การปรับปรุงประสิทธิภาพการกลั่นเชิงลำของหอกลั่นเชิงลำ APL-1

THE EFFICIENCY IMPROVEMENT OF ETHANOL DISTILLATION OF APL-1 COLUMN

นาย วรารัตน์ เชมาศิริ

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ภาควิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

การปรับปรุงประสิทธิภาพการกลั่นเอทานอลของหอกลั่นเอทานอล APL-1

THE EFFICIENCY IMPROVEMENT OF ETHANOL DISTILLATION OF APL-1 COLUMN

นาย วรวรรธน์ เสมาทัศน์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ภาควิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ แสวงหาผลประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE EFFICIENCY IMPROVEMENT OF ETHANOL DISTILLATION OF APL-1 COLUMN

MR. WORRAWAT SEMATAT

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIRMENTS
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN APPLIED PHYSICSDEPARTMENT OF PHYSICS
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การปรับปรุงประสิทธิภาพการกลั่นเอทานอลของหอกลั่น APL-1 THE EFFICIENCY IMPROVEMENT OF ETHANOL DISTILLATION OF APL-1 COLUMN
ชื่อนักศึกษา	นาย วรวรรธน์ เสมามทัศน์ รหัสนักศึกษา 54050588
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต ฟิสิกส์ประยุกต์
ภาควิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. กาจปัญญา สุวรรณสุโข

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ฟิสิกส์ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2557

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร. พิชชานันท์ ธีเศรษฐโศภน	
ดร. ประธาน บุรณศิริ	
ดร. เชรษฐา รัตนพันธ์	
ดร. กาจปัญญา สุวรรณสุโข	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Title	The efficiency improvement of ethanol distillation of APL-1 column
Students	Mr.Worrawat Sematat
Student ID	54050588
Degree	Bachelor of Science in Applied Physics
Department	Physics
Academic Year	2014
Advisor	Dr. Kajpanya Suwasukho

Abstract

This project aims to improve an efficiency of APL-1 distillation to increase its ability to separate ethanol from water by using the difference of boiling point. In this experiment, The comparison graph of ethanol concentration is made by UV/vis Spectrometer which is used to measure the range of ethanol is absorption light. After that, We experiment it by heater (size 3,500 w) which is controlled the temperature in the range of 140-180^0 C by temperature controller. Then, we record it by indicating the boiler pressure at 2 bar, 3 bar and 4 bar to be a standard of releasing steam from the boiler to APL-1 distillation. In case of distillation which has temperature excess 80^0 C, we will release cold water from cooler at 15^0 C and the flow rate is ½ liter per minute. This is for decreasing the steam is temperature to be liquid. From the experiment, we found that ethanol condenses in every range of temperature but it has the maximum concentration at 180^0 C with pressure at 4 bar. The result, that the concentration has an average equal to 96%

Keywords : ethanol, distillation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเรื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพการกลั่นเอทานอลของหอกลั่น APL-1จะประสบความสำเร็จไปไม่ได้ถ้าไม่ได้รับความช่วยเหลือจาก

อาจารย์ที่ ปรึกษา คือ ดร.กาจปัญญา สุวรรณสุโข ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆอันเป็นประโยชน์ อย่างยิ่งในการทำโครงงานพิเศษ อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงงานพิเศษ รวมไปถึงการอนุญาตให้ใช้ห้องปฏิบัติการในการทำการทดลองต่างๆอีกด้วย นอกจากนี้ขอขอบคุณ เพื่อนๆในห้องปฏิบัติการทุกคนที่เป็นกำลังใจและคอยให้ความช่วยเหลือทุกกรณีในการทำโครงงาน พิเศษเรื่องนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน ตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้ทำการวิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

นาย วรวรรธน์ เสมาทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำย่อและสัญลักษณ์	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ	1
1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	1
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานของโครงงานพิเศษ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การกลั่น (Distsillation)	3
2.1.1 ประเภทการกลั่น	3
2.2 ความดันไอกับจุดเดือดของของเหลว	4
2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกลั่นตัวของเอทานอล	5
2.4 กระบวนการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารบริสุทธิ์	7
2.5 ความเข้มข้นของสารละลาย (Concentration of solution)	9
2.6 การเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้น หรือ การเจือจางสารละลาย	10
2.7 กฎของเบียร์และแลมเบิร์ต(Beer-Lambert-law)	10
2.8 ความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้น (absorbanceandconcentration)	11
2.9 กราฟความเข้มข้นมาตรฐาน (Calibration curve)	12
2.10 การเบี่ยงเบนจากกฎของเบียร์ (Deviation from Beer's law)	13
2.10.1 การเบี่ยงเบนทางเคมี (Chemical deviation)	14
2.10.2 การเบี่ยงเบนจากเครื่องมือ (Instrumental deviation)	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีทดลอง	17
3.1 วัดค่าความเข้มข้นของเอทานอลโดยใช้เครื่อง UV/vis Spectrometer	17
3.2 การติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือวัดของระบบหอกลั่นเอทานอล	18
3.2.1 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับกลั่นเอทานอล	18
3.2.2 สารละลายที่ใช้	19
3.3 เงื่อนไขในการทดลอง	20
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	23
4.1 การสอบเทียบความเข้มข้นของเอทานอลโดยใช้ (Calibration Curve)	23
4.1.1 การสอบเทียบความเข้มข้นของเอทานอลโดยใช้ (Calibration Curve)	23
4.1.2. ผลการทดลองการกลั่นเอทานอล	25
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	28
5.1 สรุปผลความเข้มข้นที่ได้จากการทดลองการกลั่นเอทานอล	28
5.2 ข้อเสนอแนะ	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ความเข้มข้นโดยปริมาตรของเอทานอลสำหรับ – การวัดด้วยเครื่อง UV/vis Spectrometer	18
3.2 คุณสมบัติทางกายภาพของเอทานอลบริสุทธิ์	19
3.3 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำกลั่นบริสุทธิ์	20
3.4 ตารางแสดงการทดลอง	20
3.4.1 แสดงเวลาเฉลี่ยต่ออุณหภูมิที่ความดัน 2-4 บาร์	21
3.4.2 แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยต่ออุณหภูมิที่ความดัน 2-4 บาร์	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงการกลั่นแบบธรรมดา	3
2.2 แสดงหลักการกลั่นลำดับส่วน	4
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดของสารกับความดันบรรยากาศ	5
2.4 การเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำ	8
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับ %T และ Absorbance	12
2.6 แสดงการสร้างกราฟมาตรฐาน	13
2.7แสดงการเบี่ยงเบนที่ไม่เป็นไปตามกฎของเบียร์	13
2.8 Isosbestic point ของ Methyl red	14
2.9 เปอร์เซนต์ความเข้มข้นที่คลาดเคลื่อน (% Error in concentration) อันเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าการดูดกลืน (Absorbance) - ของเครื่องมือ	15
2.10 ผลของแสงที่มีหลายความยาวคลื่นต่อการเบี่ยงเบนจากกฎของเบียร์	16
2.11 อิทธิพลของคลื่นแสงรบกวน (Stray light)	16
3.1 เครื่อง UV/vis Spectrometer	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

1.APL-1 = Applied Physics of Ladkrabang - 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงานพิเศษ

ในปัจจุบันพลังงานหลักที่นำมาใช้ในชีวิตประจำวันคือ น้ำมัน ซึ่งได้มาจากกระบวนการทางปิโตรเลียมและปิโตรเคมี และแหล่งพลังงานที่ว่านี้กำลังมีปริมาณลดลง และอาจหมดไปได้ในอนาคต ผู้เกี่ยวข้องทางด้านพลังงานทั่วโลกจึงได้มีการพยายามที่จะหาแหล่งพลังงานต่างๆมาทดแทน เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ แม้ว่า แหล่งพลังงานเหล่านี้สามารถนำมาทดแทนพลังงานไฟฟ้าได้ ก็ไม่สามารถนำมาทดแทนพลังงานจากน้ำมันได้ แต่ยังมีแหล่งพลังงานบางชนิดที่สามารถนำมาทดแทนแหล่งพลังงานน้ำมันได้ นั่นคือ พลังงานจากเอทานอล หรือพลังงานจากพืชชีวมวล

ซึ่งพลังงานจากเอทานอลนี้ได้รับความนิยมสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในต่างประเทศ ในขณะที่การใช้เอทานอลของประเทศไทยยังคงน้อยเนื่องจากความไม่เชื่อมั่นของผู้บริโภค ประกอบกับราคาของเชื้อเพลิง LPG/NGV ที่มีราคาที่ถูกกว่า

การที่จะได้ผลิตภัณฑ์เอทานอลออกมา ก็จำเป็นต้องมีหอกลั่นเอทานอล ซึ่งการออกแบบหอกลั่นเอทานอลก็ย่อมมีปัจจัย เงื่อนไขและข้อจำกัดของหอกลั่นนั้นๆ โดยการที่เราจะกลั่นเอทานอลให้ได้ความบริสุทธิ์สูงๆ เราจำเป็นต้องศึกษาปัจจัยต่างๆเช่น อุณหภูมิ ความดัน ในช่วงที่จะได้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุด เพื่อเก็บเป็นข้อมูลในการเป็นปรุงให้หอกลั่นมีประสิทธภาพมากขึ้นต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1. เพื่อให้เข้าใจถึงระบบกระบวนการกลั่นเอทานอล
2. เพื่อทำการศึกษาความดันในหม้อต้มที่มีผลต่อการกลั่นตัวของเอทานอล
3. เพื่อทำการศึกษาอุณหภูมิในหม้อต้มที่มีผลต่อการกลั่นตัวของเอทานอล

