



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาแผ่นดูดซับสารระเหยที่ขึ้นรูปด้วยถ่านไม้และเยื่อกระดาษ

Development of Volatile Compound Absorption Sheets Forming by Wood Charcoal and Pulp

นามผู้วิจัย นางสาวรัตนภรณ์ เอกนุช

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแผ่นดูดซับสารระเหยที่ขึ้นรูปด้วยถ่านไม้และเยื่อกระดาษ

Development of Volatile Compound Absorption Sheets Forming by Wood Charcoal and Pulp

โดย

นางสาวรัตนภรณ์ เอกนุช

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รศ.ดร.เอกนุช 2554: การพัฒนาแผ่นดูดซับสารระเหยที่ขึ้นรูปด้วยถ่านไม้และเยื่อ
กระดาษ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)
สาขาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์กรฤกษ์ มหัจฉริยวงศ์, Ph.D.
95 หน้า

ถ่านไม้เป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่มีความสามารถในการดูดซับกลิ่นและความชื้นได้ดี แต่การนำมาใช้งานด้านการดูดซับสารพิษยังมีการใช้งานกันในวงจำกัด วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาแผ่นดูดซับที่ผลิตจากผงถ่านไม้ร่วมกับเยื่อกระดาษที่สามารถใช้งานได้สะดวกและหลากหลาย และศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับ สารระเหยที่เกิดขึ้นภายในอาคารที่อยู่อาศัย ด้วยการผสมผสานระหว่างผงถ่านไม้ 3 ชนิด ได้แก่ โกงกาง ใผ่ และยูคาลิปตัส และเยื่อกระดาษ 2 ชนิด ได้แก่ เยื่อขาวของปอสาและเยื่อสีของยูคาลิปตัส เมื่อคัดแยกขนาดของผงถ่านออกเป็น ขนาดเล็กกว่า 53 ไมโครเมตร และระหว่าง 53 - 300 ไมโครเมตร และทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับสารระเหยพบว่า ผงถ่านไม้ โกงกางและใผ่มีการดูดซับแก๊สแอมโมเนียและฟอร์มัลดีไฮด์ได้ดีกว่าผงถ่านไม้ยูคาลิปตัส ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แสดงให้เห็นลักษณะพื้นผิวของผงถ่านไม้ โกงกางและใผ่ที่มีความคล้ายคลึงกันคือ เป็นรูพรุนที่เปิดกว้าง ส่วนรูพรุนของถ่านไม้ยูคาลิปตัสมีลักษณะที่เล็กและยาว ประสิทธิภาพในการดูดซับของเยื่อปอสาและยูคาลิปตัส ต่อแก๊สแอมโมเนียคิดเป็นร้อยละ 48.00 และ 44.00 และแก๊สฟอร์มัลดีไฮด์เป็นร้อยละ 33.33 และ 16.67 ตามลำดับ ผลการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับ แผ่นดูดซับสามารถดูดซับแก๊สแอมโมเนียและฟอร์มัลดีไฮด์ พบว่าแผ่นดูดซับที่ผลิตขึ้นในห้องปฏิบัติการมีความสามารถในการดูดซับคิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดสารระเหยได้ร้อยละ 99.33 และ 88.00 เปรียบเทียบกับแผ่นดูดซับที่ผลิตขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมพบว่าดูดซับได้ร้อยละ 98.80 และ 83.33 ตามลำดับ สำหรับสารอินทรีย์ระเหยรวมจากสีน้ำอะคริลิกดูดซับได้ร้อยละ 97.79 แผ่นดูดซับที่มีความสามารถในการดูดซับสูงสุดคือ ชนิดที่ขึ้นรูปจากผงถ่านขนาดน้อยกว่า 53 ไมโครเมตรและเยื่อยูคาลิปตัสที่มีความหนา 90 แกรม มีปริมาณความสามารถในการดูดซับแก๊สแอมโมเนียและฟอร์มัลดีไฮด์ได้ 180.00 และ 63.33 มิลลิกรัมต่อกรัมกระดาษตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการแปรรูปกระดาษดูดซับเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความสามารถในการดูดซับสารระเหยซึ่งอาจเป็นอันตรายและก่อความรำคาญเป็นมลพิษทางอากาศภายในอาคาร

Ruttanaporn Eaknooch 2011: Development of Volatile Compound Absorption Sheets Forming by Wood Charcoal and Pulp. Master of Science (Environmental Technology and Management), Major Field: Environmental Technology and Management, Department of Environmental Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Jukkrit Mahujchariyawong, Ph.D. 95 pages.

Wood charcoal is a good material for odor and moisture adsorption, but application of charcoal as adsorbent for toxic substrate is still limited. This research aims to develop adsorbent sheet which made from powdered charcoal and pulp for various and easy implementations. Adsorption efficiency of indoor volatile compound was also investigated with combination of three types of powdered charcoal; mangrove, bamboo and eucalyptus and two types of pulp; mulberry pulp long fiber and eucalyptus pulp short fiber. Powdered charcoal was classified into two sizes, smaller than 53 micron and 53-300 micron, and used for adsorption efficiency investigation. The result showed that adsorption efficiency of mangrove and bamboo charcoal for ammonia and formaldehyde gas removals were higher than eucalyptus charcoal. Mangrove and bamboo charcoal have similar surface characteristics by SEM images as open pore, while eucalyptus charcoal has small and long pore. The adsorption efficiencies of mulberry and eucalyptus pulp for ammonia removal were 48.00 and 33.33%, formaldehyde removal were 44.00 and 16.67%, respectively. In the case of lab-scale adsorbent sheet, adsorption efficiencies of ammonia and formaldehyde removals were 99.33 and 88.00 % and efficiency of factory-scale adsorbent sheet showed 98.80 and 83.33%. Moreover, total volatile organic compounds from acrylic emulsion paint could be adsorbed 97.79 % by adsorbent sheet. The best adsorbent sheet formed by charcoal size less than 53 micron and eucalyptus pulp, thickness of 90 grams, had adsorption capacity of ammonia and formaldehyde gas at 180.00 and 63.33 mg/g, respectively. This study showed the potential of modified adsorbent sheet for new product development that have ability to remove volatile compound, which harmful and annoying indoor air pollution.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากหลายฝ่าย ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา ถ่ายทอดความรู้ต่างๆ ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงาน แนะนำแนวทางการแก้ไขปัญหา ให้ข้อคิดเห็น อบรมสั่งสอน ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ตุลวิทย์ สถาปนจารุ ประธานการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงศักดิ์ ขจรผดุงกิตติ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่กรุณาสละเวลาช่วยเหลือในการให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านของภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ถ่ายทอดวิชาความรู้ต่างๆ ให้ความช่วยเหลือและอบรมสั่งสอนตลอดมา

ขอขอบพระคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (ฝ่ายอุตสาหกรรม) ภายใต้โครงการ “โครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. (TRF-MRG, Master Research Grants)” ปีการศึกษา 2552 ซึ่งได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย เพื่อให้โอกาสในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้อย่างเต็มที่ และขอขอบพระคุณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนการให้ทุนโครงการ ส่งเสริมการวิจัยร่วมแบบทวิภาคี (Bilateral Research Cooperation, BRC) ปี 2552 เพื่อเปิดโอกาสให้ได้ไปทำงานวิจัยเพิ่มเติมที่ประเทศเกาหลีใต้ (เป็นเวลานาน 10 เดือน)

ขอขอบพระคุณ โรงงานสยามพรหมประทาน จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการอนุญาตให้เข้าไปทำการศึกษาวิจัยภายในโรงงาน ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลืออย่างดีพร้อมทั้งให้กำลังใจอย่างเสมอมาและสุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดาและทุกคนในครอบครัวที่คอยสนับสนุน ทุกๆด้าน ให้ความรักและเป็นกำลังใจที่สำคัญที่สุด จนสามารถทำทุกสิ่งอย่างได้ตามที่มุ่งหวัง รวมทั้งการวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

รัตนภรณ์ เอกนุช

พฤษภาคม 2554

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	19
อุปกรณ์	19
วิธีการ	20
ผลและวิจารณ์	33
สรุปและข้อเสนอแนะ	54
สรุป	54
ข้อเสนอแนะ	56
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	57
ภาคผนวก	63
ภาคผนวก ก ผลการวิเคราะห์ BET surface area	64
ภาคผนวก ข วิธีการใช้งาน Piston Hand Pump รุ่น LP-1200 ของ RAE System	76
ภาคผนวก ค ข้อมูลและการอ่านค่า Gas Detection Tube	79
ภาคผนวก ง Tenax-TA Tube	83
ภาคผนวก จ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนด้านคูคก่ลินตามประกาศสำนักงาน มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	85
ภาคผนวก ฉ ลักษณะรูปพรุนและค่าจำกัดความ	90
ภาคผนวก ช การหาค่าการดูดซับ ไอ โอดีน	92
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	95

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ดัชนีทางกายภาพและทางเคมีของถ่านไม้ไผ่	13
2	คุณลักษณะของสีที่นำมาใช้ในการทดลอง	16
3	สถานะการผลิตและรหัสของแผ่นดูดซับ	22
4	สถานะการวิเคราะห์โดยวิธี TE	30
5	สถานะการวิเคราะห์ TVOC ด้วย TDS-GC/MS	31
6	ขนาดรูพรุนของถ่านทั้ง 3 ชนิด	35
7	คำจำกัดความของ Porous solids	36
8	ค่าพื้นที่ผิวเฉพาะที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธี Brunauer-Emmett-Teller (BET)	38
9	ค่าการดูดซับไอโอดีนและอุณหภูมิในการเผาถ่าน	39
10	คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของถ่านกัมมันต์ชนิดผง	40
11	รายการสารอินทรีย์ระเหยรวมและปริมาณที่แผ่นดูดซับชนิด ME60 สามารถดูดซับได้	48
12	รายการสารอินทรีย์ระเหยรวมและปริมาณที่แผ่นดูดซับชนิด ME90 สามารถดูดซับได้	49
13	รายการสารอินทรีย์ระเหยรวมและปริมาณที่แผ่นดูดซับชนิด BE60 สามารถดูดซับได้	50
14	รายการสารอินทรีย์ระเหยรวมและปริมาณที่แผ่นดูดซับชนิด BE90 สามารถดูดซับได้	51
15	กลุ่มสารอินทรีย์ระเหยที่แผ่นดูดซับสามารถดูดซับไว้ได้	52
ตารางผนวกที่		
ฉ1	คำจำกัดความของประเภทรูพรุน	91

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผ่นดูดซับที่ผลิตได้จากห้องปฏิบัติการ	23
2	แผ่นดูดซับที่ผลิตได้จากโรงงาน	24
3	ลักษณะภายนอกของ Piston hands pump	25
4	ลักษณะภายในของ Piston hands pump	26
5	Gas Detector Tubes ที่ใช้ในการทดลอง	26
6	ส่วนประกอบต่างๆที่แสดงบน Gas Detector Tubes	27
7	ส่วนประกอบต่างๆของเครื่อง Thermal Extractor	27
8	ชุดตรวจวัดประสิทธิภาพการดูดซับประกอบด้วย 1. สารละลายบรรจุใน flask 2. ถังเก็บตัวอย่างอากาศ 3. บีมเก็บอากาศ 4. หลอดแก้วบรรจุตัวดูดซับ 5. Detection tube และ 6. Piston Hand pump	28
9	เครื่อง Thermal Extractor ที่ใช้ในการทดลอง	29
10	เครื่อง TDS-GC/MS ที่ใช้ในการทดลอง	32
11	ลักษณะพื้นผิวภายนอกของ ถ่านไม้โกงกาง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 600 เท่า	34
12	ลักษณะพื้นผิวภายนอกของ ถ่านไม้ไผ่ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 600 เท่า	34
13	ลักษณะพื้นผิวภายนอกของ ถ่านไม้ยูคาลิปตัส ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 600 เท่า	35
14	ประสิทธิภาพการดูดซับแก๊สแอมโมเนียของผงถ่าน	41
15	ประสิทธิภาพการดูดซับแก๊สฟอร์มัลดีไฮด์ของผงถ่าน	41
16	การจำลองการบรรจุโมเลกุลทรงกลมลงในช่องแคบของรูพรุนทรงกระบอก	43
17	ประสิทธิภาพการดูดซับแก๊สแอมโมเนียของแผ่นดูดซับที่ผลิตจากห้องปฏิบัติการเทียบกับเยื่อกระดาษเปล่า	45

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
18	ประสิทธิภาพการดูดซับแก๊สฟอร์มัลดีไฮด์ของแผ่นดูดซับที่ผลิตจากห้องปฏิบัติการเทียบกับเชื้อกระดาษเปล่า	45
19	ประสิทธิภาพการดูดซับแก๊สแอมโมเนียและฟอร์มัลดีไฮด์ของแผ่นดูดซับที่ผลิตจากโรงงาน	46
20	ประสิทธิภาพการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยของแผ่นดูดซับ	47
21	ความสามารถในการดูดซับของแผ่นดูดซับชนิด ME90	53
ภาพผนวกที่		
ฉ1	ภาพตัดขวางของรูพรุนสมมติแสดงประเภทต่างๆของรูพรุน closed (C), blind (B), through (T), interconnected (I), together with some roughness (R)	91

การพัฒนาแผ่นดูดซับสารระเหยที่ขึ้นรูปด้วยถ่านไม้และเยื่อกระดาษ

Development of Volatile Compound Absorption Sheets Forming by Wood Charcoal and Pulp

คำนำ

แหล่งกำเนิดมลพิษภายในอาคารที่ปลดปล่อยแก๊สหรืออนุภาคออกสู่อากาศเป็นสาเหตุหลักของปัญหาด้านคุณภาพอากาศภายในอาคาร ที่อุณหภูมิและความชื้นสูงๆ สามารถเพิ่มความเข้มข้นของสารมลพิษภายในอาคารได้ (United States Environmental Protection Agency, 2010) ปัญหามลพิษทางอากาศภายในอาคารที่เป็นพิษและก่อให้เกิดความรำคาญคือ กลิ่นของสารต่างๆ เช่น กลุ่มสารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds) ที่สามารถฟุ้งกระจายเป็นไอได้ง่ายในอุณหภูมิปกติ ทำให้สารเหล่านี้ค่อยๆ ปลดปล่อยสารมลพิษออกมาและเป็นการยากที่จะหลีกเลี่ยง

ภายในอาคารหรือที่อยู่อาศัยประกอบด้วยห้องต่างๆซึ่งแบ่งออกตามลักษณะการใช้งานและการตกแต่งที่แตกต่างกันจึงทำให้เกิดเป็นแหล่งที่มาของสารมลพิษที่ต่างกันไปด้วย หนึ่งในนั้นคือ ใช้น้ำ เป็นแหล่งกำเนิดหนึ่งของกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ โดยมีสาเหตุมาจากกลิ่นฉุนของแก๊สแอมโมเนีย จากข้อมูลของ Wisconsin Department of Health Services (2010) กล่าวไว้ว่า แอมโมเนียใช้เป็นสารทำความสะอาดครัวเรือน มนุษย์และสัตว์สามารถปลดปล่อยแอมโมเนียในรูปของปัสสาวะ แอมโมเนียที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 1 ส่วนในล้านส่วน (ppm) จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพ แต่ความเข้มข้นมากกว่า 1 ppm อาจทำให้เกิดการระคายเคืองของตา จมูกและลำคอ คนส่วนใหญ่จะสามารถเริ่มต้นรับกลิ่นแอมโมเนียได้เมื่อมีความเข้มข้นอย่างน้อยที่สุด 1 ppm ในระดับความเข้มข้นที่มากกว่า 25 ppm อาจทำให้เกิดอาการปวดหัว คลื่นไส้และการเผาไหม้ที่รุนแรงของดวงตา จมูก ลำคอและผิวหนัง หากได้กลิ่นของแอมโมเนียอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพโดยเฉพาะในผู้สูงอายุ เด็ก และผู้ที่มีโรคปอด เช่น โรคหอบหืด จะมีความไวต่อแอมโมเนียดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการรับสัมผัส

วัสดุจำพวกไม้อัดหรือผลิตภัณฑ์จากไม้อัด เช่น แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboard) เป็นแหล่งกำเนิดหลักของกลิ่นฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) เนื่องจากมีส่วนผสมของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้ในขั้นตอนการผลิตไม้อัด (Utah State University, 2002) ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวกลางในการสังเคราะห์สารเคมีอื่น ๆ สามารถสัมผัสได้จาก

การหายใจเอาอากาศที่มีการปนเปื้อนนั่นเข้าไป การสูดดมในระยะสั้นและระยะยาวสามารถทำให้เกิดอาการทางระบบหายใจ ระคายเคืองตา จมูกและลำคอ มีรายงานการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฟอร์มาลดีไฮด์กับมะเร็งปอดและมะเร็งโพรงจมูก สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency) จึงพิจารณาให้ฟอร์มาลดีไฮด์อาจเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (United States Environmental Protection Agency, 2002)

นอกจากฟอร์มาลดีไฮด์ที่เป็นสารสำคัญสารหนึ่งในกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยแล้วยังพบว่ามีปัจจัยอื่น ๆ ที่เป็นสาเหตุของกลิ่นภายในอาคาร เช่น ตัวทำละลายที่ใช้เป็นส่วนผสมในสีหรือสารเคลือบเงา เช่น โทลูอีน ไซลีนและเอทิลเบนซีน หรือวัสดุและเฟอร์นิเจอร์ต่างๆที่ตกแต่งภายในอาคาร เช่น พรม วอลล์เปเปอร์หรือฉนวน สามารถปลดปล่อยกลิ่นต่างๆออกมาในรูปของสารอินทรีย์ระเหยรวม (Total Volatile Organic Compounds, TVOC) ความเข้มข้นที่น้อยกว่า 0.20 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรจะไม่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์ แต่ที่ความเข้มข้นมากขึ้นจนสูงกว่า 25 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรสามารถทำให้เกิดอาการระคายเคืองจนถึงขั้นเป็นอันตรายได้ (Aerias AQS IAQ Resource Center, 2010) สภาพแวดล้อมต่างๆภายในอาคารหรือที่อยู่อาศัยจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายในตัวอาคาร (Indoor Air Pollution) และมีความสัมพันธ์กับการก่อให้เกิดโรคภัยจากการอยู่ในอาคาร (Sick Building Syndrome) ที่มีสาเหตุมาจากมลภาวะของอากาศภายในตัวอาคาร สารเคมีที่ฟุ้งกระจายภายในตัวอาคาร เช่น กาว น้ำยาทำความสะอาด ยาฆ่าแมลง ควันบุหรี่ภายในตัวอาคาร เป็นต้นและสารชีวภาพ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส รา ละอองเกสรหมักปนเปื้อนในแหล่งที่อับชื้น เช่น ฝ้าเพดาน พรมในอาคาร เป็นต้น (วิทยาลัยแพทยศาสตร์กรุงเทพมหานครและวชิรพยาบาล, 2550)

ดังนั้นการลดหรือกำจัดกลิ่นที่เกิดภายในที่อยู่อาศัยจำเป็นต้องมีตัวดูดซับที่ดีเพื่อลดการสะสมในร่างกายมนุษย์ ทำให้ในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์กำจัดกลิ่นหลากหลายรูปร่างจำหน่ายในท้องตลาด เช่น เจลหรือแผ่นดูดซับกลิ่น เป็นต้น แต่ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ส่วนใหญ่ถูกนำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่น โดยมีวัตถุดิบหลักที่ใช้คือ ถ่านไม้ไผ่ โดยการนำมาดัดแปลงรูปแบบให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความสวยงามและสะดวกต่อการใช้งาน หากพิจารณาจากวัตถุดิบหลักที่นำมาทำผลิตภัณฑ์ดูดซับกลิ่นแล้วจะพบว่าในประเทศไทยก็มีวัตถุดิบจำพวกถ่านไม้จำนวนมากเช่นกันไม่ว่าจะเป็นถ่านไม้ไผ่ ไม้ และยูคาลิปตัส นอกจากนี้ยังมีกลุ่มผลิตภัณฑ์จากเชื้อกระดาษเช่น กลุ่มหัตถกรรมกระดาษสาและเชื้อกระดาษยูคาลิปตัสจากอุตสาหกรรมกระดาษ ด้วยปริมาณของวัตถุดิบที่มีมากเพียงพอและจากปัญหาการเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ภายในอาคารตามที่ได้กล่าวมาแล้วตามข้างต้นนั้น

ทำให้เกิดแนวคิดในการผลิตแผ่นดูดซับกลิ่นที่ขึ้นรูปจากผงถ่านไม้และเชื้อกระดาษเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ภายในอาคารหรือที่อยู่อาศัย

ในงานวิจัยนี้จึงนำผงถ่านไม้ทั้งสามชนิดได้แก่ถ่านไม้โกงกาง ไม้ไผ่และยูคาลิปตัสมาขึ้นรูปร่วมกับเชื้อปอสาและเชื้อยูคาลิปตัสแล้วทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับกลิ่นโดยใช้แอมโมเนีย ฟอรั่มัลดีไฮด์และสารอินทรีย์ระเหยรวมจากสีทาบ้านเพื่อเป็นตัวแทนของกลิ่นที่เกิดขึ้นภายในอาคาร



วัตถุประสงค์

1. พัฒนาแผ่นดูดซับที่ได้จากการนำผงถ่านและเชื้อกระดาษมาขึ้นรูปรวมกันเพื่อให้มีความสามารถในการดูดซับกลิ่น ไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นภายในอาคาร
2. ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับกลิ่นแอมโมเนีย ฟอรั่มัลดีไฮด์และสารอินทรีย์ระเหยจากสีทาภายในของแผ่นดูดซับที่ผลิตได้
3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับของแผ่นดูดซับที่ผลิตได้จากผงถ่านและเชื้อกระดาษ

การตรวจเอกสาร

1. การดูดซับ

การดูดซับเป็นกระบวนการที่นิยมอย่างแพร่หลายทั่วไปในการใช้แยกสาร ตัวดูดซับที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีหลายชนิด เช่นถ่านกัมมันต์ ซีโอไลต์ และซิลิกา ตัวดูดซับแต่ละชนิดจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป สำหรับถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับที่มีราคาไม่สูงนัก แต่มีพื้นที่ผิวในการดูดซับสูง ดังนั้นจึงมีการนำถ่านกัมมันต์มาใช้ในการดูดซับ ในปัจจุบันมีความต้องการใช้ถ่านกัมมันต์สูงมาก การใช้ถ่านกัมมันต์อย่างเหมาะสมเพื่อให้ดูดซับได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญ การดูดซับคือการถ่ายโอนมวลของสารที่เป็นตัวถูกดูดซับ (adsorbate) จากกลุ่มแก๊สหรือของเหลวไปยังพื้นผิวของตัวดูดซับ (adsorbent) ซึ่งเป็นของแข็ง (อังคณา, 2548) ตามหลักโดยทั่วไปของสสารจะมีสมบัติพื้นฐาน คือการดึงดูดกันระหว่างโมเลกุล สนามแรงดึงดูดอย่างอ่อนของพื้นผิวตัวดูดซับจะมีผลต่อโมเลกุลที่อยู่ใกล้ๆ กับพื้นผิวของตัวดูดซับเท่านั้น และแรงดึงดูดระหว่างพื้นผิวตัวดูดซับกับ โมเลกุลของแก๊สหรือของเหลวที่อยู่ใกล้พื้นผิวจะมีค่ามากกว่าแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของแก๊สหรือของเหลวด้วยกันเอง โดยแรงดึงดูดระหว่างพื้นผิวตัวดูดซับกับ โมเลกุลของแก๊สหรือของเหลวจะทำให้โมเลกุลของแก๊สหรือของเหลวที่จะเป็นตัวถูกดูดซับเคลื่อนที่ไปชนกับพื้นผิวของตัวดูดซับและโมเลกุลของตัวถูกดูดซับจะคายพลังงานออกมาเท่ากับพลังงานการดูดซับ (adsorption energy) และเกาะติดกับพื้นผิวของตัวดูดซับ หากโมเลกุลที่ชนกับพื้นผิวตัวดูดซับคายพลังงานออกมาน้อยเกินไปก็จะไม่เกิดการดูดซับ ปัจจัยสำคัญของการเลือกดูดซับของตัวดูดซับมีหลายปัจจัย เช่น ขนาดรูพรุนและความมีขั้วของตัวดูดซับ เป็นต้น การที่ตัวดูดซับเลือกดูดซับสารแต่ละชนิดแตกต่างกัน จึงทำให้สามารถใช้วิธีการดูดซับในการแยกสารที่มีค่าการเลือกดูดซับต่างกัน ได้การดูดซับแก๊สหรือของเหลวสามารถประยุกต์ใช้ได้หลายอุตสาหกรรม เช่น การแยกอากาศ แก๊สธรรมชาติ อุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมีออกจากสารเจือปน

การดูดซับสามารถแยกตามลักษณะของแรงในการดูดซับได้เป็น 2 แบบคือ การดูดซับแบบเคมีและการดูดซับแบบกายภาพ ในการการดูดซับนั้นจะเป็นการดูดซับแบบใดขึ้น อยู่กับลักษณะของแรงระหว่างพื้นผิวตัวดูดซับกับ โมเลกุลที่ถูกดูดซับ การดูดซับแบบกายภาพจะเป็นแรงแบบอ่อนแรงหลักของการดูดซับแบบนี้คือแรงแวนเดอร์วาล (การเหนี่ยวนำระหว่างขั้วต่อขั้ว)นอกจากนั้นอาจมีแรงจากไฟฟ้าสถิตย์ด้วย ซึ่งความแข็งแรงของพันธะจะขึ้นกับลักษณะพื้นผิวของตัวดูดซับ ส่วนการดูดซับแบบเคมี หลักสำคัญคือ การถ่ายโอนอิเล็กตรอนซึ่งเป็นการสร้างพันธะเคมีระหว่างสารที่ถูก

ดูดซับกับพื้นผิวตัวดูดซับ การดูดซับแบบเคมีความแข็งแรงของพันธะจะสูงกว่าการดูดซับแบบกายภาพ แต่การดูดซับแบบเคมีจะเกิดขึ้นกับ โมเลกุลที่อยู่ติดกับพื้นผิวตัวดูดซับ เท่านั้น (อังกฤษ, 2548)

โดยมากการดูดซับเพื่อแยกสารและการทำให้สารมีความบริสุทธิ์สูงขึ้นมักจะใช้การดูดซับแบบกายภาพ ส่วนการดูดซับแบบเคมีจะใช้ในการแยกสารปนเปื้อนโดยสารนั้นมีการเลือกดูดซับสูง ข้อจำกัดคือสามารถดูดซับได้เพียงชั้นเดียวและเมื่อดูดซับแล้วจะนำกลับมาใช้อีกได้ยาก เพราะพันธะระหว่างสารที่ถูกดูดซับกับพื้นผิวตัวดูดซับมีความแข็งแรงมาก การแยกสารที่ถูกดูดซับออกจากพื้นผิวตัวดูดซับจึงเป็นไปได้ยาก ดังนั้นตัวดูดซับที่ผ่านการดูดซับแบบเคมีจึงไม่นิยมนำกลับมาใช้อีก ส่วนการดูดซับแบบกายภาพสามารถดูดซับได้มากกว่าเพราะสามารถดูดซับได้หลายชั้นการดูดซับจึงสามารถประยุกต์ใช้ในการเก็บแก๊สได้ (พีระ, 2548) การดูดซับในรูพรุนขนาดเล็ก แรงระหว่างพื้นผิวตัวดูดซับกับ โมเลกุลที่ถูกดูดซับจะต่างจากการดูดซับบนพื้นราบเพราะทิศทางของแรงดูดซับบนพื้นราบจะมีเพียงทิศเดียว ดังนั้นการพิจารณาการดูดซับในรูพรุนจึงมุ่งความสนใจไปที่ลักษณะของรูพรุน การเลือกดูดซับของการดูดซับแบบกายภาพจะขึ้นกับสมดุลหรือจลศาสตร์และขึ้นกับตัวดูดซับ ลักษณะพื้นผิวตัวดูดซับมีความสำคัญมากเพราะหากขนาดและลักษณะของพื้นผิวต่างกันเพียงนิดเดียวอาจทำให้ปริมาณการดูดซับต่างกันอย่างมาก เพราะฉะนั้นข้อสำคัญคือ รูพรุนจะต้องมีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่โมเลกุลยังคงแพร่ได้ดี ซึ่งจะทำได้ในปริมาณที่มาก ส่วน โมเลกุลที่มีขนาดโตกว่าขนาดของรูพรุนจะดูดซับได้น้อยเนื่องจากโมเลกุลไม่สามารถแพร่เข้าไปเพื่อถูกดูดซับบนพื้นผิวภายใน ข้อสำคัญของการเลือกดูดซับก็คือขนาดของรูพรุนที่มีขนาดเล็กและเหมาะสมสำหรับการดูดซับสารนั้นๆ สำหรับถ่านกัมมันต์จะทำเช่นนั้นได้โดยการควบคุมการผลิตถ่านกัมมันต์ในขั้นตอนการกระตุ้นพื้นผิวซึ่งจะทำให้ได้ขนาดรูพรุนตามต้องการ (อังกฤษ, 2548)

2. ตัวดูดซับ

ตัวดูดซับที่ใช้โดยทั่วไปแยกตามลักษณะโครงสร้างได้ 2 แบบ คือแบบอสัณฐานกับแบบผลึก หากแยกตามขนาดของรูพรุนจะแยกได้ 3 แบบ คือ แบบรูพรุนขนาดไมโคร แบบรูพรุนขนาดเมโซ และแบบรูพรุนขนาดแมโคร (พีระ, 2548) หากแบ่งตามลักษณะของพื้นผิวจะแยกได้เป็นแบบมีขั้ว แบบไม่มีขั้ว และแบบกึ่งมีขั้ว ลักษณะเหล่านี้สำคัญต่อการเลือกใช้ตัวดูดซับให้เหมาะกับงานแต่ละประเภท โดยทั่วไปมักจะพิจารณขนาดของรูพรุนเป็นอันดับแรกในการเลือกใช้ตัวดูดซับเพราะ โมเลกุลที่จะถูกดูดซับจะต้องมีขนาดเล็กกว่าขนาดของรูพรุน โดยการเลือกใช้ตัวดูดซับจะใช้ตัวดูดซับที่มีขนาดรูพรุนใหญ่กว่าโมเลกุลตัวถูกดูดซับ และโมเลกุลที่ใหญ่กว่ารูพรุนของตัวดูดซับจะไม่

ถูกดูดซับ ลักษณะสำคัญนี้ทำให้สามารถใช้ตัวดูดซับในกระบวนการดูดซับเพื่อแยก แก๊สได้ (พีระ, 2548) ลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับที่สำคัญ เช่น ขนาดของอนุภาค ความหนาแน่น สัดส่วนของช่องว่างภายในอนุภาคตัวดูดซับกับภายนอก อนุภาคตัวดูดซับเมื่อบรรจุอยู่ในถังดูดซับ ความแข็งแรง ความทนทานต่อการสึกกร่อน ปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลต่อการดูดซับ ดังนั้นการเลือกใช้ งานตัวดูดซับจะต้องพิจารณาองค์ประกอบหลายอย่างเข้าด้วยกัน

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการการดูดติดผิว

2.1.1 ขนาดและพื้นที่ผิวของสารดูดติดผิว

ความสามารถดูดติดผิวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับพื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface area) และอัตราการดูดติดผิวเป็นอัตราส่วนผกผันกับขนาดสารดูดติดผิว โดยกลไกของการดูดติดผิวภายนอกของสารดูดติดผิวที่ไม่มีโพรงนั้น อัตราการดูดติดผิวจะเป็นอัตราส่วนผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางของสารดูดติดผิว สำหรับสารดูดติดผิวที่มีโพรงอัตราการเคลื่อนที่เข้าสู่พื้นที่ผิวในโพรงถูกควบคุมโดยความต้านทานภายนอก ดังนั้นอัตราการดูดติดผิวจะมีความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนกับเส้นผ่านศูนย์กลางของสารดูดติดผิว ในทางตรงกันข้าม ถ้าการเคลื่อนที่ภายในเป็นตัวควบคุม อัตราการดูดติดผิว อัตราการดูดติดผิวจะเป็นสัดส่วนผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางของสารดูดติดผิว (อังคณา, 2548) Mathews and Zayas (1989) กล่าวว่า สัมประสิทธิ์การเคลื่อนย้ายของมวลภายนอกจะประมาณได้ว่าคงที่สำหรับขนาดอนุภาคคาร์บอนที่อยู่ในช่วง 300 ไมโครเมตรถึง 900 ไมโครเมตร (50/70 ขนาดตะแกรงมาตรฐานถึง 20/25 ขนาดตะแกรงมาตรฐาน) และจะลดลงเมื่อเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค

2.2.2 ความสามารถในการละลายน้ำ

ลักษณะของสารถูกดูดติดผิวของตัวถูกละลายเป็นปัจจัยสำคัญในการดูดติดผิว การดูดติดผิวจะเพิ่มขึ้น เมื่อความสามารถในการละลายน้ำของสารถูกดูดติดผิวในตัวทำละลายลดลง เนื่องจากในการดูดติดผิวสารถูกดูดติดผิวจะต้องถูกแยกออกจากตัวทำละลาย ซึ่งในที่นี้คือน้ำ โดยสารถูกดูดติดผิวที่ละลายน้ำได้ดี หรือแตกตัวเป็นไอออนได้ดีจะมีแรงยึดเหนี่ยวกับน้ำสูงจึงเป็นการยากในการดูดติดผิว ดังนั้นสารที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายได้น้อยจะสามารถดูดติดผิวได้ดี นอกจากความสามารถในการละลายแล้ว ขนาดโมเลกุลของสารถูกดูดติดผิวยังมีความสัมพันธ์กับการดูดติดผิว ซึ่งอัตราการเคลื่อนที่ภายในโพรงเป็นอัตราที่ควบคุมกลไกอัตราการดูดติดผิวของ

sulfonate alkyl benzenes ซึ่งมีขนาด โมเลกุลต่าง ๆ กัน โดยเมื่อน้ำหนัก โมเลกุลมีขนาดมากขึ้น ความสามารถในการดูดติดผิวจะลดลง (Weber, 1972)

2.2.3 ความเป็นกรดต่าง

ความเป็นกรดต่างมีอิทธิพลต่อการดูดติดผิวเนื่องจากไฮโดรเจนอออน (H^+) และไฮดรอกซิลอออน (OH^-) สามารถถูกดูดติดอย่างค่อนข้างแข็งแรง การดูดติดอออนอื่นๆ จึงมีผลกระทบมาจากพีเอชของสารละลาย (อังคณา, 2548) นอกจากนี้พีเอชยังมีอิทธิพลต่อการแตกตัวของอออน และการละลายน้ำของสารต่างๆอีกด้วย

2.2.4 อุณหภูมิ

อุณหภูมิมิผลต่ออัตราเร็วและขีดความสามารถในการดูดซับคือ อัตราเร็วจะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและลดลงตามการลดลงของอุณหภูมิ แต่ขีดความสามารถในการดูดซับจะมีค่าลดลงที่อุณหภูมิสูงและมีค่าเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ (นภารัตน์, 2545)

2.2.5 ความปั่นป่วน

อัตราเร็วในการดูดติดผิวขึ้นอยู่กับ การแพร่ภายนอกและการแพร่ภายในซึ่งขึ้นกับความปั่นป่วนของระบบ ถ้าน้ำมีความปั่นป่วนต่ำ ฟิล์มน้ำซึ่งล้อมรอบสารดูดติดผิวจะมีความหนา และเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเข้าไปหาสารดูดติดผิว ดังนั้นการแพร่ภายนอกเป็นปัจจัยกำหนดอัตราเร็วของการดูดติดผิว ในทางตรงข้าม ถ้าความปั่นป่วนสูงจะเกิดฟิล์มบางๆ ทำให้การแพร่ภายในเป็นปัจจัยกำหนดอัตราเร็วของการดูดติดผิว (พีระ, 2548)

3. ถ่าน

ถ่าน คือ ไม้ที่ได้จากการเผาไหม้ภายในบริเวณที่มีอากาศอยู่เบาบางหรือกระบวนการแยกสารอินทรีย์ภายในไม้ในสถานะที่มีอากาศอยู่น้อยมาก เมื่อมีการให้ความร้อนระหว่างกระบวนการจะช่วยกำจัดน้ำ น้ำมันดิน และสารประกอบอื่นๆออกจากไม้ ซึ่งถ่านที่ได้หลังการผลิตจะมีปริมาณของคาร์บอนสูงและไม่มีความชื้นทำให้ปริมาณพลังงานในถ่านสูง โดยมีค่าเป็นสองเท่าของปริมาณพลังงานในไม้แห้ง สำหรับกระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่านเรียกว่า

Carbonization ซึ่งสามารถแยกกระบวนการดังกล่าวออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือการเผาไหม้ เป็นกระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมากระหว่างการเกิดคาร์บอนในเซชัน โดยให้ความร้อนกับวัสดุภายในเตาดำ ในขั้นตอนที่ 2 จะเป็นปฏิกิริยาประเภทดูดความร้อน เพื่อไล่ความชื้นออกจากเนื้อวัสดุ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้อุณหภูมิจนถึง 270 องศาเซลเซียส ความชื้นจะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งหมดไป ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณไอน้ำสีขาวที่เกิดขึ้นจนหนาที่บ ส่วนในขั้นตอนที่ 3 ของกระบวนการจะเป็นปฏิกิริยาประเภทคายความร้อนโดยเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 250 - 300 องศาเซลเซียส ในระหว่างปฏิกิริยาคายความร้อนจะเกิด แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ยังเกิดกรดอะซิติก เมทิลแอลกอฮอล์ และสารพวกน้ำมันดิน ในขั้นตอนนี้องค์ประกอบที่ระเหยได้ที่ยังคงอยู่ในกระบวนการจะถูกขับออกไป ซึ่งทำให้ปริมาณคาร์บอนของถ่านเพิ่มขึ้น สำหรับในขั้นตอนที่ 4 เป็นการนำผลิตภัณฑ์ถ่านมาทำให้เย็น ซึ่งจะใช้เวลาหลายชั่วโมงขึ้นอยู่กับเตาเผาที่ใช้ในการผลิต คุณภาพของถ่านที่ผู้ใช้อยู่รับได้คือ ต้องมีปริมาณคาร์บอน 70 % สารระเหยได้ต้องน้อยกว่า 25 % จี๊ถ้าประมาณ 5 % และความหนาแน่น 0.25 - 0.30 g/cm³ ซึ่งถ่านจะมีคุณสมบัติเปราะปานกลาง

3.1 หลักการเผาถ่าน

การเผาถ่านคือกระบวนการเปลี่ยนให้ไม้กลายเป็นถ่าน ซึ่งจำแนกขั้นตอนการเผาออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ

3.1.1 การไล่ความชื้น (dehydration) อุณหภูมิ 20 - 270 องศาเซลเซียส โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ

ช่วงที่ 1 อุณหภูมิ 20 - 180 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่มีการให้ความร้อนเพื่อไล่ความชื้น ซึ่งก็คือน้ำที่อยู่ภายในเนื้อไม้ออกมา แต่ไม่มีน้ำที่สลายตัวจากโครงสร้างป่นออกมาด้วย ลักษณะควันจะเป็นสีขาวปนสีน้ำเงินอ่อน

ช่วงที่ 2 อุณหภูมิ 180 - 270 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่มีการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) จะสลายตัวจนหมดที่อุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียส การจะทำให้ความร้อนใกล้เคียงกันทั่วทุกจุดของเตา ต้องพยายามรักษาอุณหภูมิให้อยู่ที่ 260 องศาเซลเซียสให้นาน ควันช่วงนี้จะมีสีเหลืองจางๆ

3.1.2 การเปลี่ยนจากไม้เป็นถ่าน (carbonization) อุณหภูมิ 270 - 400 องศาเซลเซียส โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ

ช่วงที่ 1 อุณหภูมิ 270 - 300 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่ไม่ต้องเติมพืชน้ำเตาเตา จะมีความร้อนสะสมพอที่จะคลายความร้อนได้ เป็นการสลายตัวด้วยความร้อนที่สะสมไว้ในตัวเองที่ อุณหภูมิ 275 องศาเซลเซียส และเซลลูโลสมีการสลายตัว ควันจะมีสีขาวอมเหลืองกลิ่นฉุน เรียกว่า ควันบ้ำ จากนั้นควันจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเทา ช่วงนี้จะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่เป็นเวลานาน

ช่วงที่ 2 อุณหภูมิ 300 - 400 องศาเซลเซียส ในช่วงนี้สิ้นสุดที่ 400 องศาเซลเซียส เซลลูโลสจะมีการสลายตัวต่อเนื่อง และที่ 310 องศาเซลเซียส ลิกนินจะเริ่มสลายตัว

3.1.3 การทำถ่านให้บริสุทธิ์ (refinement หรือ refining technique) ถ่านจะสามารถใช้ เป็นเชื้อเพลิงได้เมื่อเผาเสร็จที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส แต่ยังมีน้ำมันดิน (tar) ซึ่งเป็นสารก่อ มะเร็งอยู่ รวมทั้งค่าคาร์บอนเสถียรยังต่ำอยู่ อุณหภูมิพื้นเตาประมาณ 500 องศาเซลเซียสขึ้นไปจะ เป็นการไล่น้ำมันดินออกไป เมื่ออุณหภูมิเตาด้านบนสูงถึง 700 องศาเซลเซียส ควันจะมีสีเริ่มใสจะต้อง ทำการปิดช่องอากาศเข้า ความร้อนจะมีการถ่ายเทลงมาที่พื้นอุณหภูมิก็จะใกล้เคียงกันที่ 500 องศา เซลเซียส

3.1.4 การทำให้เย็น (cooling) ก่อนจะนำถ่านไม้มาใช้งานต้องปิดปล่องเตาทุกปล่อง ปล่อยให้ถ่านเย็นจนอุณหภูมิต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส เป็นการป้องกันไม่ให้ถ่านลุกติดไฟ เพราะ ถ่านที่มีความร้อน 60 - 70 องศาเซลเซียส สามารถลุกติดไฟได้เองเมื่อเจออากาศภายนอก

3.2 เตาเผาถ่าน

ในการผลิตถ่านให้ได้คุณภาพสูงมีคุณสมบัติที่สมบูรณ์และปลอดภัยจากสารก่อมะเร็ง จะต้องเป็นเตาเผาถ่านที่สามารถเพิ่มอุณหภูมิได้สูงเกิน 1,000 องศาเซลเซียส โดยที่ตัวเตาต้อง ออกแบบมาให้สามารถทนต่อความร้อนที่สูงขึ้นได้ รวมทั้งมีระบบการหมุนเวียนความร้อนภายในที่ ดี ซึ่งดั้งเดิมจะเป็นเตาที่เรียกว่า เตาอิวาเตะ (Iwate) ที่มีต้นกำเนิดมาจากประเทศญี่ปุ่น โดยสามารถ ผลิตถ่านได้อย่างมีประสิทธิภาพจะมีอยู่ด้วยกันหลายขนาด ปริมาณการผลิตก็แปรผันไปตามขนาด ของเตา เตาที่ใช้เผาถ่านมาจนถึงปัจจุบันมี 2 รูปแบบ คือ

3.2.1 เตาหลุม เตาผี เตาหลุมผีหรือเตากลบ (ground pit or heap kiln) มีลักษณะเป็นหลุมที่ใช้บรรจุไม้สำหรับเผา โดยมีการเผาแบบใช้วัสดุ เช่น ดิน ทราย ฯลฯ เป็นตัวกลบ รูปแบบนี้จะมีการลงทุนต่ำ แต่ผลผลิตก็ต่ำลงด้วยเช่นกัน

3.2.2 เตาดินหรือเตาอิฐ (mud or brick kiln) เป็นเตาที่สร้างกระบวนการเผาได้อย่างเป็นระบบมากกว่าแบบเตาหลุมผี ซึ่งมีทั้งรูปแบบของตะวันออกกลางและยุโรป แต่ที่มีความนิยมและผลิตถ่านได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นเตาเผาแบบจีน เป็นเตาที่มีหลังคาโค้งรูปทรงรูปทรงของเตามีลักษณะคล้ายไข่ สามารถกระจายความร้อนได้อย่างทั่วถึงทั้งเตา เตาอิฐ (iwate kiln) เป็นเตารูปแบบที่ประเทศญี่ปุ่นมีการพัฒนาเพิ่มเติมให้มีคุณลักษณะที่ดีต่อการผลิตถ่านให้ได้ประสิทธิภาพ

3.3 การผลิตถ่านคุณภาพสูง

การผลิตถ่านในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ซึ่งมีกระบวนการเผาถ่านที่คล้ายคลึงกัน แต่จะมีข้อแตกต่างในการผลิตอยู่เล็กน้อย ซึ่งทำให้คุณสมบัติในการใช้งานถ่านทั้ง 2 ประเภทและมาตรฐานในการตรวจสอบมีความแตกต่างกันไป ซึ่งจำแนกประเภทและวิธีการผลิตได้ดังนี้

3.3.1 ถ่านดำ (black charcoal) หรือถ่านอ่อน

การเผาถ่านดำมีขั้นตอนการเผาถ่านทั่วไป โดยจะเผาอยู่ที่อุณหภูมิสูงสุดที่ 950 องศาเซลเซียส ในช่วงหลังจากที่มีการทำถ่านให้บริสุทธิ์จะดับถ่านภายในเตาโดยทำการปิดเตาไว้ อุณหภูมิของถ่านก็จะเย็นตัวลง เมื่ออุณหภูมิลดลงไปอยู่ที่ 50 องศาเซลเซียสแล้วก็สามารถเปิดช่องเตาด้านบน และด้านหน้าเพื่อนำถ่านออกจากเตาได้ ระยะเวลาในการเผาถ่านดำจะนานกว่าถ่านขาว เพราะต้องมีการรอให้ถ่านเย็นตัวลงภายในเตาก่อนนำออกมา แต่คุณสมบัติของถ่านดำจะดีกว่าถ่านขาว ค่าคาร์บอนเสถียร (Fixed carbon) จะไม่เท่ากันทั้งแท่ง ความร้อนที่ส่วนหน้าและส่วนบนเตาจะสูงกว่าจุดอื่น ค่าคาร์บอนเสถียรจึงมากกว่า ถึงแม้จะมีการควบคุมที่ดีแต่ก็ไม่สามารถทำให้เท่ากันได้ทั้งแท่งซึ่งถ่านดำที่ดีต้องมีค่าคาร์บอนเสถียรไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ถ่านดำจะให้ผลผลิตถ่านเท่ากับ 28 เปอร์เซ็นต์

ก. ประโยชน์ของถ่านดำ

ถ่านดำที่อุณหภูมิไม่สูงมากใช้เวลาการเผาสั้นเหมาะสมเป็นเชื้อเพลิงในการปิ้งย่างหรือให้ความอบอุ่น หากเป็นไม้ไผ่สามารถให้ไฟที่มีค่าความร้อนไม่สูงแต่ติดไฟได้นาน ส่วนถ่านที่ผลิตจากไม้ไผ่ยาว เช่น ไม้ไผ่ จะเหมาะกับกิจกรรมที่ต้องการไฟแรงในระยะเวลาอันสั้น เช่น การตีเหล็ก

ถ่านดำที่เผาด้วยการให้ความร้อนอย่างช้าๆจนอุณหภูมิสูงในเวลาที่ยาวนานจะทำให้ถ่านดำมีค่าคาร์บอนเสถียรสูงสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย ในครัวเรือนสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิง ใช้ดูดกลิ่นและความชื้น บำบัดน้ำเสียในครัวเรือน ในทางการเกษตรใช้ในการปรับปรุงดิน ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก

3.3.2 ถ่านขาว (white charcoal) หรือถ่านแข็ง

การเผาถ่านขาวจะไม่มีแตกต่างจากถ่านดำ แต่วิธีการดับถ่านขาวให้ อุณหภูมิลดลงจะใช้การนำถ่านออกมาดับภายนอก โดยใช้ขี้เถ้าขึ้นเป็นตัวหยุดอุณหภูมิความร้อนของถ่านอย่างกะทันหัน ตัวถ่านจึงมีขี้เถ้าติดอยู่ทำให้มีสีขาวขึ้น วิธีนี้กระบวนการผลิตถ่านขาวจึงมีความรวดเร็วกว่าถ่านดำ รวมทั้งมีการหดตัวทำให้มีน้ำหนัก ความแน่นดีกว่าและการปล่อยรังสีจะมีคลื่นความถี่สูงกว่าถ่านดำ การจุดไฟติดจะช้ากว่าถ่านดำแต่เมื่อติดไฟแล้วจะให้ความร้อนได้ยาวนานกว่า ค่าคาร์บอนเสถียร (Fixed carbon) ของไม้จะเท่ากันหมดทั้งแท่ง เพราะตอนนำออกมาจะมีโอกาสโดนอากาศทั้งหมด ถ่านขาวที่ดีค่าคาร์บอนเสถียรไม่ต่ำกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ในการเผาเมื่ออุณหภูมิในเตาอยู่ที่ 950 องศาเซลเซียส จะทำการเปิดเตา โดยปกติการเปลี่ยนสีของถ่านจะเปลี่ยนตั้งแต่สีแดงเป็นเหลือง เขียว และน้ำเงินตามลำดับ ช่วง 950 องศาเซลเซียสเมื่อเปิดเตาถ่านจะมีสีเหลืองคล้ายจิวรใหม่ซึ่งอุณหภูมิสูงกว่าสีแดง เมื่อถ่านได้รับออกซิเจนจากอากาศภายนอกอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นถึง 1,100 องศาเซลเซียส เมื่อทำการดึงถ่านออกมาดับความร้อนด้วยขี้เถ้าอุณหภูมิจะลดลงอย่างรวดเร็ว แต่เตาที่ทำถ่านขาวจำเป็นจะต้องเป็นเตาเล็กเพราะถ้าใช้เตาขนาดใหญ่จะทำให้การลากไม้ออกมาใช้เวลานานกว่า โอกาสที่จะทำให้ไม้ที่อยู่ข้างในกลายเป็นขี้เถ้าจึงมีมาก การผลิตถ่านขาวจะได้ผลผลิตถ่านเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ ต้นทุนจึงแพงกว่าถ่านดำและถ่านปิ้งย่างทั่วไป

ก. ประโยชน์ของถ่านขาว

ถ่านขาวสามารถนำมาสร้างประโยชน์ให้กับการประกอบอาหารทั้งในเรื่องการเป็นเชื้อเพลิงและการสร้างคุณค่าทางอาหารแก่อาหารที่ทำ ถ่านขาวใช้เพิ่มรสชาติและธาตุอาหารในการหุงข้าว ข้าวที่หุงจะสวยไม่มีกลิ่นหืน ถ่านขาวเมื่อใส่ไปในกาต้มน้ำจะทำให้น้ำกลายเป็นน้ำแร่ที่มีธาตุอาหารรวมทั้งคลอโรคลีนและสารอินทรีย์ต่างๆในน้ำ ในการบึ่งย่างจะทำให้คงรสชาติของเนื้อสัตว์ไว้ได้เนื่องจากคลื่นความร้อนที่มีความถี่สูงจะช่วยให้ผิวหนังปิดตัวเร็ว รสชาติภายในไม่สูญเสียไป

ตารางที่ 1 คัดนี้ทางกายภาพและทางเคมีของถ่านไม้ไผ่

Items	Targets	
	1 st grade	Regulation grade
Moisture (%)	≤8.5	≤12.0
Ash (%)	≤3.0	≤4.5
Volatile matter (%)	≤10.0	≤20.0
Fixed carbon (%)	≥85.0	≥75.0
PH value	≥7.5	≥7.0
No-carbonized matter	Eligibility	Eligibility

ที่มา: (Anonymous, 2004)

4. เยื่อกระดาษ

เยื่อกระดาษ คือวัสดุอ่อนนุ่มที่ได้มาจากเส้นใยของพืช กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ มีการอาศัยวัตถุดิบหลากหลายชนิด ซึ่งสามารถแบ่งเป็นประเภทหลักๆ คือ วัตถุดิบประเภทไม้ (wood) และเส้นใยจากพืชไร่ (fiber crops) สำหรับวัตถุดิบที่นิยมใช้ผลิตเยื่อกระดาษในประเทศไทยที่เป็นประเภทไม้ (wood) คือ ยูคาลิปตัส ส่วนวัตถุดิบประเภทที่เป็นเส้นใยจากพืชไร่ (fiber crops) คือ ชานอ้อย ปอแก้ว ฟางข้าว ไม้ไผ่ เยื่อกระดาษที่ผลิตได้ภายในประเทศส่วนใหญ่เป็นเยื่อใยสั้นถึงเยื่อใยปานกลาง ยกเว้นเฉพาะเยื่อกระดาษสา ที่ผลิตจากต้นปอสาเท่านั้น ที่จัดเป็นเยื่อใยยาว ในด้านปริมาณการใช้วัตถุดิบแต่ละชนิดพบว่า มีการใช้ยูคาลิปตัสมากที่สุด คือประมาณร้อยละ 65 ของ

ปริมาณวัตถุดิบทั้งหมด รองลงมาคือ ไม้ไผ่ร้อยละ 28 ชานอ้อยร้อยละ 5 ฟางข้าวร้อยละ 0.75 และปอสาร้อยละ 0.05

จากการสำรวจโรงงานผลิตเยื่อกระดาษของไทยในปัจจุบัน พบว่า ยูคาลิปตัส เป็น วัตถุดิบที่มีการนำมาใช้งานมากที่สุด และวัตถุดิบที่มีปริมาณการใช้งานรองลงมาคือ ชานอ้อยและไม้ไผ่ เนื่องจากไม้ไผ่และชานอ้อยมีปริมาณไม่คงที่โดยจะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลสูงมาก อีกทั้งราคายูคาลิปตัสต่ำลงและมีปริมาณมาก ทำให้ผู้ผลิตหันมาใช้ ยูคาลิปตัส เพิ่มมากขึ้น

4.1 วัตถุดิบหลักในการผลิตเยื่อกระดาษ

4.1.1 เส้นใยที่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ (recycle fiber) ทางที่ง่ายที่สุดที่จะได้เยื่อกระดาษเป็นผลดีทางเศรษฐศาสตร์และช่วยประหยัดพลังงานถึง 1 ใน 6 เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตขึ้นมาใหม่ แต่มีข้อจำกัดเนื่องจากในการนำเยื่อกลับมาใช้ใหม่ในแต่ละครั้ง เยื่อจะมีขนาดสั้นลงเรื่อยๆ และดูดซับน้ำมากขึ้น

