

บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ทำการทดลองเพื่อการพัฒนาประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทีเอ็นของกระดาษกราฟที่มีการดัดแปรด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน โดยมีวัตถุประสงค์คือ

1. เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่ใช้ในการผลิตกระดาษกราฟเพื่อดูดซับก๊าซเอทีเอ็น
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับก๊าซเอทีเอ็นของกระดาษที่มีส่วนผสมของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของกระดาษที่มีการใส่ดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่นกับกระดาษที่มีเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน

5.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่น

จากการทดลองพบว่ากระดาษกราฟระดับต่างๆที่ผลิตได้ มีสมบัติคือ เมื่อปริมาณการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนเพิ่มมากขึ้นค่าน้ำหนักมาตรฐาน, ความหนาและค่าความทึบแสงจะเพิ่มมากขึ้น แต่ดัชนีด้านทานแรงดึงขาด, ดัชนีด้านทานแรงฉีกขาดมีค่าลดลงเพราะในกระบวนการขึ้นรูปแผ่นกระดาษทดสอบนั้นเมื่อแยกน้ำออกจากเส้นใยเซลลูโลสซึ่งมีประจุลบจะเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างกันทำให้กระดาษมีความแข็งแรง [5] แต่เมื่อมีการเติมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่มีความเป็นขั้ว [9] เข้าไปปริมาณเพิ่มขึ้นจะเกิดการขัดขวางพันธะระหว่างเส้นใยเซลลูโลสจึงส่งผลให้กระดาษนั้นมีความแข็งแรงลดลง เนื่องจากดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนมีการแทรกตัวอยู่ระหว่างช่องว่างรูพรุนของกระดาษดังรูปที่ 4.12 และการทดสอบการขจัดพบว่า กระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่นมีการหลุดร่อนของเส้นใยในปริมาณที่มากแต่ดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนกลับไม่มีการหลุดออกมา รวมถึงค่าความพรุนของกระดาษไม่สามารถวัดค่าได้เพราะกระดาษกราฟที่ผลิตขึ้นนั้นมีดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนแทรกเข้าอยู่ระหว่างเซลลูโลสเป็นผลทำให้เกิดพันธะระหว่างกันอีกทั้งทำให้เกิดช่องว่างระหว่างพันธะดังรูปที่ 4.17



5.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียว นาโนแบบมีรูพรุน

กระดาษกราฟที่ระดับต่างๆที่ผลิตได้ มีสมบัติคือ เมื่อปริมาณการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนเพิ่มมากขึ้นค่าน้ำหนักมาตรฐาน, ความหนา, ค่าความทึบแสงมีค่าที่ใกล้เคียงกันคือ 97.88, 98.7, 98.5 ตามลำดับ, ค่าความพรุนของกระดาษจะเพิ่มมากขึ้น เพราะกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าเป็นการใช้สารยึดติดพอลิไวนิลอะซิเตดซึ่งมีคุณสมบัติยึดติดพันธะได้ดีทำให้เพิ่มความแข็งแรงให้กับกระดาษกราฟ ดังรูปที่ 4.18 อีกทั้งยังช่วยในการปิดรูพรุนของกระดาษได้ดียิ่งขึ้น เป็นผลทำให้กระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนสามารถวัดความพรุนของกระดาษได้ ค่าดัชนีด้านทานแรงดึงขาดและค่าดัชนีด้านทานแรงฉีกขาดมีค่าลดลง เพราะกระดาษกราฟที่มีการเคลือบสารยึดติด เป็นสารสังเคราะห์ประเภทพอลิเมอร์ ให้ความแข็งแรงของพันธะยึดติดดี [12] มีผลทำให้กระดาษที่ร้อยละ 20 มีความแข็งแรงมากกว่าเนื่องจากร้อยละ 20 มีเนื้อกาวยาวมากกว่าดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน ทำให้เนื้อกาวซึมลงในเนื้อกระดาษได้ดีส่งผลให้กระดาษมีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบการขจัดอุพบว่กระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้ามีความสามารถด้านทานการขจัดอุได้ดีกว่ากระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่น

5.3 ผลการศึกษากระดาษกราฟที่มีส่วนผสมของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนใน ขั้นตอนการขึ้นแผ่น

กระดาษกราฟที่มีส่วนผสมของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่นที่ผลิตได้ระดับต่างๆ มีการหลุดร่วงของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนลงไปกับน้ำอีกทั้งติดค้างบนตะแกรงขึ้นแผ่น และมีการแทรกตัวของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในช่องว่างระหว่างเส้นใย เป็นเพราะขนาดของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงขึ้นแผ่นทำให้โอกาสที่จะหลุดหายไปกับน้ำที่ปล่อยทิ้งรวมถึงการติดค้างบนตะแกรงด้วยและยังพบว่าปริมาณในการใส่ดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนมากขึ้นก็จะมีหลุดรูดออกตะแกรงมากขึ้นตามทำให้ได้ปริมาณร้อยละของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่เหลืออยู่บนกระดาษกราฟน้อยกว่าร้อยละที่กำหนดไว้

5.4 ผลการศึกษากระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน

กระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่ผลิตได้ระดับต่างๆ มีปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนบนผิวหน้ากระดาษกราฟที่มากกว่ากระดาษกราฟที่มีส่วนผสมของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่น โดยปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่เพิ่มมากขึ้นจะสามารถยึดเกาะบนผิวหน้ากระดาษได้มาก เพราะในกระบวนการดังกล่าวนี้มีการใช้สารยึดติดสังเคราะห์พอลิไวนิลอะซิเตดผสมกับดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนและใช้วิธีการเคลือบบนผิวหน้ากระดาษทำให้ปริมาณของสารยึดติดไม่หายไป แต่มีการติดค้างของสารยึดติดเล็กน้อยบนแท่งปาดสาร (Bar coater)

5.5 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่น

จากการทดลองพบว่า กระดาษกราฟที่ไม่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน (Control) และกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่นระดับต่างๆ ที่ผลิตได้มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซเอทิลีน โดยปริมาณร้อยละของกระดาษกราฟที่ไม่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนมีความสามารถในการดูดซับก๊าซเอทิลีนได้ร้อยละ 8.0, 12.7, 16.7 และ 20.3 ตามลำดับ แสดงว่ากระดาษกราฟที่มีความสามารถเริ่มต้นการดูดซับก๊าซเอทิลีนได้ สำหรับกระดาษกราฟที่ปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่ร้อยละ 60 ของน้ำหนักเยื่อแห้งสามารถดูดซับก๊าซเอทิลีนได้ร้อยละ 27.9, 20.1, 29.8, และ 30.7 ตามลำดับ โดยปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่เพิ่มมากขึ้นจะสามารถดูดซับก๊าซเอทิลีนได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งเป็นไปตามงานวิจัยพบว่าร้อยละในการดูดซับเอทิลีนมีอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับมากขึ้น [16] อีกทั้งมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามช่วงระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนพบว่าร้อยละดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุน และระยะเวลาส่งผลต่อความสามารถในการดูดซับของกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เพราะ โครงสร้างผลึกที่เป็นรูพรุนและพื้นที่ผิวสัมผัส [9] อีกทั้งการดัดแปลงพื้นผิวให้มีความชอบสารอินทรีย์อยู่ด้าน การดัดแปลงโครงสร้างให้มีรูพรุนพร้อมทั้งการดัดแปลงโครงสร้างด้วยสารอินทรีย์ถูกเตรียมขึ้นจากการแทรกตัวของสารลดแรงตึงผิว (CTAB) ระหว่างชั้นดินโซเดียมเบนโทไนด์ และมีการเติมหมู่ฟังก์ชันที่สามารถดักจับก๊าซเอทิลีน (หมู่เมทิล) ไว้ในรูพรุนเพิ่มความสามารถในการดักจับก๊าซเอทิลีน อีกทั้งยังพบว่าปริมาณร้อยละของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่มีการผสมในขั้นตอนการขึ้นแผ่นร้อยละ 40 คู่กับ 60 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ซึ่งอาจเป็นเพราะในการขั้นตอนการทำแผ่นทดสอบปริมาณการติดของดินเหนียวนาโนแบบ

มีรูปทรงของร้อยละ 40 และ 60 มีปริมาณที่ใกล้เคียงกันทำให้ความสามารถในการดูดซับของกระดาษกราฟที่มีการผสมของดินเหนียวนาโนแบบมีรูปทรงลดน้อยลง ส่วนระยะเวลาที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซพบว่าระยะเวลาที่เห็นผลถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) คือระยะเวลาที่ 30 นาทีขึ้นไป ปัจจัยกระดาษกราฟที่ทำการทดลองมีลักษณะเป็นรูที่เปิดสู่ผิวหน้ากระดาษได้ทั้งสองด้านและมีทางเชื่อมของเส้นใยต่อกันภายในเนื้อกระดาษ รูปแบบนี้จะช่วยทำให้ก๊าซผ่านได้ดี กระดาษจะมีการดูดซึมสารเมื่อสารซึมทะลุผ่านเข้าไปในเนื้อกระดาษซึ่งภายในประกอบด้วยรูปทรงและรูปิดจำนวนมากมาย ซึ่งรูเหล่านี้มีผลต่ออัตราการไหลผ่านของกระดาษ [6] ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าหากต้องการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูปทรงในขั้นตอนการขึ้นแผ่นให้เลือกร้อยละ 40 หากเปรียบเทียบกับร้อยละ 60 ซึ่งมีประสิทธิภาพในการดูดซับได้ไม่แตกต่างกันและยังเป็นการประหยัดดินเหนียวนาโนแบบมีรูปทรงได้ด้วย ฉะนั้นจึงเป็นไปตามที่ได้ตั้งสมมุติฐานไว้ กระดาษกราฟที่ไม่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูปทรง และกระดาษที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูปทรงมีความสามารถในการดูดซับก๊าซเอทิลีนได้

5.6 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูปทรง

จากการทดลองพบว่า กระดาษกราฟที่ไม่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูปทรง (Control) โดยปริมาณร้อยละของกระดาษกราฟที่ไม่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูปทรงมีความสามารถในการดูดซับก๊าซเอทิลีนได้ร้อยละ 6.0, 11.3, 14.7 และ 18.1 ตามลำดับ กระดาษกราฟที่มีเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูปทรงระดับต่างๆ ที่ผลิตได้มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซเอทิลีนได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูปทรงที่ร้อยละ 60 ของน้ำหนักเยื่อแห้งสามารถดูดซับก๊าซเอทิลีนได้ 34.5, 36.5, 40.6 และ 44.4 ตามลำดับ จะพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซเอทิลีนของกระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูปทรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) คือ ร้อยละของดินเหนียวนาโนแบบมีรูปทรงและระยะเวลา ซึ่งปริมาณดินเหนียวนาโนแบบมีรูปทรงที่เพิ่มมากขึ้นจะสามารถดูดซับก๊าซเอทิลีนได้มากตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามช่วงระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) อีกทั้งยังพบว่าในแต่ละปริมาณของดินเหนียวนาโนแบบมีรูปทรงที่มีการเคลือบผิวหน้าเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เนื่องจากการใช้สารบีดติคพอลิไวนิลอะซิเตต ในการช่วยให้สารบีดติคบนกระดาษให้ความแข็งแรงของพันธะบีดติคได้ดี ช่วยให้การบีดเกาะของดินเหนียวนาโนแบบมีรูปทรงได้มากขึ้น [12] เป็นผลให้กระดาษกราฟที่มีการเคลือบด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูปทรงมีลักษณะคล้ายแผ่นฟิล์มที่มีดินเหนียวนาโนแบบมีรูปทรงอยู่บนผิวหน้ากระดาษปริมาณมากจึงทำให้สามารถดูดซับก๊าซได้มากขึ้นและมากกว่ากระดาษกราฟที่มีการผสม

ดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าปริมาณแต่ละร้อยละของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่มีการเคลือบผิวหน้าบนกระดาษกราฟที่มีความสามารถในการดูดซับก๊าซเอทิลีนได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน เป็นผลทำให้กระดาษกราฟที่มีการเคลือบผิวหน้าด้วยดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนและกระดาษกราฟที่มีการผสมดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในขั้นตอนการขึ้นแผ่นมีอัตราการดูดซับก๊าซเอทิลีนแตกต่างกันอีกด้วย

5.7 ข้อเสนอแนะ

5.7.1 ข้อเสนอแนะในการนำงานวิจัยไปใช้

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองเบื้องต้น ผลของการดูดซับก๊าซเอทิลีนยังไม่สูงมากนัก เนื่องจากปริมาณของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนที่น้อย ควรมีการเพิ่มปริมาณของสารดูดซับ และระยะเวลาให้มากขึ้น อาจมีการทิ้งระยะเวลา 1 - 2 วัน และทดลองเปรียบเทียบความสามารถการดูดซับก๊าซเอทิลีนกับสารดูดซับชนิดอื่นว่าอัตราการดูดซับแตกต่างกันหรือไม่

5.7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.7.2.1 ศึกษาปริมาณของดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนในแต่ละชนิดกระดาษที่มีการใช้ในทางอุตสาหกรรม

5.7.2.2 ศึกษาเปรียบเทียบระดับการบดเชือกกราฟที่ส่งผลต่อคุณสมบัติกระดาษ เพื่อที่อาจจะนำไปใช้เป็นบรรทัดฐานของจริง เพื่อจำลองในการขนส่งจริงที่ต้องใช้ระยะเวลานาน

5.7.2.3 ควรจะทดลองการดูดซับก๊าซเอทิลีนของตัวดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนเพียงอย่างเดียวว่ามีความประสิทธิภาพในการดูดซับแตกต่างกับถ่านกัมมันต์อย่างไร

5.7.2.4 ทดลองศึกษาการนำดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนไปประยุกต์ใช้กับผลผลิตที่มีการคายความชื้นมาก เนื่องจากดินเหนียวนาโนแบบมีรูพรุนมีคุณสมบัติเป็นสารดูดความชื้นได้เช่นเดียวกัน