้ำ จะถือว่า

1. สภาวะต่างๆ ของปริมาตรควบคุมและสภาวะข้างเคียงค่อนข้างคงที่
2. ความเร็วและคุณสมบัติต่าง ๆ มีค่าคงที่ตลอดพื้นผิวของการไหล ทั้งทางเข้าและทางออกและไม่เป็นไปตามเวลา
3. ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของมวลภายในปริมาตรการควบคุม
4. อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้นผิวควบคุมมีค่าคงที่
5. การเปลี่ยนแปลงพลังงานศักดิ์และพลังงานจลน์มีค่าน้อยและตัดทิ้งได้

ดังนั้นประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ คือ

ηboiler = พลังงานที่ใช้ในการต้มน้ำ / พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

$$= [m_{steam} * (h_{steam} - h_{water})] / [m_{fuel,oil} * LHV] * 100 \qquad \text{----------(1)}$$

โดยที่

ηboiler คือ ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

m_{steam} คือ อัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำ (kg/s)

h_{steam} คือ พลังงานของไอน้ำ (kJ/kg)

h_{water} คือ พลังงานของน้ำ (kJ/kg)

LHV คือ ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (kJ/kg)

(ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความร้อนสูญเสียเนื่องจากก๊าซร้อนทิ้ง (Flue Gas Heat Loss)

การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง นอกจากจะได้พลังงานความร้อนแล้ว ยังเกิดเขม่าควันที่มาจากการเผาไหม้ที่ไท่สมบูรณ์และอากาศส่วนเกินที่เกิดจากการใส่อากาศขณะเผาไหม้มากเกินไป สิ่งต่างๆ เหล่านี้ทำให้เกิดความร้อนสูญเสียเนื่องจากก๊าซร้อนทิ้งพาความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไปกับก๊าซร้อนทิ้ง

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความร้อนสูญเสียเนื่องจากก๊าซร้อนทิ้ง ได้จากการวิเคราะห์การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง และค่าความร้อนจำเพาะของก๊าซร้อนทิ้ง ดังนี้

$$Q_{flue,gas} = \text{mol flue gas} * C_{pogas} * (T_{fluegas} - T_{air}) \quad \text{----------(2)}$$

% Flue Gas Heat Loss

$$= (Q_{flue,gas} * 100) / (m_{fuel,oil} * LHV) \quad \text{----------(3)}$$

โดยที่

% Flue Gas Heat Loss

คือ เปอร์เซ็นต์ความร้อนสูญเสียเนื่องจากก๊าซร้อนทิ้ง

$Q_{flue,gas}$ คือ ความร้อนสูญเสียเนื่องจากก๊าซร้อนทิ้ง (kJ/s)

mol flue gas

คือ อัตราการไหลโดยโมลของก๊าซร้อนทิ้ง (kmol/s)

(ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก.)

$C_{p0\ gas}$ คือ ค่าความร้อนจำเพาะของก๊าซร้อนทิ้ง (kJ/kmol. K)

(ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก.)

$T_{flue\ gas}$ คือ อุณหภูมิของก๊าซร้อนทิ้ง (K)

T_{air} คือ อุณหภูมิของอากาศ (K)

1.3 ความร้อนสูญเสียที่ผนังหม้อไอน้ำ (Surface Heat Loss)

ความร้อนสูญเสียที่ผนังหม้อไอน้ำเกิดจาก ผนังเตาได้รับความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ทำให้ผนังเตามีอุณหภูมิสูง เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างผนังเตาและอากาศในลักษณะของการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน เพื่อลดความร้อนสูญเสียจำเป็นต้องหุ้มฉนวนผนังหม้อไอน้ำ แต่เพื่อความเหมาะสมควรคำนึงถึงค่าใช้จ่าย เพราะฉนวนที่ดีจะมีราคาสูง

$$Q_{surface} = Q_{radiation} + Q_{convection} \quad \text{----------(4)}$$

$$Q_{radiation} = \varepsilon * A * \delta * (T_{surface}^4 - T_{surround}^4) \quad \text{----------(5)}$$

$$Q_{convection} = \overline{h} * A * (T_{surface} - T_{surround}) \quad \text{----------(6)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% Surface Heat Loss

$$= (Q_{surface} * 100) / (m_{fuel,oil} * LHV) \quad \text{----------(7)}$$

โดยที่

$Q_{surface}$ คือ ความร้อนสูญเสียที่ผนังหม้อไอน้ำทั้งหมด (kJ/s)

$Q_{radiation}$ คือ ความร้อนสูญเสียเนื่องจากแผ่รังสี (kJ/s)

$Q_{convection}$ คือ ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพาความร้อน (kJ/s)

ε คือ ค่าอีมิสซิวิตี้ (Emissivity) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

δ คือ ค่าสตีแฟน - โบลทซ์แมนน์ คอนสแตนท์ (Stefan –Voltzmann Constant) เท่ากับ 5.67 X 10^{-8} วัตต่อตารางเมตร-ไฮเปอร์เควิน ($W/m^2.K^4$)

A คือ พื้นที่ผิวของหม้อไอน้ำ (m^2)

% Surface Heat Loss

คือ เปอร์เซ็นต์ความร้อนสูญเสียที่ผนังหม้อไอน้ำ

$$\overline{h} = k * \overline{Nu}_D / D \quad \text{----------(8)}$$

โดยที่

$$\overline{Nu}_D = \{0.06 + [(0.387 * Ra_D^{1/16})/(1 + (0.559/Pr)^{9/16}]^{8/27}\}^2$$

$$: Ra_D \leq 10^{12} \quad \text{----------(9)}$$

$$Ra_D = g * \beta * (T_{surface} - T_{surround}) D^3 / \nu * \propto \quad \text{---------(10)}$$

ν คือ ค่าความหนืดจลน์ (m^2/s)

α คือ ค่าการกระจายความร้อน (Thermaldiffusivity (m^2/s))

Pr คือ ค่าแพรงตอน (Prandtl number)

β คือ ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของความร้อนเชิงปริมาตร (Volumetric Thermal Expansion Coefficient (1/K)

$$= 1/T_f \quad \text{---------(11)}$$

$$T_f = (T_{surface} + T_{surround}) / 2 \quad \text{---------(12)}$$

1.4 ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการปล่อยน้ำใต้เครื่องทิ้ง (Blow Down Heat Loss)

น้ำที่ใช้ในหม้อไอน้ำจะต้องสะอาด มีความกระด้างและปริมาณสารละลายน้อยเพื่อป้องกัน การเกิดฟอง ที่จะทำให้ไอน้ำมีน้ำปนมาก และโอกาสที่จะเกิดตะกรันที่บริเวณท่อไฟหรือท่อน้ำมีมาก มีผลให้เกิดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ดังนั้นเพื่อป้องกันการกระด้างของน้ำจึงต้องมีการปล่อยน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใต้เครื่องทิ้ง ซึ่งการปล่อยน้ำใต้เครื่องทิ้งจะเป็นการสูญเสียความร้อนไปกลับน้ำนั้นจำนวนมาก จึงต้องปล่อยน้ำเป็นระยะ โดยการคำนวณความร้อนสูญเสียเนื่องจากการปล่อยน้ำใต้เครื่องทิ้งมีดังนี้

$Q_{blowdown} = (m_{water} - m_{steam}) * (h_{f\ \text{ที่ความดันไอน้ำ}} - h_{f\ \text{ที่อุณหภูมิบรรยากาศ}})$ ---------(13)

% Blow Down Heat loss

$= (Q_{blowdown} * 100) / (m_{fuel,oil}\ LHV)$ ---------(14)

โดยที่

$Q_{blowdown}$ คือ ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการปล่อยน้ำใต้เครื่องทิ้ง (kJ/s)

m_{water} คือ อัตราการไหลของน้ำ (kg/s)

m_{steam} คือ อัตราการไหลของไอน้ำ (kg/s)

$h_{f\ \text{ที่ความดันไอน้ำ}}$

คือ พลังงานของน้ำที่ความดันไอน้ำ (kJ/kg)

$h_{f\ \text{ที่ความดันบรรยากาศ}}$

คือ พลังงานของน้ำที่ความดันบรรยากาศ (kJ/kg)

% Blow Down Heat loss

คือ เปอร์เซ็นต์ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการปล่อยน้ำใต้เครื่องทิ้ง

1.5 ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำเมื่อติดตั้งอุปกรณ์เสริม

อุปกรณ์เสริมที่ใช้มี 3 แบบ คือ

5.1 อีโคโนไมเซอร์ (Economizer) เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้อุณหภูมิของน้ำก่อนเข้าหม้อไอน้ำสูงขึ้นโดยใช้ก๊าซร้อนทิ้งที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเป็นตัวอุ่นน้ำ โดยสามารถลดการใช้น้ำมันเป็นการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง และประหยัดต้นทุนอีกทางหนึ่ง

$Q_{economizer} = \text{mol flue gas} * C_{pogas} * (T_{\text{flue gas entrance economizer}} - T_{\text{flue gas leave economizer}})$

---------(15)

ดังนั้นประสิทธิภาพหม้อไอน้ำเมื่อติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ คือ

$\eta boiler = [m_{steam} * (h_{steam} - h_{water})] / [(m_{fuel,oil} * L * H * V) - Q_{economizer}]$

---------(16)

5.2 ดีแอเรเตอร์ (Deaerator) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวไล่อากาศออกจากน้ำก่อนเข้าหม้อไอน้ำ โดยใช้ไอน้ำที่ได้จากการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำเป็นตัวไล่อากาศออกจากน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยผสมน้ำกับไอน้ำเข้าโดยตรงภายในเครื่องดีแอเรเตอร์ ซึ่งนอกจากจะไล่อากาศแล้วยังทำให้อุณหภูมิของน้ำก่อนเข้าหม้อไอน้ำสูงขึ้น

$$Q_{deaerator} = (m_{water\ leave\ deaerator} - m_{steam}\ entrance\ deaerator) * h_{water\ leave\ dearator} \quad \text{---------(17)}$$

ดังนั้นประสิทธิภาพหม้อไอน้ำเมื่อติดตั้งดีแอเรเตอร์ คือ

$$\eta boiler = [m_{steam} * (h_{steam} - h_{water})] / [(m_{fuel,oil} * L * H * V) - Q_{deaerator}] \quad \text{---------(18)}$$

5.3 พรีฮีทเตอร์ (Preheater) เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้อุณหภูมิของน้ำก่อนเข้าหม้อไอน้ำสูงขึ้น โดยใช้ไอน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำก่อนเข้าหม้อไอน้ำ

$$Q_{preheater} = m_{water\ leave\ preheater} * (h_{water\ leave\ preheater} - h_{water\ entrance\ preheater}) \quad \text{---------(19)}$$

ดังนั้นประสิทธิภาพหม้อไอน้ำเมื่อติดตั้งพรีฮีทเตอร์ คือ

$$\eta boiler = [m_{steam} * (h_{steam} - h_{water})] / [(m_{fuel,oil} * L * H * V) - Q_{preheater}] \quad \text{---------(20)}$$

การติดตั้งอุปกรณ์ทั้งสามแบบนั้นต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการติดตั้งซึ่งมีค่าสูงอีกด้วย

2. เครื่องฆ่าเชื้อ

เครื่องฆ่าเชื้อ เป็นอุปกรณ์สำคัญในการฆ่าเชื้อน้ำผลไม้ที่เป็นประเภทกรดต่ำ การใช้เครื่องฆ่าเชื้อได้อย่างถูกต้อง เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้กระบวนการฆ่าเชื้อมีประสิทธิภาพดีและประหยัดพลังงานอีกด้วย การทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อมี 3 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การไล่อากาศ ขั้นที่ 2 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด และขั้นที่ 3 การทำเย็น เนื่องจากเครื่องฆ่าเชื้อเป็นอุปกรณ์ที่มุ่งเน้นผลการฆ่าเชื้อที่สมบูรณ์ในทุกขั้นตอนจึงไม่จำเป็นต้องคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้พลังงานในแต่ละช่วง ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงแสดงปริมาณการใช้พลังงานเท่านั้น ส่วนในช่วงการทำเย็น ได้พิจารณาถึงการทำงานของปั๊มลม (air compressor) และมอเตอร์ที่ใช้ในการผลิตลมที่ใช้ไล่ไอน้ำและทำความเย็นเป็นหลัก

2.1 ขั้นที่ 1. การไล่อากาศ

การคำนวณหาค่าความร้อนที่ใช้ในการไล่ไอน้ำได้จากค่าความร้อนแฝงของไอน้ำ

$$Q_{steam\ \text{ในการไล่อากาศ}} = time * m_{steam} * h_{steam} \quad \text{---------(21)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

$Q_{steam\ ในการไล่อากาศ}$

คือ ค่าความร้อนของไอน้ำที่ใช้ในการไล่อากาศ (kJ)

time คือ เวลาที่ใช้ในการไล่อากาศ (s)

m_{steam} คือ อัตราการไหลของไอน้ำในช่วงไล่อากาศ (kg/s)

h_{steam} คือ พลังงานของไอน้ำ (kJ/kg)

2.2 ขั้นที่ 2. การฆ่าเชื้อ

การคำนวณค่าความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจะแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ ค่าความร้อนที่ไอน้ำให้กับเครื่องฆ่าเชื้อ และค่าความร้อนที่เครื่องฆ่าเชื้อได้รับ (ค่าความร้อนที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับกระป๋องและอุปกรณ์อื่น ๆ และค่าความร้อนของน้ำที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำ (Blown Down)) แต่เนื่องจากการฆ่าเชื้อเป็นขบวนการต่อเนื่องจากการไล่อากาศ จึงทำให้อุณหภูมิของกระป๋องเพิ่มขึ้นขณะที่มีการไล่อากาศ และคงที่ในขณะที่มีการฆ่าเชื้อ ดังนั้นการคำนวณค่าความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจึงมีขอบเขตครอบคลุมถึงขบวนการไล่อากาศด้วย

$$Q_{steam\text{ที่ให้กับเครื่องฆ่าเชื้อ}} = Q_{steam\text{ ในการไล่อากาศ}} + Q_{steam\text{ ในการฆ่าเชื้อ}} \qquad \text{---------(22)}$$

$$Q_{steam\text{ ในการฆ่าเชื้อ}} = m_{steam\text{ ในช่วงฆ่าเชื้อ}} * h_g * time_{\text{การฆ่าเชื้อ}} \qquad \text{---------(23)}$$

$$Q_{\text{ที่เครื่องฆ่าเชื้อได้รับ}} = Q_{\text{ไอน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนภายในเครื่องฆ่าเชื้อ}} + Q_{Blowdown} \qquad \text{---------(24)}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{ไอน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนภายในเครื่องฆ่าเชื้อ}} = {} & [m_{can} * C_{p\ can} * (T_{can\text{เมื่อสิ้นสุดการฆ่าเชื้อ}} - T_{can\text{ เริ่มต้นการไล่อากาศ}}) * N_{can}] + \\ & [m_{fruitjuice} * C_{p\ fruitjuice} * (T_{fruitjuice\text{ ที่จุดที่ร้อนช้าที่สุด}} - T_{fruitjuice\text{ เริ่มต้นการไล่อากาศ}}) * N_{can}] + \\ & [m_{basket} * C_{p\ basket} * (T_{basket\text{ เมื่อสิ้นสุดการฆ่าเชื้อ}} - T_{basket\text{ เริ่มต้นการไล่อากาศ}}) * N_{basket}] \end{aligned} \qquad \text{---------(25)}$$

$$Q_{Blowdown} = m_{water} * h_f * time_{blowdown} \qquad \text{---------(26)}$$

โดยที่

$Q_{steam\text{ที่ให้กับเครื่องฆ่าเชื้อ}}$

คือ ค่าความร้อนของไอน้ำที่ให้กับเครื่องฆ่าเชื้อทั้งในช่วงการไล่อากาศ และช่วงการฆ่าเชื้อ (kJ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$Q_{steam\ ในการไล่อากาศ}$

คือ ค่าความร้อนของไอน้ำที่ใช้ในการไล่อากาศ (kJ)

$Q_{steam\ ในการฆ่าเชื้อ}$

คือ ค่าความร้อนของไอน้ำที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (kJ)

$Q_{ที่เครื่องฆ่าเชื้อได้รับ}$

คือ ค่าความร้อนที่เครื่องฆ่าเชื้อได้รับทั้งในช่วงการไล่อากาศ และช่วงการฆ่าเชื้อ (kJ)

$Q_{ไอน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนภายในเครื่องฆ่าเชื้อ}$

คือ ค่าความร้อนที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างกระป๋องและวัสดุอื่น ๆ ภายในเครื่องฆ่าเชื้อ (kJ)

$Q_{Blowdown}$ คือ ค่าความร้อนของน้ำที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำ (kJ)

$m_{steam\ ในช่วงฆ่าเชื้อ}$

คือ อัตราการไหลของไอน้ำในช่วงฆ่าเชื้อ (kg/s)

h_g คือ ค่าความร้อนของน้ำในรูปของไอน้ำ (kJ/kg)

$time_{การฆ่าเชื้อ}$

คือ เวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (s)

m_{can} คือ มวลของกระป๋อง (kg)

$C_{p\ can}$ คือ ค่าความร้อนจำเพาะของกระป๋อง (kJ/kg K)

$T_{canเมื่อสิ้นสุดการฆ่าเชื้อ}$

คือ อุณหภูมิกระป๋องเมื่อสิ้นสุดการฆ่าเชื้อ (C)

$T_{can\ เริ่มต้นการไล่อากาศ}$

คือ อุณหภูมิกระป๋องเมื่อเริ่มต้นการไล่อากาศ (C)

N_{can} คือ จำนวนกระป๋องทั้งหมด

$m_{fruitjuice}$ คือ มวลของน้ำผลไม้ (kg)

$C_{p\ fruitjuice}$ คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำผลไม้ (kJ/kg K)

$T_{fruitjuice\ ที่จุดที่ร้อนช้าที่สุด}$

คือ อุณหภูมิน้ำผลไม้ที่จุดที่ร้อนช้าที่สุด (C)

$T_{fruitjuice\ เริ่มต้นการไล่อากาศ}$

คือ อุณหภูมิน้ำผลไม้เมื่อเริ่มต้นการไล่อากาศ (C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M_{basket} คือ มวลของตะกร้า (kg)

$C_{p\ basket}$ คือ ค่าความร้อนจำเพาะของตะกร้า (kJ/kg K)

$T_{basket\ \text{เมื่อสิ้นสุดการฆ่าเชื้อ}}$

คือ อุณหภูมิตะกร้า เมื่อสิ้นสุดการฆ่าเชื้อ (C)

$T_{basket\ \text{เริ่มต้นการไล่อากาศ}}$

คือ อุณหภูมิตะกร้า เมื่อเริ่มต้นการไล่อากาศ (C)

N_{basket} คือ จำนวนตะกร้า ทั้งหมด

m_{water} คือ อัตราการไหลของน้ำ blowdown (kg/s)

h_f คือ ค่าความร้อนของน้ำ (kJ/kg)

$time_{blowdown}$

คือ เวลาที่น้ำblowdown (s)