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

โครงงานนี้เป็นโครงงานที่ศึกษาอุณหภูมิและความดันของหม้อต้มที่ส่งผลต่อการกลั่นของหอกลั่นเอทานอล โดยการกำหนดความดันต่างๆและอุณหภูมิที่ทำให้หอกลั่นกลั่นเอทานอลได้มีประสิทธิภาพดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงานพิเศษ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบกระบวนการกลั่นเอทานอล
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับช่วงอุณหภูมิในหอกลั่นที่เอทานอลเริ่มกลั่นตัว
3. สามารถนำความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการกลั่นเอทานอลไปใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

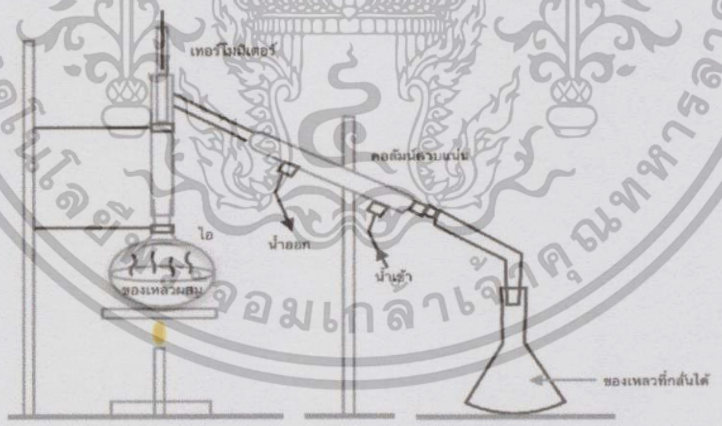
2.1 การกลั่น (Distillation)

การกลั่น หมายถึง วิธีในการแยกสารผสมแบบหนึ่งโดยใช้ความร้อนเข้าไปในสารผสมที่ไม่บริสุทธิ์ สารแต่ละตัวจะมีคุณสมบัติจุดเดือดต่างกัน ซึ่งเมื่อกลั่นแล้วจะระเหยออกมาเป็นไอแล้วจะเข้าไปในคอนเดนเซอร์จะมีน้ำผ่านเกิดการควบแน่นกลับลงมาเป็นของเหลวอีกครั้งแล้วเราก็นำสารที่เรากลั่นได้มาตรวจสอบวิธีนี้ใช้ในอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและอุตสาหกรรมอื่นๆอีกมากมาย

2.1.1 ประเภทการกลั่น

2.1.1.1 การกลั่นแบบธรรมดา (normal distillation)

การกลั่นเป็นเป็นการแยกของเหลวที่สามารถระเหยได้ ซึ่งมีองค์ประกอบตั้งแต่ 2 ขึ้นไป การกลั่นแบบธรรมดาเหมาะสมสำหรับใช้กลั่นของผสมในของเหลวที่มี จุดเดือน (boiling point) แตกต่างกันมากๆ

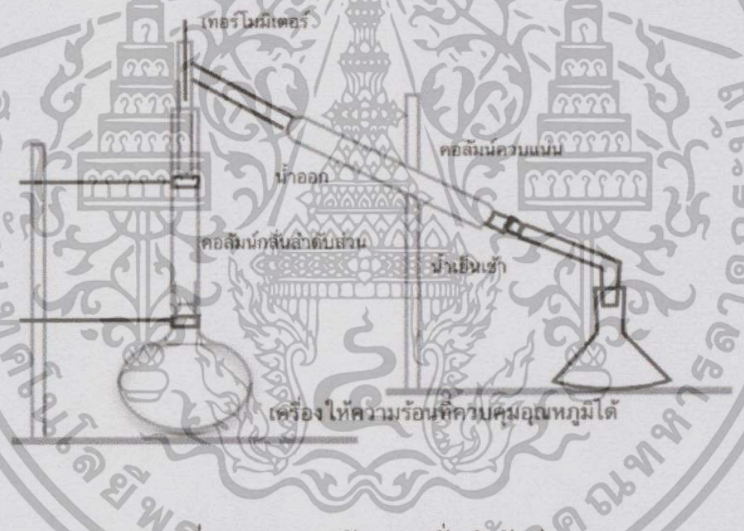


รูปที่ 2.1 แสดงการกลั่นแบบธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 การกลั่นลำดับส่วน (fractional distillation)

การกลั่นลำดับส่วนเป็นวิธีการแยกของเหลวที่สามารถระเหยได้ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป มีหลักการเช่นเดียวกันกับการกลั่นแบบธรรมดา คือเพื่อต้องการแยกองค์ประกอบในสารละลายให้ออกจากกัน แต่ก็จะมีส่วนที่แตกต่างจากการกลั่นแบบธรรมดา คือ การกลั่นแบบกลั่นลำดับส่วนเหมาะสำหรับใช้กลั่นของเหลวที่เป็นองค์ประกอบของสารละลายที่จุดเดือดต่างกันน้อยๆ ในขั้นตอนของกระบวนการกลั่นลำดับส่วน จะเป็นการนำไอของแต่ละส่วนไปควบแน่น แล้วนำไปกลั่นซ้ำและควบแน่นไอเรื่อย ๆ ซึ่งเทียบได้กับเป็นการการกลั่นแบบธรรมดาหลาย ๆ ครั้งนั่นเอง ความแตกต่างของการกลั่นลำดับส่วนกับการกลั่นแบบธรรมดา จะอยู่ที่คอลัมน์ โดยคอลัมน์ของการกลั่นลำดับส่วนจะมีลักษณะเป็นชั้นซับซ้อน เป็นชั้นๆ ในขณะที่คอลัมน์แบบธรรมดาจะเป็นคอลัมน์ธรรมดา ไม่มีความซับซ้อนของคอลัมน์



รูปที่ 2.2 แสดงหลักการกลั่นลำดับส่วน

2.2 ความดันไอกับจุดเดือดของของเหลว

เมื่อบรรจุของเหลวในภาชนะเปิดและตั้งทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง ของเหลวจะระเหยกลาย เป็นไอไปได้เรื่อย ๆ แต่ถ้าบรรจุของเหลวในภาชนะปิด ณ อุณหภูมิเดียวกัน โมเลกุลของของเหลวที่ระเหยกลายเป็นไอจะยังคงอยู่ในที่ว่างเหนือของเหลว โมเลกุลที่อยู่ในรูปของไอจะเกิดการชนกันเองหรือชนผนังภาชนะ การที่โมเลกุลของไอจำนวนมากชนกับผนังภาชนะตลอดเวลาทำให้เกิดแรงกระทำต่อภาชนะ หรือมีความดันเกิดขึ้นในภาชนะ ในขณะที่ของเหลวกลายเป็นไอ ปริมาตรของของเหลวจะลดลง แต่ปริมาตรของไอจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้ความดันของไอเหนือของเหลวเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

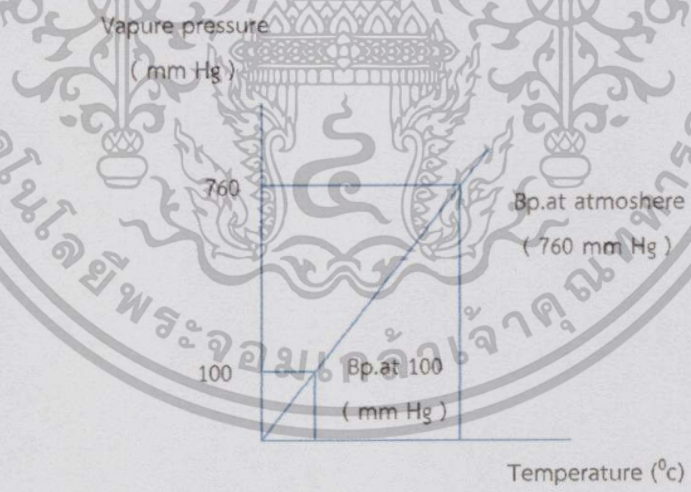
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไฟล์นี้ไปเผยแพร่ต่อในทุกรูปแบบ

ในขณะเดียวกันไอบางส่วนก็จะเปลี่ยนสถานะกลับเป็นของเหลวได้อีก ในตอนเริ่มต้นอัตราการเปลี่ยนจากไอเป็นของเหลวจะช้า แต่จะมีอัตราเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อจำนวนโมเลกุลของไอเพิ่มขึ้นมากขึ้น การเปลี่ยนสถานะกลับไปมาระหว่างของเหลวกับไอเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งอัตราการเปลี่ยนจากของเหลวเป็นไอเท่ากับอัตราการเปลี่ยนจากไอเป็นของเหลว ซึ่งเป็นผลทำให้จำนวนโมเลกุลที่กลายเป็นไอเท่ากับจำนวนโมเลกุลที่ควบแน่นเป็นของเหลว ซึ่งขณะนี้ปริมาตรและความดันไอของของเหลวจะคงที่ ความดันของไอเหนือของเหลวขณะที่มีอัตราการระเหยเท่ากับอัตราการควบแน่นนี้เรียกว่า ความดันไอของของเหลว (Vapour pressure)

