

แนวทางใหม่ในการลดความหนืดของน้ำมันพืชบางชนิดและน้ำมันหมู่นำมาใช้  
และคาร์บอนเตตราคลอไรด์เป็นตัวทำละลายขณะฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60



นางสาวชนิศ พรนำพา

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต


สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A NOVEL APPROACH TO REDUCE VISCOSITY OF CERTAIN VEGETABLE OIL  
AND LARD USING WATER AND CARBON TETRACHLORIDE AS SOLVENTS DURING  
GAMMA-RAY IRRADIATION FROM COBALT-60



Miss Chanis Pornnumpa

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Nuclear Technology

Department of Nuclear Technology

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

แนวทางใหม่ในการลดความหนืดของน้ำมันพืชบางชนิด  
และน้ำมันหมูโดยใช้น้ำและคาร์บอนเตตราคลอไรด์เป็น  
ตัวทำละลายขณะฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60

โดย

นางสาวชนิศ พรนำพา

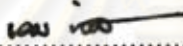
สาขาวิชา

นิเวศลิยร์เทคโนโลยี

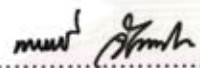
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก


ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดุลยพงศ์ วงศ์แสง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


  
..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศนिरุญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันท์นา)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดุลยพงศ์ วงศ์แสง)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์)

  
..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ดร. อูธีร อัครโคสิต)

ชนิด พรหมพา :แนวทางใหม่ในการลดความหนืดของน้ำมันพืชบางชนิดและน้ำมันหมูโดยใช้น้ำและคาร์บอนเตตราคลอไรด์เป็นตัวทำละลายขณะฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 (A NOVEL APPROACH TO REDUCE VISCOSITY OF CERTAIN VEGETABLE OIL AND LARD USING WATER AND CARBON TETRACHLORIDE AS SOLVENTS DURING GAMMA-RAY IRRADIATION FROM COBALT-60) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดุลยพงศ์ วงศ์แสง, 82 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาหาแนวทางใหม่ในการลดความหนืดของน้ำมันพืชบางชนิดและน้ำมันหมูโดยใช้น้ำและคาร์บอนเตตราคลอไรด์เป็นตัวทำละลายขณะฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา มีด้วยกัน 5 ปัจจัยดังนี้ ปัจจัยที่ 1 คือชนิดของน้ำมัน ได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าวผ่านกรรมวิธี และ น้ำมันหมู ปัจจัยที่ 2 คือตัวทำละลาย ได้แก่ น้ำ และ คาร์บอนเตตราคลอไรด์ ปัจจัยที่ 3 คืออัตราส่วนในการผสม (ตัวทำละลาย : น้ำมันตัวอย่าง) ที่ 1:3, 1:1, 3:1 ปัจจัยที่ 4 คือความแรงของรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 ที่ 0.1, 0.5 และ 1 kGy ปัจจัยที่ 5 คือการใส่และไม่ใส่ผงโลหะอะตอมสูง ทั้ง 3 ชนิด คือ นิกเกิล (Ni), สังกะสี (Zn) และ ทังสเตน (W) และวิเคราะห์ความหนืดตามมาตรฐาน ASTM D445

ผลการวิจัยพบว่าการฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 โดยทำการควบคุมปัจจัยทั้งหมดพบว่า 4 ปัจจัยแรกมีผลในการลดความหนืดของน้ำมันอย่างถาวร โดยอัตราส่วนและปริมาณรังสีที่ดีที่สุดสำหรับน้ำมันแต่ละชนิดคือ สำหรับน้ำมันปาล์ม  $\text{CCl}_4$  : Oil ที่ 1:1 และที่ปริมาณรังสี 0.1 kGy มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดเท่ากับ 25.27% ได้ค่าความหนืด 30.16 cSt สำหรับน้ำมันมะพร้าว  $\text{CCl}_4$  : Oil ที่ 1:1 และที่ปริมาณรังสี 0.5 kGy มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดเท่ากับ 50.95% ได้ค่าความหนืด 14.73 cSt สำหรับน้ำมันหมู  $\text{CCl}_4$  : Oil ที่ 3:1 และที่ปริมาณรังสี 0.1 kGy มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดเท่ากับ 14.59% ได้ค่าความหนืด 33.13 cSt พบว่าปัจจัยที่ 5 คือการใส่ผงโลหะทั้ง 3 ชนิดร่วมกับใช้น้ำเป็นตัวทำละลายระหว่างการฉายรังสี ไม่มีผลต่อการลดลงของค่าความหนืด

ภาควิชา...นิวเคลียร์เทคโนโลยี.....ลายมือชื่อนิสิต.....*พิศ พรหมพา*.....  
 สาขาวิชา...นิวเคลียร์เทคโนโลยี.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....*๖๖๗*.....  
 ปีการศึกษา.....2553.....

## 5170276921 : MAJOR NUCLER TEACHNOLOGY

KEYWORDS : GAMMA RAY, COBALT-60, VISCOSITY REDUCTION, BIODIESEL, PALM OIL, COCONUT OIL, LARD

CHANIS PORNNUMPA : A NOVEL APPROACH TO REDUCE VISCOSITY OF CERTAIN VEGETABLE OIL AND LARD USING WATER AND CARBON TETRACHOLRIDE AS SOLVENTS DURING GAMMA-RAY IRRADIATION FROM COBALT-60. THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF. DOONYAPONG WONGSAWAENG, Ph.D., 82 pp.

This research work studied a novel approach to reduce viscosity of certain vegetable oil and lard using water and carbon tetrachloride as solvents during gamma irradiation from cobalt-60. Five parameters were studied. The first was oil types, which were palm oil, processed coconut oil and lard. The second was solvents, which were water and carbon tetrachloride. The third was ratios between oil and solvent as 1:3, 1:1 and 3:1. The forth was gamma ray doses from cobalt-60 of 0.1, 0.5 and 1 kGy. The fifth was addition of metal powders with high atomic numbers, which were nickel (Ni), zinc (Zn) and tungsten (W). Viscosity analysis was done according to ASTM D445 standard.

Results indicated that for gamma irradiation from cobalt-60 with all the factors controlled, the first 4 factors resulted in permanent viscosity reduction. The ratio and the most suitable dose for each oil type were: for palm oil, CCl<sub>4</sub>: Oil at 1:1 and 0.1 kGy dose yielded the viscosity reduction of 25.27% or a viscosity of 30.16 cSt; for coconut oil, CCl<sub>4</sub>: Oil at 1:1 and 0.5 kGy dose yielded the viscosity reduction of 50.95% or a viscosity of 14.73 cSt; for lard, CCl<sub>4</sub>: Oil at 3:1 and 0.1 kGy dose yielded the viscosity reduction of 14.59% or a viscosity of 33.13 cSt. It was found that, for the fifth factor, addition of all three types of metal powders with water as solvent during irradiation had no effect on viscosity reduction.

Department : .....Nuclear Technology.....

Student's Signature Chanis Pornnumpa

Field of Study : ..Nuclear Technology.....

Advisor's Signature Dy S.

Academic Year : ..2010.....

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือของ ผศ. ดร. ดุจดวงศ์ วงศ์แสง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งได้ตรวจทาน แก้ไขต้นฉบับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีทุกท่าน

ขอขอบคุณ ทุนสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน โครงการสนับสนุนทุนวิจัยแก่นักศึกษาระดับอุดมศึกษา แผนเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน กระทรวงพลังงาน และทุนสนับสนุนสำหรับนิสิตครั้งที่ 1 ปีงบประมาณ 2554 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับความอนุเคราะห์เครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 และอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีชนิด Opti-chromic detector และ Red perspex เพื่อใช้ในการวิจัย รวมถึงเจ้าหน้าที่ที่คอยให้ความรู้ และช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือต่างๆ

ขอขอบคุณ ฝ่ายควบคุมคุณภาพน้ำมัน บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) สำหรับความอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องมือวัดความหนืดแบบอัตโนมัติ (CANNON VISCOSITY METER MODEL: CAV-2000) เพื่อวิเคราะห์ผลในงานวิจัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา และมารดา ที่คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆด้านด้วยความรักและห่วงใยจนทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงด้วยดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฉุ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการทำวิจัย.....	3
1.4 วิธีการดำเนินงาน.....	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	4
1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2 ทฤษฎี.....	7
2.1 ไบโอดีเซล.....	7
2.1.1 ประเภทของไบโอดีเซล.....	7
2.1.2 คุณสมบัติของไบโอดีเซล.....	8
2.1.3 ข้อมูลการใช้ไบโอดีเซล.....	9
2.1.4 ข้อดีข้อเสีย และเศรษฐกิจน้ำมัน.....	12
2.2 ส่วนประกอบและโครงสร้างของน้ำมัน.....	13
2.2.1 เอซิดกลีเซอรอล.....	13
2.2.2 ประเภทของลิพิด.....	14
2.3 ส่วนประกอบและโครงสร้างของตัวทำละลาย.....	16
2.3.1 น้ำ.....	16

	หน้า
2.3.2	คาร์บอนเตตราคลอไรด์.....17
2.4	โลหะเลขอะตอมสูง.....18
2.4.1	ทังสแตน.....18
2.4.2	สังกะสี.....20
2.4.3	นิกเกิล.....21
2.5	โคบอลต์-60.....23
2.6	หลักการลดความหนืดของน้ำมัน.....24
2.6.1	การเชื่อมโยงของพอลิเมอร์.....25
2.6.2	ทฤษฎีการเกิดอันตรกิริยาของรังสีกับสสาร.....26
2.7	เครื่องมือวัดความหนืด.....27
2.7.1	เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความหนืด.....27
3	วิธีการดำเนินการวิจัย.....31
3.1	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....31
3.1.1	เครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60.....31
3.1.2	เครื่องวัดความหนืด.....37
3.2	การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล.....39
3.2.1	จัดเตรียมเครื่องมือที่ใช้ร่วมในการวิจัยและอุปกรณ์ต่างๆ.....40
3.2.2	ทดสอบคุณสมบัติและความเข้ากันของตัวทำละลายกับน้ำมันชนิดต่างๆ...43
3.2.3	ทดสอบนัยสำคัญของแหล่งผลิตน้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์.....47
3.2.4	สรุปตัวแปรที่จะทำการศึกษา.....48
3.2.5	วิธีการดำเนินการฉายรังสี.....49
3.3	การวิเคราะห์ข้อมูล.....50
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....52
4.1	ผลการลดลงของค่าความหนืดน้ำมันตัวอย่างโดยการฉายรังสีแกมมา จากโคบอลต์-60.....52
5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....69



	หน้า
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	69
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	72
รายการอ้างอิง.....	80
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	82



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	รายละเอียดแนบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะ และคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน พ.ศ.2550.....	10
ตารางที่ 2.2	องค์ประกอบกรดไขมันในไขมันแหล่งต่างๆ ทั้งจากพืชและสัตว์.....	15
ตารางที่ 2.3	คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำ.....	17
ตารางที่ 2.4	คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของคาร์บอนเตตราคลอไรด์.....	18
ตารางที่ 2.5	ลักษณะทั่วไปและคุณสมบัติของทั้งสเดน.....	19
ตารางที่ 2.6	ลักษณะทั่วไปและคุณสมบัติของสังกะสี.....	21
ตารางที่ 2.7	ลักษณะทั่วไปและคุณสมบัติของนิกเกิล.....	22
ตารางที่ 2.8	ลักษณะทั่วไปและคุณสมบัติของโคบอลต์.....	23
ตารางที่ 2.9	คุณสมบัติทั่วไปและข้อมูลนิวไคลด์ของโคบอลต์-60.....	24
ตารางที่ 3.1	ค่าปริมาณรังสีของอุปกรณ์ตรวจวัด Opti-Chromic Detector ของเพลทที่ 2.....	34
ตารางที่ 3.2	ค่าปริมาณรังสีของอุปกรณ์ตรวจวัด Opti-Chromic Detector ของเพลทที่ 4.....	35
ตารางที่ 3.3	ค่าความหนืดที่ได้ของน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าวหลังผ่านการฉายรังสี.....	45
ตารางที่ 3.4	ค่าความหนืดของน้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการฉายรังสีและไม่ฉายรังสีโดยไม่ผสมกับตัวทำละลาย.....	46
ตารางที่ 3.5	ค่าความหนืดที่วัดได้ของน้ำมันมะพร้าวหลังผ่านการฉายรังสีในช่วง 1-10 kGy...	46
ตารางที่ 3.6	นัยสำคัญจากแหล่งผลิตน้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์ต่อค่าความหนืดเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน.....	47
ตารางที่ 3.7	เวลาในการฉายรังสีของปริมาณรังสีทั้ง 3 ค่า.....	49
ตารางที่ 3.8	รหัสตัวอย่างในการฉายรังสี.....	49
ตารางที่ 3.9	รหัสของตัวอย่างที่ใส่ผงโลหะเลขอะตอมสูง.....	50
ตารางที่ 4.1	ค่าความหนืดของน้ำมันตัวอย่างทั้งก่อนและหลังการฉายรังสีจากโคบอลต์-60 โดยมีตัวแปรคือ ปริมาณรังสีที่ใช้.....	52

ตารางที่ 4.2	ค่าความหนืดและเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันปาล์มหลัง ฉายรังสีเมื่อเทียบกับน้ำมันปาล์มก่อนฉายรังสี.....	54
ตารางที่ 4.3	ค่าความหนืดและเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าว หลังฉายรังสีเมื่อเทียบกับน้ำมันมะพร้าวก่อนฉายรังสี.....	55
ตารางที่ 4.4	ค่าความหนืดและเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันหมูหลัง ฉายรังสีเมื่อเทียบกับน้ำมันหมูก่อนฉายรังสี.....	56
ตารางที่ 4.5	ค่าความหนืดและเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันปาล์ม ที่ผสมตัวทำละลายหลังฉายรังสีเมื่อเทียบกับน้ำมันปาล์มที่ไม่ผสม ตัวทำละลายหลังฉายรังสี.....	59
ตารางที่ 4.6	ค่าความหนืดและเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าว ที่ผสมตัวทำละลายหลังฉายรังสีเมื่อเทียบกับน้ำมันมะพร้าวที่ไม่ผสม ตัวทำละลายหลังฉายรังสี.....	60
ตารางที่ 4.7	ค่าความหนืดและเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันหมูที่ ผสมตัวทำละลายหลังฉายรังสีเมื่อเทียบกับน้ำมันหมูที่ไม่ผสมตัวทำละลาย หลังฉายรังสี.....	61
ตารางที่ 4.8	ค่าการลดลงของความหนืดของน้ำมันตัวอย่างหลังผ่านการฉายรังสีที่ ใส่ผงโลหะเทียบกับน้ำมันตัวอย่างก่อนฉายรังสี.....	64
ตารางที่ 4.9	ค่าการลดลงของความหนืดของน้ำมันตัวอย่างหลังผ่านการฉายรังสีที่ ใส่ผงโลหะเทียบกับน้ำมันตัวอย่างที่ไม่ผสมผงโลหะและตัวทำละลายหลัง ผ่านการฉายรังสีในปริมาณรังสีเดียวกัน.....	65
ตารางที่ 4.10	ค่าการลดลงของความหนืดของน้ำมันตัวอย่างหลังผ่านการฉายรังสีที่ ใส่ผงโลหะเทียบกับน้ำมันตัวอย่างที่ผสมตัวทำละลายหลังผ่านการฉาย รังสีในปริมาณรังสีเดียวกัน.....	67

## สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 กระบวนการ Dehydration.....	13
รูปที่ 2.2 Monoacylglycerol.....	14
รูปที่ 2.3 Triacylglycerol.....	14
รูปที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของน้ำ.....	16
รูปที่ 2.5 โครงสร้างโมเลกุลของคาร์บอนเตตระคลอไรด์.....	17
รูปที่ 2.6 (ก.) สินแร่วูลแฟรมไมต์ (wolframite).....	19
(ข.) สินแร่ซีไรต์ (scheelite).....	19
รูปที่ 2.7 โลหะทังสเตน.....	19
รูปที่ 2.8 โลหะสังกะสี.....	20
รูปที่ 2.9 โลหะนิกเกิล.....	22
รูปที่ 2.10 โคบอลต์-60.....	23
รูปที่ 2.11 สมการการเกิด Crosslink ของ Polymer.....	25
รูปที่ 2.12 Photoelectric effect.....	26
รูปที่ 2.13 Compton scattering.....	27
รูปที่ 2.14 Pair Production.....	27
รูปที่ 3.1 เครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 ที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.....	32
รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการวางของบีกเกอร์ตัวอย่าง.....	32
รูปที่ 3.3 อุปกรณ์วัดปริมาณรังสีแบบ Opti-Chromic Detector.....	33
รูปที่ 3.4 ตำแหน่งของ Opti-Chromic Detector ที่ติดบนตัวอย่าง.....	33
รูปที่ 3.5 เครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 Gammacell 220 excel.....	36
รูปที่ 3.6 ซือบริษัทผู้ผลิตและรุ่นของเครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 ที่ใช้ในงานวิจัย.....	36

รูปที่ 3.7	ห้องบรรจุตัวอย่างของเครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 Gammacell 220 excel...	37
รูปที่ 3.8	เครื่องวัดความหนืดแบบอัตโนมัติ CANNON VISCOSITY METER รุ่น CAV-2000.....	37
รูปที่ 3.9	ชื่อบริษัทผู้ผลิตและรุ่นเครื่องวัดความหนืดแบบอัตโนมัติที่ใช้ในงานวิจัย.....	38
รูปที่ 3.10	การเตรียมน้ำมันตัวอย่างสำหรับเครื่องวัดความหนืดแบบอัตโนมัติ CANNON VISCOSITY METER.....	38
รูปที่ 3.11	เครื่องชั่งสาร.....	40
รูปที่ 3.12	เครื่องกวนสารแบบให้ความร้อน (Hot Plate Stirrer/Magnetic Stirrer).....	40
รูปที่ 3.13	น้ำมันปาล์มโอเลอิน (R.B.D. Palm Olein).....	41
รูปที่ 3.14	น้ำมันมะพร้าวผ่านกรรมวิธี (Refined Coconut Oil) ตราดอกไม้.....	41
รูปที่ 3.15	น้ำมันหมู (Lard) แผงที่ 73-74 ตลาดมหาสิน กรุงเทพฯ.....	42
รูปที่ 3.16	ตัวทำละลายที่ใช้ คาร์บอนเตตราคลอไรด์ และน้ำบริสุทธิ์ที่ผ่านการกรองแล้ว.....	42
รูปที่ 3.17	ผงโลหะเลขอะตอมสูง สังกะสี (Zn) ทังสแตน (W) และ นิกเกิล (Ni).....	43
รูปที่ 3.18	ตัวอย่างการผสมน้ำมันตัวอย่างกับคาร์บอนเตตราคลอไรด์ในอัตราส่วน 1:1.....	44
รูปที่ 3.19	ตัวอย่างการผสมน้ำมันตัวอย่างกับน้ำในอัตราส่วน 1:1.....	44
รูปที่ 3.20	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความหนืดและปริมาณรังสี.....	47
รูปที่ 4.1	กราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดน้ำมันตัวอย่างโดยมี ตัวแปรคือปริมาณรังสี.....	53
รูปที่ 4.2	กราฟแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันปาล์ม หลังผ่านการฉายรังสีกับน้ำมันปาล์มก่อนฉายรังสี.....	57
รูปที่ 4.3	กราฟแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าว หลังผ่านการฉายรังสีกับน้ำมันมะพร้าวก่อนฉายรังสี.....	57
รูปที่ 4.4	กราฟแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันหมู หลังผ่านการฉายรังสีกับน้ำมันหมูก่อนฉายรังสี.....	58
รูปที่ 4.5	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันปาล์มที่ผสมตัวทำละลาย หลังฉายรังสีเมื่อเทียบกับน้ำมันปาล์มที่ไม่ผสมตัวทำละลายหลังฉายรังสี.....	62

รูปที่ 4.6	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าวที่ผสมตัวทำละลายหลังฉายรังสีเมื่อเทียบกับน้ำมันมะพร้าวที่ไม่ผสมตัวทำละลายหลังฉายรังสี.....	62
รูปที่ 4.7	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันหมูที่ผสมตัวทำละลายหลังฉายรังสีเมื่อเทียบกับน้ำมันหมูที่ไม่ผสมตัวทำละลายหลังฉายรังสี.....	63
รูปที่ 4.8	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืดของน้ำมันตัวอย่างหลังการฉายรังสีที่ใส่ผงโลหะเทียบกับน้ำมันตัวอย่างก่อนฉายรังสี.....	64
รูปที่ 4.9	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืดของน้ำมันตัวอย่างหลังผ่านการฉายรังสีที่ใส่ผงโลหะเทียบกับน้ำมันตัวอย่างที่ไม่ผสมผงโลหะและตัวทำละลายหลังผ่านการฉายรังสีในปริมาณรังสีเดียวกัน.....	66
รูปที่ 4.10	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืดของน้ำมันตัวอย่างหลังผ่านการฉายรังสีที่ใส่ผงโลหะเทียบกับน้ำมันตัวอย่างที่ผสมตัวทำละลายหลังผ่านการฉายรังสีในปริมาณรังสีเดียวกัน.....	68
รูปที่ 5.1	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืดของน้ำมันตัวอย่างทั้ง 3 ชนิดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย.....	70
รูปที่ 5.2	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืดของน้ำมันตัวอย่างทั้ง 3 ชนิดโดยใช้คาร์บอนเตตราคลอไรด์เป็นตัวทำละลาย.....	71

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากสถานการณ์ราคาของน้ำมันสำเร็จรูป (อาทิ น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล ฯลฯ) มีการผันผวนสูงและปัจจุบันราคาน้ำมันสำเร็จรูปได้มีการทรงตัวอยู่ในระดับสูง และมีแนวโน้มว่าจะอยู่ในระดับสูงต่อไป ซึ่งประเทศไทยได้มีการนำเข้าน้ำมันสำเร็จรูปเท่ากับ 681 กิโลบาร์เรลต่อวัน แบ่งเป็นอัตราส่วนการนำเข้าน้ำมันดีเซลเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2547 ถึงปี 2551 เท่ากับ 327.4 กิโลบาร์เรลต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 48 ของน้ำมันสำเร็จรูปทั้งหมด

ในปี 2551 น้ำมันดีเซลมีปริมาณการใช้รวม 48.2 ล้านลิตรต่อวัน ลดลงร้อยละ 5.8 โดยในช่วงครึ่งปีแรกการใช้ลดลงร้อยละ 2.6 และในช่วงครึ่งปีหลังลดลงร้อยละ 9.1 เนื่องจากราคาน้ำมันดีเซลปรับตัวสูงขึ้นตั้งแต่ต้นปีที่ผ่านมา จากระดับ 29.43 บาทต่อลิตรในเดือนมกราคม 2551 และเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนสูงสุดอยู่ที่เดือนกรกฎาคมที่ระดับ 42.57 บาทต่อลิตร ปริมาณการใช้ดีเซลจึงลดลงมากที่สุดในเดือนนี้ อยู่ที่ 40.2 ล้านลิตรต่อวัน จากนั้นราคาขายปลีกน้ำมันดีเซลได้เริ่มปรับตัวลดลงเนื่องจากการลดภาษีสรรพสามิต และการชะลอตัวของเศรษฐกิจโลก อย่างไรก็ตามภาพรวมทั้งปีราคายังคงทรงตัวอยู่ในระดับสูง จึงทำให้ปริมาณการใช้ของทั้งปีลดลง ในปัจจุบันกระทรวงพลังงานกำหนดให้น้ำมันดีเซลหมุนเร็วต้องผสมไบโอดีเซลร้อยละ 2 (B2) โดยปริมาตร ซึ่งมีผลบังคับใช้แล้วตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2551 เป็นต้นมา ทั้งนี้ในส่วนของไบโอดีเซล (B5) ได้มีปริมาณการจำหน่ายเพิ่มขึ้นจากเดิม 1.7 ล้านลิตรต่อวันในปี 2550 เป็น 10.3 ล้านลิตรต่อวันในปี 2551 เนื่องจากรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนอย่างจริงจัง โดยลดอัตราเงินส่งเข้ากองทุนน้ำมันและอัตราเงินส่งเข้ากองทุนอนุรักษ์พลังงานของไบโอดีเซล (B5) ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล เป็นผลให้ราคาขายปลีกต่ำกว่า 1.00 – 1.50 บาทต่อลิตร ทำให้การใช้มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง กล่าวคือเดือนมกราคมอยู่ที่ระดับ 4.9 ล้านลิตรต่อวัน เพิ่มเป็น 10.6 ล้านลิตรต่อวันในเดือนมิถุนายน และในเดือนธันวาคม 2551 มีการจำหน่ายถึง 17.3 ล้านลิตรต่อวัน [12]

โดยไบโอดีเซลถือว่าเป็นหนึ่งในทางเลือกที่ผลิตจากน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ที่ผลิตได้เองในประเทศ เป็นการสนับสนุนการใช้วัตถุดิบในประเทศตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง จากการวิจัยพบว่า

ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลมีค่าน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ดีเซล [8] ซึ่งเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามไบโอดีเซลก็ยังมีข้อจำกัดหลักๆ อยู่ คือมีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลปกติ ทำให้สัดส่วนของน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ที่ใช้ในการผสมเป็นไบโอดีเซลแบบถูกผสมยังน้อยอยู่นั่นเอง

น้ำมันที่ดีควรมีความหนืดที่เหมาะสมไม่มากหรือน้อยเกินไป น้ำมันที่มีความหนืดสูงเกินไปคุณภาพในการฉีดเป็นฝอยจะลดลงทำให้เกิดเป็นหยดน้ำมันขนาดใหญ่ (Large Droplet) ส่งผลต่อการกระจายตัวของน้ำมันและการผสมกับอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ได้ไม่ดีทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ส่วนน้ำมันที่มีความหนืดน้อยเกินไปจะทำให้เกิดการรั่วไหลที่ปั๊มหัวฉีดได้ง่าย มีเตอร์วัดปริมาณน้ำมันทำงานคลาดเคลื่อน ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จะลดลง ชิ้นส่วนต่างๆ ของระบบเชื้อเพลิงและระบบหัวฉีดจะสึกหรอเร็วขึ้น [6]

ซึ่งปัญหาหลักของการนำน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ชนิดต่างๆ มาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลโดยตรงหรือนำมาผสมกับน้ำมันดีเซลหรือน้ำมันก๊าดก่อนใช้ก็คือ ค่าความหนืดของน้ำมันที่ยังสูงกว่าน้ำมันดีเซล ในการแปรรูปไบโอดีเซลให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลต้องพิจารณาคุณสมบัติสำคัญคือค่าความหนืด (Viscosity) เนื่องจากส่งผลโดยตรงต่อการทำงานของเครื่องยนต์ความเร็วรอบสูง [8] ดังนั้นหากสามารถลดความหนืดของน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ได้อย่างถาวร ให้ได้ใกล้เคียงกับความหนืดของน้ำมันดีเซล จะทำให้มีความเหมาะสมในการนำมาใช้กับเครื่องยนต์มากขึ้น หนึ่งในวิธีการลดความหนืดคือการฉายรังสีน้ำมันด้วยรังสีแกมมาหรือ Electron beam โดยต้องผสมตัวทำละลายที่เหมาะสมลงในน้ำมันที่จะทำการฉายรังสีด้วย เพราะว่าหากฉายรังสีน้ำมันโดยตรง เมื่อโซ่โมเลกุลบิดขาดออกเพราะรังสี และอยู่ชิดกัน มักจะเกาะเชื่อมโยง (Crosslink) ตัวกันใหม่เป็นโครงร่างแหสามมิติ (Three dimensional network) ทำให้มีความหนาแน่นสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้ความหนืดสูงขึ้นแทนที่จะต่ำลง เมื่อละลายน้ำมันในตัวทำละลายที่เหมาะสมก่อนการฉายรังสี ตัวทำละลายจะทำให้โมเลกุลของน้ำมันเหล่านั้นอยู่ห่างกันมากขึ้น ดังนั้นเมื่อแต่ละเส้นขาดออกเพราะถูกรังสีตัด ก็มีความเป็นไปได้น้อยที่จะจับตัวต่อกับเส้นอื่น เมื่อสกัดเอาตัวทำละลายออก ก็จะได้น้ำมันที่มีโซ่โมเลกุลที่สั้นลง ทำให้มีความหนืดลดลงและมีการระเหยง่ายขึ้น ในการเลือกตัวทำละลายนั้น จะต้องเลือกชนิดที่ไม่เกิดการสลายตัวเมื่อถูกฉายรังสี เพราะหากสลายตัวระหว่างฉายรังสี จะเป็นการสิ้นเปลืองตัวทำละลาย และเกิดสารแปลกปลอมซึ่งจะเกิดมาจากการเสื่อมสลายของตัวทำละลายโดยรังสี ตัวทำละลายต้องสามารถสกัดออกได้อย่างไม่ยุ่งยากด้วย เช่นการระเหยออก หรือการแยกชั้นออกด้วยตัวเองจากค่าความหนาแน่นที่ต่างกัน



ซึ่งในงานวิจัยที่ผ่านมา นั้น ได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการลดความหนืดโดยใช้ตัวทำละลาย Xylene, N-Butanol และ Ethyl Alcohol ระหว่างการฉายรังสีมาแล้ว จากงานวิจัยดังกล่าวนี้ส่งผลให้ค่าความหนืดที่ได้มีค่าลดลงอยู่ในช่วง 7.63-46.92% [1]