2.3 ขั้นที่ 3 การทำเย็น

ในขั้นที่3 มีจุดประสงค์ในการไล่ไอน้ำด้วยลมเพื่อทำความเย็นและคงความดันภายในเครื่องฆ่าเชื้อให้คงที่เพื่อป้องกันกระป๋องบวมและตะเข็บแตก โดยใช้ปั๊มลมเป็นตัวผลิตลม โดยปั๊มลมที่พิจารณาในปริญญานิพนธ์นี้ เป็นแบบลูกสูบ โดยถังรับความดัน (air reciever) และปั๊มลม จะต้องมีขนาดเพียงพอกับความต้องการใช้ลมระหว่างทำความเย็นของเครื่องฆ่าเชื้อเพื่อชดเชยกับความดันไอน้ำที่ลดลงอย่างรวดเร็ว

ในการคำนวณในช่วงทำความเย็นด้วยลมนี้ ได้พิจารณาถึงพลังงานที่ปั๊มลมผลิตได้ในช่วงไล่อากาศ และประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ที่ขับให้ปั๊มลมทำงาน ดังนี้

$W_{\text{ที่ปั๊มลมผลิตได้}}$

$$= V_{displacement} * N * n * time_{\text{การทำเย็น}} * P_1 \quad \text{---------(27)}$$

โดยที่

$W_{\text{ที่ปั๊มลมผลิตได้}}$

คือ พลังงานที่ปั๊มลมผลิตได้ในช่วงไล่อากาศ

P_1 คือ ความดันของบรรยากาศ (kPa)

P_2 คือ ความดันภายในเครื่องฆ่าเชื้อที่ทำให้กระป๋องไม่เกิดการระเบิด เมื่อผ่านการทำความเย็น (kPa)

$V_{displacement}$

คือ ปริมาตรของอากาศที่อยู่บริเวณช่องว่างเหนือลูกสูบ (m^3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V คือ ปริมาตรภายในเครื่องฆ่าเชื้อ (m^3)

N คือ ความเร็วรอบของปั๊มลม (rpm)

n คือ จำนวนลูกสูบของปั๊มลม

$time_{การทำความเย็น}$

คือ เวลาในการทำเย็น (s)

$\eta_{มอเตอร์}$ = 746 * hp * 100 / (V * I) ---------(28)

โดยที่

$\eta_{มอเตอร์}$ คือ ประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์

hp คือ กำลังม้าของมอเตอร์ (hp)

V คือ ความดันไฟฟ้าของมอเตอร์ (Volt)

A คือ กระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ (Ampere)

3. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น ส่งผ่านความร้อนผ่านแผ่นโลหะ โดยอาศัยคุณสมบัติการนำความร้อนของโลหะ

การนำความร้อน คือ การส่งถ่ายพลังงานซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ในตัวกลางที่อยู่กับที่ กลไกของการนำความร้อน คือ การเคลื่อนที่อย่างไม่เป็นแบบแผนของโมเลกุล การส่งถ่ายพลังงานจากอนุภาคของสารที่มีพลังงานสูงกว่าไปยังอนุภาคที่มีพลังงานต่ำกว่าเมื่ออนุภาคทั้งสองมากระทบกัน

อัตราการถ่ายเทความร้อนสามารถคำนวณได้จากสมการอัตรา ใช้ในการคำนวณหาจำนวนพลังงานความร้อนที่ถูกส่งถ่ายต่อหน่วยเวลา สำหรับกรณีตัวกลางโลหะ ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นเป็นการกระจายอุณหภูมิในผนังราบ แบบมิติเดียว หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า อุณหภูมิ T (x) แปรผันกับระยะทางตามแกน x เท่านั้น เนื่องจากความหนาของผนังโลหะมีความหนาน้อยกว่าด้านอื่นมาก สมการฟูเรียเขียนได้เป็น

$$Q_x'' = -k * (dT / dx)$$

โดยที่ Q_x'' (หน่วย W / m^2) เรียกว่า " ฮีตฟรัค (Heat Flux) " ได้แก่อัตราการถ่ายเทความร้อนในทิศทาง x ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ตั้งฉากกับทิศทางของการถ่ายเท จากสมาการเห็นว่า q_x'' แปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในทิศทาง x นี้ k คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการแปรผันซึ่งเป็นคุณสมบัติในการส่งถ่ายพลังงาน และมีชื่อเรียกว่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (หน่วย W / m .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

K) ค่าขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำผนังในกรณีของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้นอแบบแผ่นโลหะที่เป็นตัวนำความร้อนเป็นวัสดุเนื้อเดียวผิวเรียบดังนั้น ค่า k จึงเป็นค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของโลหะชนิดนั้น เครื่องหมายลบในสมการนี้เป็นเพราะความร้อนจะต้องถ่ายเทในทิศทางที่อุณหภูมิลดลงเสมอ ในสภาวะคงตัวการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามทิศทาง x เขียนได้เป็น

$$dT / dx = (T_2 - T_1) / L$$

ดังนั้น $Q_x'' = -k * ((T_2 - T_1) / L)$

ค่า Q_x'' เป็นค่าต่อหน่วยพื้นที่

ดังนั้น $Q_x = -k * ((T_2 - T_1) / L) * A$

การกระจายอุณหภูมิในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น เป็นลักษณะการกระจายอุณหภูมิในเครื่องแลกเปลี่ยนความรอนแบบไหลสวนทางกัน โดยที่ด้านร้อนกว่าของของไหลทั้งสองอยู่ที่ปลายเดียวกัน ส่วนที่เย็นกว่าของของเหลวทั้งสองอยู่ที่ปลายเดียวกัน อุณหภูมิที่ทางออกของของไหลที่เย็นกว่า อาจสูงกว่าอุณหภูมิที่ทางออกของของไหลที่ร้อนกว่า

ค่าปริมาณความร้อน

สมการอัตราการถ่ายเทความร้อน (q หน่วยเป็น W) ของของไหลร้อนและเย็นสามารถเขียนได้เป็น

$$Q_h = m_h * C_{ph} * (T_{hi} - T_{ho})$$

$$Q_c = m_c * C_{pc} * (T_{ci} - T_{co})$$

$$Q = U * A * \Delta T_m$$

$$\Delta T_m = (\Delta T_1 - \Delta T_2) / \ln(\Delta T_1 / \Delta T_2) = (\Delta T_2 - \Delta T_1) / \ln(\Delta T_2 / \Delta T_1)$$

$$\Delta T_1 = T_{hi} - T_{co}$$

$$\Delta T_2 = T_{ho} - T_{ci}$$

โดยที่ C_p คือ ความร้อนจำเพาะของสาร (kJ / kg.K)

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (W / m.K)

A คือ พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน (m^2)

T คือ อุณหภูมิเป็นองศาเคลวิน

ตัวห้อย

h คือ ร้อน

c คือ เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

i คือ เข้า

o คือ ออก

ค่าความร้อนจำเพาะ (kJ / kg.K)

ไอน้ำร้อน

$$C_{p_ไอน้ำร้อน} = ((32.24 + (0.1923 * 10^{(-2)} * T) + (1.055 * 10^{(-5)} * T^2) + (-3.595 * 10^{(-9)} * T^3)) / 18 \quad \text{---------(29)}$$

โดยที่

T คือ อุณหภูมิไอน้ำร้อนเข้าสู่ระบบเป็นองศาเคลวิน (อุณหภูมิตั้งแต่ 273 ถึง 1800 องศาเคลวิน)

น้ำอิ่มตัว

C_p สามารถเปิดค่าได้จากตารางคุณสมบัติของน้ำอิ่มตัว

น้ำผลไม้

$$C_{p_ผลิตภัณฑ์} = (4.187 * (1 - S)) + (0.837 * S) \quad \text{---------(30)}$$

3.1 ส่วนที่1 บริเวณแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำร้อน กับ ผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ผลิตภัณฑ์

$$Q_{1_ผลิตภัณฑ์} = m_p * C_{pp} * (T_3 - T_2) \quad \text{---------(31)}$$

$$Q_{1_ไอน้ำร้อน} = m_h * C_{ph} * (T_7 - T_8) \quad \text{---------(32)}$$

$$\eta_1 = Q_{1_ผลิตภัณฑ์} / Q_{1_ไอน้ำร้อน}$$

$$= [m_p * C_{pp} * (T_3 - T_2)] / [m_h * C_{ph} * (T_7 - T_8)] \quad \text{---------(33)}$$

3.2 ส่วนที่2 บริเวณแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ร้อน กับ ผลิตภัณฑ์ที่เย็นเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ

$$Q_{2_ผลิตภัณฑ์} = m_p * C_{pp} * (T_2 - T_1) \quad \text{---------(34)}$$

$$Q_{2_ผลิตภัณฑ์ร้อน} = m_p * C_{pp} * (T_4 - T_5) \quad \text{---------(35)}$$

$$\eta_2 = Q_{2_ผลิตภัณฑ์} / Q_{2_ผลิตภัณฑ์ร้อน}$$

$$= (T_2 - T_1) / (T_4 - T_5) \quad \text{---------(36)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนที่3 บริเวณแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผลิตภัณฑ์ กับ น้ำเย็นเพื่อลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์

$$Q_{3_น้ำเย็น} = m_c * C_{pc} * (T_{10} - T_9) \quad \text{---------(37)}$$

$$Q_{3_ผลิตภัณฑ์} = m_p * C_{pp} * (T_5 - T_6) \quad \text{---------(38)}$$

$$\eta_3 = Q_{3_น้ำเย็น} / Q_{3_ผลิตภัณฑ์}$$

$$= [m_c * C_{pc} * (T_{10} - T_9)] / [m_p * C_{pp} * (T_5 - T_6)] \quad \text{---------(39)}$$

3.4 ความสามารถในการให้ความร้อนของไอน้ำร้อน

$$\eta_h = [m_p * C_{pp} * (T_3 - T_1)] / [m_h * C_{ph} * (T_7 - T_8)] \quad \text{---------(40)}$$

3.5 อุณหภูมิของไอน้ำร้อนที่ให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์

$$T_7 = T_8 + (m_p * C_{pp} * (T_3 - T_1) / (m_h * C_{ph} * \eta_h)) \quad \text{---------(41)}$$

3.6 อุณหภูมิของน้ำเป็นที่ทำความเย็นให้ผลิตภัณฑ์

จาก $Q = m * C_p * \Delta T$

$Q = U * A * \Delta T_m$

$m * C_p * \Delta T$

$= U * A * \Delta T_m$

โดยที่

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ในที่นี้พิจารณาเฉพาะของแผ่น โลหะ เนื่องจากการอัดแน่นของแผ่นโลหะ ทำให้ช่องการไหลของของไหล มีขนาดเล็กมาก (W / m . K)

$= K / L$

$m_c * C_{pc} * (T_{10} - T_9)$

$= ((K * A) / L)) * \Delta T_m$

$= [(K * A) / (1000 * L)] * \{(\Delta T_1 - \Delta T_2) / [\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)]\}$

$\Delta T_1 = T_5 - T_6$

$\Delta T_2 = T_{10} - T_9$

เมื่อแทนค่าในสมการ

$m_c * C_{pc} * (T_{10} - T_9)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= [(K * A)/(1000 * L)] * \{[(m_c * C_{pc} * (T_{10} - T_9)) - (m_p * C_{pp} * \eta_3 * (T_{10} - T_9))] / [m_p * C_{pp} * \eta_3 * Y] \quad \text{---------(49)}$$

$$Y = \ln[((m_p * C_{pp} * \eta_3 * (T_6 - T_{10})) + (m_c * C_{pc} * (T_{10} - T_9))) / (m_p * C_{pp} * \eta_3 * (T_6 - T_{10}))] \quad \text{---------(50)}$$

โดยที่

L	คือ	ความหนาของโลหะ (m)
m_c	คือ	อัตราการไหลโดยมวลของน้ำเย็น (kg / sec)
m_p	คือ	อัตราการไหลโดยมวลของผลิตภัณฑ์ (kg / sec)
m_h	คือ	อัตราการไหลโดยมวลของน้ำร้อน (kg / sec)
C_{pc}	คือ	ความร้อนจำเพาะของน้ำเย็น (kJ / kg.K)
C_{pp}	คือ	ความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์ (kJ / kg.K)
C_{ph}	คือ	ความร้อนจำเพาะของไอน้ำร้อน (kJ / kg.K)
η_1	คือ	ประสิทธิภาพส่วนที่1
η_2	คือ	ประสิทธิภาพส่วนที่2
η_3	คือ	ประสิทธิภาพส่วนที่3 (ส่วนทำความเย็น)
η_h	คือ	ความสามารถในการทำความร้อนของไอน้ำร้อน
T	คือ	อุณหภูมิเป็นองศาเคลวิน
Q_1	คือ	อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนส่วนที่1 (W)
Q_2	คือ	อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนส่วนที่2 (W)
Q_3	คือ	อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนส่วนที่3 (W)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลอง

หาค่าประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ และ หม้อฆ่าเชื้อ โดยใช้ข้อมูลตัวอย่าง

วัตถุประสงค์การทดลอง

1. อุปกรณ์หม้อไอน้ำ หาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ, เปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน, เปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, เปอร์เซ็นต์ความร้อนสูญเสียเนื่องจากก๊าซร้อนทิ้ง, เปอร์เซ็นต์ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการแผ่รังสีและการพาความร้อน และเปอร์เซ็นต์ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการปล่อยน้ำใต้เครื่องทิ้ง

2. อุปกรณ์หม้อฆ่าเชื้อ ส่วนที่1 การหาค่าความร้อนที่ใช้ในช่วงไล่อากาศ ส่วนที่2 คำนวณหาค่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในหม้อฆ่าเชื้อ, ปริมาณความร้อนที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในหม้อฆ่าเชื้อ และ ปริมาณความร้อนเนื่องจากการปล่อยน้ำใต้เครื่อง ส่วนที่3 คำนวณหาพลังงานที่ปั๊มลมผลิตได้ และประสิทธิภาพของมอเตอร์

เงื่อนไขการทดลอง

1. หม้อไอน้ำจะกำหนด การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์
2. ค่าความจุความร้อนของน้ำผลไม้ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป แต่ขึ้นกับปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในน้ำผลไม้
3. การทำงานของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น มีการไหลแบบส่วนทางกัน
4. เครื่องฆ่าเชื้อแบบแผ่นมีการทำงานเป็นแบบ 3 ตอน

วิธีการทดลอง

1. ป้อนข้อมูลตัวอย่าง

1.1 หม้อไอน้ำ

อุณหภูมิก๊าซร้อนทิ้ง	172.4	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศ	30	องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิผิวหม้อไอน้ำ	44.5	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิไอน้ำ	180	องศาเซลเซียส
อัตราการไหลไอน้ำ	0.362	กิโลกรัม/วินาที
ความดันไอน้ำ	888	กิโลปาสคาล
อัตราการไหลน้ำ	0.3888	กิโลกรัม/วินาที
อุณหภูมิน้ำ	43	องศาเซลเซียส
ความดันน้ำ	0.981	เมกกะปาสคาล
อัตราการไหลของเชื้อเพลิง	0.024	กิโลกรัม/วินาที
อุณหภูมิของเชื้อเพลิง	80	องศาเซลเซียส
เปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจน	4.9	เปอร์เซ็นต์
พื้นที่ผิวหม้อไอน้ำ	41	ตารางเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางหม้อไอน้ำ	2.6	เมตร
น้ำมันเตา	เบอร์ 1	
1.2 หม้อฆ่าเชื้อ		
ช่วงที่1		
เวลาที่ใช้ในช่วงไล่อากาศ	1200	วินาที
อัตราการไหลของไอน้ำในช่วงไล่อากาศ	0.362	กิโลกรัม/วินาที
อุณหภูมิไอน้ำ	125	องศาเซลเซียส
ความดันไอน้ำ	860	กิโลปาสคาล
ช่วงที่2		
ขนาดกระป๋อง	300 * 407	
จำนวนกระป๋อง	200	กระป๋อง
น้ำหนัก	90	กรัม/1กระป๋อง
วัสดุที่ใช้ทำกระป๋อง	เหล็กกล้า (AISI302)	
อุณหภูมิกระป๋องเริ่มต้น	23	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิสิ้นสุดกรฆ่าเชื้อ	122	องศาเซลเซียส
จำนวนตะกร้าบรรจุกระป๋อง	5	ใบ
วัสดุที่ใช้ทำตะกร้า	เหล็กกล้า (AISI302)	
น้ำหนักตะกร้า	5	กิโลกรัม/1ตะกร้า
อุณหภูมิตะกร้าเริ่มต้น	23	องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิตะกร้าเมื่อสิ้นสุดการฆ่าเชื้อ	123	องศาเซลเซียส
อัตราการไหลของน้ำทิ้ง	0.0006	กิโลกรัม/วินาที
อุณหภูมิของน้ำทิ้ง	39	องศาเซลเซียส
อัตราการไหลของไอน้ำในช่วงฆ่าเชื้อ	0.019	กิโลกรัม/วินาที
อุณหภูมิไอน้ำ	125	องศาเซลเซียส
ความดันไอน้ำ	860	กิโลปาสคาล
เวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ	1320	วินาที
เปอร์เซ็นต์ของแข็งในน้ำผลไม้	3.2	เปอร์เซ็นต์
น้ำหนักน้ำผลไม้ต่อ1กระป๋อง	260	กรัม
อุณหภูมิน้ำผลไม้เริ่มต้น	24	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิน้ำผลไม้ที่จุดร้อนช้าที่สุด	120	องศาเซลเซียส
ช่วงที่3		
ความดันบรรยากาศ	101.325	กิโลปาสคาล
ปริมาตรช่องว่างเหนือลูกสูบ	0.00387	ตารางเมตร
ความเร็วรอบของปั๊มลม	1	ลูกสูบ
เวลาในการไล่ไอน้ำ	8	นาที
กำลังของมอเตอร์	0.5	แรงม้า
แรงดันไฟฟ้า	400	โวลล์
กระแสไฟฟ้า	1.08	แอมแปร์

2. แสดงผลการคำนวณ
3. วิเคราะห์ที่ได้จากการทำงานของโปรแกรม

ผลการทดลอง

1. หม้อไอน้ำ

เปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน	28.560	เปอร์เซ็นต์
เปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	15.165	เปอร์เซ็นต์
เปอร์เซ็นต์ความร้อนสูญเสียที่ออกไปกับไอเสีย	6.46	เปอร์เซ็นต์
เปอร์เซ็นต์ความร้อนสูญเสียที่ผิวของหม้อไอน้ำ	0.1727	เปอร์เซ็นต์
เปอร์เซ็นต์ความร้อนสูญเสียไปกับน้ำควบแน่นทิ้งใต้เครื่อง	1.8	เปอร์เซ็นต์
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ	84.78	เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หม้อฆ่าเชื้อ

ช่วงที่1

ค่าความร้อนที่ใช้ในการไล่อากาศ	1178744.4	กิโลจูล

ช่วงที่2

ค่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในหม้อฆ่าเชื้อ	1246798.55	กิโลจูล
ปริมาณความร้อนที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในหม้อฆ่าเชื้อ	22421.72	กิโลจูล
ปริมาณความร้อนเนื่องจากการปล่อยน้ำใต้เครื่อง	114150.70	กิโลจูล

ช่วงที่3

พลังงานที่ปั๊มลมผลิตได้	1082272.59	กิโลจูล
ประสิทธิภาพมอเตอร์	86.3426	เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

บทสรุป

จากการศึกษากระบวนการผลิตน้ำผลไม้ ซึ่งในกระบวนการผลิตส่วนใหญ่แล้วจะใช้ความร้อนจากไอน้ำในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานความร้อนจึงเป็นสิ่งสำคัญในการลดต้นทุนและการบำรุงรักษาอุปกรณ์ จากการทดลองจะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ ที่สภาวะหนึ่ง คือ

อุปกรณ์หม้อต้มไอน้ำได้ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ 84.7828 %, เปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน 28.55 %, เปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 15.6462 %, เปอร์เซ็นต์ความร้อนสูญเสียเนื่องจากไอร้อนทิ้ง 6.4598 %, เปอร์เซ็นต์ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการแผ่รังสีและการพาความร้อนที่ผิวของหม้อไอน้ำ 0.1727 %, เปอร์เซ็นต์ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการปล่อยน้ำใต้เครื่อง 1.48 % จากค่าตัวอย่างของหม้อต้มไอน้ำที่ได้นำมาทดลองสามารถสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ดี เปอร์เซ็นต์ความร้อนสูญเสียมีค่าที่ยอมรับได้

อุปกรณ์หม้อฆ่าเชื้อ ในช่วงที่1 ค่าความร้อนที่ใช้ในการไล่อากาศ 1178744.4 กิโลจูล ในช่วงที่2 ได้ค่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในหม้อฆ่าเชื้อ 1246798.55 กิโลจูล ปริมาณความร้อนที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในหม้อฆ่าเชื้อ 22421.72 กิโลจูล ปริมาณความร้อนเนื่องจากการปล่อยน้ำใต้เครื่อง 114150.70 กิโลจูล ในช่วงที่3 พลังงานที่ปั๊มลมผลิตได้ 1082272.59 กิโลจูล ประสิทธิภาพมอเตอร์ 86.3426 เปอร์เซ็นต์ จากผลดังกล่าวสามรถวิเคราะห์ได้ว่าอุปกรณ์หม้อฆ่าเชื้อที่ได้นำค่ามาทดลองมีการสูญเสียพลังงาน ในช่วงที่2 นอกเหนือจากพลังงานที่หลักที่ได้ถูกใช้ไปคือ ปริมาณความร้อนที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในหม้อฆ่าเชื้อ และปริมาณความร้อนเนื่องจากการปล่อยน้ำใต้เครื่องแล้ว ยังมีการสูญเสียพลังงานจากส่วนอื่นอีก ซึ่งส่วนที่สำคัญคือการปล่อยไอน้ำออกขณะฆ่าเชื้อเพื่อรักษาระดับความดันภายในหม้อไอน้ำ

บทวิจารณ์

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์นี้ ไม่ครอบคลุมถึงอุปกรณ์ทุกตัวที่ใช้ในโรงงานผลิตน้ำผลไม้ โดยได้เลือกพิจารณาเฉพาะอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ตัวที่สำคัญและใช้พลังงานความร้อนสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

ก.1 สมการการสันดาปเชื้อเพลิง

สมการการเผาไหม้ โดยพิจารณาการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ คือ

เชื้อเพลิง + อากาศ $\longrightarrow$ CO_2 + H_2O + SO_2 + อากาศส่วนเกิน

เขียนอยู่ในรูปสมการเคมีได้ดังนี้

$$C_a H_b S_c + [a+b/2+c/2] * [1+(X/ (a+b/2+c/2))] * (O_2 +3.76 N_2) \longrightarrow$$

$$aCO_2 + bH_2O + cSO_2 + XO_2 + [a+b/2+c/2] * [1+(X / (a+b/2+c/2))] * 3.76 N_2$$

------(ก. 1)

โดยที่

X = [64a + 32b + 32c + 3.76(a+b/2+c/2)] / [3200 – ((3.76 * 28) – 32) *Y]

------(ก. 2)

Y คือ เปอร์เซ็นต์โดยมวลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จากสมการเคมีข้างต้นนี้ ทำให้ทราบถึง

จำนวนโมลก๊าซร้อนทิ้ง (Z) (โมล / กิโลกรัมเชื้อเพลิง)

= a + b + c + X + [a+b/2+c/2] * [1+(X / (a+b/2+c/2))] * 3.76

------(ก. 3)

เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซ

$\% CO_2$ = (a / Z) * 100 ------(ก. 4)

$\% H_2O$ = (b / Z) * 100 ------(ก. 5)

$\% SO_2$ = (c / Z) * 100 ------(ก. 6)

$\% O_2$ = (X / Z) * 100 ------(ก. 7)

$\% N_2$ = [[(a+b/2+c/2) * [1+(X / (a+b/2+c/2))] x 3.76] / Z] * 100 ------(ก. 8)

ตัวอย่างเชื้อเพลิง

1) ก๊าซธรรมชาติ จะประกอบไปด้วยคาร์บอน 75 เปอร์เซ็นต์, ไฮโดรเจน 25 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้น a = 0.75/12

b = 0.25/1

c = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) โพรเพนจะประกอบไปด้วยคาร์บอน 82 เปอร์เซ็นต์, ไฮโดรเจน 18 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้น a = 0.82/12

b = 0.18/1

c = 0

3) บิวเทนจะประกอบไปด้วยคาร์บอน 83 เปอร์เซ็นต์, ไฮโดรเจน 17 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้น a = 0.83/12

b = 0.17/1

c = 0

4) น้ำมันเตาเบอร์ 1 จะประกอบไปด้วยคาร์บอน 86.1 เปอร์เซ็นต์, ไฮโดรเจน 13.8 เปอร์เซ็นต์ , กำมะถัน 0.3 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้น a = 0.83/12

b = 0.17/1

c = 0.003/32

5) น้ำมันเตาเบอร์ 4 จะประกอบไปด้วยคาร์บอน 87 เปอร์เซ็นต์, ไฮโดรเจน 12.5 เปอร์เซ็นต์ , กำมะถัน 0.7 เปอร์เซ็นต์ ,เถ้า 0.02 เปอร์เซ็นต์ (เถ้าเป็นของแข็งไม่ทำปฏิกิริยา)

ดังนั้น a = 0.87/12

b = 0.125/1

c = 0.002/32

6) น้ำมันเตาเบอร์ 5 จะประกอบไปด้วยคาร์บอน 87 เปอร์เซ็นต์, ไฮโดรเจน 12 เปอร์เซ็นต์ , กำมะถัน 1.0 เปอร์เซ็นต์ ,เถ้า 0.03 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้น a = 0.87/12

b = 0.12/1

c = 0.01/32

7) น้ำมันเตาเบอร์ 6 จะประกอบไปด้วยคาร์บอน 86 เปอร์เซ็นต์, ไฮโดรเจน 11.5 เปอร์เซ็นต์ , กำมะถัน 2.5 เปอร์เซ็นต์ ,เถ้า 0.08 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้น a = 0.86/12

b = 0.115/1

c = 0.025/32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 แสดงการคำนวณหาค่าความร้อนจำเพาะของไอร้อนทิ้ง

จากหนังสือ Thermodynamics : An Engineering Approach ใน table A-2 (C) จะสามารถคำนวณหา ความร้อนจำเพาะของไอร้อนทิ้ง (กิโลโมลก๊าซร้อนทิ้ง/กิโลกรัมเชื้อเพลิง-เคลวิน) ได้จากสมการ

$$C_{pogas} = a+bT+cT^2+dT^3$$

$$T = T\text{ (เคลวิน)} / 100$$

โดยที่

$C_{po\ \text{ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์}}$

$$= 22.26 + (5.981x10^{-2}T) - (3.501x10^{-5}T^2) + (7.469+10^{-9}T^3) \quad \text{------(ก. 9)}$$

$$C_{po\ \text{ไอน้ำ}} = 32.24 + (0.1923x10^{-2}T) + (1.055x10^{-5}T^2) + (3.595x10^{9}T^3) \quad \text{------(ก. 10)}$$

$C_{po\ \text{ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์}}$

$$= 25.79 + (5.795x10^{-2}T) -(3.812x10^{-5}T^2) + (8.612x10^{-9}T^3) \quad \text{------(ก. 11)}$$

$C_{po\ \text{ก๊าซไนโตรเจน}}$

$$= 28.09 - (0.1571x10^{-2}T)+(0.8081x10^{-5}T^2) - (2.873x10^{-9}T^3)] \quad \text{------(ก. 12)}$$

ดังนั้น ค่าความร้อนจำเพาะของไอร้อนทิ้งของเชื้อเพลิง

$$= [(\%CO_2 * C_{po\ \text{ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์}}) + (\%H_2O*C_{po\ \text{ไอน้ำ}}) + (\%SO_2 * C_{po\ \text{ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์}}) + (\%O_2 * C_{po\ \text{ก๊าซออกซิเจน}}) + (\%N_2 * C_{po\ \text{ก๊าซไนโตรเจน}})] / 100 \quad \text{------(ก. 13)}$$

ก.3 แสดงค่าความร้อนต่ำ (Net or Low Heating Value) และค่าความร้อนสูง (Gross or High heating Value) ของเชื้อเพลิง

	การวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบ % โดยมวล				ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม)	
เชื้อเพลิง	C	H	S	ash	Gross	Net
ก๊าซธรรมชาติ	75	25	-	-	13,250	11,940
โพรเพน	82	18	-	-	11,980	11,030
บิวเทน	83	17	-	-	11,800	10,900
น้ำมันเตาเบอร์ 1	86.1	13.8	0.1	-	10,880	10,210
น้ำมันเตาเบอร์ 4	87	12.5	0.7	0.02	10,680	10,050
น้ำมันเตาเบอร์ 5	87	12.0	1.0	0.03	10,610	9,990

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	การวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบ % โดยมวล				ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม)	
เชื้อเพลิง	C	H	S	ash	Gross	Net
น้ำมันเตาเบอร์ 6	86	11.5	2.5	0.08	10,360	9,880

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
โปรแกรมวิเคราะห์ประสิทธิภาพอุปกรณ์

ข.1 กล่าวนำ

โปรแกรมวิเคราะห์ประสิทธิภาพอุปกรณ์ (Analysis Efficiency Program) เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ผลิตขึ้นเพื่อความสะดวกในการใช้งานและ ทำให้ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเป็นไปทางเดียวกัน ก่อให้เกิดมาตราฐานในการทำงาน ส่งผลทำให้เกิดการวางแผนได้ถูกต้อง เป็นแนวทางนำไปสู่ระบบให้ดีขึ้น

โปรแกรมวิเคราะห์ประสิทธิภาพอุปกรณ์นี้ ถูกพัฒนาโดยใช้ภาษา Visual Basic Programming เนื่องจากข้อดีของโปรแกรมในการรับและส่งข้อมูลที่ดูง่ายไม่ยุ่งยาก ซับซ่อน อีกทั้งยังมีโครงสร้างภาษาที่เรียนรู้การใช้งานได้ง่ายและรวดเร็ว ทางด้านการนำเสนอข้อมูล สามารถที่จะเสนอผลการวิเคราะห์ในรูปตาราง, รูปภาพและกราฟได้ชัดเจน

โปรแกรมนี้ถูกประดิษฐ์ขึ้นในเวลาสั้นๆ จึงไม่สามารถความคุมถึงอุปกรณ์ทุกชนิดถ่ายในโรงงานผลิตน้ำผลไม้ คณะผู้วิจัยหวังว่าโปรแกรมนี้จะได้รับการพิจารณาต่อไปในอนาคต หากมีข้อผิดพลาดประการใด ทางคณะผู้วิจัยต้องขออภัยไว้นะที่นี้ โดยหวังว่าผู้ที่นำโปรแกรมนี้ไปใช้ประโยชน์จะช่วยเสนอแนะข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาต่อไป โดยส่งข้อเสนอแนะมาที่ อาจารย์สรรวริศ อุ่ยวัฒนา ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งเป็นที่ปรึกษาด้าน ปริญญานิพนธ์นี้

ข.2 รายละเอียดของโปรแกรมวิเคราะห์ประสิทธิภาพ อุปกรณ์

โปรแกรมวิเคราะห์ประสิทธิภาพอุปกรณ์ เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ตรวจสอบการให้ทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานผลิตน้ำผลไม้

ข.2.1 การทำงานของโปรแกรม

โปรแกรมจะแบ่งอุปกรณ์ ออกเป็น 3 ชนิดคือ หม้อไอน้ำ หม้อฆ่าเชื้อและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น การเข้าสู่การคำนวณแต่ละส่วนของแต่ละอุปกรณ์ ทำได้โดย เลือกชนิดของอุปกรณ์ ซึ่งในแต่ละส่วนจะมีการวิเคราะห์แตกต่างกันไปแต่มีหลักการทำงานของโปรแกรมที่คล้ายกัน คือการรับข้อมูล การทำงานของอุปกรณ์ การคำนวณเพื่อหาผลลัพธ์ การแสดงผลการคำนวณ และการจัดเก็บข้อมูล โดยการจัดเก็บข้อมูลนี้เพื่อหวังที่จะทำการตรวจสอบเปรียบเทียบสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ได้ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

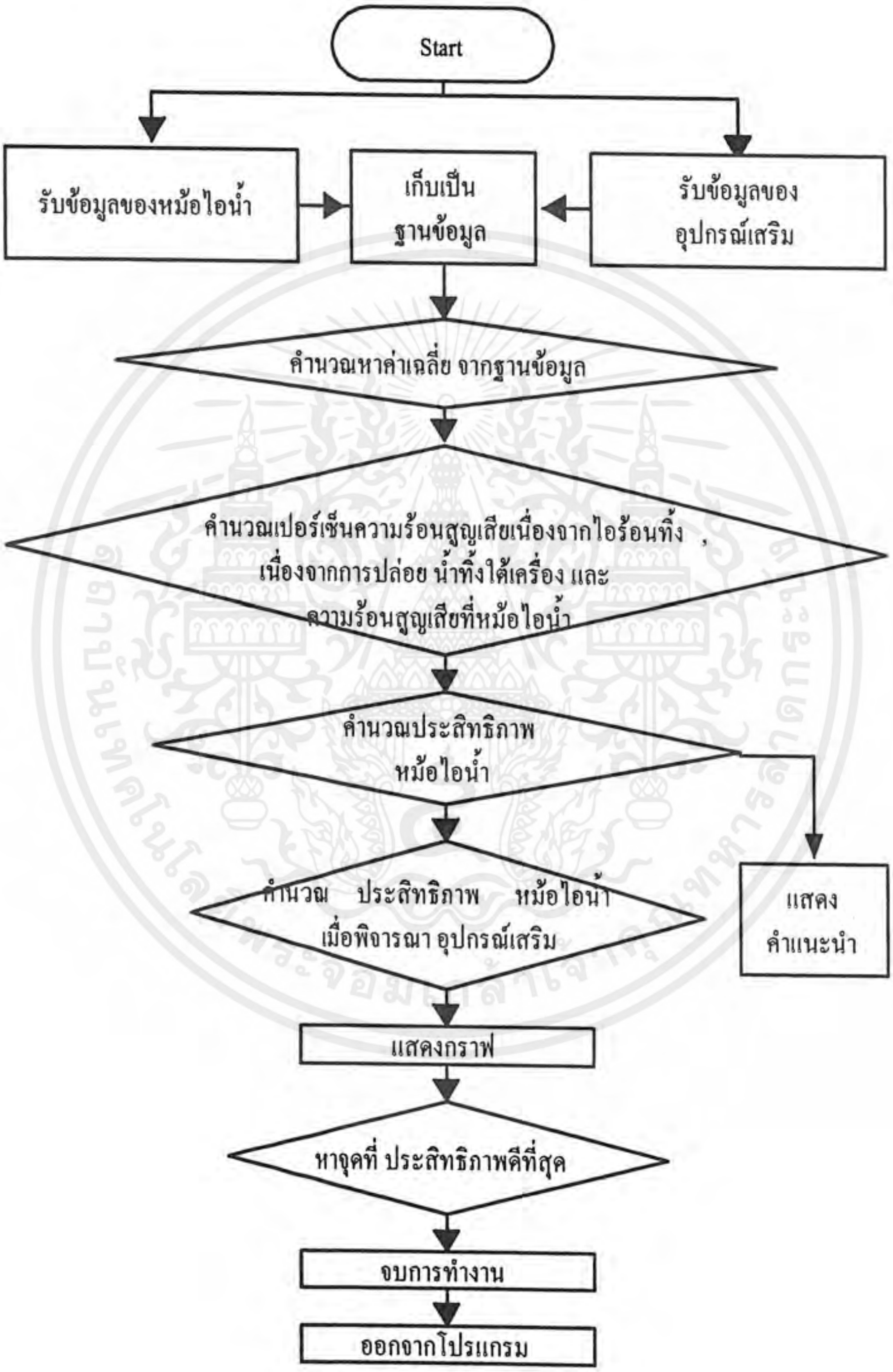
- หม้อไอน้ำ โปรแกรมจะทำการรับข้อมูล ที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณแล้วนำมาวิเคราะห์หาค่า ความร้อนสูญเสีย เปอร์เซ็นต์ อากาศส่วนเกิน เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์ และประสิทธิภาพการทำงานของหม้อไอน้ำ ทั้งแบบมีอุปกรณ์เสริมและไม่มีอุปกรณ์เสริม อีกทั้งแสดงให้เห็นถึงจุดที่ประสิทธิภาพสูงสุดในตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้กราฟเส้นตรง
- หม้อฆ่าเชื้อ โปรแกรมจะทำการรับข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ และนำมาวิเคราะห์หาค่าความร้อนที่ใช้ในการไล่ไอน้ำ ค่าความร้อนของไอน้ำที่ให้กับเครื่องฆ่าเชื้อทั้งในช่วงการไล่อากาศและช่วงการฆ่าเชื้อ ค่าความร้อนที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างกระป๋องและวัสดุอื่น ๆ ภายในเครื่องฆ่าเชื้อ ค่าความร้อนของน้ำที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำ พลังงานที่ปั๊มลมผลิตได้ในช่วงไล่อากาศ และประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์
- เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น โปรแกรมจะทำการรับข้อมูลที่จำเป็นมาใช้และนำไปวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของเครื่องเลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น รวมทั้งการหาค่า อุณหภูมิ ที่จุดต่างๆ เมื่อคงค่างประสิทธิภาพไว้ตามที่ต้องการ

ข2.2 เงื่อนไขโปรแกรม

1. หม้อไอน้ำจะกำหนด การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์
2. ค่าความจุความร้อนของน้ำผลไม้ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป แต่ขึ้นกับปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในน้ำผลไม้
3. การทำงานของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น มีการไหลแบบสวนทางกัน
4. เครื่องฆ่าเชื้อแบบแผ่นมีการทำงานเป็นแบบ 3 ตอน