4.1.2 วัตถุดิบประเภทไม้ (wood) เป็นที่มาของเยื่อกว่า 93% ของทั้งหมด เริ่มจากการพัฒนากระบวนการทำเยื่อในศตวรรษที่ 19 มีราคาถูกเนื่องจากเป็นผลพลอยได้จากการทำป่าไม้และโรงเลื่อย แต่มีข้อเสียคือมีลิกนินเป็นองค์ประกอบอยู่มาก โดยไม้ที่ใช้ทำเยื่อแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

ก. ไม้เนื้ออ่อน (soft wood) ได้แก่ ไม้จำพวกสนที่มีใบเขียวตลอดปีและมีลักษณะใบแคบ ไม้ชนิดนี้เมื่อนำไปทำเยื่อกระดาษจะให้เส้นใยที่ยาวและมีความยืดหยุ่นดีกว่า มีความหนาแน่นต่ำ เยื่อที่ได้จะมีการกระจายตัวดีทำให้กระดาษมีความเหนียวและแข็งแรง

ข. ไม้เนื้อแข็ง (hard wood) ได้แก่ ไม้เบญจพรรณต่างๆที่ผลัดใบทุกปีและมีลักษณะใบกว้าง มีความหนาแน่นของเนื้อไม้สูง เมื่อนำไปทำเยื่อกระดาษจะให้เส้นใยสั้นกระดาษที่ได้มีผิวที่เรียบกว่า

4.1.3 เส้นใยจากพืชไร่ (fiber crops) เช่น ชานอ้อย ปอแก้ว ฟางข้าว ไม้ไผ่ เป็นวัตถุดิบดั้งเดิมในการทำกระดาษ ผลิตเยื่อที่ดีกว่าเยื่อจากไม้ เส้นใยบางอย่างมีความยาวมากจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรงมาก มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมากที่สามารถนำมาใช้ได้ ในราคาถูก

พืชไร่บางอย่างจะให้เส้นใยที่ประกอบด้วยเซลลูโลสที่มีความยาวมากและมีลิกนินต่ำ แต่จะหาวัสดุ นอกฤดูคากาลเก็บเกี่ยวได้ยาก

5. กลิ่น

กลิ่นที่ใช้ในการทดลองเลือกใช้แอมโมเนีย พอร์มัลดีไฮด์และสีน้ำอะคริลิกสำหรับทา ภายในเพื่อเป็นตัวแทนของกลิ่นภายในอาคารเนื่องจากไอระเหยเหล่านี้สามารถก่อความรำคาญใน ลักษณะของกลิ่นรบกวนผู้อยู่อาศัยและยังสามารถเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ (USEPA, 2010)

5.1 แอมโมเนีย

ที่อุณหภูมิห้องอยู่ในสถานะแก๊ส ไม่มีสี มีกลิ่นฉุน เป็นส่วนผสมหลักในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดที่ใช้ภายในที่อยู่อาศัย เช่น น้ำยาทำความสะอาดกระจก และยังเกิดจากการเปลี่ยนรูป จาก urea - based antifreeze ที่เติมลงไปในการผสมซีเมนต์เป็นแก๊สแอมโมเนียและปลดปล่อย ออกมาจากผนังคอนกรีต นอกจากนี้กลิ่นของแอมโมเนียภายในอาคารส่วนหนึ่งก็มาจากยูเรียที่มนุษย์ ขับถ่ายออกมาจึงทำให้ในห้องน้ำมักมีกลิ่นที่ไม่พึงปรารถนา

5.2 พอร์มัลดีไฮด์

สามารถระเหยกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิห้อง โดยมีแหล่งกำเนิดมาจากวัสดุก่อสร้างตัว อาคารและอุปกรณ์ตกแต่งภายในที่อยู่อาศัย ใช้เป็นสารเติมแต่งในคอนกรีต และอยู่ในรูปกาวยางที่ ใช้กับไม้อัด ไม้ประกอบ และผลิตภัณฑ์ไม้ที่ผ่านการกดอัดแล้วนำมาทำเฟอร์นิเจอร์ต่างๆที่ใช้ภายใน อาคารที่อยู่อาศัย (States Environmental Protection Agency, 2010) พอร์มัลดีไฮด์เป็นสารประกอบ อันตรายเนื่องจากเป็นสาเหตุของการก่อโรคมะเร็งในสิ่งมีชีวิต สารนี้ได้ปลดปล่อยออกมาจาก ผลิตภัณฑ์ไม้อัดที่เป็นส่วนประกอบในบ้านรวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ทำจากกาวยางพอร์มัลดีไฮด์ เช่น แผ่น ไม้อัด (Particle Board) แผ่นไม้อัดจากไม้เบญจพรรณ (hardwood plywood) และแผ่น ใยไม้อัด ความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboard) รวมไปถึงผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้กาวฟีนอลิก (phenol-formaldehyde resin) ร่วมด้วย เช่น ไม้อัดเนื้ออ่อน (softwood plywood) ไม้อัดเกล็ดเรียงชั้น (oriented strand board) (Kim *et al.*, 2006)

5.3 สีนํ้าอะคริลิกสำหรับทาภายใน

ตัวอย่างสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นภายในที่อยู่อาศัยอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจในการทดลองนี้คือ สีทาบ้านสำหรับทาภายในชนิดอะคริลิก เพื่อใช้ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับกลิ่นสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยออกมา ณ อุณหภูมิห้อง โดยมีคุณลักษณะดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะของสีที่นำมาใช้ในการทดลอง

คุณลักษณะ	ข้อมูล
ความหนาแน่น (Density)	1.43 กิโลกรัมต่อลิตร
ความละเอียด (Fineness)	35 ไมโครเมตร
เนื้อที่ที่ทา (Coverage)	40 ตารางเมตรต่อแกลลอน
ความหนาของฟิล์ม (Film Thickness)	เมื่อแห้ง 30 – 35 ไมโครเมตร เมื่อเปียก 105 – 120 ไมโครเมตร
อัตราการแห้งตัว (Drying Time)	แห้งสัมผัสได้ 0.5 ชั่วโมง แห้งทาบได้ 2 ชั่วโมง แห้งสนิท 24 ชั่วโมง

ที่มา: ไอ ซี ไอ ดูลักซ์ ไทยแลนด์ (2552)

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการดูดซับของผงถ่านและการนำประโยชน์ด้านการดูดซับมาลดมลพิษภายในอาคาร และการศึกษาการนำผงถ่านมาเป็นแผ่นดูดซับสารระเหยรวมทั้งทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยหัวข้อดังนี้

Asada และคณะ (2002) ได้ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและผลการกำจัดแก๊สที่เป็นอันตรายและมีกลิ่น ถ่านที่ใช้ในการทดลองถูกเผาที่ความร้อน 500 700 และ 1,000 องศาเซลเซียส ผลของการกำจัดกลิ่นถูกตรวจสอบจากฟอร์มัลดีไฮด์ โทลูอิน และ เบนซีน ซึ่งเป็นสาเหตุของ Sick building syndrome และแอมโมเนีย ซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดกลิ่น ผลการทดลองพบว่า ผลของการกำจัดโดยถ่านจากทุกๆอุณหภูมิ ฟอร์มัลดีไฮด์เกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่การกำจัด เบนซีน และ

โทลูอินมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในถ่านที่เกิดจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียสและมีแนวโน้มว่าประสิทธิภาพในการกำจัดจะสูงขึ้นเมื่อถ่านถูกเผาที่อุณหภูมิที่สูงขึ้น สำหรับการกำจัดแอมโมเนียที่ให้ผลดีที่สุดนั้นเกิดในถ่านที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองนี้สรุปว่า ผลจากการเผาถ่านที่อุณหภูมิต่าง ๆ นั้นจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสารเคมีที่ต้องการกำจัด และถ่านต้องถูกคัดเลือกแบบจำเพาะเจาะจงสำหรับการใช้ในการดูดซับสารแต่ละชนิด

Asada และคณะ (2006) ศึกษาการดูดซับแอมโมเนียในสารละลายถูกทดลองในถ่านที่ทำจากไม้ไผ่ซึ่งถูกเผาด้วยความร้อนที่ต่างกันคือ 400 700 และ 1,000 องศาเซลเซียส และถ่านกัมมันต์ นอกจากนั้นนอกจากนั้น การเปลี่ยนการดูดซับแอมโมเนียในสารละลายยังถูกตรวจสอบในถ่านที่ถูกบำบัดด้วยกรดซัลฟูริก ผลการทดลองทราบว่าผงถ่านจากความร้อน 400 องศา ซึ่งถูกบำบัดด้วยกรดซัลฟูริก แสดงผลการกำจัดแอมโมเนียสารละลายได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตามการใช้ถ่านจากความร้อน 400 องศาเซลเซียสที่ถูกบำบัดด้วยกรดซัลฟูริก ไม่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียที่อยู่ในสถานะแก๊สได้

Kim และคณะ (2006) ศึกษาลักษณะทางกายภาพของถ่านด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscopy) ถ่านถูกเตรียมที่ 400 600 800 และ 1,000 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ใช้ในการเผามีผลอย่างมากต่อโครงสร้างของถ่าน ในถ่านที่เผาจากอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส พบว่าลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏเกือบทั้งหมดยังคงไม่เปลี่ยนแปลงยกเว้น cell - wall layering ผนังเซลล์มีลักษณะที่ปรากฏเหมือนกันเกือบทั้งหมด การใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 400 องศาเซลเซียส ส่งผลให้มีการเพิ่มจำนวนผนังเซลล์ที่มีขนาดบางและมีปริมาตรลดลงเนื่องจากการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น การใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยส่วนใหญ่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างการแตกของพื้นผิวทำให้เกิดความขรุขระมากขึ้น vessel element มีเพิ่มขึ้น parenchyma cell แสดงลักษณะที่เกี่ยวพันเพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดรอยบุ๋มเล็กๆบนผิวของ parenchyma cell และ Rhomboidal calcium crystals ถูกค้นพบในทุกๆอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษา แต่ที่อุณหภูมิ 800 และ 1,000 องศาเซลเซียส โครงสร้างถ่านมีลักษณะเหมือนฟองน้ำ

ไพฑูรย์ และคณะ (2548) ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่ายของแผ่นกรองผงถ่านกัมมันต์ในการฟ้นกลิ่นขนรถยนต์ ระดับความหนาที่เหมาะสมของแผ่นกรองผงถ่านกัมมันต์ในการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่ายของระบบบำบัดมลพิษอากาศจากการฟ้นสี พบว่า แผ่นกรองขนาดความหนา 1.0 นิ้ว มีประสิทธิภาพการดูดซับมากที่สุดคือ 88.83 % รองลงมาเป็นแผ่นกรองหนาขนาด 1.5 นิ้ว มีประสิทธิภาพการดูดซับ 87.40 % และแผ่นกรองหนาขนาด 0.5 นิ้ว มี

ประสิทธิภาพการดูดซับ 62.69 % ตามลำดับ และระยะเวลาการเสื่อมสภาพของผงถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมที่ควรเปลี่ยนแผ่นกรองคือ 42 ชั่วโมงการใช้งานที่ 30 % breakthrough จากผลการศึกษาค้างนี้ มีข้อเสนอแนะควรใช้แผ่นกรองผงถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ขนาดความหนา 1.0 นิ้ว ควรเปลี่ยนแผ่นกรองหลังจากการใช้งานนาน 42 ชั่วโมง ซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยเหลือเพียง 70% และควรกำหนดอัตราการไหลของอากาศหน้าท่อดูดอากาศให้มากกว่า 150 ฟุตต่อนาที และควรติดตั้งแผ่นกรองสังเคราะห์เพื่อควบคุมความชื้นสัมพัทธ์อากาศไม่ให้เกิน 50% เพื่อให้การควบคุมระบบมลพิษอากาศและกลิ่นจากการฟนัรถยนต์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

อัจฉริยะ โชติจันทร์ และ นิคม แหลมลัก (2552) ศึกษาอิทธิพลของการปิดเตาผลิตถ่าน ที่อุณหภูมิการผลิตต่างกัน ที่มีผลต่อสมบัติของถ่านเมื่อระดับอุณหภูมิของการปิดเตาต่างกันว่า 3 ระดับ คือ 500, 600 และ 700 องศาเซลเซียส โดยใช้เตาผลิตถ่านไทย-อิวาเตะ ซึ่งใช้ไม้ยูคาลิปตัสคามาตุเลนซิส อายุ 3-5 ปี เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวน และใช้การเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) พบว่า ในถ่านชั้นบน อุณหภูมิที่ปิดเตา 500, 600 และ 700 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญต่อสมบัติของถ่าน ในถ่านชั้นล่าง อุณหภูมิที่ปิดเตา 500, 600 และ 700 องศาเซลเซียส มีผลต่อปริมาณถ่านคงตัว และค่าความร้อน มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มอย่างน้อย 1 คู่ ที่แตกต่างกัน เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบทีละคู่พบว่า อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส อยู่คนละกลุ่มกับอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส จากผลการวิจัย การผลิตถ่านในวิธีการทดลองนี้ควรเลือกการปิดเตาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เพราะให้ค่าความร้อนสูง ปริมาณถ่านคงตัวสูง และมีปริมาณสารระเหยน้อย ซึ่งเป็นสมบัติของถ่านที่มีคุณภาพสูง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัสดุคืบ

1.1 ผงถ่านไม้โกงกาง ไม้และยูคาลิปตัส

1.2 เชื้อกระดาษปอสาและยูคาลิปตัส

2. อุปกรณ์

2.1 บีกเกอร์

2.2 บีเปต

2.3 ตะแกรงร่อน ขนาด 53 μm , 300 μm และ 1 mm.

2.4 กระบอกตวง

2.5 เทอร์โมมิเตอร์

2.6 ปากกีสบ

2.7 กระดาษฟอยโลหะ

2.8 โถดูดความชื้น

2.9 สารดูดความชื้น

2.10 ขวดวัดปริมาตร

2.11 น้ำกลั่น

2.12 หลอดแก้วกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 cm

2.13 ฟองน้ำ

2.14 สายยาง

3. สารเคมี

3.1 แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์

3.2 สารระเหยอินทรีย์ (VOCs) เช่น Formaldehyde (HCHO)

3.3 สีทาบ้าน ชนิดสีน้ำอะคริลิกสีขาว ยี่ห้อ ICI Dulux

4. เครื่องมือ

- 4.1 เครื่องเขย่าตะแกรงร่อน
- 4.2 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 4.3 ตู้อบ
- 4.4 เครื่องปั๊มอากาศส่วนบุคคล รุ่น 3500 ของ Gillian
- 4.5 อุปกรณ์ให้ความร้อน
- 4.6 เครื่อง Thermal Extractor
- 4.7 เครื่อง 20 L Small Chamber
- 4.8 เครื่อง TDS-GC/MS
- 4.9 เครื่อง Piston Hand Pump รุ่น LP-1200 ของ RAE System
- 4.10 Gas Detection Tube

วิธีการ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการทดลองหาวิธีการผลิตแผ่นดูดซับจากการนำผงถ่านไม้มาขึ้นรูปร่วมกับเยื่อกระดาษเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับ กลิ่นจากภายในตัวอาคาร เพื่อให้เป็นแนวทางในการผลิตเป็นแผ่นดูดซับที่สามารถใช้ประโยชน์ในการลดการรับสัมผัสภายในอาคารที่พักอาศัย โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. ผลิตแผ่นดูดซับจากผงถ่านร่วมกับเยื่อกระดาษ

ทำการ รวบรวมและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เตรียมอุปกรณ์เครื่องมือและสารเคมี จากนั้น จัดเตรียมและศึกษาคุณสมบัติของผงถ่านและเยื่อกระดาษที่จะนำมาทำการผลิตเป็นแผ่นดูดซับ เสร็จแล้วทำการวิเคราะห์ค่าการดูดซับ ไอโอดีนของผงถ่าน วิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของผงถ่าน ด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope) และวิเคราะห์ nitrogen adsorption - desorption isotherms เพื่อศึกษาปริมาณพื้นที่ผิวของผงถ่าน เมื่อทำการวิเคราะห์เสร็จแล้วจากนั้นทำการขึ้นรูปแผ่นดูดซับ โดยทำการผลิตขึ้นเองในห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ชั้น 8 อาคารเทคโนโลยีและสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และอีกส่วนหนึ่งทำการผลิตร่วมกับโรงงานสยามพรหมประทาน จังหวัด เชียงใหม่

2. ทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับของแผ่นดูดซับที่ผลิตได้

ทดสอบการดูดซับไอระเหยของแอมโมเนียและฟอร์มาลดีไฮด์ด้วยเครื่องมือ Piston hands pump รุ่น LP - 1200 จาก RAE Systems Inc. และ วัดค่าการดูดซับจาก Detection tube เลขที่ 10 – 100 - 15 และ 10 - 121 - 05 ตามลำดับ และทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยจากการ ปลดปล่อยของสี่อะคริลิกสำหรับทาภายในด้วยวิธีการ Thermal Extractor (TE) และวิเคราะห์ปริมาณ สารอินทรีย์ระเหยด้วยเครื่อง TDS - GC/MS (Thermal Desorption System Gas Chromatography Mass Spectrum Detector)

3. การเตรียมวัตถุดิบ

3.1 ผงถ่าน

ถ่านทั้งสามชนิดได้แก่ โกงกาง ไม้และยูคาลิปตัสเป็นถ่านเกรดการค้า นำมาบดและ ร้อนด้วยเครื่องเขย่าตะแกรงร้อนจนได้ผงถ่านขนาดน้อยกว่า 53 ไมโครเมตรและระหว่าง 53 - 300 ไมโครเมตร จากนั้นนำผงถ่านที่ได้แยกตามชนิดและขนาดไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น

3.2 เยื่อกระดาษ

ตัวเชื่อมประสานผงถ่านที่ใช้ในการทดลองได้แก่เยื่อปอสาสำหรับผลิตกระดาษสาและ เยื่อยูคาลิปตัสจากการผลิตกระดาษ โดยเยื่อทั้งสองชนิดเป็นเยื่อที่ผ่านการฟอกมาแล้ว ก่อนทำการขึ้น รูปร่วมกับผงถ่านนำเยื่อกระดาษมาแช่น้ำเป็นเวลา 30 นาที แล้วปั่นด้วยเครื่องบดอาหารเพื่อให้เยื่อ กระจายตัวก่อนทำการขึ้นรูป

4. การขึ้นรูปแผ่นดูดซับ

การขึ้นรูปแผ่นดูดซับในการทดลองครั้งนี้ได้แบ่งทำเป็น 2 ส่วน คือทำในห้องปฏิบัติการเพื่อควบคุมอัตราส่วนและปริมาณของผงถ่านระหว่างขั้นตอนการผลิตให้ได้มากที่สุด และอีกส่วนหนึ่งขึ้นรูปร่วมกับโรงงานสยามพรหมประทาน จังหวัดเชียงใหม่ โดยทำตามวิธีการเดียวกันกับการผลิตแผ่นกระดาษสา ซึ่งวิธีที่เลือกใช้คือ การซ้อนเยื่อแบบตะเปียกโดยไม่มีสารกระจายเยื่อลงไป อัตราส่วนที่ใช้ในการขึ้นรูปคือเยื่อกระดาษต่อผงถ่านเป็น 1 : 1 โดยขึ้นรูปแยกตามชนิดของผงถ่านขนาดของผงถ่านและชนิดของเยื่อกระดาษ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สภาวะการผลิตและรหัสของแผ่นดูดซับ

ผงถ่าน	ขนาด(ไมโครเมตร)	เยื่อกระดาษ	รหัส
โก่งกาง	< 53	ปอสา	M<53+M
		ยูคาลิปตัส	M<53+E
	53 - 300	ปอสา	M53-300+M
		ยูคาลิปตัส	M53-300+ E
ไผ่	< 53	ปอสา	B<53+M
		ยูคาลิปตัส	B<53+E
	53 - 300	ปอสา	B53-300+M
		ยูคาลิปตัส	B53-300+E

4.1 วิธีผลิตแผ่นดูดซับที่ห้องปฏิบัติการ

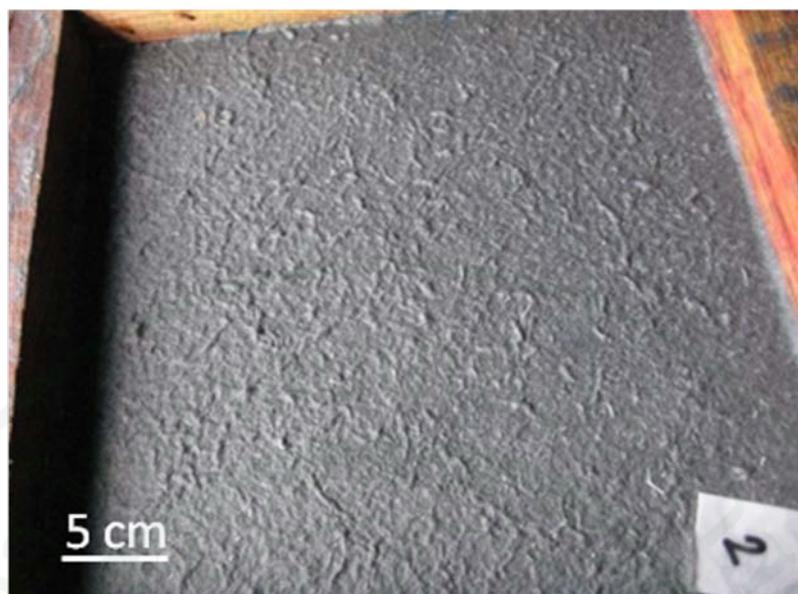
ผสมผงถ่านและเยื่อกระดาษตามอัตราส่วน 1 : 1 ลงในเครื่องปั่นน้ำผลไม้ปั่นให้วัตถุดิบผสมกันเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเทส่วนผสมที่ได้ลงบนตาข่ายพลาสติกที่ตรึงแน่นบนขอบพลาสติกเกลี่ยให้เป็นแผ่นเสมอกันแล้วนำไปตั้งลมในที่ร่มประมาณ 1 วันจนน้ำระเหยออกหมดแล้วจึงนำไปตากแดดจนแห้งสนิท จากนั้นนำแผ่นดูดซับที่ผลิตได้แยกเก็บตามชนิดไว้ในถุงซิปล็อคและเก็บในโถดูดความชื้น



ภาพที่ 1 แผ่นดูดซับที่ผลิตได้จากห้องปฏิบัติการ

4.2 วิธีผลิตแผ่นดูดซับที่โรงงาน

ผสมผงถ่านและเชื้อกระดาษตามอัตราส่วนลงในเครื่องปั่นน้ำผลไม้ปั่นให้วัตถุดิบผสมกันเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเทส่วนผสมที่ได้ทั้งหมดลงในอ่างซีเมนต์ที่ใช้สำหรับการผลิตแผ่นกระดาษแล้วใช้กรอบขึ้นรูปกระดาษของโรงงานซ้อนเยื้องขึ้นมา นำไปผึ่งให้แห้งในที่ร่มประมาณ 1 วันจนน้ำระเหยออกหมดแล้วจึงนำไปตากแดดจนแห้งสนิท



ภาพที่ 2 แผ่นดูดซับที่ผลิตได้จากโรงงาน

5. การศึกษาคุณสมบัติของวัสดุดิบ

5.1 ลักษณะพื้นผิวและโครงสร้างของผงถ่าน

ศึกษาลักษณะพื้นผิวของผงถ่านด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope) โดยเครื่อง JEOL - JSM 5600 LV Scanning Electron Microscope ของศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์กลาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

5.2 การศึกษา nitrogen physical adsorption - desorption isotherms

การทดสอบ nitrogen physical adsorption - desorption isotherms สามารถวิเคราะห์หาปริมาณของไนโตรเจนที่ถูกดูดซับที่ความดันต่างๆ แล้วนำมาทำการคำนวณหาพื้นที่ผิว ปริมาตรรูพรุนของผงถ่านได้โดยปริมาณพื้นที่ผิวของสารดูดซับสามารถคำนวณโดยวิธีมาตรฐาน Brunauer-Emmett - Teller (BET) (ชฎาภา, 2547) ทำการวิเคราะห์ที่อุณหภูมิ 77.40 องศาเคลวิน ด้วยเครื่อง Quantachrome Autosorb Automated Gas Sorption System Report Autosorb for Windows® Version 1.19 โดยฝ่ายนวัตกรรมวัสดุ (ฝนว.) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

5.3 ค่าการดูดซับไอโอดีนของผงถ่าน

ศึกษาคุณภาพของตัวดูดซับโดยทำการหาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ด้วยวิธีมาตรฐาน ASTM 4607 (ภาคผนวก ข)

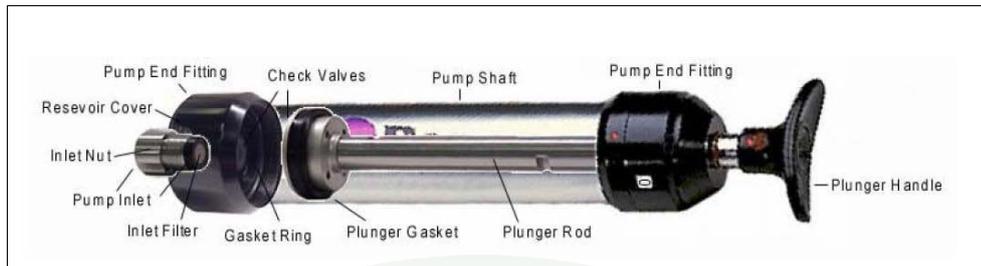
6. เครื่องมือตรวจวัด

6.1 ทดสอบการดูดซับแอมโมเนียและฟอร์มาลดีไฮด์ ด้วยเครื่องมือ Piston hands pump รุ่น LP-1200 จาก RAE Systems Inc.

เป็นเครื่องมือตรวจวัดแก๊สและไอระเหยในอากาศชนิดมือถือมีลักษณะภายนอกและภายในดังภาพที่ 3 และ 4 ตามลำดับ โดยใช้งานร่วมกับ Gas Detector Tube สามารถอ่านผลการตรวจวัดได้ทันทีโดยขึ้นอยู่กับช่วงระดับความเข้มข้นของ Gas Detector Tubes ที่เลือกใช้



ภาพที่ 3 ลักษณะภายนอกของ Piston hands pump



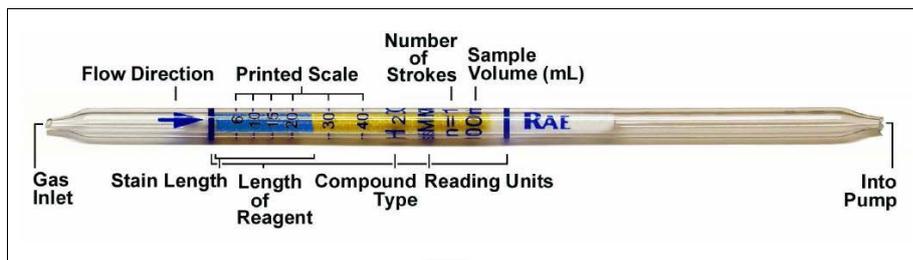
ภาพที่ 4 ลักษณะภายในของ Piston hands pump

ที่มา: RAE Systems Inc. (2003)

ภาพที่ 5 แสดง Gas Detector Tubes ที่ใช้ในการทดสอบ และภาพที่ 6 แสดง ส่วนประกอบต่างๆที่แสดงอยู่บน Gas Detector Tubes วิธีการใช้งานและการอ่านค่าผลการตรวจวัด ทำตามคู่มือการใช้งานในภาคผนวก



ภาพที่ 5 Gas Detector Tubes ที่ใช้ในการทดสอบ

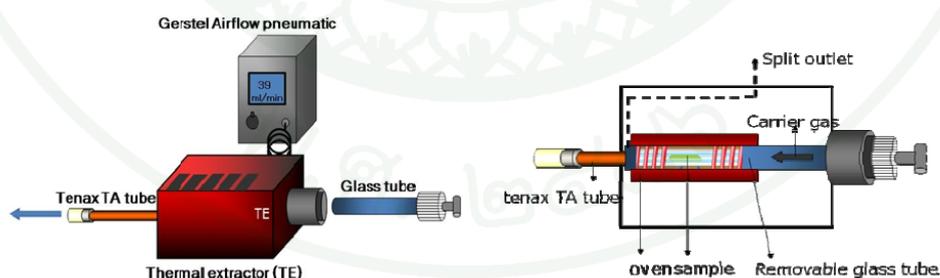


ภาพที่ 6 ส่วนประกอบต่างๆที่แสดงบน Gas Detector Tubes

ที่มา: RAE Systems Inc. (2003)

6.2 ทดสอบการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยด้วยเครื่องมือ Thermal Extractor (TE)

TE เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ฟอร์ มัลดีไฮด์และสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยออกจากตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ มักนำมาใช้งานในการตรวจวัดสารระเหยต่างๆที่ปลดปล่อยออกมาจากวัสดุก่อสร้างเช่น แผ่นฉนวนใยไม้อัด (Particle Board), แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboard), สีและตัวประสานการยึดติดต่างๆ (Kim et al., 2010) วิธีมาตรฐานที่ใช้ตรวจวัดค่าการปลดปล่อยสารระเหยที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ Emission Test Chambers (EN ISO 16000-9, 2006) หรือ Emission Test Cells (EN ISO 16000-10) (Yrieix, 2010)



ภาพที่ 7 ส่วนประกอบต่างๆของเครื่อง Thermal Extractor

ที่มา: Kim et al. (2010)

8. วิธีการตรวจวัดความสามารถการดูดซับ

8.1 แอมโมเนียและฟอร์มัลดีไฮด์

ตัวดูดซับที่นำมาวัดค่าได้แก่ผงถ่านและแผ่นดูดซับที่ขึ้นรูปโดยนำมาตัดให้ได้ขนาดประมาณ 3*3 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนัก 1 กรัมบรรจุลงในหลอดแก้วกลวงใสที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร แล้วปิดหัวท้ายด้วยสำลี จากนั้นต่อเข้ากับชุดตรวจวัดประสิทธิภาพการดูดซับ



ภาพที่ 8 ชุดตรวจวัดประสิทธิภาพการดูดซับประกอบด้วย 1. สารละลายบรรจุใน flask 2. ถังเก็บตัวอย่างอากาศ 3. บีมเก็บอากาศ 4. หลอดแก้วบรรจุตัวดูดซับ 5. Detection tube และ 6. Piston Hand pump

เตรียมสารละลายแอมโมเนียไฮดรอกไซด์และฟอร์มัลดีไฮด์ความเข้มข้น 50 และ 10 ppm ตามลำดับปริมาณ 100 มิลลิลิตรลงใน flask ให้ความร้อนด้วย water bath ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา ประมาณ 10 นาทีเพื่อให้ตัวอย่างสารละลายระเหยแล้วบีบเอาแก๊สไปเก็บไว้ในถังเก็บตัวอย่างอากาศ แล้วตรวจวัดความเข้มข้นของแก๊สที่อยู่ในถังเก็บตัวอย่างอากาศเป็นค่าความเข้มข้นเริ่มต้น หลังจากนั้นใช้ Piston Hand Pump ตรวจวัดค่าความเข้มข้นของแก๊สหลังจากผ่านตัวดูดซับ โดยใช้ Gas detection tube เลขที่ 10 - 100 - 15 สำหรับตรวจวัดแอมโมเนีย และเลขที่ 10 - 121 - 05 สำหรับตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ จนสารที่บรรจุใน detection tube เปลี่ยนสีจากสีม่วงเป็นสีเบจและจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลแดง สำหรับแอมโมเนียและฟอร์มัลดีไฮด์ตามลำดับ

8.2 สารอินทรีย์ระเหย

อบแผ่นดูดซับเพื่อกำจัดความชื้นและสารเจือปนต่างๆที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นตัดแผ่นดูดซับขนาด 1*5 เซนติเมตร วางซ้อนกันทั้งหมด 5 ชั้น และเตรียม สารตั้งต้นคือสีทาภายในขนาด 1*1.5 เซนติเมตร หนา 1 มิลลิเมตร น้ำหนัก 0.04 กรัม ทิ้งให้สีแห้งสนิทประมาณ 1 ชั่วโมง นำตัวอย่างใส่ในหลอดแก้วแล้วตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยตามสภาวะการวิเคราะห์โดยวิธี TE แสดงในตารางที่ 4 โดยใช้ Tenex TA tubes เก็บตัวอย่างอากาศที่ได้ (ภาพที่ 9) แล้วนำไปวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์โดยเครื่อง TDS - GC/MS ตามสภาวะในตารางที่ 5 ตามวิธีมาตรฐาน ISO 16000-6 (2004) (Yrieix, 2010)



ภาพที่ 9 เครื่อง Thermal Extractor ที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 4 สภาวะการวิเคราะห์โดยวิธี TE

Test condition	TE
Sample area (m ²)	0.00025
Chamber volume (L)	0.26
Air change rate (h ⁻¹)	90
Air supply (ml/min)	39
Sampling	after 30 min
Temperature (°C)	25±1
Humidity (%R.H.)	Room condition (55±10)
VOCs sampling flow rate (ml/min)	39
VOCs sampling volume (L)	1
Inlet air	High purity N ₂
Cleaning process	Cleaning with pure water then placed in an TE for 30 min at 260 °C
VOCs analysis method	TDS-GC/MS

ตารางที่ 5 สภาวะการวิเคราะห์ TVOC ด้วย TDS-GC/MS

Variables	Condition
TDS	Perkin Elmer ATD400
GC/MS	HP6890/Agilent5973
Column	RTX-1 (105m×0.32mm×3µm)
Carrier gas and flow	He (99.99%)
Temperature program	40 °C (5min) → 70 °C (5min) → 150 °C (5min) → 200 °C (5min) → 220 °C (5min) → 240 °C (5min)
MS condition	
Mode	EI (Electron ion)
Electron energy	70 ev
Detection mode	TIC (scan), m/z: 35/350

ที่มา: Kim *et al.* (2006)



ภาพที่ 10 เครื่อง TDS-GC/MS ที่ใช้ในการทดลอง

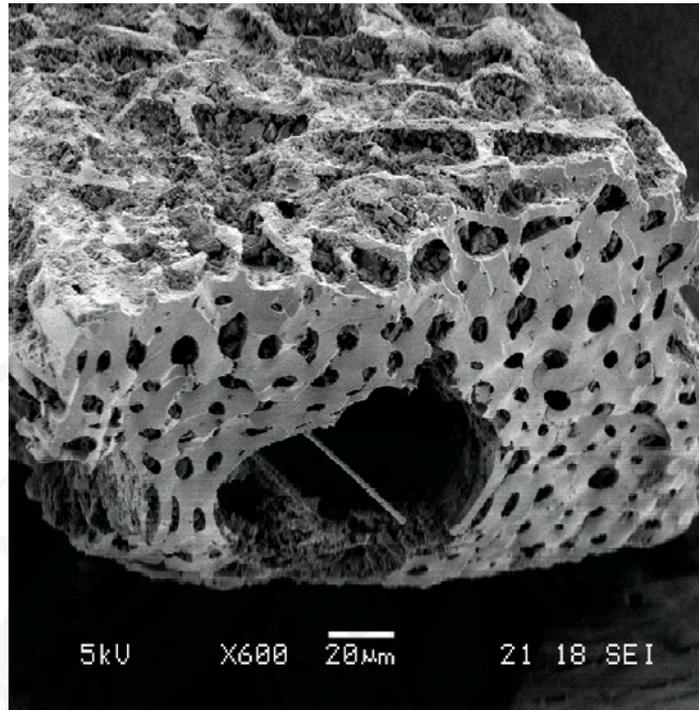
ผลและวิจารณ์

1. คุณสมบัติของผงถ่าน

คุณสมบัติของผงถ่านเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับและมีผลต่อการคัดเลือกชนิดของผงถ่านที่จะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนการขึ้นรูปเป็นแผ่นดูดซับ ในการศึกษานี้ได้แบ่งขนาดของผงถ่านออกเป็นสองขนาดคือ น้อยกว่า 53 ไมโครเมตรและระหว่าง 53-300 ไมโครเมตร เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับและการยึดเกาะกับเยื่อกระดาษเมื่อผงถ่านมีขนาดที่แตกต่างกัน

1.1 การศึกษาลักษณะพื้นผิวภายนอกด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM)

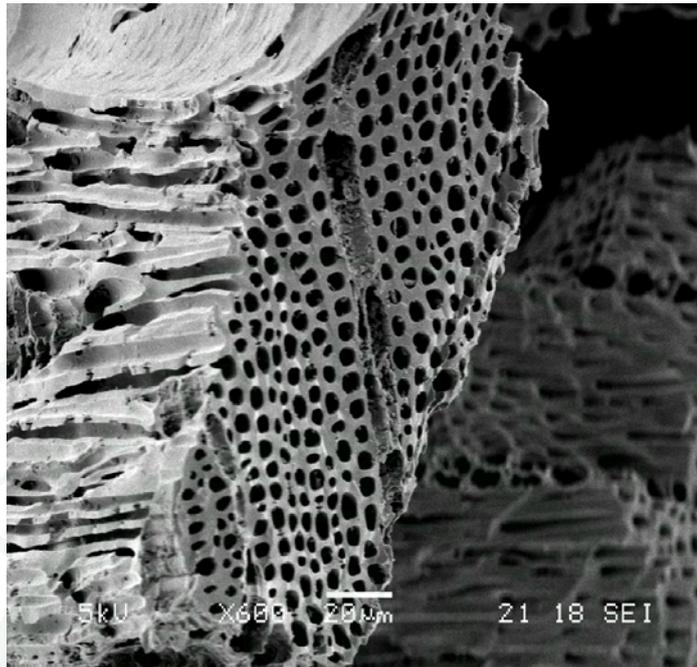
การศึกษาลักษณะพื้นผิวของผงถ่านไม้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดขนาดกำลังขยาย 600 เท่า พบว่า ถ่านไม้โกงกางมีลักษณะพื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอ รูพรุนมีความไม่แน่นอนทั้งขนาดเล็กและใหญ่ปะปนกัน รูพรุนเหล่านี้เกิดลึกลงไปในเรื่องของถ่าน บางรูมีลักษณะยาวและแคบบางรูมีลักษณะเปิดกว้างอย่างไม่เป็นระเบียบและมีความลึกที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะรูพรุนของผงถ่านไม้ไผ่แล้วพบว่าในถ่านไม้ไผ่นั้นรูพรุนก็เกิดลึกลงไปในเรื่องถ่านเช่นเดียวกันแต่มีความเป็นระเบียบและสม่ำเสมอกว่า รูพรุนเปิดกว้างและมีความลึกที่มากกว่าถ่านไม้โกงกาง แต่ในถ่านยูคาลิปตัสรูพรุนมีขนาดเล็ก และแคบที่ยาวลึกลงไปในเรื่องถ่านคล้ายกับลักษณะของหลอดที่มีการกระจายตัวของรูพรุนอย่างสม่ำเสมอ



ภาพที่ 11 ลักษณะพื้นผิวภายนอกของ ถ่านไม้โกงกาง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 600 เท่า



ภาพที่ 12 ลักษณะพื้นผิวภายนอกของ ถ่านไม้ไผ่ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 600 เท่า



ภาพที่ 13 ลักษณะพื้นผิวภายนอกของ ถ่านไม้ยูคาลิปตัส ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 600 เท่า

จากการเปรียบเทียบขนาดรูพรุนกับบาร์ที่ได้จากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ทำให้สามารถคาดคะเนขนาดรูพรุนของถ่านทั้ง 3 ชนิดได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ขนาดรูพรุนของถ่านทั้ง 3 ชนิด

ชนิดผงถ่าน	ขนาดรูพรุน (ไมโครเมตร)
โก่งกาง	8-10
ไผ่	20
ยูคาลิปตัส	3-5

ขนาดรูพรุนของผงถ่านที่ใช้สามารถจัดอยู่ในประเภท Macropore ตามที่สหภาพเคมีบริสุทธิ์และเคมีประยุกต์ระหว่างประเทศ (IUPAC) ได้จัดแบ่งประเภทไว้ (Francoise, 1999) ดังตารางที่ 7 ซึ่งผงถ่านที่นำมาใช้นั้นมีขนาดรูพรุนที่มากกว่า 50 นาโนเมตร ดังนั้นค่าที่ใช้บอกถึงประสิทธิภาพการดูดซับควรเป็นค่าโมลาสนัมเบอร์ (Molass Number) คือค่าที่บอกปริมาณของรูขนาดใหญ่ โดยถ่านที่มีรูขนาดใหญ่จำนวนมากจะให้ค่าโมลาสนัมเบอร์สูงและดูดซับสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่อย่างเช่น โมเลกุลของสีได้ดีกว่าถ่านที่มีรูพรุนเล็ก (บุญรักษ์, 2551)

ตารางที่ 7 คำจำกัดความของ Porous solids

Term	Definition
Porous solid	Solid with cavities or channels which are deeper than they are wide
Open pore	Cavity or channel with access to the surface
Interconnected pore	Pore which communicates with other pores
Blind pore (Dead-end pore)	Pore with a single connection to the surface
Closed pore	Cavity not connected to the surface
Closed pore	Cavity not connected to the surface
Void	Space between particles
Micropore	Pore of internal width less than 2 nm
Mesopore	Pore of internal width between 2 and 50 nm
Macropore	Pore of internal width greater than 50 nm
Pore size	Pore width (diameter of cylindrical pore or distance between opposite walls of slit)
Pore volume	Volume of pores determined by stated method
Porosity	Ratio of total pore volume to apparent volume of particle or powder
Total porosity	Ratio of volume of voids and pores (open and closed) to volume occupied by solid
Open porosity	Ratio of volume of voids and open pores to volume occupied by solid
Surface area	Extent of total surface area as determined by given method under stated conditions

ตารางที่ 7 (ต่อ)

Term	Definition
External surface area	Area of surface outside pores
Internal surface area	Area of pore walls
True density	Density of solid, excluding pores and voids
Apparent density	Density of material including closed and inaccessible pores, as determined by stated method

ที่มา: Francoise *et al.* (1999)

เมื่อเปรียบเทียบถ่านไม้ที่ใช้ในการทดลองกับถ่านกัมมันต์ชนิดผง (Powdered Activated Carbon, PAC) พบว่าขนาดของผงถ่านไม้มีเส้นผ่านศูนย์กลางในระดับไมโครเมตร ซึ่งถือว่ามีความที่เล็กกว่าขนาดผงถ่านกัมมันต์ (0.15 – 0.25 มิลลิเมตร) อยู่มาก จึงทำให้ถ่านไม้มีสัดส่วนของพื้นที่ผิวภายนอกต่อปริมาตรมาก (บุญรักษ์, 2551) ทำให้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับถ่านกัมมันต์ด้วยปัจจัยทางด้านขนาด

1.2 ปริมาณพื้นที่ผิวเฉพาะที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธี Brunauer-Emmett-Teller (BET)

พื้นที่ผิวเป็นสมบัติอย่างหนึ่งที่มีผลต่อความสามารถของ โมเลกุลที่เป็นตัวดูดซับ ความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้นเมื่อพื้นที่ผิวของ โมเลกุลที่เป็นตัวดูดซับมากขึ้น แต่พื้นที่ผิว โมเลกุลของตัวดูดซับเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะอธิบายความสามารถในการดูดซับได้ดี โครงสร้างของรูพรุนเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนช่วยให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ขนาด โมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับก็มีผลต่อการดูดซับเช่นกัน คือถ้าขนาด โมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับ ไม่สามารถเข้าไปในรูพรุนของ โมเลกุลตัวดูดซับได้ ความสามารถในการดูดซับจะต่ำลงด้วย (อุไรวรรณ, 2551)

เมื่อนำถ่านไม้ทั้ง 3 ชนิดที่ขนาดน้อยกว่า 53 ไมโครเมตรตรวจวัดค่าพื้นที่ผิวเฉพาะที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธี Brunauer-Emmett-Teller (BET) พบว่าค่าพื้นที่ผิวเฉพาะของถ่านไม้ยูคา ลิปัสมีค่ามากที่สุด รองลงมาเป็นถ่านไม้ไผ่และไม้โกงกาง คือ 77.48 67.02 และ 47.39 ตารางเมตร ต่อกรัมตามลำดับ

ตารางที่ 8 ค่าพื้นที่ผิวเฉพาะที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธี Brunauer-Emmett-Teller (BET)

ชนิดผงถ่าน	พื้นที่ผิว	
	Single point BET (m ² /g)	Multipoint BET (m ² /g)
โก่งกาง	45.91	47.39
ไผ่	66.87	67.02
ยูคาลิปตัส	71.74	77.48

ปริมาตรรูพรุนไม่ได้หมายความว่าเพียงเฉพาะรูที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกเท่านั้นเพราะโดยทั่วไปรูในของแข็งมักมีความถึงเฉพาะช่องที่เกิดขึ้นโดยมีความลึกมากกว่าความกว้าง แต่เนื่องจากโครงข่ายความซับซ้อนของรูพรุนทำให้ยากที่จะแยกแยะระหว่างความขรุขระ รูและช่องว่างต่างๆที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวของของแข็ง นอกจากนี้พื้นที่ผิวที่มีความขรุขระถือว่าเป็นพื้นที่ผิวภายนอก ในขณะที่พื้นที่ผิวของรูที่มีผนังประกอบอยู่ถือเป็นพื้นที่ผิวภายใน (Francoise, 1999) เมื่อพิจารณา ร่วมกับการศึกษาลักษณะพื้นผิวที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 600 เท่า พบว่าพื้นผิวของถ่านไม้โก่งกางมีความขรุขระมากกว่าถ่านชนิดอื่นอีกทั้งยังมีรูปร่างของรูพรุนที่ไม่แน่นอนซึ่งมีทั้งเส้นผ่าศูนย์กลางรูพรุนที่ใกล้เคียงกับถ่านไม้ยูคาลิปตัสและรูพรุนที่เปิดกว้างคล้ายกับถ่านไม้ไผ่

อย่างไรก็ตามค่าพื้นที่ผิวอย่างเดียวไม่สามารถที่จะใช้เป็นเหตุผลในการอธิบายความสามารถในการดูดซับของการดูดซับสารทุกชนิด เพราะขนาดพื้นที่ผิวได้มาจากทั้งรูพรุนขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ฉะนั้นจะต้องพิจารณาปัจจัยทางด้านอื่นร่วมด้วยซึ่งเป็นผลจากชนิดของวัตถุดิบและขั้นตอนในการผลิต (นภรัตน์, 2545)

1.3 ค่าการดูดซับ ไอโอดีน (Iodine Number)

ค่าการดูดซับ ไอโอดีนเป็นตัวเลขที่ใช้ออกความสามารถในการดูดซับ โดยทดสอบการดูดซับ ไอโอดีนที่ละลายอยู่ในน้ำ ไอโอดีนจะสามารถจับกับพื้นที่ผิวของรูพรุนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่กว่า 1 นาโนเมตร ค่าไอโอดีนจึงมีความสัมพันธ์กับปริมาณพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ แต่ค่าไอโอดีนไม่ใช่ค่าพื้นที่ผิวที่แท้จริง เพราะไม่ได้รวมถึงพื้นที่ผิวภายในรูพรุนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1 นาโนเมตรพื้นที่ผิวจากการดูดซับ ไอโอดีนต่างไปจากพื้นที่ผิวที่แท้จริงมากหรือน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของตัวดูดซับ (สุโรชนี, 2545)

ตารางที่ 9 ค่าการดูดซับไอโอดีนและอุณหภูมิในการเผาถ่าน

ชนิดผงถ่าน	ค่าการดูดซับไอโอดีน (mg/g)	อุณหภูมิในการเผา (°C)
โก่งกาง	269.60	800
ไผ่	305.90	> 1,000
ยูคาลิปตัส	322.66	> 1,000

ค่าการดูดซับไอโอดีนที่ได้จากการทดลองนั้นมีค่าสอดคล้องกับค่าพื้นที่ผิวเฉพาะในตารางที่ 8 ที่ได้รายงานไปก่อนหน้านี้ และจากตารางที่ 9 จะเห็นว่าค่าการดูดซับไอโอดีนมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตถ่าน ถ่านไม้ไผ่และยูคาลิปตัสทำรเผาโดยใช้อุณหภูมิเดียวกันจึงทำให้มีค่าการดูดซับไอโอดีนที่ใกล้เคียงกัน ถ่านไม้โก่งกางเผาที่อุณหภูมิต่ำกว่าจึงมีค่าการดูดซับไอโอดีนต่ำกว่าในถ่านที่เผาที่อุณหภูมิสูงๆ

การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงในการเผาถ่านทำให้คาร์บอนอะตอมหลุดออกไปจากวัตถุมากขึ้นจึงเกิดรูพรุนด้วยกลไกที่ต่างๆ คือ การเปิดรูพรุนที่ปิด การทำให้รูพรุนขนาดเล็กใหญ่ขึ้น และการสร้างรูพรุนใหม่ ทำให้ถ่านมีรูพรุนและพื้นที่ผิวที่มีอิเล็กตรอนอิสระมากขึ้น (นภารัตน์, 2545) จึงทำให้มีค่าพื้นที่ผิวมากขึ้นและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการดูดซับ

ในงานวิจัยนี้ถ่านที่ถูกนำมาใช้ในการทดลองมีที่มาต่างกันคือ ถ่านไม้โก่งกางได้มาจากการเผาแบบไร้อากาศที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ผลิตขึ้นเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับครัวเรือนและร้านอาหาร สำหรับถ่านไม้ไผ่และยูคาลิปตัสถูกเผาที่อุณหภูมิมากกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ในถ่านไม้ไผ่นั้นเป็นการเผาโดยใช้เตาอิวาเตะซึ่งเป็นเทคโนโลยีการเผาแบบญี่ปุ่น ถูกใช้ในเชิงพาณิชย์สำหรับนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ แต่สำหรับในถ่านไม้ยูคาลิปตัสเผาแบบไร้อากาศในเตาอิฐ

จากอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาถ่านไม้ที่นำมาใช้ในการทดลองนี้เป็นช่วงอุณหภูมิเดียวกันกับการผลิตถ่านกัมมันต์แบบวิธีการกระตุ้นทางกายภาพ บุญรักษ์ (2551) กล่าวว่า วิธีการผลิตถ่านกัมมันต์สามารถสามารถทำได้ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งกระบวนการผลิตมีสองวิธีคือ การกระตุ้นทางกายภาพ (Physical Reactivation) และการกระตุ้นทางเคมี (Chemical Reactivation) โดยการกระตุ้นทางกายภาพนั้นวัตถุดิบจะถูกเปลี่ยนสภาพให้กลายเป็นถ่านคาร์บอน

โดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 700 – 800 องศาเซลเซียสในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนเพื่อไม่ให้วัสดุเกิด การลุกไหม้และเพื่อกำจัดสารอื่นๆออกไปด้วย จากนั้นนำถ่านคาร์บอนที่ได้ไปกระตุ้นด้วยความร้อน อุณหภูมิประมาณ 900 – 1,100 องศาเซลเซียสในสภาวะที่มีไอน้ำหรือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

หากพิจารณาจากข้อมูลที่ได้กล่าวมานั้นจะสามารถระบุได้ว่าถ่านที่นำมาใช้ในการ ทดลองนี้มีลักษณะเป็นถ่านกัมมันต์ แต่เมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติด้านอื่นของผงถ่านแล้วพบว่า ค่า การดูดซับ ไอโอดีนของถ่านไม้ที่ใช้ในการทดลอง มีคุณสมบัติไม่เพียงพอที่จะเป็นถ่านกัมมันต์ เนื่องจากมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์น้อยกว่า 600 mg ตามมาตรฐานของ มอก.900-2547 ตารางที่ 10 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) และค่าพื้นที่ผิว 950 – 1200 ตารางเมตรต่อกรัม (ศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพถ่านกัมมันต์, 2554)

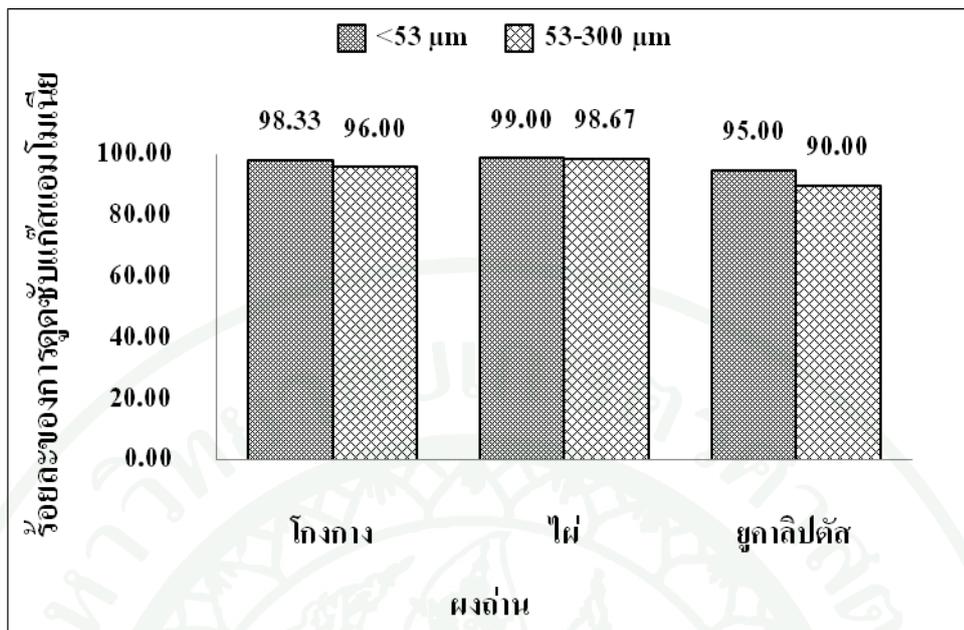
ตารางที่ 10 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของถ่านกัมมันต์ชนิดผง

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	ค่าไอโอดีนไม่น้อยกว่า	600
2	ความหนาแน่นปรากฏ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	0.20 ถึง 0.75

