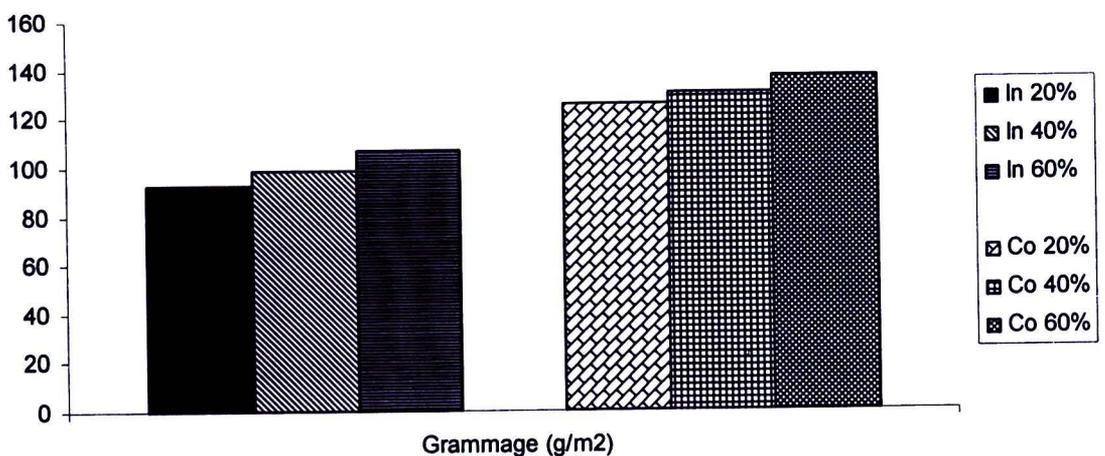


## บทที่ 4 ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ทำการทดลองเพื่อการพัฒนาประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทีเอ็นของกระดาษกราฟที่มีการดัดแปรด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน โดยมีวัตถุประสงค์คือ

1. เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่ใช้ในการผลิตกระดาษกราฟเพื่อดูดซับก๊าซเอทีเอ็น
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับก๊าซเอทีเอ็นของกระดาษที่มีส่วนผสมของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของกระดาษที่มีการใส่ดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่นกับกระดาษที่มีเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน

### 4.1 กราฟแสดงคุณสมบัติกระดาษกราฟที่มีการผสมในขั้นตอนการขึ้นแผ่นและกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน

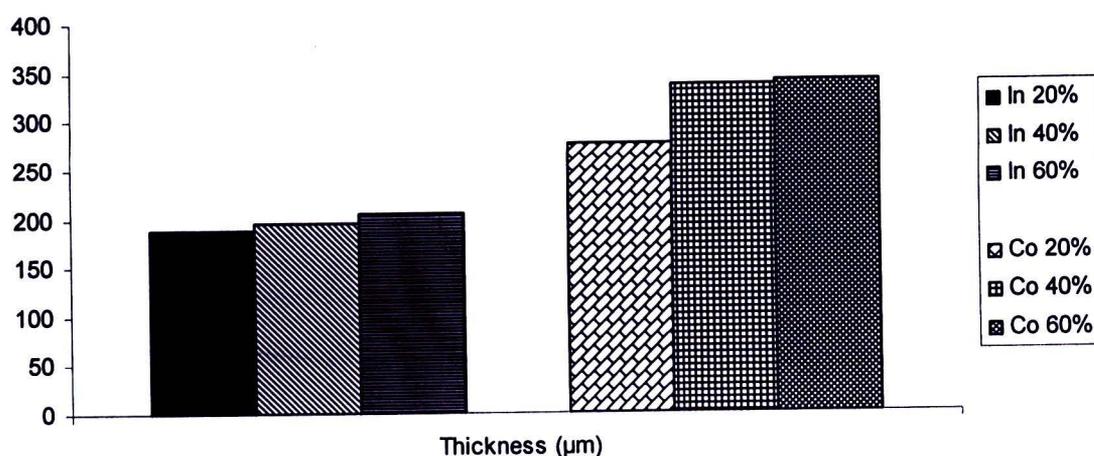


รูปที่ 4.1 น้ำหนักมาตรฐานของกระดาษกราฟ

หมายเหตุ In 20%, 40% และ 60% หมายถึง ปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่ผสมในกระดาษกราฟร้อยละ 20, 40 และ 60 กรัมต่อน้ำหนักเยื่อแห้งตามลำดับ Co 20%, 40% และ 60% หมายถึง

ปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่มีเคลือบผิวหน้าบนกระดาษกราฟที่ร้อยละ 20, 40 และ 60 กรัมต่อน้ำหนักเยื่อแห้งตามลำดับ

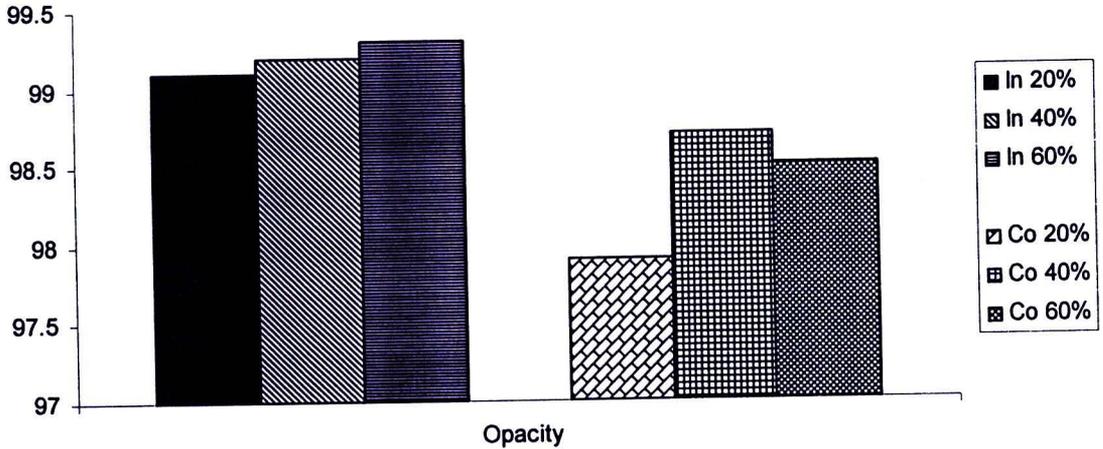
จากรูปที่ 4.1 วัดค่าน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่นตามอัตราส่วนต่างๆ พบว่า เมื่อปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนเพิ่มมากขึ้นคือ ร้อยละ 20, 40 และ 60 ของน้ำหนักเยื่อแห้ง ค่าน้ำหนักมาตรฐานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 92.4, 98.6 และ 106.8 กรัมต่อตารางเมตร และกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนพบว่า ค่าน้ำหนักมาตรฐานเท่ากับ 125.2, 129.6 และ 137.0 กรัมต่อตารางเมตร



รูปที่ 4.2 ความหนาของกระดาษกราฟ

หมายเหตุ In 20%, 40% และ 60% หมายถึง ปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่ผสมในกระดาษกราฟที่ร้อยละ 20, 40 และ 60 กรัมต่อน้ำหนักเยื่อแห้งตามลำดับ Co 20%, 40% และ 60% หมายถึง ปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่มีเคลือบผิวหน้าบนกระดาษกราฟที่ร้อยละ 20, 40 และ 60 กรัมต่อน้ำหนักเยื่อแห้งตามลำดับ