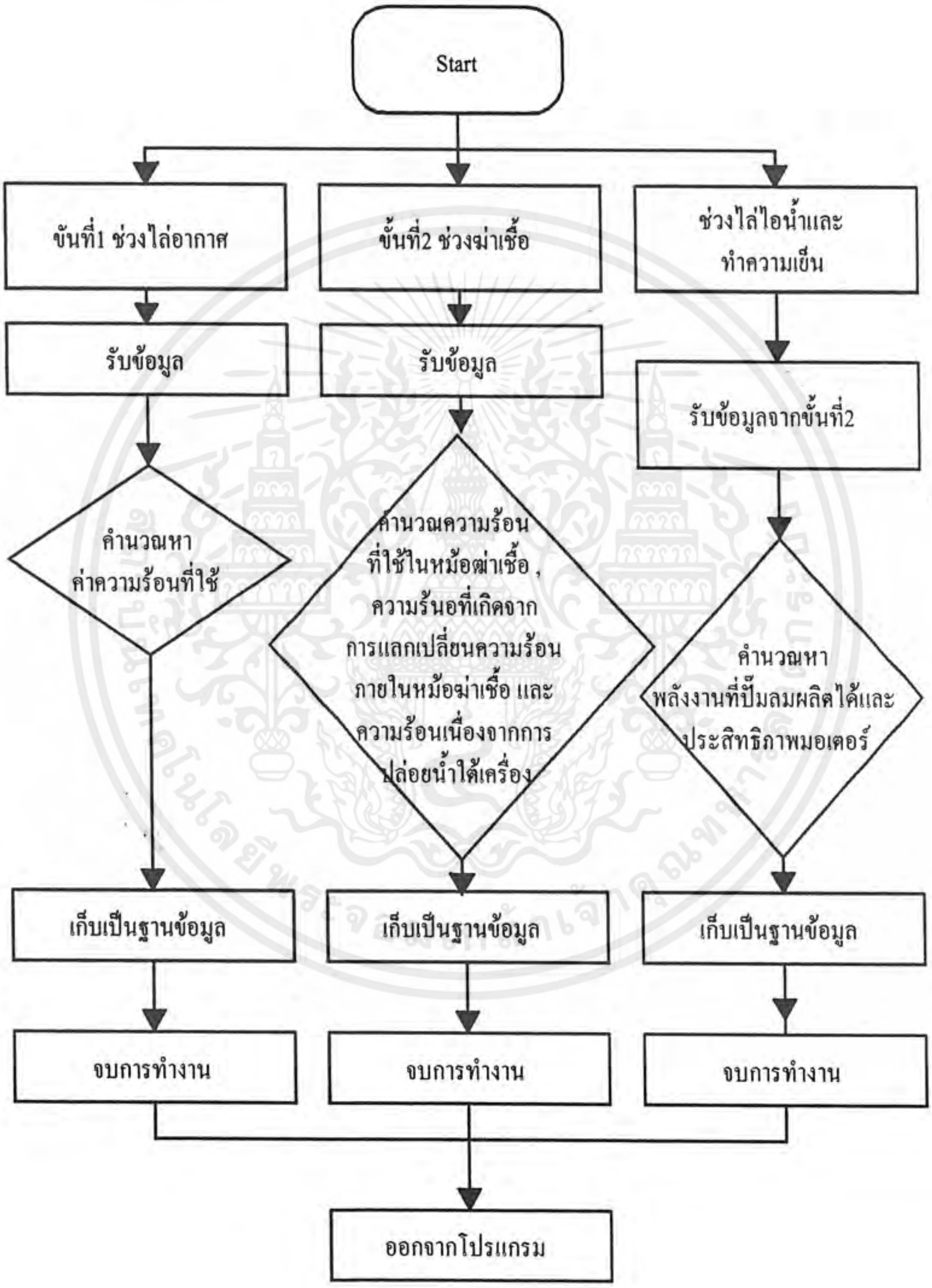
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่9 แผนผังการทำงานของโปรแกรมส่วนอุปกรณ์หม้อต้มไอน้ำ



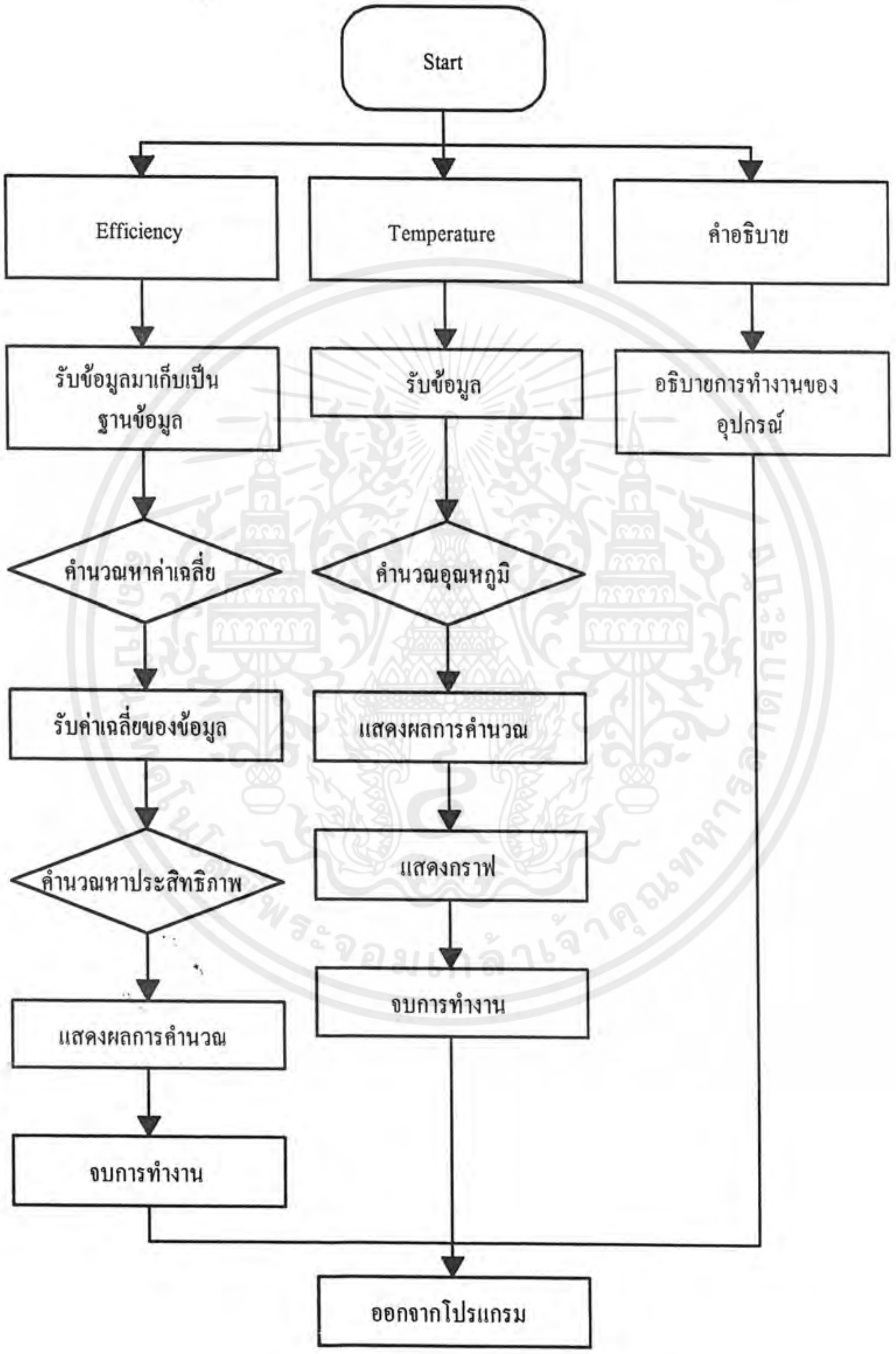
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่10 แผนผังการทำงานของโปรแกรมส่วนอุปกรณ์หม้อฆ่าเชื้อ

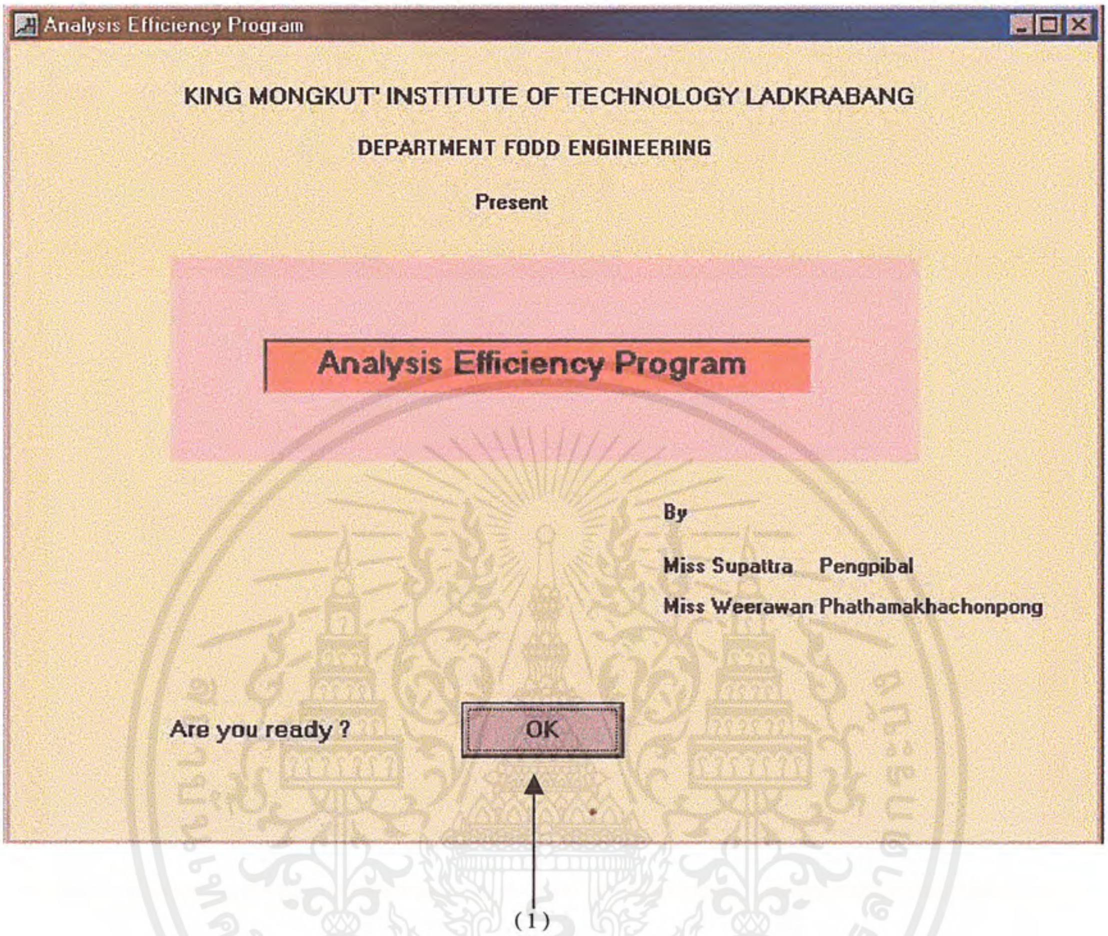


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่11 แผนผังการทำงานของโปรแกรมส่วนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น



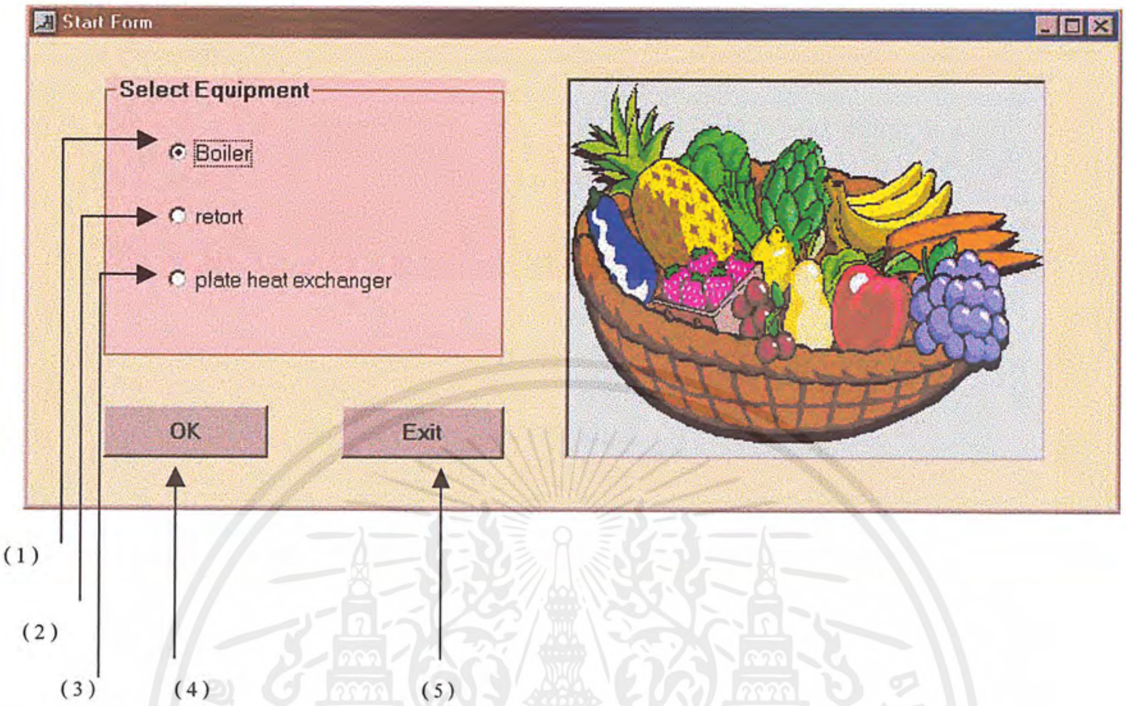
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 หน้าจอต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม

(1) กดปุ่มเมื่อต้องการทำงานต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่13 หน้าจอแสดงการเข้าสู่อุปกรณ์ต่าง ๆ

(1) กดที่ตำแหน่งนี้เมื่อคุณต้องการเข้าสู่อุปกรณ์หม้อต้มไอน้ำ

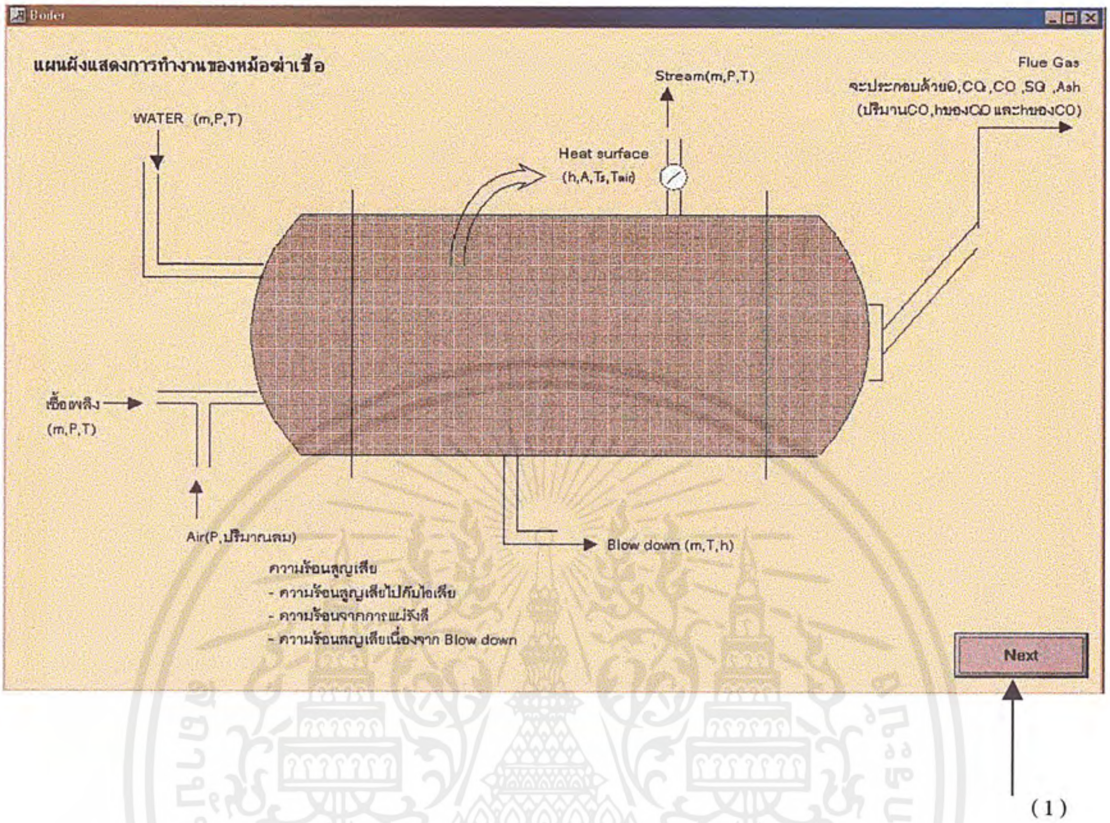
(2) กดที่ตำแหน่งนี้เมื่อคุณต้องการเข้าอุปกรณ์หม้อฆ่าเชื้อ

(3) กดที่ตำแหน่งนี้เมื่อคุณต้องการเข้าอุปกรณ์เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น

(4) เมื่อคุณเลือกอุปกรณ์แล้วให้คุณกดปุ่มนี้

(5) กดปุ่มนี้หากคุณต้องการออกจากโปรแกรม

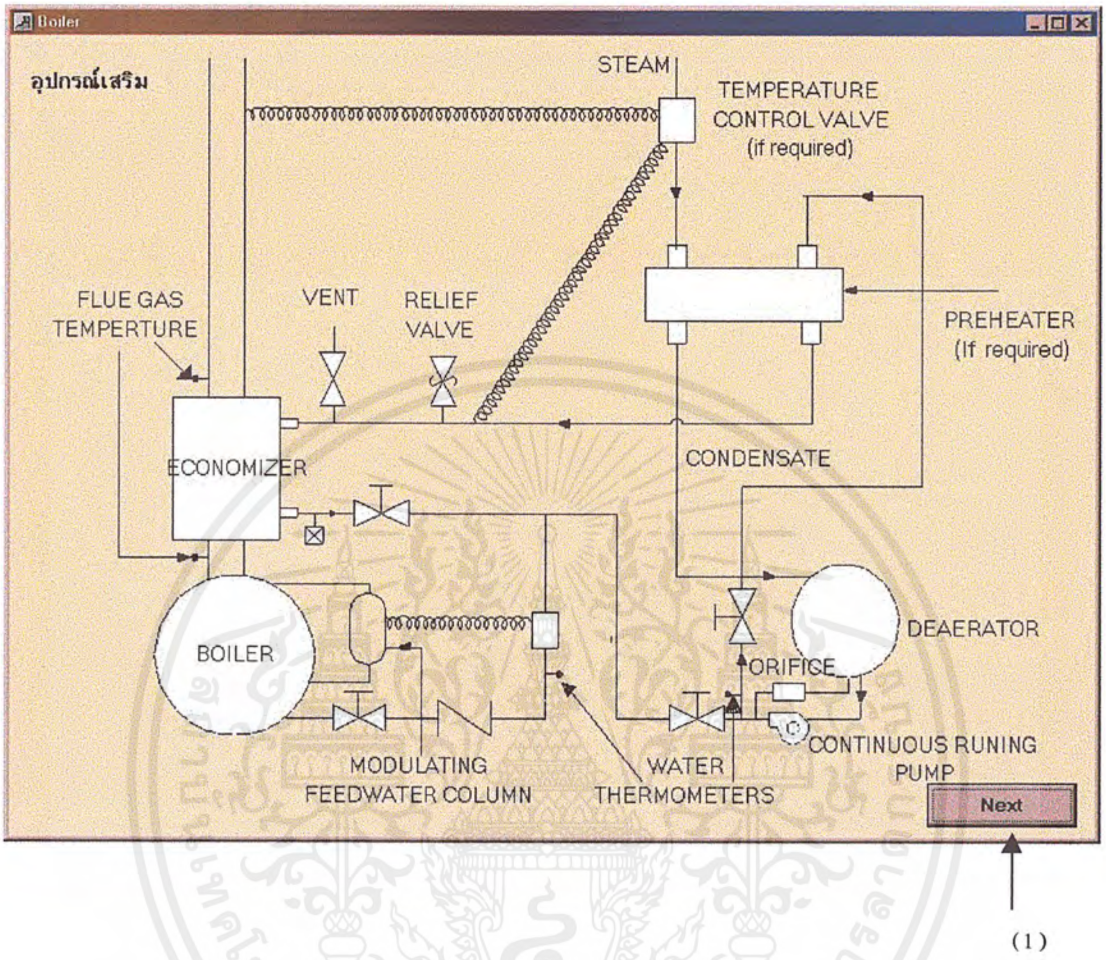
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่14 หน้าจอแสดงการทำงานของอุปกรณ์หม้อต้มไอน้ำ