2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกลั่นตัวของเอทานอล

1. จุดเดือด(Boiling point)

จุดเดือดคือ อุณหภูมิที่ความดันไอของสารเท่ากับความดันบรรยากาศที่อยู่เหนือสารนั้น โดยที่ของเหลวเมื่อถูกความร้อน ความดันไอของของเหลวจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งเท่ากับความดันบรรยากาศ ณ จุดนี้ของเหลวจะเดือด โดยปกติจุดเดือดมาตรฐานจะวัดกันที่ความดัน 1 บรรยากาศ (760 mmHg) ซึ่งถ้าทำการทดลองหาจุดเดือดของสารในที่มีความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศปกติ จุดเดือดของสารก็จะต่ำลงด้วย (ดังรูป 2.3)



รูป 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดของสารกับความดันบรรยากาศ

เนื่องจากจุดเดือดของสารเกี่ยวข้องกับความดันบรรยากาศ จึงต้องวัดค่าความดันบรรยากาศด้วยเสมอ เมื่อทำการกลั่นในสถานที่สูงหรือต่ำกว่าระดับน้ำทะเล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อทำการกลั่นภายใต้ความดันบรรยากาศ จุดของของเหลวหลายชนิดจะลดลงประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส เมื่อความดันบรรยากาศลดลง 10 mmHg ในบริเวณที่ความดันใกล้เคียงกับ 760 mmHg แต่ถ้าที่ความดันต่ำลง เมื่อลดความดันบรรยากาศลงทุกครึ่งหนึ่งของความดันทั้งหมด จะทำให้จุดเดือดของสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลง 10 องศาเซลเซียส เช่น ถ้าจุดเดือดของของเหลวชนิดหนึ่งมีค่าเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 10 mmHg เมื่อลดความดันบรรยากาศลงเหลือ 5 mmHg สารนั้นจะมีจุดเดือดที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

2. ความดัน

ความดัน คือแรงกระทำในทิศตั้งฉากของของไหลต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ในของแข็ง (Solid) จะใช้คำแทนความดันว่า ความเค้น(Stress) ซึ่งหมายถึง แรงต่อหน่วยพื้นที่ความดันของของไหลที่หยุดนิ่งจะเท่ากันทุกทิศทางของเหลวความดันจะเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกความดันของก๊าซเราอาจจะพิจารณาว่าความดันคงที่เพราะน้ำหนักของก๊าซจะน้อยจนกระทั่งไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของความดัน

ความดันที่แท้จริงของระบบคือ ความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure, P_{abs}) เป็นความดันจริงๆ โดยนับค่าความดันเทียบกับความดันที่สภาวะสุญญากาศสัมบูรณ์หรือค่าที่ไม่มีความดันเลย ซึ่งไม่มีโมเลกุลอยู่เลยจึงมีค่าความดันเท่ากับศูนย์ ความดันเกจ (Gage Pressure, P_{gage}) เป็นค่าความดันที่อ่านจากมาตรวัดความดัน ซึ่งส่วนมากจะวัดความดันนั้นเทียบกับความดันบรรยากาศ ความดันสุญญากาศ (Vacuum Pressure, P_{vac}) คล้ายกับความดันเกจแต่จะใช้ในกรณีที่ความดันที่วัดนั้นต่ำกว่าความดันบรรยากาศเท่านั้น ค่าความดันเหล่านี้มีความสัมพันธ์กันดังนี้

ความดันบรรยากาศ

ความดันเกจ = ความดันสัมบูรณ์ – ความดันบรรยากาศ

$$P_{gage} = P_{abs} - P_{atm} \quad (2.1)$$

ความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ

ความดันสุญญากาศ = ความดันบรรยากาศ – ความดันสัมบูรณ์

$$P_{vac} = P_{atm} - P_{abs} \quad (2.2)$$

3. ความร้อน และ อุณหภูมิ

สสารทั้งหลายประกอบด้วย อะตอมรวมตัวกันเป็นโมเลกุล การเคลื่อนที่ของอะตอม หรือการสั่นของโมเลกุล ทำให้เกิดรูปแบบของพลังงานจลน์ ซึ่งเรียกว่า “ความร้อน” (Heat) เราพิจารณาพลังงานความร้อน (Heat energy) จากพลังงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของอะตอมหรือโมเลกุลทั้งหมดของสสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (Temperature) หมายถึง การวัดค่าเฉลี่ยของพลังงานจลน์ซึ่งเกิดขึ้นจากอะตอมแต่ละตัว หรือแต่ละโมเลกุลของสสาร เมื่อเราใส่พลังงานความร้อนให้กับสสาร อะตอมของมันจะเคลื่อนที่เร็วขึ้น ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น แต่เมื่อเราลดพลังงานความร้อน อะตอมของสสารจะเคลื่อนที่ช้าลง ทำให้อุณหภูมิลดต่ำลง

หากเราต้มน้ำด้วยถ้วยและหม้อบนเตาเดียวกัน จะเห็นได้ว่าน้ำในถ้วยจะมีอุณหภูมิสูงกว่า แต่จะมีพลังงานความร้อนน้อยกว่าในหม้อ เนื่องจากปริมาณความร้อนขึ้นอยู่กับมวลทั้งหมดของสสาร แต่อุณหภูมิเป็นเพียงค่าเฉลี่ยของพลังงานในแต่ละอะตอม ดังนั้นบรรยากาศชั้นบนของโลก (ชั้นเทอร์โมสเฟียร์) จึงมีอุณหภูมิสูง แต่มีพลังงานความร้อนน้อย เนื่องจากมีมวลอากาศอยู่อย่างเบาบาง

2.4 กระบวนการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารบริสุทธิ์

สารทำงานที่ใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสถานะ คือ น้ำ สำหรับสารทำงานชนิดอื่นจะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะในลักษณะที่คล้ายคลึงกับน้ำ ดังนั้นจึงสามารถใช้แนวคิดที่ได้จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำ ในการทำความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารทำงานชนิดอื่นๆได้ เริ่มต้นด้วยการพิจารณาน้ำที่อยู่ภายใต้ความดัน 1 บรรยากาศ (atm) และมีอุณหภูมิน้อยกว่า 100 องศาเซลเซียส ที่บรรจุอยู่ในกระบอกสูบที่ไม่มีความเสียดทานระหว่างผิวลูกสูบกับผนังของลูกสูบ เมื่อมีการให้ความร้อนแก่น้ำที่อยู่ในสถานะดังกล่าว จะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำตามกระบวนการความดันคงที่

1.) ในสภาวะเริ่มต้นที่น้ำอยู่ภายใต้ความดัน 1 บรรยากาศ atm และมีอุณหภูมิน้อยกว่า 100 องศาเซลเซียส น้ำในสภาวะนี้จะมีสถานะเป็นของเหลวซึ่งเรียกว่า ของเหลวอัด (Compressed - Liquid) ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ก)

2.) เมื่อมีการให้ความร้อนแก่น้ำที่อยู่ในสถานะของเหลวอัดตามกระบวนการความดันคงที่จนกระทั่งอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 100 องศาเซลเซียส น้ำที่สภาวะนี้จะมีสถานะเป็นของเหลวที่อยู่ในสภาพที่พร้อมจะกลายเป็นไอได้ทันทีได้รับความร้อนเพิ่ม ของเหลวที่สภาวะนี้เรียกว่า ของเหลวอิ่มตัว (Saturated Liquid) ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ข)

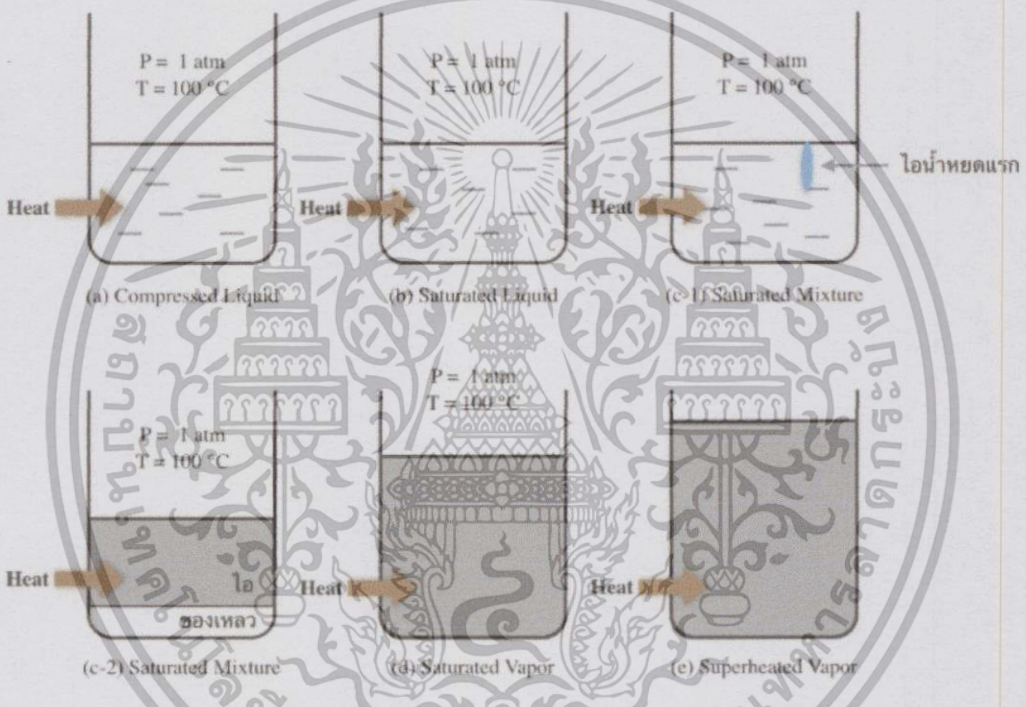
3.) เมื่อมีการให้ความร้อนแก่น้ำที่มีสถานะเป็นของเหลวอิ่มตัวจะเห็นว่าของเหลวดังกล่าวเริ่มมีการระเหยเป็นไอ เมื่อมีไอน้ำหยดแรกเกิดขึ้น ภายในระบบจะประกอบด้วย 2 สถานะ คือ ของเหลวและไอน้ำในลักษณะนี้เรียกว่าของผสมของเหลว-ไออิ่มตัวหรือของผสมอิ่มตัว (Saturated Liquid-Vapor Mixture or Saturated Mixture) ดังแสดงในรูปที่ 2.4(ค) และเมื่อมีการถ่ายโอนความร้อนให้แก่ระบบเพิ่มขึ้นในระหว่างนี้จะสังเกตเห็นว่าน้ำที่เป็นของเหลวจะมีปริมาณลดลงในขณะที่ปริมาณของไอเพิ่มขึ้น และในระหว่างที่น้ำมีการเปลี่ยนแปลงสถานะจะพบว่าอุณหภูมิและความดันภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบจะคงที่ แต่ปริมาตรจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก เนื่องจากน้ำมีการขยายตัวในระหว่างกระบวนการระเหยเป็นไอ