ในงานวิจัยนี้มีการใช้ตัวทำละลายสองตัวคือ น้ำและคาร์บอนเตตระคลอไรด์ น้ำอาจดูว่าไม่สามารถเป็นตัวทำละลายน้ำมันได้ เพราะไม่ละลายในน้ำมัน แต่ถ้ามีการกวนน้ำมันกับน้ำอย่างเหมาะสม (หรือใส่ตัวประสานที่เหมาะสมหรือวิธีอื่นๆ ที่เหมาะสม) ระหว่างการฉายรังสี ก็จะสามารถใช้น้ำเป็นตัวทำละลายระหว่างการฉายรังสีได้ และที่สำคัญไม่มีปัญหาเรื่องการจับน้ำ และเมื่อกระบวนการฉายรังสีเสร็จสิ้นแล้ว สามารถปล่อยทิ้งไว้และน้ำกับน้ำมันจะสามารถแยกออกจากกันอย่างง่ายดาย ไม่มีปัญหาด้านการแยกตัวทำละลายออก ที่สำคัญอีกประเด็นหนึ่งคือ น้ำเมื่อถูกฉายรังสี บางส่วนจะแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระ อนุมูลอิสระเหล่านี้มีความสามารถในการทำปฏิกิริยาสูงและสามารถตัดโซ่พอลิเมอร์ให้ขาดออกได้ ส่วนคาร์บอนเตตระคลอไรด์ ให้ค่า G-value ในการเกิดอนุมูลอิสระสูงจึงน่าจะช่วยในการตัดโซ่พอลิเมอร์ได้เช่นกัน แต่ต้องมีการแยกออกจากน้ำมันด้วยการกลั่นลำดับส่วน

โลหะที่มีเลขอะตอม (Atomic number) สูงเมื่อได้รับพลังงานที่เหมาะสมจากรังสีแกมมาสามารถปลดปล่อย Photoelectron ออกมาในปริมาณมากได้ โดยเมื่อดูความสามารถในการตัดโซ่พอลิเมอร์แล้ว อิเล็กตรอนดีกว่ารังสีแกมมาเสียอีกเพราะมีค่า Linear energy transfer (LET) สูงกว่า ดังนั้นหากใส่ผงโลหะหนักปนไปกับน้ำมันและตัวทำละลายด้วย และให้มีการกวนตลอดเวลาไม่ให้เกิดตะกอนอยู่ด้านล่าง ควรจะช่วยลดความหนืดของน้ำมันได้อย่างมากด้วย จึงเป็นที่มาของหัวข้อวิทยานิพนธ์นี้ที่ทำการลดความหนืดของน้ำมันพืชและไขมันสัตว์บางชนิดอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้ น้ำหรือคาร์บอนเตตระคลอไรด์เป็นตัวทำละลายในแต่ละครั้งของการทดลอง (รวมถึงใช้โลหะเลขอะตอมสูงเป็นตัวกำเนิดโฟโตอิเล็กตรอน) ระหว่างการฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาแนวทางใหม่ในการลดความหนืดของน้ำมันพืชบางชนิดและน้ำมันหมูโดยใช้น้ำและคาร์บอนเตตระคลอไรด์เป็นตัวทำละลายขณะฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60

## 1.3 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้จะศึกษาผลของตัวแปรต่อไปนี้ต่อการลดความหนืดของ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม และน้ำมันหมู

- 1.3.1 อัตราส่วนระหว่างน้ำกับน้ำมันในช่วง 1 : 3 , 1 : 1 และ 3 : 1
- 1.3.2 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนเตตราคลอไรด์กับน้ำมัน 1 : 3 , 1 : 1 และ 3 : 1
- 1.3.3 การใส่และไม่ใส่ผงของโลหะที่มีเลขอะตอมสูง
- 1.3.4 ปริมาณรังสีแกมมาในช่วง 30-70 kGy

#### 1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการลดความหนืดของน้ำมัน เคมีรังสีของน้ำมัน คุณสมบัติของตัวทำละลาย การพัฒนาเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และเครื่องมือในการวัดความหนืดของน้ำมัน
- 1.4.2 จัดหาน้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม และน้ำมันหมู ที่ผ่านกระบวนการทำให้พร้อมใช้ ทำอาหารแล้ว (เพราะหาได้ง่าย) สารเคมี และวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่เหมาะสม
- 1.4.3 ออกแบบการวิจัยและหาตัวประสานที่เหมาะสมสำหรับตัวทำละลาย (น้ำ) ที่ไม่เกิดความเสียหายหรือแปรสภาพเมื่อถูกฉายรังสี หรือหาวิธีการที่เหมาะสมอื่นๆ ที่ทำให้น้ำมันผสมกับน้ำมันตลอดระยะเวลาการฉายรังสี
- 1.4.4 ทำการฉายรังสีแกมมาจาก Cobalt-60 โดยเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ตามรูปแบบการวิจัย เพื่อให้เกิดการเสื่อมสลายของโมเลกุลน้ำมันอย่างถาวร
- 1.4.5 หลังจากสิ้นสุดการฉายรังสี ทำการสกัดตัวทำละลายคาร์บอนเตตราคลอไรด์ออกจากน้ำมันโดยการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย หรือปล่อยให้แยกออกจากกันเองในกรณีของน้ำ
- 1.4.6 ทำการตรวจวัดค่าความหนืดของน้ำมันตัวอย่างหลังจากผ่านการฉายรังสีร่วมกับตัวทำละลาย และน้ำมันตัวอย่างหลังจากฉายรังสีโดยไม่ผสมกับตัวทำละลาย เพื่อเปรียบเทียบกับความหนืดของน้ำมันก่อนการฉายรังสีและผสมตัวทำละลายตามมาตรฐาน ASTM D 445
- 1.4.7 วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การลดความหนืดของน้ำมันตัวอย่าง/น้ำมันตัวอย่างผสมที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60
- 1.4.8 สรุปผลพร้อมเสนอแนวทางขยายผล

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถลดความหนืดของน้ำมันพืชบางชนิดและน้ำมันหมูได้โดยไม่ต้องใช้วิธีทางเคมี หรือ ความร้อน ทำให้สามารถนำไปผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนที่มากขึ้นได้

## 1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.6.1 ปี 2552 อ่ำไพ ลีววัฒนะโชตินันท์ [1] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การลดความหนืดของ น้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์บางชนิดโดยการใช้อัลตราซาวด์-60 เพื่อลดความหนืดอย่างถาวรของน้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์บางชนิดที่ผ่านกระบวนการแล้วโดยการฉายรังสีแกมมาจาก โคบอลต์-60 โดยทำการศึกษา 6 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดของน้ำมัน ตัวทำละลาย ปริมาณรังสี อัตราการผสม การเติมอากาศและไม่เติมอากาศระหว่างฉายรังสี และอุณหภูมิระหว่างการฉาย โดยผลที่ได้คือ ปัจจัย ทั้ง 6 มีผลต่อการลดความหนืดอย่างถาวร ซึ่งเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดจะอยู่ในช่วง 7.63 - 46.92 % โดยกลุ่มตัวอย่างที่มีเปอร์เซ็นต์ลดลงมากที่สุดคือ น้ำมันมะพร้าวผสมกับ Ethyl Alcohol ที่ สัดส่วน 3 : 2 ทำการฉายรังสีปริมาณ 30 kGy ที่อุณหภูมิ 75 °C มีการเติมอากาศระหว่างทำการฉาย และจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 96.83% มีนัยสำคัญจาก 2 ปัจจัยหลักคือ ปริมาณรังสีแกมมาและการเติมอากาศ และ 5 ปัจจัยร่วมคือ ชนิดของน้ำมันกับตัวทำละลาย ชนิดของ น้ำมันกับสัดส่วนสารละลาย ชนิดของน้ำมันและปริมาณรังสี ตัวทำละลายกับสัดส่วนสารละลาย และ สัดส่วนสารละลายกับปริมาณรังสี

1.6.2 ปี 2550 เกศินี เหมวิเชียร และคณะ [2] ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของการฉายรังสี แกมมาต่อสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำและแป้งมันสำปะหลัง โดยผสมแป้งในอัตราส่วน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแล้วนำไปขึ้นรูปให้เป็นแผ่นด้วย เครื่องหล่อพิมพ์แบบอัดความดัน และนำแผ่นพลาสติกที่ได้ตัดเป็นตัวอย่างรูปทรงคล้ายกระดุก นำ ตัวอย่างไปฉายรังสีแกมมาในอากาศ ด้วยปริมาณรังสี 10 20 50 และ 100 kGy สรุปได้ว่าความ แข็งแรงของพอลิเมอร์ผสมจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสี แต่ในขณะเดียวกันกลับลดลงตามความเข้มข้น ของแป้ง

1.6.3 ปี 2550 นุภาพ แยมไทรพัฒน์ [3] ทำการศึกษาเชิงทดลองการใช้น้ำมันไบโอดีเซลทำ จากน้ำมันพืชใช้แล้วกับเครื่องยนต์ดีเซล พบว่าน้ำมันไบโอดีเซลที่ทำจากน้ำมันพืชใช้ทอดอาหารแล้ว สามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูงได้ จากการศึกษาใช้น้ำมันไบโอดีเซล 100% (B100) เปรียบเทียบกับการใช้ดีเซลปกติ เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 2500 CC ที่ใช้กับ รถปิคอัพ โดยทำการทดสอบบนเครื่องวัดแบบไฮดรอลิคไดนาโมมิเตอร์

1.6.4 ปี 2550 กิติพงษ์ เสถียรเสาวภาคร์และคณะ [4] ทำการวิจัยผลกระทบจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วต่อสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์ทางการเกษตรแบบสูบเดี่ยวในการใช้งานระยะยาว โดยเปรียบเทียบ น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว 100% กับ น้ำมันไบโอดีเซลมาตรฐานในเครื่องยนต์ดีเซลทางการเกษตร พบว่าที่ใช้ น้ำมันไบโอดีเซลให้แรงบิดและกำลังเบรคต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล 5% และมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูงกว่าประมาณ 10% ในส่วนของการสึกหรอพบว่าใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

1.6.5 ปี 2546 นายยุทธ สงค์ธนาพิทักษ์ และคณะ [6] ทำการวิจัย การแตกสลายโครงสร้างของน้ำมันปาล์มด้วยปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยความร้อน พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือการใช้ น้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการกำจัดกัมมาทำปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยความร้อนภายใต้บรรยากาศของไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 600°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และให้ควบนั่นที่อุณหภูมิ 400°C ได้สารละลายสีเหลืองใส เมื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเชื้อเพลิงพบว่าจุดไหลเท (Pour Point) เท่ากับ 0.77°C ปริมาณของเถ้าเท่ากับ 0.012% ความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.834 ความหนืดที่อุณหภูมิ 40°C และ 50°C เท่ากับ 3.57 เซนติสโตกส์ และ 2.98 เซนติสโตกส์ตามลำดับ จุดวาบไฟเท่ากับ 18.5°C ค่าการวัดสีเท่ากับ 2.5-3.5 และค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 43,937 กิโลจูล/ กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของการกำหนดคุณภาพเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลพบว่า คุณสมบัติกายภาพและเชื้อเพลิงทุกค่าอยู่ในเกณฑ์ ยกเว้นค่าการวัดสี

1.6.6 ปี 2545 กุลวุฒิ วัฒนามณี [7] ทำการวิจัย ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอลและน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าดเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน โดยการนำ น้ำมันพืชใช้แล้วมาผสมกับน้ำมันก๊าดและเอทานอลในอัตราส่วน 5% และ 10% โดยปริมาตรตามลำดับ พบว่าคุณสมบัติของน้ำมันผสม มีคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงด้อยกว่าน้ำมันดีเซลแต่เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันพืชใช้แล้วก่อนผสมน้ำมันก๊าดและเอทานอลมีคุณสมบัติที่ดีกว่า และเมื่อนำน้ำมันผสมไปใช้งานจริงกับเครื่องยนต์ดีเซลพบว่าสมรรถนะการเผาไหม้แรงบิดต่ำกว่าการใช้ น้ำมันดีเซลประมาณ 1-4% และอัตราการใช้เชื้อเพลิงสูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 11 – 19% ส่วนการปล่อยมลพิษก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NOX) สูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 1-8% และ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) สูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 2-3 เท่า

1.6.7 ปี 2545 วัชรพล ปุณขันธ์ และคณะ [8] ทำการวิจัย ผลกระทบของน้ำมันไบโอดีเซลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลและการสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลเปรียบเทียบกับการใช้ น้ำมันดีเซล พบว่าแรงบิดและกำลังที่ออกมาจากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลจะมีค่าน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลประมาณ 3 – 5% แต่อัตราการสิ้นเปลือง

เชื้อเพลิงทั้งสองชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อทำการทดสอบเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันไบโอดีเซลสูตร B5 - B10 พบว่าไม่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการทำงานหรือการสึกหรอของเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลมีปริมาณน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล จึงสรุปได้ว่าสามารถใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลได้และไม่มีผลกระทบที่เป็นนัยสำคัญต่อเครื่องยนต์ แต่อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาวิจัยถึงผลกระทบต่อความสึกหรอของเครื่องยนต์ในระยะยาวต่อไป



ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 2

### ทฤษฎี

#### 2.1 ไบโอดีเซล (Biodiesel) [11]

ปัจจุบันความหมายของไบโอดีเซลคือ น้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ที่ผ่านกระบวนการทางเคมี ที่เรียกว่า Transesterification ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีที่สามารถเปลี่ยนไขมันหรือ Triglycerides ให้เป็นโมโนอัลคิลเอสเตอ์ (Mono Alkyl Ester) เช่น เมทิลเอสเตอ์ (Methyl Ester) เป็นต้น และกลีเซอรอล (Glycerol) โดยไบโอดีเซลชนิดนี้ถือว่าเป็นไบโอดีเซลแบบเอสเตอ์และเป็นที่ยอมรับในสากล

วัตถุดิบที่นำมาผลิตไบโอดีเซลนั้นจะขึ้นกับพืชที่มีอยู่ในท้องถิ่น เช่น สหภาพยุโรปใช้เมล็ดเรพ (Rape seed) เป็นวัตถุดิบ ฝรั่งเศสและสเปนใช้ดอกทานตะวันเป็นวัตถุดิบ ออสเตรเลีย เยอรมันและสหรัฐอเมริกาใช้ถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบ ส่วนวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย ได้แก่ น้ำมันพืชใช้แล้ว และน้ำมันพืชสกัดใหม่อีก 8 ชนิด คือ น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันละหุ่ง น้ำมันงา น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันสบู่ดำ โดยวัตถุดิบหลักของไบโอดีเซล ได้แก่ ปาล์มน้ำมัน เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีศักยภาพในการแข่งขันสูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่น ทั้งด้านการผลิตและการตลาด คือ มีต้นทุนการผลิตและราคาต่ำกว่าน้ำมันชนิดอื่น นอกจากนี้ปาล์มยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายทั้งในสินค้าอุปโภคและบริโภค นอกจากนี้ยังมีน้ำมันไบโอดีเซลที่ถูกนำมาผสมกับน้ำมันดีเซลหรือน้ำมันก๊าด เรียกว่าน้ำมันไบโอดีเซลแบบลูกผสมอีกด้วย

##### 2.1.1 ประเภทของไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆได้ดังนี้

##### 2.1.1.1 ไบโอดีเซลที่ได้จากน้ำมันพืช หรือ น้ำมันจากสัตว์ (Straight Vegetable Oil)

เป็นการใช้น้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์โดยตรง เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว น้ำมันหมู ป้อนลงไป ในเครื่องยนต์ดีเซลโดยไม่ต้องผสมหรือเติมสารเคมีอื่นใด ทำให้มีต้นทุนต่ำ แต่ในการใช้จะต้องอุ่นไบโอดีเซลให้อยู่ในอุณหภูมิ 70 °C เพื่อละลายไขแข็งและทำให้มีความหนืดลดลง เนื่องจากน้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์มีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 11-17 เท่า ยิ่งอุณหภูมิต่ำก็ยิ่งทำให้น้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์เกิดไขขึ้นเป็นลำดับ ทำให้หัวฉีดน้ำมันฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยได้ยาก เกิดเป็น

อุปสรรคต่อการป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ และเกิดการสันดาปไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้แล้ว น้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์มีคุณสมบัติที่ระเหยตัวกลายเป็นไอได้ช้าและน้อยมาก (slow/low volatility) ส่งผลให้เกิดการจุดระเบิดได้ยาก เครื่องยนต์ติดยาก และหลงเหลือคราบเขม่าเกาะที่หัวฉีดผนังลูกสูบ แหวนและวาล์ว จากคุณสมบัติที่น้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์มีความหนืดสูงและระเหยตัวได้ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลนี้ ทำให้เกิดความยุ่งยาก เมื่อใช้น้ำมันพืชหรือน้ำมันจากสัตว์โดยตรงในเครื่องยนต์ [14]

2.1.1.2 ไบโอดีเซลแบบลูกผสม (Veggie / Kero Mix) เป็นการใช้น้ำมันพืชหรือน้ำมันจากสัตว์ผสมกับน้ำมันดีเซล หรือน้ำมันก๊าด เพื่อเป็นการลดความหนืดของน้ำมันให้ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด เช่น น้ำมันดีเซลที่ผสมกับน้ำมันมะพร้าว เรียกว่า โคโคดีเซล (Cocodiesel) น้ำมันดีเซลที่ผสมกับน้ำมันปาล์ม เรียกว่า ปาล์มดีเซล (Plamdiesel) แต่เนื่องจากราคาของน้ำมันก๊าดค่อนข้างสูงทำให้ใช้ปริมาณของน้ำมันก๊าดน้อยเกินไป ทำให้น้ำมันผสมที่ได้เมื่อนำไปใช้จึงเกิดผลกระทบต่อเครื่องยนต์จากปัญหาการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันผสม นอกจากนี้เพื่อใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลที่ไม่มีการดัดแปลงเครื่องยนต์ จึงต้องเลือกชนิดน้ำมันพืช ชนิดของตัวทำละลาย และสัดส่วนผสมที่เหมาะสมกับพื้นที่และฤดูกาลที่ใช้ เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้ และไม่เกิดความยุ่งยากต่างๆ ตามมา เช่น การเกิดไขในท่อส่งน้ำมันทำให้เกิดการอุดตัน เป็นต้น

2.1.1.3 ไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ เป็นความหมายของ “ไบโอดีเซลที่แท้จริง” เป็นที่ยอมรับในสากลและมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น ในสหพันธรัฐเยอรมัน และในสหรัฐอเมริกา มีคำจำกัดความว่า เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติเหมือนกับน้ำมันดีเซลมากที่สุดทำให้ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับเครื่องยนต์ ได้นำมันที่มีความคงตัวมากขึ้น สามารถนำไปเติมในเครื่องยนต์ดีเซลได้ทุกชนิด ทั้งเติมโดยตรงและผสมลงในน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ (Bx) เช่น B5 หมายถึงการผสมไบโอดีเซลต่อน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 5:95 หรือ B100 ซึ่งเป็นน้ำมันไบโอดีเซล 100 % เป็นต้น แต่ปัญหาคือ ต้นทุนการผลิตมีราคาแพงกว่าเมื่อเทียบกับไบโอดีเซลแบบอื่นๆ ปัจจุบันราคาของน้ำมันไบโอดีเซลยังสูงกว่าน้ำมันดีเซล 1-2 เท่าตัว อย่างไรก็ตามการนำมาใช้กับเครื่องยนต์มักจะนำน้ำมันดีเซลมาผสมด้วย ซึ่งในปัจจุบันได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในระบบขนส่งมวลชน เนื่องจากเป็นน้ำมันที่มีราคาไม่ต่างจากน้ำมันดีเซลมากนัก นอกจากนี้ยังเผาไหม้ได้อย่างหมดจดไม่มีเขม่าควันหลงเหลือให้เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม สามารถจุดระเบิดได้ดี มีการสันดาปสมบูรณ์ ปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์น้อย และไม่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์เนื่องจากไม่มีกำมะถันอยู่ในวัตถุดิบ [5] เชื้อเพลิงชนิดนี้ มีความหนืดใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล และมีความคงตัว ความหนืดเปลี่ยนแปลงได้น้อยมากเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง จุดวาบไฟ

ของไบโอดีเซล มีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้มีความปลอดภัยในการใช้และการขนส่ง นอกจากนี้แล้ว ค่าซีเทน ซึ่งเป็นดัชนีบอกถึงคุณภาพการติดไฟของไบโอดีเซล ยังสูงกว่าน้ำมันดีเซล

### 2.1.2 คุณสมบัติของไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลมีคุณสมบัติทางกายภาพคล้ายกับน้ำมันดีเซลปกติ แต่เผาไหม้สะอาดกว่า น้ำมันดีเซล ไอเสียมีคุณภาพดีกว่า เนื่องจากมีออกซิเจนอยู่ในไบโอดีเซลทำให้การสันดาปสมบูรณ์กว่า น้ำมันดีเซลส่งผลให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์น้อยกว่า และเนื่องจากไม่มีกำมะถันในไบโอดีเซล จึงไม่มีปัญหาเรื่องสารซัลเฟต หรือมีซัลเฟอร์มอนอกไซด์น้อยกว่านั่นเอง และมีคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ เป็นสารหล่อลื่นช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซลแล้ว โมเลกุลของไบโอดีเซล จะมีออกซิเจนอยู่ประมาณ 11% จึงช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นทำให้ลดมลพิษต่างๆ ได้ เช่น ลด Carbonmonoxide 15% Hydrocarbons 40% Particles 60% แต่ NOx เพิ่มเล็กน้อย นอกจากนี้ ไบโอดีเซลยังมีค่า Cetane Index สูง ทำให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดง่ายและเดินเรียบ มีปริมาณกำมะถันน้อยมาก ไม่มีสารอะโรมาติก และในระยะเวลา 3-4 สัปดาห์ ไบโอดีเซลสามารถสลายในดินได้ 99% ส่วน น้ำมันดีเซลสามารถสลายได้ 70%

### 2.1.3 ข้อมูลการใช้ไบโอดีเซล

ในต่างประเทศมีการผลิตและจำหน่ายไบโอดีเซลโดยมีคุณภาพตามมาตรฐาน กำหนด ปัจจุบันประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดมาตรฐาน ASTM D6751 สหภาพยุโรปได้กำหนดมาตรฐาน EN 14214 ประเทศเยอรมนีได้กำหนดมาตรฐาน DIN 51606 ซึ่งการใช้ น้ำมันไบโอดีเซลจะ นิยมใช้เป็นน้ำมันไบโอดีเซลแบบผสมตามสูตรต่างๆ เช่น

- B2 (ไบโอดีเซล 2%:ดีเซล 98%) มีจำหน่ายทั่วไปในมลรัฐมินนิโซตา ประเทศสหรัฐอเมริกา และบังคับใช้ทั้งมลรัฐใน พ.ศ. 2548
- B5 (ไบโอดีเซล 5%:ดีเซล 95%) มีจำหน่ายทั่วไปในประเทศฝรั่งเศส โดยยกเว้น เครื่องหนึ่งของน้ำมันดีเซลที่จำหน่ายเป็นน้ำมันสูตร B5
- B20 (ไบโอดีเซล 20%:ดีเซล 80%) เป็นน้ำมันผสมที่คณะกรรมการไบโอดีเซล แห่งชาติ และสำนักงานป้องกันสิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกาแนะนำให้ ใช้ตามกฎหมายยานยนต์เชื้อเพลิงทดแทนของประเทศ (Alternative Motor Fuels Act:AMFA 1988) ปัจจุบันนิยมใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา
- B40 (ไบโอดีเซล 40%:ดีเซล 60%) เป็นสูตรที่ใช้ในรถขนส่งมวลชนในประเทศ ฝรั่งเศส เพื่อผลในการลดมลพิษ



- B100 (ไบโอดีเซล 100%) เป็นน้ำมันไบโอดีเซลร้อยละ 100 ที่ใช้ในประเทศเยอรมนีและออสเตรเลีย โดยได้รับการรับรองจากบริษัทผู้ผลิตรถยนต์รายใหญ่ของประเทศ

ในประเทศไทยได้มีการใช้ไบโอดีเซล B5 ซึ่งบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ต่างๆ ยอมรับให้สามารถใช้กับรถยนต์โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ โดยรัฐบาลมีนโยบายให้การสนับสนุน โดยการกำหนดลักษณะและคุณภาพของ B5 นั้นใช้มาตรฐานเดียวกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว ส่วนน้ำมัน B100 กรมธุรกิจพลังงานได้กำหนดลักษณะและคุณภาพดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดแบบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ.2550 [11]

รายการ	ข้อกำหนด		อัตราสูงต่ำ		วิธีทดสอบ <sup>1/</sup>
1	เมทิลเอสเทอร์ (Methyl Ester)	ร้อยละโดยน้ำหนัก (% wt.)	ไม่ต่ำกว่า	96.5	EN 14103
2	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 °C (Density at 15 °C)	กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (kg/m <sup>3</sup> )	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	860  900	ASTM D 1298
3	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °C (Viscosity at 40 °C)	เซนติสโตกส์ (cSt)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	3.5  5.0	ASTM D 445
4	จุดวาบไฟ (Flash Point)	องศาเซลเซียส (°C)	ไม่ต่ำกว่า	120	ASTM D 93
5	กำมะถัน (Sulphur)	ร้อยละโดยน้ำหนัก (% wt.)	ไม่สูงกว่า	0.0010	ASTM D 2622
6	กากถ่าน (ร้อยละ 10 ของกากที่เหลือ จากการกลั่น) (Carbon Residue on 10% distillation residue)	ร้อยละโดยน้ำหนัก (% wt.)	ไม่สูงกว่า	0.30	ASTM D 4530
7	จำนวนซีเทน (Cetane Number)		ไม่ต่ำกว่า	51	ASTM D 613

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดแนบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพ  
ของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ.2550 [11] (ต่อ)

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด	วิธีทดสอบ <sup>1/</sup>
8	เถ้าซัลเฟต (Sulphated Ash) ร้อยละโดยน้ำหนัก (% wt.)	ไม่สูงกว่า 0.02	ASTM D 874
9	น้ำ (Water) ร้อยละโดยน้ำหนัก (% wt.)	ไม่สูงกว่า 0.050	EN ISO 12937
10	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด (Total Contaminate) ร้อยละโดยน้ำหนัก (% wt.)	ไม่สูงกว่า 0.0024	EN 12662
11	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion)	ไม่สูงกว่า หมายเลข 1	ASTM D 130
12	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชัน ณ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส (Oxidation Stability at 110 °C) ชั่วโมง (hour)	ไม่ต่ำกว่า 6	EN 14112
13	ค่าความเป็นกรด (Acid Value) มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม (mg KOH/g)	ไม่สูงกว่า 0.50	ASTM D 664
14	ค่าไอโอดีน (Iodine Value) กรัมไอโอดีน/ 100 กรัม (g Iodine/100 g)	ไม่สูงกว่า 120	EN 14111
15	กรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์ (Linolenic Acid Methyl Ester) ร้อยละโดยน้ำหนัก (% wt.)	ไม่สูงกว่า 12.0	EN 14103
16	เมทานอล (Methanol) ร้อยละโดยน้ำหนัก (% wt.)	ไม่สูงกว่า 0.20	EN 14110
17	โมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride) ร้อยละโดยน้ำหนัก (% wt.)	ไม่สูงกว่า 0.80	EN 14105
18	ไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride) ร้อยละโดยน้ำหนัก (% wt.)	ไม่สูงกว่า 0.20	EN 14105
19	ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ร้อยละโดยน้ำหนัก (% wt.)	ไม่สูงกว่า 0.20	EN 14105
20	กลีเซอรินอิสระ (Free glycerin) ร้อยละโดยน้ำหนัก (% wt.)	ไม่สูงกว่า 0.02	EN 14105

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดแนบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพ  
ของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ.2550 [11] (ต่อ)

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด	วิธีทดสอบ <sup>1/</sup>
21	กลีเซอรินทั้งหมด (Total glycerin) ร้อยละโดยน้ำหนัก (% wt.)	ไม่สูงกว่า 0.25	EN 14105
22	โลหะกลุ่ม 1 (โซเดียมและโปแตสเซียม) มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Group I metals (Na+K)) (mg/kg) โลหะกลุ่ม 2 (แคลเซียมและแมกนีเซียม) มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Group II metals (Ca+Mg)) (mg/kg)	ไม่สูงกว่า 5.0 ไม่สูงกว่า 5.0	EN 14108 และ EN 14109 Pr EN 14538
23	ฟอสฟอรัส (Phosphorus) ร้อยละโดยน้ำหนัก (% wt.)	ไม่สูงกว่า 0.0010	ASTM D 4951
24	สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจาก อธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน	

**หมายเหตุ 1/** วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในรายละเอียดแนบ  
ท้ายนี้

เนื่องจากในงานวิจัยนี้จะเน้นลดความหนืดอย่างถาวรเพื่อใช้กับเครื่องยนต์ทางการเกษตร  
และเพื่อให้สามารถผสมกับน้ำมันดีเซล หรือน้ำมันก๊าดในสัดส่วนที่มากขึ้นได้สำหรับใช้ในเครื่องยนต์  
ทางการเกษตร ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เทียบค่าความหนืดตามคุณลักษณะด้านความหนืดของไบโอดีเซล  
สำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) ตามมาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงานจึงได้มีดัง  
แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดแนบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพ  
ของไบโอดีเซลชุมชนสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ.2549 [9]

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด	วิธีทดสอบ <sup>1/</sup>
1	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 ° (Density at 15 ° C) กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (kg/m <sup>3</sup> )	ไม่ต่ำกว่า 860 และ ไม่สูงกว่า 900	ASTM D 1298

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดแนบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพ  
ของไบโอดีเซลชุมชนสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ.2549 [9] (ต่อ)

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ		วิธีทดสอบ <sup>1</sup>
1	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 ° (Density at 15 ° C) กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (kg/m <sup>3</sup> )	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	860  900	ASTM D 1298
2	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ (Viscosity at 40 ° C) เซนติสโตกส์ (cSt)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	1.9  8.0	ASTM D 445
3	จุดวาบไฟ (Flash Point) องศาเซลเซียส (° C)	ไม่ต่ำกว่า	120	ASTM D 93
4	กำมะถัน (Sulphur) ร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt.)	ไม่สูงกว่า	0.0015	ASTM D 2622
5	จำนวนซีเทน (Cetane Number)	ไม่ต่ำกว่า	47	ASTM D 613
6	เถ้าซัลเฟต (Sulphated Ash) ร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt.)	ไม่สูงกว่า	0.02	ASTM D 874
7	น้ำและตะกอน (Water and Sediment) ร้อยละโดยน้ำหนัก (%vol)	ไม่สูงกว่า	0.2	ASTM D 2079
8	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion)	ไม่สูงกว่า	หมายเลข 3	ASTM D 130
9	ค่าความเป็นกรด (Acid Number) มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม (mgKOH/g)	ไม่สูงกว่า	0.80	ASTM D 664
10	กลีเซอรินอิสระ (Free glycerin) ร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt.)	ไม่สูงกว่า	0.02	ASTM D 6584
11	กลีเซอรินทั้งหมด (Total glycerin) ร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt.)	ไม่สูงกว่า	1.5	ASTM D 6584

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดแนบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพ  
ของไบโอดีเซลชุมชนสำหรับเครื่องยนตการเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ.2549 [9] (ต่อ)

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด		วิธีทดสอบ <sup>1/</sup>
12	สี		ม่วง <sup>2/</sup>	ตรวจพินิจด้วย สายตา
13	สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับคามาเห็นชอบจาก อธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน		

**หมายเหตุ** <sup>1/</sup> วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในรายละเอียดแนบ  
ท้ายนี้

<sup>2/</sup> ใช้สารประกอบประเภท 1,4 dialkylamino anthraquinone และ alkyl derivatives of  
azobenzene -- azo . 2 – naphthol

#### 2.1.4 ข้อดีข้อเสีย และเศรษฐกิจน้ำมัน

##### 2.1.4.1 ข้อดีของไบโอดีเซล

ทางด้านสิ่งแวดล้อม การใช้ไบโอดีเซลสามารถลดมลพิษในอากาศอัน  
เนื่องมาจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์สมบูรณ์ มีการพบว่า รถที่ใช้้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง  
สามารถลดควันดำได้มากกว่าร้อยละ 50 และสามารถลดแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ได้ร้อยละ  
20 ลดฝุ่นละออง ได้ร้อยละ 39 ลดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ได้ร้อยละ 99 นอกจากนี้การใช้ไบโอดีเซล  
ทดแทนน้ำมันดีเซลนั้นสามารถลดวงจรชีวิต (Life-cycle) ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ได้ร้อย  
ละ 78 ซึ่งเป็นผลให้ลดภาวะโลกร้อนได้ [7]

ทางด้านสมรรถนะเครื่องยนต์ การใช้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์จะช่วยเพิ่ม  
ประสิทธิภาพการเผาไหม้ เนื่องจากไบโอดีเซลมีออกซิเจนผสมอยู่ประมาณร้อยละ 10 ทำให้การผสม  
ระหว่างอากาศกับน้ำมันมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ เป็นผลทำให้ค่าแรงบิด และกำลังเพิ่มขึ้นอีก  
ด้วยเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล

ทางด้านความปลอดภัย ไบโอดีเซลจะมีจุดวาบไฟสูง ไม่ระเบิดง่าย มีความ  
เป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์ต่ำมาก และย่อยสลายได้ง่ายในธรรมชาติ

#### 2.1.4.2. ข้อดีของไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลจะกลายเป็นไขแข็งเมื่ออุณหภูมิต่ำ แต่เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลแล้วถือว่าไบโอดีเซลจะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่าน้ำมันดีเซล แต่อาจแก้ไขได้โดยการเติมสารเคมีหรือตกผลึกแล้วกรองส่วนแข็งออก ซึ่งวิธีนี้อาจสูญเสียไบโอดีเซลไปส่วนหนึ่ง หรืออาจผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนที่ต่างกัน

ไบโอดีเซลจะมีการปล่อยไนโตรเจนออกไซด์สูงกว่าน้ำมันดีเซลส่งผลให้ชั้นส่วนยางของปั๊มน้ำมันเสื่อมคุณภาพเร็ว [10] แต่ก็ไม่ได้สูงมากนัก ซึ่งเหตุการณ์นี้ได้แก้ปัญหามาได้โดยใช้ยางสังเคราะห์ เช่น พวกวิตอน (Viton) แทน เพราะทนต่อไบโอดีเซลได้ดี

มีค่าพลังงานความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล แต่ก็ถูกชดเชยโดยความหนาแน่นที่สูงกว่า อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกันโดยรวมแล้วไบโอดีเซลจะเผาไหม้ได้ดีกว่า และจะได้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้นด้วย

## 2.2 ส่วนประกอบและโครงสร้างของน้ำมัน

น้ำมันพืชและไขมันจากสัตว์เป็นสารอินทรีย์ชนิดหนึ่งหรือที่เรียกกันว่า ลิพิด (lipid) ซึ่งละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว และละลายได้ต่ำหรือละลายไม่ได้เลยในน้ำ องค์ประกอบของน้ำมันพืชและไขมันจากสัตว์ประกอบด้วยเอซิลกลีเซอรอล (Acylglycerols) หลายโมเลกุลรวมกัน

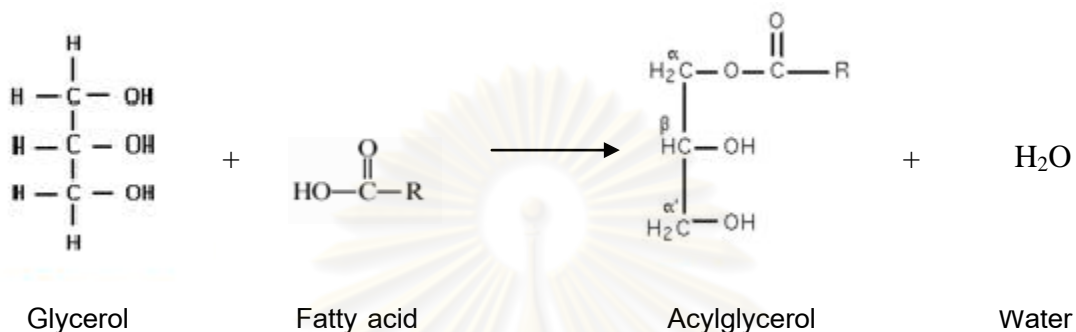
### 2.2.1 เอซิลกลีเซอรอล (Acylglycerols)

เอซิลกลีเซอรอลเกิดจากหน่วยย่อยคือ กลีเซอรอล (Glycerol :  $C_3H_8O_3$ ) ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่ง และกรดไขมัน (Fatty acid :  $R-COOH$ ) หมู่ไฮดรอกซิล (OH) ของกลีเซอรอลจะรวมตัวกับไฮโดรเจนในหมู่คาร์บอกซิล (COOH) ของกรดไขมัน เกิดกระบวนการขจัดน้ำออก (Dehydration) ได้ออกมาเป็นเอซิลกลีเซอรอล โดยโมเลกุลของกลีเซอรอลจะเกิดพันธะเอสเทอร์ (Ester bond) กับกรดไขมัน 1 ถึง 3 โมเลกุล สามารถเรียกได้ตามจำนวนโมเลกุลของกรดไขมันที่เกิดพันธะกับกลีเซอรอลได้คือ โมโนเอซิลกลีเซอรอล (Monoacylglycerol) ไดเอซิลกลีเซอรอล (Diacylglycerol) และไตรเอซิลกลีเซอรอล (Triacylglycerol) ซึ่งกรดไขมันมากมายที่อยู่ในพืชและสัตว์จะอยู่ในรูปของไตรเอซิลกลีเซอรอลหรือเรียกกันว่า ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) และสามารถแบ่งได้เป็น

- Simple triglycerol คือ ไตรกลีเซอไรด์ที่มีโมเลกุลของกรดไขมันชนิดเดียวกัน

- Mixed triglycerol คือ ไตรกลีเซอไรด์ที่มีโมเลกุลของกรดไขมันต่างชนิดกันตั้งแต่ 2 หรือ 3 ชนิด

ในไขมันพืชและสัตว์ต่างประกอบด้วย Simple triglycerol และ Mixed triglycerol



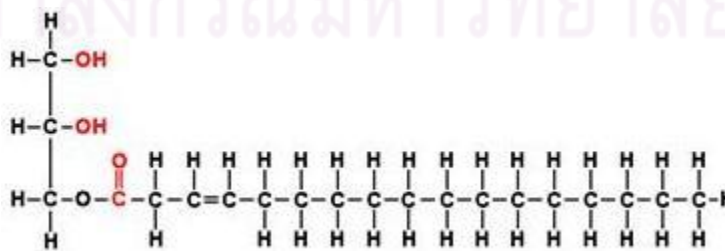
รูปที่ 2.1 กระบวนการ Dehydration

## 2.2.2 ประเภทของลิพิด

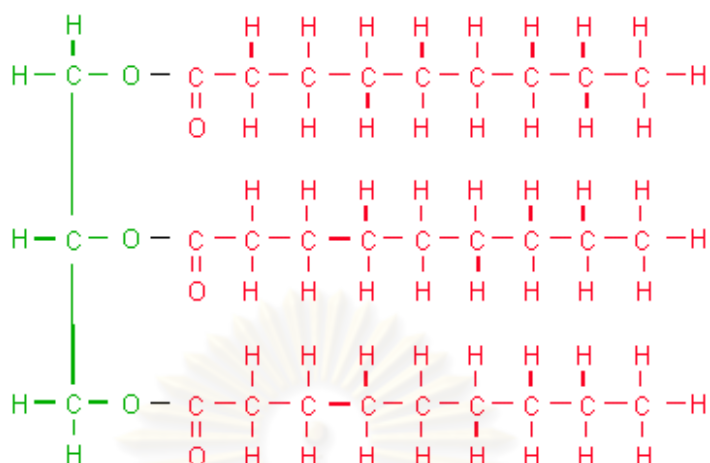
ลิพิดสามารถแบ่งออกได้หลายแบบ เช่น แบ่งโดยอาศัยความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาสะพอนิฟิเคชัน (Saponification) แบ่งโดยอาศัยคุณลักษณะเป็นกลางหรือมีขั้ว หรือแบ่งโดยอาศัยลักษณะโครงสร้างทางเคมี ในที่นี้ได้แบ่งประเภทของลิพิดตามลักษณะทางโครงสร้างทางเคมี ซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 ชนิด

### 2.2.2.1 ลิพิดเชิงเดี่ยว (Simple lipid) ประกอบด้วยกรดไขมันและแอลกอฮอล์เท่านั้น

แบ่งได้เป็น โมโนเอซิลกลีเซอรอล (Monoacylglycerol) ไดเอซิลกลีเซอรอล (Diacylglycerol) และไตรเอซิลกลีเซอรอล (Triacylglycerol)



รูปที่ 2.2 Monoacylglycerol



รูปที่ 2.3 Triacylglycerol

ตัวอย่างของลิพิดเชิงเดี่ยว ได้แก่ ไขมัน (Fat) น้ำมัน (Oil) และไข (Wax)

ไขมันมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ส่วนน้ำมันเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง สำหรับไขเป็นสารที่ประกอบด้วยกรดไขมันโมเลกุลใหญ่กับแอลกอฮอล์มักไม่ละลายน้ำ พบตามผิวหนัง ใบไม้และผลไม้บางชนิด

กรดไขมันยังสามารถจำแนกเป็นกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) โดยกรดไขมันอิ่มตัวเป็นกรดไขมันที่คาร์บอนอะตอมในหมู่ R ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะเดี่ยวทั้งหมด ไม่สามารถรับอะตอมของไฮโดรเจนเข้าไปในโมเลกุลของมันได้อีก ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นกรดไขมันที่คาร์บอนอะตอมในหมู่ R บางตำแหน่งยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะคู่หรือพันธะสามทำให้สามารถรับไฮโดรเจนเข้าไปในโมเลกุลได้อีกกรดไขมันไม่อิ่มตัวพบมากในน้ำมันพืช ได้แก่ กรดโอเลอิก กรดไลโนเลอิก

ไขมันจากแหล่งต่างๆจะมีองค์ประกอบของกรดไขมันในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.3



ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบกรดไขมันในไขมันแหล่งต่างๆ ทั้งจากพืชและสัตว์

	ปริมาณกรดไขมัน (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของกรดไขมันทั้งหมด)		
	กรดไขมันอิ่มตัว	กรดไขมันไม่อิ่มตัว	กรดไขมันไม่อิ่มตัว หลายพันธะคู่
<b>ไขมันสัตว์</b>			
เนย	59	37	4
จิว	54	44	2
ไก่	40	38	22
หมู	40	46	14
<b>ไขมันพืช</b>			
ข้าวโพด	14	26	60
งา	14	43	43
ถั่วเหลือง	15	27	58
มะพร้าว	92	6	2
ปาล์ม	53	37	10

2.2.2.2 ลิพิดเชิงซ้อน หรือลิพิดเชิงประกอบ (Compound lipid) เป็นลิพิดที่มีโมเลกุลอื่นเป็นองค์ประกอบด้วย ได้แก่ ฟอสโฟลิพิด (Phospholipid) ไกลโคลิพิด (Glycolipid) และ ลิโปโปรตีน (Lipoprotein)

2.2.2.2.1 ฟอสโฟลิพิด เป็นชื่อที่ใช้แทนลิพิดใดๆ ที่มีกรดฟอสฟอริก รวมอยู่ด้วยในรูปของโมโนหรือไดเอสเทอร์ฟอสโฟลิพิดทำให้บริเวณที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นส่วนที่มีประจุ เรียกว่าไฮโดรฟิลิกเฮด (Hydrophilic head) ทำให้สามารถจับกับโมเลกุลของน้ำได้ ส่วนบริเวณที่มีกรดไขมัน เป็นส่วนที่ไม่มีประจุ เรียกว่า ไฮโดรโฟบิกเทล (Hydrophobic tails)

2.2.2.2.2 ไกลโคลิพิด เป็นลิพิดที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ลิพิดชนิดนี้พบที่ อวัยวะหลายแห่ง เช่น สมอง ไต ตับ

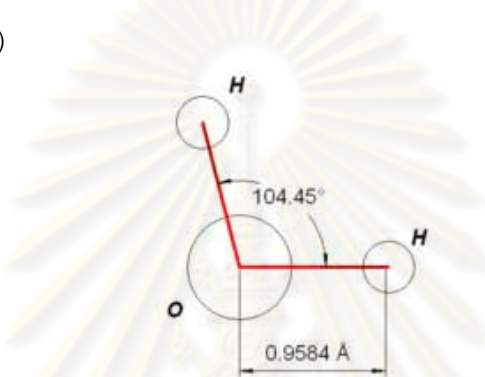
2.2.2.2.3 ลิโปโปรตีน เป็นไขมันที่มีโปรตีน หรือกรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบร่วม เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์

2.2.2.3.อนุพันธ์ลิพิด (Derived lipid) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างแตกต่างจากลิพิดทั่วไป แต่เนื่องจากมีสมบัติคล้ายลิพิดเช่น ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ จึงถูกจัดไว้ในกลุ่มลิพิด ตัวอย่างอนุพันธ์ลิพิดที่สำคัญ เช่น สเตอรอยด์ มีโครงสร้างทั่วไปเป็นวง 4 วง ประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอน 17 อะตอม และหมู่ R ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของสเตอรอยด์

## 2.3 ส่วนประกอบและโครงสร้างของตัวทำละลาย

ตัวทำละลายที่ใช้ในการทำวิจัยนี้มีด้วยกันสองตัวคือ น้ำ และ คาร์บอนเตตระคลอไรด์

### 2.3.1 น้ำ (water)



รูปที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของน้ำ

น้ำมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดีมาก และเราสามารถพบน้ำได้มากที่สุดเนื่องจากน้ำในมหาสมุทรมีอยู่มากถึง 97% ของพื้นผิวน้ำทั้งหมดบนโลกธารน้ำแข็งและน้ำแข็งขั้วโลกอีก 2.4% และที่เหลือคือน้ำที่อยู่บนพื้นดินเช่น แม่น้ำ ทะเลสาบ บ่อน้ำ อีก 0.6% โดยที่น้ำจะเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องผ่านวัฏจักรของน้ำอยู่ตลอดเวลาและไหลลงสู่ทะเล และแหล่งน้ำต่างๆ ซึ่งมีลมเป็นตัวพาไอน้ำผ่านเหนือพื้นดินในอัตราที่เท่าๆกัน

น้ำมีรูปแบบและสถานะเป็นของเหลว แต่น้ำก็ยังมีในรูปแบบของสถานะของแข็งที่เรียกว่าน้ำแข็ง และสถานะแก๊สที่เรียกว่าไอน้ำ น้ำปริมาณประมาณ 1.460 เพตะตัน ปกคลุม 71% บนพื้นผิวโลก ส่วนมากในมหาสมุทรและในแหล่งน้ำแห่งใหญ่ทั่วไป น้ำ 1.6% อยู่ภายใต้หินหรือพื้นดินที่ยังมีน้ำแข็งอยู่ และอีก 0.001% อยู่ในอากาศในรูปแบบของไอน้ำและก้อนเมฆ

#### 2.3.1.1 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำ

น้ำมีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ตามตารางที่ 2.4 ดังนี้

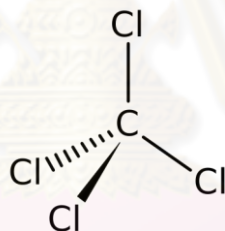
## ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำ

สูตรโมเลกุล	H <sub>2</sub> O
มวลโมเลกุล	18.02 g/mol
ลักษณะทั่วไป	โปร่งใส , เป็นของเหลวไม่มีสี
จุดเดือด (ที่ความดันบรรยากาศ)	100 °C (373.15 K)
จุดหลอมเหลว (ที่ความดันบรรยากาศ)	0 °C (273.15 K)
รูปร่างโมเลกุล	non-linear bent
โครงสร้างผลึก	Hexagonal

### 2.3.2 คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon tetrachloride)

คาร์บอนเตตระคลอไรด์เป็นสารประกอบอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีโครงสร้างโมเลกุลดังรูปที่

2.5 ตัวทำละลายชนิดนี้จะไม่มีสี แต่จะมีกลิ่นหวาน ซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะตัว



รูปที่ 2.5 โครงสร้างโมเลกุลของคาร์บอนเตตระคลอไรด์

คาร์บอนเตตระคลอไรด์ถูกใช้เป็นสารดับเพลิงในปี ค.ศ. 1910 และสารทำความสะอาด (Cleaning agent) คราบปนเปื้อนต่างๆ ที่เป็นสารอินทรีย์ เนื่องจากคาร์บอนเตตระคลอไรด์เป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วจึงสามารถละลายได้ดีในสารอินทรีย์ แต่จะแยกชั้นเมื่ออยู่กับตัวถูกละลายที่มีขั้ว เช่น น้ำ

#### 2.3.2.1 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของคาร์บอนเตตระคลอไรด์

คาร์บอนเตตระคลอไรด์มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ตามตารางที่ 2.5 ดังนี้

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของคาร์บอนเตตราคลอไรด์

สูตรโมเลกุล	CCl <sub>4</sub>
มวลโมเลกุล	153.82 g/mol
ลักษณะทั่วไป	โปร่งใส , เป็นของเหลวไม่มีสี, มีกลิ่นเฉพาะตัว
จุดเดือด (ที่ความดันบรรยากาศ)	76.72 °C (350 K)
จุดหลอมเหลว (ที่ความดันบรรยากาศ)	-22.92 °C (250 K)
รูปร่างโมเลกุล	Tetrahedral
โครงสร้างผลึก	Monoclinic

## 2.4 โลหะเลเซอร์อะตอมสูง

ในงานวิจัยนี้จะใช้ผงโลหะเลเซอร์อะตอมสูง 3 ชนิด ซึ่งคาดว่าผงโลหะเลเซอร์อะตอมสูงจะสามารถช่วยตัดโซ่ของน้ำมันแต่ละชนิด เนื่องจากผงโลหะเลเซอร์อะตอมสูงเมื่อถูกกระตุ้นด้วยรังสีแกมมาจะทำให้เกิดอัตรกิริยาได้ 3 แบบ ดังที่กล่าวในหัวข้อถัดไป หลังจากนั้นจะทำให้เกิด Photoelectron เกิดขึ้น Photoelectron ที่เกิดขึ้นเหล่านี้จะสามารถเข้าไปตัดโซ่หมู่อัลคิลของน้ำมันได้

โลหะเลเซอร์อะตอมสูงที่ใช้ในงานวิจัย คือ ทังสเตน(Tungsten) สังกะสี (Zinc) และนิกเกิล (Nickel)

### 2.4.1 ทังสเตน (Tungsten)

ทังสเตนเป็นธาตุโลหะทรานซิชันสีเทาเข้มและหนัก พบมากในแร่หลายชนิด ประกอบด้วย วุลแฟรมไมต์ (wolframite) และซีไรต์ (scheelite) ทังสเตนในรูปบริสุทธิ์ใช้ในงานไฟฟ้า โดยเฉพาะไส้หลอดไฟฟ้า และการผลิตโลหะผสม ทังสเตนมีสัญลักษณ์คือ W ซึ่งมีที่มาจากชื่อภาษาละตินว่า Wolframium



(ก.)



(ข.)

รูปที่ 2.6 (ก.) สินแร่วุลแฟรมไมต์ (wolframite) (ข.) สินแร่ซีไรต์ (scheelite)



รูปที่ 2.7 โลหะทังสเทน

## 2.4.1.1 ลักษณะทั่วไปและคุณสมบัติของทังสเทน

ตารางที่ 2.6 ลักษณะทั่วไปและคุณสมบัติของทังสเทน

ลักษณะทั่วไป	
ชื่อ, สัญลักษณ์, เลขอะตอม	ทังสเทน, W , 74
อนุกรมเคมี	โลหะทรานซิชัน
ลักษณะทั่วไป	มีสีเทาอ่อนเกือบขาว , เป็นมันวาว
มวลอะตอม	183.84 กรัม / โมล
การจัดเรียงอะตอม	[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>
คุณสมบัติทางกายภาพ	
สถานะ	ของแข็ง
ความหนาแน่น (ใกล้อุณหภูมิห้อง)	19.25 ก./ซม. <sup>3</sup>
ความหนาแน่นของของเหลวที่จุดหลอมเหลว	17.6 ก./ซม. <sup>3</sup>
จุดหลอมเหลว (ที่ความดันบรรยากาศ)	3695 K (3422 °C)
จุดเดือด (ที่ความดันบรรยากาศ)	5828 K (5555 °C)
ความร้อนของการหลอมเหลว	52.31 กิโลจูล/โมล
ความร้อนของการกลายเป็นไอ	806.7 กิโลจูล/โมล
ความร้อนจำเพาะ	(25 °C) 24.27 J/(mol·K)

### 2.4.2 สังกะสี (Zinc)

คือธาตุที่มีหมายเลขอะตอม 30 และสัญลักษณ์คือ Zn สังกะสีอยู่ในตารางธาตุหมู่ 12 ชื่อในภาษาอังกฤษมาจากภาษาเยอรมันว่า Zink เป็นธาตุประเภทโลหะที่มีความไวต่อปฏิกิริยาเคมีพอสมควรกับออกซิเจนและธาตุที่ไม่ใช่โลหะ สังกะสีเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดเจือจางจะปล่อยก๊าซไฮโดรเจนออกมา ส่วนใหญ่แล้วสังกะสีจะถูกนำมาใช้งานทางด้านอุตสาหกรรม เช่น เคลือบโลหะ เพื่อป้องกันสนิมและการกัดกร่อน เช่น ในกระป๋องสังกะสี หรือกระป๋องสังกะสีฉูฟูก เรียกกันในวงการช่างโลหะว่า เหล็กอาบสังกะสี หรือ เหล็กชุบสังกะสี ใช้เป็นภาชนะของถ่านอัลคาไลน์ นอกจากนี้ก็ยังใช้เป็นส่วนประกอบในโลหะผสม เช่น ใช้ทำของเล่นเด็ก



รูปที่ 2.8 โลหะสังกะสี

#### 2.4.2.1 ลักษณะทั่วไปและคุณสมบัติของสังกะสี

ตารางที่ 2.7 ลักษณะทั่วไปและคุณสมบัติของสังกะสี

ลักษณะทั่วไป	
ชื่อ, สัญลักษณ์, เลขอะตอม	สังกะสี, Zn, 30
อนุกรมเคมี	โลหะทรานซิชัน
ลักษณะทั่วไป	มีสีเทาอ่อนแกมน้ำเงิน
มวลอะตอม	65.409 กรัม / โมล
การจัดเรียงอะตอม	[Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>

ตารางที่ 2.7 ลักษณะทั่วไปและคุณสมบัติของสังกะสี (ต่อ)

คุณสมบัติทางกายภาพ	
สถานะ	ของแข็ง
ความหนาแน่น (ใกล้อุณหภูมิห้อง)	7.14 ก./ซม. <sup>3</sup>
ความหนาแน่นของของเหลวที่จุดหลอมเหลว	6.57 ก./ซม. <sup>3</sup>
จุดหลอมเหลว (ที่ความดันบรรยากาศ)	692.68 K (419.53 °C)
จุดเดือด (ที่ความดันบรรยากาศ)	1180 K (907 °C)
ความร้อนของการหลอมเหลว	7.32 กิโลจูล/โมล
ความร้อนของการกลายเป็นไอ	123.6 กิโลจูล/โมล
ความร้อนจำเพาะ	(25 °C) 25.390 J/(mol·K)

#### 2.4.3. นิกเกิล (Nickel)

คือธาตุที่มีหมายเลขอะตอม 28 และสัญลักษณ์คือ Ni อยู่ในตารางธาตุหมู่ 28 นิกเกิลเป็นโลหะที่มีความมันวาวสีขาวยเงิน มันอยู่กลุ่มเดียวกับเหล็กมีความแข็งแต่ตีเป็นแผ่นได้ ในธรรมชาติจะทำปฏิกิริยาเคมีกับกำมะถันเกิดเป็นแร่มิลเลอร์ไรต์ (millerite) ถ้าทำปฏิกิริยาเคมีกับสารหนู (arsenic) จะเกิดเป็นแร่นิกกอลไลท์ (niccolite) แต่ถ้าทำปฏิกิริยาเคมีกับทั้งสารหนูและกำมะถันจะเป็นก้อนนิกเกิลกลานซ์ (nickel glance)



รูปที่ 2.9 โลหะนิกเกิล

## 2.4.3.1 ลักษณะทั่วไปและคุณสมบัติของนิกเกิล

ตารางที่ 2.8 ลักษณะทั่วไปและคุณสมบัติของนิกเกิล

ลักษณะทั่วไป	
ชื่อ, สัญลักษณ์, เลขอะตอม	นิกเกิล, Ni, 28
อนุกรมเคมี	โลหะทรานซิชัน
ลักษณะทั่วไป	มีลักษณะเป็นมันวาว และแข็งเหมือนเหล็ก
มวลอะตอม	58.6934 กรัม / โมล
การจัดเรียงอะตอม	[Ar] 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>
คุณสมบัติทางกายภาพ	
สถานะ	ของแข็ง
ความหนาแน่น (ใกล้อุณหภูมิห้อง)	8.908 ก./ซม. <sup>3</sup>
ความหนาแน่นของของเหลวที่จุดหลอมเหลว	7.81 ก./ซม. <sup>3</sup>
จุดหลอมเหลว (ที่ความดันบรรยากาศ)	1728 K (1455 °C)
จุดเดือด (ที่ความดันบรรยากาศ)	3186 K (2913 °C)
ความร้อนของการหลอมเหลว	17.48 กิโลจูล/โมล
ความร้อนของการกลายเป็นไอ	377.5 กิโลจูล/โมล
ความร้อนจำเพาะ	(25 °C) 26.07 J/(mol·K)

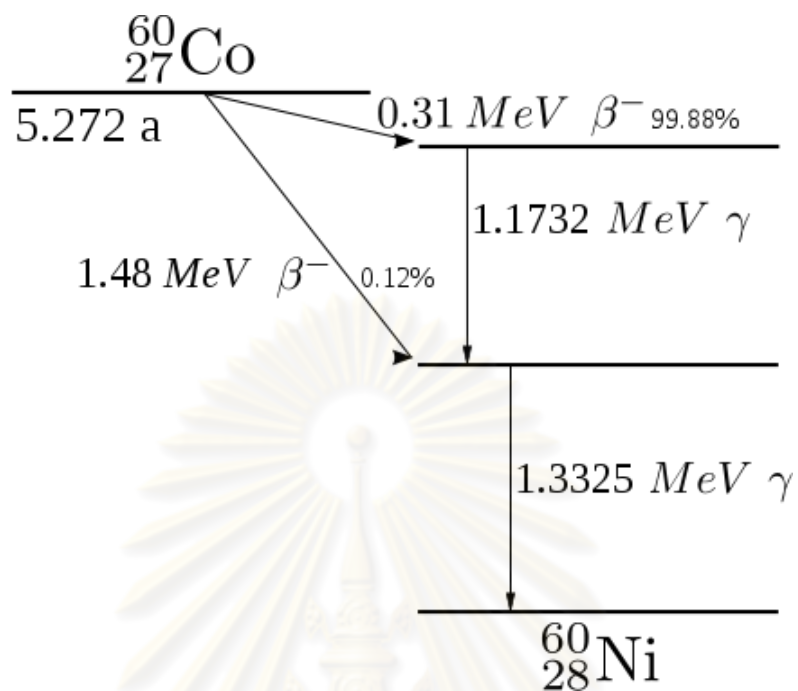
2.5 โคบอลต์-60 (Cobalt-60 :  $^{60}_{27}\text{Co}$ )