(1) กดปุ่มเมื่อต้องการทำงานต่อไป

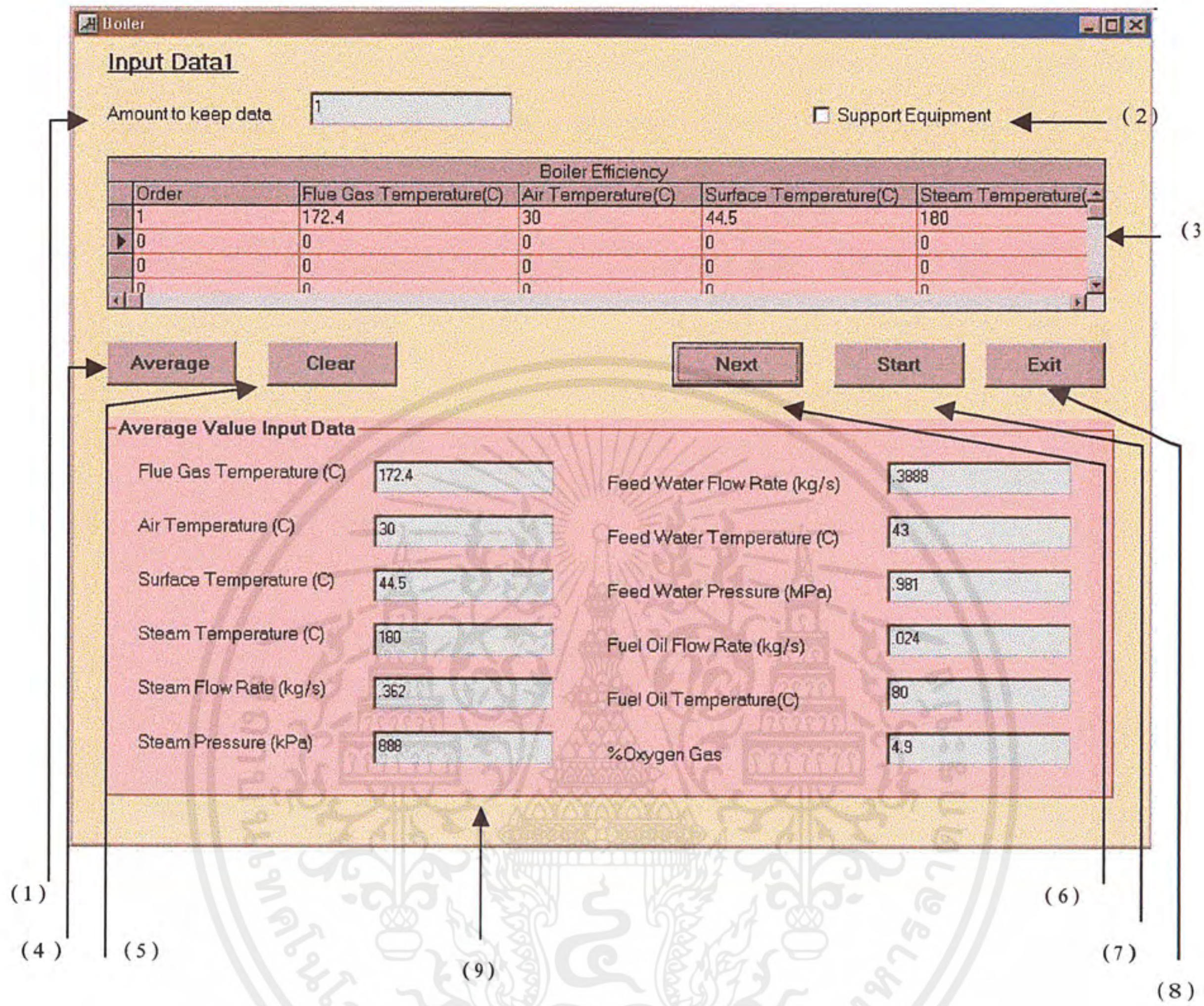
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่15 หน้าจอแสดงส่วนอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ของหม้อไอน้ำ

(1) กดปุ่มเมื่อต้องการเข้าสู่ส่วนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่16 หน้าจอรับค่าของอุปกรณ์หม้อไอน้ำ

(1) ใส่จำนวนครั้งของข้อมูลที่ต้องการบันทึก

(2) หากมีอุปกรณ์เสริมให้กดปุ่มนี้

(3) ตารางแสดงค่าที่บันทึก

(4) ปุ่มคำสั่งให้คำนวณหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่บันทึก

(5) ปุ่มลบข้อมูลในหน้าจอ

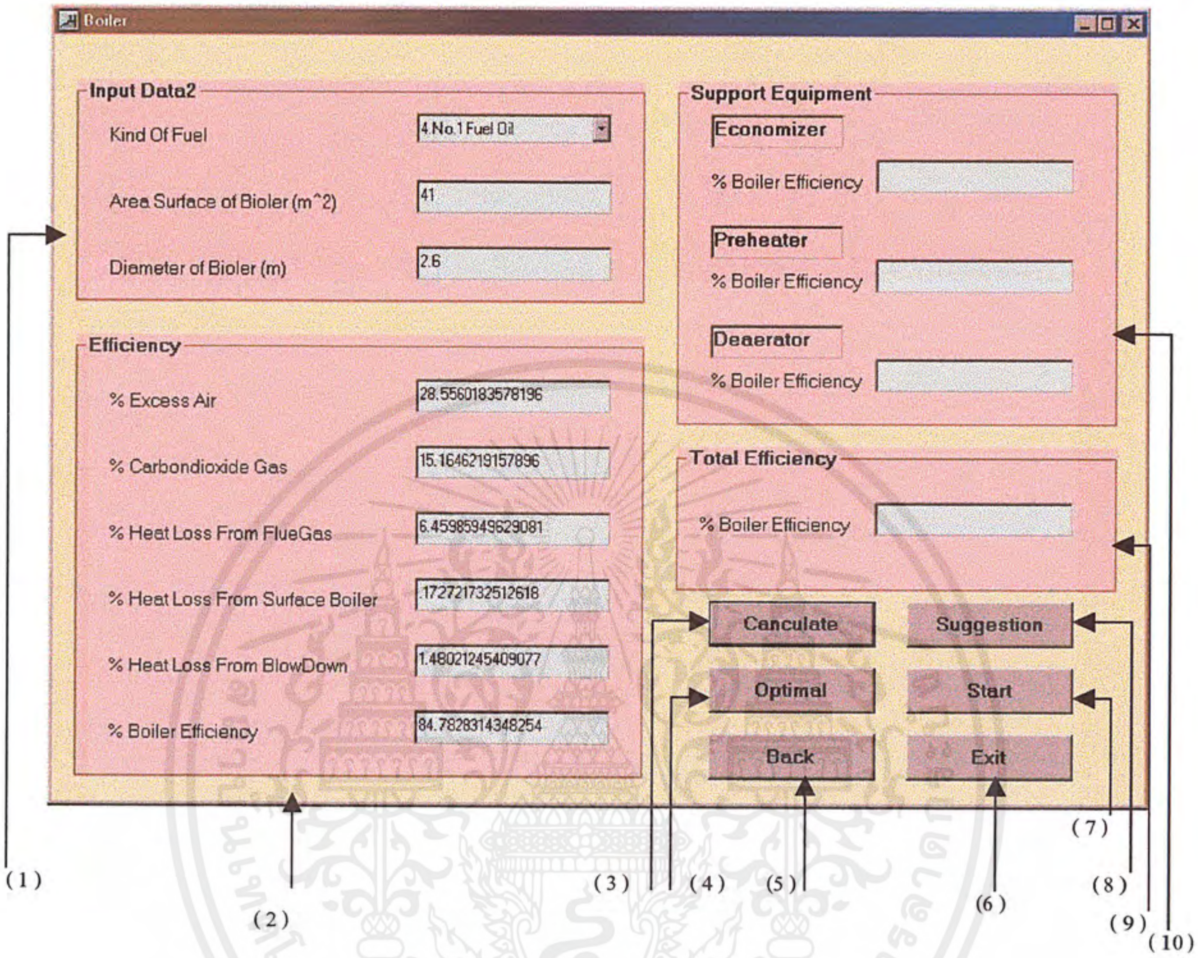
(6) ปุ่มเข้าสู่หน้าจอถัดไป

(7) ปุ่มกลับสู่หน้าจอเลือกอุปกรณ์

(8) ปุ่มออกจากโปรแกรม

(9) ปุ่มแสดงค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่17 หน้าจอแสดงผลการคำนวณ

(1) ใส่ข้อมูลเพิ่มเติม

(2) แสดงผลของประสิทธิภาพที่หาได้

(3) ปุ่มสั่งให้คำนวณ

(4) ปุ่มแสดงกราฟเพื่อประมวลผล

(5) ปุ่มย้อนกลับไปยังหน้าจอก่อนหน้านี้

(6) ปุ่มออกจากโปรแกรม

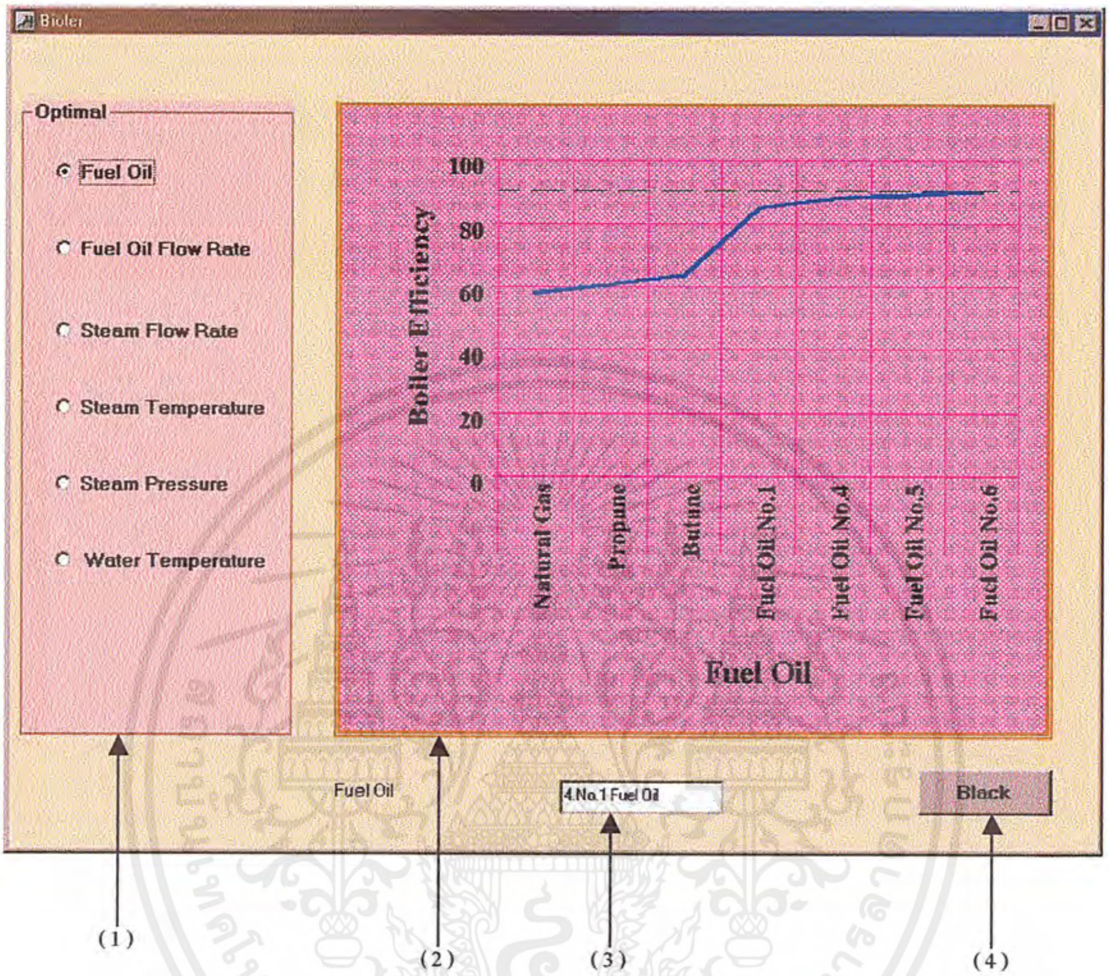
(7) ปุ่มไปยังหน้าจอเลือกอุปกรณ์

(8) ปุ่มแสดงหน้าจอคำแนะนำ

(9) แสดงผลประสิทธิภาพรวม

(10)แสดงประสิทธิภาพเมื่อมีอุปกรณ์เสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่18 หน้าจอแสดงกราฟเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพกับตัวแปรต่างๆที่ผู้ใช้ต้องการ

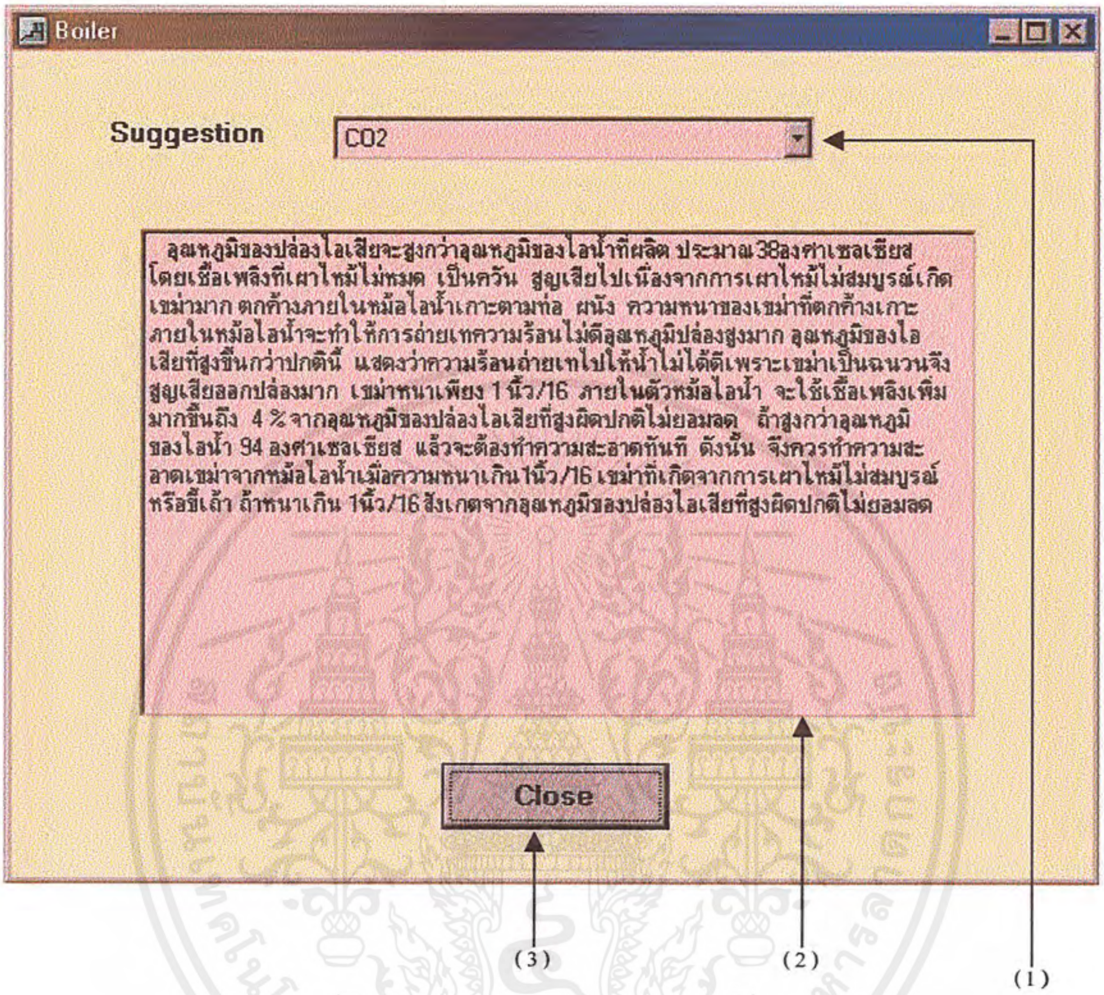
(1) ช่องเลือกตัวแปรต้นในการเปรียบเทียบผลประสิทธิภาพ

(2) กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับตัวแปรต้นต่างๆ

(3) ช่องแสดงค่าตัวแปรต้นที่ใช้ขณะนั้น

(4) ปุ่มกลับไปยังหน้าจอก่อนหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



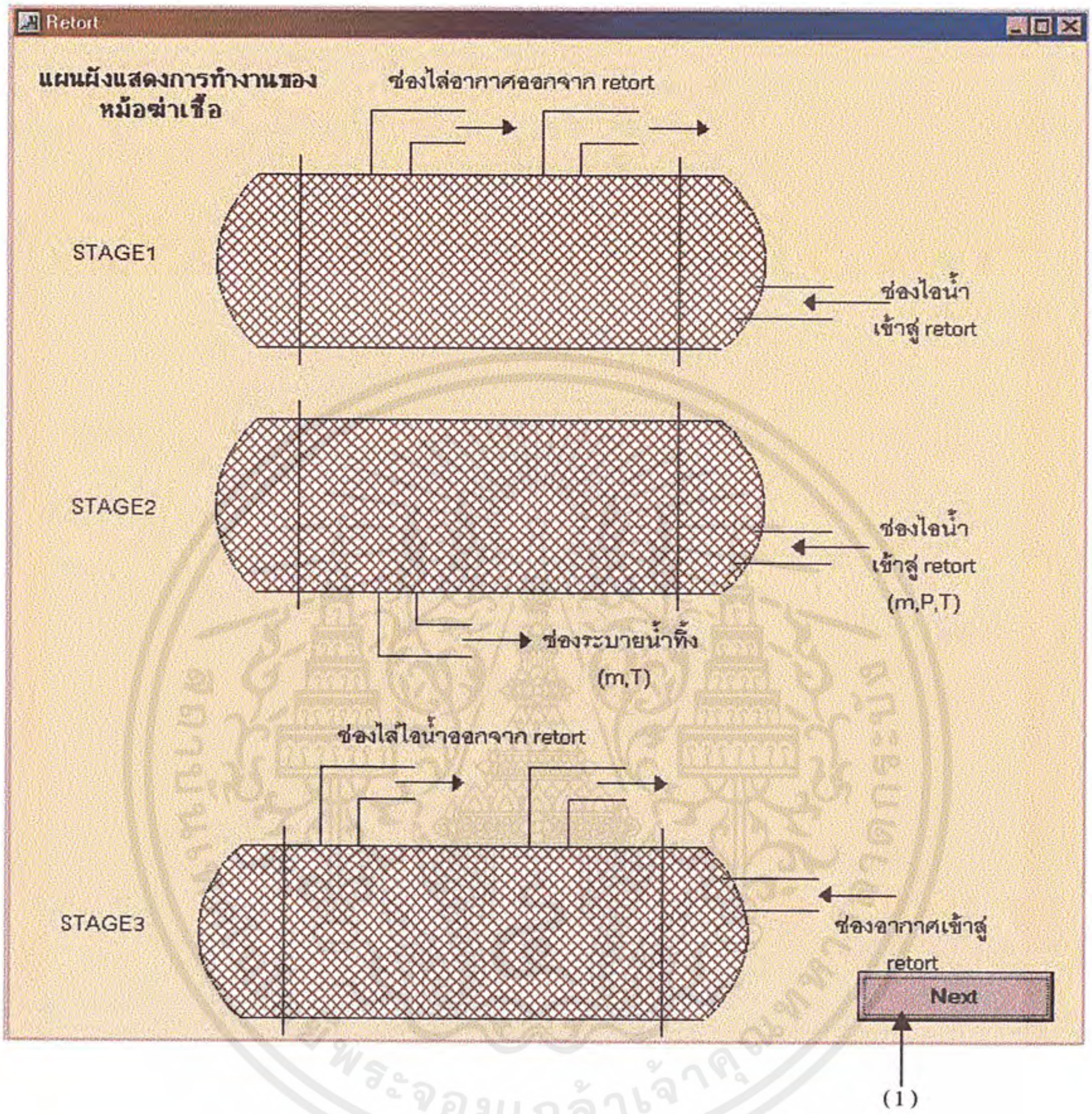
รูปที่19 หน้าจอแสดงคำแนะนำ

(1) เลือกสิ่งที่ต้องการคำแนะนำ

(2) แสดงคำแนะนำ

(3) ปิดหน้าจอคำแนะนำ

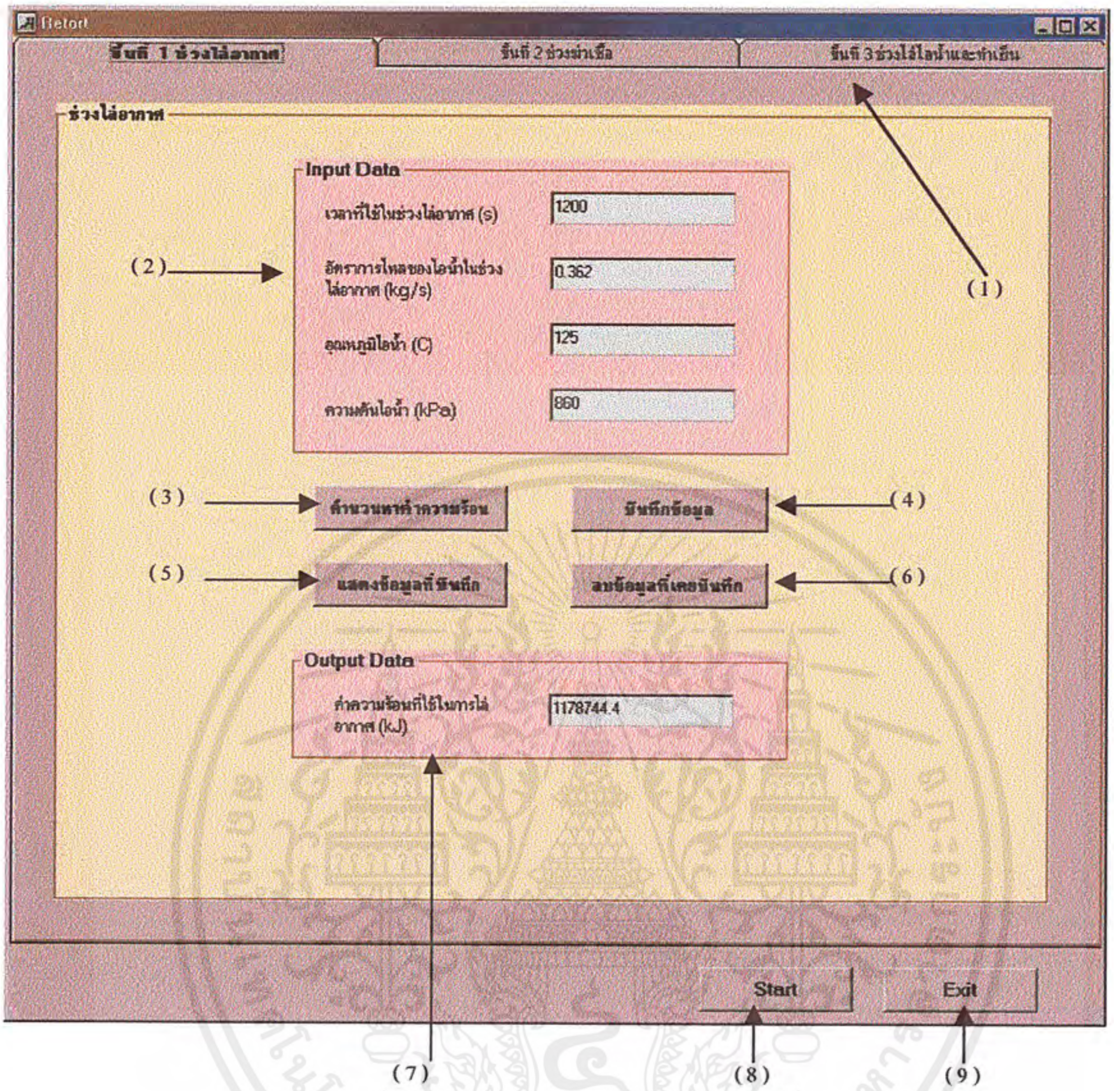
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่20 หน้าจอแสดงการทำงานของหม้อฆ่าเชื้อ

(1) กดปุ่มเพื่อเข้าสู่หน้าจอถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่21 หน้าจอแสดงขั้นที่1 ช่วงไล่อากาศของหม้อฆ่าเชื้อ

(1) เลือกช่วงที่คุณต้องการคำนวณ

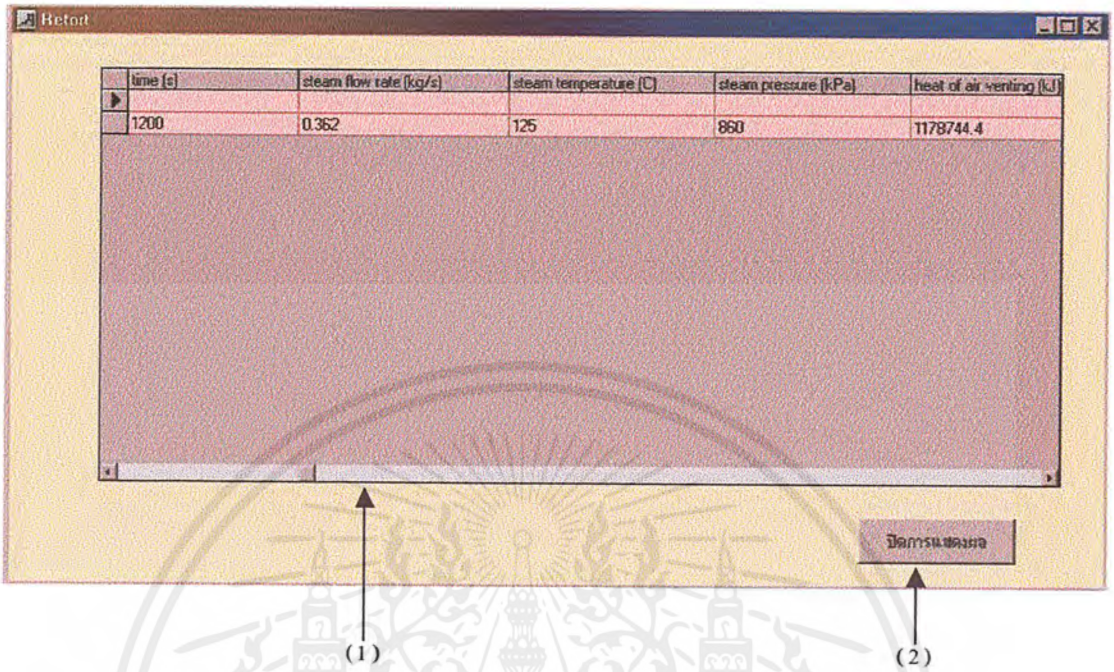
(2) ให้ผู้ใช้ใส่ข้อมูล

(3) , (4) , (5) และ (6) ปุ่มสั่งให้คำนวณค่าความร้อน , ปุ่มบันทึกค่า , ปุ่มแสดงข้อมูลที่บันทึก และ ปุ่มลบข้อมูลที่บันทึกตามลำดับ

(7) แสดงผลการคำนวณ

(8) และ (9) ปุ่มเข้าสู่หน้าจอเลือกอุปกรณ์ และ ออกจากโปรแกรมตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

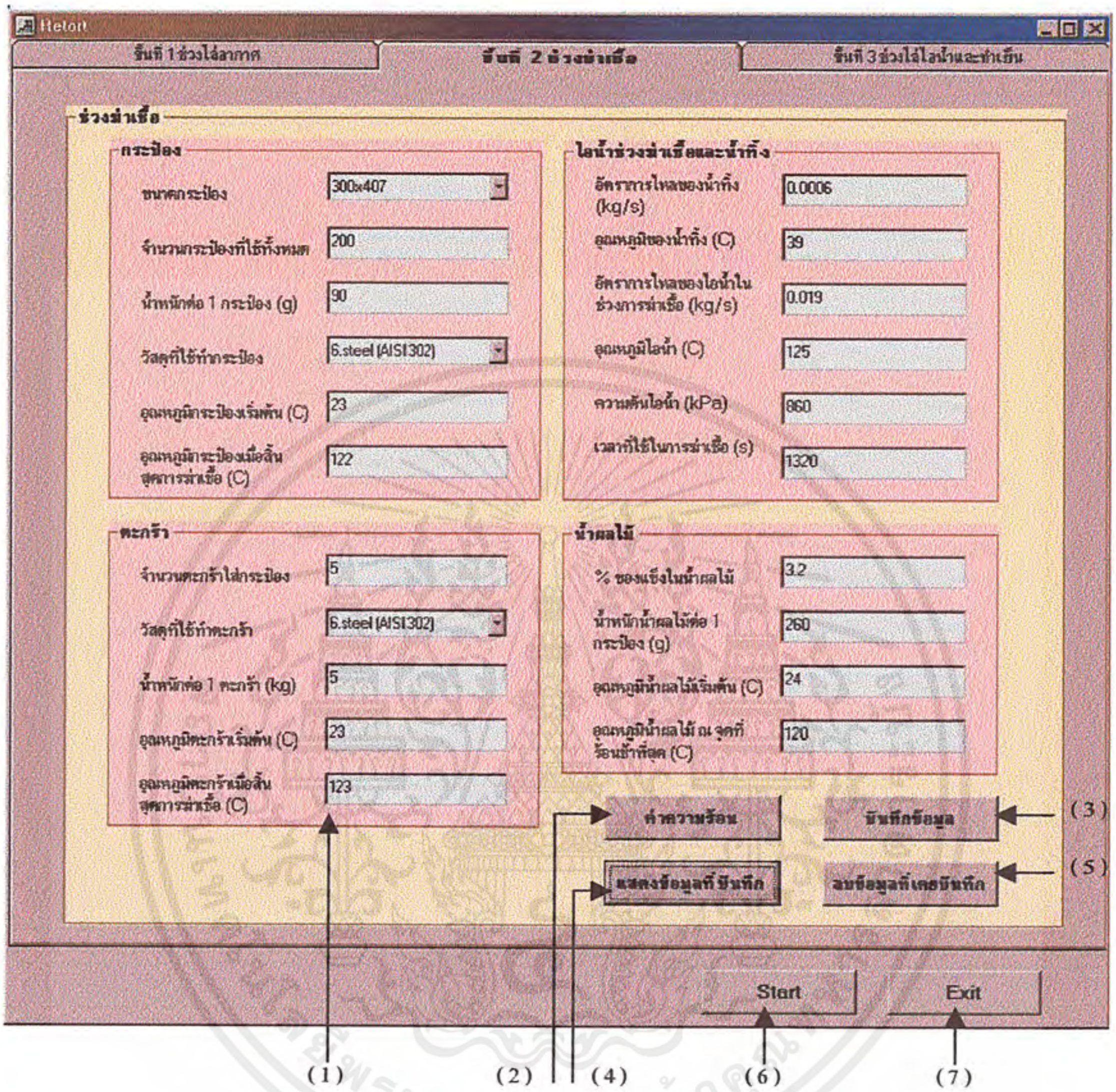


รูปที่ 22 หน้าจอแสดงข้อมูลที่ได้ทำการบันทึกไว้

(1) ตารางข้อมูล

(2) กดปุ่มเมื่อต้องการออกจากหน้าจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่23 หน้าจอแสดงขั้นที่2 ช่วงฆ่าเชื้อของหม้อฆ่าเชื้อ

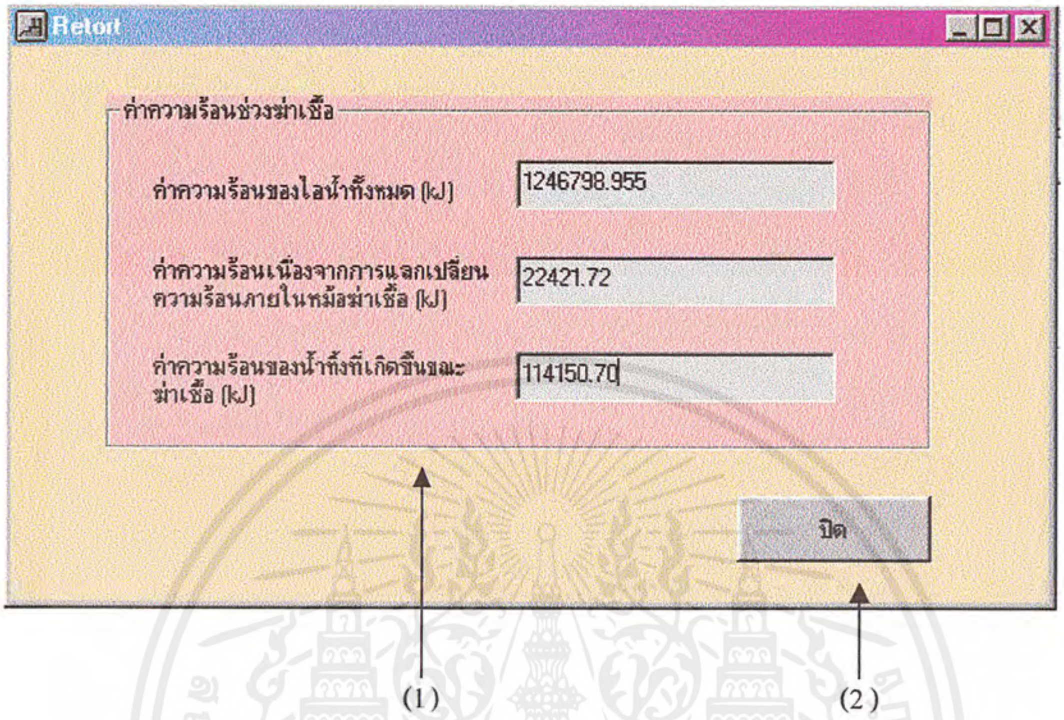
(1) ใส่ข้อมูลให้ครบถ้วนทั้งสี่ส่วน

(2) กดปุ่มเมื่อต้องการให้คำนวณหาค่าความร้อน

(3) , (4) , (5) ปุ่มสั่งให้บันทึกค่า , แสดงข้อมูลที่บันทึก และ ลบข้อมูลที่บันทึกตามลำดับ

(6) และ (7) ปุ่มเข้าสู่หน้าจอเลือกอุปกรณ์ และ ออกจากโปรแกรมตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

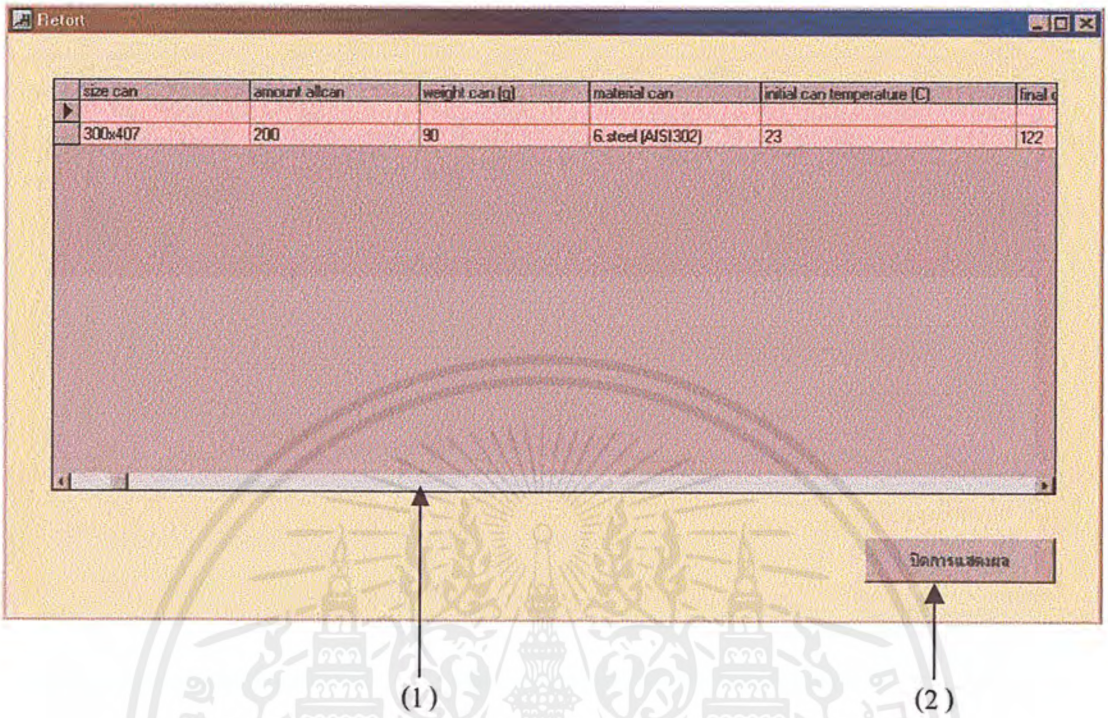


รูปที่24 หน้าจอแสดงผลการคำนวณค่าความร้อนช่วงฆ่าเชื้อ

(1) แสดงผลการคำนวณ

(2) กดปุ่มเมื่อต้องการปิดหน้าจอคำตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

