การสังเคราะห์ตัวดูดจับยูเรเนียมโดยการกราฟต์เมทตะคริลิคแอซิด และอะคริโลไนไตรล์ ลงบนเส้นใยพอลิเอทิลีน โดยการฉายลำอิเล็กตรอน

Synthesis of Uranium Adsorbent by Grafting Methacrylic acid and Acrylonitrile onto Polyethylene Fibers Using Electron Beam Irradiation

อัมพิการ์ จาวะนา (Ampika Jawana)[1*] **ดร.ดุลยพงศ์ วงศ์แสวง** (Dr. Doonyapong Wongsawaeng)[**]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อสังเคราะห์ตัวดูดจับยูเรเนียมเอมีดอกซิม การสังเคราะห์ตัวดูดจับยูเนียมทำด้วยวิธี Simultaneous irradiation grafting technique โดยนำเส้นใยพอลิเอทิลีนและสารละลายมอนอเมอร์ที่ประกอบด้วยอะคริโนไนไตรล์ (Acrylonitrile, AN) และ เมทตะคริลิคแอซิด (Methacrylic acid, MAA) มาฉายพร้อมกันด้วยลำอิเล็กตรอนพลังงานสูง เพื่อให้เกิดการกราฟต์หมู่ไซยาโนบนเส้นใยพอลิเอทิลีน จากนั้นเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันหมู่ไซยาโนเป็นหมู่เอมีดอกซิมโดยทำปฏิกริยากับไฮดรอกซิลามีนไฮโดรคลอไรด์ จากการทดลองที่ปริมาณรังสีรวม 250 กิโลเกรย์ (kGy) และพลังงานลำอิเล็กตรอนเท่ากับ 4 MeV ให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์โคพอลิเมอร์สูงที่สุด 60 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิห้องปกติขณะฉายลำอิเล็กตรอนทำให้เกิดการกราฟต์พอลิเมอไรเซชันมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ สัดส่วนของมอนอเมอร์ที่ให้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์มากที่สุดคือ 80/20 (AN/MAA)

ABSTRACT

The study aimed to synthesize the amidoxime uranium adsorbent. Synthesis of the uranium adsorbent was performed by simultaneous irradiation grafting technique. Polyethylene fibers and monomer (acrylonitrile and methacrylic acid) were co-irradiated with high-energy electron beam and the produced cyano group was converted into the amidoxime group by reaction with hydroxylamine hydrochloride. The optimum degree of grafting of 60% was achieved from the total dose of 250 kGy at 4 MeV electron beam energy. Irradiation at room temperature yielded higher degree of graft polymerization than at low temperature. The 80/20 (AN/MAA) monomer ratio resulted in the highest degree of graft polymerization.

คำสำคัญ: ตัวดูดจับยูเรเนียม การกราฟต์พอลิเมอร์ หมู่เอมีดอกซิม

Keywords: Uranium adsorbent, Graft polymerization, Amidoxime group

---

[1] *Correspondent author: kik.amp.227@outlook.com*

[*] *นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

[**] *รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

บทนำ

เนื่องมาจากปัญหาวิกฤตพลังงานไฟฟ้าของไทยในช่วงวันที่ 5–15 เมษายน พ.ศ. 2556 เนื่องมาจากประเทศเมียนมาร์มีการปิดซ่อมแซมและเคลื่อนย้ายฐานขุดเจาะ ทำให้ไม่สามารถส่งก๊าซธรรมชาติได้ประเทศไทยได้ ประเทศไทยพึ่งพาก๊าซธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าในสัดส่วนมากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า และประมาณ 1/3 นำเข้าจากประเทศเมียนมาร์ [1] อาจจะก่อให้เกิดความไม่เสถียรทางด้านพลังงานในอนาคต ดังนั้นควรหาแหล่งพลังงานสำรองหรือเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทางเลือก เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ ถ่านหินสะอาด หรือพลังงานนิวเคลียร์ เป็นต้น ปัจจุบันนี้ทั่วโลกมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่กำลังเดินเครื่องอยู่จำนวน 437 โรง และอยู่ระหว่างการก่อสร้างอีก 71 โรง [2] เชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์คือยูเรเนียม ยูเรเนียมเป็นธาตุที่ปรากฏอยู่ทั่วไปในธรรมชาติไม่ว่าจะเป็นในดิน หิน หรือตามแหล่งน้ำ ไอโซโทปของยูเรเนียมที่พบอยู่ในธรรมชาติมีอยู่ 3 ไอโซโทปหลักด้วยกันได้แก่ ยูเรเนียม-238 ประมาณ 97.27% ยูเรเนียม-235 ประมาณ 0.72% และยูเรเนียม-234 ประมาณ 0.0055% สำหรับยูเรเนียม-235 มักจะถูกนำไปใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เนื่องจากเป็นไอโซโทปที่เกิดฟิชชัน (fission) ได้ง่าย เมื่อถูกระดมยิงด้วยนิวตรอนที่มีพลังงานเหมาะสม ยูเรเนียมจะจับกับนิวตรอนเกิดปฏิกิริยาฟิชชัน ทำให้นิวเคลียสของอะตอมแบ่งออกเป็นสองส่วนและปล่อยพลังงานออกมาในรูปของความร้อน รังสี และนิวตรอนอีก 2–3 ตัว นิวตรอนที่ปล่อยออกมาจะทำปฏิกิริยากับอะตอมอื่นเกิดการแตกตัวอย่างต่อเนื่องเรียกปฏิกิริยานี้ว่าปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) ยูเรเนียมที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้าในปัจจุบันมาจากการทำเหมืองบนดิน นอกจากในดินแล้วยังพบยูเรเนียมละลายอยู่ในน้ำทะเลด้วยเช่นกัน ยูเรเนียมละลายอยู่ในน้ำทะเลอย่างสม่ำเสมอที่ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมยูเรเนียมต่อลูกบาศก์เมตร (mg U/m3) โดยคิดเป็นปริมาณของยูเรเนียมในน้ำทะเลทั้งหมดประมาณ 4.5 พันล้านตัน [3] ซึ่งเป็นปริมาณที่มากกว่ายูเรเนียมในเหมืองบนพื้นดินถึง 1,000 เท่า ในอนาคตหากประเทศส่วนใหญ่หันมาใช้พลังงานนิวเคลียร์มากขึ้นความต้องการเชื้อเพลิงยูเรเนียมก็ต้องเพิ่มมากขึ้นด้วยปริมาณยูเรเนียมที่ได้จากการทำเหมืองยูเรเนียมนั้นคงจะไม่เพียงพอต่อความต้องการ อาจจะก่อให้เกิดความไม่เสถียรทางด้านพลังงานไฟฟ้าได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นหากสามารถนำทรัพยากรยูเรเนียมที่ละลายอยู่ในน้ำทะเลมาใช้ได้จึงนับว่ามีความสำคัญมาก

การกราฟต์โดยรังสี (Radiation grafting) เป็นการใช้รังสีเหนี่ยวนำให้เกิดตำแหน่งที่มีความว่องไวทางเคมี (Active site) บนสายโซ่พอลิเมอร์หลัก ทำให้สามารถนำหมู่ฟังก์ชันที่มีคุณสมบัติต่าง ๆ เชื่อมต่อกับสายโซ่ของพอลิเมอร์สายหลักแบบต่อกิ่ง จากนั้นใช้กระบวนการทางเคมีในการดัดแปลงคุณสมบัติของหมู่ฟังก์ชันให้มีคุณสมบัติเฉพาะเจาะจงกับการใช้งาน [4] กระบวนการกราฟต์โดยรังสีมีอยู่ 3 วิธีการหลัก ๆ วิธีการแรกคือ วิธี Preirradiation technique โดยวิธีนี้จะฉายรังสีพอลิเมอร์ก่อนเพื่อให้เกิดตำแหน่งอนุมูลอิสระบนสายโซ่พอลิเมอร์จากนั้นค่อยทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์เพื่อให้เกิดการต่อกิ่ง วิธีการต่อมาคือ วิธี Peroxidation technique วิธีนี้จะมีความคล้ายคลึงกับวิธี Preirradiation technique โดยจะฉายรังสีพอลิเมอร์ก่อน แต่จะแตกต่างกันที่พอลิเมอร์จะถูกฉายในสภาวะอากาศปกติหรือสภาวะที่มีออกซิเจน เพื่อให้เกิดการสร้าง hydroperoxides หรือ diperoxides ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของพอลิเมอร์แต่ละชนิดและสภาวะในการฉายรังสี จากนั้นจะทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ที่อุณหภูมิสูง และวิธีการสุดท้ายคือ วิธี Simultaneous technique วิธีการนี้พอลิเมอร์และมอนอเมอร์จะถูกฉายรังสีไปพร้อมกัน รังสีจะเหนี่ยวนำให้เกิดตำแหน่งอนุมูลอิสระบนสายโซ่พอลิเมอร์หลักและมอนอเมอร์ทำให้เกิดการต่อกิ่งได้ในขณะฉายรังสี ในการศึกษานี้ได้ใช้วิธีการ Simultaneous technique ใน

ปี ค.ศ. 1987 มีการศึกษาเตรียมเมมเบรนรูพรุนที่มีองค์ประกอบของหมู่เอมีดอกซิม เพื่อใช้ในการดูดจับยูเรเนียมที่ละลายอยู่ในน้ำทะเล [5] ต่อมาในปี ค.ศ. 1995 มีการศึกษาการสังเคราะห์เส้นใยตัวดูดจับที่มีองค์ประกอบของหมู่เอมีดอกซิมจากเส้นใยพอลิโพรไพลีน เพื่อใช้ดูดจับยูเรเนียมที่ละลายอยู่ในน้ำทะเล [6] และนับจากนั้นเป็นต้นมาก็ได้มีการศึกษาวิจัยเรื่อยมา ซึ่งการสังเคราะห์ส่วนมากทำโดยใช้รังสีแกมมา แต่ยังไม่มีรายงานการสังเคราะห์โดยใช้ลำอิเล็กตรอนมาก่อน

ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะสังเคราะห์ตัวดูดจับยูเรเนียมเอมีดอกซิมโดยการกราฟต์เมทตะคริลิคแอซิด (Methacrylic, MAA) และอะคริโลไนไตรล์ (Acrylonitrile, AN) ลงบนเส้นใยพอลิเอทิลีนโดยการฉายลำอิเล็กตรอน

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อสังเคราะห์ตัวดูดจับยูเรเนียมเอมีดอกซิมโดยการกราฟต์เมทตะคริลิคแอซิดและอะคริโลไนไตรล์ลงบนเส้นใยพอลิเอทิลีนโดยการฉายลำอิเล็กตรอน

วิธีการวิจัย

ศึกษาพลังงานลำอิเล็กตรอนและปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการเตรียมตัวดูดจับเอมีดอกซิม

เนื่องจากพลังงานลำอิเล็กตรอนและปริมาณรังสีรวมที่แตกต่างกันมีอำนาจทะลุทะลวงที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจจะส่งผลให้ได้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงศึกษาผลของพลังงานลำอิเล็กตรอน 4, 6 และ 8 MeV ปริมาณรังสีรวม 200, 250 และ 300 kGy ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์โดยนำเส้นใย Low density polyethylene (LDPE) และมอนอเมอร์ที่มีส่วนผสมของ AN และ MAA มาฉายพร้อมกันด้วยลำอิเล็กตรอนพลังงานสูง เมื่อฉายรังสีเสร็จล้างโฮโมพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นด้วย N, N-ไดเมตทิลฟอร์มาไมด์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นล้างเส้นใยด้วยเมทานอลและน้ำกลั่น อบเส้นใยให้แห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำเส้นใยที่อบแห้งแล้วมาชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การกราฟต์โคพอลิเมอร์ จากสมการดังต่อไปนี้ [7]

$$\%\text{Grafting} = \frac{(W_g - W_i)}{W_i} x100$$

โดย

Wg = น้ำหนักเส้นใย LDPE หลังการกราฟต์

Wi = น้ำหนักเส้นใย LDPE ก่อนการกราฟต์

ศึกษาอุณหภูมิขณะฉายรังสีที่เหมาะสมในการเตรียมตัวดูดจับเอมีดอกซิม

โดยศึกษาผลของอุณหภูมิขณะฉายรังสีที่มีต่อเปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์ ศึกษาเปรียบเทียบกันระหว่างอุณหภูมิห้องปกติกับอุณหภูมิต่ำ ในการศึกษาที่อุณหภูมิต่ำขณะฉายรังสี ใส่น้ำแข็งแห้งรอบ ๆภาชนะที่บรรจุเส้นใย LDPE และมอนอเมอร์ จากนั้นฉายด้วยลำอิเล็กตรอนที่พลังงานของอิเล็กตรอน 4, 6 และ 8 MeV ปริมาณรังสีรวม 200, 250 และ 300 kGy เมื่อฉายด้วยลำอิเล็กตอรนเสร็จทำซ้ำขั้นตอนเดียวกับการศึกษาพลังงานลำอิเล็กตรอนและปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการเตรียมตัวดูดจับเอมีดอกซิมที่กล่าวไปข้างต้น

ศึกษาสัดส่วนของมอนอเมอร์สองชนิดที่เหมาะสมในการเตรียมตัวดูดจับเอมีดอกซิม

โดยศึกษาผลของสัดส่วนความเข้มข้นของสารละลายอะคริโลไนไตรล์และเมทตะคริลิคแอซิด (AN/MAA) ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์ เตรียมสารละลายมอนอเมอร์โดยเปลี่ยนแปลงสัดส่วนความเข้มข้นของสารละลาย AN/MAA สัดส่วนเท่ากับ 20/80, 40/60, 60/40 และ 80/20 โดยใช้สารละลายไดเมทิลซัลฟอกไซด์เป็นตัวทำละลายที่ 50 (w/w)% นำเส้นใย LDPE และมอนอเมอร์ที่สัดส่วนความเข้มข้นต่างกันมาฉายพร้อมกันด้วยลำอิเล็กตรอนพลังงาน 4 MeV ที่ปริมาณรังสีรวม

เท่ากับ 250 kGy เมื่อฉายด้วยลำอิเล็กตรอนเสร็จทำซ้ำขั้นตอนเดียวกับการศึกษาพลังงานลำอิเล็กตรอนและปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการเตรียมตัวดูดจับเอมีดอกซิมดังที่กล่าวไปข้างต้น

เปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันไซยาโนเป็นหมู่ฟังก์ชันเอมีดอกซิม โดยทำปฏิกริยากับไฮดรอกซีลลามีนไฮโดรคลอไรด์ จากนั้นล้างเส้นใยด้วยสารละลายผสมระหว่างเมทานอลและน้ำกลั่นในอัตราส่วน 50:50 นำเส้นใยไปแช่ในกรดไฮโดรครอลิกความเข้มข้น 1 โมลาร์ นาน 15 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น อบเส้นใยที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสนาน 48 ชั่วโมง ปรับสภาพ pH เส้นใยให้มีสภาพเป็นด่าง (Alkaline treatment) โดยทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมไฮ ดรอกไซด์

พิสูจน์ลักษณะสมบัติเฉพาะด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscopy (SEM)

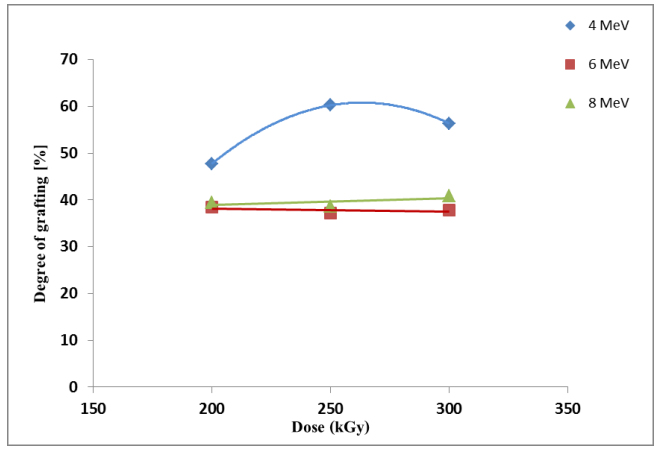
นำเส้นใย LDPE และเส้นใย LDPE ที่ผ่านการกราฟต์ มาส่องดูลักษณะพื้นผิว โดยใช้ขนาดโฟกัสที่ 10 μm กำลังขยาย 750 เท่า

พิสูจน์เอกลักษณ์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

นำเส้นใย LDPE เส้นใย LDPE ที่ผ่านการกราฟต์ และเส้นใยเอมีดอกซิม มาพิสูจน์เอกลักษณ์ของหมู่ฟังก์ชันไซยาโน คาร์บอกซิล และเอมีดอกซิมบนเส้นใย

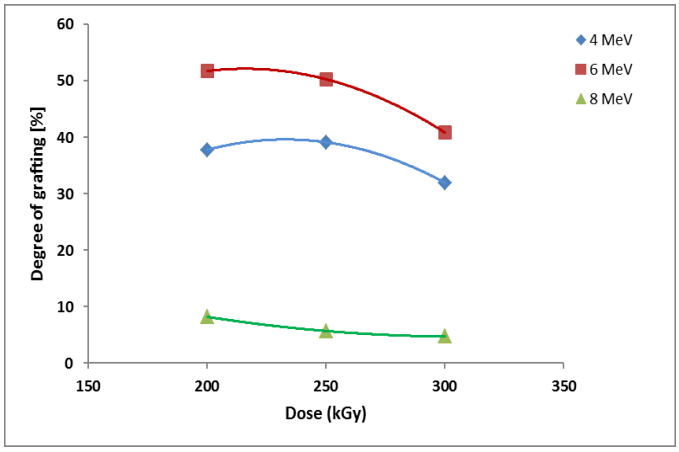
ผลการวิจัย

จากการศึกษาพลังงานลำอิเล็กตรอนและปริมาณรังสีรวมที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์พบว่าที่พลังงานลำอิเล็กตรอน 4 MeV ปริมาณรังสีรวม 200, 250 และ 300 kGy ได้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์เท่ากับ 47.76, 60.23 และ56.35 ตามลำดับ ที่พลังงานลำอิเล็กตรอน 6 MeV ปริมาณรังสีรวม 200, 250 และ 300 kGy ได้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์เท่ากับ 38.52, 37.15 และ 37.85 ตามลำดับ ที่พลังงานลำอิเล็กตรอน 8 MeV ปริมาณรังสีรวม 200, 250 และ 300 kGy ได้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์เท่ากับ 39.43, 38.55 และ 40.89 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 1



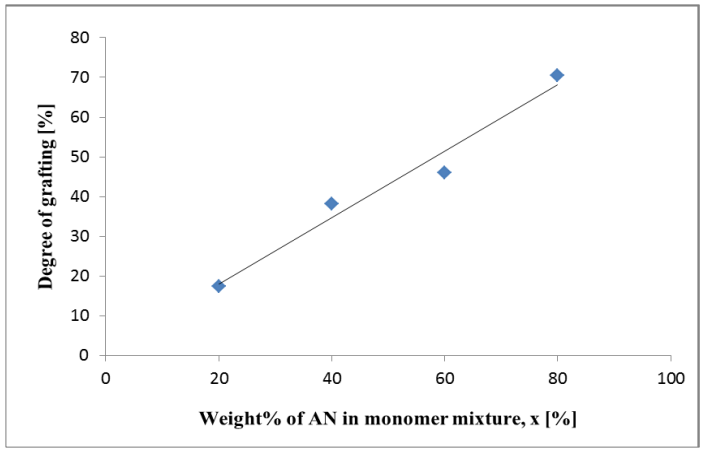
ภาพที่ 1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีรวมที่มีต่อเปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์ที่อุณหภูมิห้องขณะฉายรังสี

ผลของพลังงานลำอิเล็กตรอนและปริมาณรังสีรวมที่อุณหภูมิต่ำขณะฉายรังสีดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่าที่พลังงานลำอิเล็กตรอน 4 MeV ปริมาณรังสีรวม 200, 250 และ 300 kGy ได้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์เท่ากับ 37.76, 39.10 และ 31.96 ตามลำดับ พลังงานลำอิเล็กตรอน 6 MeV ปริมาณรังสีรวม 200, 250 และ 300 kGy ได้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์เท่ากับ 51.72, 50.28 และ 40.85 ตามลำดับ ที่พลังงานลำอิเล็กตรอน 8 MeV ปริมาณรังสีรวม 200, 250 และ 300 kGy ได้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์เท่ากับ 8.17, 5.66 และ 4.68 ตามลำดับ



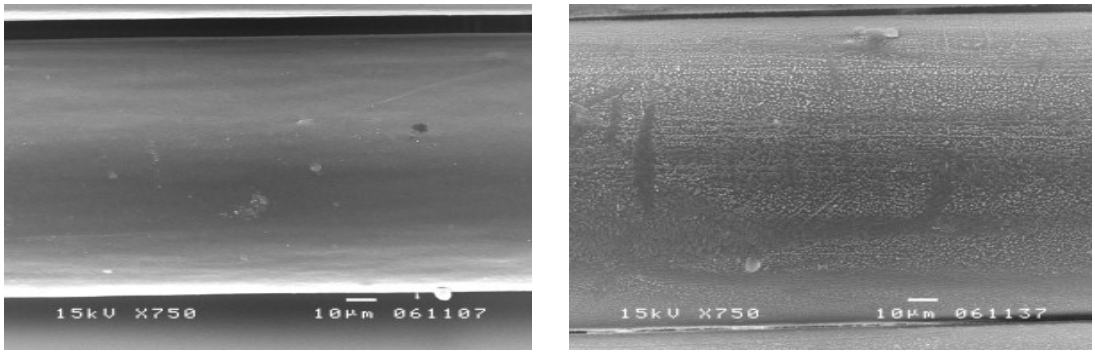
ภาพที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีรวมที่มีต่อเปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์ที่อุณหภูมิต่ำขณะฉายรังสี

ผลการศึกษาสัดส่วนของมอนอเมอร์สองชนิดที่เหมาะสมในการเตรียมตัวดูดจับเอมีดอกซิม ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่าที่สัดส่วน AN/MAA เท่ากับ 20/80, 40/60, 60/40 และ 80/20 ได้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์เท่ากับ 17.34, 38.23, 45.94 และ 70.44 ตามลำดับ



ภาพที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนมอนอเมอร์สองชนิด AN/MAA ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์

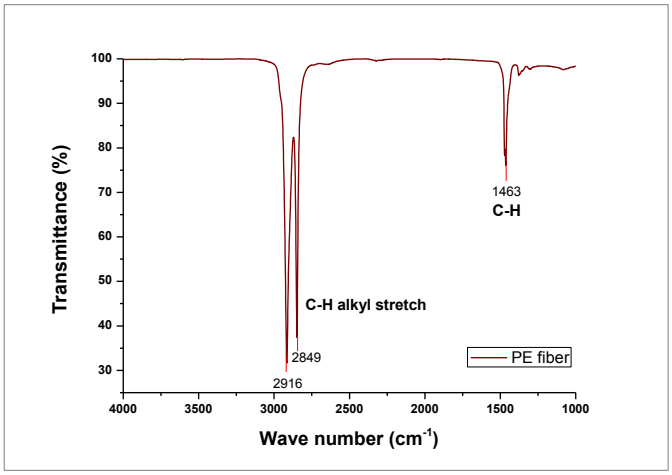
พิสูจน์ลักษณะสมบัติเฉพาะด้วยเทคนิค SEM กำลังขยาย 750 เท่า ที่ขนาดโฟกัส 10 μm พบว่าพื้นผิวของเส้นใย LDPE มีลักษณะราบเรียบดังภาพที่ 4 (1) แต่เส้นใย LDPE ที่ผ่านการกราฟต์มีลักษณะเปลี่ยนไปจากเดิมดังแสดงในภาพที่ 4 (2) มีลักษณะผิวที่ขรุขระต่างไปจากเดิม



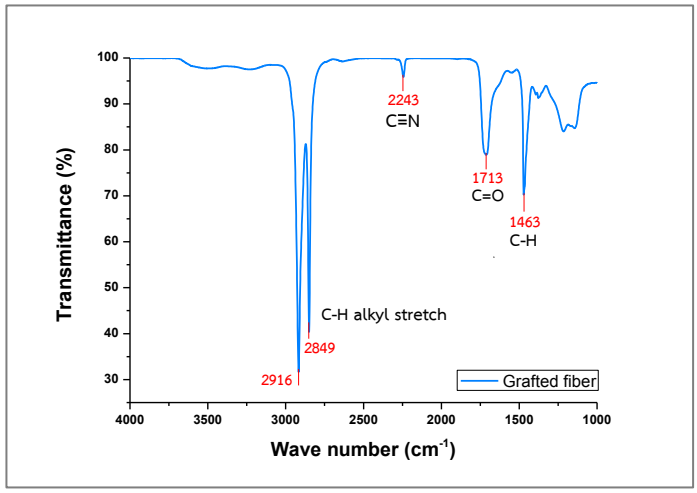
(1) **(2)**

ภาพที่ 4 ผลการพิสูจน์ลักษณะสมบัติเฉพาะด้วย SEM ของเส้นใย LDPE ก่อนการกราฟต์ (1) และเส้นใย LDPE หลัง การกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ 350 kGy (2)

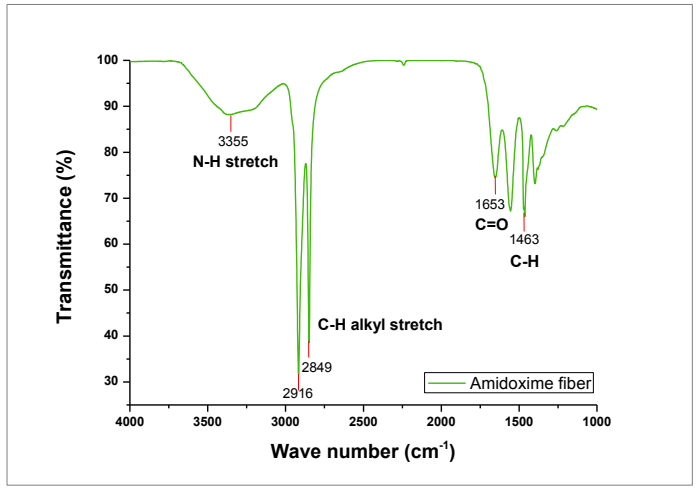
ผลการศึกษาการพิสูจน์เอกลักษณ์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FTIR พบว่ากราฟสเปกตรัมของเส้นใย LDPE ปรากฏแถบดูดกลืน C-H alkyl stretch ของพอลิเอทิลีนที่เลขคลื่น 2849 cm^{-1} และ C-H ที่เลขคลื่น 1473 cm^{-1} ดังแสดงในภาพที่5 กราฟสเปกตรัมของเส้นใย LDPE ที่ผ่านการกราฟต์โคพอลิเมอร์ปรากฏแถบดูดกลืน C-H alkyl stretch และ C-H ที่เลขคลื่นเดิม นอกจากนั้นยังปรากฏพีคของ –C≡N ที่เลขคลื่น 2243 cm^{-1} และแถบดูดกลืนของ –C=O ที่เลขคลื่น 1713 cm^{-1} ดังแสดงในภาพที่ 6 กราฟสเปกตรัมของเส้นใยเอมีดอกซิมปรากฏแถบดูดกลืนของ C-H alkyl stretch และ C-H ที่เลขคลื่นเดิม ปรากฏแถบดูดกลืนของ –C=O ที่เลขคลื่น 1653 cm^{-1} และ ปรากฏแถบดูดกลืน N-H stretch ของหมู่เอมีดอกซิมที่เลขคลื่น 3355 cm^{-1} ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 5 สเปกตรัม FTIR ของเส้นใย LDPE



ภาพที่ 6 สเปกตรัม FTIR ของเส้นใย LDPE หลังการกราฟต์โคพอลิเมอร์



ภาพที่ 7 สเปกตรัม FTIR ของเส้นใยเอมีดอกซิม

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของพลังงานลำอิเล็กตรอนและปริมาณรังสีรวมที่อุณหภูมิห้องขณะฉายรังสี พบว่าพลังงานของลำอิเล็กตรอนที่ 4 MeV ให้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์สูงกว่าที่พลังงาน 6 และ 8 MeV อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ปริมาณรังสีรวมเท่ากับ 250 kGy ให้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์สูงที่สุดเท่ากับ 60% ส่วนที่ลำอิเล็กตรอนพลังงานเท่ากับ 6 และ 8 MeV ปริมาณรังสีรวมช่วง 200 250 และ 300 kGy ให้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์ใกล้เคียงกัน ผลของพลังงานลำอิเล็กตรอนและปริมาณรังสีที่อุณหภูมิต่ำขณะฉายรังสี พบว่าที่พลังงานของอิเล็กตรอน 6 MeV ให้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์สูงที่สุด (แต่ก็ยังน้อยกว่าการฉายรังสีที่อุณหภูมิห้อง) รองลงมาคือที่พลังงาน 4 MeV และ 8 MeV ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณรังสีรวมเพิ่มมากขึ้น

จากผลการศึกษาสัดส่วนของมอนอเมอร์สองชนิดที่เหมาะสมในการเตรียมตัวดูดจับยูเรเนียม พบว่าเมื่อสัดส่วนของมอนอเมอร์ AN/MAA เพิ่มมากขึ้น แนวโน้มของเปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยที่สัดส่วนของมอนอเมอร์ AN/MAA เท่ากับ 80/20 ให้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์สูงที่สุดเท่ากับ 70.44%

จากผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันไซยาโนคาร์บอกซิล และเอมีดอกซิม สำหรับสเปกตรัม FTIR ของเส้นใย LDPE แสดงลักษณะเฉพาะของแถบดูดกลืนของพอลิเอทิลีนที่เลขคลื่น 2849 และ 1473 cm^{-1} แสดงถึง C-H alkyl stretch และ C-H ตามลำดับ โดยคาดหวังว่าจะเห็นทั้งสองแถบดูดกลืนทั้งสองในการทดสอบเส้นใยทั้งสามชนิด แถบดูดกลืนของเส้นใยกราฟต์โคพอลิเมอร์ ปรากฏที่เลขคลื่น 2243 และ 1713 cm^{-1} แสดงถึง C≡N ของ poly (acrylonitrile) และ C=O ของpoly (methacrylic acid) ตามลำดับ หลังจากการเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันเอมีดอกซิมไม่ปรากฏแถบดูดกลืนของ C≡N ที่เลขคลื่น 2243 cm^{-1} แต่ปรากฏแถบดูดกลืน N-H stretch ของหมู่เอมีดอกซิมที่เลขคลื่น 3355 cm^{-1} รวมถึงแถบดูดกลืน C=O ของหมู่เอมีดอกซิมที่เลขคลื่น 1653 cm^{-1} จากผลการศึกษาการถ่ายภาพพื้นผิวเส้นใย LDPE และเส้นใย LDPE ที่ผ่านการกราฟต์ ผลปรากฏว่าเส้นใย LDPE ที่ผ่านการกราฟต์มีลักษณะพื้นผิวที่ขรุขระต่างไปจากเดิม สรุปได้ว่าจากการฉายลำอิเล็กตรอนนั้นทำให้เกิดการกราฟต์โคพอลิเมอร์บนพื้นผิวของเส้นใย LDPE ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นหมู่ฟังก์ชันเอมีดอกซิม ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันสำคัญในการดูดจับยูเรเนียมได้

เอกสารอ้างอิง

1. Exit power crisis in Thailand [internet]. 2015 [cited 2015 Jan 3]. Available from: http://www.dailynews.co.th/article/60854/index.html.
2. Number of nuclear reactors operable and under construction [internet]. 2015 [cited 2015 Jan 3]. Available from: http://www.world-nuclear.org/Nuclear-Basics/Global-number-of-nuclear-reactors.
3. Liu X, Liu H, Ma H, Cao C, Yu M, Wang Z, et al. Adsorption of the uranyl ions on an amidoxime-based polyethylene nonwoven fabrication prepared by preparation-induced emulsion graft polymerization. American Chemical Society. 2012; 51(46): 15089-15095.
4. Choi S, Nho Y. Radiation-induced graft copolymerization of binary monomer mixture containing acrylonitrile onto polyethylene films. Radiation Physics and Chemistry. 2000; 58(2): 157-168.
5. Saito K, Hori T, Furusaki S, Sugo T, Okamoto J. Porous amidoxime-group-containing membrane for the recovery of uranium from seawater. American Chemical Society. 1987; 26(10): 1977-1981.
6. Kabay N, Katakai A, Sugo T. Preparation of amidoxime-fiber adsorbent by radiation-induced grafting. Radiation Physics and Chemistry. 1995; 46(4-6): 833-836.
7. Hykunya S. Development of polyethylene polymer containing amidoxime group to be used for uranium adsorption in fresh water. [A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science Program in Nuclear Technology]. Bangkok: Chulalongkorn University; 2011.