บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

จากวัตถุประสงค์หลักในงานวิจัยนี้ที่มุ่งเน้นเพื่อหาวิธีการและปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์พอลิเมอร์จากมอนอเมอร์ของกรดแลคติก โดยการออกแบบและพัฒนาถังปฏิกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปพลาสติกชีวภาพที่สังเคราะห์ได้ คุณสมบัติเชิงกลของพลาสติกชีวภาพ สภาวะที่มีผลต่อการย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพ ซึ่งเนื้อหาในบทที่ผ่านมาได้ทำการทบทวนวรรณกรรมต่างๆที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์พอลิเมอร์จากมอนอเมอร์และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ อีกทั้งทฤษฎีต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการออกแบบและพัฒนาถังปฏิกรณ์ตัวใหม่ ที่จากเดิมใช้ทำงานในห้องปฏิบัติการเท่านั้น มาสร้างแนวทางใหม่เพื่อให้การสังเคราะห์พอลิเมอร์จากมอนอเมอร์ของกรดแลคติก สามารถพัฒนาต่อได้ในเชิงพาณิชย์

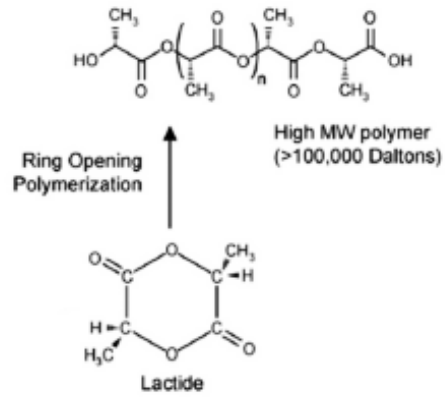
ในขั้นตอนแรกก่อนที่จะทำการพัฒนาสิ่งใด ข้อควรปฏิบัติพื้นฐานคือการเข้าใจในสิ่งต่างๆที่เป็นบริบทเดิมของสิ่งเหล่านั้นอย่างถ่องแท้ก่อน โดยในช่วงแรกนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงขั้นตอนต่างๆในการสังเคราะห์พอลิเมอร์จากมอนอเมอร์ของกรดแลคติกแบบเดิมก่อน เพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนและกระบวนการที่จะได้มาซึ่งพอลิเมอร์ เพื่อให้ผู้อ่านได้เข้าใจถึงวิธีการดั้งเดิมก่อนที่จะนำไปสู่การพัฒนาในช่วงที่สองต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

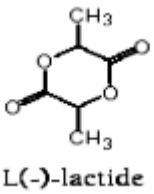
3.1 ขั้นตอนการสังเคราะห์กรดพอลิแลคติกจากมอนอเมอร์แลคไทด์ ของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ในกระบวนการสังเคราะห์กรดพอลิแลคติกเรียกว่า กระบวนการสังเคราะห์พอลิเมอร์ผ่านกลไกการเปิดวง (Ring Opening Polymerization, ROP) (รูปที่ 3.1) เนื่องจากว่ามอนอเมอร์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ของกรดพอลิแลคติกคือ แอล-แลคไทด์ (L-Lactide) มีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบวงแหวน แสดงดังรูปที่ 3.2 โดยมีการใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยากลไกแบบโคออดิเนชัน (Coordination insertion) ซึ่งเป็นสารประกอบ organometallic ในกระบวนการสังเคราะห์นี้ใช้ตัวริเริ่มที่เรียกว่า สแตนนัส ออกโทเอด (Stannous Octoate) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Tin(II) 2-ethylhaxanoate (รูปที่ 3.3) เป็นตัวริเริ่มที่นิยมใช้

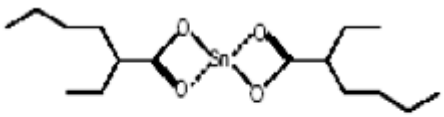
ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ เนื่องจากสารนี้มีประสิทธิภาพสูง ใช้งานง่ายและที่สำคัญคือสามารถใช้ได้ในงานที่เกี่ยงข้องกับอาหารและยา



รูปที่ 3.1 แสดงกระบวนการสังเคราะห์พอลิเมอร์ผ่านกลไกการเปิดวง



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะโครงสร้างของแลคไทด์



รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างเคมีของตัวริเริ่ม Stannous Octoate

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการสังเคราะห์กรดพอลิแลคติกแบบเดิมของคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ขวดแก้วรูปทรงชมพู่จะถูกใช้เป็นถังปฏิกรณ์และในช่วงเริ่มต้นนั้นแลคไทด์ที่เป็นสารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์นั้นไม่ทำปฏิกิริยากับอากาศ ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานสามารถเติมแลคไทด์ลงในขวดแก้วรูปทรงชมพู่ได้ทันที จากนั้นก็นำไปดำเนินการดังขั้นตอนต่อไปนี้

3.1.1 ในขั้นตอนแรกจะเป็นการชั่งตวงสารแลคไทด์ ซึ่งในปริมาณการสังเคราะห์ในแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับความต้องการพอลิเมอร์จากมอนอเมอร์ภายหลังการสังเคราะห์ ซึ่งมีข้อจำกัดอยู่ที่ขนาดของขวดชมพู่ โดยปริมาณสูงสุดในแต่ละครั้งที่ได้คือ 500 กรัม ในการชั่งตวงสารใน

ขั้นตอนนี้จะต้องได้ปริมาตรที่ตรงตามที่ได้คำนวนไว้ซึ่งมีผลโดยตรงกับปริมาณตัวริเริ่ม (Stannous octanoate ($Sn(Oct)_2$) ที่จะใช้ในการกระบวนการต่อไป โดยรูปที่ 3.4 แสดงขวดชมพู่และแลคไทด์ที่ใช้ในการสังเคราะห์

รูปที่ 3.4 ขวดชมพู่และแลคไทด์ที่ใช้ในการสังเคราะห์

3.1.2 เมื่อชั่งตวงสารได้ตามความต้องการในการสังเคราะห์แล้วขั้นตอนต่อไปจะเป็นการหยดสารที่เป็นตัวริเริ่มในการสังเคราะห์มีชื่อว่า Stannous octanoate ($Sn(Oct)_2$ ซึ่งสารชนิดนี้มีความไวเป็นอย่างมากเมื่อมีการสัมผัสกับอากาศ ความชื้น หรืออุณหภูมิภายนอกจะทำให้การสังเคราะห์กรดพอลิแลคติกจากมอนอเมอร์แลคไทด์ดังกล่าวไม่ประสบผล ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะมีเครื่องมือชนิดหนึ่งที่จะทำให้การหยดตัวก่อกำเนิดไม่สัมผัสกับอากาศภายนอก เรียกว่า ตู้สูญญากาศ ดังที่แสดงไว้ใน รูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ตู้สูญญากาศ

จากรูปที่ 3.5 หลักการทำงานของเครื่องคือการดูดอากาศออกจากตู้โดยการใช้ปั๊มสูญญากาศดูดอากาศภายในออกไปซึ่งในขณะที่อากาศภายในออกไปนั้นจะมีการเติมก๊าซเฉื่อยเข้าไปในตู้เพื่อป้องกันการที่ออกซิเจนจากภายนอกจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับตัวกำเนิดภายในตู้ ซึ่งจะทำให้การ

สังเคราะห์ไม่ได้ผล ก๊าซเฉื่อยที่ใช้มีอยู่มากมายหลากหลายชนิด แต่ในห้องทดลองของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ใช้ไนโตรเจนในการปกคลุมไม่ให้ตัวก่อกำเนิดสัมผัสกับอากาศ แต่ข้อเสียอย่างหนึ่งสำหรับขั้นตอนนี้คือการที่ตู้สูญญากาศนี้ไม่ได้อยู่ในห้องทดลองเดียวกันทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการเดินทางระหว่างชั้นค่อนข้างมาก โดยเวลาในการทำงานของเครื่องอยู่ที่ 10 – 30 นาทีขึ้นอยู่กับปริมาณสารแลคไทด์ที่จะสังเคราะห์ และต้องบวกระยะเวลาในการเดินทางไป-กลับของห้องทดลองทั้งสองอีก

3.1.3 หลังจากที่หยดตัวริเริ่มลงในขวดชมพู่ที่บรรจุแลคไทด์ด้านในแล้วก็จะใส่แท่งแม่เหล็กลงไปและทำการปิดจุกของขวดเพื่อไม่ให้สารที่อยู่ภายในสัมผัสกับอากาศ จากนั้นเปิดตู้เพื่อนำขวดออกมาเพื่อเข้าสู่กระบวนการต่อไป จากรูปที่ 3.6 แสดงขวดชมพู่ที่บรรจุแลคไทด์และหยดตัวริเริ่มปฏิกิริยาเรียบร้อยแล้ว

รูปที่ 3.6 ขวดที่บรรจุแลคไทด์และทำการหยดตัวริเริ่มปฏิกิริยา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยกระบวนการนี้จะทำในห้องทดลองเดิมที่ทำการชั่งตวงสารในตอนแรก ขั้นตอนนี้จะมีอุปกรณ์ที่จำเป็นดังแสดงในรูปที่ 3.4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในขั้นตอนของการสังเคราะห์จะมีการใช้อุปกรณ์มากมายหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีความสำคัญในการที่จะได้มาซึ่งพอลิเมอร์ ไม่ว่าจะเป็นแผ่นจานร้อน (Hot Plate) ที่จะให้ความร้อนส่งผ่านไปยังแลคไทด์ในขวดชมพู่ แท่งกวนสารที่เป็นแม่เหล็ก เทอร์โมมิเตอร์หรือแม้แต่ขาตั้งที่ใช้ในการจับยึดขวดชมพู่

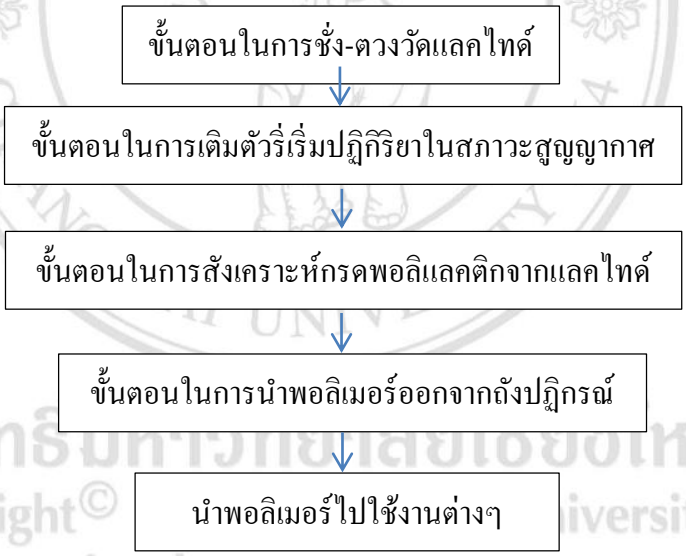
รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการกวนสารแลคไทด์

จากรูปที่ 3.7 จะประกอบด้วยอ่างน้ำมัน (Oil Bath) ซึ่งเป็นอ่างแก้วที่ทำจากแก้วโบโรซิลิเกตซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าคุณสมบัติของแก้วดังกล่าวคือการทนความร้อน โดยอ่างน้ำมันจะมีการให้อุณหภูมิที่ 120 องศาเซลเซียส โดยได้รับความร้อนจากแผ่นานร้อนที่อยู่ด้านล่าง ในอ่างแก้วโบโรซิลิเกตนั้นจะทำการบรรจุของเหลวที่เรียกว่า ซิลิโคนออยล์ (Silicone Oil) ไว้ เพื่อให้อุณหภูมิในอ่างคงที่ที่ประมาณ 120 องศาเซลเซียสและส่งผ่านความร้อนไปยังแลคไทด์ที่บรรจุอยู่ในขวดชมพู่ ซิลิโคนออยล์นั้นเป็นของเหลวมีสีใสสามารถทนอุณหภูมิได้สูงแต่ไม่เดือดและละเลยกลายเป็นไอในอุณหภูมิที่ใช้ในการสังเคราะห์กรดพอลิแลคติกจากแลคไทด์ ในรูปจะเห็นว่าในอ่างจะมีการตั้งเทอร์โมมิเตอร์เพื่อวัดอุณหภูมิภายในอ่างให้คงที่ตลอดเวลา จากนั้นนำแลคไทด์ที่บรรจุอยู่ในขวดชมพู่ ทำการเปิดระบบการกวนสารที่อยู่ด้านในขวดจากระบบการทำงานของแท่งแม่เหล็กที่อยู่ด้านในของขวดชมพู่ ในช่วงแรกแลคไทด์ยังมีสถานะเป็นของแข็ง ลักษณะเกร็ดขนาดเล็กใหญ่ต่างกันไปซึ่งอาจทำให้แท่งแม่เหล็กไม่หมุน เมื่อเวลาผ่านไปช่วงหนึ่งอุณหภูมิในอ่างน้ำมันส่งผ่านมาถึงภายในขวดชมพู่จะทำให้แลคไทด์หลอมละลาย ทำให้แท่งแม่เหล็กหมุนได้และหมุนไปเรื่อยๆ ระยะเวลานี้เรียกว่ากระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชั่น เมื่อเวลาผ่านไปช่วงหนึ่งแลคไทด์ที่หลอมละลายนี้จะเริ่มแข็งตัวทำให้แท่งแม่เหล็กหมุนช้าลงเรื่อยๆจนหยุดหมุนในที่สุดนั่นแสดงว่ากระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชั่นเสร็จสมบูรณ์แล้ว จากนั้นก็ทำการยกขวดชมพู่ขึ้นจากอ่างน้ำมัน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.8 แลคไทด์ที่กระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชั่นเสร็จสมบูรณ์

จากขั้นตอนการทำงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นผู้วิจัยได้เขียนขั้นตอนการทำงานออกมาเป็นไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ขั้นการสังเคราะห์กรดพอลิแลคติกจากแลคไทด์แบบเดิม

จะเห็นได้ว่าหลักการทำงานของสังเคราะห์กรดพอลิแลคติกจากแลคไทด์นั้นไม่ได้มีความซับซ้อนมากนักแต่กระบวนการต่างๆต้องแม่นยำและถูกต้อง เครื่องมือที่นำมาใช้มีราคาที่สูงมีความละเอียดมาก และในรูปแบบการทำงานนี้ก็ยังมีข้อด้อยอยู่อีกด้วย ไม่ว่าจะเป็นระยะทางที่ห่างกันของขั้นตอนขั้นตอนในการชั่งตวงวัดแลคไทด์และขั้นตอนในการเติมตัวริ่เริ่มปฏิกิริยาในสภาวะสุญญากาศจนถึงขั้นตอนในการสังเคราะห์กรดพอลิแลคติกจากแลคไทด์ทำให้เสียเวลาในการเดินทางมาก การที่ถังปฏิกรณ์ที่ทำจากขวดรูปชมพู่ที่ใช้ได้เพียงครั้งเดียว ไม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© iversity
All rights reserved

สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการสังเคราะห์แต่ละครั้ง และนี่คือที่มาของงานวิจัยนี้ในการออกแบบและพัฒนาถังปฏิกรณ์ในการสังเคราะห์กรดพอลิแลคติก

3.2 การออกแบบและพัฒนาถังปฏิกรณ์ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์จากมอนอเมอร์ของกรดแลคติก

จากหัวข้อที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่ามีส่วนประกอบมากมายที่ใช้ในการสังเคราะห์กรดพอลิแลคติก ดังนั้นก่อนที่จะใช้หลักในการออกแบบผลิตภัณฑ์ในการพัฒนาถังปฏิกรณ์ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ผู้วิจัยจะจำแนกส่วนประกอบต่างๆในการทำงาน ดังต่อไปนี้

1. ถังปฏิกรณ์ ซึ่งแบบเดิมเป็นขวดแก้วโบโรซิลิเกต ข้อดีของแก้วชนิดนี้คือการที่สามารถทนความร้อนได้สูงเมื่อนำมาใช้เป็นถังปฏิกรณ์ที่ต้องรับอุณหภูมิสูงถึง 120 องศาเซลเซียสตลอดขั้นตอนของการพอลิเมอร์ไรเซชั่นจะไม่เกิดการแตกร้าวและสามารถส่งผ่านความร้อนจากอ่างน้ำมันไปยังแลคไทด์ได้เป็นอย่างดีเนื่องจากการขึ้นรูปแก้วสามารถทำได้บางเพียง 1มิลลิเมตรหรือน้อยกว่าขึ้นอยู่กับปริมาตรบรรจุ ซึ่งนั่นหมายความว่าจะทำให้แก้วนั้นแตกหรือร้าวได้ง่ายหากเกิดการชนกับของแข็งหรือตกกระทบพื้นในขณะใช้งาน อีกทั้งในการใช้ขวดแก้วชมพู่โบโรซิลิเกตสังเคราะห์พอลิเมอร์จากมอนอเมอร์ของกรดแลคติกจะต้องมีการทำลายขวดเพื่อให้ได้มาซึ่งพอลิเมอร์ที่อยู่ภายในจึงเป็นการสิ้นเปลืองเป็นอย่างมากเนื่องจากขวดแก้วโบโรซิลิเกตที่ใช้ในการสังเคราะห์นี้มีราคาสูงมากตั้งแต่ 500 ถึง 1000 บาทแล้วแต่ขนาด
2. ชุดสุญญากาศ อุปกรณ์ชุดนี้มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะหากเกิดความผิดพลาดกับอุปกรณ์ดังกล่าว จะส่งผลให้เกิดการสัมผัสกับอากาศระหว่างกระบวนการหยดตัวริเริ่มปฏิกิริยา (Stannous octanoate ($Sn(Oct)_2$) ซึ่งทำให้ผลการสังเคราะห์กรดพอลิแลคติกได้จากเดิมนั้นเครื่องดังกล่าวได้มีการนำเข้าจากต่างประเทศ แน่นอนว่าที่ราคาที่ค่อนข้างสูง ตัวเครื่องหลักผลิตจากไฟเบอร์กลาส มีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา มีช่องสำหรับเปิด – ปิด เพื่อนำวัตถุเข้า – ออกจากตู้ และที่สำคัญคือปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump) ที่ทำหน้าที่นำอากาศออกจากห้อง และปล่อยก๊าซไนโตรเจนเข้ามาทดแทนอากาศภายในห้อง เพื่อป้องการอากาศจากภายนอกที่จะหลุดเข้ามาทำปฏิกิริยากับตัวริเริ่ม
3. ชุดทำความร้อน หรือที่เรียกว่าเครื่องกวนสาร (Hotplate Stirrer) มีหน้าที่ให้ความร้อนกับอ่างน้ำมัน จะทำงานร่วมกับแท่งแม่เหล็ก (Magnetic Bar) ในการกวนสาร เครื่องกวนสารแต่ละตัวมีความสามารถในการกวนสารที่ไม่เท่ากัน ดั้งนั้นในการสังเคราะห์พอลิเมอร์แต่ละตัวต้องเลือกเครื่องกวนสารให้เหมาะสมกันกับความหนืดในช่วงเวลาของการพอลิเมอร์ไร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เซชั่น เพราะหากแท่งแม่เหล็กที่ใช้มีความต้านทานก่อนที่จะหยุดหมุนน้อยเกินไปก็จะส่งผลให้การพอลิเมอร์ไรเซชั่นไม่สมบูรณ์ คุณสมบัติต่างๆที่ต้องการก็จะลดน้อยลงไปด้วย

จากส่วนประกอบต่างๆในการทำงานที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้นำหลักการของการออกแบบผลิตภัณฑ์เข้ามาช่วยในการสร้างแนวคิดของรูปแบบของถังปฏิกรณ์ที่จะทำการพัฒนาขึ้นใหม่ ดังนี้

3.2.1 กระบวนการสร้างแนวคิดผลิตภัณฑ์ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

3.2.1.1 การกำหนดปัญหาให้ชัดเจน

การกำหนดสิ่งที่ต้องการได้จากถังปฏิกรณ์ที่ทำการออกแบบในรายละเอียดที่จะเป็นการพัฒนาถังปฏิกรณ์แบบเดิม ซึ่งในที่นี้กระบวนการหลักต่างๆที่สำคัญจะยังคงอยู่และยังคงผลลัพธ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ให้เป็นเช่นเดิม จากกระบวนการดังกล่าวทำให้ได้มาซึ่งต้องการ ดังต่อไปนี้

- ไม่ต้องทำลายถังปฏิกรณ์ จะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการสังเคราะห์แต่ละครั้งที่จากเดิมต้องทำลายถังปฏิกรณ์ก็สามารถนำมาใช้ใหม่ได้
- สามารถถอดประกอบได้ง่าย เป็นความต้องการขั้นพื้นฐานที่ผู้ออกแบบหรือผู้ใช้งานอยากให้เกิดขึ้น ดั้งนั้นการออกแบบจะต้องคำนึงถึงความยากง่ายของการถอดประกอบ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ และวิธีการต่างๆ ในการถอดประกอบ เวลาที่ใช้ในการถอดประกอบ เป็นต้น
- มีราคาถูก แน่นอนว่าการที่ได้ของที่ดี มีประสิทธิภาพสูงและมีราคาที่ถูกนั้นย่อมเป็นที่ต้องการของคนทั่วไป แต่ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นบนโลกใบนี้ และยังดูเหมือนจะเป็นคำพูดที่ติดปากใครหลายคนก็คือคำว่าของถูกแล้วดีไม่มีในโลก และในงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องมือที่มีความละเอียดค่อนข้างสูงดังนั้นการที่จะเลือกใช้วัสดุต่างๆมาทำการสร้างก็จะต้องเป็นของที่ดีมีคุณภาพด้วยซึ่งนั่นหมายความถึงราคาของชิ้นส่วนที่จะนำมาใช้ก็จะมีราคาสูงตามไปด้วย แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นการออกแบบและสร้างถังปฏิกรณ์ที่จะใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์นั้น จะต้องใช้ศาสตร์ของวัสดุวิศวกรรมเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อที่จะได้มาซึ่งวัสดุที่ถูกต้อง มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งาน ราคาอาจจะสูงแต่เมื่อวัสดุเหล่านั้นสามารถตอบโจทย์ที่ต้องการได้ก็จำเป็นต้องเลือกใช้ อย่างเช่นกรณีของการออกแบบถังปฏิกรณ์ใหม่มีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าการใช้ถังปฏิกรณ์ที่เป็นขวดชมพู่แบบเดิมหลายเท่าตัว แต่ทำไมต้องเลือกใช้ เพราะเหตุผลในข้อนี้สามารถหักล้างกับแบบเดิมก็คือการที่ถังปฏิกรณ์ใหม่สามารถนำมาใช้ใหม่ได้ตลอดอายุไข เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- น้ำหนักเบา การที่ต้องการสิ่งของเครื่องใช้ที่มีน้ำหนักเบานั่นหมายถึงสิ่งของต่างๆเหล่านั้นจะมีการเคลื่อนย้ายอยู่เป็นประจำจึงมีความจำเป็นที่ต้องมีน้ำหนักที่น้อย เช่น การทำงานแบบเดิมในการสังเคราะห์ที่ต้องมีการเคลื่อนย้ายถังปฏิกรณ์ไปยังสถานีต่างๆ ตามกระบวนการที่กล่าวได้ในรูปที่ การออกแบบใหม่ก็ 3.6 จำเป็นต้องให้ถังปฏิกรณ์มีน้ำหนักที่เบา เคลื่อนย้ายได้สะดวกเช่นเดิมแต่ถ้าหากรูปแบบของการทำงานเปลี่ยนไป การเคลื่อนที่เกิดขึ้นน้อยหรือว่าไม่เกิดขึ้นเลย เรื่องของน้ำหนักก็จะเป็นประเด็นรองในทันที เพราะจากการทำงานแบบเดิมนั้นเครื่องมือบางชนิดในงานมีขนาดที่ใหญ่และน้ำหนักมาก เคลื่อนย้ายได้ลำบาก จึงต้องนำถังปฏิกรณ์ไปยังจุดที่ตั้งเพื่อปฏิบัติงานแทน
- ทนทานต่อการกัดกร่อน ในการสังเคราะห์กรดพอลิแลคติกมีกระบวนการที่ถังปฏิกรณ์ต้องเผชิญอยู่หลายอย่างไม่ว่าจะเป็นความร้อนที่เกิดจากการที่ถังจุ่มลงไปในอ่างน้ำมันที่มีอุณหภูมิสูงถึง องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน การเสียดสีที่ 120 เกิดขึ้นในขณะทำการกวนสารซึ่งแท่งแม่เหล็กจะหมุนอยู่ตลอดเวลาทำให้แลคไทด์ที่หลอมละลายไหลเป็นวงกลมตามรูปแบบของผนังของถังปฏิกรณ์เมื่อแลคไทด์เริ่มหนืดการเสียดสีก็จะเกิดขึ้นที่ผนังของถังปฏิกรณ์ หรือสามารถทนต่อการสัมผัสกับตัวริเริ่มปฏิกิริยาหรือก๊าซเฉื่อยที่ใช้ในการปกคลุมถังปฏิกรณ์เพื่อไม่ให้สัมผัสกับอากาศ เป็นต้น
- การทำงานที่จุดเดียว นอกจากจุดมุ่งหมายที่จะทำการออกแบบและสร้างถังปฏิกรณ์แบบใหม่แล้วผู้วิจัยยังมีความต้องการที่จะให้ขั้นตอนของการทำงานในการสังเคราะห์กรดพอลิแลคติกสามารถทำงานได้แล้วเสร็จภายในจุดเดียว ไม่ต้องมีการเลื่อนย้ายเครื่องมือหรืออุปกรณ์ใดๆเลย เพื่อความสะดวกและลดเวลาที่ใช้ในการทำงานอีกด้วย เรียกได้ว่าการทำงานแบบเสร็จสิ้นที่จุดเดียว (One Stop Service)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.1.2 สืบค้นจากแหล่งข้อมูลภายนอกจาก

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและหาข้อมูลต่างๆจากเอกสารงานวิจัย คลิปวิดีโอ วารสาร อินเตอร์เน็ต อย่างที่ทราบกันว่าในยุกต์ปัจจุบันข้อมูลข่าวสารเป็นสิ่งสำคัญ การส่งผ่านข้อมูลทำได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องแม่นยำ และการเข้าถึงแหล่งความรู้ต่างๆนั้นทำได้ง่ายขึ้น หากย้อนเวลาไปสัก 30 ปี ขณะนี้ผู้วิจัยคงยังใช้พิมพ์ดีดในการพิมพ์เอกสารค้นหาข้อมูลจากหนังสือ ตำราเพียงอย่างเดียวใช้เวลาในการหาข้อมูลแรมปีกว่าจะได้งานวิจัยสักเล่มแต่ในยุกต์ปัจจุบัน สามารถหาข้อมูลได้เพียงปลายนิ้วสัมผัสด้วยเครื่องมือ

ที่เรียกว่า Search Engine ไม่เพียงแต่เอกสารงานวิจัย คลิปวิดีโอ วารสาร บทความต่างๆ เท่านั้น แม้แต่หนังสือที่เราๆท่านๆ ทั้งหลายเคยเข้าศึกษาค้นคว้าในห้องสมุด เคยเดินเลือกซื้อเพื่อจับจองเป็นเจ้าของ ตอนนี้สิ่งต่างๆเหล่านั้นสามารถหาได้เมื่อท่านนั่งอยู่หน้าจอคอมพิวเตอร์

3.2.1.3 การสร้างแนวความคิดภายในทีม

นำสิ่งที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลภายนอก มาทำการวิเคราะห์ ว่ามีประเด็นใดบ้างที่บกพร่อง ขาดหาย เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างถังปฏิกรณ์จากหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ และอีกหนึ่งความคิดที่สำคัญในงานวิจัยนี้คือผู้ปฏิบัติงานจริงในห้องทดลองของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์จากมอนอเมอร์ของกรดแลคติกด้วยวิธีดังกล่าวจะสามารถบอกได้ถึงปัญหาข้อขัดข้อง หรือความไม่สะดวกในการทำงาน จึงเป็นข้อมูลสำคัญที่จะนำมาใช้ในการออกแบบถังปฏิกรณ์แบบใหม่หรือแม้กระทั่งการออกแบบกระบวนการทำงานอีกด้วย

3.2.1.4 การวิเคราะห์โครงสร้างแนวคิดอย่างเป็นระบบ

ในหัวข้อนี้จะเป็นการการวิเคราะห์รูปแบบที่จะเป็นไปได้ในกระบวนการออกแบบและสร้างถังปฏิกรณ์แบบใหม่ ทั้งนี้ผู้วิจัยจะยังคงขั้นตอนการทำงานให้มีความคล้ายคลึงกับการทำงานในรูปแบบเดิมให้มากที่สุด ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์แล้วสามารถแยกเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ได้ดังนี้

1. ชุดถังปฏิกรณ์
2. ชุดสุญญากาศ
3. ชุดทำความร้อน
4. ชุดก๊าซเฉื่อย
5. ชุดระบบอ่างน้ำมัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.1.5 การทบทวนผลลัพธ์และกระบวนการ

ทำการตรวจทานเพื่อวิเคราะห์ดูว่ามีประเด็นใดบ้างที่ไม่สมบูรณ์ ไม่ว่าจะตกหล่นไปจากการระดมสมองหรือสืบค้น หรือแม้แต่แนวคิดที่อาจจะมีความเป็นไปได้ยากก็ควรมีการคัดกรองออกไปก่อนตั้งแต่ขั้นตอนนี้ เพื่อลดเวลาในการนำไปคัดเลือกและทดสอบ หลังจากที่ผ่านระบบการวิเคราะห์ที่จะใช้ในการออกแบบและสร้างถังปฏิกรณ์ตามหลักการของกระบวนการสร้างแนวคิดผลิตภัณฑ์ จะนำไปสู่ขั้นตอนในการคัดเลือก (Concept Selection) ซึ่งในกระบวนการคัดเลือกนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. การคัดกรองแนวคิดผลิตภัณฑ์ (Concept Screening) กำหนดให้ถังแบบเดิมเป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์แนวคิดใหม่ที่เกิดขึ้น ว่ามีสิ่งที่พัฒนาขึ้นจากเดิมมากขึ้นหรือน้อยลงอย่างไร สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้มาน้อยเพียงไหน แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นผลในการสังเคราะห์พอลิเมอร์จากมอนอเมอร์ของกรดแลคติกจะต้องมีประสิทธิภาพที่สูงกว่าหรือเท่ากับไม่ว่าจะเป็นในด้านของคุณสมบัติของพอลิเมอร์ที่ได้ ระยะเวลาในการพอลิเมอร์ไรเซชั่น หรือแม้แต่ระยะเวลาในการย่อยสลาย เป็นต้น

2. การคัดเลือกแนวคิดแบบให้คะแนน (Concept Scoring) ส่วนในการคัดเลือกแนวคิดแบบให้คะแนนคือ การเลือกลำดับความสำคัญของแต่ละรูปแบบที่จะเป็นตัวกำหนดรูปร่างของถังปฏิกรณ์ โดยที่คะแนนรวมทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 100 หลังจากผ่านกระบวนการคัดเลือกแนวคิดแบบให้คะแนน เราจะทราบว่าลำดับของรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้มีค่าเท่าไหร่ จากนั้นเลือกรูปแบบที่ได้คะแนนสูงสุดมาทำการสร้างต้นแบบถังปฏิกรณ์ เนื่องจากถังปฏิกรณ์มีหลายประเภท แต่ละประเภทมีข้อกำจัดเฉพาะของมันเอง เราต้องทำการเลือกประเภทของถังปฏิกรณ์ให้เหมาะกับสิ่งที่ต้องการสังคราะห์ ในการเริ่มปฏิกิริยาของสารที่สังเคราะห์นั้นเริ่มแรกต้องใส่สารตั้งต้นคือ มอนอเมอร์แลคไทด์ และหยดตัวริเริ่มปฏิกิริยาคือ Stannous octanoate ($Sn(Oct)_2$) เมื่อสารทั้งหมดถูกใส่รวมกันแล้ว จึงเริ่มปฏิกิริยาตามเวลาที่กำหนด จากนั้นจะได้กรดพอลิแลคติกออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ ลักษณะการทำปฏิกิริยาของสารที่ต้องการสังเคราะห์เหมาะสมกับเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ (Batch Reactor)

3.3 การทดลองเพื่อหาผลของการย่อยสลาย

เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการสังเคราะห์กรดพอลิแลคติกที่ได้จากถังปฏิกรณ์ที่ได้ในระดับห้องปฏิบัติการและถังที่ได้รับการพัฒนา นำกรดพอลิแลคติกที่ได้มาทำการทดสอบการย่อยสลาย โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงสภาวะในการย่อยสลาย และได้ออกแ บการทดลองการย่อยสลาย นำกรดพอลิแลคติกที่สังเคราะห์ได้จากถังปฏิกรณ์ในระดับห้องปฏิบัติการมาทำการลดขนาดลงให้มีขนาดเล็ก และทำการชั่งน้ำหนัก 2 กรัม จำนวน 3 ชุด และกรดพอลิแลคติกที่สังเคราะห์ได้จากถังปฏิกรณ์ที่ได้รับการพัฒนามาทำการลดขนาดลงให้มีขนาดเล็ก และทำการชั่งน้ำหนัก 2 กรัม จำนวน 3 ชุด นำกรดพอลิแลคติกที่เตรียมไว้บรรจุลงในผ้าตาข่าย ดังรูปที่ 3.10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.10 ผ้าตาข่ายสำหรับบรรจุผงกรดพอลิแลคติก

การบรรจุลงผ้าตาข่ายนั้นเพื่อง่ายต่อการนำออกมาชั่งน้ำหนักและป้องกันการเจือปนจากเศษดิน จากนั้นเตรียมดินที่ใช้ปลูกต้นไม้มาใช้ในการย่อยสลายกรดพอลิแลคติก โดยแย่งใส่กระถางปลูกขนาดเล็ก ดังรูปที่ 3.11 โดยใส่ดินลงในกระถางสูงจากก้นกระถาง 1 นิ้ว จากนั้นนำกรดพอลิแลคติกที่เตรียมไว้ใส่ลงในกระถาง กลบดินให้เต็มกระถาง

รูปที่ 3.11 กระถางสำหรับทดลองการย่อยสลายของกรดพอลิแลคติก

จากนั้นนำไปทดลองการย่อยสลายทั้ง 3 สภาวะดังนี้

1. สภาวะที่มีความร้อน ได้ทำการเตรียมอุปกรณ์ในการให้ความร้อน โดยใช้โคมไฟที่มีหลอดไฟฟ้าขนาด 75 วัตต์ ให้ความร้อนกับกระถางชุดที่ 1 ตลอดเวลา ดังแสดงในรูปที่ 3.12 และมีออกซิเจน เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ อุณหภูมิจะเป็นตัวเร่งให้พลาสติกชีวภาพมีการย่อยสลายได้เร็วขึ้น
2. สภาวะที่มีความชื้น ทำการรดน้ำวันละ 3 ครั้ง ครั้งละ 10 มิลลิลิตร และมีออกซิเจน ความชื้นมีผลต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์นั้นจะเป็นตัวย่อยสลายพลาสติกชีวภาพ
3. สภาวะที่มีออกซิเจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.12 การให้ความร้อนโดยตรงกับกระถางทดลอง

3.4 เก็บข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล

1. วัดค่าประสิทธิผลที่ได้ (% conversion) ของถังปฏิกรณ์ทั้งสองแบบ
2. ผลการย่อยสลายของกรดพอลิแลคติกที่สังเคราะห์ได้จากถังปฏิกรณ์ทั้งสองแบบ ทำการเก็บผลการทดลองทุกๆ สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ แล้วนำกรดพอลิแลคติกออกมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผลการทดลอง จากนั้นนำบรรจุเข้าถุงตาข่ายเดิม ทำการฝังดินห่างจากก้นกระถาง 1 นิ้ว กลบดินให้เต็ม ทำเช่นเดิมหลังจากนำออกมาชั่งน้ำหนักทุกครั้ง
3. วิเคราะห์ต้นทุนของถังปฏิกรณ์ทั้งสองแบบ โดยคิดจากปัจจัยต่างๆ ดังนี้
    - วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างถังปฏิกรณ์
    - สารเคมีที่ใช้
    - ค่าไฟ คิดจากระยะเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์กรดพอลิแลคติก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved