

การ कुछซบไอระเหยของนอร์มัลบิวทีลอะซีเตทก้วยแอกติเวทเทคคาร์บอน



นางสาววันเพ็ญ ก้องกศศไฟศาล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2528

ISBN 974-564-502-8

009595

17314975

ADSORPTION OF N-BUTYL ACETATE VAPOR ON ACTIVATED CARBON

MISS VANPEN KONGKITPISAL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING

GRADUATE SCHOOL

CHULALONGKORN UNIVERSITY

1984

ISBN 974-564-502-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การถูกขับไอระเหยของนอร์มัลบิวทีลอะซีเททด้วยแอคทีเวตคาร์บอน
 โดย นางสาววันเพ็ญ ก้องกิตต์ไพศาล
 ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
 อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร จงวิศาล



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วน
 หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....*สุประสิทธิ์ บุญนาค*.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
 (รองศาสตราจารย์ ดร. สุประสิทธิ์ บุญนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....*ชัยฤทธิ์ สักยาประเสริฐ*.....ประธานกรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยฤทธิ์ สักยาประเสริฐ)

.....*เกริกชัย สุกาญจน์จิติ*.....กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร. เกริกชัย สุกาญจน์จิติ)

.....*วรพจน์ อรรถยุกติ*.....กรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรพจน์ อรรถยุกติ)

.....*วิจิตร จงวิศาล*.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร จงวิศาล)

.....*สิริจฑารัตน์ โควาวิสารัช*.....กรรมการ
 (อาจารย์ สิริจฑารัตน์ โควาวิสารัช)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การดูดซับไอระเหยของนอร์มัลบิวทีลอะซีเตทด้วยแอคทิเวคเทคคาร์บอน
 ชื่อนิสิต นางสาววันเพ็ญ ก่องกิตต์ไพศาล
 อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิจิตรา จงวิศาล
 ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
 ปีการศึกษา 2527



บทคัดย่อ

นอร์มัลบิวทีลอะซีเตท เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดหนึ่งซึ่งระเหยง่ายและเป็นไอระเหยที่มีพิษ เป็นตัวทำละลายที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมเคมี โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมทำแลคเกอร์และอุตสาหกรรมทำหลอดฟลูออเรสเซนต์ วิธีการซจักไอระเหยของตัวทำละลายอินทรีย์ทำได้โดยการดูดซับด้วยถ่านปลุกฤทธิ์ ดังนั้นในการวิจัยนี้กองการศึกษาหาวัสดุกักเก็บและสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านปลุกฤทธิ์ และในการดูดซับไอระเหยนอร์มัลบิวทีลอะซีเตท

วัสดุกักเก็บที่ใช้ในการเตรียมถ่านปลุกฤทธิ์คือ กะลามะพร้าว ชี้เลื่อย ฆานอ้อย และแกลบ โดยการคาร์บอนไนเซชันวัสดุกักเก็บให้เป็นถ่านก่อนแล้วนำไปปลุกฤทธิ์ด้วยสารเคมีซิงค์คลอไรด์. ถั่วแปรที่ใช้เพื่อหาสภาวะเตรียมถ่านที่เหมาะสมได้แก่ อุณหภูมิการคาร์บอนไนเซชัน ขนาดเม็ถ่านและอัตราส่วนน้ำหนักซิงค์คลอไรด์ต่อน้ำหนักถ่าน จากผลการทดลองพบว่า กะลามะพร้าวเป็นวัสดุกักเก็บที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้เตรียมถ่านปลุกฤทธิ์ เพื่อนำไปใช้ดูดซับไอระเหยนอร์มัลบิวทีลอะซีเตทโดยมีสภาวะการเตรียมที่เหมาะสม ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซนติเกรด ใช้อัตราส่วนน้ำหนักซิงค์คลอไรด์ต่อน้ำหนักถ่าน 2:1 นอกจากนั้นได้ศึกษาผลของขนาดและอัตราการไหลของไอระเหยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับ

ของถ่านปลุกฤทธิ์กะลามะพร้าวและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านปลุกฤทธิ์
กะลามะพร้าวที่เตรียมขึ้นกับถ่านปลุกฤทธิ์ที่ขายตามท้องตลาด ได้ผล คือ การเปลี่ยนแปลง
อัตราการใช้ของไอระเหยในช่วง 0.065-1.2 ลิตรต่อนาที ทั้งขนาดเม็ดถ่าน
14/20 เมช และ 20/30 เมช ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับ เม็ดถ่านขนาดกระ-
หว่าง 14/20 เมช และ 20/30 เมช ซึ่งเตรียมที่สภาวะที่เหมาะสมมีประสิทธิภาพ
การดูดซับไม่แตกต่างกัน และปริมาณไอระเหยที่ถูกดูดซับไว้จะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดย
ตรงกับเวลาการดูดซับ เมื่อการดูดซับนั้นยังไม่ถึง Breakthrough Time นอกจากนี้
ถ่านปลุกฤทธิ์กะลามะพร้าวที่เตรียมขึ้นมีประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยนอร์มัลบิว-
ทีลอะซีเทคสูงกว่าถ่านปลุกฤทธิ์ที่ขายตามท้องตลาด

Thesis title Adsorption of N-Butylacetate Vapor on Activated Carbon
Name Miss Vanpen Kongkitpisal
The Advisor Assistant Professor Vichitra Chongvisal, Ph.D.
Department Chemical Engineering
Academic Year 1984

ABSTRACT

N-Butyl acetate is a volatile organic solvent which vapors are toxic. It is used as solvent in the manufacture of lacquer and fluorescent bulbs. N-Butyl acetate vapor is known to be adsorbed on activated carbon.

The purposes of this study are to determine a suitable raw material for the preparation of activated carbon, to study suitable conditions for the preparation of activated carbon and suitable conditions for the adsorption of the vapor on the activated carbon thus prepared.

Raw materials used for activated carbon preparation were coconut shell, saw dust, bagasse, and rice husk being carbonized and activated with zinc chloride. The variables to be used in determining the suitable condition in the activated carbon preparation were

temperature of carbonization, particle size and the weight ratio of zinc chloride to carbonized product. The results revealed that coconut shell was the most suitable raw material in preparing the activated carbon for adsorbing n-butyl acetate vapor. The temperature of carbonizing raw material at 400°C and the weight ratio of zinc chloride to carbonized product of 2:1 were found to be the most suitable conditions for preparation.

The effect of flowrate and particle size of activated carbon on the adsorption of n-butyl acetate vapor were studied. The efficiency of adsorption between the prepared activated carbon and commercial activated carbon were compared. It was found that the efficiency of adsorption of the vapor at the flowrate varying from 0.065-1.2 litre per minute for two sizes of activated carbon (14/20 mesh and 20/30 mesh) was insignificantly different. And the particle sizes (14/20 mesh and 20/30 mesh) prepared at optimum condition did not have significantly effect efficiency of adsorption. The amount of n-butyl acetate adsorbed on the activated carbon varied with time of adsorption before the breakthrough time was reached. The adsorptive property of the prepared activated carbon was also found to be superior to the commercial activated carbon chosen.



กติกกรรมการประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จได้ เพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร จงวิศาล อาจารย์ที่ปรึกษาและควบคุมการวิจัย ซึ่งได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาแนะนำ ให้ข้อเสนอแนะและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาตลอดตั้งแต่ต้นจนสำเร็จ ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาที่ได้รับเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยฤทธิ์ สัตยาประเสริฐ ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร. เกริกชัย สุกาญจน์จิที ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรวัฒน์ อรรถยุกติ อาจารย์สิริจุฑารัตน์ โควาวิสารัตน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชมภูศักดิ์ พูลเกษ ภาควิชาอาชีวอนามัย คณะสาธารณสุข มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำตลอดจนช่วยเหลือในด้านการเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ นายแพทย์ชินโอสถ หัศบำเรอ ผู้อำนวยการกองอาชีวอนามัย คุมชัยยะ พงษ์พานิช หัวหน้าศูนย์อาชีวอนามัย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการให้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการกลาง และห้องปฏิบัติการศูนย์อาชีวอนามัย ขอขอบพระคุณ คุณมณฑาทิพย์ โรจนาจิน คุณจินดา บำเพ็ญอยู่ คุณวิโชติ บุญเปลี่ยน อาจารย์ชาศิษยา โพบิณฑชา และอาจารย์ทุกท่านในห้องปฏิบัติการ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆในห้องปฏิบัติการ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ ภาควิชาสุขภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้ยืมเครื่องสูดอากาศ

และเครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ และขอขอบพระคุณ กองฟิสิกส์ กรมวิทยาศาสตร์
บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ยืมเครื่องวัดความชื้นเพื่อใช้ในการ
วิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุน
ในการวิจัยครั้งนี้

วันเพ็ญ ก้องกิตต์ไพศาล



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฉ

บทที่

1.	บทนำ.....	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
	ขอบเขตการวิจัย.....	3
2.	ทฤษฎีบท.....	4
2.1	กระบวนการเตรียมถ่านปลุกฤทธิ์.....	4
2.1.1	การคาร์บอนไนเซชัน.....	4
2.1.2	การปลุกฤทธิ์.....	5
2.2	ทฤษฎีการปลุกฤทธิ์.....	7
2.2.1	ปฏิกิริยาของก๊าซออกซิโคซิงในการปลุกฤทธิ์.....	10
2.2.2	ปฏิกิริยาของสารอนินทรีย์ในกระบวนการคาร์บอนไนเซชันและการปลุกฤทธิ์.....	10
2.3	ทฤษฎีการดูดซับ.....	11
2.3.1	แรงการดูดซับ.....	12
2.4	จลนศาสตร์ของการดูดซับ.....	14

2.5	ไคนามิกของการถูกขับ.....	15
3.	การทดลอง.....	25
3.1	วิธีการทดลอง.....	25
3.2	การเตรียมถ่านปลุกฤทธิ์	34
3.3	การทดลองการถูกขับไอระเหย.....	40
3.4	การวิเคราะห์ตัวทำละลายนอร์มัลบิวทีลอะซีเตค ที่ถูกถูกขับบนถ่านปลุกฤทธิ์	46
4.	ผลการทดลองและการวิจารณ์ผลการทดลอง	50
4.1	ผลการทดลอง	50
4.2	การวิจารณ์ผลการทดลอง	58
4.2.1	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการถูกขับไอระเหย นอร์มัลบิวทีลอะซีเตคของถ่านปลุกฤทธิ์ที่เตรียม จากวัตถุดิบชนิดต่างๆ	58
4.2.2	ผลของปริมาณเชิงคัลลวโรคต่อประสิทธิภาพการถูกขับ ไอระเหยนอร์มัลบิวทีลอะซีเตคของถ่านปลุกฤทธิ์	58
4.2.3	ผลของอุณหภูมิคาร์บอนไนเซชันต่อประสิทธิภาพการถูก ขับไอระเหยนอร์มัลบิวทีลอะซีเตค	60
4.2.4	ผลของขนาดเม็ดถ่านต่อประสิทธิภาพการถูกขับของ ถ่านปลุกฤทธิ์	60
4.2.5	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการถูกขับไอระเหยนอร์มัล บิวทีลอะซีเตคของถ่านปลุกฤทธิ์ที่เตรียมขึ้นกับที่ขาย ตามท้องตลาด	61

4.2.6	ผลของอัตราการไหลของไอระเหยต่อ ประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยนอร์มัล บิวทีลอะซีเตค.....	61
4.2.7	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณนอร์มัลบิวทีลอะซีเตค ที่ถ่านปลุกฤทธิ์ดูดซับไว้กับเวลาการดูดซับ.....	62
5.	สรุปผลการทดลอง	63
	เอกสารอ้างอิง	64
	ภาคผนวก.....	65
ภาคผนวก ก.	วิธีหาความชื้น	66
ภาคผนวก ข.	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตของถ่าน	68
ภาคผนวก ค.	การวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในถ่านปลุกฤทธิ์	69
ภาคผนวก ง.	การตรวจสอบการกระจายความเข้มข้นไอระเหย ภายในตู้อากาศ	71
ภาคผนวก จ.	การหาค่าความเข้มข้นไอระเหยนอร์มัลบิวทีลอะ ซีเตคภายในตู้อากาศ	73
ภาคผนวก ฉ.	การวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองทางสถิติ	78
ภาคผนวก ช.	การคำนวณความเข้มข้นของไอระเหย	88
ภาคผนวก ซ.	ข้อมูลดิบ.....	89

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงคุณสมบัติที่เหมาะสม และชนิดของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ปลูกถั้วสำหรับก๊าซชนิดต่างๆ.....	6
3.1	สภาวะการเตรียมถั้วปลูกถั้วจากกะลามะพร้าว ชี้เดี่ยว ชานอ้อย และแกลบ	26
3.2	สภาวะการทดสอบการดูดซับของถั้วปลูกถั้วกะลามะพร้าว ชี้เดี่ยว ชานอ้อย และแกลบ	26
3.3	สภาวะการเตรียมถั้วปลูกถั้วกะลามะพร้าว ที่อุณหภูมิการคาร์บอน ไนเซชันขนาดเม็ดถั้ว และ อัตราส่วนน้ำหนักซิงค์คลอไรด์ต่อถั้ว ถั้วต่างกันๆ	28
3.4	สภาวะการทดสอบการดูดซับไอระเหยบนถั้วปลูกถั้วกะลามะพร้าว ซึ่งมีสภาวะการเตรียมแตกต่างกัน	29
3.5	สภาวะการเตรียมถั้วปลูกถั้วกะลามะพร้าวที่นำมาเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยกับถั้วปลูกถั้วที่มีชายคามห้องคลาด....	30
3.6	สภาวะการทดสอบการดูดซับไอระเหย เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ การดูดซับของถั้วปลูกถั้วที่เตรียมขึ้นเองกับถั้วปลูกถั้วที่ชายคาม ห้องคลาด	30
3.7	สภาวะการเตรียมถั้วปลูกถั้วกะลามะพร้าวที่นำมาทดลอง เพื่อศึกษา อิทธิพลของอัตราการไหลของไอระเหยต่อประสิทธิภาพการดูดซับ	31
3.8	สภาวะการทดสอบการดูดซับไอระเหยออร์มัลิวที่ลอะซีเตคเพื่อศึกษา อิทธิพลของอัตราการไหลของไอระเหยต่อประสิทธิภาพการดูดซับของ ถั้วปลูกถั้วกะลามะพร้าว	32

ตารางที่

หน้า

3.9	สภาวะการทดสอบการดูดซับไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ละลายในอากาศ ของถ่านปลุกฤทธิ์ชนิดต่างๆที่เวลาต่างๆกัน.....	33
4.1	ค่าเฉลี่ยร้อยละของการดูดซับไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ละลายในอากาศ ของถ่านปลุกฤทธิ์กะลามะพร้าว ชี้เลื่อย ฐาน้อย และแกลบ.....	50
4.2	ค่าเฉลี่ยร้อยละของการดูดซับไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ละลายในอากาศของ ถ่านปลุกฤทธิ์กะลามะพร้าวที่สภาวะการเตรียมต่างๆกัน.....	51
4.3	ค่าเฉลี่ยร้อยละของการดูดซับไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ละลายในอากาศของ ถ่านปลุกฤทธิ์ที่เตรียมขึ้นเองกับที่ขายตามท้องตลาด.....	52
4.4	ค่าเฉลี่ยร้อยละของการดูดซับไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ละลายในอากาศของ ถ่านปลุกฤทธิ์ที่อัตราการไหลของไอระเหยต่างๆกัน.....	52
4.5	ค่าเฉลี่ยของปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ละลายในอากาศที่ถ่านปลุกฤทธิ์ดูดซับไว้ที่ เวลาการดูดซับต่างๆกัน.....	53
ก-1	เปอร์เซ็นต์ความชื้นของวัสดุดิบ กะลามะพร้าว ชี้เลื่อย ฐาน้อย และแกลบที่ใช้ในการเตรียมถ่านปลุกฤทธิ์.....	67
ข-1	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตของถ่านกะลามะพร้าว ชี้เลื่อย ฐาน้อย และแกลบ ..	68
ฉ-1	สูตรการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกสองทาง	79
ฉ-2	สูตรการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว	80
ฉ-3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพการดูดซับที่อัตราส่วน ต่างๆของน้ำหนักซิงค์คลอไรด์ต่อน้ำหนักถ่าน เมื่อเม็กลำมีอุณหภูมิ คาร์บอนไนเซชันที่ 400 องศาเซนติเกรด	80
ฉ-4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพการดูดซับที่อัตราส่วน ต่างๆของน้ำหนักซิงค์คลอไรด์ต่อน้ำหนักถ่าน เมื่อเม็กลำมีอุณหภูมิ คาร์บอนไนเซชันที่ 500 องศาเซนติเกรด	81

ตารางที่

หน้า

๑-5	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยของถ่านปลุกฤทธิ์ โดยมีอัตราส่วนน้ำหนักซิงค์คลอไรด์ต่อน้ำหนักถ่านและขนาดเม็ดถ่านเป็นตัวแปร เมื่อถ่านมีอุณหภูมิคาร์บอนไนเซชันที่ 600 องศาเซลเซียส.....	82
-----	---	----

ตารางรูปภาพ

รูปภาพ

หน้า

2.1	การจัดเรียงตัวของอะตอมคาร์บอนในผลึกกราฟไฟท์.....	7
2.2	การจัดเรียงตัวของอะตอมคาร์บอนในระนาบชั้นเกี่ยวของผลึกที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิแตกต่างกัน.....	8
2.3	โครงสร้างผลึกทางทฤษฎี.....	9
2.5	กระบวนการดูดซับ.....	14
2.6	ปรากฏการณ์การดูดซับของสารดูดซับในคอลัมน์ขณะที่ของไหลซึ่งประกอบด้วยสารที่สามารถถูกดูดซับได้ไหลผ่าน.....	16
2.7	ผลของความเร็วของก๊าซต่อความยาวของ MTZ เมื่อถูกดูดซับเอธานอลบนถ่านปลุกฤทธิ์.....	22
3.1	แสดงลักษณะเตาเผา.....	35
3.2	แสดงการจัดเครื่องมือในการเผาถ่าน.....	38-39
3.3	ตู้เตรียมอากาศพร้อมอุปกรณ์ภายในตู้.....	41
3.4	เครื่องเทียบอัตราการไหลของอากาศของ Kurz Instruments Inc. Model 541s.	43
3.5	แสดงการจัดเครื่องมือในการวัดความดันลดในหลอดถ่านปลุกฤทธิ์.....	45

รูปภาพ

หน้า

3.6	แสดงการจัดเครื่องมือในการตรวจเทียบอัตราการไหลของ โรตاميเตอร์	45
4.1	แสดงอิทธิพลของความเข้มข้นของซิงค์คลอไรด์ต่อประสิทธิภาพ การดูดซับไอระเหยของถ่านปลุกฤทธิ์	54
4.2.	แสดงผลของอุณหภูมิการคาร์บอนในเข้ขึ้นต่อประสิทธิภาพการดูดซับ ไอระเหยของถ่านปลุกฤทธิ์ เมื่อใช้อัตราส่วนซิงค์คลอไรด์ต่อถ่านต่างๆกัน	55
4.3	ผลของอัตราการไหลของไอระเหยต่อประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหย นอร์มัลบิวทิลอะซีเตคของถ่านปลุกฤทธิ์กะลามะพร้าว	56
4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณนอร์มัลบิวทิลอะซีเตคที่ถ่านปลุกฤทธิ์ ดูดซับไว้กับเวลาการดูดซับ	57
จ-1	ถุงเก็บอากาศและการจัดเครื่องมือในการเก็บอากาศ	76
จ-2	กราฟมาตรฐานสำหรับเทียบหาความเข้มข้นของไอระเหยนอร์มัล บิวทิลอะซีเตค	77