4.) เมื่อของเหลวหยดสุดท้ายเกิดการระเหยเป็นไอดังแสดงในรูปที่ 2.4(ง) จะเรียกไอน้ำที่อยู่ในภาชนะว่าเป็นไออิ่มตัว (Saturated Vapor) ซึ่งไอน้ำที่สภาวะนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นของเหลวได้ทันที เมื่อมีการสูญเสียความร้อนออกจากระบบ

5.) ถ้ามีการถ่ายโอนความร้อนให้แก่ไอน้ำที่มีสถานะเป็นไออิ่มตัว อุณหภูมิภายในระบบจะสูงขึ้นเหนือสภาวะอิ่มตัวและปริมาตรจำเพาะจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างมาก ไอน้ำที่มีสถานะเหนือจุดอิ่มตัวขึ้นไปนี้ จะเรียกว่าเป็นไอร้อนยวดยิ่ง หรือไอดง (Superheated Vapor) ดังแสดงในรูปที่2.4(จ)



รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ความเข้มข้นของสารละลาย (Concentration of solution)

ความเข้มข้นของสารละลาย คือค่าที่แสดงสัดส่วนของตัวถูกละลายและตัวทำละลายในสารละลาย หน่วยความเข้มข้นของสารละลายมีหลายประเภท โดยสามารถคำนวณเปลี่ยนจากหน่วยความเข้มข้นจากหน่วยหนึ่งไปเป็นอีกหน่วยหนึ่งได้โดยการเทียบบัญญัติไตรยางศ์ ในกรณีที่สารละลายไม่ได้ระบุชนิดของตัวทำละลาย โดยคิดว่าตัวทำละลายคือน้ำ (H_2O)

หน่วยความเข้มข้นของสารละลายที่สำคัญมีดังนี้

ร้อยละของตัวถูกละลาย เป็นหน่วยที่แสดงปริมาณของตัวถูกละลายในสารละลาย 100 ส่วน มี 3 แบบ ได้แก่

1) ร้อยละโดยมวล (%wt) หมายถึงมวลของตัวถูกละลายในสารละลาย 100 หน่วยมวลเดียวกัน เช่น น้ำเกลือเข้มข้น 10 %wt หมายถึงในสารละสาย 100 g มีเกลือละลายอยู่ 10 g ร้อยละโดย มวลสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{ร้อยละโดยมวล} = \frac{\text{มวลของตัวถูกละลาย (g)}}{\text{มวลของสารละลาย (g)}} \times 100$$

2) ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (%v) หมายถึงปริมาตรของตัวถูกละลายในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร เดียวกัน นิยมใช้กับสารละลายที่มีตัวถูกละลายและตัวทำละลายเป็นของเหลวทั้งคู่เช่น สารละลายเอทานอลเข้มข้น 20 %v หมายถึงในสารละลาย 100 cm^3 มีเอทานอลละลายอยู่ 20 cm^3 หน่วยร้อยละโดยปริมาตร โดยคำนวณได้จาก

$$\text{ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร} = \frac{\text{มวลของตัวถูกละลาย (g)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย } (cm^3)} \times 100$$

3) ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร (%wt/v) หมายถึงมวลของตัวถูกละลายเป็นกรัมในสารละลาย 100 cm^3 นิยมใช้กับสารละลายที่มีตัวถูกละลายเป็นของแข็งและตัวทาละลายเป็นของเหลว เช่น น้ำเชื่อมเข้มข้น 15 %wt/v หมายถึงในสารละลาย 100 cm^3 มีน้ำตาลละลายอยู่ 15 g หน่วยร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร} = \frac{\text{ปริมาตรของตัวถูกละลาย (g)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย } (cm^3)} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้น หรือ การเจือจางสารละลาย

สารละลายเข้มข้น (Stock solution) คือสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง ใช้เตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าโดยการเจือจางสารละลาย (Dilution) การเตรียมสารละลายในลักษณะนี้ค่อนข้างสะดวกเนื่องจากไม่จำเป็นต้องชั่งสารเพื่อมาละลายตั้งแต่ต้น ในการเจือจางสารละลายต้องจำไว้ว่าเป็นการเติมตัวทำละลายลงไปเพิ่มแต่จำนวนโมลของตัวถูกละลายเท่าเดิม ดังนั้นในการคำนวณจึงยึดหลักที่ว่า จำนวนโมลของตัวถูกละลายก่อนเจือจาง เท่ากับ จำนวนโมลของตัวถูกละลายหลังเจือจาง จากหลักดังกล่าว ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$C_1V_2 = C_2V_2 \qquad (2.3)$$

เมื่อ

C_1 และ C_2 = ความเข้มข้นของสารละลายก่อนเจือจางและหลังเจือจางตามลำดับ (หน่วยความเข้มข้นเดียวกัน)

V_1 และ V_2 = ปริมาตรของสารละลายก่อนเจือจางและหลังเจือจางตามลาดับ (หน่วยปริมาตรเดียวกัน)

2.7 กฎของเบียร์และแลมเบิร์ต (Beer-Lambert law)

กฎของแลมเบิร์ต (Lambert's law) มีใจความว่า

"เมื่อมีแสงที่มีความยาวคลื่นเดียว (monochromatic light) ผ่านตัวกลางเนื้อเดียว สัดส่วนของความเข้มข้นของแสงที่ถูกตัวกลางนั้นดูดกลืนไว้ ไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงที่ตกกระทบตัวกลางนั้น และความเข้มข้นของแสงจะถูกแต่ละชั้นของตัวกลางดูดกลืนไว้ในสัดส่วนที่เท่ากัน"

กฎของเบียร์ (Beer's law) มีใจความว่า

"เมื่อแสงที่มีความยาวคลื่นเดี่ยวผ่านตัวกลางเนื้อเดียว สัดส่วนของความเข้มของแสงที่ถูกตัวกลางนั้นดูดกลืนไว้จะแปรผันโดยตรงกับปริมาณของตัวกลางที่ดูดกลืนแสงนั้น"

เมื่อเราวัดการดูดกลืนแสงของสารละลาย ปริมาณความเข้มข้นของแสงที่ถูกดูดกลืนจะขึ้นอยู่กับทั้งความเข้มข้นของสารละลายและความหนาของสารละลายที่ลำแสงต้องผ่าน จึงจำเป็นต้องรวมกฎของเบียร์และกฎของแลมเบิร์ต เรียกเป็น กฎของเบียร์-แลมเบิร์ต (Beer-Lambert law)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างเราสามารถทำได้โดยให้ลำแสงผ่านเข้าไปในตัวอย่าง (Incident light: I_0) แล้ววัดปริมาณแสงที่เหลือผ่านออกมา (I) โดยเทียบกับแสงที่ผ่านออกมาเมื่อไม่มีสารตัวอย่าง

2.8 ความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้น (absorbance and concentration)

ค่าการดูดกลืนแสงของสารมีความสำคัญอย่างยิ่งในเชิงปริมาณวิเคราะห์เนื่องจากค่าการดูดกลืนจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นตามกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต (Beer-Lambert law) ดังสมการ

$$A = \varepsilon cl \qquad (2.4)$$

เมื่อ A = ค่าการดูดกลืนแสงของสาร (absorbance)

ε = เป็นสมบัติจำเพาะของสารที่ดูดกลืนและวัดที่ความยาวค่าหนึ่ง เรียกว่า molar absorptivity ($L\ mol^{-1}\ cm^{-1}$)

l = ระยะทางที่แสงผ่านตัวอย่าง หรือความกว้างของเซลล์นั่นเอง (cm)

c = ความเข้มข้นเป็น โมล/ลิตร หรือโมลาร์ (M)

