รายงานการวิจัย

การพัฒนาวิธีการอบควันเทียน

Development of candle fumigation method

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันทวัน กลิ่นจำปา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไชยยันต์ ไชยยะ

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณผลประโยชน์ ปี พ.ศ. 2551

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

การพัฒนาวิธีการอบควันเทียน

Development of candle fumigation method

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันทวัน กลิ่นจำปา ศูนย์ศิลปวัฒนธรรม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยยันต์ ไชยยะ สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
งบประมาณผลประโยชน์ ปี พ.ศ. 2551
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการอบควันเทียน โดยศึกษาผลของเวลาในการอัด ความดันในการอัด และปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการดูดซับควันเครื่องร่ำ ทำทดลองโดยใช้เวลาในการดูดซับ 15, 30, 60, 75 และ 100 min ความดันในการดูดซับ 17, 19, 21, 23 และ 25 psig และปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้ดูดซับ 10, 20, 30, 40 และ 50 g พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์คือเวลา 75 min ความดัน 25 psig ปริมาณถ่านกัมมันต์ 30 g และปริมาณเครื่องร่ำ 1 g การดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์ พบว่าภาวะที่เหมาะในการดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์ ได้แก่ เวลาในการอัด 100 min ความดัน 25 psig ปริมาณถ่านกัมมันต์ 1 g และปริมาณเทียนอบ 1 g นอกจากนี้ยังศึกษาการดูดซับควันเทียนด้วยขนมไทยและกลีบดอกไม้แห้งโดยกำหนดภาวะจากภาวะที่เหมาะจากการดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์ พบว่ากลีบดอกกุหลาบแห้งดูดซับควันเทียนได้มากกว่าดอกมะลิและดอกดาวเรือง ขนมชั้นสามารถดูดซับควันเทียนได้มากกว่าขนมเม็ดขนุน ขนมข้าวตูและขนมทองหยิบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ABSTRACT

The object of this research was development of fumigation method. The effect of time and pressure and amount of adsorbent for smoke fragrant ingredient adsorption were investigated. The experiment conducted time of adsorption at 15, 30, 60, 75 and 100 min, pressure of adsorption at 17, 19, 21, 23 and 25 psig and amount adsorbent were 10, 20, 30, 40 and 50 g. It was found that the optimum condition of adsorption of perfumery smoke using activated carbon at 75 min, pressure 25 psig, amount activated carbon 30 g. and amount fragrant ingredient 1 g. The fragrant candle smoke adsorption was investigated. It was found that the optimum condition of adsorption of smoke fragrant candle using activated carbon at 100 min, pressure 25 psig, amount activated carbon 1 g. and amount fragrant candle 1 g. Moreover the adsorption of smoke fragrant candle using Thai desert and dried flower petals were investigated. The optimum condition of adsorption for smoke fragrant candle using activated carbon was used in this study. It was found that dried rose petals adsorb more smoke fragrant candle than jasmine and marigold. Ka-nom-chan adsorb more smoke fragrant candle than ka-nom-medkanoun, ka-nom-kaotoo and ka-nom-tongyib.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย งบประมาณเงินผลประโยชน์ ประจำปี 2551 ขอขอบคุณ คุณสมนึก สุชัยธนาวนิช หัวหน้าศูนย์พัฒนายาไทย และคุณจุฑามาส แสงไสย์ และคุณนครินทร์ มัททะวีวงศ์ เจ้าหน้าที่วิจัยศูนย์พัฒนายาไทย กรมแผนไทย กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้ความร่วมมือเอื้อเฟื้อในการวิเคราะห์สารเป็นอย่างดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ค

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ง

กิตติกรรมประกาศ จ

สารบัญ ฉ

รายการตาราง ซ

รายการรูป ฌ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

2. การทบทวนวรรณกรรม 3

2.1 สมบัติทั่วไปของแก๊ส 3

2.2 การดูดซับ 4

2.3 สมบัติของตัวรองรับชนิดถ่านกัมมันต์ 17

2.4 เครื่องร่ำ 17

2.5 เทียนอบ 23

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 24

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3.	วิธีดำเนินการวิจัย	25
	3.1 สารที่ใช้ เครื่องแก้ว และอุปกรณ์	25
	3.2 การทำเครื่องร่ำ	26
	3.3 การดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ที่ภาวะที่ต่างๆ	27
	3.4 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์	29
	3.5 การดูดซึมควันเครื่องร่ำด้วยไอโซโพรพานอลที่ภาวะปกติ	30
	3.6 การหาองค์ประกอบของควันเครื่องร่ำที่ภาวะปกติและภาวะที่กำหนด	31
	3.7 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์	32
4.	ผลการวิจัยและอภิปรายผล	34
	4.1 การดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์	34
	4.2 การหาองค์ประกอบของควันเครื่องร่ำด้วยเครื่อง GC – MS	38
	4.3 การดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์	41
	4.4 การตัวดูดซับควันเทียนด้วยดอกไม้แห้งและขนมไทย	44
5.	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	46
	5.1 สรุปผลการทดลอง	46
	5.2 ข้อเสนอแนะ	47
บรรณานุกรม		48
ภาคผนวก		50
ภาคผนวก ก	ข้อมูลผลการทดลอง	51
ภาคผนวก ข	สมบัติของไอโซโพรพานอล	57
ภาคผนวก ค	โครมาโทแกรมของควันเครื่องร่ำจากเครื่อง GC – MS	61
ภาคผนวก ง	ภาพถ่ายสารที่ใช้ เครื่องแก้ว และอุปกรณ์	64
ภาคผนวก จ	การเผยแพร่ผลงานวิจัย	72
ประวัตินักวิจัย		83

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

รายการตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 องค์ประกอบของควันเครื่องร่ำที่ดักจับด้วยไอโซโพรพานอล 37
4.2 องค์ประกอบของควันเครื่องร่ำที่ดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่แช่ในโพรพานอล 38
4.3 องค์ประกอบของควันเครื่องร่ำที่ดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่แช่ในเฮกเซน 39
4.4 เปรียบเทียบองค์ประกอบของเครื่องร่ำก่อนเผา และองค์ประกอบของควันเครื่องร่ำหลังเผา 39
ก.1 น้ำหนักเครื่องร่ำ และความดัน ขณะเปิดปั๊มตอนเกิดควันเครื่องร่ำ 50
ก.2 น้ำหนักเครื่องร่ำ และความดัน ขณะเปิดปั๊มหลังจากเผาเครื่องร่ำจนหมด 50
ก.3 น้ำหนักเครื่องร่ำ และความดัน ขณะเปิดปั๊มหลังจากเผาเครื่องร่ำไปแล้ว 5 min 51
ก.4 อิทธิพลของเวลาที่มีผลต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำ ที่ความดัน 25 psig 51
ก.5 อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำ ที่เวลา 75 min 51
ก.5 อิทธิพลของเวลาที่มีผลต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำ ที่ความดัน 25 psig 51
ก.6 อิทธิพลของปริมาณถ่านกัมมันต์ที่มีผลต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำ ที่ความดัน 25 psig และเวลา 75 min 52
ก.7 องค์ประกอบของเครื่องร่ำก่อนการเผา 53
ก.8 อิทธิพลของเวลาที่มีผลต่อการดูดซับควันเทียนอบ ที่ความดัน 25 psig 54
ก.9 อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อการดูดซับควันเทียนอบ ที่เวลา 100 min 54
ก.10 อิทธิพลของเวลาที่มีผลต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำ ที่ความดัน 25 psig เวลา 100 min และความดัน 25 psig 55
ก.11 อิทธิพลของตัวดูดซับที่มีผลต่อการดูดซับควันเทียนอบ โดยใช้ตัวดูดซับเป็นดอกไม้แห้ง ที่เวลา 100 min และความดัน 20 psig 55
ก.12 อิทธิพลของตัวดูดซับที่มีผลต่อการดูดซับควันเทียนอบ โดยใช้ตัวดูดซับเป็นขนมไทย ที่เวลา 100 min และความดัน 20 psig 55

รายการรูป

รูปที่ หน้า

2.1 กลไกการดูดซับ 6
2.2 การดูดซับทางกายภาพ 8
2.3 การดูดซับแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยโมเลกุลาซีฟ 13X 9
2.4 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบที่ 1 10
2.5 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบที่ 2 10
2.6 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบที่ 3 11
2.7 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบที่ 4 11
2.8 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบที่ 5 12
2.9 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบแลงเมียร์ 13
2.10 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบฟรุนดริช 14
2.11 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบ BET 15
2.12 รูปแบบการดูดซับ 16
2.13 เครื่องร่ำ 18
3.1 ชุดการทดลองการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ 27
3.2 ชุดการทดลองการดูดซึมควันเครื่องร่ำด้วยไอโซโพรพานอล 30
3.3 การวางเทียนอบในตู้กระจก (ก) ก่อน (ข) หลังเกิดควันเทียน 32
4.1 ผลของเวลาในการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ 34
4.2 ผลของความดันในการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ 35
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง P กับ q 36
4.4 ผลของปริมาณถ่านกัมมันต์ในการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ 37
4.5 ผลของเวลาในการดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์ 41
4.6 ผลของความดันในการดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์ 42
4.7 ผลของปริมาณเทียนอบในการดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์ 43
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของควันเทียนอบที่ดูดซับได้โดยดอกไม้ชนิดต่าง ๆ 44
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของควันเทียนอบที่ดูดซับได้โดยขนมชนิดต่าง ๆ 44

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ค.1	โครมาโทแกรมของควันเครื่องร่ำที่ดักจับด้วยไอโซโพรพานอล	61
ค.2	โครมาโทแกรมของควันเครื่องร่ำที่ดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่แช่ในโพรพานอล	62
ค.3	โครมาโทแกรมของควันเครื่องร่ำที่ดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่แช่ในเฮกเซน	63
ง.1	กำยาน	64
ง.2	พิมเสน	64
ง.3	ผิวมะกรูดบดละเอียด	65
ง.4	น้ำมันจันทน์	65
ง.5	ชะมดเช็ด	65
ง.6	ขี้ผึ้ง	66
ง.7	ถ่านกัมมันต์ยี่ห้อ WATER PURE & SIMPLE BRITISH PORTACEL	66
ง.8	ตะคัน	66
ง.9	ตู้กระจกและเครื่องให้ความร้อนแบบหลุม	67
ง.10	ถังอัดควัน	67
ง.11	กลีบกุหลาบสีแดงแห้ง	68
ง.12	กลีบกุหลาบสีขาวแห้ง	68
ง.13	กลีบดอกมะลิแห้ง	69
ง.14	กลีบดอกดาวเรืองแห้ง	69
ง.15	ขนมเม็ดขนุน	70
ง.16	ขนมชั้น	70
ง.17	ขนมทองหยิบ	70
ง.18	โถอบควันเทียนแบบโบราณ	71
ง.19	การวางเทียนอบบนตะคันในการอบควันเทียน	71
ง.20	ขนาดเทียนอบที่ใช้ในการทดลอง	71

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

บทที่ 1

บทนำ

บทนี้กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาของการทำงานวิจัยนี้ จุดประสงค์ ขอบเขตของงานวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าได้รับจากงานวิจัย

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ด้วยสภาพแวดล้อมและวิถีการดำเนินชีวิตทำให้วัฒนธรรมของสังคมไทยนิยมใช้แนวทางสันติวิธี เป็นสังคมเกษตรกรรม นิยมหาความสุขทางธรรมชาติ มีการใช้สารหอมจากธรรมชาติเป็นส่วนประกอบของอาหารและสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ ซึ่งผลของสารหอมต่อร่างกายนั้นเกิดจากโมเลกุลของสารหอมที่สูดดมเข้าไปจะจับกับตัวรับบนเยื่อช่องจมูกในระบบรับรู้กลิ่นที่เรียกว่าลิมบิกซิสเต็ม (Limbic system) ซึ่งเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมความจำ การเรียนรู้ ขณะเดียวกันยังมีผลในการสั่งการให้ต่อมต่างๆ หลั่งฮอร์โมนและเอ็นไซม์ซึ่งสารเคมีเหล่านี้ส่งผลต่อระบบต่างๆ โดยเฉพาะระบบประสาท สารเคมีที่หลั่งออกมานี้มีหลายชนิดทำหน้าที่ต่างๆ กัน ได้แก่ เอนดอร์ฟีนจะช่วยลดความเจ็บปวด เอนเซฟาลีนช่วยส่งเสริมให้มีอารมณ์ดี และเซโรโทนินช่วยทำให้สงบเยือกเย็นและผ่อนคลาย (อรชร เอกภาพสากล. 2547: 53-54) หรืออาจกล่าวโดยรวมได้ว่ามีการแปรสัญญาณเป็นสื่อระบบประสาท หรือสัญญาณทางเคมีไฟฟ้าเข้าสู่สมองซึ่งควบคุมความรู้สัมผัส เพศ อารมณ์ และระบบย่อยอาหารทำให้รู้สึกดีขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นหอมจากการอบควันเทียนหรือการร่ำกำยานอาทิ เช่น แป้งร่ำ บุหงา น้ำอบไทย ขนมไทยต่างๆ กลิ่นหอมจะได้กลิ่นหอมไทยๆ ที่ชาวไทยคุ้นเคยมาตั้งแต่สมัยโบราณ (สุนีย์ จันทร์สกาว. 2546: 31-44) กลิ่นหอมของขนมไทยยังเป็นปัจจัยเชื้อเชิญให้ลองลิ้มชิมรสขนมนั้นๆ อีกด้วย หรือกล่าวได้ว่า กลิ่นหอมเป็นเสน่ห์อย่างหนึ่งของขนมไทย

กลิ่นหอมจากการการอบขนมไทยด้วยควันเทียนเป็นกลิ่นที่คุ้นเคยมาตั้งแต่โบราณ ซึ่งวิธีดั้งเดิม มีขั้นตอนการอบควันเทียน 2-3 ครั้ง เพื่อให้สารหอมซึมเข้าไปในสิ่งที่ต้องการอบ หากต้องการให้สิ่งที่ต้องการอบหอมมากๆ ก็ต้องเพิ่มจำนวนครั้งในการอบ ทำให้เสียเวลามากในการอบ นอกจากนี้ในขั้นตอนการอบขนมด้วยควันเทียนนี้ต้องระมัดระวังไม่ให้เถ้าดำรอบเนื้อเทียนหล่นหรือปลิวไปถูกขนม และการอบควันเทียนครั้งต่อไปต้องดูแลเรื่องนี้เป็นพิเศษเพราะเทียนอบที่ผ่านการใช้งานแล้วจะมีเถ้าดำติดอยู่เป็นจำนวนมากควรกำจัดเถ้าดำนั้นออกไปเสียก่อน ดังนั้นงานวิจัยนี้

จึงศึกษาการอบควันเทียนเพียงอย่างละครั้งด้วยการเพิ่มความดันให้กับชุดอุปกรณ์ศึกษาการอบควันเทียน เพื่อช่วยให้สารหอมซึมเข้าไปในสิ่งที่ต้องการอบได้เร็วขึ้น จะเป็นการลดเวลาในการอบควันเทียน สามารถผลิตในปริมาณมาก และพัฒนาเป็นเชิงพาณิชย์ได้ เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นจึงเริ่มศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการอบด้วยถ่านกัมมันต์แทนขนมไทยหรือบุหงา โดยใช้ควันหอมจากควันเครื่องร่ำและเทียนอบ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาวิธีการอบควันเทียน

1.2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการอบ ได้แก่ ความดันในการอบ เวลา และปริมาณเทียนอบ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการอบเพื่อลดจำนวนครั้งในการอบร่ำเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ ได้แก่ ความดันในการอบร่ำ เวลาในการอบร่ำ และปริมาณถ่านกัมมันต์

1.3.2 ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการอบเพื่อลดจำนวนครั้งในการอบควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์ ได้แก่ ความดันในการอบ เวลาในการอบ และปริมาณถ่านกัมมันต์

1.3.3 วิเคราะห์การดูดซับควันด้วยถ่านกัมมันต์ด้วยการชั่งน้ำหนัก

1.3.4 วิเคราะห์หาปริมาณสาร ด้วยเครื่อง Gas Chromatograph / Mass spectroscopy (GC/MS)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบภาวะในการอบควันเทียนได้เร็วขึ้น เป็นวิธีที่ประหยัดเวลากว่าวิธีเดิม

1.4.2 เป็นแนวทางในการผลิตน้ำอบไทยในขั้นตอนการร่ำ

1.4.3 ได้ชุดอุปกรณ์ศึกษาการอบควันเทียนซึ่งเป็นสิ่งประดิษฐ์ใหม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับอบควันเทียนบุหงาหรือขนมไทย สามารถเป็นต้นแบบเพื่อพัฒนาการผลิตระดับอุตสาหกรรมต่อไป

1.4.1 เป็นทางเลือกหนึ่งให้ชาวบ้านหรือกลุ่มอุตสาหกรรมขนาดย่อมนำไปใช้การพัฒนาการผลิตในการร่ำหรืออบเครื่องร่ำสำหรับบุหงาหรืออบควันขนมไทยเพื่อเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

บทนี้จะกล่าวถึงสมบัติทั่วไปของแก๊ส ทฤษฎีการดูดซับ คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ เครื่องร่ำ และเทียนอบ เพื่อเป็นแนวทางในการทำงานวิจัย มีหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 สมบัติทั่วไปของแก๊ส

2.1.1 ลักษณะสมบัติทั่วไปของแก๊ส

1) แก๊ส หมายถึง สารที่อยู่ในสถานะแก๊สในอุณหภูมิปรกติ สถานะทางกายภาพของสารมักจะถูกกำหนดด้วยสมบัติบางอย่าง เช่น อุณหภูมิ ความดัน

2) แก๊สมีรูปร่างไม่แน่นอน บรรจุอยู่ในสิ่งใดก็มีรูปร่างเหมือนสิ่งนั้น และมีปริมาตรไม่จำกัดคงตัว แพร่กระจายเต็มไปทั่วภาชนะที่บรรจุแก๊สนั้น แก๊สมีความหนาแน่นต่ำมาก แก๊สมีน้ำหนักน้อยแต่กินเนื้อที่มาก แก๊สขยายตัวออกได้ และถ้าต้องการบีบอัดให้หดเล็กลงก็กระทำได้โดยใช้ความดัน (กฤษณา ชุติมา. 2547: 261)

2.1.2 ทฤษฎีจลน์โมเลกุลของแก๊ส

1) แก๊สประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กมากเรียกว่า โมเลกุล โมเลกุลของแก๊สอยู่ห่างกันมาก ขนาดของโมเลกุลเล็กมากเมื่อเทียบกับระยะทางระหว่างโมเลกุล ปริมาตรของโมเลกุลแทบไม่ต้องคำนึงถึงเมื่อเทียบกับปริมาตรทั้งหมดของแก๊ส

2) ไม่มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล

3) โมเลกุลของแก๊สไม่อยู่กับที่ เคลื่อนที่ตลอดเวลาเป็นเส้นตรงจนปะทะโมเลกุลอื่นหรือปะทะผนังภาชนะจึงเปลี่ยนทิศทาง

4) เมื่อโมเลกุลของแก๊สปะทะกันเองหรือปะทะกับข้างภาชนะ จะไม่มีการเสียพลังงาน พลังงานจลน์ทั้งหมดภายหลังการปะทะไม่เปลี่ยนไปจากเมื่อก่อนการปะทะ

5) พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สเป็นปฏิภาคกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ และพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สทุกชนิดเท่ากันหมดที่อุณหภูมิเดียวกัน (กฤษณา ชุติมา. 2547: 281)

2.1.3 ความดันของแก๊ส

ความดัน หมายถึง แรงต่อหน่วยพื้นที่ เมื่อบรรจุแก๊สไว้ในภาชนะ โมเลกุลแก๊สวิ่งไปมาและชนภาชนะตลอดเวลา ถึงแม้ว่าโมเลกุลมีขนาดเล็กและการชนแต่ละครั้งคิดเป็นแรงน้อยมาก แต่แก๊สย่อมมีจำนวนโมเลกุลมากมาย การที่โมเลกุลจำนวนมากเหล่านั้นปะทะผนังภาชนะตลอดเวลาทำให้เกิดเป็นแรงกระทำต่อภาชนะ จึงกล่าวได้ว่าความดันของแก๊สภายในภาชนะเกิดจากโมเลกุลของแก๊สวิ่งไปชนภาชนะ และความดันนี้มีค่าเท่ากันหมดไม่ว่าวัดที่ส่วนใดของภาชนะ (กฤษณา ชุติมา. 2547: 262)

2.1.4 การละลายของแก๊สในของเหลว

1) แก๊สละลายได้ในของเหลว เช่น น้ำ ปริมาณการละลายของแก๊สมีค่ามากน้อยต่างกันตามชนิดของแก๊ส เช่น ที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน น้ำ 1 ลิตรละลายไนโตรเจนได้ 1.05×10^{-3} โมล ออกซิเจน 2.2×10^{-3} โมล และไฮโดรเจน 9.6×10^{-4} โมล

2) โมเลกุล N_2 , O_2 , และH_2 ที่ละลายในน้ำยังคงเป็นโมเลกุลที่เหมือนกับอยู่ในแก๊ส เพราะไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ เกิดขึ้น โมเลกุลแก๊สเหล่านี้แพร่ไปในน้ำโดยเกิดแรงแวนเดอร์วาลส์กับโมเลกุลน้ำ แต่แก๊สบางชนิดเมื่อละลายในน้ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

3) ปริมาณการละลายของแก๊สในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของแก๊ส อุณหภูมิและความดัน แก๊สละลายได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่ละลายได้มากขึ้นถ้าเพิ่มความดัน

4) ปริมาณของแก๊สที่ละลายอยู่ในน้ำในสารละลายอิ่มตัว คือ สภาพละลายได้ของแก๊ส ซึ่งอาจวัดเป็นน้ำหนักแก๊สหรือจำนวนโมลของแก๊สต่อน้ำหนักน้ำ หรือน้ำหนักแก๊สต่อปริมาตรน้ำ หรือปริมาตรแก๊สต่อปริมาตรน้ำ

5) การละลายของแก๊สในของเหลวเป็นกระบวนการคายความร้อน ตามหลัก เลอ ชาเตอลิเอ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายทำให้แก๊สละลายได้น้อยลง (กฤษณา ชุติมา. 2547: 395 - 397)

2.2 การดูดซับ

การดูดซับ (Adsorption) เป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่ใช้แยกองค์ประกอบที่ต้องการแยกออกจากสารละลายของเหลว หรือแก๊ส เกิดจากการที่สารสองชนิดมาสัมผัสกัน ทำให้โมเลกุลหรืออะตอมมีความเข้มข้นเฉพาะบริเวณระหว่างผิวสัมผัสนั้น โดยทั่วไปการดูดซับมักเกิดขึ้นเมื่อสารหนึ่งเป็นของแข็ง พิจารณาระบบที่ประกอบด้วยแก๊สและของแข็งที่สามารถดูดซับอะตอมหรือโมเลกุลของก๊าซไว้เป็นสารดูดซับ (Adsorbent) ส่วนแก๊สเรียกว่า สารถูกดูดซับ (Adsorbate) ตัวดูดซับชนิดหนึ่งๆ มีความสามารถดูดซับองค์ประกอบต่างๆ ในสารละลายได้แตกต่างกันจึงสามารถแยก

องค์ประกอบต่างๆ ออกจากกันได้ การจะแยกองค์ประกอบใดออกจากสารละลายต้องเลือกชนิดตัวดูดซับให้เหมาะสม

2.2.1 การดูดซับแก๊สโดยของแข็ง

เมื่อแก๊สสัมผัสกับของแข็ง ของแข็งจะทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับจะดูดซับโมเลกุลแก๊สไว้บนพื้นที่ผิวของมัน โมเลกุลที่ถูกดูดซับ เรียกว่า ตัวถูกดูดซับ (Adsorbate หรือ Adsorbed molecular) ตัวถูกดูดซับเหล่านี้จะประกอบกันขึ้นเป็นวัฏภาค (Phase) หรือชั้น (Layer) ใหม่ ซึ่งมีคุณสมบัติของมันเอง และแตกต่างไปจากวัฏภาคทั้งสอง ดังนั้นระบบการดูดซับแก๊สโดยของแข็งจะประกอบไปด้วย 3 วัฏภาค คือ วัฏภาคแก๊ส (Gas phase) วัฏภาคของแข็งหรือวัฏภาคตัวดูดซับ (Solid phase หรือ Adsorbent phase) และวัฏภาคตัวถูกดูดซับ (Adsorbate phase หรือ Adsorbed phase) ความหนาของชั้นหรือวัฏภาคตัวถูกดูดซับที่เกิดขึ้นนั้นจะขึ้นกับธรรมชาติของระบบ โดยทั่วไปแล้วการดูดซับแก๊สโดยของแข็ง จะเกิดชั้นของตัวถูกดูดซับที่มีความหนาเท่ากับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของโมเลกุลนั้น คือ มีความหนาเพียงชั้นเดียว เรียกการดูดซับแก๊สโดยของแข็งที่ความดันของแก๊สมีค่าต่ำๆ เรียกว่า การดูดซับชั้นเดียว แต่ถ้าความดันของแก๊สมีค่าสูงจะได้ชั้นของตัวถูกดูดซับที่มีความหนาหลายชั้น เรียกว่า การดูดซับหลายชั้น (Multilayer adsorption)

2.2.2 วัฏภาคตัวถูกดูดซับ (Adsorbate phase)

ลักษณะอย่างหนึ่งของวัฏภาคตัวถูกดูดซับ คือ ความสามารถในการเคลื่อนที่ (Mobility) ของตัวถูกดูดซับ ลักษณะและความสามารถในการเคลื่อนที่จะแปรเปลี่ยนอยู่ระหว่างลักษณะที่มีสภาวะคล้ายกับของเหลวกับลักษณะที่มีสภาวะคล้ายกับของแข็ง ซึ่งสามารถแยกประเภทของวัฏภาคตัวถูกดูดซับได้เป็น 2 ประเภท คือ วัฏภาคเคลื่อนที่ (Mobile phase หรือ non-localized phase) และวัฏภาคไม่เคลื่อนที่ (Immobile phase หรือ localized phase)

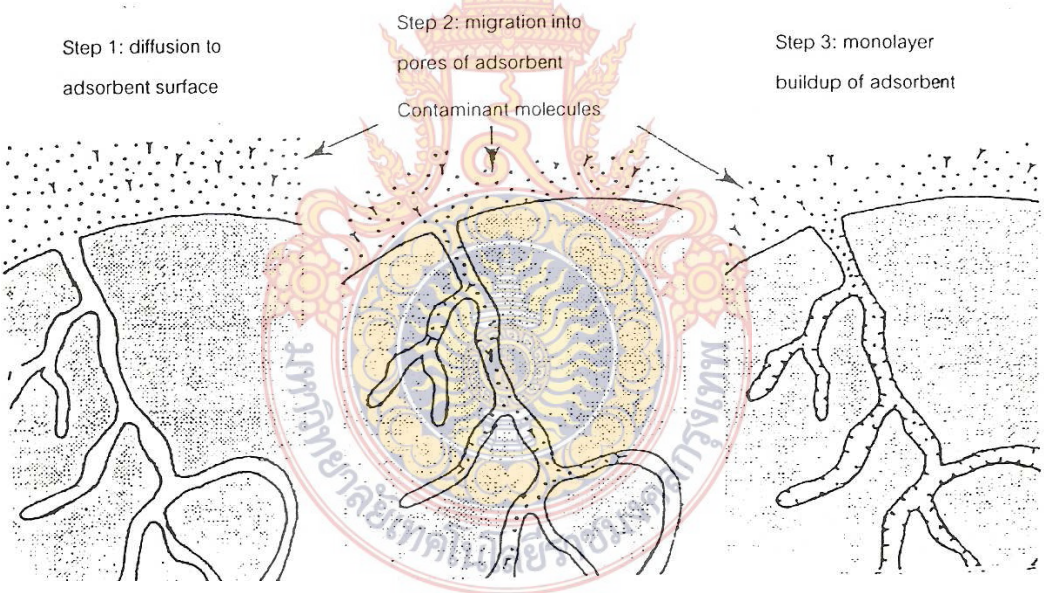
ภายในวัฏภาคเคลื่อนที่ตัวถูกดูดซับจะประพฤติตัวคล้ายของเหลว และโมเลกุลของมันสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ แต่ความสามารถในการเคลื่อนที่นี้ถูกจำกัดโดยแรงดึงดูดของของแข็งที่มีต่อโมเลกุลของแก๊ส อันเนื่องมาจากอิทธิพลของสนามศักยภาพ (Potential field) ของพื้นผิวของแข็ง โดยทั่วไปแล้วการดูดซับทางกายภาพจะเกิดวัฏภาคประเภทนี้ สำหรับกรณีของวัฏภาคไม่เคลื่อนที่อนุภาคตัวถูกดูดซับจะติดแน่นอยู่กับที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ แต่ว่าโมเลกุลยังคงมีการสั่นไหว (Vibration) อยู่ วัฏภาคประเภทหลังนี้เกิดขึ้นเสมอสำหรับการดูดซับทางเคมี ส่วนในการดูดซับทางกายภาพนั้น จะเกิดวัฏภาคประเภทนี้ได้ต่อเมื่อสนามศักยภาพมีความแข็งแรงมากพอเท่านั้น

2.2.3 กลไกการดูดซับมีหลายขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นตอนแรก คือ การที่โมเลกุลแก๊สเคลื่อนที่ไปยังผิวด้านนอกของวัตถุ และที่เป็นลักษณะเดียวกับการที่โมเลกุลแก๊สแพร่กระจายผ่านชั้นที่หยุดนิ่งไปยังชั้นของเหลว - แก๊ส

2) ขั้นตอนที่สอง คือ การที่โมเลกุลจะเคลื่อนที่เข้าไปยังผิวภายในรูพรุนซึ่งเป็นกระบวนการแพร่ อาจด้วยวิธีแพร่เข้าทางรูพรุนหรือทางผิว (Surface migration) หรือโดยแรงแคปปิลารี่ (Capillary force)

3) ขั้นตอนที่สาม คือ ขั้นตอนที่แท้จริงของโมเลกุลที่จะถูกดูดซับในรู บางครั้งโมเลกุลจะแทรกผ่านวัตถุโดยการแพร่ภายใน (Internal diffusion) แต่ขั้นตอนสุดท้ายนี้จะไม่มีผลต่ออัตราการดูดซับ การดูดซับที่แท้จริงนั้นเร็วมาก เมื่อเปรียบเทียบกับ 2 ขั้นตอนแรก และจะเป็นตัวกำหนดอัตราการดูดซับ



รูปที่ 2.1 กลไกการดูดซับ

ที่มา : ศิรินันท์ ศรีสกุลพงษ์ และสุธาทิพย์ บุญพันธ์, 2550: 8

2.2.4 ชนิดของตัวดูดซับสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1) ตัวดูดซับที่ไม่มีขั้ว (Non-polar adsorbents) วัตถุที่สำคัญของกลุ่มนี้ คือถ่านกัมมันต์ ประกอบด้วยอะตอมที่เป็นกลางชนิดเดียวกัน ทำให้ผิวของวัตถุนั้นมีประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันกระจายอย่างสม่ำเสมอ ในระดับของโมเลกุลดังกล่าวจะจับโมเลกุลที่ไม่มีขั้วมากกว่าพวกที่มีขั้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใกล้จุดเดือดของสารอินทรีย์ ถึงแม้ว่าจะมีไอน้ำอยู่ในกระแสของแก๊สอินทรีย์โมเลกุลก็จะถูกดูดซับได้ดีกว่า เพราะว่าขั้วของโมเลกุลน้ำมีแรงดึงดูดซึ่งกันและกันมากกว่าผิวของคาร์บอนซึ่งไม่มีประจุ ด้วยเหตุนี้โมเลกุลของสารอินทรีย์ขนาดใหญ่จึงพร้อมจะถูกดูดซับมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ โมเลกุลของสารอินทรีย์ที่มีขนาดเล็ก โมเลกุลขนาดใหญ่ของสารอนินทรีย์ โมเลกุลของสารอนินทรีย์ที่มีขนาดเล็ก และแก๊สจะถูกดูดซับได้ยากที่สุด

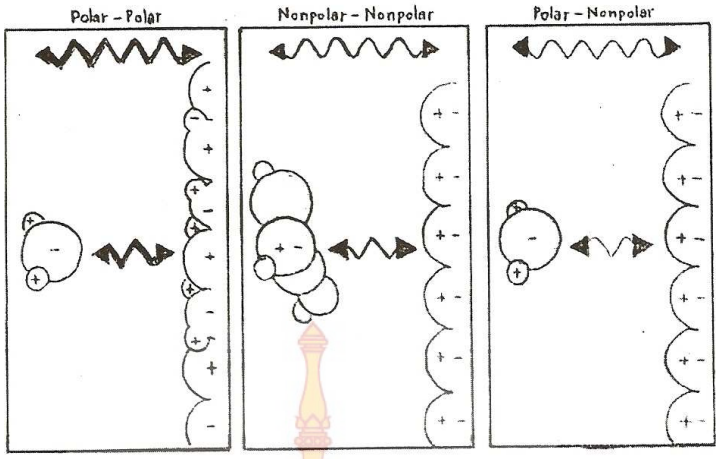
2) ตัวดูดซับที่มีขั้ว (Polar adsorbents) เป็นการดูดซับที่เกิดขึ้นจากแรงดึงดูดของโครงสร้างทางเคมีที่มีขั้ว โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลแก๊ส และผิวของวัตถุ ตัวดูดซับที่มีขั้วได้แก่ พวกออกไซด์ เช่น ออกไซด์ของซิลิกา และออกไซด์ของโลหะวัตถุจำพวกซิลิกา ได้แก่ ซิลิกาเจล (Silica gel) ฟลูเลอร์เอิร์ธ (Fuller's earth) ไดอะตอมเมเชียสเอิร์ธ (Diatomaceous earth) วัตถุเหล่านี้จะมีความเกี่ยวข้องกับโมเลกุลที่มีขั้ว และไม่มีขั้ว และชอบที่จะดูดซับโมเลกุลที่มีขั้วมากกว่าโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว ออกไซด์ของโลหะ ออกไซด์ของอลูมิเนียม ซึ่งอยู่ในรูปของ Activated alumina หรือ Activated bauxite จะมีแรงดึงดูดพวกโมเลกุลที่มีขั้ว ดังนั้นวัตถุเหล่านี้จึงนิยมนำมาใช้ในการกำจัดไอน้ำในแก๊สมากกว่า ใช้พวกอินทรีย์โมเลกุลสารสังเคราะห์

3) ตัวดูดซับที่อาศัยปฏิกิริยาเคมี การที่ผิวของตัวดูดซับสามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับโมเลกุลของแก๊สได้ และสามารถเปลี่ยนโมเลกุลของแก๊สได้ก่อนจะถูกปล่อยออกไปนั้น ทำให้ขอบเขตของปฏิกิริยาที่ผิว และการเร่งปฏิกิริยานั้นกว้างมากขึ้น (ศิรินันท์ ศรีสกุลพงษ์ และสุธาทิพย์ บุญพันธ์. 2550: 5 - 14)

2.2.5 ลักษณะของการดูดซับ

การที่โมเลกุลแก๊สถูกดูดซับ หรือยึดเกาะบนผิวตัวดูดซับได้ เนื่องจากเกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลแก๊สกับโมเลกุล หรืออะตอมของแข็ง หรือตัวดูดซับ พิจารณาจากแรงดึงดูดที่เกิดขึ้น สามารถจำแนกการดูดซับได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) การดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption) เกิดขึ้นจากการสัมผัสกันเฉพาะตัว (Individual of Interacting Species) ทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลอย่างเบาบาง คือ แรงแวนเดอร์วาลส์ (Vander Waals force) ซึ่งประกอบด้วยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล (Intermolecular cohesion) และแรงไฟฟ้าสถิต (Electrostatic force)



รูปที่ 2.2 การดูดซับทางกายภาพ

ที่มา : ศิรินันท์ ศรีสกุลพงษ์ และสุธาทิพย์ บุญพันธ์, 2550: 23

2) การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption) ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับแรงที่เกิดจากพันธะเคมีระหว่างโมเลกุลแก๊สกับอะตอมของของแข็ง

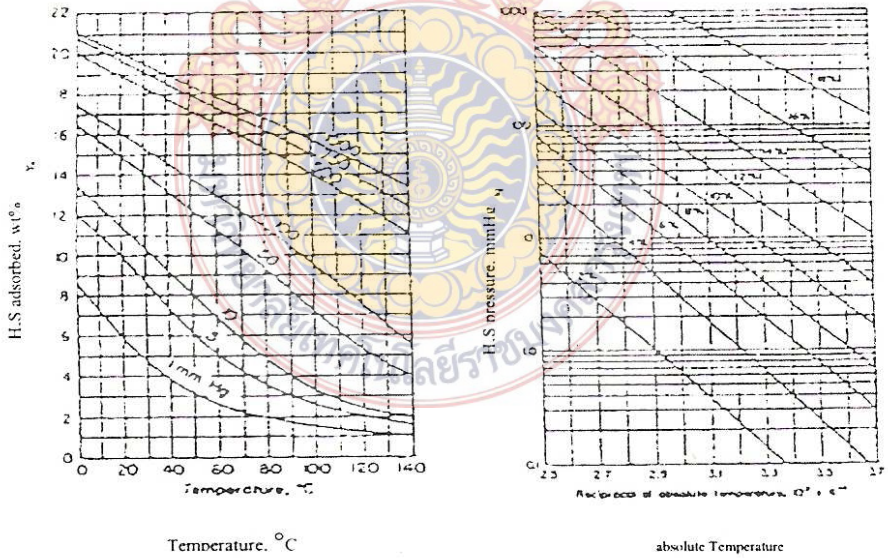
ความแตกต่างระหว่างการดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมี อยู่ที่พันธะระหว่างโมเลกุลแก๊สกับสารดูดซับ สำหรับการดูดซับทางกายภาพโมเลกุลของแก๊สจะเกิดพันธะกับผิวของสารดูดซับด้วยแรงอ่อนๆ คุณสมบัติของสารดูดซับจะไม่เปลี่ยนแปลง ขณะที่การดูดซับทางเคมีพันธะระหว่างโมเลกุลของตัวถูกดูดซับ และผิวของสารดูดซับจะมีการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนร่วมกัน เกิดเป็นสารประกอบใหม่ เมื่อเกิดขึ้นแล้วจะคงอยู่ในรูปนั้นไม่สามารถเปลี่ยนกลับไปได้ (แต่การดูดซับทางกายภาพสามารถเปลี่ยนกลับไปมาได้ (Reversible) แรงที่ใช้จะมากกว่าการดูดซับทางกายภาพ) ชั้นของการดูดซับทางเคมีจะหนาเพียงชั้นเดียว เพราะว่าโมเลกุลของตัวถูกดูดซับกับโมเลกุลบนผิวของสารดูดซับต้องสัมผัสกันโดยตรงเพื่อใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน การดูดซับทางกายภาพโมเลกุลแก๊สจะยึดเกาะบนผิวของของแข็งด้วยผลจากไฟฟ้าสถิต ซึ่งแรงดึงดูดนี้ เรียกว่าแรงลอนดอน (London force) หรือแรงแวนเดอร์วาลส์ เป็นแรงอ่อนๆ ขึ้นอยู่กับความมีขั้วของทั้งโมเลกุลแก๊สและสารดูดซับ (ศิรินันท์ ศรีสกุลพงษ์ และสุธาทิพย์ บุญพันธ์. 2550: 23 - 24)

2.2.6 สมดุลการดูดซับ (Adsorption equilibrium)

ถ้าให้แก๊สชนิดหนึ่งที่มีความดันค่าหนึ่งมาสัมผัสที่ผิวของแข็งที่บรรจุในภาชนะปิด เมื่อสารทั้งสองสัมผัสกัน โมเลกุลของแก๊สจะถูกดูดซับโดยของแข็ง เมื่อผ่านระยะเวลาหนึ่งน้ำหนักของของแข็งที่เพิ่มขึ้นจะคงที่ และความดันของแก๊สที่ลดลงจะคงที่ด้วย เรียกเวลานั้นว่าเป็นสมดุลการดูดซับ การดูดซับขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการคือความดันหรือความเข้มข้นของสารดูดซับ อุณหภูมิของการดูดซับ ชนิดของสารดูดซับ และสารดูดซับ ดังนั้นความดันหรือความเข้มข้นของสารดูดซับ อุณหภูมิของการดูดซับจึงเป็นตัวแปรสำคัญในการพิจารณาสมดุลของการดูดซับ สมดุลการดูดซับแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

1) ไอโซบาร์ของการดูดซับ (Adsorption isobar) เป็นการดูดซับโดยการควบคุมให้ความดันคงที่ จำนวนของโมเลกุลที่ดูดซับที่ความดันคงที่จะเป็นเอ็กโปเนลเชียลกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ข้อมูลการดูดซับชนิดนี้จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการรีเจนเนอเรชั่น โดยใช้ความร้อน

2) ไอโซสเตียร์ของการดูดซับ (Adsorption isosteres) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอุณหภูมิภายใต้สภาวะ Surface coverage คงที่ สำหรับการดูดซับนี้สามารถคำนวณความร้อนของการดูดซับได้โดยการพล็อตกราฟระหว่าง ln P กับ 1/T ดังรูป 2.3 – (2)



(1) Isobar (2) Isosteres

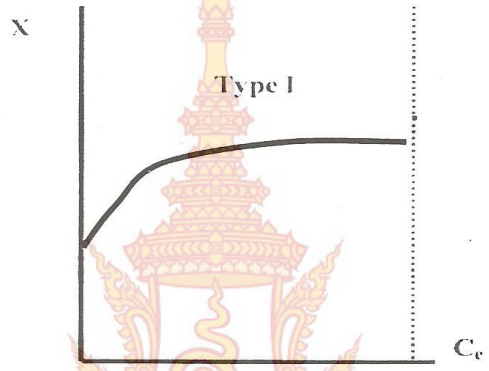
รูปที่ 2.3 การดูดซับแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยโมเลกุลาซีฟ 13X

ที่มา : ศิรินันท์ ศรีสกุลพงษ์ และสุธาทิพย์ บุญพันธ์, 2550: 27

3) ไอโซเทอมของการดูดซับ (Adsorption isotherm) เมื่อกำหนดให้อุณหภูมิคงที่ ปริมาณการดูดซับเปลี่ยนแปลงตามความดัน สามารถเขียนกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดูดซับกับความดันย่อยของตัวถูกดูดซับ

จากการศึกษาของ Brunauer Deming & Teller (BDDT) พบว่าเส้นไอโซเทอมของสมดุลการดูดซับสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 แบบ คือ

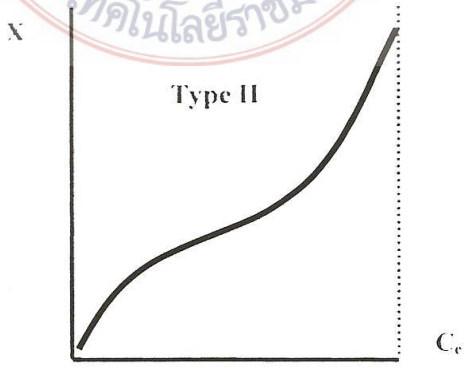
3.1) แบบที่ 1 เป็นการดูดซับโดยที่มีชั้นของตัวถูกดูดซับที่ผิวตัวดูดซับหนาเพียงหนึ่งโมเลกุล (Monolayer) แสดงดังรูปที่ 2.4 เช่น การดูดซับของแก๊สแอมโมเนียบนถ่านชาร์โคล



รูปที่ 2.4 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบที่ 1

ที่มา : ศิรินันท์ ศรีสกุลพงษ์ และสุธาทิพย์ บุญพันธ์, 2550: 27

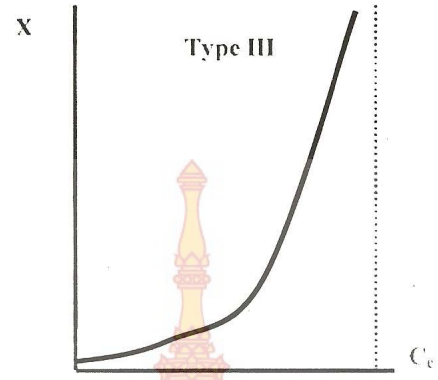
3.2) แบบที่ 2 เป็นการดูดซับโดยที่มีชั้นของตัวถูกดูดซับที่ผิวดูดซับหนาขึ้นไปเรื่อยๆ แสดงดังรูปที่ 2.5 เช่น การดูดซับของแก๊สไนโตรเจนบนซิลิกาเจล



รูปที่ 2.5 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบที่ 2

ที่มา : ศิรินันท์ ศรีสกุลพงษ์ และสุธาทิพย์ บุญพันธ์, 2550: 28

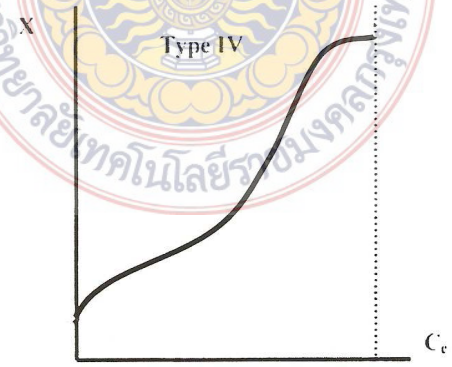
3.3) แบบที่ 3 เป็นการดูดซับที่มีลักษณะคล้ายกับแบบที่ 2 แต่การดูดซับของชั้นแรกที่เกิดขึ้นนั้นจะมีการให้ความร้อนออกมาได้น้อยกว่าความร้อนของการควบแน่น แสดงดังรูปที่ 2.6 เช่น การดูดซับไอของโบรมีน หรือไอของไอโอดีนบนซิลิกาเจล



รูปที่ 2.6 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบที่ 3

ที่มา : ศิรินันท์ ศรีสกุลพงษ์ และสุธาทิพย์ บุญพันธ์, 2550: 28

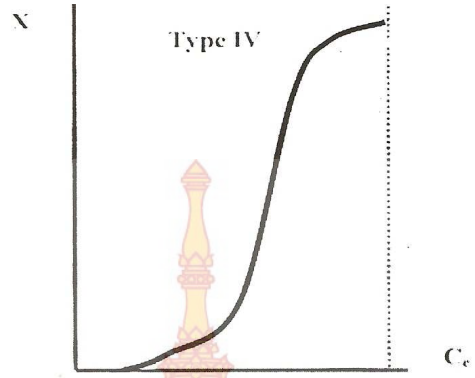
3.4) แบบที่ 4 เป็นการดูดซับที่มีลักษณะคล้ายกับแบบที่ 2 แต่การดูดซับจะถึงจุดอิ่มตัว เนื่องจากรูพรุนของแคปปิลารี่ที่มีอยู่ภายในตัวดูดซับนั้นเต็มหมดแล้ว แสดงดังรูปที่ 2.7 เช่น การดูดซับเบนซีนบนเหล็กออกไซด์เจล



รูปที่ 2.7 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบที่ 4

ที่มา : ศิรินันท์ ศรีสกุลพงษ์ และสุธาทิพย์ บุญพันธ์, 2550: 29

3.5) แบบที่ 5 เป็นการดูดซับที่มีลักษณะคล้ายกับแบบที่ 3 ในช่วงที่มีความเข้มข้นต่ำๆ แต่เมื่อการดูดซับเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แล้วจะเข้าสู่ค่าสูงสุดค่าหนึ่งเช่นเดียวกับแบบที่ 4 แสดงดังรูปที่ 2.8 เช่น การดูดซับไอน้ำบนถ่านกัมมันต์



รูปที่ 2.8 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบที่ 5
ที่มา : ศิรินันท์ ศรีสกุลพงษ์ และสุธาทิพย์ บุญพันธ์, 2550: 29

นอกจากนี้ยังมีไอโซเทอมอีกหลายรูปแบบ เป็นผลมาจากการพัฒนาทางทฤษฎี และการสังเกตจากการทดลอง โดยมีรูปแบบดังนี้

1) ไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงเมียร์ (Langmuir adsorption isotherm) สมมติฐานของแบบจำลองแลงเมียร์ที่เรียกว่า Ideal localized monolayer model คือ

- การดูดซับจะเกิดเฉพาะที่ โดยไม่มีแรงกระทำระหว่างโมเลกุลของตัวถูกดูดซับ
- การดูดซับจะเกิดมากที่สุด เมื่อโมเลกุลของตัวถูกดูดซับยึดเกาะบนผิวตัวดูดซับเพียงชั้นเดียว จะมีตำแหน่งที่เกิดขึ้นจากการดูดซับที่แน่นอน เมื่อเกิดการดูดซับแล้วโมเลกุลจะไม่ซ้อนทับกัน และชั้นของตัวถูกดูดซับมีความหนาเท่ากันหมด
- พลังงานในการดูดซับมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับคุณสมบัติของพื้นผิว
- พลังงานในการดูดซับมีค่าเท่ากันทุกบริเวณทั่วพื้นผิว
- พื้นที่ผิวในการดูดซับมีตำแหน่งและกลไกดูดซับเหมือนกัน ทำให้โครงสร้างเป็นสารเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นเหมือนกันเป็นพื้นผิวแบบเนื้อเดียวกัน

มีสมการดังนี้

$$X = (X_m bC_e) / (1+bC_e) \quad (1)$$

โดยที่ X คือ ปริมาณของตัวถูกละลายที่ถูกดูดซับต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของสารดูดซับที่ความเข้มข้น C_e

X_m คือ ปริมาณของตัวถูกละลายที่มากที่สุดที่ถูกดูดซับเพื่อสร้างชั้นเดียว

C_e คือ ความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่จุดสมดุล

b คือ ค่าคงที่ทางพลังงานของการดูดซับ

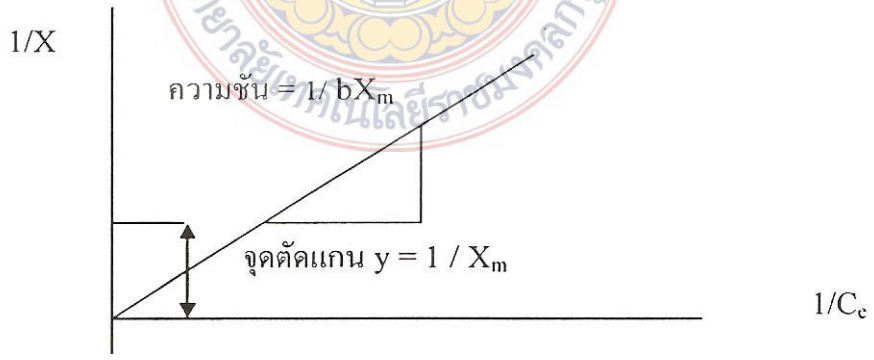
เมื่อ X เข้าสู่ X_m และ C_e เข้าสู่ ∞ จากสมการที่ (1) สามารถเขียนใหม่เป็นสมการที่ (2) คือ

$$C_e / X = (1 / bX_m) + (C_e / X_m) \quad (2)$$

เมื่อเขียนกราฟระหว่าง C_e / X กับ C_e ซึ่งเป็นเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ 1 / X_m และจุดตัดแกน y เท่ากับ 1 / bX_m และเมื่อหารด้วย C_e จะได้สมการเส้นตรง ดังสมการที่ (3)

$$1 / X = (1 / X_m) + (1 / C_e) (1 / bX_m) \quad (3)$$

เมื่อเขียนกราฟระหว่าง 1 / X กับ 1 / C_e ซึ่งเป็นเส้นตรงมีความชันเท่ากับ 1 / bX_m และจุดตัดแกน y เท่ากับ 1 / X_m กราฟของสมการที่ (2) และ(3) แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.9 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบแลงเมียร์

ที่มา: ศิรินันท์ ศรีสกุลพงษ์ และสุธาทิพย์ บุญพันธ์, 2550: 31

2) ไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดริช (Freundlich Adsorption Isotherm) สมการของฟรุนดริชมีสมมติฐานว่า

- การดูดซับมีลักษณะเป็นเพียงชั้นเดียว
- ใช้ในกรณีการถ่ายเทพลังงานผ่านพื้นผิวแบบไม่เป็นเนื้อเดียว
- ใช้ได้ดีกับตัวถูกดูดซับที่มีแนวโน้มถูกดูดซับได้ง่าย และมีความเข้มข้นต่ำถึงปานกลาง

สมการการดูดซับแบบฟรุนดริช ใช้กันอย่างแพร่หลายในการอธิบายการดูดซับในระบบของเหลวโดยวิธีทางคณิตศาสตร์ แสดงดังสมการที่ (4)

$$X = K_f C_e^{1/n} \quad (4)$$

โดยที่ X คือ ปริมาณของตัวถูกละลายที่ถูกดูดซับต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของสารดูดซับ

K_f คือ ค่าคงที่ สัมพันธ์กับพลังงานของการดูดซับของสารดูดซับ

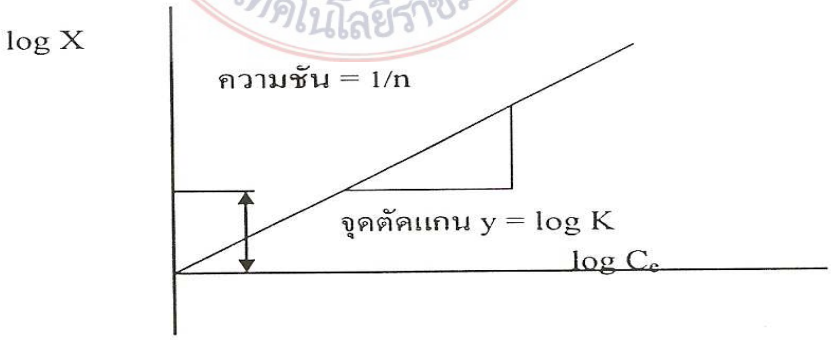
C_e คือ ความเข้มข้นของตัวถูกละลายในสารละลายที่จุดสมดุล

1 / n คือ ค่าคงที่ สัมพันธ์กับพลังงานการดูดซับ

สมการที่ (4) เขียนในรูปลอการิทึมได้เป็นสมการที่ (5)

$$\log X = \log K + 1/n \log C_e \quad (5)$$

เมื่อเขียนกราฟระหว่าง log X กับ log C_e จะได้กราฟที่เป็นเส้นตรงซึ่งมีความชันเป็น 1 / n และจุดตัดแกน y เท่ากับ log K ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.10 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบฟรุนดริช

ที่มา : ศิรินันท์ ศรีสกุลพงษ์ และสุธาทิพย์ บุญพันธ์, 2550: 32

3) ไอโซเทอมการดูดซับแบบ BET (Brunauer - Emmerett - Teller Adsorption isotherm) ไอโซเทอมนี้ได้รับการพัฒนามาจากไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ เพื่อนำมาใช้อธิบายการดูดซับแบบหลายชั้น โดยมีสมมติฐานว่าแต่ละโมเลกุลในชั้นดูดซับ ชั้นแรกจะเป็นบริเวณที่โมเลกุลของชั้นที่สองดูดซับกัน และจะเป็นเช่นเดียวกันนี้ในชั้นต่อๆ ไป แสดงในสมการที่ 6

$$X = (X_m b C_e) / \{(C_s - C_e) [1 + (b - 1)] C_e / C_s\} \qquad (6)$$

โดยที่ X คือ ปริมาณของตัวถูกละลายที่ถูกดูดซับต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของสารดูดซับ

X_m คือ ปริมาณของตัวถูกละลายที่มากที่สุดที่ถูกดูดซับเพื่อสร้างชั้นเดียว

C_e คือ ความเข้มข้นของตัวถูกละลายในสารละลายที่จุดสมดุล

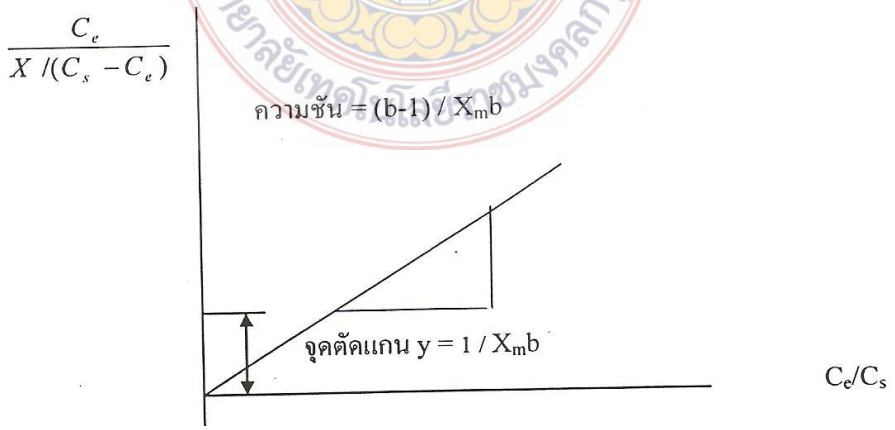
C_s คือ ความเข้มข้นอิ่มตัวของตัวถูกละลาย

b คือ ค่าคงที่ทางพลังงานของการดูดซับ

สมการที่ (6) สามารถจัดรูปได้เป็นสมการที่ (7)

$$C_e / X (C_s - C_e) = (1 / X_m b) + [(b - 1) / X_m b] (C_e / C_s) \qquad (7)$$

เมื่อเขียนกราฟระหว่าง $C_e / X (C_s - C_e)$ กับ C_e / C_s จะได้กราฟที่เป็นเส้นตรงซึ่งมีความชันเป็น $(b - 1) / X_m b$ และจุดตัดแกน y เท่ากับ $1 / X_m b$ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.11 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบ BET

ที่มา : ศิรินันท์ ศรีสกุลพงษ์ และสุธาทิพย์ บุญพันธ์, 2550: 33

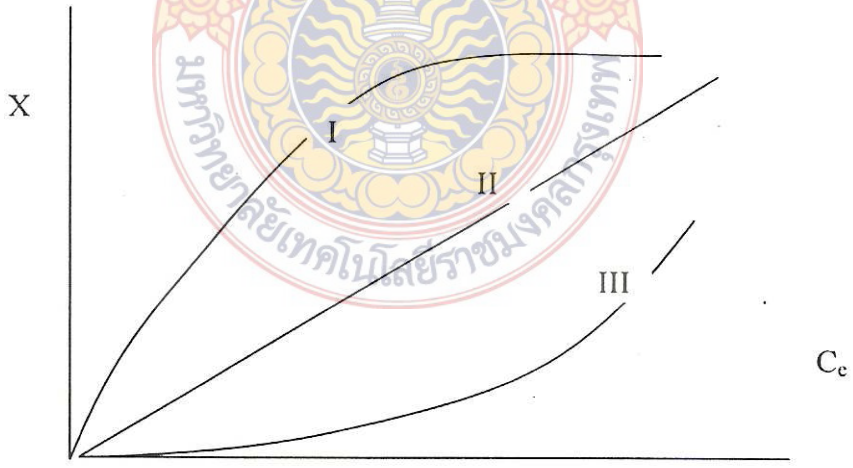
2.2.7 รูปแบบการดูดซับ

การดูดซับสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ ดังรูปที่ 2.12 โดยที่ C_e คือ ความเข้มข้นของสารในของเหลวที่สัมผัสกับสารดูดซับ และ X คือ สมดุลของสารระหว่างผิวสัมผัส

1) เส้นโค้ง I (Favorable adsorption) แสดงการดูดซับโดยมีความสัมพันธ์แบบเส้นโค้งแสดงความสามารถในการดูดซับที่ดี ความสามารถในการดูดซับแปรผันตามความเข้มข้นของกระแสป้อน โดยที่ความเข้มข้นของกระแสป้อนต่ำๆ จะสามารถดูดซับได้ดี ในขณะที่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกระแสป้อนจะทำให้ความสามารถในการดูดซับดียิ่งขึ้น

2) เส้นโค้ง II (Linear adsorption) แสดงการดูดซับโดยมีความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรง แสดงถึงความสามารถในการดูดซับเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้น

3) เส้นโค้ง III (Unfavorable adsorption) แสดงการดูดซับโดยมีความสัมพันธ์แบบเส้นโค้งแสดงถึงความสามารถในการดูดซับที่ไม่ดี จะพบในกรณีที่มีของแข็งในหอดูดซับน้อยและปริมาณอนุภาคตัวดูดซับที่น้อยนี้ทำให้เกิดบริเวณที่มวลถ่ายเทที่ยาวๆ อย่างสมบรูณ์ตลอดทั้งหอดูดซับและที่ความเข้มข้นของกระแสป้อนต่ำๆ จะดูดซับได้น้อย ถึงแม้ว่าความเข้มข้นของกระแสป้อนจะเพิ่มขึ้นความสามารถในการดูดซับก็ยังคงไม่ดี (ศิรินันท์ ศรีสกุลพงษ์ และสุธาทิพย์ บุญพันธ์. 2550: 26 - 34)



รูปที่ 2.12 รูปแบบการดูดซับ

ที่มา : ศิรินันท์ ศรีสกุลพงษ์ และสุธาทิพย์ บุญพันธ์, 2550: 34

2.3 สมบัติของตัวรองรับชนิดถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์เป็นของแข็งที่ประกอบด้วยคาร์บอนเป็นหลัก มีความพรุนและพื้นที่ผิวสูง สามารถผลิตได้จากชีวมวล เช่น กะลามะพร้าว ไม้ไผ่ มักมีความเป็นขั้วต่ำหรือไม่มีขั้ว การใช้ประโยชน์ของคาร์บอนจะนำมาเป็นตัวดูดซับ ตัวกรอง และช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับยางและอื่นๆ ถ่านกัมมันต์เตรียมได้จากการให้ความร้อนวัสดุที่ประกอบด้วยคาร์บอน เช่น ถ่านหิน ลิกไนต์ ไม้ ในบรรยากาศที่ไม่มีออกซิเจน เพื่อกำจัดน้ำและสารที่ระเหยได้ออกไป และยังช่วยให้เกิดการสลายตัวของโมเลกุลอินทรีย์ ผลที่ได้คือวัสดุที่มีองค์ประกอบหลักเป็นคาร์บอนและยังมีหมู่ฟังก์ชันอื่นๆ เกาะอยู่ หลังจากนั้นจึงนำมากัมมันต์ (Activated) ทำได้ 2 วิธีคือ 1) การใช้สารเคมี 2) การออกซิไดส์โดยใช้น้ำหรือคาร์บอนไดออกไซด์ นิยมเรียกว่าการกัมมันต์ทางกายภาพ

ถ่านกัมมันต์จะประกอบด้วยออกซิเจนประมาณ 10% โดยมวล ซึ่งอาจจับอยู่ที่ผิวหน้าในรูปของคีโตน ไฮดรอกซิล หรือคาร์บอกซิลิก สมบัติเหล่านี้จะแตกต่างกันไปจากถ่านกัมมันต์ที่ได้ให้ความร้อนในบรรยากาศของแก๊สเฉื่อยในสภาวะของการรีดิวซ์ พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์อาจมีค่าสูงถึง 1200 m^2 / g

ถ่านกัมมันต์ที่เหมาะกับการใช้เป็นตัวรองรับ จะต้องอยู่ในรูปของคาร์บอนที่ไม่มีโลหะเจือปนและมีพื้นที่ผิวสูง ถ่านกัมมันต์ที่มีสมบัติดังกล่าวมักมีราคาสูงกว่าถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการดูดซับเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนหลายเท่า ถ่านกัมมันต์จากถ่านหินหรือลิกไนต์มักจะนุ่มและมีสิ่งเจือปนอยู่มากเกินไป ส่วนถ่านที่เผาจนหมดควัน หรือถ่านโค้ก (Coke) ที่มีปิโตรเลียมประกอบมักจะแข็งแต่จะมีกำมะถัน เวเนเดียม และนิกเกิลปนอยู่เล็กน้อย ถ่านกัมมันต์ที่แข็งแรง มีความบริสุทธิ์สูง มีคุณภาพดี สามารถเตรียมได้จากกะลามะพร้าว หรือกะลาปาล์มซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ (บัณฑิต หาญเวช และพิมภรณ์ บุญวิเชียร. 2550: 11 – 12)

2.4 เครื่องร่ำ

เครื่องหอมหรือสิ่งหอมหมายถึงสิ่งของต่างๆ ที่ระเหยในอุณหภูมิ หรือระเหิดเมื่อถูกความร้อน ความหอมเป็นมนต์เสน่ห์สำหรับมนุษย์ ผู้ที่ยังชื่นชมใน รูป รส กลิ่น เสียง ในชนทุกระดับชั้นต่างหาสิ่งหอมมาประทินผิวกาย เพื่อสร้างความพึงพอใจให้แก่ตนเองและผู้ชิดใกล้ ในรูปลักษณะที่แตกต่างกันออกไปอาทิ เช่น หาดอกไม้มาแซมผม นำความหอมของยางไม้มาปรุง อบร่ำในเสื้อผ้า อาหาร ทาผิวกาย เครื่องหอมต่างๆ ของไทยมีมาแต่โบราณกาลโดยทำขึ้นมาใช้เองจากวัสดุและสมุนไพรหอมที่ปลูกในเมืองไทย และสืบทอดกันต่อๆ มาตามคำบอกเล่า มิได้บันทึกไว้เป็นลายลักษณ์อักษรใดๆ แต่ได้นำชีวิตประจำวันต่างๆ ของมนุษย์ไปสอดแทรกในบทกวีต่างๆ ทำให้พอที่จะมีหลักฐานอ้างอิงของการใช้เครื่องหอมในอดีตกาลได้

เครื่องร่ำ คือ สิ่งที่ใช้อบให้มีกลิ่นหอม ส่วนผสมของเครื่องร่ำ ได้แก่ กำยานป่น น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลทรายขาว พิมเสน เป็นต้น เครื่องร่ำแบบไทยมีหลายรูปแบบ มีทั้งเป็นรูปผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำอบร่ำ น้ำปรุงกลิ่นร่ำ และแป้งร่ำ นำมาใช้เป็นเครื่องประทินผิว หีบร่ำเป็นรูปผลิตภัณฑ์อีกแบบหนึ่งที่นำมาใช้เก็บสิ่งของไว้ เมื่อนำออกมาใช้ก็จะทำให้สิ่งของนั้นๆ มีกลิ่นหอม (เครื่องร่ำ. 2551: ออนไลน์) รายละเอียดของส่วนผสมเครื่องหอมมีดังนี้

รูปที่ 2.13 เครื่องร่ำ

2.4.1 แก่นจันทน์

ชื่อท้องถิ่น : แก่นจันทน์

ชื่อสามัญ : sandal wood หรือ white sandalwood

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Santalum album* L.

แก่นจันทน์ได้จากต้นจันทน์หิมาลัย จัดอยู่ในวงศ์ Santalaceae พืชชนิดนี้เป็นไม้ต้นขนาดเล็กกึ่งเบียน สูงประมาณ 6 - 10 m ไม่ผลัดใบ เปลือกต้นเรียบ สีน้ำตาลปนเทา ใบเป็นใบเดี่ยวออกตรงกันข้าม ไม่มีหูใบ มีก้านใบยาวประมาณ 1 cm แผ่นใบรูปไข่ หรือรูปไข่แกมขอบขนานหรือรูปใบหอก เรียบยาวประมาณ 3 - 7 cm ดอกออกเป็นช่อสั้น ออกที่ปลายกิ่งหรือที่ซอกใบและกิ่ง ดอกย่อยมีขนาดเล็ก กลีบดอกติดกัน รูปชามโคม ปลายแยกเป็น 4 แฉก เมื่อบานใหม่ๆ สีฟางข้าว นานเข้าจะเปลี่ยนเป็นสีแดงอมม่วง ผลกลม ขนาดใกล้เคียงกับเมล็ดถั่ว เมื่อแก่จัดสีเกือบดำ ภายในมีเมล็ดเพียงเมล็ดเดียว ตำราสรรพคุณยาโบราณไทยว่า แก่นจันทน์มีรสขม หอม ร้อน ใช้แก้ไข้ แก้ดี กำเริบ แก้กระสับกระส่าย ตาลาย

เมื่อนำแก่นจันทน์มากลั่นด้วยไอน้ำ จะได้น้ำมันระเหยง่าย เรียก น้ำมันจันทน์ ประมาณร้อยละ 2 – 5 มีองค์ประกอบหลักเป็น α - santalol และ β - santalol (รวมกันประมาณร้อยละ 90 - 97) มีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นหอม ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อในทางเดินปัสสาวะ ใช้ผสมในเครื่องหอมและสบู่ เช่น น้ำอบไทย และสบู่แก่นจันทน์ (ชยันต์ พิเชียรสุนทร. 2545: 51 – 53)

2.4.2 กำยาน

กำยานเป็นบัลซัมที่ได้จากพืชในสกุล Styracaceae หลายชนิด คำว่า กำยาน มาจากภาษามลายูว่า Kameyan อ่านว่า กำ-มิ-ยาน กำยานที่มีขายในท้องตลาดมี 2 ชนิด ได้แก่

1) กำยานสุมาตรา อาจได้จากพืช 2 ชนิด คือ *Styrax benzoin* Dryan. และ *Styrax paralleloneurus* Perkins. เป็นไม้ต้นขนาดใหญ่ สูง 20 - 30 m อาจสูงได้ถึง 40 m กิ่งอ่อนและช่อดอกเป็นเหลี่ยม มีขนเป็นกระจุกสั้นๆ ไม่หนาแน่นปกคลุมอยู่ ใบเป็นใบเดี่ยว เวียนสลับกัน รูปไข่ รูปรี ถึงรูปไข่แกมรูปใบหอก ปลายใบทู่ถึงเรียวแหลมโคนใบสอบ ขอบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อย เมื่อออกใหม่ๆ แผ่นใบด้านบนมีขนสีขาวสั้นๆ แต่จะร่วงไปเมื่อใบแก่ พืชทั้งสองชนิดนี้ให้กำยานได้เมื่อมีอายุประมาณ 6 ปี ในขณะที่ลำต้นมีขนาดวัดผ่านศูนย์กลางประมาณ 17 – 20 cm เปลือกต้นจะถูกกรีดยาวตั้งแต่ช่วงใกล้กับกิ่งล่างที่สุดลงมา ชันน้ำมันจะซึมออกมาตามรอยแผลที่กรีดไว้ และจะแข็งตัวเมื่อถูกอากาศ ชันน้ำมันที่กรีดได้ครั้งแรกจะขาวบริสุทธิ์ เป็นกำยานที่มีกลิ่นหอม ตามปรกติในการกรีดแต่ละครั้งจะได้กำยานไม่เกิน 1 Kg ต่อต้น

2) กำยานญวน (Siam benzoin) กำยานชนิดนี้เป็นชนิดที่ดีที่สุด เพราะส่งออกจากเมืองหลวงของราชอาณาจักรสยาม กำยานชนิดนี้ได้จากต้นกำยาน มีชื่อพฤกศาสตร์ว่า *Styrax tonkinensis* (Pierre) Craib ex Hartwich ซึ่งคล้ายกับพืชชนิดที่ให้กำยานสุมาตรา กำยานญวน มีองค์ประกอบหลักทางเคมีเป็นโคนิเฟอริล เบนโซเอต ร้อยละ 60 – 70 และกรดกำยานอิสระประมาณร้อยละ 10

กำยานใช้ปรุงน้ำอบไทย โดยการเผากำยานบนก้อนถ่านที่ไฟลุกแดงแล้วอบ เช่น อบน้ำดอกไม้ น้ำที่อบกำยานแล้ว โบราณนำมาปรุงกับเครื่องหอมอื่นๆ ทำเป็นน้ำอบไทย กำยานยังเป็นส่วนประกอบสำคัญของเทียนอบ ธูปหอม และกระแจะ นิยมใช้กำยานเผารมเพื่อให้มีกลิ่นหอม ไล่ริ้นไรมดแมลง และฆ่าเชื้อโรคในห้อง กำยานที่นำมาใช้ประโยชน์ทางยาส่วนใหญ่เป็นกำยานสุมาตรา โดยใช้เป็นยาฆ่าเชื้อ ขับเสมหะ ขับปัสสาวะ และเป็นยาฝาดสมาน ส่วนกำยานญวนหรือกำยานหลวงหรือกำยานหลวงพระบาง ใช้เป็นสารให้คงกลิ่นในน้ำหอม ครีม สารซักฟอก เป็นต้น (ชยันต์ พิเชียรสุนทร. 2545: 182 – 184)

2.4.3 พิมเสน

ชื่อท้องถิ่น : พิมเสน

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.

พิมเสนเป็นพืชในวงศ์ Labiatae มีขนาดเล็ก สูง 50 – 100 cm ลำต้นตรง ขนหนาแน่น มีกลิ่นหอม ใบเป็นใบเดี่ยวออกตรงข้าม รูปไข่หรือรูปไข่กว้างกว้าง 4.5 – 10 cm ยาว 5.5 – 12 cm ปลายใบแหลมหรือมน โคนใบแหลมหรือสอบ ขอบใบจักเป็นซี่ฟันแกมจักมน ชั้นเดียวหรือสองชั้น มีขนปกคลุมหนาแน่นทั้งด้านบนและด้านล่าง ด้านล่างมีต่อมเป็นจุดๆ ก้านใบยาว 1 - 3.5 cm ดอก

ออกเป็นช่อกระจุกตามซอกใบและที่ยอด ยาว 2.5 - 14 cm ดอกย่อยมีขนาดเล็ก กลีบเลี้ยงเชื่อมติดกันเป็นหลอด ยาว 4 – 5 มิลลิเมตร มีขน มีเส้นตามยาว 5 เส้น ปลายแยกเป็น 5 กลีบเท่าๆ กัน กลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นหลอด

พิมเสนเป็นเกล็ดเล็กๆ มีสีขาวขุ่นหรือสีแดงเรื่อๆ มีกลิ่นหอมเย็น ฉุน เนื้อแน่นกว่าการบูร แต่ระเหิดได้ช้ากว่าการบูร ติดไฟให้แสงจ้าและมีควันมาก ไม่มีขี้เถ้า ความถ่วงจำเพาะ 1.011 พิมเสนมีสูตรทางเคมี $C_{10}H_{18}O$ มีชื่อทางเคมีว่า (+) บอร์นีออล หรือเอนโด-2-แคมฟานอล หรือเอนโด-2-ไฮดรอกซี-แคมฟีน พิมเสนบริสุทธิ์จะเป็นผลึกรูปแผ่นหกเหลี่ยม มีจุดหลอมตัว 208°C เกือบไม่ละลายน้ำ ละลายได้ในปิโตรเลียมอีเทอร์ (1:6) ในเบนซิน (1:5) พิมเสนมีชื่อเรียกหลายชื่อ เช่น ภิมเสน ภีมเสน พิมเสนเกล็ด พิมเสนตรังกานู พรมเสน มีชื่อสามัญว่า Borneo camphor ในธรรมชาติพบพิมเสนแทรกอยู่ในเนื้อไม้ของพืชในสกุล Dryobalanops วงศ์ Dipterocarpaceae หลายชนิด แพทย์โบราณใช้พิมเสนเป็นยาขับเหงื่อ ขับเสมหะ กระตุ้นการหายใจ กระตุ้นสมอง บำรุงหัวใจ ใช้เป็นยาระงับความกระวนกระวาย ทำให้ง่วงซึม ถ้าใช้เกินขนาดอาจทำให้คลื่นไส้อาเจียน ความจำสับสน (ชยันต์ พิเชียรสุนทร. 2545: 152 – 155)

2.4.4 ขี้ผึ้ง

ขี้ผึ้ง คือ ไขมันในสถานะของแข็ง เกิดขึ้นจากการผสมของสารประกอบหลายชนิดได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน (สารเคมีจำพวกน้ำมันดิน) ร้อยละ 14 โมโนเอสเทอร์ร้อยละ 35 ไดเอสเทอร์ร้อยละ 14 ไตรเอสเทอร์ร้อยละ 3 ไฮดรอกซีพอลีเอสเทอร์ร้อยละ 8 เอสเทอร์ของกรดร้อยละ 1 กรดอิสระร้อยละ 12 แอลกอฮอล์อิสระร้อยละ 1 รวมถึงสารที่ไม่สามารถระบุได้อีกร้อยละ 6 ขี้ผึ้งถูกเก็บอยู่ในตัวของผึ้งน้ำหวานในรูปของเกล็ดบางๆ เกล็ดดังกล่าวสร้างขึ้นโดยต่อมที่อยู่บริเวณท้องน้อยของผึ้ง ส่วนผึ้งงานมีต่อมดังกล่าวอยู่แปดต่อมอยู่ด้านในของเปลือกปล้องกลางบริเวณท้องน้อยใน อัตราส่วน 4:7 ขนาดของต่อมผลิตขี้ผึ้งขึ้นอยู่กับอายุของผึ้งงาน

ผึ้งน้ำหวานนำขี้ผึ้งของตนเองไปใช้สร้างโพรงเล็กๆ ในรวงน้ำผึ้ง ซึ่งใช้ในการเลี้ยงผึ้งที่ยังไม่เติบโตเต็มที่ และใช้ในการเก็บน้ำผึ้งและเรณูดอกไม้ ในการที่ผึ้งที่ทำหน้าที่ในการสร้างขี้ผึ้ง (ผึ้งน้ำหวานอายุ 12 วัน) จะผลิตขี้ผึ้งได้นั้น อุณหภูมิภายในรังผึ้งจะต้องอยู่ระหว่าง 33 ถึง 36°C โดยผึ้งที่มีหน้าที่ดังกล่าวจะต้องบริโภคน้ำผึ้งถึงประมาณแปดปอนด์ หรือประมาณ 3.6 กิโลกรัม ในการที่จะผลิตขี้ผึ้งเพียงปอนด์เดียว หรือประมาณ 0.4 กิโลกรัม เมื่อผู้เก็บน้ำผึ้งเข้าไปทำการเก็บน้ำผึ้ง พวกเขาจะตัดฝาปิดโพรงผึ้งออกในแต่ละโพรงของรังน้ำผึ้ง สีของขี้ผึ้งมีตั้งแต่สีเหลืองอ่อนไล่ไปจนถึงสีเหลืองแกมน้ำตาล ขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของขี้ผึ้ง ขี้ผึ้งจากรวงเพาะเลี้ยงในรังผึ้งจะมีสีเข้มกว่าขี้ผึ้งจากรวงน้ำผึ้งซึ่งความปนเปื้อนเกิดขึ้นได้น้อยกว่า

ขี้ผึ้งเป็นสสารที่มีจุดหลอมเหลวสูง โดยอยู่ระหว่าง 62 - 64°C ขี้ผึ้งไม่มีจุดเดือด แต่จะกักเก็บความร้อนต่อไปจนมันลุกเป็นไฟเมื่ออุณหภูมิประมาณ 120°C เมื่อขี้ผึ้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 85°C สีของขี้ผึ้งจะเริ่มหลอมละลายออกไป ความหนาแน่นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 15°C คือ ตั้งแต่ 0.958 - 0.970 g / cm^3

มนุษย์นำขี้ผึ้งไปใช้ในการผลิตเทียนคุณภาพดี เครื่องสำอาง รวมถึงวัสดุและสารขัดเงา มักจะเป็นยาขัดรองเท้า และเป็นส่วนประกอบในการประดิษฐ์หุ่นขี้ผึ้ง รวมถึงผลิตภัณฑ์อื่นๆ ขี้ผึ้งเมื่อนำมาใช้เป็นเทียนจะไม่เกิดน้ำตาเทียนและมีควันที่น้อยกว่าธูปหรือเทียนธรรมดาอย่างมาก ซึ่งทำให้เป็นที่นิยมใช้ในการประกอบพิธีทางคริสต์ศาสนา (ขี้ผึ้ง. ม.ป.ป: ออนไลน์)

2.4.5 ชะมดเชียง – ชะมดเช็ด

ในบรรดาสมุนไพรที่ปรากฏชื่อในตำรายาแผนโบราณ ชะมดเชียง เป็นตัวยาชนิดหนึ่งที่หายาก มีสรรพคุณสูงและราคาแพง

ชะมดเชียงมีกลิ่นหอม รสขมเล็กน้อย ตำรายาแผนโบราณระบุว่า ชะมดเชียงมีสรรพคุณแก่โรคลม โรคเกี่ยวกับโลหิต โรคตา เส้นประสาท ไอหอบหืด เป็นยาเร่งในโรคไข้รากสาดน้อย ปอดบวม หลอดลมอักเสบ นอกจากนี้ ยังใช้ในการแต่งกลิ่นเครื่องหอมต่างๆ ชะมดเชียงมีสีขาวลักษณะคล้ายขี้ผึ้ง ได้จากต่อมกลิ่นของกวางชะมดตัวผู้

กวางชะมด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Moschus moschiferus* เป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กในวงศ์ Cervidae ซึ่งเป็นวงศ์เดียวกับกวาง ตัวสั้นป้อม สีน้ำตาลแดง หูตั้ง หางสั้น มีแถบยาวสีขาว 2 แถบ ขนานกันตามความยาวของลำคอ ที่ตะโพกและหลังช่วงท้ายมีจุดสีขาว ไม่มีเขา ตัวผู้มีเขี้ยวบนยาวประมาณ 7 cm โผล่ออกมาเห็นได้ชัด ต่อมกลิ่นที่สร้างชะมดเชียงอยู่ระหว่างสะดือกับอวัยวะสืบพันธุ์ กวางชะมดอาศัยอยู่ตามป่าบนภูเขาสูงในประเทศจีนและเนปาล ออกหากินตามลำพังเวลาเช้ามืดหรือพลบค่ำ

นอกจากชะมดเชียงแล้ว ชะมดเช็ด ก็เป็นตัวยาสำคัญอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งมีผู้เข้าใจสับสนกันสรรพคุณของชะมดเช็ดคล้ายคลึงกับชะมดเชียง ใช้แก้ลมวิงเวียนศีรษะ โลหิตพิการ หืด ไอ เสมหะแห้ง บำรุงหัวใจให้ชุ่มชื่น เป็นส่วนผสมสำคัญในการทำยาหอม มีรสหอมเย็น คาวเล็กน้อย ชะมดเช็ดราคาถูกกว่าชะมดเชียง

ชะมดเช็ดเป็นน้ำมันสีน้ำตาล ได้จากต่อมกลิ่นใกล้เครื่องเพศซึ่งตัวชะมดเช็ดไว้ตามที่ต่างๆ เช่น ต้นไม้ ซี่กรง น้ำมันนี้นำไปใช้เป็นตัวยาทันทีไม่ได้เพราะมีกลิ่นคาวมาก ต้องผสมหัวหอมกับผิวมะกรูดหั่นฝอย แล้วห่อด้วยใบพลูนำไปลนไฟให้ไขมันละลาย จากนั้นจึงกรองเอาสิ่งอื่นๆ ออกแล้วทิ้งไว้ให้เย็นจึงจะนำไปใช้ได้ แต่วิธีนี้ไม่นิยมทำกัน วิธีที่นิยม คือ นำไปผสมกับของหอม

อื่นๆ เช่น ผงลูกจัน จันทน์หอม จันทน์เทศ ห่อใบพลูปิ้งไฟจนแห้งเหลืองกรอบ หรือใช้วิธีผสมกับพิมเสนบดละเอียดก็สามารถดับกลิ่นคาวได้เช่นกัน

ชะมด เป็นสัตว์ในวงศ์ Viverridae ซึ่งเป็นวงศ์เดียวกับอีเห็นและพังพอน มีลำตัวเรียวยาว ความยาวไม่รวมหาง 54 – 85 cm เฉพาะหางยาว 30 – 43 cm หน้าแหลม ปากและจมูกค่อนข้างยาว ขนไม่ลู่แนบกับลำตัวเหมือนสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมโดยทั่วไป มักมีลายตามลำตัวเป็นแถบยาวหรือจุดขาสั้น มีนิ้วข้างละ 5 นิ้ว เล็บเล็กแหลมคม ซ่อนเล็บไม่ได้อย่างแมว หางมีลายเป็นปล้อง

ในประเทศไทยมีชะมด 3 ชนิด คือ ชะมดเช็ด [*Viverricula malaccensis* (Gmelin)] ชะมดแผงหางปล้อง (*Viverra zibetha* Linn.) และชะมดแผงสั้นหางดำ (*Viverra megaspila* Blyth) ทั้ง 3 ชนิดมีลักษณะคล้ายกัน แต่ชะมดเช็ดมีขนาดเล็กที่สุดและไม่มีสันขนสีดำตามแนวสันหลัง ส่วนชะมดแผงหางปล้องมีสันขนสีดำจากด้านหลังของลำคอพาดไปถึงโคนหาง และชะมดแผงสันหางดำมีสันขนพาดไปจนถึงปลายหาง

น้ำมันชะมดเช็ดในธรรมชาติได้จากชะมดทั้ง 3 ชนิด แต่เนื่องจากมีปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการและมีราคาสูง จึงมีการเลี้ยงชะมดเพื่อนำน้ำมันมาใช้และจำหน่าย ชะมดที่นิยมเลี้ยงคือ ชะมดเช็ด เพราะเลี้ยงและหาพันธุ์ได้ง่ายกว่าชนิดอื่น การเลี้ยงชะมดต้องทำกรงให้อาศัย ซี่กรงทำด้วยไม้มีเหลี่ยมคม หมั่นอาบน้ำและทำความสะอาดกรงทุกวัน ให้กินกล้วยและผลไม้ต่างๆ กล่าวกันว่าต้องให้กินเนื้อสัตว์สดคาวเสมอๆ จึงจะให้น้ำมันมาก เมื่ออายุประมาณ 2 ปี ครึ่ง ก็จะให้น้ำมันและเริ่มผสมพันธุ์ได้ ชะมดกินอาหารในเวลากลางคืน และเช็ดไขมันไว้ตามซี่กรงในเวลาเช้ามืด การขูดน้ำมันชะมด เชื่อกันว่า ถ้าขูดด้วยทองเหลือง ทองแดง หรือเหล็ก สีของน้ำมันจะดำคล้ำลง ผู้เลี้ยงชะมดเป็นอาชีพจะขูดเก็บด้วยเงินยิ่งบริสุทธิ์ยิ่งดี สีของน้ำมันจะไม่เปลี่ยนแปลง ชะมดเช็ดตั้งท้องนานประมาณ 2 เดือน ออกลูกครั้งละ 3 - 5 ตัว (ชยันต์ พิเชียรสุนทร. 2546: 245 – 255)

2.4.6 มะกรูด

ชื่อท้องถิ่น : มะขุน มะขูด (ภาคเหนือ) ส้มกรูด ส้มมั่วผี (ภาคใต้) โกรยเชียด (เขมร) มะขู (กะเหรี่ยง – แม่ฮ่องสอน) มะหูด (หนองคาย)

ชื่อสามัญ : Porcupine Orange, Kiffir Lime, Leech Lime

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Citrus hystrix* DC.

มะกรูดเป็นได้ทั้งพืชเครื่องเทศและสมุนไพร มะกรูดเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ต้นสูง 2 – 8 m ประกอบไปด้วยใบ มีใบย่อยเพียงใบเดียว ใบค่อนข้างหนา มีสีเขียวแก่ มีกลิ่นหอม ดอกมีสีขาวออกเดี่ยวๆ อยู่เป็นกระจุก 3 - 5 ดอก กลีบดอกร่วงง่าย ผลเป็นผลเดี่ยวค่อนข้างกลม บางพันธุ์มีผิวขรุขระ มีจุกที่หัวผล ส่วนที่นำมาใช้ ผล ผิวของผล น้ำของผล ใบ และราก

ประโยชน์ของมะกรูด ได้แก่ น้ำในผลแก้อาการท้องอืด ช่วยให้เจริญอาหาร เนื้อของผลใช้เป็นยาแก้อาการปวดศีรษะ ใบมะกรูดใช้เป็นยาขับลมในลำไส้ แก้จุกเสียด ผลมะกรูดที่คว้านไส้ออกนำมหาหิงส์ใส่แทนใช้เป็นยาขับลมแก้ปวดท้องในเด็กอ่อน น้ำมันจากผิวมะกรูดช่วยให้ผมดกเป็นเงางาม และน้ำมะกรูดใช้ดองยา เพื่อใช้ฟอกเลือด และบำรุงโลหิตสตรี

ประสิทธิภาพต่อจุลินทรีย์ของผิวมะกรูดอยู่ที่ส่วนน้ำมันหอมระเหย ซึ่งผิวมะกรูดจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ต่างๆ ได้ดีกว่าใบมะกรูด จุลินทรีย์ที่ถูกยับยั้งได้ง่าย คือ รา ดังนั้นให้นำน้ำมันหอมระเหยไปเป็นส่วนผสมในแชมพูสระผมเพื่อกำจัดรังแคที่มาจากสาเหตุจากเชื้อรา

นอกจากมะกรูดจะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีแล้ว ยังมีรายงานว่าน้ำมันจากใบมะกรูดจะกระตุ้นการเจริญของเชื้อราบางชนิดได้อีกด้วย เช่น กระตุ้นการสร้างเส้นใยของราพวกมูเคอร์ อัลเทอร์นาเรีย แอสเปอร์จิลลัส และกระตุ้นการสร้างสปอร์ของแอสเปอร์จิลลัส

สารเคมีที่สำคัญที่พบในมะกรูดนี้จะอยู่ในส่วนของน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีทั้งในส่วนใบและเปลือกของผลที่เรียกว่าผิวมะกรูด โดยที่ผิวมะกรูดจะมีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 4 และใบจะมีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.08 (ฉัตรชัย หนูพรหม. 2546: ออนไลน์)

2.5 เทียนอบ

เทียนอบตามความหมายผลิตภัณฑ์ชุมชนหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำไขผึ้งและพาราฟินมาผ่านความร้อนให้หลอมละลายรวมกันผสมด้วยเครื่องหอมบดละเอียด เช่นพิมเสน ผิวมะกรูด ชะลูด แก่นจันทน์เทศ กำยาน นำมานวดให้เป็นเนื้อเดียวกัน อาจเติมน้ำมันหอมระเหย แล้วแผ่เนื้อเทียนให้เป็นแผ่น นำไส้เทียนที่ผ่านการร่ำวางไว้ตรงกลาง ทำการฟั่นเทียน คลึงเนื้อเทียนคลุมไส้เทียนให้เรียบเนียนเสมอกัน โดยเหลือไส้เทียนไว้ทั้งสองด้านตัดแต่งปลายไส้เทียนแล้วขดขึ้นรูปให้สวยงาม ใช้จุดเพื่อให้ควันสำหรับอบให้กลิ่นหอม เช่น อบขนม อบน้ำอบ อบบุหงาชำร่วย (“มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน”.2548: ออนไลน์)

การอบควันเทียน เริ่มด้วยการจุดไฟที่ไส้เทียนอบ นำไปวางบนภาชนะดินเผาหรือโลหะขนาดเล็กที่วางอยู่ระหว่างขนมในขวดโหล เมื่อไฟลามไปถึงขี้ผึ้งแล้วจึงดับไฟให้เหลือแต่ควัน ให้ปิดฝาขวดโหลทันที แล้วทิ้งไว้ค้างคืน 1 คืน จะได้ขนมไทยกลิ่นหอมกรุ่น ในขั้นตอนการอบควันเทียนนี้ต้องระมัดระวังไม่ให้เถ้าดำรอบเนื้อเทียนหล่นหรือปลิวไปถูกขนม ดังนั้นหากต้องการจะอบควันเทียนครั้งต่อไปต้องดูแลเรื่องนี้เป็นพิเศษเพราะเทียนอบที่ผ่านการใช้งานไปครั้งหนึ่งแล้ว จะมีเถ้าดำติดอยู่เป็นจำนวนมาก ควรเอาเถ้าดำรวมเนื้อเทียนนั้นออกไปเสียก่อน (อกาลิโก. ม.ป.ป. ออนไลน์)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อรวรรณ ศิริโชติ และคณะ (2546: ออนไลน์) กล่าวว่า การศึกษาพฤติกรรมการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บนถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากชานอ้อย โดยใช้อุปกรณ์ทดลองที่มีในห้องปฏิบัติการเคมีทั่วไป แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เตรียมจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต และกรดไนตริก มีความดันอยู่ในช่วง 13 ± 6- 397 ± 15 mbar ที่อุณหภูมิ 30 °C ถ่านกัมมันต์เตรียมจากชานอ้อย โดยกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์โดยใช้อัตราส่วนของซิงค์คลอไรด์ต่อถ่านกัมมันต์เท่ากับ 2:1 และ 3:1 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 600 °C และ 800 °C ตามลำดับ พบว่ามีพฤติกรรมการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแบบสเต็ปไวส์ไอโซเทอร์ม โดยชั้นแรกมีการดูดซับแบบโมโนเลเยอร์ สามารถอธิบายด้วยไอโซเทอร์มแบบแลงเมียร์ และถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ในอัตราส่วนซิงค์คลอไรด์ต่อถ่านกัมมันต์ 3:1 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 800 °C มีค่าการดูดซับสูงที่สุดในชั้นโมโนเลเยอร์ประมาณ 5.774 mmol g^{-1}

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองพัฒนาวิธีการอบควันเทียน มีขั้นตอนในการทดลองโดยเริ่มศึกษาการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ ก่อนศึกษาอบควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์ เนื่องจากมีข้อจำกัดในการกำหนดให้ควันเทียนเท่ากันได้ยากจากปริมาณเทียนอบที่เท่ากัน จึงทดลองทำเครื่องร่ำ ดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ที่ภาวะต่างๆ ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ ดูดซึมควันเครื่องร่ำด้วยไอโซโพรพานอลที่ภาวะปกติ หาองค์ประกอบของควันเครื่องร่ำที่ภาวะปกติ และภาวะที่กำหนด ทดลองดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์ที่ภาวะต่างๆ ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์ ศึกษาการอบควันเทียนโดยใช้ดอกไม้แห้งและขนมไทย ซึ่งมีอุปกรณ์ สารที่ใช้ และวิธีการทดลองดังนี้

3.1 สารที่ใช้ เครื่องแก้ว และอุปกรณ์

3.1.1 สารที่ใช้

1) กำยาน
2) พิมเสน
3) ผิวมะกรูดบดละเอียด
4) น้ำมันจันทน์
5) น้ำตาลทรายแดง
6) น้ำตาลทรายขาว
7) ชะมดเช็ด
8) ขี้ผึ้ง
9) เทียนอบ
10) ไอโซโพรพานอล (MERCK KGaA – 99% Analytical Reagent)
11) เฮกเซน (AJAX CHEMICALS – 95% Analytical Reagent)
12) ถ่านกัมมันต์ ยี่ห้อ WATER PURE & SIMPLE BRITISH PORTACEL

3.1.2 เครื่องแก้ว และอุปกรณ์

1) บีกเกอร์ขนาด 250 mL
2) ตะคัน
3) คีม
4) หลอดหยดสาร
5) ถ้วยบด
6) ปิเปตขนาด 25 mL
7) ขวดเก็บตัวอย่างขนาด 30 mL
8) กรวย
9) ช้อนตักสาร
10) ตู้กระจก

3.1.3 เครื่องมือ

1) เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ – แมสสเปกโทรมิเทอร์ (GC - MS) ยี่ห้อ Thermo SCIENTIFIC รุ่น TRACE GC ULTRA and POLARIS Q
2) เครื่องให้ความร้อนแบบหลุม (Heating Mental) ยี่ห้อ TOPS รุ่น MS – E102
3) เครื่องให้ความร้อนและกวน (Hot plate & Stirrer) ยี่ห้อ HARMONY รุ่น HTS-1003
4) ปั๊มอัดอากาศ ยี่ห้อ GAST รุ่น DOA - P504 - BN
5) ถังอัดควัน

3.2 การทำเครื่องร่ำ

การทำเครื่องร่ำ ส่วนผสมของเครื่องร่ำมีดังนี้

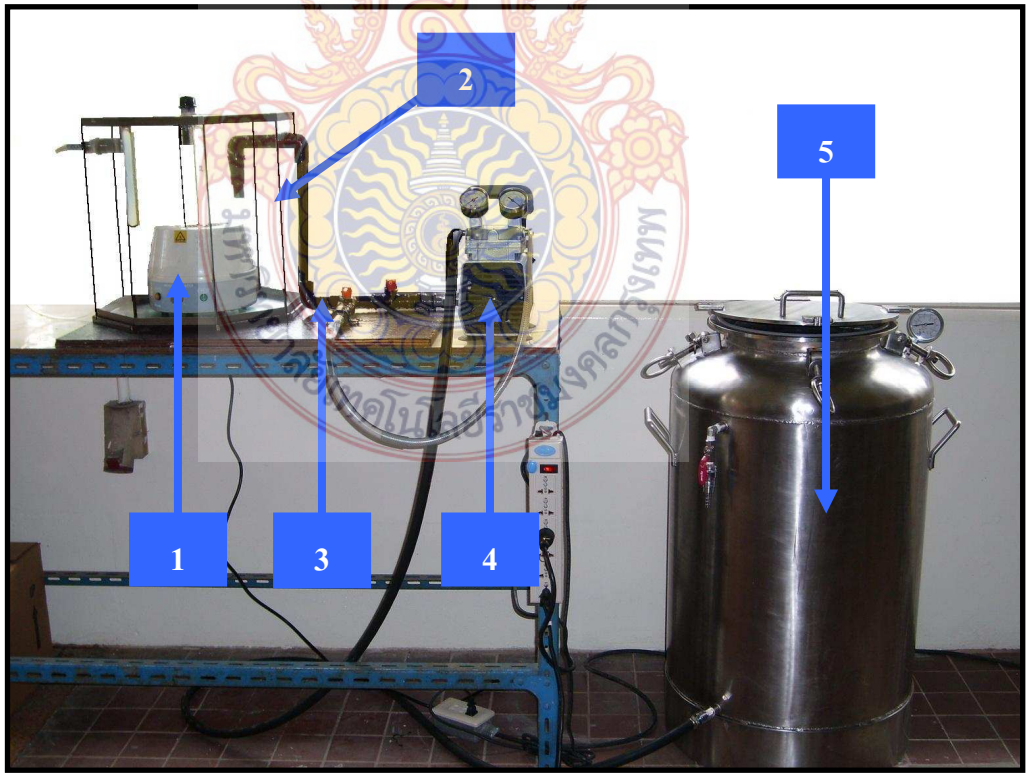
ผิวมะกรูดแห้งบดละเอียด	1	g
กำยาน	3	g
น้ำตาลทรายแดง	2	g
น้ำตาลทรายขาว	2	g
พิมเสน	2	g
น้ำมันชะมด	0.025	g
น้ำมันจันทน์	0.025	g

ขั้นตอนการทำเครื่องร่ำ นำผิวมะกรูดแห้ง กำยาน น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลทรายขาว และพิมเสน บดให้ละเอียด แล้วชั่งผิวมะกรูดแห้ง 1 g กำยาน 3 g น้ำตาลทรายแดง 2 g น้ำตาลทรายขาว 2 g พิมเสน 2 g น้ำมันชะมด 0.025 g และน้ำมันจันทน์ 0.025 g หลังจากนั้นผสมส่วนผสมทุกอย่างให้เข้ากัน แล้วนำเก็บใส่ภาชนะปิด

วิธีการฆ่าชะมดเช็ด น้ำมันชะมดได้มาจากชะมดเช็ด ซึ่งมีลักษณะเป็นน้ำมันสีน้ำตาล ได้จากต่อมกลิ่นใกล้เครื่องเพศ ซึ่งตัวชะมดเช็ดไว้ตามที่ต่างๆ เช่น ต้นไม้ น้ำมันนี้นำไปใช้เป็นตัวยาทันทีไม่ได้เพราะมีกลิ่นคาวมาก จึงต้องนำชะมดเช็ดมาผสมหัวหอมกับผิวมะกรูดหั่นฝอย แล้วห่อด้วยใบพลูนำไปลนไฟให้ไขมันละลาย จากนั้นจึงกรองเอาสิ่งอื่นๆ ออกแล้วทิ้งไว้ให้เย็นจึงจะนำไปใช้ได้

3.3 การดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ที่ภาวะต่างๆ

การดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ที่ภาวะต่างๆ ทำเพื่อหาปริมาณของควันเครื่องร่ำที่ดูดซับได้โดยถ่านกัมมันต์ และเพื่อให้ทราบถึงภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์



รูปที่ 3.1 ชุดการทดลองการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์

จากรูปที่ 3.1 ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ และทำหน้าที่ดังนี้

1) เครื่องให้ความร้อนแบบหลุม ทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่ตะคันเพื่อให้เครื่องร่ำที่อยู่ในตะคันเกิดควันขึ้น

2) ตู้กระจกทรงหกเหลี่ยม ทำหน้าที่กักเก็บควันที่เกิดจากการให้ความร้อนกับเครื่องร่ำเพื่อปล่อยออกทางท่ออีกด้านหนึ่ง

3) ท่อนำควัน ทำหน้าที่นำควันจากตู้กระจกหกเหลี่ยมไปสู่เครื่องอัดควัน

4) ปั๊ม ทำหน้าที่อัดควันเครื่องร่ำเพื่อเข้าสู่เครื่องอัดควัน

5) ถังอัดควัน ทำหน้าที่กักเก็บและอัดความดันให้แก่ควันเครื่องร่ำ เพื่อให้ถ่านกัมมันต์ดูดซับควันเครื่องร่ำ

ขั้นตอนการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ที่ภาวะต่างๆ

3.3.1 เผาตะคันด้วยเครื่องให้ความร้อนแบบหลุมที่เบอร์ 5 เป็นเวลา 20 min

3.3.2 ชั่งถ่านกัมมันต์ตามที่กำหนดในแต่ละภาวะ แล้วนำถ่านกัมมันต์ใส่ลงในถังอัดควัน แล้วปิดฝาเครื่อง

3.3.3 โรยเครื่องร่ำประมาณ 1 g ลงบนตะคัน และเผาเครื่องร่ำเป็นเวลา 5 min

3.3.4 เปิดปั๊มจนถึงความดันที่กำหนดในแต่ละภาวะ เมื่อถึงความดันที่กำหนดจึงปิดปั๊ม

3.3.5 จับเวลาในการอัดตามที่กำหนดในแต่ละภาวะ

3.3.6 ชั่งถ่านกัมมันต์หลังจากที่อัดเสร็จ

3.3.7 เก็บถ่านกัมมันต์ใส่ขวดเก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ที่เวลา 75 min ความดัน 25 psig และปริมาณถ่านกัมมันต์ 30 g

1) เผาตะคันด้วยเครื่องให้ความร้อนแบบหลุมที่เบอร์ 5 เป็นเวลา 20 min

2) ชั่งถ่านกัมมันต์ 30 g แล้วนำถ่านกัมมันต์ใส่ลงในถังอัดควัน แล้วปิดฝาเครื่อง

3) โรยเครื่องร่ำประมาณ 1 g ลงบนตะคัน และเผาเครื่องร่ำเป็นเวลา 5 min

4) เปิดปั๊มจนถึงความดัน 25 psig เมื่อถึงความดันที่ 25 psig จึงปิดปั๊ม

5) จับเวลาในการอัด 75 min

6) ชั่งถ่านกัมมันต์หลังจากที่อัดเสร็จ

7) เก็บถ่านกัมมันต์ใส่ขวดเก็บตัวอย่าง

3.4 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ คือ เวลาในการอัด ความดันในการอัด และปริมาณถ่านกัมมันต์

3.4.1 ผลของเวลาในการอัด

ศึกษาผลของเวลาในการอัดควันเครื่องร่ำ ทดลองโดยใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ 30 g ใช้ความดันในการอัด 25 psig และเวลาในการอัด 15, 30, 60, 75 และ 100 min

3.4.2 ผลของความดันที่ใช้ในการอัด

ศึกษาผลของความดันที่ใช้ในการอัดควันเครื่องร่ำ ทดลองใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ 30 g โดยเลือกใช้เวลาในการอัดควันเครื่องร่ำที่เหมาะสมที่สุดจากข้อ 3.4.1 และความดันที่ใช้ในการอัด 17, 19, 21, 23 และ 25 psig

3.4.3 ผลของปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการดูดซับ

ศึกษาผลของปริมาณควันเครื่องร่ำที่ถูกดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ ทดลองโดยใช้เวลาและความดันที่เหมาะสมในการทดลองจากข้อ 3.4.1 และข้อ 3.4.2 โดยปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้ 10, 20, 30, 40 และ 50 g

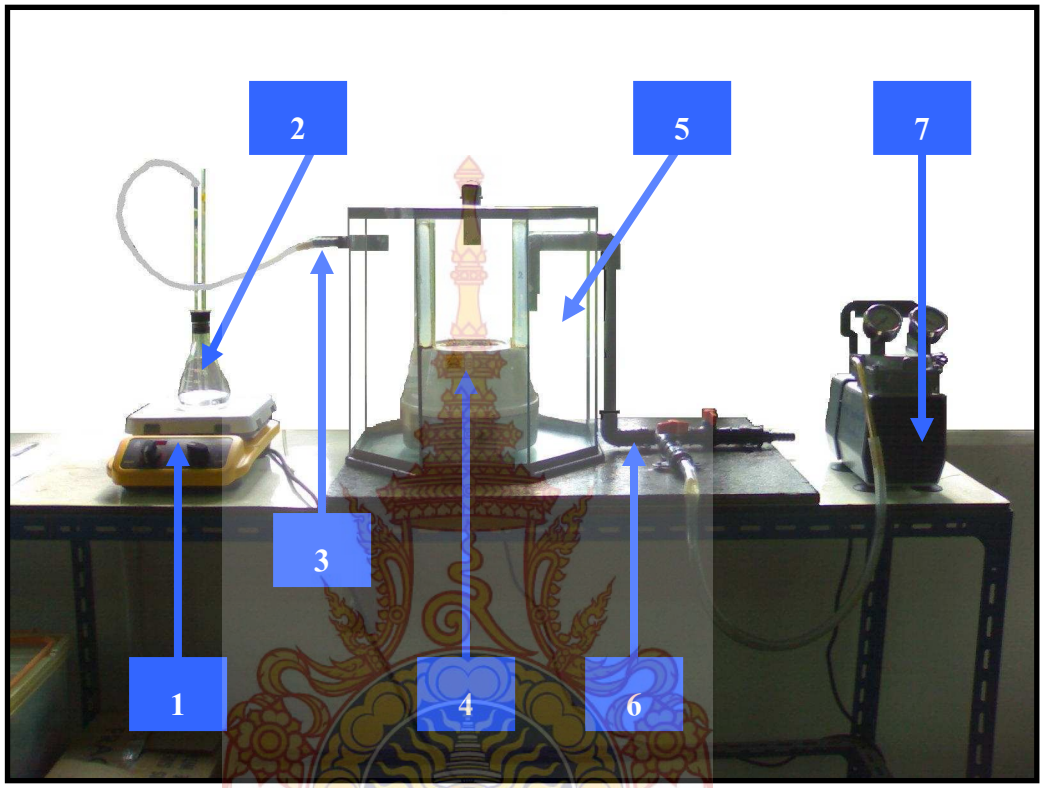
3.4.4 ผลของการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์

ศึกษาผลของการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ ทดลองโดยนำถ่านกัมมันต์มาชั่งก่อนการทดลองตามน้ำหนักที่กำหนด และชั่งถ่านกัมมันต์หลังการทดลองเสร็จในแต่ละภาวะที่กำหนด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

3.5 การดูดซึมควันเครื่องร่ำด้วยไอโซโพรพานอลที่ภาวะปกติ

การดูดซึมควันเครื่องร่ำด้วยไอโซโพรพานอลที่ภาวะปกติ ทำเพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบของควันเครื่องร่ำที่ละลายในไอโซโพรพานอลด้วยเครื่อง GC - MS



รูปที่ 3.2 ชุดการทดลองการดูดซึมควันเครื่องร่ำด้วยไอโซโพรพานอล

จากรูปที่ 3.2 ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ และทำหน้าที่ดังนี้

1) เครื่องให้ความร้อนและกวน ทำหน้าที่กวนไอโซโพรพานอล
2) ขวดรูปชมพู่ ทำหน้าที่บรรจุไอโซโพรพานอลที่ใช้ในการดูดซึมควัน
3) ท่อนำควัน ทำหน้าที่นำควันจากตู้กระจกหกเหลี่ยมไปสู่ขวดรูปชมพู่
4) เครื่องให้ความร้อนแบบหลุม ทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่ตะคันเพื่อให้เครื่องร่ำที่อยู่ในตะคันเกิดควันขึ้น
5) ตู้กระจกทรงหกเหลี่ยม ทำหน้าที่กักเก็บควันที่เกิดจากการให้ความร้อนกับเครื่องร่ำเพื่อปล่อยออกทางท่อนำควัน
6) ท่อนำอากาศ ทำหน้าที่นำอากาศจากปั๊มไปสู่ตู้กระจกหกเหลี่ยม
7) ปั๊ม ทำหน้าที่อัดอากาศเพื่อเข้าสู่ตู้กระจกทรงหกเหลี่ยม

ขั้นตอนการดูดซึมควันเครื่องร่ำด้วยไอโซโพรพานอลที่ภาวะปกติ

3.5.1 นำไอโซโพรพานอลจำนวน 50 mL ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ แล้วนำไปวางลงบนเครื่องกวน ปิดขวดรูปชมพู่ด้วยจุกยางที่มีหลอดเสียบอยู่ 2 หลอด แล้วนำสายยางที่ต่ออยู่กับตู้กระจกเสียบไปที่หลอดๆ หนึ่ง อีกหลอดปล่อยทิ้งไว้ไม่ต้องเสียบสายยาง

3.5.2 เผาตะคันให้ร้อนแดงด้วยเครื่องให้ความร้อนแบบหลุมที่ความร้อนระดับ 5 เป็นเวลา 20 min

3.5.3 โรยเครื่องร่ำประมาณ 1 g ลงบนตะคัน

3.5.4 เปิดปั๊ม และรอจนกว่าควันในตู้กระจกหมดจึงปิดปั๊ม

3.5.5 นำไอโซโพรพานอลที่ดูดซึมควันเครื่องร่ำเก็บใส่ขวดเก็บตัวอย่าง

3.5.6 วิเคราะห์ไอโซโพรพานอลด้วยเครื่อง GC-MS ที่ภาวะดังนี้

- เฟสคงที่ (Stationary phase) คือ เมทิลซิลิคอน
- เฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) คือ แก๊สฮีเลียม
- ความยาวของคอลัมน์ 30 m เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 mm
- ความหนาของตัวเคลือบ 0.25 μm

3.6 การหาองค์ประกอบของควันเครื่องร่ำที่ภาวะปกติ และภาวะที่กำหนด

3.6.1 นำตัวอย่างไอโซโพรพานอลที่ได้จากการทดลองที่ภาวะปกติ วิเคราะห์หาองค์ประกอบของควันเครื่องร่ำที่ละลายในไอโซโพรพานอลด้วยเครื่อง GC - MS

3.6.2 นำถ่านกัมมันต์ที่ได้จากภาวะที่เหมาะสม มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบของควันเครื่องร่ำที่ถูกดูดซับได้โดยถ่านกัมมันต์ด้วยเครื่อง GC – MS โดยมีวิธีเตรียมดังนี้

นำถ่านกัมมันต์ที่ได้จากภาวะที่เหมาะสม คือ เวลาในการอัด 75 min ความดันที่ใช้ในการอัด 25 psig และปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้ 30 g มาแช่ในตัวทำละลาย 2 ชนิด คือโพรพานอล และเฮกเซน หลังจากนั้นนำสารละลายที่ได้แต่ละชนิดมาฉีดด้วยเครื่อง GC – MS ที่ภาวะดังนี้

- เฟสคงที่ (Stationary phase) คือ เมทิลซิลิคอน
- เฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) คือ แก๊สฮีเลียม
- ความยาวของคอลัมน์ 30 m เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 mm
- ความหนาของตัวเคลือบ 0.25 μm

3.6.3 นำถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการทดลองจากภาวะต่างๆ มาทำการชั่งน้ำหนักก่อนและหลัง

3.7 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์ คือ เวลาในการอัด ความดันในการอัด และปริมาณถ่านกัมมันต์

3.7.1 ผลของเวลาในการอัด

ศึกษาผลของเวลาในการอัดควันเทียน นำถ่านกัมมันต์ 1 g ใส่ในถังอัดความดัน จากนั้นนำเทียนอบ 1 g ใส่ในตู้กระจกหกเหลี่ยม แล้วจุดเทียนอบ ปิดตู้กระจก ดังรูปที่ 3.3 รอจนกว่าเผาเทียนอบหมดจากนั้นจึงเปิดปั๊มให้ความดันที่ต้องการ คือ 25 psig ปิดปั๊ม และจับเวลาที่ 60, 80, 100, และ 120 min

(ก) (ข)

รูปที่ 3.3 การวางเทียนอบในตู้กระจก (ก) ก่อน (ข) หลังเกิดควันเทียน

3.7.2 ผลของความดันที่ใช้ในการอัด

ศึกษาผลของความดันที่ใช้ในการอัดควันเครื่องร่ำ นำถ่านกัมมันต์ 1 g ใส่ในถังอัดความดัน จากนั้นนำเทียนอบ 1 g ใส่ในตู้กระจกหกเหลี่ยม แล้วจุดเทียนอบ ปิดตู้กระจก รอจนกว่าเผาเทียนอบหมด จากนั้นจึงเปิดปั๊มให้ความดันที่ 10, 15, 20, 25.,และ 30 psig โดยเลือกเวลาที่เหมาะสมในการอัดควันเทียนอบจากข้อ 3.7.1

3.7.3 ผลของปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการดูดซับ

ศึกษาผลของปริมาณควันเทียนที่ถูกดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ นำถ่านกัมมันต์ 1 g ใส่ในถังอัดความดัน จากนั้นนำเทียนอบปริมาณ 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 g ใส่ในตู้กระจกหกเหลี่ยม แล้วจุดเทียนอบ ปิดตู้กระจก รอจนกว่าเผาเทียนอบหมด จากนั้นจึงเปิดปั๊มให้ความดันและเวลาโดยเลือกเวลา และความดันที่เหมาะสมในการอัดควันเทียนอบจากข้อ 3.7.1 และ 3.7.2 ตามลำดับ

3.7.4 ผลของการดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์

ศึกษาผลของการดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์ ทดลองโดยนำถ่านกัมมันต์มาชั่งน้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งอย่างละเอียด 4 ตำแหน่งก่อนทดลองตามน้ำหนักที่กำหนด และชั่งถ่านกัมมันต์หลังทดลองเสร็จในแต่ละภาวะที่กำหนด

3.7.5 ผลของการดูดซับควันเทียนด้วยดอกไม้แห้ง และขนมไทย

นำภาวะที่เหมาะสมประยุกต์ใช้กับดอกไม้แห้ง และขนมไทย โดยทำการทดลองเช่นเดียวกันกับการใช้ถ่านกัมมันต์ แต่เปลี่ยนจากถ่านกัมมันต์ในการดูดซับเป็นดอกไม้แห้งและขนมไทยแทน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

บทที่ 4

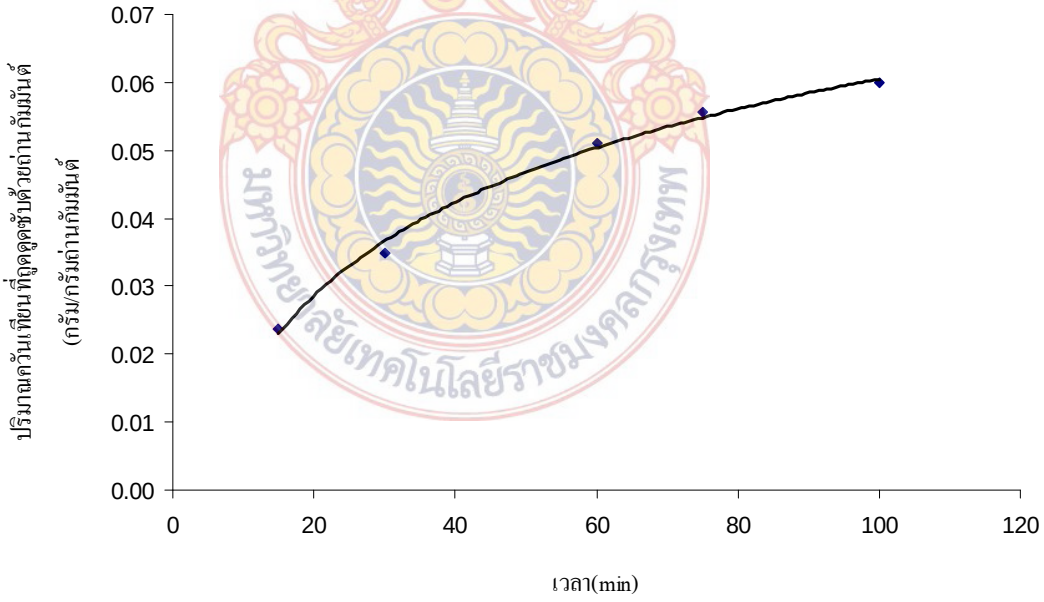
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองพัฒนาวิธีการอบควันเทียน โดยดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ที่ภาวะต่างๆ ที่กำหนด ดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์ที่ภาวะต่างๆ และอบควันเทียนโดยใช้ดอกไม้แห้งและขนมไทย ซึ่งได้ผลดังต่อไปนี้

4.1 การดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์

4.1.1 การหาเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับควันเครื่องร่ำ

จากการทดลองดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ 30 g ความดันในการอัด 25 psig และเวลาในการอัด 15, 30, 60, 75 และ 100 min ได้ผลดังตารางที่ ก.4 แสดงผลได้ดังรูปที่ 4.1

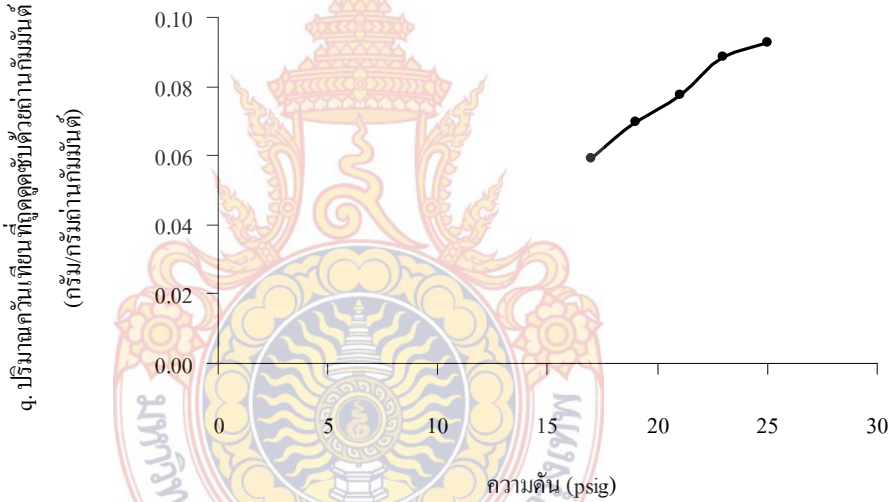


รูปที่ 4.1 ผลของเวลาในการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์

จากรูปที่ 4.1 หาเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ โดยใช้ความดันในการอัด 25 psig และปริมาณของถ่านกัมมันต์ 30 g พบว่ากราฟมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาในการอัดเพิ่มขึ้น และความชันเริ่มลดลงที่เวลา 75 min เนื่องจากแก๊สที่มีความดันค่าหนึ่งมาสัมผัสที่ผิวของแข็งที่บรรจุในภาชนะปิด เมื่อสารทั้งสองสัมผัสกันโมเลกุลของแก๊สจะถูกดูดซับโดยของแข็ง เมื่อผ่านระยะเวลาหนึ่งน้ำหนักของของแข็งที่เพิ่มขึ้นจะเริ่มอิ่มตัว

4.1.2 การหาความดันที่เหมาะสมในการดูดซับควันเครื่องร่ำ

จากการทดลองดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ 30 g เวลาในการอัด 75 min และความดันในการอัด 17, 19, 21, 23 และ 25 psig ได้ผลดังตารางที่ ก.5 แสดงผลได้ดังรูปที่ 4.2

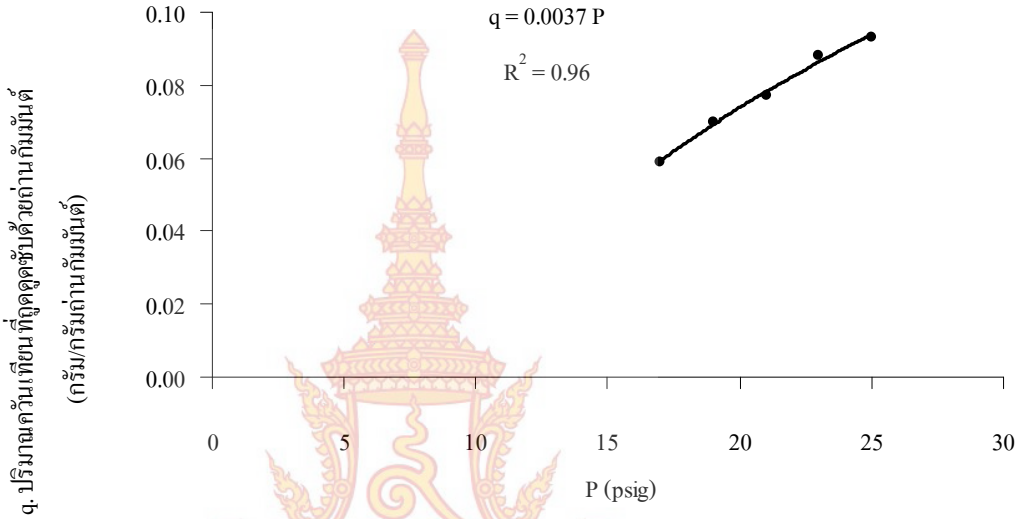


รูปที่ 4.2 ผลของความดันในการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์

จากรูปที่ 4.2 หาความดันที่เหมาะสมในการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ โดยใช้เวลาในการอัด 75 min และปริมาณถ่านกัมมันต์ 30 g พบว่ากราฟมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เมื่อความดันในการอัดเพิ่มขึ้น ซึ่งความดันที่ 25 psig เป็นความดันที่สามารถดูดซับควันเครื่องร่ำได้ดีกว่าที่ความดันอื่น จากงานวิจัยของอรวรรณ ศิริโชติ และคณะ เป็นการศึกษาพฤติกรรมการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บนถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากชานอ้อย พบว่ามีพฤติกรรมการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแบบสเต็ปไวส์ไอโซเทอม โดยชั้นแรกมีการดูดซับแบบโมโนเลเยอร์ อธิบายด้วยไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ (อรวรรณ ศิริโชติ และคณะ. 2546: ออนไลน์) ซึ่งในงานวิจัยนี้

ได้ใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับควันเครื่องร่ำเช่นกัน ดังนั้นการดูดซับควันเครื่องร่ำน่าจะมีแนวโน้มที่เป็นการดูดซับแบบที่ 1 คือเป็นการดูดซับแบบโมโนเลเยอร์

จากรูปที่ 4.2 นำค่าความดัน (P) กับ q มาพล็อตกราฟเป็นเส้นตรงได้ จากสมการของเฮนรี่ คือ $q = k P$ เพื่อหาค่าคงที่การดูดซับ (k) ซึ่งค่า k เท่ากับความชัน และมีค่าเท่ากับ 0.0037ได้ผลดังรูปที่ 4.3

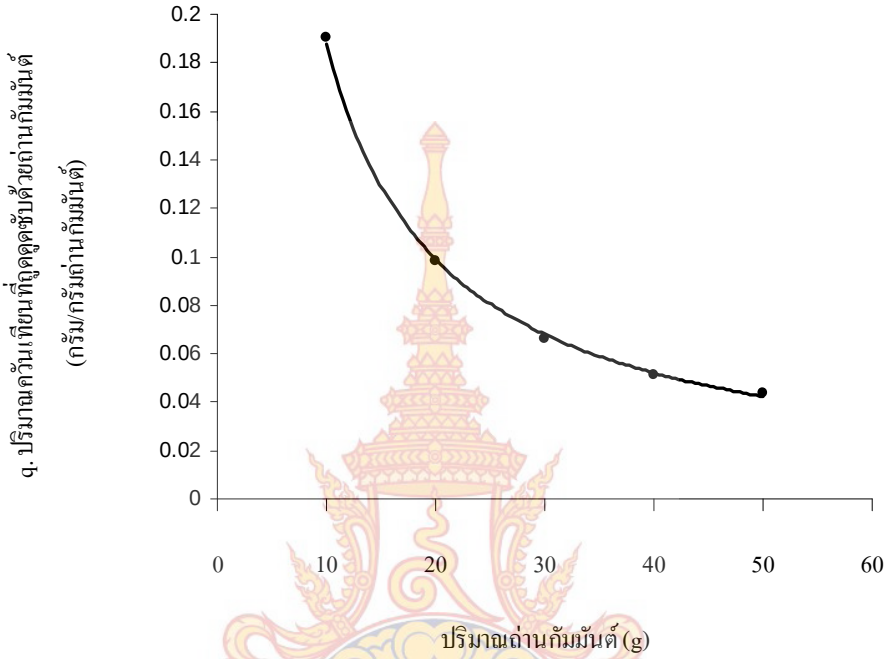


รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง P กับ q

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

4.1.3 การหาปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมในการดูดซับควันเครื่องร่ำ

จากการทดลองดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ ใช้เวลาในการอัด 75 min ความดันในการอัด 25 psig และปริมาณถ่านกัมมันต์ 10, 20, 30, 40 และ 50 g ได้ผลดังตารางที่ ก.6 แสดงผลได้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ผลของปริมาณถ่านกัมมันต์ในการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์

จากรูปที่ 4.4 หาปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมในการดูดซับควันเครื่องร่ำ โดยใช้เวลาในการอัด 75 min ความดันในการอัด 25 psig พบว่ากราฟมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณถ่านกัมมันต์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งปริมาณถ่านกัมมันต์ 30 g เป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุดในการดูดซับควันเครื่องร่ำ ซึ่งดูได้จากความชันของกราฟเริ่มเปลี่ยนแปลง ถ้าความชันมีค่ามากแสดงว่ามีควันเหลือมาก และถ้าความชันมีค่าน้อยแสดงว่ายังมีถ่านกัมมันต์ที่ไม่ได้ดูดซับควันเครื่องร่ำเหลืออยู่

4.2 การหาองค์ประกอบของควันเครื่องร่ำด้วยเครื่อง GC - MS

4.2.1 จากการทดลองดูดซึมควันเครื่องร่ำด้วยไอโซโพรพานอลที่ภาวะปกติ เมื่อนำไอโซโพรพานอลที่ดูดซึมควันเครื่องร่ำ มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบของควันเครื่องร่ำด้วยเครื่อง GC–MS ได้ผลดังรูปที่ ข.1 แสดงองค์ประกอบของควันเครื่องร่ำได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบของควันเครื่องร่ำที่ดูดซึมด้วยไอโซโพรพานอล

องค์ประกอบของควันเครื่องร่ำ	RT	พื้นที่ใต้กราฟ
Camphene ($C_{10}H_{16}$)	5.04	38586
Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1R)- ($C_{10}H_{16}O$)	8.51	152561
Borneol ($C_{10}H_{18}O$)	9.15	292080
Cyclohexasiloxane ($C_{12}H_{36}O_6Si_6$)	13.97	142076
Cycloheptasiloxane ($C_{14}H_{42}O_7Si_7$)	18.28	150067
Cyclooctasiloxane ($C_{16}H_{48}O_8Si_8$)	22.20	112148
Heptasiloxane ($C_{14}H_{44}O_6Si_7$)	25.60	40888

4.2.2 จากการทดลองนำถ่านกัมมันต์ที่ได้จากภาวะที่เหมาะสม มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบของควันเครื่องร่ำที่ถูกดูดซับได้ด้วยถ่านกัมมันต์ด้วยเครื่อง GC – MS โดยนำถ่านกัมมันต์ที่ดูดซับควันเครื่องร่ำไปแช่ในโพรพานอลและเฮกเซนได้ผลดังรูปที่ ค.2 และค.3 ตามลำดับแสดงองค์ประกอบของควันเครื่องร่ำได้ดังตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบของควันเครื่องร่ำที่ดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่แช่ในโพรพานอล

องค์ประกอบของควันเครื่องร่ำ	RT	พื้นที่ใต้กราฟ
3,3-Diisopropoxy-1,1,1,5,5,5-hexamethyltrisiloxane ($C_{12}H_{32}O_4Si_3$)	3.46	-
Camphene ($C_{10}H_{16}$)	5.06	330726
Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1R)- ($C_{10}H_{16}O$)	8.53	-
Borneol ($C_{10}H_{18}O$)	9.17	461190
Cyclopentasiloxane, decamethyl ($C_{10}H_{30}O_5Si_5$)	9.55	181363
Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-($C_{12}H_{36}O_6Si_6$)	13.99	369871
Cyclooctasiloxane ($C_{16}H_{48}O_8Si_8$)	22.20	425363
Heptasiloxane ($C_{14}H_{44}O_6Si_7$)	25.60	118216

ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบของควันเครื่องร่ำที่ดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่แช่ในเฮกเซน

องค์ประกอบของควันเครื่องร่ำ	RT	พื้นที่ใต้กราฟ
1R-α -Pinene ($C_{10}H_{16}$)	4.68	-
Camphene ($C_{10}H_{16}$)	5.05	710231
Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1R)- ($C_{10}H_{16}O$)	8.53	216532
Isobornyl formate ($C_{11}H_{18}O_2$)	8.98	122443
Borneol ($C_{10}H_{18}O$)	9.16	-
Cyclooctasiloxane ($C_{16}H_{48}O_8Si_8$)	22.18	314142
Heptasiloxane ($C_{14}H_{44}O_6Si_7$)	25.60	87868

จากตารางที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 เป็นองค์ประกอบของควันเครื่องร่ำที่วิเคราะห์ได้จากเครื่อง GC – MS โดยเป็นองค์ประกอบของควันเครื่องร่ำหลังการเผา ได้แก่ 1R-α -Pinene และ Camphene ซึ่งเป็นสารประเภทแอลคีน Borneol ซึ่งเป็นสารประเภทแอลกอฮอล์ Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1R)- ซึ่งเป็นสารประเภทคีโตน และองค์ประกอบอื่นๆ ที่เป็นสิ่งปนเปื้อนที่อยู่ในถ่านกัมมันต์ ส่วนองค์ประกอบของเครื่องร่ำก่อนการเผาแสดงดังตารางที่ ก.7 ซึ่งองค์ประกอบของเครื่องร่ำก่อนเผา และองค์ประกอบของควันเครื่องร่ำหลังเผาเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบองค์ประกอบของเครื่องร่ำก่อนเผา และองค์ประกอบของควันเครื่องร่ำหลังเผา

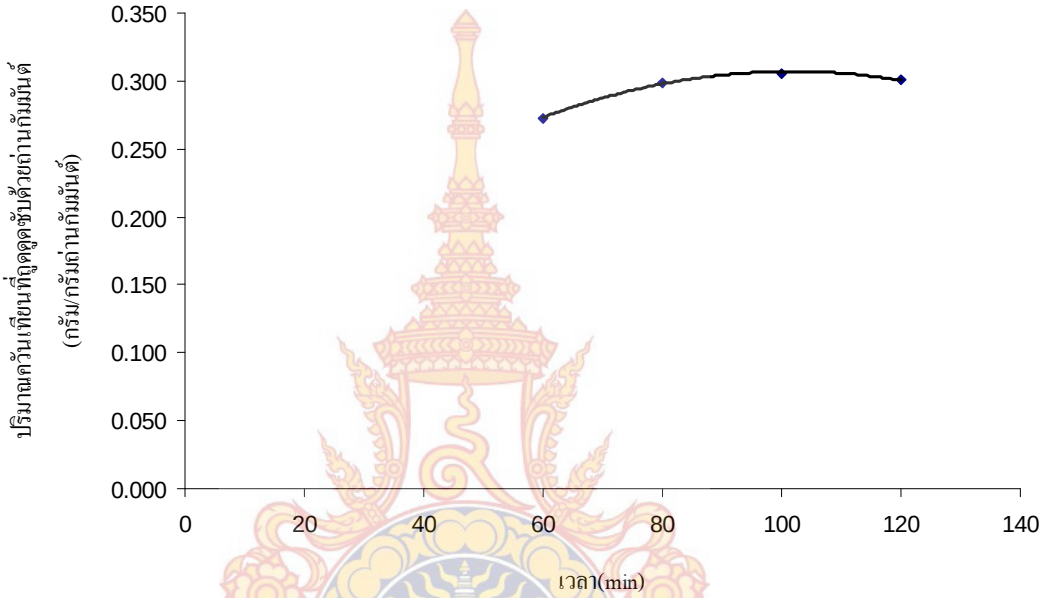
องค์ประกอบของเครื่องร่ำก่อนเผา	องค์ประกอบของควันเครื่องร่ำหลังเผา
Pinene	1R-α -Pinene
Camphene	Camphene
Borneol	Borneol
-	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1R)-

หมายเหตุ องค์ประกอบอื่นที่ไม่ปรากฏในตารางที่ 4.4 คือสิ่งปนเปื้อนที่อยู่ในถ่านกัมมันต์

4.3 การดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์

4.3.1 ผลของเวลาในการดูดซับควันเทียนอบ

จากการทดลองดูดซับควันเทียนอบด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ 1 g ความดันในการอัด 25 psig และเวลาในการอัด 60, 80, 100, และ 120 min ได้ผลดังตารางที่ ก.8 แสดงผลได้ดังรูปที่ 4.5

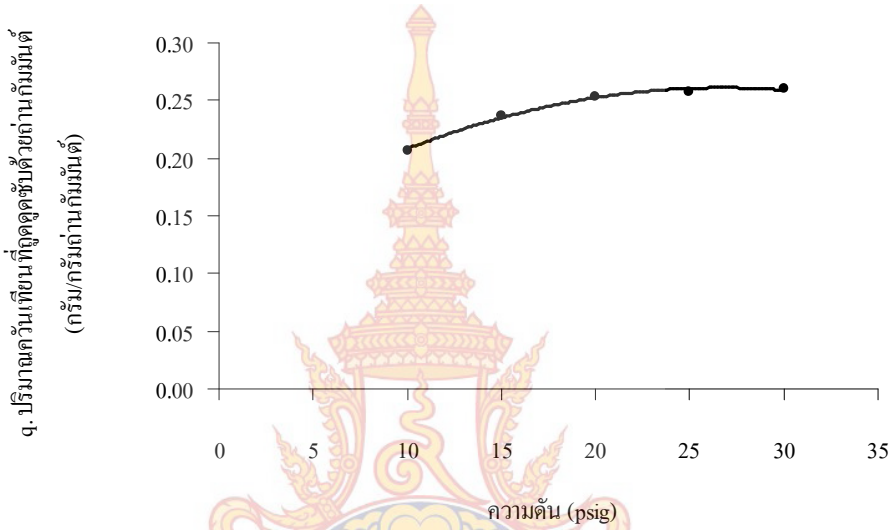


รูปที่ 4.5 ผลของเวลาในการดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์

จากรูปที่ 4.5 หาเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับควันเทียนอบด้วยถ่านกัมมันต์ โดยใช้ความดันในการอัด 25 psig และปริมาณของถ่านกัมมันต์ 1 g พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาในการอัดเพิ่มขึ้น และความชันเริ่มลดลงที่เวลา 100 min เนื่องจากแก๊สที่มีความดันค่าหนึ่งมาสัมผัสที่ผิวของแข็งที่บรรจุในภาชนะปิด เมื่อสารทั้งสองสัมผัสกันโมเลกุลของแก๊สจะถูกดูดซับโดยของแข็ง เมื่อผ่านระยะเวลาหนึ่งน้ำหนักของของแข็งที่เพิ่มขึ้นจะคงที่

4.3.2 ผลของความดันในการดูดซับควันเทียนอบ

จากการทดลองดูดซับควันเทียนอบด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ 1 g เวลาในการอัด 100 min และความดันในการอัด 10, 15, 20, 25, และ 30 psig ได้ผลดังตารางที่ ก.9 แสดงผลได้ดังรูปที่ 4.6

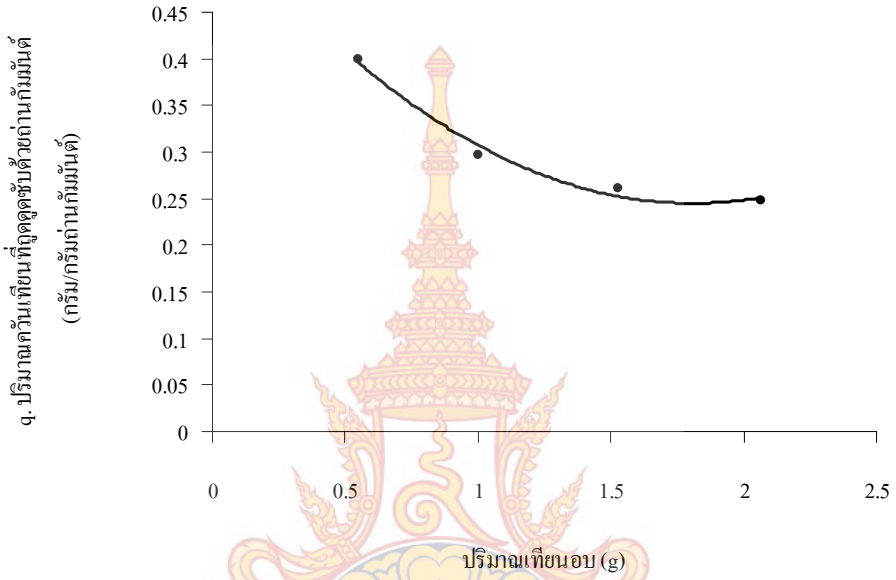


รูปที่ 4.6 ผลของความดันในการดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์

จากรูปที่ 4.6 หาความดันที่เหมาะสมในการดูดซับควันเทียนอบด้วยถ่านกัมมันต์ โดยใช้เวลาในการอัด 100 min และปริมาณถ่านกัมมันต์ 1 g พบว่ากราฟมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เมื่อความดันในการอัดเพิ่มขึ้น ซึ่งความดันที่ 25 psig เป็นความดันที่ดูดซับควันเทียนอบได้ดี และเริ่มเข้าสู่จุดอิ่มตัว

4.3.3 การหาปริมาณของเทียนอบที่เหมาะสมในการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

จากการทดลองดูดซับควันเทียนอบด้วยถ่านกัมมันต์ ใช้เวลาในการอัด 100 min ความดันในการอัด 25 psig และปริมาณเทียนอบ 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 g ได้ผลดังตารางที่ ก.10 แสดงผลได้ดังรูปที่ 4.7



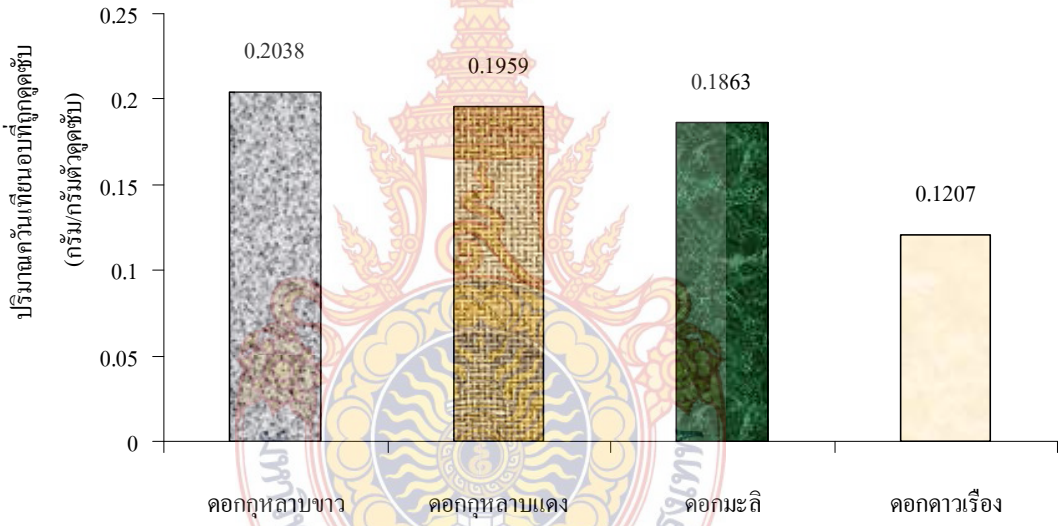
รูปที่ 4.7 ผลของปริมาณเทียนอบในการดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์

จากรูปที่ 4.7 พบว่าเวลาในการอัด 100 min ความดัน 25 psig ใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ 1 g เมื่อปริมาณเทียนอบเพิ่มมากขึ้นมีแนวโน้มลดลง ซึ่งปริมาณเทียนอบ 1 g เป็นปริมาณที่ให้ควันเทียนเหมาะสมกับถ่านกัมมันต์ 1 g ซึ่งดูได้จากความชันของกราฟเริ่มเปลี่ยนแปลงถ้าความชันมีค่ามากแสดงว่ามีถ่านกัมมันต์เหลือมาก และถ้าความชันมีค่าน้อยแสดงว่ายังมีควันเทียนที่ไม่ได้ถูกดูดซับเหลืออยู่

4.4 การดูดซับควันเทียนด้วยดอกไม้แห้งและขนมไทย

4.4.1 การดูดซับควันเทียนด้วยดอกไม้แห้ง

จากการทดลองดูดซับควันเทียนอบด้วยถ่านกัมมันต์ ได้หาภาวะที่เหมาะสม คือ เวลาในการอัด 100 min ความดัน 25 psig และปริมาณของเทียนอบ 0.5 g กลีบดอกไม้แห้ง 0.5 g แต่เนื่องจากแผ่นยางในถังอัดความดันเสื่อมสภาพทำให้ถังอัดความดันได้ 20 psig จึงเลือกใช้ความดันที่ 20 psig แทน ทั้งนี้การอัดด้วยความดันที่ 20 psig ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของควันเทียนอบที่ดูดซับได้ด้วยดอกไม้ชนิดต่าง ๆ ได้เช่นกัน โดยเลือกใช้กลีบของดอกไม้เป็นตัวดูดซับ ได้ผลดังตาราง ก.11 แสดงผลได้ดังรูปที่ 4.8

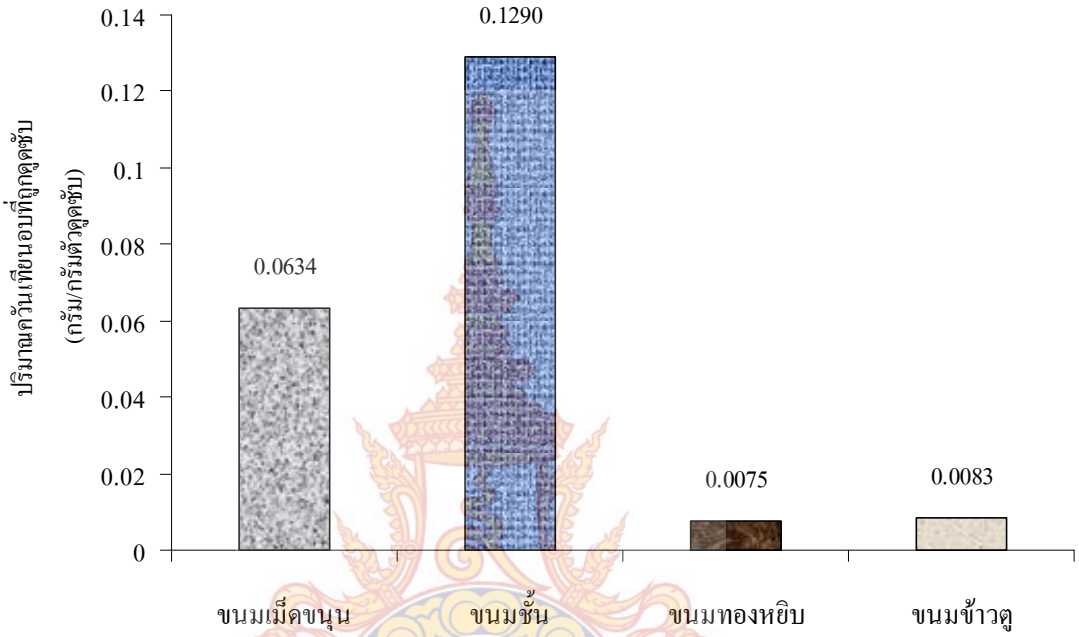


รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของควันเทียนอบที่ดูดซับได้โดยดอกไม้ชนิดต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.8 พบว่าดอกกุหลาบมีความสามารถในดูดซับควันเทียนอบได้ดีกว่าดอกไม้ชนิดอื่น เนื่องจากกลีบดอกกุหลาบมีพื้นที่ของกลีบสม่ำเสมอมากกว่าดอกไม้ชนิดอื่น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกลีบดอกมะลิและกลีบดอกดาวเรืองพบว่ากลีบดอกทั้งสองมีก้านกลีบดอกมากขึ้นซึ่งก้านกลีบดอกมีลักษณะใส ดังแสดงในภาคผนวก ง. 3 ทำให้มีความสามารถในการดูดซับได้น้อยกว่ากลีบดอกกุหลาบ ส่วนความหอมที่ได้หลังจากการอัดควันเทียนพบว่าดอกกุหลาบมีความหอมมากกว่าดอกมะลิ และดอกดาวเรือง ตามลำดับ แต่ความหอมที่ได้เป็นกลิ่นของเทียนอบที่หอมเบาๆ ไม่ฉุนเกินไป

4.4.2 การตัวดูดซับควันเทียนด้วยขนมไทย

ทดลองเช่นเดียวกับการใช้ตัวดูดซับที่เป็นดอกไม้ โดยตัดขนมให้เป็นชิ้นสี่เหลี่ยมเล็ก 0.5 g ใส่ในถาดพลาสติก ได้ผลดังตาราง ก.12 แสดงผลได้ดังรูปที่ 3.5.