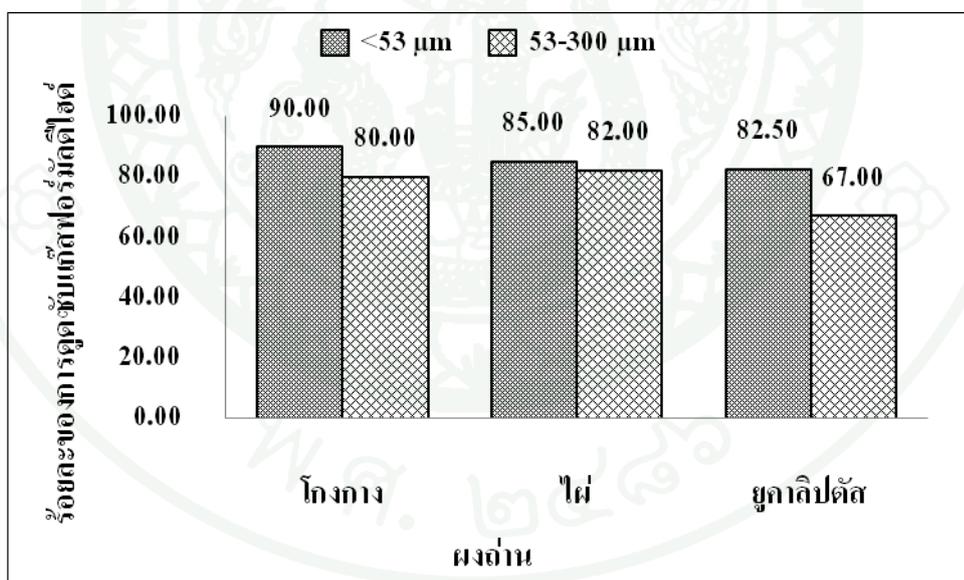
ที่มา: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ถ่านกัมมันต์ มอก. 900 – 2547 (2547)

2. ประสิทธิภาพการดูดซับกลิ่นของผงถ่าน

การทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับแก๊สต่อปริมาณผงถ่าน 1 กรัม เพื่อเป็นการคัดเลือกชนิด ผงถ่านที่จะนำไปทำการขึ้นรูปผลิตเป็นแผ่นดูดซับในขั้นต่อไป ภาพที่ 14 และ 15 แสดง ประสิทธิภาพการดูดซับแก๊สแอมโมเนียและฟอร์มาลดีไฮด์ตามลำดับ



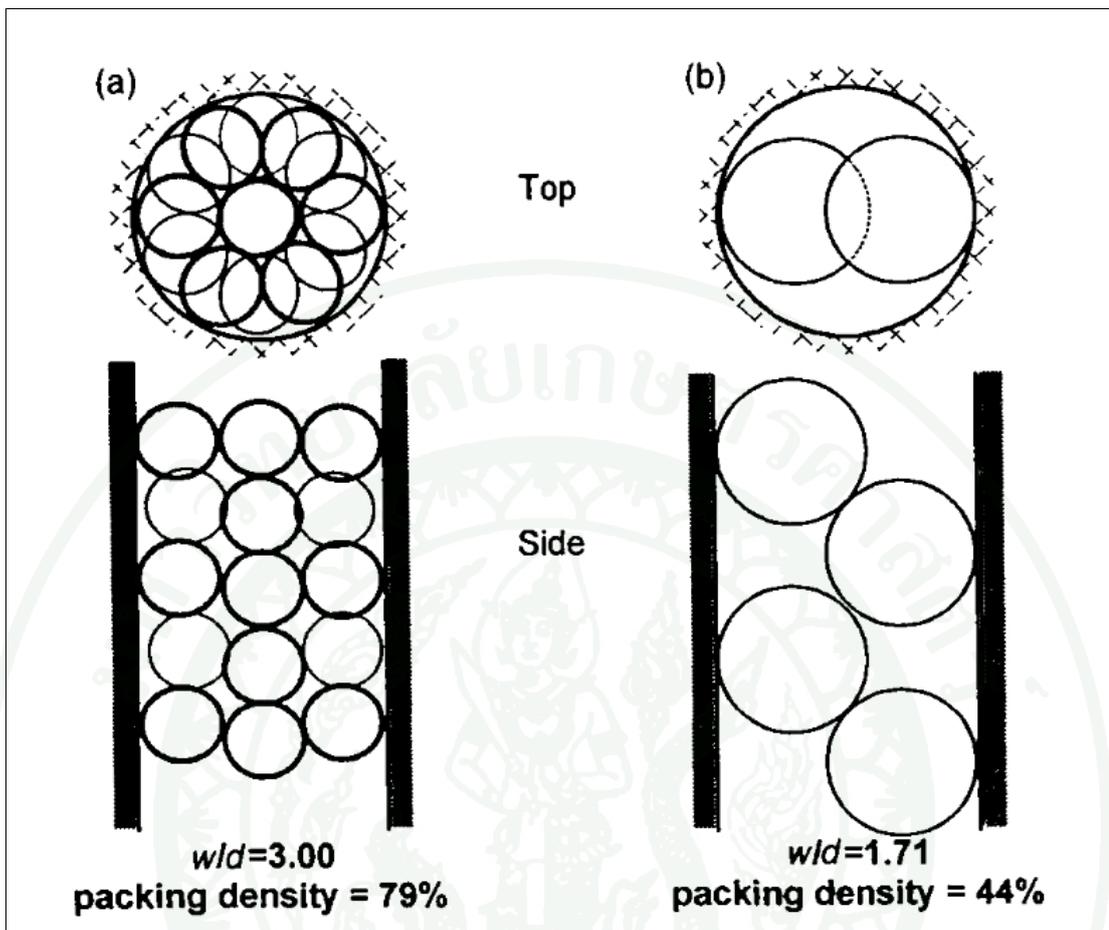
ภาพที่ 14 ประสิทธิภาพการดูดซับแก๊สแอมโมเนียของผงถ่าน



ภาพที่ 15 ประสิทธิภาพการดูดซับแก๊สฟอร์มัลดีไฮด์ของผงถ่าน

ประสิทธิภาพการดูดซับแก๊สของผงถ่านทั้งสามชนิดให้ผลการดูดซับที่ดี ผงถ่านไม้โกงกาง ไม้ไผ่และยูคาลิปตัสขนาดน้อยกว่า 53 ไมโครเมตรสามารถดูดซับแก๊สแอมโมเนียได้ 98.33 99.00 และ 95.00 เปอร์เซ็นต์การดูดซับ ขนาด 53-300 ไมโครเมตรนั้นดูดซับได้ 96.00 98.67 และ 90.00 เปอร์เซ็นต์การดูดซับตามลำดับ ส่วนการดูดซับแก๊สฟอร์มัลดีไฮด์นั้นผงถ่านไม้โกงกาง ไม้ไผ่และยูคาลิปตัสขนาดน้อยกว่า 53 ไมโครเมตรสามารถดูดซับได้ 90.00 85.00 และ 82.50 เปอร์เซ็นต์การดูดซับ ขนาด 53-300 ไมโครเมตรดูดซับได้ 80.00 82.00 และ 67.00 เปอร์เซ็นต์การดูดซับ

ประสิทธิภาพการดูดซับแก๊สแอมโมเนียสูงกว่าฟอร์มัลดีไฮด์เพราะ โมเลกุลของแอมโมเนีย มีขนาดเล็กกว่าโมเลกุลของ ฟอร์มัลดีไฮด์จึงสามารถมีความหนาแน่นในการบรรจุโมเลกุล (Packing density) ลงในรูพรุน ได้มากกว่า เช่นจากการศึกษาการบรรจุโมเลกุลลงในรูพรุนทรงกระบอก (Francoise *et al*, 1999) พบว่าข้อสำคัญในการบรรจุโมเลกุลนั้นมีอยู่สองสิ่งคือ ความกว้างและรูปร่างของรูพรุนนั้น ภาพที่ 16 บ่งชี้ถึงผลของขนาดรูที่มีต่อความหนาแน่นในการบรรจุโมเลกุลทรงกลมซึ่ง แสดงออกเป็นร้อยละของความหนาแน่นในการบรรจุ จากภาพจะเห็นว่าที่ความกว้างของรูพรุน เท่ากันแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่กว่านั้นทำให้ร้อยละของความหนาแน่น ในการบรรจุ (percentage of packing density) ลดลง



ภาพที่ 16 การจำลองการบรรจุโมเลกุลทรงกลมลงในช่องแคบของรูพรุนทรงกระบอก

ที่มา: Francoise *et al.* (1999)

เมื่อพิจารณาที่ชนิดของผงถ่านพบว่าถ่านไม้โกงกางและไผ่มีประสิทธิภาพการดูดซับที่ใกล้เคียงกันและสูงกว่าถ่านไม้ยูคาลิปตัส อาจเนื่องมาจากลักษณะทางกายภาพของรูพรุนของผงถ่านที่มีความคล้ายคลึงกันคือมีลักษณะที่เปิดกว้างของรูพรุนจึงมีโอกาที่จะทำให้โมเลกุลของแก๊สเกิดการสัมผัสได้มากกว่าและสามารถเกิดการดูดซับได้หลายชั้น อีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ผงถ่านไม้โกงกางสามารถดูดซับแก๊สได้มากนั้นคือความขรุขระของพื้นผิว ซึ่งความขรุขระของพื้นผิวเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มพื้นที่สัมผัสมากขึ้น ในถ่านไม้ยูคาลิปตัสถึงแม้จะมีค่าพื้นที่ผิวเฉพาะและความพรุนอยู่มากแต่ลักษณะของรูพรุนที่ยาวและแคบคล้ายกับลักษณะของหลอดอาจไม่เอื้ออำนวยต่อการดูดซับ ทั้งนี้ด้วยลักษณะของรูพรุนที่มีความคอดและความตันที่ใช้ในการทดลองอาจต่ำเกินไปที่จะทำให้เกิดแรงดันที่สามารถผลักเอาโมเลกุลของแก๊สให้เข้าไปอยู่ภายในรูพรุน แคบๆ ได้จึงทำให้การ

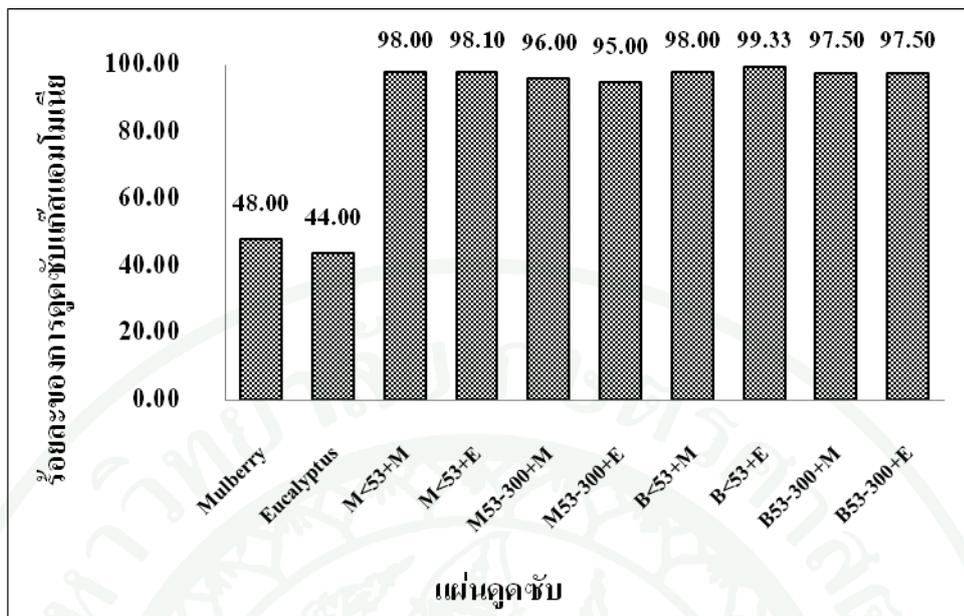
คูดซัซที่เกิซขึ้นกับผงถ่านยูคาลิปตัสนั้นเป็นเพียงแถ่การสัมผัสกับพื้นที่ผิว ส่วนผนังของรูพรุนและพื้นที่ผิวบริเวณปากรูพรุนเท่านั้นทำให้ประสิทธิภาพการคูดซัซเก็สมีค่าน้อยกว่าผงถ่านชนิดอื่น

ในส่วนของขนาดอนุภาคผงถ่านที่แตกต่างกันนั้น ผงถ่านขนาดน้อยกว่า 53 ไมโครเมตรให้ประสิทธิภาพการคูดซัซที่สูงกว่าขนาดระหว่าง 53-300 ไมโครเมตร เนื่องจากขนาดที่เล็กกว่าทำให้มีปริมาณพื้นที่ผิวโดยรวมมากกว่าส่งผลให้มีประสิทธิภาพการคูดซัซที่ดีกว่า เนื่องจากการลดขนาดของตัวคูดซัซเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวหรือเพิ่มปริมาณของเนื้อวัสดุส่วนที่สามารถสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอก เพราะปฏิกิริยาทางกายภาพและเคมีส่วนใหญ่ที่เกิซขึ้นกับวัสดุจะเกิซขึ้นที่ผิวก่อน หากวัสดุใดมีพื้นที่ผิวมากขึ้นปฏิกิริยาจะเกิซได้เร็วขึ้น(สุรศักดิ์, 2545)

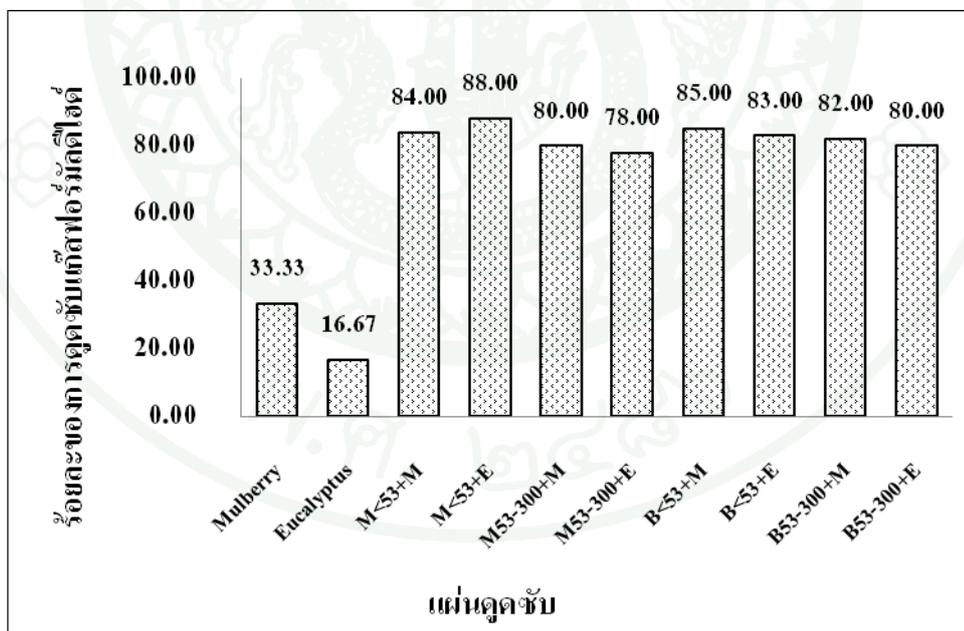
3. ประสิทธิภาพของแผ่นคูดซัซ

3.1 แผ่นคูดซัซที่ผลิตจากห้องปฏิบัติการ

หลังจากได้ค่าประสิทธิภาพการคูดซัซของผงถ่านแล้วจึงเลือกนำผงถ่านไม้โกงกางและไผ่มาขึ้นรูปร่วมกับเยื่อกระดาษสองชนิดคือปอสา (Mulberry) และยูคาลิปตัส (Eucalyptus) แล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพการคูดซัซเก็สของแผ่นคูดซัซที่ผลิตจากห้องปฏิบัติการ เกณฑ์ในการพิจารณาเลือกแผ่นคูดซัซชนิดที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดคือ เลือกจากชนิดที่ให้ผลการคูดซัซได้ดีสำหรับเก็สทั้งสองชนิด ทั้งนี้เพื่อให้การนำแผ่นคูดซัซที่ผลิตได้เกิดประโยชน์สูงสุด เมื่อนำไปใช้งานจริงโดยไม่มีวามเงาะงในการคูดซัซ ผลที่ได้แสดงในภาพที่ 17 และ 18 แผ่นคูดซัซชนิดที่ให้ประสิทธิภาพในการคูดซัซเก็สแอมโมเนียและฟอร์มาลดีไฮด์สูงสุดยังคงเป็นชนิดที่ขึ้นรูปจากผงถ่านขนาดน้อยกว่า 53 ไมโครเมตร ขั้นตอนการผสมและขึ้นรูปมีส่วนทำให้สูญเสียปริมาณผงถ่านไปบางส่วนเนื่องจากทะลุผ่านตาข่ายพลาสติกที่ใช้ในการขึ้นรูป แต่ประสิทธิภาพการคูดซัซเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพการคูดซัซของผงถ่านแล้วลดลงไปประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น จึงทำให้ทราบว่เยื่อกระดาษมีความสามารถในการใช้เป็นตัวประสานเพื่อให้เกิดการยึดเกาะกับผงถ่านและมีผลต่อการคูดซัซ



ภาพที่ 17 ประสิทธิภาพการดูดซับแก๊สแอมโมเนียของแผ่นดูดซับที่ผลิตจากห้องปฏิบัติการเทียบกับเชื้อกระดาษปล้ำ



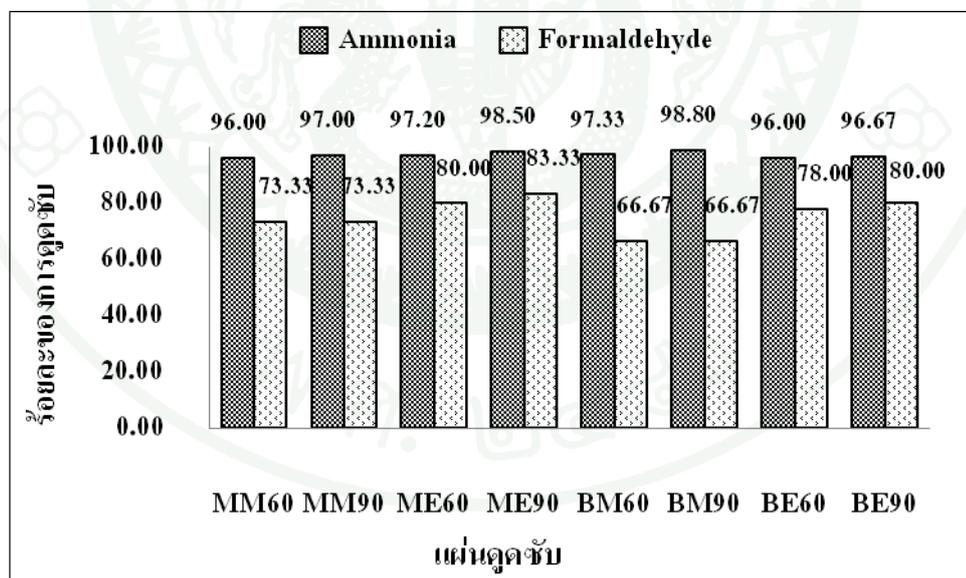
ภาพที่ 18 ประสิทธิภาพการดูดซับแก๊สฟอร์มัลดีไฮด์ของแผ่นดูดซับที่ผลิตจากห้องปฏิบัติการเทียบกับเชื้อกระดาษปล้ำ

3.2 แผ่นดูดซับที่ผลิตร่วมกับโรงงาน

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการดูดซับที่ได้จากแผ่นดูดซับที่ผลิตจากห้องปฏิบัติการ จึงเลือกแผ่นดูดซับชนิด M<53+M M<53+E B<53+M และ B<53+E ขึ้นรูปร่วมกับทางโรงงานโดยใช้วิธีขึ้นเยื่อแบบเปียกตามวิธีการผลิตแผ่นกระดาษ โดยทำที่ความหนา 60 และ 90 แกรม และเปลี่ยนชื่อชนิดของแผ่นดูดซับใหม่ดังนี้ MM60 MM90 ME60 ME90 BM60 BM90 BE60 และ BE90 ตามลำดับ

3.2.1 การดูดซับแก๊สแอมโมเนียและแก๊สฟอร์มัลดีไฮด์

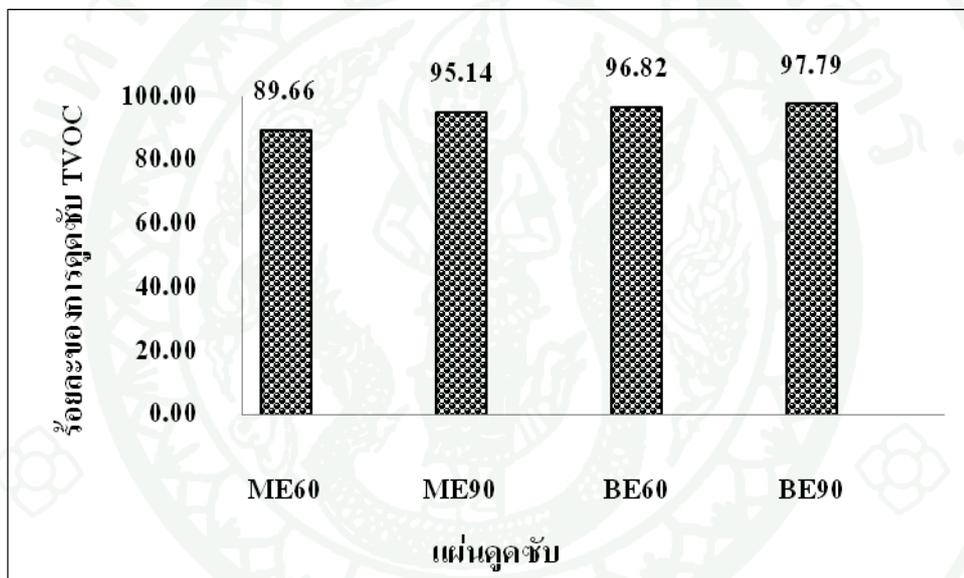
ประสิทธิภาพการดูดซับเมื่อเทียบกับแผ่นดูดซับที่ขึ้นรูปในห้องปฏิบัติการพบว่า การดูดซับแก๊สแอมโมเนียลดลงไป 1-3 เปอร์เซ็นต์ แก๊สฟอร์มัลดีไฮด์ 3-20 เปอร์เซ็นต์ แต่หากพิจารณาโดยภาพรวมจากภาพที่ 19 แผ่นดูดซับชนิด ME60 ME90 BE60 และ BE90 ให้ประสิทธิภาพการดูดซับที่สูงสุด จากนั้นจึงนำแผ่นดูดซับทั้งหมดนี้ไปทดสอบค่าการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยในชั้นต่อไป



ภาพที่ 19 ประสิทธิภาพการดูดซับแก๊สแอมโมเนียและฟอร์มัลดีไฮด์ของแผ่นดูดซับที่ผลิตจากโรงงาน

3.2.2 การดูดซับสารอินทรีย์ระเหยจากสีน้ำอะคริลิก

จากการนำแผ่นดูดซับทั้ง 4 ชนิดทดสอบการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยจากสีน้ำอะคริลิกด้วยวิธี Thermal Extractor ผลที่ได้แสดงตามภาพที่ 20 โดยเมื่อพิจารณาที่ชนิดของผงถ่านพบว่าทั้งผงถ่านไม้โกงกางและไฟให้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน ส่วนผลของชนิดเยื่อกระดาษที่ใช้พบว่าเยื่อคาลิปตัสเป็นปัจจัยที่ช่วยให้แผ่นดูดซับมีความสามารถในการดูดซับได้ดีกว่าเยื่อปอสา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเยื่อคาลิปตัสเป็นที่มีลักษณะเป็นเยื่อใยสั้น (short fiber) แต่มีความฟูและนุ่มไม่หยابกระด้างดังเช่นกรณีของเยื่อปอสาที่เป็นเยื่อใยยาว (long fiber) และปัจจัยเรื่องความหนาที่ต่างกันเพียง 30 แกรมนี้ให้ประสิทธิภาพที่ไม่ต่างกันมากนัก



ภาพที่ 20 ประสิทธิภาพการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยของแผ่นดูดซับ

ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวมที่ทำการตรวจวัดในงานวิจัยนี้คือผลรวมของปริมาณสารอินทรีย์ระเหยที่มีค่าอยู่ระหว่าง $C_6 - C_{16}$ (Hexane – Hexadecane) และสารอินทรีย์ระเหยที่ได้ทำการตรวจหาปริมาณการดูดซับอีก 5 ชนิด ได้แก่ เบนซีน โทลูอิน เอซิลเบนซีน ไซลีน และสไตรีน (Kim *et al*, 2006) ประสิทธิภาพการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยรวมจากสีน้ำอะคริลิกที่แผ่นดูดซับสามารถดูดซับไว้ได้นั้นแสดงข้อมูลดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ 11 รายการสารอินทรีย์ระเหยรวมและปริมาณที่แผ่นดูดซับชนิด ME60 สามารถดูดซับได้

	TVOC	mg/m ² *h
1	Acetonitrile (CAS); Methyl cyanide; Cyanomethane; Ethanenitrile; Ethyl nitrile; Methane, cyano-; Methanecarbonitrile; CH ₃ CN; Acetonitril; Cyanure de methyl; USAF ek-488; Methylcyanid; NA 1648; NCI-C60822; Rcra waste number U003; UN 1648; AN; Ethanonitrile	0.041
2	2-Propanol, 1-methoxy-; .alpha.-Propylene glycol monomethyl ether; Dowanol-33B; Dowtherm 209; 1-Methoxy-2-hydroxypropane; 1-Methoxy-2-propanol; 2-Methoxy-1-methylethanol; 1-Methoxypropan-2-ol; Propylene glycol monomethyl ether; Monopropylene glycol methyl	0.058
3	Toluene	0.018
4	Benzaldehyde (CAS); Phenylmethanal; Benzenecarbonal; Benzaldehyde FFC; Benzoic aldehyde; Artificial Almond Oil; Benzenecarboxaldehyde; Almond artificial essential oil; Phenylmethanal benzenecarboxaldehyde; Benzadehyde; NCI-C56133; Oil of Bitter Almond; Ar	0.013
5	Benzaldehyde, 4-[[[(4-methyl)phenylamino]carbonylmethoxy]-; 2-(4-Formylphenoxy)-N-(4-methylphenyl)acetamide #	0.018
6	Nonadecane, 3-methyl- (CAS); 3-Methylnonadecane	0.018
7	MYRISTIC ACID, OCTYL ESTER	0.048
8	1-(2'-DIMETHYLAMINOETHYL)-1,2,3,4-TETRAHYDROSPHINOLINE 1-SULPHIDE; 1(2H)-Phosphinolineethanamine, 3,4-dihydro-N,N-dimethyl-, 1-sulfide (CAS)	0.028
9	3-Quinolinecarboxylic acid, 6,7-difluoro-1,4-dihydro-4-oxo-, ethylester	0.013
10	Phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methyl- (CAS); 4-Methyl-2,6-di-tert-butylphenol; BHT; P 21; CAO 3; AO 29; CAO 1; AO 4K; DBPC; P 21 \$; 2,6-DI-TERT-4-METHYLPHENOL; Buks; Ionol; Ionole; Deenax; Dalpac; Stavox; Vianol; Topanol; Ionol 1; Dibunol; Ionol CP	0.216

ตารางที่ 11 (ต่อ)

	TVOC	mg/m ² *h
11	N-Methyl-1-adamantaneacetamide; 2-(1-Adamantyl)-N-methylacetamide #	0.004
12	PENTAN-1,3-DIOLDIISOBUTYRATE, 2,2,4-TRIMETHYL-; 1,3-Di(isobutoxycarbonyl)-2,4,4-trimethylpentane; 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentenediol diisobutyrate; Propanoic acid, 2-methyl-, 2,2-dimethyl-1-(1-methylethyl)-1,3-propanediyl ester; 1,3-Pentenediol, 2,2,4-trimethyl-	0.391
	Total	0.865

ตารางที่ 12 รายการสารอินทรีย์ระเหยรวมและปริมาณที่ผ่านจุดซับซ้อน ME90 สามารถดูดซับได้

	TVOC	mg/m ² *h
1	Cyclopropane carboxamide, 2-cyclopropyl-2-methyl-N-(1-cyclopropylethyl)- Benzene, methyl- (CAS); Toluene; CP 25; Methylbenzene; Toluol; Methacide; Antisal 1a; Methylbenzol; Phenylmethane; METHYLBENZENE(TOLUENE); Benzene, methyl; Methane, phenyl-; NCI-C07272; Toluene; Toluen; Toluolo; Rera waste number U220; Toluol; UN 1294;	0.016
2	Butane, 1,1'-oxybis- (CAS); n-Butyl ether; 1-Butoxybutane; Di-n-butyl ether; Butyl ether; Dibutyl ether; Dibutyl oxide; n-Dibutyl ether; 1,1'-Oxybisbutane; Butyl oxide; di-butyl ether; 1,1'-Oxybis[butane];	0.014
3	(n-C4H9)2O; Ether butylique; UN 1149; bis(n-Butyl (3,5-Di-tert-butyl-2-hydroxyphenyl)ester of tert-Butylphosphonic acid; Phosphonic acid, (1,1-dimethylethyl)-, mono[3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-2-	0.054
4	hydroxyphenyl] ester (CAS)	0.019
5	Nonadecane, 3-methyl-; 3-Methylnonadecane Azetidine; Azacyclobutane; Azete, tetrahydro-; Trimethylenimine; 1,3-	0.030
6	Propylenimine; Trimethylene imine	0.050

ตารางที่ 12 (ต่อ)

	TVOC	mg/m ² *h
7	Eicosane, 2-methyl-; 2-Methyleicosane; 2-Methylcosane #	0.020
8	N-Methyl-1-adamantaneacetamide; 2-(1-Adamantyl)-N-methylacetamide #	0.021
9	N-Methyl-1-adamantaneacetamide; 2-(1-Adamantyl)-N-methylacetamide #	0.013
10	N-Methyl-1-adamantaneacetamide; 2-(1-Adamantyl)-N-methylacetamide # Phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methyl- (CAS); 4-Methyl-2,6-di-tert-butylphenol; BHT; P 21; CAO 3; AO 29; CAO 1; AO 4K; DBPC; P 21 \$; 2,6-DI-TERT-4-METHYLPHENOL; Buks; Ionol; Ionole; Deenax; Dalpac;	0.014
11	Stavox; Vianol; Topanol; Ionol 1; Dibunol; Ionol CP	0.067
12	TRANS-2,3-METHYLENEDIOXY-B-METHYL-B-NITROSTYRENE	0.003
13	3-Quinolinecarboxylic acid, 6,7-difluoro-1,4-dihydro-4-oxo-, ethylester	0.002
14	3-Quinolinecarboxylic acid, 6,7-difluoro-1,4-dihydro-4-oxo-, ethylester	0.003
15	Borane, diethyl[1-ethyl-2-(methoxymethyl)-1-butenyl]-, (Z)-; Diethyl[(1Z)-1-ethyl-2-(methoxymethyl)-1-butenyl]borane #	0.254
	Total	0.580

ตารางที่ 13 รายการสารอินทรีย์ระเหยรวมและปริมาณที่แผ่นดูดซับชนิด BE60 สามารถดูดซับได้

	TVOC	mg/m ² *h
1	Acetonitrile (CAS); Methyl cyanide; Cyanomethane; Ethanenitrile; Ethyl nitrile; Methane, cyano-; Methanecarbonitrile	0.013
2	8.alpha.,12-Epoxy-13,14,15,16,17,19-hexanorlabdane; Naphtho[2,1-b]furan, dodecahydro-6,9a-dimethyl-, [3aS-(3a.alpha.,5a.alpha.,6.alpha.,9a.beta.,9b.alpha.)]- (CAS)	0.007
3	4-Phenyl-12-oxa-4-azatricyclo[5.4.1.0(2,6)]dodec-9-ene-3,5-dione	0.005
4	2,3-dihydro-6-(trifluoromethyl)-7-methoxy-1H-benz[e]isoindol-1-one; 1H-Benz[e]isoindol-1-one, 2,3-dihydro-7-methoxy-6-(trifluoromethyl)- (CAS)	0.006
5	2,9-Diacetyl-5,6,11-trimethyl-5H-benzo[b]carbazole	0.008
6	3-Quinolinecarboxylic acid, 6,7-difluoro-1,4-dihydro-4-oxo-, ethylester	0.010

ตารางที่ 13 (ต่อ)

	TVOC	mg/m ² *h
7	Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester; 3,3-Diethoxy-1,1,1,5,5,5-hexamethyltrisiloxane; Diethyl bis(trimethylsilyl) orthosilicate #	0.009
8	PENTAN-1,3-DIOLDIISOBUTYRATE, 2,2,4-TRIMETHYL-; 1,3-Di(isobutoxycarbonyl)-2,4,4-trimethylpentane; 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate; Propanoic acid, 2-methyl-, 2,2-dimethyl-1-(1-methylethyl)-1,3-propanediyl ester; 1,3-Pentanediol, 2,2,4-trimethyl-	0.616
	Total	0.674

ตารางที่ 14 รายการสารอินทรีย์ระเหยรวมและปริมาณที่ผ่านจุดซับชนิด BE90 สามารถดูดซับได้

	TVOC	mg/m ² *h
1	Acetonitrile (CAS); Methyl cyanide; Cyanomethane; Ethanenitrile; Ethyl nitrile; Methane, cyano-; Methanecarbonitrile; CH ₃ CN; Acetonitril; Cyanure de methyl; USAF ek-488; Methylcyanid; NA 1648; NCI-C60822; Rera waste number U003; UN 1648; AN; Ethanonitrile	0.031
2	Propanoic acid, 2-methyl-, 1-(1,1-dimethylethyl)-2-methyl-1,3-propanediyl ester; 1-[2-(Isobutyryloxy)-1-methylethyl]-2,2-dimethylpropyl 2-methylpropanoate #	0.572
	Total	0.604

เมื่อนำผลการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยรวมมาเปรียบเทียบกับปริมาณสารอินทรีย์ระเหยกลุ่ม เบนซีน (Benzene) โทลูอิน (Toluene) เอทิลเบนซีน (Ethylbenzene) และไซลีน (Xylene) เรียกรวมโดยย่อว่า BTEX เป็นสารอินทรีย์ระเหยง่ายในกลุ่มของสารไฮโดรคาร์บอน เป็นสารเคมีที่มีการใช้มากที่สุดกลุ่มหนึ่ง (เสาวนีย์และคณะ, 2552) ให้ผลการดูดซับดังนี้

ตารางที่ 15 กลุ่มสารอินทรีย์ระเหยที่แผ่นดูดซับสามารถดูดซับไว้ได้

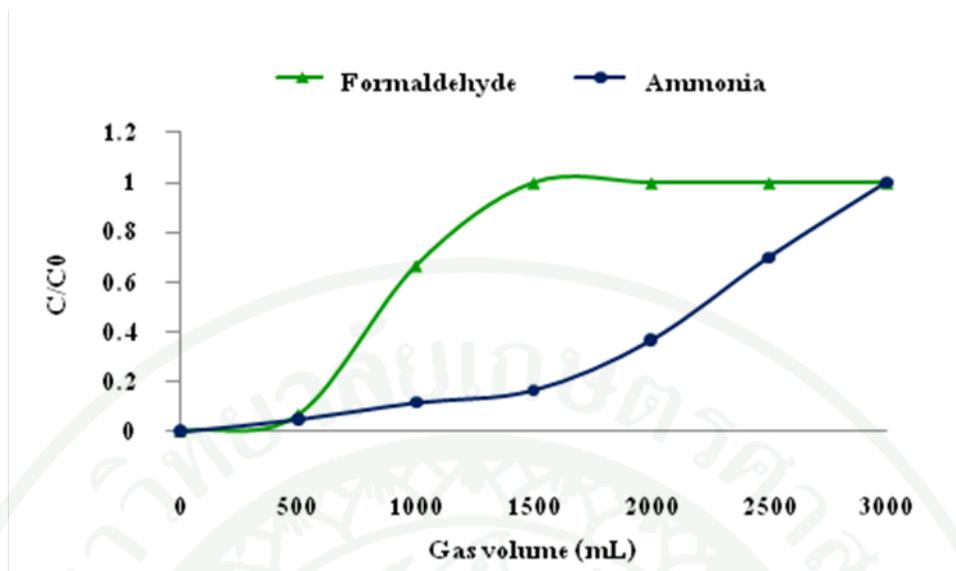
Absorbent sheet	TVOC (mg/m ² *h)	BTEX				Styrene (mg/m ² *h)
		Benzene (mg/m ² *h)	Toluene (mg/m ² *h)	Ethylbenzene (mg/m ² *h)	Xylene (mg/m ² *h)	
ME60	0.865	-	0.018	-	-	-
ME90	0.580	-	0.014	-	-	-
BE60	0.674	-	-	-	-	-
BE90	0.604	-	-	-	-	-

แผ่นดูดซับที่ขึ้นรูปจากผงถ่านไม้โกลกสามารถดูดซับโทลีนที่เป็นหนึ่งในสารกลุ่ม BTEX ได้ ซึ่งโทลีนนั้นใช้ประโยชน์เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรม สามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจและดูดซึมผ่านผิวหนังได้ เมื่อทดสอบความเป็นพิษพบว่า มีความเป็นพิษเฉียบพลันสูงกว่าเบนซีน ส่วนความเป็นพิษเรื้อรังจะก่อให้เกิดความไม่สัมพันธ์กันของการเคลื่อนไหว (Impairment of co-ordination) และระบบประสาทสัมผัสไม่ดี ซึ่งมีผลทำให้เกิดการอุบัติเหตุหกล้มได้ง่ายนอกจากนี้ยังก่อให้เกิดความระคายเคืองต่อผิวหนัง และผิวหนังอักเสบ (เสาวนีย์และคณะ, 2552)

จากผลการทดลองที่ผ่านมาทั้งหมดนั้นทำให้ตัดสินใจเลือกแผ่นดูดซับชนิดที่ขึ้นรูปจากผงถ่านไม้โกลกพร้อมกับเยื่อคาลิปัส (ME) มาพิจารณาต่อในเรื่องของวัตถุดิบและราคาเพื่อเปรียบเทียบถึงต้นทุนในการผลิต สิ่งที่มีความสำคัญในการเลือกชนิดของวัตถุดิบคือราคาของผงถ่าน ซึ่งถ่านไม้ไผ่ที่เลือกใช้นี้เป็นถ่านเกรดการค้ามีราคาสูงถึงกิโลกรัมละ 150 บาท แต่สำหรับถ่านโกลกนั้นเป็นถ่านที่ผลิตขึ้นเพื่อการใช้งานด้านการนำไปทำเป็นเชื้อเพลิงจึงทำให้มีราคาอยู่ที่กิโลกรัมละประมาณ 15 – 20 บาทเท่านั้น ด้วยสาเหตุนี้จึงเลือกแผ่นดูดซับชนิด ME90 ไปศึกษาความสามารถในการดูดซับ

4. การศึกษาความสามารถในการดูดซับ

เป็นการหาความสามารถของแผ่นดูดซับเทียบกับปริมาณแก๊สที่สามารถดูดซับไว้ได้ จนกระทั่งความสามารถในการดูดซับนั้นเริ่มหมดลงหรือมีแก๊สทะลุผ่านโดยไม่เกิดการดูดซับ (Breakthrough) เพื่อหาความเหมาะสมในการเปลี่ยนแผ่นดูดซับ มีผลการทดลองแสดงในภาพที่ 21



ภาพที่ 21 ความสามารถในการดูดซับของแผ่นดูดซับชนิด ME90

ดำเนินการตรวจวิเคราะห์ ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแก๊สกับความสามารถในการดูดซับของแผ่นดูดซับชนิด ME90 พบว่าความสามารถในการดูดซับลดลงที่ปริมาณแก๊สแอมโมเนียและแก๊สฟอร์มัลดีไฮด์เป็น 3,000 และ 1,500 มิลลิลิตรตามลำดับ เมื่อนำผลที่ได้มาคำนวณความสามารถในการดูดซับต่อ 1 กรัมแผ่นดูดซับพบว่า แผ่นดูดซับชนิด ME90 สามารถดูดซับแก๊สแอมโมเนียและฟอร์มัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 100 ppm ได้ 180.00 และ 63.33 มิลลิกรัมต่อกรัม

ทั้งนี้ ในการนำแผ่นดูดซับไปใช้งานจริงต้องพิจารณาในหลายๆด้านเช่น ความเข้มข้นของแก๊ส อัตราการไหลของอากาศ ณ บริเวณที่ใช้งาน เนื่องจากเป็นสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้ทำให้ค่าที่ได้จากการทดลองนั้นสามารถนำไปประมาณช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเปลี่ยนแผ่นดูดซับเท่านั้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การพัฒนาแผ่นดูดซับที่ผลิตจากผงถ่านและเยื่อกระดาษเพื่อการดูดซับกลิ่นภายในอาคาร โดยเลือกศึกษากลิ่นที่เกิดขึ้นภายในอาคาร 3 ชนิดคือ กลิ่นแอมโมเนีย ฟอรั่มัลดีไฮด์และสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยออกมาจากสีน้ำอะคริลิกชนิดทาภายใน

1. ผงถ่านที่ใช้ในการทดลอง

นำผงถ่านไม้สามชนิดได้แก่ โกงกาง ไม้ไผ่และยูคาลิปตัส มาบดและร่อนให้ได้สองขนาดคือน้อยกว่า 53 ไมโครเมตร และระหว่าง 53 - 300 ไมโครเมตร ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับแก๊สแอมโมเนียและฟอรั่มัลดีไฮด์แยกตามชนิดและขนาด พบว่าชนิดที่ให้ประสิทธิภาพสูงคือถ่านไม้ไผ่และ โกงกาง เพราะการศึกษาด้วยภาพจาก กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 600 เท่า ทำให้เห็นว่าลักษณะรูพรุนของถ่านยูคาลิปตัสไม่เอื้ออำนวยต่อการดูดซับแก๊ส เพราะมีขนาดรูที่แคบและลึก ถึงแม้จะมีปริมาณพื้นที่ผิวจำเพาะอยู่มากก็ตาม ในด้านขนาดของผงถ่านพบว่าขนาดน้อยกว่า 53 ไมโครเมตรให้ประสิทธิภาพดูดซับที่ดีกว่า เนื่องจากขนาดเล็กทำให้มีพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับแก๊สที่ใช้ในการทดลองได้มากกว่า และ ค่าการดูดซับไอโอดีนที่ได้จากการทดลองนั้นมีค่าสอดคล้องกับค่าพื้นที่ผิวเฉพาะ ค่าการดูดซับไอโอดีนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการเผาเพิ่มขึ้น ผงถ่านไม้ไผ่และยูคาลิปตัสมีการเผาที่อุณหภูมิเท่ากันคือมากกว่า 1,000 องศาเซลเซียส จึงทำให้มีค่าการดูดซับไอโอดีนที่ใกล้เคียงกัน ถ่านไม้โกงกางใช้อุณหภูมิในการเผาที่ต่ำกว่าจึงให้ค่าการดูดซับไอโอดีนที่ต่ำกว่า ดังนั้นอุณหภูมิในการเผาถ่านไม้จึงส่งผลต่อค่าการดูดซับไอโอดีนของผงถ่านด้วย

2. การขึ้นรูปแผ่นดูดซับ

ในงานวิจัยนี้แบ่งการขึ้นรูปเป็น 2 แบบคือ ขึ้นรูปเองที่ห้องปฏิบัติการและขึ้นรูปร่วมกับทางโรงงานโดยใช้เยื่อปอสาและยูคาลิปตัสเป็นตัวประสานในอัตราส่วนผงถ่านต่อเยื่อกระดาษเป็น 1 : 1 แยกตามชนิดผงถ่าน ขนาดผงถ่านและชนิดเยื่อกระดาษ

3. ประสิทธิภาพการดูดซับแก๊สแอมโมเนียและฟอร์มาลดีไฮด์

แผ่นดูดซับที่ขึ้นรูปได้จากห้องปฏิบัติการชนิดที่ให้ประสิทธิภาพการดูดซับดีในแก๊สทั้ง 2 ชนิด ยังคงเป็นชนิดที่ใช้ผงถ่านขนาดน้อยกว่า 53 ไมโครเมตรเช่นเดียวกับประสิทธิภาพที่ได้จากการใช้ผงถ่านปริมาณ 1 กรัมดูดซับ จึงคัดเลือกเอาเฉพาะแผ่นดูดซับชนิดที่ให้ผลการดูดซับได้ดีคือ $M < 53 + M$ $M < 53 + E$ $B < 53 + M$ และ $B < 53 + E$ ไปทำการขึ้นรูปร่วมกับทางโรงงานตามวิธีการเดียวกันกับการขึ้นรูปแผ่นกระดาษที่ความหนา 60 และ 90 แกรม จากนั้นเปลี่ยนชื่อแผ่นดูดซับใหม่เป็น MM60 MM90 ME60 ME90 BM60 BM90 BE60 และ BE90 ตามลำดับ ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของแผ่นดูดซับที่ขึ้นรูปจากโรงงานนั้นพบว่าชนิด ME60 ME90 BE60 และ BE90 ให้ประสิทธิภาพการดูดซับที่ดีทั้งสองชนิดของแก๊สที่ใช้ในการศึกษา ทำให้ทราบว่า เชื้อจุลินทรีย์เป็นปัจจัยที่ช่วยให้แผ่นดูดซับมีความสามารถในการดูดซับได้ดีกว่าเยื่อปอสา แต่ความหนาของแผ่นดูดซับให้ผลที่ไม่ต่างกันมากนัก

4. ประสิทธิภาพการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่าย

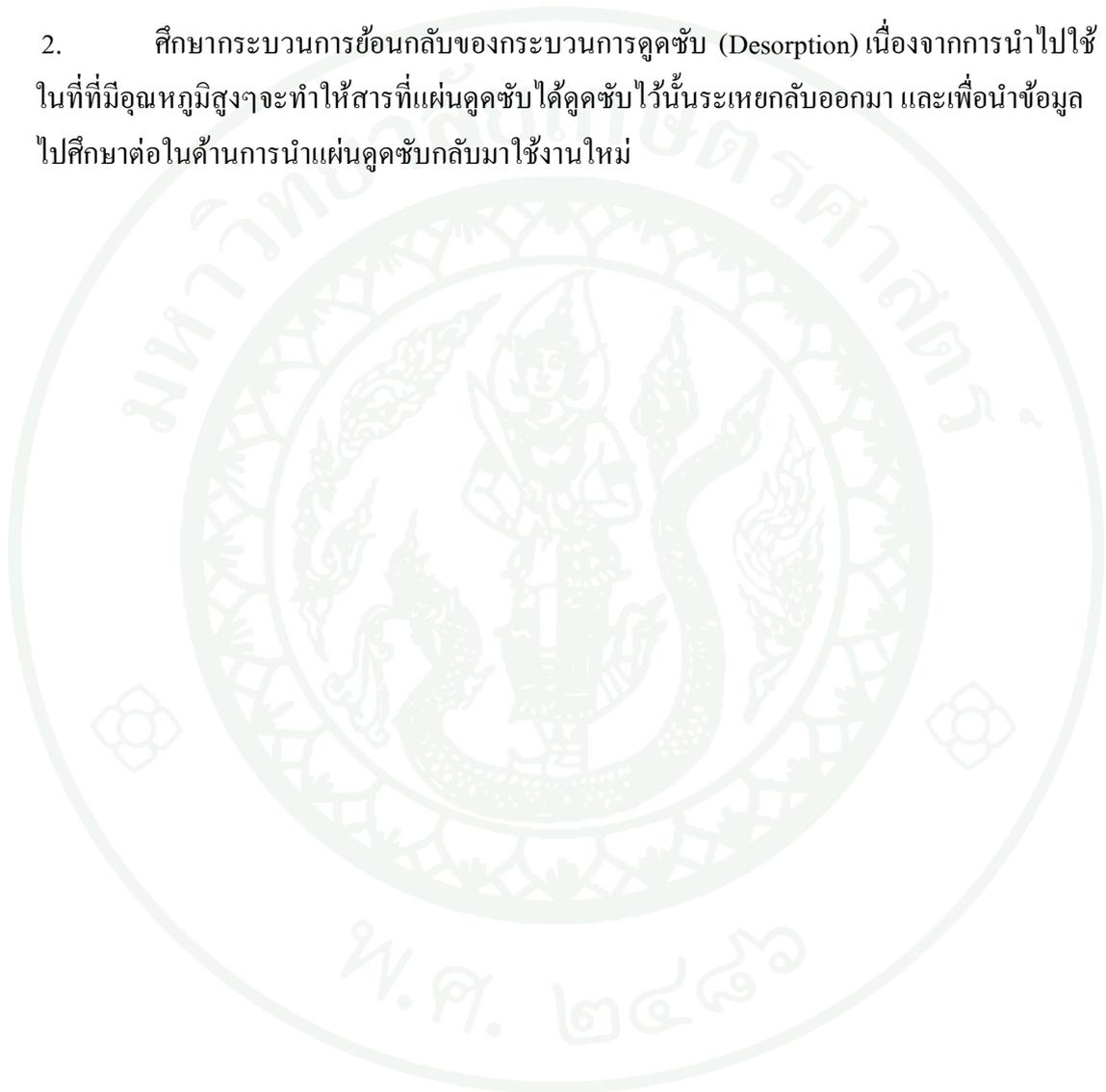
สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้จากสีทาบ้านชนิดสีน้ำอะคริลิกสำหรับทาภายใน ศึกษาโดยวิธีการ Thermal Extractor ผลการทดลองที่ได้มีแนวโน้มเดียวกับผลของแก๊สแอมโมเนียและฟอร์มาลดีไฮด์คือ ชนิดที่มีประสิทธิภาพดีในการดูดซับยังคงเป็นชนิด ME60 ME90 BE60 และ BE90 จึงเป็นการยืนยันได้ว่าแผ่นดูดซับที่ผลิตขึ้นนั้นมีความสามารถในการดูดซับกลิ่นที่เกิดขึ้นภายในอาคารได้ จึงพิจารณาเลือกชนิดแผ่นดูดซับโดยเปรียบเทียบราคาต้นทุนในการผลิตพบว่าชนิดที่ใช้ผงถ่านไม้โกลกามีต้นทุนที่ต่ำกว่า จึงเลือกแผ่นดูดซับชนิดที่ผลิตจากถ่านไม้โกลการ่วมกับเชื้อจุลินทรีย์เป็นต้นแบบในการนำไปพัฒนาต่อ

5. การศึกษาความสามารถในการดูดซับ

ในขั้นตอนการศึกษานี้ทำขึ้นเพื่อให้ได้ค่าที่สามารถนำไปคาดคะเนช่วงเวลาการเปลี่ยนแผ่นดูดซับในการใช้งานจริง เพราะในการนำไปใช้งานจริงนั้นมียุทธศาสตร์ต่างๆปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ขึ้นกับแต่ละพื้นที่และกิจกรรมของบริเวณที่นำแผ่นดูดซับนี้ไปใช้งาน จากผลการศึกษาที่ได้แผ่นดูดซับที่มีความหนา 90 แกรมสามารถดูดซับแก๊สแอมโมเนียและแก๊สฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้น 100 ppm ได้ 180.00 และ 63.33 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาความสัมพันธ์ของความขึ้นต่อประสิทธิภาพการดูดซับ เพื่อสามารถนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์ในการใช้งานจริงและทำให้คาดคะเนระยะเวลาในการเปลี่ยนแผ่นดูดซับได้
2. ศึกษากระบวนการย้อนกลับของกระบวนการดูดซับ (Desorption) เนื่องจากการนำไปใช้ในที่มีอุณหภูมิสูงๆจะทำให้สารที่แผ่นดูดซับได้ดูดซับไว้นั้นระเหยกลับออกมา และเพื่อนำข้อมูลไปศึกษาต่อในด้านการนำแผ่นดูดซับกลับมาใช้งานใหม่



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2544. **ปัญหาสารพิษในสิ่งแวดล้อม**. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
- กำเนิดชัย นุ้ยศิริกุล และ สมร หิรัญประดิษฐ์กุล. 2550. **การศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากเศษไม้ไผ่**. โครงการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2550. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
- จิรพรรณ กุลฉีก และ วิไลลักษณ์ ไทยอุตสาห์. 2531. **ศักยภาพตลาดส่งออกของผลิตภัณฑ์จากไม้ไผ่และหวาย**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชฎาภา ชยามานนท์. 2547. **การผลิตและศึกษาสารดูดซับจากโซลเจลสำหรับการดูดซับสารอินทรีย์ระเหย (VOCs)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ณัฐณรงค์ เอี่ยมมี. 2549. **การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดที่มีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ต่ำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธีระชัย จันทรเสนา. 2528. **การผลิตถ่านและคุณภาพของถ่านจากป่าไผ่ป่าชายเลนโดยใช้เตาอิฐขนาดเล็ก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นภารัตน์ จิวาลักษณ์. 2545. **การเตรียมและวัดสมบัติถ่านกัมมันต์จากถ่านหินลิกไนต์โดยวิธีการกระตุ้นทางกายภาพและทางเคมี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- นิพนธ์ กมลรัตนกุล และ พิพิธ สุภพิพัฒน์. 2519. **อุตสาหกรรมกระดาษและเยื่อ**. ธนาคารกสิกรไทย, กรุงเทพฯ.
- ปรีชญา ชัยสาร. 2551. **การพัฒนาตัวดูดซับเพื่อศึกษาการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- พุดินันท์ พึ่งวงศ์ญาติ. 2549. การเผาถ่านคุณภาพสูงปลอดสารมะเร็ง, น. 23-27. ใน คมสัน หุตะแพทย์, บรรณาธิการ. **เกษตรกรรมธรรมชาติ**. บริษัท รุ่งเรืองสาส์น การพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- พีระ ชนะชัย. 2548. การศึกษาการดูดซับของแก๊สที่อุณหภูมิคงที่และอัตราการคายตัวของแก๊สบนถ่านกัมมันต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไพฑูรย์ งามมุข 2548. การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่ายของแผ่นกรองผงถ่านกัมมันต์ในการฟนกลิ่นขนรอยนต์. สำนักอนามัย, กรุงเทพมหานคร.
- มนตรี สนิทประชากร. 2529. การพัฒนาวัตถุดิบเชื้อและกระดาษในประเทศไทย. **นรายงานการสัมมนาเรื่องการพัฒนาอุตสาหกรรมเชื้อและกระดาษในประเทศไทย** วันที่ 15 - 16 พฤษภาคม 2529. สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- ลัดดา จันทวาโร และ อัจฉรา สิม่วง. 2549. การศึกษาคุณสมบัติการดูดซับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายโดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- วรรณะ เจริญวรรัตน์. **มาตรการการลดสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระเหยจากแผ่นไม้ทดแทนไม้ธรรมชาติหรือมาตรการกีดกันสินค้า**. บทความวิชาการ. 21 มกราคม 2554.
- วิทยาลัยแพทยศาสตร์กรุงเทพมหานครและวชิรพยาบาล. **โรคร้ายจากการอยู่ในอาคาร (Sick Building Syndrome)**. แหล่งที่มา:
<http://www.vajira.ac.th/php/dl/journal/JournalSmall/SM5.pdf>, 7 พฤษภาคม 2554.
- ศันศินีย์ เพชรทองบุญ. 2548. การกำจัดฟอร์มัลดีไฮด์ในน้ำเสียจากโรงงานผลิตพลาสติก-เรซินด้วยกระบวนการชั้นตะกอนจุลินทรีย์ใไรอากาศแบบไหลขึ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมหวัง ขันตยานวงศ์. 2538. การทำไม้อบกาวอัดจากไม้ยางพารา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุชาดา อูชชิน, ขวัญชัย คูเจริญไพศาล และ วิเชียร กิจปรีชาวนิช. 2545. อิทธิพลของเชื้อรา *Humicola lanuginosa* ที่มีต่อการผลิตไซแลนเนสและเยื่อกระดาษขานอ้อย. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 27 น.

สุโรชนี สกุดดวงดี. 2545. การเตรียมถ่านกัมมันต์และการทดสอบความชอบในการดูดซับของ ถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มโดยใช้สารละลายซิงค์คลอไรด์ในการกระตุ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เสาวนีย์ เสมาทอง, ชนสร ต้นสูงฆาร, พรรณทิรา เกตุแก้ว, สิริลักษณ์ ถาวรวัฒน์, กัลยา ซาพวง, ปราลอบ พรหมล้วน และวรรณภา กุ่มจินดา. 2552. การวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่าย BTEX ในน้ำนมแม่เขตกรุงเทพมหานคร. วิทยาลัยวิทยาศาสตร์ สาธารณสุข, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อังคณา โพธิ์เจริญโยธิน. 2548. การผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำป้อนดื่มในพื้นที่ชนบทของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุไรวรรณ มณีโชติ. 2551. การใช้สาหร่ายฝักกาดเป็นตัวดูดซับสารประกอบฟีนอลในน้ำเสียจากโรงงานไม้ยางพารา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Aerías AQS IAQ Resource Center. **Total Volatile Organic Compound**. Available Source: <http://www.aerías.org/DesktopModules/ArticleDetail.aspx?articleId=131#voc-tvoc>, May 7, 2011.

Anonymous. 2004. **Provincial Standard of Zhejiang**. n.p.

Abe, I., T. Fukuhara, S. Iwasaki, K. Yasuda, K. Nakagawa, Y. Iwata, H. Kominami and Y. Kera. 2001. Development of a high density carbonaceous adsorbent from compressed wood **Carbon**. 39:1485-1490.

Akhtar, M., S. M. Hasany, M.I. Bhangar and S. Iqbal. 2006. Adsorption potential of Moringa oleifera pods for the removal of organic pollutants from aqueous solutions.

Journal of Hazardous Materials. 141: 546-556.

Arriagada, R., G. Bello, R. García, F. Rodríguez-Reinoso and A. Sepúlveda-Escribano. 2005. Carbon molecular sieves from hardwood carbon pellets. The influence of carbonization temperature in gas separation properties. **Microporous and Mesoporous Materials.** 81:161-167.

Asada, T., S. Ishihara, T. Yamane, A. Toba, A. Yamada and K. Oikawa, 2002. Science of bamboo charcoal: study on carbonizing temperature of bamboo charcoal and removal capability of harmful gases. **Journal of health science.** 48: 473-479.

Baileys, R. T., and P. R. Blankenhorn. 1982. Calorific and porosity development in carbonized wood. **Wood Sci.** 15:19-27.

Coasne, B., and R. J.-M. Pellenq. 2004. Grand canonical Monte Carlo simulation of argon adsorption at the surface of silica nanopores: Effect of pore size, pore morphology, and surface roughness. **Journal of chemical physics.** Available Source: http://jcp.aip.org/resource/1/jcpsa6/v120/i6/p2913_s1, April 19, 2011.

Department of Health and Human Services. **Ammonia Facts.** Available Source: <http://www.epi.state.nc.us/epi/oii/ammonia/ammonia.pdf>, December 7, 2010.

Francoise, R., R. Jean and S. Kenneth. 1999. **Adsorption by Powders and Porous Solids Principles Methodology and Applications.** Academic Press Publ., USA. 485p.

Guo, Y. and A. Rockstraw. 2006. Activated carbons prepared from rice hull by one-step phosphoric acid activation. **Microporous and Mesoporous Materials.** 100:12-19.

- Hameed, B.H. and F.B.M. Daud. 2008. 35H Adsorption studies of basic dye on activated carbon derived from agricultural waste: Hevea brasiliensis seed coat. **Chemical Engineering**. 139:48-55.
- Hameed, B.H., L.H. Chin and S. Rengaraj. 2008. 36H Adsorption of 4-chlorophenol onto activated carbon prepared from rattan sawdust. **Desalination**. 225:185-198.
- Ip, A., J. Barford and G. McKay, 2008. Production and comparison of high surface area bamboo derived active carbons. **Bioresource Technology**. 99: 8909–8916.
- Kalavathy, M. H., T. Karthikeyan, S. Rajgopal and L. R. Miranda. 2005. 39H Kinetic and isotherm studies of Cu(II) adsorption onto H₃PO₄-activated rubber wood sawdust. **Journal of Colloid and Interface Science**. 292:354-362.
- Kim, K., B. Lee, S. Kim, H. Kim, J. Yun, S. Yoo and J. Sohn. Reduction of VOC emission from natural flours filled biodegradable bio-composites for automobile interior. **Journal of Hazardous Materials**, xx, (2010), pp. xxx–xxx.
- Kim, S., J. Kim, H. Kim and S. Kim. Determination of formaldehyde and TVOC emission factor from wood-based composites by small chamber method. **Polymer Testing**, 25, (2006), pp. 605-614.
- Kurosaki, F., E. Kobayashi., K. Ishimaru., P. Bronsveld., T. Hata and Y. Imamura. 2003. Microstructure of wood charcoal prepared by flash heating. **Carbon**. 41: 3057-3062.
- Kyotani, T. 2000. Control of pore structure in carbon. **Carbon**. 38: 269-286
- United States Environmental Protection Agency. **An Introduction to Indoor Air Quality (IAQ)**. Available Source: <http://www.epa.gov/iaq/ia-intro.html>, May 7, 2011.

United States Environmental Protection Agency. **Formaldehyde**. Available Source:

<http://www.epa.gov/iaq/formalde.html>, May 7, 2011.

Utah State University. **Formaldehyde**. Available Source:

http://extension.usu.edu/files/publications/factsheet/FL_HH-04.pdf, May 7, 2011.

Wisconsin Department of Health Services. **Ammonia**. Available Source:

<http://www.dhs.wisconsin.gov/eh/air/fs/Ammonia.htm>, May 7, 2011.

Yrieix, C., A. Dulaurent, C. Laffargue, F. Maupetit, T. Pacary and E. Uhde. 2010. Characterization of VOC and formaldehyde emissions from a wood based panel: Results from an inter-laboratory comparison. **Chemosphere**. 79: 414–419







วว.

คำขอบริการที่ ทว. 234/53	ฝ่ายนวัตกรรมวัสดุ (สนว.)	ที่ ทป. 251/53
วันที่ 14 พฤษภาคม 2553		หน้า 1/11
รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์ ให้แก่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900		
ชื่อ/รหัสตัวอย่าง :-	ผงถ่านไม้อูกลิปดัส, ผงถ่านไม้ไผ่ และผงถ่านไม้โกงกาง	
ลักษณะตัวอย่าง :-	ผง	
วิธีทดสอบ/วิเคราะห์ :-	Surface Area Analysis (BET); Model: Autosorb 1	
ผลการทดสอบ/วิเคราะห์ :-		
<p>ผลวิเคราะห์พื้นที่ผิวของตัวอย่าง ผงถ่านไม้อูกลิปดัส, ผงถ่านไม้ไผ่ และผงถ่านไม้ โกงกาง รายละเอียดแสดงในหน้าที่ 2-11</p>		
ผู้ทดสอบ/วิเคราะห์	ผู้รับรอง	
 (นางปณิดา ทวีถาวร)	 (นางสุดิมา เอี่ยมโชติชวลิต) นักวิชาการ 10 รักษาการในตำแหน่ง ผู้อำนวยการฝ่ายนวัตกรรมวัสดุ	
ผู้ตรวจสอบ		
 (นางสาวศิริพร ลามเกียรติถาวร)		
FM-MID-GEN 02-01 แก้ไขครั้งที่ 2		
ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ/วิเคราะห์เท่านั้น ห้ามนำผลการทดสอบ/วิเคราะห์ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.		
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย <small>๓๕ หมู่ ๓ เขตคลองเตย กรุงเทพฯ ๑๐๑๑๐ โทรสาร ๐ ๒๖๒๖๑๑๐ โทร. (๖๖) ๐ ๒๕๕๗ ๙๐๐๐ โทรสาร ๐ ๒๕๕๗ ๙๐๐๙ E-mail : tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th</small>		



จ.จ.

คำขอบริการที่ ทว. 234/53
วันที่ 14 พฤษภาคม 2553

ฝายนวัตกรรมวัสดุ (ผนว.)

ที่ ทป. 251/53
หน้า 2/11

ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวของตัวอย่าง รายละเอียดแสดงในตารางข้างล่าง

ตัวอย่าง	พื้นที่ผิว		หมายเหตุ
	Single point BET (m ² /g)	Multipoint BET (m ² /g)	
ผงถ่านไม้ยูคาลิปตัส	71.74	77.48	หน้า 3-5
ผงถ่านไม้ไผ่	66.87	67.02	หน้า 6-8
ผงถ่านไม้โกงกาง	45.91	47.39	หน้า 9-11



สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
๓๕ หมู่ ๓ ถนนปทุมธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ๑๒๑๒๐
โทร: (๖๖) ๐ ๒๕๗๗ ๙๐๐๐ โทรสาร: ๐ ๒๕๗๗ ๙๐๐๙
E-mail: tistr@tistr.or.th Website: www.tistr.or.th

Date: 05/12/2010

Page 1

Quantachrome Corporation
 Quantachrome Autosorb Automated Gas Sorption System Report
 Autosorb for Windows® Version 1.19

ที่ ทพ. 251/53
 หน้า 3/11

Sample ID Eucalyptus Charcoal
 Description
 Comments
 Sample Weight 0.0518 g
 Adsorbate NITROGEN Outgas Temp 300.0 °C Operator rungrueang
 Cross-Sec Area 16.2 Å²/molecule Outgas Time 3.0 hrs Analysis Time 209.4 min
 NonIdeality 6.580E-05 P/Po Toler 0 End of Run 04/30/2010 12:37
 Molecular Wt 28.0134 g/mol Equil Time 3 File Name AS972333.RAW
 Station # 1 Bath Temp. 77.40

AREA-VOLUME-PORE SIZE SUMMARY

SURFACE AREA DATA

Multipoint BET..... 7.748E+01 m²/g
 Single Point BET..... 7.174E+01 m²/g
 Langmuir Surface Area..... 1.297E+02 m²/g
 t-Method External Surface Area..... 7.748E+01 m²/g
 t-Method Micro Pore Surface Area..... 0.000E+00 m²/g
 DR Method Micro Pore Area..... 1.172E+02 m²/g

PORE VOLUME DATA

t-Method Micro Pore Volume..... 0.000E+00 cc/g
 DR Method Micro Pore Volume..... 4.164E-02 cc/g
 HK Method Cumulative Pore Volume..... 2.915E-02 cc/g
 SF Method Cumulative Pore Volume..... 3.029E-02 cc/g

PORE SIZE DATA

DR Method Micro Pore Width 1.581E+02 Å
 DA Method Pore Diameter (Mode)..... 1.840E+01 Å
 HK Method Pore Width (Mode)..... 1.358E+01 Å
 SF Method Pore Diameter (Mode)..... 2.547E+01 Å

DATA REDUCTION PARAMETERS

Thermal Transpiration : ON
 Effective Molecule Diameter (D) 3.5400 Å
 Effective Cell Stem Inner Diameter (d) 4.0000 mm
 Last Po Acquired 783.92 mm Hg
 Additional Initialization Information Not Recorded.

BJH/DH Moving Average Size : 1

Interaction Constant (K) 2.9600 nm³ x kJ/mol



ว.ค.

พ.ศ. ๒๕๕๖

Date: 05/12/2010

Page 1

Quantachrome Corporation
 Quantachrome Autosorb Automated Gas Sorption System Report
 Autosorb for Windows® Version 1.19

ที่ ทพ. 251/53

หน้า 4/11

Sample ID	Eucalyptus Charcoal					
Description						
Comments						
Sample Weight	0.0518 g					
Adsorbate	NITROGEN	Outgas Temp	300.0 °C	Operator	rungrueang	
Cross-Sec Area	16.2 Å ² /molecule	Outgas Time	3.0 hrs	Analysis Time	209.4 min	
NonIdeality	6.580E-05	P/Po Toler	0	End of Run	04/30/2010 12:37	
Molecular Wt	28.0134 g/mol	Equil Time	3	File Name	AS972333.RAW	
Station #	1	Bath Temp.	77.40			

SINGLE POINT BET

Single point area = 71.74 m²/g at P/Po = 0.30109

CC.



Date: 05/12/2010

Page 1

Quantachrome Corporation
 Quantachrome Autosorb Automated Gas Sorption System Report
 Autosorb for Windows® Version 1.19

ที่ ทป. 251/53

หน้า 5/11

Sample ID Eucalyptus Charcoal
 Description
 Comments
 Sample Weight 0.0518 g
 Adsorbate NITROGEN Outgas Temp 300.0 °C Operator rungrueang
 Cross-Sec Area 16.2 Å²/molecule Outgas Time 3.0 hrs Analysis Time 209.4 min
 NonIdeality 6.580E-05 P/Po Toler 0 End of Run 04/30/2010 12:37
 Molecular Wt 28.0134 g/mol Equil Time 3 File Name AS972333.RAW
 Station # 1 Bath Temp. 77.40

MULTIPOINT BET

P/Po	Volume [cc/g] STP	1/(W((Po/P)-1))
4.9248e-02	10.6852	3.879E+00
7.8957e-02	14.5350	4.719E+00
1.0159e-01	16.1103	5.616E+00
1.2493e-01	17.0406	6.703E+00
1.5115e-01	18.8014	7.578E+00
1.7450e-01	19.8571	8.518E+00
2.0120e-01	20.4376	9.860E+00
2.2653e-01	20.9658	1.118E+01
2.5168e-01	21.4305	1.256E+01
2.7715e-01	22.9336	1.338E+01
3.0109e-01	23.5846	1.462E+01

Area = 7.748E+01 m²/g

Slope = 4.368E+01

Y - Intercept = 1.268E+00

Correlation Coefficient = 0.997700

C = 3.545E+01

Date: 05/12/2010

Page 1

Quantachrome Corporation
Quantachrome Autosorb Automated Gas Sorption System Report
Autosorb for Windows® Version 1.19

ที่ พ. 251/53

หน้า 6/11

Sample ID	Bamboo Charcoal				
Description					
Comments					
Sample Weight	0.0607 g				
Adsorbate	NITROGEN	Outgas Temp	300.0 °C	Operator	rungrueang
Cross-Sec Area	16.2 Å ² /molecule	Outgas Time	3.0 hrs	Analysis Time	89.9 min
NonIdeality	6.580E-05	P/Po Toler	0	End of Run	04/30/2010 15:40
Molecular Wt	28.0134 g/mol	Equil Time	3	File Name	AS972334.RAW
Station #	1	Bath Temp.	77.40		

AREA-VOLUME-PORE SIZE SUMMARY

SURFACE AREA DATA

Multipoint BET.....	6.702E+01	m ² /g
Single Point BET.....	6.687E+01	m ² /g
Langmuir Surface Area.....	1.013E+02	m ² /g
t-Method External Surface Area.....	3.798E+01	m ² /g
t-Method Micro Pore Surface Area.....	2.905E+01	m ² /g
DR Method Micro Pore Area.....	9.281E+01	m ² /g

PORE VOLUME DATA

t-Method Micro Pore Volume.....	1.513E-02	cc/g
DR Method Micro Pore Volume.....	3.298E-02	cc/g
HK Method Cumulative Pore Volume.....	3.062E-02	cc/g
SF Method Cumulative Pore Volume.....	3.096E-02	cc/g

PORE SIZE DATA

DR Method Micro Pore Width	7.418E+01	Å
DA Method Pore Diameter (Mode).....	1.740E+01	Å
HK Method Pore Width (Mode).....	1.358E+01	Å
SF Method Pore Diameter (Mode).....	2.538E+01	Å

DATA REDUCTION PARAMETERS

Thermal Transpiration : ON
Effective Molecule Diameter (D) 3.5400 Å
Effective Cell Stem Inner Diameter (d) 4.0000 mm
Last Po Acquired 781.88 mm Hg
Additional Initialization Information Not Recorded.

BJH/DH Moving Average Size : 1

Interaction Constant (K) 2.9600 nm³ x kJ/mol

๖๖.

Date: 05/12/2010

Page 1

Quantachrome Corporation
 Quantachrome Autosorb Automated Gas Sorption System Report
 Autosorb for Windows® Version 1.19

ที่ ทป. 251/53

หน้า 7/11

Sample ID	Bamboo Charcoal				
Description					
Comments					
Sample Weight	0.0607 g	Outgas Temp	300.0 °C	Operator	rungrueang
Adsorbate	NITROGEN	Outgas Time	3.0 hrs	Analysis Time	89.9 min
Cross-Sec Area	16.2 Å ² /molecule	P/Po Toler	0	End of Run	04/30/2010 15:40
NonIdeality	6.580E-05	Equil Time	3	File Name	AS972334.RAW
Molecular Wt	28.0134 g/mol	Bath Temp.	77.40		
Station #	1				

SINGLE POINT BET

Single point area = 66.87 m²/g at P/Po = 0.30175

ว.ว.



Date: 05/12/2010

Page 1

Quantachrome Corporation
Quantachrome Autosorb Automated Gas Sorption System Report
Autosorb for Windows® Version 1.19

ที่ พ. 251/53

หน้า 8/11

Sample ID Bamboo Charcoal
Description
Comments
Sample Weight 0.0607 g
Adsorbate NITROGEN Outgas Temp 300.0 °C Operator rungrueang
Cross-Sec Area 16.2 Å²/molecule Outgas Time 3.0 hrs Analysis Time 89.9 min
NonIdeality 6.580E-05 P/Po Toler 0 End of Run 04/30/2010 15:40
Molecular Wt 28.0134 g/mol Equil Time 3 File Name AS972334.RAW
Station # 1 Bath Temp. 77.40

MULTIPOINT BET

P/Po	Volume [cc/g] STP	1/(W((Po/P)-1))
5.0825e-02	17.5657	2.439E+00
7.5160e-02	18.3796	3.538E+00
1.0046e-01	18.8954	4.729E+00
1.2772e-01	19.4152	6.034E+00
1.5165e-01	19.7860	7.229E+00
1.7661e-01	20.1629	8.512E+00
2.0175e-01	20.4799	9.874E+00
2.2677e-01	20.7787	1.129E+01
2.5053e-01	21.4781	1.245E+01
2.7682e-01	21.7458	1.408E+01
3.0175e-01	22.0028	1.572E+01

Area = 6.702E+01 m²/g

Slope = 5.250E+01

Y - Intercept = 5.413E-01

Correlation Coefficient = 0.998801

C = 9.599E+01

๑๑.

พ.ศ. ๒๕๕๖

Date: 05/12/2010

Page 1

Quantachrome Corporation
Quantachrome Autosorb Automated Gas Sorption System Report
Autosorb for Windows® Version 1.19

ที่ พ.ล. 251/53

หน้า 9/11

Sample ID	Yeesarn Charcoal				
Description					
Comments					
Sample Weight	0.0433 g				
Adsorbate	NITROGEN	Outgas Temp	300.0 °C	Operator	rungrueang
Cross-Sec Area	16.2 Å ² /molecule	Outgas Time	3.0 hrs	Analysis Time	106.9 min
NonIdeality	6.580E-05	P/Po Toler	0	End of Run	05/07/2010 16:14
Molecular Wt	28.0134 g/mol	Equil Time	3	File Name	AS972335.RAW
Station #	1	Bath Temp.	77.40		

AREA-VOLUME-PORE SIZE SUMMARY

SURFACE AREA DATA

Multipoint BET.....	4.739E+01	m ² /g
Single Point BET.....	4.591E+01	m ² /g
Langmuir Surface Area.....	7.597E+01	m ² /g
t-Method External Surface Area.....	4.739E+01	m ² /g
t-Method Micro Pore Surface Area.....	0.000E+00	m ² /g
DR Method Micro Pore Area.....	6.405E+01	m ² /g

PORE VOLUME DATA

t-Method Micro Pore Volume.....	0.000E+00	cc/g
DR Method Micro Pore Volume.....	2.276E-02	cc/g
HK Method Cumulative Pore Volume.....	1.842E-02	cc/g
SF Method Cumulative Pore Volume.....	1.866E-02	cc/g

PORE SIZE DATA

DR Method Micro Pore Width	1.203E+02	Å
DA Method Pore Diameter (Mode).....	1.800E+01	Å
HK Method Pore Width (Mode).....	1.342E+01	Å
SF Method Pore Diameter (Mode).....	2.519E+01	Å

DATA REDUCTION PARAMETERS

Thermal Transpiration : ON
Effective Molecule Diameter (D) 3.5400 Å
Effective Cell Stem Inner Diameter (d) 4.0000 mm
Last Po Acquired 779.95 mm Hg
Additional Initialization Information Not Recorded.

BJH/DH Moving Average Size : 1

Interaction Constant (K) 2.9600 nm³ × kJ/mol

Date: 05/12/2010

Page 1

Quantachrome Corporation
 Quantachrome Autosorb Automated Gas Sorption System Report
 Autosorb for Windows® Version 1.19

ที่ ทป. 251/53

หน้า 10/11

Sample ID	Yeesarn Charcoal				
Description					
Comments					
Sample Weight	0.0433 g				
Adsorbate	NITROGEN	Outgas Temp	300.0 °C	Operator	rungrueang
Cross-Sec Area	16.2 Å ² /molecule	Outgas Time	3.0 hrs	Analysis Time	106.9 min
Nonideality	6.580E-05	P/Po Toler	0	End of Run	05/07/2010 16:14
Molecular Wt	28.0134 g/mol	Equil Time	3	File Name	AS972335.RAW
Station #	1	Bath Temp.	77.40		

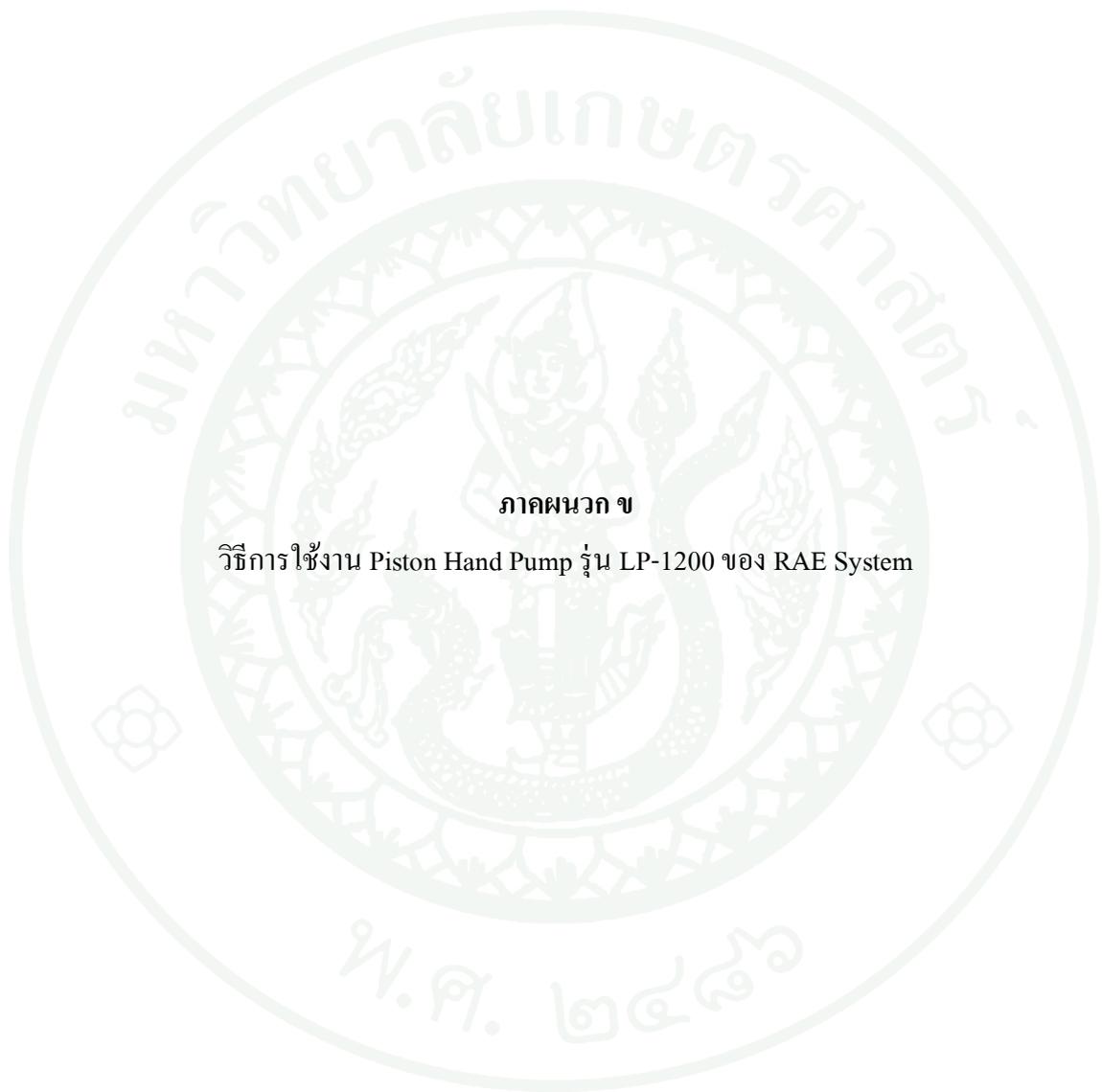
SINGLE POINT BET

Single point area = 45.91 m²/g at P/Po = 0.30098

จจ.



Date: 05/12/2010		Page 1	
Quantachrome Corporation Quantachrome Autosorb Automated Gas Sorption System Report Autosorb for Windows® Version 1.19			
		ที่ ทพ. 251/53 หน้า 11/11	
Sample ID	Yeesarn Charcoal		
Description			
Comments			
Sample Weight	0.0433 g	Outgas Temp	300.0 °C
Adsorbate	NITROGEN	Operator	rungrueang
Cross-Sec Area	16.2 Å ² /molecule	Outgas Time	3.0 hrs
NonIdeality	6.580E-05	P/Po Toler	0
Molecular Wt	28.0134 g/mol	Equil Time	3
Station #	1	Bath Temp.	77.40
Analysis Time	106.9 min	End of Run	05/07/2010 16:14
File Name	AS972335.RAW		
MULTIPOINT BET			
P/Po	Volume [cc/g] STP	1/(W((Po/P)-1))	
5.0555e-02	8.6747	4.911E+00	
7.6955e-02	10.2801	6.489E+00	
1.0132e-01	10.8053	8.348E+00	
1.2602e-01	11.4432	1.008E+01	
1.5133e-01	11.9050	1.198E+01	
1.7691e-01	12.2470	1.404E+01	
2.0001e-01	13.1243	1.524E+01	
2.2629e-01	13.5712	1.724E+01	
2.5164e-01	13.9726	1.926E+01	
2.7649e-01	14.3334	2.133E+01	
3.0098e-01	15.0892	2.283E+01	
Area = 4.739E+01 m ² /g			
Slope = 7.246E+01			
Y - Intercept = 1.028E+00			
Correlation Coefficient = 0.999599			
C = 7.152E+01			



ภาคผนวก ข

วิธีการใช้งาน Piston Hand Pump รุ่น LP-1200 ของ RAE System



RAE Systems Inc.
1339 Moffett Park Drive
Sunnyvale, CA 94089 USA
Tel: 1.408.752.0723
FAX: 1.408.752.0724

Detection Tube and LP-1200 Pump Operation & Maintenance Instructions



CAUTION:

- Wear safety glasses and gloves when opening tubes or handling open tubes with sharp edges.
- Always test the pump for leaks before use to ensure proper sample measurement.
- Dispose of spent tubes according to local regulations. Potentially hazardous materials are given under the section "Reaction Principle" supplied with each type of tube.



TUBE MEASUREMENTS

Testing Hand Pump for Leaks:

Insert an unopened tube snugly into the inlet of the aspirating pump. Pull the plunger one full stroke and wait 2 minutes. Rotate the plunger dot away from the pump-shaft alignment mark, and allow the plunger to be drawn back into the pump shaft. Keep your hand on the shaft to keep it from springing back too suddenly. There are no leaks if the plunger returns to within 3 mm of its original position.

Measurement Procedure:

1. Break both ends of a new detection tube using the tip breaker on the side of the pump. Insert the tube until it stops and then back off about 1 mm before breaking. The latter procedure allows the tip to fall into the tip reservoir at the end of the pump shaft.
2. Insert the tube securely into the rubber pump inlet with the tube arrow pointing towards the pump.
3. Select the sample volume desired and align the red dot on the plunger with the red line on the pump shaft. Pull the handle quickly until it latches at $\frac{1}{2}$ or 1 full stroke (50 or 100 mL) and wait for the indicated sampling time to allow the air to be drawn through the tube. Flow is complete when the end-of-flow indicator returns to its full brightness.
4. For additional pump strokes, rotate the handle $\frac{1}{4}$ turn left or right and push it back fully without removing the tube from the pump. Then repeat Step 3.

Reading Tubes:

1. Read the concentration directly from the scale printed on the tube. If a non-standard number of pump strokes was used for sampling, multiply the reading by the correction factor given on the tube data sheet.
2. Read the tube immediately after air sampling, as colors may change, fade, or disperse with time.
3. The reading is taken as the furthest distance along the tube that the color change just becomes visible. If the leading edge is diagonal instead of perpendicular to the axis of the tube, use the average value.
4. Check the data sheet supplied with each box of tubes and apply any CFs (Correction Factors) for temperature or humidity. Multiply the observed reading by the CF to obtain the true value.

PUMP MAINTENANCE (MODEL LP-1200)



Tube Tip Reservoir

Remove the tube tip reservoir cover as needed to empty the broken glass reservoir that is in the pump end fitting.

Pump Inlet and Filter

The rubber pump inlet can become worn with use and result in leaks. Unscrew the pump inlet nut and replace the rubber inlet. If the inlet is not replaced, inspect the inlet filter and replace or clean as necessary.

Pump Mechanism

1. The plunger gasket may leak if worn or not well lubricated. To replace the gasket, unscrew the pump end fitting on the handle side and pull the plunger out of the pump shaft. After replacing the gasket, carefully push the plunger back into the shaft; use a fine screwdriver or tweezers to help ease the gasket into the shaft. Lubricate the inside of the shaft with vacuum grease to ensure a good seal. **Caution:** Do not over tighten the plunger gasket. It could cause a sudden loss of vacuum.
2. The inlet check valve may cause leaks if worn or not lubricated. Unscrew the end fitting on the inlet side and pull out the disk-shaped rubber-inlet check valve. Replace as necessary adding a light coat of grease around the hole.
3. Replace the outlet check valve gasket if there is resistance on the return stroke. Using the special tool or needle-nose pliers, unscrew the plunger tip from the plunger rod. Replace the O-ring, check valve gasket as necessary, and reassemble.
4. Inspect the gasket ring in the inlet end fitting and replace if damaged before screwing the end fitting back on.





RAE Systems, Inc.
1339 Moffett Park Dr.
Sunnyvale, CA 94089 USA

Telephone 408-752-0723
Tube Orders 1-888-723-8823
Web www.raesystems.com

Gas Detection Tube Data Sheet

Ammonia NH₃

No. 10-100-15

	Extended Range	Standard Range	Extended Range
Range (ppmv)	12 - 250	25 - 500	50 - 1000
No. of Pump Strokes	2	1	0.5
Sample Volume (mL)	200	100	50
Sample Time (min)	2 x 1	1	1
Correction Factor	0.56	1	2

Precision (Relative Standard Deviation)*: $\leq \pm 12\%$

Linearity with No. of Pump Strokes: $r^2 = 0.998$

Humidity: No effect at 10 - 90% RH. At <5% RH multiply the reading by 0.8.

Temperature Range: 0 - 40°C
@ 50%RH (32 - 104°F)

Temp (°C/°F)	0/32	10/50	24/75	40/104
Corr. Factor	1.3	1.0	1.0	1.2

Storage Life: 2 years in darkness at 3 - 10°C (37 - 50°F). Refrigeration required.

Color Change: Purple → Beige

Reaction Principle: Prelayer reduces humidity effects
 $3\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$

Cross-sensitivity: Substance	Concentration (ppmv)	Apparent Reading*
Butylamine	300 [#]	200
Diethylamine	100 [#]	90
CO	250	0
CO ₂	50000	0
H ₂ S	250	0
SO ₂	500 [#]	0 [‡]
NO ₂	200	0
CH ₄	25000	0
Hexane	1500	0
Toluene	200	0
Isobutylene	5000	0

*Data based on RAE pumps and tubes used in standard range.

[#]At 50% RH. [‡]Reduces reading in mixtures

Other Possible Interferences: Amines and other bases

Caution: Dispose of spent or expired tubes according to local regulations.
Possibly hazardous materials are given under the section Reaction Principle.

File N:\Tubes\Data Sheets\New\NH3 100-15.Drv

Version 10/5/01



RAE Systems, Inc.
1339 Moffett Park Dr.
Sunnyvale, CA 94089 USA

Telephone 408-752-0723
Tube Orders 1-888-723-8823
Web www.raesystems.com

Gas Detection Tube Data Sheet

Formaldehyde HCHO No. 10-121-05

	Extended Range	Standard Range	Extended Range
Range (ppmv)		0.1 - 5	0.8 - 40
No. of Pump Strokes		5	1
Sample Volume (mL)		500	100
Sample Time (min)		5 x 2	2
Correction Factor		1	7.5

Precision (Relative Standard Deviation)*: $\leq \pm 20\%$

Linearity with No. of Pump Strokes: $r^2 > 0.995$

Humidity:

Humidity (RH)	<5%	30%	50%	80%
Corr. Factor	1.0	0.85	0.79	0.75

Temperature Range: 0 - 40°C
(32 - 104°F)

Temp (°C/°F)	0/32	10/50	20/68	30/86	40/104
Corr. Factor	1.27	1.10	1.0	0.87	0.79

Storage Life: 2 years in darkness at 5 °C (40 - 77°F). Refrigeration preferred.

Color Change: Yellow → Reddish brown

Reaction Principle: $3\text{HCHO} + (\text{NH}_2\text{OH})_3 \cdot \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{C}=\text{NOH} + 3\text{H}_2\text{O}$
 $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Base} \rightarrow \text{Phosphate (dye color change)}$

Cross-sensitivity: Substance	Concentration (ppmv)	Apparent Reading*
Acetaldehyde	3	3
Propionaldehyde	3	3
Acetone	3	Entire tube [#]
Methyl ethyl ketone	3	Entire tube [#]
CH ₄	25000	0
CO	500	0
CO ₂	1000	0
H ₂ S	100	0
SO ₂	100	0
Hexane	2000	0
Toluene	100	0
Isobutylene	100	0.5
Isopropanol	2000	0
Phenol	25	0
Styrene	20	0

*Data based on RAE pumps and tubes used in standard range.

[#] Faint brown color over entire stain length. 100 ppm gives stronger color.

Note: In dry air the background color may change: read only reddish-brown color.

Caution: Dispose of spent or expired tubes according to local regulations.
Possibly hazardous materials are given under the section Reaction Principle.

3.2.4 Reading Tubes

1. The concentration of the compound being measured is read directly from the scale printed on the tube.
2. The reading is taken as the furthest distance along the tube that the color change just becomes visible. If the leading edge is diagonal instead of perpendicular to the axis of the tube, use the average of the minimum and maximum values. The three tubes shown in Figure 3-4 are all read as 0.9.

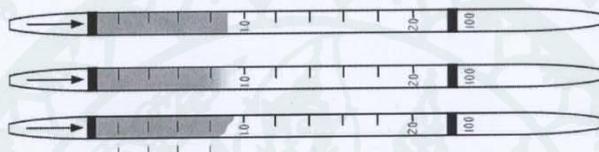


Figure 3-4. Reading of various types of endpoints after sampling.

3. Read the tube immediately after gas sampling, as colors may change, fade, or disperse with time.
4. If a non-standard number of pump strokes was used for sampling, multiply the reading by the Correction Factor given on the tube Data Sheet (Chapter 5).
5. If humidity and temperature corrections are necessary as indicated on the Data Sheets, multiply the observed readings by the given Correction Factor(s) (CF) to obtain the true concentration. For more details and a theoretical discussion, see Chapter 4.3 on the effects of humidity and temperature.
6. The user must be aware of potential interfering compounds in the tube measurements. Interferences can be either positive or negative.



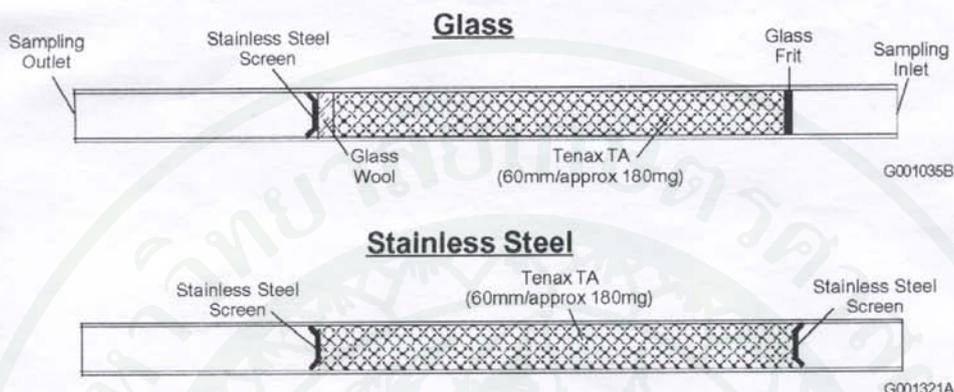
CAUTION: Always examine the data sheet and other available information for possible interferences. Failure to consider interferences may lead to dangerously inaccurate readings.

OPERATION



This Data Sheet Contains Important Information About The Product.

Thermal Desorption Sampling Tubes for Gerstel TDS2/TDSA 17.8cm length x 6mm OD x 4mm ID



Tenax® TA Adsorbent*

Tenax TA is a porous material based on 2,6-diphenylene oxide polymer. It is used to trap volatile and semivolatile compounds with an upper temperature limit of 320°C. The material has a low affinity for water or methanol. Water has a very low breakthrough value on Tenax adsorbents. Typically, a carbon molecular sieve is used as a backup adsorbent when sampling for very volatile analytes (i.e., smaller than dichloromethane).

Tube Storage

Tubes are conditioned in an oven at 320°C under inert gas flow for 8 hours before placement in the storage container provided. To prevent contamination of the adsorbent, do not expose to the environment before using. For best results, collected samples not analyzed immediately should be stored at reduced temperatures.

Sample Collection

Sample flow should be in the same direction as the arrow on the tube.

Thermal Desorption

Desorption flow must be in the direction opposite the sample collection flow, described above. Flash heating of the adsorbent tube is preferred to slow heating at lower temperatures.

Collection Tube Conditioning

We recommend that you recondition the tube before each use. Pass dry, oil vapor-free inert desorption gas through the tube at a flow rate of 30-40mL/min and heat the tube to approximately 10-15°C above the desorption temperature required for your application.

For more information about this product, or other adsorbent tubes, please call our Technical Service Department (800-359-3041 or 814-359-3041).

* Tenax is a registered trademark of Enka Research Institute Amhem.

T799023B
©1999 Sigma-Aldrich Co.

SUPELCO
Bellefonte, PA





ประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
เรื่อง ยกเลิกและกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
ฉบับที่ ๑๒๑๐ (พ.ศ. ๒๕๕๙)
ถ่านตุกกลิ้น

โดยที่คณะกรรมการพิจารณามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คณะที่ ๒ มีมติในการประชุมครั้งที่ ๑๐-๒/๒๕๕๙ เมื่อวันที่ ๒๔ เดือน มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๕๙ ให้ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านตุกกลิ้น เดิมและกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านตุกกลิ้น ขึ้นใหม่

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจึงออกประกาศยกเลิกประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ฉบับที่ ๑๘๖ (พ.ศ.๒๕๕๖) ลงวันที่ ๒๕ ธันวาคม ๒๕๕๖ และออกประกาศ กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านตุกกลิ้น มาตรฐานเลขที่ มผช.๑๘๐/๒๕๕๙ ขึ้นใหม่ ดังมีรายการ ละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลบังคับใช้นับแต่วันที่ประกาศ เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๒๕ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๙

ไพโรจน์ สัญญะเดชากุล
เลขาธิการสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มผช.๑๘๐/๒๕๕๙

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านดูดกลิ่น

๑. ขอบข่าย

- ๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมถ่านที่ใช้สำหรับดูดกลิ่น

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

- ๒.๑ ถ่านดูดกลิ่น หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำถ่านมาบดให้มีความละเอียดตามต้องการ อาจเติมสมุนไพรที่มีสมบัติในการดูดกลิ่น เช่น ชา สะเดา บรจจุในภาชนะบรรจุ หรืออัดเป็นรูปทรงต่างๆ หรือได้จากการนำผลไม้มาเผาในที่อับอากาศจนกลายเป็นถ่านโดยยังคงรูปทรงผลไม้ไว้เช่นเดิม

๓. ชนิด

- ๓.๑ ถ่านดูดกลิ่น แบ่งออกเป็น ๓ ชนิด คือ
- ๓.๑.๑ ถ่านบดดูดกลิ่น
 - ๓.๑.๒ ถ่านอัดดูดกลิ่น
 - ๓.๑.๓ ถ่านผลไม้ดูดกลิ่น

๔. คุณลักษณะที่ต้องการ

๔.๑ ลักษณะทั่วไป

- ๔.๑.๑ ถ่านบดดูดกลิ่น
ต้องมีลักษณะของถ่านเม็ดหรือถ่านผงที่ผสมกับสมุนไพรที่มีลักษณะเป็นชิ้นขนาดเล็กหรือเป็นผง ไม่มีสิ่งแปลกปลอม
- ๔.๑.๒ ถ่านอัดดูดกลิ่น
ต้องมีรูปทรงที่เหมาะสม อาจแตกหักได้บ้างเล็กน้อย
- ๔.๑.๓ ผลไม้เผาดูดกลิ่น
ต้องยังคงรูปทรงผลไม้ไว้เช่นเดิม อาจแตกหักได้บ้างเล็กน้อย มีสีน้ำตาล ไม่มีสิ่งแปลกปลอม

มพช.๑๘๐/๒๕๕๙

- ๕.๒ ค่าไอโอดีน
ต้องไม่น้อยกว่า ๑๕๐
- ๕.๓ ความชื้น
ต้องไม่เกินร้อยละ ๘ โดยน้ำหนัก

๕. การบรรจุ

- ๕.๑ ให้บรรจุถ่านดูดกลิ่นในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง เรียบร้อย และสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับถ่านดูดกลิ่นได้
- ๕.๒ น้ำหนักสุทธิหรือจำนวนชิ้นของถ่านดูดกลิ่นในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

๖. เครื่องหมายและฉลาก

- ๖.๑ ที่ภาชนะบรรจุถ่านดูดกลิ่นทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน
- (๑) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น ถ่านดูดกลิ่น ผลไม้เผาดูดกลิ่น ถ่านผสมสมุนไพรดูดกลิ่น
 - (๒) น้ำหนักสุทธิหรือจำนวนชิ้น
 - (๓) เดือน ปีที่ทำ
 - (๔) ชื่อนำมาในการใช้และการดูแลรักษา
 - (๕) ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๗. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- ๗.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ถ่านดูดกลิ่นชนิดเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน
- ๗.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้
- ๗.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๕. และข้อ ๖. จึงจะถือว่าถ่านดูดกลิ่นรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
 - ๗.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบค่าไอโอดีนและความชื้น ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๗.๒.๑ จำนวน ๓ ตัวอย่าง เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
 - ๗.๓ เกณฑ์ตัดสิน
ตัวอย่างถ่านดูดกลิ่นต้องเป็นไปตามข้อ ๗.๒.๑ และข้อ ๗.๒.๒ ทุกข้อ จึงจะถือว่าถ่านดูดกลิ่นรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

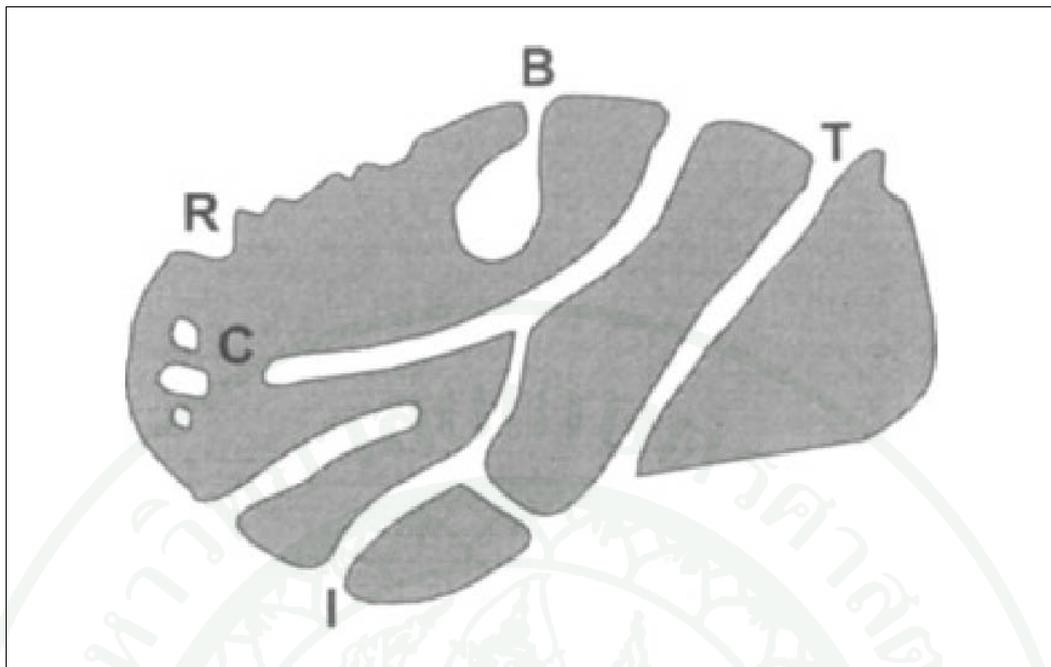
มผช.๑๘๐/๒๕๕๙

๘. การทดสอบ

- ๘.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก
ให้ตรวจพินิจ
- ๘.๒ การทดสอบค่าไอโอดีนและความชื้น
ให้ใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอานกัมมันต์ มาตรฐานเลขที่ มอก.๙๐๐
- ๘.๓ การทดสอบน้ำหนักสุทธิหรือจำนวนชิ้น
ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสมหรือใช้วิธีนับ



ภาคผนวก จ
ลักษณะรูพรุนและคำจำกัดความ



ภาพผนวกที่ ฉ1 ภาพตัดขวางของรูพรุนสมมติแสดงประเภทต่างๆของรูพรุน closed (C), blind (B), through (T), interconnected (I), together with some roughness (R)

ตารางผนวกที่ ฉ1 คำจำกัดความของประเภทรูพรุน

Term	Definition
Closed pore	Cavity not connected to the surface
Blind pore(Dead-end pore)	Pore with a single connection to the surface
Through pore	Pores which are open at both sides of a membrane or porous plug
Interconnected pore	Pore which communicates with other pores
Roughness pore	All cavities which are wider than they are deep



ภาคผนวก ข
การหาค่าการดูดซับไอโอดีน

วิธีหาค่าการดูดซับไอโอดีน

วิธีหาค่าการดูดซับไอโอดีน (Iodine Number) ด้วยวิธีมาตรฐาน ASTM D 4607 เริ่มจากนำ ถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการคัดขนาดตามที่สนใจแล้วมาทำการอบในเตาอบด้วยอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นชั่งถ่าน 1 กรัม เพื่อนำไปใส่ในขวดแก้วคอกว้าง (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำละลายกรดเกลือร้อยละ 5 จำนวน 10 มิลลิลิตร และทำการเขย่าขวดจนถ่านเปียกชุ่มทั้งหมด จากนั้นทำการต้มจนเดือดด้วยเวลา 30 วินาที ทิ้งให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วเติมน้ำละลายไอโอดีน 0.1 นอร์มอล จำนวน 100 มิลลิลิตร ทำการปิดจุกและเขย่าอย่างแรงเป็นเวลา 30 วินาที กรองที่ผ่านกระดาษกรอง ใช้น้ำที่กรองได้ในครั้งแรกประมาณ 20 - 30 มิลลิลิตรและเก็บน้ำกรองที่เหลือทั้งหมด ใช้น้ำเปิดดูดน้ำกรอง 50 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้วคอกว้างไทเทรตกับสารละลายโซอิคัลเฟตจนกระทั่งสีเหลืองจางจนเกือบขาว เติมน้ำแข็ง 1 มิลลิลิตร (จะได้สีน้ำเงินเข้มเกิดขึ้น) และไทเทรตต่อไปจนกระทั่งไม่มีสี บันทึกปริมาตร (มิลลิลิตร) ของโซอิคัลเฟตที่ใช้ไป ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ (I.N.) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{I.N.} = (X/m) D$$

$$\text{เมื่อ } X/m = \frac{A - [2.2B \times \text{ปริมาตร(มิลลิลิตร)ของสารละลายโซอิคัลเฟตที่ใช้}]}{\text{น้ำหนักของถ่านกัมมันต์ (กรัม)}}$$

$$A = 12,693 N_1$$

$$B = 126.93 N_2$$

$$N_1 = \text{นอร์มอลของสารละลายไอโอดีน}$$

$$N_2 = \text{นอร์มอลของสารละลายโซอิคัลเฟต}$$

$$D = \text{ตัวแก้ ซึ่งหาได้จากตาราง ทั้งนี้ต้องรู้ค่า C ก่อน}$$

$$C = (N_2/50) \times (\text{ปริมาตร(มิลลิลิตร)ของสารละลายโซอิคัลเฟตที่ใช้})$$

ตารางผนวกที่ ข1 Iodien Correction Factor (D)

Residual Filtrate Normality (C)	.0000	.0001	.0002	.0003	.0004	.0005	.0006	.0007	.0008	.0009
.0080	1.1625	1.1613	1.1600	1.1575	1.1550	1.1538	1.1513	1.1500	1.1475	1.1463
.0090	1.1438	1.1425	1.1400	1.1375	1.1363	1.1350	1.1325	1.1300	1.1288	1.1275
.0100	1.1250	1.1238	1.1225	1.1213	1.1200	1.1175	1.1163	1.1150	1.1138	1.1113
.0110	1.1100	1.1088	1.1075	1.1063	1.1038	1.1025	1.1000	1.0988	1.0975	1.0963
.0120	1.0950	1.0938	1.0925	1.0900	1.0888	1.0875	1.0863	1.0850	1.0838	1.0825
.0130	1.0800	1.0788	1.0775	1.0763	1.0750	1.0738	1.0725	1.0713	1.0700	1.0688
.0140	1.0675	1.0663	1.0650	1.0625	1.0613	1.0600	1.0588	1.0575	1.0563	1.0550
.0150	1.0538	1.0525	1.0513	1.0500	1.0488	1.0475	1.0463	1.0450	1.0438	1.0425
.0160	1.0413	1.0400	1.0388	1.0375	1.0375	1.0363	1.0350	1.0333	1.0325	1.0313
.0170	1.0300	1.0288	1.0275	1.0263	1.0250	1.0245	1.0238	1.0225	1.0208	1.0200
.0180	1.0200	1.0188	1.0175	1.0163	1.0150	1.0144	1.0138	1.0125	1.0125	1.0113
.0190	1.0100	1.0088	1.0075	1.0075	1.0063	1.0050	1.0050	1.0038	1.0025	1.0025
.0200	1.0013	1.0000	1.0000	0.9988	0.9975	0.9975	0.9963	0.9950	0.9950	0.9938
.0210	0.9938	0.9925	0.9925	0.9913	0.9900	0.9900	0.9888	0.9875	0.9875	0.9863
.0220	0.9863	0.9850	0.9850	0.9838	0.9825	0.9825	0.9813	0.9813	0.9800	0.9788
.0230	0.9788	0.9775	0.9775	0.9763	0.9763	0.9750	0.9750	0.9738	0.9738	0.9725
.0240	0.9725	0.9708	0.9700	0.9700	0.9688	0.9688	0.9675	0.9675	0.9663	0.9663
.0250	0.9650	0.9650	0.9638	0.9638	0.9625	0.9625	0.9613	0.9613	0.9606	0.9600
.0260	0.9600	0.9588	0.9588	0.9575	0.9575	0.9563	0.9563	0.9550	0.9550	0.9538
.0270	0.9538	0.9525	0.9525	0.9519	0.9513	0.9513	0.9506	0.9500	0.9500	0.9488
.0280	0.9488	0.9475	0.9475	0.9463	0.9463	0.9463	0.9450	0.9450	0.9438	0.9438
.0290	0.9425	0.9425	0.9425	0.9413	0.9413	0.9400	0.9400	0.9394	0.9388	0.9388
.0300	0.9375	0.9375	0.9375	0.9363	0.9363	0.9363	0.9363	0.9350	0.9350	0.9346
.0310	0.9333	0.9333	0.9325	0.9325	0.9325	0.9319	0.9313	0.9313	0.9300	0.9300
.0320	0.9300	0.9294	0.9288	0.9288	0.9280	0.9275	0.9275	0.9275	0.9270	0.9270
.0330	0.9263	0.9263	0.9257	0.9250	0.9250					

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวรัตนาภรณ์ เอกนุช
วัน เดือน ปี ที่เกิด	9 พฤษภาคม 2528
สถานที่เกิด	นครสวรรค์
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2550 จบการศึกษา วท.บ. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	พ.ศ.2551-2554 ดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การออกแบบและ พัฒนาผลิตภัณฑ์ผสมผงถ่านไม้ไผ่เพื่อดูดซับกลิ่นและ ความชื้น” ซึ่งได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก สำนักงาน กองทุนสนับสนุนการวิจัย (ฝ่ายอุตสาหกรรม) ภายใต้ โครงการ “โครงการทุนวิจัยมหัศจรรย์ สกว. (TRF- MRG, Master Research Grants)” ปีการศึกษา 2552 พ.ศ. 2552 ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการ ส่งเสริมการวิจัยร่วม แบบทวิภาคี (Bilateral Research Cooperation, BRC) ปี 2552 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์