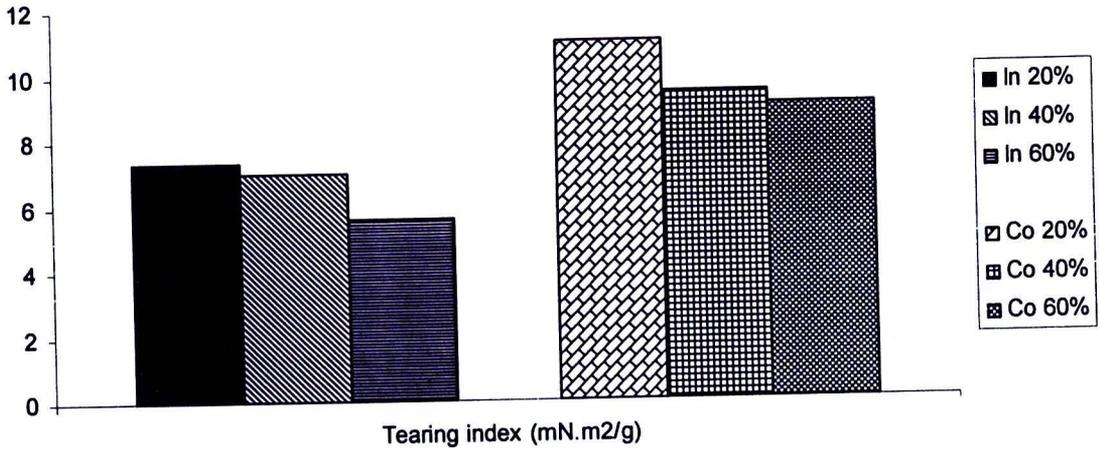
จากรูปที่ 4.2 ความหนาของกระดาษพบว่า เมื่อปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนเพิ่มมากขึ้นความหนาของกระดาษจะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 187.3, 195.4 และ 204.4 ไมโครเมตรตามลำดับ และกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าพบว่า ความหนาของกระดาษเท่ากับ 276.3, 336.3 และ 340.0 ไมโครเมตร ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 ค่าความทึบแสงของกระดาษกราฟ

หมายเหตุ In 20%,40% และ 60% หมายถึง ปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่ผสมในกระดาษกราฟที่ร้อยละ 20,40 และ 60 กรัมต่อน้ำหนักเยื่อแห้งตามลำดับ Co 20%, 40% และ 60% หมายถึง ปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่มีเคลือบผิวหน้าบนกระดาษกราฟที่ร้อยละ 20,40 และ 60 กรัมต่อน้ำหนักเยื่อแห้งตามลำดับ

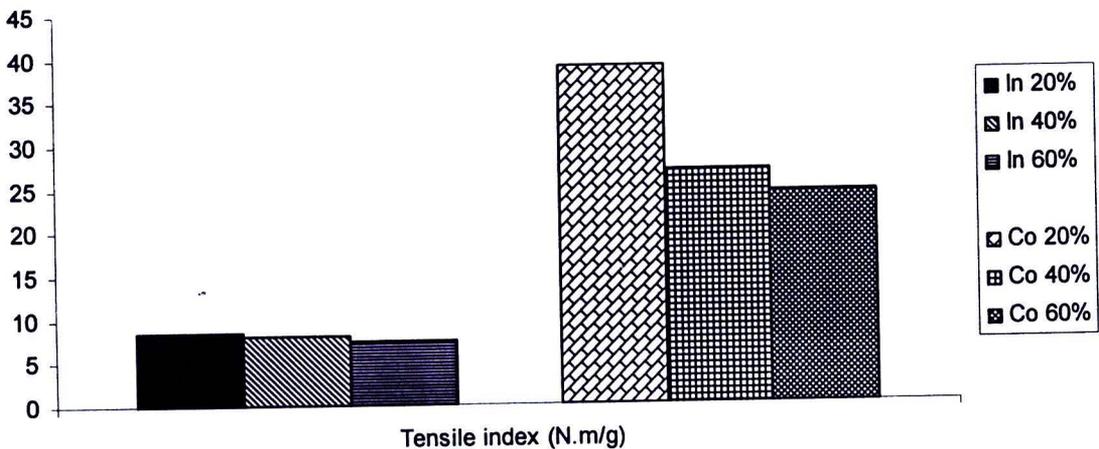
จากรูปที่ 4.3 ค่าความทึบแสงของกระดาษวัดตามมาตรฐาน SCAN-P 67 พบว่า เมื่อปริมาณร้อยละของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนเพิ่มมากขึ้นคือ ร้อยละ 20, 40 และ 60 ค่าความทึบแสงไม่แตกต่างกัน 99.1, 99.2, 99.3 ตามลำดับ และกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้า พบว่า ค่าความทึบแสงเท่ากับ 97.9, 98.7, 98.5 ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 ดัชนีต้านทานแรงดึงขาดของกระดาษกราฟท์

หมายเหตุ In 20%,40% และ 60% หมายถึง ปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่ผสมในกระดาษกราฟท์ร้อยละ 20, 40 และ 60 กรัมต่อน้ำหนักเยื่อแห้งตามลำดับ Co 20%, 40% และ 60% หมายถึง ปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่มีเคลือบผิวหน้าบนกระดาษกราฟท์ร้อยละ 20,40 และ 60 กรัมต่อน้ำหนักเยื่อแห้งตามลำดับ

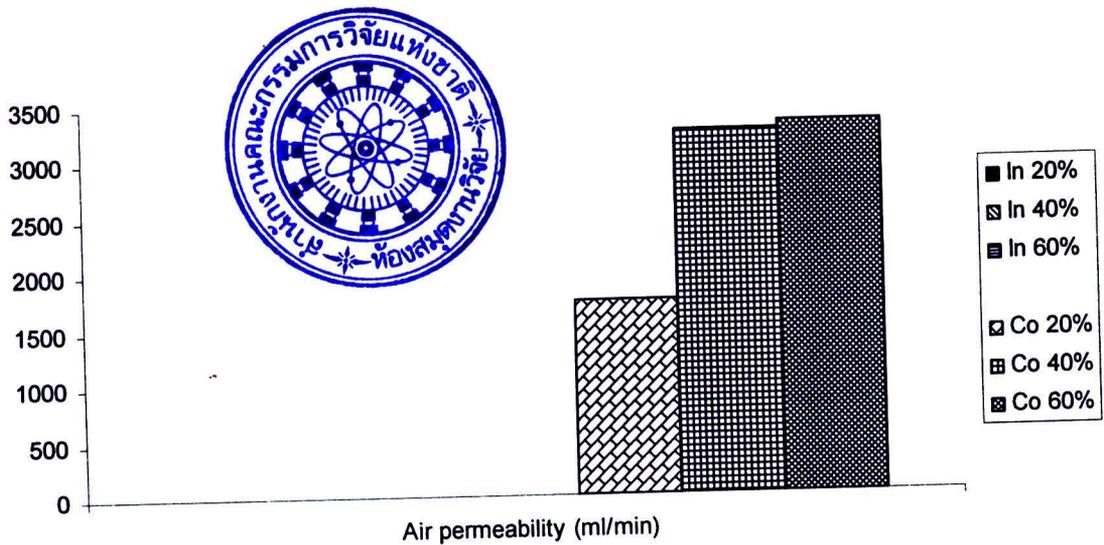
จากรูปที่ 4.4 ค่าความต้านทานแรงดึงขาดของกระดาษคำนวณหาค่าดัชนีตามมาตรฐาน SCAN-P 67 พบว่า เมื่อปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในกระดาษเพิ่มขึ้นคือ ร้อยละ 20, 40 และ 60 ดัชนีความต้านทานแรงดึงขาดมีแนวโน้มลดลง 8.5, 8.0 และ 7.3 นิวตันเมตรต่อกรัม และกระดาษกราฟท์ที่มีการเคลือบผิวหน้า พบว่า ดัชนีความต้านทานแรงดึงขาดเท่ากับ 38.8, 26.9 และ 24.2 นิวตันเมตรต่อกรัม



