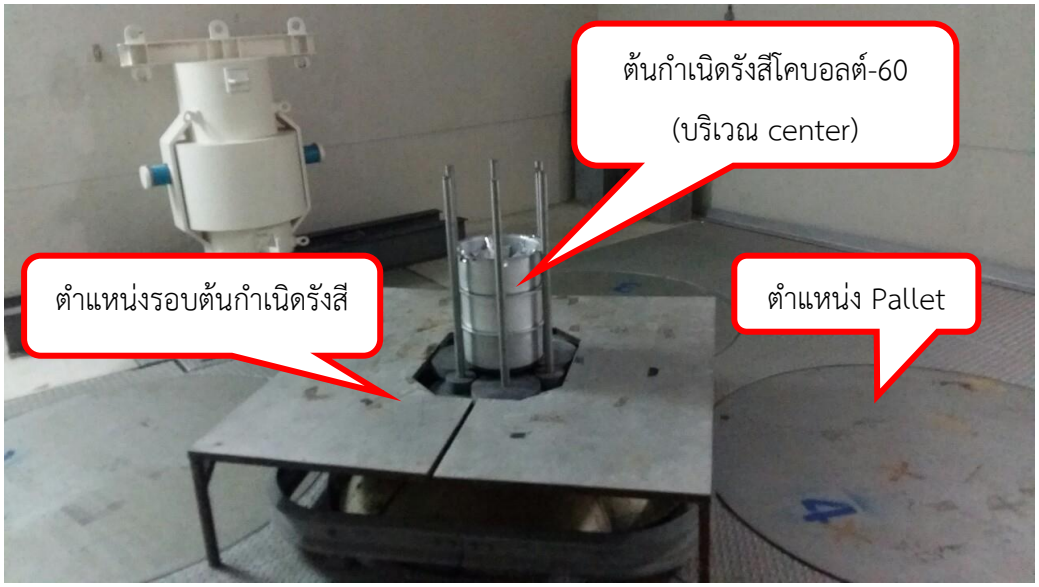
บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

ในบทนี้กล่าวถึงผลการศึกษาเครื่องฉายรังสีแกมมาโคบอลต์-60 ขั้นตอนการเดินเครื่องฉายรังสีแกมมา การบำรุงรักษาและการใช้ประโยชน์จากเครื่องฉายรังสีแกมมาโคบอลต์-60 โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลของเครื่องฉายรังสีแกมมาโคบอลต์-60

โดยเครื่องฉายรังสีแกมมาโคบอลต์ 60 สามารถนำมาใช้ในการฉายรังสีอัญมณีเพื่อปรับปรุงสีและใช้ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ซึ่งภายในห้องฉายรังสีแกมมาสามารถฉายรังสีได้ทุกบริเวณ โดยจะมีจุดที่วางฉายอัญมณีและผลิตภัณฑ์ 3 ตำแหน่ง ในกรณีฉายอัญมณีที่ต้องการปริมาณรังสีสูงและใช้เวลาฉายไม่นานจะฉายตำแหน่งใกล้ต้นกำเนิดรังสีโคบอลต์-60 (บริเวณ center) และสามารถหมุนได้ขณะฉายรังสี เพื่อให้ได้รับปริมาณรังสีสม่ำเสมอ ตำแหน่งรอบต้นกำเนิดรังสีโคบอลต์-60 เป็นบริเวณที่ฉายเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ที่ถูกบรรจุมาเป็น กล่อง แกลลอน อื่น ๆ และ ตำแหน่ง Pallet เป็นบริเวณสำหรับฉายเกี่ยวกับพันธุ์พืช เมล็ดข้าวเปลือก อื่น ๆ ซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับรังสีที่เหมาะในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์และพันธุ์พืช



ภาพที่ 4.1 บริเวณเครื่องฉายรังสีแกมมาโคบอลต์-60

4.2 ผลของการบำรุงรักษาของเครื่องฉายรังสีแกมมา โคบอลต์-60

4.2.1 เพื่อให้เครื่องทำงานได้อย่างมีประสิทธิผล สามารใช้เครื่องได้เต็มความสามารถและตรงกับวัตถุประสงค์

4.2.2 เพื่อให้เครื่องมีสมรรถนะการทำงานสูงและช่วยให้เครื่องมีอายุการใช้งานยาวนาน เพราะเมื่อเครื่องได้ใช้งานไประยะเวลาหนึ่งจะเกิดการสึกหรอ ถ้าหากไม่มีการปรับแต่งหรือซ่อมแซมแล้วเครื่องอาจเกิดการขัดข้อง ชำรุดเสียหายหรือ ทำงานผิดพลาด

4.2.3 เพื่อความปลอดภัย ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายที่สำคัญเพราะเครื่องจะต้องมีความปลอดภัยพอต่อผู้ปฏิบัติงาน ถ้าหากเครื่องทำงานผิดพลาด ชำรุดเสียหาย ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติอาจจะก่อให้เกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บต่อผู้ปฏิบัติงานได้ การบำรุงรักษาที่ดีจะช่วยควบคุมการผิดพลาด

4.3 ผลของการใช้ประโยชน์จากเครื่องฉายรังสีแกมมา โคบอลต์-60

4.3.1 ด้านอัญมณี

การฉายรังสีแกมมากับอัญมณีโดยใช้รังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 พบว่าการเปลี่ยนสีของอัญมณีเป็นกระบวนการเปลี่ยนสีอัญมณีให้มีสีเข้มขึ้น เกิดจากการปล่อยรังสีเข้าไปในอัญมณีทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากตำแหน่งเดิมในโครงสร้างผลึกของอัญมณี การเปลี่ยนสีขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่อิเล็กตรอนกลับคืนลงในโครงสร้างของผลึกและประจุของอะตอมที่อยู่ใกล้เคียง ซึ่งเป็นตัวกำหนดลักษณะการดูดกลืนแสงหรือการให้สีของผลึก การปรับปรุงสีของอัญมณีโดยการฉายรังสี ไม่มีสิ่งที่รับประกันได้ในความสำเร็จ เนื่องจากไม่สามารถบอกได้ว่า รังสีจะเกิดผลกับเม็ดอัญมณีอย่างไร จะต้องมีธาตุที่ต้องการเจืออยู่ในปริมาณที่พอเหมาะและรังสีจะต้องไปเปลี่ยนตำแหน่งของอิเล็กตรอนให้ไปอยู่ในตำแหน่งที่พอดี จึงจะเกิดสีที่ต้องการ

1) ทัวร์มาลีน มีสูตรโครงสร้างเป็น $M_7Al_6(OH,F)_4(BO_3)_3Si_6O_{18}$ ที่มีหลากหลายสี การเกิดสีของทัวร์มาลีนฉายรังสีแกมมาอาจเป็นสีชมพูเฉดต่าง ๆ ทัวร์มาลีนสีชมพูอ่อนจะมีสีเข้มขึ้นหรืออาจเปลี่ยนเป็นสีส้ม ทัวร์มาลีนสีเขียวอ่อนอาจเปลี่ยนเป็นสีชมพูเข้ม แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนสีของทัวร์มาลีนขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของพลอยแต่ละก้อน ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าธาตุปริมาณน้อยมีผลต่อการเกิดสีของพลอย ทัวร์มาลีนก็เช่นกัน กลไกการเกิดสีชมพูในทัวร์มาลีนยังไม่เป็นที่แน่ชัด เชื่อว่า สีชมพู ในรูเบลไลต์อาจเกิดจากสีของธาตุมลทิน Mn^{3+} แต่ทั้งนี้ในตัวอย่างจะต้องมีธาตุเหล็กเจือปนอยู่ในปริมาณน้อย

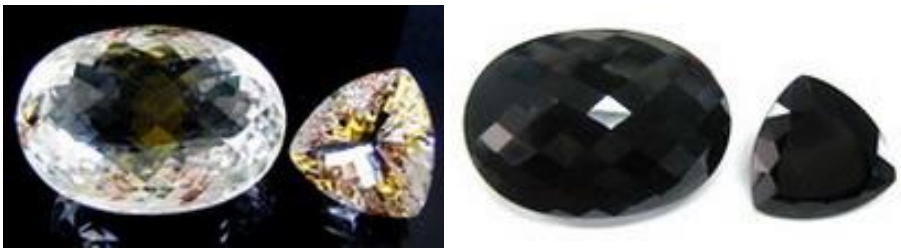
ภาพที่ 4.2 ทัวร์มาลีน

2) โทแปซ มีสูตรโครงสร้างเป็น $Al_2[SiO_4](OH,F)_2$ ซึ่งไม่มีสีถ้าเป็นสารประกอบบริสุทธิ์ เป็นพลอยชนิดหนึ่งที่เหมาะสำหรับการฉายรังสี เมื่อฉายด้วยโคบอลต์-60 จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (cinnamon brown) แต่จะจางลงและกลับคืนสีเดิม เมื่อได้รับแสงสว่างเป็นเวลาหลายเดือน

ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนเป็นสีโทแปซ

(ที่มา : สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ. ออนไลน์.)

3) ควอรตซ์ มีสูตรโครงสร้างเป็น SiO_2 ซึ่งไม่มีสี การฉายรังสีสามารถใช้ได้กับ ควอรตซ์เช่นกัน ทำให้ได้สีเทาหรือดำ ทำให้ได้รับความสนใจและมีราคาสูงขึ้น แต่การเปลี่ยนสีนี้จะเกิดกับควอรตซ์สีขาวใสที่เจือด้วยอลูมิเนียม ความสำเร็จในการปรับปรุงสีขึ้นกับตำแหน่งของอิเล็กตรอนภายหลังการฉายรังสี



ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนเป็นสีวอรตซ์

(ที่มา : สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ. ออนไลน์.)

4.3.2 ด้านงานวิจัย

4.3.2.1 ด้านอาหาร

การฉายรังสีอาหารจะใช้ปริมาณรังสีต่ำจึงไม่มีการตกค้างและสะสมสารรังสีในอาหาร ประโยชน์ที่ได้จากการฉายรังสีอาหารเป็นวิธีการหนึ่งของการถนอมอาหารให้เก็บรักษาได้นานขึ้น ฆ่าเชื้อโรค พยาธิ การชะลอการสุกของผลไม้ การยับยั้งการงอก ฯลฯ การฉายรังสีอาหาร ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี การเปลี่ยนแปลงโดยตรง ซึ่งพลังงานจากรังสีจะทำให้เกิดการสลายตัวของ พันธะเคมีโดยอาจทำให้โมเลกุลนั้นอยู่ในสภาวะกระตุ้น (excited state) หรือเกิดการแตกตัวเป็นอิออน (ionization) และการเปลี่ยนแปลงทางอ้อม ซึ่งเกิดจากการที่ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการแตกตัวเป็นอิออนของน้ำเนื่องมาจากรังสี (radiolytic products) ไปทำปฏิกิริยาต่อเนื่องกับสารอื่น ๆ ภายในอาหาร ซึ่งอาหารที่ฉายรังสีแล้วอาจทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการเปลี่ยนแปลง เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน แต่องค์ประกอบอื่น ๆ และการฉายรังสียังมีผลในการทำลายเชื้อแบคทีเรีย โดยส่วนใหญ่ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นที่โครโมโซม มี DNA ที่มีลักษณะโมเลกุล จากการศึกษาพบว่ารังสีทำให้ DNA เกิดการเปลี่ยนแปลงและไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้จุลินทรีย์ถูกทำลายอย่างไรก็ตามรังสียังมีผลต่อโมเลกุลอื่น ๆ

4.3.2.2 ด้านการแพทย์

ผลการฉายรังสีแกมมาสำหรับเครื่องมือทางการแพทย์ที่ผลิตมาจากพลาสติกสามารถกฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนผลิตภัณฑ์ได้ โดยฉายรังสีแกมมานั้นต้องพิจารณาสมบัติของพลาสติกและความทนทานต่อรังสีแกมมา เนื่องจากรังสีแกมมามีความสามารถในการแทรกผ่านไปยังโครงสร้างโมเลกุล ซึ่งจะส่งผลต่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านโครงสร้างได้ เช่น โพลิคาร์บอเนต (Polycarbonate: PC) เมื่อผ่านรังสีแกมมาจะทำให้มีโทนสีเหลืองขึ้น เช่นเดียวกับโพลิโพรพิลีน (Polypropylene: PP) ที่จะทำให้มีโทนสีเหลืองขึ้นและเปราะแตกง่าย แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันได้มีการพัฒนาพลาสติกโพลิโพรพิลีน (PP) ให้สามารถทนทานต่อรังสีแกมมาได้

การฉายรังสียังมีผลในการทำลายเชื้อแบคทีเรีย โดยส่วนใหญ่ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นที่โครโมโซม มี DNA ที่มีลักษณะโมเลกุล จากการศึกษาพบว่ารังสีทำให้ DNA เกิดการเปลี่ยนแปลงและไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้จุลินทรีย์ถูกทำลายอย่างไรก็ตามรังสียังมีผลต่อโมเลกุลอื่น ๆ

4.3.2.3 ด้านการเกษตร

เมื่อนำพืชหรือส่วนของพืชที่ใช้ขยายพันธุ์ได้ เช่น เมล็ด ใบ ราก เหง้า ฯลฯมาฉายรังสีแกมมา รังสีจะถ่ายเทพลังงานให้กับเซลล์พืชก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีขึ้นกับ

องค์ประกอบต่าง ๆภายในเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับสารพันธุกรรมหรือที่เรียกว่ายีน ซึ่งเป็นตัวกำหนดลักษณะต่าง ๆของพืช ควบคุมกิจกรรมต่าง ๆของเซลล์พืช หรือสารพันธุกรรเปลี่ยนแปลงเนื่องจากได้รับพลังงานจากรังสีแกมมา ก็จะทำให้หน้าที่ที่สารพันธุกรรมนั้นทำอยู่หรือควบคุมบังคับบัญชาอยู่เปลี่ยนแปลงไปด้วย เมื่อเซลล์นั้นแบ่งตัวพัฒนาเป็นต้นพืชก็จะได้ลักษณะที่ต่างไปจากเดิม เรียกว่าเกิดการกลายพันธุ์ พืชที่มีการกลายพันธุ์เกิดขึ้นเรียกว่า พันธุ์กลาย ซึ่งสามารถขยายเป็นพืชพันธุ์ใหม่ได้

รังสีแกมมาทำให้เกิดการกลายพันธุ์โดยการเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ หรือควบคุมกระบวนการต่าง ๆ ภายในเซลล์ของพืช เมื่อมีการกลายพันธุ์เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำด้วยรังสีแกมมา จะทราบได้อย่างไรว่ามีการกลายพันธุ์เกิดขึ้นในพืช

จะทราบได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงที่ปรากฏให้เห็นหรือที่เรียกว่าการเปลี่ยนแปลงทางฟีโนไทป์ของพืช ลักษณะที่ปรากฏอาจเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่นการเปลี่ยนแปลงของสีดอก สีใบ รูปทรงดอก รูปทรงใบ ความสูงของต้นพืชเปลี่ยนไป มีอายุการออกดอก ติดผลเร็วขึ้นหรือช้าลง ซึ่งง่ายต่อการคัดเลือกนำมาใช้ประโยชน์ และไม้ดอกไม้ประดับก็อยู่ในกลุ่มของพืชที่เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางฟีโนไทป์จะสามารถใช้ประโยชน์ได้โดยง่าย เนื่องจากไม้ดอกไม้ประดับส่วนใหญ่คุณค่าของพืชอยู่ที่ลักษณะที่ปรากฏแก่สายตาไม่ว่าจะเป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสี หรือรูปร่างความแปลกและแตกต่างจากพันธุ์เดิมสามารถนำมาขยายพันธุ์เป็นพันธุ์ใหม่ได้ทันที

4.3.2.4 สารละลายผักตบชวา

ผลของการฉายรังสีทำให้เกิดการลดขนาดของโมเลกุลขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงเพื่อถ่ายเทพลังงานของรังสีไปสู่โครงสร้างโมเลกุลของผักตบชวาซึ่งเป็นโพลีเซคคาไรต์ เมื่อฉายรังสีที่ปริมาณรังสีสูงมากพอจะทำให้โมเลกุลของโพลีเซคคาไรต์มีขนาดเล็กลง

ผักตบชวามีเยื่อใยที่ประกอบด้วยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ซึ่งสามารถเปลี่ยนให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น กลูโคส ไซโลสเพื่อนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเอทานอล

4.3.2.5 แผ่นปิดแผลไฮโดรเจล

ผลจากการฉายรังสีแกมมาต่อแผ่นไฮโดรเจลประกอบด้วยพีวีเอและไคโตซาน ช่วยให้พอลิเมอร์ทั้งสองเกิดการครอสลิงค์ระหว่างโมเลกุล สามารถปรับปรุงความทนทานและสมบัติเชิงกลให้ดีขึ้น โดยการครอสลิงค์เป็นการเกิดพันธะเคมีที่มีการเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่ของพอลิเมอร์ คือการแตกตัวของพันธะเคมีของคาร์บอนและไฮโดรเจน (C-H) บนสายพอลิเมอร์ เพื่อเกิดเป็นอะตอมไฮโดรเจนตามด้วยการเข้าจับของอะตอมไฮโดรเจนที่สองจากโซ่ใกล้เคียง เพื่อเกิดเป็นโมเลกุลไฮโดรเจน ดังนั้นสายโซ่พอลิเมอร์ที่มีอนุมูลอิสระที่อยู่ติดกันจะรวมกันเพื่อเกิดการเชื่อมโยงระหว่าง

สายโซ่พอลิเมอร์ ผลจากการครอสลิงค์ ทำให้น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น ปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นนำไปสู่การเกิดเป็นพอลิเมอร์แบบที่มีกิ่งก้านสาขาและในที่สุดจะเกิดเป็นพอลิเมอร์แบบร่างแหสามมิติ แต่ละสายโซ่พอลิเมอร์ถูกเชื่อมโยงเข้ากับสายโซ่อื่น

4.3.2.6 น้ำยางพาราธรรมชาติ

การวัลคาไนซ์เป็นกระบวนการเชื่อมโมเลกุลยางแต่ละโมเลกุลผ่านพันธะโควาเลนต์ให้เกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย ความเร็วในการเชื่อมโยงพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างการวัลคาไนซ์เรียกว่า อัตราการวัลคาไนซ์ (cure rate) และแผ่นฟิล์มน้ำยางที่ได้ คือ แผ่นฟิล์มน้ำยางที่ผ่านการวัลคาไนซ์แล้ว ในการวัลคาไนซ์ยางจะทำปฏิกิริยากับกำมะถันทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความยืดหยุ่นทนทาน และไม่เหนียวติด การวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิห้องจะดำเนินไปอย่างช้าๆ ซึ่งอาจต้องใช้เวลาหลายวันในการทำให้การวัลคาไนซ์เกิดได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นเพื่อลดเวลาในการวัลคาไนซ์ลง เราสามารถทำได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการวัลคาไนซ์ให้สูงขึ้น สำหรับอุณหภูมิปกติที่ใช้ในการวัลคาไนซ์ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางจะอยู่ที่ประมาณ 100°C ซึ่งที่อุณหภูมินี้อัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างยางกับกำมะถันจะเป็นไปอย่างช้า ๆ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กำมะถันเพียงอย่างเดียวเป็นสารวัลคาไนซ์จะให้สมบัติที่ไม่ดีทั้งในแง่ความแข็งแรงและลักษณะภายนอก ดังนั้นจึงต้องมีการเติมสารเคมีที่เรียกว่า สารตัวเร่งปฏิกิริยา (accelerator) และสารกระตุ้นปฏิกิริยา (activator) เพื่อช่วยแก้ไข ข้อบกพร่อง ต่าง ๆ เหล่านี้