

### บทที่ 3

#### ผลการศึกษา

การศึกษาคือความเป็นไปได้ของซังข้าวโพดในการดูดซับสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในน้ำทิ้งโดยงานวิจัยนี้เน้นศึกษาเฉพาะสารเพนตะคลอโรฟีนอล ซึ่งเป็นสารที่ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อรา และพบว่ามีในน้ำยารักษาเนื้อไม้ โดยตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการทดลองนี้ น้ำยารักษาเนื้อไม้จากโรงงานไม้ยางพารา ในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ซึ่งเก็บจากส่วนของการรักษาเนื้อไม้เป็นน้ำยารักษาเนื้อไม้ที่ผ่านการใช้งานมาหลายครั้ง มีสมบัติดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 สมบัติของน้ำเสียตัวอย่าง

สี	น้ำตาล
กลิ่น	มีกลิ่นฉุนและกลิ่นของไม้ยางพารารวมอยู่ด้วย
pH	8.13
อุณหภูมิ	28°C
COD	1920 mg/L
SS	235 mg/L
ความเข้มข้นของ PCP	117.24 mg/L

การนำซังข้าวโพดมาใช้เป็นตัวดูดซับสำหรับงานวิจัยได้แบ่งตัวดูดซับที่เตรียมเป็น 2 ชุด คือ ซังข้าวโพดที่ผ่านการปรับปรุงโดยการล้าง และถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากซังข้าวโพด

สภาพพื้นผิวตามธรรมชาติของซังข้าวโพดที่นำมาใช้เป็นวัสดุในการเตรียมตัวดูดซับมีสภาพเป็นกรดอ่อน (pH = 5.79) จากการทดสอบ โดยนำไปแช่น้ำกลั่นและทิ้งไว้ 2 คืน

จากการเตรียมตัวดูดซับ (Adsorbent) จากซังข้าวโพดด้วยวิธีการต่าง ๆ คุณสมบัติของตัวดูดซับที่ได้จากการเตรียมดังแสดงในตาราง 4

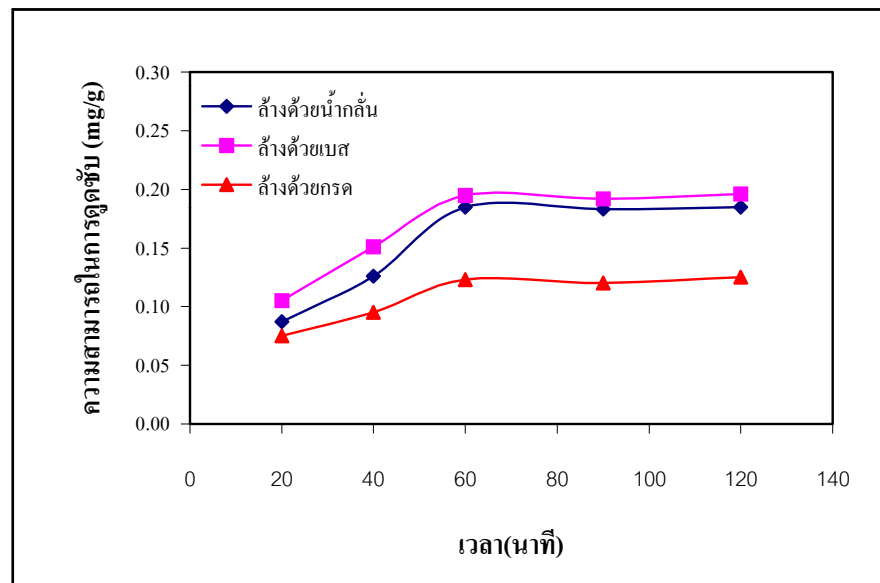
ตาราง 4 สมบัติของตัวดูดซับ

ชนิดตัวดูดซับ	ความชื้น (moisture content)	pH	พื้นที่ผิวจำเพาะ (m <sup>2</sup> /g)
ซังข้าวโพดที่ล้างด้วยน้ำกลั่น	6-7%	6.57	N/A
ซังข้าวโพดที่ล้าง 1.0 M กรดฟอสฟอริก	6-6.5%	3.15	N/A
ซังข้าวโพดที่ล้าง 0.1 M โซเดียมไฮดรอกไซด์	6-6.8%	8.10	1.86
ถ่านกัมมันต์	8-9%	3.05	526.47

N/A : ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ขนาดของตัวดูดซับที่ได้จากการล้างซังข้าวโพดด้วยน้ำกลั่น ล้างด้วย 1.0 M กรดฟอสฟอริก และล้างด้วย 0.1 M โซเดียมไฮดรอกไซด์ มีขนาดต่าง ๆ คือ <20 20/40 40/60 60/80 และ 80/100 เมช ส่วนถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากซังข้าวโพดมีลักษณะเป็นเกล็ด (Granular Activated Carbon) มีขนาด 40/100 เมช

ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับ โดยในส่วนแรกเป็นการหาเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับจากการทดสอบความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับขนาด 40/60 เมช ของตัวดูดซับที่เตรียมโดยการล้างด้วยน้ำกลั่น กรด และเบส เวลาที่เลือกคือเวลาที่ 60 นาที เนื่องจากเป็นเวลาที่การดูดซับเริ่มคงที่ดังในภาพประกอบ 3.1



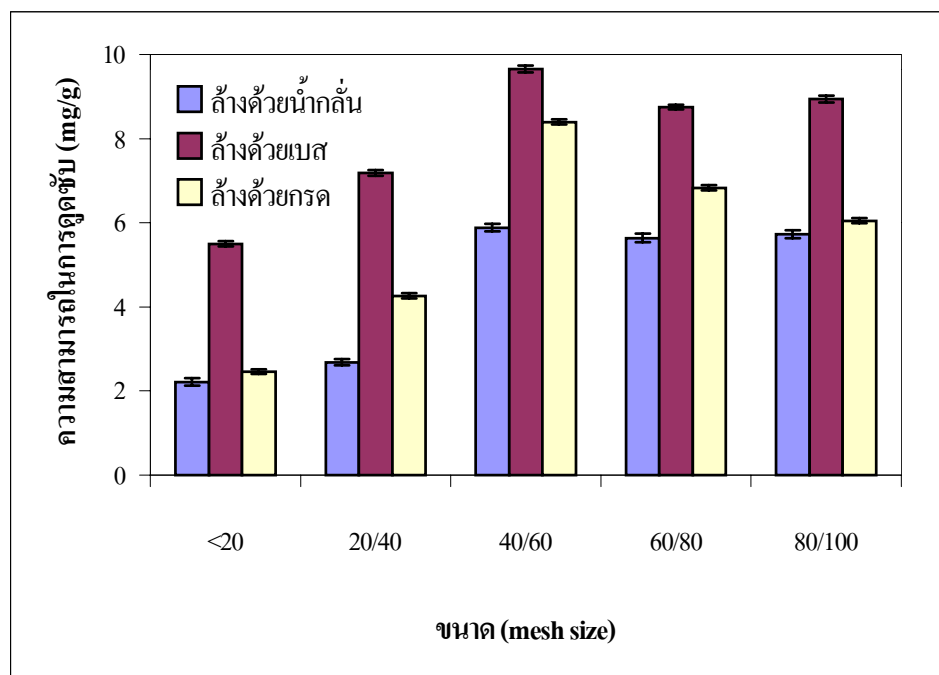
ภาพประกอบ 3.1 ความสามารถในการดูดซับ PCP ของซังข้าวโพดที่เวลาต่าง ๆ

### ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซับแบบกะ (Batch Test)

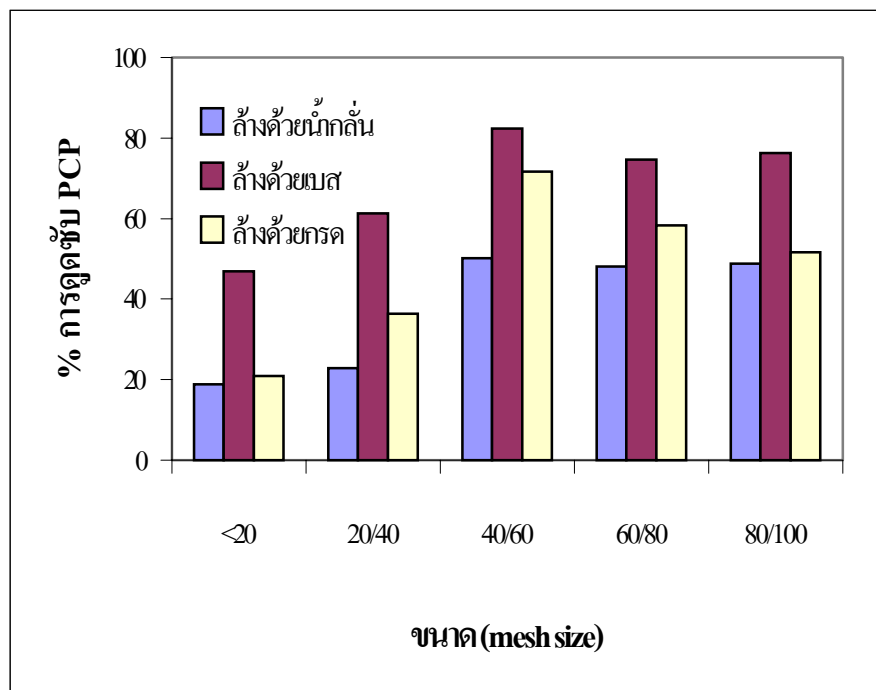
การทดสอบความสามารถในการดูดซับ PCP ของตัวดูดซับแต่ละชนิด ที่เวลา 60 นาที โดยใช้ดูดซับสารละลาย PCP ที่มีความเข้มข้น 10 mg/L เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับแต่ละแบบและแต่ละขนาด ซึ่งจากการทดลองพบว่าซังข้าวโพดที่ผ่านการล้างด้วยเบส จะมีความสามารถในการดูดซับได้มากกว่าซังข้าวโพดที่ล้างด้วยกรดและน้ำกลั่น ส่วนขนาดของซังข้าวโพดที่สามารถดูดซับ PCP ได้มากที่สุดคือขนาด 40/60 เมช ซึ่งจะให้ค่าการดูดซับดังนี้ 0.63 mg PCP/g ซังข้าวโพด 0.66 mg PCP/g ซังข้าวโพด และ 0.45 mg PCP/g ซังข้าวโพด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การดูดซับได้เป็น 65.60% , 62.50% และ 45.40% สำหรับซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบส น้ำกลั่น และกรด ตามลำดับ (ภาพประกอบ 3.2 และภาพประกอบ 3.3) สำหรับตัวดูดซับที่เป็นถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับ PCP ได้ 100% (ดูภาคผนวก ข)



จากการทดสอบความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับแบบต่าง ๆ โดยให้ดูดซับน้ำเสียตัวอย่างจากโรงงานซึ่งมีความเข้มข้นของ PCP 117.24 mg/L ปรากฏว่าแนวโน้มการดูดซับเป็นเช่นเดียวกับการทดสอบกับสารละลายมาตรฐานแต่ประสิทธิภาพในการดูดซับสูงขึ้นโดยที่ตัวดูดซับขนาด 40/60 เมช ซึ่งมีค่าความสามารถในการดูดซับมากที่สุดให้ค่าการดูดซับได้ดังนี้ 9.66 mg PCP /g ซังข้าวโพด 5.88 mg PCP/g ซังข้าวโพด และ 8.40 mg PCP/g ซังข้าวโพด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การดูดซับได้เป็น 82.40%, 50.15% และ 71.62% สำหรับซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบส น้ำกลั่น และกรด ตามลำดับ (ภาพประกอบ 3.4 และ 3.5) สำหรับตัวดูดซับที่เป็นถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับ PCP ได้ 11.15 mg PCP/g ถ่านกัมมันต์ หรือคิดเป็น 95.1% (ดูภาคผนวก ข)

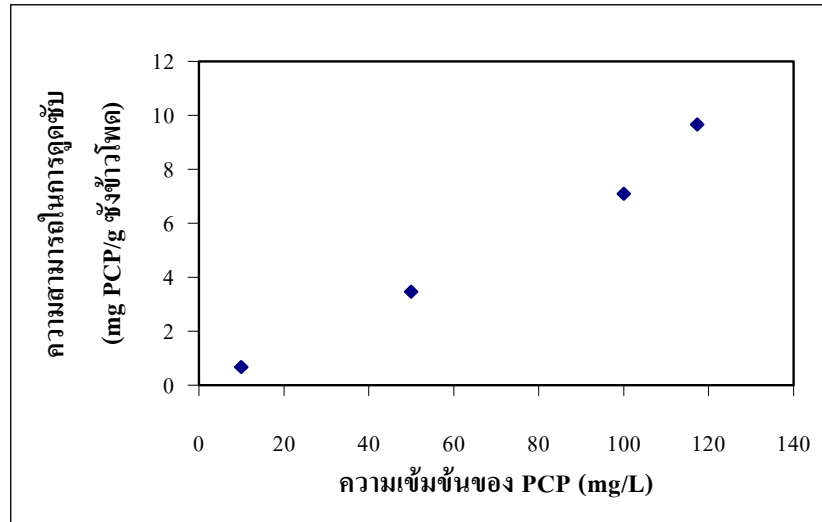


ภาพประกอบ 3.4 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับ PCP ในน้ำเสียตัวอย่างของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยน้ำกลั่น เบส และ กรด ที่มีขนาดต่าง ๆ



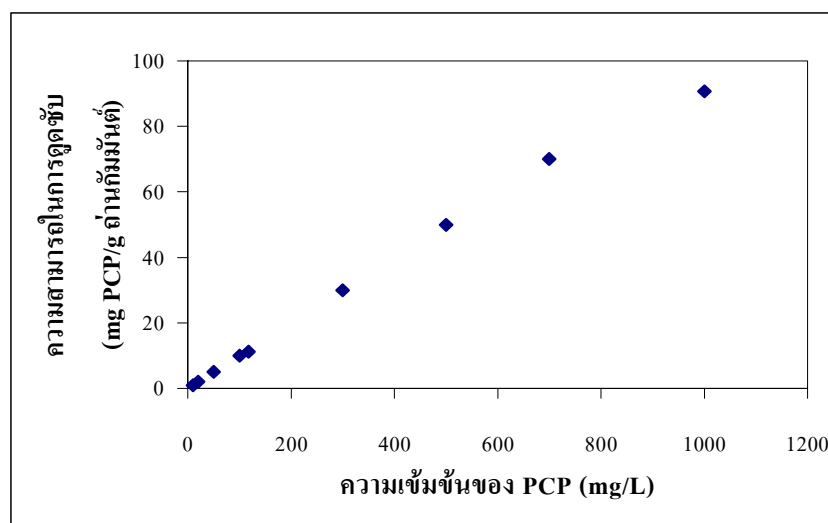
ภาพประกอบ 3.5 กราฟแสดง % การดูดซับ PCP ในน้ำเสียด่างของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยน้ำกลั่น เบส และกรดที่มีขนาดต่าง ๆ

จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับ PCP ของตัวดูดซับซึ่งได้จากการเตรียมซังข้าวโพดที่ล้างน้ำกลั่น กรด และ เบส พบว่าซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบสที่มีขนาด 40/60 เมช มีความสามารถในการดูดซับได้ดีที่สุด จึงได้นำซังข้าวโพดดังกล่าวทำการทดสอบความสามารถในการดูดซับ PCP ที่มีความเข้มข้นต่างกัน เพื่อดูแนวโน้มลักษณะการดูดซับ พบว่าเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นความสามารถในการดูดซับก็สูงขึ้นด้วยดังในภาพประกอบ 3.6 โดยมีความสามารถในการดูดซับถึง 9.67 mg PCP/ g ซังข้าวโพด



ภาพประกอบ 3.6 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับ PCP ที่ความเข้มข้นต่างๆ ของชั่งข้าวโพดที่ล้างด้วยเบส ขนาด 40/60 เมช

สำหรับตัวดูดซับถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากชั่งข้าวโพด เมื่อทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับโดยทำการดูดซับที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าสามารถดูดซับ PCP ได้สูงขึ้นโดยสามารถดูดซับ PCP ที่มีความเข้มข้น 700 mg/L ได้หมดและที่ความเข้มข้น 1000 mg/L ได้ 90.64% หรือมีความสามารถในการดูดซับได้เป็น 90.64 mg PCP/g ถ่านกัมมันต์ ดังภาพประกอบ 3.7



ภาพประกอบ 3.7 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับ PCP ที่ความเข้มข้นต่างๆ ของถ่านกัมมันต์

### ผลการศึกษาไอโซเทอร์ม

การศึกษาความสามารถในการดูดซับเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างปริมาณของตัวถูกดูดซับต่อน้ำหนักตัวดูดซับ กับความเข้มข้นที่เหลืออยู่ ณ จุดสมดุลของสาร โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการดูดซับหรือไอโซเทอร์ม ซึ่งสมการที่นิยมได้แก่สมการของ Langmuir และ สมการของ Freundlic สำหรับงานวิจัยนี้เลือกศึกษาโดยใช้สมการของ Freundlic เนื่องจากได้ตั้งสมมติฐานให้เป็นการดูดซับที่ตัวตัวถูกดูดซับเรียงกันหลายชั้น ด้วยพันธะอ่อนๆ ซึ่งเป็นสมการคณิตศาสตร์ดังนี้

$$X/M = kC^{1/n} \text{ หรือ } \log X/M = \log k + (1/n) \log C \quad \text{สมการ Freundlic}$$

เมื่อ	X	=	ปริมาณของสารที่ถูกดูดซับ (mg)
	M	=	ปริมาณตัวดูดซับที่ใช้ (g)
	C	=	ความเข้มข้นของสารที่เหลืออยู่ (mg/L, M)
	k, n	=	ค่าคงที่

การทดสอบความสามารถในการดูดซับ PCP ของซังข้าวโพดขนาด 40/60 เมช และ ถ่านกัมมันต์โดยใช้ปริมาณตัวดูดซับที่ต่าง ๆ กันในการดูดซับ PCP เข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่า pH เท่ากับ 5.92 จำนวน 100 มิลลิลิตร โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ได้ผลดังแสดงในตาราง 5 และ 6 เขียนกราฟไอโซเทอร์มการดูดซับเพนตะคลอโรฟีนอลตามสมการของ Freundlich ดังแสดงในภาพประกอบ 3.8 และ 3.9 ซึ่งให้ค่าคงที่ k และ 1/n ดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 5 ข้อมูลการศึกษาไอโซเทอร์มของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบส ขนาด 40/60 เมช

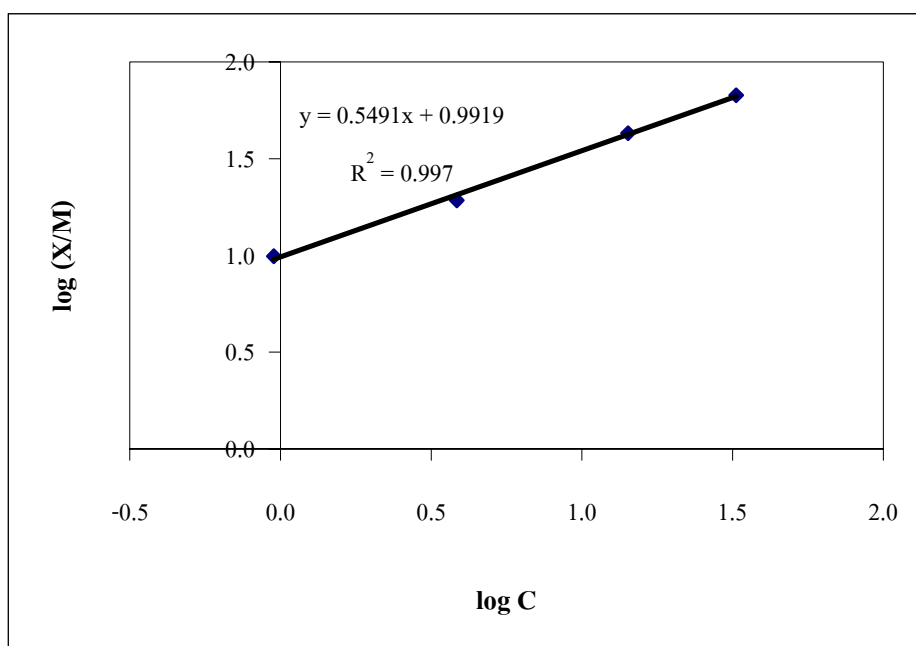
น้ำหนักของซังข้าวโพด (g)	ความเข้มข้นของPCP ที่เหลือ (mg/L)	X/M (mg/g)	% การดูดซับ
0.0	100	-	-
0.1	87.65	12.35	12.35
0.2	76.35	11.83	23.65
0.5	51.34	9.73	48.66
1.0	29.45	7.06	70.55
1.5	18.75	5.42	81.25



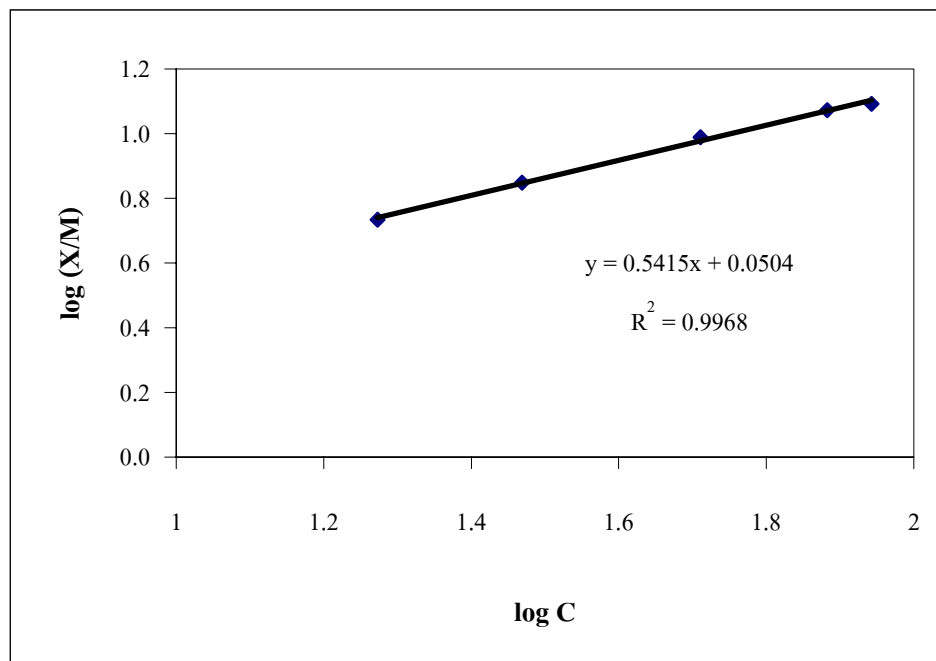
ตาราง 6 ข้อมูลการศึกษาไอโซเทอมของถ่านกัมมันต์

น้ำหนัก (g)	ความเข้มข้นของPCP ที่เหลือ (mg/L)	X/M (mg/g)	% การดูดซับ
0.0	100	-	-
0.1	32.55	67.45	67.45
0.2	14.25	42.88	85.75
0.5	3.85	19.23	96.15
1.0	0.95	9.91	99.05
1.5	ND	6.67	100

ND : Non - Detectableความเข้มข้นน้อยกว่า 0.5 mg/L



ภาพประกอบ 3.8 ไอโซเทอรั่มการดูดซับเพนตะคลอโรฟีนอลของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบส ขนาด 40/60 เมช



ภาพประกอบ 3.9 ไอโซเทอร์ม การดูดซับเพนตะคลอโรฟีนอลของถ่านกัมมันต์

ตาราง 7 ค่าคงที่การดูดซับจากสมการ Freundlich

ชนิดตัวดูดซับ	k	1/n	R <sup>2</sup>
ซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบส ขนาด 40/60 เมช	1.123	0.5415	0.9968
ถ่านกัมมันต์	9.815	0.5491	0.9970

ตาราง 8 อธิบายความหมายของค่า k และ 1/n จากสมการ Freundlich

1/n	k	คำอธิบาย
ต่ำ	สูง	ความสามารถในการดูดซับสูงและจะเปลี่ยนตามความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในอัตราที่ไม่สูงนัก
	ต่ำ	ความสามารถในการดูดซับต่ำในทุกช่วงความเข้มข้น
สูง	สูง	ความสามารถในการดูดซับสูงมากเมื่อความเข้มข้นสูง และความสามารถในการดูดซับจะลดลงอย่างมากเมื่อความเข้มข้นต่ำ
	ต่ำ	ความสามารถในการดูดซับสูงเมื่อความเข้มข้นสูง และความสามารถในการดูดซับต่ำเมื่อความเข้มข้นต่ำ

ที่มา : สิริชื่น ตะนุสะ (2543)

จากการทดลองทั้งซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบส ขนาด 40/60 เมช และถ่านกัมมันต์ ให้กราฟไอโซเทอร์มที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นตรง โดยให้ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.997 ซึ่งแสดงว่าสมมติฐานการดูดซับของงานวิจัยนี้ถูกต้อง คือลักษณะการดูดซับเป็นแบบสมการของ Freundlich

จาก ค่า k และ 1/n ที่ได้จะเห็นว่าถ่านกัมมันต์ให้ค่า k ที่สูงกว่าซังข้าวโพด ซึ่งแสดงว่าถ่านกัมมันต์มีความสามารถในการดูดซับสูงกว่าซังข้าวโพด ส่วนค่า 1/n ที่ได้ของทั้งซังข้าวโพดและถ่านกัมมันต์ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งจากค่าที่ได้แสดงว่าความสามารถในการดูดซับทั้งของซังข้าวโพดและถ่านกัมมันต์สูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองข้างต้นใน ภาพประกอบ 3.5 และ 3.6

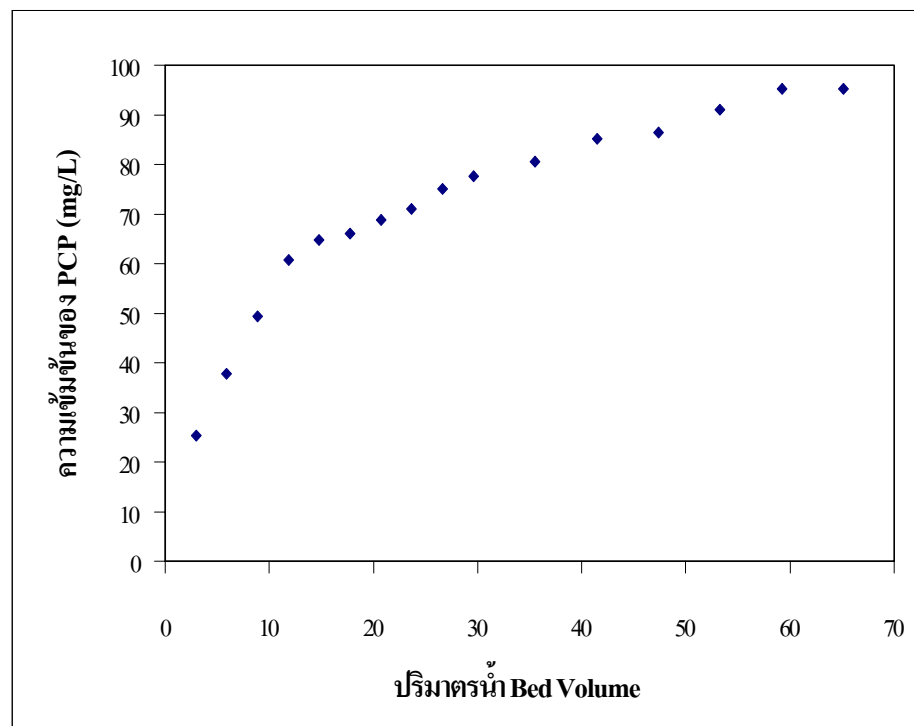
### ผลการทดลองแบบต่อเนื่องเพื่อหาอายุการใช้งาน

การทดลองแบบต่อเนื่องเป็นการทดลองเพื่อหาอายุการใช้งานของตัวดูดซับซึ่งในการทดลองจะให้น้ำผ่านตัวกรองก่อนเข้าสู่คอลัมน์เนื่องจากตัวอย่างน้ำมีของแข็งแขวนลอยอยู่เท่ากับ 235 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงต้องให้น้ำตัวอย่างผ่านตัวกรองเพื่อกำจัดเอาของแข็งแขวนลอยออกเพื่อไม่ให้คอลัมน์อุดตันด้วยของแข็งแขวนลอย โดยจะหาอายุการใช้งานของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบส ขนาด (mesh size) 40/60 เมช และถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากซังข้าวโพด เนื่องจากการทดลองที่ผ่านมาซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบสขนาด 40/60 เมช มีความสามารถในการดูดซับมากที่สุดในกลุ่มของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยวิธีการต่างๆ จึงเลือกซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบสเป็นตัวแทนของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยวิธีต่าง ๆ

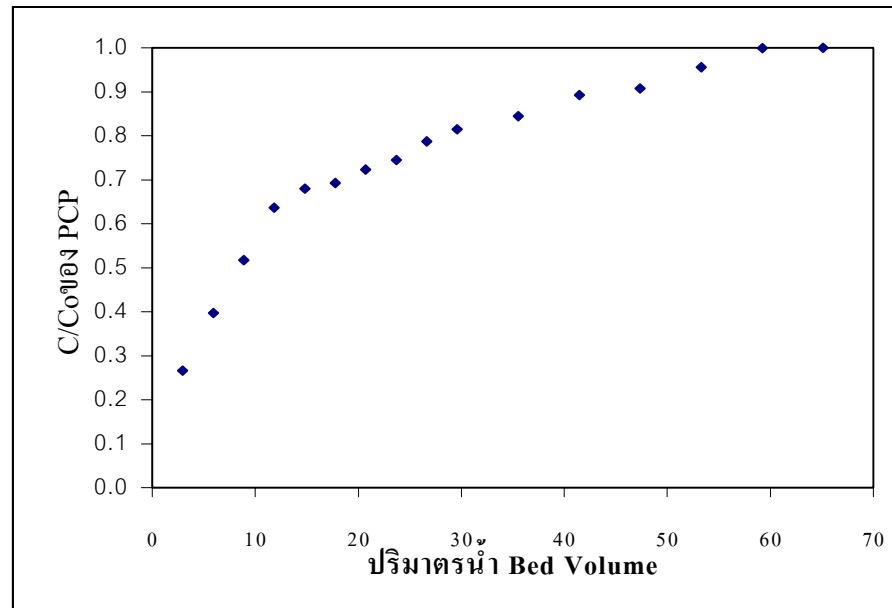
ตาราง 9 ความสามารถในการดูดซับ PCP และ ค่า COD ของคอลัมน์ซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบส

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาตรน้ำ (ลิตร)	ปริมาตรน้ำ Bed Volume	PCP (mg/L)	C/C0 PCP	COD (mg/L)	C/C0 COD
0.0	0.00	0.00	95.30	1.00	1850	-
0.5	0.23	2.96	25.31	0.27	356	0.19
1.0	0.45	5.92	37.87	0.40	458	0.25
1.5	0.68	8.88	49.28	0.52	575	0.31
2.0	0.90	11.84	60.66	0.64	623	0.34
2.5	1.13	14.80	64.76	0.68	785	0.42
3.0	1.35	17.76	66.04	0.69	856	0.46
3.5	1.58	20.72	68.88	0.72	957	0.52
4.0	1.80	23.68	70.98	0.75	1025	0.55
4.5	2.03	26.64	75.06	0.79	1157	0.63
5.0	2.25	29.61	77.69	0.82	1352	0.73
6.0	2.70	35.53	80.51	0.85	1406	0.76
7.0	3.15	41.45	85.11	0.89	1468	0.79
8.0	3.60	47.37	86.43	0.91	1584	0.86
9.0	4.05	53.29	91.09	0.96	1645	0.89
10.0	4.50	59.21	95.24	1.00	1695	0.92
11.0	4.95	65.13	95.30	1.00	1720	0.93

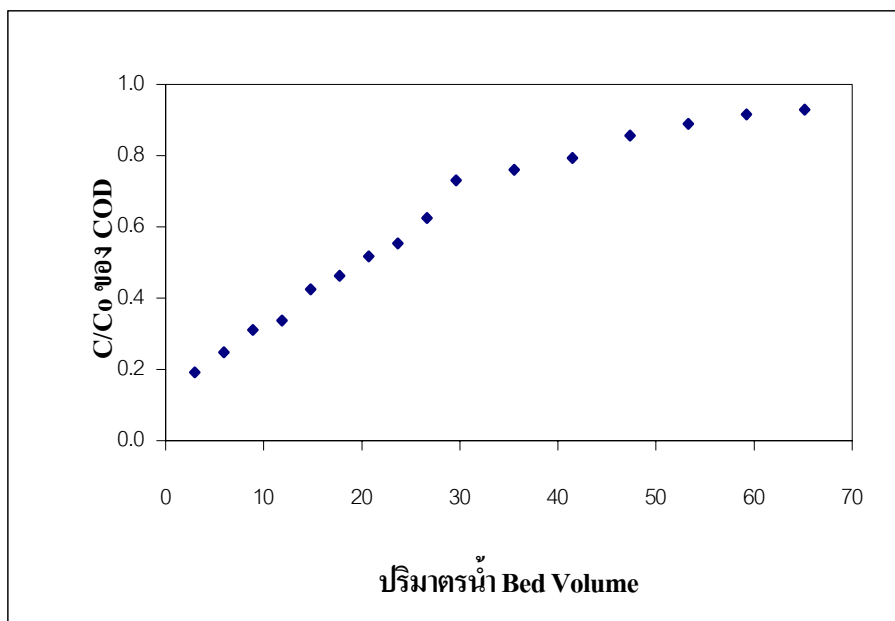
จากการทดลองแบบต่อเนื่องของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบสขนาด 40/60 ได้ผลดังตาราง 9 จะเห็นว่าในช่วงครึ่งชั่วโมงแรกสามารถดูดซับ PCP ได้ถึง 73.45 % และกำจัด COD ได้ 80.44 % และ 74.84% ในครึ่งชั่วโมงและชั่วโมงแรก ตามลำดับ จากนั้นความสามารถในการดูดซับจะลดลงเรื่อยๆ จนชั่วโมงที่ 11 และปริมาณน้ำที่ผ่านเป็น 4.95 ลิตร หรือคิดเป็น 61.13 เท่าปริมาณบรรจุ พบว่าซังข้าวโพดจะหมดประสิทธิภาพการในการดูดซับ (ภาพประกอบ 3.10 และ 3.11)



ภาพประกอบ 3.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ PCP กับปริมาณน้ำ Bed Volume ของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบสขนาด 40/60 เมช



ภาพประกอบ 3.11 กราฟเบรคทรูของการดูดซับ PCP ของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบสขนาด 40/60 เมช



ภาพประกอบที่ 3. 12 กราฟแสดงค่า COD กับปริมาณน้ำ Bed Volume ของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบสขนาด 40/60 เมช

ตาราง 10 ความสามารถในการดูดซับ PCP และค่า COD คอลัมน์ถ่านกัมมันต์

เวลา(ชั่วโมง)	ปริมาตรน้ำ (ลิตร)	ปริมาตรน้ำ Bed Volume	ความเข้มข้น PCP (mg/L)	C/C <sub>0</sub> ของPCP	ค่า COD	C/C <sub>0</sub> ของ COD
0.0	0.00	0.00	95.00	1.00	1820	-
1.0	0.45	5.92	ND	0.00	52.5	0.03
1.5	0.68	8.88	ND	0.00	53.2	0.03
2.0	0.90	11.84	ND	0.00	53.6	0.03
2.5	1.13	14.80	ND	0.00	56.7	0.03
3.0	1.35	17.76	ND	0.00	58.5	0.03
3.5	1.58	20.72	ND	0.00	62.5	0.03
4.0	1.80	23.68	ND	0.00	68.4	0.04
4.5	2.03	26.64	ND	0.00	72.6	0.04
5.0	2.25	29.61	ND	0.00	80.7	0.04
6.0	2.70	35.53	ND	0.00	85.2	0.05
7.0	3.15	41.45	ND	0.00	90.8	0.05
8.0	3.60	47.37	ND	0.00	98.6	0.05
9.0	4.05	53.29	ND	0.00	116.4	0.06
10.0	4.50	59.21	ND	0.00	135.8	0.07
11.0	4.95	65.13	ND	0.00	158.7	0.09
12.0	5.40	71.05	1.01	0.01	215.8	0.12
13.0	5.85	76.97	3.10	0.03	295	0.16
14.0	6.30	82.89	4.33	0.05	358.2	0.20
15.0	6.75	88.82	5.86	0.06	487.6	0.27
16.0	7.20	94.74	6.64	0.07	520	0.29
17.0	7.65	100.66	8.15	0.09	628.3	0.35
18.0	8.10	106.58	18.85	0.20	695.8	0.38
19.0	8.55	112.50	23.22	0.25	736.4	0.40

ตาราง 10 ต่อ ความสามารถในการดูดซับ PCP และค่า COD คอลัมน์ถ่านกัมมันต์

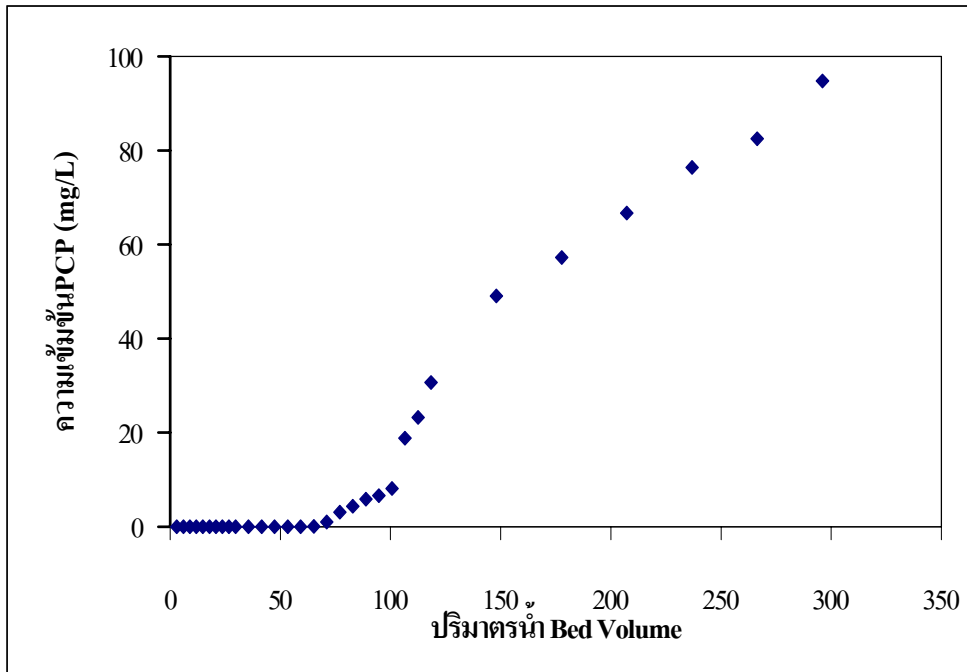
เวลา(ชั่วโมง)	ปริมาตรน้ำ (ลิตร)	จำนวนเท่า BV	ความเข้มข้น PCP (mg/L)	C/C <sub>0</sub> ของPCP	ค่า COD	C/C <sub>0</sub> ของ COD
20.0	9.00	118.42	30.66	0.32	842.5	0.46
25.0	11.25	148.03	49.03	0.52	1013.4	0.56
30.0	13.50	177.63	57.25	0.60	1236.5	0.68
35.0	15.75	207.24	66.67	0.70	1526.5	0.84
40.0	18.00	236.84	76.37	0.81	1756.5	0.97
45.0	20.25	266.45	82.51	0.87	1800	0.99
50.0	22.50	296.05	94.80	1.00	1816	1.00

BV : Bed Volume (ปริมาตรบรรจุ)

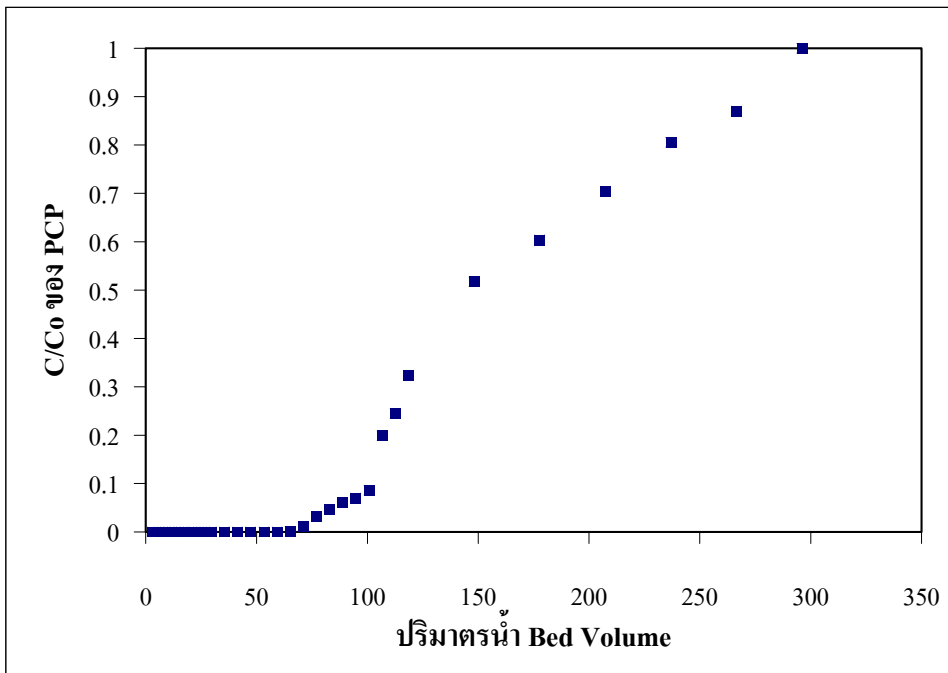
ND : Non-Detectable ความเข้มข้นน้อยกว่า 0.5 mg/L

จากผลการทดลองและภาพประกอบจะเห็นว่าในช่วงแรกคือช่วงที่ปริมาตรน้ำ ตั้งแต่ 0- 0.45 ลิตร หรือ 0 - 59.21 เท่าปริมาตรบรรจุ ถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับ PCP ได้หมด (ค่า PCP ของน้ำที่ออกจากคอลัมน์มีค่าต่ำกว่าขีดความสามารถในวัด ซึ่งเท่ากับ 0.5 mg/L) และปริมาตรน้ำที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่กำหนดให้สารกลุ่มฟีนอลมีได้ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับปริมาตรน้ำ 5.4 ลิตร หรือ 71.05 เท่าของปริมาตรบรรจุ สามารถกำจัด COD ให้ผ่านมาตรฐานคือไม่เกิน 120 mg/L เมื่อปริมาตรน้ำ เท่ากับ 53.29 เท่าปริมาตรบรรจุ จากนั้นความสามารถในการดูดซับจะลดลงเรื่อย ๆ และอายุของถ่านกัมมันต์ที่ใช้จะหมดประสิทธิภาพเมื่อน้ำผ่านเป็นเวลา 50 ชั่วโมงหรือปริมาตรน้ำ 22.5 ลิตร หรือคิดเป็น 296.05 เท่าปริมาตรบรรจุ

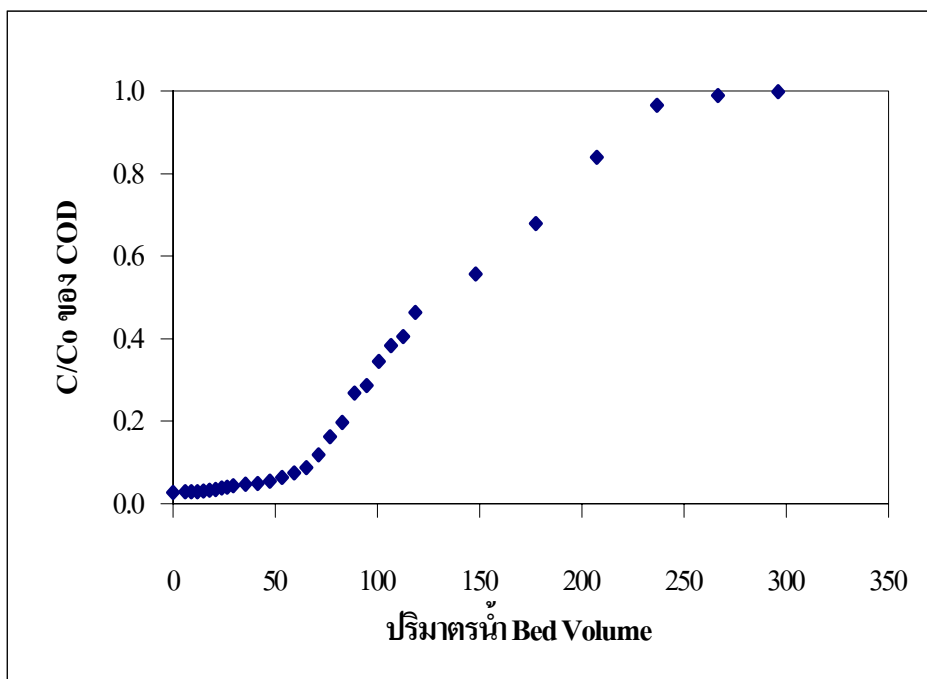




ภาพประกอบ 3.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ความเข้มข้นของ PCP ที่เหลืออยู่กับปริมาณน้ำ BV ของคอลัมน์ ถ่านกัมมันต์



ภาพประกอบ 3.14 กราฟเบรคทรูการดูดซับ PCP ของถ่านกัมมันต์

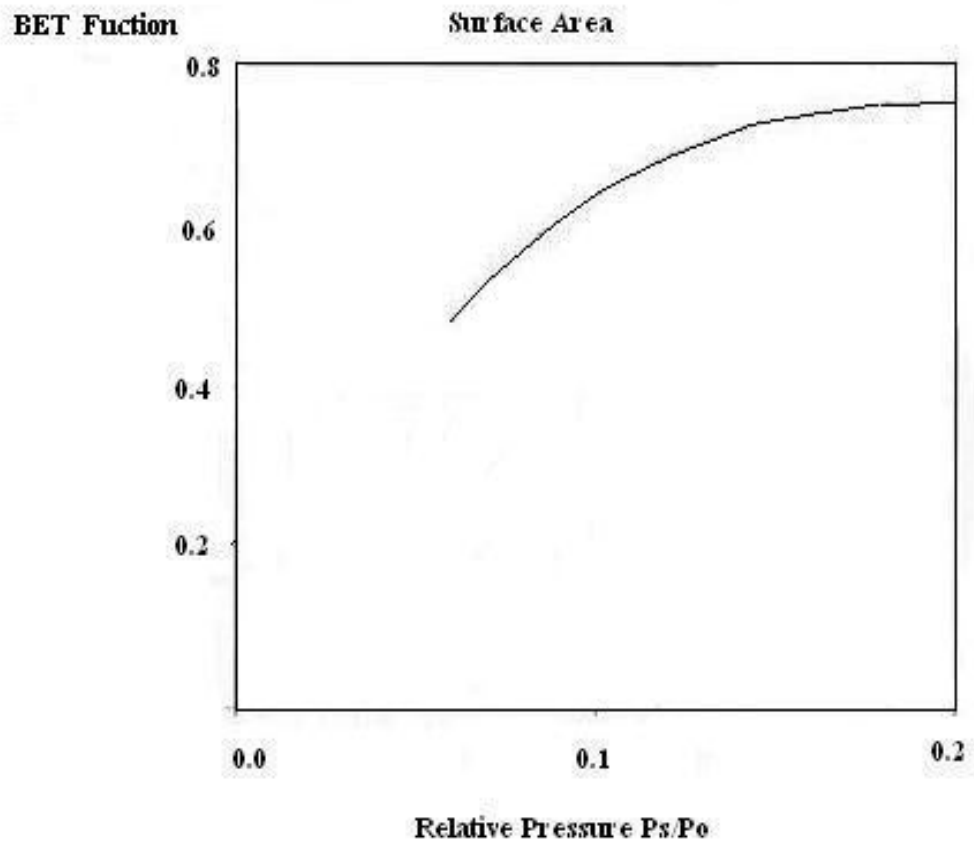


ภาพประกอบ 3.15 กราฟแสดงค่า COD กับปริมาณน้ำ BV ของถ่านกัมมันต์

จากข้อมูลและภาพประกอบ สามารถคำนวณอายุการใช้งานของซังข้าวโพด โดยพบว่า ซังข้าวโพดจะหมดประสิทธิภาพการในการดูดซับเมื่อปริมาณน้ำเท่ากับ 61.13 เท่าปริมาตรบรรจุ ปริมาณซังข้าวโพดที่ใช้มีน้ำหนัก 9 กรัม เมื่อคำนวณความสามารถในการดูดซับพบว่าซังข้าวโพด 1 กรัมสามารถดูดซับ PCP ได้ 10.82 มิลลิกรัม และตัวดูดซับที่เป็นถ่านกัมมันต์ พบว่าถ่านจะหมดประสิทธิภาพในการดูดซับเมื่อปริมาณน้ำเท่ากับ 296.05 เท่าปริมาตรบรรจุ จากปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในคอลัมน์มีน้ำหนัก 35 กรัม เมื่อคำนวณความสามารถในการดูดซับของพบว่าถ่านกัมมันต์ 1 กรัมสามารถดูดซับ PCP ได้ 33.88 มิลลิกรัม (ดูภาคผนวก ค)

#### ผลจากการวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวและรูพรุน

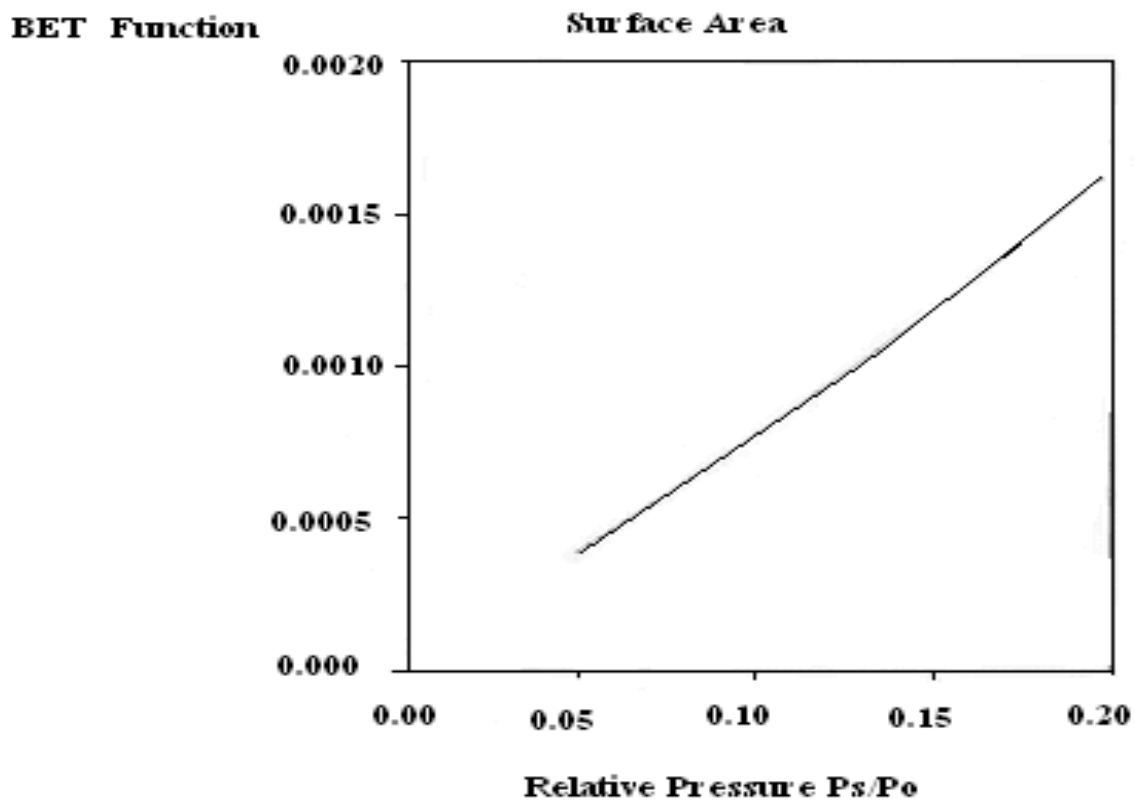
ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบสขนาด 40/60 เมช และถ่านกัมมันต์ จากการวิเคราะห์แบบ BET surface ซึ่งหลักการของ BET คือให้คาร์บอนดูดก๊าซไนโตรเจนบนผิวเป็นฟิล์มบาง ๆ และคำนวณพื้นที่ผิวโดยอาศัยความแตกต่างของความดัน เมื่อมีการดูดก๊าซไนโตรเจนบนผิวของคาร์บอนตัวอย่าง ซึ่งวิธีนี้จะให้ค่าที่น่าเชื่อถือมากที่สุด และจากการทดลองปรากฏว่าซังข้าวโพดที่ล้างด้วยที่มีขนาด 40/60 เมช และถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวเท่ากับ 1.859 ตารางเมตรต่อกรัม และ 527.83 ตารางเมตรต่อกรัม ตามลำดับ



ภาพประกอบ 3.16 กราฟแสดงพื้นที่ผิวของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบส ขนาด 40/60 เมช

ค่าที่ได้จากกราฟพื้นที่ผิวของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบส

ความชัน	1.923
จุดตัดแกนตั้ง	0.419
Correlation Coefficient	0.943
พื้นที่ผิว (BET Surface area)	1.859 ตารางเมตรต่อกรัม



ภาพประกอบที่ 3.17 กราฟแสดงพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากขี้ข้าวโพด

ค่าที่ได้จากกราฟหาพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์

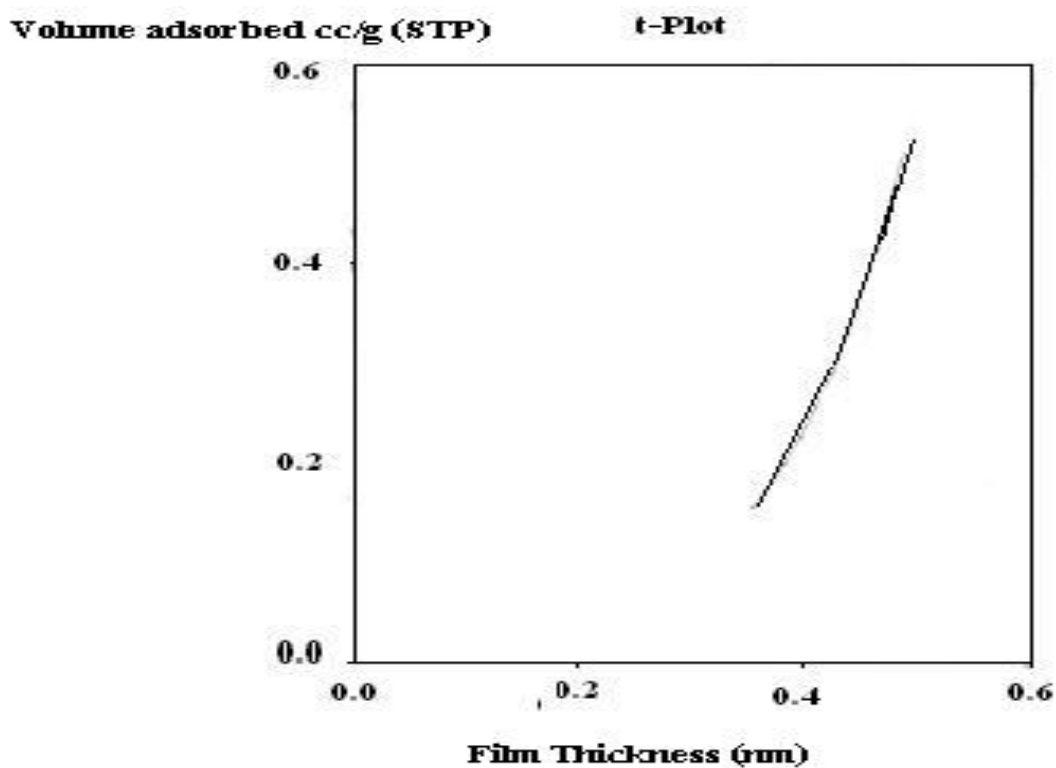
ความชัน	0.008
จุดตัดแกนตั้ง	-0.000029
Correlation Coefficient	0.999
พื้นที่ผิว (BET Surface area)	527.830 ตารางเมตรต่อกรัม

ค่า t-Plot หรือค่า thickness-plot เป็นการประมาณค่าปริมาตรไมโครพอร์ (micropore volume) และพื้นที่ไมโครพอร์ (micropore area) โดยค่าของรูพรุนจะแบ่งตามขนาดของรูพรุนดังนี้

ไมโครพอร์ (micropores) มีขนาดของรูพรุนน้อยกว่า 2 นาโนเมตร

มีโซพอร์ (mesopores) มีขนาดของรูพรุน 2-50 นาโนเมตร

แมคโครพอร์ (macropores) มีขนาดของรูพรุน มากกว่า 50 นาโนเมตร

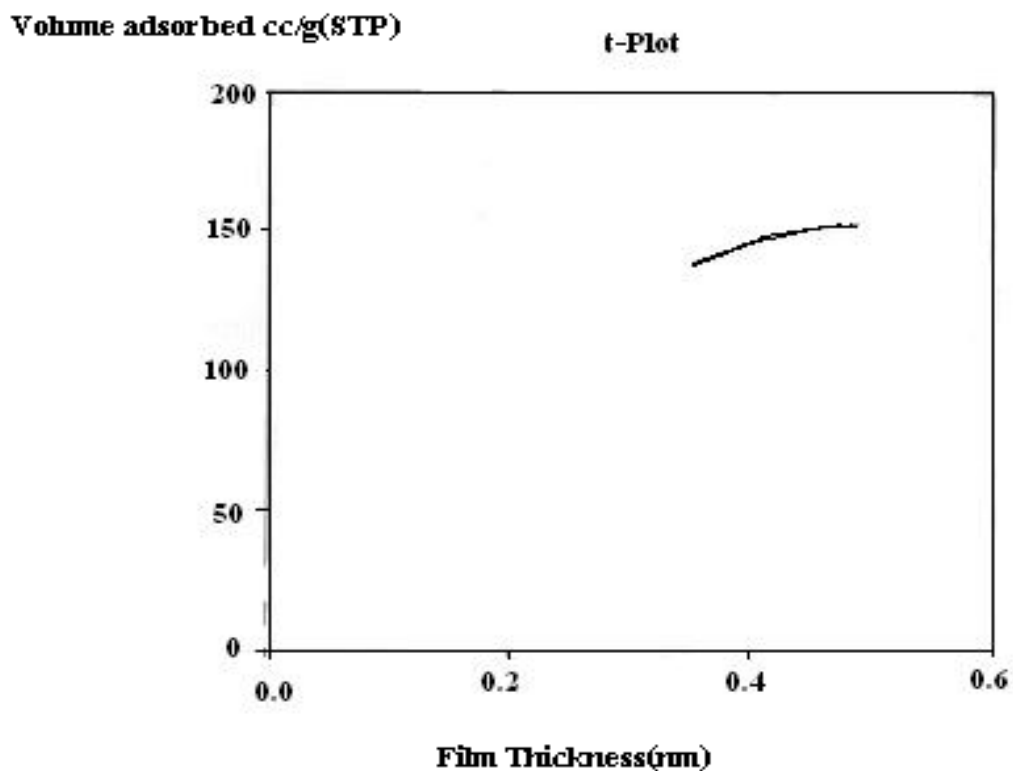


ภาพประกอบ 3.18 กราฟแสดงค่า t-plot ของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบสขนาด 40/60 เมช

ค่าที่ได้จากกราฟแสดงค่า t-plot ของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบสขนาด 40/60 เมช

พื้นที่ t-plot(t-plot surface area)	4.211	ตารางเมตรต่อกรัม
พื้นที่ทั้งหมด(total surface area)	1.662	ตารางเมตรต่อกรัม
พื้นที่ผิวไมโครพอร์ (micropore surface area)	0	ตารางเมตรต่อกรัม
ปริมาตรไมโครพอร์ (micropore volume)	0	มิลลิลิตรต่อกรัม
ช่วงของ film thickness	0.35-0.50	นาโนเมตร
correlation Coefficient	0.984	

จากค่าที่ได้จะเห็นว่าซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบสไม่มีรูพรุนขนาดเล็กหรือไมโครพอร์อยู่เลยนั้นแสดงให้เห็นว่ารูพรุนของซังข้าวโพดเป็นรูพรุนขนาดใหญ่ (macropore) และขนาดกลาง (mesopore)



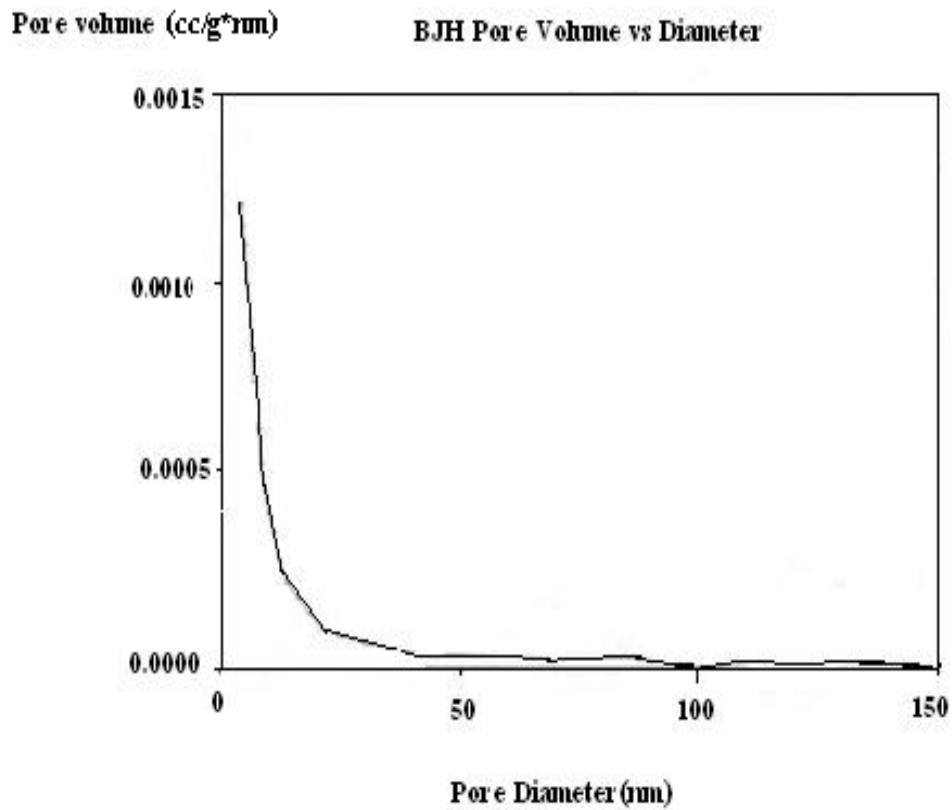
ภาพประกอบ 3.19 กราฟแสดงค่า t-plot ของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากซังข้าวโพด

ค่าจากการหา t-plotของถ่านกัมมันต์

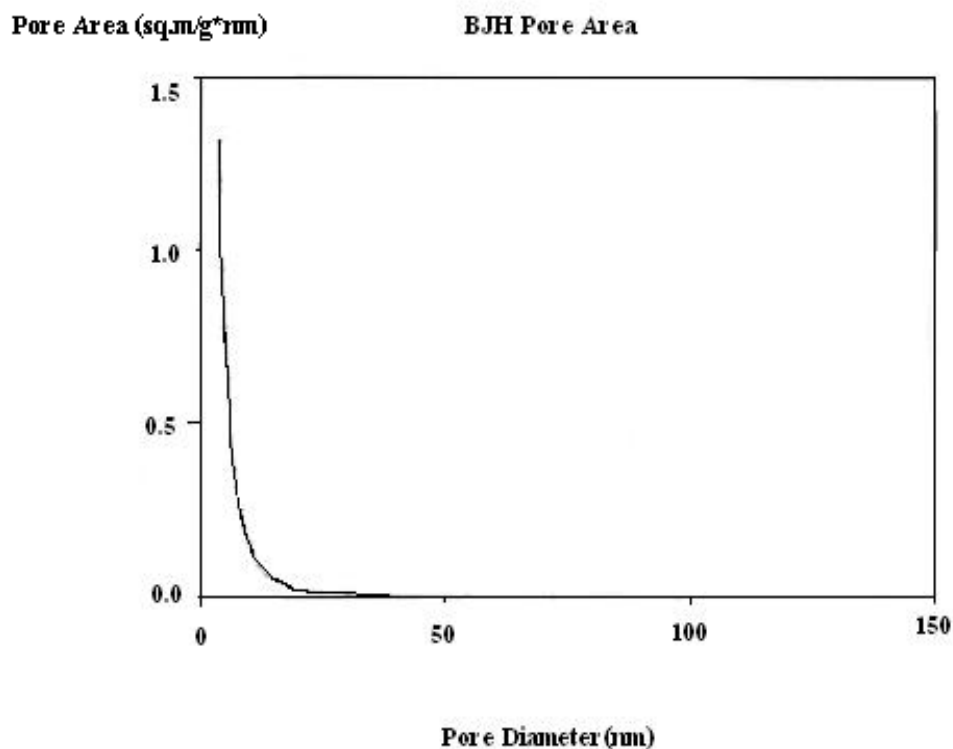
พื้นที่ t-plot (t-plot surface area)	168.688	ตารางเมตรต่อกรัม
พื้นที่ทั้งหมด (total surface area)	526.469	ตารางเมตรต่อกรัม
พื้นที่ผิวไมโครพอร์ (micropore surface area)	357.781	ตารางเมตรต่อกรัม
ปริมาตรไมโครพอร์ (micropore volume)	0.158	มิลลิลิตรต่อกรัม
ช่วงของ film thickness	0.35-0.50	นาโนเมตร
correlation Coefficient	0.978	

จากค่ารูพรุนขนาดเล็กหรือไมโครพอร์ที่ได้คิดเป็น 67.96% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด

ผลจากการทดลอง BJH (Barrett ,Joyner and Halenda) Adsorb ซึ่งเป็นการวัดการกระจายขนาดของรูพรุนโดยใช้ไอโซเทอร์ม



ภาพประกอบ 3.20 การกระจายปริมาตรรูพรุนของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบสขนาด 40/60 เมช

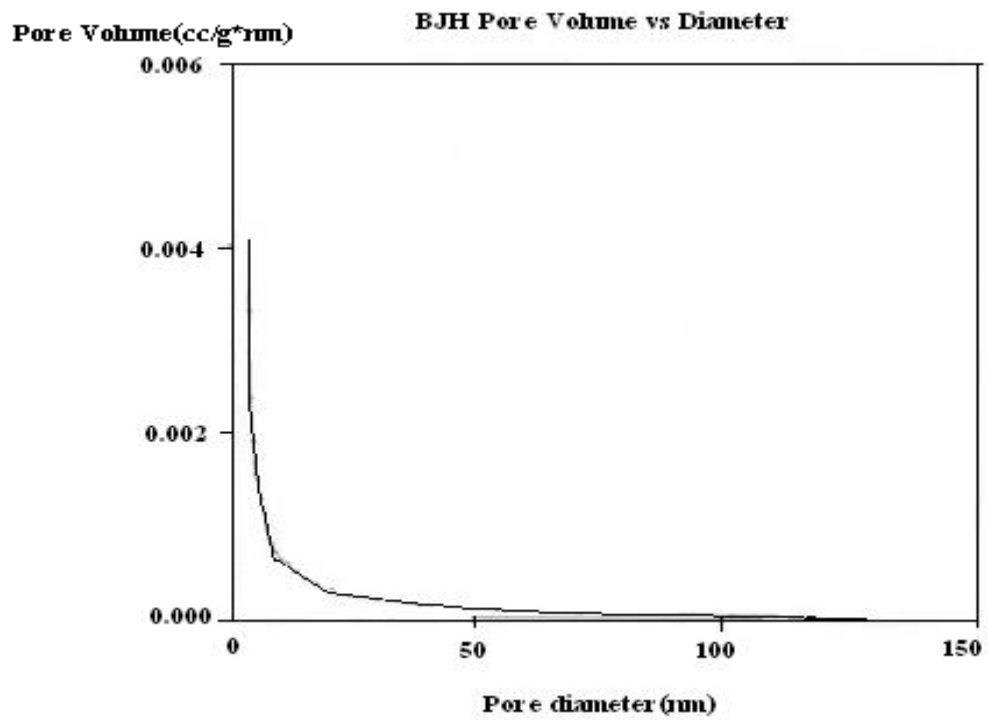


ภาพประกอบ 3.21 การกระจายพื้นที่รูพรุนของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบสขนาด 40/60 เมช

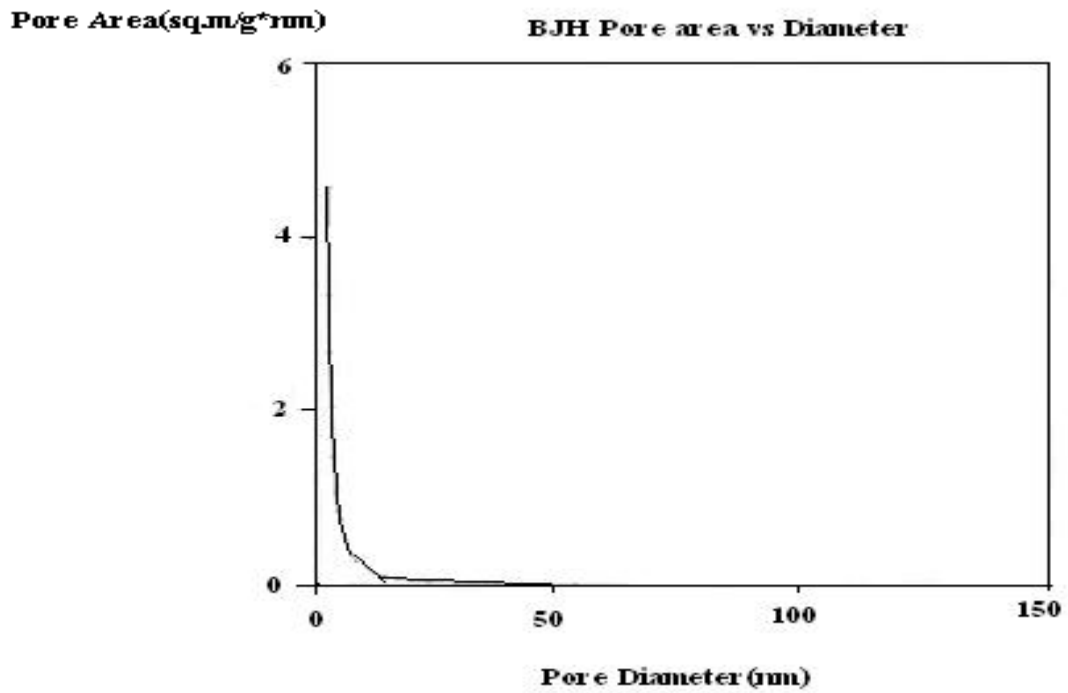
ตาราง 11 สรุปการกระจายขนาดรูพรุน (pore size distribution) ของซังข้าวโพดที่ล้างด้วยเบสขนาด 40/60 เมช

ช่วงของขนาดรูพรุน(nm)	ปริมาตรรูพรุน (ml/g)	%
น้อยกว่า 6	0.00653	26.62
6-8	0.00230	9.37
8-10	0.00120	4.89
10-12	0.00137	5.56
12-16	0.00170	6.92
16-20	0.00181	7.39
20-80	0.00683	27.81
มากกว่า 80	0.00281	11.43
รวม	0.02454	100





ภาพประกอบ 3.22 การกระจายปริมาตรรูพรุนของถ่านกัมมันต์



ภาพประกอบ 3.23 การกระจายพื้นที่รูพรุน ของถ่านกัมมันต์

ตาราง 12 สรุปการกระจายของขนาดรูพรุน (pore size distribution) ของถ่านกัมมันต์

ช่วงของขนาดรูพรุน (nm)	Pore Volume (ml/g)	%
น้อยกว่า 6	0.00281	25.75
6-8	0.00136	12.49
8-10	0.00073	6.64
10-12	0.00077	7.07
12-16	0.00079	7.19
16-20	0.00076	6.92
20-80	0.00241	22.02
มากกว่า 80	0.00130	11.92
รวม	0.1093	100