รูปที่ 4.5 คัดค้านด้านทานแรงฉีกขาดของกระดาษกราฟท์

หมายเหตุ In 20%,40% และ 60% หมายถึง ปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่ผสมในกระดาษกราฟท์ร้อยละ 20,40และ60 กรัมต่อน้ำหนักเยื่อแห้งตามลำดับ Co 20%, 40% และ 60% หมายถึง ปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่มีเคลือบผิวหน้าบนกระดาษกราฟท์ร้อยละ20,40และ60 กรัมต่อน้ำหนักเยื่อแห้งตามลำดับ

จากรูปที่ 4.5 ค่าความต้านทานแรงฉีกขาดของกระดาษคำนวณหาค่าดัชนีตามมาตรฐาน SCAN-P 11 พบว่า เมื่อปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในกระดาษเพิ่มขึ้นคือ ร้อยละ 20, 40 และ 60 ดัชนีความต้านทานแรงฉีกขาดมีแนวโน้มลดลง 7.3, 7.0 และ 5.6 นิวตันเมตรต่อกรัม และกระดาษกราฟท์ที่มีการเคลือบผิวหน้า พบว่า ดัชนีความต้านทานแรงฉีกขาดเท่ากับ 11.0, 9.4 และ 9.0 นิวตันเมตรต่อกรัม ตามลำดับ



รูปที่ 4.6 ความพรุนของกระดาษกราฟ

หมายเหตุ In 20%, 40% และ 60% หมายถึง ปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่ผสมในกระดาษกราฟที่ร้อยละ 20, 40 และ 60 กรัมต่อน้ำหนักเยื่อแห้งตามลำดับ Co 20%, 40% และ 60% หมายถึง ปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่มีเคลือบผิวหน้าบนกระดาษกราฟที่ร้อยละ 20, 40 และ 60 กรัมต่อน้ำหนักเยื่อแห้งตามลำดับ

จากรูปที่ 4.6 ความพรุนของกระดาษด้วยวิธี SCAN-P 67 : 93 พบว่า กระดาษกราฟที่มีส่วนผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่นทดสอบไม่สามารถวัดได้ เนื่องจากกระดาษกราฟที่มีการยึดเกาะกันของเส้นใยยาวทำให้เกิดช่องว่างรูพรุนของเส้นใยมากเกินไป และกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้า พบว่า ความพรุนของกระดาษเท่ากับ 1747, 3252 และ 3317.4 มิลลิลิตรต่อน้ำที่ตามลำดับ

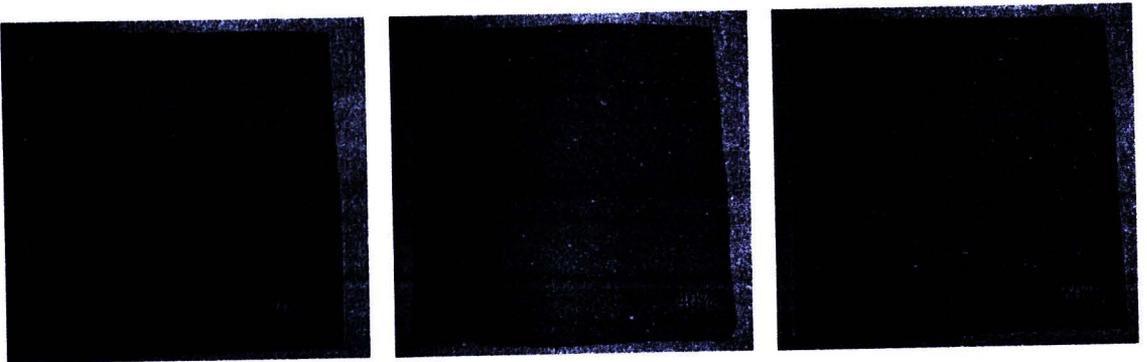
## 4.2 ทดสอบความทนทานต่อการขัดถู

การทดสอบความทนทานต่อการขัดถู (Rub Resistance) ใช้วิธีตามมาตรฐาน ASTM D52 64-98 (Abrasion Resistance of Printed Materials by the Sutherland Rub Test) จากการทดสอบพบว่า กระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่นมีปริมาณการหลุดของเส้นใยมากกว่ากระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน อีกทั้งจากการสังเกตด้วยสายตาไม่มีการหลุดร่วงออกของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนทั้งแบบกระดาษกราฟ

กราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่นและกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน

### 4.3 ผลการศึกษากระดาษกราฟที่มีส่วนผสมของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน ในขั้นตอนการขึ้นแผ่น

กระดาษกราฟที่มีส่วนผสมของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนน้ำหนัก 80 แกรม ที่ได้จากการขึ้นแผ่นกระดาษ ตาม อัตราส่วนต่างๆดังนี้ ดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนร้อยละ 20, 40 และ 60 ต่อ น้ำหนักเยื่อแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.7

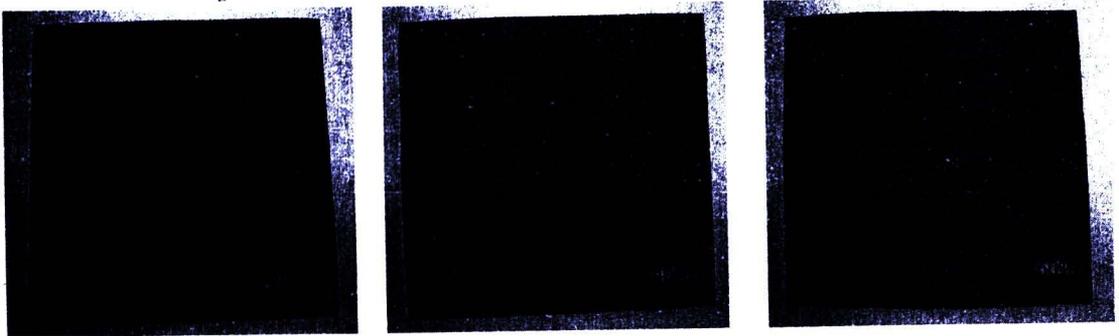


รูปที่ 4.7 กระดาษกราฟ 80 แกรมที่มีส่วนผสมของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน  
อัตราส่วนร้อยละ 20, 40 และ 60 ของน้ำหนักเยื่อแห้ง

พบว่า จากการสังเกตด้วยสายตาลักษณะกระดาษที่มีดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนผสมในขั้นตอนการขึ้นแผ่น มีการติดของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในปริมาณที่น้อยตามปริมาณร้อยละของดินเหนียวที่บริเวณผิวหน้ากระดาษ แต่ปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนยังคงน้อยกว่าร้อยละที่กำหนดไว้ เพราะดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนอาจจะหลุดร่วงลงไปกับน้ำและตกค้างบนตะแกรงขึ้นแผ่นกระดาษจำนวนมาก อีกทั้งผิวหน้ากระดาษที่มีดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนผสมในขั้นตอนการขึ้นแผ่นมีลักษณะหยาบและมีรูพรุนจำนวนมาก การยึดเกาะเรียงตัวของเส้นใยไม่สม่ำเสมอและมีการแทรกตัวของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในระหว่างพันธะเส้นใย

#### 4.4 ผลการศึกษากระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมี รูพรุน

กระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนน้ำหนัก 80 แกรม ตามอัตราส่วนต่างๆดังนี้ ดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนร้อยละ 20, 40 และ 60 ค่อน้ำหนักเยื่อแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.8