โคบอลต์-60 เป็นธาตุกัมมันตรังสีที่เป็นไอโซโทป (Isotope) ของธาตุโคบอลต์ ( $^{59}_{27}\text{Co}$ ) ส่งผลให้มีค่าครึ่งชีวิต (Half Life) 5.27 ปี โดยโคบอลต์-60 เป็นผลผลิตจากธาตุโคบอลต์ที่ถูกกระตุ้นโดยรังสีนิวตรอน

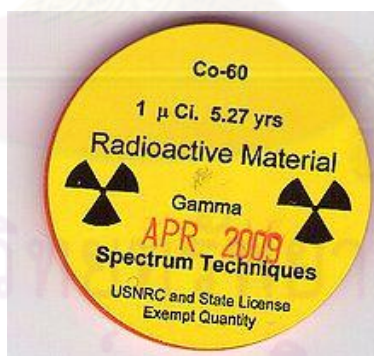
โคบอลต์-60 สามารถสลายตัว (Decay) ให้รังสีบีตา (Beta ray) และกลายเป็นไอโซโทปที่เสถียรของนิกเกิล-60 (Nickel-60 :  $^{60}_{28}\text{Ni}$ ) นิวเคลียสของนิกเกิลที่อยู่ในสภาวะถูกกระตุ้นจะปล่อยพลังงานออกมาในรูปของรังสีแกมมา (Gamma ray) ที่มีค่าพลังงานเท่ากับ 1.17 และ 1.33 MeV (Mega electron Volt) ตามสมการที่ 2.1 และรูปที่ 2.10







รูปที่ 2.10 ผังการสลายตัวของโคบอลต์-60



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างโคบอลต์-60 ที่ใช้ในห้องทดลอง

## 2.5.1 ลักษณะทั่วไปและคุณสมบัติของโคบอลต์ และ โคบอลต์-60

ตารางที่ 2.9 ลักษณะทั่วไปและคุณสมบัติของโคบอลต์

ลักษณะทั่วไป	
ชื่อ, สัญลักษณ์, เลขอะตอม	โคบอลต์, Co, 27
อนุกรมเคมี	โลหะทรานซิชัน
มวลอะตอม	58.933200 กรัม/โมล
การจัดเรียงอิเล็กตรอน	[Ar] 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>
คุณสมบัติทางกายภาพ	
ความหนาแน่น	8.90 ก./ซม. <sup>3</sup>
ความหนาแน่นของของเหลว	7.75 ก./ซม. <sup>3</sup>
จุดหลอมเหลว (ที่ความดันบรรยากาศ)	1768 K (1495 °C)
จุดเดือด (ที่ความดันบรรยากาศ)	3200 K (2927 °C)
ความร้อนของการหลอมเหลว	16.06 กิโลจูล/โมล
ความร้อนของการกลายเป็นไอ	377 กิโลจูล/โมล
ความร้อนจำเพาะ	(25 °C) 24.81 J/(mol·K)

ตารางที่ 2.10 คุณสมบัติทั่วไปและข้อมูลนิวไคลด์ของโคบอลต์-60

ลักษณะทั่วไป	
ชื่อ, สัญลักษณ์	โคบอลต์-60, <sup>60</sup> Co
จำนวนนิวตรอน	33
จำนวนโปรตอน	27
ข้อมูลนิวไคลด์	
Natural abundance	0 (artificial element)
ค่าครึ่งชีวิต	1925.1 d ± 0.1 d
มวลอะตอม	59.9338222 u
จุดหลอมเหลว (ที่ความดันบรรยากาศ)	1728 K (1455 °C)
สลายตัวให้รังสี	Beta พลังงาน 0.318 MeV

## 2.6 หลักการลดความเหนียวของน้ำมัน

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยรังสีเพียงเล็กน้อย อาจส่งผลให้คุณสมบัติทางเคมีของโพลิเมอร์เปลี่ยนแปลงได้มากซึ่งจะทำให้ได้คุณสมบัติที่เปลี่ยนไป ปฏิริยาเคมีที่สำคัญที่ต้องการให้เกิดโดยรังสี คือ การคลอสลิงค์ หรือการเกิดร่างแหสามมิติ (Cross Linking) หรืออีกปฏิริยา คือ การทำให้เสื่อมสลาย (Degradation) จากปฏิริยานี้ขนาดของโมเลกุลจะถูกตัดทอนลงโดยรังสีทำให้ได้โมเลกุลใหม่ที่มีขนาดเล็กลง

การเกิด Crosslink โดยทั่วไปจะทำให้โมเลกุลแข็งแรงมากยิ่งขึ้น เช่นมีความแข็งเพิ่มขึ้น ความต้านแรงดึงสูงขึ้น ทนทานต่อความร้อน เปลวไฟ ตัวทำละลายมากขึ้น แต่ในทางกลับกันการเกิดการเสื่อมสลายจะมีผลตรงข้ามกัน โดยปกติน้ำมันที่ถูกฉายรังสีจะเกิดทั้ง Crosslink และ การเสื่อมสลายไปพร้อมๆกันขึ้นอยู่กับว่าน้ำมันชนิดไหนจะเกิดปฏิริยาไหนมากกว่ากัน [2]

ในการลดความเหนียวของน้ำมันพืช และไขมันสัตว์จะใช้หลักการทางเคมีรังสีของโพลิเมอร์ โดยใช้รังสีแกมมาจาก Co-60 ตัดสายโซ่ของกรดไขมันของ Triglyceride ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ ให้ขาดออกจากกัน และใช้น้ำหรือคาร์บอนเตตราคลอไรด์ ( $\text{CCl}_4$ ) เป็นตัวทำละลายในแต่ละครั้งของการทดลองเพื่อให้โมเลกุลของน้ำมันห่างกันมากขึ้น เพื่อป้องกันการเกิด Crosslink ที่อาจเกิดขึ้นควบคู่กับการเสื่อมสลายเพื่อทำให้สายโซ่ของน้ำมันมีขนาดสั้นลง ส่งผลให้มีความเหนียวลดลง (และจุดเดือดต่ำลงด้วย)

### 2.6.1 การเชื่อมโยงของพอลิเมอร์ (Crosslink)

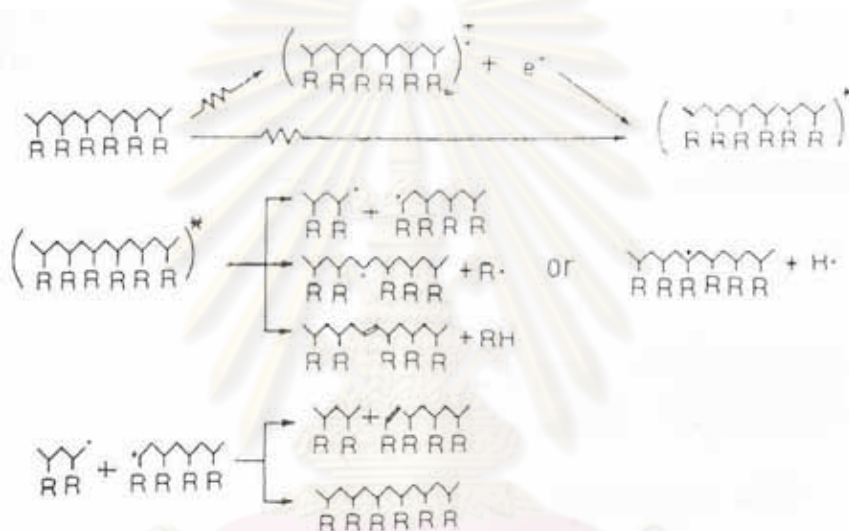
ในการเกิด Crosslink จะต้องอาศัยรังสีแกมมาหรือรังสีเอ็กซ์เพื่อทำอันตรกิริยากับสารนั้น โดยอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นจะมี 3 แบบคือ Photoelectric effect , Compton scattering และ Pair Production ซึ่งจะเกิดรูปแบบใดมากกว่านั้นขึ้นกับพลังงานและเลขอะตอมของตัวกลางที่รังสีผ่าน แต่ไม่ว่าจะเกิดแบบใดก็จะได้อิเล็กตรอนทุติยภูมิออกมาทั้งนั้น อิเล็กตรอนทุติยภูมิที่เกิดขึ้นจะทำให้โมเลกุลใกล้เคียงเกิดไอออน(อนุมูลอิสระของสาร) อิเล็กตรอน และสุดท้ายจะได้โมเลกุลในสถานะกระตุ้น(Excited molecule)ขึ้น

ในการเกิดโมเลกุลในสถานะกระตุ้นจะสามารถเกิดได้ 2 แบบ คือ

- เกิดจากโมเลกุลของสารทำปฏิริยาโดยตรงกับรังสีแล้วได้ออกมาเป็นโมเลกุลในสถานะกระตุ้น
- เกิดจากการรวมตัวกันของอิเล็กตรอนกับอนุมูลอิสระของสารแล้วได้ออกมาเป็นโมเลกุลในสถานะกระตุ้น

โมเลกุลในสถานะกระตุ้นสูงจะแตกตัว (Dissociate) โดยเกิดสายโซ่ขาดได้เป็นอนุมูลอิสระของโพลิเมอร์ 2 สายที่มีโมเลกุลเล็กกลง หรือแยกเป็นอนุมูลอิสระอัลคิล อนุมูลอิสระไฮโดรเจน หลังจากนั้นจะเกิดการรวมตัวกันใหม่ซึ่งอาจได้ทั้งโมเลกุลเดิมหรือโมเลกุลใหม่ที่มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น และแข็งแรงขึ้น

ในการลดความเหนียวของน้ำมันก็จะใช้หลักการเดียวกันในการตัดสายโซ่ของกรดไขมันให้สั้นลงแต่จะใช้น้ำและคาร์บอนเตตระคลอไรด์ ( $\text{CCl}_4$ ) เป็นตัวทำละลายเพื่อขวางไม่ให้เกิดการ Crosslink กันของสายโซ่

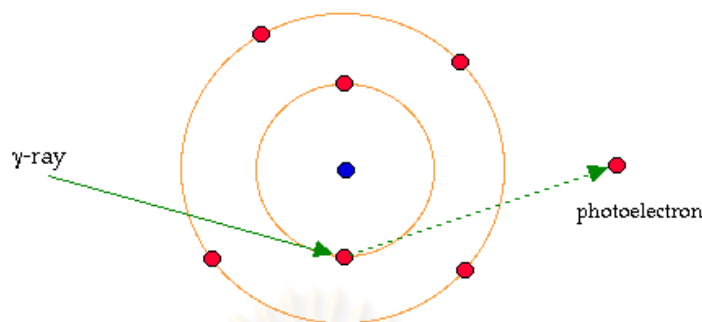


รูปที่ 2.12 สมการการเกิด Crosslink ของ Polymer [13]

## 2.6.2 ทฤษฎีการเกิดอันตรกิริยาของรังสีกับสสาร

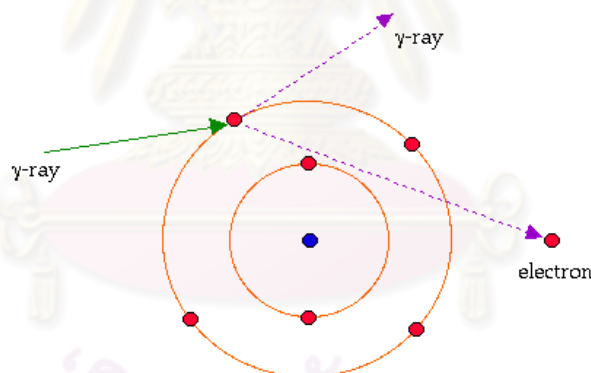
อันตรกิริยาของรังสีแกมมา กับโพลิเมอร์ สามารถเกิดได้ด้วยทั้งสามประเภท

2.6.2.1 Photoelectric effect เกิดเมื่อรังสีแกมมาทำอันตรกิริยากับอิเล็กตรอนในวงโคจร (Orbital electron) ของอะตอมของธาตุจะเกิดการถ่ายเทพลังงานทั้งหมดให้กับอิเล็กตรอนทำให้โฟตอนหายไป และอิเล็กตรอนหลุดออกมา ตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน (Principle of Conservation of Energy) สามารถกล่าวได้ว่าอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจากอะตอมจะมีพลังงานจลน์เท่ากับพลังงานของรังสีแกมมาลบด้วย Binding energy ของอิเล็กตรอนในวงโคจร อิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นใหม่นี้เรียกว่า Photoelectron ซึ่งช่องว่างที่เกิดขึ้นในอะตอม หลังจากที่มีอิเล็กตรอนหลุดแล้วจะมีอิเล็กตรอนที่อยู่ชั้นถัดไปลงมาแทนที่ทำให้เกิดรังสีเอกซ์เฉพาะตัว (Characteristic x-ray) อีกด้วย



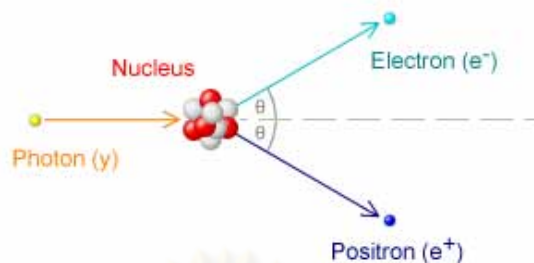
รูปที่ 2.13 Photoelectric effect

2.6.2.2 Compton scattering หรือ Compton effect เป็นการลดทอนพลังงานของรังสีแกมมา เมื่อเกิดอันตรกิริยากับธาตุ เมื่อรังสีแกมมาเข้าชนกับอะตอมของตัวกลางจะเกิดการถ่ายเทพลังงานบางส่วนให้กับอิเล็กตรอนทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมา ส่วนรังสีแกมมาจะกระเจิงทำมุมต่างจากแนวการเคลื่อนที่เดิม และมีพลังงานลดน้อยลง



รูปที่ 2.14 Compton scattering

2.6.2.3 Pair Production แพร่โพรวด์ักชันเป็นอันตรกิริยาระหว่างโฟตอนกับสนามนิวเคลียส ส่งผลให้โฟตอนหายไปกลายเป็นอิเล็กตรอนและโพสิตรอน เมื่อโพสิตรอนที่เกิดเคลื่อนไปจนพลังงานจลน์หมด ก็จะสามารถไปรวมตัวกับอิเล็กตรอนทำให้เกิดโฟตอน 2 ตัวที่มีพลังงานแต่ละ 0.511 MeV เคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงกันข้าม เรียกว่า ปรากฏการณ์แอนนิทิลเลชัน (Annihilation) เป็นตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงมวลไปเป็นพลังงาน ตรงข้ามกับอันตรกิริยาแบบแพร่โพรวด์ักชัน



รูปที่ 2.14 Pair Production

## 2.7 เครื่องมือวัดความหนืด และค่าต่างๆในการวัด

### 2.7.1 เครื่องมือที่ใช้วัดความหนืด (Viscometer)

ความหนืดคือการแสดงถึงความยากหรือง่ายในการที่ของเหลวอย่างหนึ่งจะสามารถไหลไปได้โดยตัวของมันเอง เช่นมีของเหลวอยู่สองชนิดที่มีอุณหภูมิเท่ากัน ชนิดหนึ่งไหลไปได้อย่างง่ายดายหรือไหลได้เร็ว ในขณะที่อีกชนิดหนึ่งไหลไปได้อย่างเชื่องช้า เราจะพูดว่าของเหลวชนิดแรกมีความหนืดต่ำหรือน้อยส่วนชนิดที่สองมีความหนืดสูงหรือมากนั่นเอง ดังนั้นจึงอาจให้คำจำกัดความอย่างง่าย ๆ ได้ว่า ความหนืด คือความสามารถในการต้านทานการไหล ของเหลวใดที่มีความหนืดมาก จะมีความสามารถในการต้านทานการไหลสูง ของเหลวใดที่มีความหนืดน้อย จะมีความสามารถในการต้านทานการไหลต่ำ วิหาคความหนืดของน้ำมันจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า “ Viscometer ” ซึ่งเป็นการจับเวลาที่ของเหลวจำนวนหนึ่ง (น้ำมัน) ไหลผ่านรูมาตรฐานที่กำหนดไว้ ณ อุณหภูมิที่กำหนดและ Viscometer ที่ใช้ในการหาความหนืดมีอยู่หลายระบบด้วยกัน เช่น

- Saybolt Universal Viscometer มีหน่วยเป็น “SUS” ซึ่งย่อมาจาก Saybolt Universal Second หรือ Saybolt Furol Viscometer มีหน่วยเป็น “SFS” ย่อมาจาก Saybolt Furol Secondนิยมใช้ในสหรัฐอเมริกา

- Redwood Viscometer มีหน่วยเป็น “Rw” นิยมใช้ในสหราชอาณาจักร

- Engler Viscometer มีหน่วยเป็น “E” นิยมใช้ในญี่ปุ่นและยุโรป

- Kinematic Viscometer มีหน่วยเป็น “cSt” เป็นระบบสากล

ปัจจุบันทั่วโลกได้ตกลงใช้ระบบเดียวกันคือ Kinematic Viscometer (cSt) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.2

$$v = Ct \dots\dots\dots\text{สมการที่ 2.2}$$

โดยที่  $v$  คือ kinematic viscosity มีหน่วยเป็น cSt (centistokes ;  $\text{mm}^2/\text{s}$ )

$C$  คือ ค่าคงที่ของ viscometer มีหน่วยเป็น cSt/s

$t$  คือ flow time ที่ได้จากการจับเวลา มีหน่วยเป็น วินาที (second ;s)

แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าหน่วยจะต่างกันและวัดที่อุณหภูมิต่างกัน ก็สามารถเทียบกลับมายังหน่วยและอุณหภูมิที่ต้องการได้ โดยอาศัยกราฟน้ำมัน ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิดังแสดงในสมการข้างต้น

ตัวอย่างมาตรวัดความหนืด หรือ เครื่องมือที่ใช้วัดความหนืด ซึ่งมีหลายชนิดดังนี้คือ

2.7.1.1 บับเบิลวิสโคมิเตอร์ (Bubble Viscometers) มาตรฐานความหนืดชนิดนี้นิยมใช้วัดความหนืดของน้ำมัน และสารยึดเกาะ เครื่องจะประกอบด้วยหลอดมาตรฐานที่ฝาหลอดถูกผนึก (Sealed) จำนวน 41 หลอดบรรจุของเหลวที่เรียงลำดับ ความหนืดต่ำที่สุดถึงของเหลวที่มีความหนืดสูงที่สุดแสดงค่าเป็นความหนืดคิเนมาติก

วิธีการวัดความหนืดจะเปรียบเทียบอัตราความเร็วของฟองอากาศระหว่างสารในหลอดทดสอบ และของเหลวในหลอดมาตรฐาน การบรรจุสารในหลอดทดสอบจึงต้องระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศเพื่อให้สารในหลอดทดสอบมีขนาดฟองอากาศใกล้เคียงกับของเหลวในหลอดมาตรฐานมากที่สุด นอกจากนี้จะต้องควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการวัดอีกด้วย

2.7.1.2 ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ด (Ford Viscosity Cups) เป็นวิธีการทดสอบที่สถานประกอบการอุตสาหกรรม นิยมใช้กันมากเนื่องจากสะดวกและรวดเร็ว ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ดทำด้วยวัสดุที่ทนการกัดกร่อนและตัวทำละลาย เช่น ทองเหลือง หรือ อลูมิเนียม ที่ก้นถ้วยมีทางออกที่มีลักษณะเหมือนกรวย ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ดที่ใช้ในงาน ทดสอบทางเซรามิก มี 3 ขนาด คือถ้วยหมายเลข 2 หมายเลข 3 และหมายเลข 4 ถ้วยแต่ละขนาดมีเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อทางออกต่างกัน และเหมาะสำหรับการหาความหนืดของสารได้ในช่วงต่างกัน

ซึ่งก่อนทำการทดสอบให้เลือกถ้วยที่เหมาะสม โดยใช้ถ้วยหมายเลข 3 และหมายเลข 4 สำหรับทดสอบสารที่มีเวลาการไหลออกจากถ้วยอยู่ระหว่าง 20 - 100 วินาที ส่วนถ้วยหมายเลข 2 สำหรับเวลาการไหลออกจากถ้วย 40 - 100 วินาที หากไม่เคยทดสอบมาก่อนควรทดสอบการใช้งานว่าสารที่ต้องการทดสอบใช้เวลาในการไหลเท่าใดอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่เพื่อเลือกใช้ขนาดของถ้วยให้เหมาะสม หลังจากนั้นปรับระดับการวางของเครื่องมือให้ได้ระดับเพื่อช่วยให้สารที่บรรจุในถ้วยจน

เต็มมันไม่มีรอยโค้งหรือล้นออกจากถ้วยด้านใดด้านหนึ่ง และทดสอบหาเวลาในการไหลของสาร ออกจากถ้วยโดยเอานิ้วปิดท่อทางออกด้านล่างของถ้วยแล้วเติมสารลงไปจนล้น ใช้กระจกหรือพายปาดส่วนที่ล้นออก เปิดปลายท่อที่เอานิ้วปิดไว้ จับเวลาจนกระทั่งสารไหลออกจนหมด (t) นำมาคำนวณหาความหนืดคิเนมาติก (หน่วยเป็นเซนติสโตก) จากเวลาการไหล (วินาที) ได้ดังต่อไปนี้ (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2524, หน้า 11 – 15; อรุษา สรวารี, 2537, หน้า 171)

$$\text{ถ้วยหมายเลข 2} = 2.388t - 0.007t^2 - 57.008$$

$$\text{ถ้วยหมายเลข 3} = 2.314t - 15.200$$

$$\text{ถ้วยหมายเลข 4} = 3.846t - 17.300$$

เมื่อ t หมายถึง เวลาการไหลของสาร มีหน่วยเป็นวินาที

การทดสอบความหนืดด้วยถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ด นอกจากจะต้องเลือกถ้วยที่เหมาะสมแล้วจะต้องควบคุมอุณหภูมิขณะทดสอบ รวมทั้งควบคุมสภาพของแรงทำต่างๆ ในขณะการทดสอบ ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ค่าความหนืดได้

2.7.1.3. มาตรฐานความหนืดแบบบรูคฟิลด์ เป็นมาตรฐานความหนืดที่มีหน่วยการวัดเป็นเซนติปัวส์ เครื่องมือประกอบด้วย แท่งโลหะทรงกระบอก (Spindle) และหมุนอยู่ในของเหลวที่ต้องการวัด โลหะทรงกระบอกนี้ต่อเข้ากับมอเตอร์เพื่อช่วยให้โลหะทรงกระบอกหมุนได้ และวัดแรงเสียดทานของของเหลวออกมาเป็นองศาการหมุน (Degree of Twist) ซึ่งค่านี้สามารถนำมาคำนวณเปลี่ยนค่าเป็นเซนติปัวส์ โดยการคูณค่าคงที่ตามที่กำหนดมากับเครื่อง (Factor) หรือสามารถอ่านค่า เป็นเซนติปัวส์ได้เลยจากเครื่อง หรือเครื่องสามารถนำมาต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อให้คอมพิวเตอร์รายงานผลการทดสอบ

มาตรฐานความหนืดแบบบรูคฟิลด์แต่ละรุ่นจะมีรายละเอียดเฉพาะในการใช้งานที่แตกต่างกัน แต่โดยทั่วไปสิ่งที่ต้อง ควรพิจารณาก่อนคือ การเลือกขนาดของหัวทดสอบให้เหมาะสมกับช่วงความหนืดของสารที่ต้องการวัด โดยพิจารณา ประกอบกับคู่มือ ซึ่งหัวทดสอบที่ใช้สำหรับวัดความหนืดในมาตรฐานนี้จะมีหลายหัวทดสอบ ส่วนมากจะมีจำนวน 7 หัวทดสอบ คือหมายเลข 01 ถึง 07 โดยหมายเลข 01 เหมาะสำหรับวัดน้ำเคลือบในงานทางเซรามิก ซึ่งมีความหนืดไม่สูงมาก นอกจากนี้การเลือกหัวทดสอบต้องคำนึงถึง เกณฑ์มาตรฐานเดิมของแต่ละสถานที่ที่ทดสอบ เช่น สามารถวัดค่าความหนืดของน้ำมันได้โดยการใช้หัวทดสอบหมายเลข 03 หรือ 04 แต่หากต้องการปรับสมบัติของน้ำมันเดิมให้มีสมบัติ ตามที่กำหนดไว้ก็จะต้องเลือกใช้หัวทดสอบเพียงขนาดเดียวตลอดไป นอกจากการเลือกหัวทดสอบแล้วการกำหนด ความเร็วรอบก็จำเป็นต้องเลือกให้เหมาะสมกับความหนืดของสาร เหมาะสมกับหัวทดสอบ รวมทั้งเป็นไปตามมาตรฐานเดิมที่เคยปฏิบัติ หากความเร็วรอบไม่



เหมาะสมกับหัวทดสอบแล้วเครื่องจะไม่ทำงาน (Error) หลังจากนั้นจึงทำการวัดค่าความหนืดตามวิธีการเฉพาะของแต่ละเครื่อง

2.7.1.4. มาตรการความหนืดแบบเกลเลนแคมป์ (Gallenkamp Torsion Viscometer) เป็นมาตรวัดความหนืดที่มีหลักการทำงานเช่นเดียวกับแบบบรูคฟิลด์แต่มีข้อดีคือ ใช้งานง่าย และวัดได้อย่างรวดเร็วทนทานแข็งแรงกว่าแต่ราคาถูกกว่า โดยเครื่องจะประกอบด้วยลวดที่แขวนมาจากด้านบน ที่ปลายด้านล่างมีโลหะ ทรงกระบอก (Cylinder) ซึ่งสามารถหมุนได้อย่างอิสระไปพร้อมกับแกน การวัดจะทำการหมุนโลหะทรงกระบอกให้ครบ 360 องศาแล้วปล่อยให้หมุนกลับ ในภาชนะที่บรรจุของเหลวตัวอย่าง ค่ามุมที่หมุนกลับจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความข้นเหลวของตัวอย่าง แผ่นบอกองศา (Flywheel) ที่ติดอยู่กับลวดเหนือโลหะทรงกระบอกขึ้นไปจะทำให้การหมุนเที่ยงตรงขึ้น ซึ่งความหนืดสามารถพิจารณาได้จากองศาการหมุนและนำมาเปรียบเทียบกัน (สุจาริณี คชวัฒน์, 2536, หน้า 169)

ลวดและโลหะทรงกระบอกมีหลายขนาดในแต่ละเครื่อง แต่ไม่ว่าจะใช้ขนาดใดก็ตาม สิ่งสำคัญในการปรับให้เครื่องมือเที่ยงตรงคือโลหะทรงกระบอกต้องหมุนได้อย่างอิสระ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยการหมุนโลหะทรงกระบอก ให้ครบรอบ (360 องศา) แล้วปล่อยให้หมุนกลับในอากาศ ค่าการหมุน (Over swing) จะต้องกลับไม่เกิน 3 องศา

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย เครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 จำนวน 2 เครื่อง เครื่องวัดความหนืดแบบอัตโนมัติ และเครื่องมือที่ใช้ร่วมในการวิจัย ซึ่งจะกล่าวต่อไปในส่วนของการดำเนินการเก็บข้อมูล

3.1.1 เครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 2 เครื่อง คือเครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 ที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 ที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ สังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3.1.1.1 เครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 ที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังแสดงในรูปที่ 3.1 มีโครงสร้างของผนังเป็นตะกั่ว ภายในโครงสร้างมีท่อสำหรับต้นกำเนิดรังสีอยู่ตรงกลางด้านใน และมีแผ่นเพลทสำหรับวางตัวอย่างในการฉายรังสี (Sample irradiation chamber) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 นิ้ว จำนวน 4 เพลท ปริมาณรังสีที่ได้รับจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของเพลทแต่ละเพลท และตำแหน่งการวางตัวอย่างบนเพลทนั้น รวมทั้งเวลาในการฉายรังสี

ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องฉายรังสีเป็นระบบนิวเมติกโดยขณะนี้ยังไม่ได้ใช้งานต้นกำเนิดรังสี หรือโคบอลต์-60 จะถูกเก็บอยู่ในที่กำบังใต้พื้นดิน เมื่อต้องการใช้งานต้นกำเนิดรังสีถึงจะถูกดึงขึ้นมาตามท่อภายในเครื่องฉายรังสี ซึ่งสามารถควบคุมการทำงานได้จากตู้ควบคุมภายนอกห้องฉาย

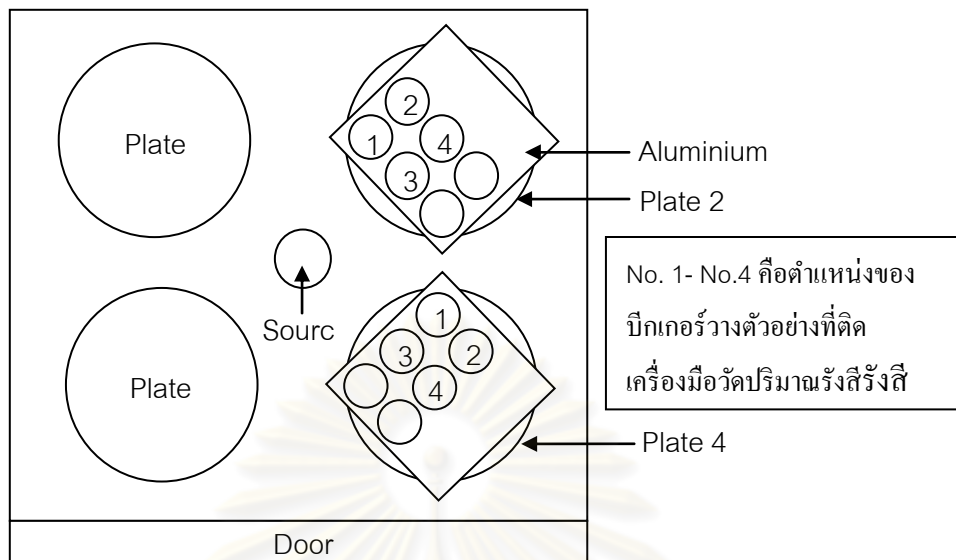


รูปที่ 3.1 เครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 ที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

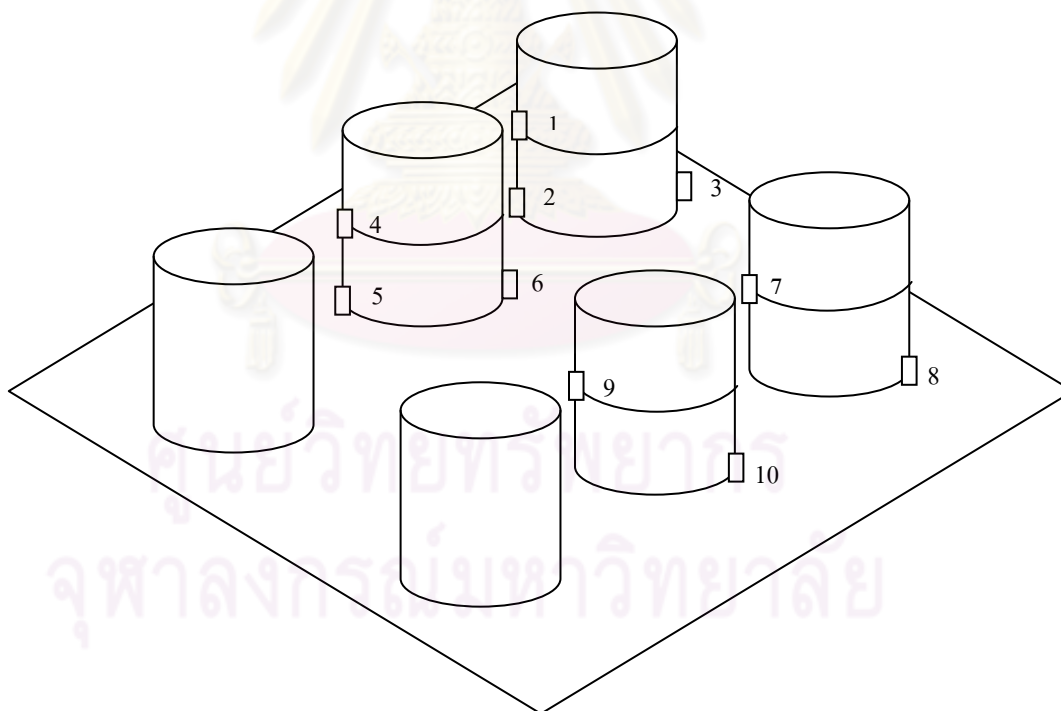
เนื่องจากการฉายรังสีจะต้องมีการวัดปริมาณรังสีในตำแหน่งที่วางตัวอย่างก่อน  
ดังนั้นจึงได้ทำการวัดปริมาณรังสีครั้งที่ 1 ในตำแหน่งที่วางตัวอย่างบนเพลทที่ต้องการแสดงในรูปที่  
3.3 โดยใช้ Opti-Chromic Detector ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ สังกัด  
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีแกมมาชนิด  
แผ่นฟิล์ม จำนวน 10 แผ่นต่อเพลท ติดบนตัวอย่างในตำแหน่งต่างๆเพื่อวัดปริมาณเฉลี่ยของรังสี  
แกมมาของตำแหน่งที่วางตัวอย่างนั้นดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.2 อุปกรณ์วัดปริมาณรังสีแบบ Opti-Chromic Detector



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งการวางของบีกเกอร์ตัวอย่าง



รูปที่ 3.4 ตำแหน่งของ Opti-Chromic Detector ที่ติดบนตัวอย่าง

หลังจากนั้นทำการคำนวณค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีแกมมาจากปริมาณรังสีที่วัดได้จาก

อุปกรณ์วัดปริมาณรังสี Opti-Chromic Detector ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2

ตารางที่ 3.1 ค่าปริมาณรังสีของอุปกรณ์ตรวจวัด Opti-Chromic Detector ของเพลทที่ 2

หมายเลขอุปกรณ์ตรวจวัด	ปริมาณรังสีที่วัดได้ kGy/hr
A (ตำแหน่งที่ 1)	0.6178
A (ตำแหน่งที่ 2)	0.5710
A (ตำแหน่งที่ 3)	0.2305
A (ตำแหน่งที่ 4)	0.4563
A (ตำแหน่งที่ 5)	0.3848
A (ตำแหน่งที่ 6)	0.2183
A (ตำแหน่งที่ 7)	0.2603
A (ตำแหน่งที่ 8)	0.1030
A (ตำแหน่งที่ 9)	0.2533
A (ตำแหน่งที่ 10)	0.0815

จากตารางที่ 3.1 สามารถหาค่าเฉลี่ยของอัตราปริมาณรังสีที่วัดได้ในตำแหน่งของปีกเกอร์ตัวอย่างหมายเลข 1, หมายเลข 2, หมายเลข 3 และหมายเลข 4 ของเพลทที่ 2 ได้เท่ากับ 0.4731 kGy/hr, 0.1817 kGy/hr, 0.3531 kGy/hr และ 0.1674 kGy/hr ตามลำดับ

ตารางที่ 3.2 ค่าปริมาณรังสีของอุปกรณ์ตรวจวัด Opti-Chromic Detector ของเพลทที่ 4

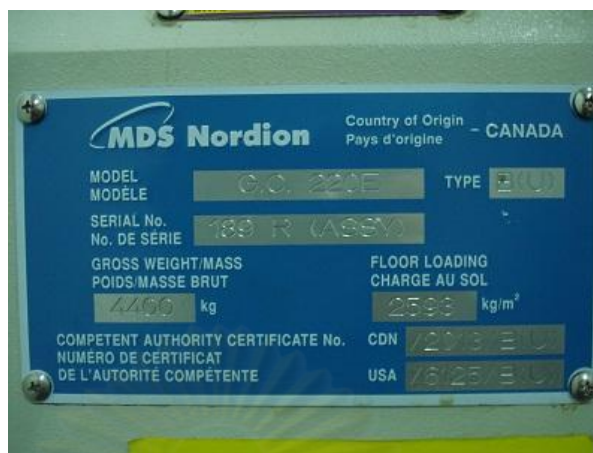
หมายเลขอุปกรณ์ตรวจวัด	ปริมาณรังสีที่วัดได้ kGy/hr
B (ตำแหน่งที่ 1)	0.7079
B (ตำแหน่งที่ 2)	0.6708
B (ตำแหน่งที่ 3)	0.2679
B (ตำแหน่งที่ 4)	0.5637
B (ตำแหน่งที่ 5)	0.5650
B (ตำแหน่งที่ 6)	0.2175
B (ตำแหน่งที่ 7)	0.2879
B (ตำแหน่งที่ 8)	0.1245
B (ตำแหน่งที่ 9)	0.2216
B (ตำแหน่งที่ 10)	0.0720

จากตารางที่ 3.2 สามารถหาค่าเฉลี่ยของอัตราปริมาณรังสีที่วัดได้ในตำแหน่งของ ปีกเกอร์ตัวอย่างหมายเลข 1, หมายเลข 2, หมายเลข 3 และหมายเลข 4 ของเพลทที่ 4 ได้เท่ากับ 0.5488 kGy/hr, 0.2060 kGy/hr, 0.4487 kGy/hr และ 0.1468 kGy/hr ตามลำดับ

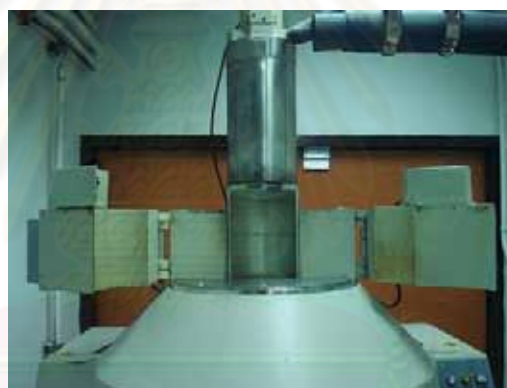
3.1.1.2 เครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 Gammacell 220 excel ของบริษัท MDS Nordion ที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ สังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังแสดงใน รูปที่ 3.5 และ 3.6 โดยมีต้นกำเนิดรังสีเป็นรูปวงแหวนซึ่งถูกเก็บไว้ในห้องส่วนล่าง ซึ่งมีผนังเป็นตะกั่ว เมื่อมีการเดินเครื่องห้องบรรจุตัวอย่างที่อยู่ส่วนบนสุดของเครื่องฉายรังสีดังแสดงรูปที่ 3.7 จะถูกดึงลง ให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางต้นกำเนิดรังสีรูปวงแหวนในห้องส่วนล่างและเมื่อสิ้นสุดการฉายรังสีห้อง บรรจุตัวอย่างจะถูกดึงขึ้นให้อยู่ในตำแหน่งเดิม



รูปที่ 3.5 เครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 Gammacell 220 excel



รูปที่ 3.6 ชื่อบริษัทผู้ผลิตและรุ่นของเครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 ที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 3.7 ห้องบรรจุตัวอย่างของเครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60

Gammacell 220 excel

ในการวัดปริมาณรังสีของเครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 Gammacell 220 excel นี้ เนื่องจากห้องบรรจุตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก จะสามารถบรรจุบีกเกอร์ตัวอย่างได้เพียงบีกเกอร์เดียวเท่านั้น ดังนั้นในการวัดปริมาณรังสีจึงใช้อุปกรณ์วัดปริมาณรังสีชนิด Red perspex 2 ชั้น โดยติดบริเวณบนและล่างสุดของบีกเกอร์ตัวอย่าง ซึ่งจากการวัดปริมาณรังสีจะได้ค่าเฉลี่ยของอัตราปริมาณรังสีเท่ากับ 0.125 kGy/min

3.1.2 เครื่องวัดความหนืดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ใช้เครื่องวัดความหนืดแบบอัตโนมัติ (Automatic Viscometer) ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากฝ่ายควบคุมคุณภาพน้ำมัน สำนักงานพระโขนงและคลัง

น้ำมันพระโขนง บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ให้ใช้เครื่องวัดความหนืดแบบอัตโนมัติ CANNON VISCOSITY METER รุ่น CAV-2000 ดังแสดงในรูปที่ 3.8 และ 3.9 ซึ่งเป็นเครื่องวัดความหนืดที่มีความแม่นยำสูงและสามารถวัดค่าได้โดยตรง ค่าความหนืดที่วัดได้มีหน่วยเป็นเซนติสโตก (cSt) เป็นวิธีการทดสอบตามหลักมาตรฐานที่กำหนดโดย American Society for Testing and Materials (ASTM)



รูปที่ 3.8 เครื่องวัดความหนืดแบบอัตโนมัติ CANNON VISCOSITY METER รุ่น CAV-2000



รูปที่ 3.9 ชื่อบริษัทผู้ผลิตและรุ่นเครื่องวัดความหนืดแบบอัตโนมัติที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องวัดความหนืดจะทำการตรวจวัดค่าความหนืดของน้ำมันตัวอย่างที่อุณหภูมิ 40 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิตามข้อกำหนดในมาตรฐาน ASTM ใช้สำหรับวัดความหนืดของน้ำมันจำพวกไบโอดีเซล หลักการในการตรวจวัดจะประมวลผลเลือกช่วงในการทดสอบโดยอัตโนมัติและมีการกำหนดค่า



Repeatability โดยทำการทดสอบซ้ำ 2 ครั้งในแต่ละตัวอย่างเพื่อหาค่าเฉลี่ย และประมวลผลออกมาทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีวิธีใช้งานดังต่อไปนี้

3.1.2.1 เติมน้ำมันตัวอย่างใส่ในถ้วยแก้วที่มีขนาดเฉพาะสำหรับเครื่องวัดความหนืดแบบอัตโนมัติ CANNON VISCOSITY METER รุ่น CAV-2000 โดยเติมน้ำมันตัวอย่างให้ได้ปริมาตรเท่ากับ 3 ใน 4 ของถ้วยแก้วดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การเตรียมน้ำมันตัวอย่างสำหรับเครื่องวัดความหนืดแบบอัตโนมัติ CANNON VISCOSITY METER

3.1.2.2 นำถ้วยแก้วที่บรรจุน้ำมันตัวอย่างวางลงในช่องบรรจุบนรางของเครื่องทดสอบ ตั้งโปรแกรมการทำงานโดยป้อนข้อมูลหมายเลขรางทดสอบเครื่อง เครื่องจะทำการดูดน้ำมันในถ้วยแก้วเข้า เครื่องทดสอบและส่งไปยังกระบอกแก้ว น้ำมันที่อยู่ในกระบอกแก้วจะถูกทำให้มีอุณหภูมิ 40 °C เมื่อได้อุณหภูมิที่กำหนดน้ำมันตัวอย่างจะถูกปล่อยลงสู่ถ้วยแก้วอีกครั้งพร้อมทำการจับเวลาในการเคลื่อนที่ของน้ำมันโดยอัตโนมัติ ในการตรวจวัดแต่ละครั้งเครื่องจะทำการทดสอบ 2 รอบ แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อแสดงผลออกมาทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

3.1.2.3 อ่านค่าที่ได้ตรงหน้าจอคอมพิวเตอร์ และบันทึกผลการวิจัย

## 3.2 การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยในครั้งนี้เริ่มจากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ได้แก่ ไบโอดีเซล เคมีรังสีพอลิเมอร์ การพัฒนาไบโอดีเซล และการวัดความหนืด พบว่าการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของน้ำมันอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีไปได้อย่างมาก ซึ่งปฏิกิริยาที่

สำคัญในงานวิจัยนี้คือการเกิดโครงร่างแหสามมิติหรือการทำให้พันธะเคมีของโมเลกุลน้ำมันขาดออกจากกันโดยการตัดของรังสี การเกิดโครงร่างแหสามมิติ (Crosslink) จะต้องอาศัยรังสีแกมมาหรือรังสีเอ็กซ์เพื่อทำอันตรกิริยากับสารนั้น โดยอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นจะมี 3 แบบคือ Photoelectric effect, Compton scattering และ Pair Production ซึ่งจะเกิดรูปแบบใดมากกว่านั้นขึ้นอยู่กับพลังงานและเลขอะตอมของตัวกลางที่รังสีผ่าน แต่ไม่ว่าจะเกิดแบบใดก็จะได้อิเล็กตรอนทุติยภูมิออกมาทั้งนั้น อิเล็กตรอนทุติยภูมิที่เกิดขึ้นจะทำให้โมเลกุลใกล้เคียงเกิดไอออน (อนุมูลอิสระของสาร) อิเล็กตรอนและสุดท้ายจะได้โมเลกุลในสถานะกระตุ้น (Excited molecule) ขึ้น

ในการเกิดโมเลกุลในสถานะกระตุ้นจะสามารถเกิดได้ 2 แบบ คือ

1. เกิดจากโมเลกุลของสารทำปฏิกิริยาโดยตรงกับรังสีแล้วได้ออกมาเป็นโมเลกุลในสถานะกระตุ้น
2. เกิดจากการรวมตัวกันของอิเล็กตรอนกับอนุมูลอิสระของสารแล้วได้ออกมาเป็นโมเลกุลในสถานะกระตุ้น

โมเลกุลในสถานะกระตุ้นสูงจะแตกตัว (Dissociate) โดยเกิดสายโซ่ขาดได้เป็นอนุมูลอิสระของโพลิเมอร์ 2 สายที่มีโมเลกุลเล็กกล หรือแยกเป็นอนุมูลอิสระอัลคิล อนุมูลอิสระไฮโดรเจน หลังจากนั้นจะเกิดการรวมตัวกันใหม่ซึ่งอาจได้ทั้งโมเลกุลเดิมหรือโมเลกุลใหม่ที่มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นและแข็งแรงขึ้น

ในการลดความหนืดของน้ำมันก็จะใช้หลักการเดียวกันในการตัดสายโซ่ของกรดไขมันให้สั้นลงแต่จะใช้น้ำและคาร์บอนเตตระคลอไรด์ ( $CCl_4$ ) เป็นตัวทำละลายเพื่อขวางไม่ให้เกิดการ Crosslink กันของสายโซ่ ส่งผลให้โมเลกุลของน้ำมันสั้นลงทำให้มีค่าความหนืดลดลงและสามารถระเหยได้ง่ายขึ้น โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

### 3.2.1 จัดเตรียมเครื่องมือที่ใช้ร่วมในการวิจัยและอุปกรณ์ต่าง ดังต่อไปนี้

3.2.1.1 เครื่องชั่งสาร ใช้เครื่องชั่งยี่ห้อ OHAUS ซึ่งมีความละเอียดโดยมีทศนิยม 4 ตำแหน่ง สำหรับชั่งสารตั้งต้นต่าง ๆ ที่จะใช้ในการสังเคราะห์ยูเรนิลไนเตรทเฮกซะไฮเดรท



รูปที่ 3.11 เครื่องชั่งสาร

3.2.1.2 เครื่องกวนสารแบบให้ความร้อน (Hot Plate Stirrer/Magnetic Stirrer) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ Temp. Range up to 380°C Speed 100-1,650 rpm และ Capacity 50 ml - 5L ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 เครื่องกวนสารแบบให้ความร้อน (Hot Plate Stirrer/Magnetic Stirrer)

### 3.2.1.3 น้ำมันที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1.3.1 น้ำมันปาล์มโอเลอิน (R.B.D. Palm Olein) ตรามรกต (Morakot R.B.D. Palm Olein) ดังแสดงในรูปที่ 3.13 สกัดได้จากเนื้อปาล์มที่มีสัดส่วนชนิดกรดไขมันเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ประกอบด้วยกรดไขมัน olein 43% (Monounsaturated) และ linolein 11% (Poly-unsaturated)



รูปที่ 3.13 น้ำมันปาล์มโอเลอิน (R.B.D. Palm Olein)

3.2.1.3.2 น้ำมันมะพร้าวผ่านกรรมวิธี (Refined Coconut Oil) ตราดอกไม้  
 ดังแสดงในรูปที่ 3.14 เป็นน้ำมันมะพร้าวผ่านกรรมวิธีผสมน้ำมันจากเมล็ดปาล์มในอัตราส่วน 1 : 1  
 ผู้ผลิต คือ บริษัท น้ำมันพืชปทุม จำกัด มีกรรมวิธีผลิตโดยการสกัดน้ำมันจากเนื้อมะพร้าวแห้งโดยการ  
 บีบหรือสกัดด้วยตัวทำละลายแล้วนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์โดยการกำจัดกรดไขมันอิสระ  
 ฟอสฟอรัส และกำจัดกลิ่น



รูปที่ 3.14 น้ำมันมะพร้าวผ่านกรรมวิธี (Refined Coconut Oil) ตราดอกไม้

3.2.1.3.3 น้ำมันหมู (Lard) แผงที่ 73-74 ตลาดมหาสิน กรุงเทพฯ ดังแสดง  
ในรูปที่ 3.15 มีกรรมวิธีการผลิตโดยการให้ความร้อนกับมันหมูจนน้ำมันแตกออกจากเซลล์และได้  
น้ำมันออกมา โดยคุณภาพของน้ำมันหมูขึ้นกับตำแหน่งของมันหมูที่นำมาผลิต



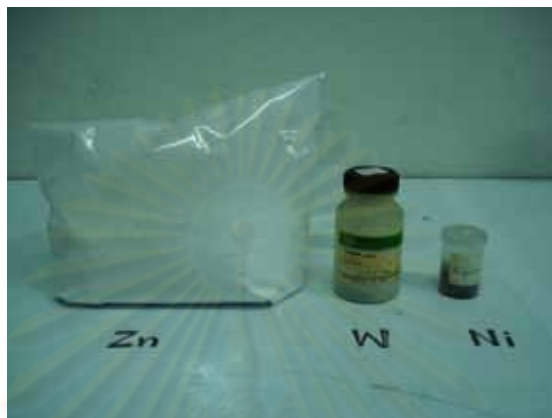
รูปที่ 3.15 น้ำมันหมู (Lard) แผงที่ 73-74 ตลาดมหาสิน กรุงเทพฯ

3.2.1.4 ตัวทำละลายที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือคาร์บอนเตตระคลอไรด์ ( $\text{CCl}_4$ ) และน้ำ  
บริสุทธิ์ที่ผ่านการกรองแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ตัวทำละลายที่ใช้ คาร์บอนเตตระคลอไรด์ และน้ำบริสุทธิ์ที่ผ่านการกรองแล้ว

3.2.1.5 ผงโลหะเลขอะตอมสูงที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้คือ สังกะสี (Zn) ทังสเตน (W) และ นิกเกิล (Ni) ดังแสดงในรูปที่ 3.17 โดยสำหรับผงสังกะสีนั้น ได้ใช้ Zinc stearate เพราะมีอยู่ในห้องวิจัยอยู่แล้ว



รูปที่ 3.17 ผงโลหะเลขอะตอมสูง สังกะสี (ใช้ Zinc stearate) ทังสเตน (W) และ นิกเกิล (Ni)

### 3.2.2 ทดสอบคุณสมบัติและความเข้ากันของตัวทำละลายกับน้ำมันแต่ละชนิด

3.2.2.1 ทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของตัวทำละลายชนิดต่างๆ รายละเอียดดังแสดงในบทที่ 2 หัวข้อ 2.3

3.2.2.2 ทำการทดสอบการเข้ากันของน้ำมันกับตัวทำละลายแต่ละชนิด โดยผสมในอัตราส่วน (ตัวทำละลาย : น้ำมัน) 1:3 , 1:1 และ 3:1 ตามลำดับ โดยทำการผสมตัวทำละลายกับน้ำมันแล้วปล่อยให้ทิ้งไว้ 2 วัน และสังเกตตัวอย่างหลังจากปล่อยให้ทิ้งไว้ว่ามีการแยกชั้นกันหรือไม่ ซึ่งในส่วนของคาร์บอนเตตราคลอไรด์( $CCl_4$ ) หลังจากทำการผสมและปล่อยให้ทิ้งไว้ ไม่มีการแยกชั้นเกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.18 เนื่องจากคาร์บอนเตตราคลอไรด์เป็นสารเคมีที่ไม่มีขั้วจึงสามารถละลายกับน้ำมันได้โดยไม่มีการแยกชั้นในภายหลัง แต่ในส่วนของตัวทำละลายที่เป็นน้ำ ด้วยคุณสมบัติทางเคมีของน้ำที่เป็นสารมีขั้วทำให้เมื่อผสมกับน้ำมันที่เป็นสารไม่มีขั้วแล้วเกิดการแยกชั้นกันในทันทีดังนั้นจึงต้องหาตัวประสาน (Emulsifier) เพื่อให้น้ำซึ่งเป็นตัวทำละลายกับน้ำมันผสมกัน และตัวประสานจะต้องเป็นตัวที่ไม่รบกวน และมีปฏิริยากับตัวอย่างรวมทั้งไม่มีปฏิริยากับรังสีด้วย ในงานวิจัยนี้จะใช้สำลีเป็นตัวประสานดังแสดงในรูปที่ 3.19 เพื่อช่วยให้ตัวทำละลายกับน้ำมันผสมกันตลอดระหว่างการฉายรังสี



รูปที่ 3.18 ตัวอย่างการผสมน้ำมันตัวอย่างกับคาร์บอนเตตราคลอไรด์ในอัตราส่วน 1:1



รูปที่ 3.19 ตัวอย่างการผสมน้ำมันตัวอย่างกับน้ำในอัตราส่วน 1:1

3.2.2.3 ทดสอบเบื้องต้นเพื่อหาขอบเขตของปริมาณรังสีที่เหมาะสม โดยใช้ช่วงของการทดสอบตั้งแต่ 30-70 kGy และใช้น้ำมันปาล์มกับน้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันตัวอย่าง

3.2.2.3.1 ทำการผสมน้ำมันตัวอย่างกับตัวทำละลาย (น้ำ) ในอัตราส่วน (ตัวทำละลาย : น้ำมัน) 1:3, 1:1 และ 3:1 หลังจากนั้นทำการฉายรังสีโดยฉายที่ปริมาณรังสี 30 kGy ด้วยเครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์ - 60 ที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2.3.2 ทำซ้ำข้อ 3.2.2.3.1 โดยเปลี่ยนปริมาณรังสีเป็น 50 kGy และ 70

kGy

3.2.2.3.3 ทำซ้ำข้อ 3.2.2.3.1 – 3.2.2.3.2 โดยเปลี่ยนตัวทำละลายเป็นคาร์บอนเตตราคลอไรด์

3.2.2.3.4 แยกตัวทำละลายกับน้ำมันตัวอย่างออกจากกันแล้วทำการวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืดแบบอัตโนมัติ (Automatic Viscometer) CANNON VISCOSITY METER รุ่น CAV-2000 บันทึกผลการทดลองได้ตามตารางที่ 3.3 และ 3.4

ตารางที่ 3.3 ค่าความหนืดที่ได้ของน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าวหลังผ่านการฉายรังสี

ปริมาณรังสี	ค่าความหนืด (cSt) ที่ 40 °C			
	น้ำมันปาล์ม		น้ำมันมะพร้าว	
30 kGy	HP 3:1	41.81	HC 3:1	32.79
	HP 1:1	41.70	HC 1:1	30.68
	HP 1:3	41.23	HC 1:3	30.84
	CP 3:1	56.61	CC 3:1	42.55
	CP 1:1	45.93	CC 1:1	41.34
	CP 1:3	43.73	CC 1:3	39.42
50 kGy	HP 3:1	44.08	HC 3:1	32.19
	HP 1:1	43.53	HC 1:1	32.64
	HP 1:3	42.32	HC 1:3	32.05
	CP 3:1	106.3	CC 3:1	53.34
	CP 1:1	52.99	CC 1:1	46.76
	CP 1:3	49.38	CC 1:3	43.77
70 kGy	HP 3:1	44.23	HC 3:1	34.81
	HP 1:1	43.77	HC 1:1	33.64
	HP 1:3	42.85	HC 1:3	32.67
	CP 3:1	95.61	CC 3:1	55.86
	CP 1:1	52.07	CC 1:1	48.32
	CP 1:3	46.97	CC 1:3	45.87

\*HP = น้ำ : น้ำมันปาล์ม CP = คาร์บอนเตตราคลอไรด์ : น้ำมันปาล์ม

\*HC = น้ำ : น้ำมันมะพร้าว CC = คาร์บอนเตตราคลอไรด์ : น้ำมันมะพร้าว



ตารางที่ 3.4 ค่าความหนืดของน้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการฉายรังสีและไม่ฉายรังสีโดย  
ไม่ผสมกับตัวทำละลาย

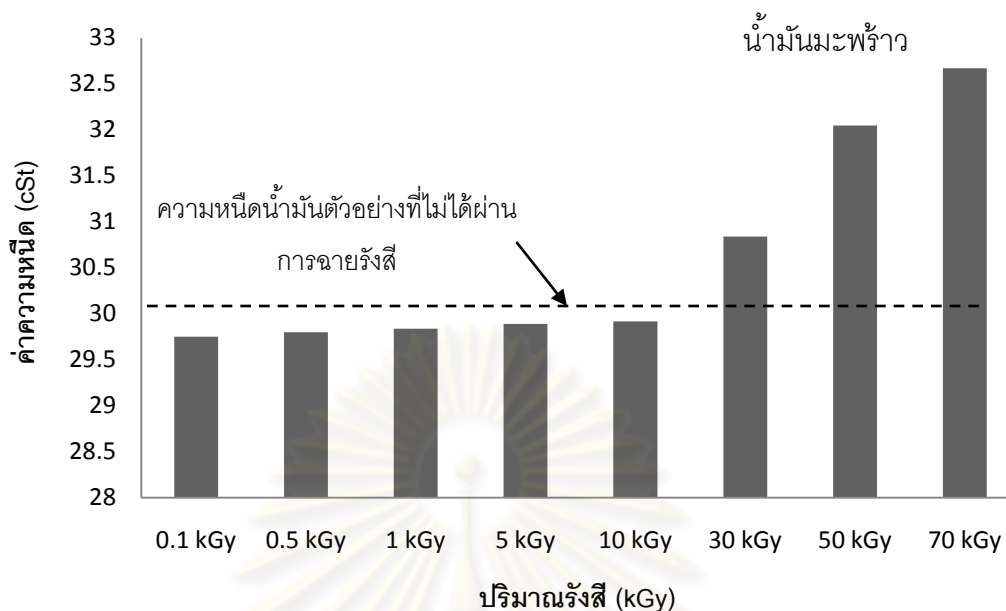
ชนิดของน้ำมัน	ค่าความหนืดในหน่วย cSt ที่ 40 °C			
	ไม่ฉายรังสี	30 kGy	50 kGy	70 kGy
น้ำมันปาล์ม	40.36	41.29	41.44	42.80
น้ำมันมะพร้าว	30.03	30.72	31.09	32.38

จากตารางที่ 3.3 และ 3.4 สามารถสรุปได้ว่าปริมาณรังสีในช่วง 30 – 70 kGy ทำให้น้ำมันตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดมีความหนืดสูงขึ้น ซึ่งในช่วงนี้ความหนืดของน้ำมันตัวอย่างจะแปรผันตามปริมาณรังสี และชนิดของตัวทำละลายมีผลทำให้ค่าความหนืดเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นจึงได้มีการทดสอบเบื้องต้นเพื่อกำหนดช่วงของปริมาณรังสีใหม่โดยจะใช้ปริมาณรังสีในช่วง 0.1 - 10 kGy คือ 0.1 kGy, 0.5 kGy, 1kGy, 5kGy และ 10kGy และทำการทดสอบโดยใช้น้ำมันมะพร้าวผสมกับตัวทำละลาย (น้ำ) ในอัตราส่วน 1: 3 ซึ่งเป็นอัตราส่วนโดยเฉลี่ยที่สามารถลดความหนืดได้มากที่สุดของน้ำมันมะพร้าวที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ผลจากการทดสอบแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ค่าความหนืดที่วัดได้ของน้ำมันมะพร้าวหลังผ่านการฉายรังสีในช่วง 1-10 kGy

ชนิดของน้ำมัน	ค่าความหนืดในหน่วย cSt ที่ 40 °C				
	0.1 kGy	0.5 kGy	1 kGy	5 kGy	10 kGy
น้ำมันมะพร้าว (HC 1:3)	29.75	29.80	29.84	29.89	29.92

จากตารางที่ 3.5 สามารถสรุปได้ว่าถ้าใช้ปริมาณรังสีต่ำทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะสามารถลดความหนืดของน้ำมันตัวอย่างได้ ซึ่งค่าความหนืดจะแปรผันตามปริมาณรังสี ดังแสดงในรูปที่ 3.20 โดยช่วงที่น่าสนใจสำหรับการกำหนดขอบเขตของงานวิจัยคือ 0.1 – 1 kGy คือ 0.1 kGy, 0.5 kGy และ 1 kGy ในการทำการทดสอบจริงจะใช้เครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 Gammacell 220 excel ของบริษัท MDS Nordion ที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ สังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ เครื่องวัดความหนืดแบบอัตโนมัติ CANNON VISCOSITY METER รุ่น CAV-2000 ของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)



รูปที่ 3.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความหนืดและปริมาณรังสี

3.2.3 ทดสอบนัยสำคัญของแหล่งผลิตน้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์ [1] โดยการตรวจวัดค่าความหนืดของน้ำมันแต่ละชนิดจาก 2 แหล่งที่มา ดังแสดงในตารางที่ 3.6 จากการทดสอบพบว่าน้ำมันที่มาจากแหล่งที่มาต่างกันมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าความหนืดอยู่ในช่วง 2.024 – 6.49 ซึ่งมีย่าน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่ามากและน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ของไบโอดีเซลตามรายละเอียดแนบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงาน ข้อกำหนดคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ. 2549

ตารางที่ 3.6 นัยสำคัญจากแหล่งผลิตน้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์ต่อค่าความหนืดเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน [1]

ชนิดน้ำมัน	แหล่งที่มา		ค่าความหนืด (cSt) ที่ 40 °C		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (%)
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	
น้ำมันปาล์ม	ตรามรกต	ตราคิง	40.01	39.20	2.02
น้ำมันมะพร้าวผ่านกรรมวิธี	ตราดอกไม้	ตราไฟปอก	29.79	30.40	2.05
น้ำมันหมู	ตลาดสามย่าน	ตลาดบางจาก	38.69	41.20	6.49
น้ำมันไบโอดีเซล	เกณฑ์ขั้นต่ำ	เกณฑ์ขั้นสูง	1.9	8.0	76.25

3.2.4 สรุปตัวแปรที่จะทำการศึกษาซึ่งคาดว่าจะมีผลต่อการลดลงของความหนืดเมื่อทำการฉายรังสีจากโคบอลต์-60 โดยมีปัจจัยที่จะทำการศึกษากำหนด 5 ปัจจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.4.1 ชนิดของน้ำมัน ได้แก่ น้ำมันหมู น้ำมันมะพร้าวผ่านกรรมวิธี และน้ำมันปาล์มโอเลอิน เนื่องจากเป็นน้ำมันที่มีแหล่งที่มาภายในประเทศ สามารถหาได้ง่าย และความแตกต่างของแหล่งที่มาไม่ส่งผลกระทบต่อการวิจัยอย่างมีนัยสำคัญ [1]

3.2.4.2 ชนิดของตัวทำละลายระหว่างการฉายรังสี ได้แก่ น้ำ และคาร์บอนเตตราคลอไรด์ เนื่องจากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าสามารถใช้สารละลายในการเป็นตัวประสานระหว่างน้ำกับน้ำมันได้ ส่วนคาร์บอนเตตราคลอไรด์สามารถรวมกับน้ำมันได้ โดยตัวทำละลายทั้ง 2 ไม่แยกชั้นกับน้ำมัน ตัวอย่างเมื่อปล่อยให้ทิ้งไว้ 2 วัน หลังทำการผสมทำให้ไม่ต้องทำการกวนน้ำมันผสมระหว่างการฉายรังสี และสามารถแยกตัวทำละลายทั้ง 2 ได้โดยง่าย คือ สำหรับน้ำสามารถปล่อยให้ทิ้งไว้ให้แยกชั้นเองได้ ส่วนคาร์บอนเตตราคลอไรด์ก็สามารถแยกได้โดยการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย เนื่องจากคาร์บอนเตตราคลอไรด์มีจุดเดือดอยู่ที่  $76.72^{\circ}\text{C}$  จึงเป็นการง่ายที่จะสกัดตัวทำละลายออกเพราะมีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำมันมาก

3.2.4.3 สัดส่วนสารละลาย (ตัวทำละลาย : น้ำมัน) ระหว่าง 1:3, 1:1 และ 3:1 เนื่องจากการทดสอบเบื้องต้นยังไม่สามารถระบุผลกระทบจากสัดส่วนสารละลายที่ชัดเจน จึงได้สมมติฐานว่าสัดส่วนของตัวทำละลายจะส่งผลต่อการลดความหนืดโดยทำหน้าที่ขวางกั้นหมู่ฮัลคิลที่ถูกตัดขาดไม่ให้กลับมารวมตัวกันใหม่ ซึ่งปัจจัยนี้อาจส่งผลควบคู่กับปัจจัยที่ 3.2.4.4 นั่นคือปริมาณรังสีแกมมา สัดส่วนแต่ละสัดส่วนอาจส่งผลไม่เหมือนกันในแต่ละประเภทของน้ำมัน และตัวทำละลายแต่ละประเภทในสัดส่วนต่างกันก็อาจส่งผลไม่เหมือนกันเช่นกัน

3.2.4.4 ปริมาณรังสีแกมมาที่ฉาย ในการทดสอบเบื้องต้นช่วงปริมาณรังสีตั้งแต่ 30-70 kGy ทำให้น้ำมันตัวอย่างที่ได้มีค่าความหนืดมากขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำมันตัวอย่างก่อนการฉายรังสี ทำให้ช่วงปริมาณรังสีนี้ไม่เหมาะสมในการทำการฉายรังสี แต่ในการทดสอบเบื้องต้นครั้งที่ 2 ได้ทดสอบปริมาณรังสีในช่วง 0.1-10 kGy ซึ่งสรุปได้ว่าช่วงปริมาณรังสีต่ำๆ สามารถลดค่าความหนืดของน้ำมันตัวอย่างได้ ดังนั้นจึงได้เลือกช่วงที่ดีที่สุดในการทดสอบเบื้องต้น 3 ค่าในการทำวิจัยต่อไป คือ 0.1-1 kGy

3.2.4.5 การใส่และไม่ใส่ผงโลหะเลขอะตอมสูง เนื่องจากในการทดสอบเบื้องต้นโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายพบว่าค่าความหนืดที่ลดลงยังไม่มากเท่าที่ควร ดังนั้นในการทำวิจัยจริงจะใช้ผงโลหะเลขอะตอมสูง 3 ชนิดทดสอบกับอัตราส่วนที่ดีที่สุด และปริมาณรังสีที่ดีที่สุดของตัวทำละลายที่ใช้

น้ำ เพื่อดูว่าโลหะอะตอมสูงสามารถช่วยให้ค่าความหนืดของน้ำมันตัวอย่างลดลงเมื่อเทียบกับค่าความหนืดของน้ำตัวอย่างที่ไม่ใส่โลหะอะตอมสูงได้หรือไม่

### 3.2.5 วิธีการดำเนินการฉายรังสี มีรายละเอียดการดำเนินการดังนี้

3.2.5.1 แบ่งกลุ่มเป็น 2 กลุ่มตามชนิดของตัวทำละลาย คือ กลุ่มที่ 1 ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย และกลุ่มที่ 2 ใช้คาร์บอนเตตราคลอไรด์เป็นตัวทำละลาย นำตัวทำละลายทั้ง 2 ผสมกับน้ำมันตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด โดยบรรจุในปิกเกอร์ขนาด 250 ml

3.2.5.2 ทำการคำนวณปริมาณรังสีที่เครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์ - 60 ที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติโดยใช้ Red perspex หาค่าปริมาณรังสีที่ตำแหน่งปิกเกอร์ ซึ่งจากการตรวจวัดได้อัตราปริมาณรังสีเท่ากับ 0.125 kGy/min

3.2.5.3 ฉายรังสีตัวอย่างโดยใส่ตัวอย่างที่ละปิกเกอร์ ซึ่งแบ่งปริมาณรังสีเป็น 3 ค่า คือ 0.1, 0.5 และ 1 kGy ตามตารางที่ 3.7 และ 3.8

ตารางที่ 3.7 เวลาในการฉายรังสีของปริมาณรังสีทั้ง 3 ค่า

ปริมาณรังสี	เวลาในการฉาย (วินาที)
0.1 kGy	48
0.5 kGy	240
1 kGy	480

ตารางที่ 3.8 รหัสตัวอย่างในการฉายรังสี

ปริมาณรังสี	ชนิดของน้ำมันตัวอย่าง					
	น้ำมันปาล์ม		น้ำมันมะพร้าว		น้ำมันหมู	
0.1 kGy	HP 3:1 (0.1)	CP 3:1 (0.1)	HC 3:1 (0.1)	CC 3:1 (0.1)	HL 3:1 (0.1)	CL 3:1 (0.1)
	HP 1:1 (0.1)	CP 1:1 (0.1)	HC 1:1 (0.1)	CC 1:1 (0.1)	HL 1:1 (0.1)	CL 1:1 (0.1)
	HP 1:3 (0.1)	CP 1:3 (0.1)	HC 1:3 (0.1)	CC 1:3 (0.1)	HL 1:3 (0.1)	CL 1:3 (0.1)
0.5 kGy	HP 3:1 (0.5)	CP 3:1 (0.5)	HC 3:1 (0.5)	CC 3:1 (0.5)	HL 3:1 (0.5)	CL 3:1 (0.5)
	HP 1:1 (0.5)	CP 1:1 (0.5)	HC 1:1 (0.5)	CC 1:1 (0.5)	HL 1:1 (0.5)	CL 1:1 (0.5)
	HP 1:3 (0.5)	CP 1:3 (0.5)	HC 1:3 (0.5)	CC 1:3 (0.5)	HL 1:3 (0.5)	CL 1:3 (0.5)
1 kGy	HP 3:1 (1)	CP 3:1 (1)	HC 3:1 (1)	CC 3:1 (1)	HL 3:1 (1)	CL 3:1 (1)
	HP 1:1 (1)	CP 1:1 (1)	HC 1:1 (1)	CC 1:1 (1)	HL 1:1 (1)	CL 1:1 (1)
	HP 1:3 (1)	CP 1:3 (1)	HC 1:3 (1)	CC 1:3 (1)	HL 1:3 (1)	CL 1:3 (1)

3.2.5.4 แยกน้ำมันตัวอย่างออกจากตัวทำลาย และทำการวัดค่าความหนืดด้วย เครื่องวัดความหนืดแบบอัตโนมัติ CANNON VISCOSITY METER ที่บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) และบันทึกค่าความหนืด

3.2.5.5 เลือกค่าปริมาณรังสีและอัตราส่วนที่ดีที่สุดที่สุดของตัวอย่างที่ใช้น้ำเป็นตัวทำลายมาทำการทดสอบต่อโดยเพิ่มตัวแปรคือการใส่ผงโลหะเลขอะตอมสูง 3 ชนิด คือ ทังสแตน (Tungsten), สังกะสี (ใช้ Zinc Stearate) และนิกเกิล (Nickel) ดังแสดงในตารางที่ 3.9 ซึ่งในการทดลองนี้จะยึดการใส่ผงโลหะเลขอะตอมสูงในปริมาณที่เท่ากันเพื่อให้ได้ปริมาณเดียวกันทุกการทดลอง โดยการตรวจด้วยซ็อนตักสารเบอร์ 2 และเมื่อนำผงโลหะแต่ละชนิดมาซึ่งในปริมาณที่เท่ากันแล้วจะได้เท่ากับ ทังสแตน (Tungsten) ได้ 9.2249 กรัม, สังกะสี (ใช้ Zinc Stearate) ได้ 0.3316 กรัม และนิกเกิล (Nickel) ได้ 3.6221 กรัม

ตารางที่ 3.9 รหัสของตัวอย่างที่ใส่ผงโลหะเลขอะตอมสูง

ปริมาณรังสี และ อัตราส่วน	ชนิดของน้ำมันตัวอย่าง		
	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันมะพร้าว	น้ำมันหมู
ปริมาณรังสีและ อัตราส่วนที่ดีที่สุดของ น้ำมันแต่ละชนิด	HP (W)	HC (W)	HL (W)
	HP (Zn)	HC (Zn)	HL (Zn)
	HP (Ni)	HC (Ni)	HL (Ni)

3.2.5.6 ทำการสรุปผลการลดค่าความหนืดของน้ำมันทั้งก่อนและหลังการฉายรังสี เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

### 3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

แนวทางวิเคราะห์ผลการลดความหนืดน้ำมันตัวอย่าง โดยการฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์ - 60 จากการควบคุมปัจจัยทั้ง 5 เมื่อทำการตรวจวัดค่าความหนืดโดยเครื่องวัดความหนืดแบบอัตโนมัติ ทั้งก่อนและหลังการฉายรังสีแกมมาตามรูปแบบการทดลองที่กำหนด มีแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.3.1 วิเคราะห์ผลการลดความหนืดน้ำมันตัวอย่างทั้งก่อนและหลังการฉายรังสีแกมมาตามมาตรฐาน ASTM D 445 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อศึกษาผลการลดความหนืดโดยการฉาย

รังสีแกมมาจากโคบอลต์ – 60 ทำการเปรียบเทียบผลการลดความหนืดทุกกลุ่มตัวอย่างที่ดำเนินการ เป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับค่าความหนืดก่อนทำการฉายรังสีและหลังผ่านการฉายรังสี

3.3.2 วิเคราะห์ผลการลดความหนืดจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่ทำการศึกษา เป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อศึกษาผลการลดความหนืดจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยในการทดลองโดยนำ เปอร์เซ็นต์การลดความหนืดของแต่ละกลุ่มตัวอย่างจากข้อ 3.3.1 มาทำการเปรียบเทียบ ดังนี้

3.3.2.1 เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดน้ำมันตัวอย่างก่อนและหลังการฉายรังสีโดยมีตัวแปรเดียวคือปริมาณรังสี

3.3.2.2 เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันตัวอย่างที่ผสมตัวทำละลาย เทียบกับน้ำมันตัวอย่างก่อนการฉายรังสีกับน้ำมันตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีโดยไม่ผสมตัวทำละลาย ในปริมาณรังสีเดียวกัน

3.3.2.3 เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันตัวอย่างที่ผสมน้ำเป็นตัวทำละลายและผสมผงโลหะอะตอมสูงทั้ง 3 ชนิด เทียบกับน้ำมันตัวอย่างก่อนฉายรังสี, น้ำมันตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีโดยไม่ผสมตัวทำละลายในปริมาณรังสีเดียวกัน และน้ำมันตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีโดยผสมตัวทำละลายในปริมาณรังสีเดียวกัน

## บทที่ 4

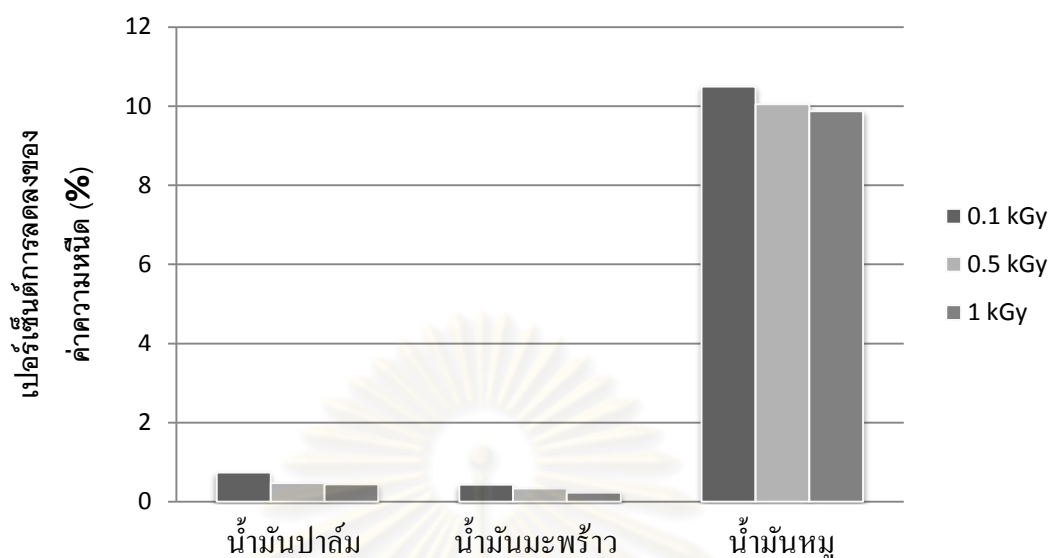
### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 4.1 ผลการลดลงของค่าความหนืดน้ำมันตัวอย่างโดยการฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60

4.1.1 ค่าความหนืดของน้ำมันตัวอย่างก่อนและหลังการฉายรังสีโดยมีตัวแปรคือปริมาณรังสีเพียงอย่างเดียว ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ รูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าความหนืดของน้ำมันตัวอย่างทั้งก่อนและหลังการฉายรังสีจากโคบอลต์-60 โดยมีตัวแปรคือ ปริมาณรังสีที่ใช้

ชนิดน้ำมัน	ปริมาณรังสี (kGy)	ค่าความหนืด (cSt) ที่ 40°C		ค่าความหนืดลดลง	
		ก่อนฉายรังสี	หลังฉายรังสี	cSt	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
น้ำมัน ปาล์ม	0.1	40.36	40.06	0.3	0.74
	0.5	40.36	40.17	0.19	0.47
	1	40.36	40.18	0.18	0.44
น้ำมัน มะพร้าว	0.1	30.03	29.9	0.13	0.43
	0.5	30.03	29.93	0.1	0.33
	1	30.03	29.96	0.07	0.23
น้ำมัน หมู	0.1	38.79	34.72	4.07	10.49
	0.5	38.79	34.89	3.9	10.05
	1	38.79	34.96	3.74	9.87



รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความชื้นน้ำมันตัวอย่างโดยมีตัวแปรคือ ปริมาณรังสี

4.1.2 ค่าความชื้นของน้ำมันตัวอย่างหลังการฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 โดยมีตัวแปรเป็นปัจจัยทั้ง 4 คือ ชนิดของน้ำมัน ได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันหมู ชนิดของตัวทำละลาย ได้แก่ น้ำ และคาร์บอนเตตราคลอไรด์ อัตราส่วนของตัวทำละลาย : น้ำมัน ได้แก่ 1:3, 1:1 และ 3:1 และปริมาณรังสี ได้แก่ 0.1, 0.5 และ 1 kGy เปรียบเทียบกับน้ำมันก่อนการฉายรังสี ดังแสดงในตารางที่ 4.2 - 4.4 และ รูปที่ 4.2 - 4.4



ตารางที่ 4.2 ค่าความหนืดและเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันปาล์มหลังฉายรังสีเมื่อเทียบกับน้ำมันปาล์มก่อนฉายรังสี

รหัสตัวอย่าง	ปัจจัยที่กำหนด			ค่าความหนืด (cSt) ที่ 40°C		ค่าความหนืดลดลง	
	อัตราส่วน	ปริมาณรังสี	ตัวทำละลาย	ก่อนฉาย	หลังฉาย	cSt	เปอร์เซ็นต์ (%)
HP 1:3 (0.1)	1:3	0.1	H <sub>2</sub> O	40.36	40.09	0.27	0.67
HP 1:1 (0.1)	1:1	0.1	H <sub>2</sub> O	40.36	40.02	0.34	0.84
HP 3:1 (0.1)	3:1	0.1	H <sub>2</sub> O	40.36	39.92	0.44	1.09
HP 1:3 (0.5)	1:3	0.5	H <sub>2</sub> O	40.36	40.00	0.36	0.89
HP 1:1 (0.5)	1:1	0.5	H <sub>2</sub> O	40.36	39.61	0.75	1.86
HP 3:1 (0.5)	3:1	0.5	H <sub>2</sub> O	40.36	40.67	-0.31	-0.77
HP 1:3 (1)	1:3	1	H <sub>2</sub> O	40.36	40.13	0.23	0.57
HP 1:1 (1)	1:1	1	H <sub>2</sub> O	40.36	39.88	0.48	1.19
HP 3:1 (1)	3:1	1	H <sub>2</sub> O	40.36	40.66	-0.30	-0.74
CP 1:3 (0.1)	1:3	0.1	CCl <sub>4</sub>	40.36	32.70	7.66	18.98
CP 1:1 (0.1)	1:1	0.1	CCl <sub>4</sub>	40.36	30.16	10.20	25.27
CP 3:1 (0.1)	3:1	0.1	CCl <sub>4</sub>	40.36	39.15	1.21	3.00
CP 1:3 (0.5)	1:3	0.5	CCl <sub>4</sub>	40.36	40.25	0.11	0.27
CP 1:1 (0.5)	1:1	0.5	CCl <sub>4</sub>	40.36	41.30	-0.94	-2.33
CP 3:1 (0.5)	3:1	0.5	CCl <sub>4</sub>	40.36	42.39	-2.03	-5.03
CP 1:3 (1)	1:3	1	CCl <sub>4</sub>	40.36	40.63	-0.27	-0.67
CP 1:1 (1)	1:1	1	CCl <sub>4</sub>	40.36	44.35	-3.99	-9.89
CP 3:1 (1)	3:1	1	CCl <sub>4</sub>	40.36	38.49	1.87	4.63

หมายเหตุ ดำเนินการกลั่นลำดับส่วนแยก คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl<sub>4</sub>) และแยกน้ำออกก่อนตรวจวัดความหนืด

ตารางที่ 4.3 ค่าความหนืดและเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าวหลังฉายรังสี  
เมื่อเทียบกับน้ำมันมะพร้าวก่อนฉายรังสี

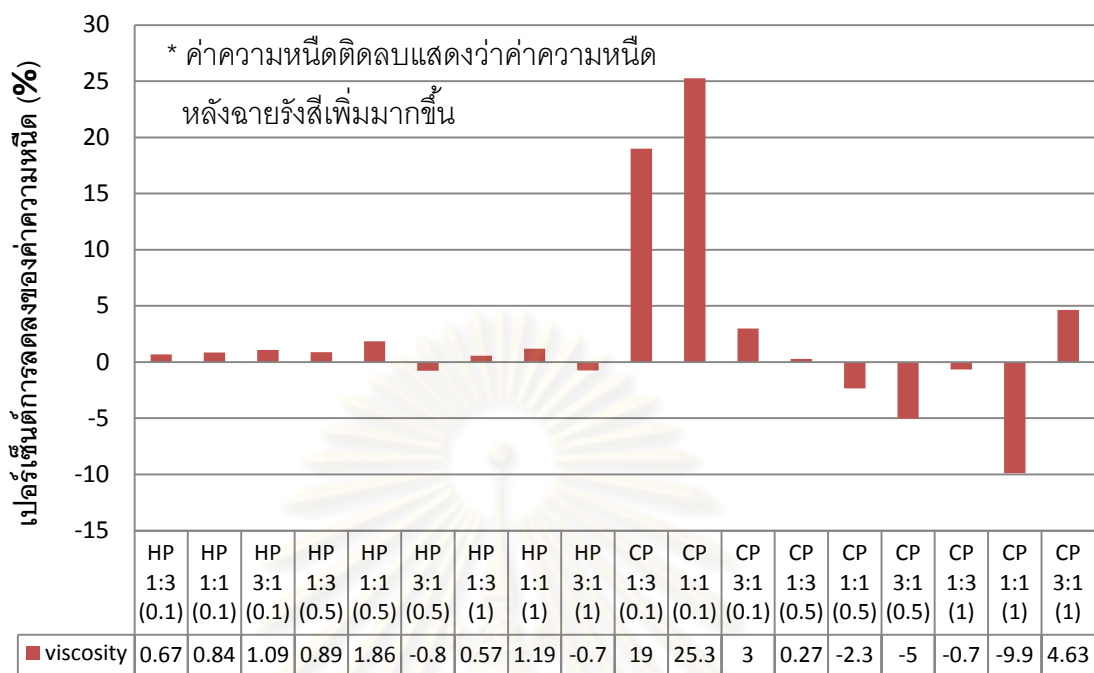
รหัสตัวอย่าง	ปัจจัยที่กำหนด			ค่าความหนืด (cSt) ที่ 40°C		ค่าความหนืดลดลง	
	อัตรา ส่วน	ปริมาณ รังสี	ตัวทำ ละลาย	ก่อนฉาย	หลังฉาย	cSt	เปอร์เซ็นต์ (%)
HC 1:3 (0.1)	1:3	0.1	H <sub>2</sub> O	30.03	29.68	0.35	1.17
HC 1:1 (0.1)	1:1	0.1	H <sub>2</sub> O	30.03	29.77	0.26	0.87
HC 3:1 (0.1)	3:1	0.1	H <sub>2</sub> O	30.03	29.84	0.19	0.63
HC 1:3 (0.5)	1:3	0.5	H <sub>2</sub> O	30.03	29.74	0.29	0.97
HC 1:1 (0.5)	1:1	0.5	H <sub>2</sub> O	30.03	29.8	0.23	0.77
HC 3:1 (0.5)	3:1	0.5	H <sub>2</sub> O	30.03	29.89	0.14	0.47
HC 1:3 (1)	1:3	1	H <sub>2</sub> O	30.03	28.66	1.37	4.56
HC 1:1 (1)	1:1	1	H <sub>2</sub> O	30.03	29.84	0.19	0.63
HC 3:1 (1)	3:1	1	H <sub>2</sub> O	30.03	29.75	0.28	0.93
CC 1:3 (0.1)	1:3	0.1	CCl <sub>4</sub>	30.03	26.66	3.37	11.22
CC 1:1 (0.1)	1:1	0.1	CCl <sub>4</sub>	30.03	31.15	-1.12	-3.73
CC 3:1 (0.1)	3:1	0.1	CCl <sub>4</sub>	30.03	30.34	-0.31	-1.03
CC 1:3 (0.5)	1:3	0.5	CCl <sub>4</sub>	30.03	30.94	-0.91	-3.03
CC 1:1 (0.5)	1:1	0.5	CCl <sub>4</sub>	30.03	14.73	15.30	50.95
CC 3:1 (0.5)	3:1	0.5	CCl <sub>4</sub>	30.03	38.6	-8.57	-28.54
CC 1:3 (1)	1:3	1	CCl <sub>4</sub>	30.03	30.96	-0.93	-3.10
CC 1:1 (1)	1:1	1	CCl <sub>4</sub>	30.03	30.38	-0.35	-1.17
CC 3:1 (1)	3:1	1	CCl <sub>4</sub>	30.03	23.03	7.00	23.31

หมายเหตุ ดำเนินการกลั่นลำดับส่วนแยก คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl<sub>4</sub>) และแยกน้ำออกก่อนตรวจวัดความหนืด

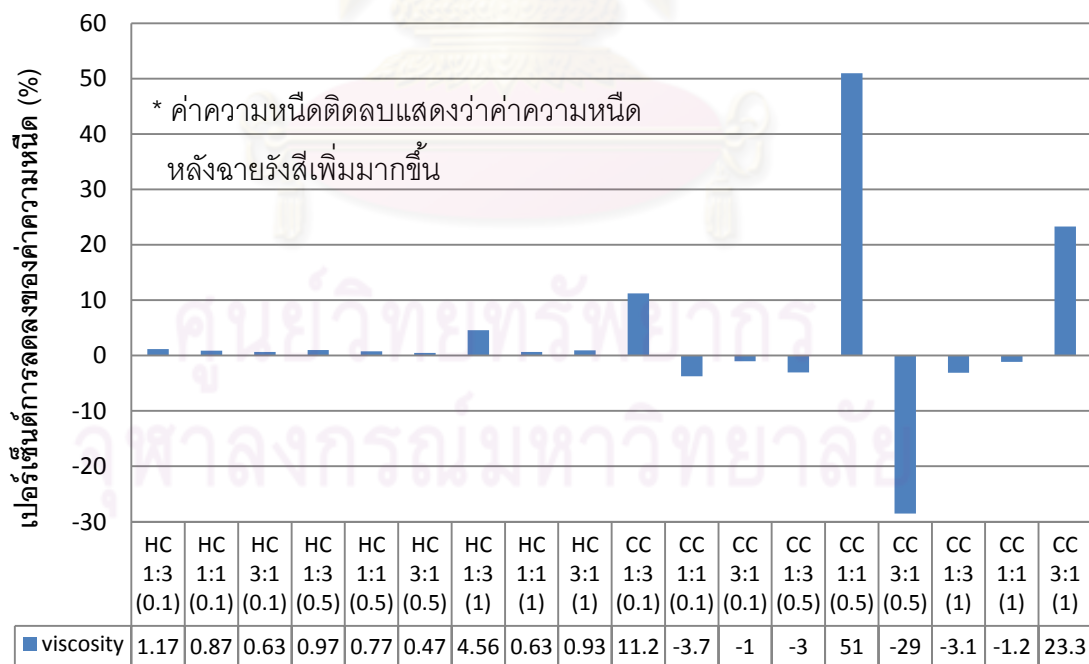
ตารางที่ 4.4 ค่าความหนืดและเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันหมู่อัตราส่วน 1:1 หลังฉายรังสีเมื่อเทียบกับน้ำมันหมู่อัตราส่วน 1:1

รหัสตัวอย่าง	ปัจจัยที่กำหนด			ค่าความหนืด (cSt) ที่ 40°C		ค่าความหนืดลดลง	
	อัตราส่วน	ปริมาณรังสี	ตัวทำละลาย	ก่อนฉาย	หลังฉาย	cSt	เปอร์เซ็นต์ (%)
HL 1:3 (0.1)	1:3	0.1	H <sub>2</sub> O	38.79	38.26	0.53	1.37
HL 1:1 (0.1)	1:1	0.1	H <sub>2</sub> O	38.79	37.87	0.92	2.37
HL 3:1 (0.1)	3:1	0.1	H <sub>2</sub> O	38.79	38.00	0.79	2.04
HL 1:3 (0.5)	1:3	0.5	H <sub>2</sub> O	38.79	38.43	0.36	0.93
HL 1:1 (0.5)	1:1	0.5	H <sub>2</sub> O	38.79	37.03	1.76	4.53
HL 3:1 (0.5)	3:1	0.5	H <sub>2</sub> O	38.79	38.85	-0.06	-0.15
HL 1:3 (1)	1:3	1	H <sub>2</sub> O	38.79	38.40	0.39	1.01
HL 1:1 (1)	1:1	1	H <sub>2</sub> O	38.79	38.37	0.42	1.08
HL 3:1 (1)	3:1	1	H <sub>2</sub> O	38.79	38.17	0.62	1.60
CL 1:3 (0.1)	1:3	0.1	CCl <sub>4</sub>	38.79	36.38	2.41	6.21
CL 1:1 (0.1)	1:1	0.1	CCl <sub>4</sub>	38.79	36.87	1.92	4.95
CL 3:1 (0.1)	3:1	0.1	CCl <sub>4</sub>	38.79	33.13	5.66	14.59
CL 1:3 (0.5)	1:3	0.5	CCl <sub>4</sub>	38.79	36.48	2.31	5.96
CL 1:1 (0.5)	1:1	0.5	CCl <sub>4</sub>	38.79	37.18	1.61	4.15
CL 3:1 (0.5)	3:1	0.5	CCl <sub>4</sub>	38.79	36.64	2.15	5.54
CL 1:3 (1)	1:3	1	CCl <sub>4</sub>	38.79	38.59	0.20	0.52
CL 1:1 (1)	1:1	1	CCl <sub>4</sub>	38.79	36.83	1.96	5.05
CL 3:1 (1)	3:1	1	CCl <sub>4</sub>	38.79	34.28	4.51	11.63

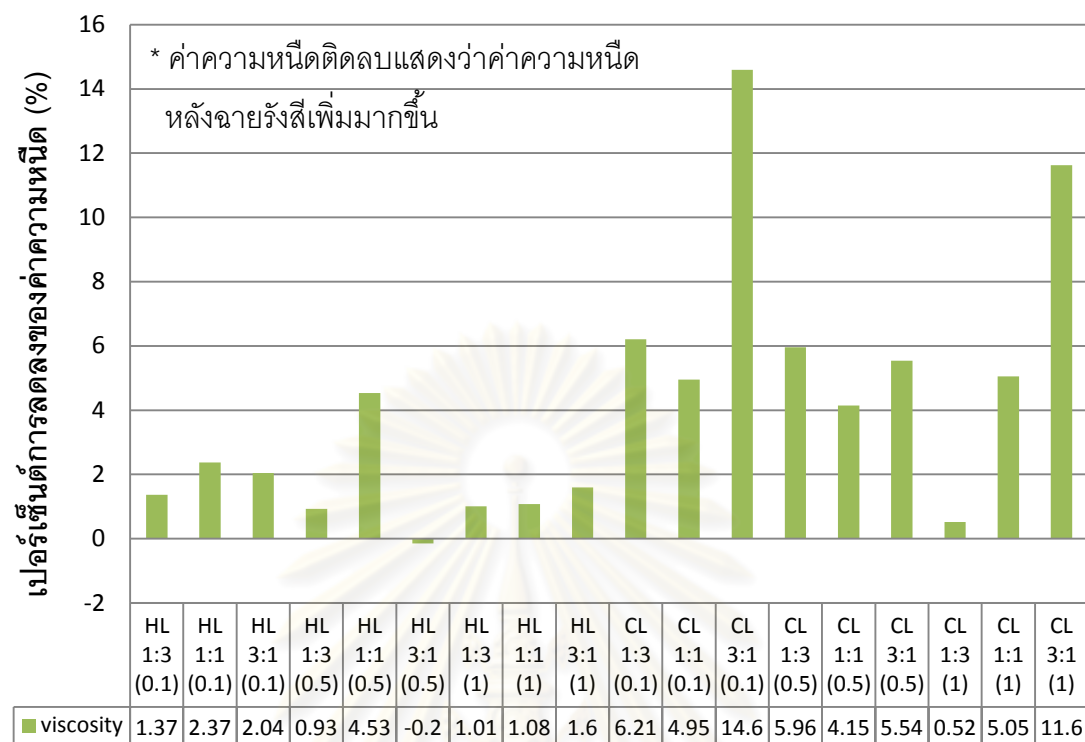
หมายเหตุ ดำเนินการกลั่นลำดับส่วนแยก คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl<sub>4</sub>) และแยกน้ำออกก่อนตรวจวัดความหนืด



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันปาล์ม  
หลังผ่านการฉายรังสีกับน้ำมันปาล์มก่อนฉายรังสี



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าว  
หลังผ่านการฉายรังสีกับน้ำมันมะพร้าวก่อนฉายรังสี



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันหมู  
หลังผ่านการฉายรังสีกับน้ำมันหมูก่อนฉายรังสี

4.1.3 ค่าความหนืดของน้ำมันตัวอย่างหลังการฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 โดยมีตัวแปรเป็นปัจจัยทั้ง 4 คือ ชนิดของน้ำมัน ได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันหมู ชนิดของตัวทำละลาย ได้แก่ น้ำ และคาร์บอนเตตราคลอไรด์ อัตราส่วนของตัวทำละลาย : น้ำมัน ได้แก่ 1:3, 1:1 และ 3:1 และปริมาณรังสี ได้แก่ 0.1, 0.5 และ 1 kGy เปรียบเทียบกับน้ำมันหลังการฉายรังสีโดยมีตัวแปรคือปริมาณรังสีเพียงอย่างเดียว ในปริมาณรังสีเดียวกันดังแสดงในตารางที่ 4.5 - 4.7 และรูปที่ 4.5 - 4.7

ตารางที่ 4.5 ค่าความหนืดและเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันปาล์มที่ผสมตัวทำละลายหลังฉายรังสีเมื่อเทียบกับน้ำมันปาล์มที่ไม่ผสมตัวทำละลายหลังฉายรังสีในปริมาณรังสีเดียวกัน

รหัสตัวอย่าง	ปัจจัยที่กำหนด			ค่าความหนืด (cSt) ที่ 40°C		ค่าความหนืดลดลง	
	อัตราส่วน	ปริมาณรังสี	ตัวทำละลาย	หลังฉาย (ไม่ผสมตัวทำละลาย)	หลังฉาย (ผสมตัวทำละลาย)	cSt	เปอร์เซ็นต์ (%)
HP 1:3 (0.1)	1:3	0.1	H <sub>2</sub> O	40.06	40.09	-0.03	-0.07
HP 1:1 (0.1)	1:1	0.1	H <sub>2</sub> O	40.17	40.02	0.15	0.37
HP 3:1 (0.1)	3:1	0.1	H <sub>2</sub> O	40.18	39.92	0.26	0.65
HP 1:3 (0.5)	1:3	0.5	H <sub>2</sub> O	40.06	40.00	0.06	0.15
HP 1:1 (0.5)	1:1	0.5	H <sub>2</sub> O	40.17	39.61	0.56	1.39
HP 3:1 (0.5)	3:1	0.5	H <sub>2</sub> O	40.18	40.67	-0.49	-1.22
HP 1:3 (1)	1:3	1	H <sub>2</sub> O	40.06	40.13	-0.07	-0.17
HP 1:1 (1)	1:1	1	H <sub>2</sub> O	40.17	39.88	0.29	0.72
HP 3:1 (1)	3:1	1	H <sub>2</sub> O	40.18	40.66	-0.48	-1.19
CP 1:3 (0.1)	1:3	0.1	CCl <sub>4</sub>	40.06	32.70	7.36	18.37
CP 1:1 (0.1)	1:1	0.1	CCl <sub>4</sub>	40.17	30.16	10.01	24.92
CP 3:1 (0.1)	3:1	0.1	CCl <sub>4</sub>	40.18	39.15	1.03	2.56
CP 1:3 (0.5)	1:3	0.5	CCl <sub>4</sub>	40.06	40.25	-0.19	-0.47
CP 1:1 (0.5)	1:1	0.5	CCl <sub>4</sub>	40.17	41.30	-1.13	-2.81
CP 3:1 (0.5)	3:1	0.5	CCl <sub>4</sub>	40.18	42.39	-2.21	-5.50
CP 1:3 (1)	1:3	1	CCl <sub>4</sub>	40.06	40.63	-0.57	-1.42
CP 1:1 (1)	1:1	1	CCl <sub>4</sub>	40.17	44.35	-4.18	-10.41
CP 3:1 (1)	3:1	1	CCl <sub>4</sub>	40.18	38.49	1.69	4.21

หมายเหตุ ดำเนินการกลั่นลำดับส่วนแยก คาร์บอนเตตราคลอไรด์ (CCl<sub>4</sub>) และแยกน้ำออกก่อนตรวจวัดความหนืด

ตารางที่ 4.6 ค่าความหนืดและเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าวที่ผสมตัวทำละลายหลังฉายรังสีเมื่อเทียบกับน้ำมันมะพร้าวที่ไม่ผสมตัวทำละลายหลังฉายรังสีในปริมาณรังสีเดียวกัน

รหัสตัวอย่าง	ปัจจัยที่กำหนด			ค่าความหนืด (cSt) ที่ 40°C		ค่าความหนืดลดลง	
	อัตราส่วน	ปริมาณรังสี	ตัวทำละลาย	ก่อนฉาย	หลังฉาย	cSt	เปอร์เซ็นต์ (%)
HC 1:3 (0.1)	1:3	0.1	H <sub>2</sub> O	29.9	29.68	0.22	0.74
HC 1:1 (0.1)	1:1	0.1	H <sub>2</sub> O	29.93	29.77	0.16	0.53
HC 3:1 (0.1)	3:1	0.1	H <sub>2</sub> O	29.96	29.84	0.12	0.40
HC 1:3 (0.5)	1:3	0.5	H <sub>2</sub> O	29.9	29.74	0.16	0.54
HC 1:1 (0.5)	1:1	0.5	H <sub>2</sub> O	29.93	29.8	0.13	0.43
HC 3:1 (0.5)	3:1	0.5	H <sub>2</sub> O	29.96	29.89	0.07	0.23
HC 1:3 (1)	1:3	1	H <sub>2</sub> O	29.9	28.66	1.24	4.15
HC 1:1 (1)	1:1	1	H <sub>2</sub> O	29.93	29.84	0.09	0.30
HC 3:1 (1)	3:1	1	H <sub>2</sub> O	29.96	29.75	0.21	0.70
CC 1:3 (0.1)	1:3	0.1	CCl <sub>4</sub>	29.9	26.66	3.24	10.84
CC 1:1 (0.1)	1:1	0.1	CCl <sub>4</sub>	29.93	31.15	-1.22	-4.08
CC 3:1 (0.1)	3:1	0.1	CCl <sub>4</sub>	29.96	30.34	-0.38	-1.27
CC 1:3 (0.5)	1:3	0.5	CCl <sub>4</sub>	29.9	30.94	-1.04	-3.48
CC 1:1 (0.5)	1:1	0.5	CCl <sub>4</sub>	29.93	14.73	15.2	50.79
CC 3:1 (0.5)	3:1	0.5	CCl <sub>4</sub>	29.96	38.6	-8.64	-28.84
CC 1:3 (1)	1:3	1	CCl <sub>4</sub>	29.9	30.96	-1.06	-3.55
CC 1:1 (1)	1:1	1	CCl <sub>4</sub>	29.93	30.38	-0.45	-1.50
CC 3:1 (1)	3:1	1	CCl <sub>4</sub>	29.96	23.03	6.93	23.13

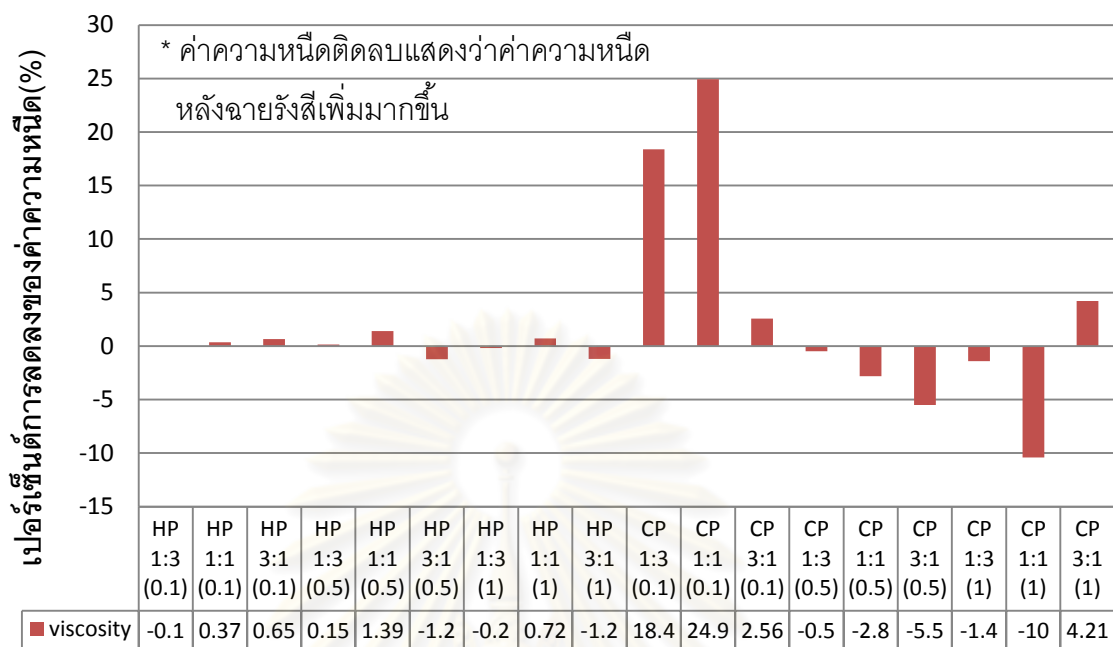
หมายเหตุ ดำเนินการกลั่นลำดับส่วนแยก คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl<sub>4</sub>) และแยกน้ำออกก่อนตรวจวัดความหนืด

ตารางที่ 4.7 ค่าความหนืดและเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันหมูที่ผสมตัวทำละลาย  
หลังฉายรังสีเมื่อเทียบกับน้ำมันหมูที่ไม่ผสมตัวทำละลายหลังฉายรังสีในปริมาณรังสี  
เดียวกัน

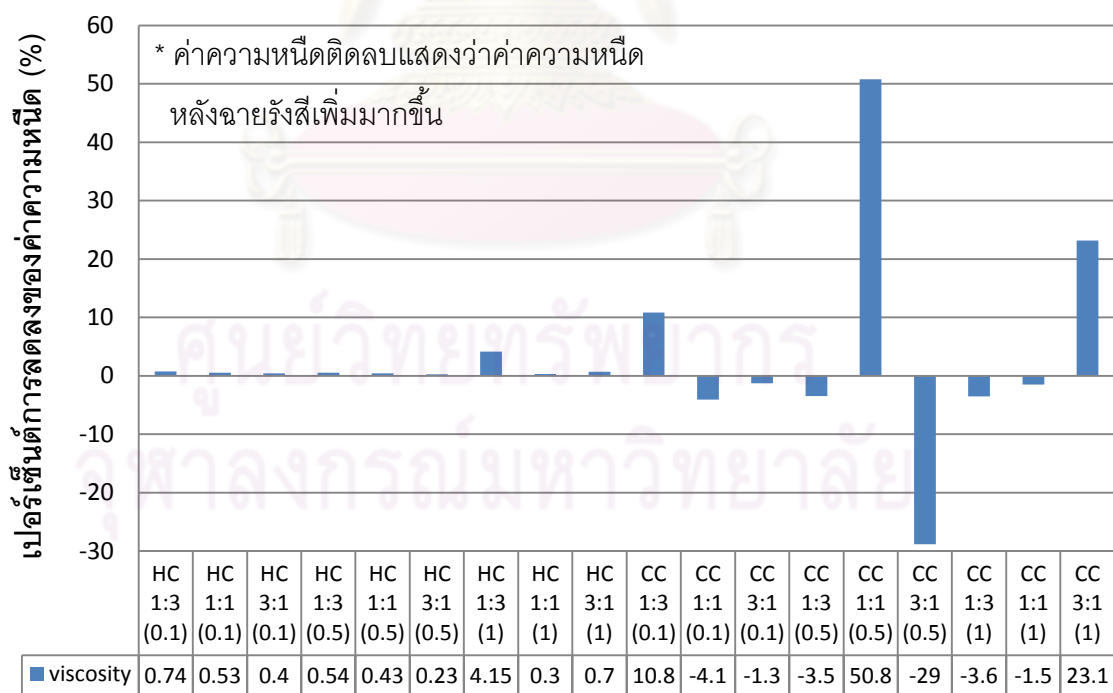
รหัส ตัวอย่าง	ปัจจัยที่กำหนด			ค่าความหนืด (cSt) ที่ 40°C		ค่าความหนืดลดลง	
	อัตรา ส่วน	ปริมาณ รังสี	ตัวทำ ละลาย	ก่อนฉาย	หลังฉาย	cSt	เปอร์เซ็นต์ (%)
HL 1:3 (0.1)	1:3	0.1	H <sub>2</sub> O	34.72	38.26	-3.54	-10.20
HL 1:1 (0.1)	1:1	0.1	H <sub>2</sub> O	34.89	37.87	-2.98	-8.54
HL 3:1 (0.1)	3:1	0.1	H <sub>2</sub> O	34.96	38.00	-3.04	-8.70
HL 1:3 (0.5)	1:3	0.5	H <sub>2</sub> O	34.72	38.43	-3.71	-10.69
HL 1:1 (0.5)	1:1	0.5	H <sub>2</sub> O	34.89	37.03	-2.14	-6.13
HL 3:1 (0.5)	3:1	0.5	H <sub>2</sub> O	34.96	38.85	-3.89	-11.13
HL 1:3 (1)	1:3	1	H <sub>2</sub> O	34.72	38.40	-3.68	-10.60
HL 1:1 (1)	1:1	1	H <sub>2</sub> O	34.89	38.37	-3.48	-9.97
HL 3:1 (1)	3:1	1	H <sub>2</sub> O	34.96	38.17	-3.21	-9.18
CL 1:3 (0.1)	1:3	0.1	CCl <sub>4</sub>	34.72	36.38	-1.66	-4.78
CL 1:1 (0.1)	1:1	0.1	CCl <sub>4</sub>	34.89	36.87	-1.98	-5.67
CL 3:1 (0.1)	3:1	0.1	CCl <sub>4</sub>	34.96	33.13	1.83	5.23
CL 1:3 (0.5)	1:3	0.5	CCl <sub>4</sub>	34.72	36.48	-1.76	-5.07
CL 1:1 (0.5)	1:1	0.5	CCl <sub>4</sub>	34.89	37.18	-2.29	-6.56
CL 3:1 (0.5)	3:1	0.5	CCl <sub>4</sub>	34.96	36.64	-1.68	-4.81
CL 1:3 (1)	1:3	1	CCl <sub>4</sub>	34.72	38.59	-3.87	-11.15
CL 1:1 (1)	1:1	1	CCl <sub>4</sub>	34.89	36.83	-1.94	-5.56
CL 3:1 (1)	3:1	1	CCl <sub>4</sub>	34.96	34.28	0.68	1.95

หมายเหตุ ดำเนินการกลั่นลำดับส่วนแยก คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl<sub>4</sub>) และแยกน้ำออกก่อนตรวจวัดความหนืด

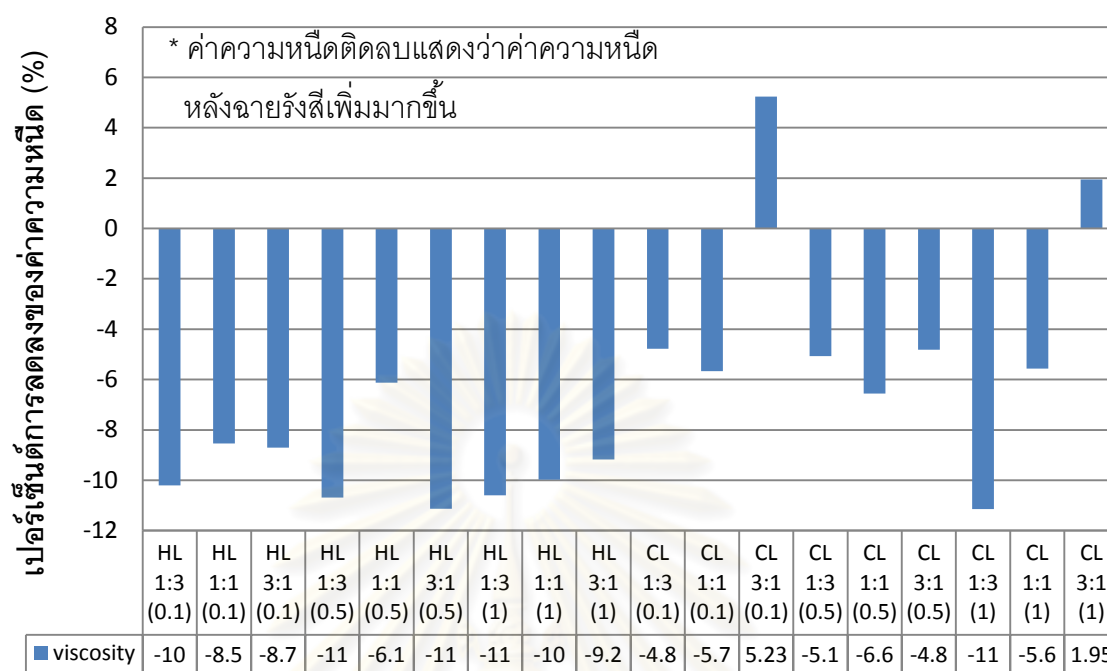




รูปที่ 4.5 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันปาล์มที่ผสมตัวทำละลาย  
หลังฉายรังสีเมื่อเทียบกับน้ำมันปาล์มที่ไม่ผสมตัวทำละลายหลังฉายรังสี



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าวที่ผสมตัวทำละลาย  
หลังฉายรังสีเมื่อเทียบกับน้ำมันมะพร้าวที่ไม่ผสมตัวทำละลายหลังฉายรังสี



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันหมูที่ผสมตัวทำละลาย  
หลังฉายรังสีเมื่อเทียบกับน้ำมันหมูที่ไม่ผสมตัวทำละลายหลังฉายรังสี

4.1.4 ค่าความหนืดของน้ำมันตัวอย่างหลังการฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 โดยเลือกค่าที่ดีที่สุดของน้ำมันตัวอย่างทั้ง 3 ชนิดที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เพื่อทำการผสมผงโลหะเลขอะตอมสูง โดยสามารถดูผลได้จากตารางที่ 4.2-4.4 ซึ่งจากตารางสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าที่ดีที่สุดของตัวอย่างที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย

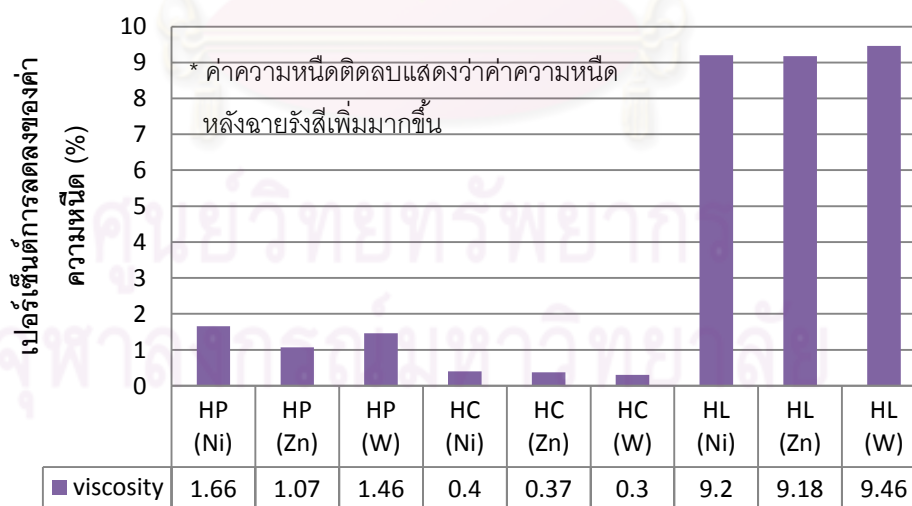
ชนิดของน้ำมัน	อัตราส่วน	ปริมาณรังสี (kGy)
ปาล์ม	1 : 1	0.5
มะพร้าว	1 : 3	1
หมู	1 : 1	0.5

4.1.4.1 เทียบค่าความหนืดน้ำมันตัวอย่างที่ผสมผงโลหะและตัวทำละลายหลังฉายรังสีกับน้ำมันก่อนฉายรังสี ดังแสดงในตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าการลดลงของความหนืดของน้ำมันตัวอย่างหลังผ่านการฉายรังสีที่ใส่ผงโลหะและตัวทำละลายหลังฉายรังสี เทียบกับน้ำมันตัวอย่างก่อนฉายรังสี

ชนิดของน้ำมัน	ผงโลหะ	อัตราส่วน	ปริมาณรังสี (kGy)	ค่าความหนืด (cSt) ที่ 40°C		ค่าความหนืดลดลง	
				ก่อนฉายรังสี	หลังฉายรังสี + ผงโลหะ	cSt	เปอร์เซ็นต์ (%)
ปาล์ม	Ni	1 : 1	0.5	40.36	39.69	0.67	1.66
	Zn	1 : 1	0.5	40.36	39.93	0.43	1.07
	W	1 : 1	0.5	40.36	39.77	0.59	1.46
มะพร้าว	Ni	1 : 3	1	30.03	29.91	0.12	0.40
	Zn	1 : 3	1	30.03	29.92	0.11	0.37
	W	1 : 3	1	30.03	29.94	0.09	0.30
หมู	Ni	1 : 1	0.5	38.79	35.22	3.57	9.20
	Zn	1 : 1	0.5	38.79	35.23	3.56	9.18
	W	1 : 1	0.5	38.79	35.12	3.67	9.46

หมายเหตุ ดำเนินการกลั่นลำดับส่วนแยก คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl<sub>4</sub>) และแยกน้ำออกก่อนตรวจวัดความหนืด



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืดของน้ำมันตัวอย่างหลังการฉายรังสีที่ใส่ผงโลหะเทียบกับน้ำมันตัวอย่างก่อนฉายรังสี

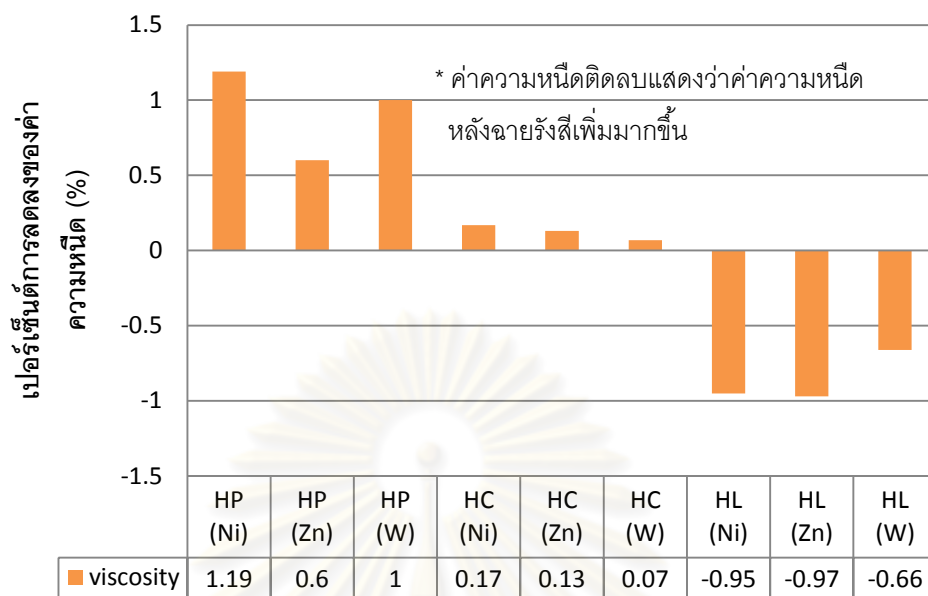
4.1.4.2 เทียบค่าความหนืดน้ำมันตัวอย่างที่ผสมผงโลหะและตัวทำละลายหลังผ่านการฉายรังสีกับน้ำมันตัวอย่างที่ไม่ผสมผงโลหะและตัวทำละลายหลังผ่านการฉายรังสีในปริมาณรังสีเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าการลดลงของความหนืดของน้ำมันตัวอย่างหลังผ่านการฉายรังสีที่ใส่ผงโลหะและตัวทำละลายหลังผ่านการฉายรังสีเทียบกับน้ำมันตัวอย่างที่ไม่ผสมผงโลหะและตัวทำละลายหลังผ่านการฉายรังสีในปริมาณรังสีเดียวกัน

ชนิดของน้ำมัน	ผงโลหะ	อัตราส่วน	ปริมาณรังสี	ค่าความหนืด (cSt) ที่ 40°C		ค่าความหนืดลดลง	
				หลังฉายรังสี (ไม่ผสมตัวทำละลาย+ ผงโลหะ)	หลังฉายรังสี + ผงโลหะ	cSt	เปอร์เซ็นต์ (%)
ปาล์ม	Ni	1 : 1	0.5	40.17	39.69	0.48	1.19
	Zn	1 : 1	0.5	40.17	39.93	0.24	0.60
	W	1 : 1	0.5	40.17	39.77	0.4	1.00
มะพร้าว	Ni	1 : 3	1	29.96	29.91	0.05	0.17
	Zn	1 : 3	1	29.96	29.92	0.04	0.13
	W	1 : 3	1	29.96	29.94	0.02	0.07
หมู	Ni	1 : 1	0.5	34.89	35.22	-0.33	-0.95
	Zn	1 : 1	0.5	34.89	35.23	-0.34	-0.97
	W	1 : 1	0.5	34.89	35.12	-0.23	-0.66

หมายเหตุ ดำเนินการกลั่นลำดับส่วนแยก คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl<sub>4</sub>) และแยกน้ำออกก่อนตรวจวัดความหนืด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



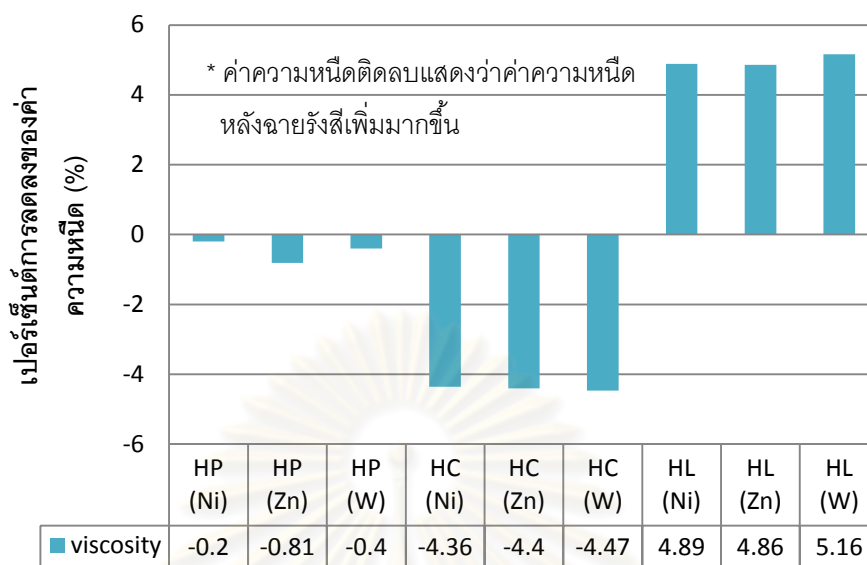
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืดของน้ำมันตัวอย่างที่ใส่ผงโลหะ และตัวทำละลายหลังผ่านการฉายรังสีเทียบกับน้ำมันตัวอย่างที่ไม่ผสมผงโลหะ และตัวทำละลายหลังผ่านการฉายรังสีในปริมาณรังสีเดียวกัน

4.1.4.3 เทียบค่าความหนืดน้ำมันตัวอย่างที่ผสมผงโลหะและตัวทำละลายหลังผ่านการฉายรังสีกับน้ำมันตัวอย่างที่ผสมตัวทำละลายหลังผ่านการฉายรังสีในปริมาณรังสีเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าการลดลงของความหนืดของน้ำมันตัวอย่างที่ผสมผงโลหะและตัวทำละลายหลังผ่านการฉายรังสีกับน้ำมันตัวอย่างที่ผสมตัวทำละลายหลังผ่านการฉายรังสีในปริมาณรังสีเดียวกัน

ชนิดของน้ำมัน	ผงโลหะ	อัตราส่วน	ปริมาณรังสี	ค่าความหนืด (cSt) ที่ 40°C		ค่าความหนืดลดลง	
				หลังฉายรังสี (ผสมตัวทำละลาย)	หลังฉายรังสี + ผงโลหะ	cSt	เปอร์เซ็นต์ (%)
ปาล์ม	Ni	1 : 1	0.5	39.61	39.69	-0.08	-0.20
	Zn	1 : 1	0.5	39.61	39.93	-0.32	-0.81
	W	1 : 1	0.5	39.61	39.77	-0.16	-0.40
มะพร้าว	Ni	1 : 3	1	28.66	29.91	-1.25	-4.36
	Zn	1 : 3	1	28.66	29.92	-1.26	-4.40
	W	1 : 3	1	28.66	29.94	-1.28	-4.47
หมู	Ni	1 : 1	0.5	37.03	35.22	1.81	4.89
	Zn	1 : 1	0.5	37.03	35.23	1.8	4.86
	W	1 : 1	0.5	37.03	35.12	1.91	5.16

หมายเหตุ ดำเนินการกลั่นลำดับส่วนแยก คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl<sub>4</sub>) และแยกน้ำออกก่อนตรวจวัดความหนืด



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืดของน้ำมันตัวอย่างน้ำมันตัวอย่างที่ผสมผงโลหะและตัวทำละลายหลังจากการฉายรังสีกับน้ำมันตัวอย่างที่ผสมตัวทำละลายหลังจากการฉายรังสีในปริมาณรังสีเดียวกัน

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการลดความหนืดของน้ำมันตัวอย่างโดยการใช้อัลตราซาวด์จากโคบอลต์-60 สามารถสรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลจากการเปลี่ยนแปลงแต่ละปัจจัยที่ทำการควบคุมได้ดังนี้

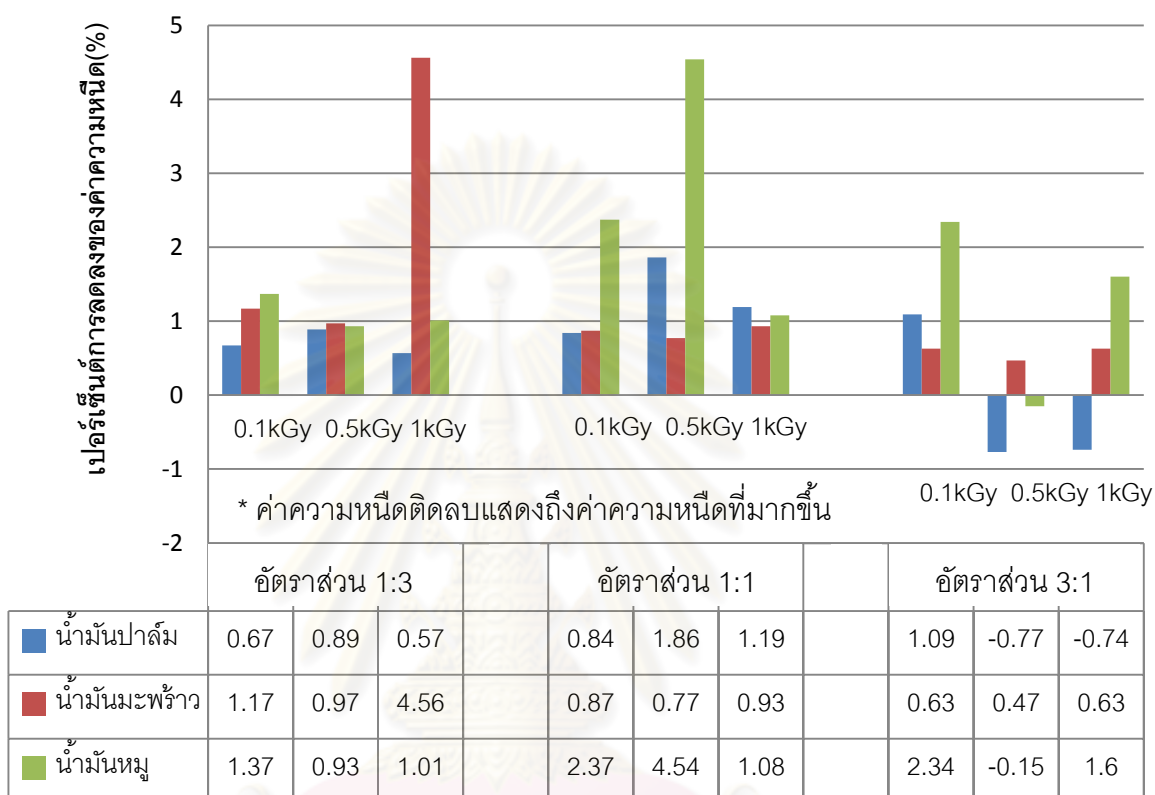
5.1.1 สรุปผลการลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันตัวอย่างก่อนและหลังการฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 โดยมีตัวแปรเป็นปริมาณรังสีเพียงอย่างเดียว พบว่าเมื่อฉายรังสีแกมมากับน้ำมันตัวอย่างโดยไม่ผสมตัวทำละลาย น้ำมันหมูจะมีค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืดมากที่สุดทั้ง 3 ปริมาณรังสีที่ฉาย คือ 0.1 kGy เท่ากับ 10.49%, 0.5 kGy เท่ากับ 10.05% และ 1 kGy เท่ากับ 9.87% รองลงมาเป็นน้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าวตามลำดับ สำหรับปริมาณรังสีที่สามารถลดความหนืดของน้ำมันตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด ได้มากที่สุด ตามลำดับความสามารถในการลดคือ 0.1 kGy, 0.5kGy และ 1kGy ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืดที่ดีที่สุดสำหรับน้ำมันตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด คือ น้ำมันปาล์มเท่ากับ 0.74%, น้ำมันมะพร้าวเท่ากับ 0.43% และน้ำมันหมูเท่ากับ 10.49% ซึ่งเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดจะลดลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น

5.1.2 สรุปผลการลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันตัวอย่างที่ผสมตัวทำละลายเทียบกับน้ำมันตัวอย่างก่อนการฉายรังสีกับน้ำมันตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีโดยไม่ผสมตัวทำละลายในปริมาณรังสีเดียวกัน

5.1.2.1 เทียบกับน้ำมันตัวอย่างก่อนการฉายรังสี พบว่าโดยรวมน้ำมันตัวอย่างทั้งสามชนิด ตัวอย่างที่ผสมน้ำเป็นตัวทำละลายจะมีจำนวนตัวอย่างที่มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดมากกว่าตัวทำละลายที่ใช้คาร์บอนเตตราคลอไรด์ แต่จะมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดน้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้คาร์บอนเตตราคลอไรด์เป็นตัวทำละลาย โดยเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดที่มากที่สุดของแต่ละน้ำมันตัวอย่างคือ คาร์บอนเตตราคลอไรด์ : น้ำมันปาล์ม อัตราส่วน 1:1 ปริมาณรังสีเท่ากับ 0.1 kGy ได้ 25.27%, คาร์บอนเตตราคลอไรด์ : น้ำมันมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 ปริมาณรังสีเท่ากับ 0.5 kGy ได้ 50.95% และคาร์บอนเตตราคลอไรด์ : น้ำมันหมู อัตราส่วน 3:1

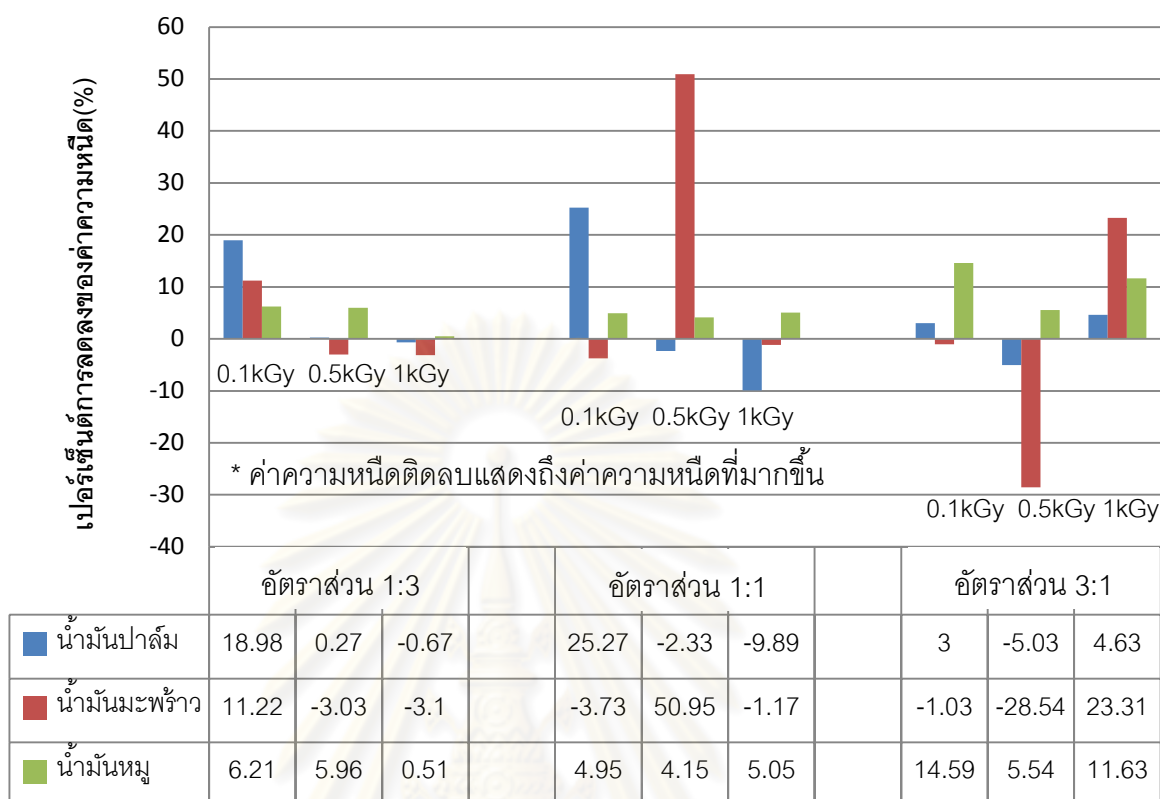


ปริมาณรังสีเท่ากับ 0.5 kGy ได้ 14.59% ดังแสดงในรูปที่ 5.1 และ 5.2 ซึ่งจากผลในตารางที่ 4.2-4.4 พบว่าโดยรวมแล้วปริมาณรังสีที่สามารถลดความหนืดได้ดี คือช่วง 0.1-0.5 kGy



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืดของน้ำมันตัวอย่างทั้ง 3 ชนิดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย

จากรูปที่ 5.1 จะสังเกตได้ว่าอัตราส่วน 1:3 และ 1:1 เป็นอัตราส่วนที่ค่อนข้างดีเมื่อใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย และปริมาณรังสีที่ดีที่สุดจะขึ้นกับชนิดของน้ำมันตัวอย่าง และอัตราส่วน สำหรับน้ำมันแต่ละชนิด อัตราส่วนและปริมาณที่ดีที่สุดเมื่อใช้น้ำเป็นตัวทำละลายเรียงตามลำดับคือ น้ำมันปาล์ม Water : Oil (1:1) ที่ปริมาณรังสี 0.5 kGy ได้เปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืดเท่ากับ 1.86% น้ำมันมะพร้าว Water : Oil (1:3) ที่ปริมาณรังสี 1 kGy ได้เปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืดเท่ากับ 4.56% น้ำมันหมู Water : Oil (1:1) ที่ปริมาณรังสี 0.5 kGy ได้เปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืดเท่ากับ 4.54%



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของความชื้นของน้ำมันตัวอย่างทั้ง 3 ชนิดโดยใช้คาร์บอนเตตราคลอไรด์เป็นตัวทำละลาย

จากรูปที่ 5.2 จะสังเกตได้ว่าเมื่อใช้ตัวทำละลายเป็นคาร์บอนเตตราคลอไรด์ สัดส่วนของสารละลาย และชนิดของน้ำมันมีผลต่อค่าความชื้นของแต่ละตัวอย่าง สัดส่วนและปริมาณที่ดีที่สุดเมื่อใช้คาร์บอนเตตราคลอไรด์เป็นตัวทำละลายเรียงตามลำดับคือ น้ำมันปาล์ม  $\text{CCl}_4$  : Oil (1:1) ที่ปริมาณรังสี 0.1 kGy ได้เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความชื้นเท่ากับ 25.27% น้ำมันมะพร้าว  $\text{CCl}_4$  : Oil (1:1) ที่ปริมาณรังสี 0.5 kGy ได้เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความชื้นเท่ากับ 50.95% น้ำมันหมู  $\text{CCl}_4$  : Oil (3:1) ที่ปริมาณรังสี 0.1 kGy มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความชื้นเท่ากับ 14.59%

5.1.2.2 เทียบกับน้ำมันตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีโดยไม่ผสมตัวทำละลายในปริมาณรังสีเดียวกัน พบว่าน้ำมันปาล์ม กับน้ำมันมะพร้าวที่ผสมตัวทำละลายระหว่างการฉายรังสีจะมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความชื้นมากกว่าน้ำมันตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีโดยไม่ผสมตัวทำละลายในปริมาณรังสีเดียวกัน ยกเว้นน้ำมันหมูที่มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความชื้นลดลง ซึ่งสามารถสังเกตได้จากค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความชื้นในตารางที่ 4.5-4.7

5.1.3 สรุปผลการลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันตัวอย่างที่ผสมน้ำเป็นตัวทำละลายและผสมผงโลหะเลขอะตอมสูงทั้ง 3 ชนิด เทียบกับน้ำมันตัวอย่างก่อนฉายรังสี น้ำมันตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีโดยไม่ผสมตัวทำละลายในปริมาณรังสีเดียวกัน และน้ำมันตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีโดยผสมตัวทำละลายในปริมาณรังสีเดียวกัน โดยอัตราส่วนและปริมาณรังสีที่ดีที่สุดของน้ำมันแต่ละชนิดที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายคือ น้ำ : น้ำมันปาล์ม อัตราส่วน 1 : 1 ปริมาณรังสีเท่ากับ 0.5 kGy, น้ำ : น้ำมันมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 3 ปริมาณรังสีเท่ากับ 1 kGy และ น้ำ : น้ำมันหมู อัตราส่วน 1 : 1 ปริมาณรังสีเท่ากับ 0.5 kGy

5.1.3.1 เทียบกับน้ำมันตัวอย่างก่อนฉายรังสี พบว่า น้ำมันหมูมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดดีที่สุด ทั้ง 3 ตัวอย่างที่ผสมผงโลหะเลขอะตอมสูง คือ น้ำ : น้ำมันหมู (Ni) เท่ากับ 9.20%, น้ำ : น้ำมันหมู (Zn) เท่ากับ 9.18% และ น้ำ : น้ำมันหมู (W) เท่ากับ 9.46% รองลงมาคือน้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าวตามลำดับ โดยที่ค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันตัวอย่างที่ผสมผงโลหะทั้ง 3 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกันในน้ำมันชนิดนั้นๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

5.1.3.2 เทียบกับน้ำมันตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีโดยไม่ผสมตัวทำละลายในปริมาณรังสีเดียวกัน พบว่าน้ำมันปาล์มกับน้ำมันมะพร้าวมีเปอร์เซ็นต์การลดลงมากกว่าน้ำมันตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีโดยไม่ผสมตัวทำละลายในปริมาณรังสีเดียวกัน แต่ในน้ำมันหมูเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดลดน้อยลงเมื่อเทียบกับน้ำมันตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีโดยไม่ผสมตัวทำละลายในปริมาณรังสีเดียวกัน

5.1.3.3 เทียบน้ำมันตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีโดยผสมตัวทำละลายในปริมาณรังสีเดียวกัน พบว่าน้ำมันปาล์มกับน้ำมันมะพร้าวมีเปอร์เซ็นต์การลดลงน้อยกว่าน้ำมันตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีโดยผสมตัวทำละลายในปริมาณรังสีเดียวกัน แต่ในน้ำมันหมูเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดมากกว่าน้ำมันตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีโดยผสมตัวทำละลายในปริมาณรังสีเดียวกัน

จากงานวิจัยนี้สามารถสรุปโดยรวมได้ว่าโครงสร้างของน้ำมันแต่ละชนิดมีผลทำให้ค่าความหนืดลดลงอาจสืบเนื่องมาจาก กรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันแต่ละชนิด น้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวมากจะเป็นไขได้ง่าย เนื่องจากมีพันธะสามในโมเลกุล ซึ่งทำให้ทนต่อความร้อน ความชื้น และออกซิเจน ส่วนน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว จะมีพันธะคู่ หรือ พันธะเดี่ยวในโมเลกุล สามารถย่อยสลายง่าย ไม่เป็นไข แต่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation Reaction) กับออกซิเจนในอากาศได้

ง่าย และสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส(Hydrolysis Reaction)กับน้ำโดยมีเอนไซม์จากจุลินทรีย์ในอากาศเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้น้ำมันมีกลิ่นหืน หรือเหม็นเปรี้ยวได้ ซึ่งน้ำมันที่ใช้ในงานวิจัยเป็นน้ำมันต่างชนิดกัน ดังนั้นโครงสร้างของน้ำมันจึงอาจส่งผลกระทบต่อค่าความหนืด น้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงจะสลายตัวเร็วกว่าน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่ำ รวมทั้งเวลาในการเตรียมตัวอย่างก็อาจส่งผลด้วยเช่นกัน เนื่องจากตัวอย่างที่เตรียมก่อนอาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือ เกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้

ในส่วนของตัวทำละลาย ตัวทำละลายที่มีค่า G-Value สูง คือ สามารถเกิดอนุมูลอิสระได้ง่ายเมื่อโดนรังสี ทำให้มีอิเล็กตรอนเกิดขึ้นมากมายระหว่างการฉายรังสี อิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของน้ำมันส่งผลให้โมเลกุลมีขนาดเล็กลง ดังนั้นตัวทำละลายที่มีค่า G-Value สูง จึงส่งผลกระทบต่อค่าความหนืดของน้ำมัน รวมทั้งอัตราส่วนในการผสมตัวทำละลายกับน้ำมัน อัตราส่วนของตัวทำละลายที่มากเกินไปส่งผลให้มีค่าความหนืดมากกว่าอัตราส่วนที่มีตัวทำละลายน้อยกว่า ซึ่งอัตราส่วนที่ดีนั้นจะขึ้นกับชนิดของน้ำมันด้วย

ปริมาณรังสีมีผลกระทบต่อค่าความหนืดของน้ำมัน โดยปริมาณรังสีต่ำๆ สามารถทำให้ค่าความหนืดของน้ำมันลดลงได้ แต่ปริมาณรังสีที่สูงเกินไปจะส่งผลให้น้ำมันมีความหนืดมากขึ้น ซึ่งอาจสืบเนื่องมาจากเกิดการ Crosslink เป็นร่างแหสามมิติของน้ำมันเมื่อได้รับปริมาณรังสีมากเกินไป ซึ่งช่วงที่เหมาะสมในการลดความหนืดจะขึ้นกับชนิดของตัวอย่าง

การใส่และไม่ใส่ผงโลหะ จากงานวิจัยพบว่าการใส่ผงโลหะไม่เป็นผลต่อการลดความหนืด อาจเป็นเพราะว่าขนาดของผงโลหะมีขนาดใหญ่เกินไป ถ้าใช้ผงโลหะที่มีขนาดโมเลกุลในระดับนาโนแล้วอาจทำให้ความหนืดลดลงได้ซึ่งต้องมีการพัฒนาต่อไป รวมทั้งชนิดของโลหะ เนื่องจากโลหะแต่ละชนิดสามารถเกิดอิเล็กตรอนได้ไม่เท่ากัน แต่ในงานวิจัยนี้ไม่ได้เน้นถึงการใส่และไม่ใส่ผงโลหะมากนัก ดังนั้นจึงน่าจะมีการพัฒนาและศึกษาเกี่ยวกับผงโลหะต่อการลดความหนืดของน้ำมันต่อไป

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้เทคนิคเคมีรังสีให้เกิดประโยชน์ ซึ่งจากผลการวิจัยนี้สามารถพัฒนาไปโอดีเซลลูกผสมให้สามารถผสมน้ำมันพืชหรือน้ำมันจากสัตว์ที่ปรับสภาพความหนืดโดยการฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์ -60 กับน้ำมันดีเซลหรือน้ำมันก๊าดได้ในอัตราส่วนที่มากขึ้น จัดว่าเป็นการพัฒนาทางเลือกแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์มากขึ้น เนื่องจากเป็น

การเพิ่มสัดส่วนการผสมน้ำมันที่ผลิตจากวัตถุดิบในประเทศไทยได้มากขึ้น ซึ่งถ้าหากต้องการนำเทคนิคการลดความหนืดของน้ำมันโดยการฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 ไปใช้ ต้องมีการขยายผลอีกมากทั้งผลกระทบของรังสีต่อคุณสมบัติอื่นของน้ำมัน ผลของอากาศที่อาจเกิดปฏิกิริยากับน้ำมัน ผลของรังสีต่อโครงสร้างของน้ำมันหลังจากการฉายรังสีว่าจะสามารถเกิดโครงสร้างใดได้บ้าง และต่อผลภาวะที่เกิดขึ้นจากการนำไปใช้จริง เช่น การกักต่อน้ำมันต่อวัสดุในการเดินเครื่อง รวมทั้งการพัฒนาการตัดโซ่ของโมเลกุลน้ำมัน ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว อิเล็กตรอนสามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีรังสีได้ดีกว่ารังสีแกมมา แต่เนื่องจากมีต้นทุนที่สูงกว่า ดังนั้นถ้ามีการพัฒนาการใช้รังสีแกมมาให้เกิดปฏิกิริยาเคมีรังสีได้ดีกว่าการใช้อิเล็กตรอนจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และควรทำการศึกษาพัฒนาเทคนิคการควบคุมปัจจัยในการฉายรังสีแกมมาให้สามารถลดความหนืดได้มากขึ้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## รายการอ้างอิง

- [1] อ่ำไพ ลีววัฒนโชตินันท์ .การลดความหนืดของน้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์บางชนิดโดยการ  
ใช้รังสีแกมมาจากโคบอลต์-60,วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชา  
นิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.
- [2] เกศินี เหมวิเชียร และคณะ .ผลของการฉายรังสีแกมมาต่อสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสม  
ระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำและแป้งมันสำปะหลัง ,2550
- [3] นุภาพ แย้มไทรพัฒน์ .การใช้น้ำมันไบโอดีเซลทำจากน้ำมันพืชใช้แล้วกับเครื่องยนต์ดีเซล  
,2550
- [4] กิติพงษ์ เสถียรเสาวภาคร์และคณะ .ผลกระทบจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้  
แล้วต่อสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์ทางการเกษตรแบบสูบเดี่ยวใน  
การใช้งานระยะยาว , 2550
- [5] วัชรพล ปุณจันทร์ ประพัทธ์ สันติวารากร สมนึก อีระกุลพิศุทธิ์ และ ชนกันันท์ สุขกำเนิด.(2549).  
ผลกระทบของน้ำมันไบโอดีเซลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล. วิศวกรรมสาร  
มข. ปีที่ 33 ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม - มิถุนายน 2549), 193-208.
- [6] นายุทธ สงค์ธนาพิทักษ์ และคณะ .การแตกสลายโครงสร้างของน้ำมันปาล์มด้วย  
ปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยความร้อน,2546
- [7] กุลวุฒิ วัฒนานเมธี .ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอลและน้ำมัน  
พืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าดเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน , 2545
- [8] วัชรพลปุณจันทร์ และคณะ .ผลกระทบของน้ำมันไบโอดีเซลต่อสมรรถนะของ  
เครื่องยนต์ดีเซลและการสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลและผลกระทบต่อ  
สิ่งแวดล้อมเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล , 2545
- [9] NEWYORK JOHN WILEY & SONS, INC. Mechanical Engineering Laboratory,  
NEWYORK, 1990.R. F. Zaykina and Yu. A. Zaykin, Radiation  
technologies for production and regeneration of motor fuel and lubricants.  
Radiation Physics and Chemistry No.65 (2002), 169-172.
- [10] รศ.ดร.ธีระ เอกสมทราเมษฐ์.(2551).สารพัดประโยชน์ของน้ำมันปาล์ม.ประชาคมวิจัย ปีที่ 14  
ฉบับที่ 82 (พฤศจิกายน-ธันวาคม 2551)

[11] บริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน). ความรู้เกี่ยวกับ ปิโตรเลียม , 2552



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวชนิศ พรนำพา เกิดวันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2528 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต จาก สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะศิลปศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ในปีการศึกษา 2550 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขานิเวศวิทยาเทคโนโลยี ภาควิชานิเวศวิทยาเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551

นำเสนอผลงานทางวิชาการในรูปแบบวารสารวิชาการ ในวารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรีฉบับประจำเดือนตุลาคม 2553-มีนาคม 2554 กำหนดออกเผยแพร่เดือนมีนาคม 2554



ศูนย์วิทยพัชการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย