สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเพิ่มประสิทธิภาพหอกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์

นายปัญจศร เชาว์บัณฑิตย์
นายพิภพ วัฒเวียงคำ
นายรวมพล สาลี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50265
วัน,เดือน,ปี 28 เม.ย. 2547

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Improvement of Ethyl Alcohol Distillation Columns Efficiency

Mr.Panjasorn Chavabandittaya

Mr.Pipop Watweangkam

Mr.Ruampon Salee

A Report Submitted in Partial Fulfillment of The Requirments

For The Degree of Bachelor of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การเพิ่มประสิทธิภาพหอกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์
โดย	นายปัญจศร เชาว์บัณฑิตย์
	นายพิภพ วัฒเวียงคำ
	นายรวมพล สาลี
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี	คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. ไพศาล นาคพิพัฒน์

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

_____ ประธานกรรมการ
(ผศ.ดร. ไพศาล นาคพิพัฒน์)

_____ กรรมการ
(อาจารย์วลัยรัตน์ สุขสมัย)

_____ กรรมการ
(อาจารย์สุธาสินี เนรมิตตกพงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพหอกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์ เพื่อเสนอต่อภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีด้วยความช่วยเหลือจากคณะอาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย ผู้เสนอใคร่ขอกราบขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือดังนี้คือ

1. ผศ.ดร.ไพศาล นาคพิพัฒน์	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
2. รศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา	กรุณาให้คำปรึกษาวิทยานิพนธ์
3. อาจารย์วลัยรัตน์ สุขสมัย	กรุณาให้คำปรึกษาวิทยานิพนธ์
4. คุณอะเคื้อ บุญญศิริ	หัวหน้างานทดลองผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา กรุณาให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวก
5.คุณนิติพงษ์ มุตะพัฒน์	วิศวกร ประจำโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา กรุณาให้คำปรึกษา และอำนวยความสะดวก
6.คุณวรัญญา พระเจริญ	เจ้าหน้าที่ประจำห้องทดลอง ประจำโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา กรุณาให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวก

และเจ้าหน้าที่ในโครงการทดลองผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวก และช่วยเหลือให้ข้อมูลที่จำเป็นต่อปริญญานิพนธ์ ตลอดจนยังมีผู้มีพระคุณอีกหลายท่านนอกเหนือจากที่กล่าวมา ผู้เสนอปริญญานิพนธ์จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพหอกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์
โดย นายปัญจศร เชาว์บัณฑิตย์
นายพิภพ วัฒเวียงคำ
นายรวมพล สาลี
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ไพศาล นาคพิพัฒน์
ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ ได้ทำการศึกษาและทำการเพิ่มประสิทธิภาพหอกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์ โดยใช้โปรแกรม HYSYS ในการจำลองกระบวนการกลั่นแยกเอทิลแอลกอฮอล์จากน้ำส่า ณ โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดาแล้วยังได้ทำการศึกษาผลของการปรับค่าตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการ โดยตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำส่า อัตราการป้อนของน้ำส่า อุณหภูมิก้นหอ อุณหภูมิยอดหอและอัตราส่วนรีฟลักซ์ ผลการศึกษาดังกล่าวได้นำมาใช้เป็นแนวทางในการลดการสูญเสียในกระบวนการผลิต แบ่งได้เป็น 2 แนวทาง ได้แก่ แนวทางแรกจะทำการป้องกันการรั่วไหลของระบบท่อ ข้อต่อ วาล์ว และถังพักส่า ส่วนแนวทางที่สอง จะทำการปรับอุณหภูมิก้นหอให้มีค่าสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยควบคุมอุณหภูมิยอดหอไม่ให้สูงกว่า 78.1^{0}C และ กำหนดอัตราส่วนรีฟลักซ์ให้เท่ากับ 4 โดยทั้งสองแนวทางที่จะนำมาใช้ปรับปรุงกระบวนการ ทางโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดาควรพิจารณาถึงผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย สำหรับความเป็นไปได้ในการลดการสูญเสียในกระบวนการผลิต เมื่ออ้างอิงจากโปรแกรม HYSYS แล้วพบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title The improvement of Ethyl Alcohol Distillation Columns Efficiency

By Mr.Panjasorn Chavabandittaya

Mr.Pipop Watweangkam

Mr.Ruampon Salee

Advisor Asst.prof.Dr.Paisal Nakpipat

Report for Bachelor of Chemical Engineering, Faculty of Engineering,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

This project is the study of "The Improvement of Ethyl Alcohol Distillation Columns efficiency" by using HYSYS application program to simulate Ethyl Alcohol distillation process at The Chitralada Projects. Furthermore, this project is conducted to show the effects that change the variables such as feed temperature, feed rate, bottom temperature, overhead temperature and reflux ratio. The result is a guideline to reduce alcohol loss in the process. This procedure is divided into two ways. The first way is to prevent the leakages of the overall system such as pipelines, fitting, valves and storage tank. The second way is to maximize the bottom temperature, control the overhead temperature not to be over 78.1 ^{0}C and set the reflux ratio to be 4. When these two methods are applied, The Chitralada Projects should consider the economic effect of this process. According to HYSYS application program, the possibility of the reduction of alcohol loss is quite high.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ง
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป	ฎ
สัญลักษณ์	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปริญญานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 แอลกอฮอล์และกระบวนการผลิตเอทิลแอลกอฮอล์	3
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแอลกอฮอล์	3
2.2 การผลิตแอลกอฮอล์ในอุตสาหกรรม	3
2.2.1 Indirect Hydration	3
2.2.2 Direct Hydration	4
2.2.3 Fermentation	4
2.3 กรรมวิธีการผลิตเอทิลแอลกอฮอล์ในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา	5
2.3.1 ขั้นตอนการหมัก (Fermentation)	5
2.3.2 ขั้นตอนการกลั่น (Distillation)	5
2.4 การใช้เอทิลแอลกอฮอล์เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา	8
บทที่ 3 การกลั่นและทฤษฎีการคำนวณ	9
3.1 การกลั่นแบบระบบ 2 องค์ประกอบ (Distillation of Binary System)	9
3.1.1 สมดุลวัตถุ	9
3.2 เส้นปฏิบัติการ (Operating Line)	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 เส้น q (q-line)	11
3.4 การหาจำนวนชั้นเชิงทฤษฎี โดยวิธีกราฟของ McCABE-THIELE	11
3.5 จำนวนชั้นทางทฤษฎีที่น้อยที่สุด	12
3.6 อัตราส่วนป้อนกลับน้อยที่สุด R_m	13
บทที่ 4 โปรแกรม HYSYS และวิธีการวัดปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์	14
4.1 การเริ่มต้นการใช้การโปรแกรม HYSYS	15
4.2 วิธีการวัดปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์	16
4.2.1 การกลั่นและการวัดความถ่วงจำเพาะ	16
4.2.2 แก๊ส-ลิควิด โครมาโตกราฟฟี	16
4.2.3 ไออาร์-สเปกโตเมทรี	17
4.2.4 วิธีออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ด้วย Nicotinamide-Adenine Dinucleotide	17
4.2.5 วิธีออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ด้วยโพแทสเซียมไดโครเมต	17
4.2.6 วิธีหาดัชนีหักเหแสง	17
บทที่ 5 การทดลอง	18
5.1 การตรวจหาปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ที่สูญเสีย	18
5.1.1 การหาปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำส่า	18
5.1.2 การหาปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ที่ตกใต้หอกลั่นส่าและหอกลั่นแอลกอฮอล์	18
5.1.3 การหาปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ที่ยอดหอกลั่นส่าและยอดหอกลั่นแอลกอฮอล์	19
5.2 การทำสมดุลวัตถุ	20
5.3 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการกลั่นโดยใช้โปรแกรม HYSYS	21
5.3.1 การสร้างแบบจำลองกระบวนการกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์ โดยใช้โปรแกรม HYSYS	21
5.4 การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ที่สูญเสีย และการเปรียบเทียบสภาวะ การกลั่นที่ใช้จริงกับแบบจำลอง	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 ผลการทดลอง	28
6.1 ผลการตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ที่สูญเสีย	28
6.1.1 ผลการตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำส่า	28
6.1.2 ผลการตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ที่ตกใต้หอกลั่นส่าและหอกลั่นแอลกอฮอล์	28
6.1.3 ผลการตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ที่ยอดหอกลั่นส่าและหอกลั่นแอลกอฮอล์	28
6.2 ผลการทำสมดุลวัตถุ	28
6.3 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการกลั่นโดยใช้โปรแกรม HYSYS	29
6.3.1 ผลการสร้างแบบจำลองกระบวนการกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์โดยใช้โปรแกรม HYSYS	29
6.4 ผลการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่าง ๆ	30
6.4.1 ผลการปรับอัตราส่วนรีฟลักซ์ต่อความบริสุทธิ์ของเอทิลแอลกอฮอล์	30
6.4.2 ผลการปรับอัตราส่วนรีฟลักซ์ต่อปริมาณแอลกอฮอล์จากก้นหอกลั่นแอลกอฮอล์	30
6.4.3 ผลการปรับอุณหภูมิของก้นหอกลั่นแอลกอฮอล์ต่ออัตราการไหลของผลิตภัณฑ์จากหอกลั่นแอลกอฮอล์	31
6.4.4 ผลการปรับอุณภูมิยอดหอต่อความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ยอดหอกลั่นแอลกอฮอล์	31
6.4.5 ผลการปรับอัตราการป้อนของน้ำส่าต่ออัตราการไหลของผลิตภัณฑ์จากหอกลั่นแอลกอฮอล์	32
6.4.6 ผลการปรับอัตราการป้อนของน้ำส่าต่อความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์จากหอกลั่นแอลกอฮอล์	32
บทที่ 7 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	33
7.1 ผลของการปรับค่าตัวแปร	33
7.2 สาเหตุของการสูญเสียปริมาณแอลกอฮอล์	34
7.3 ข้อเสนอแนะ	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก	37
ผนวก ก	38
ผนวก ข	40
ผนวก ค	44
ผนวก ง	46
ผนวก จ	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 7.1 การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตที่สามารถประหยัดได้จากการปรับปรุงและแก้ไขสาเหตุของการสูญเสียปริมาณแอลกอฮอล์ตามข้อเสนอแนะ 35
ตารางที่ ข-1 การตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ที่ตกใต้หอกลั่นล่า 40
ตารางที่ ข-2 การตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ที่ตกใต้หอกลั่นแอลกอฮอล์ 40
ตารางที่ ข-3 การตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ที่ยอดหอกลั่นล่า 41
ตารางที่ ข-4 การตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ที่ยอดหอกลั่นแอลกอฮอล์ 41
ตารางที่ ข-5 การคำนวณสมดุลวัตถุของหอกลั่นล่า (3 มี.ค.2546) 42
ตารางที่ ข-6 การคำนวณสมดุลวัตถุของหอกลั่นแอลกอฮอล์ (3 มี.ค.2546) 42
ตารางที่ ข-7 การคำนวณสมดุลวัตถุของหอกลั่นล่า (10 มี.ค.2546) 43
ตารางที่ ข-8 การคำนวณสมดุลวัตถุของหอกลั่นแอลกอฮอล์ (10 มี.ค.2546) 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงกระบวนการกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์
ในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา 8

รูปที่ 3.1 การดุลมวลสารสำหรับการกลั่นลำดับส่วนอย่างต่อเนื่อง 10

รูปที่ 3.2 การหาจำนวนชั้นทางทฤษฎีของ McCABE – THIELE 12

รูปที่ 5.1 แผนภูมิเทียบปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์กับอุณหภูมิ 20

รูปที่ 5.2 การเลือกระบบของของไหล(Fluid package) 22

รูปที่ 5.3 การเลือกองค์ประกอบที่ใช้ในระบบ 23

รูปที่ 5.4 การใช้ PFD ในการเลือกอุปกรณ์ในระบบ 24

รูปที่ 5.5 ระบบที่ใช้ในการทดลอง 25

รูปที่ 5.6 การป้อนข้อมูลรายละเอียดให้กับแบบจำลอง 26

รูปที่ 5.7 การปรับค่าตัวแปรในหอกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์ 27

รูปที่ 6.1 การจำลองกระบวนการกลั่นที่สมบูรณ์ 29

รูป ก-1 Ebullio Meter 38

รูป จ-1 PFD ของกระบวนการกลั่น 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์

B	=	อัตราการไหลของสายก้นหอ (kmol/hr)
D	=	อัตราการไหลของสายการกลั่น (kmol/hr)
D_1	=	อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ยอดหอจากหอกลั่นล่า (L/hr)
D_2	=	อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ยอดหอจากหอกลั่นแอลกอฮอล์ (L/hr)
F	=	อัตราการไหลของสายป้อน (kmol/hr)
F_1	=	อัตราการไหลของน้ำล่าที่ป้อนเข้าหอกลั่นล่า (L/hr)
F_2	=	อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ยอดหอจากหอกลั่นล่าป้อนเข้าสู่หอกลั่นแอลกอฮอล์ (L/hr)
L_n	=	อัตราการไหลของของเหลวที่ไหลออกจากชั้นที่ n นับจากยอดหอกลั่นลงมา (kmol/hr)
L_m	=	อัตราการไหลของของเหลวที่ไหลลงมาจากชั้นที่ m (kmol/hr)
n_m	=	จำนวนชั้นทางทฤษฎีที่น้อยที่สุด
q	=	โมลของเหลวในสารป้อน 1 โมล
R	=	อัตราส่วนป้อนกลับ (Reflux Ratio)
R_m	=	อัตราส่วนป้อนกลับน้อยสุด
V_{n+1}	=	อัตราการไหลของไอที่ลอยขึ้นมาจากชั้นที่ n+1 (kmol/hr)
V_{m+1}	=	อัตราการไหลของไอที่ลอยขึ้นจากชั้นที่ m+1 (kmol/hr)
W_1	=	อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ก้นหอจากหอกลั่นล่า(L/hr)
W_2	=	อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ก้นหอจากหอกลั่นแอลกอฮอล์(L/hr)
x	=	อัตราส่วนเชิงโมลของของเหลว
x_c	=	อัตราส่วนเชิงโมลของของเหลวที่จุด c
x_n	=	อัตราส่วนเชิงโมลของของเหลวที่ไหลออกจากชั้นที่ n นับจากยอดหอกลั่นลงมา
x_m	=	ส่วนประกอบเชิงโมลของของเหลวที่ไหลลงมาจากชั้นที่ m
x_B	=	อัตราส่วนเชิงโมลขององค์ประกอบที่มีจุดเดือดสูงในสายป้อน
x_D	=	อัตราส่วนเชิงโมลขององค์ประกอบที่มีจุดเดือดต่ำในสายป้อน
x_{D1}	=	อัตราส่วนเชิงปริมาตรของเอทิลแอลกอฮอล์ที่ยอดหอของหอกลั่นล่า
x_{D2}	=	อัตราส่วนเชิงปริมาตรของเอทิลแอลกอฮอล์ที่ยอดหอของหอกลั่นแอลกอฮอล์
x_F	=	อัตราส่วนเชิงโมลขององค์ประกอบที่มีจุดเดือดต่ำในสายการกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์ (ต่อ)

x_{F1} = อัตราส่วนเชิงปริมาตรของเอทิลแอลกอฮอล์ที่ป้อนเข้าหอกลั่นส่า

x_{F2} = อัตราส่วนเชิงปริมาตรของเอทิลแอลกอฮอล์ที่ยอดหอจากหอกลั่นส่าป้อนเข้าสู่หอก ลั่นแอลกอฮอล์

x_{W1} = อัตราส่วนเชิงปริมาตรของเอทิลแอลกอฮอล์ที่ก้นหอของหอกลั่นส่า

x_{W2} = อัตราส่วนเชิงปริมาตรของเอทิลแอลกอฮอล์ที่ก้นหอของหอกลั่นแอลกอฮอล์

y = อัตราส่วนเชิงโมลของไอ

y_c = อัตราส่วนเชิงโมลของไอที่จุด c

y_{n+1} = ส่วนประกอบของไอที่ลอยขึ้นมาจากชั้นที่ n+1

y_{m+1} = ส่วนประกอบของไอที่ลอยขึ้นจากชั้นที่ m+1

α_{av} = ดัชนีการระเหยสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปริญญานิพนธ์

เนื่องจากสภาวะในปัจจุบัน น้ำมันที่เป็นทรัพยากรที่สำคัญของโลกมีราคาสูงขึ้น ซึ่งมีผลต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยและเศรษฐกิจโลก อุตสาหกรรมส่วนใหญ่ต้องอาศัยพลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมันเป็นส่วนใหญ่เพื่อใช้ในการผลิตรวมทั้งการขนส่งจึงส่งผลต่อการพัฒนาประเทศ การหาแหล่งพลังงานชนิดใหม่มาทดแทนน้ำมันจึงเป็นเรื่องจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งในปัจจุบันได้มีผู้เสนอแนวทางพลังงานทดแทนไว้หลายอย่าง เช่น น้ำมันชีวภาพ (bio-diesel) เซลล์เชื้อเพลิง (fuel cell) นอกจากนี้ยังได้มีการนำเอาเอทิลแอลกอฮอล์มาใช้เป็นเชื้อเพลิงอีกทางหนึ่งด้วย

การนำเอทิลแอลกอฮอล์มาใช้ประโยชน์นี้ ได้มีการทำโครงการตัวอย่างในโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา โดยทางโครงการได้นำเอทิลแอลกอฮอล์ 99% มาผสมกับน้ำมันเบนซินธรรมดาเป็นน้ำมันแก๊สโซฮอล์ ใช้เติมกับเครื่องยนต์เบนซิน และนำเอาเอทิลแอลกอฮอล์ผสมกับน้ำมันดีเซลและสารอิมัลซิฟายเออร์ จะได้เป็นดีโซฮอล์นำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งสามารถลดควันดำได้ 50% ดังนั้นแอลกอฮอล์จึงเหมาะที่จะเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่สำคัญสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืนของประเทศ

งานวิจัยนี้ จะทำการศึกษาแนวทางการเพิ่มปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ ที่ได้จากกระบวนการกลั่นแยกเอทิลแอลกอฮอล์ 95% ในโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา ซึ่งในกระบวนการกลั่น จะใช้น้ำส่าที่มีปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ 10% จำนวน 10,000 L เป็นสารป้อนในการกลั่นแต่ละครั้ง (ทำการผลิต 4 ครั้งต่อเดือน) ซึ่งถ้ากระบวนการกลั่นมีประสิทธิภาพ 100% จะได้ปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ จำนวน 1,000 L แต่ในปัจจุบันข้อมูลที่ได้จากทางโครงการพบว่า ได้เอทิลแอลกอฮอล์ประมาณ 700-900 L ต่อการกลั่น 1 ครั้งเท่านั้น หากนำมาคิดเป็นจำนวนเงินจากต้นทุนการผลิตแบบธุรกิจทั่วไปประมาณลิตรละ 32 บาท [6] จะทำให้สูญเสียรายได้ไปถึงปีละกว่า 160,000 บาท ดังนั้นการหาแนวทางในการลดปริมาณการสูญเสียเอทิลแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้จึงจำเป็นต่อการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากระบวนการกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์ของโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา
2. เพื่อศึกษาการใช้โปรแกรม HYSYS ในการประยุกต์ใช้กับการกลั่นแอลกอฮอล์
3. หาแนวทางในการเพิ่มปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ที่ได้จากกระบวนการกลั่น

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

โครงงานวิจัยนี้ จะนำข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการกลั่นแยกเอทิลแอลกอฮอล์ ในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา ซึ่งได้ทำการผลิตอยู่ในปัจจุบันมาสร้างเป็นแบบจำลองกระบวนการกลั่นแยกเอทิลแอลกอฮอล์ โดยใช้โปรแกรม HYSYS หลังจากได้แบบจำลองกระบวนการแล้วจะนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าจริงเพื่อตรวจสอบกับสมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้ รวมทั้งใช้แบบจำลองเป็นแนวทางก่อนที่จะทดลองกับกระบวนการจริงแล้วนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาถึงความเหมาะสม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เรียนรู้กระบวนการกลั่นแยกเอทิลแอลกอฮอล์
2. ได้เรียนรู้การใช้โปรแกรม HYSYS และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจำลองกระบวนการกลั่น แยกเอทิลแอลกอฮอล์และกระบวนการในอุตสาหกรรมอื่นๆได้
3. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการกลั่นแยกเอทิลแอลกอฮอล์ ในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แอลกอฮอล์และกระบวนการผลิตเอทิลแอลกอฮอล์

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแอลกอฮอล์

แอลกอฮอล์เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่รู้จักกันมานาน ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ซึ่งเป็นสารประกอบในธรรมชาติที่เป็นประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายอย่าง แอลกอฮอล์มีอยู่หลายชนิด เช่น เมทิลแอลกอฮอลล์ เอทิลแอลกอฮอล์ เอทิลแอลกอฮอล์ได้มาจากการกลั่นไวน์และเป็นองค์ประกอบสำคัญของไวน์ นอกจากนี้ยังอาจได้จากการหมักวัสดุอื่นๆเช่น แป้ง น้ำตาล รวมทั้งน้ำผลไม้ชนิดต่างๆ มักพบเอทิลแอลกอฮอล์ในเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ต่างๆ เครื่องสำอาง และยา อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงและตัวทำละลายได้เป็นอย่างดี

CH_3-CH_2-OH	CH_3-OH	CH_3-CH (OH)-CH_3
เอทิลแอลกอฮอล์	เมทิลแอลกอฮอล์	ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์

แอลกอฮอล์เป็นสารสังเคราะห์ซึ่งมีวิธีการสังเคราะห์หลายวิธีและหมู่ไฮดรอกซิลอาจจะเปลี่ยนไปเป็นหมู่อื่นๆ ได้

2.2 การผลิตแอลกอฮอล์ในอุตสาหกรรม

2.2.1 Indirect Hydration

วิธีการนี้ เอททีลีน (Ethylene) จะทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก (Sulphuric acid) เพื่อให้ได้โมโน - หรือ ได - เอทิล ซัลเฟต (mono - or di -ethyl sulphate) แล้วเติมน้ำ ทำให้เกิดเป็น เอทิลแอลกอฮอล์ดังสมการ

$$CH_2 = CH_2 + H_2SO_4 \rightarrow CH_3CH_2SO_3H$$

$$CH_3CH_2SO_3H + H_2O \rightarrow CH_3CH_2OH + H_2SO_4$$

$$2CH_2 = CH_2 + H_2SO_4 \rightarrow (CH_3CH_2O)_2SO_2$$

$$(CH_3CH_2O)_2SO_2 + 2H_2O \rightarrow 2CH_3CH_2OH + H_2SO_4$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 Direct Hydration

วิธีการนี้ จะผ่านเอททีลีนเข้าไปทำปฏิกิริยากับน้ำโดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาคือ กรดฟอสฟอริกบนซิลิกา (Phosphoric acid on silica) ที่อุณหภูมิสูงถึง 300^{0}C และความดัน 70 atm ดังสมการ

$$CH_2 = CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_3PO_4} CH_3CH_2OH$$

2.2.3. Fermentation

วิธีการนี้แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักได้ดังนี้

1. วัตถุที่มีน้ำตาลได้แก่ อ้อย ข้าวฟ่างหวาน เป็นต้น นำวัตถุดิบดังกล่าวมาบีบหรือหีบเพื่อให้ได้ของเหลวที่มีน้ำตาลออกมา น้ำตาลที่ได้จะถูกหมักและเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ดังสมการ

$$nC_6H_{12}O_6 \rightarrow 2nC_2H_5OH + 2nCO_2$$

2. วัตถุดิบที่มีแป้งหรือเซลลูโลส ได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าว ข้าวโพด ผักตบชวา เป็นต้น วิธีการนี้เอนไซม์ในยีสต์จะทำการย่อยแป้งหรือเซลลูโลสให้ได้น้ำตาลออกมาก่อน เมื่อได้น้ำตาลแล้วจะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นอาหารแล้วผลิตเอทิลแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยตามทฤษฎียีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ได้ 51.1% และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 48.9% โดยน้ำหนักของน้ำตาล ดังสมการ

$$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6 \rightarrow 2nC_2H_5OH + 2nCO_2$$

แต่ในทางปฏิบัติ น้ำตาลประมาณร้อยละ 95 เท่านั้นที่ถูกเปลี่ยนไปเป็นแอลกอฮอล์นอกนั้นยีสต์ใช้สำหรับการเจริญและเปลี่ยนเป็นผลพลอยได้อื่นๆ ในอุตสาหกรรมการหมัก ยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์และอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ ดังนี้

1. เอทิลแอลกอฮอล์(Ethyl Alcohol)	48.4%
2. คาร์บอนไดออกไซด์(Carbon dioxide)	46.5%
3. กลีเซอรอล(Glycerol)	2.5-3.6%
4. กรดซักซินิก(Succinic acid)	0.5-2.77%
5. น้ำมันฟูเซล(Fusel oil)	0.25-0.5%
6. กรดแลคติก(Lactic acid)	0-0.2%
7. กรดอะซิติก(Acetic acid)	0.05-0.25%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. อะซีตาลดีไฮด์(Acetaldehyde) 0-0.03%

ในขั้นตอนการหมักนี้จะใช้เวลาประมาณ 3 วัน จะได้น้ำหมักที่มีเอทิลแอลกอฮอล์ประมาณ 9-10% จากนั้นต้องนำไปผ่านขั้นตอนการกลั่นแยกเอทิลแอลกอฮอล์ออกมา

2.3 กรรมวิธีการผลิตเอทิลแอลกอฮอล์ในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา [5]

2.3.1 ขั้นตอนการหมัก (Fermentation)

1. เขี่ยเชื้อ Sc.90 (Saccharomyces cerevisiae) จากหลอดทดลองบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (วุ้น) ทิ้งไว้ 24 hr

2. เขี่ยเชื้อ Sc.90 จากหลอดทดลองลงสู่ Conical flask ที่มีอาหารเลี้ยงเชื้ออยู่ประมาณ 50 mL ทิ้งไว้ 24 hr

3. นำเชื้อ Sc.90 จาก Conical flask ใส่ลงใน Balloon flask flat bottom ที่มีอาหารเลี้ยงเชื้ออยู่ประมาณ 1.5 L ทิ้งไว้ 24 hr

4. นำเชื้อ Sc.90 จาก Balloon flask flat bottom ใส่ลงในถัง Starter ขนาด 100 L ทิ้งไว้ 24 hr

5. เปิดวาล์วให้เชื้อ Sc.90 จากถัง Starter 100 L ลงสู่ถังหมักใหญ่ ขนาด 3,000 L (ปริมาตรน้ำหมักจริง 2,500 L) จำนวน 4 ถัง ทิ้งไว้ 72 hr จะได้น้ำหมักที่มีเอทิลแอลกอฮอล์ 10% ประมาณ 10,000 L

สำหรับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำหมักคือ กากน้ำตาลที่มีปริมาณน้ำตาล 49% โดยน้ำหนัก จำนวน 3,640 kg

2.3.2 ขั้นตอนการกลั่น (Distillation)

แอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักส่าจะเป็นเอทิลแอลกอฮอล์ประมาณ 10-11% การ กลั่นแยกเอทิลแอลกอฮอล์จากส่าทำได้โดยอาศัยความร้อนจากไอน้ำ เพื่อแยกเอาแอลกอฮอล์ซึ่งมีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำให้ระเหยกลายเป็นไอแล้วจึงนำไอแอลกอฮอล์ที่ได้ส่งเข้าเครื่องควบแน่น ทำให้ไอเป็นของเหลวจุดเดือดของเอทิลแอลกอฮอล์จะอยู่ที่ 78.3^{0}C ส่วนจุดเดือดของน้ำเท่ากับ 100^{0}C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้ความร้อนแก่ส่าด้วยไอน้ำ จะทำให้เอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำส่าระเหยกลายเป็นไอแต่ก็จะมีน้ำระเหยปนขึ้นมาพร้อมกับไอเอทิลแอลกอฮอล์ด้วย ซึ่งความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในไอจะเข้มข้นกว่าในของเหลว การที่จะกลั่นให้เอทิลแอลกอฮอล์เปอร์เซ็นต์สูงๆนั้น ต้องทำให้เอทิลแอลกอฮอล์ระเหย และควบแน่นหลายๆครั้ง ซึ่งแต่ละ ครั้งความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์จะสูงขึ้นเรื่อยๆ ภายในหอกลั่นจึงทำให้ได้เอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นสูงได้โดยกลั่นเพียงครั้งเดียว แต่ก็ไม่สามารถกลั่นให้ได้ความเข้มข้นถึง 100% เพราะเมื่อกลั่นจนเอทิลแอลกอฮอล์ประมาณ 96% ความเข้มข้นของไอเอทิลแอลกอฮอล์ ที่ระเหยออกมาจากของเหลวจะเท่ากับความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในของเหลว จึงทำให้ไม่สามารถกลั่นแยกเอทิลแอลกอฮอล์ให้ได้ความเข้มข้นถึง 100% ได้ด้วยหอกลั่นปกติธรรมดา

เครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ที่โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดานี้มีกำลังการผลิตประมาณ 25 L/hr โดยจะทำการกลั่นแยกเป็น 2 หอ คือ หอกลั่นส่าและหอกลั่นแอลกอฮอล์

1.หอกลั่นส่า

วัตถุประสงค์ของหอกลั่นนี้คือ การกลั่นแยกแอลกอฮอล์ที่ความดันบรรยากาศโดยใช้ความร้อนจากไอน้ำอิ่มตัวให้ได้แอลกอฮอล์ประมาณ 50% โดยปริมาตร

รายละเอียดของหอกลั่นส่ามีดังนี้

1) เป็นหอกลั่นชนิด(Sieve trays) จำนวน	18	tray
2) เส้นผ่านศูนย์กลางของหอ	40	cm
3) ความสูงทั้งหมดของหอ	770	cm
4) ระยะห่างระหว่างถาด	35	cm

5) ป้อนน้ำส่าเข้าที่ ถาดที่ 1(นับจากด้านบน)

ผลิตภัณฑ์ที่ออกจากยอดหอมีอุณหภูมิประมาณ 89^{0}C อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ประมาณ 100 L/hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.หอกลั่นแอลกอฮอล์

วัตถุประสงค์ของหอกลั่นนี้คือ การกลั่นแยกแอลกอฮอล์ที่ความดันบรรยากาศโดยใช้ความร้อนจากไอน้ำอิ่มตัวให้ได้แอลกอฮอล์ประมาณ 95 % โดยปริมาตร

รายละเอียดของหอกลั่นส่ามีดังนี้

1) เป็นหอกลั่นชนิด(Sieve trays) จำนวน	55	tray
2) เส้นผ่านศูนย์กลางของหอ	24	cm
3) ความสูงทั้งหมดของหอ	923	cm
4) ระยะห่างระหว่างถาด	16	cm

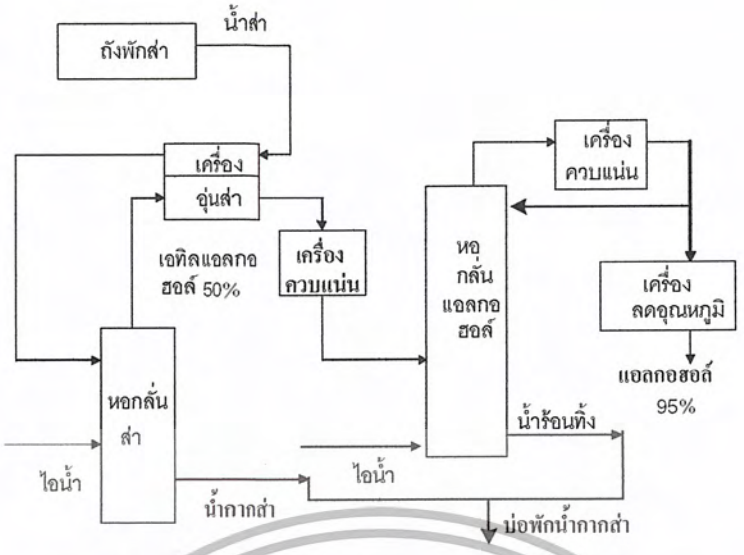
5) ป้อนน้ำส่าเข้าสู่หอที่ถาดที่ 27(นับจากด้านบน)

ผลิตภัณฑ์ที่ออกจากยอดหอมีอุณหภูมิประมาณ $78^{0}C$ อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ประมาณ 25 L/hr

3.กระบวนการ

ส่งน้ำส่ามายังเครื่องอุ่นส่าเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้ได้ $60^{0}C$ ด้วยอัตราการไหล 350 L/hr ก่อนนำเข้ามายังหอกลั่นส่า ผลิตภัณฑ์จากยอดหอจะมีเอทิลแอลกอฮอล์ประมาณ 50% และมีอัตราการไหล 100 L/hr จากนั้นส่งไปยังเครื่องควบแน่นแล้วส่งไปกลั่นที่หอกลั่นแอลกอฮอล์ต่อไป ที่หอกลั่นแอลกอฮอล์นี้ ผลิตภัณฑ์ยอดหอจะมีการรีฟลักซ์กลับเข้าไปในหอบางส่วนและผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีเอทิลแอลกอฮอล์ประมาณ 95% และมีอัตราการไหล 25 L/hr เอทิลแอลกอฮอล์ที่ได้จะผ่านเครื่องควบแน่นอีกครั้งหนึ่งก่อนเข้าสู่ถังเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 กระบวนการกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์ในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