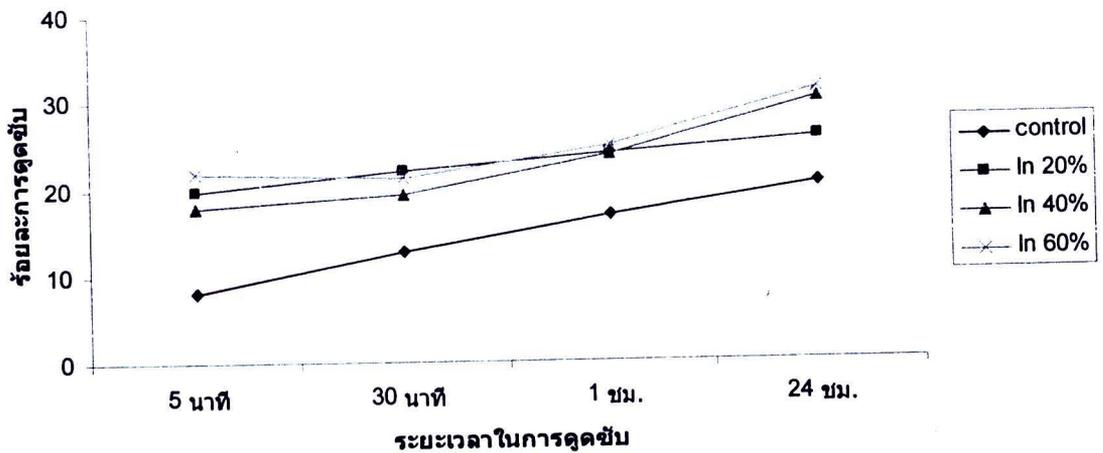
รูปที่ 4.8 กระดาษกราฟ 80 แกรมที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน  
อัตราส่วนร้อยละ 20, 40 และ 60 ของน้ำหนักเยื่อแห้ง

กระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในอัตราส่วนร้อยละ 20, 40 และ 60 ในปริมาณที่เท่ากันเมื่อเปรียบเทียบกับกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน พบว่าจากการสังเกตด้วยสายตากระดาษที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนมีการติดของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนสัมพันธ์กับปริมาณร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่กำหนดไว้ ซึ่งปริมาณร้อยละ 20 การยึดติดของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนและพอลิไวนิลอะซิเรตลักษณะกระดาษมีการซึมของพอลิไวนิลอะซิเรตในเนื้อเส้นใยเนื่องจากอัตราส่วนของพอลิไวนิลอะซิเรตมีปริมาณที่มากกว่าดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนทำให้กระดาษมีความเหนียวขึ้น หากแต่ในปริมาณร้อยละ 40 และ 60 ปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนมีมากกว่าพอลิไวนิลอะซิเรตส่งผลให้ลักษณะผิวหน้ากระดาษดังกล่าวหยาบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีปริมาณของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนติดอยู่บนผิวหน้ากระดาษกราฟที่มากส่งผลให้มีประสิทธิภาพการดูดซับได้ดีขึ้น

## 4.5 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่น

ตารางที่ 4.1 ร้อยละการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่ผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่นปริมาณร้อยละ 20, 40 และ 60 ของน้ำหนักเชื้อแห้ง

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	5 นาที	30 นาที	1 ชม.	24 ชม.
Control 0%	8.0 ±5.3	12.7±2.5	16.7±1.9	20.3±2.6
In 20%	24.8±1.1	21.9±0.1	24.9±0.8	26.1±0.1
In 40%	24±6.2	27.6±5.4	29.5±3.2	29.3±1.0
In 60%	27.9±0.8	20.1±2.7	29.8±1.0	30.7±0.9

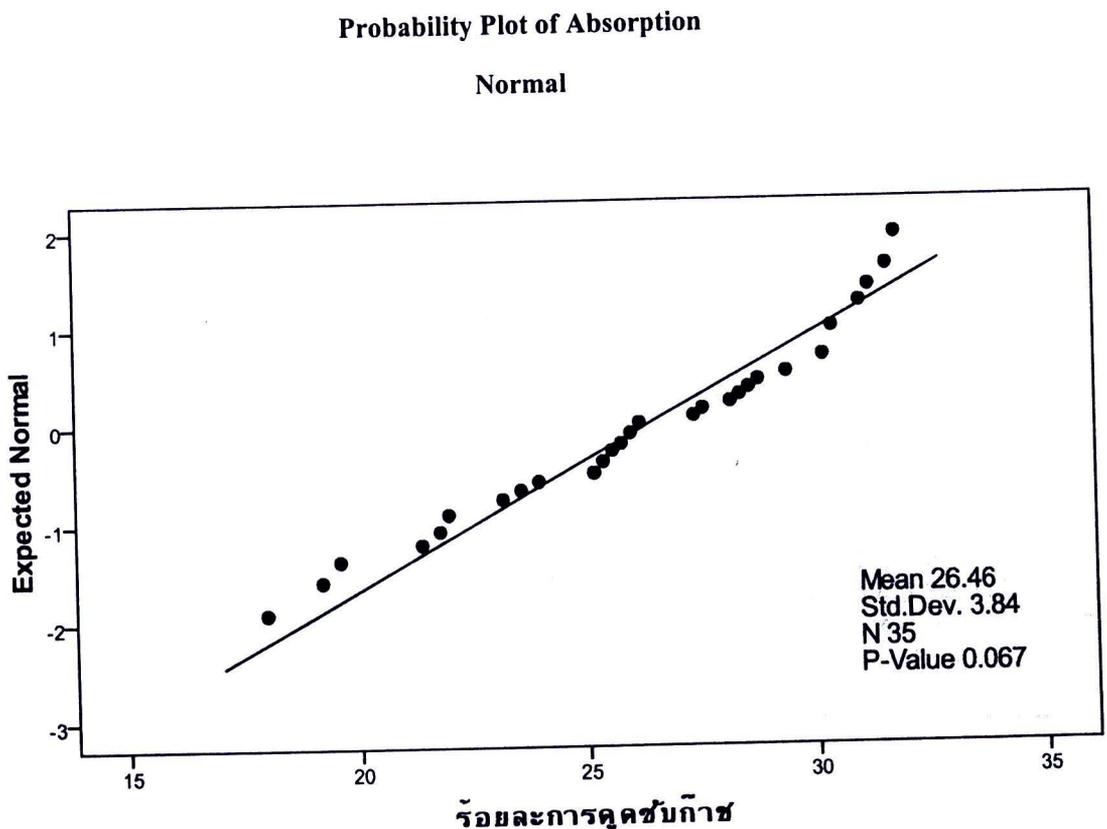


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงร้อยละการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนปริมาณร้อยละ 20, 40 และ 60 ของน้ำหนักเชื้อแห้ง

หมายเหตุ Control คือ กระดาษกราฟที่ไม่มีดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน, In 20%,40% และ 60% หมายถึง ปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่ผสมในกระดาษกราฟที่ร้อยละ 20,40 และ 60 กรัมต่อน้ำหนักเยื่อแห้งตามลำดับ

จากตารางที่ 4.1 ผลการทดลองประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน พบว่า กระดาษกราฟที่มีส่วนผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่นร้อยละ 60 มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับก๊าซเอทิลีนได้มากที่สุดคือ 30.8 % ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์ปริมาณการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่นลดน้อยลง ทำให้อัตราส่วนการดูดซับก๊าซเอทิลีนลดลงในแต่ละช่วงระยะเวลา ดังรูปที่ 4.9

4.5.1 การวิเคราะห์ผลทางสถิติอิทธิพลของปริมาณร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน และระยะเวลาต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่น



รูปที่ 4.10 แสดงการทดสอบการแจกแจงปกติของร้อยละการดูดซับก๊าซ

จากการทดลองเพื่อหาค่าร้อยละการดูดซับก๊าซ โดยทำการแจกแจงข้อมูลของปริมาณร้อยละดินเหนียว นาโนแบบมีรูพรุนและระยะเวลาต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่น พบว่าค่าเมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ ( $\alpha$ ) .05 ค่าเฉลี่ยร้อยละการดูดซับก๊าซมีการแจกแจงปกติ โดยพิจารณาจากค่า P-Value มีค่ามากกว่า .05 ดังแสดงในรูปที่ 4.10 เท่ากับ 0.067

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนและระยะเวลาต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่น โดยอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวนนำมาสร้างเป็นตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Table) ภายใต้อัตราความนัยสำคัญที่ ( $\alpha$ ) .05 แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตาราง Anova ของตัวแปรตอบสนองต่ออัตราการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟ

Source	DF	SS	MS	F	P
Main effect					
ร้อยละดินเหนียว	2	68.430	34.215	5.503	0.011
ระยะเวลา	3	168.901	56.300	9.054	0.000
Interaction					
ร้อยละดินเหนียว*ระยะเวลา	6	116.377	19.396	3.119	0.022
Error	23	143.013	6.218		
Total	35	25012.920			
Corrected Total	34	503.022			

$H_0$  : ตัวแปร ร้อยละของดินเหนียว, ระยะเวลา ไม่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม

$H_1$  : ตัวแปร ร้อยละของดินเหนียว, ระยะเวลา มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม

เขตปฏิเสธ จะปฏิเสธ  $H_0$  ถ้า  $P < \alpha$  (0.05)

จากตารางที่ 4.2 เมื่อพิจารณาค่า P-Value ที่ได้จากการวิเคราะห์กระจายของข้อมูล นำผลที่ได้มาหาความสัมพันธ์ของร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน และระยะเวลา พบว่าตัวแปรที่เป็นอิทธิพลหลัก (Main Effect) ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่นคือ ร้อยละดินเหนียว และระยะเวลามีอิทธิพลต่อ

ประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ ( $P < 0.05$  และ  $0.01$ ) ตัวแปรที่เป็นอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนพบว่าร้อยละดินเหนียวมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ( $P < 0.05$ )

วิเคราะห์ตัวแปรอิทธิพล ที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่น ร้อยละของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนจากการทดสอบความแปรปรวนเพื่อวิเคราะห์ว่าคู่ใดบ้างที่ต่างกัน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ LSD (Least Significant Difference) ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความแตกต่างของร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่น

(I) ร้อยละของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน	(J) ร้อยละของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน	Mean Difference (I-J)	Std. Error	P	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
20.00	40.00	-3.4939 <sup>*</sup>	1.04088	.003	-5.6472	-1.3407
	60.00	-2.7167 <sup>*</sup>	1.01800	.014	-4.8226	-.6108
40.00	20.00	3.4939 <sup>*</sup>	1.04088	.003	1.3407	5.6472
	60.00	.7773	1.04088	.463	-1.3760	2.9305
60.00	20.00	2.7167 <sup>*</sup>	1.01800	.014	.6108	4.8226
	40.00	-.7773	1.04088	.463	-2.9305	1.3760

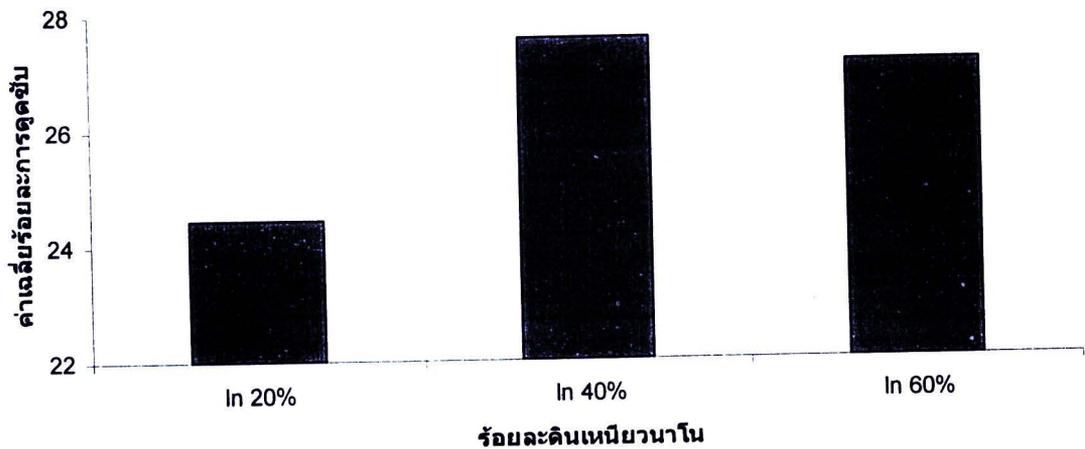
การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน จากตารางที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนเป็นรายคู่พบว่าร้อยละ 20 คู่กับ 40 และร้อยละ 20 คู่กับ 60 มีความแตกต่างต่อค่าประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ( $P < 0.05$ ) แต่ที่ร้อยละ 40 คู่กับ 60 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ( $P > 0.05$ ) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่ระดับต่างๆ ต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่น

ร้อยละ	20	40	60
20	-	*	*
40	*	-	0.463
60	*	0.463	-

#### หมายเหตุ

- \* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05
- \*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความแตกต่างของร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่น

จากรูปที่ 4.11 เป็นกราฟแสดงความแตกต่างของร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่นเมื่อเพิ่มปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนส่งผลให้มีการดูดซับก๊าซเอทิลีนได้มากขึ้น

ตารางที่ 4.5 ความแตกต่างของระยะเวลาที่ใช้การดูดซับ ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่น

(I) ระยะเวลา	(J) ระยะเวลา	Mean Difference (I-J)	Std. Error	P	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
5.00	30.00	2.5528*	1.21166	.046	.0463	5.0593
	60.00	-2.3139	1.21166	.069	-4.8204	.1926
	1440.00	-2.9139*	1.21166	.025	-5.4204	-.4074
30.00	5.00	-2.5528*	1.21166	.046	-5.0593	-.0463
	60.00	-4.8667*	1.17549	.000	-7.2983	-2.4350
	1440.00	-5.4667*	1.17549	.000	-7.8983	-3.0350
60.00	5.00	2.3139	1.21166	.069	-.1926	4.8204
	30.00	4.8667*	1.17549	.000	2.4350	7.2983
	1440.00	-.6000	1.17549	.615	-3.0317	1.8317
1440.00	5.00	2.9139*	1.21166	.025	.4074	5.4204
	30.00	5.4667*	1.17549	.000	3.0350	7.8983
	60.00	.6000	1.17549	.615	-1.8317	3.0317

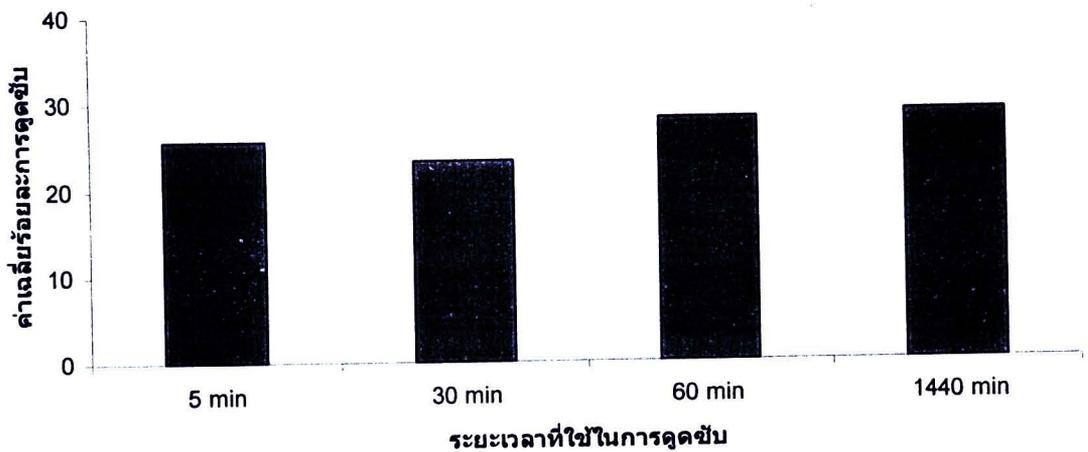
การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้การดูดซับ จากตารางที่ 4.5 เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาเป็นรายคู่พบว่าระยะเวลา 5 นาที คู่กับ 30 นาที และระยะเวลา 5 นาที คู่กับ 24 ชม. มีความแตกต่างต่อค่าประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ( $P < 0.05$ ), ระยะเวลา 30 นาที คู่กับ 1 ชม. มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ( $P < 0.05$ ) และระยะเวลา 30 นาที คู่กับ 24 ชม. มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ( $P < 0.01$ ) แต่ที่ระยะเวลา 5 นาที คู่กับ 1 ชม. และระยะเวลา 1 ชม. คู่กับ 24 ชม. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ( $P > 0.05$ ) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระยะเวลาที่ระดับต่างๆต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่น

ระยะเวลา	5 นาที	30 นาที	1 ชม.	24 ชม.
5 นาที	-	*	0.069	*
30 นาที	*	-	**	**
1 ชม.	0.069	**	-	0.615
24 ชม.	*	**	0.615	-

#### หมายเหตุ

- \* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05
- \*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01



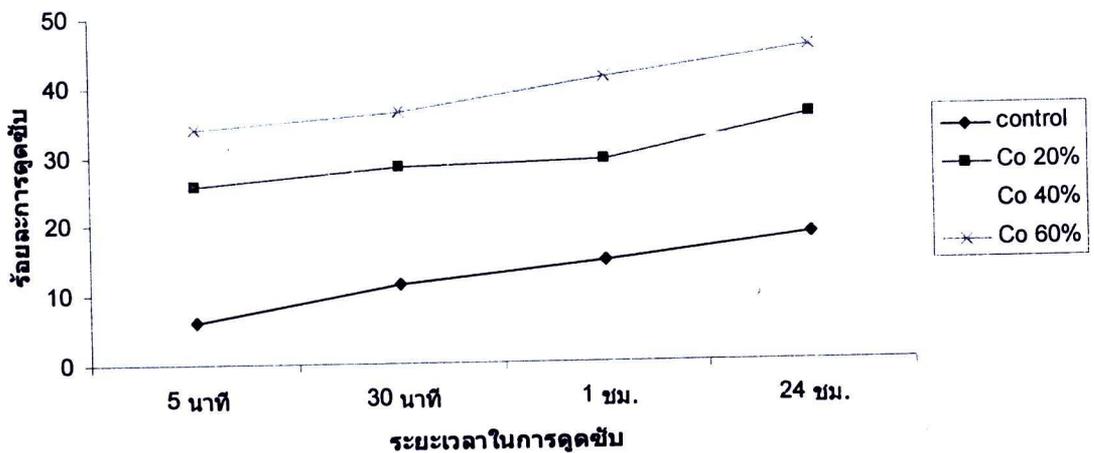
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความแตกต่างของร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่น

จากรูปที่ 4.12 เป็นกราฟแสดงความแตกต่างของระยะเวลา ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการดูดซับส่งผลให้มีการดูดซับก๊าซเอทิลีนได้มากขึ้น

## 4.6 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน

ตารางที่ 4.7 ร้อยละการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนปริมาณร้อยละ 20, 40 และ 60 ของน้ำหนักเยื่อแห้ง

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	5 นาที	30 นาที	1 ชม.	24 ชม.
Control 0%	6.0±2.9	11.3±1.5	14.7±1.9	18.1±4.3
Co 20%	25.4±0.2	27.9±0.5	29.5±0.5	32.5±0.5
Co 40%	30.6±0.6	31.8±0.5	31.2±0.2	35.5±0.2
Co 60%	34.5±0.6	36.5±0.8	40.6±0.3	44.4±1.1



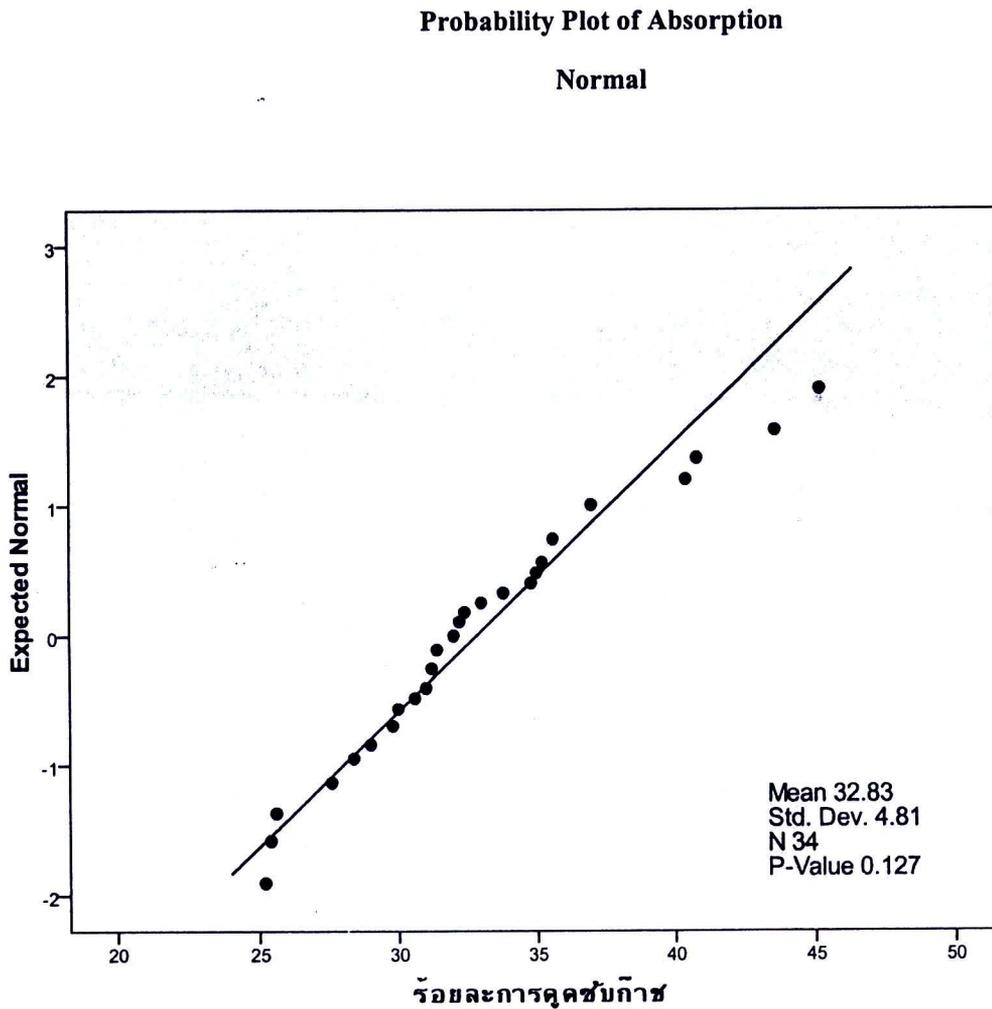
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงร้อยละการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนปริมาณร้อยละ 20, 40 และ 60 ของน้ำหนักเยื่อแห้ง

หมายเหตุ Control คือ กระจกกราฟที่ไม่มีดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน, Co 20%, 40% และ 60% หมายถึง ปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่มีเคลือบผิวหน้าบนกระจกกราฟที่ร้อยละ 20, 40 และ 60 กรัมต่อน้ำหนักเยื่อแห้งตามลำดับ

จากรูปที่ 4.13 ผลการทดลองประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระจกที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน พบว่า กระจกกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนร้อยละ 60 มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับก๊าซเอทิลีนได้มากที่สุดคือ 45.2 % ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์ปริมาณการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนเพิ่มมากขึ้นรวมถึงระยะเวลาในการดูดซับก๊าซเอทิลีนส่งผลให้มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นด้วยตามลำดับ



4.6.1 การวิเคราะห์ผลทางสถิติอิทธิพลของปริมาณร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน และระยะเวลาต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน



**รูปที่ 4.14** แสดงการทดสอบการแจกแจงปกติของร้อยละการดูดซับก๊าซ

จากการทดลองเพื่อหาค่าร้อยละการดูดซับก๊าซ โดยทำการแจกแจงข้อมูลของปริมาณร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนและระยะเวลาต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน พบว่าค่าเมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ ( $\alpha$ ).05 ค่าเฉลี่ยร้อยละการดูดซับก๊าซมีการแจกแจงปกติ โดยพิจารณาจากค่า P-Value มีค่ามากกว่า.05 ดังแสดงในรูปที่ 4.14 เท่ากับ 0.127

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยกานำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนและระยะเวลาต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน โดยอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวนนำมาสร้างเป็นตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Table) ภายใต้ระดับนัยสำคัญที่ ( $P < 0.05$ ) แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ตาราง ANOVA ของตัวแปรตอบสนองต่ออัตราการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟ

Source	DF	SS	MS	F	P
Main effect					
ร้อยละดินเหนียว	2	563.934	281.967	969.261	0.000
ระยะเวลา	3	235.314	78.438	269.630	0.000
Interaction					
ร้อยละดินเหนียว*ระยะเวลา	6	33.757	5.626	19.340	0.000
Error	22	6.400	0.291		
Total	34	37408.360			
Corrected Total	33	764.171			

จากตารางที่ 4.8 เมื่อพิจารณาค่า P-Value ที่ได้จากการวิเคราะห์กระจายของข้อมูล นำผลที่ได้มาหาความสัมพันธ์ของร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน และระยะเวลา พบว่าตัวแปรที่เป็นอิทธิพลหลัก (Main Effect) ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่ที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนคือ ร้อยละดินเหนียว และระยะเวลามีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ ( $P < 0.01$ ) ตัวแปรที่เป็นอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนพบว่าร้อยละดินเหนียวมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ( $P < 0.01$ )

วิเคราะห์ตัวแปรที่มีอิทธิพล ที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่ที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนร้อยละของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนจากการทดสอบความแปรปรวนเพื่อวิเคราะห์ว่าคู่ใดบ้างที่ต่างกัน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ LSD (Least Significant Difference) ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ความแตกต่างของร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน

(I) ร้อยละของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน	(J) ร้อยละของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน	Mean Difference (I-J)	Std. Error	P	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
20.00	40.00	-3.4500 <sup>*</sup>	.22019	.000	-3.9067	-2.9933
	60.00	-9.5033 <sup>*</sup>	.23094	.000	-9.9823	-9.0244
40.00	20.00	3.4500 <sup>*</sup>	.22019	.000	2.9933	3.9067
	60.00	-6.0533 <sup>*</sup>	.23094	.000	-6.5323	-5.5744
60.00	20.00	9.5033 <sup>*</sup>	.23094	.000	9.0244	9.9823
	40.00	6.0533 <sup>*</sup>	.23094	.000	5.5744	6.5323

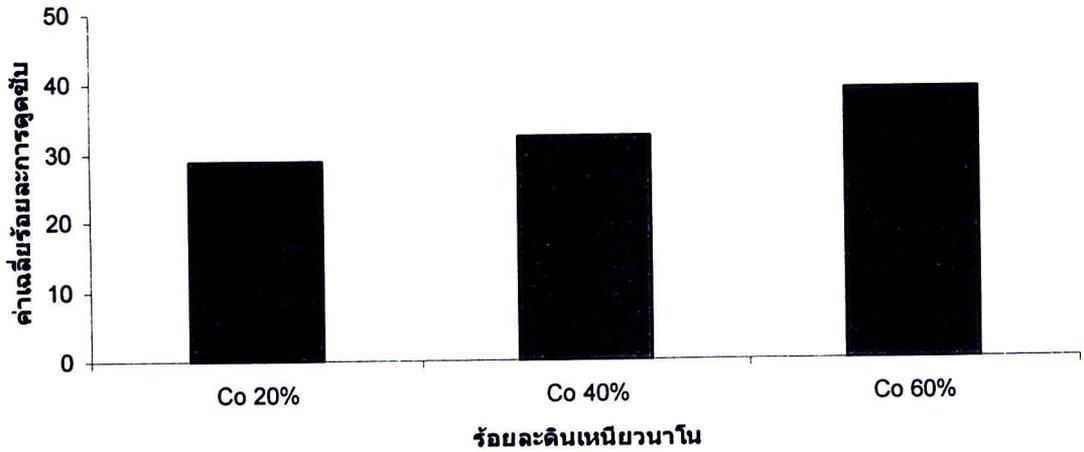
การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน จากตารางที่ 4.9 เมื่อเปรียบเทียบร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนเป็นรายคู่ที่ระดับ 20, 40 และ 60 พบว่าทุกคู่มีความแตกต่างต่อค่าประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ( $P < 0.01$ ) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.9 และตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่ระดับต่างๆต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน

ร้อยละ	20	40	60
20	-	**	**
40	**	-	**
60	**	**	-

#### หมายเหตุ

- \* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05
- \*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01



**รูปที่ 4.15** กราฟแสดงความแตกต่างของร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่น

จากรูปที่ 4.15 เป็นกราฟแสดงความแตกต่างของร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่นเมื่อเพิ่มปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนส่งผลให้มีการดูดซับก๊าซเอทิลีนได้มากขึ้น

ตารางที่ 4.11 ความแตกต่างของระยะเวลาที่ใช้การดูดซับ ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน

(I) ระยะเวลา	(J) ระยะเวลา	Mean Difference (I-J)	Std. Error	P	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
5.00	30.00	-1.8889 <sup>*</sup>	.25426	.000	-2.4162	-1.3616
	60.00	-2.7472 <sup>*</sup>	.26208	.000	-3.2907	-2.2037
	1440.00	-6.3972 <sup>*</sup>	.26208	.000	-6.9407	-5.8537
30.00	5.00	1.8889 <sup>*</sup>	.25426	.000	1.3616	2.4162
	60.00	-.8583 <sup>*</sup>	.26208	.003	-1.4019	-.3148
	1440.00	-4.5083 <sup>*</sup>	.26208	.000	-5.0519	-3.9648
60.00	5.00	2.7472 <sup>*</sup>	.26208	.000	2.2037	3.2907
	30.00	.8583 <sup>*</sup>	.26208	.003	.3148	1.4019
	1440.00	-3.6500 <sup>*</sup>	.26968	.000	-4.2093	-3.0907
1440.00	5.00	6.3972 <sup>*</sup>	.26208	.000	5.8537	6.9407
	30.00	4.5083 <sup>*</sup>	.26208	.000	3.9648	5.0519
	60.00	3.6500 <sup>*</sup>	.26968	.000	3.0907	4.2093

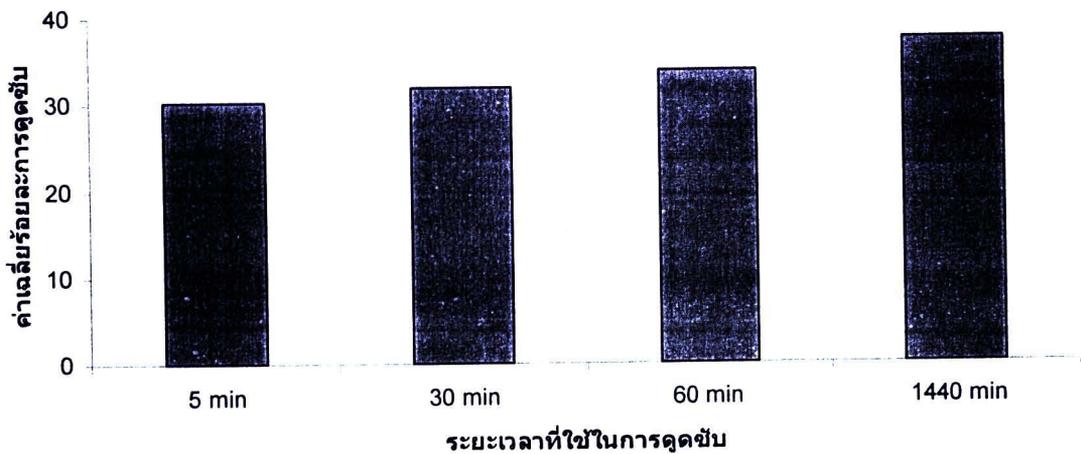
การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้การดูดซับ จากตารางที่ 4.11 เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาเป็นรายคู่พบว่าพบว่าการดูดซับมีความแตกต่างต่อค่าประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ( $P < 0.01$ ) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.11 และตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระยะเวลาที่ระดับต่างๆต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน

ระยะเวลา	5 นาที	30 นาที	1 ชม.	24 ชม.
5 นาที	-	**	**	**
30 นาที	**	-	*	**
1 ชม.	**	*	-	**
24 ชม.	**	**	**	-

#### หมายเหตุ

- \* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05
- \*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01



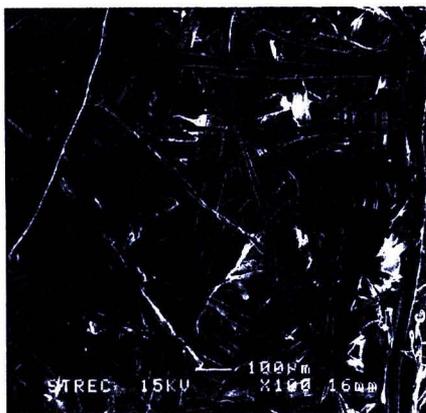
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความแตกต่างของร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน

จากรูปที่ 4.16 เป็นกราฟแสดงความแตกต่างของระยะเวลา ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการดูดซับส่งผลให้มีการดูดซับก๊าซเอทิลีนได้มากขึ้น

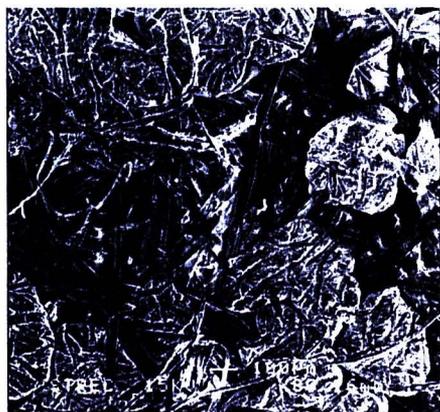
4.7 การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนและกระดาษกราฟที่มีการผสมในขั้นตอนการขึ้นแผ่นและกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน



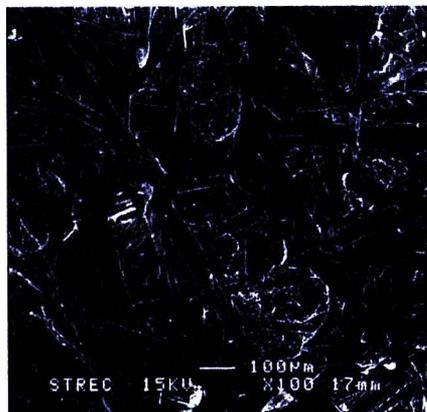
(a)



(b)



(c)



(d)

รูปที่ 4.17 ภาพถ่ายโครงสร้างจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนที่กำลังขยาย 100 เท่า

### หมายเหตุ

- (a) ดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน
- (b) กระจกกราฟท์ที่มีปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนผสมในกระจกร้อยละ 20 กรัมต่อน้ำหนักเชื้อแห้ง
- (c) กระจกกราฟท์ที่มีปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนผสมในกระจกร้อยละ 40 กรัมต่อน้ำหนักเชื้อแห้ง
- (d) กระจกกราฟท์ที่มีปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนผสมในกระจกร้อยละ 60 กรัมต่อน้ำหนักเชื้อแห้ง

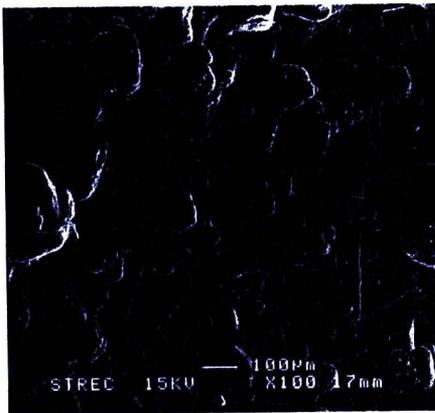
จากรูปที่ 4.17 ภาพ (a) เป็นลักษณะโครงสร้างดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนที่ค่าตั้งขยาย 10,000 ทำให้เห็นถึงลักษณะโครงสร้างผลึกที่แผ่เป็นแผ่นหรือชั้นเรียงซ้อนกัน ภาพ (b) จะเห็นว่าปริมาณของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนมีการติดค้างอยู่บนเส้นใยในปริมาณที่น้อย ซึ่งส่งผลให้ปริมาณการดูดซับก๊าซเอทิลีนได้น้อยตาม ภาพ (c) และ (d) จะเห็นว่าปริมาณของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนมีปริมาณมากขึ้นและกระจายตัวอยู่บนผิวหน้ากระจกและระหว่างเส้นใย ซึ่งการที่มี ดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนแทรกเข้าอยู่ระหว่างเซลล์โลสเป็นผลทำให้เกิดพันธะระหว่างกันได้น้อยลงจึงทำให้กระจกมีความแข็งแรงลดลงอีกทั้งเกิดช่องว่างระหว่างพันธะมากขึ้นเป็นผลให้ไม่สามารถวัดความพรุนของกระจกได้



(e)



(f)



(g)

รูปที่ 4.18 ภาพถ่ายโครงสร้างจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนที่กำลังขยาย 100 เท่า

#### หมายเหตุ

- (e) กระจกกราฟที่มีปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนเคลือบบนกระจกร้อยละ 20 กรัมต่อน้ำหนักเชื้อแห้ง
- (f) กระจกกราฟที่มีปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนเคลือบบนกระจกร้อยละ 40 กรัมต่อน้ำหนักเชื้อแห้ง
- (g) กระจกกราฟที่มีปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนเคลือบบนกระจกร้อยละ 60 กรัมต่อน้ำหนักเชื้อแห้ง

จากรูปที่ 4.18 ภาพ (e) เป็นลักษณะการยึดติดของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนบนกระดาษกราฟที่ใช้วิธีการเคลือบทำให้เห็นปริมาณการยึดติดของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่มากกว่ากระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่น ภาพ (f) และ (g) จะเห็นการกระจายตัวของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนอยู่บนผิวหน้ากระดาษที่มากขึ้นตามปริมาณร้อยละ จึงสามารถทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนได้มากขึ้นตามและเซลล์โลสระหว่างพันธะมีเนื้อกาวพอลิไวนิลอะซีเตตที่ช่วยทำให้ช่องว่างระหว่างพันธะลดลงเป็นผลทำให้สามารถวัดความพรุนของกระดาษได้