

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

นิธิยา รัตนাপนนท์. (2548). *วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน* (พิมพ์ครั้งที่ 1).
กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์

ศิริรัตน์ จิตการคำ. (2551). จากขยะสู่น้ำมัน : เทคโนโลยีผลิตพลังงานทางเลือกที่ดูแลสิ่งแวดล้อม
(พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานคร (2552), *สถิติ 2551 กรุงเทพมหานคร*

บทความวารสาร

ดร.กาญจนา ธรรมนุ (2010). *การใช้แสงซินโครตรอนกับเทคนิค FTIR Spectrometer และ
Microscope ในงานวิเคราะห์และวิจัยด้านต่าง ๆ*. สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน
(องค์การมหาชน) (August 2010), หน้า 70-71

ธีรยุทธ วิไลวัลย์ และวรวรรณ พันธุมนาวิน (2548). *อินฟราเรด สเปกโตรสโคปี*. ภาควิชาเคมี คณะ
วิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์

นรินดา นันทสิทธิดำรง และกัญจิกา ทองมา (2551). *การศึกษามลกระทบของสิ่งปนเปื้อนต่อการ
เปลี่ยนแปลงพลาสติกเป็นน้ำมัน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี,
คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Books

Bailey, A.E. (1951). *Industrial Oil and Fat Products*. New York : Interscience Publishers.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

Mark, H.F., Bikales, N.M., Overberger, C.G., & Menges, G. (1986). Encyclopedia of polymer science and engineering (Second Edition, vol.4). New York : Wiley Interscience Publication.

Perkins, E. (1967). *Food Tech (Vol.21)*.

Articles

ASTM Standards, D445-03 (2003). *Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (the Calculation Of Dynamic Viscosity)*. American Society for Testing and Materials, U.S.A.

_____, D4809 (2006). *Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter (Precision Method)*. American Society for Testing and Materials, U.S.A.

BS EN Standards, 14111. *Fat and Oil Derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) – Determination of iodine value*. British Standards Institute (BSI), London, England, 2003

ISO Standard, 3960. *Animal and Vegetable fats and Oils - Determination of peroxide value*. International Organization for Standardization (ISO), 2001.

Achilias, D.S., Roupakias, C., Megalokonomos, P., Lappas, A.A., & Antonakou, E.V. (2007). *Chemical recycling of plastic wastes made from polyethylene (LDPE and HDPE) and polypropylene (PP)*. Journal of Hazardous Materials, 149, 536-542.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

Asia-Pacific Plas & Pack (Feb/March 2007). Vol.1, No.1

Bouaid, A., Martinez, M., & Aracil, J. (2007). *Long storage stability of biodiesel from vegetable and used frying oils*. Fuel, 86, 2596-2602

Dantas, M.B., Albuquerque, A.R., Barros, A.K., Filho, M.G. R., Filho, N.R. A., Sinfrônio, F.S.M., Rosenhaim, R., Soledade, L.E.B., Santos, I.M.G., & Souza, A.G. (2011). *Evaluation of the oxidative stability of corn biodiesel*. Fuel, 90, 773-778.

Demirbag, A. (1998). *Fuel properties and calculation of higher heating values of vegetable oils*. Fuel, Vol. 77, No. 9/10, 1117-1120.

Knothe, G.H. (2005). *Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters*. Fuel Processing Technology, 86, 1059-1070.

Knothe, G.H. (2007). *Some aspects of biodiesel oxidative stability*. Fuel Processing Technology, 88, 669-677.

Leung, D.Y.C., Koo, B.C.P., & Guo, Y. (2006). *Degradation of biodiesel under different storage conditions*. Bioresource Technology, 97, 250-256.

Lin, C.-Y., & Chiu, C.-C. (2010). *Burning characteristics of palm-oil biodiesel under long-term storage conditions*. Energy Conversion and Management, 51, 1464-1467.

McCaffrey, W.C., Kama, M.R., & Cooper, D.G. (1995). *Thermolysis of polyethylene*. Polymer Degradation and Stability, 47, 133-139.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

- Mittelbach, M., & Gangl, S. (2001). *Long storage stability of biodiesel made from rapeseed and used frying oil*. JAOCS 78, 573-577.
- Onwudili, J. A., Insura, N., & Williams, P. T. (2009). *Composition of products from the pyrolysis of polyethylene and polystyrene in a closed batch reactor : Effects of temperature and residence time*. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 86, 293-303.
- Panda, A. K., Singh, R.K., & Mishra, D.K. (2010). *Thermolysis of waste plastics to liquid fuel. A suitable method for plastic waste management and manufacture of value added products - A world prospective*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, 233-248.
- Pattaraprakorn, W., Chongterdtoonskul, A., & Imai, K. (2008). *Degradation of Wastes to Liquid Fuel*. The 1st Thammasat University Intentional Conference on Chemical, Environmental and Energy Management, TU, Bangkok, Thailand.
- Shah, J., Rasul Jan, M., Mabood, F., & Jabeen, F. (2010). *Catalytic pyrolysis of LDPE leads to valuable resource recovery and reduction of waste problems*. Energy Conversion and Management, 51, 2791-2801.
- Singh, B., & Sharma, N. (2008). *Mechanistic implications of plastic degradation*. Polymer Degradation and Stability, 93, 561-584.
- Uddin, M. A., Koizumi, K., Murata, K., & Sakata, Y. (1997). *Thermal and catalytic degradation of structurally different types of polyethylene into fuel oil*. Polymer Degradation and Stability, 56, 37-44.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

<http://courseware.rmutl.ac.th/courses/103/unit702.html>, access date : 14 July 2010

<http://elecnet.212cafe.com>, access date : 22 March 2010

http://en.wikipedia.org/wiki/Infrared_spectroscopy, access date : 8 October 2010

http://en.wikipedia.org/wiki/Infrared_spectroscopy_correlation_table, access date :
8 October 2010

http://guru.sanook.com/enc_preview.php, access date : 16 April 2010

<http://infrared.als.lbl.gov/content/web-links/60-ir-band-positions>, access date :
10 October 2010

<http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK28/chapter8/t28-8-l2.htm#sect2>, access date :
29 September 2010

<http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK28/chapter8/t28-8-l4.htm>, access date :
29 September 2010

<http://opac.tistr.or.th/Multimedia/STJN/4904/4904-10.pdf>, access date : 25 November
2010

[http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/12/6/CD/colorandLight/page1_
3.html](http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/12/6/CD/colorandLight/page1_3.html), access date : 8 December 2010

รายการอ้างอิง (ต่อ)

http://www.chaiwbi.com/0drem/web_children/2545/m5302/oil.html, access date :

4 October 2010

http://www.engineeringtoday.net/PDF/etoday92_53/70-Techno.pdf, access date :

19 October 2010

http://www.gjr.at-website.com/File_InformationCenter/2.pdf, access date : 20 October

2010

http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/color-light/page3_4.html, access date : 3 November

2010

http://www.industrialplasticrecycle.com/plastic_energy.html, access date : 24 March

2010

http://www.mne.eng.psu.ac.th/staff/lek_files/ceramic/u21-2.htm, access date :

25 September 2010

<http://www.oknation.net/blog/print.php>, access date : 22 March 2010

http://www.pcd.go.th/info_serv/waste_garbage.html, access date : 28 March 2010

<http://www2.chemistry.msu.edu/faculty/reusch/VirtTxtJml/Spectrpy/InfraRed/infrared.htm>,

access date : 7 October 2010

http://www2.mtec.or.th/th/special/biodegradable_plastic/plastic_recycle.html, access

date : 28 March 2010

รายการอ้างอิง (ต่อ)

<http://www2.ups.edu/faculty/hanson/Spectroscopy/IR/IRfrequencies.html>, access date :
10 October 2010

[http://203.155.220.217/pipd/07Stat\(Th\)/Stat\(th\)51/00_index/index_2551.pdf](http://203.155.220.217/pipd/07Stat(Th)/Stat(th)51/00_index/index_2551.pdf), access date
: 29 September 2010

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิจัย

ก.1 การผลิตน้ำมัน

ก.1.1 ขั้นตอนการเตรียมสารตั้งต้น

สารเคมี - ตัวเร่งปฏิกิริยาคาโอลิน (Kaolin Clay)

วิธีการทดลอง

1. นำถุงเย็น (LDPE) มาตัดให้มีขนาดประมาณ 2X2 เซนติเมตร แล้วนำมาชั่งน้ำหนักประมาณ 14 กรัม
2. เตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาคาโอลิน (Kaolin Clay) แล้วนำมาชั่งน้ำหนักประมาณ 7 กรัม

ก.1.2 ขั้นตอนการเตรียมก๊าซไนโตรเจน

เครื่องมือ - อุปกรณ์ควบคุมความดัน Regulator จำนวน 1 ชิ้น

- ท่อส่งก๊าซไนโตรเจน ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 1 เส้น

สารเคมี - ก๊าซไนโตรเจนความบริสุทธิ์ 99.99% จำนวน 1 ถัง

วิธีการทดลอง

1. ต่อ Regulator เข้ากับถังไนโตรเจน
2. นำข้อต่อมาจาก Regulator เข้ากับสายส่งก๊าซ
3. นำสายส่งก๊าซต่อเข้ากับ Reactor ที่ทางท่อนำก๊าซไนโตรเจนเข้า
4. นำสายส่งก๊าซต่อเข้ากับทางท่อนำก๊าซออกของ Reactor เพื่อนำก๊าซที่ได้หลังจากการไพโรไลซิสเข้าสู่ชุดอุปกรณ์ควบแน่น

ก.1.3 ขั้นตอนการไพโรไลซิส

เครื่องมือ - เครื่อง Autoclave

- นี้อต จำนวน 6 ตัว
- แหวนรองนอต จำนวน 6 ชิ้น
- ท่อนำก๊าซขนาด 2 นิ้ว จำนวน 1 เส้น

- ข้อต่อเปลี่ยนจากขนาด 1 ทุน เป็น 2 ทุน จำนวน 1 ชิ้น
 - กระดาษฟอยล์ (Foil) กันก๊าซรั่ว
 - เครื่องมือวัดอุณหภูมิ Thermocouple จำนวน 1 ชิ้น
 - เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control)
 - ขาตั้ง Clamp จำนวน 2 อัน
 - สายยางซิลิโคน เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 10 มิลลิเมตร จำนวน 1 เส้น
 - ประแจเลื่อน จำนวน 1 ตัว
 - อุปกรณ์เครื่องแก้ว
 - ชุดควบคุมแน่น จำนวน 1 ชิ้น
 - ข้อต่องอ จำนวน 1 ชิ้น
 - ขวดรูปกรวยเก็บสาร จำนวน 1 ชิ้น
 - ปีกเกอร์เก็บสาร จำนวน 1 ชิ้น
 - ตัวลีดข้อต่อ จำนวน 3 ชิ้น
 - ช้อนตักสารเคมี
 - หลอดทดลองและขวดแก้วมีฝาปิดสำหรับบรรจุเก็บน้ำมัน
 - เครื่องชั่งน้ำหนักแบบ Digital ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น AB204 รับน้ำหนักได้สูงสุด 210 กรัม และมีความละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่สี่
- สารเคมี**
- ตัวเร่งปฏิกิริยาคาโอลิน (Kaolin Clay)
 - ถังไนโตรเจนความบริสุทธิ์ 99.9%

วิธีการทดลอง

1. ต่อก๊าซไนโตรเจนความบริสุทธิ์ 99.9% เข้ากับตัวเครื่องปฏิกรณ์
2. นำสารตั้งต้นที่เตรียมไว้ในขั้นตอนที่ ก.1.1 ใส่ลงในเครื่อง Autoclave Reactor
3. นำประแจเลื่อนขันน็อตทั้ง 6 ตัวให้แน่นเพื่อไม่ให้มีสารรั่วไหลออกมาภายนอก

เครื่อง

4. นำ Thermocouple ใส่ลงใน Reactor เพื่อวัดอุณหภูมิขณะเผาไหม้
5. ต่อกับเครื่องทำความร้อน (Heater) เข้ากับตัวถังปฏิกรณ์แล้วทำการไขเกลียวให้

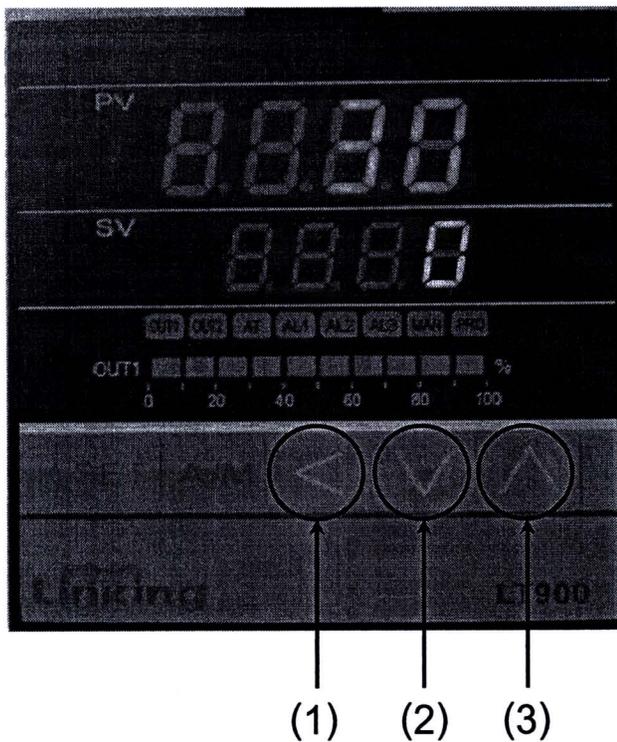
ติดกันอย่างแน่นหนา

6. นำสายยางซิลิโคนมาต่อท่อส่งก๊าซขาออกเข้าสู่ชุดควบคุมแน่นซึ่งต่อสายยางนำน้ำเข้าและนำน้ำออกจากชุดควบคุมแน่นแล้ว

7. นำสายพานใส่ด้านบนของ Reactor กับ เครื่องหมุน เพื่อให้ใบพัดหมุนขณะเครื่องทำงาน

8. เปิดเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

9. กำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการไฟโรไลซิสไว้ที่ Set Value (SV) โดยในงานวิจัยนี้ กำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ซึ่งมีวิธีการตั้งค่าดังนี้



ภาพที่ ก.1

หน้าจอแสดงผลของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

- กดปุ่ม SET ไปที่คำสั่งของอุณหภูมิ แล้วต้องการตั้งค่าอุณหภูมิให้กดปุ่มที่ (1) จากนั้นเปลี่ยนค่าอุณหภูมิโดยใช้ปุ่ม (2) และ (3) เมื่อได้อุณหภูมิที่ต้องการแล้วให้กดปุ่ม SET เพื่อบันทึกค่าไว้

- กดปุ่ม SET อีกครั้งเพื่อไปยังคำสั่งของเวลาและทำเช่นเดียวกับการตั้งอุณหภูมิ

- ทำการตั้งเปอร์เซ็นต์การทำงานตั้งไปที่ 100 เปอร์เซ็นต์ และ condition ที่ไม่ได้ใช้งานให้ตั้งอุณหภูมิ, เวลา และเปอร์เซ็นต์การทำงานเป็นศูนย์

10. เมื่อ Set Value เสร็จแล้ว เปิดวาล์วถึงไนโตรเจน
11. กดปุ่ม Start ซึ่งก็คือปุ่ม (3) ดังไว้ เพื่อเริ่มกระบวนการไพโรไลซิส
12. เมื่อทำการทดลองเสร็จเก็บตัวอย่างไปซึ่งน้ำหนัก แล้วทำการ Cool Down และ
ทำความสะอาด
13. ทำการปิดเครื่องทั้งหมด

ก.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพของน้ำมัน

ก.2.1 ค่าความร้อน (Heating/Calorific Value)

การวัดค่าความร้อนในงานวิจัยนี้ สามารถทำได้ด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb calorimeter) แบบ ISOPERIBOL ยี่ห้อ PARR รุ่น 1261 ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 4809 โดยในการทดสอบหาค่าความร้อนจะทำการทดสอบซ้ำสามครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เครื่องมือ - เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb calorimeter) แบบ ISOPERIBOL พร้อมชุด
ทดลองบอมบ์แคลอริมิเตอร์

- หลอดหยด (Dropper)

สารเคมี - ถังออกซิเจน

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่อง จากนั้นไฟจะติดตาม Data entry ต่าง ๆ และจะดับไปคงเหลือเพียงส่วนที่ใช้งาน

2. กด F1 เพื่อให้ Pump, Heater และน้ำเย็นเข้าเครื่อง โดย Warm up ประมาณ 20 นาที เพื่อให้อุณหภูมิคงที่ เมื่ออุณหภูมิคงที่แล้วไฟจะขึ้นเป็น Mode : Standby ทุกครั้ง ไม่เช่นนั้นเครื่องจะไม่พร้อมทำงาน

3. ตรวจสอบ Main menu โดยกด *50 เครื่องจะพิมพ์ Main menu ออกมาแสดงผลให้ทราบ ซึ่งจะแก้ไขข้อใดให้กดข้อนั้นแล้วกด Entry เพื่อให้ข้อมูลเข้าเครื่อง และจะแสดงผลออกมาให้ทราบเพื่อให้ผู้ใช้กด Entry ค่าที่ต้องการเข้าเครื่องอีกครั้ง หลังจากตรวจสอบเสร็จแล้วให้กด Clear

4. ตรวจสอบหมายเลขของ Sample ID. โดยจะตรวจสอบข้อมูลความจำที่อยู่ในเครื่องว่ามีอยู่หรือไม่ ซึ่งหมายเลขอาจจะซ้ำกันในการหาค่าความร้อนในครั้งต่อไปโดยเครื่องจะขึ้น Error ดังนั้นให้กด *4 และกด Step key เพื่อดูว่ามีอยู่ที่หมายเลข เมื่อต้องการจะลบหมายเลขทิ้งไปให้กด *20 แล้วกด Entry หมายเลข Sample ID. นั้นครั้งละเบอร์จนครบทุกตัวตามต้องการ

5. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างใส่ถ้วยเผาใหม่ประมาณ 0.1 กรัม (สำหรับน้ำหนักของ Sample ที่เป็นของเหลว นั้น ต้องมีน้ำหนักไม่เกิน 0.2 กรัม เพราะถ้าเกินไปกว่านี้อาจเป็นอันตรายของ เครื่องมือและผู้ทดสอบได้)

6. วางถ้วยเผาใหม่ที่ใส่ตัวอย่างแล้วบนห่วงอิเล็กโทรดที่ติดอยู่ด้านในของฝาอบบ่ม แล้วตัดลวดยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ผูกที่ปลายทั้งสองของห่วงอิเล็กโทรดของฝาอบบ่ม จากนั้นจัดลวดให้จุ่มลงไปในตัวอย่าง

7. ใส่น้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ลงในอบบ่มแล้วปิดฝาอบบ่ม และเติมก๊าซออกซิเจนลงในอบบ่ม โดยตั้งค่า Pressure gauge ไว้ที่ 450 psi แล้วกดที่ปุ่ม O₂ Fill Key เครื่องจะเติมเองโดยอัตโนมัติโดยใช้เวลาประมาณ 60 วินาที จะหยุดเอง

8. เติมน้ำกลั่น 2000 กรัม ลงใน Bucket แล้วนำเข้าเครื่อง พร้อมกับนำอบบ่มวางลงไปใน Bucket จากนั้นเสียบสายอิเล็กโทรดเข้ากับขั้วทั้งสองของอบบ่ม แล้วปิดฝาเครื่อง

9. กด Start แล้วที่หน้าจอจะขึ้นมาให้ใส่หมายเลขของ Cal ID. , Sample ID. และ Weight ตามลำดับ โดยที่หลังจากใส่หมายเลขของแต่ละค่าแล้ว จะต้องตามด้วยการกด Enter ทุกครั้ง จากนั้นเครื่องจะเริ่มทำงาน

10. เครื่องจะเริ่มทำการทดสอบ โดยเครื่องจะหยุดที่อุณหภูมิคงที่ และจะ Alarm เริ่มการจุด จากนั้น Firing 3-4 นาที เครื่องจะ Alarm อีกครั้งซึ่งค่า EE. จะปรากฏขึ้น

11. กด Skip Key แล้วนำอบบ่มออกจาก Bucket จากนั้นเอาลวดออกจากอบบ่ม แล้วนำมาวัดความยาวลวดที่เหลืออยู่เพื่อหาค่าความยาวของลวดที่ใช้ไปเพื่อนำมาใส่เป็นค่า Fuse

12. ที่หน้าจอจะขึ้นมาให้ใส่ค่า Fuse , Acid และ Sulfur ตามลำดับ เมื่อใส่ค่าครบแล้วให้กด Done Key เครื่องจะ Memory ค่าต่าง ๆ ไว้ และจะพิมพ์ค่า EE. หรือค่า Gross heat ซึ่งขึ้นอยู่กับ Model ที่เลือกไว้ว่าเป็นแบบ Standardization หรือ Determination

ก.2.2 ค่าความหนืดเชิงจลน์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (Kinematics

Viscosity at 40°C)

การวัดค่าความหนืดเชิงจลน์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยทำการทดสอบตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 445-03 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- เครื่องมือ**
- เครื่องวัดความหนืด Calibrated Cannon-Fenske Viscometer
 - ที่จับเครื่องวัดความหนืด (Viscometer Holder)
 - อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Temperature-Controlled Bath)

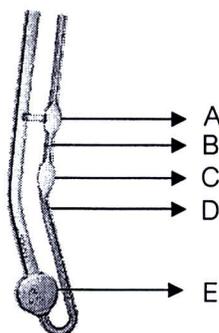
- นาฬิกาจับเวลา

สารเคมี - เฮกเซน

วิธีการทดลอง

1. กดสวิทช์เปิดเครื่องควบคุมอุณหภูมิ
2. กดปุ่ม Set Point ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส แล้วรอให้อุณหภูมิถึงค่าที่ตั้ง
3. ทำความสะอาด Viscometer ดังภาพที่ ก.2 โดยใช้สารละลายเฮกเซนล้างให้สะอาดและรอให้แห้ง
4. ค่อย ๆ เติมน้ำมันลงในหลอดของ Viscometer ที่สะอาดและแห้ง โดยให้ระดับน้ำมันอยู่กึ่งกลางของกระเปาะกลมจุด E
5. ใส่ Viscometer ลงใน Holder แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที เพื่อให้อุณหภูมิจนน้ำมันเท่ากับอุณหภูมิจนน้ำใน Bath
6. ใช้จุกยางอุดน้ำมันในหลอดขึ้นมาจนระดับน้ำมันอยู่ที่กึ่งกลางของจุด A จากนั้นนำจุกยางออกจากหลอด รอจนน้ำมันไหลลงไปถึงส่วนล่างของจุด B จึงเอานิ้วมือออกได้ และทำการวัดค่า Efflux Time
7. การวัดค่า Efflux Time เริ่มจับเวลาเมื่อน้ำไหลผ่านจุด B และหยุดจับเวลาเมื่อถึงจุด D
8. การหาค่า Kinematic Viscosity นั้น หาได้โดยนำค่า Efflux Time มาคูณกับค่า Viscometer Constant ตามสมการที่ (6)

$$\text{Kinematic Viscosity} = \text{Efflux Time} \times \text{Viscometer Constant} \quad (6)$$



ภาพที่ ก.2

ตำแหน่ง A, B, C, D และ E บน Viscometer



ก.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมีของน้ำมัน

ก.3.1 ค่าไอโอดีน (Iodine Value)

การวัดค่าไอโอดีนสามารถทำได้ตามวิธีมาตรฐาน BS EN 14111 โดยในการทดสอบหา ค่าไอโอดีนจะทำการทดสอบซ้ำสองครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เครื่องมือ - ขวดรูปชมพู่ (Flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร

- ปีกเกอร์ (Beaker)

- บิวเรต (Buret)

- ปิเปต (Pipette)

- หลอดหยด (Dropper)

- เครื่องมือและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องทำความร้อน (Heater), ขวดน้ำกลั่น และช้อนตักสารเคมี

สารเคมี - สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (Potassium Iodide; KI) ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก (KI 100 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร)

- สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (Sodium Thiosulfate; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) ความเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร (0.1 N)

- สารละลายผสมระหว่างไซโคลเฮกเซนและกรดอะซิติก (Equal volume of cyclohexane & glacial acetic acid)

- Wijs Reagent

- สารละลายน้ำแป้ง (Starch solution)

- น้ำกลั่น

วิธีการทดลอง

1. เติมตัวอย่างและตัวทำละลายปริมาณดังตารางที่ ก.1 พร้อมกับเติม Wijs Reagent ปริมาณ 25 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปตั้งในที่มืด

2. เตรียมสารละลาย Blank Test (ไม่ต้องเติมตัวอย่าง) ตามวิธีการในข้อ 1

- สำหรับตัวอย่างที่คาดว่าจะมีค่าคาคะเนของ Iodine Value น้อยกว่า 150 ให้เก็บไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง

- สำหรับตัวอย่างที่คาดว่าจะมีค่าคาคะเนของ Iodine Value สูงกว่า 150 ให้เก็บไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง

3. ในช่วงท้ายของปฏิกิริยาให้เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ปริมาณ 20 มิลลิลิตร และน้ำ 150 มิลลิลิตร

4. ไตเตรตสารละลายผสมในขวดรูปชมพู่ด้วยสารละลายมาตรฐาน (Standard Solution) ของโซเดียมไธโอซัลเฟต จนกระทั่งได้สารละลายผสมสีเหลือง (คาดว่าไอโอดีนเกือบจะหมดแล้ว) เติมสารละลายน้ำแป้งปริมาณ 2 ถึง 3 หยด จะเกิดสีน้ำเงินขึ้นในสารละลายให้ไตเตรตต่อจนกระทั่งเมื่อเขย่าแรง ๆ แล้วสีน้ำเงินได้หายไป

5. ไตเตรต Blank Test ด้วยวิธีการเดียวกันกับในข้อ 4

6. คำนวณค่าไอโอดีนจากสมการที่ (7)

$$W_1 = \frac{12.69C(V_2 - V_1)}{M} \quad (7)$$

เมื่อ W_1 = ค่าไอโอดีน (Iodine Value), g / 100 g fat

C = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต, โมลต่อลิตร

V_2 = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตใน Blank Test, มิลลิลิตร

V_1 = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตในตัวอย่าง, มิลลิลิตร

M = ปริมาณของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ, กรัม

ตารางที่ ก.1

ปริมาณตัวทำละลายที่ใช้เมื่อค่าคาดคะเนของค่าไอโอดีนเป็นค่าต่าง ๆ

ตั้งแต่น้อยกว่า 1.5 ถึง 200

[BS EN 14111]

Expected Iodine Value [g / 100 g]	Mass of Test Portion [g]	Volume of Solvent [ml]
Less than 1.5	15.00	25
1.5 to 2.5	10.00	25
2.5 to 5.0	3.00	20
5.0 to 20	1.00	20
20 to 50	0.40	20
50 to 100	0.20	20
100 to 150	0.13	20
150 to 200	0.10	20

ก.3.2 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value)

การวัดค่าเปอร์ออกไซด์สามารถทำตามวิธีมาตรฐาน ISO 3960 โดยในการทดสอบหาค่าเปอร์ออกไซด์จะทำการทดสอบซ้ำสองครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เครื่องมือ

- ขวดรูปชมพู่ (Flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
- บีกเกอร์ (Beaker)
- บิวเรต (Buret)
- ปิเปต (Pipette)
- หลอดหยด (Dropper)
- เครื่องมือและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องทำความร้อน (Heater), ขวดน้ำกลั่น และขวดตักสารเคมี

สารเคมี

- สารละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมไอโอไดด์ (Saturated solution of potassium iodide; KI)
- สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (Sodium Thiosulfate; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) ความเข้มข้น 0.01 โมลต่อลิตร (0.01 N)

- สารละลายผสมระหว่างกรดอะซิติกและไอโซออกเทนด้วยสัดส่วน 60 ต่อ 40 โดยปริมาตร [Glacial acetic acid / Iso-octane = 60 / 40 (by vol.)]
- สารละลายน้ำแป้ง (Starch solution) ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร (Starch solution 5 g/L)
- น้ำกลั่น

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างตามตารางที่ ก.2 แล้วเติมลงในขวดรูปชมพู่ที่เตรียมไว้
2. เติมสารละลายผสมระหว่างกรดอะซิติกกับไอโซออกเทน ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ แล้วเขย่าเพื่อให้สารตัวอย่างผสมและละลายกันจนทั่ว จากนั้นทำการปิเปตสารละลายอิมิตัวของโพแทสเซียมไอโอไดด์ปริมาณ 0.50 มิลลิลิตร ตามลงไป ในขวดรูปชมพู่ ปลอ่ยทิ้งไว้ให้สารละลายทำปฏิกิริยาประมาณ 1 นาที (ในระหว่างนี้ต้องเขย่าไปด้วยอย่างน้อย 3 ครั้ง) จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไปอีก 30 มิลลิลิตร
3. ไตเตรตสารละลายผสมในขวดรูปชมพู่ด้วยสารละลายมาตรฐานของโซเดียมไรโอซัลเฟต จนกระทั่งสีเหลืองของสารละลายหายไปจนเกือบหมด
 - เติมสารละลายน้ำแป้งปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร แล้วไตเตรตต่อไปจนใกล้จุดยุติ เพื่อให้ไอโอดีนจากชั้นของตัวทำละลายออกมาให้หมด
 - เติมสารละลายมาตรฐานของโซเดียมไรโอซัลเฟตที่ละลายแล้ว จนพบว่าสีน้ำเงินของสารละลายได้หายไป
4. ไตเตรต Blank Test ด้วยวิธีการเดียวกันกับในข้อ 2 ถึง 3
5. คำนวณค่าเปอร์ออกไซด์จากสมการที่ (8)

$$P = \frac{1000(V-V_0)C}{M} \quad (8)$$

- เมื่อ
- P = ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value), meq / kg
 - V = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไรโอซัลเฟตในตัวอย่าง, มิลลิลิตร
 - V₀ = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไรโอซัลเฟตใน Blank Test, มิลลิลิตร
 - C = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไรโอซัลเฟต, โมลต่อลิตร
 - M = ปริมาณของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ, กรัม

ตารางที่ ก.2
 น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้เมื่อค่าคาดคะเนของค่าเปอร์ออกไซด์
 เป็นค่าต่าง ๆ ตั้งแต่ 0 ถึง 90
 [ISO 3960]

Expected Peroxide Value [meq / kg]	Mass of test portion [g]	Weighing Accuracy [g]
0 to 12	5.0 to 2.0	± 0.01
12 to 20	2.0 to 1.2	± 0.01
20 to 30	1.2 to 0.8	± 0.01
30 to 50	0.8 to 0.5	± 0.01
50 to 90	0.5 to 0.3	± 0.01

ก.3.3 การวิเคราะห์โครงสร้างโมเลกุลของน้ำมัน

การวิเคราะห์โมเลกุลของสารในน้ำมันสามารถทำได้โดยอาศัยเทคนิคที่เรียกว่า Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy การเตรียมสารตัวอย่างที่เป็นของเหลวหรือเป็นสารละลายจะวัดอินฟราเรดสเปกตรัมโดยตรง โดยใส่สารตัวอย่างในเซลล์ใส่ของเหลว ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เครื่องมือ - Fourier transform infrared (FT-IR) spectrometer พร้อมแผ่นเซลล์

Transmission window

- หลอดหยด (Dropper)

วิธีการทดลอง

1. หยดตัวอย่างบนแผ่นเซลล์ Transmission window
2. ประกบปิดด้วยแผ่นเซลล์ Transmission window อีกแผ่นหนึ่ง
3. นำไปวัดอินฟราเรดสเปกตรัม

ภาคผนวก ข

ข้อมูลดิบ และตัวอย่างวิธีการคำนวณ

ในส่วนของภาคผนวก ข นี้ จะขอนำเสนอหัวข้อต่อไปตามลำดับเดียวกันกับหัวข้อในส่วนของบริษัทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล และบริษัทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ ทั้งนี้ เพื่อความเข้าใจและความสะดวกในการอ่านเนื้อหาในงานวิจัยนี้

ข.1 ปริมาณของน้ำมันที่ผลิตได้จากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก

ตารางที่ ข.1

ผลได้ของน้ำมัน (%Yield) ที่ผลิตได้จากกระบวนการไพโรไลซิสสูงเย็น (LDPE)

ครั้งที่	LDPE (g)	Kaolin (g)	น้ำมัน (g)	ก๊าซ (g)	เถ้า (g)	Yield (%)
1	14.0003	7.0100	10.1008	3.7940	7.1155	72.15
2	14.0156	7.0013	10.2880	3.5704	7.1585	73.40
3	14.0178	7.0149	11.8593	2.2097	6.9637	84.60
4	14.0090	7.0096	9.7839	3.9754	7.2593	69.84
5	14.0159	7.0012	10.2019	4.0765	6.7387	72.79
6	14.0175	7.0117	9.3642	4.3594	7.3056	66.80
7	14.0056	7.0175	8.8301	2.9874	9.2056	63.05
8	14.0124	7.0106	9.8441	1.4187	9.7602	70.25
9	14.0172	7.0156	10.2991	3.8804	6.8533	73.47
10	14.0028	7.0055	9.9631	4.0562	6.9890	71.15
11	14.0112	7.0021	9.9666	4.1650	6.8817	71.13
12	14.0085	7.0024	10.3040	3.6740	7.0329	73.56
13	14.0067	7.0078	10.0719	3.9279	7.0147	71.91
14	14.0061	7.0002	10.4258	3.9214	6.6591	74.44
15	14.0101	7.0034	10.4846	3.5654	6.9635	74.84

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

ครั้งที่	LDPE (g)	Kaolin (g)	น้ำมัน (g)	ก๊าซ (g)	เต้า (g)	Yield (%)
16	14.0126	7.0025	9.8278	3.9679	7.2194	70.14
17	14.0054	7.0088	10.4739	3.4679	7.0724	74.78
18	14.0072	7.0080	10.3029	3.8794	6.8329	73.55
19	14.0087	7.0042	10.2534	3.5951	7.1644	73.19
20	14.0029	7.0075	10.0497	4.2586	6.7021	71.77
21	14.0060	7.0051	10.4781	3.7020	6.8310	74.81
22	14.0037	7.0002	9.0619	4.7616	7.1804	64.71
23	14.0110	7.0084	10.3506	3.5241	7.1447	73.87
24	14.0165	7.0055	10.1866	3.6179	7.2175	72.68
25	14.0044	7.0044	10.3858	3.4974	7.1256	74.16
26	14.0112	7.0024	9.5382	4.8710	6.6044	68.08
27	14.0083	7.0071	10.2894	3.5988	7.1272	73.45
28	14.0090	7.0025	10.0405	4.1330	6.8380	71.67
29	14.0089	7.0022	10.4713	3.5966	6.9432	74.75
30	14.0104	7.0087	10.5675	3.3531	7.0985	75.43
31	14.0106	7.0020	9.8958	4.1822	6.9346	70.63
32	14.0095	7.0025	10.3215	4.0054	6.6851	73.68
33	14.0043	7.0023	10.3870	3.1808	7.4388	74.17
34	14.0142	7.0055	9.5390	4.8652	6.6155	68.07
35	14.0151	7.0063	10.6169	3.3465	7.0580	75.75
36	14.0036	7.0024	9.3671	4.8454	6.7935	66.89
37	14.0083	7.0037	10.4926	3.6143	6.9051	74.90
38	14.0094	7.0068	10.2455	3.7323	7.0384	73.13
39	14.0041	7.0068	10.5649	3.3645	7.0815	75.44
40	14.0105	7.0033	10.8153	3.5263	6.6722	77.19
41	14.0037	7.0020	10.7085	2.9689	7.3283	76.47

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

ครั้งที่	LDPE (g)	Kaolin (g)	น้ำมัน (g)	ก๊าซ (g)	เถ้า (g)	Yield (%)
42	14.0085	7.0006	10.3382	3.7281	6.9428	73.80
43	14.0182	7.0074	10.4427	3.6814	6.9015	74.49
44	14.0069	7.0099	10.9810	2.8531	7.1827	78.40
45	14.0142	7.0059	10.0321	4.1580	6.8300	71.59
46	14.0083	7.0052	10.6590	3.5143	6.8402	76.09
47	14.0062	7.0065	10.1945	3.3380	7.4802	72.79
48	14.0028	7.0022	9.4383	4.5535	7.0132	67.40
49	14.0038	7.0064	10.7893	3.3817	6.8392	77.05
50	14.0117	7.0046	9.8361	3.6508	7.5294	70.20
51	14.0023	7.0098	10.2961	3.6842	7.0318	73.53
52	14.0090	7.0019	8.6408	5.1589	7.2112	61.68
53	14.0030	7.0002	8.3553	5.6952	6.9527	59.67
54	13.9800	7.0041	8.6577	6.1064	6.2200	61.93
55	14.0243	7.0200	10.4653	3.5290	7.0500	74.62
56	14.0213	7.0019	9.3425	5.0594	6.6213	66.63
57	14.0224	7.0343	10.1742	3.5136	7.3689	72.56
58	14.0102	7.0025	10.1139	3.7046	7.1942	72.19
59	14.0341	7.0145	10.4155	3.7705	6.8626	74.22
60	14.0135	7.0033	9.7317	6.6039	4.6812	69.45
61	14.0217	7.0003	8.7555	5.2133	7.0532	62.44
62	14.0521	7.0642	10.8847	3.2242	7.0074	77.46
63	14.3048	7.1622	10.6921	3.6353	7.1396	74.74
64	14.6047	7.3045	10.6152	4.3990	6.8950	72.68
65	14.0026	7.3026	9.7961	4.6257	6.8834	69.96
66	14.5005	7.0026	9.7173	4.5933	7.1925	67.01
67	14.0012	7.5243	10.0723	4.2248	7.2284	71.94

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

ครั้งที่	LDPE (g)	Kaolin (g)	น้ำมัน (g)	ก๊าซ (g)	เถ้า (g)	Yield (%)
68	14.0243	7.2522	9.6505	4.6442	6.9818	68.81
69	14.0002	7.0021	9.3237	4.4559	7.2227	66.60
70	14.0113	7.0034	10.0044	3.8092	7.2011	71.40
ค่าเฉลี่ย	14.0300	7.0285	10.0776	3.9364	7.0445	71.83

จากตารางที่ ข.1 ค่าผลได้ของน้ำมัน (%Yield) ที่ผลิตได้จากกระบวนการไพโรไลซิสของถ่านหิน (LDPE) สามารถหาได้จากสมการที่ (9) ดังต่อไปนี้

$$\frac{Oil(g)}{LDPE(g)} \times 100 = Yield(\%) \quad (9)$$

ดังนั้น เมื่อถ่านหิน (LDPE) จำนวน 14.0003 กรัม นำมาผลิตน้ำมันได้ปริมาณ 10.1008 กรัม จะสามารถหาค่าผลได้ของน้ำมัน (%Yield) ได้ดังนี้

$$\frac{10.1008 \text{ g}}{14.0003 \text{ g}} \times 100 = 72.15 \%$$

ข.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมีของน้ำมันที่ผลิตจากกระบวนการไพโรไลซิสของพลาสติก

ข.2.1 ค่าไอโอดีน (Iodine Value)

ปริมาณสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (Sodium Thiosulfate; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) ที่ใช้ไตเตรตตัวอย่างน้ำมันที่เก็บไว้ในที่ไม่มีแสงและมีแสงในระยะเวลาต่าง ๆ สามารถนำมาคำนวณหาค่าไอโอดีนได้ ซึ่งผลการทดลองทั้งหมดจากการทดสอบหาค่าไอโอดีนแสดงไว้ดังตารางที่ ข.2 - ข.4

ตารางที่ ข.2

ผลจากการทดสอบหาค่าไอโอดีน (Iodine Value) ของ Blank

Blank Test	ครั้งที่		ค่าเฉลี่ย
	1	2	
ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ไตเตรต (ml) [V ₂]	26.65	26.65	26.65

ตารางที่ ข.3

ข้อมูลจากการทดสอบเพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าไอโอดีน (Iodine Value) ของน้ำมันที่เก็บไว้ในที่ไม่มีแสงและที่มีแสงในระยะเวลาต่าง ๆ

ระยะเวลาการเก็บ รักษาตัวอย่าง (สัปดาห์)	ปริมาณของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ (g) [M]						ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ไตเตรต (ml) [N ₁]						
	ไม่มีแสง			แสง			ไม่มีแสง			แสง			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
0	1.0074	1.0058	1.0074	1.0074	1.0058	1.0074	16.05	16.15	16.05	16.15	16.05	16.15	16.15
2	1.0038	1.0058	1.0012	1.0012	1.0085	1.0085	16.65	16.50	16.65	16.50	16.65	16.50	17.10
4	1.0072	1.0087	1.0070	1.0070	1.0099	1.0099	16.85	16.70	16.85	16.70	16.85	16.10	16.15
6	1.0033	1.0056	1.0083	1.0083	1.0065	1.0065	16.80	16.75	16.80	16.75	16.80	17.15	17.05
8	1.0056	1.0107	1.0048	1.0048	1.0093	1.0093	17.10	17.25	17.10	17.25	17.10	17.40	17.70
10	1.0245	1.0081	1.0018	1.0018	1.0066	1.0066	17.00	17.35	17.00	17.35	17.40	17.40	17.30
12	1.0087	1.0165	1.0066	1.0066	1.0049	1.0049	17.60	17.40	17.60	17.40	17.60	17.85	17.85
14	1.0075	1.0011	1.0014	1.0014	1.0056	1.0056	17.60	17.65	17.60	17.65	17.60	18.10	18.00

ตารางที่ ๓.3 (ต่อ)

ระยะเวลาการเก็บ รักษาตัวอย่าง (สัปดาห์)	ปริมาณของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ (g) [M]				ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ไตเตรต (ml) [V ₁]			
	ไม่มีแสง		แสง		ไม่มีแสง		แสง	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
16	1.0029	1.0044	1.0030	1.0067	18.30	18.25	19.1	18.80
18	1.0018	1.0085	1.0065	1.0070	17.70	17.80	19.70	18.05
20	1.0025	1.0153	1.0077	1.0138	17.30	17.40	22.40	22.20
22	1.0014	1.0104	1.0056	1.0024	17.40	17.35	22.60	22.75
24	1.0094	1.0241	1.0123	1.0076	17.20	17.35	22.65	22.60

ตารางที่ ข.4

ผลการวิเคราะห์หาค่าไอโอดีน (Iodine Value) ของน้ำมันที่เก็บไว้ใหม่และไม่มีการเติมแสงในระยะเวลาต่าง ๆ

ระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่าง (สัปดาห์)	ค่าไอโอดีน (Iodine Value) (g / 100 g fat) [W]				ค่าไอโอดีนโดยเฉลี่ย	
	ไม่มีแสง		แสง		ไม่มีแสง	แสง
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		
0	13.35	13.25	13.35	13.25	13.30	13.30
2	12.64	12.81	11.60	12.02	12.72	11.81
4	12.35	12.52	13.29	13.19	12.43	13.24
6	12.46	12.49	11.96	12.10	12.48	12.03
8	12.05	11.80	11.68	11.25	11.93	11.47
10	11.95	11.71	11.72	11.79	11.83	11.75
12	11.39	11.55	11.09	11.11	11.47	11.10

ตารางที่ ๗.4 (ต่อ)

ระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่าง (สัปดาห์)	ค่าไอโอดีน (Iodine Value) (g / 100 g fat) [W _i]						ค่าไอโอดีนโดยเฉลี่ย	
	ไม่มีแสง			แสง			ไม่มีแสง	แสง
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		
14	11.40	11.41	10.83	10.92	11.40	10.88		
16	10.57	10.61	9.55	9.90	10.59	9.72		
18	11.34	11.14	8.76	10.84	11.24	9.80		
20	11.84	11.56	5.35	5.57	11.70	5.46		
22	11.72	11.68	5.24	5.06	11.70	5.15		
24	11.88	11.52	5.14	5.23	11.70	5.18		

จากตารางที่ ข.2 - ข.4 ค่าไอโอดีน (Iodine Value) ของตัวอย่างน้ำมันที่ผลิตได้จากกระบวนการไพโรไลซิสสูงเย็น (LDPE) สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$W_1 = \frac{12.69C(V_2 - V_1)}{M}$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าไอโอดีน (Iodine Value) ของน้ำมันที่ผลิตได้ใหม่ซึ่งยังไม่มีอายุการเก็บรักษา (0 สัปดาห์) ในการทดสอบครั้งที่ 1

$$W_1 = \frac{12.69 \times 0.10 (26.65 - 16.05)}{1.0074}$$

$$W_1 = 13.35 \text{ g/100 g fat}$$

เมื่อ W_1 = ค่าไอโอดีน (Iodine Value), g / 100 g fat

C = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.10 โมลต่อลิตร

V_2 = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตใน Blank Test 26.65 มิลลิลิตร

V_1 = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตในตัวอย่าง 16.05 มิลลิลิตร

M = ปริมาณของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ 1.0074 กรัม

ข.2.2 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value)

ปริมาณสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (Sodium Thiosulfate; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) ที่ใช้ไตเตรตตัวอย่างน้ำมันที่เก็บไว้ในที่ไม่มีแสงและมีแสงในระยะเวลาต่าง ๆ สามารถนำมาคำนวณหา ค่าเปอร์ออกไซด์ได้ ซึ่งผลการทดลองทั้งหมดจากการทดสอบหาค่าเปอร์ออกไซด์แสดงไว้ดังตารางที่ ข.5 - ข.7

ตารางที่ ข.5

ผลจากการทดสอบหาค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value) ของ Blank

Blank Test	ครั้งที่		ค่าเฉลี่ย
	1	2	
ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ไตเตรต (ml) [V_0]	0.20	0.20	0.20

ตารางที่ ๑.6 (ต่อ)

ระยะเวลาการเก็บรักษา ตัวอย่าง (สัปดาห์)	ปริมาณของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ (g) [M]				ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ไทเตรต (ml) [M]			
	ไม่มีแสง		แสง		ไม่มีแสง		แสง	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
14	3.5083	0.2479	3.5107	0.2523	0.70	14.45	0.70	14.45
16	3.5105	0.2011	3.5067	0.2082	0.60	11.95	0.60	12.25
18	3.5127	0.2044	3.5113	0.2069	0.65	11.95	0.65	11.45
20	3.5001	0.2092	3.5016	0.2126	0.65	18.80	0.65	19.00
22	3.5123	0.2117	3.5078	0.2108	0.75	18.80	0.75	18.80
24	3.5063	0.2016	3.5089	0.2004	0.80	17.90	0.80	17.85

ตารางที่ ข.7

ผลการวิเคราะห์หาค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value) ของน้ำมันที่เก็บไว้ในที่ไม่มีแสงและที่มีแสงในระยะเวลาต่าง ๆ

ระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่าง (สัปดาห์)	ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value) (g / 100 g fat) [P]						ค่าเปอร์ออกไซด์โดยเฉลี่ย	
	ไม่มีแสง			แสง			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		
0	0	0	0	0.29	0.29	0.29	0.14	0.14
2	0	47.95	0	0.29	0.29	44.79	0.14	46.37
4	1.00	92.83	92.83	1.00	1.00	93.42	1.00	93.13
6	1.14	252.78	252.78	1.14	1.14	253.26	1.14	253.02
8	1.14	327.53	327.53	1.14	1.14	325.81	1.14	326.67
10	1.43	437.65	437.65	1.43	1.43	438.36	1.43	438.00
12	1.43	453.85	453.85	1.43	1.43	453.17	1.43	453.51

ตารางที่ ๗.7 (ต่อ)

ระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่าง (สัปดาห์)	ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value) (g / 100 g fat) [P]						ค่าเปอร์ออกไซด์โดยเฉลี่ย	
	ไม่มีแสง			แสง				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ไม่มีแสง	แสง
14	1.43	574.83	1.42	564.80	1.42	569.82	1.42	569.82
16	1.14	584.29	1.14	578.77	1.14	581.53	1.14	581.53
18	1.28	574.85	1.28	543.74	1.28	559.30	1.28	559.30
20	1.29	889.10	1.29	884.29	1.29	886.70	1.29	886.70
22	1.57	878.60	1.57	882.35	1.57	880.48	1.57	880.48
24	1.71	877.98	1.71	880.74	1.71	879.36	1.71	879.36

จากตารางที่ ข.5 – ข.7 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value) ของตัวอย่างน้ำมันที่ผลิตได้จากกระบวนการไพโรไลซิสสูงเย็น (LDPE) สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$P = \frac{1000(V-V_0)C}{M}$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value) ของน้ำมันที่เก็บไว้ในที่มีแสงเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ในการทดสอบครั้งที่ 2

$$P = \frac{1000(15.90 - 0.20) \times 0.01}{3.5050}$$

$$P = 44.79 \text{ meq/kg}$$

- เมื่อ
- P = ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value), meq / kg
 - V = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตในตัวอย่าง 15.90 มิลลิลิตร
 - V₀ = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตใน Blank Test 0.20 มิลลิลิตร
 - C = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.01 โมลต่อลิตร
 - M = ปริมาณของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ 3.5050 กรัม

ข.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพของน้ำมันที่ผลิตจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก

ข.3.1 ค่าความร้อน (Heating/Calorific Value)

ในการทดสอบหาค่าความร้อนของตัวอย่างน้ำมันที่เก็บไว้ในที่ไม่มีแสงและมีแสงในระยะเวลาต่าง ๆ แสดงไว้ดังตารางที่ ข.8

ตารางที่ ข.8

ผลการวิเคราะห์หาค่าความร้อน (Heating/Calorific Value) ของน้ำมันที่เก็บไว้เนิ่นที่ไม่มีแสงและที่มีแสงในระยะเวลาต่าง ๆ

ระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่าง (สัปดาห์)	ค่าความร้อน (Heating/Calorific Value) (MJ/kg) [Q]											
	ไม่มีแสง						แสง					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	46.6487	44.1935	43.9404	44.9275	46.6487	44.1935	43.9404	44.9275	46.6487	44.1935	43.9404	44.9275
2	44.0741	43.0648	44.2488	43.7959	44.1973	44.3982	44.3055	44.3003	44.1973	44.3982	44.3055	44.3003
4	42.8884	42.7595	42.9440	42.8640	43.6000	43.5191	43.6248	43.5813	43.6000	43.5191	43.6248	43.5813
6	43.6880	43.5947	44.4166	43.8998	43.4396	43.5762	43.7926	43.6028	43.4396	43.5762	43.7926	43.6028
8	43.8806	43.6329	44.8359	44.1164	43.3183	42.9252	43.0051	43.0828	43.3183	42.9252	43.0051	43.0828
10	44.4414	44.4968	43.8133	44.2505	43.8437	43.2433	44.2428	43.7766	43.8437	43.2433	44.2428	43.7766
12	45.1291	45.1245	43.3717	44.5418	43.4819	43.5516	42.9109	43.3148	43.4819	43.5516	42.9109	43.3148

ตารางที่ ข.8 (ต่อ)

ระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่าง (สัปดาห์)		ค่าความร้อน (Heating/Calorific Value) (MJ/kg) [Q]									
		ไม่มีแสง					แสง				
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย		
14	44.6182	44.1356	44.4726	44.4088	42.3366	42.5253	42.7165	42.5261			
16	44.9254	44.7615	44.8962	44.8610	44.3865	43.3588	43.1110	43.6188			
18	45.2298	45.1076	44.4060	44.9145	42.7772	43.4481	43.1260	43.1171			
20	45.6100	45.6947	46.2427	45.8491	42.6921	42.5342	43.4852	42.9038			
22	44.3883	44.7361	45.4098	44.8447	43.6022	43.0438	43.5865	43.4108			
24	47.2783	45.7517	46.7649	46.5983	43.6116	42.6819	43.5505	43.2813			

ข.3.2 ค่าความหนืดเชิงจลน์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (Kinematics Viscosity at 40°C)

ในการทดสอบหาค่าความหนืดเชิงจลน์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ของตัวอย่างน้ำมันที่เก็บไว้ในที่ไม่มีแสงและมีแสงในระยะเวลาต่าง ๆ โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ค่าความหนืดเชิงจลน์ของน้ำมันที่มีระยะเวลาการเก็บรักษา 8, 12, 16 และ 20 สัปดาห์ ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงไว้ดังตารางที่ ข.9

ตารางที่ ข.9

ผลการวิเคราะห์หาค่าความหนืดเชิงจลน์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (Kinematics Viscosity at 40°C) ของน้ำมันที่เก็บไว้ในที่ไม่มีแสงและมีแสงในระยะเวลาต่าง ๆ

ระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่าง (สัปดาห์)	ค่าความหนืดเชิงจลน์ (cSt)	
	ไม่มีแสง	แสง
8	3.64	4.20
12	3.83	3.84
16	4.03	3.68
20	4.24	3.92

จากตารางที่ ข.9 ค่าความหนืดเชิงจลน์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (Kinematics Viscosity at 40°C) ของตัวอย่างน้ำมันที่ผลิตได้จากกระบวนการไพโรไลซิสสูงเย็น (LDPE) สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Kinematic Viscosity} = \text{Efflux Time} \times \text{Viscometer Constant}$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าความหนืดเชิงจลน์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ของน้ำมันที่เก็บไว้ในที่ ไม่มีแสงเป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ โดยใช้ Cannon-Penske Calibrated Viscometer No.75 P573 ซึ่งมีค่า Viscometer Constant = 0.007617 cSt/s

$$\text{Kinematic Viscosity} = 557 \text{ s} \times 0.007617 \text{ cSt/s}$$

$$\text{Kinematic Viscosity} = 4.24 \text{ cSt}$$

เมื่อ	Efflux Time	=	557 วินาที
	Viscometer Constant	=	0.007617 เซนติสโตกต่อวินาที

ประวัติการศึกษา

ชื่อ

นางสาวปิยาภรณ์ เศรษฐบรรจง

วันเดือนปีเกิด

9 กันยายน พ.ศ. 2528

วุฒิการศึกษา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเคมี)

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผลงานทางวิชาการ

นำเสนอผลงานวิชาการในการประชุมระดับชาติของ
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในหัวข้อเรื่อง "ผลกระทบจาก
ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันที่
ผลิตได้จากขยะพลาสติก" พ.ศ.2553