ถ้าความเข้มข้นของสารอยู่ในหน่วยอื่นจะเขียนสมการเป็น

$$A = acl \qquad (2.5)$$

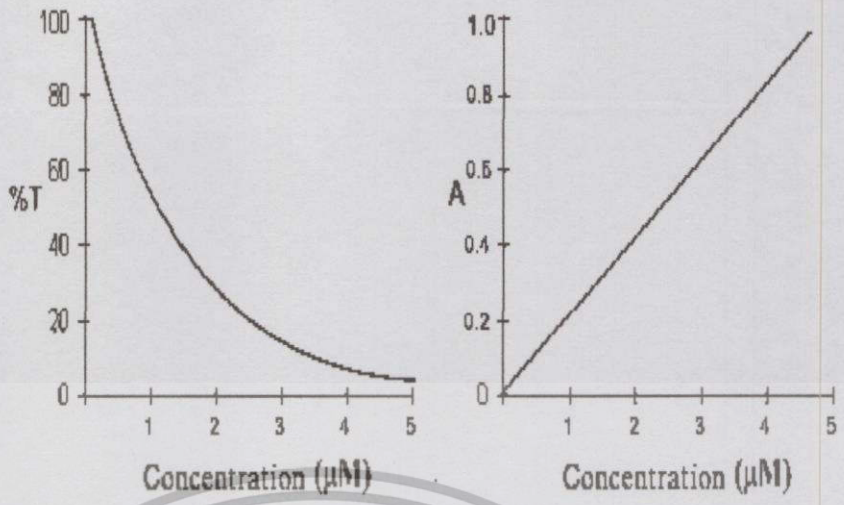
เมื่อ a = absorptivity ซึ่งเป็นค่าคงที่ขึ้นกับชนิดของสารและความยาวคลื่น

A = ค่าการดูดกลืนแสงของสาร (absorbance)

l = ระยะทางที่แสงผ่านตัวอย่าง หรือความกว้างของเซลล์นั่นเอง (cm)

c = ความเข้มข้นเป็น โมล/ลิตร หรือโมลาร์ (M)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับ %T และ absorbance

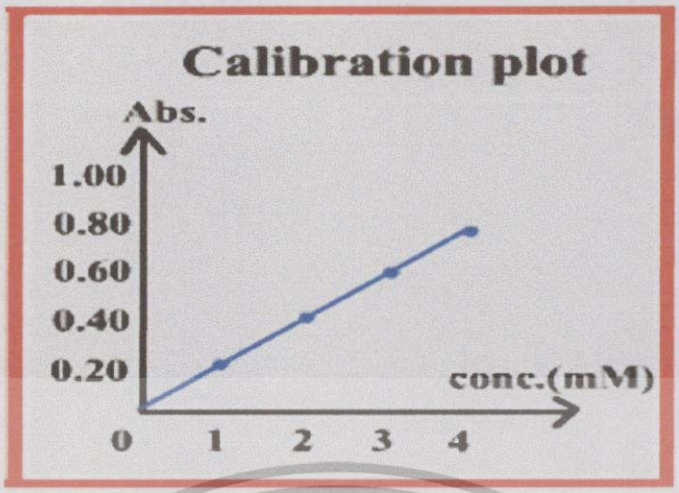
2.9 กราฟความเข้มข้นมาตรฐาน (calibration curve)

เราทราบแล้วว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารมีความสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นของสารหรือปริมาณของเนื้อสารนั้นตามกฎของเบียร์และแลมเบิร์ต ดังนั้นถ้าเรานำความสัมพันธ์นี้มาสร้างกราฟและได้ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงเราจะเรียกกราฟนี้ว่ากราฟความเข้มข้นมาตรฐาน (calibration - curve)

กราฟความเข้มข้นมาตรฐานนี้มีประโยชน์มากในเชิงปริมาณวิเคราะห์ เพราะสามารถใช้เทียบเพื่อหาความเข้มข้นของสารที่ไม่ทราบค่าได้ โดยที่สารที่ไม่ทราบค่าความเข้มข้นนั้นจะต้องอยู่ในช่วงความเข้มข้นมาตรฐานที่ทราบค่าแล้ว และเส้นกราฟความเข้มข้นมาตรฐานจะต้องเป็นเส้นตรงเสมอ

วิธีการสร้างกราฟความเข้มข้นมาตรฐาน คือ นำสารละลายมาตรฐาน (standard solution) ที่ทราบค่าความเข้มข้นที่แน่นอนอย่างน้อย 3-4 ความเข้มข้น มาวัดค่าการดูดกลืนแสง จากนั้นก็นำความสัมพันธ์ที่ได้ไปสร้างกราฟ ส่วนความเข้มข้นที่ไม่ทราบค่าก็นำไปวัดค่าการดูดกลืนเช่นเดียวกัน แล้วนำค่าการดูดกลืนนั้นไปเทียบกับกราฟความเข้มข้นมาตรฐานหรือคำนวณจากสมการเชิงเส้นของกราฟความเข้มข้นมาตรฐานเพื่อย้อนกลับมาเป็นความเข้มข้น เราก็จะทราบค่าความเข้มข้นของสารนั้นได้ รูปที่ 2.6 แสดงกราฟความเข้มข้นมาตรฐาน

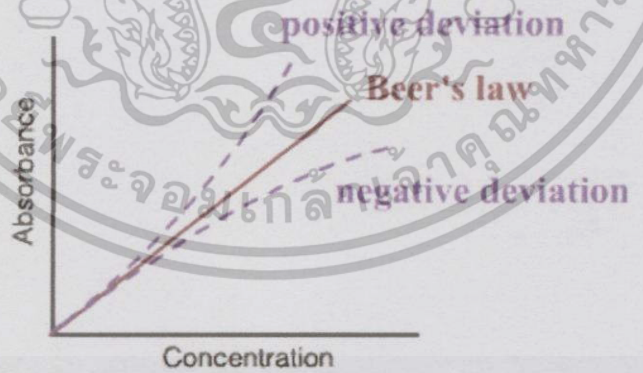
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงการสร้างกราฟมาตรฐาน

2.10 การเบี่ยงเบนจากกฎของเบียร์ (deviation from Beer's law)

เราทราบมาแล้วจากกฎของเบียร์ว่าค่าการดูดกลืนจะแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้น ดังนั้น เมื่อเราพล็อตกราฟระหว่างค่าการดูดกลืน (A) กับความเข้มข้น (c) เมื่อความหนาของเซลล์คงที่ จะได้กราฟเส้นตรง แต่ในบางครั้งพบว่าอาจจะเกิดการเบี่ยงเบนได้ความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งอาจเป็นการเบี่ยงเบนในเชิงบวก (positive deviation) คือค่าการดูดกลืนให้แนวโน้มสูงกว่าปกติ ทำให้กราฟที่ได้โค้งขึ้น หรือเป็นการเบี่ยงเบนเชิงลบ (negative deviation) คือค่าการดูดกลืนมีแนวโน้มต่ำลงทำให้กราฟโค้งลง



รูปที่ 2.7 แสดงการเบี่ยงเบนที่ไม่เป็นไปตามกฎของเบียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

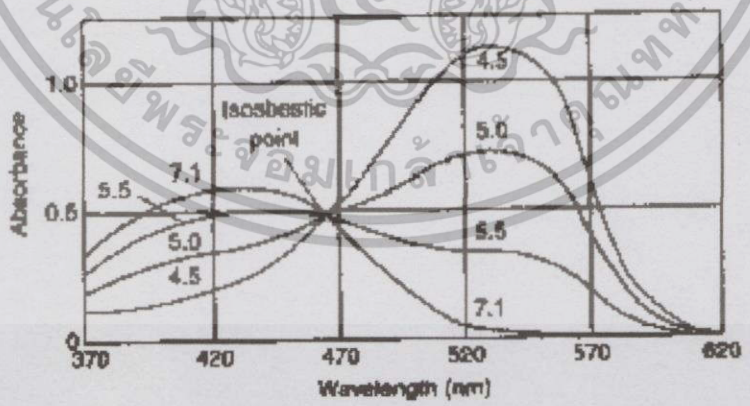
ซึ่งการเบี่ยงเบนดังกล่าวมาจากสาเหตุหลัก 2 ประการ ได้แก่

2.10.1 การเบี่ยงเบนทางเคมี (chemical deviation)

เกิดจากสารที่ต้องการวิเคราะห์เกิดการสลายตัว การรวมตัว หรือทำปฏิกิริยากับตัวทำละลาย แล้วกลายเป็นสารตัวอื่นที่ให้absorption spectrum ต่างจากสารที่ต้องการจะวิเคราะห์ ทำให้ผลเบี่ยงเบนออกจากกฎของเบียร์ ยกตัวอย่างเช่น การรวมตัวกันของโมเลกุล ทำให้การดูดกลืนแสงต่อโมเลกุลลดลง ดังนั้นจึงเกิดการเบี่ยงเบนเชิงลบ

บ่อยครั้งที่การวัดค่าการดูดกลืนเกิดขึ้นในขณะที่สารนั้นสามารถอยู่ในรูปร่างที่ดูดกลืนแสงได้หลายความยาวคลื่น เช่น methyl red ซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์ (indicator) ชนิดหนึ่ง สามารถเปลี่ยนรูปร่างเป็น HIn (สีแดง) และ In^- (สีเหลือง) ได้ในช่วง pH 5.1