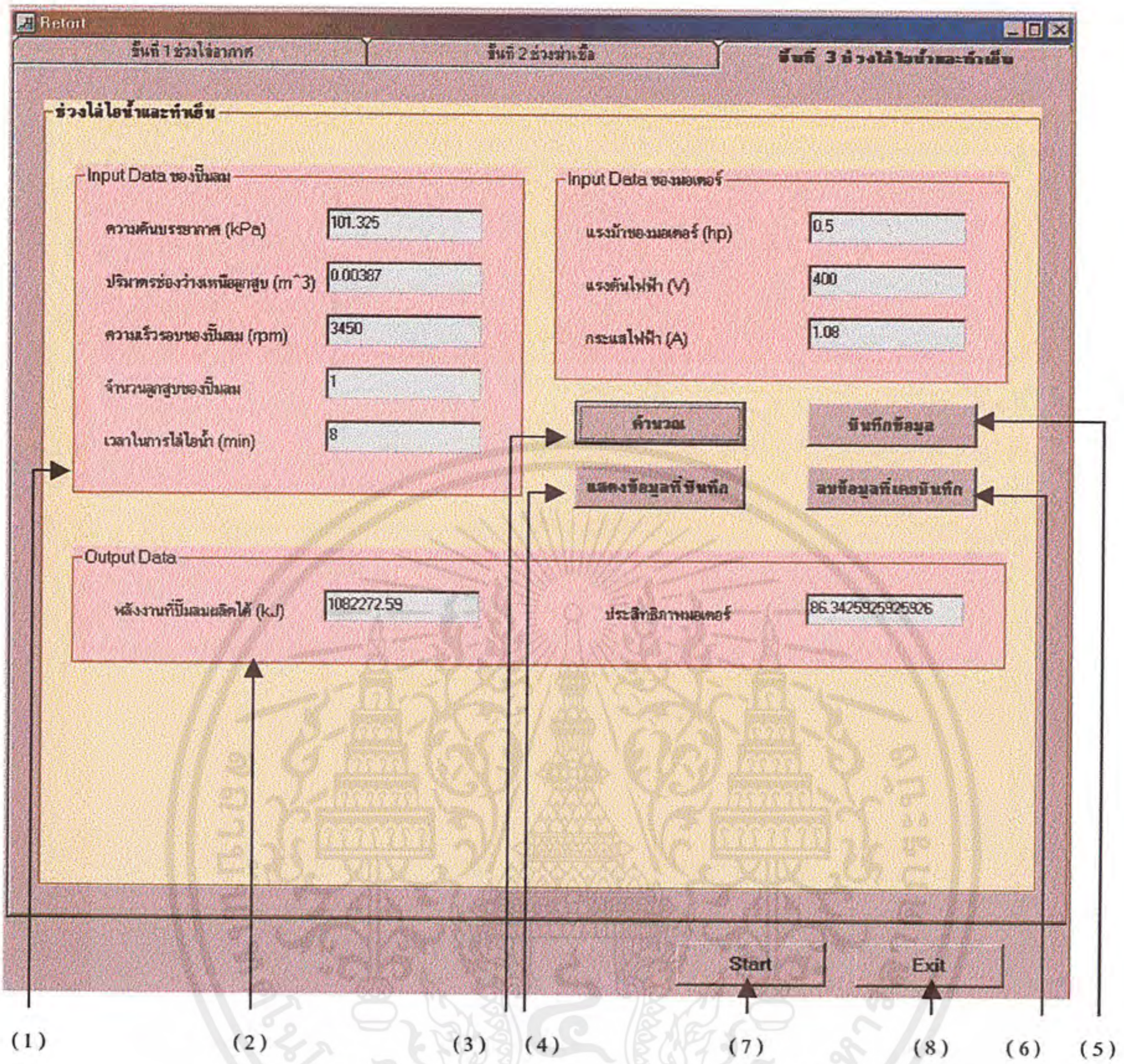


รูปที่25 หน้าจอแสดงข้อมูลที่ได้บันทึกไว้

(1) ตารางแสดงข้อมูล

(2) ปุ่มปิดหน้าจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 26 หน้าจอแสดงขั้นที่3 ช่วงไล่ไอน้ำและทำเย็น

(1) ใส่ข้อมูลให้ครบถ้วน

(2) ช่องแสดงคำตอบของการคำนวณ

(3) กดปุ่มคำสั่งให้คำนวณ

(4) ปุ่มคำสั่งแสดงข้อมูลที่บันทึก

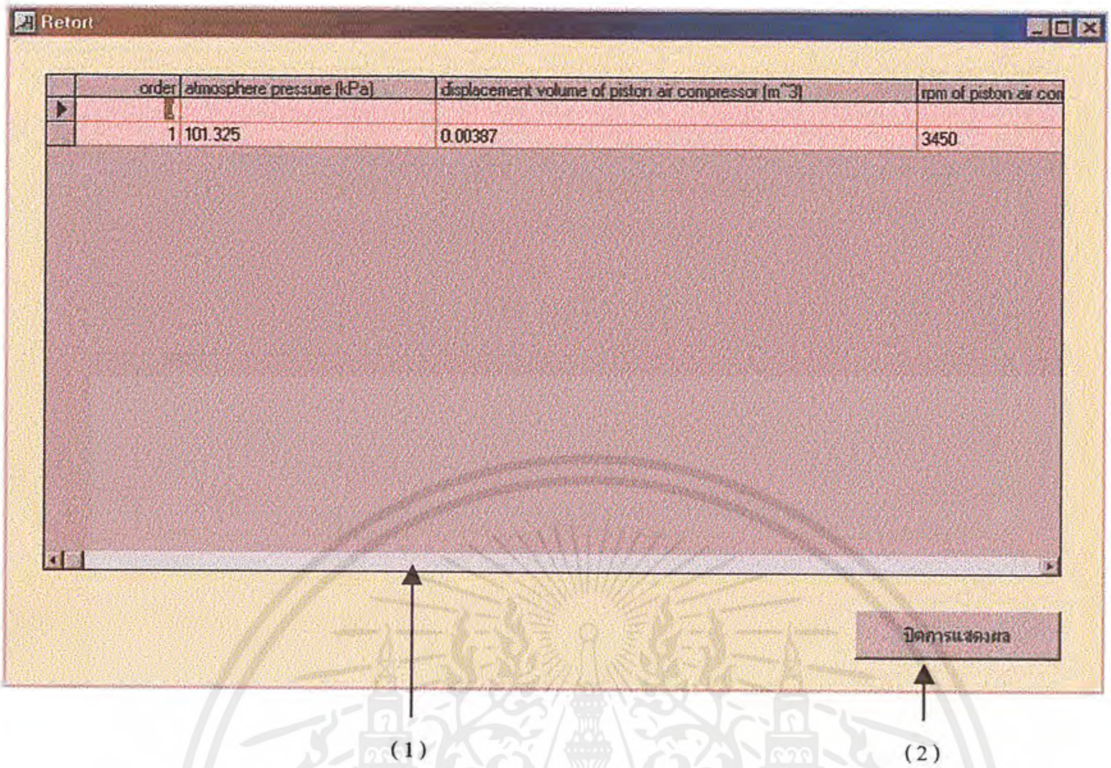
(5) ปุ่มคำสั่งให้บันทึกข้อมูล

(6) ปุ่มคำสั่งลบข้อมูลที่บันทึก

(7) ปุ่มกลับเข้าสู่หน้าจอเลือกอุปกรณ์

(8) ปุ่มออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

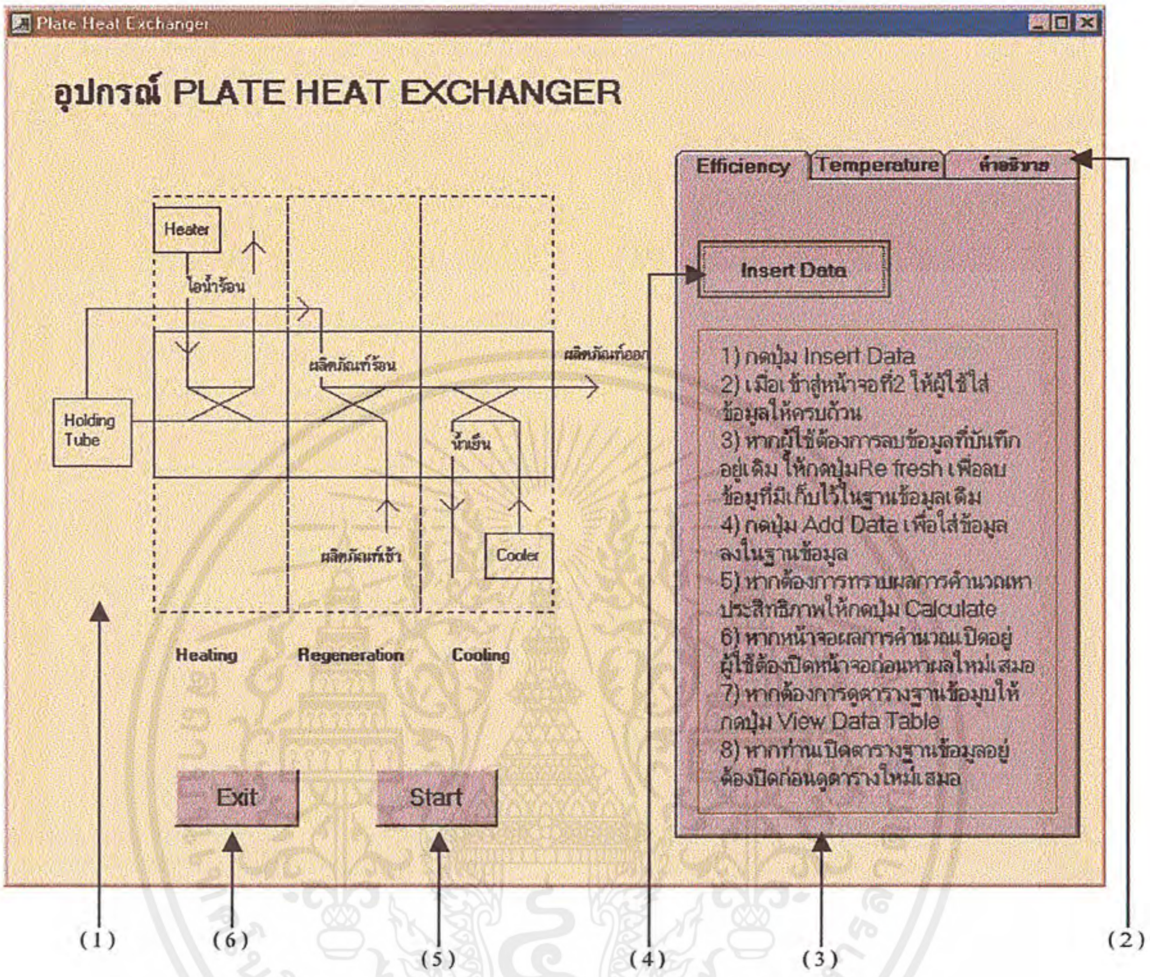


รูปที่ 27 หน้าจอแสดงข้อมูลที่ได้บันทึกไว้

(1) ตารางแสดงข้อมูล

(2) ปุ่มปิดหน้าจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่28 หน้าจอเข้าสู่ส่วนอุปการณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น

(1) ผังแสดงการทำงานของอุปกรณ์

(2) เลือกสิ่งที่ต้องการทราบ

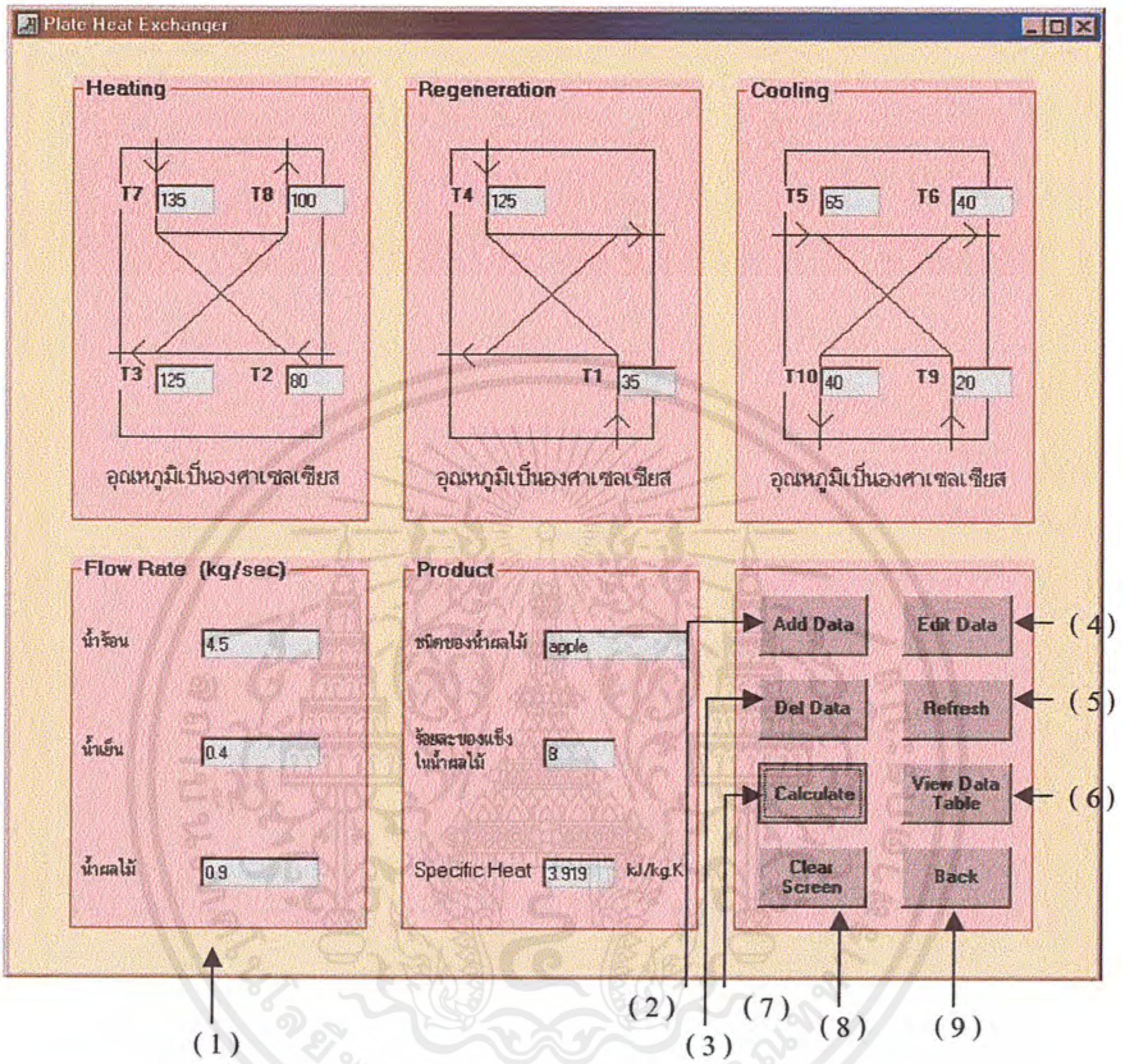
(3) แสดงคำอธิบายต่าง ๆ

(4) กดปุ่มเพื่อเข้าสู่การคำนวณ

(5) กดปุ่มเพื่อเข้าสู่หน้าจอเลือกอุปกรณ์

(6) กดปุ่มเพื่อออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่29 หน้าจอการคำนวณเพื่อหาค่าประสิทธิภาพ

(1) กรอกข้อมูลตามช่องต่าง ๆ ให้ครบถ้วน

(2) ปุ่มเพิ่มข้อมูลลงในฐานข้อมูล

(3) ปุ่มลบข้อมูลในฐานข้อมูลแถวสุดท้าย

(4) ปุ่มแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูล

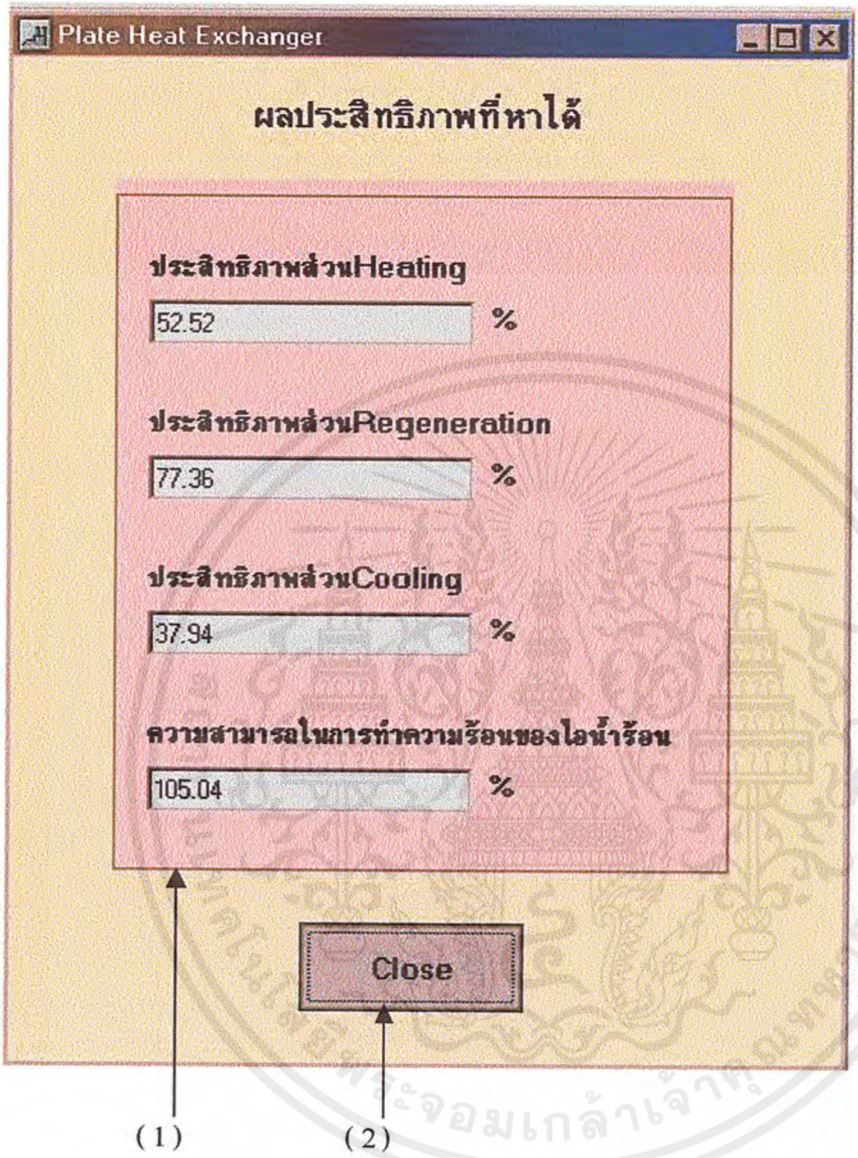
(5) ปุ่มลบข้อมูลในฐานข้อมูลทั้งหมด

(6) ปุ่มแสดงตารางฐานข้อมูล

(7) ปุ่มลบข้อมูลในหน้าจอ

(8) ปุ่มย้อนกลับหน้าจอก่อนหน้านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

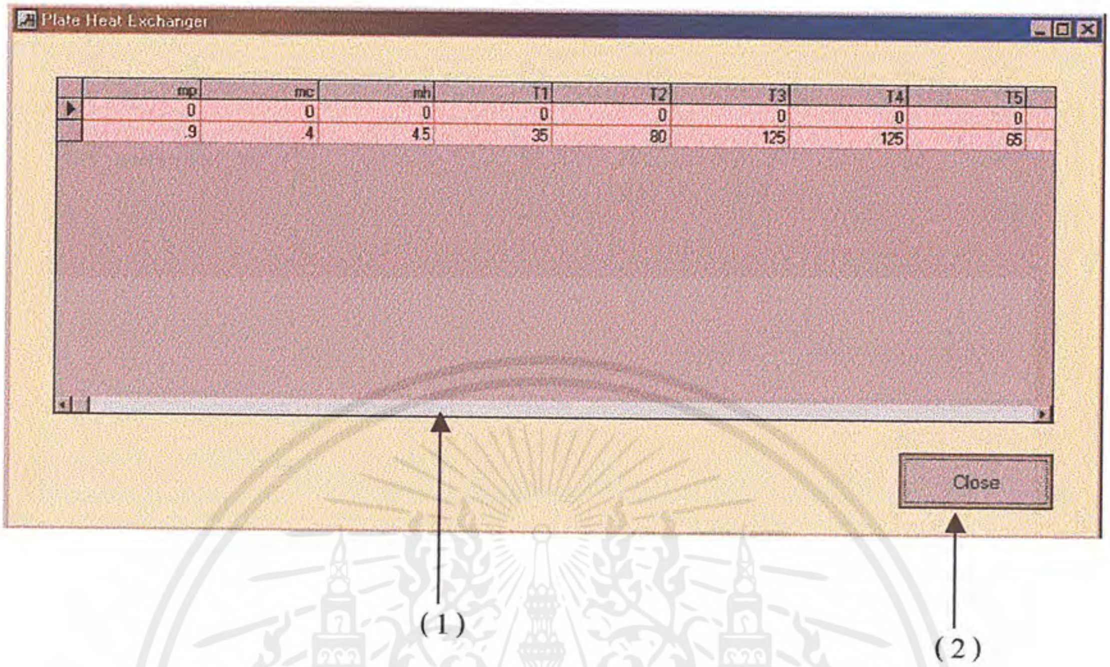


รูปที่30 หน้าจอแสดงผลการคำนวณประสิทธิภาพ

(1) แสดงผลการคำนวณหาประสิทธิภาพ

(2) กดปุ่มเมื่อต้องการออกจากหน้าจอนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

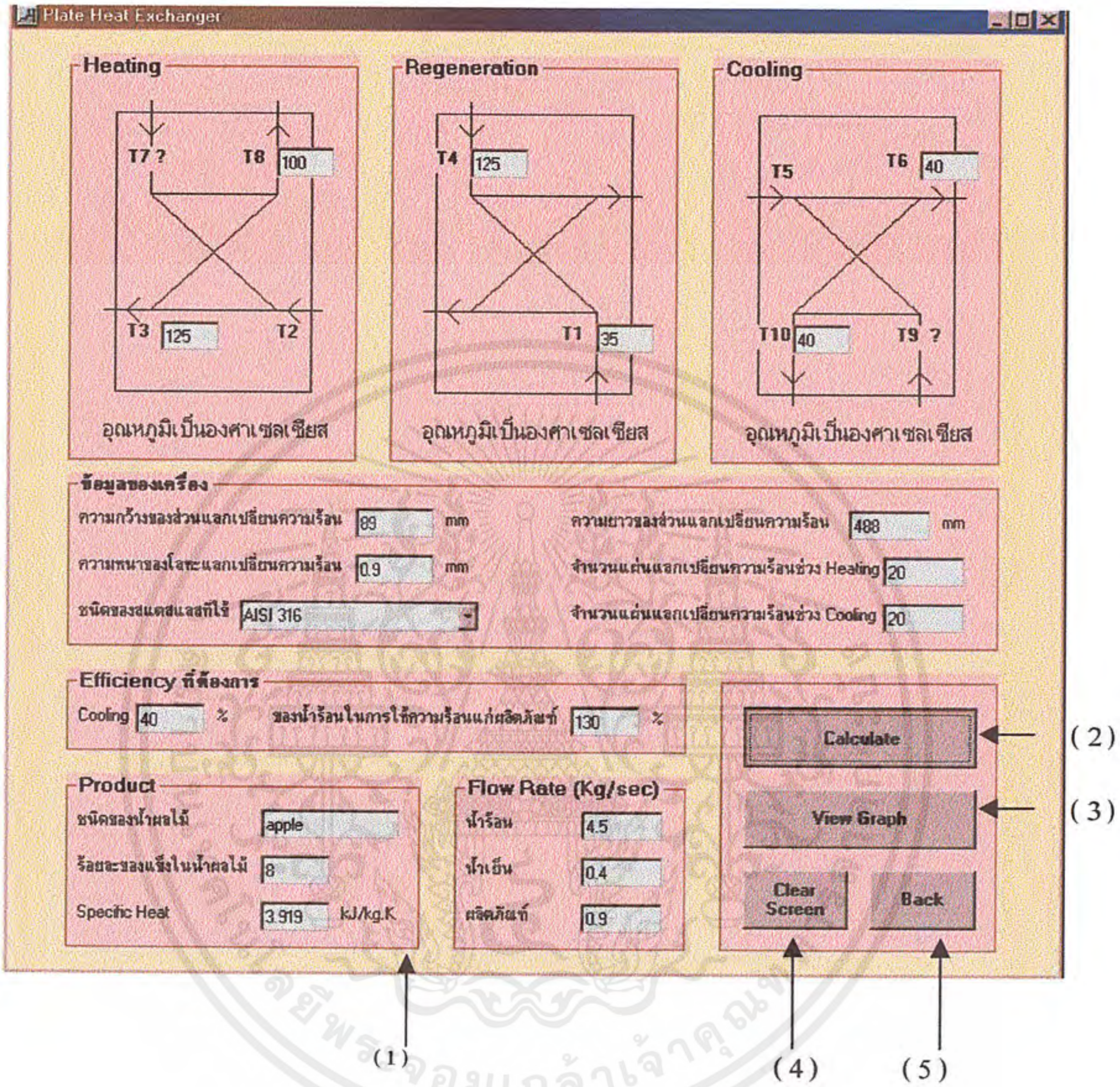


รูปที่31 หน้าจอแสดงข้อมูลที่ได้บันทึกไว้

(1) แสดงข้อมูลที่บันทึกไว้

(2) กดปุ่มเมื่อต้องการออกจากหน้าจอนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่32 หน้าจอการคำนวณเพื่อหาอุณหภูมิ

(1) ใส่ข้อมูลให้ครบถ้วน

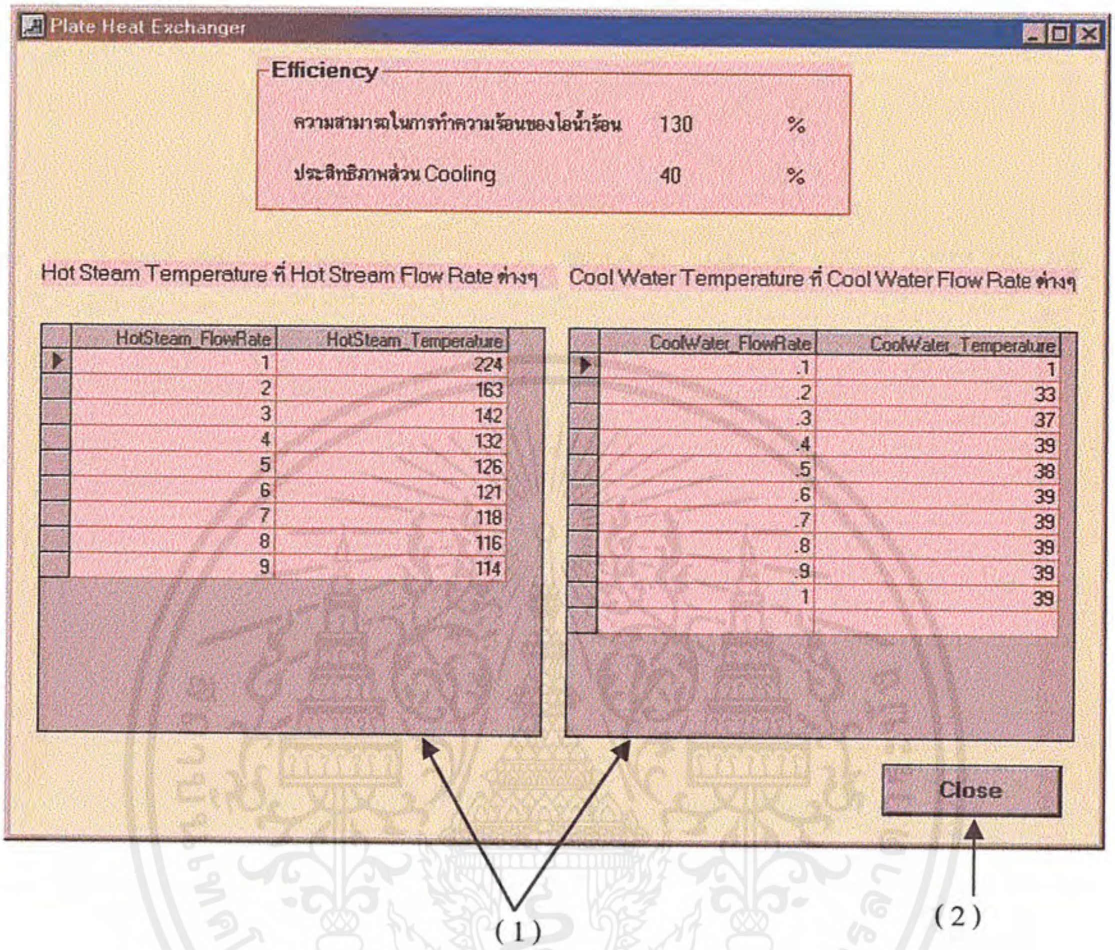
(2) กดปุ่มเมื่อต้องการให้คำนวณผล

(3) กดปุ่มเมื่อต้องการดูกราฟผลการคำนวณ

(4) ลบข้อมูลทั้งหมดในหน้าจอ

(5) ย้อนกลับเข้าสู่หน้าจอก่อนหน้านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

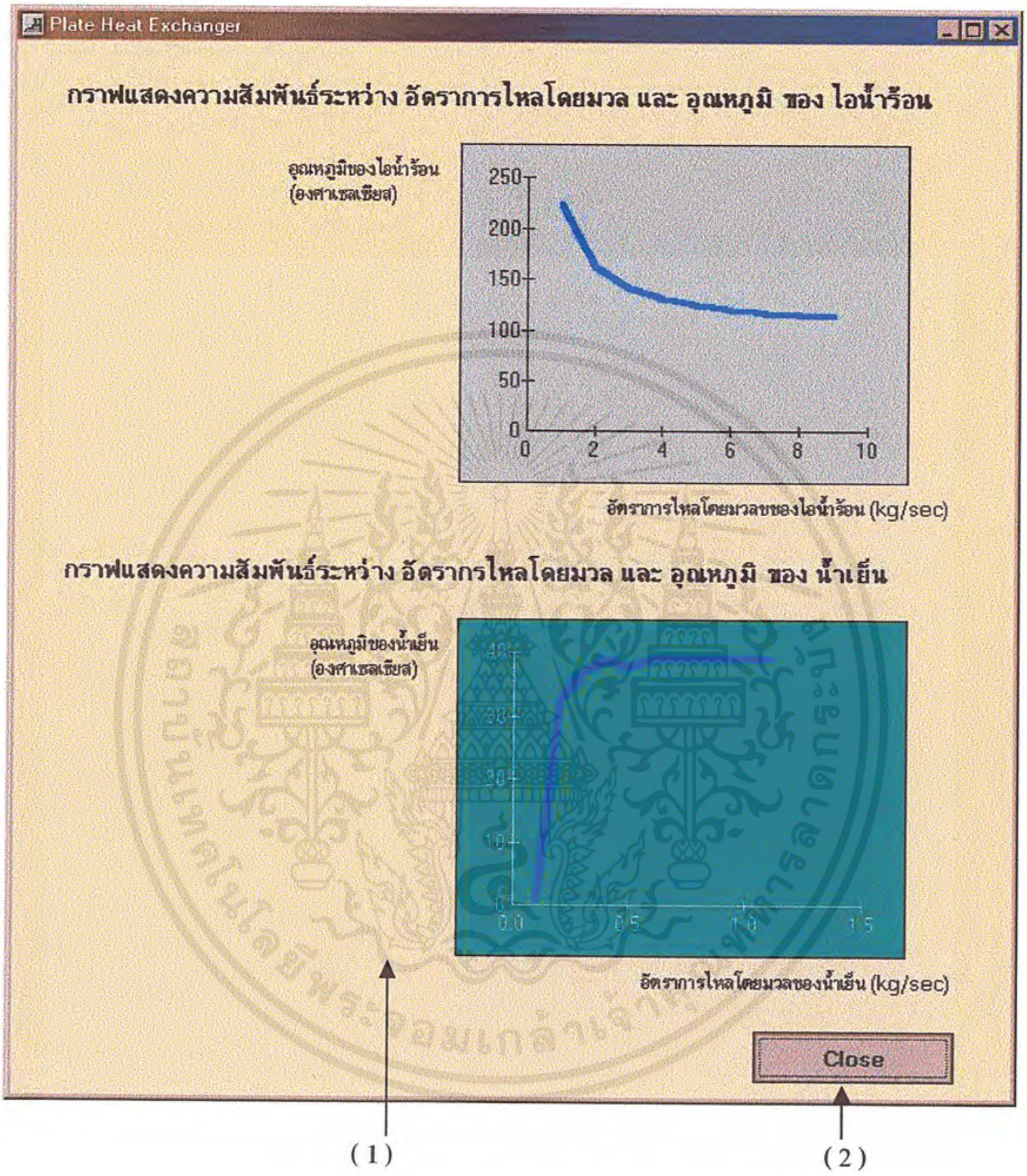


รูปที่33 หน้าจอแสดงผลการคำนวณ

(1) แสดงผลการคำนวณค่าอุณหภูมิเมื่ออัตราการไหลโดยมวลเปลี่ยนไป ณ อุณหภูมิที่ต้องการ

(2) ปุ่มย้อนกลับเข้าสู่หน้าจอก่อนหน้านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่34 หน้าจอแสดงกราฟของผลการคำนวณ

(1) แสดงกราฟของผลการคำนวณ

(2) ปุ่มปิดหน้าจอแสดงกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องมาจากความร่วมมือของหลายฝ่ายด้วยกัน

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประศาสน์วิชาให้มีความรู้ เพื่อนนักศึกษาทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ และขอขอบพระคุณผู้ที่ให้ความช่วยเหลือดังนี้

- คุณศุภชัย ไกรวัฒนพงศ์ , คุณศิริชัย ประเสริฐเวชทนต์ , คุณปัญจผล พนาถิรกุล , คุณพูลศักดิ์ สมบัติมหาโชค , คุณเรืองเดช นุชมี และ คุณสมชาย เตโชธรรมสถิต ที่ให้ข้อมูลคำปรึกษาและให้เข้าชมโรงงานจริง
- คุณสมผล ตันนิอมรพงษ์ ที่ให้คำปรึกษาด้านหม้อไอน้ำและสอนเทคนิคในการซ่อมหม้อไอน้ำเมื่อเกิดความขัดข้อง
- คุณจารุพรรณ เลิศชัยกิตติไพศาล และ คุณเนติยา สนิทกลาง ที่ให้คำแนะนำในเรื่องหม้อไอน้ำ
- คุณมธุรดา จิโนรส ที่ให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์
- ผศ.วันชัย สุทธินุ่น ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับหม้อฆ่าเชื้อ
- ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ ที่ให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ให้ความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ
- ขอขอบพระคุณ อาจารย์สรรวริศ อยู่วัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ที่ให้คำแนะนำและคอยติดตามผลงานด้วยความเอาใจใส่อย่างใกล้ชิดเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้ซึ่งให้กำลังใจ และ คอยดูแลเอาใจใส่อย่างใกล้ชิดเสมอมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์, "ผักและผลไม้ (Vegetables & Fruits)", ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, หน้า 218 – 236.
2. ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์, "เทคโนโลยีไอน้ำ", กรุงเทพมหานคร, ศึกษาสัมพันธ์, 2522.
3. ปานเพชร ชินินทร และ ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์, "นิวเมติกอุตสาหกรรม", กรุงเทพมหานคร, บริษัท เอช.เอ็น. กรุ๊ป จำกัด, 2541.
4. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์, พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, สาทิป รัตนภาสกร, "สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ", ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2538
5. ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร, "บทปฏิบัติการเรื่องการหาค่าความร้อนจำเพาะของของเหลวในขบวนการพาสเจอไรส์โดยวิธี High Temperature Short Time Process(HTST)", ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
6. มงคล ทองสงคราม, "เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง", พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพมหานคร, รามาการพิมพ์ จำกัด, 2538 .
7. มนตรี พิรุณเกษตร, "อุณหพลศาสตร์ 2", พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร, บริษัทพิมพ์ดี จำกัด , 2540.
8. วันชัย สุทธินุ่น, "เอกสารประกอบการสอน วิชาเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร", ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
9. ศุภกิจ ศรีวัฒรางกูร, "การศึกษาการปรับปรุงระบบผลิตไอน้ำเพื่อการผลิตไฟฟ้าในโรงงานน้ำตาล", วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2530.
10. สุชัย ศศิวิมลพันธุ์, "เทคโนโลยีไอน้ำ", พิมพ์ครั้งที่ 1 ,กรุงเทพมหานคร, ห้างหุ้นส่วนจำกัดสีทองกิจพิศาล, 2523 .
11. สุชัย ศศิวิมลพันธ์, "เทคโนโลยีไอน้ำ(เครื่องกำเนิดไอน้ำ)", พิมพ์ครั้งที่ 3, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2522.
12. อุตสาห์ จิรากร และ เชื้อ ชูขำ, "เครื่องยนต์สันดาปภายใน", กรุงเทพมหานคร,บริษัท เอช.เอ็น. กรุ๊ป จำกัด , 2539 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. Cleaver & Brooks, "Boiler Efficiency", U.S.A.

14. Dennis R. Heldman and Richard W.Hartel, "Principle of Food Processing", Chapman& Hall, New York, U.S.A.

15. D.K. Salunkhe and S.S. Kadam, "Fruit Science and Technology", Marcel Dekker, Inc., U.S.A., 1995.

16. Edward E. Anderson, "Thermodynamics", International Thomson Publishing, U.S.A., 1995.

17. Frank P. Ineropora and David P. DcWitt, "Fundamentals of Heat and Mass transfer", Forth Edition, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 1996.

18. Gordon J.Van Wylen Richard E. Sonntag and Claus Borgnakke, "Fundamentals of Classical Thermodynamics", Forth Edition, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 1994.

19. Metal Box Company LTD, "คู่มือการใช้หม้อฆ่าเชื้อ", สมุทรปราการ.

20. P. Fellows, "Food processing Technology Principles and Practice", Ellis Horwood Limited, England, 1990.

21. S.D.Holdsworth, "The Preservation of Fruit and Vegetable Food Products", The Mac Millan Press LTD, Hong Kong, 1983.

22. Yunus A. Cengel and Michal A. Boles, "Thermodynamics (and Engineering- Approach)", Second Edition, New York, McGraw-Hill Book, 1994.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้