บทที่ 1

บทนำ

พลาสติกสังเคราะห์เป็นเทคโนโลยีที่โดดเด่นนับตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1940 ซึ่งทำให้เกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ โดยปัจจุบันพลาสติกสังเคราะห์ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันอย่างมากมาย เนื่องด้วยคุณสมบัติที่มีความทนทาน น้ำหนักเบา ควบคุมการซึมผ่านของออกซิเจนและน้ำได้ เป็นต้น ตัวอย่างของพลาสติกสังเคราะห์ที่ใช้กันในชีวิตประจำวัน ได้แก่ พอลิโพรไพลีน (polypropylene) พอลิเอทธิลีน (polyethylene) พอลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinylchloride) พอลิสไตรีน (polystyrene) และพอลิเอทธิลีน เทอร์เรฟทาเลท (polyethylene terephthalate) แต่ข้อเสียของวัสดุชนิดนี้ คือ เป็นวัสดุที่ใช้แล้วหมดไป (non-renewable) เนื่องจากผลิตได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ประกอบกับความต้องการในการใช้พลาสติกเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ปัญหาขยะพลาสติกกลายเป็นปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่สุดในปัจจุบัน ดังนั้นจึงมีการรณรงค์ทางด้านปัญหาสิ่งแวดล้อมในกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา และประเทศกลุ่มยุโรปตะวันตก เป็นต้น ได้ออกกฎหมายห้ามนำพลาสติกที่ย่อยสลายไม่ได้มาใช้ในอุตสาหกรรมการบรรจุหีบห่อสินค้ามากมายหลายประเภท และกำหนดแนวทางในการจัดการขยะพลาสติก ดังนี้ การนำกลับมาใช้ใหม่ (recycling) การนำไปฝังกลบหรือถมดิน (landfill) การเผาทำลาย (incineration) โดยวิธีการเหล่านี้สามารถกำจัดขยะได้ในปริมาณที่จำกัด และยุ่งยากในการจัดการ อีกทั้งต้องใช้ทั้งค่าใช้จ่ายสูงในการดำเนินงาน (Evan, 1990; Amass, 1998 และ Narayan, 1994) ดังนั้นปัจจุบันได้มีการพัฒนาพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายขึ้นหรือย่อยสลายได้บางส่วน ด้วยการเติมสารเติมแต่งที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ (additive based polymer) โดยองค์กร ASTM (American Society for Testing and Materials) ได้สรุปเป็นมาตรฐานและให้นิยามของพลาสติก ประเภทนี้ว่าเป็น “พลาสติกที่ย่อยสลายได้ โดยการย่อยมีผลมาจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติโดยจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย รา และสาหร่าย ซึ่งพลาสติกประเภทนี้มีหลายชนิด ทั้งที่เกิดในธรรมชาติและเป็นพลาสติกสังเคราะห์ที่มีการใส่สารเติมแต่ง(Brandl, 1995 และ Wool, 1994) ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1) <u>พอลิเมอร์ที่เติมสารเติมแต่งซึ่งย่อยสลายได้ทางชีวภาพ</u> (biodegradable additives polymers)

โดยอาศัยการนำสารที่ก่อให้เกิดจุดอ่อนในโครงสร้างทางเคมีของพลาสติก เพื่อเป็นส่วนที่จุลินทรีย์ตามธรรมชาติสามารถเข้าไปย่อยสลายสารจำพวกคาร์โบไฮเดรตต่าง ๆ เช่น ข้าวโพด ข้าว แป้ง ที่ผสมเข้ากับพลาสติกพวก พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน และ พอลิสไตรีน เมื่อนำพลาสติกชนิดนี้ไปทิ้งในดินจุลินทรีย์ในดินจะย่อยสลายส่วนสารเติมแต่งเหล่านี้ ทำให้ชิ้นพลาสติกมีขนาดเล็กลง เหลือส่วนที่เป็นพลาสติกด้วยวิธีนี้จะช่วยให้สามารถลดปริมาณขยะลงได้

2) <u>พอลิเมอร์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพอย่างสมบูรณ์</u> (completely biodegradable polymers)

เป็นกลุ่มพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ (biodegradable) อย่างสมบูรณ์เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและกรดคาร์บอกซิลิก ซึ่งไม่ทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม โดยพอลิเมอร์กลุ่มนี้ถูกสร้างและสังเคราะห์จากสิ่งมีชีวิตที่หลากหลาย เช่น พอลิไฮดรอกซี-อัลคาโนเอต (polyhydroxyalkanoate หรือ PHA) พอลิแลคเตต (polylactate หรือ PLA) อลิฟาติกพอลิเอสเทอร์ (aliphatic polyester) พอลิแซคคาไรด์ (polysaccharides) พอลิเอสเทอร์เอไมด์ (polyester amide) เป็นต้น (Chiellini, 1994 และ Lee, 1996a)

ในกลุ่มพอลิเมอร์ที่กล่าวมาข้างต้น พอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอต มีคุณสมบัติในด้านต่างๆที่ใกล้เคียงกับพลาสติกที่ผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมี คือ พอลิโพรไพลีน และ พอลิเอทธีลีน จึงเป็นที่น่าสนใจในการวิจัยและพัฒนาเพื่อนำมาใช้ทดแทนพลาสติกสังเคราะห์บางชนิดต่อไป เพื่อแก้ไขปัญหาความยุ่งยากและค่าใช้จ่ายมหาศาลในการจัดการขยะพลาสติกที่มากขึ้น โดยปัจจุบันได้มีการนำพอลิเมอร์ในกลุ่มของ PHA มาประยุกต์ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในทางการค้าตั้งแต่ ค.ศ. 1970 เนื่องด้วยในปีนั้น ได้เกิดวิกฤตการณ์ขาดแคลนน้ำมันซึ่งส่งผลถึงการขาดแคลนวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกสังเคราะห์ ดังนั้นบริษัท Zeneca Bioproducts ในเครือบริษัท ICI (ปัจจุบันเป็นบริษัท Monsanto) ได้เริ่มวิจัยและพัฒนาการผลิต PHB ในระดับอุตสาหกรรม จนกระทั่งปัจจุบันได้ผลิต PHBV ในทางการค้าในชื่อ Biopol (มีสัดส่วนของโมโนเมอร์ 3HV เป็นองค์ประกอบไม่เกิน 24 โมลเปอร์เซ็นต์) แต่ยังประสบปัญหาทางด้านราคาที่สูงกว่าพลาสติกสังเคราะห์ เนื่องจากกำลังการผลิตยังอยู่ในขนาดเล็กคือ ประมาณ 600 ตันต่อปี ดังนั้นจึงได้ทำการเพิ่มกำลังการผลิตขึ้นอีกยี่สิบเท่า เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการ โดยผลิตภัณฑ์นี้ได้รับความนิยมมากในกลุ่มประเทศยุโรป ซึ่งข้อดีของ biopol ก็คือช่วยลดขนาดของพื้นที่ในการฝังกลบ และพบว่าจะย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วถ้าพอลิเมอร์อยู่ในสภาวะการย่อยสลายแบบไร้อากาศซึ่งเหมาะสมกับการกำจัดด้วยวิธีฝังกลบ(Flechter, 1990 และ Atlas, 1996 อ้างถึงใน

http://www.ICMA.com) นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจาก PHA ที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง ดังนี้

ตารางที่ 1 บริษัทผู้ผลิต PHA ในระดับอุตสาหกรรม หรืองานวิจัย (Lee, 1996a)

บริษัท	รูปแบบธุรกิจ ผลิตภัณฑ์และงานวิจัย
Berlin Packing Corp (USA)	การตลาด, ขาย และจัดส่งสินค้า BIOPOL จำหน่ายขวด BIOPOL ให้แก่บริษัทผู้ผลิต ผลิตภัณฑ์ด้านการบำรุงรักษาเส้นผม
Bioscience Ltd. (Finland)	PHA เพื่อประยุกต์ ใช้ทางการแพทย์
Bio Ventures Alberta Inc. (Canada)	ผลิต PHA โดยใช้ recombinant *E .coli*
Metabolix, Inc. (USA)	ผลิต PHA โดยใช้ transgenic plants
Monsanto (USA)	ผลิต PHA โดยใช้ transgenic plants จากต้นเรปซีด (rapseed) และต้นถั่ว
Polyferm, Inc. (Canada)	ใช้เฮมิเซลลูโลสเป็นแหล่งคาร์บอนในการผลิต PHA ผลิต PHA จากไซโลส โดยใช้ *Pseudomonas cepacia*
ZENECA Bio Products (UK)	ผลิต P(3HB) และ P(3HB-co-3HV) จาก *A. eutrophus* โดยการเลี้ยงเชื้อแบบกึ่งต่อเนื่อง ภายใต้ชื่อการค้าว่า BIOPOL
ZENECA Seeds (UK)	ผลิต PHA โดยใช้ transgenic plants จากต้นเรปซีด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การนำ PHA ไปประยุกต์ใช้ประโยชน์

ในการประยุกต์ PHA ใช้งานนั้นแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

การประยุกต์ใช้ทางด้านบรรจุภัณฑ์ หรือวัสดุใช้สอยอื่น

1. ใช้ผลิตขวดแชมพู บริษัท Wella ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทดูแลเส้นผมของเยอรมัน ได้ออกวางจำหน่ายขวดแชมพูที่ผลิตจาก PHBV เป็นครั้งแรกในปี 1990 โดยส่วนของฝาที่ต้องการความแข็งแรงและปิดได้ดี จึงใช้ PHBV ที่มีสัดส่วนของ 3HV ต่ำ ส่วนขวดต้องการ 3HV ในสัดส่วนเท่ากับ 10 ถึง 20 โมลเปอร์เซ็นต์) เพื่อให้มีความยืดหยุ่นและความเหนียว (Cox, 1994) ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 แสดงการย่อยสลายของขวดแชมพูที่ ผลิตจาก PHBV (http://www.monsanto.com)

2. ใช้ทำวัสดุที่ใช้ครั้งเดียวทิ้ง เช่น ผ้าอ้อม ผ้าอนามัย ด้ามมีดโกน เป็นต้น (Cox, 1994; Lee, 1996a)

3. ใช้ทำบรรจุภัณฑ์บรรจุอาหารประเภทถุง ภาชนะบรรจุอาหารสำเร็จรูป แผ่นฟิล์มถนอมอาหาร (Doi, 1990; Lee, 1996a)

4. ใช้ทำแผ่นกรองอากาศทำจากแกรนูลของส่วนผสมโซเดียมคลอไรด์ 90 เปอร์เซ็นต์และ PHBV 10 % (Brandl และคณะ, 1995)

5. ทำวัสดุอื่น ๆ เช่น ที่วางลูกกอล์ฟ กาวที่ละลายด้วยความร้อน สารเคลือบผิว แผ่นฟิล์ม บัตรเครดิต วัสดุเส้นใย (โดยถ้าผสม PHBลงในเส้นใยฝ้าย จะช่วยให้สมบัติในการรับความ

ร้อนและคายความร้อนของเส้นใยช้าลง และเพิ่มความแข็งแรงให้กับเส้นใย) (Egging และคณะ, 1992; Cox, 1994; Lee, 1996a;John และ Keller, 1996; Madison และ Huisman, 1999)

การประยุกต์ใช้ทางด้านการแพทย์และเภสัชกรรม (Kimura, 1993 และ Lee, 1996a)

1. วัสดุทางด้านศัลยกรรม เช่น หลอดเลือดเทียม กระดูกเทียม เข็มเย็บแผล ไหมเย็บแผล ผ้าซับเลือด เป็นต้น

2. แคปซูลบรรจุยา เพื่อให้แคบซูลถูกย่อยสลายอย่างช้า ๆ ในร่างกาย ทำให้ร่างกายได้รับยาทีละน้อยเป็นเวลานาน

การประยุกต์ใช้ทางด้านเกษตรกรรม

1. วัสดุผลิตแคปซูลบรรจุยาฆ่าแมลง ยาฆ่าวัชพืช หรือ ปุ๋ย โดยเมื่อโปรยลงในแปลงเพาะปลูกจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินแล้วปลดปล่อยตัวยาออกมาทีละน้อย ช่วยให้ประหยัดแรงงานและค่าใช้จ่ายในการฉีดยาป้องกันโรครวมทั้งการใส่ปุ๋ย (Lee, 1996a)

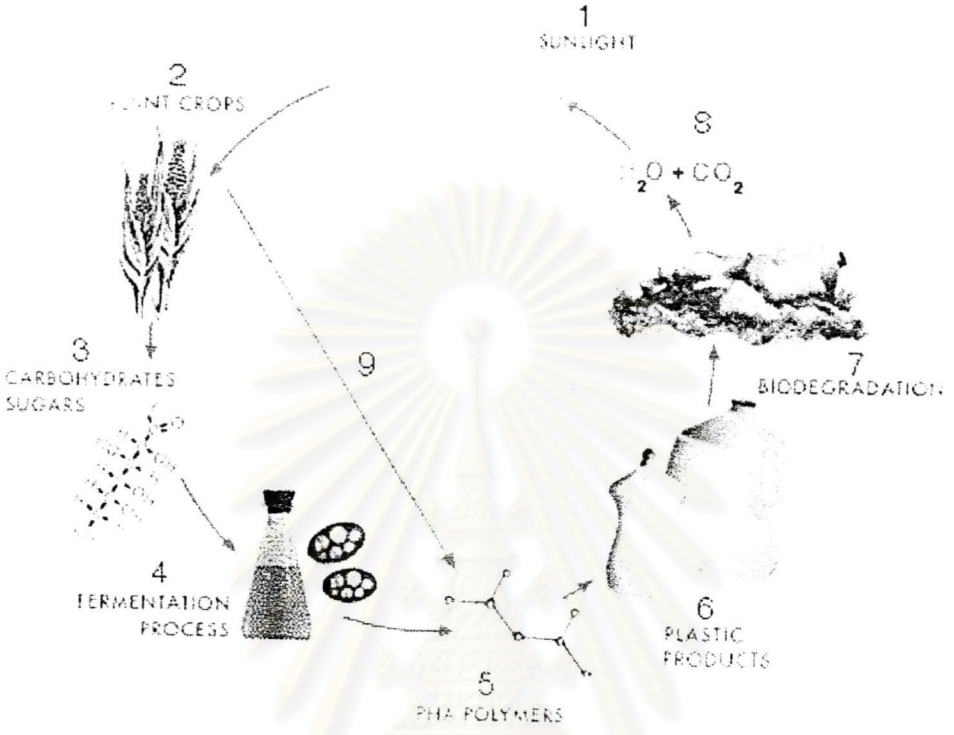
2. ใช้ทำแคปซูลบรรจุยาคุ้มกันโรคสัตว์ เช่น ยาถ่ายพยาธิ วัคซีนป้องกันโรคระบาด เป็นต้น ช่วยให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการกระตุ้นซ้ำ

3. ทำแหจับปลาสำหรับใช้ในน้ำทะเลได้เป็นเวลานาน และ สามารถกำจัดเมื่อเลิกใช้โดยทิ้งลงในน้ำได้ (ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.25) เนื่องจากสามารถย่อยสลายอย่างรวดเร็ว (Brandl และ คณะ, 1995)

วัฏจักรของ PHA

นอกจากคุณสมบัติในการย่อยสลายได้อย่างสมบูรณ์ด้วยวิธีการชีวภาพ และสามารถนำมาใช้ทดแทนพลาสติกที่ผลิตจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้แล้ว PHA ยังมีคุณสมบัติที่เป็นทรัพยากรที่ผลิตทดแทนได้ใหม่ หรือ renewable resource ซึ่งเป็นข้อที่โดดเด่นจากพลาสติกที่ได้จากวัตถุดิบประเภทฟอสซิล(fossil) และไม่สามารถย่อยสลายได้ ดังนั้นการผลิต PHA จึงสามารถเขียนเป็นวัฏจักรได้อย่างสมบูรณ์ โดยจากรูปที่ 2 เริ่มจากการผลิต PHA วัตถุดิบที่ได้จากการเกษตรผ่านกระบวนการหมัก โดยจุลินทรีย์จะสร้างและสะสม PHA ที่ได้จากกระบวนการเมตาบอลิสมภายในเซลล์ จากนั้นนำแกรนูล PHA มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกชนิดต่าง ๆ และหลังจากผ่านการใช้งาน PHA จะถูกกำจัดเช่นเดียวกับขยะประเภทของแข็งทั่วไป โดยเมื่อเกิดการสลายตัวบางส่วนจะได้เป็นปุ๋ยที่มีแหล่งคาร์บอนอินทรีย์ที่สมบูรณ์ ช่วยเพิ่มปริมาณน้ำ รักษาปริมาณสารอาหารในดิน และสามารถยับยั้งการเกิดโรคพืชบางชนิด อีกทั้งเมื่อย่อยสลายสมบูรณ์

จะได้น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช และนำกลับมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิต PHA ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 วัฏจักรของ PHA (http//www.metabolix.com)

PHA มีโครงสร้างเป็นพอลิเอสเทอร์สายตรง ซึ่งประกอบด้วยโมโนเมอร์ในกลุ่มไฮดรอกซีที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเอสเทอร์ระหว่างหมู่คาร์บอซิลิกของโมโนเมอร์ตัวหนึ่งกับ หมู่ไฮดรอกซีของโมโนเมอร์อีกตัวหนึ่ง ตรงตำแหน่งบีต้าคาร์บอน PHA มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับชนิดของโมโนเมอร์ที่มาต่อกันเป็นสายพอลิเมอร์ เช่น โฮโมพอลิเมอร์ (พอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยโมโนเมอร์ชนิดเดียว) ได้แก่ Poly(3-hydroxybutyrate);P(3HB) Poly(3-hydroxyvalerate); P(3HV) โคพอลิเมอร์ (พอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยโมโนเมอร์ 2 ชนิด) ได้แก่ Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate); P(3HB-co-3HV) Poly(3-hydroxybutyrate-co-4-hydroxybutyrate); P(3HB-co-4HB) และเทอร์พอลิเมอร์ (พอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยโมโนเมอร์สามชนิด) ได้แก่ Poly (3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate-co-4-hydroxybutyrate) ; P(3HB-co-3HV-co-4HB) เป็นต้น พอลิเมอร์แต่ละชนิดมีสมบัติทางเคมี กายภาพ และสมบัติเชิงกล ที่แตกต่างกันPHB เป็นโฮโมพอลิเมอร์ที่มีสมบัติแข็งและเปราะ จึงมีข้อจำกัดในการนำไปใช้งาน โคพอลิ

เมอร์ที่ประกอบด้วย โมโนเมอร์ของ 3HV ไม่เกิน 40 โมลเปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้พอลิเมอร์มีสมบัติเหนียวและใส (Holmes, 1985 และ Doi, 1990) ในขณะที่ 4HBโมโนเมอร์ มีผลต่อสมบัติของวัสดุหลากหลายตั้งแต่พลาสติกที่มีความเป็นผลึก (crystalline plastic) ไปจนถึงพลาสติกที่มีความยืดหยุ่นคล้ายยาง (Spyros, 1996) และเมื่อสัดส่วนของ 4HB มากขึ้นมีผลให้ความสามารถในการย่อยสลายของพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น(Kunioka และคณะ , 1989) เทอร์พอลิเมอร์ P(3HB-co-3HV-co-4HB) จึงมีความเหนียว ความใส ความยืดหยุ่น ความแข็งแรง และสามารถถูกย่อยสลายในธรรมชาติได้เร็ว การผลิตเทอร์พอลิเมอร์ให้มีสมบัติหลากหลายเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ขึ้นอยู่กับการแปรผันสัดส่วนของโมโนเมอร์แต่ละชนิดที่เป็นองค์ประกอบของเทอร์พอลิเมอร์

มูลเหตุจูงใจในการทำวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตเทอร์พอลิเมอร์ P(3HB-co-3HV-co-4HB) จากเชื้อ *Bacillus* sp. BA-019 ซึ่งแยกได้ โดยรัตนศิริ มุทิตากุล (2538) ซึ่งพบว่าสามารถผลิต PHB จากซูโครสได้ดี และจากผลการศึกษาการผลิตโคพอลิเมอร์ P(3HB-co-3HV) จากเชื้อ *Bacillus* sp. BA-019 ของ พิสิษฐ์ คงกำเนิด (2540) และ สุดา สุภาชวินสวัสดิ์ (2542) พบว่า เมื่อให้สารตั้งต้นผสมเป็นกากน้ำตาลหรือน้ำตาลทราย กับกรดวาเลอริก *Bacillus* sp.BA-019 ผลิตโคพอลิเมอร์ที่มีสัดส่วนของโมโนเมอร์ 3HV สูงแต่ปริมาณโคพอลิเมอร์ที่ได้ต่ำ เมื่อเลี้ยงเชื้อในสารตั้งต้นผสมระหว่างกากน้ำตาลหรือน้ำตาลทราย กับกรดโพรพิโอนิก พบว่าได้โคพอลิเมอร์ปริมาณสูงขึ้นแต่มีสัดส่วนของ 3HV โมโนเมอร์ต่ำกว่า สรุปได้ว่าสัดส่วนของโมโนเมอร์ 3HV ที่ประกอบในโคพอลิเมอร์ที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับชนิด และความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่มีผลต่อ สัดส่วนของโมโนเมอร์ต่างๆ กัน จากผลการวิจัยของคณะผู้วิจัยกลุ่มนี้โดย สุชาดา จันทร์ประทีป (2539) ได้รายงานการศึกษาการผลิตเทอร์พอลิเมอร์จาก *Alcaligenes* sp. A-04 โดยใช้สารตั้งต้นผสม ได้แก่ ฟรักโทส กรดวาเลอริก และโซเดียม-4-ไฮดรอกซีบิวทิเรต (หรือ 1,4- บิวเทนไดออล (1,4-butanediol)) เพื่อใช้ในการสังเคราะห์โมโนเมอร์ 3HB 3HV และ 4HB ตามลำดับ และศึกษาสมบัติเชิงกลและกายภาพของเทอร์พอลิเมอร์ที่ผลิตได้ ซึ่งพบว่าสมบัติโดยรวมของเทอร์พอลิเมอร์ที่ผลิตได้มีความใกล้เคียงกับพอลิไอโซพรีน พอลิเอทธิลีน ออกไซด์ พอลิไวนิล เอทธิล อีเทอร์ เป็นต้น เทอร์พอลิเมอร์ P(3HB-co-3HV-co-4HB) มีลักษณะและสมบัติหลายประการที่น่าสนใจมากกว่าโฮโมพอลิเมอร์ PHB ซึ่งสัดส่วนที่เหมาะสมของแต่ละโมโนเมอร์ต่างมีข้อดีที่จะทำให้เทอร์พอลิเมอร์มีสมบัติเหมาะแก่การนำไปประยุกต์ใช้งานแต่ละด้านแตกต่างกัน กล่าวคือ เทอร์พอลิเมอร์จะมีสมบัติที่ดีของแต่ละโมโนเมอร์ร่วมกัน คือ พอลิเมอร์จะมีทั้งความเหนียว ความใส ความยืดหยุ่นและแข็งแรง และความสามารถในการถูกย่อยสลายในธรรมชาติได้เร็วขึ้น (Madden และ

คณะ, 2000) ดังนั้นจึงสามารถผลิตเทอร์พอลิเมอร์ให้มีสมบัติหลากหลายตามวัตถุประสงค์การใช้งาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการแปรสัดส่วน (หน่วยเป็น โมลเปอร์เซ็นต์) ของโมโนเมอร์แต่ละชนิด มีรายงานว่าโคพอลิเมอร์ P(3HB-co-3HV) ที่มีสัดส่วนโมโนเมอร์ของ 3HV ในช่วงไม่เกิน 24 โมลเปอร์เซ็นต์ เป็นโคพอลิเมอร์ที่มีสมบัติเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ (Johansson, 1992; Nobes และคณะ, 1994 และ Lee,1998) ส่วนสัดส่วนของ 4HB ในองค์ประกอบของโคพอลิเมอร์ไม่เกิน 20 โมลเปอร์เซ็นต์ มีสมบัติที่เหมาะสมในการใช้งาน (Doi และคณะ, 1990 ; Nakamura , 1992 และ Mitomo, 2001)

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารตั้งต้นสำหรับโมโนเมอร์แต่ละชนิดในเทอร์พอลิเมอร์ ที่มีผลต่อการเจริญ ของเชื้อ *Bacillus* sp. BA-019 และการผลิตเทอร์พอลิเมอร์ P(3HB-co-3HV-co-4HB) ที่มีสัดส่วนของโมโนเมอร์ต่าง ๆ กัน การศึกษาสารตั้งต้นของ 4HB เป็น แกมมา-บิวทิวโรแลกโตน ด้วยการเลี้ยงแบบสองขั้นตอนเพื่อลดต้นทุนการผลิต (เนื่องจาก แกมมา-บิวทิวโรแลกโตน มีราคาถูกแต่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ของแบคทีเรียเมื่อความเข้มข้นสูง) รวมทั้งการศึกษาสมบัติทางกายภาพ และเชิงกลบางประการของเทอร์พอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ ที่ผลิตได้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการผลิตเพื่อนำเทอร์พอลิเมอร์ไปประยุกต์ใช้งานได้เหมาะสม

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารตั้งต้น ที่มีผลต่อการเจริญ ของเชื้อ *Bacillus* sp. BA-019 และการผลิตเทอร์พอลิเมอร์ P(3HB-co-3HV-co-4HB) ที่มีสัดส่วนของโมโนเมอร์ต่าง ๆ กัน แล้วศึกษาลักษณะสมบัติบางประการของเทอร์พอลิเมอร์ที่ผลิตได้

ขั้นตอนการวิจัย

1. ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาชนิดของแหล่งคาร์บอนที่เป็นสารตั้งต้นของโมโนเมอร์แต่ละชนิด ในการผลิตเทอร์พอลิเมอร์ P(3HB-co-3HV-co-4HB) จาก *Bacillus* sp. BA-019
3. ศึกษาสารตั้งต้นแต่ละชนิด โดยแปรความเข้มข้นเพื่อผลิตเทอร์พอลิเมอร์จาก *Bacillus* sp. BA-019 ให้มีสัดส่วนโดยโมลของโมโนเมอร์แต่ละชนิด (3HB 3HV และ 4HB) ต่างๆ กัน
4. ศึกษาการผลิตเทอร์พอลิเมอร์จาก *Bacillus* sp. BA-019 โดยใช้แกมมา-บิวทิโรแลกโตนเป็นสารตั้งต้นสำหรับโมโนเมอร์ 4HB เพื่อลดต้นทุนการผลิต ด้วยการเลี้ยงเชื้อแบบสองขั้นตอน
5. การศึกษาลักษณะสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของเทอร์พอลิเมอร์บางชนิดที่ผลิตได้จาก *Bacillus* sp. BA-019 ซึ่งมีโมโนเมอร์แต่ละชนิดเป็นองค์ประกอบในสัดส่วนต่าง ๆ กัน