จากรูปที่ 2.8 สเปกตรัมของ methyl red ในช่วง pH ระหว่าง 4.5-7.1 จะเห็นว่า methyl red มีพีคการดูดกลืน 2 พีคคือ ที่ประมาณ 530 nm เป็นพีคการดูดกลืนของ HIn ส่วนที่ประมาณ 410 nm เป็นของ In^- อย่างไรก็ตาม สเปกตรัมที่ทุกๆ สภาวะจะมีจุดตัดร่วมซึ่งเราเรียกว่า Isosbestic point ซึ่งเป็นจุดที่ methyl red ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ดังนั้นเราสามารถเลือกใช้ความยาวคลื่นที่จุดนี้สำหรับการวัดค่าการดูดกลืน ซึ่งจะทำให้หมดปัญหาเรื่องการรบกวนจากการเปลี่ยนรูปร่าง ถ้าต้องการเลือกใช้ที่ความยาวคลื่นอื่นๆ เรามีความจำเป็นต้องควบคุม pH ให้คงที่โดยการใช้บัฟเฟอร์ เพื่อให้การเปลี่ยนรูปร่างของสารคงที่ตลอดเวลา



รูปที่ 2.8 isosbestic point ของ methyl red

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

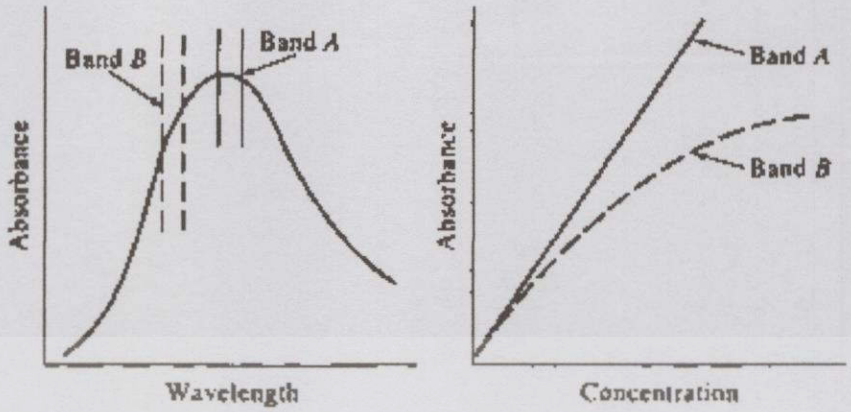
2.10.2 การเบี่ยงเบนจากเครื่องมือ (instrumental deviation)

ความไม่แม่นยำของเครื่องมือวัด ในทางปฏิบัติพบว่าการวัดค่าการดูดกลืนของสารให้มีค่าอยู่ในช่วง A = 0.1-1.0 จะมีความคลาดเคลื่อนของการวัดความเข้มข้นน้อยมาก ประมาณ 1-2% ดังนั้นในปฏิบัติการจริงจะมีการปรับความเข้มข้นของสารละลายให้อยู่ในช่วง A = 0.1-1.0 ถ้าค่าการดูดกลืน อยู่ในช่วงที่มากกว่า หรือน้อยกว่านี้แสงที่ผ่านออกมายังเครื่องตรวจวัดจะน้อยหรือมากเกินไป ดังนั้นความคลาดเคลื่อนจึงมีสูง

รูปที่ 2.9 เปอร์เซนต์ความเข้มข้นที่คลาดเคลื่อน (% error in concentration) อันเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าการดูดกลืน (absorbance) ของเครื่องมือ

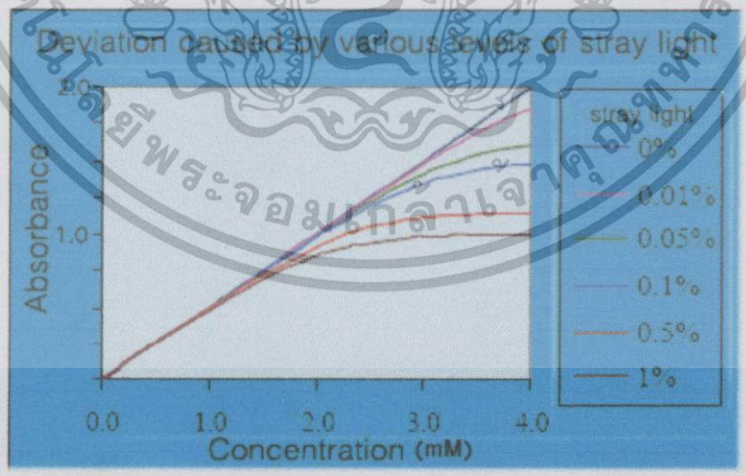
แสงที่มีหลายความยาวคลื่น (Polychromatic light) จากกฎของเบียร์อนุมานว่า ความยาวคลื่นที่ผ่านสารละลายเป็นความยาวคลื่นเดี่ยว แต่ในทางปฏิบัติ ตัวแยกความยาวคลื่น (Monochromator) อาจแยกความยาวคลื่นให้เป็นคลื่นเดี่ยวไม่ได้ มีความยาวคลื่นอื่นปนมาด้วย ดังนั้นการวัดค่าการดูดกลืน อาจคลาดเคลื่อนได้ ถ้าความยาวคลื่นอื่นที่ปนมามีค่า molar (ε) ของสารเปลี่ยนแปลงไปจากความยาวคลื่นที่เราเลือกมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 ผลของแสงที่มีหลายความยาวคลื่นต่อการเบี่ยงเบนจากกฎของเบียร์

คลื่นแสงรบกวน (Stray light) คือการรบกวนของความยาวคลื่นที่เราไม่ได้เลือกผ่านเข้าไปตกกระทบบนตัวตรวจจับสัญญาณ (Detector) อาจเกิดจากการกระเจิงแสง (Scattering) หรือการสะท้อน (Reflection) หลายๆ ครั้งบนผิวของเกรตติ้งเลนส์ หรือฟิลเตอร์ เป็นต้น ผลของแสงรบกวนทำให้ค่าการดูดกลืนลดลง โดยเฉพาะที่ความเข้มข้นสูงๆ ถ้าค่าการดูดกลืนมีค่ามาก แสงที่ผ่านออกมาตกบนตัววัดมีน้อย ดังนั้นแสงรบกวนจึงส่งผลได้มากขึ้น ทำให้ได้กราฟที่ไม่เป็นเส้นตรง ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 อิทธิพลของคลื่นแสงรบกวน (stray light)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยมีขั้นตอนและวิธีทดลอง ดังนี้

3.1 วัดค่าความเข้มข้นของเอทานอล โดยใช้เครื่อง UV/vis spectrometer

3.2 การติดตั้งอุปกรณ์วัดและเครื่องมือวัดของระบบหอกลั่น

3.3 บันทึกค่าอุณหภูมิ ความดันและค่าความเข้มข้นของเอทานอล

3.1 วัดค่าความเข้มข้นของเอทานอลโดยใช้เครื่อง UV/vis spectrometer

รูปที่ 3.1 เครื่อง UV/vis Spectrometer

การทำ Calibration Curve ของเอทานอล

1. เตรียมเอทานอลความเข้มข้น 95% ให้มีความเข้มข้น ดังนี้ 1% , 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10% ตามลำดับ โดยเตรียมที่ปริมาตร 10 ml แสดงข้อมูลดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ความเข้มข้นโดยปริมาตรของเอทานอลสำหรับการวัดด้วยเครื่อง UV/visspectrometer

ลำดับตัวอย่างสารละลาย	ความเข้มข้นของสารละลายโดยปริมาตร	ปริมาตรของเอทานอล (ml)	ปริมาตรของน้ำกลั่น (ml)
1	1%	0.105	9.895
2	2%	0.210	9.790
3	3%	0.315	9.685
4	4%	0.421	9.579
5	5%	0.526	9.474
6	6%	0.631	9.369
7	7%	0.736	9.264
8	8%	0.842	9.158
9	9%	0.947	9.053
10	10%	1.050	8.950

2. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านกับความเข้มข้น
3. สร้างสมการ Calibration curve เพื่อใช้ในการสอบเทียบกับเอทานอลที่กลั่นได้จากการทดลอง

3.2 การติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือวัดของระบบหอกลั่นเอทานอล

3.2.1 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับกลั่นเอทานอล

1. เครื่องทำความร้อนขนาด 3500 วัตต์ (heater) พร้อมระบบควบคุมอุณหภูมิ 140-180 องศาเซลเซียส
2. เกจวัดความดัน ช่วงการวัด 2-4 บาร์
3. เครื่องวัดอัตราการไหล (Flow Rate Control) 1/2 L/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 สารละลายที่ใช้

1. เอทานอลความเข้มข้น 95%

เอทานอล (ethanol) หรือ เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) (สูตรเคมี C_2H_5OH) เป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งซึ่งเกิดจากการนำเอาพืชมาหมักเพื่อเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล จากนั้นจึงเปลี่ยนจากน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ โดยใช้เอนไซม์หรือกรดบางชนิดช่วยย่อย เมื่อทำให้เป็นแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ 95% โดยการกลั่น ส่วนใหญ่ผลิตจากพืช สองประเภทคือ พืชประเภทน้ำตาล เช่นอ้อย บีทรูท และพืชจำพวกแป้งเช่น มันสำปะหลังข้าว ข้าวโพด เป็นต้น เอทานอลมีความเป็นมลพิษต่ำเมื่อมีการรั่วไหลสู่ธรรมชาติ และเมื่อมีการเผาไหม้จะสามารถผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ คุณสมบัติของเอทานอลแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติทางกายภาพของเอทานอลบริสุทธิ์

สมบัติ	ค่า
สูตรโครงสร้าง	C_2H_5OH
ลักษณะทางกายภาพ	ของเหลวใสไม่มีสี
มวลโมเลกุล	46 mol^{-1}
จุดเดือด	78.4 ^0C
ความหนาแน่น	0.789 g/cm^3

2. น้ำกลั่น

น้ำกลั่น คือน้ำที่ระเหยกลายเป็นไอ เมื่อถูกความร้อน โดยที่สิ่งที่เจือปนอยู่ในน้ำจะไม่ระเหยไปพร้อมกับไอน้ำนั้น และเมื่อไอน้ำกระทบกับความเย็นก็จะเกิดการควบแน่นเปลี่ยนสถานะจากไอกลายเป็นหยดน้ำอีกครั้ง ดังนั้นน้ำที่ได้จากขบวนการกลั่นจึงเป็นน้ำบริสุทธิ์ ปราศจากการปนเปื้อน ซึ่งวัฏจักรดังกล่าวนี้ที่พบได้ในธรรมชาติก็คือ ขบวนการเกิดฝนนั่นเอง คุณสมบัติของน้ำกลั่นแสดงได้ดังตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำกลั่นบริสุทธิ์

สมบัติ	ค่า
สูตรโครงสร้าง	H_2O
ลักษณะทางกายภาพ	โปร่งใส
มวลโมเลกุล	18.02 g/mol
จุดเดือด	100 ^{0}C
ความหนาแน่น	1 g/cm3

3.3 เงื่อนไขในการทดลอง

1. การเตรียมสารละลายผสมของน้ำกับเอทานอล อัตราส่วน 2:1
2. เงื่อนไขการทดลอง แสดงดังตารางที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงเวลาเฉลี่ยต่ออุณหภูมิที่ความดัน 2-4 บาร์

อุณหภูมิ Heater (^{0}C)	ความดัน (Bar)	เวลา (นาที)			เวลาเฉลี่ย (นาที)
		การทดลองที่			
		1	2	3	
140	2				
	3				
	4				
160	2				
	3				
	4				
180	2				
	3				
	4				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยต่ออุณหภูมิที่ความดัน 2-4 บาร์

อุณหภูมิ Heater (^{0}C)	ความดัน (Bar)	ความเข้มข้น(%)			ความเข้มข้นเฉลี่ย (%)
		การทดลองที่			
		1	2	3	
140	2				
	3				
	4				
160	2				
	3				
	4				
180	2				
	3				
	4				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การทดลองในครั้งนี้เป็นการศึกษาและปรับปรุงประสิทธิภาพของหอกลั่น APL-1 ในการกลั่นเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นมากที่สุด ในที่นี้คือการคัดแยกเอทานอลออกจากน้ำ โดยใช้ช่วงอุณหภูมิที่ 140 - 180 องศาเซลเซียส และความดันที่ 2 – 4 บาร์

4.1 ผลการวิจัย

4.1.1 การสอบเทียบความเข้มข้นของเอทานอลโดยใช้ (Calibration Curve)

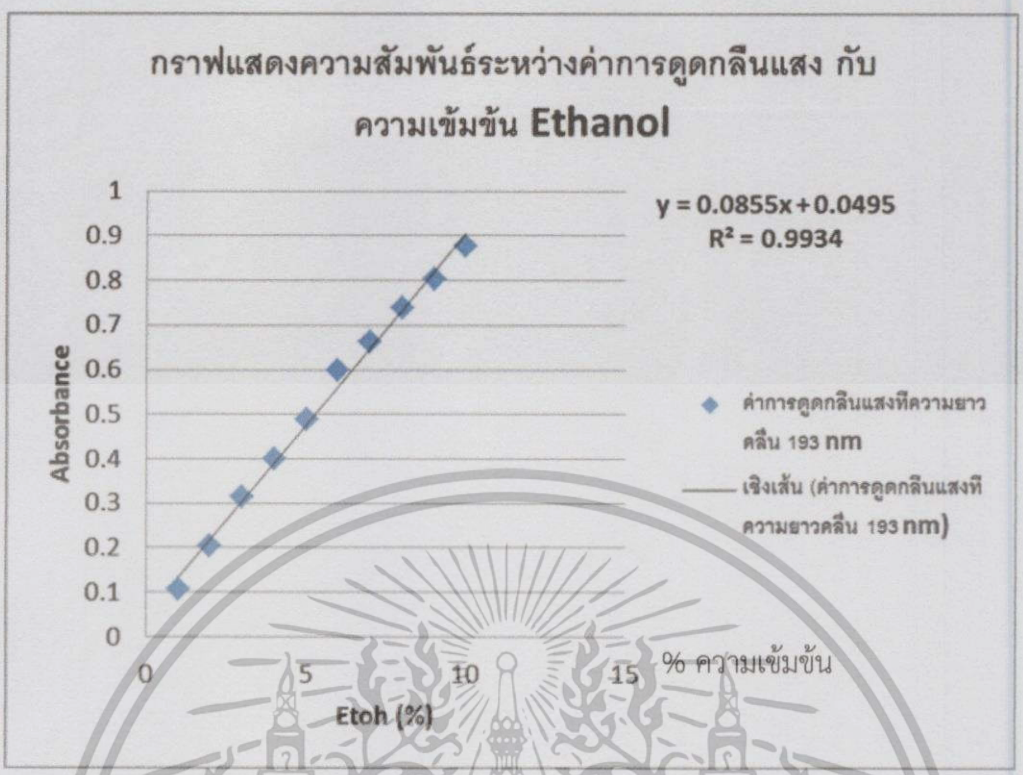
เตรียมความเข้มข้นของสารละลายผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำกลั่น โดยใช้เอทานอลที่มีความเข้มข้น 95% โดยทำการเจือจางความเข้มข้นลงมาจนอยู่ในช่วง 1 – 10 % และวัดการส่งผ่านส่องตัวกำเนิดแสงในเครื่อง UV – visible โดยทำการวัดตั้งแต่ 190 nm จนถึง 1000 nm โดยช่วงที่ slope มีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุดอยู่ในช่วงที่ 193 nm

ตารางที่ 4.1 ค่าการดูดกลืนแสงของเอทานอลที่ความเข้มข้น 1 - 10 %

Wavelength (nm)	EtoH (%)	Absorbance
193 nm	1	0.108
	2	0.205
	3	0.315
	4	0.401
	5	0.489
	6	0.599
	7	0.664
	8	0.738
	9	0.803
	10	0.876

จากตารางที่ 4.1 เมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงกับค่าความเข้มข้นมาสร้างสมการเส้นตรงก็จะออกมาดังรูป 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น193nm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2. ผลการทดลองการกลั่นเอทานอล

ตารางที่ 4.2 ตารางเวลาเฉลี่ยที่เอทานอลเริ่มกลั่นตัวออกมา

อุณหภูมิ Heater (^{0}C)	ความดัน (Bar)	เวลา (นาที)			เวลาเฉลี่ย (นาที)
		การทดลองที่			
		1	2	3	
140	2	10.4	10.3	9.5	10.1
	3	11.2	11.5	10.4	11.0
	4	12.3	12.6	11.1	12.0
160	2	14.3	14.1	13	13.8
	3	15.4	14.6	14.3	14.8
	4	16.1	16	15.8	16.0
180	2	19.2	18.6	19.1	19.0
	3	20.7	19.3	20.2	20.1
	4	22.1	21.5	21.4	21.7

จากการทดลองกลั่น พบว่าที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการทำให้ฮิตเตอร์ถึงอุณหภูมิน้อยที่สุด โดยเฉลี่ยที่ 4 บาร์ จะใช้เวลา 12 นาที ส่วน180 องศาเซลเซียส จะใช้เวลามากที่สุด โดยเฉลี่ยที่ 4 บาร์ จะใช้เวลา 21.7 นาที

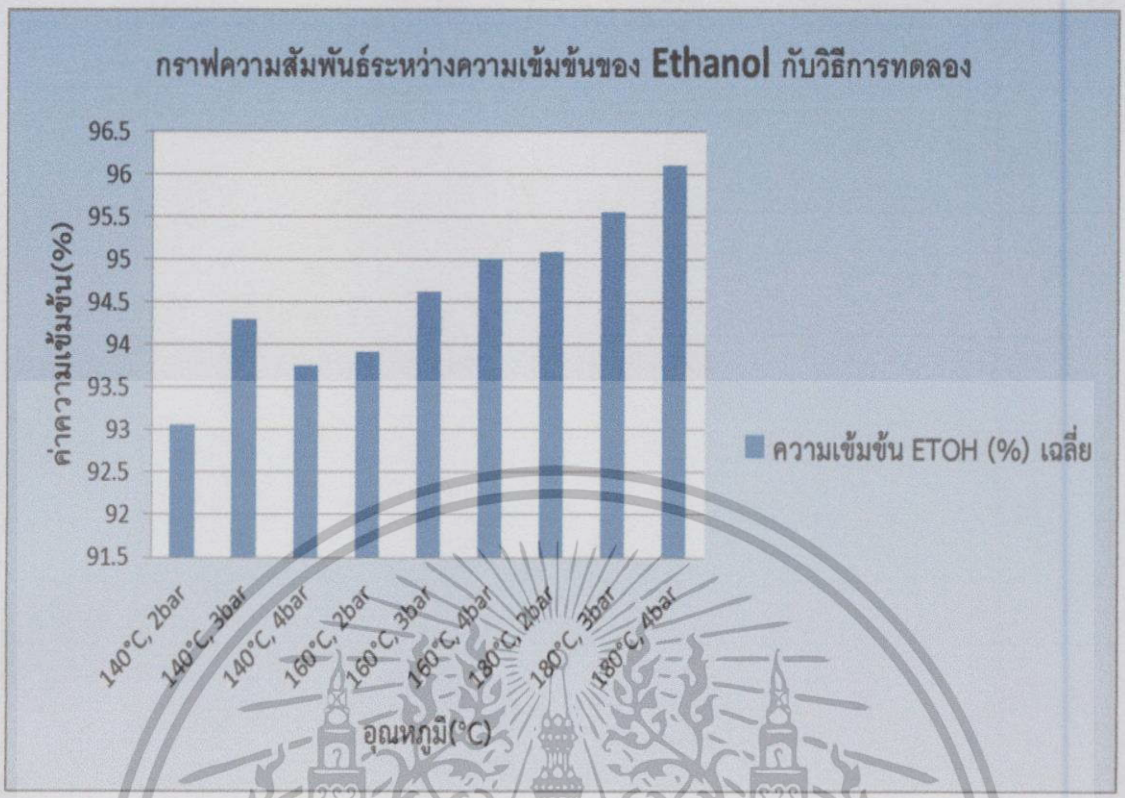
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ตารางความเข้มข้นเฉลี่ยความเข้มข้นที่ได้

อุณหภูมิ Heater (^{0}C)	ความดัน (Bar)	ความเข้มข้น (%)			ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น (%)
		การทดลองที่			
		1	2	3	
140	2	90.4	93.5	95.3	93.0
	3	90.9	95.8	96.3	94.3
	4	90.6	95.6	95.1	93.8
160	2	93.0	93.2	95.6	94.0
	3	94.9	93.2	95.8	94.6
	4	96.0	92.3	96.7	95.0
180	2	94.6	96.7	95.0	95.0
	3	95.0	95.3	96.2	95.6
	4	95.8	96.5	96.0	96.0

จากการทดลองกลั่น เราจะได้ทั้งผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอทานอลและน้ำแต่จะแยกส่วนกันในหอกลั่น ในที่นี้เราจะนำเอทานอลที่ได้ในการทดลองแต่ละครั้งที่ มาวัดความเข้มข้น โดยใช้เครื่อง UV/vis Spectrometer เราจะได้ค่าความเข้มข้นออกมาโดยการเปลี่ยนกลับจากสมการเส้นตรงที่เราจากการทำกราฟสอบเทียบไว้ โดยความเข้มข้นที่มากที่สุดในการทดลองครั้งนี้อยู่ที่ 96% จากการทดลองที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 4 บาร์ โดยจะแสดงให้ดูเป็นกราฟแผนภูมิดังรูป 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเอทานอลกับอุณหภูมิที่ความดันในช่วงต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลความเข้มข้นที่ได้จากการทดลองการกลั่นเอทานอล

จากผลการทดลองพบว่า ขั้นตอนแรกเราจะต้องทำกราฟสอบเทียบโดยใช้เครื่อง UV/vis-Spectrometer โดยเจือเครื่องให้อยู่ในช่วง 1-10% เพื่อให้ได้ค่าการดูดกลืนหรือค่า OD (Optical-density) อยู่ในช่วงที่ไม่เกิน 1 เพื่อที่จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยที่สุด โดยในการทดลองเราจะใช้เอทานอลที่มีความเข้ม 95% เป็นสารละลาย และใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย โดยเราจะทำการวัดโดยใช้เครื่อง UV/vis Spectrometer ตั้งแต่ช่วงความยาวคลื่นที่ 190 – 1000 nm พอเสร็จกระบวนการของเครื่อง UV/vis Spectrometer เราก็จะได้ค่าการดูดกลืนแสงของเอทานอลในแต่ละช่วงความเข้มข้นมา โดยเราเลือกใช้ช่วงที่ 193 nm เพราะมีค่าที่เกาะกลุ่มกับเส้นตรงมากที่สุด

ในการทดลองเราจะใช้ฮีตเตอร์ขนาด 3500 วัตต์ และระบบควบคุมอุณหภูมิแบบ pid โดยเราจะได้ค่าการทดลองเป็นดังนี้ ที่อุณหภูมิ 140 ° C ที่ความดัน 2 บาร์ จะใช้เวลาเฉลี่ยในการเริ่มกลั่นเอทานอลที่ 10.1 นาที และได้ความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 93%, ที่อุณหภูมิ 140 ° C ที่ความดัน 3 บาร์ จะใช้เวลาเฉลี่ยในการเริ่มกลั่นเอทานอลที่ 11 นาที และได้ความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 94.3%, ที่อุณหภูมิ 140 ° C ที่ความดัน 4 บาร์ จะใช้เวลาเฉลี่ยในการเริ่มกลั่นเอทานอลที่ 12 นาที และได้ความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 93.8%, ที่อุณหภูมิ 160 ° C ที่ความดัน 2 บาร์ จะใช้เวลาเฉลี่ยในการเริ่มกลั่นเอทานอลที่ 13.8 นาที และได้ความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 94%, ที่อุณหภูมิ 160 ° C ที่ความดัน 3 บาร์ จะใช้เวลาเฉลี่ยในการเริ่มกลั่นเอทานอลที่ 14.8 นาที และได้ความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 94.6%, ที่อุณหภูมิ 160 ° C ที่ความดัน 4 บาร์ จะใช้เวลาเฉลี่ยในการเริ่มกลั่นเอทานอลที่ 16 นาที และได้ความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 95%, ที่อุณหภูมิ 180 ° C ที่ความดัน 2 บาร์ จะใช้เวลาเฉลี่ยในการเริ่มกลั่นเอทานอลที่ 19 นาที และได้ความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 95%, ที่อุณหภูมิ 180 ° C ที่ความดัน 3 บาร์ จะใช้เวลาเฉลี่ยในการเริ่มกลั่นเอทานอลที่ 20.1 นาที และได้ความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 95.6%, ที่อุณหภูมิ 180 ° C ที่ความดัน 4บาร์ จะใช้เวลาเฉลี่ยในการเริ่มกลั่นเอทานอลที่ 21.7 นาที และได้ความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 96%

สุดท้ายนี้ที่อุณหภูมิ 180 ° C ทุกค่าความดัน จะได้เอทานอลที่มีความเข้มข้นที่สูง และใช้ระยะเวลาในการกลั่นที่น้อยกว่าอุณหภูมิอื่น แต่ในขณะเดียวกันความเข้มข้นที่สูงกว่าเอทานอลตั้งต้นจะต้องทำการตรวจสอบด้วยวิธี Gas chromatography อีกครั้งเพื่อยืนยันความถูกต้องและแม่นยำ อย่างไรก็ตามผลการทดสอบหอกลั่นในเบื้องต้น แสดงให้เห็นว่าหอกลั่นที่ประดิษฐ์ขึ้นมาสามารถกลั่นเอทานอลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ระบบควบคุมอุณหภูมิ ควรเลือกแบบที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ เพราะอาจจะทำให้ความเข้มข้นของการทดลองคลาดเคลื่อนได้
2. ในหอกลั่นไม่ควรมีสารเคมีตกค้าง เพราะอาจจะทำให้เอทานอลมีความคลาดเคลื่อนได้
3. ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงของเครื่อง UV/vis Spectrometer อาจจะมีสารเคมีอื่นๆที่เกิดจากการเชื่อมหอกลั่นที่ยังตกค้างอยู่ ทำให้ค่าการดูดกลืนในช่วง 193 nm มีการซ้อนทับ ทำให้ค่าการดูดกลืนอาจจะมีค่าความคลาดเคลื่อนได้ ตามกฎการเบี่ยงเบนของเครื่องมือของเบียร์แลมเบิร์ต
4. ในการวัดค่าความเข้มข้นให้แม่นยำควรใช้วิธีวัดแบบ GC (Gas Chromatography)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

นภาลัย ไกรเพชร. 2556. “การศึกษาความดันในถังต้มที่มีผลต่อการกลั่นตัวของเอทานอลของหอกลั่นเอทานอล APL-1.” วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ประยุกต์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณลาดกระบัง

บัณฑิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2554. กฎของเบียร์และแลมเบิร์ต. [Online]. Available. http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2554/mat21054jd_ch2.pdf (beer lambert)

สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2557. สีและแสง การวัดการดูดกลืน. [Online]. Available. http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/color-light/page3_1.html (beer lembert) mu

บัณฑิตมหาวิทยาลัยสุรนารี. 2551. ความดัน. [Online]. Available. http://eng.sut.ac.th/me/meold/3_2551/425202/Chapter1.pdf (¤ÇÒÁ´Ñ¹)

บัณฑิตฟิสิกส์ราชมงคล. 2557. ความร้อนและอุณหภูมิ. [Online]. Available. http://www.rmutphysics.com/charud/specialnews/6/heat/heat.htm (tem)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้