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของควันเทียนอบที่ดูดซับได้โดยขนมชนิดต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.9 พบว่าตัวดูดซับที่เป็นขนมชั้นมีความสามารถดูดซับควันเทียนอบได้ดีกว่าขนมชนิดอื่น เนื่องจากตัวขนมชั้นนั้นมีความมันของน้ำมันขนมเคลือบอยู่จึงทำให้ควันของเทียนอบเกาะที่ขนมชั้นได้ดีกว่าขนมชนิดอื่น ดังแสดงในภาคผนวก ง. 4 ส่วนความหอมที่ได้หลังจากอัดควันเทียนอบ พบว่าขนมชั้น และขนมเม็ดขนุน จะมีกลิ่นของเทียนอบที่เด่นชัด หอมมากกว่า ขนมข้าวตู และขนมทองหยิบ ตามลำดับ ซึ่งขนมข้าวตู และทองหยิบจะไม่ค่อยมีกลิ่นหอมของเทียนอบ

บทที่ 5

สรุปผลการทำงานวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทำงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาวิธีการอบควันเทียน โดยศึกษาตัวแปรต่างๆ ที่มีผลในการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ การดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์ และการดูดซับควันเทียนด้วยขนมไทยและกลีบดอกไม้แห้งโดยกำหนดภาวะจากภาวะที่เหมาะจากการดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์ ได้ผลดังนี้

5.1.1 ภาวะที่เหมาะในการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ ได้แก่ เวลาในการอัด 75 min ที่ความดัน 25 psig ปริมาณถ่านกัมมันต์ 30 g และปริมาณเครื่องร่ำ 1 g

5.1.2 การดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ที่ความดันต่างๆ มีแนวโน้มที่เป็นการดูดซับแบบที่ 1 คือเป็นการดูดซับแบบโมโนเลเยอร์

5.1.3 ภาวะที่เหมาะในการดูดซับควันเทียนด้วยถ่านกัมมันต์ ได้แก่ เวลาในการอัด 100 min ที่ความดัน 25 psig ปริมาณถ่านกัมมันต์ 1 g และปริมาณเทียนอบ 1 g

5.1.4 กลีบดอกกุหลาบแห้งสามารถดูดซับควันเทียนได้มากกว่าดอกมะลิและดอกดาวเรือง ขนมชั้นสามารถดูดซับควันเทียนได้มากกว่าขนมเม็ดขนุน ขนมข้าวตูและขนมทองหยิบ โดยที่ภาวะในการดูดซับควันเทียนด้วยกลีบดอกไม้แห้งหรือขนมไทย ได้แก่ เวลาในการอัด 100 min ที่ความดัน 20 psig ปริมาณกลีบดอกไม้แห้งหรือขนมไทย 0.5 g และปริมาณถ่านกัมมันต์ 0.5 g

5.1.5 เมื่อนำถ่านกัมมันต์ที่ดูดซับควันเครื่องร่ำ และไอโซโพรพานอลที่ดักจับควันเครื่องร่ำ มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS ทำให้ทราบว่าองค์ประกอบของเครื่องร่ำประกอบด้วยสารประเภทแอลคีน คีโตน และแอลกอฮอล์

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการเพิ่มความดัน หรือลดปริมาณถ่านกัมมันต์ให้น้อยลง เพื่อให้การดูดซับถึงจุดอิ่มตัว และเป็นไปตามไอโซเทอมแบบแลงเมียร์

5.2.2 การศึกษาภาวะที่เหมาะสมของการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ ควรมีการศึกษาเรื่องของอุณหภูมิเพิ่มเติม เนื่องจากการดูดซับมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ดังนั้นจึงควรมีการติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิให้กับเครื่องอัดความดัน

5.2.3 การศึกษาการดูดซับโดยเลือกตัวดูดซับเป็นถ่านกัมมันต์ ซึ่งเป็นตัวดูดซับที่ดี โดยมีพื้นที่ผิวที่มาก และทำให้การดูดซับเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังนั้นจึงควรเปลี่ยนตัวดูดซับเป็นวัตถุดิบที่ต้องใช้ควันของเครื่องร่ำจริง เพื่อให้ได้ผลที่เกิดขึ้นจริง เช่น แป้งร่ำ น้ำอบไทย เทียนอบ เป็นต้น

5.2.3 การศึกษาความดันในการดูดซับควันเครื่องร่ำ ควรมีการแปรผันความดันในการทดลองให้มีความละเอียดมากขึ้น เช่น 17, 18, 19, ...30 เป็นต้น เพื่อให้หาความดันที่เหมาะสมที่สุดในการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์

5.2.4 การศึกษาเปรียบเทียบความหอมของเครื่องร่ำระหว่างการร่ำด้วยวิธีเดิมและวิธีที่ใช้ชุดอุปกรณ์การร่ำที่ประดิษฐ์ขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

บรรณานุกรม

กฤษณา ชุติมา. 2547. **หลักเคมีทั่วไป เล่ม 1.** พิมพ์ครั้งที่ 16. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

“ขี้ผึ้ง” ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://th.wikipedia.org. (วันที่สืบค้น 25 สิงหาคม 2551)

“เครื่องร่ำ” ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://graduate.psru.ac.th. (วันที่สืบค้น 25 สิงหาคม 2551)

ฉัตรชัย หนูพรหม. 2546. “มะกรูด” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.geocities.com/psplant/ps_seminar_chatchai.htm. (วันที่สืบค้น 6 กันยายน 2551)

ชยันต์ พิเชียรสุนทร. 2545. **คู่มือเภสัชกรรมแผนไทย เล่ม 2.** กรุงเทพฯ: อัมรินทร์.

ชยันต์ พิเชียรสุนทร. 2546. **คู่มือเภสัชกรรมแผนไทย เล่ม 3.** กรุงเทพฯ: อัมรินทร์.

นันทวัน กลิ่นจำปา. 2545. **เครื่องหอม ภูมิปัญญาไทย**. แผนกวิชาคหกรรมศาสตร์ทั่วไป คณะวิชาคหกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชัน. หน้า 97-98.

บัณฑิต หาญเวช และพิมภรณ์ บุญวิเชียร. 2550. **การสังเคราะห์ไบโอดีเซลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์.** โครงงานวิทยาศาสตรบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

ศิรินันท์ ศรีสกุลพงษ์ และสุธาทิพย์ บุญพันธ์. 2550. **การดูดซับความชื้นในแพคคอลัมน์.** โครงงานวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์. ม.ป.ป. “isopropanol” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://msds.pcd.go.th. (วันที่สืบค้น 19 ธันวาคม 2551)

สุกัลยา จิตรทนงค์ และโสธิยา มุ้ยแก้ว. 2548. **อิทธิพลของเวลาและอุณหภูมิที่มีผลต่อถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากกาแฟในระบบฟลูอิไดเซชันไอน้ำ.** โครงงานวิทยาศาสตรบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

สุนีย์ จันทร์สกาว. 2546. “น้ำมันหอมระเหยและสุคนธบำบัด”. **การประชุมทางวิชาการเรื่องผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรและผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร**. วันที่ 4-5 กันยายน พ.ศ. 2546. ณ มหาวิทยาลัยรังสิต. โดย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ร่วมกับ กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข. หน้า 31-44.

สุทิศา ณ อัญชัน. 2548. สมุนไพร, **เครื่องหอมไทย มรดกไทย วิถีไทย**. ปีที่ 5 ฉบับที่ 51 ประจำเดือนมีนาคม 2548. หน้า 43-49.

อรวรรณ ศิริโชติ และคณะ. 2546. **การดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย.** มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อรชร เอกภาพสากล. 2547. **มหัศจรรย์น้ำมันหอมระเหย**. บริษัท พิทซ์ดี. กรุงเทพฯ. หน้า 53-54.

Christie J. Geankoplis. 1993. **Transport Processes and Unit Operations**. 3rd ed., Prentice Hall PTR Englewood Cliffs. New Jersey. pp. 381-418.

William J. Thomson. 2000. **Introduction to Transport Phenomena**. Prentice Hall PTR Upper Saddle River. New Jersey. pp. 239-255.

“มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน” 2548. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps988_48.pdf (วันที่สืบค้น 1 กันยายน 2552)

อกาลิโก. ม.ป.ป. “เฉลยเคล็ดลับ เทียนอบ-อบร่ำ-ขนมไทย” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.agalico.com/board/showthread.php?t=13960 (วันที่สืบค้น 1 กันยายน 2552)

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการทดลอง

1. ผลการทดลองหาน้ำหนักเครื่องร่ำที่เหมาะสมในการอัดความดัน

การดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ ต้องทดลองหาน้ำหนักเครื่องร่ำที่เหมาะสมในการอัดความดัน เพื่อจะได้ทราบว่าน้ำหนักเครื่องร่ำประมาณ 0.5, 1, 1.5 และ 2 g เมื่อเกิดควันขึ้นแล้วสามารถอัดความดันได้ถึงเท่าไร ที่จะทำให้ไม่เกินความดันที่เครื่องกำหนด (เครื่องอัดความดันทนความดันสูงสุดได้ 40 psig)

ตารางที่ ก.1 น้ำหนักเครื่องร่ำ และความดัน ขณะเปิดปั๊มตอนเกิดควันเครื่องร่ำ

ครั้งที่	น้ำหนักเครื่องร่ำ (g)	ความดัน (psig)	เวลาที่ใช้ (min)
1.	2.0207	20.0	9
2.	2.0216	23.5	11
3.	1.0371	22.0	11
4.	1.0183	22.0	10
5.	0.5502	21.0	9
6.	0.5269	19.5	8

ตารางที่ ก.2 น้ำหนักเครื่องร่ำ และความดัน ขณะเปิดปั๊มหลังจากเผาเครื่องร่ำจนหมด

ครั้งที่	น้ำหนักเครื่องร่ำ (g)	ความดัน (psig)	เวลาที่ใช้ (min)
1.	1.0327	21	10
2.	1.0456	22	11
3.	0.5385	16	7
4.	0.5161	12	5

ตารางที่ ก.3 น้ำหนักเครื่องร่ำ และความดัน ขณะเปิดปั๊มหลังจากเผาเครื่องร่ำไปแล้ว 5 min

ครั้งที่	น้ำหนักเครื่องร่ำ (g)	ความดัน (psig)	เวลาที่ใช้ (min)
1.	1.5125	19	8
2.	1.5031	20	8
3.	1.0021	16	7
4.	1.0038	13	6

2. ผลการทดลองการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับควันร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ คือ เวลาในการอัด ความดันในการอัด และปริมาณถ่านกัมมันต์

ตารางที่ ก.4 อิทธิพลของเวลาที่มีผลต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำ ที่ความดัน 25 psig

เวลาในการอัด (min)	ปริมาณเครื่องร่ำ (g)	น้ำหนักถ่านก่อนการอัด (g)	น้ำหนักถ่านหลังการอัด (g)	ปริมาณของควันที่ถ่านดูดซับได้ (g)	q (g of adsorbate / g of adsorbent)	T (^{o}C)
15	1.0018	30.0078	30.7210	0.7132	0.024	25
30	1.0017	30.0077	31.0544	1.0467	0.035	25
60	1.0010	30.0079	31.5392	1.5313	0.051	25
75	1.0019	30.0079	31.6781	1.6702	0.056	25
100	1.0019	30.0079	31.8089	1.8010	0.060	22

ตารางที่ ก.5 อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำ ที่เวลา 75 min

ความดันในการอัด (psig)	ปริมาณเครื่องร่ำ (g)	น้ำหนักถ่านก่อนการอัด (g)	น้ำหนักถ่านหลังการอัด (g)	ปริมาณของควันที่ถ่านดูดซับได้ (g)	q (g of adsorbate / g of adsorbent)	T (^{o}C)
17	1.0003	30.0063	31.7872	1.7809	0.059	32
19	1.0002	30.0060	32.1037	2.0977	0.070	32
21	1.0000	30.0064	32.3268	2.3204	0.077	32
23	1.0005	30.0060	32.6568	2.6508	0.088	32
25	1.0003	30.0068	32.7900	2.7832	0.093	32

ตารางที่ ก.6 อิทธิพลของปริมาณถ่านกัมมันต์ที่มีผลต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำ ที่ความดัน 25 psig และเวลา 75 min

ปริมาณถ่าน (g)	ปริมาณเครื่องร่ำ (g)	น้ำหนักถ่านก่อนการอัด (g)	น้ำหนักถ่านหลังการอัด (g)	ปริมาณของควันที่ถ่านดูดซับได้ (g)	q (g of adsorbate / g of adsorbent)	T (^{o}C)
10	1.0005	10.0043	11.9083	1.9040	0.190	28
20	1.0001	20.0042	21.9710	1.9668	0.098	28
30	1.0004	30.0042	31.9989	1.9947	0.066	29
40	1.0002	40.0044	42.0454	2.0410	0.051	29
50	1.0004	50.0043	52.1975	2.1932	0.044	29

หมายเหตุ ค่า q คือ ปริมาณของควันเครื่องร่ำที่ดูดซับได้ด้วยถ่านกัมมันต์ (กรัมตัวถูกดูดซับ / กรัมตัวดูดซับ)

จากตารางที่ ก.4 ก.5 และก.6 จะเห็นว่าความดันสูงสุดที่ใช้ในการอัดคือ 25 psig นั้นเป็นเพราะว่าถ้าใช้ความดันในการอัดเกิน 25 psig จะเกิดการรั่ว (Leak) ของควันออกมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ตารางที่ ก.7 องค์ประกอบของเครื่องร่ำก่อนการเผา

ส่วนผสมของเครื่องร่ำ	องค์ประกอบของเครื่องร่ำ
ผิวมะกรูด	Pinene Limonene Sabinene Camphene
พิมเสน	Patcholi alcohol Pogostol Bulnesal patchoulenol Bulnese Borneol
กำยาน	กรด Cinnamic benzoic
น้ำมันจันทน์	α – santalol β - santalol epi - β - santalol trans - β - santalol α – santalene cis - lanceol
ชะมดเช็ด	Muscone ($C_{16}H_{30}O$) Cholesterin
น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลทรายขาว	Fructose Glucose Sucrose Lactose
ขี้ผึ้ง	Hydrocarbon Monoester Diester Triester Hydroxy Polyester

3. ผลการทดลองการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับควันเทียนอบด้วยถ่านกัมมันต์ คือ เวลาในการอัด ความดันในการอัด และปริมาณถ่านกัมมันต์

ตารางที่ ก.8 อิทธิพลของเวลาที่มีผลต่อการดูดซับควันเทียนอบ ที่ความดัน 25 psig

เวลา (min)	นน.เทียนอบ (g)	น.น ถ่านก่อนอบ (g)	น.น ถ่านหลังอบ (g)	ถ่านดูดได้ (g)	q (กรัมสารที่ดูดได้/กรัมตัวดูดซับ)	ร้อยละการดูดซับ
60	1.0056	1.0040	1.2783	0.2743	0.273	27.32
80	1.0052	1.0048	1.3048	0.3000	0.299	29.86
100	1.0078	1.0086	1.3172	0.3086	0.306	30.60
120	1.0087	1.0079	1.3110	0.3031	0.301	30.07

ตารางที่ ก.9 อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อการดูดซับควันเทียนอบ ที่เวลา 100 min

ความดัน (psig)	นน.เทียนอบ (g)	นน.ถ่านก่อนอัด (g)	นน.ถ่านหลังอัด(g)	ถ่านดูดได้ (g)	q(กรัมสารที่ดูดได้/กรัมตัวดูดซับ)	อุณหภูมิ
10	1.0013	1.0053	1.2132	0.2079	0.2068	35
15	1.0026	1.0089	1.2483	0.2394	0.2373	35
20	1.0065	1.0005	1.2532	0.2527	0.2526	34
25	1.0047	1.0049	1.2638	0.2589	0.2576	34
30	1.0007	1.0062	1.2680	0.2618	0.2602	34

ตารางที่ ก.10 อิทธิพลของปริมาณเทียนอบที่มีผลต่อการดูดซับควันเทียนอบด้วยถ่านกัมมันต์ ที่เวลา 100 min และความดัน 25 psig

นน.เทียนอบ (g)	นน.ถ่านก่อนอัด (g)	นน.ถ่านหลังอัด(g)	ถ่านดูดได้(g)	q (กรัมสารที่ดูดได้/กรัมตัวดูดซับ)	อุณหภูมิ
0.5482	1.0039	1.4052	0.4013	0.3997	30
1.0030	1.0008	1.2980	0.2972	0.2970	32
1.5301	1.0039	1.2659	0.2620	0.2610	32
2.0628	1.0030	1.2521	0.2491	0.2484	32

4. ผลการทดลองการศึกษาภาวะที่เหมาะสมโดยประยุกษ์ใช้กับตัวดูดซับตัวอื่น คือ ดอกไม้แห้งและขนมไทย

ตารางที่ ก.11 อิทธิพลของตัวดูดซับที่มีผลต่อการดูดซับควันเทียนอบโดยใช้ตัวดูดซับเป็นดอกไม้แห้ง ที่เวลา 100 min และความดัน 20 psig

ตัวดูดซับ	นน.เทียนอบ (g)	นน.ตัวดูดซับก่อนอัด(g)	นน.ตัวดูดซับหลังอัด(g)	ตัวดูดซับดูดได้(g)	q(กรัมสารที่ดูดได้/กรัมตัวดูดซับ)
ดอกกุหลาบขาว	0.5017	0.5048	0.6077	0.1029	0.2038
ดอกกุหลาบแดง	0.5086	0.5024	0.6008	0.0984	0.1959
ดอกมะลิ	0.5085	0.5039	0.5978	0.0939	0.1863
ดอกดาวเรือง	0.5012	0.5078	0.5691	0.0613	0.1207

ตารางที่ ก.12 อิทธิพลของตัวดูดซับที่มีผลต่อการดูดซับควันเทียนอบโดยใช้ตัวดูดซับเป็นขนมไทย ที่เวลา 100 min และความดัน 20 psig

ตัวดูดซับ	นน.เทียนอบ (g)	นน.ตัวดูดซับก่อนอัด(g)	นน.ตัวดูดซับหลังอัด(g)	ตัวดูดซับดูดได้(g)	q(กรัมสารที่ดูดได้/กรัมตัวดูดซับ)
ขนมเม็ดขนุน	0.5016	0.5033	0.5352	0.0319	0.0634
ขนมชั้น	0.5070	0.5015	0.5662	0.0647	0.1290
ขนมทองหยิบ	0.5029	0.5097	0.5135	0.0038	0.0075
ขนมข้าวตู	0.5070	0.5197	0.5240	0.0043	0.0083

ภาคผนวก ข

สมบัติของไอโซโพรพานอล

ข.1 ชื่อและสูตร

- ชื่อเคมี IUPAC : 2 - Propanol, Isopropanol
- ชื่อเคมีทั่วไป : Isopropyl alcohol, 2 - Propyl alcohol, Sec - propyl alcohol
- ชื่อพ้องอื่น ๆ : IPA, Sec-propanol, Rubbing Alcohol, Dimethylcarbinol, Sec-Propyl alcohol, Alcohol, Propan-2-ol, I-Propanol, 2-Hydroxypropane, Alcojel, Alcosolve, Avantin, Chromar, Combi-schutz, Hartosol, Imsol a, Isohol, Lutosol, Petrohol, N-propan-2-ol, Propol, Spectrar, Sterisol hand disinfectant, Takineocol, Alcosolve 2, DuPont Zonyl FSP Fluorinated Surfactants, DuPont Zonyl FSJ Fluorinated Surfactants, DuPont Zonyl FSA Fluorinated Surfactants, DuPont Zonyl FSN Fluorinated Surfactants, Isopropyl Alcohol (Manufacturing, strong-acid process)
- ชื่อวงศ์ : Secondary อะลิฟาติกแอลกอฮอล์
- สูตรโมเลกุล : C_3H_8O
- สูตรโครงสร้าง :

ข.2 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical properties)

- สถานะ : ของเหลว
- สี : ไม่มีสี
- กลิ่น : เหมือนยางแอลกอฮอล์, ฉุน
- น้ำหนักโมเลกุล : 60.09
- จุดเดือด (^{0}C) : 82.3
- จุดหลอมเหลว / จุดเยือกแข็ง (^{0}C) : -88.5
- จุดวาบไฟ (^{0}C) : 11.7
- จุดลุกติดไฟได้เอง (^{0}C) : 399
- ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ = 1) : 0.8044

- ความหนาแน่นไอ (อากาศ = 1) : 2.1
- ความดันไอ (mm.Hg) : 33 ที่ 20 ^{0}C

ข.3 ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

- ความคงตัว : สารนี้เสถียร เกิดรูปเปอร์ออกไซด์ในความมืด และไวต่อแสงแดด ทำให้อยู่ในรูปของคีโตนเมื่อเกิดปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดรีน
- สารที่เข้ากันไม่ได้ : สารออกซิไดส์อย่างแรง (โครเมียมไตรออกไซด์ เปอร์คลอเรต เปอร์ออกไซด์) ซึ่งเสี่ยงต่อการติดระเบิด กรดเข้มข้น (กรดไนตริก กรดซัลฟูริก โอลีน) ปฏิกริยาที่รุนแรงและอันตราย โลหะอัลคาไลน์ และอัลคาไลน์เอริท์ (ไม่เกิดการติดไฟได้ก๊าซไฮโดรเจน) อลูมิเนียม เกิดปฏิกริยารุนแรง และไม่ให้ความร้อนโครโตนานดีไฮน์หรือฟอสจีน โพแทลเซียมบิวทิวออกไซด์ ไตรไนโตรมีเทป
- สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง : เปลวไฟ ประกายไฟ ประจุไฟฟ้า ความร้อน และสารติดไฟ แสง
- การกัดกร่อนของโลหะ : แอนไฮดริส โพรพานอลไม่กัดกร่อนเหล็ก สเตนเลท เหล็กกล้า ทองแดงและบรอนซ์ และอัลลอยด์ที่อุณหภูมิปกติ
- อันตรายจากการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชั่น : ไม่เกิดขึ้น

ข.4 อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health effect)

- สัมผัสทางหายใจ : การหายใจเข้าไปไม่เป็นอันตรายมาก แต่เกิดการระคายเคืองจมูกและลำคอ และระบบทางเดินหายใจ อาการที่แสดงต่อมาเมื่อได้รับสารเพิ่มขึ้น คือ ปวดหัว คลื่นไส้ วิงเวียน อาเจียน ถ้าได้รับปริมาณสูงขึ้นอาจทำให้หมดสติหรือตายได้
- สัมผัสทางผิวหนัง : การสัมผัสถูกผิวหนังไม่ทำให้เกิดการระคายเคืองบริเวณผิวหนังในกรณีที่สัมผัสในเวลาอื่นๆ แต่ถ้าสัมผัสนาน จะทำให้ผิวหนังแห้งและผิวหนังแตก
- สัมผัสถูกตา : การสัมผัสถูกตาทำให้เกิดการระคายบริเวณตา ถ้าสัมผัสถูกสารที่ 400 ppm ประมาณ 3 - 5 min ถ้าสัมผัสที่ 800 ppm จะทำให้เกิดแผลอาจจะไม่เป็นอันตรายต่อคน แต่จากการทดลองเป็นอันตรายต่อสัตว์ เมื่อได้รับในอัตราที่สูง

- กินหรือกลืนเข้าไป : การกลืนเข้าไปปริมาณมากทำให้อาการทรุดหนักลงไป อาการคล้ายการสัมผัสทางหายใจ ซึ่งควรนำไปพบแพทย์ อาการคือจะอาเจียน และมีอันตรายเกี่ยวกับปอด

ข.5 การเก็บรักษา สถานที่เก็บ เคลื่อนย้าย และขนส่ง (Storage and Handling)

- เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด
- เก็บในบริเวณที่เย็นและแห้ง
- เก็บห่างจากสารออกซิไดส์ การกัดกร่อนและสารไม่เข้ากัน หรือกรดเข้มข้น กรดแอนไฮไดรส์ ธาตุอัลคาไลน์ ธาตุอัลคาไลน์เอริท (โลหะ ควรจะปิดฉลากไว้ด้วยและเขียนคุณสมบัติของสารไว้ด้วย)
- เก็บให้ห่างจากสารที่เข้ากันไม่ได้ ความร้อน เปลวไฟ แสงแดด
- สถานที่เก็บไม่ควรมีสื่อที่สามารถติดไฟได้ เช่น บุหรี่ ไม้ขีดไฟ ไฟ
- ควรปิดฝาภาชนะเมื่อไม่ใช้
- ไม่ควรนำสารที่เหลือจากการใช้กลับมาใส่ภาชนะบรรจุอีก และควรปิดฉลากไว้ด้วย
- ก่อนเก็บสิ่งสำคัญคือควรมีอุปกรณ์ป้องกันและทำความสะอาดให้ดี
- บุคคลที่ทำงานเกี่ยวกับสารเคมีควรทราบถึงคุณสมบัติของสาร
- การจัดเก็บควรมีคู่มือการปฐมพยาบาล
- วิธีการดับเพลิง หรือวิธีการกำจัดกรณีรั่วไหล หลีกเลี่ยงการเกิดไอ และไม่ให้ไอรั่วไหลออกไป อย่าให้สารกระเด็น
- ชื่อสำหรับการขนส่ง : Isopropanol
- ประเภทอันตราย : 3
- รหัส UN : 1219
- ประเภทการบรรจุหีบห่อ : กลุ่ม I

ข.6 การกำจัดกรณีรั่วไหล (Leak and Spill)

- ให้หยุดการรั่วไหล ถ้าสามารถทำได้โดยปราศจากความเสี่ยงอันตราย
- ให้ดูดซับส่วนที่หกรั่วไหลด้วยดิน ทราย ฝุ่น หรือสารที่มีคุณสมบัติการดูดซับได้
- จัดหาอุปกรณ์ป้องกันและจัดเก็บสารที่รั่วไหลใส่ภาชนะบรรจุสำหรับนำไปกำจัด

- จัดเก็บสารที่รั่วไหล นำเอาสารที่เป็นของเหลวกลับมาใช้ใหม่ หรือจัดเก็บไว้ถ้าสามารถทำได้
- หยุดการรั่วไหลของสารถ้าสามารถทำได้โดยปราศจากความเสี่ยงจากอันตราย
- เคลื่อนย้ายสารที่ทำให้เกิดความร้อน
- ให้หยุดการรั่วไหล ถ้าสามารถทำได้โดยปราศจากความเสี่ยงอันตราย

ข.7 การเก็บและวิเคราะห์ (Sampling and Analytical)

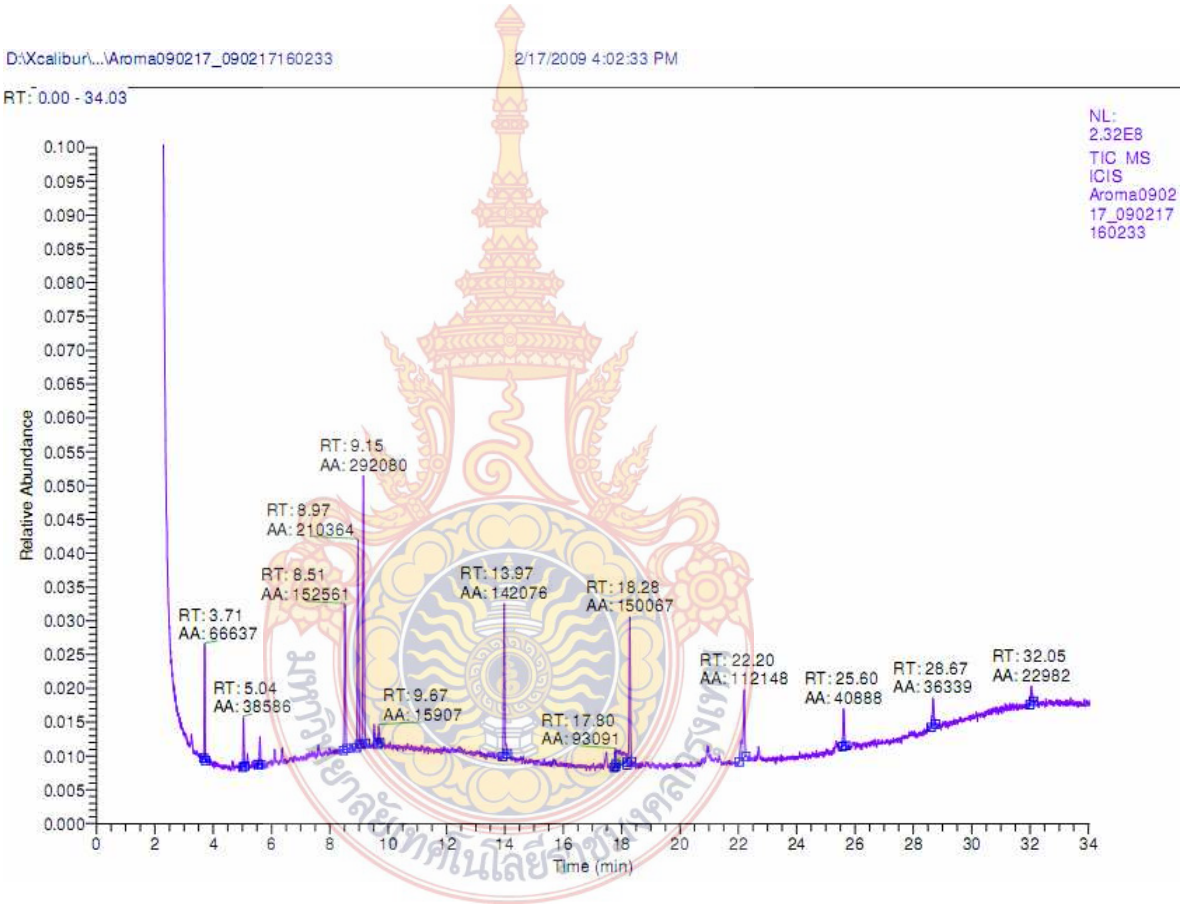
- วิธีการเก็บตัวอย่าง : ใช้หลอดเก็บตัวอย่าง

วิธีการวิเคราะห์ : ใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ (ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์. 2552: ออนไลน์)

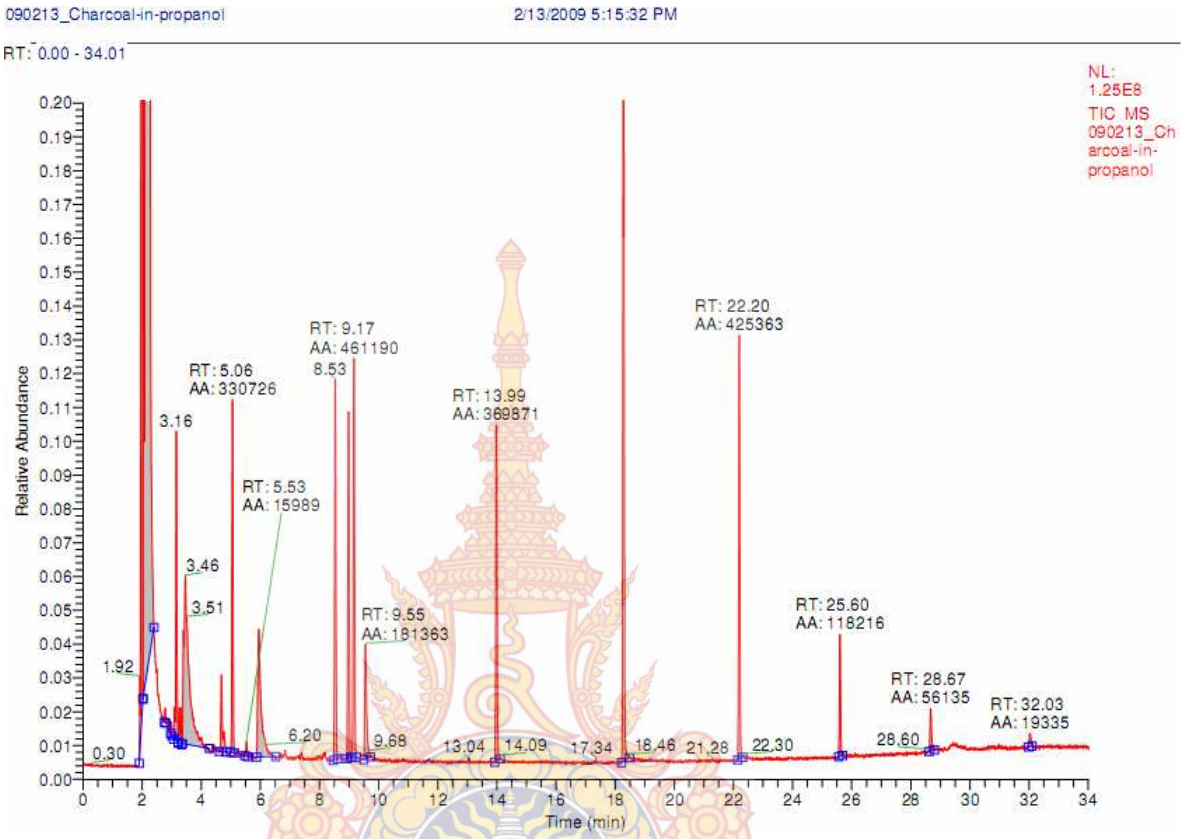
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ภาคผนวก ค

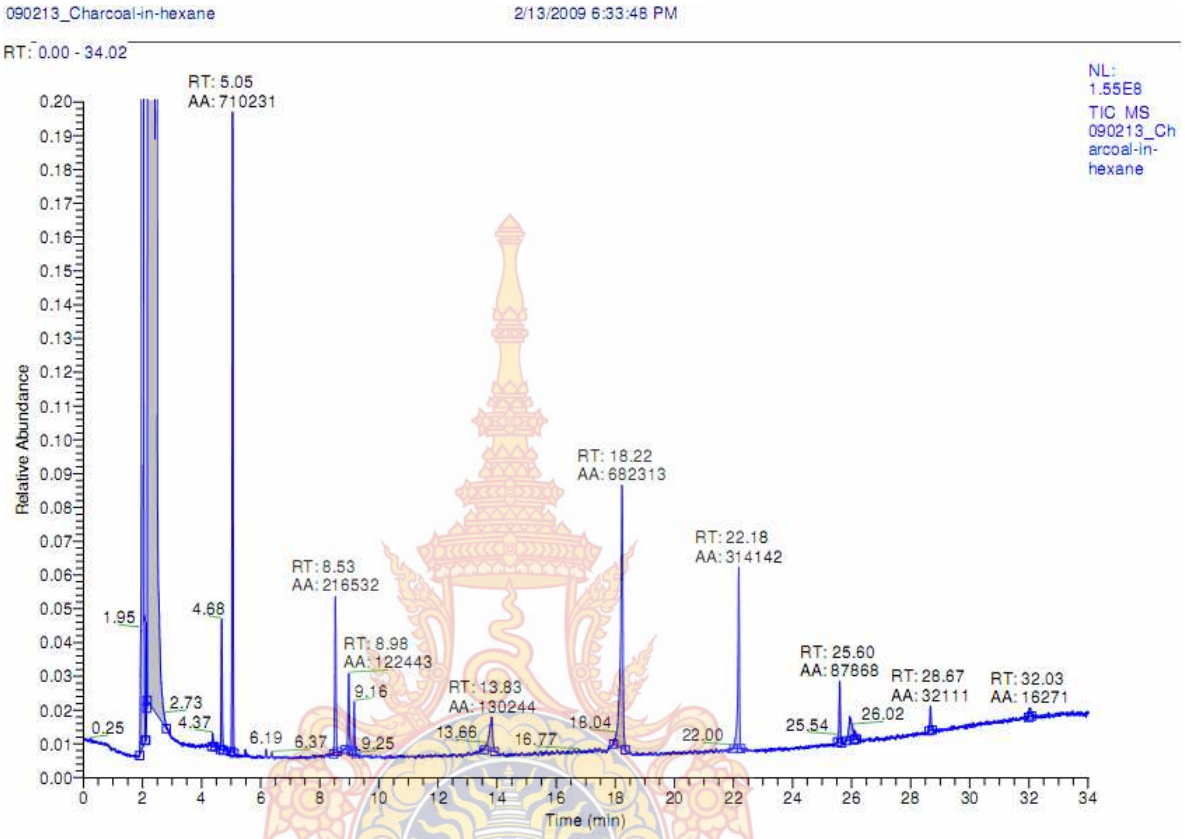
โครมาโทแกรมของควันเครื่องร่ำจากเครื่อง GC - MS



รูปที่ ค.1 โครมาโทแกรมของควันเครื่องร่ำที่ดักจับด้วยไอโซโพรพานอล



รูปที่ ค.2 โครมาโทแกรมของควันเครื่องร่ำที่ดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่แช่ในโพรพานอล



รูปที่ ค.3 โครมาโทแกรมของควันเครื่องร่ำที่ดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่แช่ในเฮกเซน

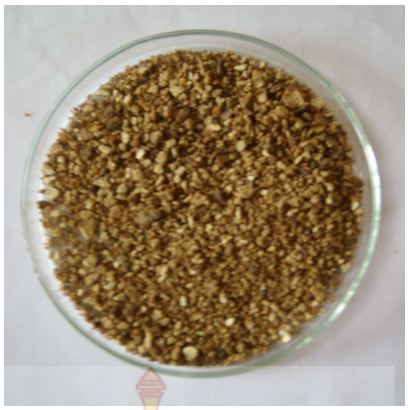
ภาคผนวก ง

ภาพถ่ายสารที่ใช้ และอุปกรณ์

ง.1 สารที่ใช้เตรียมเครื่องร่ำและสารดูดซับ

รูปที่ ง.1 กำยาน

รูปที่ ง.2 พิมเสน



รูปที่ ง.3 ผิวมะกรูดบดละเอียด

รูปที่ ง.4 น้ำมันจันทน์

รูปที่ ง.5 ชะมดเช็ด

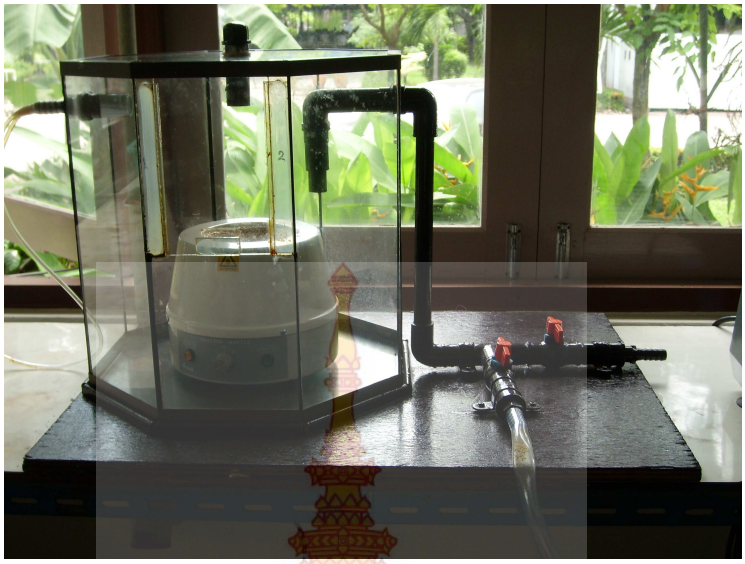
รูปที่ ง.6 ขี้ผึ้ง

รูปที่ ง.7 ถ่านกัมมันต์ยี่ห้อ WATER PURE & SIMPLE BRITISH PORTACEL

ตะคัน คือ เครื่องปั้นดินเผารูปคล้ายจานก้นลึกเล็กๆ ใช้ในการวางเทียนอบร่ำกำยาน เพื่อนำมาใช้ปรุงน้ำอบไทย หรือใช้ใส่น้ำมันตามไฟต่างตะเกียง (นันทวัน กลิ่นจำปา. 2545: 73)

รูปที่ ง.8 ตะคัน

ง.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดูดซับ



รูปที่ ง.9 ตู้กระจกและเครื่องให้ความร้อนแบบหลุม

รูปที่ ง.10 ถังอัดควัน

ง.3 กลีบดอกไม้แห้งที่ใช้เป็นตัวดูดซับ

รูปที่ ง.11 กลีบกุหลาบสีแดงแห้ง

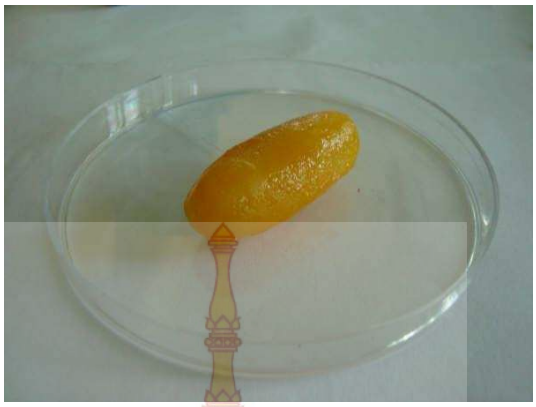
รูปที่ ง.12 กลีบกุหลาบสีขาวแห้ง

รูปที่ ง.13 กลีบดอกมะลิแห้ง

ส่วนที่ทำให้การดูดซับน้อยลง

รูปที่ ง.14 กลีบดอกดาวเรืองแห้ง

ง.4 ขนมไทยที่ใช้เป็นสารดูดซับ และอุปกรณการอบร่ำแบบโบราณ



รูปที่ ง.15 ขนมเม็ดขนุน

รูปที่ ง.16 ขนมชั้น

รูปที่ ง.17 ขนมทองหยิบ

รูปที่ ง.18 ขนมข้าวตู

รูปที่ ง.19 อุปกรณ์อบร่ำแบบโบราณ (ก) โถอบควันเทียนแบบโบราณ (ข) การวางเทียนอบบนตะคันในการอบควันเทียน

รูปที่ ง.20 ขนาดเทียนอบที่ใช้ในการทดลอง

ภาคผนวก จ

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

รูปที่ จ.1 นำเสนอผลงานวิจัยแบบโปสเตอร์เรื่อง “การดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์” วันที่ 23-28 สิงหาคม 2552 มหาวิทยาลัยราชมงคลวิชาการครั้งที่ 2 โรงแรมฮอลิเดย์ อินน์ จังหวัดเชียงใหม่

เรื่องเต็มการประชุมวิชาการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ครั้งที่
The Proceeding of 2nd Rajamangala University
of Technology Annual Conference

เล่มที่ ๒ วิศวกรรมศาสตร์

บทบาทของมหาวิทยาลัยต่อการศึกษาที่เน้นการปฏิบัติจริง"
The Role of University in Hands-On Education

๒๓-๒๙ สิงหาคม ๒๕๕๒

จัดโดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ISBN 978-974-625-505-9

เรื่องเต็มการประชุมสัมมนาวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลวิชาการ ครั้งที่ ๒
The Proceeding of 2nd Rajamangala University of Technology Annual Conference
"บทบาทของมหาวิทยาลัยต่อการศึกษาที่เน้นการปฏิบัติจริง"
The Role of University in Hands-On Education
๒๓-๒๙ สิงหาคม ๒๕๕๒
โรงแรม ฮอลิเดย์ อินน์ จังหวัดเชียงใหม่

เล่มที่ ๒ วิศวกรรมศาสตร์
ISBN 978-974-625-506-6

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาผลงานวิจัย
รองศาสตราจารย์ ดร. โสระยา ร่วมรังสี
รองศาสตราจารย์ ดร. รัชนี พนเจริญสวัสดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มาลี ตั้งระเบียบ
ดร. ยรรยง เฉลิมแสน

คณะกรรมการฝ่ายจัดทำ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประพัฒน์	เชื้อไทย	ที่ปรึกษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มาลี	ตั้งระเบียบ	
ดร. ยรรยง	เฉลิมเสน	
นายภฤศพงศ์	เพชรบุล	
นางเสาวลักษณ์	วชิรนคร	
นางประภา	สนั่นก้อง	
นางสาวรุจิรา	แสงทอง	
นางสาวอุไรวรรณ	สายยะนันท์	
นางสุพรรษา	ฟูสีกุล	
นางสาวพัชรินทร์	ชีด้าม	
นายทนงศักดิ์	ดีใจ	

จัดพิมพ์โดย: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
เลขที่ ๙๘ หมู่ ๘ ตำบล. ป่าป้อง อำเภอ.ดอยสะเก็ด จังหวัด เชียงใหม่

พิมพ์ที่ โรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
๑๒๘ ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

คำนำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลทั้ง 9 แห่ง มีหน้าที่ในการผลิตกำลังคนในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มุ่งเน้นให้นักศึกษามีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนการสอน ที่เน้นการฝึกปฏิบัติ นักศึกษาและอาจารย์ฝึกการแก้ปัญหา จากการทำงานวิจัยร่วมกัน เน้นให้บัณฑิตสามารถ "คิดเป็น ทำเป็น สื่อสารเป็น และมีคุณธรรม" อันก่อให้เกิดผลงานวิจัย นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์และผลงานวิชาการที่หลากหลาย ยังประโยชน์แก่สังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลจึงร่วมกันจัดประชุมสัมมนาวิชาการขึ้นเป็นครั้งที่ 2 ในหัวข้อเรื่อง "บทบาทของมหาวิทยาลัยต่อการศึกษาที่เน้นการปฏิบัติจริง" โดยเน้นผู้เข้าร่วมการประชุมจากภาคพื้นเอเชีย- แปซิฟิค เพื่อเปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติ ที่มีความรู้ความสามารถและมีคุณภาพสู่สังคม เพื่อให้บัณฑิตนักปฏิบัติดังกล่าวมีส่วนร่วมในการพัฒนาคุณภาพชีวิตและประเทศชาติอย่างยั่งยืนสืบไป

นายชัยยง เอื้อวิริยานุกูล
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

สารบัญ

คำนำ	หน้า
การออกแบบและศึกษาการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องจักรยานยนต์ **ชัยณรงค์ พรหมศรี** สมาน ดาวเวียงกัน ธนากร ตันนรา และ เอกวัฒน์ ทิงาม	1
การศึกษาหาความเหมาะสมสูงสุดของระบบพลศาสตร์โดยวิธีความนิ่มนวลที่สุดเปรียบเทียบกับผลการทดลอง **มนูญ บุญยง** และ ทวิวัชร วีระแกล้ว	12
การประเมินการต้านทานซัลเฟตของคอนกรีต **ประกาศ ทองประไพ** ปิติศานต์ กร้ำมาตร และ สมนึก ตั้งเติมสิริกุล	23
การใช้เถ้าขยะครัวเรือนและกากแคลเซียม Carbide แทนที่บางส่วนในวัตถุดิบ ผลิตปูนซีเมนต์ **ปิติศานต์ กร้ำมาตร** และ สมนึก ตั้งเติมศิริกุล	41
การศึกษาสูญเสียปริมาณแป้งของไม้ไผ่พันธุ์หม่าจู๋ด้วยวิธีการอบ **นที วงค์ขัติย์** นิวัต เรืองโรจน์สิน และ บวรศักดิ์ เพชรานนท์	51
สวิตช์ถ่ายโอนแบบโซลิตสเตต ชาตรี ตันเสถียร สุรศักดิ์ อินทสิทธ์ **โกศล โอฬารไพโรจน์** มนตรี เงาเดชและวรจักร เมืองใจ	55
การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการพ่นสีโดยการออกแบบการทดลองกรณีศึกษาโรงงานพ่นสี **สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์** จักรนรินทร์ ฉัตรทอง ซูไฮดี สนิ วิทยา ศิริคุณ และ จุฬาลักษณ์ โรจนานุกูล	61
เครื่องสร้างแรงดันตกชั่วขณะ จักรพงศ์ บุญยะวงค์ นัฐพงษ์ ปัญโญใหญ่ มนต์ชัย เรือนทราย **โกศล โอฬารไพโรจน์** มนตรี เงาเดช และ วรจักร เมืองใจ	77
การออกแบบและสร้างชุดโต๊ะเคลื่อนที่สามแกนสำหรับงานตัดควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ **ประมูล บัวน้อย** และ เอกลักษณ์ สุมนพันธุ์	85

คอนกรีตผสมเศษกระเบื้องเซรามิคเป็นมวลรวมหยาบ 593
จรูญ เจริญเนตรกุล และ อัมพร หมัดแสละ

การศึกษาอายุการใช้งานเม็ดมีด ความหยาบผิว และอุณหภูมิเม็ดมีดในการกลึงเหล็กหล่อกราไฟต์ก้อนกลมด้วยเม็ดมีดคาร์ไบด์ 602
ศิริชัย ต่อสกุล กิตติชัย หล่อบุญสม และ อนินท์ มีมนต์

การปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาผิวดินของโรงผลิตน้ำประปา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ภาคพายัพ เชียงใหม่ 609
ภัทรา วงษ์พันธ์กมล นริศรา ยุทธแสน พัชรี จันทรเศรษฐเลิศ และ รุจิรา ทะนงกิจ

ออกแบบและสร้างเครื่องแปรรูปวัตถุดิบสับปะรด 617
อนุวัตร ศรีนวล พุทธินันท์ ปาวงค์[2] และ สมสักดิ์ เป็งวัลปลูก

บอร์ดประชาสัมพันธ์แอลอีดีแบบดอทเมทริกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งงานผ่านระบบอินเตอร์เน็ท 623
ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว พูนศรี วรรณการ และ พนา ดุสิตากร

การออกแบบและสร้างกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 200 วัตต์ 640
ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว สมเกียรติ ทองแก้ว และ นิติพันธ์ คุณประเสริฐ

รถบังคับพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 657
ชาญฤทธิ์ ธาราสันติสุข สุริยันต์ สลางสิงห์ และ ศราวุธ ชัยเค่น

ชุดสาธิตควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย eZDSP เบอร์ 320F281 667
ชาญฤทธิ์ ธาราสันติสุข ภานุพันธุ์ วอทอง และจักรพงษ์ ศิโรรัตนาวาทย์

การศึกษาการลดความร้อนของกระจกหน้าต่าง 677
ธนัช ศรีพนม และ อัคครัตน์ พูลกระจ่าง

การดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ 685
ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง และนันทวัน กลิ่นจำปา

การดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์

Adsorption of perfumery smoke using activated carbon

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง[1*] และนันทวัน กลิ่นจำปา[2]

Pathumthip Tonthubthimthong [1*] and Nunta-One Klinjumpa[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ โดยศึกษาผลของเวลาในการอัด ความดันในการอัด และปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการดูดซับควันเครื่องร่ำ โดยนำเครื่องร่ำ 1 g ทำให้เกิดควันโดยเครื่องให้ความร้อนแบบหลุมในตู้กระจก จากนั้นปั๊มควันเครื่องร่ำเข้าไปในถังอัดควันที่มีถ่านกัมมันต์ ในการศึกษาได้ทดลองที่เวลาในการอัด 15, 30, 60, 75 และ 100 min ความดันในการอัด 17, 19, 21, 23 และ 25 psig และปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้ดูดซับ 10, 20, 30, 40 และ 50 g จากการทดลองพบว่า ภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์คือเวลา 75 min ความดัน 25 psig และปริมาณถ่านกัมมันต์ 30 g การดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์มีพฤติกรรมเป็นแบบที่ 1 ซึ่งเป็นการดูดซับแบบโมโนเลเยอร์

คำสำคัญ : การดูดซับ ถ่านกัมมันต์ และควันเครื่องร่ำ

ABSTRACT

The object of this research is study adsorption of perfumery smoke using activated carbon. The effect of time and pressure of adsorption and amount of adsorbent is investigated. Perfumery is smoked by heating mental. Then smoke is pumped to a compress smoke tank which has adsorbent. The experiment conducted time of adsorption at 15, 30, 60, 75 and 100 min, pressure of adsorption at 17, 19, 21, 23 and 25 psig and amount adsorbent are 10, 20, 30, 40 and 50 g. It is found that the optimum condition of adsorption of perfumery smoke using activated carbon at 75 min, pressure is 25 psig and amount activated carbon is 30 g. The type of the adsorption of perfumery smoke using activated carbon is type I, which is monolayer adsorption.

Keywords: Adsorption, Activated carbon and perfumery smoke

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120,

[2]ศูนย์ศิลปวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120

บทนำ

เครื่องร่ำ เป็นส่วนผสมจากสมุนไพรที่ใช้ร่ำหรืออบให้มีกลิ่นหอมซึ่งเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่นำ ส่วนต่างๆ ที่ได้จากพืชมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น กำยาน พิมเสน ผิวมะกรูด เป็นต้น [1] ประโยชน์ของเครื่องร่ำคือการให้กลิ่นหอมกับแป้งร่ำ น้ำอบไทย นอกจากจะให้กลิ่นหอมแล้ว ควันของเครื่องร่ำยังช่วยฆ่าเชื้อโรคในทางเดินหายใจ กระตุ้นการหายใจ สมัยโบราณกรรมวิธีในการอบเครื่องร่ำให้กับแป้งร่ำ น้ำอบไทย จะใช้เวลาในการอบนาน และหลายครั้งจึงจะได้แป้งร่ำ น้ำอบไทย ที่มีกลิ่นหอม จึงทำให้มีการคิดค้นกรรมวิธีในการอบเครื่องร่ำ ให้มีประสิทธิภาพรวดเร็ว และประหยัดเวลาในการอบอีกด้วย ซึ่งวิธี คือ การใช้เครื่องอัดควันโดยการเพิ่มความดันให้แก่ควันเครื่องร่ำ ซึ่งอาจจะช่วยในเรื่องของการดูดซับได้ดียิ่งขึ้น

โดยสามารถนำวิธีดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับกรรมวิธีที่ให้ความหอมกับตัวดูดซับควันที่คล้ายกัน เช่น การอบควันของเทียนอบให้กับขนมไทย ซึ่งขนมไทยบางชนิดต้องการให้ความหอมของเทียนอบมีมาก แต่ขนมไทยก็มีข้อจำกัดคือขนมอาจเกิดการบูดเสียได้ ซึ่งวิธีนี้อาจจะช่วยลดปัญหาเหล่านั้นได้ ทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้ดีขึ้นด้วย งานวิจัยนี้ใช้ตัวดูดซับ คือ ถ่านกัมมันต์

วิธีการดำเนินงานวิจัย

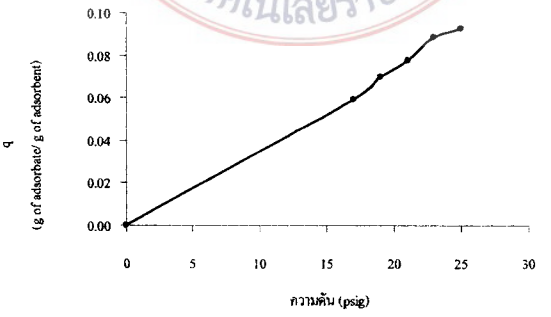
การทดลอง

เครื่องร่ำ

ขั้นตอนการเตรียมเครื่องร่ำ นำผิวทะกรูดแห้ง กำยาน น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลทรายขาว และ พิม เสน บดให้ละเอียด ชั่งผิวมะกรูดแห้ง 1 กรัม กำยาน 3 กรัม น้ำตาลทรายแดง 2 กรัม น้ำตาลทรายขาว 2 กรัม พิมเสน 2 กรัม น้ำมันชะมด 0.0025 กรัม และน้ำมันจันทน์ 0.0025 กรัม หลังจากนั้นผสมส่วนผสมทุกอย่างให้เข้ากัน แล้วนำไปเก็บใส่ภาชนะปิด [2]

การศึกษาการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์

1.ศึกษาผลของเวลาที่ต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ ชั่งถ่านกัมมันต์ 30 กรัม ใส่ลงในตะแกรง และใส่ลงไปในเครื่องอัดความดัน ดังรูปที่ 1 จากนั้นเผาตะคันด้วยเครื่องให้ความร้อนแบบหลุมที่ความร้อนระดับ 5 เป็นเวลา 20 นาที ใส่เครื่องร่ำ 1 กรัม เผาต่ออีก 5 นาที และเปิดปั๊มจนถึงความดันที่ 25 psig จับเวลา ที่ 15, 30, 45, 60 และ 75 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำถ่านกัมมันต์ไปชั่งน้ำหนัก เพื่อหาปริมาณควันเครื่องร่ำที่ถูกดูดซับ



รูปที่ 1. ชุดทดลองการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์

1.ปั๊มสุญญากาศ

2.ภาชนะปิดหรือตู้กระจก

3.เครื่องให้ความร้อนแบบหลุม

4.เครื่องอัดความดัน

5.ตะแกรงใส่ถ่าน

6.ตะคัน (ภาชนะดินเผา)

ศึกษาผลของความดันที่มีต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์

ชั่งถ่านกัมมันต์ 30 กรัม ใส่ลงในตะแกรง และใส่ลงไปในเครื่องอัดความดัน จากนั้นเผาตะคันด้วยเครื่องให้ความร้อนแบบหลุมที่เบอร์ 5 เป็นเวลา 20 นาที ใส่เครื่องร่ำ 1 กรัม เผาต่ออีก 5 นาที และเปิดปั๊มจนถึงความดันที่ 17, 19, 21, 23 และ 25 psig ตามลำดับ ใช้เวลาที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 1. จากนั้นนำถ่านกัมมันต์ไปชั่งน้ำหนัก เพื่อหาปริมาณควันเครื่องร่ำที่ถูกดูดซับ

ศึกษาผลของปริมาณถ่านกัมมันต์ที่มีต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำ

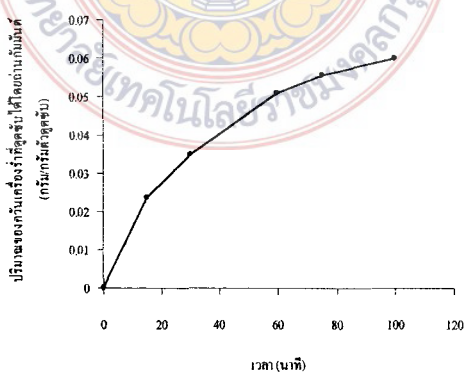
ชั่งถ่านกัมมันต์ 10, 20, 30, 40 และ 50 กรัม ใส่ลงในตะแกรงและใส่ลงไปในเครื่องอัดความดัน จากนั้นเผาตะคันด้วยเครื่องให้ความร้อนแบบหลุมที่เบอร์ 5 เป็นเวลา 20 นาที ใส่เครื่องร่ำ 1 กรัม เผาต่ออีก 5 นาที และเปิดปั๊ม จนถึงความดันและเวลาที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 1. และ 2. จากนั้นนำถ่านกัมมันต์ไปชั่งน้ำหนัก เพื่อหาปริมาณควันเครื่องร่ำที่ถูกดูดซับ

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ ได้แก่ เวลา ความดัน และปริมาณถ่านกัมมันต์

การศึกษาเวลาในการดูดซับควันเครื่องร่ำ

การศึกษาผลของเวลาที่มีต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำ ใช้ถ่านกัมมันต์ 30 กรัม ความดันในการอัด 25 psig และเวลาในการอัด 15, 30, 60, 75 และ 100 นาที ได้ผลดังรูปที่ 2

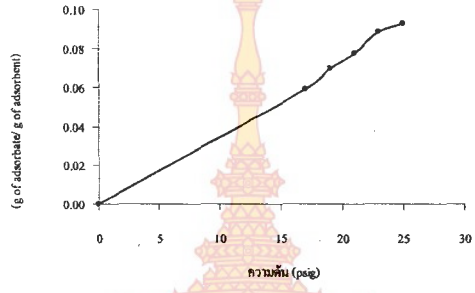


รูปที่ 2. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของควันเครื่องร่ำที่ดูดซับได้ด้วยถ่านกัมมันต์ที่เวลาต่างๆ

จากรูปที่ 2 พบว่าเมื่อเวลาในการอัดเพิ่มขึ้น ปริมาณควันเครื่องร่ำที่ดูดซับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และความชันเริ่มลดลงที่เวลา 75 นาที เนื่องจากแก๊สที่มีความดันค่าหนึ่งมาสัมผัสที่ผิวของแข็งที่บรรจุในภาชนะปิด เมื่อสารทั้งสองสัมผัสกันโมเลกุลของแก๊สจะถูกดูดซับโดยของแข็ง เมื่อผ่านระยะเวลาหนึ่งน้ำหนักของของแข็งที่เพิ่มขึ้นจะอิ่มตัว

การศึกษาผลของความดันที่มีต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำ

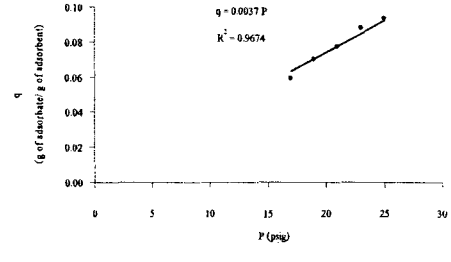
จากการทดลองดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ ใช้ถ่านกัมมันต์ 30 กรัม เวลาในการอัด 75 นาที และความดันในการอัด 17, 19, 21, 23, และ 25 psig ได้ผลดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของควันเครื่องร่ำที่ดูดซับได้ด้วยถ่านกัมมันต์ที่ความดันต่างๆ

จากรูปที่ 3 พบว่าเมื่อความดันในการอัดเพิ่มขึ้น ปริมาณควันเครื่องร่ำที่ดูดซับมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งความดันที่ 25 psig เป็นความดันที่สามารถดูดซับควันเครื่องร่ำได้ดีกว่าที่ความดันอื่น จากงานวิจัยของอรวรรณ ศิริโชติ และคณะ เป็นการศึกษาพฤติกรรมการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บนถ่านกัมมันต์ ที่เตรียมจากชานอ้อย พบว่ามีพฤติกรรมการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแบบสเต็ปไวส์ไอโซเทอม โดยชั้นแรกมีการดูดซับแบบโมโนเลเยอร์ สามารถอธิบายด้วยไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ [3] ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับควันเครื่องร่ำเช่นกัน ดังนั้นการดูดซับควันเครื่องร่ำน่าจะมีแนวโน้มที่เป็นการดูดซับแบบที่ 1 คือเป็นการดูดซับแบบโมโนเลเยอร์ [4]

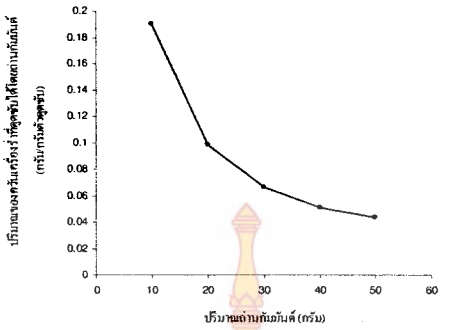
จากรูปที่ 4 สามารถนำค่าความดัน (P) กับ ปริมาณสารถูกดูดซับต่อสารดูดซับ (q) มาพล็อตกราฟเป็นเส้นตรงได้ จากสมการของเฮนรี่ คือ q=kP เพื่อหาค่าคงที่การดูดซับ (k) ซึ่งค่า k เท่ากับความชัน ได้ผลดังรูปที่ 4



รูปที่ 4. ความสัมพันธ์ระหว่าง P กับ q

การศึกษาผลของปริมาณถ่านกัมมันต์ที่มีต่อการดูดซับควันเครื่องร่ำ

จากการทดลองดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ ใช้เวลาในการอัด 75 นาที ความดันในการอัด 25 psig และปริมาณถ่านกัมมันต์ 10, 20, 30, 40, และ 50 กรัม สามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของควันเครื่องร่ำที่ดูดซับได้โดยถ่านกัมมันต์ที่ปริมาณถ่านกัมมันต์ต่างๆ

จากรูปที่ 5 พบว่าเมื่อปริมาณถ่านกัมมันต์เพิ่มมากขึ้น ปริมาณควันเครื่องร่ำที่ดูดซับมีแนวโน้มลดลง ซึ่งปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ 30 กรัม เป็นปริมาณที่สามารถดูดซับควันเครื่องร่ำได้ดีกว่าที่ปริมาณอื่น ซึ่งดูได้จากความชันของกราฟ ถ้าความชันมีค่ามากแสดงว่ามีควันเหลือมาก และถ้าความชันน้อยมีค่าน้อยแสดงว่ายังมีถ่านกัมมันต์ที่ไม่ได้ดูดซับควันเครื่องร่ำเหลืออยู่

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองพบว่าถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับควันเครื่องร่ำในภาวะที่เหมาะสม คือ เวลาในการอัด 75 นาที ที่ความดัน 25 psig และปริมาณถ่านกัมมันต์ 30 กรัม ซึ่งการดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์ที่ความดันต่างๆ มีแนวโน้วที่เป็นการดูดซับแบบที่ 1 คือเป็นการดูดซับแบบโมโนเลเยอร์ โดยค่าคงที่ของการดูดซับมีค่าเท่ากับ 0.0037

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่สนับสนุนทุนวิจัยงบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2551

เอกสารอ้างอิง

[1] "เครื่องร่ำ" ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://graduate.psru.ac.th. (วันที่สืบค้น 25 สิงหาคม 2551)

[2] นันทวัน กลิ่นจำปา. 2545. *เครื่องหอมไทย ภูมิปัญญาไทย.* กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชัน.

[3] อรวรรณ ศิริโชติ และคณะ. 2546. *การดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย.* มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[4] ศิรินันท์ ศรีสกุลพงษ์ และสุธาทิพย์ บุญพันธ์. 2550. การดูดซับความชื้นในแพคคอลัมน์. *โครงงานวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์* มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงงานวิจัย

1. **ชื่อ** นางสาวปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง

   Miss Pathumthip Tonthubthimthong

2. **ตำแหน่งปัจจุบัน** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8

3. **หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail**

   สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

   โทรศัพท์/โทรสาร 0 2287 9734, 0 2287 9600 ต่อ 1210, 1201

   e-mail : pathumthip@rit.ac.th, tpathumthip@hotmail.com, tpathumthip@yahoo.com

4. **ประวัติการศึกษา**

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2545	เอก	วศ.ด. วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต	วิศวกรรมเคมี	วิศวกรรมเคมี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	ไทย
2538	โท	วท.ม. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	เคมีเทคนิค	เคมีเทคนิค	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
2531	ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เคมี	เคมี	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย

5. **สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ**

   การสกัดสารด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด การดูดซับ

6. **ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง**

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

-

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

ลำดับที่	ชื่อโครงการวิจัย	แหล่งทุน	ปีงบประมาณ
1	การพัฒนากระถางต้นไม้จากใยมะพร้าว	เครือข่ายงานวิจัยภาคกลางตอนล่าง	2547
2	การสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา	งบประมาณผลประโยชน์	2548
3	กระถางต้นไม้ชำร่วยจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	งบประมาณผลประโยชน์	2548
4	การผลิตกระถางเพาะชำจากธรรมชาติ	งบประมาณผลประโยชน์	2548
5	กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	งบประมาณแผ่นดิน	2548
6	สกัดสารออกฤทธิ์จากฟ้าทะลายโจรด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด	งบประมาณแผ่นดิน	2549
7	การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณา	งบประมาณแผ่นดิน	2550
8	การพัฒนาการผลิตน้ำอบไทย	งบประมาณแผ่นดิน	2551
9	การพัฒนาวิธีการอบควันเทียน	งบประมาณผลประโยชน์	2551
10	การสกัดน้ำมันจากเมล็ดชะมดต้น (*Hibiscus abelmoschus* Linn.)	งบประมาณแผ่นดิน	2552

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, มาริสา จินะดิษฐ์, สุรัตน์ บุญพึ่งและจิรพล กลิ่นบุญ. “การพัฒนากระถางต้นไม้จากใยมะพร้าว” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเครือข่ายภูมิภาคกลางตอนล่าง ประจำปีงบประมาณ 2547.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง. “การสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มาริสา จินะดิษฐ์ และ วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์. “การผลิตกระถางเพาะชำจากธรรมชาติ” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

สุรัตน์ บุญพึ่ง และปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง. “การสกัดสารออกฤทธิ์ทางยาจากทองพันชั่ง” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มาริสา จินะดิษฐ์, วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์, ไชยยันต์ ไชยยะ และฉันทมณี วังสะจันทานนท์. “กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2548.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, โสริยา ชิโนดม, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มาริสา จินะดิษฐ์, ไชยยันต์ ไชยยะ และฉันทมณี วังสะจันทานนท์. “กระถางต้นไม้ชำร่วยจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

มาริสา จินะดิษฐ์ และปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง. “การผลิตกระถางต้นไม้จากเศษใบไม้” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2549.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง และมาริสา จินะดิษฐ์. “สกัดสารออกฤทธิ์จากฟ้าทะลายโจรด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2549.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, มาริสา จินะดิษฐ์, ไชยยันต์ ไชยยะ และชัชวาลย์ สุขมั่น. “การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณา” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2550.

International Journal

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P. and Luewisuttichat, W., Wittaya Teppaitoon and La-eid Pengsopa. 2004. “Nimbin Extraction from Neem Seeds using Supercritical CO_2 and a Supercritical CO_2 -Methanol Mixture” **Journal of Supercritical fluids**. 30: 287-301. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P. and Luewisuttichat, W. 2001. “Supercritical CO_2 Extraction of Nimbin from Neem Seeds-an Experimental Study” **Journal of Food Engineering.** 47: 289-293. (ผู้วิจัย)

International & Regional Conference

Tonthubthimthong, P., Ajchariyapagorn, A., Douglas, S., Douglas, P. L. and Pongamphai, S. 2005. “Simulation of Nimbin Extraction by Using Aspen Plus” **the 88th Canadian Chemistry Conference and Exhibition.** May 28-June 1. Saskatoon Centennial Convention Centre Saskatoon Saskatchewan Canada. (ผู้ร่วมวิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chinadit, M., Boonpung, S., Supanya, C., Tanuwong, S. and Tanakulrungsank, W. 2005. “Cultivate Flowerpot Production from Agricultural Waste Materials”, **The 3rd EMSES International Symposium Eco-Energy and Material Science and Engineering Symposium**. April 6-9. Lotus Hotel Pang Suan Kaew Chiangmai Thailand. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P., Luewisuttichat, W., Teppaitoon, W. and Pengsopa, L. 2002. "Nimbin Extraction from Neem Seed using Supercritical CO_2 and a Supercritical CO_2 – Methanol Mixture" **International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering**. December 11 – 13. AIT Thailand. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P., Luewisuttichat, W., Teppaitoon W. and Pengsopa, L. 2001. "Effect of Particle Size, Methanol:CO_2 Ratio and Temperature on Nimbin Extraction from Neem Seeds using Supercritical CO_2" **Canadian Society for Chemical Engineering 2001 Conference**. October 17. Halifax Nova Scotia Canada. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S. and Luewisuttichat, W. 1999. "Extraction of Medicinal Substances from Neem Seeds using Supercritical Fluid Extraction-A Preliminary Study" **Ragional Symposium on Chemical Engineering 1999**. November 22-24. B.P. Smilar Beach Hotel Songkla Thailand. (ผู้วิจัย)

Local Conference

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, 2551, "การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณา" **มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลวิชาการ ครั้งที่ 1** "ถ่ายทอดงานวิจัยสู่สังคม เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน", 27–29 สิงหาคม, โรงแรมธรรมรินทร์ ธนา จังหวัดรัง.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, 2550, "เทคนิคการสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา" **การประชุมวิชาการชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 3 "ทรัพยากรไทย : ประโยชน์แท้แก่มหาชน"**, 30 ตุลาคม – 2 พฤศจิกายน 2550, ณ อาคารพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาเกาะและทะเลไทย เขาหมาจอ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี.

เจษฎา มณีพงษ์สวัสดิ์, สุชาวดี วาสิกบุตร, ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง และมาริสา จินะดิษฐ์. 2550. "การสกัดสารออกฤทธิ์ทางยาจากฟ้าทะลายโจรด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยวดยิ่ง" **การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 45 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**. 30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, มาริสา จินะดิษฐ์, สุรัตน์ บุญพึ่ง, วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์, ธิดารัตน์ มานิตย์ และอุษาวดี ไม้คง. 2548. "การผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร" **การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21**. 28–30 มีนาคม. โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่. (ผู้วิจัย)

ชัชวาลย์ สุขมั่น, ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, กฤษณ์ หวังเจริญกุลชัย และ คมเดช งามสมจิตร. 2548. “การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไวน์สะระแหน่” **การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21**. 28–30 มีนาคม. โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่. (ผู้ร่วมวิจัย)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, จุฑาลักษณ์ จีระรัตนกุล และ ประทุมรัตน์ แสนพล. 2547. “การปรับปรุงคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังโดยการดัดแปรแป้งด้วยสารโซเดียมไตโพลีฟอสเฟต” **การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 20**. 11–13 กุมภาพันธ์. โรงแรมอมรินทร์ ลากูน อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ, วิไล ลือวิสุทธิชาติ, วิทยา เทพไพฑูรย์ และละเอียด เพ็งโสภา. 2546. “การสกัดน้ำมันบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและคาร์บอนไดออกไซด์-เมทานอลวิกฤตยิ่งยวด” **การประชุมวิชาการและงานแสดงผลิตภัณฑ์วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29**. 20–22 ตุลาคม. ศูนย์ประชุมเอนกประสงค์กาญจนาภิเษก มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ, วิไล ลือวิสุทธิชาติ, วิทยา เทพไพฑูรย์ และ ละเอียด เพ็งโสภา. 2545. “การสกัดน้ำมันบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด : ผลของขนาดอนุภาค, อัตราส่วนระหว่างเมทานอลต่อคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิ” **การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12**. 8–9 พฤศจิกายน. โรงแรมโซล ทวิน ทาวเวอร์ กรุงเทพฯ. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ และ วิไล ลือวิสุทธิชาติ. 2543. “การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารน้ำมันบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด” **การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10**. 26–28 ตุลาคม. ไบเทค บางนา กรุงเทพฯ. (ผู้วิจัย)

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง และนันทวัน กลิ่นจำปา. “พัฒนาการผลิตน้ำอบไทย” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2551 ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณ 90 %

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, นันทวัน กลิ่นจำปา และไชยยันต์ ไชยยะ.“การพัฒนาวิธีการอบควันเทียน” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2551 ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณ 90 %

ประวัติผู้ร่วมงานวิจัย(1)

1. ชื่อ นางนันทวัน กลิ่นจำปา

Mrs Nantaone Klinjumpa

2. รหัสประจำตัวนักวิจัย 09-65536

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

3.1 ทางด้านวิชาการ อาจารย์ ระดับ 7

3.2 ทางด้านบริหาร หัวหน้าศูนย์วัฒนธรรมราชมงคลกรุงเทพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ โทรศัพท์ 0 2286 3991 – 5 ต่อ 1180

4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

แผนกวิชาคหกรรมศาสตร์ทั่วไป คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

โทรศัพท์ 0 2287 3211 – 25 ต่อ 214 **โทรสาร 0 22873211-25 ต่อ 214**

e-mail : nuntaone@yahoo.com

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2541	โท	M.M. Master of Managemant	การจัดการ	Technology University of Philippines	ฟิลิปปินส์
2520	ตรี	คศ.บ. คหกรรมศาสตร์ศึกษา	คหกรรมศาสตร์ทั่วไป	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล	ไทย

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

การทำเครื่องหอมไทย ภูมิปัญญาไทย

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ : ระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงาน

-

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

-

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และ สถานภาพในการทำวิจัย

ประไพศรี สงวนวงค์ และนันทวัน กลิ่นจำปา, 2543, พฤติกรรมการซื้อสินค้าอุปโภคบริโภคของประชาชนในภาวะเศรษฐกิจถดถอย, ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลประจำปีงบประมาณ 2543, (ผู้ร่วมวิจัย)

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และสถานภาพในการทำวิจัย

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง และนันทวัน กลิ่นจำปา. "พัฒนาการผลิตน้ำอบไทย" (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2551 ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณ 90 %

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, นันทวัน กลิ่นจำปา และไชยยันต์ ไชยยะ."การพัฒนาวิธีการอบควันเทียน" (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2551 ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณ 90 %

ประวัติผู้ร่วมงานวิจัย(2)

1. ชื่อ และ นามสกุล นายไชยยันต์ ไชยยะ

MR. CHAIYAN CHAIYA

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์ ระดับ 6

สาขาที่ทำการวิจัย สาขาวิศวกรรมเคมี

3. สถานที่ติดต่อ

ที่ทำงานปัจจุบัน สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ

รหัสไปรษณีย์ 10120 โทรศัพท์ 0 2286 3991-5 ต่อ 1195, 1210

ที่อยู่ปัจจุบัน 10/26 หมู่ 1 ต.บางกรวย อ.บางกรวย จ.นนทบุรี รหัสไปรษณีย์ 11130 E-mail address cchaiya@gmail.com

4. ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	อักษรย่อปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาเอก	Ph.D.	Environmental Technology	Joint Graduate school of Energy and Environment (JGSEE)	2547	ไทย
ปริญญาโท	วศ.ม.	วิศวกรรมเคมี	ม. เทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี	2543	ไทย
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเคมี	ม. ศรีนครินทรวิโรฒ	2540	ไทย

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ Adsorption, Material science and Environmental technology

6. ทุนวิจัย

2542 ทุนวิจัยจากศูนย์ความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีอนุภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2543-2546 ทุนจากวิทยาลัยบัณฑิตร่วมทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม

2548 ทุนวิจัยจากเงินผลประโยชน์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ในหัวข้องานวิจัย
1 การผลิตถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟโดยใช้ฟลูอิไดเซชันไอน้ำ
2 การสังเคราะห์เส้นใยซิลิกาด้วยวิธีโซล-เจลโดยใช้เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง

2549 ทุนวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ในหัวข้องานวิจัยการแยกโลหะหนักออกจากสารละลายด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยใช้หอดูดซับแบบชั้นตรึง

ทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่ จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ในหัวข้อ การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยานิเกิลออกไซด์แบบเส้นใยด้วยวิธีโซลเจลโดยใช้เทคนิคอิเลคโตรสปินนิง

7. ผลงานทางวิชาการพิมพ์เผยแพร่ บทความทางวิชาการ (ระบุชื่อเรื่อง แหล่งที่พิมพ์ ปีที่พิมพ์)

Boonamnuayvitaya V., Chaiya C. and Jarudilokkul S., Removal of heavy metals by adsorbent prepared from pyrolyzed cofee residues and clay, Separation and Purification Technology, 35, 11-22.

Boonamnuayvitaya V., Chaiya C. and Tanthapanichakoon W., The preparation and characterization of activated carbon from coffee residue, Journal of Chemical Engineering of Japan, 37, 1504-1512.

8. การประชุมวิชาการ

The Adsorption of Heavy Metal Ions with Adsorbent Comprised of Coffee Residue, Proceedings of the 1st Asian Particle Technology Symposium, Bangkok, Thailand, 66.

Adsorption of Toluene Vapor under Humid Condition by Activated Carbon Produced from Coffee Residue, Proceedings of the 2nd Regional Conference on Energy Technology Towards a Clean Environment, Phuket, Thailand, 2 : 1079-1085.

Adsorption of Toluene Vapor under Humid Condition by Activated Carbon produced from Coffee Residue, proceedings of the Regional Conference on Advances in Petrochemicals and Polymers in the New Millennium, 22-25 July 2003, Le royal meridian hotel, Bangkok.

Production and Characterization of Activated Carbon from Coffee Bean Residuals, Proceedings of the Materials Development and Particle Technology (MaDPart2003), The Center of the Excellence in Particle Technology, 14 Oct 2003, Mandarin hotel, Bangkok.

Preparation of Activated Carbon from Coffee Residue : Characterization and Toluene Vapor Adsorption under Humidity, Proceedings of the 2nd Asian Particle Technology Symposium, Department of Chemical & Process Engineering, Universiti Kebangsaan, 16-19 Dec 2003, Penang, Malaysia.

Production and Characterization of Activated Carbon from Coffee Bean Residuals, Proceedings of the Materials Development and Particle Technology (MaDPart2003), The Center of the Excellence in Particle Technology, Mandarin hotel, Bangkok, Thailand, 2004

Synthesis of Silica Fiber with Sol-Gel Method by Electro-Spinning Technique, Proceedings of the 55th Canadian Chemical Engineering Conference, Metro Toronto Convention Centre, Ontario, Canada, 2005

ไชยยันต์ ไชยยะ และ วิโรจน์ บุญอำนวยวิทยา, การผลิตถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟเพื่อใช้ในการดูดซับสารโมเลกุลขนาดใหญ่, 2546, การประชุมวิชาการและงานแสดงผลิตภัณฑ์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29, 20-22 ตุลาคม 2546, ศูนย์ประชุมเอนกประสงค์กาญจนาภิเษก, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, จังหวัดขอนแก่น

ไชยยันต์ ไชยยะ ทวีวรรณ์ เกษอินทร์ และอลิษา ใจเอื้อ, การสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟโดยใช้ซิงค์คลอไรด์, 2548, การประชุมสัมมนาทางวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลครั้งที่ 21, 28-30 มีนาคม 2548, โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ, จังหวัดเชียงใหม่