2.4 การใช้เอทิลแอลกอฮอล์เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงในโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา

การใช้ประโยชน์จากเอทิลแอลกอฮอล์ สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้โดยตรงหรือผสมกับน้ำมันเบนซินธรรมดาในอัตราส่วน 1:4 เป็นแก๊สโซฮอล์(แก๊สโซลีน + แอลกอฮอล์) สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์เบนซิน แต่ในปัจจุบัน การผลิตแก๊สโซฮอล์จะใช้แอลกอฮอล์ 99.5% ผสมกับน้ำมันเบนซิน 91 ในอัตราส่วน 1:9 แทน นอกจากนั้นการผสมแอลกอฮอล์ 95% กับน้ำมันดีเซลและสารอิมัลซิฟายเออร์ในอัตราส่วน 14:85:1 ก็จะได้เป็นดีโซฮอล์ที่ใช้เติมกับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลได้ ซึ่งจากการทดลองของโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา พบว่าแก๊สโซฮอล์และดีโซฮอล์สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ดีพอสมควรและสามารถลดควันดำลงได้ประมาณ 50% [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การกลั่นและทฤษฎีการคำนวณ

3.1 การกลั่นแบบระบบ 2 องค์ประกอบ (Distillation of Binary System)

3.1.1 สมดุลวัตถุ

$$F = D + B \quad \ldots (3.1)$$

$$Fx_F = Dx_D + Bx_B \quad \ldots (3.2)$$

F = อัตราการไหลของสายป้อน (kmol/hr)

D = อัตราการไหลของสายการกลั่น (kmol/hr)

B = อัตราการไหลของสายก้นหอ (kmol/hr)

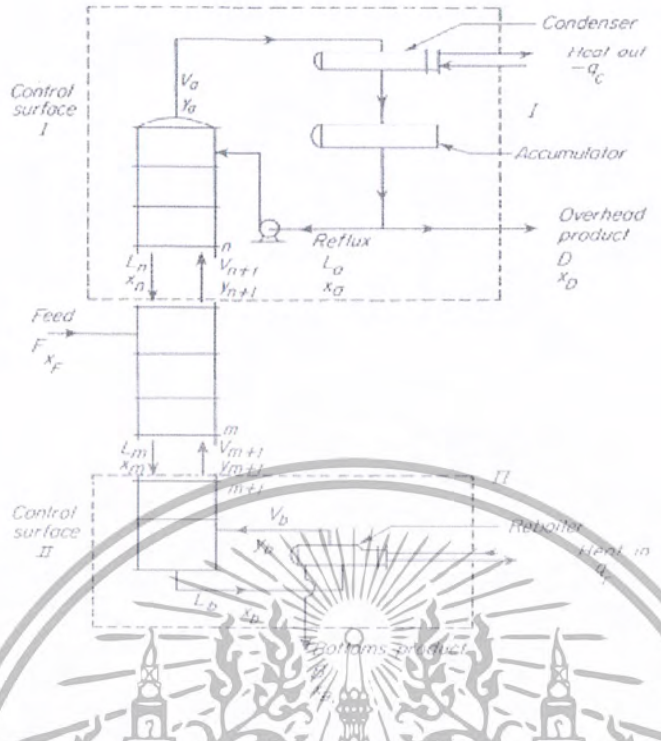
x_F = อัตราส่วนเชิงโมลขององค์ประกอบที่มีจุดเดือดต่ำในสายป้อน

x_D = อัตราส่วนเชิงโมลขององค์ประกอบที่มีจุดเดือดต่ำในสายกลั่นแยก

x_B = อัตราส่วนเชิงโมลขององค์ประกอบที่มีจุดเดือดต่ำในสายก้นหอ

การทำดุลมวลสารสามารถทำได้ดังแสดงในรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 การดุลมวลสารสำหรับการกลั่นลำดับส่วนอย่างต่อเนื่อง

3.2 เส้นปฏิบัติการ (Operating Line)

ให้ X_n และ L_n คือ สัดส่วนเชิงโมล และอัตราการไหลของของเหลวที่ไหลออกจากชั้นที่ n นับจากยอดหอกลั่นลงมา ให้ y_{n+1} และ V_{n+1} คือ ส่วนประกอบและอัตราการไหลของไอที่ลอยขึ้นมาจากชั้นที่ n+1 จะได้เส้นปฏิบัติการของช่วงเพิ่มความเข้มข้นดังสมการต่อไปนี้

$$y_{n+1} = \frac{L_n}{V_{n+1}} x_n + \frac{D}{V_{n+1}} x_D \qquad \ldots (3.3)$$

$$= \frac{L_n}{L_n + D} x_n + \frac{D}{L_n + D} x_D \qquad \ldots (3.4)$$

ถ้าให้อัตราส่วนป้อนกลับ (Reflux Ratio) R = L/D แล้วแทนลงในสมการข้างบน จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$y_{n+1} = \frac{R}{R+1}x_n + \frac{1}{R+1}x_D \qquad \ldots (3.5)$$

ในทำนองเดียวกัน ให้ y_{m+1}, V_{m+1} คือ ส่วนประกอบและอัตราการไหลของไอที่ลอยขึ้นจากชั้นที่ m+1 และให้ x_m, L_m คือ ส่วนประกอบและอัตราการไหลของของเหลวที่ไหลลงมาจากชั้นที่ m จะได้เส้นปฏิบัติการของช่วงไล่สารระเหยง่ายดังสมการต่อไปนี้

$$V_{m+1} = L_m + 1 \qquad \ldots (3.6)$$

$$y_{m+1} = \frac{L_m}{V_{m+1}}x_m - \frac{B}{V_{m+1}}x_B \qquad \ldots (3.7)$$

3.3 เส้น q (q-line)

เส้น q คือเส้นตรง ที่แสดงได้ด้วยสมการ

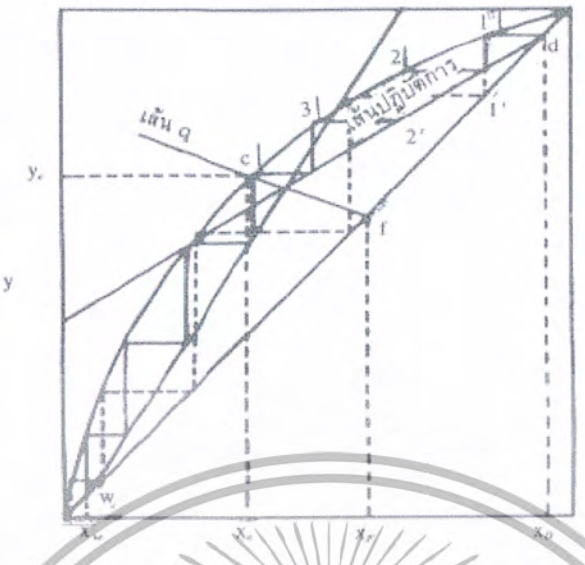
$$x_F = qx + (1-q)y \qquad \ldots (3.8)$$

ในทางปฏิบัติควรจะทำให้ค่าของ x บนจุดตัดระหว่างเส้น q กับเส้นปฏิบัติการ มีค่าใกล้เคียงมากที่สุดกับส่วนประกอบของของเหลวบนชั้นที่ป้อนสารเข้า

3.4 การหาจำนวนชั้นเชิงทฤษฎี โดยวิธีกราฟของ McCABE-THIELE

ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ให้พล็อตเส้นสมดุลของไอและของเหลวลงบนกราฟ x-y แล้วลงจุด d,f,w บนเส้นทแยงมุมเพื่อแทนตำแหน่งของความเข้มข้น x_D, x_F, x_B ตามลำดับ โดยอาศัยสมการ (3.5),(3.7)และ(3.8)ลากเส้นตรงแสดงเส้นปฏิบัติการของช่วงเพิ่มความเข้มข้น ของช่วงไล่สารระเหยง่ายและเส้น q ตามลำดับ เส้นทั้งสามจะตัดกันที่จุด ๆ หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การหาจำนวนชั้นทางทฤษฎีของ McCABE - THIELE

จากจุด d ลากเส้นระดับตัดกับเส้นสมดุลที่จุดที่ 1 จากนั้น ลากเส้นตั้งตัดเส้นปฏิบัติการที่จุด $1'$ จากจุด $1'$ ลากเส้นระดับ ตัดเส้นสมดุลที่จุด 2 ทำดังนี้เรื่อยไปจนเลยจุด w ให้นับชั้นที่ป้อนสายป้อนรวมอยู่ในช่วงเพิ่มความเข้มข้นซึ่งมีจำนวน n ชั้น และให้ชั้นของช่วงไล่สารระเหยง่ายมีจำนวน m ชั้น จะได้ว่าจำนวนชั้นในทางทฤษฎีทั้งสิ้นเป็น n + m ชั้น

3.5 จำนวนชั้นทางทฤษฎีที่น้อยที่สุด

ในกรณีที่อัตราส่วนป้อนกลับมีค่ามหาศาลไม่จำกัด ถ้าใช้วิธีเขียนกราฟของ McCABE-THIELE เส้นปฏิบัติการจะกลายเป็นเส้นทแยงมุม ซึ่งจะให้จำนวนชั้นทางทฤษฎีมีน้อยที่สุด ในกรณีที่กฎของ Raoult ใช้ได้ และให้ดัชนีการระเหยสัมพันธ์เป็น α_{av} จะได้ว่า

$$n_m = \frac{\log\left[\left(\frac{x_D}{1-x_D}\right)\left(\frac{1-x_B}{x_B}\right)\right]}{\log\alpha_{av}} \qquad \ldots(3.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 อัตราส่วนป้อนกลับน้อยที่สุด Rm

กรณีที่จำนวนชั้น มีมหาศาลไม่จำกัด ถ้าใช้วิธีเขียนกราฟของ McCABE-THIELE จะได้จุดตัดของเส้นปฏิบัติการกับเส้น q อยู่บนเส้นสมดุลพอดี (นั่นคือจุด c) อัตราส่วนป้อนกลับในกรณีนี้เรียกว่า อัตราส่วนป้อนกลับน้อยสุด ซึ่งสามารถหาค่าได้ดังนี้

$$\frac{R_m}{R_m + 1} = \frac{x_D - y_c}{x_D - x_c} \qquad \ldots(3.10)$$

ในกรณีที่เส้นสมดุลมีรูปร่างคดงอลงต่ำ R_m ก็คือความชัน (slope) ของเส้นตรงที่ลากจากจุด d มาสัมผัสกับเส้นสมดุลพอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
โปรแกรม HYSYS และวิธีการวัดปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์

HYSYS เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Hyprotech Ltd. เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองการทำงานของกระบวนการทางเคมี (Process Simulation) โดยมีความสามารถที่จะแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็ว และมีความน่าเชื่อถือ ทั้งเป็นการเพิ่มความสะดวกในการคำนวณ เพื่อออกแบบดัดแปลงหรือแก้ไขกระบวนการในเชิงวิศวกรรมได้ดี

HYSYS เป็นโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงให้สามารถให้สามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวกมากขึ้นสามารถดำเนินการ (run) ใน Microsoft Windows ได้และถูกออกแบบขึ้นมาโดยตัวโปรแกรมมีความเป็นภาษาพื้นฐาน (Natural Language) คือให้ผู้ใช้ (user) สามารถใช้โปรแกรมได้โดยไม่ต้องศึกษาคำสั่งต่าง ๆ มากมายซึ่งเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นและสามารถใช้โปรแกรมได้ทันที ซึ่งผู้ใช้ต้องมีความรู้พื้นฐานทางด้านวิศวกรรมเคมี นอกจากนี้โปรแกรมยังมีคำสั่งช่วย (menu help) เพื่อช่วยอธิบายในจุดต่าง ๆ ภายในตัวโปรแกรม

ภายในโปรแกรม HYSYS จะประกอบด้วยฐานข้อมูลของสารต่างๆ มากมายทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ และมีวิธีในการคำนวณสมบัติต่าง ๆ (Property Methods) ให้เลือกหลายวิธี เช่น Peng – Robinson (PR) หรือ Soave – Redlich – Kwong (SPK) Equation of State (EOS) เป็นต้น แล้วแต่ความเหมาะสมของกระบวนการที่ต้องการจำลอง

การคำนวณภายในโปรแกรม HYSYS นั้นจะเป็นไปอย่างอัตโนมัติ คือ เมื่อมีการเปลี่ยนตัวแปรใดภายในกระบวนการ HYSYS ก็จะทำการคำนวณผลใหม่ให้ทันที ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการศึกษากรณีหนึ่งๆ แล้วเราสามารถที่จะเปลี่ยนคุณสมบัติของสารตั้งต้น (feed properties) เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติของสารผลิตภัณฑ์ (product) ได้อย่างสะดวก โดยไม่ต้องสร้างกรณีศึกษาขึ้นมาใหม่ ในระหว่างการทำงานด้วย HYSYS นั้นเราสามารถแก้ไขปรับปรุงข้อมูลได้โดยอาศัย interface elements 4 รูปแบบดังต่อไปนี้

1. PFD แสดงแบบจำลองของ Flowsheet
2. The Workbook แสดงข้อมูลแบบตาราง
3. The Property view แสดงข้อมูลของ Flowsheet เช่น Stream, Process Unit เป็นต้น
4. The Summary view เพื่อเรียกดูหน่วยของกระบวนการ (Process Unit) ที่กำลังศึกษาอยู่

ซึ่งทำให้เราสามารถทำงานได้ในหลากหลายรูปแบบตามแต่ที่เราต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การเริ่มต้นการใช้การโปรแกรม HYSYS

4.1.1 ทำการติดตั้ง(install)โปรแกรม HYSYS ลงบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์(MS Windows)

4.1.2 หลังจากได้ทำการติดตั้งตัวโปรแกรมไว้บนเครื่องคอมพิวเตอร์เรียบร้อยสามารถเปิดใช้งานโปรแกรมได้จากที่คำสั่ง (Start Menu)

4.1.3 จากนั้นจะขึ้นหน้าจอเริ่มต้นพร้อมที่จะทำงาน คือสามารถเปิดแฟ้มข้อมูล (Open file) ที่ได้เคยทำไว้แล้วโดยคลิกที่เปิดแฟ้มข้อมูล (Open file) หรือ จะสร้างแฟ้มใหม่ (file)โดยคลิกที่แฟ้มใหม่ (New file) เมื่อต้องการจะทำการบันทึกข้อมูลก็สามารถทำได้โดย คลิกที่บันทึก (Save) และถ้าต้องการออกจากโปรแกรมก็เพียง คลิกที่ออก (Exit) เพื่อจบการทำงาน

4.1.4 เมื่อเริ่มทำการจำลองกระบวนการโดย เปิดจากแฟ้มใหม่ (New file) โปรแกรมจะขึ้นหน้าต่าง Simulation Basis Manager เพื่อใช้สำหรับป้อนสมการที่ใช้ในการคำนวณ ชนิดของสารต่าง ๆ ในกระบวนการและปฏิกิริยาที่เกิดภายในกระบวนการ โดยจะต้องป้อนข้อมูลไม่ว่าจะเป็นสารตั้งต้นหรือสารผลิตภัณฑ์ให้ครบถ้วน ซึ่งข้อมูลของสารต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกเก็บไว้ในส่วนของ Fluid packages (Fluid Pkgs) โดยจะต้องทำการเพิ่ม (Add) ใหม่ก่อนในครั้งแรกเพื่อเป็นการเลือกระบบสมการที่จะใช้ในการคำนวณ

4.1.5 หลังจากทำการเพิ่ม (Add) แล้วโปรแกรมจะแสดงหน้าต่างของ Fluid Package เพื่อให้ทางผู้ใช้ (User) ป้อนข้อมูลเพื่อกำหนดสมการที่ใช้ในการคำนวณ ต่อมาจึงเริ่มทำการป้อนข้อมูลของสารที่ใช้ในกระบวนการในหน้าต่างองค์ประกอบ (components)

