

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันนี้ บรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุอาหารส่วนใหญ่แล้วจะผลิตมาจากพอลิเมอร์ ชนิดต่างๆ เช่น polyethylene terephthalate (PET), polyvinylidene chloride (PVDC), high density polyethylene (HDPE) ซึ่งเหตุที่พอลิเมอร์เหล่านี้เป็นที่นิยมนำมาใช้ในการบรรจุอาหารเพราะ มีน้ำหนักเบา ราคาถูก มีความสะดวกสบายในการใช้งาน และสามารถนำกลับมาใช้ (reuse) หรือ หมุนเวียนมาใช้ใหม่ได้ (recycle) ในการเก็บรักษาอาหารให้ได้ระยะเวลานานๆ จะต้องป้องกันไอน้ำและก๊าซออกซิเจนไม่ให้เข้าไปทำให้อาหารเสียสภาพ ดังนั้น บรรจุภัณฑ์ที่ดีจะต้องมีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ดี

สมบัติที่สำคัญของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร คือ มีความแข็ง มีสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานต่ำ ทนต่อการสึกกร่อน มีความต้านทานไฟฟ้าสูง และไม่ไวต่อการทำปฏิกิริยาเคมี ทำให้งานวิจัยในยุคก่อนๆ นั้นจะเน้นไปในการ เพิ่มความแข็งแรงให้กับวัสดุ เช่น นำไปเคลือบหัวอ่านและแผ่นบันทึกข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ (Goglia et al, 2001) หรือเคลือบป้องกันการทำปฏิกิริยาเคมีกับสารเคมีในร่างกายต่อวัสดุปลูกฝัง (Elinson et al, 1999) และการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร บนวัสดุ แก้วด้วยเทคนิคพลาสมาอิมเมอร์ชัน (plasma immersion ion implantation , PIII) แบบคลื่นวิทยุ ทำให้สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานลดลง 70% และมีผิวที่เรียบขึ้น (กิตติคุณ, 2549) เนื่องจากฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร มีโครงสร้างเป็นคาร์บอนอสัณฐาน (amorphous carbon) คือ มีการเรียงตัวที่ไร้รูปร่าง มีความหนาแน่นสูง ซึ่งเป็นสมบัติเฉพาะตัวของเพชร และไม่ไวต่อการทำปฏิกิริยาเคมี จึงทำให้งานวิจัยในยุคต่อมาสนใจที่จะนำฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร มาใช้กับบรรจุภัณฑ์อาหาร (Shirakura et al, 2006)

1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Shirakura et al. (2006) ได้สังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร บนผิวด้านในของขวด PET ขนาดต่างๆ โดยใช้ก๊าซอะเซทิลีน (C_2H_2) เป็นก๊าซต้นกำเนิดพลาสมาเหนี่ยวนำด้วยคลื่นวิทยุ 250-2500 W ที่ความดัน 1-100 Pa ใช้เวลาในการสังเคราะห์ฟิล์ม 0.5-5 วินาที ได้ความหนาของฟิล์ม ประมาณ 10 – 40 nm และทำการวัดอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 20, 23, 30 และ 40 °C โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและ

คาร์บอนไดออกไซด์จะมีค่ามากขึ้น และปรากฏว่าที่อุณหภูมิ 40 °C จะได้ค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงมากที่สุด คือ 35.5 เท่า และ 12 เท่า ตามลำดับ

Sakudo et al. (2005) ใช้เทคนิค plasma-base ion implantation (PBII) สังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร บนแผ่นพอลิเมอร์ PET ขนาด 10 mm² หนา 1 mm โดยใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นต้นกำเนิดพลาสมา เหนี่ยวนำด้วยคลื่นไมโครเวฟ 50-200 W และให้ศักย์ไฟฟ้าไบแอสแบบหัวที่ -10 kV, pulse length 5 μ s ได้ชั้นของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรหนาประมาณ 100 nm ทำให้อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง 6 เท่า และ 10 เท่า ตามลำดับ

Abbas et al. (2004) ใช้เทคนิค filtered cathodic vacuum arc (FCVA) และ plasma-enhanced chemical vapour deposition (PECVD) สังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรด้วยก๊าซอะเซทิลีน ผสมกับ เตตระเมทิลซิลิโคน (TMS) และ ซิลิคอน (Si) แล้วแปรค่าอัตราส่วนระหว่าง TMS/(TMS+C₂H₂) และเปอร์เซ็นต์ของ Si ซึ่งทั้ง 2 เทคนิคที่กล่าวมาจะใช้สังเคราะห์ฟิล์มลงบนพอลิเมอร์ PET หนา 75 μ m ที่ความดัน 1 mTorr ปรากฏว่าเทคนิค PECVD สามารถลดอัตราการซึมผ่านของไอน้ำได้มากที่สุดด้วยเงื่อนไข TMS/(TMS+C₂H₂) = 0.2 และ Si = 7.8% โดยมีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำลดลง 51 เท่า

Nakahigashi et al. (2004) ใช้เทคนิค radio frequency plasma assisted chemical vapor deposition (RF-PCVD) สังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรบนแผ่นของ polyethylene ที่มีความหนา 30 μ m โดยใช้พลาสมาของก๊าซไฮโดรเจนในการทำสะอาดผิว จากนั้นใช้พลาสมาของก๊าซมีเทนในการสร้างชั้นของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร แล้วแปรค่าความหนาของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรเป็น 0.3, 0.8 และ 1.5 μ m จากนั้นนำไปวัดค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน และไนโตรเจนปรากฏว่าที่ความหนา 0.8 μ m มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซทั้งสองชนิดลดลงมากที่สุดคือ 4 เท่าและ 3 เท่า ตามลำดับ

Cuong et al. (2003) ใช้เทคนิค radio frequency plasma-enhanced chemical vapor deposition (RF-PECVD) สังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรบน polycarbonate (PC) ซึ่งขั้นตอนแรกจะใช้พลาสมาของก๊าซอาร์กอนในการทำสะอาดผิวเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นใช้ก๊าซมีเทนผสมกับก๊าซไฮโดรเจนในการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรแล้วแปรค่าอัตราส่วนของก๊าซไฮโดรเจนที่ผสมลงไป เป็น 0, 25 และ 50 % โดยสังเคราะห์ที่ความดัน 28 Pa กำลังของเครื่องกำเนิดคลื่นวิทยุ 300 W เป็นเวลา 30 นาที ได้อัตราการสังเคราะห์ฟิล์มประมาณ 8 nm/min โดยอัตราส่วนของไฮโดรเจนมีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน ซึ่งถ้าอัตราส่วนของไฮโดรเจนยิ่งมากจะทำให้สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของ PC ลดลงจาก 0.7 เป็น 0.3

Baba et al. (2006) ใช้เทคนิค plasma source ion implantation (PSII) สังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรบนซิลิกอน และพอลิเมอร์ 3 ชนิด ได้แก่ ไนลอน, polyethylene (PE) และ polytetrafluoroethylene (PTFE) เพื่อศึกษาการยึดติดของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรกับวัสดุ (adhesion) โดยวัสดุที่จะถูกสังเคราะห์ฟิล์มจะผ่านการ pretreatment จากพลาสมาของ น้ำ ออกซิเจน และมีเทน หลังจากนั้นจึงสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรด้วยก๊าซอะเซทิลีน และไบเอสเตอร์กซ์ ไฟฟ้าแรงสูงแบบหัว -10 kV, ความถี่ 1 kHz, pulse length 5 μ s, ความดันประมาณ 2 Pa ซึ่งในขั้นตอนการ pretreatment ก็จะมีเงื่อนไขเดียวกันดังที่กล่าวมา ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรที่สังเคราะห์ได้จะมีความหนาเท่ากันในทุก พื้นผิว คือประมาณ 200 nm และเมื่อนำไปวัดค่า adhesion ปรากฏว่า PTFE ที่ผ่านการ pretreatment ด้วยพลาสมาของ น้ำและออกซิเจน มีค่า adhesion ที่เพิ่มขึ้นคือเพิ่มจาก 25 kg/cm² เป็น 180 kg/cm² ส่วนในเงื่อนไขอื่นๆ ไม่เห็นความแตกต่าง และเมื่อนำ PTFE ที่ผ่านการ pretreatment ไปส่องดูพื้นผิวด้วย SEM ปรากฏว่า พื้นผิวของ PTFE ที่ผ่านการ pretreatment ด้วยพลาสมาออกซิเจนนั้นมีความขรุขระมากที่สุด ซึ่งความขรุขระระดับนาโนนี้ส่งผลในการเพิ่มค่า adhesion ระหว่างฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรกับวัสดุ

Ueda et al. (2005) ใช้เทคนิคการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรแบบ chemical vapor deposition (CVD) บนผิวด้านในขวด PET ขนาดต่างๆ โดยสร้างเป็นเครื่องที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งใช้ก๊าซอะเซทิลีนเป็นก๊าซต้นกำเนิดพลาสมา และใช้คลื่นวิทยุความถี่ 13.56 MHz เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดพลาสมาโดยมี antenna สอดเข้าไปในขวดทำให้กระบวนการสร้างพลาสมาเกิดขึ้นภายในขวดทั้งหมด โดยทำได้ในอัตรา 18,000 ขวด/ชั่วโมง สำหรับขวดขนาด 0.5 ลิตร และ 12,000 ขวด/ชั่วโมง สำหรับขวดขนาด 1.5 ลิตร เมื่อนำไปวัดค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของขวดขนาด 350, 500, และ 1,500 ml ปรากฏว่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนลดลง 15, 17 และ 23 เท่าตามลำดับ ส่วนอัตราการซึมผ่านของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้น ได้ทำการวัดที่ขวดขนาดเดียวคือ 500 ml โดยมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซลดลง 13 เท่า

Yoshida et al. (2003) ใช้เทคนิค plasma source ion implantation (PSII) โดยใช้ก๊าซอะเซทิลีน และก๊าซมีเทนในการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรบนแผ่นฟิล์ม PET เป็นรูปวงกลมที่มีรัศมี 25 mm และมีความหนาประมาณ 38 μ m ปรากฏว่าการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรด้วยก๊าซอะเซทิลีน ได้ค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนลดลงมากกว่ากรณีการใช้ก๊าซมีเทน โดยกรณีที่ใช้ก๊าซอะเซทิลีนอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนลดลง 126 เท่า ส่วนกรณีใช้ก๊าซมีเทนลดลง 50 เท่า

Ikeyama et al. (2007) ใช้เทคนิค plasma-base ion implantation (PBII) ใช้ก๊าซอะเซทิลีน สังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรบนแผ่นฟิล์ม PET โดยมีอัตราการไหลของก๊าซ 3.0 sccm, ความดัน 1 Pa ไบแอสด้วยศักย์ไฟฟ้าแรงสูงแบบหัวงด้วยความต่างศักย์ 800 V, ความถี่ 4 kHz, pulse length 5 μ s จากนั้นแปรค่าของเวลาในการสังเคราะห์ฟิล์มเป็น 20, 60 และ 300 วินาที แล้วไปวัดค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและไนโตรเจนโดยที่เวลา 60 และ 300 วินาทีมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนไม่แตกต่างกันมากนัก และอัตราการซึมผ่านของก๊าซไนโตรเจนมีค่าเท่ากัน และเมื่อนำไปวัดค่าเปอร์เซ็นต์การผ่านของแสงปรากฏว่าที่ความยาวคลื่นเดียวกันฟิล์ม PET ที่ใช้สังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร 300 วินาที มีเปอร์เซ็นต์การผ่านของแสงน้อยที่สุดและที่เวลาสังเคราะห์ฟิล์ม 20 วินาที มีเปอร์เซ็นต์การผ่านของแสงมากที่สุด โดยความยาวคลื่นที่น้อยกว่า 400 nm จะไม่สามารถผ่านฟิล์มที่ใช้เวลาสังเคราะห์ 300 วินาทีได้ เพราะฟิล์มที่ได้มีลักษณะที่ทึบแสงมาก

Kodama et al. (2006) สร้างพลาสมาที่ความดันบรรยากาศ (atmospheric – pressure glow plasma) โดยใช้ก๊าซอะเซทิลีนเพื่อสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรบนฟิล์ม PET ได้ความหนาของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรประมาณ 2000 – 10000 nm ซึ่งที่ความหนา 10000 nm มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนลดลงมากที่สุดคือ 23.1 เท่า

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้กล่าวในข้างต้น จะเห็นว่าการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร ด้วยเทคนิคพลาสมาอิมเมอร์ชัน ลงบนฟิล์มบรรจุภัณฑ์พลาสติกมีแนวโน้มที่จะปรับปรุงคุณภาพของฟิล์มบรรจุภัณฑ์ทางการกันอัตราการซึมผ่านของน้ำและก๊าซได้ อย่างไรก็ตามยังไม่มียานวิจัยที่ศึกษาโดยละเอียดถึงผลของระยะเวลาและศักย์ไฟฟ้าไบแอสในการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรต่อคุณสมบัติของฟิล์ม ดังนั้นในการทดลองนี้จะทำการวัดผลของเวลาและศักย์ไฟฟ้าไบแอสต่อความสามารถในการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนของฟิล์มบรรจุภัณฑ์, ความหนาของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร สีของฟิล์ม โครงสร้างทางผลึกของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร และโครงสร้างและพันธะของโมเลกุล

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาระยะเวลาและศักย์ไฟฟ้าไบแอสในการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรต่อคุณสมบัติของฟิล์มบรรจุภัณฑ์ PVDC และ PET