

การเตรียมไฮโดรเจลโดยกระบวนการฉายรังสีแกมมาจากพอลิเมอร์ผสม;
พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ - พอลิไวนิลไพร์โรลิโดน และ
เมทิลไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส - พอลิไวนิลไพร์โรลิโดน
Preparation of hydrogels by gamma irradiation from polymer blends;
Poly (vinyl alcohol) - Poly (vinyl pyrrolidone) and
Methyl Hydroxy Ethyl Cellulose - Poly (vinyl pyrrolidone)

นายกุลเกียรติ โกยอนธรรมกุล และ นายกิตติชิน ปลั่งพงษ์พันธ์

ผศ.ดร.อภิรัตน์ ไทศาลกิตติโชติ

ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Email: fengapl@ku.ac.th

ดร.ปรารภนา คิ้วสุวรรณ

สถานเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

Email: prartanakewsuwan@gmail.com

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการเตรียมไฮโดรเจลจากพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับพอลิไวนิลไพร์โรลิโดน และพอลิเมอร์ผสมระหว่างเมทิลไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสกับพอลิไวนิลไพร์โรลิโดน เพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาดินเค็ม การสังเคราะห์ไฮโดรเจลจากสารละลายพอลิเมอร์จะใช้ปริมาณรังสีแกมมาช่วง 10 ถึง 40 กิโลเกรย์ เพื่อศึกษาความสามารถในการบวมน้ำและความสามารถในการเกิดเป็นเจลของไฮโดรเจล พบว่าความสามารถในการบวมน้ำของไฮโดรเจลมีค่าลดลงเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น และความสามารถในการเกิดเป็นเจลขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารละลายพอลิเมอร์ในไฮโดรเจล ในการประยุกต์ใช้ไฮโดรเจลเพื่อแก้ปัญหาดินเค็มโดยทดสอบจากความสามารถในการกักเก็บและปลดปล่อยสารละลายแคลเซียมไนเตรท พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปไฮโดรเจลมีการปลดปล่อยสารละลายแคลเซียมไนเตรทเพิ่มขึ้นโดยอาศัยหลักการแพร่

คำสำคัญ ไฮโดรเจล, รังสีแกมมา, พอลิเมอร์ผสม, พอลิไวนิลไพร์โรลิโดน, พอลิไวนิลแอลกอฮอล์, เมทิลไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส, ดินเค็ม

Abstract

The present work was aimed to prepare hydrogels from polymer blends between Poly (vinyl alcohol) - Poly (vinyl pyrrolidone) and polymer blends between Methyl Hydroxy Ethyl Cellulose - Poly (vinyl pyrrolidone) by ^{60}Co gamma irradiation. The crosslinking structures in the hydrogels were induced by varying the irradiation doses from 10 to 40 kGy. The hydrogels were characterized by the swelling ratio and the gel fraction. The results showed that the swelling ratio of hydrogels decreases with increasing the irradiation dose while the gel fraction of hydrogels depends on the types and contents of polymers. To apply the hydrogels for solving the problem of the sodic soil, calcium loading and release of hydrogels

were investigated. The results show that the releasing of calcium nitrate increases with increasing time by diffusion law.

Keywords: Hydrogels, Gamma irradiation, Poly (vinyl pyrrolidone), Poly (vinyl alcohol), Methyl Hydroxy Ethyl Cellulose, Sodic soil

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้ภาคเกษตรกรรมของประเทศไทย กำลังประสบปัญหาดินเค็ม โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สังเกตได้จากคราบเกลือสีขาวที่ปรากฏบนพื้นผิวดิน ส่งผลให้พืชที่ปลูกในบริเวณนั้นเจริญเติบโตได้ไม่ดี เนื่องจากเกลือเข้าไปขัดขวางการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช เกษตรกรจึงได้ใช้ยิปซัมเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาดินเค็ม แต่ยิปซัมหรือแคลเซียมซัลเฟตมีค่าการละลายน้ำต่ำ จึงจำเป็นต้องใช้ยิปซัมเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงได้มีการใช้สารเคมีที่สามารถละลายน้ำได้ดีกว่ายิปซัมมาทดแทน เช่น แคลเซียมไนเตรท เมื่อละลายน้ำแล้วจะได้ไอออนของแคลเซียม ซึ่งนอกจากจะไปแทนที่ไอออนของโซเดียมในดินแล้ว แคลเซียมไอออนยังเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชอีกด้วย แต่การใช้แคลเซียมไนเตรทเพียงอย่างเดียวจะไม่เกิดประโยชน์สูงสุดต่อดินและพืชได้มากนัก เนื่องจากแคลเซียมไนเตรทสามารถละลายน้ำได้ดี ทำให้เมื่อเติมลงในดินแล้วจะถูกน้ำชะล้างลงสู่ใต้ดิน ดังนั้น จึงต้องมีการแก้ไขโดยใช้วัสดุที่มีสมบัติการกักเก็บแคลเซียมไนเตรทและค่อยๆปลดปล่อยเมื่อเวลาผ่านไป เพื่อชะลอการสูญเสียแคลเซียมไนเตรท หลังจากเติมลงในดิน

ในงานวิจัยนี้ได้มีแนวคิดในการใช้ไฮโดรเจลที่สังเคราะห์จากการฉายรังสีแกมมาเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ซึ่งเนื่องจากไฮโดรเจลเป็นวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติและมีสมบัติในการบวมน้ำรวมทั้งยังสามารถบรรจุปุ๋ยหรือธาตุที่เป็นประโยชน์ไว้ในโครงสร้างได้ เมื่อนำไฮโดรเจลไปใช้งานจะทำให้ไฮโดรเจลมีการปลดปล่อยธาตุอย่างช้าๆ ร่วมกับการกักเก็บน้ำไว้ เพื่อให้ดินมีความชุ่มชื้นอยู่ตลอดเวลา ซึ่งไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียเมื่อน้ำแคลเซียมไนเตรทไปใช้งาน และเป็นการเพิ่ม

ประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาดินเค็ม รวมถึงลดต้นทุนให้แก่เกษตรกรได้อีกด้วย

2. การดำเนินการวิจัย

2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl) alcohol) AR grade มวลโมเลกุล 145,000 กรัมต่อโมล ผลิตโดยบริษัท MERCK, พอลิไวนิลไพโรลิโดน (Poly(vinyl) pyrrolidone) (AR grade มวลโมเลกุล 40,000 กรัมต่อโมล ผลิตโดยบริษัท MERCK, เมทิลไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (MHEC) (Tylose MH 60001 P6) COM grade ผลิตโดยบริษัท ShinEtsu. แคลเซียมไนเตรทเตตระไฮเดรต ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) มวลโมเลกุล 236.15 กรัมต่อโมล AR grade ผลิตโดยบริษัท QRëC™, เอทานอล (Ethanol) ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) มวลโมเลกุล 46.07 กรัมต่อโมล AR grade ผลิตโดยบริษัท MERCK

2.2 การเตรียมไฮโดรเจลจากสารละลายพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับพอลิไวนิลไพโรลิโดน

ซึ่งผงพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับพอลิไวนิลไพโรลิโดนทั้งหมด 10 กรัม โดยชั่งน้ำหนักให้เป็นไปตามอัตราส่วน ดังแสดงในตารางที่ 1

จากนั้นตวงน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 90 มิลลิลิตร ผสมพอลิเมอร์และน้ำกลั่นลงในบีกเกอร์เดียวกัน ทำการชั่งน้ำหนักของบีกเกอร์ และบันทึกข้อมูล นำบีกเกอร์ไปให้ความร้อนผ่านอ่างน้ำเสตนเลสโดยใช้แท่นให้ความร้อน ใช้แท่งแก้วกวนจนกระทั่งพอลิเมอร์ละลายน้ำจนเป็นเนื้อเดียวกัน บรรจุสารละลายพอลิเมอร์ลงในถุงซิปปะเพื่อใช้ในการฉายรังสีแกมมาที่ความเข้มรังสี 10 ถึง 40 กิโลเกรย์ และนำมาตัดเป็น

ชั้นขนาด 1x1 ตารางเซนติเมตร หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

ตารางที่ 1 สัดส่วนของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับพอลิไวนิลไพโรลิโดน ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	
	พอลิไวนิลแอลกอฮอล์	พอลิไวนิลไพโรลิโดน
1	10	0
2	9	1
3	8	2
4	7	3
5	5	5

ตารางที่ 2 สัดส่วนของเมทิลไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสกับพอลิไวนิลไพโรลิโดน ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	
	เมทิลไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส	พอลิไวนิลไพโรลิโดน
1	13	7
2	14	6
3	15	5
4	16	4
5	17	3

2.3 การเตรียมไฮโดรเจลจากสารละลายพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับพอลิไวนิลไพโรลิโดน

ซึ่งผงเมทิลไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสกับพอลิไวนิลไพโรลิโดนทั้งหมด 20 กรัม โดยชั่งน้ำหนักให้เป็นไปตามอัตราส่วน ดังแสดงในตารางที่ 2 หลังจากนั้นตวงน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร ผสมพอลิเมอร์และน้ำกลั่นลงในบีกเกอร์เดียวกัน ทำการชั่งน้ำหนักของบีกเกอร์ และบันทึกข้อมูล นำบีกเกอร์ไปให้ความร้อนผ่านอ่างน้ำเสตนเลสโดยใช้แท่นให้ความร้อน ใช้แท่งแก้วกวนจนกระทั่งพอลิเมอร์ละลาย

น้ำจนเป็นเนื้อเดียวกัน บรรจุสารละลายพอลิเมอร์ลงในถุงซิปปเพื่อใช้ในการฉายรังสีแกมมาที่ความเข้มข้น 10 ถึง 40 กิโลเกรย์ และนำมาตัดเป็นชั้นขนาด 1x1 ตารางเซนติเมตร หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2.4 การทดสอบสมบัติการเป็นเจลของไฮโดรเจล (Gel fraction)

นำไฮโดรเจลจาก 2.2 และ 2.3 ที่ผ่านการอบแล้ว บรรจุลงในตะแกรงลวด ขนาด 4x4 ตารางเซนติเมตร แล้วชั่งน้ำหนักตะแกรงลวดก่อนบรรจุและหลังบรรจุไฮโดรเจล บันทึกผล (น้ำหนักก่อนต้ม) จากนั้นนำบรรจุชิ้นงานลงขวดที่มีน้ำกลั่น แล้วนำขวดไปต้มในน้ำเดือด 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเทน้ำออกจากขวด แล้วเทเอทานอลใส่ลงไปในที่แช่ไว้ 15 นาที แล้วเทออกจากนั้นนำไฮโดรเจลไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วันและนำมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผล (น้ำหนักหลังต้ม) จากนั้นนำค่าที่วัดได้คำนวณหาค่าความสามารถในการเกิดเป็นเจล ดังสมการที่ 1 โดยที่ W_2 คือ น้ำหนักเจลแห้งหลังต้ม, W_{11} คือ น้ำหนักเจลแห้งก่อนต้ม, W_s คือ น้ำหนักตะแกรงลวด

$$\% \text{Gel fraction} = \frac{W_2 - W_s}{W_{11} - W_s} \times 100 \quad (1)$$

2.5 การทดสอบสมบัติการบวมน้ำของไฮโดรเจล (Gel swelling)

นำไฮโดรเจลที่เตรียมได้ มาชั่งน้ำหนัก บันทึกค่า นำมาใส่ในถ้วยพลาสติก ที่มีน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร และแช่ไฮโดรเจลไว้ในถ้วยพลาสติกเป็นเวลา 3 วัน โดยกำหนดให้นำไฮโดรเจลออกจากถ้วย เพื่อมาชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนไปเมื่อเวลาผ่านไป 1.5, 3, 4.5, 6, 18, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ นำมาชั่งน้ำหนักบันทึกค่าที่ได้ หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาทำการคำนวณหาค่าอัตราส่วนการบวมน้ำดังสมการที่ 2 โดยที่ W_d คือ น้ำหนักเจลแห้ง, W_s คือ น้ำหนักเจลเปียก

$$\% \text{Gel swelling} = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100 \quad (2)$$

2.6 การทดสอบความสามารถในการดูดซับสารละลายแคลเซียมไนเตรท (Calcium uptake)

นำไฮโดรเจลที่ผ่านการอบมาชั่งน้ำหนัก บันทึกค่า (W_{ic}) หลังจากนั้นนำไปแช่ในสารละลายแคลเซียมไนเตรทที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นเทสารละลายแคลเซียมไนเตรทออกและนำไปอบเป็นเวลา 2 วัน นำมาชั่งน้ำหนักแห้ง (W_{ic}) และคำนวณหาสัดส่วนการดูดซับสารละลายแคลเซียมไนเตรทดังสมการที่ 3

$$\% \text{Calcium uptake} = \frac{W_{ic} - W_{ic}}{W_{ic}} \times 100 \quad (3)$$

2.7 การทดสอบความสามารถในการปลดปล่อยสารละลายแคลเซียมไนเตรทในน้ำ (Calcium release)

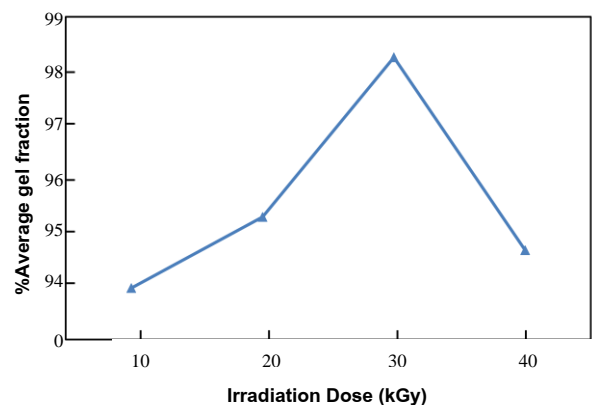
นำชิ้นงานไฮโดรเจลที่ผ่านการอบหลังจากแช่สารละลายแคลเซียมไนเตรทมาแช่ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตรที่บรรจุในถ้วยพลาสติก โดยกำหนดเวลาในการปลดปล่อยที่ 30, 45, 60, 90 และ 120 นาที ตามลำดับ หลังจากนั้นนำน้ำกลั่นที่ผ่านการแช่ไฮโดรเจลในเวลาต่างๆ ไปทำการวัดหาค่าความสามารถในการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV spectrometer ที่ความยาวคลื่นเท่ากับ 301 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าที่ได้มาเทียบกับน้ำหนักแห้งของไฮโดรเจล ซึ่งคำนวณออกมาได้เป็นสัดส่วนการปลดปล่อยสารละลายแคลเซียมไนเตรทต่อหนึ่งกรัมของน้ำหนักแห้งของไฮโดรเจล

3. ผลการดำเนินโครงการและวิจารณ์

3.1 ผลทดสอบสมบัติของไฮโดรเจลจากสารละลายพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และพอลิไวนิลไพโรลิโดน

3.1.1 ผลการทดสอบความสามารถในการเกิดเป็นเจลของไฮโดรเจล

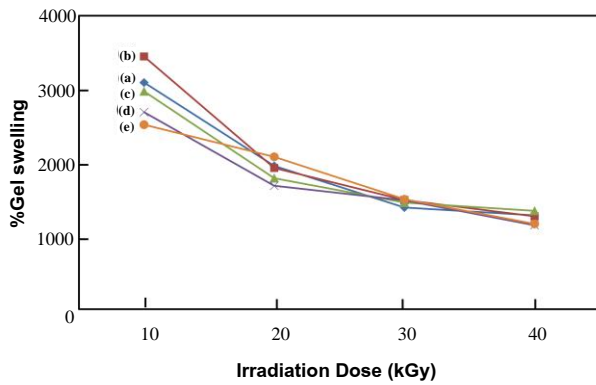
จากผลการทดสอบ เมื่อเพิ่มปริมาณรังสีถึง 30 กิโลเกรย์ ไฮโดรเจลมีความสามารถในการเกิดเป็นเจลสูงที่สุด กล่าวคือ ถ้าปริมาณรังสีต่ำกว่านี้จะทำให้พอลิเมอร์บางส่วนยังไม่เกิดโครงสร้างร่างแหขึ้น และถ้าปริมาณรังสีสูงกว่า 30 กิโลเกรย์จะทำให้พอลิเมอร์บางส่วนเกิดการเสื่อมสภาพเนื่องจากรังสีไปทำลายพันธะในโครงสร้างโมเลกุลของพอลิเมอร์ ดังนั้นปริมาณรังสีที่เหมาะสมต่อการเกิดเป็นเจลของไฮโดรเจล จากสารละลายพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับพอลิไวนิลไพโรลิโดนคือ 30 กิโลเกรย์ ดังภาพที่ 1



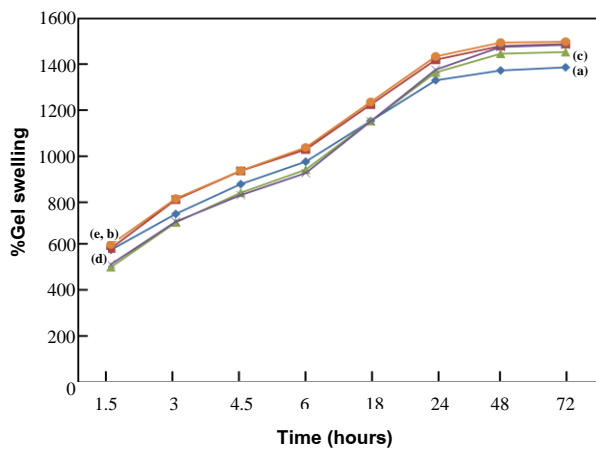
ภาพที่ 1 การเกิดเป็นเจลของ PVP:PVA ไฮโดรเจล โดยเฉลี่ยที่ความเข้มข้นของรังสี 10 – 40 กิโลเกรย์

3.1.2 ผลการทดสอบความสามารถในการบวมน้ำของไฮโดรเจล

จากการทดสอบ พบว่าที่ความเข้มข้นรังสี 30 กิโลเกรย์ มีความสามารถในการเกิดเป็นเจลมากที่สุด จึงได้เลือกไฮโดรเจลที่ปริมาณความเข้มข้นรังสีดังกล่าวมาศึกษาการบวมน้ำที่เวลาต่างๆ เนื่องจากเป็นความสามารถในการเกิดเป็นเจลมากที่สุดทำให้ไฮโดรเจลสามารถคงรูปได้ดีและไม่ละลายไปกับน้ำเมื่อมีการบวมน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่า การบวมน้ำของไฮโดรเจลเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาแช่เพิ่มขึ้น โดยไฮโดรเจลจะบวมน้ำเต็มที่ที่เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 การบวมตัวของ PVP:PVA ไฮโดรเจล
ต่อปริมาณรังสีที่เวลา 72 ชั่วโมง



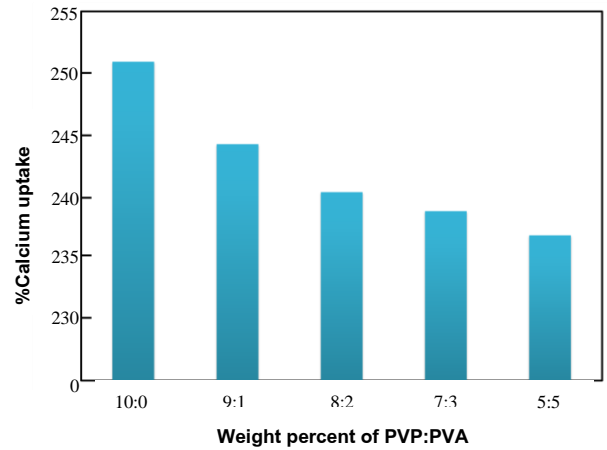
ภาพที่ 3 การบวมตัวของ PVP:PVA ไฮโดรเจล
ที่ปริมาณรังสี 30 กิโลเกรย์ ที่เวลาต่างๆ

- (a) : PVP ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก
- (b) : PVP ร้อยละ 9 ต่อ PVA ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก
- ▲— (c) : PVP ร้อยละ 8 ต่อ PVA ร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก
- ×— (d) : PVP ร้อยละ 7 ต่อ PVA ร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก
- (e) : PVP ร้อยละ 5 ต่อ PVA ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก

3.1.3 ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ของไฮโดรเจล

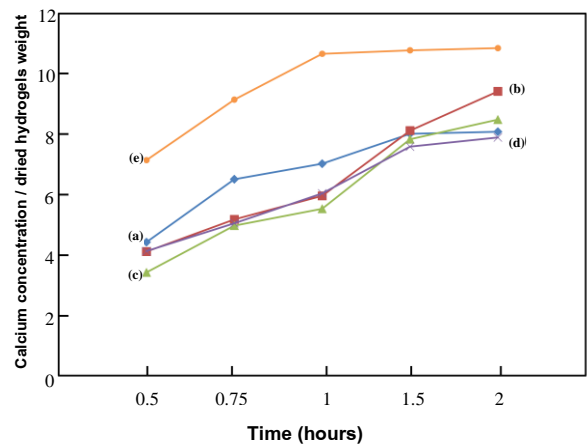
จากผลการทดสอบการดูดซับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์พบว่าไฮโดรเจลที่มีความเข้มข้นของพอลิไวนิลโรลิดอนที่ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักมีความสามารถในการดูดซับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ได้มากที่สุด เนื่องมาจากโครงสร้างของพอลิไวนิลไพโรลิดอนมีช่องว่างให้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์เข้าไปแทรกตัวอยู่ได้มากกว่าโครงสร้างของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ อาจกล่าวได้ว่าเมื่อสัดส่วนของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถใน

การดูดซับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ของไฮโดรเจลมีค่าลดลง เนื่องจากความสามารถการบวมตัวของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์น้อยกว่าพอลิไวนิลไพโรลิดอนดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การดูดซับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ของ PVP:PVA ไฮโดรเจล

3.1.4 ผลการทดสอบความสามารถในการปลดปล่อยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำ



ภาพที่ 5 ความสามารถในการปลดปล่อยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำของ PVP:PVA ไฮโดรเจล

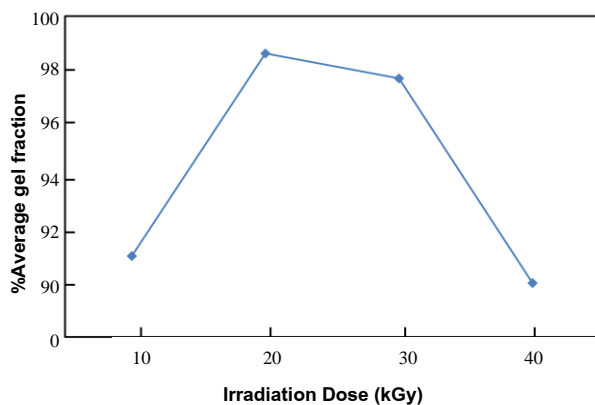
จากภาพที่ 5 แสดงถึงผลของไฮโดรเจลที่ได้รับการบรรจุสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ไว้ในโครงสร้างและแช่ในน้ำเมื่อเวลาผ่านไปพบว่าไฮโดรเจลจะมีความสามารถในการปลดปล่อยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นโดยเกิดการแพร่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียม

ในเตรทมาก ไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นน้อย กล่าวคือ สารละลายแคลเซียมในเตรทจะแพร่จาก ไฮโดรเจลไปสู่หน้านั้นเอง

3.2 ผลทดสอบสมบัติของไฮโดรเจลจาก สารละลายพอลิเมอร์ผสมระหว่างเมทิล-ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสและพอลิไวนิล-ไพโรลิโดน

3.2.1 ผลการทดสอบความสามารถในการเกิด เป็นเจลของไฮโดรเจล

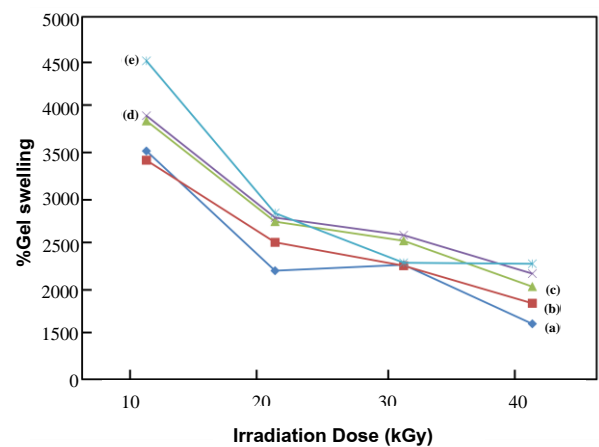
จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณรังสี ถึง 20 กิโลเกรย์ ทำให้ความสามารถในการเกิดเป็น เจลเพิ่มขึ้นและสูงที่สุดที่ความเข้มข้นของรังสี 20 กิโลเกรย์ และเริ่มลดลงเล็กน้อยที่ปริมาณรังสี 30 กิโลเกรย์ และลดลงอย่างมากที่ปริมาณรังสี 40 กิโลเกรย์ เนื่องจากที่ปริมาณรังสีพอลิเมอร์บางส่วนยังไม่เกิดโครงสร้างร่างแห แต่ที่ปริมาณรังสีสูงกว่า 20 กิโลเกรย์ ทำให้พอลิเมอร์บางส่วนเกิดการเสื่อมสภาพ เนื่องจากรังสีลงไปก่อน ดังนั้นปริมาณรังสีที่เหมาะสม ต่อการเกิดเป็นเจลของไฮโดรเจลจากสารละลาย พอลิเมอร์ผสมระหว่างเมทิลไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส กับพอลิไวนิลไพโรลิโดนคือ 20 กิโลเกรย์



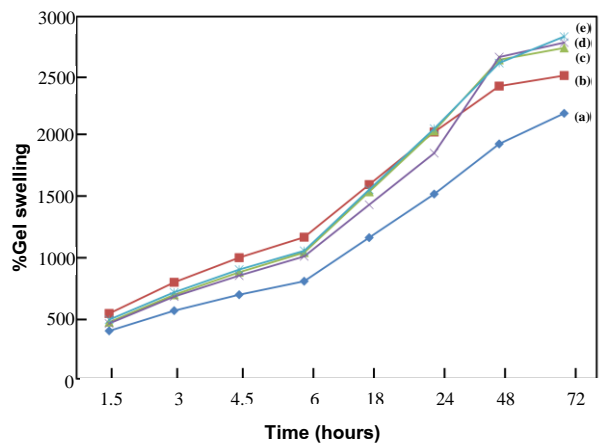
ภาพที่ 6 การเกิดเป็นเจลของ MHEC:PVP ไฮโดรเจล ต่อปริมาณรังสี

3.2.2 ผลการทดสอบความสามารถในการบวมหน้า ของไฮโดรเจล

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ไฮโดรเจลที่มีความเข้มข้น รังสี 20 กิโลเกรย์ มาศึกษาความสามารถในการบวมหน้า ที่เวลาต่างๆกัน เนื่องจากปริมาณรังสีดังกล่าวจะทำให้ ไฮโดรเจลมีความสามารถในการเกิดเป็นเจลมากที่สุด ทำให้ไฮโดรเจลสามารถคงรูปได้ดีและไม่ละลายไปกับ น้ำเมื่อมีการบวมหน้าดังภาพที่ 7 นอกจากนี้ยังพบว่า การบวมหน้าของไฮโดรเจลเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาแช่เพิ่มขึ้น โดยไฮโดรเจลจะบวมหน้าเต็มที่ที่เวลาประมาณ 48 ชั่วโมง ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 7 การเกิดเป็นเจลของ MHEC:PVP ไฮโดรเจล ต่อปริมาณรังสี

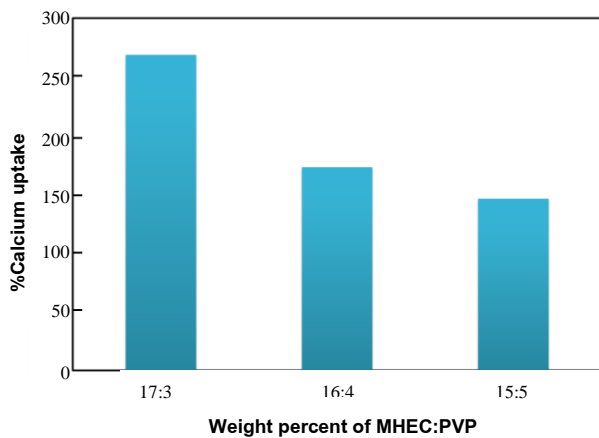


ภาพที่ 8 การบวมหน้าของ MHEC:PVP ไฮโดรเจล ที่ ปริมาณรังสี 20 กิโลเกรย์ ที่เวลาต่างๆ

- ◆ (a) : ไฮโดรเจลที่มีสัดส่วนของ MHEC:PVP เท่ากับ 13:7
- (b) : ไฮโดรเจลที่มีสัดส่วนของ MHEC:PVP เท่ากับ 14:6
- ▲ (c) : ไฮโดรเจลที่มีสัดส่วนของ MHEC:PVP เท่ากับ 15:5
- ✱ (d) : ไฮโดรเจลที่มีสัดส่วนของ MHEC:PVP เท่ากับ 16:4
- ✱ (e) : ไฮโดรเจลที่มีสัดส่วนของ MHEC:PVP เท่ากับ 17:3

3.2.3 ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซับสารละลายแคลเซียมไนเตรทของไฮโดรเจล

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าไฮโดรเจลที่มีสัดส่วน MHEC:PVP เท่ากับ 17:3 จะมีความสามารถในการดูดซับสารละลายแคลเซียมไนเตรทได้มากที่สุด เนื่องจากในโครงสร้างของเมทิลไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสมีช่องว่างให้สารละลายแคลเซียมไนเตรทเข้าไปแทรกตัวอยู่มากกว่าในโครงสร้างของพอลิไวนิลไพโรลิโดน ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนของพอลิไวนิลไพโรลิโดน ความสามารถในการดูดซับสารละลายแคลเซียมไนเตรทของไฮโดรเจลมีค่าลดลงตามลำดับ ดังภาพที่ 9



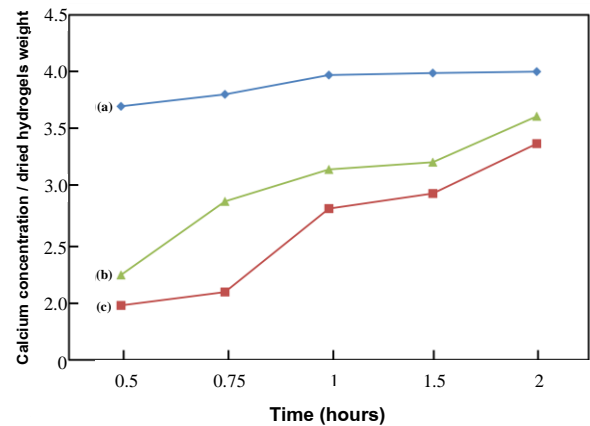
ภาพที่ 9 ผลความสามารถในการดูดซับสารละลายแคลเซียมไนเตรทของ MHEC:PVP ไฮโดรเจล

3. ผลการทดสอบความสามารถในการปลดปล่อยสารละลายแคลเซียมไนเตรทในน้ำ

ไฮโดรเจลที่ได้รับการบรรจุสารละลายแคลเซียมไนเตรทไว้ในโครงสร้างและแช่น้ำนั้นเมื่อเวลาผ่านไปไฮโดรเจลจะมีความสามารถในการปลดปล่อยสารละลายแคลเซียมไนเตรทออกมาได้ โดยจะแพร่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไนเตรทมาก(ไฮโดรเจล) ไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นน้อย(น้ำ)

นอกจากนั้น ไฮโดรเจลที่มีสัดส่วนของ MHEC:PVP เท่ากับ 16:4 และ 15:5 พบว่าจะสามารถปลดปล่อยแคลเซียมไนเตรทได้สูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป

ในขณะที่ไฮโดรเจลที่มีสัดส่วนของ MHEC:PVP เท่ากับ 17:3 มีการปลดปล่อยแคลเซียมไนเตรทอย่างช้า ๆ



ภาพที่ 10 ความสามารถในการปลดปล่อยสารละลายแคลเซียมไนเตรทในน้ำของ MHEC:PVP ไฮโดรเจล

- (a) : ไฮโดรเจลที่มีสัดส่วนของ MHEC:PVP เท่ากับ 17:3
- (b) : ไฮโดรเจลที่มีสัดส่วนของ MHEC:PVP เท่ากับ 16:4
- (c) : ไฮโดรเจลที่มีสัดส่วนของ MHEC:PVP เท่ากับ 15:5

4. สรุปผลการทำดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการทำดำเนินงาน

4.1.1 ความสามารถในการเกิดเป็นเจลของไฮโดรเจล

การเกิดครอสลิงค์ของไฮโดรเจลที่เตรียมจากพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับพอลิไวนิลไพโรลิโดน และไฮโดรเจลที่เตรียมมาจากพอลิเมอร์ผสมระหว่างเมทิลไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสกับพอลิไวนิลไพโรลิโดน นั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างทางเคมีของไฮโดรเจล คือ ที่ปริมาณรังสีต่ำ จะส่งผลให้เกิดการครอสลิงค์ต่ำ และเมื่อปริมาณรังสีสูงขึ้น ไฮโดรเจลจะเกิดการครอสลิงค์สูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณรังสีสูงมากเกินไปจะส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพทางรังสี จึงสรุปได้ว่าปริมาณรังสีที่เหมาะสมกับการเกิดเป็นไฮโดรเจลของ PVP:PVA คือ 30 กิโลเกรย์ และปริมาณรังสีที่เหมาะสมกับการเกิดเป็นไฮโดรเจลของ MHEC:PVP คือ 20 กิโลเกรย์

4.1.2 ความสามารถในการบวมตัวของไฮโดรเจล

การบวมตัวของไฮโดรเจลจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของรังสี และความสามารถในการเกิดเป็นเจล

ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่อความสามารถในการเกิดเป็นเจลเพิ่มขึ้น จะทำให้ความสามารถในการบวมน้ำลดลง และในกรณีที่ไฮโดรเจลเกิดการเสื่อมสภาพ ความสามารถในการบวมน้ำจะลดลงเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ไฮโดรเจลที่มีสัดส่วนของ PVP ร้อยละ 5 ต่อ PVA ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และไฮโดรเจลที่มีสัดส่วนของ MHEC:PVP เท่ากับ 17:3 คืออัตราส่วนไฮโดรเจลเกิดการบวมน้ำดีที่สุด

4.1.3 ความสามารถในการดูดซับสารละลาย แคลเซียมไนเตรทของไฮโดรเจล

การดูดซับสารละลายแคลเซียมไนเตรทของไฮโดรเจล PVP:PVA นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของ PVP โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ PVP จะทำให้ความสามารถในการดูดซับสารละลายแคลเซียมไนเตรทของไฮโดรเจลเพิ่มขึ้น และความสามารถในการดูดซับสารละลายแคลเซียมไนเตรทของไฮโดรเจล PVP:MHEC จะขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของ MHEC โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ MHEC จะทำให้ความสามารถในการดูดซับสารละลายแคลเซียมไนเตรทของไฮโดรเจลเพิ่มขึ้น จึงสรุปได้ว่า ไฮโดรเจลที่มีสัดส่วนของ PVP:PVA เท่ากับร้อยละ 10:0 และไฮโดรเจลที่มีสัดส่วน MHEC:PVP เท่ากับ 17:3 มีความสามารถในการดูดซับสารละลายแคลเซียมไนเตรทได้มากที่สุด

4.1.4 ความสามารถในการปลดปล่อยสารละลาย แคลเซียมไนเตรทในน้ำ

เมื่อเวลาผ่านไปไฮโดรเจลมีความสามารถในการปลดปล่อยสารละลายแคลเซียมไนเตรทออกมาได้ โดยใช้หลักการแพร่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายมากไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายน้อย

4.2 ข้อเสนอแนะ

การทดสอบการปลดปล่อยสารละลายอาจทำได้ โดยการให้น้ำที่แช่มีการผ่านเข้าออกได้ เนื่องจากการ

แพร่ของแคลเซียมไนเตรทอาจเกิดการอิมิตัว ทำให้อัตราการแพร่จากไฮโดรเจลไปสู่ น้ำที่ใช้แช่ลดลง

4. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.อภิรัตน์ ไพศาลกิตติโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.ปรารถนา คิ้วสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อ.พรทิพย์ เล็กพิทยา และ อ.ดร.อมรรัตน์ เลิศวรสิริกุล คณะกรรมการร่วม

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความกรุณาในการใช้ห้องปฏิบัติการ ตลอดจนเครื่องมือที่ใช้ในการสังเคราะห์และทดสอบสมบัติของไฮโดรเจล

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ให้ความกรุณาในการใช้ห้องปฏิบัติการ ตลอดจนเครื่องฉายรังสีแกมมาในการสังเคราะห์ไฮโดรเจล

สุดท้ายนี้หากมีสิ่งขาดตกบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้เขียนใคร่ขออภัยเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริญญานิพนธ์นี้คงมีประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนผู้ที่สนใจ

5. เอกสารอ้างอิง

A.K. Bajpai, S. K. S., Smitha Bhanu, Sanjana Kankane (2008). "Responsive polymers in controlled drug delivery." *Progress in Polymer Science* 33: 1088–1118.

Ajji, Z. (2007). "Grafting of poly(vinyl pyrrolidone) with citric acid using gamma irradiation." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 265: 179–182.

Chien-Chi Lin, A. T. M. (2006). "Hydrogels in controlled release formulations: Network design

and mathematical modeling." *Advanced Drug Delivery Reviews* 58: 1379–1408.

Ghanem, H. L. A. E.-M. S. (2009).

"Biodegradability, antimicrobial activity and properties of PVA/PVP hydrogels prepared by gamma-irradiation." *J Polymer Research* 16: 1–10.

H. Foroutan, M. K., M. Rabbani (2007).

"Investigation of synthesis of PVP hydrogel by irradiation." *Iran. J. Radiation Research* 5(3): 131-136.

L.F. Miranda, A. B. L., L.D.B. Machado, L.V.

Ramanathan (1999). "Crosslinking and degradation of PVP hydrogels as a function of dose and PVP concentration." *Radiation Physics and Chemistry* 55: 709-712.

Loo-Teck Ng, J. A. (2010). "Ameliorating soil sodicity using calcium salt incorporated hydrogels." *Advanced Materials Research* 93 - 94: 350-353.

Min Wang, L. X., Hui Hu, Maolin Zhai, Jing Peng, Youngchang Nho, Jiuqiang Li, Genshuan Wei (2007). "Radiation synthesis of PVP/CMC hydrogels as wound dressing." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B(265)*: 385–389.

Rosiak, J. M. (1999). "Synthesis of hydrogels by irradiation of polymers in aqueous solution." *Radiation Physics and Chemistry* 55: 139-151.

Schacht, E. H. (2004). "Polymer chemistry and hydrogel systems." *Journal of Physics: Conference Series* 3: 22–28.