4.1.6 หลังจากที่เราได้ทำการป้อนข้อมูลต่าง ๆ อย่างครบถ้วนแล้ว จึงปิดหน้าต่างดังกล่าวเพื่อกลับไปยังหน้าต่างของ Simulation Basis Manager อีกครั้ง แล้วจึงเริ่มต้นการจำลองกระบวนการต่าง ๆ โดยคลิกไปที่ Simulation Environment จากนั้นโปรแกรมจะแสดงหน้าจอ Process Flow Diagram (PFD) ว่างเปล่าเพื่อใช้สำหรับวางสัญลักษณ์ (Icon) ของอุปกรณ์ (Equipment) ต่าง ๆ อาทิเช่น ถังปฏิกรณ์(Reactor), ปั๊ม(Pump), หอกลั่น(Distillation column), เครื่องทำความร้อน(Heater) โดยมีสายป้อน (stream) เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ (Equipment) เพื่อทำการจำลองกระบวนการที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7 ทำการเลือกหน่วยต่างๆที่ต้องการการจำลองวางลงบน Process Flow Diagram (PFD) จากนั้นกำหนด สารป้อนและสารผลิตภัณฑ์ (feed and product) และเชื่อมต่อกระบวนการโดยลากเส้นเชื่อมต่อกระบวนการระหว่างหน่วยต่างๆเข้าด้วยกัน

4.1.8 กำหนดค่าเฉพาะของแต่ละอุปกรณ์ลงในหน้าต่าง Property ให้ครบทุกอุปกรณ์ จากนั้นทำการ Run กระบวนการที่จำลองขึ้นมา แล้วดูค่าที่ได้จากการจำลอง

4.2 วิธีการวัดปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์

การวัดปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์มีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่น ใช้เครื่องมือวัดโดยตรง หรือใช้วิธีการเปลี่ยนโครงสร้างของแอลกอฮอล์ก่อนแล้ววัดด้วยเครื่องมือ ซึ่งสามารถแบ่งเป็นวิธีต่างๆได้ดังนี้

4.2.1 การกลั่นและการวัดความถ่วงจำเพาะ

เขย่าตัวอย่างที่อุณหภูมิ 60°C เพื่อแยกแก๊สที่ไม่ละลายออก (Dissolve gases) เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ กลั่นตัวอย่าง 100 mL โดยใช้อุปกรณ์มาตรฐานให้ได้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ 85 mL เติมน้ำให้ได้ 100 mL ที่อุณหภูมิ 60°C ความถ่วงจำเพาะของสารผลิตภัณฑ์สามารถวัดได้โดยวิธีทั่วๆไปเช่น พิคโนมิเตอร์ ไฮโดรมิเตอร์ หรืออีบูลิมิเตอร์

4.2.2 แก๊ส-ลิควิดโครมาโตกราฟฟี

การใช้แก๊ส-ลิควิดโครมาโตกราฟฟีเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างทั่วไป เอทิลแอลกอฮอล์เป็นสารระเหย ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้โดยวิธีแก๊ส-ลิควิดโครมาโตกราฟฟีได้ ข้อดีของแก๊ส-ลิควิดโครมาโตกราฟฟีคือ ความเร็วในการวิเคราะห์สูงกว่าเมื่อเทียบกับการกลั่น และสามารถวัดสารตัวอย่างในปริมาณน้อยๆได้ ปัจจุบันแก๊ส-ลิควิดโครมาโตกราฟฟีถูกยอมรับให้เป็นวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์เบียร์ในสหรัฐอเมริกา อย่างไรก็ตามข้อเสียของวิธีนี้คือเครื่องมือที่มีราคาแพงและต้องใช้ทักษะในการวิเคราะห์สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

4.2.3 ไออาร์-สเปกโตรเมทรี

ไออาร์-สเปกโตเมทรี เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการหาคุณลักษณะและปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ วิธีนี้มีข้อเสียคือมีราคาสูงมากและใช้ตัวอย่างในปริมาณมาก

4.2.4 วิธีออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ด้วย Nicotinamide-Adenine Dinucleotide

ทำได้โดยให้ เอทิลแอลกอฮอล์ ออกซิไดซ์เป็น อซิตัลดีไฮด์ (acetaldehyde) โดยใช้ nicotinamide-adenine dinucleotide (NAD^+) ดังปฏิกิริยา

$$CH_3CH_2OH + NAD^+ \leftrightarrow CH_3CHO + NADH + H^+$$

จากนั้นตรวจปริมาณ NADH โดยใช้วิธีการสเปกโตรโฟโตเมทรี (Spectrophotometry)

4.2.5 วิธีออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ด้วยโพแทสเซียมไดโครเมต

เอทิลแอลกอฮอล์สามารถตรวจสอบโดยใช้ตัวออกซิไดซ์เช่น โพแทสเซียมไดโครเมต จะเปลี่ยนสีจากสีเหลือง(ChromiumVI) เป็นสีเขียว (ChromiumIII) นำไปตรวจกับสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

4.2.6 วิธีหาดัชนีหักเหแสง

วิธีนี้ ถูกใช้ในการหาปริมาณแอลกอฮอล์ โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีการหักเหแสงกับปริมาณแอลกอฮอล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
50265

บทที่ 5
การทดลอง

5.1 การตรวจหาปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ที่สูญเสีย

5.1.1 การหาปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำส่า

วิธีการทดลอง

1. เก็บตัวอย่างน้ำส่า 150 mL
2. ใช้ Ebullio meter โดยต้องทำการสอบเทียบ Ebullio meter ก่อนโดยการใช้น้ำกลั่น แล้วทำการปรับแผนภูมิเทียบปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ โดยปรับให้อุณหภูมิที่อ่านได้ตรงกับศูนย์
3. ตรวจสอบปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์โดยตวงตัวอย่าง 50 mL ใส่ลงใน Ebullio meter จุดไฟรอแล้วจนอุณหภูมิคงที่ อ่านอุณหภูมิของสารละลายที่ได้
4. เปรียบเทียบกับแผนภูมิเทียบปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์กับอุณหภูมิจากรูปที่ 5.1
5. ทำการทดลองในข้อ 2-3 ซ้ำอีกครั้ง

5.1.2 การหาปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ที่ตกใต้หอกลั่นส่าและหอกลั่นแอลกอฮอล์

วิธีการทดลอง

1. เก็บตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ จากก้นหอของหอกลั่นส่า และหอกลั่นแอลกอฮอล์ ตัวอย่างละ 150 mL ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (25^{0}C)
2. ใช้ Ebullio meter ตรวจสอบปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์โดยตวงตัวอย่าง 50 mL ใส่ลงใน Ebullio meter จุดไฟวัดจุดเดือดสารละลาย
3. เปรียบเทียบกับแผนภูมิเทียบปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์กับอุณหภูมิ
4. ทำการทดลองในข้อ 2-3 ซ้ำอีกครั้ง

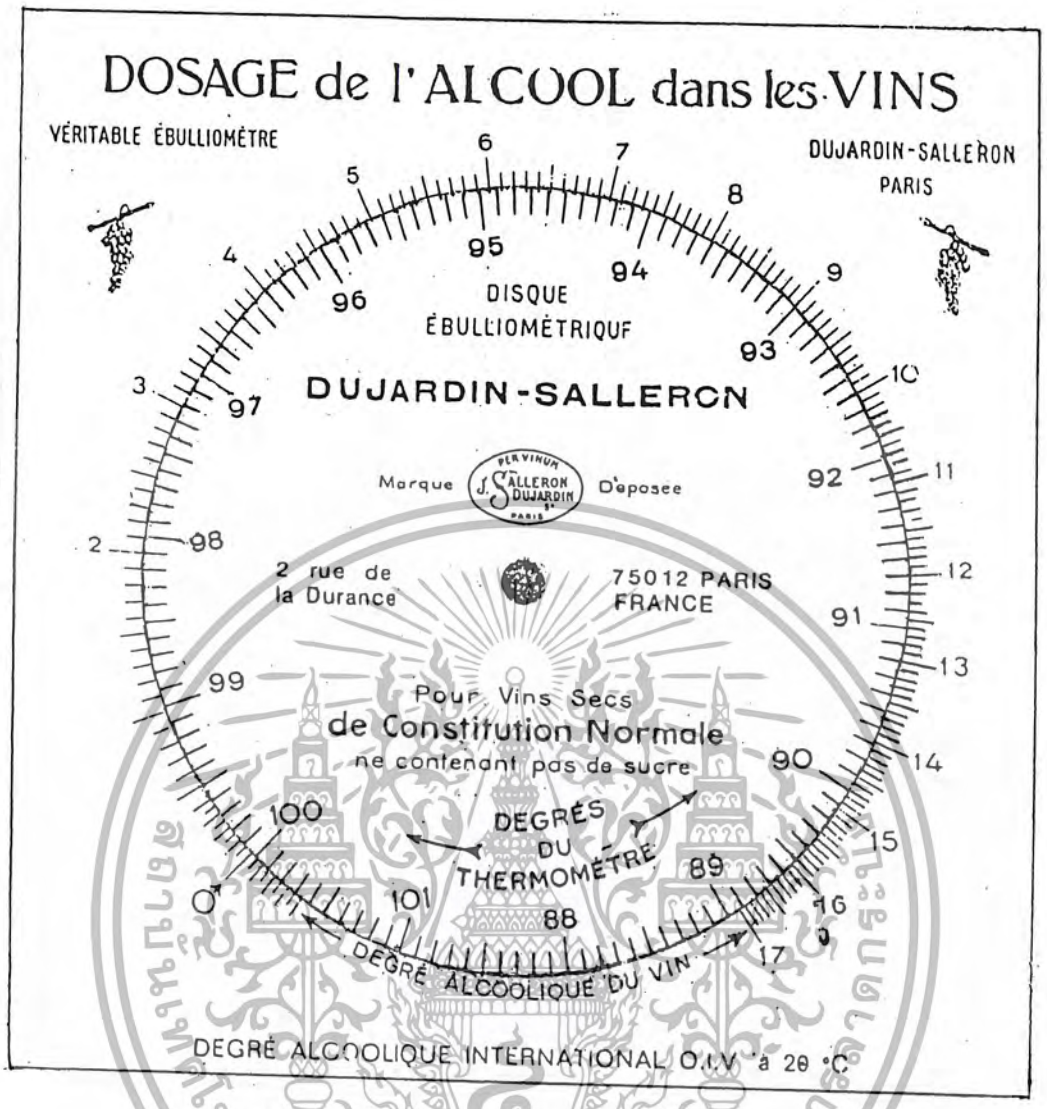
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 การหาปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ที่ยอดหอกลั่นส่าและยอดหอกลั่นแอลกอฮอล์

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. เก็บตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ จากยอดหอของหอกลั่นส่า และหอกลั่นแอลกอฮอล์ ตัวอย่างละ 100 mL
2. ทำการเจือจางสารละลายตัวอย่างโดยใช้สารละลายตัวอย่าง 25 mL มาเติมน้ำให้ได้ 100 mL สำหรับยอดหอกลั่นส่า และเจือจางโดยใช้สารละลายตัวอย่าง 10 mL มาเติมน้ำให้ได้ 100 mL สำหรับยอดหอกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์
3. แบ่งสารละลายที่ทำการเจือจางแล้ว 50 mL มาทำการตรวจ
4. ทำการตรวจหาปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ จากตัวอย่างที่เก็บมาได้ โดยใช้เครื่อง Ebullio meter แล้วบันทึกผล
5. ทำซ้ำข้อ 2-3 อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แผนภูมิเทียบปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์กับอุณหภูมิ

5.2 การทำสมดุลวัตถุ

ทำการหาสมดุลวัตถุเพื่อตรวจสอบปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ในระบบโดยใช้สมการดังนี้

หอกลั่นล่า

$$F_1 = D_1 + W_1$$

$$F_1 x_{F1} = D_1 x_{D1} + W_1 x_{W1}$$

หอกลั่นแอลกอฮอล์

$$F_2 = D_1 = D_2 + W_2$$

$$F_2 x_{F2} = D_1 x_{D1} = D_2 x_{D2} + W_2 x_{W2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการกลั่นโดยใช้โปรแกรม HYSYS

5.3.1 การสร้างแบบจำลองกระบวนการกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์โดยใช้โปรแกรม HYSYS

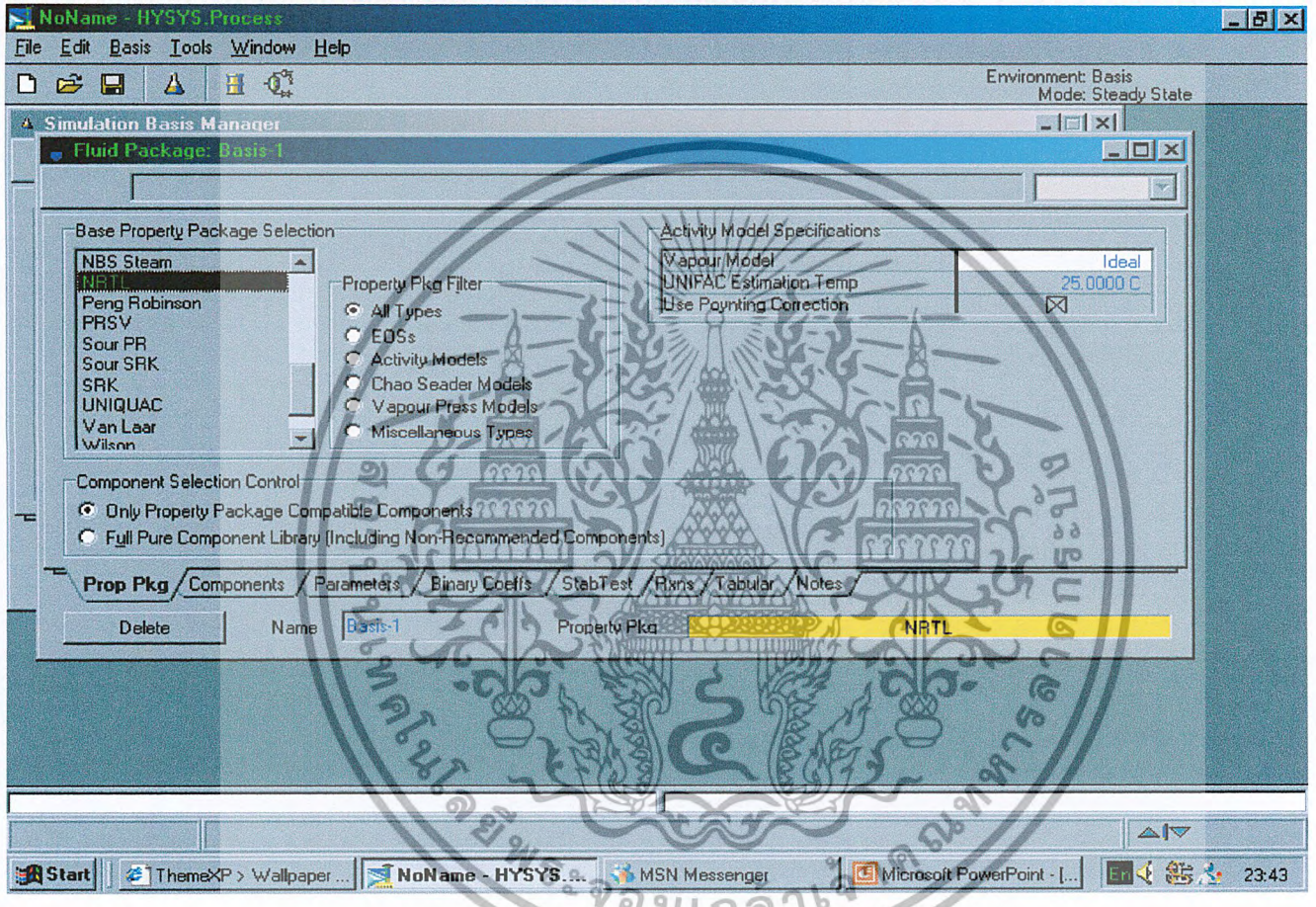
<u>วิธีการทดลอง</u>

1. เริ่มสร้างแบบจำลอง โดยเลือกให้ระบบใช้ Fluid package เป็น NRTL ที่ประกอบด้วยน้ำและเอทิลแอลกอฮอล์ จากนั้นเข้าสู่สภาวะแวดล้อมของการจำลอง
2. เลือกหน่วยปฏิบัติการที่มีในระบบ ซึ่งประกอบด้วย หอกลั่นชนิดไม่มีเครื่องควบแน่น 1 หอ หอกลั่นชนิดที่มีเครื่องควบแน่นและรีบอยเลอร์ 1 หอ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 1 เครื่องและเครื่องควบแน่น 2 เครื่อง
3. กำหนดกระแสของวัตถุ และกระแสของพลังงาน แล้วเชื่อมแต่ละสายให้เข้ากับทุกหน่วยปฏิบัติการตามความสัมพันธ์ในกระบวนการจริง
4. กำหนดรายละเอียดต่างๆในแต่ละหน่วยปฏิบัติการที่จำเป็นของแต่ละหน่วย เช่น อุณหภูมิ ความดัน หรืออัตราการไหลของแต่ละกระแส เพื่อให้โปรแกรมสามารถคำนวณได้

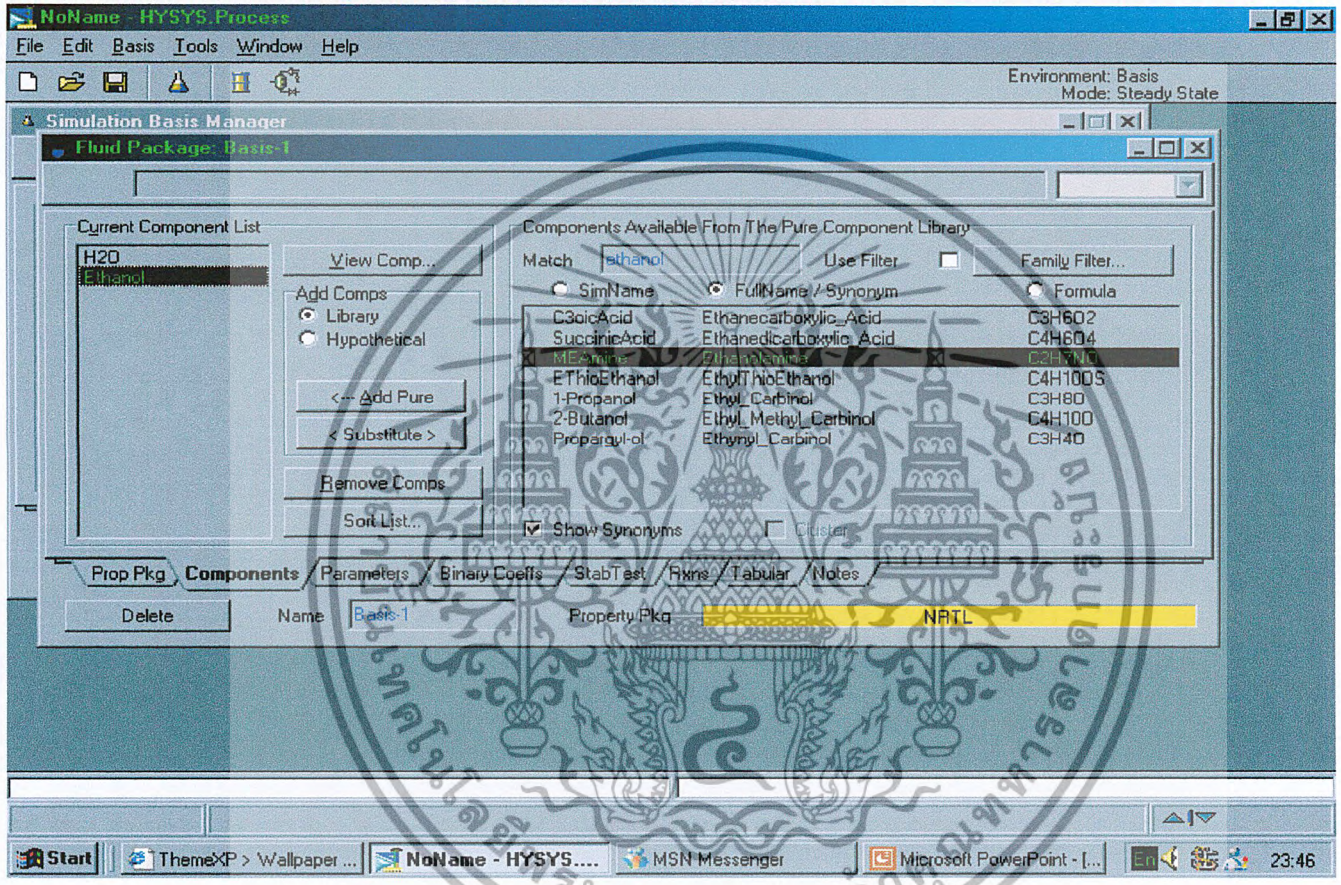
5.4 การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ที่สูญเสียและการเปรียบเทียบสภาวะการกลั่นที่ใช้จริงกับแบบจำลอง

ทำการทดลองปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆในแบบจำลอง เช่น อัตราการป้อนของน้ำส่า อัตราส่วนรีฟลักซ์ อุณหภูมิของรีบอยเลอร์ อุณหภูมิยอดหอเพื่อตรวจสอบว่าตัวแปรใดที่มีผลต่อกระบวนการและการสูญเสียปริมาณแอลกอฮอล์ที่เป็นผลิตภัณฑ์

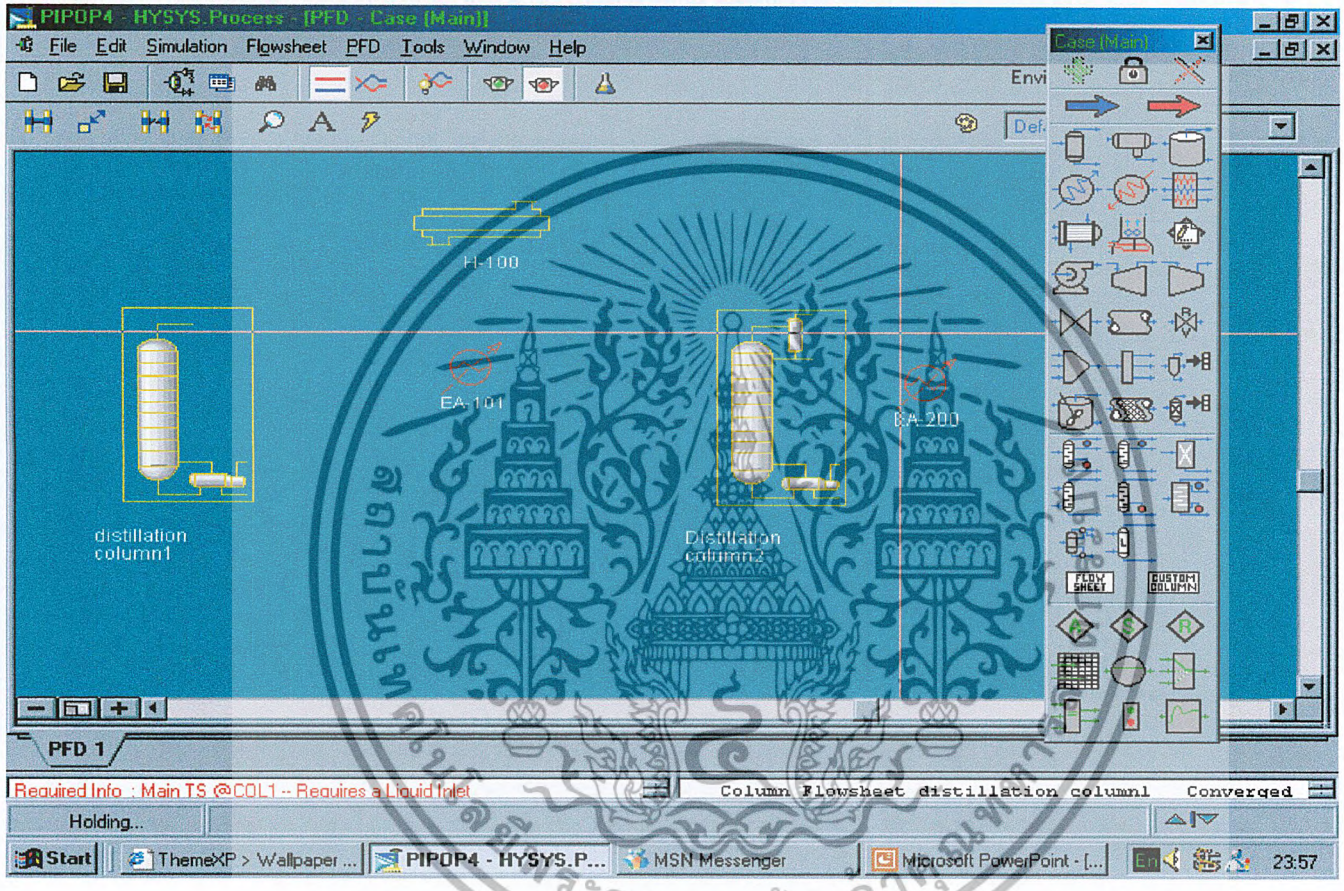
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



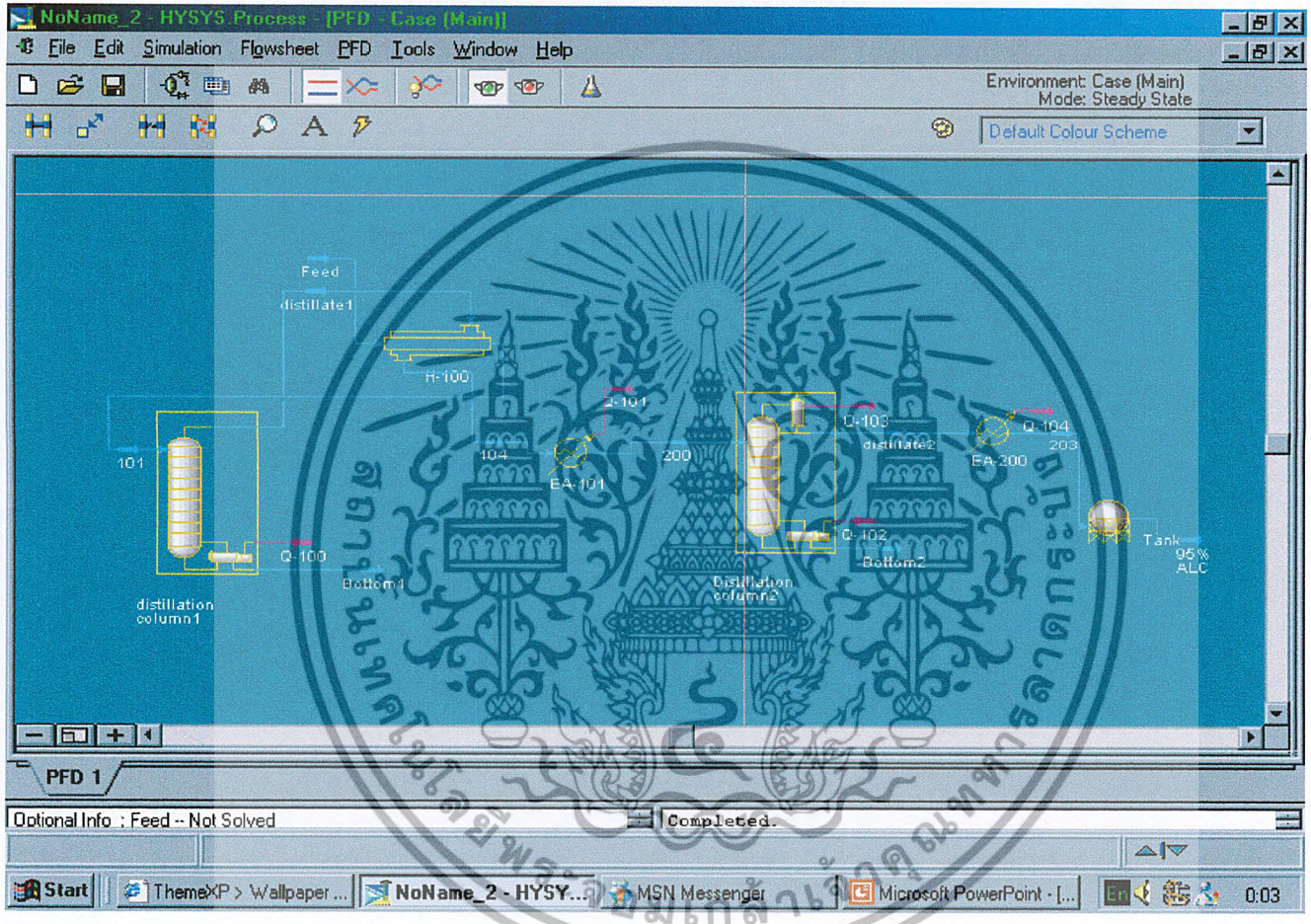
รูปที่ 5.2 การเลือกระบบของของไหล (Fluid package)



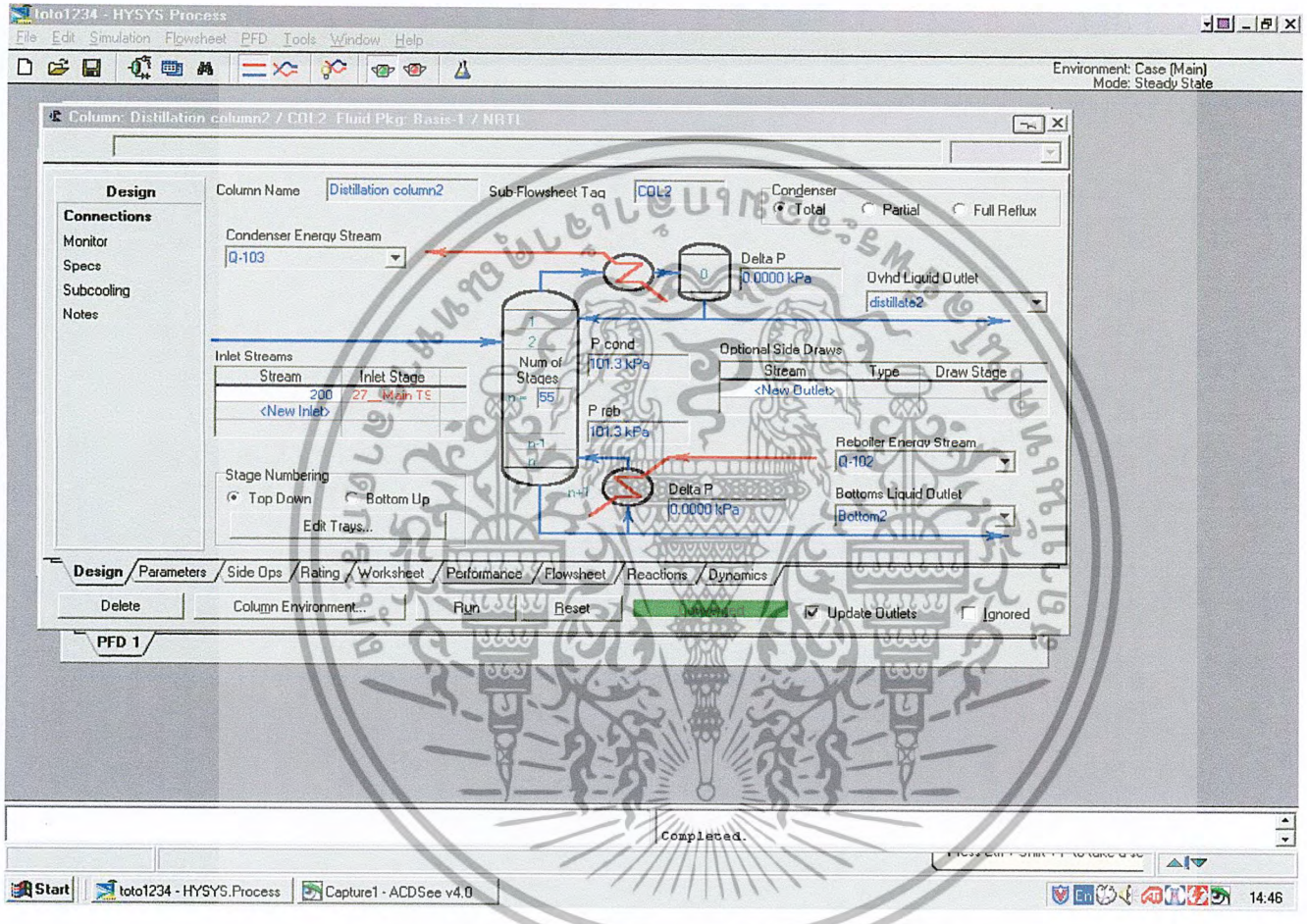
รูปที่ 5.3 การเลือกองค์ประกอบที่ใช้ในระบบ



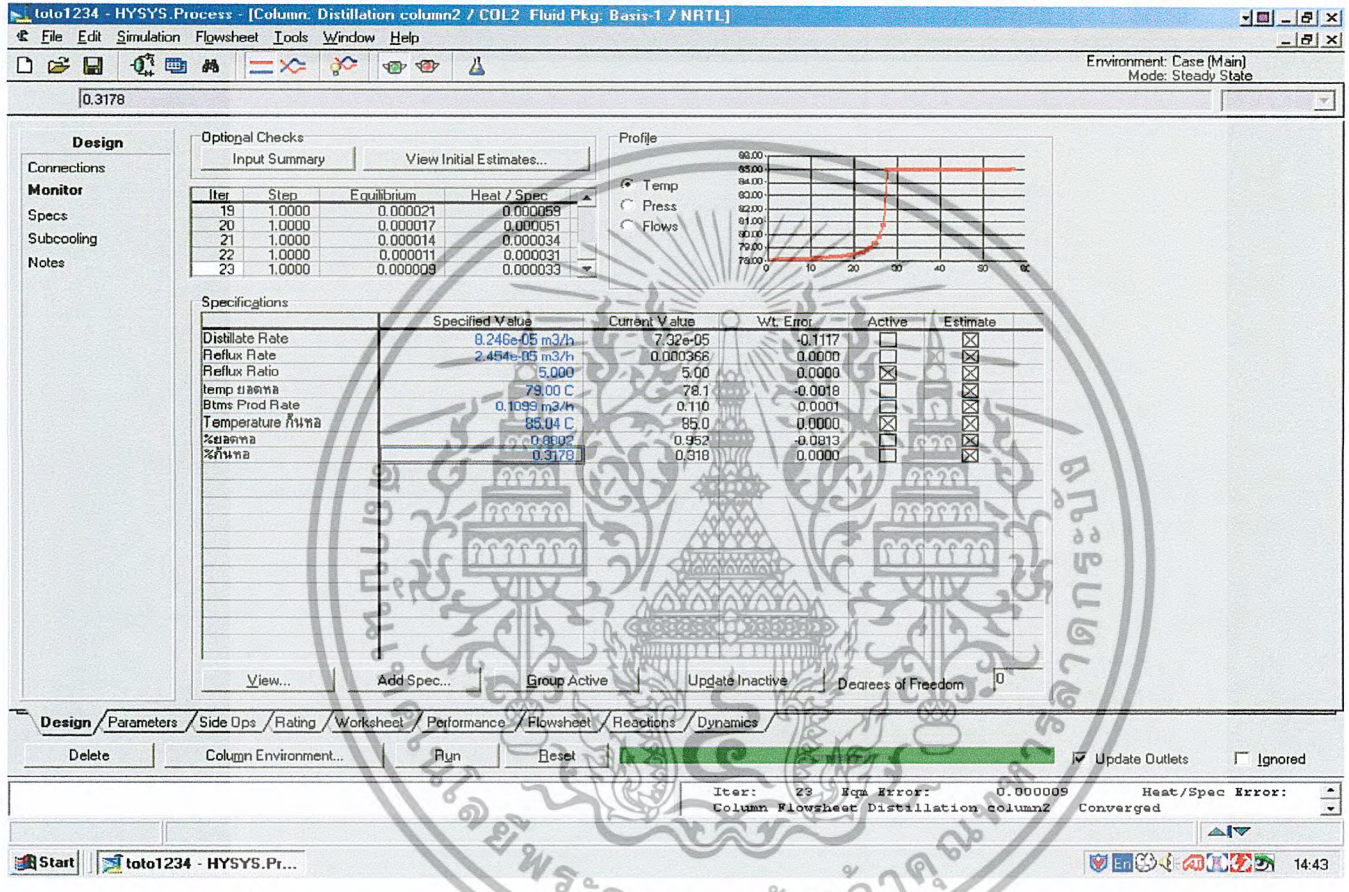
รูปที่ 5.4 การใช้ PFD ในการเลือกอุปกรณ์ในระบบ



รูปที่ 5.5 ระบบที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 5.6 การป้อนข้อมูลรายละเอียดให้กับแบบจำลอง



รูปที่ 5.7 การปรับค่าตัวแปรในหอกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์

บทที่ 6
ผลการทดลอง

6.1 ผลการตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ที่สูญเสีย

6.1.1 ผลการตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำส่า

จากการเก็บตัวอย่างน้ำส่ามาตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ดังนี้

วันที่ 3 มี.ค. 2546 ตรวจได้ 10.1%

วันที่ 10 มี.ค. 2546 ตรวจได้ 11.5%

6.1.2 ผลการตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ที่ตกใต้หอกลั่นส่าและหอกลั่นแอลกอฮอล์

- จากการตรวจตัวอย่างจากก้นหอกลั่นส่า ณ เวลาต่างๆ ไม่พบแอลกอฮอล์ตกก้นหอเลย
- จากการตรวจตัวอย่างจากก้นหอกลั่นแอลกอฮอล์ ณ เวลาต่างๆ พบว่า มีแอลกอฮอล์ตกก้นหอประมาณ 1-5%

6.1.3 ผลการตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ที่ยอดหอกลั่นส่าและหอกลั่นแอลกอฮอล์

- จากการตรวจตัวอย่างจากยอดหอกลั่นส่า ณ เวลาต่างๆ พบว่ามีแอลกอฮอล์ประมาณ 26-38%
- จากการตรวจตัวอย่างจากยอดหอกลั่นแอลกอฮอล์ ณ เวลาต่างๆ พบว่ามีแอลกอฮอล์ประมาณ 80-92%

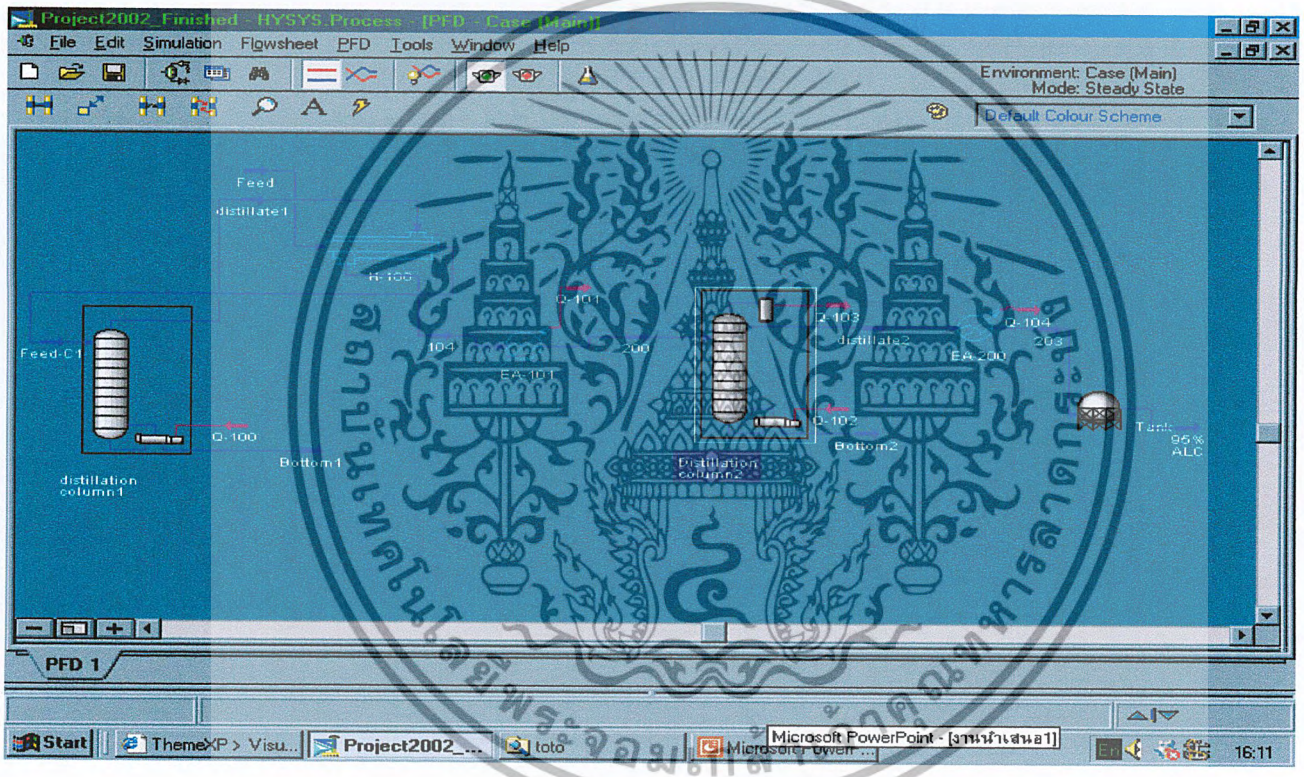
6.2 ผลการทำสมดุลวัตถุ

- จากการทำสมดุลวัตถุของหอกลั่นส่า พบว่ามีแอลกอฮอล์ที่สูญเสียไปเฉลี่ยประมาณ 1-2 L/hr
- จากการทำสมดุลวัตถุของหอกลั่นแอลกอฮอล์ พบว่ามีแอลกอฮอล์ที่สูญเสียไปเฉลี่ยประมาณ 1-2 L/hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการกลั่นโดยใช้โปรแกรม HYSYS

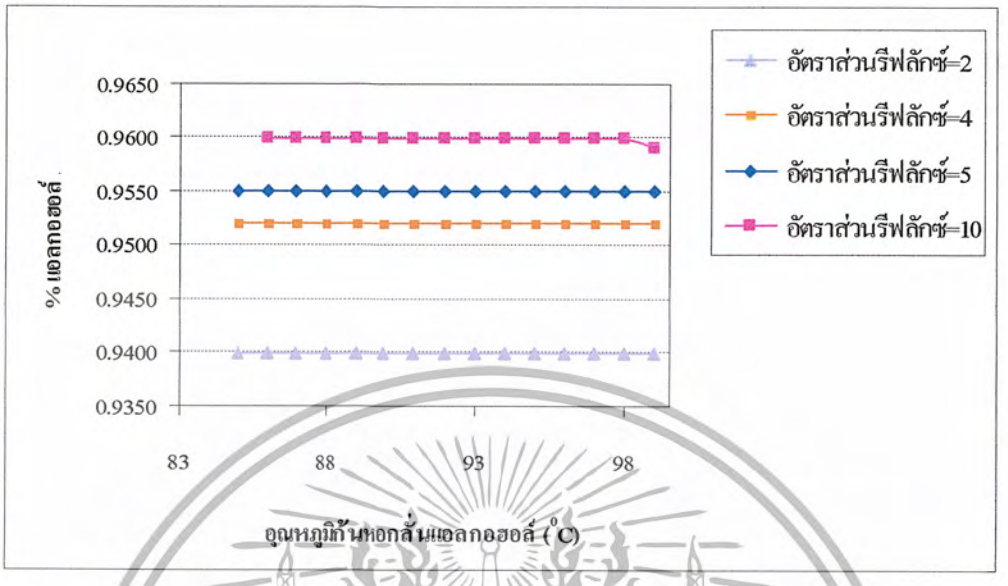
6.3.1 ผลการสร้างแบบจำลองกระบวนการกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์โดยใช้โปรแกรม HYSYS



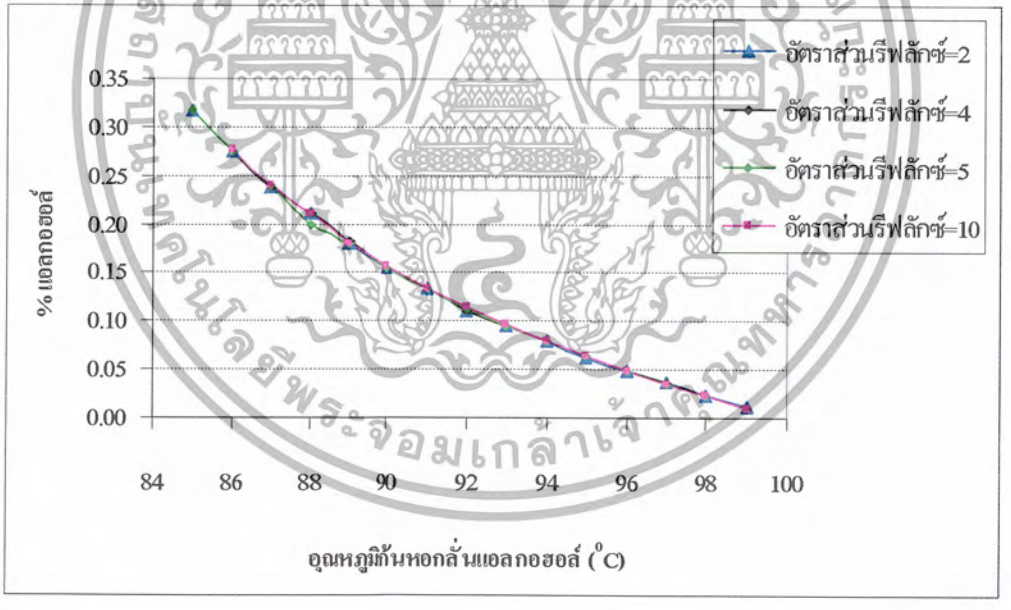
รูปที่ 6.1 การจำลองกระบวนการกลั่นที่สมบูรณ์

6.4 ผลการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่าง ๆ

6.4.1 ผลการปรับอัตราส่วนรีฟลักซ์ต่อความบริสุทธิ์ของเอทิลแอลกอฮอล์

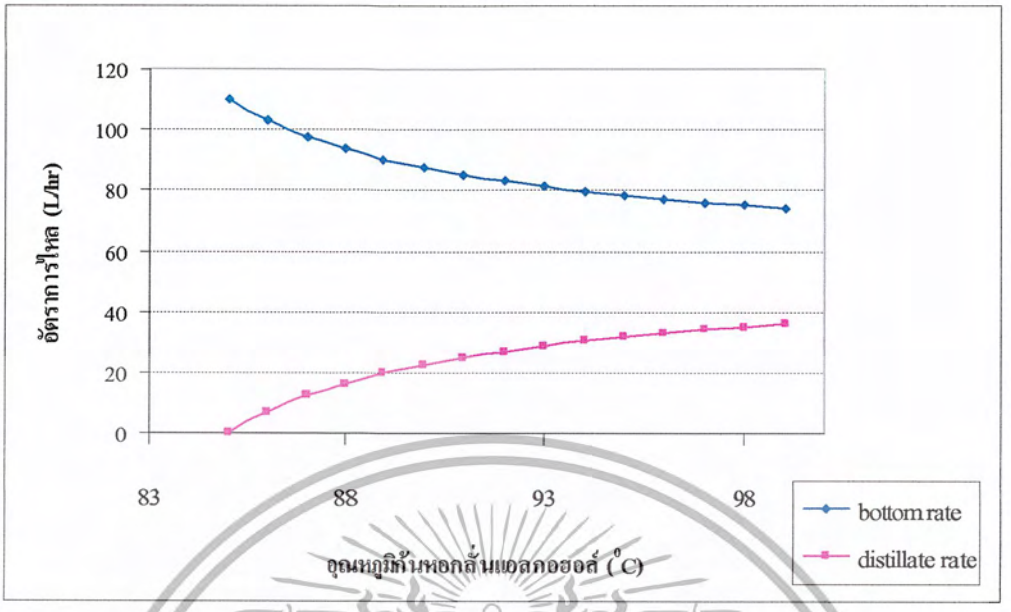


6.4.2 ผลการปรับอัตราส่วนรีฟลักซ์ต่อปริมาณแอลกอฮอล์จากก้นหอกลั่นแอลกอฮอล์

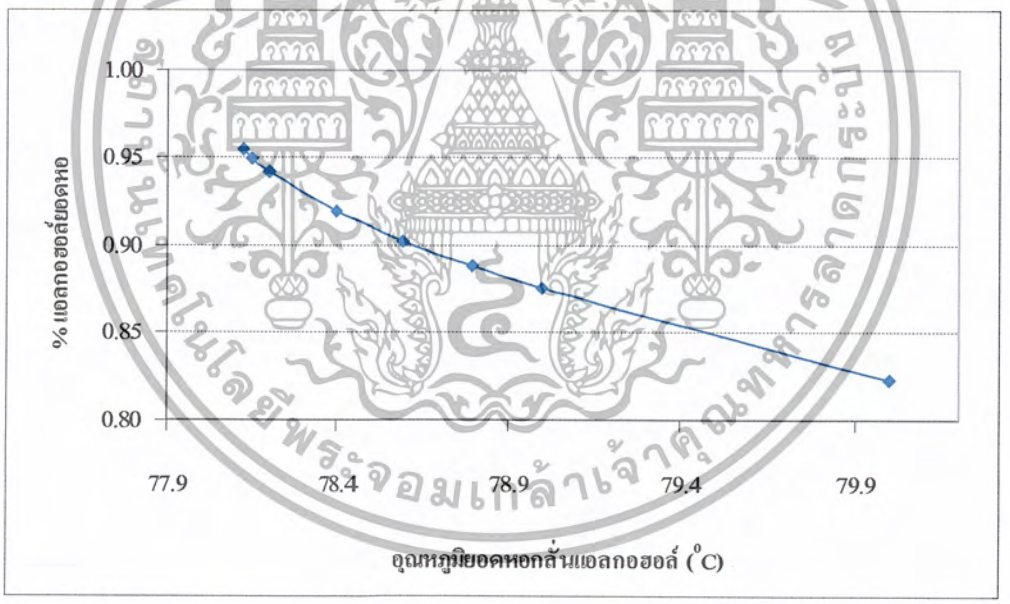


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4.3 ผลการปรับอุณหภูมิของก้นหอกลั่นแอลกอฮอล์ต่ออัตราการไหลของผลิตภัณฑ์จากหอกลั่นแอลกอฮอล์

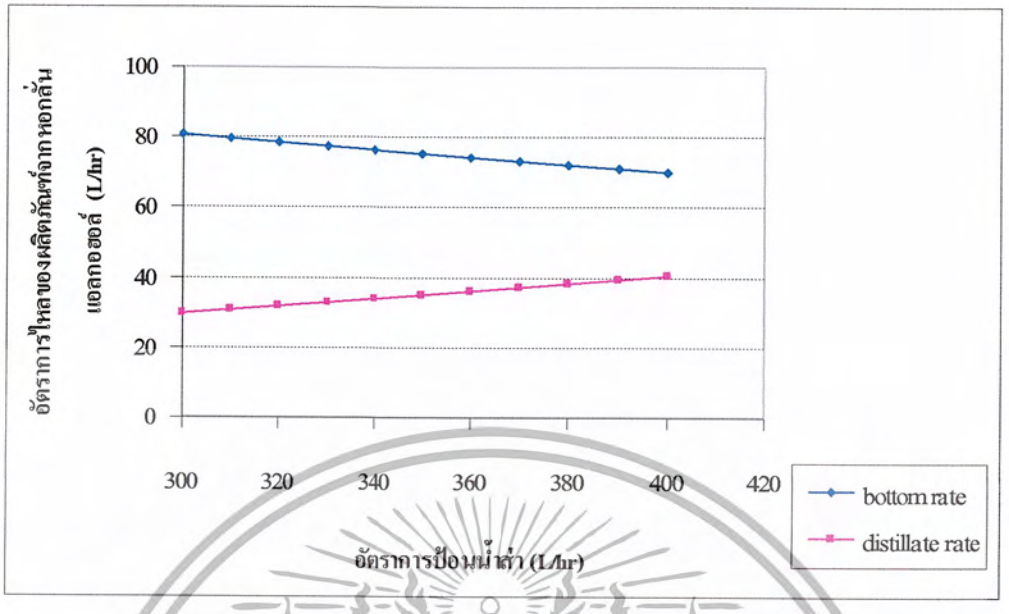


6.4.4 ผลการปรับอุณหภูมิยอดหอต่อความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ยอดหอกลั่นแอลกอฮอล์

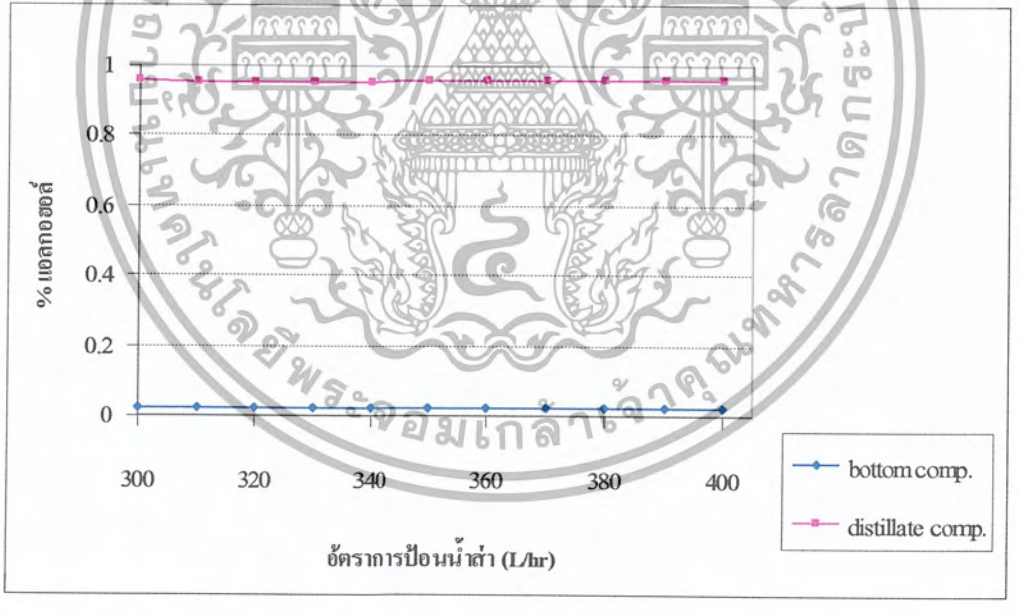


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4.5 ผลการปรับอัตราการป้อนของน้ำส่าต่ออัตราการไหลของผลิตภัณฑ์จากหอกลั่นแอลกอฮอล์



6.4.6 ผลการปรับอัตราการป้อนของน้ำส่าต่อความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์จากหอกลั่นแอลกอฮอล์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

7.1 ผลของการปรับค่าตัวแปร

7.1.1 การปรับอัตราส่วนรีฟลักซ์ ไม่มีผลต่อการสูญเสียปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ที่ก้นหอ แต่จะมีผลกับความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ยอดหอและอัตราการผลิต เนื่องจากอุณหภูมิที่รีบอยเลอร์จะเป็นตัวกำหนดสมดุลวัฏภาคบริเวณถาดล่างสุดของหอกลั่น การเปลี่ยนอัตราส่วนรีฟลักซ์ไม่ทำให้สมดุลที่ก้นหอเปลี่ยนไป การเพิ่มอัตราส่วนรีฟลักซ์จะทำให้เอทิลแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้มีความบริสุทธิ์มากขึ้น อัตราส่วนรีฟลักซ์ที่จะทำให้ได้เอทิลแอลกอฮอล์ 95 % คือ อัตราส่วนรีฟลักซ์ 4 การใช้อัตราส่วนรีฟลักซ์มากจนเกินไป จะทำให้อัตราการผลิตลดลงจนเกิดความสูญเสียในด้านของพลังงาน

7.1.2 การปรับอุณหภูมิ

- การปรับอุณหภูมิยอดหอกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์ มีผลอย่างมากต่อความบริสุทธิ์ที่ได้ โดยที่หากต้องการให้ได้เอทิลแอลกอฮอล์ 95% ต้องควบคุมอุณหภูมิยอดหอกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์ให้ได้ 78.1°C เนื่องมาจากผลของสมดุลวัฏภาคระหว่างเอทิลแอลกอฮอล์และน้ำ หากอุณหภูมิยอดหอสูงกว่านี้จะทำให้ความบริสุทธิ์ของเอทิลแอลกอฮอล์ลดลง

- การปรับอุณหภูมิก้นหอกลั่นเอทิลแอลกอฮอล์ ส่งผลกระทบต่อ

1) อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ยอดหอและผลิตภัณฑ์ก้นหอ โดยหากเพิ่มอุณหภูมิ จะทำให้อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ยอดหอสูงขึ้น แต่อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ก้นหอต่ำลงเนื่องมาจากอัตราการกลายเป็นไอของเอทิลแอลกอฮอล์และน้ำจะสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิก้นหอสูงขึ้นจะทำให้อุณหภูมิยอดหอสูงขึ้นตามซึ่งจะส่งผลต่อความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ด้วย

2) องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ก้นหอ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้น จะทำให้ปริมาณแอลกอฮอล์ลดลงและเป็นศูนย์ ที่อุณหภูมิ 100°C ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลสมดุลวัฏภาคระหว่างเอทิลแอลกอฮอล์และน้ำ หากอุณหภูมิต่ำกว่านี้จะยังมีปริมาณแอลกอฮอล์เป็นองค์ประกอบทั้งในวัฏภาคไอและของเหลวจึงยังจะทำให้มีแอลกอฮอล์สูญเสียบริเวณก้นหออยู่

7.1.3 การปรับอัตราการป้อนของน้ำส่า ไม่ส่งผลต่อองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ยอดหอและผลิตภัณฑ์ก้นหอหากสามารถควบคุมอุณหภูมิของรีบอยเลอร์และคอนเดนเซอร์ให้คงที่ แต่ส่งผลต่อปริมาณความร้อนที่ใช้ในการกลั่น และอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 สาเหตุของการสูญเสียปริมาณแอลกอฮอล์

จากการตรวจสอบโดยการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์และการทำสมดุลวัตถุทำให้ทราบสาเหตุของการสูญเสียเอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งมีสาเหตุสำคัญ 2 ประการ คือ เกิดการสูญเสียเอทิลแอลกอฮอล์จากระบบการกลั่นและเกิดจากสภาวะในการกลั่น

1) การสูญเสียเอทิลแอลกอฮอล์จากระบบการกลั่น

จากการทำสมดุลวัตถุของระบบการกลั่นจริงพบว่า มีปริมาณแอลกอฮอล์บางส่วนสูญเสียไป ทั้งนี้เนื่องมาจากการระเหยของแอลกอฮอล์ที่เกิดตามวาล์ว ข้อต่อ และถังพักน้ำส่าซึ่งไม่มีฝาปิด หรืออาจมีการระเหยระหว่างกระบวนการ ซึ่งการสูญเสียที่เกิดขึ้นมีดังนี้

- ที่หอกลั่นส่ามีการสูญเสียแอลกอฮอล์ประมาณ 1-2 L/hr
- ที่หอกลั่นแอลกอฮอล์มีการสูญเสียแอลกอฮอล์ประมาณ 1-2 L/hr

เพราะฉะนั้นถ้าคิดโดยรวมทั้งหมดต่อการกลั่น 1 ครั้งจะมีการสูญเสียแอลกอฮอล์ประมาณ 48-112 L (4.8-11.2%)

2) จากสภาวะในการกลั่น

จากการทดลองวัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ตกที่ก้นหอกลั่นส่า ปรากฏว่าไม่เกิดการสูญเสียแอลกอฮอล์ที่ก้นหอเลยและจากการทดลองวัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ก้นหอกลั่นแอลกอฮอล์ ปรากฏว่า มีการสูญเสียแอลกอฮอล์ตกที่ก้นหอประมาณ 1-5 L/hr ซึ่งถ้าคิดโดยรวมทั้งหมดต่อการกลั่น 1 ครั้งจะมีการสูญเสียแอลกอฮอล์ที่ก้นหอไปประมาณ 28-140 L (2.8-14%)

เพราะฉะนั้น จะมีการสูญเสียจากทั้ง 2 สาเหตุทั้งสิ้นประมาณ 76-250 L จากที่ควรจะได้ 1000 L[1] (7.6 -25 %)

7.3 ข้อเสนอแนะ

7.3.1 การป้องกันการรั่วไหลของระบบ ควรมีการตรวจสอบข้อต่อหรือวาล์ว เพื่อความแน่ใจว่าไม่มีรอยรั่ว และถังพักน้ำส่าควรมีฝาปิดให้มิดชิด เพื่อลดการสูญเสียในระบบ

7.3.2 การปรับปรุงสภาวะการกลั่น

การปรับอุณหภูมิก้นหอ มีผลต่อการสูญเสียปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งที่อุณหภูมิก้นหอสูงจะทำให้เกิดการสูญเสียน้อย ดังนั้น ในกระบวนการกลั่นจริงควรควบคุมให้อุณหภูมิก้นหอมีค่าสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ และเพื่อที่จะให้ได้เอทิลแอลกอฮอล์ 95% ควรควบคุมอุณหภูมิยอดหอ ไม่ให้

[1] คิดจากปริมาณน้ำส่าที่มีเอทิลแอลกอฮอล์ 10% 1000 L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงกว่า 78.1^{0}C ซึ่งหากอุณหภูมิก้นหอเท่ากับ 100^{0}C อัตราส่วนรีฟลักซ์เท่ากับ 4 จะทำให้ได้เอทิลแอลกอฮอล์มากกว่า 36 L/hr

7.3.3 การสอบเทียบเครื่องมือวัดในระบบ โดยเฉพาะอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ เพราะจากการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการกลั่น มีความเป็นได้สูงที่เครื่องมือวัดจะมีความคลาดเคลื่อน

7.3.4 การนำระบบควบคุมอัตโนมัติมาใช้ เพราะตัวแปรต่างๆ มีผลอย่างมากต่อปริมาณและคุณภาพของเอทิลแอลกอฮอล์ที่ได้เป็นอย่างมาก

หากทางโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา ได้นำข้อเสนอแนะทั้ง 4 ข้อที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงและแก้ไขจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นในระบบการกลั่นจะสามารถประหยัดต้นทุนการผลิตคิดเป็นจำนวนเงินได้ประมาณ 2,432 – 8,000 บาทต่อการกลั่น 1 ครั้ง แสดงได้ดังตารางที่ 7.1 ดังนี้

ตารางที่ 7.1 การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตที่สามารถประหยัดได้จากการปรับปรุงและแก้ไขสาเหตุของการสูญเสียปริมาณแอลกอฮอล์ตามข้อเสนอแนะ

สาเหตุของการสูญเสียปริมาณแอลกอฮอล์	ปริมาณแอลกอฮอล์ที่สูญเสีย			
	หอกลั่นล่า (L/hr)	หอกลั่นแอลกอฮอล์ (L/hr)	รวมทั้ง 2 หอกลั่นต่อการกลั่น 1 ครั้ง (L)	คิดเป็นจำนวนเงินต่อการกลั่น 1 ครั้ง (baht)
จากระบบการกลั่น	1-2	1-2	48-112	1,536-4,032
จากสภาวะในการกลั่น	-	1-5	28-140	896-4,480
รวมทั้ง 2 สาเหตุ	1-2	2-7	76-250	2,432-8,000

*หมายเหตุ ต้นทุนการผลิตเอทิลแอลกอฮอล์แบบธุรกิจทั่วไปประมาณลิตรละ 32 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Amerine & Ough. Wine Regulation ATF Method for Analysis of Musts and Wines.
2. Christie J.Geankoplis. Transport Processes and Unit Operations. Third Edition. Englewood Cliffs, N.J.:Prentice-Hall, Inc.,1993.
3. Warren D.Seider, J.D.Seader, Daniel R.Lewin. Process Design Principles synthesis, analysis, and evaluation.JOHN WILEY & SONS, Inc.
4. Warren L. McCacbe, Julain C.Smith, Peter Harriott. Unit Operations of Chemical Engineering. Fifth Edition. Singapore:McGraw-Hill, Inc., 1993.
5. งานทดลองผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงฝ่ายวิจัยและพัฒนาโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา.รายงานการนำแอลกอฮอล์มาใช้เป็นเชื้อเพลิง ในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา.,2544.
6. ชนินทร แสนประสิทธิ์, ธนดิตถ์ อรรฆยากร. การจำลองกระบวนการกลั่นแยกเอทิลแอลกอฮอล์โดยใช้โปรแกรม HYSYS. ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2543.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนวก ก

ข้อมูลเพิ่มเติมของอีบูโลมิเตอร์ (Ebullio Meter) [1]

Ebullio Meter เป็นเครื่องมือวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในสารละลาย โดยอาศัยหลักการของความแตกต่างของจุดเดือดของน้ำและสารละลายแล้วนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับแผนภูมิเพื่อหาปริมาณแอลกอฮอล์

ส่วนประกอบของ Ebullio Meter ประกอบด้วย

1. Ebullio Meter boiler
2. Reflux condenser
3. Standardized centigrade thermometer
4. Alcohol lamp
5. Measuring cylinder
6. Sliding scale calculator

รูป ก-1 Ebullio Meter

ข้อควรระวังเป็นพิเศษ

1. เก็บ Ebullio Meter ให้ปราศจากตะกรันโดยทำการต้มกับ 2% NaOH หลังจากผ่านการใช้งานมาแล้ว 50 ครั้ง แล้วล้าง NaOH ออกให้หมดก่อนนำมาใช้อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เก็บรักษาตะเกียงแอลกอฮอล์ โดยการเติมแอลกอฮอล์อย่างสม่ำเสมอและระวังอย่าให้ไส้ตะเกียงสั้นเกินไป รวมทั้งระวังอย่าให้เกิดสะเก็ดไฟขึ้น
3. Standardized centigrade thermometer มีความเปราะแตกหักง่าย เวลาใช้ต้องระมัดระวัง
4. ในการทดสอบสารที่มีปริมาณแอลกอฮอล์สูง ก่อนทำการวัดจะต้องมีการเจือจางสารตัวอย่างด้วยน้ำเสียก่อนแล้วจึงทำการวัด จากนั้นค่อยคูณด้วยอัตราส่วนที่เจือจางเพื่อหาปริมาณแอลกอฮอล์ที่แท้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนวก ข

ข้อมูลการตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ที่ตกใต้หอกลั่นล่าและที่ตกใต้หอกลั่นแอลกอฮอล์

ตารางที่ ข-1 การตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ที่ตกใต้หอกลั่นล่า

เวลา	3 มี.ค.2546		10 มี.ค.2546	
	ตรวจครั้งที่ 1 (%V)	ตรวจครั้งที่ 2 (%V)	ตรวจครั้งที่ 1 (%V)	ตรวจครั้งที่ 2 (%V)
13.00	0	0	0	0
14.00	0	0	0	0
15.00	0	0	0	0
16.00	0	0	0	0
17.00	0	0	0	0
18.00	0	0	0	0

ตารางที่ ข-2 การตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ที่ตกใต้หอกลั่นแอลกอฮอล์

เวลา	3 มี.ค.2546		10 มี.ค.2546	
	ตรวจครั้งที่ 1 (%V)	ตรวจครั้งที่ 2 (%V)	ตรวจครั้งที่ 1 (%V)	ตรวจครั้งที่ 2 (%V)
13.00	4.2	4.2	4.2	4.2
14.00	1.3	1.3	7.4	7.4
15.00	3.8	3.8	17	17
16.00	4.5	4.5	-	-
17.00	3.4	3.4	-	-
18.00	5.4	5.4	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลการตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ที่ยอดหอกลั่นล่าและที่ยอดหอกลั่นแอลกอฮอล์

ตารางที่ ข-3 การตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ที่ยอดหอกลั่นล่า

เวลา	3 มี.ค.2546		10 มี.ค.2546	
	ตรวจครั้งที่ 1 (%V)	ตรวจครั้งที่ 2 (%V)	ตรวจครั้งที่ 1 (%V)	ตรวจครั้งที่ 2 (%V)
13.00	26.8	26.8	33.0	33.0
14.00	29.4	29.4	35.0	35.0
15.00	32.1	32.1	37.0	37.0
16.00	32.1	32.1	-	-
17.00	33.7	33.7	-	-
18.00	38.2	38.2	-	-

ตารางที่ ข-4 การตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ที่ยอดหอกลั่นแอลกอฮอล์

เวลา	3 มี.ค.2546		10 มี.ค.2546	
	ตรวจครั้งที่ 1 (%V)	ตรวจครั้งที่ 2 (%V)	ตรวจครั้งที่ 1 (%V)	ตรวจครั้งที่ 2 (%V)
13.00	80.0	80.0	93.2	93.2
14.00	92.0	92.0	94.0	94.0
15.00	90.0	90.0	92.0	92.0
16.00	88.0	88.0	-	-
17.00	88.0	88.0	-	-
18.00	90.0	90.0	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลแสดงการทำสมดุลวัตถุของหอกลั่นล่าและหอกลั่นแอลกอฮอล์

ตารางที่ ข-5 ผลการคำนวณสมดุลวัตถุของหอกลั่นล่า (3 มี.ค.2546)

เวลา	Feed			Distillate			Bottom		
	Flow (L/hr)	%EtOH by volume	Flow EtOH (L/hr)	Flow (L/hr)	%EtOH by volume	Flow EtOH (L/hr)	Flow (L/hr)	%EtOH by volume	Flow EtOH (L/hr)
13.00	320	10.1	32.32	120	26.8	32.16	200	0	0
14.00	320	10.1	32.32	110	29.4	32.32	210	0	0
15.00	350	10.1	32.35	110	32.1	35.35	240	0	0
16.00	350	10.1	32.35	110	32.1	35.35	240	0	0
17.00	350	10.1	35.35	105	33.7	35.35	245	0	0
18.00	380	10.1	38.38	100	38.2	38.2	280	0	0

จากตารางมีแอลกอฮอล์ที่สูญเสียไปเฉลี่ยประมาณ 0.068 L/hr

ตารางที่ ข-6 ผลการคำนวณสมดุลวัตถุของหอกลั่นแอลกอฮอล์ (3 มี.ค.2546)

เวลา	Feed			Distillate			Bottom		
	Flow (L/hr)	%EtOH by volume	Flow EtOH (L/hr)	Flow (L/hr)	%EtOH by volume	Flow EtOH (L/hr)	Flow (L/hr)	%EtOH by volume	Flow EtOH (L/hr)
13.00	120	26.8	32.16	30	80.0	24.00	90	4.2	3.78
14.00	110	29.4	32.32	34	92.0	31.28	76	1.3	0.988
15.00	110	32.1	35.35	36	90.0	32.40	74	3.8	2.812
16.00	110	32.1	35.35	36	88.0	31.68	74	4.5	3.33
17.00	105	33.7	35.35	36	88.0	31.68	69	3.4	2.346
18.00	100	38.2	38.2	36	90.0	32.40	64	5.4	3.456

จากตารางมีแอลกอฮอล์ที่สูญเสียไปเฉลี่ยประมาณ 1.7 L/hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-7 ผลการคำนวณสมดุลวัตถุของหอกลั่นล่า (10 มี.ค.2546)

เวลา	Feed			Distillate			Bottom		
	Flow (L/hr)	%EtOH by volume	Flow EtOH (L/hr)	Flow (L/hr)	%EtOH by volume	Flow EtOH (L/hr)	Flow (L/hr)	%EtOH by volume	Flow EtOH (L/hr)
13.00	340	11.5	39.1	110	33.0	36.3	230	0	0
14.00	350	11.5	40.25	110	35.0	38.5	240	0	0
15.00	340	11.5	39.1	100	37.0	37	240	0	0

จากตารางมีแอลกอฮอล์ที่สูญเสียไปประมาณ 2.21 L/hr

ตารางที่ ข-8 ผลการคำนวณสมดุลวัตถุของหอกลั่นแอลกอฮอล์ (10 มี.ค.2546)

เวลา	Feed			Distillate			Bottom		
	Flow (L/hr)	%EtOH by volume	Flow EtOH (L/hr)	Flow (L/hr)	%EtOH by volume	Flow EtOH (L/hr)	Flow (L/hr)	%EtOH by volume	Flow EtOH (L/hr)
13.00	110	33.0	36.3	34	93.2	31.688	76	4.2	3.192
14.00	110	35.0	38.5	34	94.0	31.96	76	7.4	5.624
15.00	100	37.0	37	26	92.0	23.92	74	17	12.58

จากตารางมีแอลกอฮอล์ที่สูญเสียไปประมาณ 0.945 L/hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนวก ค

แนวทางในการเลือก Property Methodsในการคำนวณโดยใช้โปรแกรม HYSYS

โปรแกรมHYSYS นั้นมีระบบ Fluid Package แบบต่างๆมากมาย เช่น PR , NRTL , UNIQUAC ซึ่งในจำลองกระบวนการนั้นจำเป็นต้องเลือก Property Methods ให้เหมาะสมกับระบบ การใช้ Property Methods ในHYSYS นั้นสามารถแบ่งได้เป็น 6 ชนิดคือ

1. Equations of State ซึ่งประกอบด้วย

   1.1 PR และ SRK (Peng Robinson และ Soave Redlich Kwong)

   1.2 KD (Kabadi Danner)

   1.3 LK (Lee Kesler Plocker Equation)

   1.4 PRSV (Peng-Robinson Stryjel-Vera)

   1.5 Sour Water Options(ใช้ Sour PR และ Sour SRK)

   1.6 ZJ (Zudkevitch Joffee)

   1.7 EOS Enthapy Calculation

   1.8 ZK (Zero Kij Option)

2. Activity models

สามารถนำไปใช้ กับสารประกอบไฮโดราคาร์บอนได้เกือบทุกชนิดที่เป็นของเหลว โดยสามารถใช้ได้กับช่วงการดำเนินงานที่กว้าง Polar (Highly non-ideal solution) เป็นระบบซึ่ง liquid phase ระบบนี้จะต้องเป็นแบบจำลองที่ใช้ activity coefficient ในการคำนวณ ดังสมการ

$$K_i = \frac{\gamma_i f_{li}^0}{P\Phi_{vi}}$$

สมการที่ใช้สำหรับระบบนี้ คือ NRTL, UNIFAC, UNIQUAC, Wilson,T.K.Wilson, Hiranuma,Van Laar เป็นต้น ซึ่งประกอบด้วย

2.1 Chien-Null

2.2 Extended and General NRTL

2.3 Margules

2.4 NRTL

2.5 UNIQUAC

2.6 Van Laar

2.7 Wilson

2.8 Henry's Law

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งความเหมาะในการนำไปใช้กับระบบต่างแสดงได้แสดงไว้ในตารางข้างล่าง

APPLICATION	Margules	Van Laar	Wilson	NRTL	UNIQUAC
Binary Systems	A	A	A	A	A
Multicomponent Systems	LA	LA	A	A	A
Azeotropic Systems	A	A	A	A	A
Liquid-Liquid Equilibria	A	A	N/A	A	A
Dilute Systems	?	?	A	A	A
Self-Association Systems	?	?	A	A	A
Polymers	N/A	N/A	N/A	N/A	A
Extrapolation	?	?	G	G	G

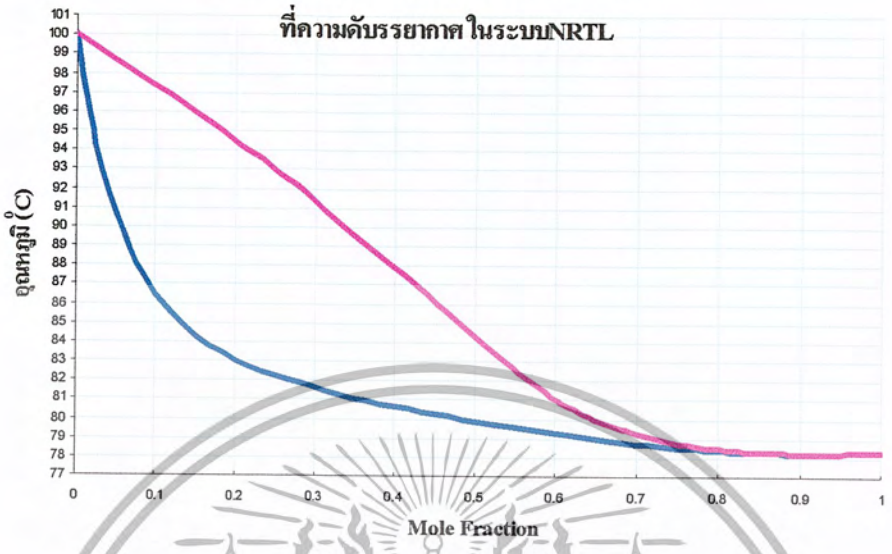
A = Applicable; N/A = Not Application;? = Questionable; G = Good; LA = Limited Application

3. Activity Model Vapour Phase Options
   จะใช้ในการคำนวณระบบที่อยู่ในวัฏภาคแก๊ส
4. Semi-Empirical Methods
5. Vapour Pressure Property Packages
6. Miscellaneous-Speccial Application Methods

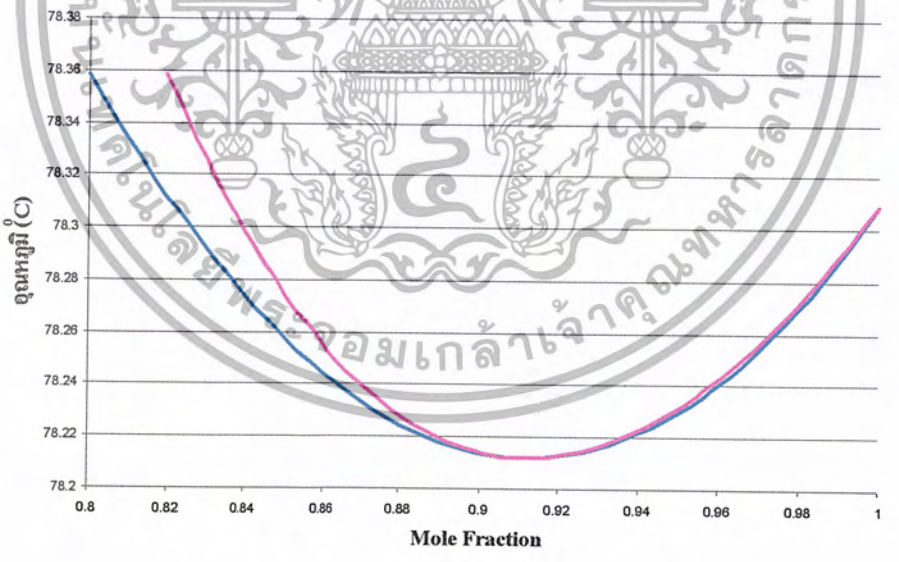
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนวก ง

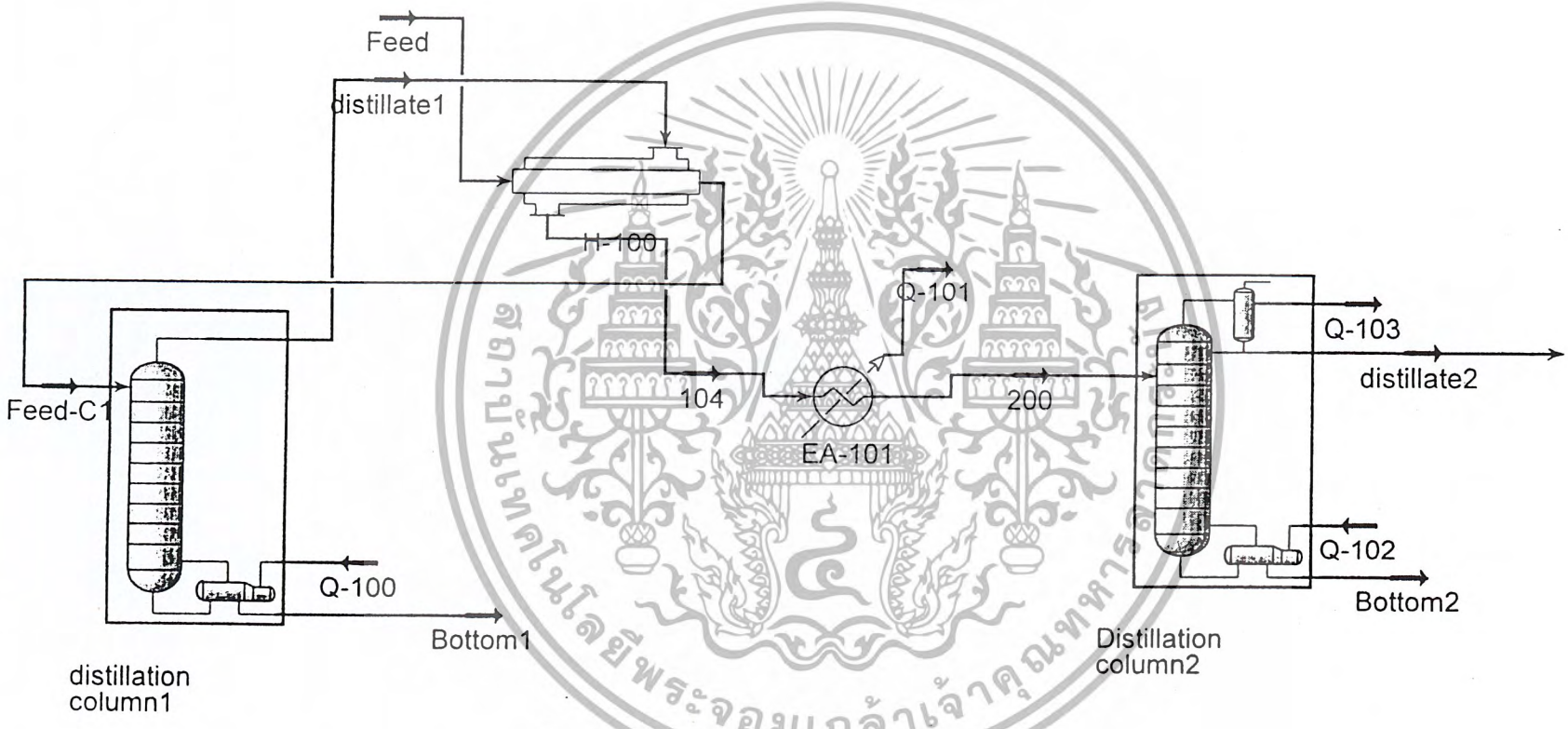
กราฟสมดุลวัฏภาคระหว่างเอทิลแอลกอฮอล์และน้ำ
ที่ความดันบรรยากาศในระบบNRTL



กราฟสมดุลวัฏภาคระหว่างเอทิลแอลกอฮอล์และน้ำ
ที่ความดันบรรยากาศในระบบNRTL



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป จ-1 PFD ของกระบวนการกลั่น