บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันพลาสติกได้เข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมาก อาทิเช่น บรรจุภัณฑ์ต่างๆ ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า ชิ้นส่วนยานยนต์ เป็นต้น ซึ่งกระบวนการผลิตและการใช้พลาสติกเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากพลาสติกไม่สามารถสลายตัวตามธรรมชาติได้ในระยะเวลาอันสั้น ไม่ว่าจะโดยแสง (photodegradation) น้ำ (hydrolysis) ออกซิเจน (oxidation) และการย่อยสลายทางชีวภาพ (biodegradation) เป็นผลให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆในระยะยาว แนวทางในการแก้ปัญหาวิธีหนึ่งคือ การนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ (recycle) แต่วิธีนี้จะก่อให้เกิดความยุ่งยากในการจัดเก็บและคัดแยกชนิดของพลาสติก และผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณภาพหรือสมบัติการใช้งานที่ต่ำลง ดังนั้นวงการพลาสติกทั่วโลกจึงหันมาให้ความสนใจศึกษา กระบวนการผลิตพลาสติกที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ (biodegradable synthetic plastics)

โดยทั่วไปขยะพลาสติกส่วนใหญ่จะมาจากบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งพลาสติกที่มีการใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ส่วนมากจะเป็นพอลิเมอร์จำพวกพอลิโอเลฟินส์ โดยเฉพาะพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE) ซึ่งใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์ประเภทถุงข้าวสาร ถุงใส่สินค้าแช่แข็ง ถุงบรรจุปุ๋ย ถุงน้ำตาล เป็นต้น พอลิเมอร์ชนิดนี้มีความเฉื่อยต่อปฏิกิริยาทางเคมี เป็นผลให้มีความทนทานต่อการย่อยสลาย ทำให้พลาสติกเหล่านี้ถูกทิ้งกลายเป็นขยะทับถมทั้งในดินและแม่น้ำลำคลอง จากการศึกษาพบว่า แนวทางในการผลิตพอลิเมอร์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพวิธีหนึ่งคือ การผสม (blend) พอลิเมอร์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (nonbiodegradable polymer) กับพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable polymer)

จากงานวิจัยต่างๆที่ผ่านมาได้มีการผสมพอลิเมอร์สังเคราะห์เข้ากับพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพชนิดต่างๆ อาทิเช่น LDPE/corn starch, polyester/soy protein, PP/poly (ε-caprolactone), Poly(propylene-co-ethylene)(CPP)/poly(butylene succinate) เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นการผสมพอลิเมอร์สังเคราะห์เข้ากับพอลิเมอร์ธรรมชาติ เช่น แป้งและโปรตีนจากพืช หรือ พอลิเมอร์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตาม เป็นที่

น่าสังเกตว่ายังไม่มีงานวิจัยใดที่ทำการเตรียมพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยใช้โปรตีนจากสัตว์มาก่อน

โปรตีนจากสัตว์ที่น่าสนใจชนิดหนึ่ง คือ เจลาติน (gelatin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง สกัดมาจากคอลลาเจน (collagen) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของสัตว์ เช่น เอ็น กระดูก และผิวหนัง ด้วยกระบวนการไฮโดรลิซิสด้วยกรดหรือด่าง (acid or alkaline hydrolysis) เจลาตินประกอบด้วยหน่วยซ้ำๆกัน (repeating units) ของกรดอะมิโนชนิดต่างๆถึง 18 ชนิด โดยทั่วไปในสายโซ่เจลาตินประกอบด้วยกรดอะมิโนประมาณ 500-1,000 หน่วย โดยองค์ประกอบหลัก คือ หมู่ไกลซีน (glycine) โปรลีน (proline) และไฮดรอกซีโปรลีน (hydroxyproline) อยู่ในปริมาณมากกว่า 50 % ของโมเลกุล ซึ่งหมู่ไกลซีน และไฮดรอกซีโปรลีนจะมีลักษณะชอบน้ำ (hydrophilic) ส่วนโปรลีนจะมีลักษณะไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) จึงอาจกล่าวได้ว่า เจลาตินมีลักษณะกึ่งชอบน้ำ (amphiphilic)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการเตรียมฟิล์มพลาสติกที่มีความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพชนิดใหม่ระหว่างเจลาตินซึ่งเป็นโปรตีนจากสัตว์และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นซึ่งเป็นขยะพลาสติกที่พบเห็นอยู่ทั่วไป เหตุผลหลักที่สนใจนำเจลาตินมาใช้เป็นตัวเติม (filler) ในพอลิเมอร์สังเคราะห์ เนื่องจากความสามารถในการย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ดังนั้นเมื่อเจลาตินถูกจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติบริโภคไปจะเป็นการช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวของพอลิเมอร์ ทำให้จุลินทรีย์สามารถแทรกซึมเข้าไปในพอลิเมอร์สังเคราะห์ได้ ซึ่งจะเป็นการช่วยเพิ่มความสามารถในการย่อยสลายได้ทางชีวภาพของพอลิเมอร์สังเคราะห์นั่นเอง

ปัญหาหนึ่งในการผสมพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพกับพอลิ-เมอร์ธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ คือ ความสามารถในการเข้ากันได้ (compatibility) ระหว่างพอลิเมอร์ทั้งสองประเภทนี้ เนื่องจากพอลิเมอร์สังเคราะห์มีความไม่มีขั้ว (nonpolar) ซึ่งส่งผลให้มีลักษณะที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ส่วนพอลิเมอร์ธรรมชาติมีความมีขั้ว (polar) สูง จึงทำให้มีลักษณะที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ซึ่งพบว่าเมื่อนำพอลิเมอร์ทั้งสองมาผสมกันจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะไม่เข้ากัน (heterogeneous product) มีแรงดึงดูดระหว่างผิวเพียงเล็กน้อย เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติเชิงกลต่ำ ดังนั้นเพื่อทำให้พอลิเมอร์ทั้งสองมีความสามารถเข้ากันได้ดีขึ้น วิธีหนึ่งที่นิยมคือการเติมสารซึ่งทำหน้าที่เป็นสารช่วยผสม (compatibilizer) อาทิเช่น โคพอลิเมอร์ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์และพอลิโอเลฟินส์ (PP or PE-g-MA) โคพอลิเมอร์ของอะคริลิกแอซิดและพอลิเอทิลีน (EAA) โคพอลิเมอร์ของเอทิลีนและ

ไวนิลอะซีเทต (EVA) เป็นต้น สารเหล่านี้จะมีโครงสร้างของโมเลกุลที่ปลายข้างหนึ่งมีความว่องไวต่อปฏิกิริยากับหมู่ที่มีอยู่ในพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ในขณะที่ปลายอีกข้างหนึ่งจะต้องสามารถเข้ากันได้กับเนื้อพลาสติกสังเคราะห์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ พอลิเอทิลีนกราฟต์มาเลอิกแอนไฮไดรด์ (PE-g-MA) เป็นสารช่วยผสม

นอกจากการเติมสารช่วยผสมแล้ว การดัดแปรโครงสร้างทางเคมีของเจลาตินก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มความสามารถในการเข้ากันได้ของเจลาตินและ LLDPE ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อพิจารณาลักษณะโครงสร้างและปริมาณของกรดอะมิโนในโมเลกุลของเจลาตินแล้ว พบว่าเจลาตินจะประกอบไปด้วยส่วนที่ชอบน้ำมากกว่าส่วนที่ไม่ชอบน้ำ ทำให้เจลาตินสามารถดูดความชื้นได้สูง (moisture sensitivity) เป็นผลให้กระจายตัวในพอลิเมอร์สังเคราะห์ได้ยาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการดัดแปรโครงสร้างทางเคมีของเจลาตินให้มีความไม่ชอบน้ำเพิ่มขึ้นเพื่อให้สามารถเข้ากับ LLDPE ได้ดีขึ้น โดยการทำปฏิกิริยากับเอสเทอร์ของกรดไขมัน (fatty acid ester) ซึ่งเอสเทอร์ของกรดไขมันนี้ จะทำปฏิกิริยากับแอมีนปฐมภูมิ (primary amine) ของหมู่ไลซีน (lysine groups)ในเจลาติน และส่วนที่เป็นกรดไขมันสายโซ่ยาวนี้ จะช่วยทำให้เจลาตินมีลักษณะไม่ชอบน้ำเพิ่มมากขึ้น ทำให้เจลาตินสามารถเข้ากันกับพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำแบบเชิงเส้นที่มีลักษณะไม่ชอบน้ำได้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการเตรียมฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE) ที่มีความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพโดยใช้เจลาตินเป็นตัวเติม โดยทำการศึกษาผลของการดัดแปรเจลาตินด้วยวิธีการทางเคมี พร้อมทั้งศึกษาผลของปริมาณเจลาตินทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการดัดแปรทางเคมี และปริมาณสารช่วยผสม ที่มีต่อสมบัติเชิงกล รวมทั้งตรวจสอบความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพของฟิล์มพลาสติกที่ได้ ซึ่งจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพเพื่อช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย