บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 ปริมาณการเชื่อมโยง (crosslink density)

การที่ฟิล์มโพลีเอทีลีนหลังการฉายรังสีละลายในตัวทำละลายที่อุณหภูมิสูง เช่น ไซลีน และเหลือเจลอยู่นั้น แสดงว่าฟิล์มโพลีเอทีลีนนี้นั้นจะต้องมีโครงสร้างโมเลกุลที่มีการเชื่อมโยงอยู่ด้วย เนื่องจากโครงสร้างส่วนที่มีการเชื่อมโยงนั้นจะไม่ละลายในตัวทำละลาย แต่จะเกิดการบวมตัวขึ้น ซึ่งเป็นเพราะว่าตัวทำละลายไม่สามารถละลายโมเลกุลที่มีการเชื่อมโยงโมเลกุลได้

ปริมาณรังสีแกมมาที่เพิ่มขึ้นเป็นผลทำให้ฟิล์มมีปริมาณเจลเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า รังสีแกมมาสามารถทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของโพลีเอทีลีนได้ ดังนั้นการฉายรังสีแกมมาที่มากขึ้น(ในการทดลองใช้ไม่เกิน 400 kGy)จึงเป็นผลทำให้เกิดการเชื่อมโยงของโมเลกุลที่มากขึ้นด้วย โดยส่วนใหญ่จะเกิดในโครงสร้างส่วนที่เป็นอสัณฐาน และรอยต่อของส่วนที่เป็นอสัณฐานกับส่วนที่เป็น crystalline

จากการที่เราสามารถใช้ปริมาณเจลอ้างอิงแทนปริมาณการเชื่อมโยงได้นั้น ทำให้สามารถกล่าวได้ว่าปริมาณรังสีแกมมาที่เพิ่มขึ้นเป็นผลทำให้ฟิล์มมีปริมาณการเชื่อมโยงที่มากขึ้นด้วย ดังแสดงไว้ตามตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนหดตัวได้ด้วยความร้อน

5.2.1 เงื่อนไขของปริมาณรังสีแกมมา

ปริมาณรังสีแกมมาที่มากขึ้นในช่วง 100 ถึง 400 kGy มีผลทำให้ฟิล์มมีการหดน้อยลง เนื่องจากการให้รังสีแกมมาที่มากขึ้นมีผลทำให้การเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของโพลีเอทีลีนมีมากขึ้นด้วย ดังนั้นโครงสร้างของโพลีเอทีลีนส่วนที่เป็น crystalline จึงมีน้อยลงด้วย เมื่อนำไปทำการหดที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าจุดหลอมเหลวของโพลีเอทีลีน ส่วนที่หลอมละลายจึงมีน้อย ทำให้การหดของฟิล์มน้อยลงไปด้วย ดังผลการทดลองตามตารางที่ 1 ถึง 40 และรูปที่ 4.18 ถึง 4.27

5.2.2 ความหนาของฟิล์ม

ตามตารางที่ 1 ถึง 40 และรูปที่ 4.2 ถึง 4.9 ฟิล์มโพลีเอทีลีนหดตัวได้ด้วยความร้อนที่มีความหนามากจะหดได้น้อยกว่าฟิล์มโพลีเอทีลีนหดตัวได้ด้วยความร้อนที่มีความหนาน้อยกว่า การหดของฟิล์ม นอกจากจะมีผลมาจากการหลอมละลายของโครงสร้างส่วนที่เป็น crystalline แล้ว ยังเป็นผลมาจากการเป่าฟิล์มด้วย เนื่องจากการเป่าฟิล์มที่มีความหนาน้อยๆ จะทำให้เกิดความเครียดในแผ่นฟิล์มได้มากกว่า ดังนั้นเมื่อฟิล์มได้รับความร้อนที่สูงคือประมาณ 130 องศาเซลเซียส นอกจากส่วนที่เป็น crystalline จะหลอมละลายแล้ว ยังเกิดการคลายความเครียดของแผ่นฟิล์มอีกด้วย จึงเป็นเหตุผลที่ว่าฟิล์มหดตัวได้ด้วยความร้อนที่มีความหนาน้อยกว่าจะให้การหดที่สูงกว่า

5.2.3 สภาวะในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อยและสภาวะสุญญากาศ

การให้ปริมาณรังสีที่เท่ากันในช่วง 100 ถึง 400 kGy สำหรับการทำฟิล์มหดตัวได้ด้วยความร้อนทั้งในสภาวะบรรยากาศของก๊าซเฉื่อยและในสภาวะสุญญากาศ ไม่มีผลที่แตกต่างกัน เนื่องจากสิ่งที่สำคัญที่สุดสำหรับการทำฟิล์มหดตัวได้ด้วยความร้อนก็คือ ทำให้เกิดการเชื่อมโยงบางส่วนให้ได้ปริมาณการเชื่อมโยงเป็นไปตามที่ต้องการ ซึ่งขึ้นอยู่กับการไม่มีออกซิเจนอยู่ในฟิล์มโพลีเอทีลีน โดยไม่จำกัดว่าจะเป็นการฉายรังสีแกมมาในสภาวะใด ตามผลในตารางที่ 1 ถึง 40 เช่น การผลิตท่อโพลีเอทีลีนหดตัวได้ด้วยความร้อน ความหนา 300 ไมโครเมตร มีปริมาณเจลประมาณ ร้อยละ 73 ซึ่งหดตัวได้สูงสุดประมาณ ร้อยละ 44 เมื่อคำนวณตามมาตรฐาน มอก. 1311-2538 [2]

5.3 <u>ความสำคัญของ shrinking effect,E</u>

shrinking effect,E เป็นค่าที่กำหนดขึ้นมาเพื่อบ่งบอกประสิทธิภาพในการหดของฟิล์มนั้นๆ โดยมีค่าเท่ากับสัดส่วนของร้อยละการหดแบบที่ 3 กับร้อยละการดึง ดังนั้นค่า E ที่ต่ำจะแสดงประสิทธิภาพในการหดที่ดีของฟิล์มนั้นๆ

5.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง shrinking effect กับความหนาของฟิล์ม

ฟิล์มที่มีความหนาน้อยกว่าจะมีค่า E ต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มความหนามากกว่าที่ฉายรังสีแกมมาและถูกดึงในปริมาณที่เท่ากัน เนื่องจากฟิล์มที่มีความหนาน้อยกว่าสามารถหดได้มากกว่า ดังอธิบายไว้ในหัวข้อ 5.2.2 และสามารถเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่า E กับความหนาของฟิล์มได้ดังตารางที่ 1 ถึง 40

แต่ฟิล์มที่มีความหนามากกว่าก็สามารถให้ค่า E ที่ต่ำกว่าได้ ในกรณีที่มีร้อยละการดึงมากกว่าฟิล์มที่มีความหนาน้อยกว่ามากๆ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าฟิล์มที่มีความหนามากๆเช่น 125 หรือ 100 ไมโครเมตรสามารถให้ค่า E ที่ต่ำที่สุดได้ต่ำกว่าฟิล์มที่มีความหนาน้อยๆเช่น 25 หรือ 50 ไมโครเมตร

5.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง shrinking effect กับปริมาณรังสีแกมมา

ฟิล์มที่มีความหนาเท่ากัน แต่ถูกฉายรังสีแกมมาในปริมาณที่ต่างกันในช่วง 100 ถึง 400 kGy แม้ว่าจะถูกดึงด้วยปริมาณที่เท่ากัน แต่ฟิล์มที่ได้รับปริมาณรังสีแกมมาที่น้อยกว่าจะให้ค่า E ที่ต่ำกว่า เนื่องจากฟิล์มที่ได้รับปริมาณรังสีแกมมาที่น้อยกว่าจะให้การหดที่มากกว่า ดังอธิบายไว้ในหัวข้อ 5.2.3 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่า E กับปริมาณรังสีแกมมาได้ในตารางที่ 1 ถึง 40

5.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง shrinking effect กับปริมาณการดึง

จากการที่ฟิล์มสามารถหดกลับคืนมาอยู่ที่ความยาวเดิมก่อนดึงได้ ไม่ว่าก่อนหน้าการหดฟิล์มจะถูกดึงไปด้วยความยาวเท่าใด ทำให้ฟิล์มที่มีปริมาณการดึงที่มากกว่าสามารถให้ค่า E ที่ต่ำกว่า เปรียบเทียบได้จากตารางที่ 1 ถึง 40

5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดหลอมเหลวของฟิล์มกับปริมาณรังสีแกมมา

ปริมาณรังสีแกมมาที่เพิ่มขึ้นในช่วง 100 ถึง 400 kGy มีผลทำให้จุดหลอมเหลวของฟิล์มลดลง จุดหลอมเหลวของฟิล์มโพลีเอทีลีนนี้ ทางด้านโพลิเมอร์เป็นที่เข้าใจกันดีว่าจริงๆแล้วก็คือจุดหลอมเหลวของโครงสร้างส่วนที่เป็น crystalline ซึ่งจะต่างกันไปตามน้ำหนักของโมเลกุลนั้นๆ สาเหตุที่ทำให้จุดหลอมเหลวของฟิล์มลดลงเมื่อได้รับปริมาณรังสีแกมมาที่เพิ่มขึ้นนั้น เกิดจากการที่รังสีแกมมาสามารถทำลายโครงสร้างส่วนที่เป็น crystalline ขนาดเล็กๆได้ เมื่อปริมาณ crystalline ลดลง ความร้อนที่ใช้ในการหลอมเหลวส่วนที่เป็น crystalline ย่อมลดลง [22] จึงเป็นเหตุผลที่ว่าเพราะเหตุใดเมื่อเพิ่มปริมาณรังสีแกมมาแล้ว ทำให้จุดหลอมเหลวของฟิล์มลดต่ำลง ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.4

จุดหลอมเหลวของฟิล์มหดตัวได้ด้วยความร้อนที่หาได้นั้นจะเห็นได้ว่าอยู่ในช่วงระหว่าง 102 ถึง 110 องศาเซลเซียส ขณะที่ฟิล์มหดตัวได้ด้วยความร้อนที่ทำขึ้นทางการค้านั้นมีจุดหลอมเหลวอยู่ที่ 87.2 องศาเซลเซียส สิ่งที่สังเกตได้นั้นก็คือฟิล์มหดตัวได้ด้วยความร้อนในงานวิจัยนี้ต้องใช้อุณหภูมิในการหดที่สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ในขณะที่ฟิล์มหดตัวได้ด้วยความร้อนที่ทำขึ้นทางการค้านั้นสามารถทำให้หดได้ที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าที่สำคัญคือสามารถทำให้หดได้ในน้ำเดือด ซึ่งสะดวกสำหรับการใช้งานมาก

5.5 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล

จากตารางที่ 4.5 ถึง 4.6 แสดงให้เห็นว่าการที่ฟิล์มได้รับรังสีแกมมาที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกล คือทำให้ฟิล์มมีความต้านทานแรงดึงมากขึ้น ในขณะที่ elongation at break ลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการเชื่อมโยงโมเลกุลของโพลีเอทีลีนที่เกิดขึ้น ดังนั้นการทำฟิล์มหดตัวได้ด้วยความร้อน จึงถือได้ว่าเป็นการเพิ่มความต้านทานแรงดึงไปในตัว

แต่การที่ฟิล์มได้รับรังสีแกมมาที่มากเกินระดับหนึ่งคือประมาณ 300 ถึง 400 kGy จะทำให้เกิดการเชื่อมโยงโมเลกุลที่มากเกินไป ซึ่งจะก่อให้เกิดผลเสียที่ตามมาคือ ฟิล์มจะมีความเปราะ แตกหักได้ง่าย โดยจะเห็นได้จากคุณสมบัติเชิงกลที่ทดสอบทั้งความต้านทานแรงดึงและ elongation at break มีค่าต่ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย