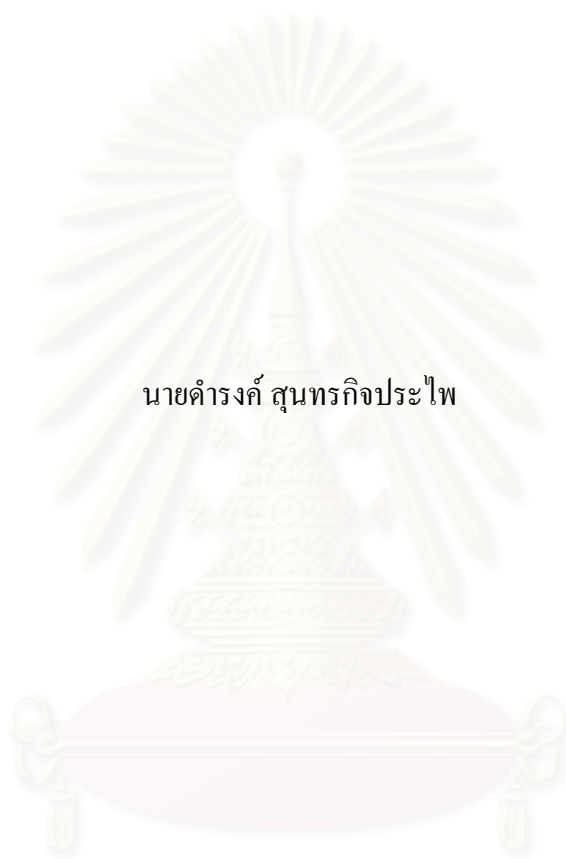


แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์เพื่อผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชภายใต้เงื่อนไข สมบัติน้ำมัน ราคา และฤดูกาล



นายดำรงศ์ สุนทรกิจประไพ

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3622-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MATHEMATICAL MODELING FOR DIESEL-VEGETABLE OIL BLENDING UNDER OIL PROPERTIES,
PRICE AND SEASON CONSTRAINTS



Damrongk Soontornkitprapai

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Chemical Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-3622-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์เพื่อผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชภายใต้เงื่อนไข สมบัติน้ำมัน ราคา และฤดูกาล
โดย	นาย ดำรงค์ สุนทรกิจประไพ
สาขาวิชา	เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ กัญจนา บุญเกียรติ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมณะเสวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิทิตสานต์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ กัญจนา บุญเกียรติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. กิติพัฒน์ สีมานนท์)

..... กรรมการ
(นส. พิศมัย เจนวนิชปัญญากุล)

ดำรงศ์ สุนทรกิจประไพ : แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์เพื่อผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช
ภายใต้เงื่อนไข สมบัติน้ำมันราคา และฤดูกาล. (MATHEMATICAL MODELING FOR
DIESEL-VEGETABLE OIL BLENDING UNDER OIL PROPERTIES, PRICE AND
SEASON CONSTRAINTS) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ กัญญา บุญเกียรติ,
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : รองศาสตราจารย์ ดร. พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์ จำนวนหน้า 150 หน้า.
ISBN 974-17-3622-6.

งานวิจัยนี้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์เพื่อหาเงื่อนไขการปฏิบัติการที่
เหมาะสมสำหรับการผสมน้ำมันดีเซลและน้ำมันพืช โดยมีฟังก์ชันเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์คือ
อัตราส่วนของน้ำมันพืชต่อน้ำมันดีเซลที่เหมาะสม ที่ให้ราคาต่ำที่สุดตามฤดูกาลการผลิต สมการ
ข้อจำกัดของปัญหาคือ สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันผสมที่ยังคงมีสมบัติที่นำไปใช้กับเครื่องยนต์
ดีเซลได้ดี และมีปริมาณเพียงพอกับที่ต้องการในแต่ละช่วงการผลิต โดยนำปัจจัยทางด้านสมบัติ
และปริมาณผลผลิตตามฤดูกาลของน้ำมันพืช 5 ชนิด ได้แก่ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ น้ำมันปาล์มดิบ
น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ น้ำมันปาล์มเมล็ดใน และน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ เข้าร่วมพิจารณาใน
แบบจำลองคณิตศาสตร์ สมบัติที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ ค่าความหนืด จุดวาบไฟ
จุดไหลเท ปริมาณธาตุกำมะถัน ปริมาณน้ำและตะกอน ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์บอนคงเหลือ และค่า
ความร้อน

จากการศึกษาพบว่าน้ำมันพืชมีค่าความหนืด ความถ่วงจำเพาะ ดัชนีซีเทน จุดไหลเท ค่า
คาร์บอนคงเหลือ ค่าเถ้า และค่าความร้อน ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซล
สำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนเร็ว แต่มีข้อดีคือไม่มีกำมะถัน มีค่าจุดวาบไฟสูง ทำให้ปลอดภัยในการ
เก็บรักษา ผลจากการดำเนินการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์การหาเงื่อนไขการปฏิบัติการที่
เหมาะสม พบว่าสามารถมีน้ำมันพืชในน้ำมันผสมไม่เกินร้อยละ 6.28 สมบัติที่มีผลกระทบต่อ
ผสมมากคือค่าคาร์บอนคงเหลือและค่าความหนืด และสูตรการผลิตจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วง โดย
ในช่วงแรกของปี คือในระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนควรที่จะเลือกน้ำมันมะพร้าว
บริสุทธิ์ ส่วนในครึ่งหลังของปี คือในระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมควรที่จะเลือกใช้น้ำมัน
ปาล์มดิบ ในการผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชที่มีราคาต่ำสุดและมีสมบัติตามมาตรฐาน

ภาควิชา	เคมีเทคนิค	ลายมือชื่อนิสิต
สาขาวิชา	เคมีเทคนิค	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา	2546	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4472265323 :MAJOR Chemical Technology

KEYS WORDS : VEGETABLE OIL/BLENDING OIL/ MATHEMATICAL MODEL/
OPTIMIZATION/ SENSITIVITY ANALYSIS

DAMRONGK SOONTORNKITPRAPAI : MATHEMATICAL MODELING FOR
DIESEL-VEGETABLE OIL BLENDING UNDER OIL PROPERTIES, PRICE AND
SEASON CONSTRAINTS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. KUNCHANA
BUNYAKIAT THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. PORNPOTE
PIUMSOMBOON, PH.D. 150 pp. ISBN974-17-3622-6

This research is to study and develop mathematical models to determine a proper composition of diesel oil-vegetable oil blends that conforms with Thai Standard diesel. The objective function is to minimize the cost of the blended oil in each season. The constraints are properties of blended oil that can be used with unmodified diesel engine and it should be available in any season. Five vegetable oils; refined coconut oil, crude palm oil, refined palm oil , crude palm kernel oil, and refined soya oil, are employed to obtain the mathematical models. The analyzed properties are specific gravity, viscosity, flash point, pour point, sulfur content, water and sediment, carbon residue, ash and energy content.

Results of the experiment indicated that viscosity, specific gravity, pour point, ash and carbon residue of all types of vegetable oil did not comply with the Thai Standard of diesel oil, but it had high flash point, and low sulfur content. After solving mathematical models, it was found that the maximum content of vegetable oil in the blended oil was 6.28%. The main limitations for oil blending were carbon residue and viscosity. It was also found that refined coconut oil was the suitable choice for production during November to April, while crude palm oil was more suitable during May to October.

Department	Chemical Technology	Student's signature
Field of study	Chemical Technology	Advisor's signature
Academic year	2546	Co. Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ กัญญา บุญเกียรติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านทั้งสองได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ด้วยดีตลอดมา รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเคมีเทคนิคที่ได้ให้คำแนะนำในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พัชรีย์ ปานกุล ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่กรุณาให้คำแนะนำเบื้องต้นเกี่ยวกับการออกแบบแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์เพื่อหาเงื่อนไขการปฏิบัติที่เหมาะสมสำหรับการผสมน้ำมันดีเซลและน้ำมันพืช

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการวิจัยเป็นอย่างดี และขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ในภาควิชาเคมีเทคนิค ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ ทุกคนในบริษัท โปรดักส์ ดีเวลลอปเม้นท์ เมนูแฟคเจอร์ริง จำกัด ที่เอื้อเพื่อเครื่องมือวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืช และน้ำมันดีเซล

ขอขอบคุณกรมเศรษฐกิจการเกษตร กรมอุตุนิยมวิทยา ห้องสมุดธนาคารแห่งประเทศไทย ที่เอื้อเพื่อข้อมูลในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณ ภาควิชาเคมีเทคนิค โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านเชื้อเพลิงภายใต้โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ศูนย์ปิโตรเลียมและเทคโนโลยีปิโตรเคมี ที่สนับสนุนทุนวิจัยตลอดการศึกษา

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ให้กำลังใจเสมอมา จนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูปภาพ	ฎ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....	4
2.1.1 ไบโอดีเซล (Biodiesel) พลังงานทดแทน	4
2.1.2 ความหมายของไบโอดีเซล	5
2.1.3 ความเป็นมาของไบโอดีเซล.....	6
2.1.4 สมบัติทางเชื้อเพลิงของไบโอดีเซล.....	9
2.1.5 น้ำมันดีเซล.....	10
2.1.6 น้ำมันพืช.....	18
2.1.7 น้ำมันถั่วเหลือง.....	18
2.1.8 น้ำมันมะพร้าว.....	22
2.1.9 น้ำมันปาล์ม.....	27
2.1.10 การคำนวณคุณสมบัติของน้ำมันผสม	35
2.1.11 แบบจำลองคณิตศาสตร์	44
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	46
3. เครื่องมือ และการดำเนินการทดลอง.....	53
3.1 อุปกรณ์ และเครื่องมือการทดลอง.....	53
3.2 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ	56

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.3 การวิเคราะห์สมบัติน้ำมัน.....	56
3.4 การสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์.....	57
4. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง	68
4.1 สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซล และน้ำมันพืช.....	68
4.2 ปริมาณผลผลิตพืชน้ำมัน	73
4.2.1 ปริมาณผลผลิตมะพร้าว.....	73
4.2.2 ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมัน	74
4.2.3 ปริมาณผลผลิตถั่วเหลือง	76
4.3 แบบจำลองภาคเกษตรกรรม.....	78
4.3.1 สมการแบบจำลองปริมาณผลผลิตมะพร้าว.....	78
4.3.2 สมการแบบจำลองปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมัน	79
4.3.3 สมการแบบจำลองปริมาณผลผลิตถั่วเหลือง	80
4.4 แบบจำลองภาคอุตสาหกรรม	81
4.5 การเลือกน้ำมันดีเซลในการผลิตไบโอดีเซล.....	81
4.6 สมบัติของน้ำมันผสม.....	82
4.7 การเลือกชนิดของน้ำมันและการกำหนดค่าใช้จ่ายในการผลิต	84
4.8 ผลของฤดูกาลที่มีต่อการผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช	86
4.9 ปริมาณน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช.....	90
4.10 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของคำตอบ (Sensitivity analysis)	93
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	101
5.1 สรุปผลการทดลอง	101
5.2 ข้อเสนอแนะ	102
รายการอ้างอิง.....	103
ภาคผนวก	107
ภาคผนวก ก.....	108
ภาคผนวก ข.....	118
ภาคผนวก ค.....	127
ภาคผนวก ง.....	136
ภาคผนวก จ.....	137

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก จ	139
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	150



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 กำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนเร็ว ประกาศกระทรวงพาณิชย์ ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2541).....	13
2.2 กำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนช้า ประกาศกระทรวงพาณิชย์ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2523).....	14
2.3 รายงานผลการวิเคราะห์หา Fatty acid composition ของน้ำมันถั่วเหลือง ของบริษัท โรง กลั่นน้ำมันนครชัยศรี จำกัด.....	19
2.4 ถั่วเหลือง : เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ราคาและมูลค่าของผลผลิตตามราคา ที่เกษตรกรขายได้ ปีเพาะปลูก 2534/35 – 2543-44	21
2.5 มะพร้าว เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ราคาและมูลค่าของผลผลิตตามราคา ที่เกษตรกรขายได้ ปีเพาะปลูก 2535 – 2544.....	25
2.6 ปาล์มน้ำมัน เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ราคาและมูลค่าของผลผลิตตามราคา ที่เกษตรกรขายได้ ปีเพาะปลูก 2535 – 2544.....	30
2.7 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซล และน้ำมันมะพร้าวผสม	47
2.8 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มผสม	47
2.9 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซล และน้ำมันถั่วเหลืองผสม.....	47
2.10 สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซล มะพร้าว และน้ำมันปาล์ม.....	48
2.11 สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันผสมดีเซล-น้ำมันมะพร้าว และดีเซล-น้ำมันปาล์ม	48
2.12 สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืช	51
4.1 สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลและน้ำมันพืชที่ทำการวิเคราะห์ได้.....	69

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ค่ากลาง ค่ามากที่สุด ค่าน้อยที่สุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของร้อยละผลผลิตป่าล้มรายเดือน ข้อมูลระหว่างปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2542-2546	75
4.3 แสดงค่าเฉลี่ย ค่ากลาง ค่ามากที่สุด ค่าน้อยที่สุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของร้อยละผลผลิตถั่วเหลืองรายเดือน ข้อมูลระหว่างพื้นที่เพาะปลูกปี พ.ศ. 2532/33 – 2545/46.....	77
4.4 การเปรียบเทียบผลของน้ำมันดีเซลสองชนิด	82
4.5 สมบัติของน้ำมันผสมที่มีน้ำมันพืชมากที่สุด เทียบกับมาตรฐานน้ำมันดีเซล.....	83
4.6 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตน้ำมันดิบ	84
4.7 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตน้ำมันบริสุทธิ์	85
4.8 ข้อมูลของน้ำมันดิบ	85
4.9 ข้อมูลของน้ำมันบริสุทธิ์	85
4.10 สัดส่วนและสมบัติของน้ำมันผสมรายเดือนปี พ.ศ. 2544.....	88
4.11 สัดส่วนและสมบัติของน้ำมันผสมรายเดือนปี พ.ศ. 2545	89
4.12 สัดส่วนและสมบัติของน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชที่ความต้องการน้ำมันผสมต่ำกว่าร้อยละ 3 ของความต้องการน้ำมันดีเซลทั้งประเทศ.....	91
4.13 ข้อมูลเฉลี่ยในช่วงปี พ.ศ. 2542-2545	93
4.14 ความอ่อนไหวของค่าตอบสนองราคาน้ำมัน.....	94
4.15 การอ่อนไหวของค่าตอบเนื่องจากการเปลี่ยนปริมาณพืชน้ำมัน.....	96
4.16 ความอ่อนไหวของค่าตอบสนองกระบวนการผลิตน้ำมันพืช.....	97
4.17 ความอ่อนไหวของค่าตอบสนองสมบัติทางเชื้อเพลิง.....	98
4.18 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่าตอบสนองความคลาดเคลื่อนของสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมัน	100
ข1 ผลการทดลองค่า Flash point แบบ PM closed cup.....	118
ข2 ผลการทดลองค่า °API และค่าความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ	119
ข3 ผลการทดลองความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ และความหนืด ณ อุณหภูมิ 100 °ซ	120
ข4 ผลการทดลองค่ากำมะถันของน้ำมัน	121
ข5 ผลการทดลองค่ากากถ่านของน้ำมัน.....	122

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข6 ผลการทดลองค่าความร้อน.....	123
ข7 ผลการทดลองค่าเผา.....	124
ข8 ผลการทดลองค่า Distillation & Calculated cetane index สำหรับดีเซล ปตท.	125
ข9 ผลการทดลองค่า Distillation & Calculated cetane index สำหรับดีเซล เชลล์.....	126
ค1 ปาล์มน้ำมัน : ร้อยละและปริมาณผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวรายเดือน ปี 2542 – 2545	127
ค2 ถั่วเหลือง : ร้อยละและปริมาณผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวรายเดือน ปีเพาะปลูก 2532/33- 2544/45.....	128
ค3 ปริมาณมะพร้าวผลใหญ่.....	129
ค4 มะพร้าว : ราคาที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา เฉลี่ยรายเดือน มะพร้าวแห้งผลใหญ่ เฉลี่ยทั่วประเทศ	130
ค5 ปาล์มน้ำมัน : ราคาที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา เฉลี่ยรายเดือน ผลปาล์มน้ำมันทั้งทะลายมีน้ำหนัก > 15 กก. เฉลี่ยทั่วประเทศ	131
ค6 ถั่วเหลือง : ราคาที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา เฉลี่ยรายเดือน ถั่วเหลืองชนิดคละ เฉลี่ยทั่วประเทศ.....	132
ค7 ราคาน้ำมันดีเซล ในกรุงเทพมหานคร เฉลี่ยรายเดือน.....	133
ค8 ราคาถั่วเหลือง ผลิตในประเทศจากเมล็ดในประเทศ (ณ หน้าโรงงานสกัดน้ำมัน) โปรรีน 44-48% ตลาด กทม. เฉลี่ยรายเดือน	133
ค9 ราคาน้ำมันมะพร้าวตากแห้งเกรด A.....	134
ง1 แสดงปริมาณผลทั่วประเทศ	136
จ1 แสดงค่าที่อ่านได้จากกราฟ ค่าที่คำนวณได้จากสมการ และร้อยละของความคลาดเคลื่อนของความสัมพันธ์ ระหว่างค่าจุดวาบไฟกับ Flash point blending index	137
ฉ1 ราคา ปริมาณ สมบัติของน้ำมันพืชแต่ละชนิด สมบัติน้ำมันดีเซล และมาตรฐานน้ำมันดีเซลของกรมการค้าภายใน.....	142
ฉ2 ตัวแปรสำหรับหาค่าภาวะที่เหมาะสม	147
ฉ3 การคำนวณคุณสมบัติของน้ำมันผสม.....	149

สารบัญรูปรภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 โมนิกราฟสำหรับการประมาณค่าดัชนีซีเทน.....	16
2.2 กระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์.....	22
2.3 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันมะพร้าวโดยใช้ตัวทำละลาย.....	26
2.4 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดใหญ่.....	32
2.5 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก.....	33
2.6 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันเมล็ดปาล์ม.....	34
2.7 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์.....	36
2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับค่า Flash point blending index.....	38
3.1 แสดงขั้นตอนในการทำงาน.....	55
3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองภาคเกษตรกรรม.....	59
3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองภาคอุตสาหกรรม.....	61
3.4 ขั้นตอนของการสร้างแบบจำลองการผสม.....	66
4.1 แสดงร้อยละของผลผลิตมะพร้าวต่อปี.....	74
4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ค่ากลาง ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของผลผลิตปาล์มรายเดือน.....	75
4.3 แสดงค่าเฉลี่ย ค่ากลาง ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของผลผลิตถั่วเหลืองรายเดือน.....	76
4.4 สัดส่วนของน้ำมันผสมรายเดือนปี พ.ศ. 2544.....	86
4.5 สัดส่วนของน้ำมันผสมรายเดือนปี พ.ศ. 2545.....	87
4.6 สัดส่วนของน้ำมันพืชในน้ำมันผสมที่ปริมาณความต้องการน้ำมันผสมต่างๆ.....	90
4.7 ความต้องการน้ำมันพืชที่ปริมาณความต้องการน้ำมันผสมต่างๆ.....	91
4.8 ผลต่างของราคาน้ำมันผสมกับราคาน้ำมันดีเซลที่เปลี่ยนแปลง ไปเมื่อราคาน้ำมันดีเซลลดลง.....	94
4.9 การเปลี่ยนแปลงราคามะพร้าวและปาล์มน้ำมันที่มีผลต่อราคาของน้ำมันผสม.....	95
4.10 การเปลี่ยนแปลงราคามะพร้าวและปาล์มน้ำมันที่มีผลต่อสัดส่วนน้ำมันพืช.....	95
ค1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าจุดวาบไฟกับ Flash point blending index.....	138

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ในแต่ละปีจึงมีผลผลิตทางการเกษตร เช่น ปาล์ม น้ำมัน มะพร้าว ข้าว ฯลฯ ออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมาก แต่เนื่องจากผลผลิตทางการเกษตรมีการกำหนดความต้องการและราคาโดยผู้ซื้อ จึงมักเกิดปัญหาผลผลิตทางการเกษตรล้นตลาดและราคาตกต่ำ ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญของประเทศเรื่อยมา การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตทางการเกษตร เพื่อช่วยยกระดับราคา จึงเป็นแนวทางสำคัญประการหนึ่งที่จะช่วยให้เกษตรกรรอดพ้นจากปัญหาความยากจนและพึ่งพาตัวเองได้ การผลิตน้ำมันพืชเพื่อใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลเป็นรูปธรรมหนึ่งของการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตทางการเกษตรที่จะสร้างรายได้ให้เกษตรกรเพิ่มมากขึ้น เพราะต้องใช้ผลผลิตทางการเกษตรเป็นวัตถุดิบจำนวนมาก ทำให้มีตลาดรองรับที่แน่นอนและไม่ถูกกดคั้นเรื่องราคา นอกจากนี้ยังช่วยให้ประเทศสามารถพึ่งพาตนเองด้านพลังงานได้บางส่วน จากเดิมที่ต้องสูญเสียเงินตราต่างประเทศเพื่อนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งหมด และยังจัดเป็นเชื้อเพลิงสะอาดเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียม ซึ่งจะช่วยให้คนไทยเผชิญกับมลภาวะน้อยลง มีสภาพแวดล้อมและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

เมล็ดพืชที่นำมาสกัดเป็นน้ำมันพืชที่ใช้บริโภคและการอุตสาหกรรม มีประมาณ 14 ชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง เมล็ดถั่วลิสง ถั่วลิสง งา มะพร้าว เมล็ดปอ เมล็ดปาล์ม ไร่ข้าว เมล็ดละหุ่ง เมล็ดทานตะวัน ยางพารา ดอกคำฝอย และข้าวโพด แต่น้ำมันที่มีศักยภาพมากพอที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงมีด้วยกัน 6 ชนิด ได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันงา และน้ำมันไร่ข้าว ซึ่งหลังจากการสกัดน้ำมันออกแล้วกากที่เหลือเป็นผลพลอยได้ยังใช้เป็นอาหารสัตว์และทำปุ๋ยได้อีกด้วย

การใช้น้ำมันพืชกับเครื่องยนต์ดีเซลโดยตรงมีข้อจำกัดหลายประการคือ มีค่าความหนืดสูง มีปัญหาในการติดเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังสามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันเกิดเป็นยางเหนียวสะสมตามเครื่องยนต์และหัวฉีด ดังนั้นจึงต้องมีเทคนิคในการลดความหนืดให้เหมาะสมก่อนที่จะใช้งาน โดยวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน การผสมระหว่างน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซล ซึ่งอาจมีตัวทำละลายอื่นๆ ด้วย เช่น น้ำมันก๊าด แอลกอฮอล์ เพื่อลดความหนืดของน้ำมันผสม

การใช้ประโยชน์จากน้ำมันพืชนั้นจะพบปัญหาว่า ราคาน้ำมันพืชเปลี่ยนแปลงตามราคาของวัตถุดิบที่มีความผันผวนมาก โดยในครั้งแรกของปีผู้ผลิตต้องประสบปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบ ส่วนในครึ่งหลังของปี วัตถุดิบกลับล้นตลาดและมีราคาถูกลงมาก ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อราคาของน้ำมันผสมที่จะมีราคาไม่แน่นอนตามการขึ้นลงของราคาของพืชน้ำมัน จึงต้องมีการศึกษาหรือหาวิธีการที่เหมาะสมในการนำพืชน้ำมันชนิดต่างๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การหาเงื่อนไขการปฏิบัติการที่เหมาะสม (Optimization) เป็นวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่นำความสัมพันธ์ต่างๆ และข้อจำกัดมาประมวลผลเพื่อหาทางเลือกที่ทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์บรรลุตามความต้องการ โดยหวังผลลัพธ์ในทางที่ดีที่สุดเพื่อลดความเสี่ยง การประยุกต์วิธีทางคณิตศาสตร์เข้ามาในงานวิจัยนี้ ตัวแปรที่สนใจคือปริมาณของน้ำมันพืช และปริมาณน้ำมันดีเซล ฟังก์ชันเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ก็คือ อัตราส่วนของน้ำมันพืชและน้ำมันดีเซลที่เหมาะสม ทำให้อัตราส่วนผสมต่ำที่สุดตามฤดูกาลการผลิต สมการข้อจำกัดของปัญหาได้แก่สมบัติที่สอดคล้องกับมาตรฐานของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วผสม

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืช เพื่อใช้ในการผสมระหว่างน้ำมันพืชและน้ำมันดีเซล
2. สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนายอัตราส่วนของน้ำมันพืช และน้ำมันดีเซล เพื่อให้ได้น้ำมันผสมที่มีสมบัติที่สอดคล้องกับมาตรฐานน้ำมันดีเซลหมุนเร็วผสม เครื่องยนต์ดีเซลได้ดี และมีต้นทุนต่ำที่สุดในแต่ละช่วงเวลาของปี

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ทำการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ เพื่อใช้ในการผสมกับน้ำมันดีเซล โดยสมบัติที่วิเคราะห์ได้แก่ ค่าความหนืด ความถ่วงจำเพาะ จุดวาบไฟ จุดไหลเท ปริมาณธาตุกำมะถัน ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์บอนคงเหลือ และปริมาณน้ำและตะกอน
2. ศึกษาราคาและผลผลิตของพืชน้ำมัน 4 ชนิด ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม และน้ำมันปาล์มเมล็ดใน แยกตามภูมิภาคของแหล่งผลิต และฤดูกาล
3. ทำการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อหาอัตราส่วนผสมของน้ำมันพืชและน้ำมันดีเซล โดยยังคงมีสมบัติที่นำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้ดี และมีราคาต่ำที่สุดตามฤดูกาลการผลิต

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้สูตรในการผสมน้ำมันพืช น้ำมันดีเซลที่มีประสิทธิภาพ และเหมาะสมตามช่วงฤดูกาล
2. ช่วยลดต้นทุนการผลิตน้ำมันผสม น้ำมันพืช-น้ำมันดีเซล และเป็นการใช้ประโยชน์จากผลผลิตทางการเกษตรภายในประเทศ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

2.1.1 ไบโอดีเซล (Biodiesel) พลังงานทดแทน [1,2]

ในปัจจุบัน สถานการณ์พลังงานเชื้อเพลิงที่ได้มาจากน้ำมันดิบ (Crude oil) มีจำนวนจำกัด ประกอบกับประเทศในกลุ่มโอเปค (Opec) ที่รวมตัวกันลดกำลังและปริมาณการขุดเจาะน้ำมัน ส่งผลให้ราคาน้ำมันดิบในตลาดโลกสูงขึ้นมาตามลำดับ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 จนถึงปัจจุบัน และแนวโน้มไม่มีทีท่าว่าราคาจะลดลงอีกเลย สำหรับประเทศไทยประสบปัญหาราคาน้ำมันปิโตรเลียมสูงเช่นเดียวกัน ส่งผลกระทบต่อราคาขายปลีกน้ำมันในประเทศเป็นอย่างมาก ซึ่งมีสาเหตุมาจากปัจจัยสำคัญ 5 ประการ คือ

- 1) **น้ำมันดิบ** ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และสหรัฐอเมริกา มีราคาสูงขึ้นจากบาร์เรลละ 18 ถึง 22 ดอลลาร์สหรัฐ ในปี พ.ศ. 2541 เป็น 28.38 ดอลลาร์สหรัฐ ในปี พ.ศ. 2543 สำหรับ ในปี พ.ศ. 2544 อยู่ระหว่าง 25-28 ดอลลาร์สหรัฐ ต่อ 1 บาร์เรล
- 2) **น้ำมันสำเร็จรูป** ที่ได้จากการซื้อที่สิงคโปร์เป็นส่วนใหญ่ ในตลาด Mop'spore ที่มีราคาเคลื่อนไหวในระดับสูงมาโดยตลอด ในปี พ.ศ. 2541 ราคาน้ำมันดีเซลบาร์เรลละ 15.41 ดอลลาร์สหรัฐ เป็น 32.68 ดอลลาร์สหรัฐ ในปี พ.ศ. 2543 สำหรับ ในปี พ.ศ. 2544 อยู่ระหว่าง 27-28 ดอลลาร์สหรัฐ ต่อ 1 บาร์เรล
- 3) **อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ** พบว่าค่าเงินบาทอ่อนตัวลงมาก ในปี พ.ศ. 2542 อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ คือ 1 ดอลลาร์สหรัฐ เท่ากับ 39 บาท ในปี พ.ศ. 2543 เท่ากับ 42 บาท และในปี พ.ศ. 2544 เท่ากับ 45 บาท
- 4) **ราคาขายปลีกน้ำมันทุกชนิด** ถูกกำหนดโดยผู้ประกอบการและสถานีบริการขายปลีก ซึ่งจะเห็นได้ว่าในปี พ.ศ. 2542 น้ำมันดีเซลหมุนเร็วมีราคาลิตรละ 8.95 บาท ในปี พ.ศ. 2543 บาท ราคาลิตรละ 14.43 บาท และในปี พ.ศ. 2544 ราคาลิตรละ 14.59 บาท
- 5) **ภาษีอากร** มีผลกระทบต่อราคาขายปลีก โดยค่าภาษีคงที่คือ ภาษีสรรพสามิตร ภาษีเก็บเพื่อกระทรวงมหาดไทย เงินกองทุนน้ำมัน เงินกองทุนอนุรักษ์พลังงาน และส่วนภาษีที่เปลี่ยนแปลงตามราคาขายปลีกปัจจุบัน คือ ภาษีมูลค่าเพิ่ม

จากปัจจัยทั้ง 5 ประการ มีผลสำคัญต่อราคาขายน้ำมันเชื้อเพลิงมาตลอด อีกทั้งประเทศไทย มีแหล่งน้ำมันปิโตรเลียมขนาดเล็กจึงยังต้องพึ่งการนำเข้าจากต่างประเทศถึงปีละ 240 ล้านบาร์เรล ต่อปี คิดเป็นเงินไทยประมาณ 3 แสนล้านบาท ซึ่งคาดว่าเท่ากับรายได้จากการท่องเที่ยวของชาว ต่างประเทศที่มาในประเทศไทยตลอดปี ในจำนวนนี้มีสัดส่วนเฉพาะน้ำมันดีเซลที่ส่งเข้ามาถึง 71,400 ล้านบาท

จากสถิติของกระทรวงพาณิชย์ ในปี พ.ศ. 2545 ความต้องการน้ำมันเชื้อเพลิงทุกประเภทใน ประเทศไทย รวมประมาณ 96 ล้านลิตรต่อวัน จำแนกเป็นน้ำมันดีเซลหมุนเร็วประมาณ 42 ล้านลิตร ต่อวัน น้ำมันเบนซินประมาณ 18 ล้านลิตร น้ำมันเตาประมาณ 30 ล้านลิตร และอื่นๆ สำหรับน้ำมัน ดีเซลที่ใช้ส่วนใหญ่อยู่ในภาคเกษตรกรรม และการขนส่งกว่าอีกร้อยละ 40 หรือประมาณ 18 ล้าน ลิตรต่อวัน

2.1.2 ความหมายของไบโอดีเซล [1, 2, 3]

ไบโอดีเซล (Biodiesel) บางครั้งเรียกว่าไบโอฟิวเอล (Biofuel) หมายถึงเชื้อเพลิงผสม ระหว่างเชื้อเพลิง 2 ชนิด ที่ไม่เหมือนกัน โดยทั่วไปที่พูดกันได้แก่ เชื้อเพลิงที่ได้จากการผสมกัน ระหว่างน้ำมันปิโตรเลียม และน้ำมันเชื้อเพลิงจากน้ำมันพืช เช่น น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์ม น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันมะพร้าว หรือ น้ำมันดีเซลผสมกับน้ำมันถั่ว และใช้เป็นเชื้อเพลิงใน เครื่องยนต์ดีเซล ฯลฯ

ดีเซลปาล์ม หรือ ปาล์มดีเซล เป็นส่วนผสมของน้ำมันพืชที่มีปาล์มเป็นวัตถุดิบผสมกับน้ำมัน ดีเซลหรือน้ำมันอื่นๆ

ดีเซลมะพร้าว หรือ โคโคดีเซล เป็นส่วนผสมของน้ำมันพืชที่มีมะพร้าวเป็นวัตถุดิบผสมกับ น้ำมันดีเซลหรือน้ำมันอื่นๆ

พลังงานทดแทน คือ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานชีวมวล (เอธานอล และไบโอดีเซล) ซึ่งถูกนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากปิโตรเลียม

จะเห็นได้ว่าคำว่า “ไบโอดีเซล” มีคำนิยามที่ค่อนข้างกว้าง และต่างก็สามารถใช้คำนี้ได้ถ้า เชื้อเพลิงใดๆที่เกิดจากการผสมระหว่างเชื้อเพลิง 2 ชนิด สำหรับในประเทศไทย คำว่าไบโอดีเซลได้ ถูกใช้อย่างกว้างขวางกับเชื้อเพลิงที่มีการผสมระหว่างเชื้อเพลิงในหลายๆ สูตรด้วยกันมีทั้งการใช้ น้ำมันปาล์มดิบ หรือ CPO (Crude Palm Oil) และน้ำมันปาล์มที่กลั่นแล้ว หรือ RPO (Refined Palm Oil) และน้ำมันพืชอื่นๆ เช่น

- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) ใช้ น้ำมันปาล์มและถั่วลิสง ผสมกับน้ำมันก๊าด และน้ำมันดีเซล
- นาวาเอกสมัย ใจอินทร์ และคณะ ศึกษา น้ำมันเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งรวมทั้งไบโอดีเซลและเอทานอล
- โครงการส่วนพระองค์ใช้ CPO ผสมดีเซลในอัตราส่วน 50 : 50 และต่อมาพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงจดทะเบียนสิทธิบัตรการผลิตไบโอดีเซลสูตรนี้ต่อกระทรวงพาณิชย์
- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ใช้ทั้งน้ำมัน CPO และ RPO ในอัตราส่วนผสมตั้งแต่ 10-100% โดยทดสอบกับรถยนต์ที่ใช้งานจริงในถนน (Engine Road test)
- การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) ใช้ น้ำมัน RPO ผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วน 10-20%
- น้ำมันปาล์ม-มะพร้าว-ไบโอดีเซล ที่มีการผลิตและจำหน่ายในต่างจังหวัด เช่น ประจวบคีรีขันธ์ สมุทรสงคราม เชียงใหม่ นครศรีธรรมราช ในสูตรต่างๆ เช่น น้ำมันมะพร้าวต่อ น้ำมันก๊าดในอัตราส่วน 20:1 สูตรน้ำมันปาล์มต่อ น้ำมันดีเซลต่อ น้ำมันก๊าด 60:40:7 เป็นต้น น้ำมันที่ผสมต่างสูตรก็จะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป และจะต้องทำการทดสอบให้เกิดความมั่นใจว่าใช้ได้และคุ้มค่าในการผลิต

สำหรับในต่างประเทศคำว่า “ไบโอดีเซล” ถูกใช้ในความหมายแตกต่างกับประเทศไทย กล่าวคือ เป็นผลิตภัณฑ์ในรูปของ Alkyl Ester ซึ่งเป็นไบโอดีเซลที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันพืชกับ Methyl หรือ Ethyl Alcohol ที่ใช้กันแพร่หลายคือ Methyl Ester ในต่างประเทศเท่าที่มีการใช้กันไบโอดีเซลที่ใช้จึงเป็น Methyl Ester 100% (ยกเว้นในสหรัฐอเมริกา) คำว่าไบโอดีเซลที่ในต่างประเทศจึงแตกต่างกับคำว่าไบโอดีเซลในประเทศ

2.1.3 ความเป็นมาของไบโอดีเซล [1, 2, 3, 4]

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับไบโอดีเซล หรือการนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เกิดขึ้นมานานแล้ว การวิจัยมีมาตั้งแต่ปี ค. ศ. 1960 เช่น ประเทศสวีเดน เซอร์แลนด์ มาเลเซีย ฝรั่งเศส ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย อังกฤษ รวมทั้งประเทศไทยเองด้วยซึ่งการพัฒนาส่วนใหญ่เป็นการผลิตเพื่อการบริโภค และทำอาหาร ที่ผลิตจริงจึงเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เพิ่งเกิดขึ้น 10-20 ปีที่ผ่านมา ตัวอย่างเช่น

ประเทศมาเลเซียมีการพัฒนาไบโอดีเซลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 โดยใช้น้ำมันปาล์ม โดยได้จัดตั้งสถาบัน PORIM (Palm Oil Research Institute of Malaysia) ขึ้นเพื่อให้มีการดำเนินการวิจัย

อย่างจริงจังเกี่ยวกับไบโอดีเซล ทั้งกระบวนการผลิตและการทดสอบกับเครื่องยนต์และยานยนต์ต่างๆ ซึ่งผลการทดสอบเป็นที่น่าพอใจ ในระยะแรกยังไม่ได้นำน้ำมันพืชเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์มากนัก เพราะราคาน้ำมันพืชเพื่อการบริโภคสูงกว่าราคาน้ำมันดีเซลมาก อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันบริษัท Petronas สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ปีละ 3,000 ตัน (3.6 ล้านลิตร) ในโรงงานทดลอง และเสนอจะสร้างโรงงานผลิตน้ำมันดีเซลจากปาล์ม (Palm Diesel Oil) มีกำลังการผลิต 500,000 ตันต่อปี

ประเทศเยอรมันมีการใช้น้ำมันไบโอดีเซลมาประมาณ 10 ปีแล้ว มีสถานีบริการกระจายอยู่ทั่วประเทศกว่า 900 แห่ง ปริมาณการใช้ไบโอดีเซลประมาณ 5% ของการใช้น้ำมันดีเซล

ประเทศสหรัฐอเมริกา มี Energy Policy Act 1992 กำหนดให้ผสมน้ำมันพืชในน้ำมันดีเซล 20% และมีการขยายการใช้อย่างรวดเร็ว วัตถุประสงค์ที่ใช้คือ น้ำมันถั่วเหลือง

นอกจากนี้ยังมีประเทศอื่นๆ ที่จำหน่ายไบโอดีเซลในตลาดทั่วไป เช่น เบลเยียม ฝรั่งเศส ออสเตรีย สวีเดน เป็นต้น บริษัทรถยนต์ในยุโรปบางบริษัทได้ให้การยอมรับการใช้ไบโอดีเซลแล้ว ได้แก่ Audi, Fiat, Iveco, MAN, Mercedes Benz และ Volkswagen

สำหรับในประเทศไทย การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับไบโอดีเซล มีมานานพอสมควรแล้ว เริ่มจากการพัฒนาในห้องปฏิบัติการ และบางที่ได้มีการทดลองนำไปใช้จริงกับเครื่องยนต์ แต่เป็นการทดลองวิจัยที่กระจัดกระจายเป็นจุดๆ และมิได้มีการทดลองอย่างครบถ้วนกระบวนการ เนื่องจากอัตราค่าน้ำมันดีเซลไม่สูงเหมือนในปัจจุบันทำให้ราคาน้ำมันพืชสูงมากกว่าน้ำมันดีเซลมาก จึงไม่มีความจำเป็นและความต้องการหาเชื้อเพลิงทดแทน

จนกระทั่งปี พ.ศ. 2543 รัฐบาลได้เล็งเห็นความสำคัญของการหาพลังงานทดแทน และเป็น การสนองพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวด้วย จึงมีการแต่งตั้งคณะกรรมการไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มและน้ำมันพืชอื่นๆ โดยรัฐบาลนายชวน หลีกภัย เมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2543 (ในช่วงเวลาเดียวกันนั้นก๊าซโซฮอลล์ เป็นพลังงานทดแทนอีกประเภทหนึ่งที่ได้มีการตั้ง คณะกรรมการขึ้นเช่นกัน) โดยคณะกรรมการฯ มีหน้าที่จัดทำโครงการไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม และน้ำมันพืชอื่นๆ ขึ้น และขณะนี้คณะกรรมการดังกล่าว ได้จัดทำข้อเสนอโครงการเสร็จเรียบร้อยแล้ว และนำเสนอสำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี เพื่อให้คณะรัฐมนตรีเห็นชอบทางการพัฒนาให้เกิดการใช้ในเชิงพาณิชย์ ผลการพิจารณาของคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2544 ได้มีมติเกี่ยวกับไบโอดีเซลดังนี้

ไม่ควรจัดตั้งคณะกรรมการไบโอดีเซลแห่งชาติ ในลักษณะเป็นผู้กำหนดนโยบายแยกจาก กพข. เพราะจะเกิดปัญหาดังเช่นคณะกรรมการเอทานอลแห่งชาติ โดยให้สพข.เป็นผู้ประสานงาน นำเสนอ กพข. พิจารณาเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาน้ำมันราคาแพงอย่างถาวร 5 แนวทาง โดยแนวทางหนึ่งคือ การส่งเสริมการใช้ไบโอดีเซล ซึ่งมอบหมายให้สพข. ไปศึกษาแล้วเสนอแนวทางต่อไป

ในขณะที่เดียวกันเกษตรกรผู้ผลิตน้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว นำน้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันก๊าด หรือดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ ที่กล่าวในส่วนที่ 1 ข้างต้นและจำหน่ายแก่ประชาชนทั่วไป ในราคา 10-11 บาทต่อลิตร ซึ่งถูกกว่าราคาน้ำมันดีเซลในตลาด (เสียภาษีสรรพสามิตร) ซึ่งมีราคา 14-15 บาทต่อลิตร จึงทำให้มีผู้ซื้อน้ำมัน CPO นี้จำนวนมากพอสมควร อย่างไรก็ตามปรากฏว่าภายหลังมีปัญหาไขของน้ำมันมะพร้าวไปอุดตันไส้กรองทำให้ต้องเปลี่ยนหรือล้างไส้กรองบ่อยครั้ง

สำหรับการประชุมเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2544 ของคณะกรรมการไปโอดีเซล จากน้ำมันปาล์มและน้ำมันพืชอื่นๆ โดยนายกรัฐมนตรีได้เข้าร่วมการประชุมด้วย ที่ประชุมมีความเห็นและมติ สรุปได้ดังนี้

1. เชิงเทคนิค

- 1.1 การใช้ไบโอดีเซลจะช่วยลดมลพิษ เช่นควันดำ ก๊าซ CO_x สารไฮโดรคาร์บอน
- 1.2 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าน้ำมันดีเซล 8-10%
- 1.3 การใช้งานใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล
- 1.4 ควรใช้น้ำมันพืชที่กลั่นบริสุทธิ์แล้วผสมน้ำมันดีเซล 10% สำหรับการจำหน่ายแก่ประชาชนทั่วไปเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีปัญหาเรื่องไขมันอุดตันไส้กรอง
- 1.5 สำหรับการจำหน่ายในระดับท้องถิ่นอาจใช้น้ำมันพืชดิบ โดยรัฐเข้าไปแนะนำชี้แจงป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำมันอุดตันเพราะเป็นการซื้อขายในวงแคบ
- 1.6 ขณะนี้ยังขาดการทดสอบผลกระทบต่อเครื่องยนต์ ในระยะยาวเช่น 50,000 กิโลเมตรเพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่มีต่อเครื่องยนต์ โดย ปตท. รับไปศึกษาภายในระยะเวลา 6 เดือน
- 1.7 ควรมีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพในกรณีน้ำมันพืชที่กลั่นบริสุทธิ์แล้วผสม 10% โดยกรมทะเบียนการค้ารับไปพิจารณา

2. เชิงพาณิชย์

- 2.1 ให้ระงับการแทรกแซงโดยรัฐซื้อน้ำมันเพื่อส่งออกประมาณ 25 ล้านลิตรโดยใช้เงิน คชก. ขาดทุนประมาณ 3 บาทต่อลิตร เพราะมีการรั่วไหลมาก และประโยชน์ตกถึงเกษตรกรน้อยมาก
- 2.2 ให้ส่งเสริมการใช้ไบโอดีเซล โดยรัฐยกเว้นภาษีสรรพสามิตร และเงินเก็บเข้ากองทุนน้ำมัน และกองทุนอนุรักษ์ฯ ในส่วนของน้ำมันพืชที่ผสม 10% เพราะมีผลดีกว่าวิธีเดิม เพราะความช่วยเหลือของรัฐถึงมือเกษตรกรอย่างเต็มที่ ไม่รั่วไหลจากรายได้จากการจำหน่ายไบโอดีเซลช่วยลดความเดือดร้อนของเกษตรกรจากปัญหาราคาน้ำมันแพงในท้องที่ที่มีการจำหน่ายไบโอดีเซล และลดมลพิษในอากาศจากน้ำมันดีเซล

2.3 การประกันราคาปาล์ม และมะพร้าว ที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล โดยเกษตรกร และโรงงาน น้ำมันพืชที่ได้ตกลงกันในที่ประชุมในการกำหนดราคาซื้อขายผลผลิต ปาล์มและมะพร้าว จะไปถึงการผลิตเป็นน้ำมันพืชบริสุทธิ์ ทั้งนี้ ปตท. ตกลงรับซื้อ น้ำมันพืชไปผสมน้ำมันดีเซลทั้งหมดในราคาที่กำหนด โดยจะนำไปโอดีเซลซึ่งในที่นี้คือ RPO ผสมดีเซล ไปจำหน่ายแก่ลูกค้า ที่เป็นหน่วยงานรัฐ แต่ยังไม่ขาย ให้กับสถานีบริการน้ำมันทั่วไป จนกว่าจะทราบผลการศึกษาผลกระทบต่อ เครื่องยนต์ที่กำหนดในระยะเวลา 6 เดือน

จะเห็นได้ว่า จนกระทั่งปัจจุบันยังไม่มี การทดสอบและกำหนดมาตรฐานของไบโอดีเซลที่จะใช้ในประเทศไทยที่ชัดเจนและรับรองได้ ส่วนใหญ่จะเป็นเพียงการทดสอบคุณสมบัติ น้ำมันพืช ชนิดต่างๆ เทียบกับคุณสมบัติ น้ำมันดีเซล หรือคุณสมบัติ น้ำมันพืชที่กลั่นแล้วผสมกับน้ำมันดีเซล ในสัดส่วนต่างๆ และการทดสอบกับเครื่องยนต์มีเพียงระยะสั้นๆ แต่ยังไม่มีการทดสอบน้ำมันพืช คิบบผสมกับน้ำมันดีเซล และยังไม่มีการทดสอบผลกระทบต่อเครื่องยนต์ในระยะยาวเมื่อใช้น้ำมัน เชื้อเพลิงผสมในสัดส่วนต่างๆ เพื่อที่จะแน่ใจได้ว่าไบโอดีเซลที่จะใช้นั้น ไม่มีผลต่อเครื่องยนต์ อีก ทั้งบริษัทเครื่องยนต์ในประเทศไทยก็ยังไม่ให้การยอมรับการใช้ไบโอดีเซล ทำให้หากประชาชนไป ซื้อไบโอดีเซลหรือน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RPO) ผสมดีเซล หรือ น้ำมันปาล์มคิบบ (CPO) ผสมดีเซล ก็ ยังไม่มีบริษัทรถยนต์ใด หรือรัฐบาลจะให้การรับประกันในความเสียหายแต่อย่างใด กระทรวง พาณิชย์ก็ยังไม่ให้การรับรองในกรณีนี้ ปตท. จะผสม RPO กับดีเซลในอัตราส่วน 10% และขาย ให้แก่หน่วยงานรัฐนั้น ก็ยังไม่เป็นที่ชัดเจนว่าหากเกิดปัญหาขึ้นมา ปตท. หรือรัฐจะเป็นผู้รับผิดชอบ ความเสียหาย

2.1.4 สมบัติทางเชื้อเพลิงของไบโอดีเซล [1, 2, 4]

ดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น สำหรับกรณีของประเทศไทย ยังไม่มีการทดสอบผลกระทบต่อ เครื่องยนต์เมื่อใช้ไบโอดีเซล CPO และ RPO ผสมกับดีเซล แต่มีการทดสอบคุณสมบัติ น้ำมันต่างๆ ในห้องปฏิบัติการและพบว่า น้ำมันปาล์มที่มีคุณสมบัติที่สำคัญที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลในหลายๆ ด้าน แต่มีความหนืดมากกว่า มีจุดไหลเทที่แตกต่าง และมีกำมะถันน้อยกว่าน้ำมันดีเซล

รศ. พูลพร แสงบางปลา [3] ได้ทำการทดสอบน้ำมันพืชที่กลั่นแล้วชนิดต่างๆ เช่นน้ำมันถั่ว น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม น้ำมันสลัดใด โดยนำมาผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่างๆ ได้แก่ 20% 40% 60% 80% ตามลำดับ และได้ทดสอบน้ำมันพืช 100% ด้วย ผลสรุปการทดสอบมีดังนี้

1. น้ำมันมะพร้าว (87%) และน้ำมันปาล์ม (83%) มีค่าความร้อน (Heating Value) ต่ำกว่า น้ำมันดีเซล ดังนั้นถ้าผสมน้ำมันดังกล่าวกับน้ำมันดีเซลมากขึ้น ก็จะทำให้ค่าความร้อน

ลดลงตามลำดับ โดยปกติถ้าน้ำมันให้ค่าความร้อนสูง ส่งผลให้แรงเครื่องสูงกินน้ำมันน้อย

2. ยังมีความเหนียว (Viscosity) สูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้การฉีดเป็นฝอย และการระเหยไม่ดีเท่าที่ควร นำไปสู่การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ระเบิดช้า ทำให้กำลังเครื่องตก เกิดเขม่าและไข (Gum) ได้ นอกจากนี้อาจนำไปสู่ปัญหาในการฉีดของ Pump และหัวฉีด เพราะความหนืดสูง จะทำให้ฉีดยาก ถ้าแรงดันไม่พอ จะทำให้ยางหนืดเหนียวไปเกาะที่ Pump และหัวฉีด
3. กำมะถัน (Sulfur Content) พบว่า น้ำมันพืชไม่มีกำมะถันเลยทำให้ดีต่อสิ่งแวดล้อม
4. เมื่อทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล (ไม่มีการปรับเครื่องยนต์) ผลการทดสอบพบว่า ถ้าเพิ่มส่วนผสมของน้ำมันพืชมากขึ้น กล่าวคือถ้าผสมน้ำมันพืช 20% 40% 60% และ 80% แล้วการกินน้ำมันจะเพิ่มขึ้นประมาณ 6% 12% 18% และ 24% ตามลำดับ (น้ำมันมะพร้าวกินน้ำมันน้อยกว่าน้ำมันปาล์ม) นอกจากนี้ประสิทธิภาพในเชิงความร้อน (Indicated Thermal Efficiency) ก็จะลดลง 2-6% เมื่อส่วนผสมน้ำมันพืชมากขึ้น สำหรับการ knock ของเครื่องยนต์พบว่าถ้าผสมน้ำมันพืช 60% เครื่องยนต์จะกินน้ำมันเพิ่มขึ้น แต่ยังไม่ knock แต่ถ้าผสมถึง 80% ที่ load ต่ำ จะได้ยินเสียง knock ของเครื่องยนต์ และถ้าใช้น้ำมันพืช 100% การ knock จะเกิดรุนแรงมากขึ้นโดยเฉพาะที่ load ต่ำ แต่ถ้า load สูงขึ้นเสียง knock ก็จะลดลง

จากผลการทดสอบเสนอแนะว่าหากจะมีการนำเชื้อเพลิงใดๆ มาใช้แทนในเครื่องยนต์ดีเซลหรือเบนซิน จำเป็นจะต้องมีการศึกษาวิจัยต่อไป โดยเน้นที่ความเป็นไปได้ในการใช้งาน การปรับปรุงคุณสมบัติไบโอดีเซล และเครื่องยนต์ เช่น จะต้องปรับหัวฉีดหรือไม่ เพิ่มขนาดรูฉีด หรือแรงดันหัวฉีดสูงขึ้น ต้องปรับปรุงระบบป้อนน้ำมัน ความปลอดภัยในการใช้ การกินเชื้อเพลิง การปรับให้มีกำลังมากขึ้น การเผาไหม้ให้สมบูรณ์ มลพิษจากไอเสีย โดยต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด นอกจากนี้จะต้องศึกษาถึงต้นทุนการผลิต ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง หากจะส่งเสริมเป็นพลังงานทดแทนจะต้องมีการผลิตที่ต่อเนื่องสม่ำเสมอ และมีคุณภาพตามที่กำหนดสะดวกต่อการใช้

2.1.5 น้ำมันดีเซล [5]

เครื่องยนต์ดีเซล เป็นเครื่องยนต์แรงดันสูงและจุดระเบิดได้เอง (High compression, Self ignition engine) ซึ่งการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงเกิดขึ้นจากความร้อนจากแรงอัดสูงของอากาศในกระบอกสูบ โดยไม่ต้องใช้หัวเทียน วงจรของเครื่องยนต์ประกอบด้วยขั้นตอนการส่งอากาศเข้าไปในห้องเผาไหม้ การอัดอากาศภายในกระบอกสูบ การฉีดเชื้อเพลิงเป็นฝอยเข้าไปซึ่งเผาไหม้ทันที ก๊าซจากการเผาไหม้ขยายตัว และปล่อยก๊าซจากการเผาไหม้ออกไป

เครื่องยนต์ดีเซลมีหลายชนิด เช่น อาจมีกำลังเพียงไม่กี่แรงม้า ไปจนถึงหลายพันแรงม้า ความเร็วรอบเริ่มจาก 100 รอบต่อนาที ไปจนถึง 4,000 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ที่พัฒนาแล้วอย่างสมบูรณ์ทั้งในแง่การใช้งานเพื่อการขนส่ง การผลิตกำลังไฟฟ้าและอื่นๆ จึงอาจแบ่งได้เป็น

- 1) ชนิดรอบต่ำ คือน้อยกว่า 300 รอบต่อนาที ใช้สำหรับงานหนักต่อเนื่องโดยมีรอบคงที่ เช่น การขับเคลื่อนทะเล การผลิตกำลังไฟฟ้า เป็นต้น
- 2) ชนิดรอบปานกลาง คือระหว่าง 300-1,000 รอบต่อนาที ใช้สำหรับงานที่ค่อนข้างหนักและรอบค่อนข้างคงที่ เช่น สถานีผลิตไฟฟ้า สถานีสูบน้ำ เป็นต้น
- 3) ชนิดรอบสูง คือตั้งแต่ 1,000 รอบต่อนาทีขึ้นไป ใช้สำหรับงานที่มีความเปลี่ยนแปลงบ่อยๆ และความเร็วเปลี่ยนไปมาก เช่น รถขนส่ง รถบรรทุก และรถไฟ

น้ำมันดีเซลจึงมีทั้งประเภทน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (Automotive diesel oil หรือ Gas oil) ซึ่งมีชื่อเรียกต่างกััน เช่น โซล่า ADO โซลิน เป็นต้น และน้ำมันดีเซลหมุนช้า (Industrial diesel oil) ซึ่งบางครั้ง เรียกว่า น้ำมันจีดี หรือ IDO น้ำมันทั้งสองประเภทแม้จะคล้ายคลึงกัน แต่ก็มีความต้องการด้านคุณภาพผิดกัน โดยน้ำมันดีเซลหมุนเร็วจะมีข้อกำหนดคุณภาพที่เข้มงวดกว่า เพื่อให้เหมาะกับเครื่องยนต์และการทำงาน จึงมีราคาแพงกว่า

2.1.5.1 องค์ประกอบในการผสมน้ำมันดีเซล [5]

น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่มีราคาถูก และสามารถผลิตได้จากน้ำมันกึ่งสำเร็จรูปหลายอย่าง นำมาผสมเข้าด้วยกัน จัดเป็นน้ำมันที่มีองค์ประกอบมากที่สุดและมีช่วงจุดเดือดกว้าง น้ำมันดีเซลได้จากการผสมน้ำมันต่อไปนี้คือ น้ำมันก๊าด น้ำมันก๊าดซออยล์ที่ได้จากหอกลิ้นน้ำมันดิบทั้ง Light gas oil และ Heavy gas oil น้ำมันเบาจากหอกลิ้นสุญญากาศ (Light vacuum gas oil) น้ำมันก๊าดซออยล์ที่ได้มาจากกระบวนการเทอร์มอลแคร็กเกอร์ (Thermally cracked gas oil) น้ำมันก๊าดซออยล์ที่ได้มาจากกระบวนการแคทแคร็กเกอร์ (Catalytically cracked light cycle oil) น้ำมันก๊าดซออยล์ที่ได้จากกระบวนการไฮโดรแคร็กเกอร์ (Hydrocracked gas oil) น้ำมันเหล่านี้ถ้ามีกำมะถันอยู่มากเกินไปก็ต้องทำการกำจัดกำมะถันเสียก่อน โดยผ่านกระบวนการ Gas oil hydrodesulfurizer และการผสมองค์ประกอบต่างๆ ก็ต้องใช้ส่วนผสมที่พอเหมาะให้ได้คุณภาพตามต้องการ

2.1.5.2 กระบวนการเผาไหม้น้ำมันดีเซล [5]

น้ำมันดีเซลจะถูกฉีดเป็นละอองฝอยเข้าไปผสมกับอากาศที่มีความดันและอุณหภูมิสูงในกระบอกสูบเกิดการเผาไหม้ทันทีพร้อมกับให้พลังงานขับเคลื่อนลูกสูบต่อไป

สมบัติของเชื้อเพลิงเป็นตัวควบคุมความสามารถในการเผาไหม้และการนำพลังงานออกมาใช้ ซึ่งมีความต้องการพื้นฐาน 3 ประการ คือ

- การเกิดส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศที่เหมาะสม
- การติดไฟของส่วนผสมเชื้อเพลิงและอากาศ
- การเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของเชื้อเพลิง

ก่อนการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไป อากาศจะถูกอัดและมีอุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากแรงอัด ความดันและอุณหภูมิสุดท้ายขึ้นอยู่กับอัตราส่วนการอัด (Compression ratio) ความเร็วรอบ แบบของเครื่องยนต์ตัวเลข 450 psi (31.6 kg/cm²) และอุณหภูมิ 1,000 องศาฟาเรนไฮต์ (538 องศาเซลเซียส) เป็นตัวเลขทั่วไปก่อนสิ้นสุดการเผาไหม้เล็กน้อย ซึ่งควบคุมโดยระบบตั้งเวลาการฉีดน้ำมัน น้ำมันจะถูกฉีดเข้ามาในห้องเผาไหม้ การเผาไหม้ไม่ได้เกิดขึ้นทันทีที่ฉีดเข้ามา หยกน้ำมันจะดูดความร้อนจากอากาศอัด ช่วงเวลานี้จำเป็นในการเกิดการระเหย และการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องยนต์ ช่วงเวลานี้เรียกว่า "Ignition delay" ซึ่งขึ้นกับแบบเครื่องยนต์ อุณหภูมิเชื้อเพลิงและอากาศที่เข้ามา ความละเอียดของหยกน้ำมันและองค์ประกอบน้ำมัน

เมื่อส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงร้อนจนถึงอุณหภูมิติดไฟได้เอง (Self-ignition) ก็เริ่มติดไฟและเปลวไฟจะขยายออกไป ซึ่งขณะนี้ยังคงฉีดน้ำมันเข้ามาอยู่ ดังนั้นเวลาของ Ignition delay จะต้องสั้นเพื่อป้องกันการเกิด "Diesel knock" อันเป็นผลจากการชิงเผาไหม้อย่างรวดเร็วของเชื้อเพลิงจำนวนมากที่อยู่ในห้องเผาไหม้ในขณะนั้นเท่านั้นที่เผาไหม้เกือบจะทันที ส่วนท้ายของไซเคิลเป็นการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจนหมดไปในภายหลังที่หยกป้อนน้ำมันเข้ามาแล้ว

2.1.5.3 คุณสมบัติของน้ำมันดีเซล [5]

ความต้องการพื้นฐานของน้ำมันดีเซลคือ ต้องจุดระเบิดได้เองโดยเร็วและเผาไหม้ได้หมดภายใต้สภาวะภายในห้องเผาไหม้เครื่องยนต์ สามารถส่งถ่ายได้ด้วยอุปกรณ์การฉีดน้ำมัน และจะต้องเหมาะสมกับการส่งถ่ายจากโรกลั่นถึงถึงน้ำมันเครื่องยนต์ โดยไม่เสื่อมสภาพและไม่เกิดอันตรายต่อพื้นผิวที่สัมผัส

น้ำมันดีเซลเดิมเป็นพวก Straight-run จากการกลั่นน้ำมันดิบ ในปัจจุบันเนื่องจากในโรงกลั่นมีกระบวนการแตกตัวหลายกระบวนการ จึงนำน้ำมันส่วนที่ได้จากการแตกตัวมาผสมด้วย เพื่อเพิ่มปริมาณให้สอดคล้องกับอุปสงค์ที่เพิ่มขึ้นตลอดเวลา โดยที่ราคายังถูกที่สุดอยู่

ตารางที่ 2.1 กำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนเร็ว ประกาศกระทรวงพาณิชย์ ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2541) [6]

ข้อกำหนด	อัตราสูง-ต่ำ	วิธีทดสอบ
1. ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ (Specific Gravity at 15.6/15.6 °C)	ไม่ต่ำกว่า 0.81 และ ไม่สูงกว่า 0.87	ASTM D 1298
2. จำนวนซีเทน (Cetane Number) หรือดัชนีซีเทน (Calculated Cetane Index)	ไม่ต่ำกว่า 47 ไม่ต่ำกว่า 47	ASTM D 613 ASTM D 976
3. ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ เซนติสโตกส์ (Viscosity at 40 oC, cSt.)	ไม่ต่ำกว่า 1.8 และ ไม่สูงกว่า 4.1	ASTM D 445
4. จุดไหลเท °ซ (Pour point, °C)	ไม่สูงกว่า 10	ASTM D 97
5. ธาตุกำมะถัน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphur Content, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.05	ASTM D 2622 หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า
6. การกัดกร่อนแผ่นทองแดง หมายเลข (Copper Strip Corrosion, number)	ไม่สูงกว่า 1	ASTM D 150
7. คาร์บอนคงเหลือ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Carbon Residue, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.05	ASTM D 189
8. น้ำและตะกอน ร้อยละโดยปริมาตร (Water and Sediment, %vol.)	ไม่สูงกว่า 0.05	ASTM D 2709
9. เถ้า ร้อยละโดยน้ำหนัก (Ash, %wt)	ไม่สูงกว่า 0.01	ASTM D 482
10. จุดวาบไฟ °ซ (Flash Point, °C)	ไม่ต่ำกว่า 52	ASTM D 93
11. การกลั่น (Distillation) อุณหภูมิของส่วนที่กลั่น ได้โดยปริมาตรในอัตราร้อยละเก้าสิบ °ซ (90% recovered, °C)	ไม่สูงกว่า 357	ASTM D 86
12. สี (Colour)	ไม่สูงกว่า 4.0	ASTM D 1500
13. มีสารเติมแต่ง* (Detergent Additive) ซึ่งมี คุณสมบัติในการทำความสะอาดหัวฉีด	-	
14. คุณสมบัติในการหล่อลื่น* ทดสอบโดยวิธี เอช เอฟ อาร์ อาร์ ไมโครเมตร (Lubricity by HFRR, µm)	ไม่สูงกว่า 460	CEC F-06-A-96

หมายเหตุ : * เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในประกาศกรมทะเบียนการค้า

ตารางที่ 2.2 กำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนช้า ประกาศกระทรวงพาณิชย์ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2523) [7]

ข้อกำหนด	อัตราสูง-ต่ำ	วิธีทดสอบ
1. ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ (Specific Gravity at 15.6/15.6 °C)	ต้องไม่สูงกว่า 0.920	ASTM D 1298
2. หรือดัชนีซีเทน (Calculated Cetane Index) หรือ จำนวนซีเทน (Cetane Number)	ต้องไม่ต่ำกว่า 45	ASTM D 976 ASTM D 613
3. ความหนืดคินมาติก เซนติสโตกส์ (Kinematic Viscosity, cSt.) ณ อุณหภูมิ 40 °ซ (at 40 °C) หรือ ณ อุณหภูมิ 40 °ซ (at 40 °C)	ต้องไม่สูงกว่า 8.0	ASTM D 445
4. จุดไหลเท °ซ (Pour point, °C)	ต้องไม่สูงกว่า 6.0 ต้องไม่สูงกว่า 16	ASTM D 97
5. ธาตุกำมะถัน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphur Content, %wt.)	ต้องไม่สูงกว่า 1.5	ASTM D 129 หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า
6. น้ำและตะกอน ร้อยละโดยปริมาตร (Water and Sediment, %vol.)	ต้องไม่สูงกว่า 0.3	ASTM D 2709
7. เถ้า ร้อยละโดยน้ำหนัก (Ash, %wt)	ต้องไม่สูงกว่า 0.02	ASTM D 482
8. จุดวาบไฟ °ซ (Flash Point, °C)	ต้องไม่ต่ำกว่า 52	ASTM D 93
9. สี (Colour)	ต้องไม่ต่ำกว่า 4.5 และ ไม่สูงกว่า 7.5	ASTM D 1500

จุดเดือดของน้ำมันดีเซลจะอยู่ระหว่าง 150-400 องศาเซลเซียส ในความหมายกว้างๆ น้ำมันดีเซลจึงอาจประกอบด้วยน้ำมันที่มีคุณภาพแตกต่างกันในเรื่อง Volatility, Ignition quality, Viscosity, Stability และอื่นๆ สำหรับประเทศไทยมีอยู่เพียงสองประเภทเท่านั้น คือ ประเภทหมุนเร็วและหมุนช้า โดยข้อจำกัดของสมบัติที่ใช้สำหรับน้ำมันดีเซลทั้งสองประเภทแสดงในตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2

Ignition quality การระเบิดและการติดไฟได้เองจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับประเภทของไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในน้ำมัน โดยประเภท Normal paraffin จะติดไฟได้เร็วที่สุดหรือมี Ignition delay ต่ำมาก ตรงกันข้ามกับพวกอะโรมาติกส์จะติดไฟช้า โดยเฉพาะอะโรมาติกส์ที่มีจำนวนวงแหวนมาก ไฮโดรคาร์บอนประเภทอื่นที่มีสมบัติอยู่ปานกลาง การวัดจึงใช้ไฮโดรคาร์บอนสองประเภทดังกล่าวเป็นหลัก เรียกว่าค่า ซีเทน (Cetane) ซึ่งอาศัยหลักการทำนองเดียวกับค่าออกเทนของเบนซิน

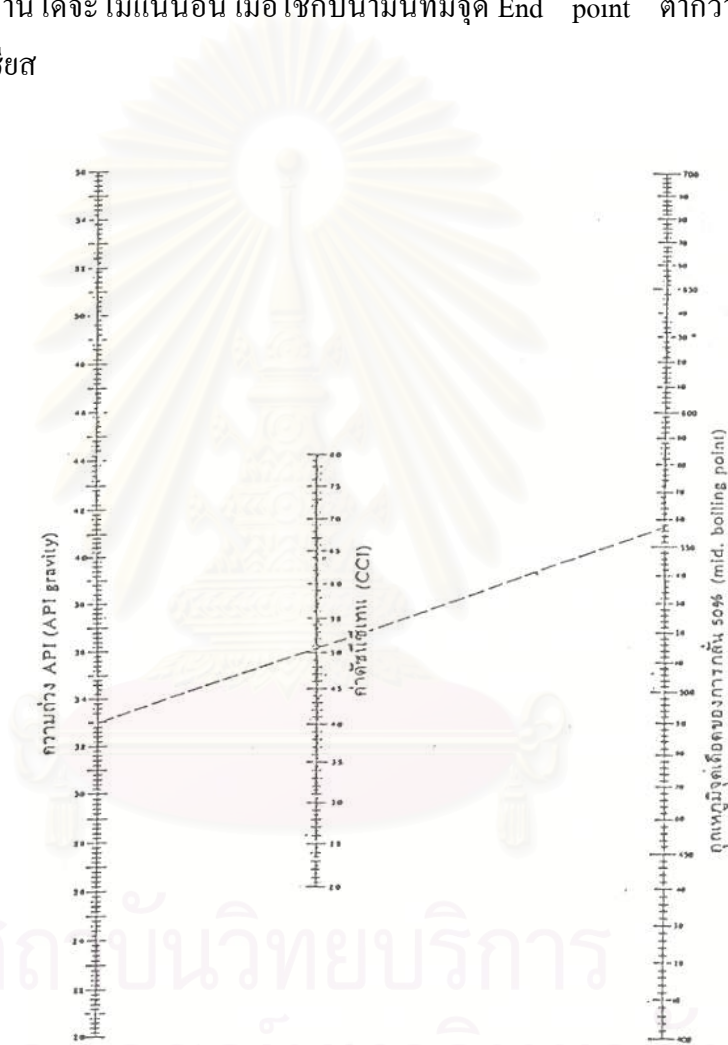
1) Cetane number เป็นตัวเลขที่แสดงผลจากการทดสอบน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อประเมินค่า Ignition delay โดยใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงอ้างอิง (Reference fuels) 2 ชนิด คือ n-cetane ซึ่งมีคุณสมบัติในการจุดระเบิดดีมาก คือ มีค่า Ignition delay ต่ำ ให้มีค่า Cetane number เท่ากับ 100 และ α -Methylnaphthalene ซึ่งมีค่า Ignition delay ยาว ให้มีค่า Cetane number เป็น 0 หลังจากปี ค.ศ. 1962 ได้มีการใช้ Heptamethylnonane ซึ่งมีค่า Cetane number เท่ากับ 15 เป็นเชื้อเพลิงอ้างอิงแทน α -Methylnaphthalene ตามวิธีทดสอบ ASTM D 613 ค่า Cetane number เป็นตัวเลขจำนวนเต็มที่เกี่ยวข้องกับร้อยละโดยปริมาตร n-cetane ในน้ำมันผสมระหว่าง n-cetane กับ Methylnaphthalene ซึ่งมีค่า Ignition delay เทียบเท่ากับน้ำมันที่นำมาทดสอบ โดย

$$\text{Cetane number} = \text{Percent n-cetane} + 0.15(\text{Methylnaphthalene}) \quad (2.1)$$

สำหรับน้ำมันประเภท High speed diesel engines มักจะมีค่าระหว่าง 44-55

2) Cetane index (ดัชนีซีเทน) เนื่องมาจากการหาค่า Cetane number จำเป็นต้องใช้เครื่องยนต์ และเสียเวลามาก จึงมีการนำผลจากวิธีทดสอบอื่นมาใช้คำนวณค่า Cetane number วิธีที่นิยมมากที่สุดวิธีหนึ่ง คือ Calculated cetane index formula ซึ่งประมาณค่า Cetane number จากค่าความถ่วงจำเพาะ API และช่วงก่อกกลาง (Mid-boiling point) ของน้ำมัน ค่าที่ประมาณได้เรียกว่า Calculated cetane index (ASTM D 976) ซึ่งใกล้เคียงกับค่า Cetane number มากใช้แทนกันได้ โดยค่านี้สามารถประมาณได้จากรูปที่ 2.1 ซึ่งมีข้อจำกัดดังนี้

- ใช้เฉพาะน้ำมันที่ไม่ได้เติมสารเพิ่มค่า Cetane number
- ใช้ไม่ได้กับสารไฮโดรคาร์บอนบริสุทธิ เชื้อเพลิงสังเคราะห์สารพวกอัลคิเลต หรือ Coal tar product
- ใช้เปรียบเทียบได้สำหรับเชื้อเพลิงกลุ่มเดียวกัน
- ค่าที่อ่านได้จะไม่แน่นอน เมื่อใช้กับน้ำมันที่มีจุด End point ต่ำกว่า 260 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.1 โมนิกราฟสำหรับการประมาณค่าดัชนีซีเทน [5]

3) Diesel index (ดัชนีดีเซล) ได้มาจากค่าความถ่วงจำเพาะ API และ Aniline point ที่ทดสอบตามวิธี ASTM D 611 (ซึ่งเป็นการทดสอบที่หาอุณหภูมิต่ำที่สุดที่น้ำมันเชื้อเพลิงรวมเป็นเนื้อเดียวกับ Aniline โดยใช้สูตร

$$Diesel\ Index = \frac{[Aniline\ Point\ (^{\circ}F)][API\ Gravity]}{100} \quad (2.2)$$

ดัชนีดีเซลไม่เป็นที่นิยมใช้เพราะไม่สู้ใกล้เคียงค่าซีเทนนักและอาจทำให้เข้าใจสับสน โดยเฉพาะเมื่อใช้กับเชื้อเพลิงผสม

ค่าเกี่ยวกับการระเหย (Volatility)

- 1) อุณหภูมิการกลั่น ASTM (ASTM D 86) น้ำมันควรมีช่วงการกลั่นที่เหมาะสม มักใช้ Mid-boiling point หรือจุดกึ่งกลาง (คือ จุดเดือดที่มีส่วนกลั่นควบแน่นลงมา 50% ของปริมาตรเริ่มต้น) เป็นการบ่งชี้คุณสมบัติรวมๆ แต่ก็ไม่มีข้อกำหนดบังคับไว้ สำหรับน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว มักจะมีจุดกึ่งกลาง ประมาณ 300 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม เพื่อป้องกันน้ำมันมิให้มีจุดเดือดสูงเกินไปอันจะทำให้เกิดควัน มีกลิ่นเหม็น และเครื่องสกปรก จึงมีข้อกำหนดจุด 90% ไว้ไม่ให้สูงกว่า 370 องศาเซลเซียส สำหรับน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว สำหรับมาตรฐานนี้ประเทศไทยได้ลดลงเหลือ 357 องศาเซลเซียส สำหรับน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว
- 2) จุดควบไฟ (ASTM D 93) เพื่อความปลอดภัยในการเก็บและส่งถ่ายจะมีการกำหนดจุดควบไฟต่ำสุดไว้ที่ 52 องศาเซลเซียส

ค่าเกี่ยวกับการไหล (Fluidity)

- 1) ค่าความหนืด (ASTM D 445) มีผลต่อการทำงานของปั๊มและหัวฉีด เพราะถ้าไสเกินไปหรือข้นเกินไปจะฉีดเป็นฝอยได้ไม่ดี เป็นผลเสียต่อการเผาไหม้ ทำให้กำลังตกและเกิดควันดำ เครื่องยนต์รอบต่ำสามารถใช้น้ำมันที่มีความหนืดมากกว่าเครื่องยนต์รอบสูง
- 2) ค่าจุดไหลเท (ASTM D 97) ต้องมีข้อกำหนดสูงสุดไว้เพื่อให้ น้ำมันไหลถ่ายเทได้ ทั้งระหว่างการเก็บและการใช้งาน
- 3) ค่าจุดเกิดหมอก (ASTM D 2500) เป็นจุดที่สารพาราฟินจะตกผลึกเป็นขี้ผึ้ง ซึ่งอาจอุดตันไส้กรองน้ำมันได้ สำคัญมากในเขตหนาว ในประเทศไทยไม่มีข้อกำหนดนี้

ค่าเกี่ยวกับความสะอาด

- 1) สี ปกติน้ำมันดีเซลจะมีสีชาอ่อน เพื่อป้องกันการปลอมปน จึงมีข้อกำหนดให้น้ำมันดีเซลหมุนเร็วมีสี ASTM ไม่เกิน 2.0 ส่วนน้ำมันดีเซลหมุนช้าให้มีสีเข้มมากๆ คือ 4.5-7.5
- 2) Conradson carbon residue (ASTM D 189) ปริมาณคาร์บอนคงเหลือในน้ำมันอาจเป็นสาเหตุให้เครื่องยนต์และหัวฉีดสกปรก ปริมาณคาร์บอนคงเหลือจะมีมากในน้ำมัน

ประเภทกากน้ำมัน (Residual fuel) ข้อจำกัดปริมาณคาร์บอนคงเหลือจึงป้องกันมิให้กากน้ำมันติดเข้ามาในน้ำมันดีเซล

- 3) กำมะถัน นอกจากจะทำให้เกิดการกัดกร่อนต่อเครื่องยนต์และไอเสียแล้วกำมะถันยังทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศเมื่อเผาไหม้ จึงต้องมีข้อกำหนดไว้ เครื่องยนต์รอบต่ำจะทนต่อสารประกอบกำมะถันได้สูงกว่าเครื่องยนต์รอบสูง จึงเคร่งครัดเรื่องนี้น้อยกว่า
- 4) ค่าอื่นๆ ได้แก่ Ash, Neutralization value, Water and sediment และ Copper strip corrosion จัดเป็นข้อกำหนดเพิ่มเติมในด้านความสะอาด

2.1.6 น้ำมันพืช

เมล็ดพืชที่นำมาสกัดเป็นน้ำมันพืชที่ใช้บริโภคและการอุตสาหกรรม มีประมาณ 14 ชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง เมล็ดนุ่น ถั่วลิสง งา มะพร้าว เมล็ดปอ เมล็ดปาล์ม รำข้าว เมล็ดละหุ่ง เมล็ดทานตะวัน ขางพารา ดอกคำฝอย และข้าวโพด แต่น้ำมันที่มีศักยภาพมากพอที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงมีด้วยกัน 6 ชนิด ได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันงา และน้ำมันรำข้าว

2.1.6.1 น้ำมันถั่วเหลือง [8, 9, 10, 11, 12]

Common name : Soy bean
 Family : LEGUMINOCEAE
 Scientific name : *Glycine max*, (Linn.) Merrill

ถั่วเหลือง เป็นพืชตระกูลถั่วชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกกันมากทางภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางของประเทศไทย มีน้ำมันประมาณ 18-20% โดยน้ำหนักของเมล็ด ประโยชน์ของถั่วเหลืองอยู่ในรูปของอาหารโปรตีนที่อาจใช้บริโภคโดยตรงและใช้ในการประกอบอาหาร ตลอดจนใช้เป็นวัตถุดิบในด้านอุตสาหกรรมน้ำมันพืช และกากถั่วเหลืองยังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมปศุสัตว์อีกด้วย ด้วยสาเหตุนี้ถั่วเหลืองจึงเป็นสินค้าเกษตรชนิดหนึ่งที่ตลาดภายในประเทศและต่างประเทศมีความต้องการสูง

2.1.6.1.1 สมบัติโดยทั่วไป

Chemical composition (seed)

Moisture	8-9%
Fat	18-21%
Protein	36-40%
Carbohydrate	30-35%
Crude fiber	1.2-2%
Ash	2-4%

Chemical and physical characteristics (oil)

Iodine value	123-142
Saponification value	188-195
Unsaponifiable matter	1-1.5%
Specific gravity (25/25 °C)	0.916-0.922
Refractive Index at 25 °C	1.471-1.475
Color (Lovibond)	20Y : 2.5R

ตารางที่ 2.3 รายงานผลการวิเคราะห์หา Fatty acid composition ของน้ำมันถั่วเหลือง ของบริษัทโรงกลั่นน้ำมันนครชัยศรี จำกัด [12]

น้ำมันถั่วเหลือง	C16:0	C18:0	Total Sat'd	C18:1	C18:2	C18:3	Total Unsat'd
พันธุ์ สจ. 1	10.96	2.94	13.92	28.35	52.84	4.89	86.08
พันธุ์ สจ. 2	10.84	2.25	13.09	26.93	54.86	5.12	56.91
พันธุ์ สจ. 4	11.75	1.03	12.78	23.62	58.35	5.25	87.22
พันธุ์ สจ. 5	9.70	1.47	11.17	23.64	57.46	7.73	88.83
พันธุ์ สท. 1	12.39	6.87	19.26	20.84	58.88	1.02	80.74
พันธุ์ OCB	11.04	1.93	12.97	38.88	46.04	2.11	87.03
พันธุ์อินโดนีเซีย	11.54	1.81	13.35	25.96	54.80	5.89	86.65

หมายเหตุ C16:0 = Palmitic acid, C18:0 = Stearic acid, C18:1 = Oleic acid, C18:2 = Linoleic acid, C18:3 = Linolenic acid

2.1.6.1.2 แหล่งผลิต

ถั่วเหลืองปลูกในทุกภาคของประเทศ แต่แหล่งเพาะปลูกส่วนมากจะอยู่ในจังหวัดทางภาคเหนือ ภาคกลางตอนบนและบางจังหวัดทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ สุโขทัย กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ สระบุรี ลพบุรี และเลย

2.1.6.1.3 ฤดูกาลผลิต

สภาพดินฟ้าอากาศของประเทศไทยสามารถปลูกถั่วเหลืองได้ตลอดปี ถ้าในดินมีความชื้นเพียงพอ แต่ฤดูกาลที่เกษตรกรนิยมปลูกกันทั่วไป มีดังนี้

ต้นฤดูฝน ทำการเพาะปลูกระหว่างต้นเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม และไปทำการเก็บเกี่ยวระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม แหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ จังหวัดสุโขทัย โดยเฉพาะอำเภอสวรรคโลก และศรีสัชนาลัย พันธุ์ที่ปลูกกันอยู่ในปัจจุบันโดยทั่วไป ได้แก่ สจ. 1 และพันธุ์พื้นเมือง (ถั่วเหลืองผิวดำ) ผลผลิตถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูนี้เรียกในทางการค้าว่า ถั่วเหลืองสวรรคโลก มีผลผลิตประมาณร้อยละ 60 ของผลผลิตทั้งประเทศตลอดทั้งปี

ปลายฤดูฝน ทำการเพาะปลูกระหว่างปลายเดือนกรกฎาคมถึงต้นเดือนสิงหาคม เป็นการเพาะปลูกหลังการเก็บเกี่ยวพืชหลัก เช่น ข้าวโพด แล้วเสร็จและจะทำการเก็บเกี่ยวประมาณเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม แหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่พันธุ์ สจ. 2 และพันธุ์ สจ. 4 ผลผลิตถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูนี้เป็นถั่วเหลืองคุณภาพดี เนื่องจากเก็บเกี่ยวในช่วงที่หมดฝนแล้ว เรียกในทางการค้าว่า ถั่วเหลืองพระพุทธรบาท

ฤดูแล้ง เป็นการปลูกในนาหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวแล้ว และอยู่ในเขตชลประทาน เริ่มปลูกได้ตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงมกราคม เก็บเกี่ยวประมาณเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน แหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดใกล้เคียง พันธุ์ที่นิยมปลูกได้แก่ พันธุ์ สจ. 2 พันธุ์ สจ. 4 และพันธุ์ สจ. 5 ผลผลิตถั่วเหลืองในฤดูแล้งนี้มีคุณภาพดี เรียกในทางการค้าว่าถั่วเหลืองเชียงใหม่

2.1.6.1.4 สถานการณ์วัตถุดิบ [14]

การปลูกถั่วเหลืองของประเทศไทยมีแนวโน้มลดลง โดยพื้นที่เพาะปลูกลดลงจาก 3.21 ล้านไร่ ในปี 2532/33 เหลือ 1.52 ล้านไร่ในปี 2541/42 หรือลดลงเฉลี่ยร้อยละ 8 ต่อปี และคาดว่าจะมีแนวโน้มลดลงต่อไป เนื่องจากเกษตรกรหันไปปลูกพืชอื่นที่ให้รายได้สูงกว่าทดแทนอย่างไรก็ตาม การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตช่วยให้ผลผลิตต่อไร่ปรับตัวสูงขึ้นเล็กน้อยจาก 209 กิโลกรัมต่อ

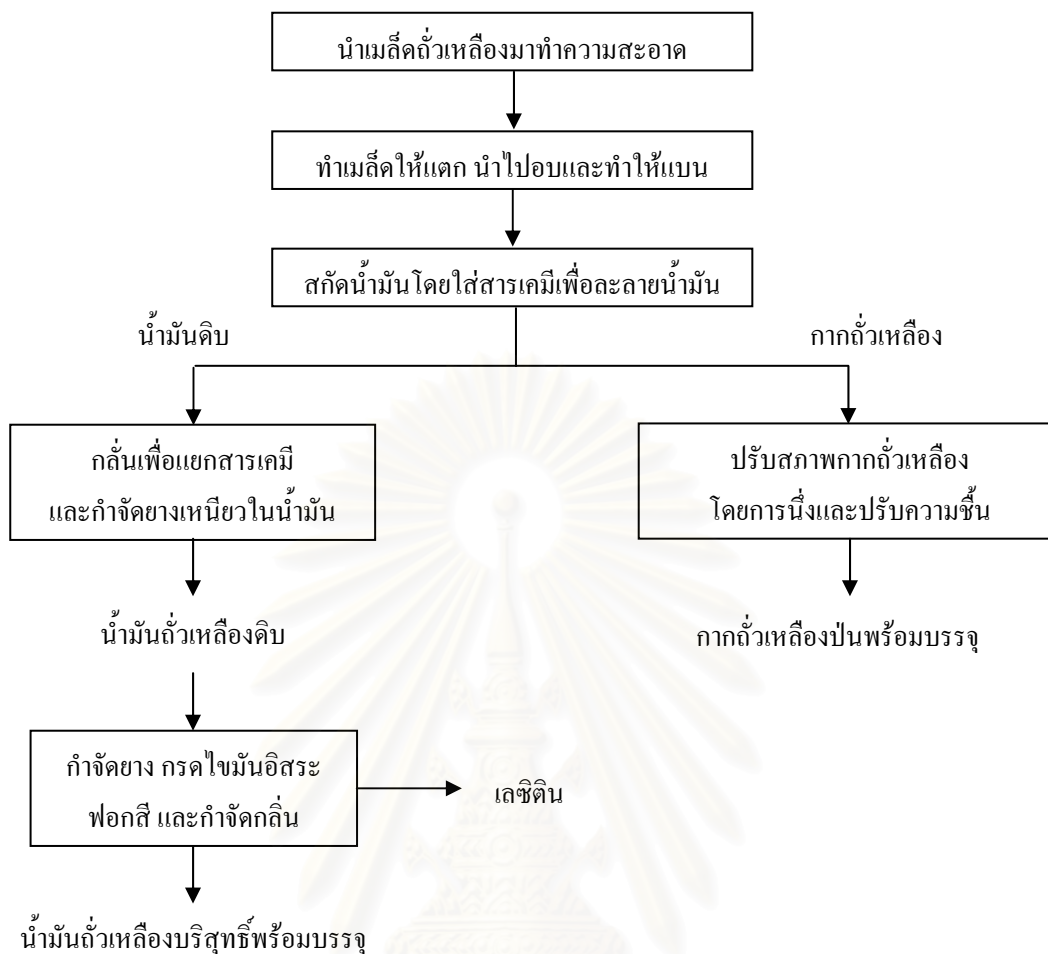
ไร่ ในปี 2532/33 เป็น 221 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี 2541/42 การลดลงของพื้นที่เพาะปลูกในสัดส่วนที่มากกว่าการเพิ่มขึ้นของผลผลิตต่อไร่ มีผลทำให้ผลผลิตถั่วเหลืองลดลงจาก 6.72 แสนตัน เหลือ 3.35 แสนตัน หรือลดลง 1 เท่าตัวในช่วง 9 ปีที่ผ่านมา ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ถั่วเหลือง : เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ราคาและมูลค่าของผลผลิตตามราคาที่เกษตรกรขายได้ ปีเพาะปลูก 2534/35 – 2543-44 [13]

ปี เพาะปลูก	เนื้อที่ปลูก (1,000 ไร่)	เนื้อที่เก็บ เกี่ยว (1,000 ไร่)	ผลผลิต (1,000 ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ย ต่อไร่ (กก.)	ราคาที่ เกษตรกร ขายได้ (บาท/กก.)	มูลค่าที่ เกษตรกร ขายได้ (ล้านบาท)
2534/35	2,175	1,989	436	219	7.83	3,414
2535/36	2,294	2,145	480	224	7.71	3,701
2536/37	2,600	2,374	513	216	8.03	4,119
2537/38	2,724	2,471	528	214	7.82	4,129
2538/39	1,881	1,719	386	225	8.65	3,339
2539/40	1,696	1,597	359	225	8.69	3,120
2540/41	1,548	1,475	338	229	10.25	3,465
2541/42	1,467	1,370	321	234	9.75	3,130
2542/43	1,451	1,404	319	227	8.63	2,753
2543/44	1,396	1,344	312	232	9.23	2,880
2544/45	1,324	1,286	292	227	9.86	2,876

2.1.6.1.5 กระบวนการผลิต [14]

นำเมล็ดถั่วเหลืองมาทำความสะอาดแล้วนำไปเข้ากระบวนการสกัดด้วยสารเคมีเพื่อละลายน้ำมัน จะได้น้ำมันถั่วเหลืองดิบและกากถั่วเหลือง นำน้ำมันถั่วเหลืองดิบที่ได้เข้าสู่กระบวนการกลั่นเพื่อกำจัดขางเหนียว กรดไขมันอิสระ กลิ่น และฟอสฟอรัส เพื่อให้ได้น้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์พร้อมบรรจุ ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 กระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ [14]

2.1.6.1.6 ต้นทุนการผลิต

โครงสร้างต้นทุนการผลิตที่สำคัญได้แก่ ต้นทุนค่าวัตถุดิบ คือ เมล็ดถั่วเหลือง คิดเป็นร้อยละ 85 รองลงมาได้แก่ ต้นทุนค่าบรรจุภัณฑ์ ค่าสาธารณูปโภค ร้อยละ 13 และค่าแรงงานร้อยละ 2

2.1.6.2 น้ำมันมะพร้าว [11, 14]

Common name :	Coconut
Family :	PALMACEAE
Scientific name :	<i>Cocos nucifera</i> , (Linn.)

มะพร้าวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทย นอกจากจะใช้บริโภคและปรุงอาหารโดยตรงแล้ว เนื้อมะพร้าวแห้งยังสามารถนำมาสกัดน้ำมันได้ด้วย โดยสกัดจากเนื้อมะพร้าวแห้งจะได้น้ำมันประมาณ 60-68% น้ำมันมะพร้าวจัดเป็นน้ำมันพืชที่มีการใช้กันมานานก่อนที่ประชาชนจะหันมาบริโภคน้ำมันพืชแทนน้ำมันหมู มะพร้าวต่างจากพืชน้ำมันส่วนใหญ่ที่มะพร้าวเป็นไม้ยืนต้นสามารถให้ผลผลิตได้ตลอดปี น้ำมันมะพร้าวเป็นผลผลิตที่สำคัญที่ได้จากมะพร้าว ซึ่งนอกจากจะใช้บริโภคโดยตรงแล้วยังเป็นน้ำมันที่ใช้ในอุตสาหกรรมด้วย เช่น เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมสบู่ สี ยารักษาโรค เนยเทียม น้ำมันหล่อลื่น และผลิตภัณฑ์นํม เป็นต้น อุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าวจึงจัดเป็นอุตสาหกรรมชั้นกลาง

ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานสกัดน้ำมันมะพร้าวอยู่หลายโรง ซึ่งส่วนใหญ่จะต้องอยู่ในภาคใต้ใกล้กับแหล่งวัตถุดิบ นอกจากนั้นยังเป็นโรงงานขนาดเล็กที่ยังมีกรรมวิธีการผลิตที่ไม่ทันสมัย ก่อนปี พ.ศ. 2536 ประเทศไทยต้องนำเข้าเนื้อมะพร้าวแห้งเป็นปริมาณมาก รวมทั้งนำเข้าน้ำมันมะพร้าวในปริมาณที่มากกว่าปริมาณการส่งออกด้วย แต่ในปัจจุบันประเทศไทยสามารถส่งออกมะพร้าวฝอยตากแห้งและน้ำมันมะพร้าวมากกว่าการนำเข้า รวมทั้งยังมีการส่งออกมะพร้าวผลในปริมาณที่เพิ่มขึ้นกว่าในอดีตมากด้วย

น้ำมันมะพร้าวจะแตกต่างกับน้ำมันพืชส่วนใหญ่คือ มีกรดลอริกสูง ซึ่งจะ แข็งตัวได้ง่ายเมื่ออากาศเย็น เนื่องจากมีกรดไขมันอิ่มตัวอยู่มากถึง 90% น้ำมันมะพร้าวที่ผ่านกรรมวิธีกลั่นใสอย่างดีจึงไม่เหม็นหืนง่ายเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน แต่น้ำมันมะพร้าวที่ยังไม่ได้ผ่านกรรมวิธีกลั่นใสจะมีเอ็นไซม์ที่จะทำให้ไขมันแตกตัวเป็นกรดไขมันอิสระอย่างรวดเร็ว จึงทำให้เหม็นหืนง่าย และเสื่อมคุณภาพเร็ว

2.1.6.2.1 สมบัติโดยทั่วไป

Chemical composition (seed)

Moisture	4-6%
Oil	60-68%

Chemical and physical characteristics (oil)

Iodine value	7-11
Acid value	15(edible 0.02)
Saponification value	246-264
Unsaponifiable matter	1.0%
Specific gravity (25/25 °C)	0.907-0.917
Refractive Index at 25 °C	1.447-1.450

Color (Lovibond)

50Y : 6R (Crude)

7Y : 0.7R (Refine)

2.1.6.2.2 แหล่งผลิตและฤดูกาลผลิต [15]

แม้ว่ามะพร้าวจะปลูกได้ทุกภาคของประเทศ แต่จะปลูกได้ดีในเมืองแถบชายทะเล ดังนั้นจึงมีแหล่งผลิตที่สำคัญอยู่ทางภาคใต้ และในบางท้องที่ของภาคกลางและภาคตะวันออก โดยจะให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งประมาณเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคมจะเป็นช่วงที่มีผลผลิตออกสู่ตลาดมาก จังหวัดที่เพาะปลูกมะพร้าวมากได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สมุทรสาคร สมุทรสงคราม ชลบุรี และระยอง นอกจากนี้โรงงานผลิตน้ำมันมะพร้าวก็นิยมนำมากระจายอยู่ตามแหล่งวัตถุดิบโดยเฉพาะในภาคใต้

2.1.6.2.3 ปริมาณการผลิต [13]

เมื่อพิจารณาพื้นที่เพาะปลูกมะพร้าวในระยะ พ.ศ. 2518 – 2535 ดังตารางที่ 2.5 จะเห็นว่าพื้นที่เพาะปลูกมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 2.4-2.6 ล้านไร่ อย่างไรก็ตามก็ดีขึ้นหลังจากปี พ.ศ. 2530 เป็นต้นมาพื้นที่เพาะปลูกมีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับพื้นที่ที่ให้ผลผลิตมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ผลผลิตเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2535 แสดงว่าเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงกรรมวิธีการผลิตให้ได้ผลผลิตเฉลี่ยที่สูงขึ้นจากเดิมที่ส่วนใหญ่เป็นสวนที่มีอายุมาก การปลูกทดแทนมีน้อย เกษตรกรไม่นิยมใส่ปุ๋ย และพื้นที่ปลูกมะพร้าวมีจำกัด จึงทำให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ

มะพร้าวที่นำมาสกัดน้ำมันแล้ว สามารถแบ่งประเภทตามคุณภาพและการแปรรูปได้ 2 ชนิด คือ น้ำมันดิบ (Crude oil) และน้ำมันบริสุทธิ์ (Purified or vegetable oil)

โรงงานผลิตน้ำมันมะพร้าวเกือบทั้งหมดจะใช้เนื้อมะพร้าวแห้งเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตน้ำมันมะพร้าว มีบางโรงงานที่ใช้กากมะพร้าวที่เหลือจากกระบวนการประกอบอาหารแล้วมาสกัดเอาน้ำมันมะพร้าว แต่การที่นำเอากากมะพร้าวมาสกัดน้ำมันนั้นจะให้สัดส่วนน้ำมันน้อยคือประมาณร้อยละ 15-20 เท่านั้น เมื่อเทียบกับการสกัดน้ำมันจากเนื้อมะพร้าวแห้งแล้วจะให้สัดส่วนของน้ำมันประมาณร้อยละ 55-58

ตารางที่ 2.5 มะพร้าว เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ราคาและมูลค่าของผลผลิตตาม

ราคาที่เกษตรกรขายได้ ปีเพาะปลูก 2535 – 2544 [13]

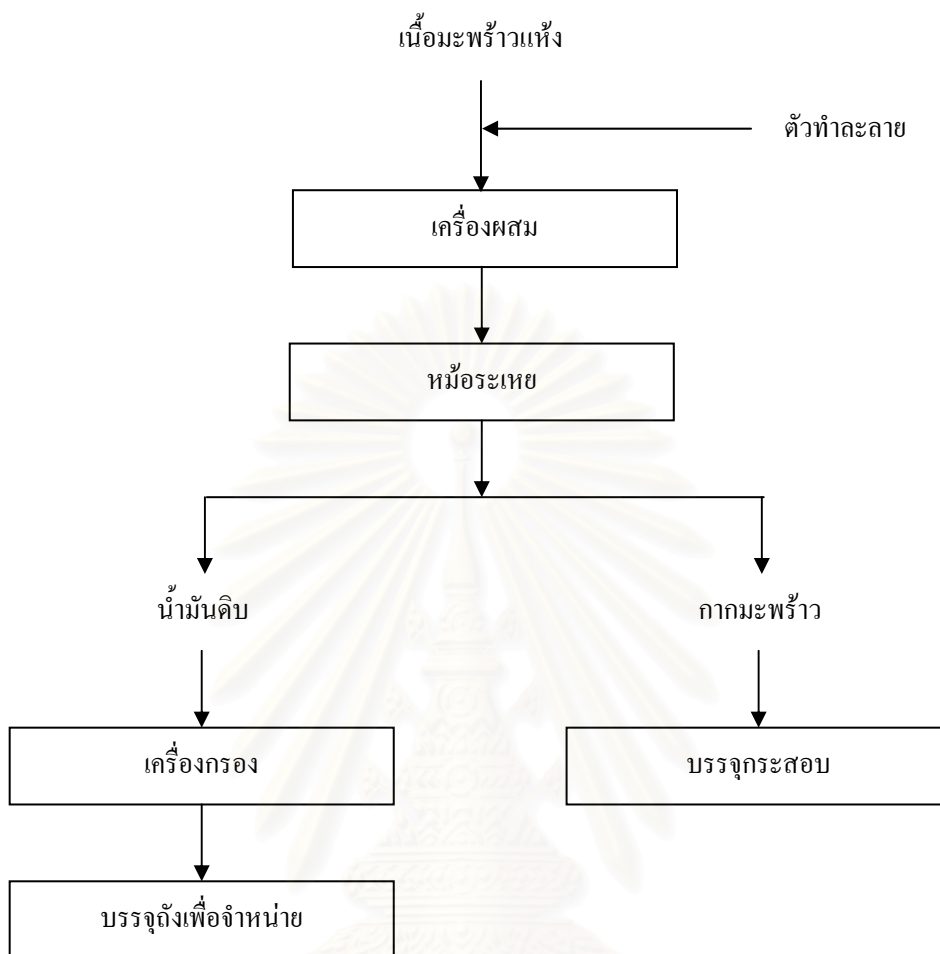
ปี เพาะปลูก	เนื้อที่ปลูก (1,000 ไร่)	เนื้อที่เก็บ เกี่ยว (1,000 ไร่)	ผลผลิต (1,000 ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ย ต่อไร่ (กก.)	ราคาที่ เกษตรกร ขายได้ (บาท/ตัน)*	มูลค่าที่ เกษตรกร ขายได้ (ล้านบาท)
2535	2427	2103	1411	671	2704	3815
2536	2426	2153	1462	679	2856	4175
2537	2384	2116	1435	578	2704	3880
2538	2362	2096	1413	674	2208	3120
2539	2351	2087	1419	680	3312	4700
2540	3330	2066	1386	671	3800	3604
2541	-	2066	1372	664	4168	5718
2542	-	2048	1381	674	4464	6165
2543	-	2034	1400	688	2016	2822
2544	-	2037	1396	685	1984	2770

* ราคามะพร้าวสดทั้งผล โดยมะพร้าวสด 1 ผลหนัก 1.25 กก.

2.1.6.2.4 กระบวนการผลิต [16]

ในปัจจุบันน้ำมันมะพร้าวจะใช้เนื้อมะพร้าวแห้งเป็นวัตถุดิบในการผลิตส่วนใหญ่ โดยประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบ การสกัดน้ำมันดิบ และการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์

ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบจะต้องตรวจสอบความชื้นของเนื้อมะพร้าวแห้งไม่ให้เกินกว่าร้อยละ 5 เพื่อไม่ให้อัตราส่วนของน้ำมันน้อยลง แล้วจึงนำเนื้อมะพร้าวแห้งไปบดเป็นชิ้นเล็กๆ ก่อนที่นำไปเข้าเครื่องบดหรืออัดแห้ง การสกัดน้ำมันจะทำได้โดยใช้เครื่องบีบหรืออัด หรืออาจจะใช้ตัวทำละลายช่วยก็ได้หรืออาจจะใช้ทั้งสองวิธีประกอบกัน กากที่เหลือจากการบีบอัดสกัดน้ำมันจะใช้เป็นอาหารสัตว์หรือทำปุ๋ยต่อไป กรรมวิธีในการสกัดน้ำมันมะพร้าวจะคล้ายคลึงกับการสกัดน้ำมันพืชจากเมล็ดพืชน้ำมันอื่น ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันมะพร้าวโดยใช้ตัวทำละลาย [16]

สำหรับขั้นตอนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์จะต้องมีการกำจัดกรดไขมันอิสระด้วยโซดาไฟ ซึ่งจะได้สบู่มาจำนวนหนึ่ง แล้วนำมาฟอกสีโดยใช้ผงฟอกสีและผงถ่านกัมมันต์ นำไปกรองให้หมดสี และกำจัดกลิ่นด้วยการกลั่นภายใต้สุญญากาศ จึงจะได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

การหีบหรือสกัดน้ำมันมะพร้าวในประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมที่ทำกันมานานแล้ว แต่โดยมากเป็นโรงงานขนาดเล็ก ซึ่งมีกำลังการผลิตเพียงวันละ 2-3 ตัน เท่านั้น เมื่อขาดแคลนวัตถุดิบหรือราคาวัตถุดิบสูงขึ้น โรงงานขนาดเล็กเหล่านี้ก็จะหยุดการผลิตเป็นบางระยะ ดังนั้น ในปีหนึ่งจะทำการผลิตประมาณ 6-7 เดือนเท่านั้น โรงงานประมาณร้อยละ 70 ตั้งอยู่ทางภาคใต้ ซึ่งเป็นแหล่งใกล้วัตถุดิบ และจะผลิตเพียงขั้นน้ำมันดิบเป็นส่วนใหญ่ ส่วนโรงงานที่สามารถกลั่นน้ำมันมะพร้าวให้บริสุทธิ์นั้นส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตกรุงเทพฯ และสมุทรปราการ โดยโรงงานเหล่านี้จะมีขนาดใหญ่ ใช้ทุนดำเนินการประมาณ 3-15 ล้านบาท ปัจจุบันโรงงานเหล่านี้ร้อยละ 90 มีอายุเกิน 10 ปี ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่อาจอธิบายถึงปัญหาผลผลิตคุณภาพต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากเทคโนโลยีที่ใช้ล้าสมัย

2.1.6.2.5 ต้นทุนการผลิต [1,14]

ต้นทุนการผลิตน้ำมันมะพร้าวดิบเป็นต้นทุนผลิตรวม 13.13 บาท ต่อการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์หนึ่งกิโลกรัม โดยเป็นต้นทุนค่าวัตถุดิบประมาณร้อยละ 95.54 ของต้นทุนทั้งหมด เนื่องจากต้นทุนส่วนใหญ่เป็นค่าวัตถุดิบ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงราคาของวัตถุดิบนอกจากจะมีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตแล้ว ยังมีผลกระทบต่อราคาน้ำมันมะพร้าวดิบและกากมะพร้าวไปในทิศทางเดียวกันด้วย

2.1.6.3 น้ำมันปาล์ม [11,16,17]

Common name :	Oil Palm
Family :	PALMACEAE
Scientific name :	<i>Elaecis Guineensis Jacq</i>

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชตระกูลปาล์ม มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในทวีปแอฟริกาแถบริมฝั่งทะเลตะวันตกระหว่างเส้นขนานที่ 15 องศาเหนือและเส้นขนานที่ 10 องศาใต้ ปลูกกันแพร่หลายในแถบโซนร้อนของทวีปแอฟริกา ทวีปอเมริกาและทวีปเอเชีย ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ชอบอากาศในเขตร้อนที่มีฝนตกชุก จึงปลูกได้ดีในเขตที่ต่ำของภูมิภาคแถบศูนย์สูตรที่มีความชื้นสูงเป็นที่ราบใกล้ชายฝั่งทะเล เนื้อดินสมบูรณ์และน้ำไม่ขัง ต้นปาล์มน้ำมันจะเริ่มให้ผลผลิตหลังจากปลูกประมาณ 3-4 ปี และให้ผลผลิตมากขึ้นตามอายุของต้นปาล์มน้ำมันจนถึงปีที่ 9 จะให้ผลผลิตสูงสุดและจะให้ผลผลิตคุ้มค่าทางเศรษฐกิจไปถึงอายุ 25 ปี พันธุ์ปาล์มน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจได้แก่พันธุ์ดูรา (Dura) ซึ่งเป็นพันธุ์ดั้งเดิมให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ พันธุ์ฟิลิเฟอร์รา (Pisifera) เป็นพันธุ์ที่ให้น้ำมันสูง แต่ยุ่งยากในการสกัดน้ำมันออกจากเมล็ด และพันธุ์เทนเอร่า (Tenera) เป็นพันธุ์ผสมระหว่างดูราและฟิลิเฟอร์รา ให้น้ำมันสูงประมาณร้อยละ 23-26 เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันในส่วนขนาดใหญ่

ผลปาล์มน้ำมันประกอบด้วยส่วนที่ให้น้ำมัน 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อมนออกของผล (Pericarp) จะให้น้ำมันปาล์ม (Palm oil) ซึ่งมีสีส้ม มีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวเกือบเท่ากัน คือ 52:48 ซึ่งจะนำมากลั่นเพื่อให้ได้น้ำมันปรุงอาหารต่อไป และส่วนที่เป็นเนื้อในของเมล็ดปาล์ม (Palm kernel) จะให้น้ำมันเมล็ดในปาล์ม (Palm kernel oil) โดยน้ำมันซึ่งไม่มีสีถึงสีเหลืองอ่อน มีสมบัติและส่วนประกอบที่ใกล้เคียงกับน้ำมันมะพร้าว ส้ม มีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวเกือบเท่ากัน คือ 80:20 จึงไม่นิยมนำมาบริโภค แต่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเนยเทียม ครีม

สบู่และผงซักฟอก [17] น้ำมันจากเนื้อมะพร้าวจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ สภาพดินฟ้าอากาศ การบำรุงรักษา และกรรมวิธีในการสกัดน้ำมัน แต่เฉลี่ยตามมาตรฐานสากลเนื้อมะพร้าวจะให้ไขมันประมาณร้อยละ 20 สำหรับเมล็ดปาล์มจะให้ไขมันประมาณร้อยละ 45-50 อย่างไรก็ตามผลปาล์มที่ยังไม่แก่พอจะให้ไขมันน้อย แต่ผลที่แก่เกินไปจะมีกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) สูง จึงจำเป็นต้องนำผลปาล์มจากต้นไปเข้าโรงงานสกัดน้ำมันภายในเวลาไม่เกิน 24 ชั่วโมง เพื่อมิให้มีความสูงของกรดไขมันอิสระสูง ซึ่งตามมาตรฐานสากลมิได้ไม่เกินร้อยละ 5 ดังนั้นจึงนิยมปลูกน้ำมันปาล์มและตั้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในบริเวณใกล้เคียงกัน

มนุษย์รู้จักใช้ประโยชน์จากน้ำมันปาล์มมาเป็นเวลาหลายร้อยปีมาแล้ว แต่การนำมาใช้ในวงการอุตสาหกรรมเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 40 ปีก่อน ปัจจุบันมีการนำน้ำมันปาล์มมาใช้เพื่อการบริโภคโดยตรง และใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมสบู่ มาการีน นมข้นหวาน ครีมเทียม อาหารว่าง และของขบเคี้ยว และบะหมี่สำเร็จรูป เป็นต้น

2.1.6.3.1 สมบัติโดยทั่วไป

Chemical composition (Fruit)

Moisture	25%
Oil	56%

Chemical and physical characteristics (oil)

	Palm kernel oil	Palm oil
Iodine value	14-20	43-59
Acid value (Crude)	20	15
Saponification value	240-257	195-210
Unsaponifiable matter	1%	1%
Specific gravity (25/25°C)	0.900-0.9452	0.893-0.905
Refractive Index at 25 °C	1.449-1.452	1.449-1.445
Color (Lovibond)	10Y : 1R	25Y : 2.5R

2.1.6.3.2 แหล่งผลิตและฤดูกาลผลิต [14]

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ชอบอากาศในเขตร้อน ฝนตกชุก การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันของไทยจึงมีที่จังหวัดต่างๆ โดยในปี พ.ศ. 2533 มีเนื้อที่เพาะปลูกมากที่สุดอยู่ในจังหวัดกระบี่ รองลงมาได้แก่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ชุมพร สตูล ตรัง และประกอบศิริจันทร์ เป็นต้น

ผู้ปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทยมี 3 ประเภท ได้แก่ บริษัทจดทะเบียนซึ่งจะปลูกเป็นสวนขนาดใหญ่กว่า 1,000 ไร่ เฉลี่ยประมาณ 3,500 ไร่ ผู้ที่ทำเป็นธุรกิจส่วนตัวไม่ได้จดทะเบียนนิติบุคคล และสมาชิกสหกรณ์/นิคมและนิคมสร้างตนเอง ผลผลิตปาล์มทะลายส่วนใหญ่มาจากบริษัท รองลงมาคือธุรกิจส่วนตัว และสหกรณ์/นิคม ตามลำดับ

2.1.6.3.3 ปริมาณการผลิต [14]

ข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รายงานว่า เมื่อปี พ.ศ. 2534 เนื้อที่เพาะปลูกปาล์ม น้ำมันรวมทั้งประเทศมี 914740 ไร่ โดยจังหวัดกระบี่ มีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดถึง 345780 ไร่ หรือร้อยละ 37.80 รองลงมาได้แก่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ชุมพร สตูล ซึ่งมีเนื้อที่เพาะปลูก 259370 ไร่ 167730 ไร่ 52550 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 28.40 18.30 และ 5.70 ตามลำดับ รวม 4 จังหวัดมีเนื้อที่เพาะปลูก 825430 ไร่ หรือร้อยละ 9.20 ของเนื้อที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมด

ช่วงฤดูฝนคือเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการปลูกปาล์ม น้ำมันเพราะต้นปาล์มน้ำมันจะทยอยให้ผลผลิตตลอดปี (ประมาณร้อยละ 6-7 ของผลผลิตปาล์มต่อปี) แต่จะให้ผลผลิตมากที่สุดในช่วงฤดูฝน (ประมาณร้อยละ 51 ของผลผลิตปาล์มทั้งปี) อย่างไรก็ตามผลผลิตปาล์มน้ำมันต่อไร่ขึ้นอยู่กับอายุของต้นปาล์ม น้ำมัน สภาพดินฟ้าอากาศ การบำรุงรักษา สำหรับภาพรวมทั้งประเทศในช่วง 10 ปีหลังสุด ดังแสดงในตารางที่ 2.6 จะเห็นได้ว่าปริมาณผลผลิตปาล์ม น้ำมันและราคาที่เกษตรกรได้รับ เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่ให้ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ และราคาที่เกษตรกรได้รับมีการเคลื่อนไหวขึ้น-ลง ไม่นั่นอน

2.1.6.3.4 สถานการณ์วัตถุดิบ [14]

ผลผลิตปาล์ม น้ำมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ จากการขยายพื้นที่เพาะปลูก แต่ในปี พ.ศ. 2541 ผลผลิตปาล์ม น้ำมันลดลงจากปีก่อนร้อยละ 8.1 จากภาวะแห้งแล้งเพราะปรากฏการณ์เอลนีโญ ส่งผลให้ปริมาณน้ำมันดิบเข้าสู่โรงงานกลั่นลดลง แต่ก็ปรับตัวสูงขึ้นอีกครั้งในปี พ.ศ. 2544 ตามเนื้อที่เก็บเกี่ยวที่เพิ่มมากขึ้นทุกปี และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นในทุกปี

2.1.6.3.5 ชนิดของน้ำมันปาล์มและขั้นตอนการผลิต [16,18]

น้ำมันปาล์มที่ผลิตได้จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอายุของต้นปาล์ม น้ำมัน ถ้าอายุน้อยจะมีปริมาณน้ำมันในผลน้อย ระยะเวลาการตัดทะลายหรือเก็บเกี่ยวของเกษตรกรและประสิทธิภาพทางการสกัดน้ำมันของโรงงาน

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทยสามารถจำแนกตามขนาดของกำลังการผลิต กรรมวิธีการผลิต และจำนวนเงินลงทุนได้เป็น 2 ประเภท คือ โรงงานที่ได้มาตรฐานหรือโรงงานขนาดใหญ่ที่สร้างขึ้นมาสกัดน้ำมันโดยตรง ใช้ปาล์มทั้งทะลายเป็นวัตถุดิบ ได้ผลิตภัณฑ์เป็น น้ำมันปาล์มดิบ (Crude palm oil – CPO) และเนื้อในเมล็ดปาล์ม (Palm kernel) โรงงานประเภทนี้ ส่วนใหญ่ได้รับการส่งเสริมการลงทุนจากรัฐบาลและมีกำลังการผลิตมากกว่า 5 ตัน (FFB) ต่อ ชั่วโมง อีกประเภทหนึ่งคือ โรงงานขนาดเล็กซึ่งแปลงมาจากโรงงานสกัดน้ำมันมะพร้าวและ โรงงานสกัดน้ำมันอื่น ใช้ผลปาล์มร่วงเป็นวัตถุดิบ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำมันผสมของน้ำมันเนื้อปาล์ม และน้ำมันปาล์มเมล็ดใน เป็นโรงงานที่มีกำลังการผลิตมากกว่า 5 ตัน (F F B) ต่อ ชั่วโมง

ตารางที่ 2.6 ปาล์มน้ำมัน เนื้อที่เกี่ยวเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ราคาและมูลค่าของผลผลิตตาม ราคาที่เกษตรกรขายได้ ปีเพาะปลูก 2535 – 2544 [13]

ปี เพาะปลูก	เนื้อที่ปลูก (1,000 ไร่)	เนื้อที่เกี่ยว เกี่ยว (1,000 ไร่)	ผลผลิต (1,000 ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ย ต่อไร่ (กก.)	ราคา เกษตรกร ขายได้ (บาท/กก.)	มูลค่าที่ เกษตรกร ขายได้ (ล้านบาท)
2535	958	675	1,352	2,003	1.78	2,380
2536	968	833	1,827	2,193	1.70	3,108
2537	1,014	870	1,923	2,210	1.82	3,500
2538	1,051	919	2,255	2,454	2.05	4,623
2539	-	1,023	2,688	2,628	3.02	5,430
2540	-	1,097	2,681	2,444	2.17	5,818
2541	-	1,129	3,485	2,183	3.37	8,307
2542	-	1,247	3,514	2,818	2.20	7,731
2543	-	1,303	3,250	2,500	1.66	5,405
2544	-	1,457	4,089	2,807	1.19	4,868

การสกัดน้ำมันปาล์มดิบของโรงงานขนาดใหญ่มีขั้นตอนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบจากผลปาล์มน้ำมันดังนี้

1. ชั้นเตรียมวัตถุดิบ จะนำทะลายปาล์มสด (Fresh fruit bunch – FFB) ลงในถัง และนำเข้าเครื่องอบหรือหนึ่งเพื่อฆ่าเชื้อโรคในอุณหภูมิประมาณ 100-120 องศาเซลเซียส ความดันประมาณ 40 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลาประมาณ 30 นาที ทะลายปาล์มที่อบแล้วจะถูกนำเข้าเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย (เครื่องตีรวง) ทำให้ผลปาล์มหลุดออกจากทะลายเปล่า ทะลายเปล่าที่แยกออกนี้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงของเตาเผาหรือนำไปทำปุ๋ยต่อไป

2. ชั้นบีบและอัดเพื่อสกัดน้ำมันปาล์ม เป็นการนำผลปาล์มที่แยกออกจากทะลายเข้าเครื่องบีบอัดเพื่อสกัดน้ำมันปาล์มดิบออกจากเนื้อปาล์ม สำหรับเมล็ดปาล์มน้ำมันจะถูกส่งเข้าเครื่องกะเทาะเมล็ด เพื่อแยกชั้นของกะลาออกจากส่วนของเนื้อใน ทำให้ได้เนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่พร้อมจะจำหน่ายต่อไป

3. ชั้นทำความสะอาดน้ำมันปาล์มดิบ เป็นการนำน้ำมันปาล์มดิบเข้าเครื่องกรองและเครื่องแยกน้ำ เพื่อแยกน้ำมันออกจากขี้ไขมัน น้ำ และสิ่งสกปรก จะได้น้ำมันปาล์มดิบที่พร้อมจะจำหน่ายต่อไป

ขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบของโรงงานขนาดใหญ่แสดงในรูปที่ 2.4

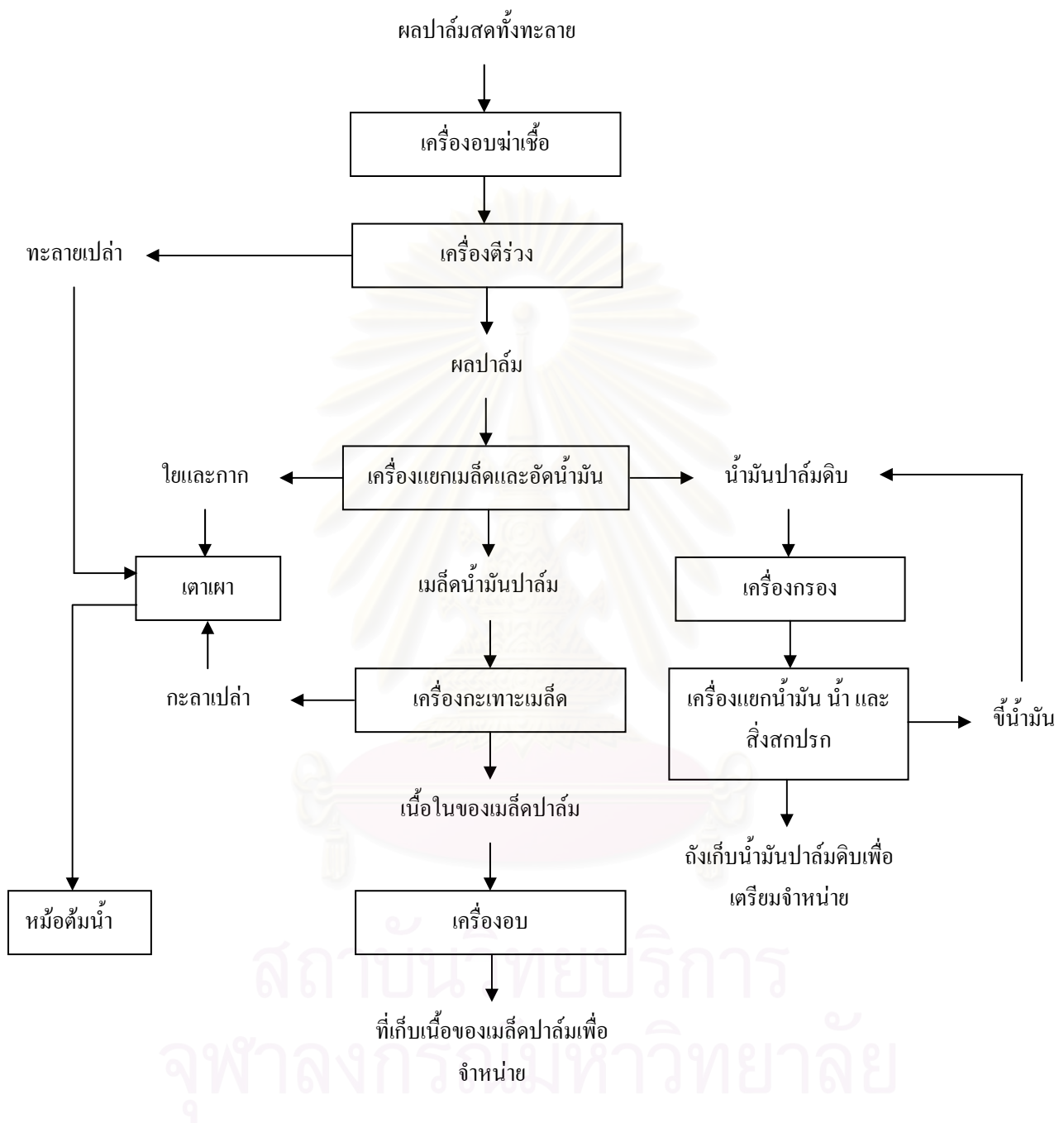
การสกัดน้ำมันปาล์มดิบของโรงงานขนาดเล็กมีขั้นตอนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบจากผลปาล์มน้ำมันดังนี้

1. ชั้นเตรียมวัตถุดิบ โรงงานจะนำผลปาล์มสดเข้าเครื่องอบหรือหนึ่งเพื่อฆ่าเชื้อโรคในประมาณ 24 ชั่วโมง

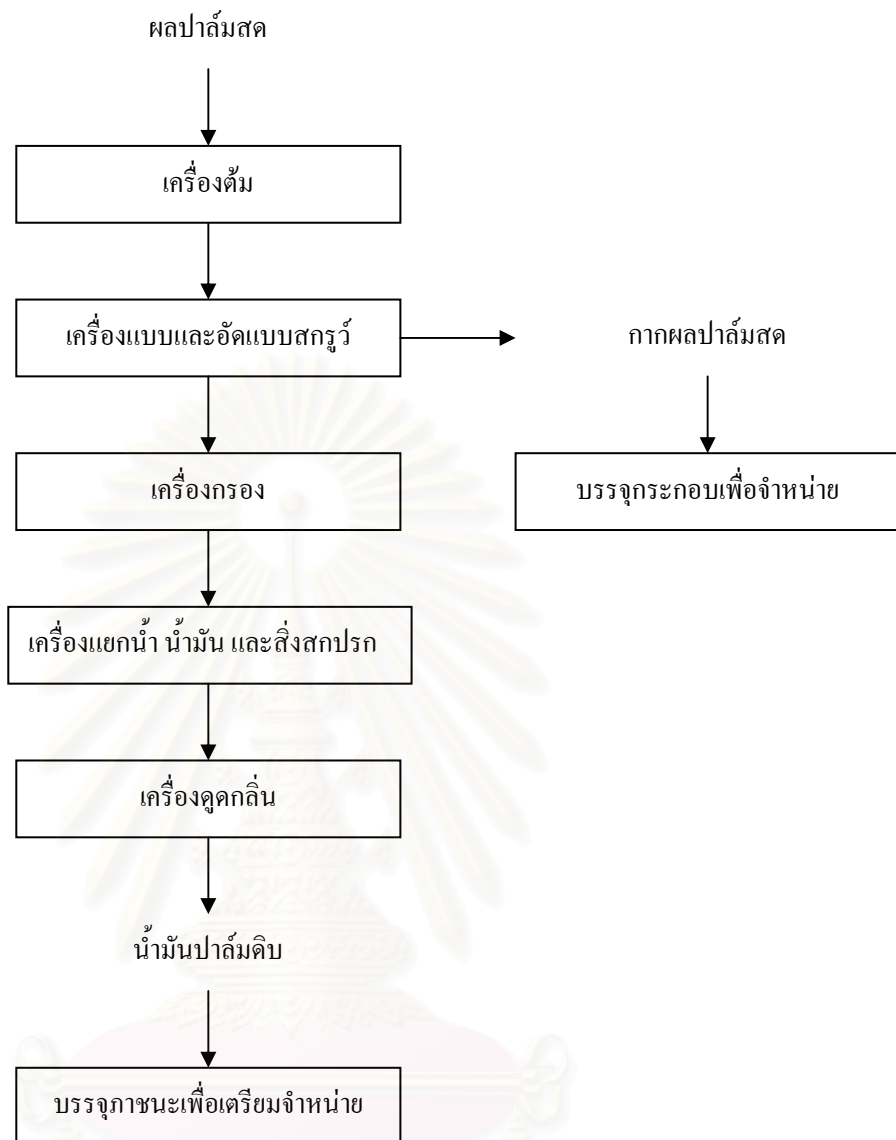
2. ชั้นบีบและอัดเพื่อสกัดน้ำมันปาล์ม เป็นการนำผลปาล์มที่อบหรือหนึ่งแล้วเข้าเครื่องบีบและอัดแบบสกรู (Screw press) โดยจะหีบรวมทั้งเนื้อปาล์มและเมล็ดในปาล์ม จะได้น้ำมันน้ำมันปาล์มผสมและกากปาล์ม โดยอัตราการผลิตผลปาล์มร่วง : น้ำมันปาล์มดิบ : กาก เท่ากับ 100 : 31 : 38 ซึ่งปาล์มทั้งทะลาย 100 กิโลกรัมได้เป็นปาล์มร่วงประมาณ 65 กิโลกรัม กากปาล์มที่ได้สามารถนำไปจำหน่ายต่อไปได้

3. ชั้นทำความสะอาดน้ำมันปาล์มดิบ เป็นการนำน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ผ่านไปยังเครื่องกรองและเครื่องแยกน้ำ เพื่อแยกสิ่งสกปรกและสิ่งเจือปนต่างๆ ออก จะได้น้ำมันปาล์มดิบที่พร้อมจะจำหน่ายต่อไป

ขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบของโรงงานขนาดเล็กแสดงในรูปที่ 2.5



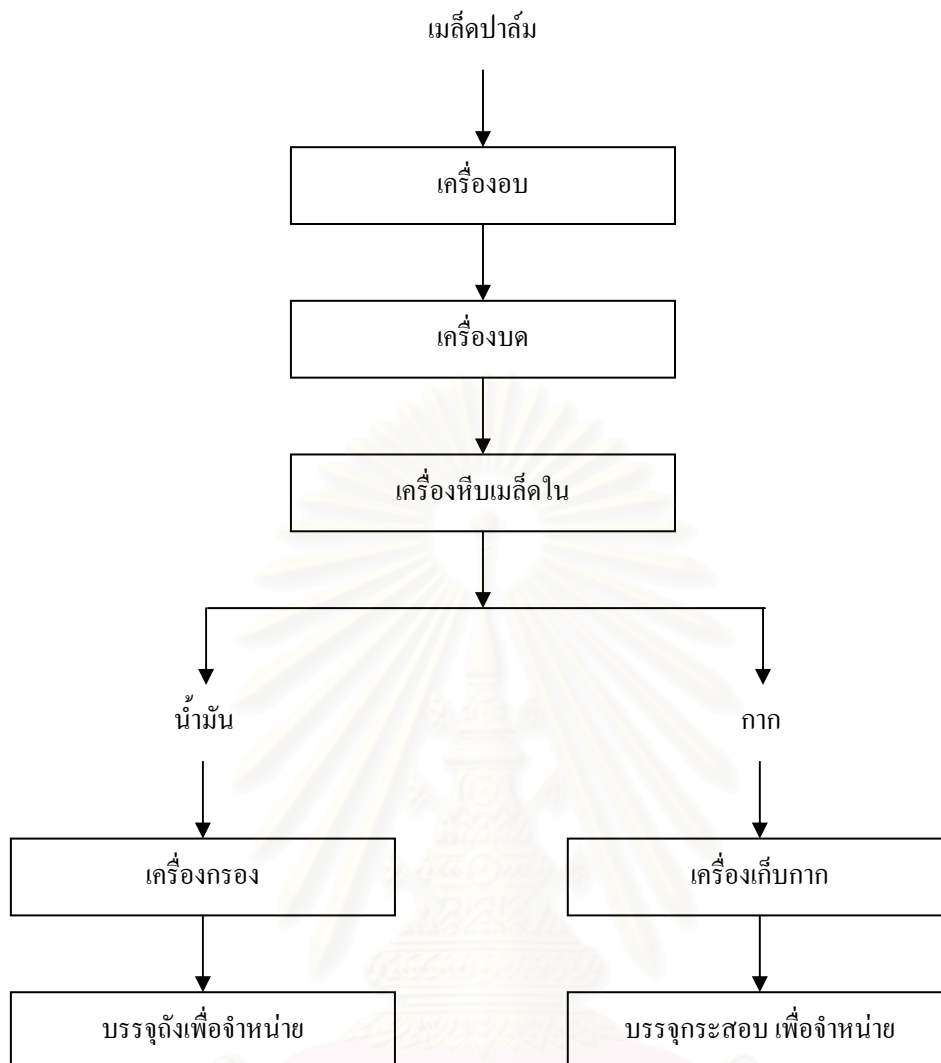
รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดใหญ่ [16]



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบของ โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก [16]

สำหรับการสกัดน้ำมันเมล็ดในปาล์ม ดังแสดงในรูปที่ 2. 6 มีขั้นตอนดังนี้

1. นำเมล็ดปาล์มที่กะเทาะกะลาแล้วมาเข้าเครื่องอบให้แห้งเพื่อฆ่าเชื้อราด้วยความร้อน 160 องศาฟาเรนไฮต์
2. ตวงเมล็ดปาล์มสดเข้าเครื่องบด เพื่อให้เมล็ดในแตกแล้วส่งเข้าเครื่องหีบจะได้น้ำมันเมล็ดในปาล์มและกากของเมล็ด
3. นำน้ำมันเข้าเครื่องกรอง จะได้น้ำมันเมล็ดในปาล์มส่งเข้าบรรจุถังเพื่อจำหน่าย
4. กากของเมล็ดจะนำไปบรรจุกระสอบโดยใช้เครื่องเก็บกาก เพื่อจำหน่ายเป็นอาหารสัตว์



รูปที่ 2.6 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันเมล็ดปาล์ม [16]

การสกัดน้ำมันบริสุทธิ์สามารถทำได้โดยวิธีทางเคมี (Chemical refining process) และวิธีทางกายภาพ (Physical refining process) เพื่อปรับสภาพน้ำมันให้มีสี กลิ่น รส และกำจัดสารบางชนิดที่เจือปน เพื่อให้สามารถนำไปใช้บริโภคหรือใช้เป็นวัตถุดิบชั้นกลางในการผลิตสินค้าอื่นต่อไป ขั้นตอนทางเคมีจะมีดังนี้

1. การแยกกรดไขมันอิสระ (Neutralization) เป็นการนำน้ำมันปาล์มดิบเข้าเครื่องแยกสบู่ ออกจากน้ำมัน จะได้น้ำมันที่มีสภาพเป็นกลาง (Neutral oil miscella)
2. การแยกไข (Winterization) เป็นการนำน้ำมันปาล์มที่มีสภาพเป็นกลางเข้าเครื่องทำความเย็นเยือกแข็ง (Freezer) เพื่อแยกไข (Wax) และสเตียริน (Stearin) ออกจากน้ำมันปาล์ม จะได้น้ำมันปาล์มที่แยกสารเจือปนอื่นๆ ออก (Oil miscella)

3. การฟอกสี (Bleaching) เป็นการนำน้ำมันปาล์มที่ได้เข้าหม้อระเหยเพื่อแยกเฮกเซน (Hexane) ออก แล้วนำเข้าเครื่องฟอกสี และผ่านเครื่องกรองเพื่อเข้าเครื่องดูดกลิ่น

4. การดูดกลิ่น (Deodorization) เป็นการนำน้ำมันปาล์มที่ฟอกสีแล้วเข้าเครื่องดูดกลิ่น เพื่อกำจัดกลิ่น จะได้น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

ขั้นตอนการผลิตน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์โดยวิธีทางเคมี แสดงในรูปที่ 2.7

สำหรับการกลั่นน้ำมันปาล์มดิบให้บริสุทธิ์โดยวิธีทางกายภาพมีขั้นตอนดังนี้

1. การสกัดยางเหนียวและกำจัดสี (Degumming and bleaching) โดยไม่ต้องทำน้ำมันให้เป็นกลาง แต่จะเริ่มด้วยการกำจัดฟอสฟาไทด์ (Phosphatides) โลหะต่างๆ และสิ่งสกปรกอื่นๆ ด้วยกรดฟอสฟอริก แล้วนำมากำจัดสีด้วยผงฟอกสี

2. การกำจัดกรดไขมันอิสระและการกำจัดกลิ่น (Deacidification and deodorization) เป็นการนำน้ำมันที่ผ่านขั้นที่ 1 มากำจัดกรดไขมันอิสระและกลิ่นโดยทำภายใต้ภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิประมาณ 220-270 องศาเซลเซียส จะได้น้ำมันบริสุทธิ์พร้อมจะนำไปใช้บริโภคหรือทำประโยชน์อื่นๆ ต่อไป

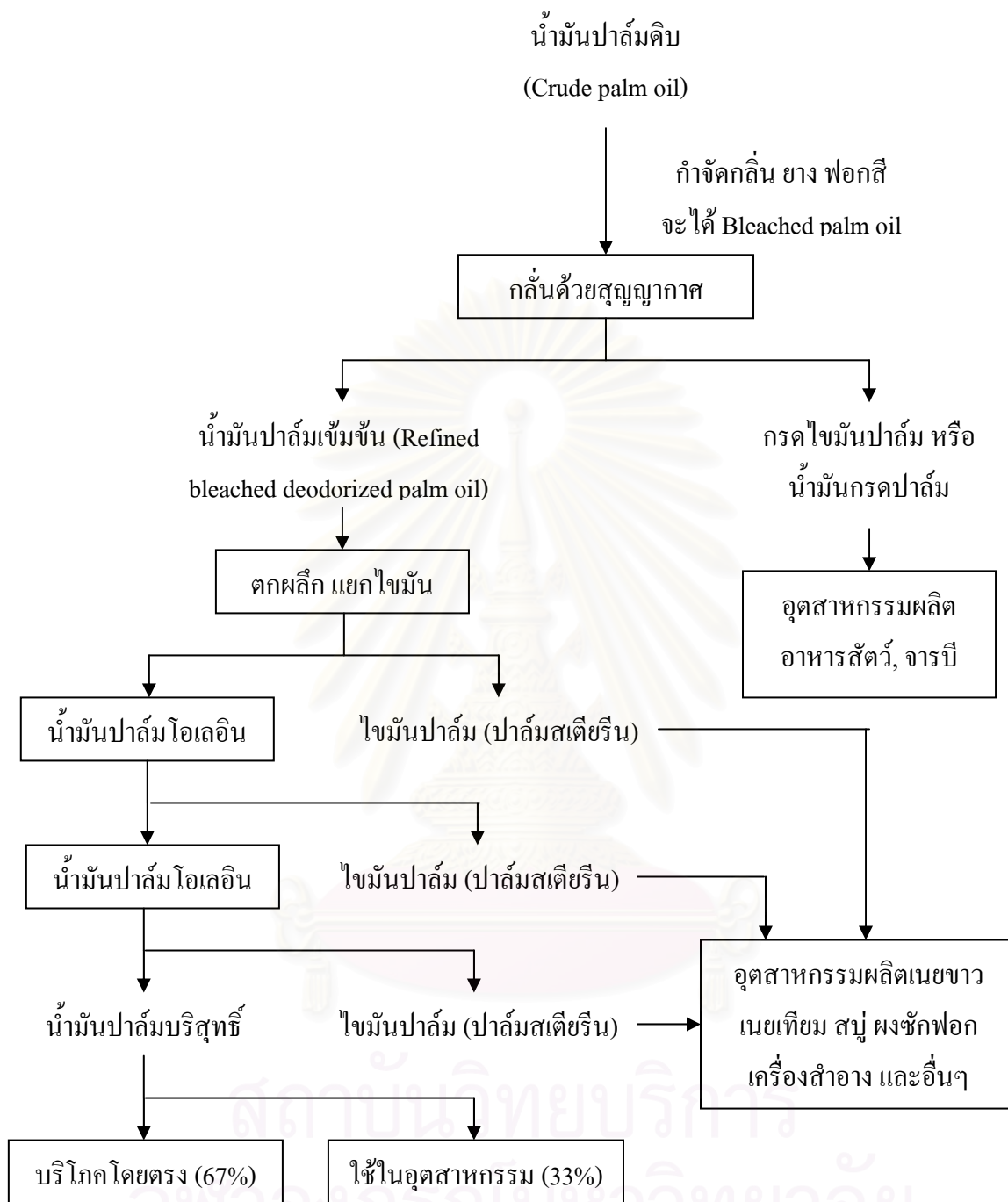
2.1.6.3.6 ต้นทุนการผลิต [14]

โครงสร้างต้นทุนการผลิตที่สำคัญ ได้แก่ ต้นทุนค่าวัตถุดิบคิดเป็นร้อยละ 83 รองลงมาได้แก่ ค่าบรรจุภัณฑ์ร้อยละ 10 ค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้า ค่าโฆษณาและอื่นๆ ร้อยละ 7

2.1.7 การคำนวณคุณสมบัติของน้ำมันผสม [5]

2.1.7.1 Specific Gravity และ API Gravity

การหาค่า Specific gravity และ API Gravity ใช้วิธีการตามมาตรฐาน ASTM D-1298 ซึ่งเป็นวิธีหาค่าโดยใช้หลักการของ Hydrometer จะวัดเป็นหน่วยไหนก็ใช้ Hydrometer ในหน่วยนั้น มีเครื่องมือมาตรฐานสำหรับใช้วัด ในการวัดต้องอ่านอุณหภูมิด้วย เสร็จแล้วจึงนำไปปรับค่าอุณหภูมิมาตรฐานโดยใช้ Petroleum measurement tables ซึ่งเตรียมมาเพื่อการนี้โดยเฉพาะ คุณสมบัตินี้ของน้ำมันจัดว่าสำคัญมาก โดยเฉพาะในด้านการซื้อขาย เพราะส่วนใหญ่ทำการซื้อขายกันตามปริมาตรที่อุณหภูมิมาตรฐาน ค่า Gravity จะถูกนำมาใช้ในการเปลี่ยนปริมาตรของอุณหภูมิที่วัดได้มาเป็นปริมาตรที่อุณหภูมิมาตรฐาน หรือที่เรียกว่า Volume correction factor ในด้านคุณภาพของน้ำมันค่า Gravity เมื่อใช้ร่วมกับคุณสมบัติอื่นๆ อาจบอกถึงองค์ประกอบของน้ำมัน และความเหมาะสมในการใช้งานด้วย โดยค่า API จะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในหน่วยองศาฟาเรนไฮต์ดังนี้ [5]



รูปที่ 2.7 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ [14]

$$^{\circ}API = \frac{141.5}{Sp.Gr. 60/60} - 131.5 \quad (2.3)$$

จะเห็นได้ว่าค่า Specific gravity ของน้ำมันผสมจะเท่ากับผลรวมของการคูณค่า Specific gravity ของแต่ละ Component กับค่าร้อยละโดยปริมาตร (Volume fraction)

ส่วนค่า $^{\circ}API$ Gravity ของน้ำมันผสมจะเท่ากับผลรวมของการคูณค่า $^{\circ}API$ gravity ของแต่ละ Component กับค่าร้อยละโดยน้ำหนัก (Weight fraction)

2.1.7.2 จุดวาบไฟ (Flash point)

จุดวาบไฟ คือ อุณหภูมิต่ำสุดของน้ำมันที่ทำให้เกิดไอน้ำมันเป็นปริมาณมากพอและเมื่อสัมผัสเปลวไฟก็จะลุกติดไฟทันที การหาจุดวาบไฟจะใช้วิธีมาตรฐาน ASTM D-93 วิธีหนึ่งที่ใช้เรียกว่า Pensky Martens closed cup (PMcc) ส่วนน้ำมันที่หนัก เช่น น้ำมันหล่อลื่นจะต้องใช้วิธี Cleveland open cup (COC)

จุดวาบไฟจะสัมพันธ์กับค่า IBP และจุด 10% ของ ASTM Distillation data อันอาจใช้ในการประมาณค่าจุดวาบไฟได้ ดังสมการต่อไปนี้ [5]

$$PMcc \text{ Flash point } (^{\circ}F) = (1.32 - 0.006\Delta)t_{10}(^{\circ}C) - 103 + 0.64\Delta \quad (2.4)$$

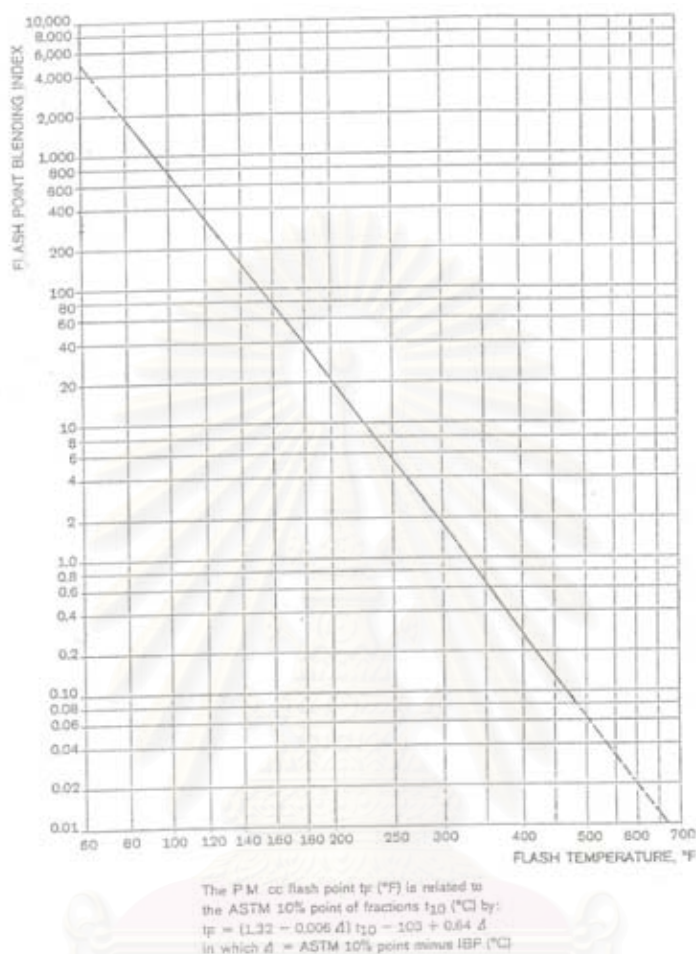
เมื่อ Δ คือ ASTM 10% - IBP ($^{\circ}C$)

การคำนวณจุดวาบไฟของน้ำมันผสมจากข้อมูลจุดวาบไฟของน้ำมันส่วนประกอบนั้น ค่าที่ได้จะไม่แน่นอน แต่ก็อาจอาศัยการใช้ Flash point blending index เข้าช่วยได้ โดยนำค่า Index มาคำนวณในการผสมตามอัตราส่วน โดยน้ำหนัก แล้วจึงเปลี่ยนกลับเป็นค่าจุดวาบไฟอีกครั้งหนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างค่าจุดวาบไฟกับ Flash point blending index แสดงในรูปที่ 2.8

2.1.7.3 จุดไหลเท (Pour point) และจุดเกิดหมอก (Cloud point)

จุดไหลเท คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันยังเป็นของเหลวพอที่จะไหลได้ การทดสอบทำตามวิธีมาตรฐาน ASTM D-97 คือ นำน้ำมันใส่หลอดแก้วแล้วแช่ให้เย็นลงไปเรื่อยๆ และคอยเอาน้ำมันมา

ตรวจจนถึงจุดที่น้ำมันเริ่มแข็งตัว และไม่ไหลเมื่อถือหลอดตามแนวนอนเป็นเวลา 5 วินาที จุดไหลเท หรือจุดเริ่มไหลจะเป็นอุณหภูมิสูงกว่าจุดนี้ 5 °F จุดไหลเทที่วัดได้บอกให้ทราบว่าใช้น้ำมันใน



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับค่า Flash point blending index [5]

ที่มีอุณหภูมิต่ำขนาดนั้นไม่ได้ เพราะน้ำมันจะไม่ไหล ไชที่มีอยู่ในน้ำมันจะแยกตัวออกมาอุดตันทางเดินและหม้อกรอง ทำให้อุปกรณ์ทำงานไม่ได้ จุดไหลเทจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณลักษณะของไชที่มีอยู่ในน้ำมัน น้ำมันที่ปริมาณไชสูงก็จะมีจุดไหลเทสูง

สำหรับน้ำมันที่ใสกว่าน้ำมันเดานอกจากจะหาจุดไหลเทแล้วมักนิยมจุดเกิดหมอก (Cloud point) ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ไชเริ่มตกผลึกเห็นเป็นฝ้า ตามมาตรฐาน ASTM D-2500 จุดน้ำมันเป็นฝ้ามักจะสูงกว่าจุดไหลเทเล็กน้อย หรือเท่ากันเลยก็ได้ จุดนี้มีความสำคัญเป็นพิเศษสำหรับน้ำมันดีเซล เพราะการที่ไชเริ่มตกผลึกออกมานั้น อาจทำให้หม้อกรองตันได้อย่างรวดเร็วทำให้สูบน้ำมันไม่ได้ แม้ว่าตัวน้ำมันเองยังจะไหลได้ดีก็ตาม

การคำนวณจุดไหลเท และจุดเกิดหมอกของน้ำมันผสมทำได้ไม่ได้นัก มีผู้สร้างสมการสำหรับคำนวณหา Blending index ของน้ำมันขึ้น ซึ่งค่า Index นี้จะนำมาคำนวณในการผสมกันได้ตามอัตราส่วนโดยน้ำหนัก [5] กล่าวคือ

$$PPBI = 0.0137(PP)^2 + 1.094(PP) - 1.62 \quad (2.5)$$

และ

$$CPBI = 0.0137(CP)^2 + 1.094(CP) - 1.62 \quad (2.6)$$

โดย PPBI คือ Blending index และ PP คือ Pour point เป็น $^{\circ}\text{C}$

และ CPBI คือ Blending index และ CP คือ Cloud point เป็น $^{\circ}\text{C}$

2.1.7.4 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดของน้ำมันมีความสำคัญมากในการใช้งาน เพราะเป็นเครื่องบอกถึงความต้านทานการไหลของน้ำมันและบอกถึงคุณสมบัติในการหล่อลื่นพื้นผิว ดังนั้นข้อกำหนดคุณภาพของน้ำมันเครื่องบินไอพ่น น้ำมันดีเซลรอบสูงและรอบต่ำ น้ำมันเตา และน้ำมันหล่อลื่น จึงต้องมีข้อกำหนดความหนืดที่เหมาะสมบังคับไว้ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์สองอย่างหลัง ค่าความหนืดจะเป็นการแบ่ง Grade ของน้ำมันด้วย

เครื่องมือที่ใช้วัดความหนืด เรียกว่า Viscometer มีอยู่หลายแบบ โดยที่มาตรฐาน ASTM ยอมรับเป็นวิธีมาตรฐานได้แก่ เครื่องมือแบบ Redwood, Saybolt และ Engler ซึ่งจะวัดเวลาการไหลของน้ำมันผ่านรูมาตรฐาน และใช้เวลาเป็นหน่วยในการรายงาน เช่น แบบเรดวูดเป็นวินาทีเรดวูด เซย์โบลต์วัดเป็นวินาทีเซย์โบลต์ แต่อิงเลอร์วัดเป็นดีกรีหรือองศา แต่เนื่องจากค่าความหนืดจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิตลอดเวลา จึงต้องมีการควบคุมอุณหภูมิที่เครื่องวัดอย่างดี และรายงานต้องบอกอุณหภูมิของการวัดด้วย

ปัจจุบันมีผู้นิยมวิธีการที่เป็นวิทยาศาสตร์มากขึ้นกล่าวคือ วัดเป็น Kinematic viscosity โดยตรงตามมาตรฐาน ASTM D-445 ค่าที่ได้จะรายงานเป็น Centistoke ซึ่งนำมาใช้ในการคำนวณได้โดยตรง ต่างจากวิธีของเรดวูด เซย์โบลต์ และอิงเลอร์ที่นำค่าที่วัดได้มาคำนวณโดยตรงไม่ได้ ต้องเปลี่ยนมาเป็นค่า Kinematic เสียก่อน โดยทั่วไปความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดกับอุณหภูมิอาจจะประมาณได้จากสมการต่อไปนี้ [5]

$$\frac{\text{Log}(\eta_1 + 0.85)}{\text{Log}(\eta_2 + 0.85)} = \left(\frac{273 + t_2}{273 + t_1} \right)^{3.4328} \quad (2.7)$$

โดยที่ η_1 และ η_2 เป็นค่า Kinematic viscosity ในหน่วยของ Centistoke ที่อุณหภูมิ t_1 และ t_2 ($^{\circ}\text{C}$) ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ของความหนืดในการผสมค่อนข้างซับซ้อน ได้มีผู้สร้างวิธีการหา Viscosity blending index (VBI) ขึ้น เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณในการผสม โดย VBI ผสมได้ตามอัตราส่วน โดยน้ำหนักของส่วนผสม การคำนวณค่า VBI จากค่าความหนืดจะทำได้โดยสมการต่อไปนี้ [5]

$$VBI = 19.2 + 35.5 \text{ Log Log } (\eta + 0.85) + 115 \text{ Log } \frac{273 + t}{323} \quad (2.8)$$

โดยที่ η เป็นค่า Kinematic viscosity ในหน่วยของ Centistoke ที่อุณหภูมิ t ($^{\circ}\text{C}$) ทั้งนี้นิยมเรียกค่า VBI ว่า ค่า V หรือ V_{50}

2.1.7.5 ค่าซีเทน (Cetane number) และดัชนีซีเทน (Cetane index) ของน้ำมันดีเซล

ค่าซีเทนเป็นตัวเลขที่บอกประสิทธิภาพการทำงานของน้ำมันดีเซล วัดโดยเครื่องยนต์ดีเซลมาตรฐานสูบเดียวของ CFR ที่สามารถปรับอัตราส่วนการอัดตัวได้ ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D-613

การหาค่าซีเทนโดยวิธีเดินเครื่องยนต์มาตรฐานนี้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก และความแม่นยำไม่สู้ดีนัก จึงได้มีการพัฒนาวิธีที่ง่ายกว่า ซึ่งเมื่อนำมาใช้จะได้ผลใกล้เคียงกับการวัดด้วยเครื่องยนต์มาตรฐาน ปัจจุบันวิธีที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย คือ วิธีของ ASTM D-976 ซึ่งเป็นการคำนวณออกมาเป็นค่าดัชนีซีเทน หรือบางครั้งเรียกว่าค่าคำนวณดัชนีซีเทน (Calculated cetane index) โดยใช้สมการ [5]

$$\text{Calculated CI} = -420.34 + 0.016G^2 + 0.192 G \text{ Log}M + 65.01(\text{Log}M)^2 - 0.0001809 M^2 \quad (2.9)$$

โดยที่

CI	คือ	ดัชนีซีเทน
G	คือ	API Gravity
M	คือ	จุด 50% ของการกลั่นแบบ ASTM ที่ความดันบรรยากาศ ($^{\circ}\text{F}$)

หรืออาจใช้โมโนกราฟในการหาก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

ในการคำนวณค่าซีเทน และดัชนีซีเทนของน้ำมันผสม อาจใช้วิธีการผสมตามอัตราส่วนโดยปริมาตรของส่วนผสมก็ได้ ซึ่งจะเป็นค่าโดยประมาณ

สำหรับดัชนีชี้แทน เราอาจคำนวณค่า G และ M ของน้ำมันผสมมาก่อนแล้วจึงค่อยนำไปหา ดัชนีชี้แทนจะแม่นยำกว่า

2.1.8 แบบจำลองคณิตศาสตร์ [19, 20, 21, 22]

แบบจำลองคณิตศาสตร์ (Mathematical model) ที่มีการยอมรับโดยทั่วไปว่ามีประโยชน์ และสามารถประยุกต์ใช้กับปัญหาต่างๆ ได้ดีและกว้างขวางที่สุดแบบหนึ่งก็คือ การโปรแกรมเชิงเส้น (linear programming model) ซึ่งเป็นวิธีการที่ช่วยในการตัดสินใจ โดยเฉพาะการปฏิบัติงาน ใดๆ มักต้องมีการเลือกตัดสินใจก่อน และหวังผลลัพธ์ในทางที่ดีที่สุดเพื่อลดความเสี่ยง แบบจำลองของปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยทั่วไปจึงอยู่ในรูปของสมการหรืออสมการ โดยปกติเป้าหมายของปัญหา เรียกว่า objective มีลักษณะของการต้องการได้สองแบบ คือ ต้องการค่าสูงสุด (maximum) และค่าต่ำสุด (minimum) เช่น ต้องการให้ได้กำไรสูงสุด ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด ส่วนต่ำสุดก็เช่น ใช้เวลาน้อยสุด ใช้เงินลงทุนต่ำสุด เป็นต้น

2.1.8.1 แนวคิดพื้นฐานของการโปรแกรมเชิงเส้น [23]

การโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) เป็นเครื่องมือของการบริหารจัดการ ซึ่งเป็นที่รู้จักและนำมาใช้อย่างแพร่หลายในวงการธุรกิจ โดยเป็นเทคนิคของการแก้ปัญหาการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดหรือมีต้นทุนต่ำที่สุด ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดอาจจะได้แก่ วัตถุดิบ แรงงาน เครื่องจักร เวลา เงินลงทุน ฯลฯ การโปรแกรมเชิงเส้นจะช่วยให้การจัดสรรทรัพยากรเป็นไปอย่างคุ้มค่าที่สุด ซึ่งอาจจะวัดในรูปของผลตอบแทนหรืออรรถประโยชน์สูงสุด เช่น กำไรสูงสุด หรืออาจจะคำนวณในรูปของต้นทุน เช่น ต้นทุนต่ำที่สุด ด้วยเหตุนี้ การโปรแกรมเชิงเส้นจะช่วยในการตอบคำถามว่าควรผลิตสินค้าประเภทใดจำนวนเท่าไร และการจัดสรรการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดอย่างไร เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

พัฒนาการของการโปรแกรมเชิงเส้นได้เริ่มต้นภายหลังจากสงครามโลกครั้งที่สอง สืบเนื่องจากความจำเป็นของการนำเอาเทคนิคทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยแก้ปัญหาการขนส่งที่เกิดขึ้นระหว่างสงคราม ภายหลังจากสงครามแล้วยังมีความพยายามจากหลากหลายสาขาวิชา ในการประยุกต์ใช้การโปรแกรมเชิงเส้นในการบริหารและจัดการกับปัญหา อาทิเช่น การนำแบบจำลองทางด้านการขนส่งไปใช้ในการดำเนินงานทางธุรกิจของบริษัท การแก้ปัญหาทางด้านโภชนาการเมื่อต้องการปริมาณสารอาหารให้สอดคล้องกับความต้องการ โดยมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับต้นทุนอาหารต่ำที่สุด ปัญหาการมอบหมายงานให้แก่คนงานเพื่อให้ได้กำไรสูงสุด เป็นต้น พัฒนาการของการโปรแกรมเชิงเส้นยังได้รับการปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคนิคทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการ

แก้ปัญหา โดยมีการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาโจทยโปรแกรมเชิงเส้นที่เรียกว่าซิมเพล็กซ์ (Simplex Method) ทำให้การโปรแกรมเชิงเส้นเป็นเทคนิคทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับ และนำมาใช้อย่างแพร่หลายในวงการธุรกิจ ทั้งนี้เพราะวิธีซิมเพล็กซ์เป็นเทคนิคที่รวดเร็ว มีประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์และวิเคราะห์ปัญหาทางด้านเศรษฐศาสตร์และการจัดการทางธุรกิจอย่างกว้างขวาง นักวิเคราะห์และผู้บริหารบริษัทสามารถนำเอาเทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้นไปใช้กับการแก้ปัญหาทางธุรกิจได้ในหลายด้าน อาทิเช่น ด้านการผลิต การขนส่ง การตลาด การลงทุนจัดสรรทรัพยากร และวัตถุดิบ เป็นต้น

หากพิจารณาในเชิงคณิตศาสตร์แล้ว การโปรแกรมเชิงเส้นมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

1. เป้าหมายหรือฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function) เป็นสมการที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ศึกษา สมการดังกล่าวจะแสดงกำไรสูงสุด หรือต้นทุนต่ำที่สุดอันเป็นเป้าหมายที่การดำเนินงานของธุรกิจนั้นต้องการ
2. อสมการแสดงเงื่อนไขบังคับ (Functional constraints) หมายถึงสมการหรือสมการที่แสดงให้ทราบถึงปริมาณหรือระดับการใช้ทรัพยากร และจำนวนทรัพยากรที่มีอยู่ในกระบวนการผลิตนั้น
3. อสมการข้อจำกัดของตัวแปรทุกตัวจะต้องไม่มีค่าเป็นลบ (Non-negativity constraint)

2.1.8.2 แบบจำลองรูปทั่วไปของปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้น [23]

การสร้างแบบจำลองของปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นที่กล่าวมาแล้วเราจะได้แบบจำลองรูปทั่วไปของปัญหาการดำเนินการเชิงเส้นดังนี้

ปัญหาการดำเนินโครงการเชิงเส้นค่าสูงสุด

$$\text{ตัวแปร} : X_1 + X_2, X_3, \dots, X_n \geq 0$$

$$\text{เงื่อนไขบังคับ} : a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$: a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2$$

:

:

$$: a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m$$

$$\text{เป้าหมาย} : Z = P_1X_1 + P_2X_2 + \dots + P_nX_n = \text{Max}$$

ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นค่าสูงสุด สามารถจะเขียนในรูปย่อได้เป็น

$$\begin{aligned} \text{ตัวแปร} & : X_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ \text{เงื่อนไขบังคับ} & : a_{ij}X_j \leq b_i, i = 1, 2, \dots, m \\ \text{เป้าหมาย} & : Z = P_jX_j = \text{Max} \end{aligned}$$

ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นค่าต่ำสุด

$$\begin{aligned} \text{ตัวแปร} & : X_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ \text{เงื่อนไขบังคับ} & : a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \geq b_1 \\ & : a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \geq b_2 \\ & : \\ & : \\ & : a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \geq b_m \\ \text{เป้าหมาย} & : Z = c_1X_1 + c_2X_2 + \dots + c_nX_n = \text{Min} \end{aligned}$$

ทำนองเดียวกับปัญหาการดำเนินการเชิงเส้นค่าต่ำสุด สามารถจะเขียนในรูปย่อได้เป็น

$$\begin{aligned} \text{ตัวแปร} & : X_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ \text{เงื่อนไขบังคับ} & : a_{ij}X_j \geq b_i, i = 1, 2, \dots, m \\ \text{เป้าหมาย} & : Z = c_jX_j = \text{Min} \end{aligned}$$

เมื่อกำหนดให้

x_j เป็นตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ

C_j เป็นกำไรต่อหน่วยหรือต้นทุนต่อหน่วย

a_{ij} เป็นสัมประสิทธิ์ของตัวแปร ซึ่งหมายถึงอัตราหรือระดับการใช้ทรัพยากรในการผลิต

b_i เป็นจำนวนทรัพยากรที่มีอยู่ในการผลิต

2.1.8.3 สมมติฐานของปัญหาโจทย์โปรแกรมเชิงเส้น

การโปรแกรมเชิงเส้นมีข้อสมมติฐานที่สำคัญ 5 ประการ ดังต่อไปนี้

1. ลักษณะที่แบ่งแยกได้ (Divisibility) หมายความว่า ตัวแปรในระบบของปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นไม่จำเป็นต้องเป็นตัวเลขจำนวนเต็ม กล่าวคือ ตัวแปรสามารถมีลักษณะที่แบ่งแยกได้อย่างไม่จำกัด เช่น ค่าที่เหมาะสมของ C อาจมีค่าเท่ากับ 444.57 โดยที่ไม่จำเป็นต้องเท่ากับ 444 พอดีก็ได้ สำหรับในบางกรณีของการโปรแกรมเชิงเส้น มีเหมือนกันที่คำตอบของปัญหาอาจจะมีค่าเป็นเลขจำนวนเต็มเท่านั้น จึงจะมีความเป็นไปได้และสมเหตุสมผลในระบบของการผลิตนั้น ในลักษณะนี้จะต้องแก้ไขปัญหาโดยใช้แนวความคิดของการโปรแกรมเชิงเส้นชนิดจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming) ในการแก้ปัญหา

2. ความสัมพันธ์มีลักษณะเป็นเส้นตรง (Linearity) หมายถึง สมการเป้าหมายและข้อจำกัดควรมีลักษณะเป็นสมการหรือสมการที่มีความสัมพันธ์ ในลักษณะที่เป็นเส้นตรงเท่านั้น กล่าวคือ ตัวแปรอยู่ในรูปแบบความสัมพันธ์โดยมีค่ายกกำลังหนึ่งเท่านั้น

3. กำหนดได้แน่นอน (Certainty) นั่นคือ ค่าสัมประสิทธิ์และค่าคงที่ทุกตัวในรูปแบบของความสัมพันธ์เชิงเส้นนั้น จะต้องมีค่าที่แน่นอนไม่เปลี่ยนแปลง ตัวอย่างในประเด็นนี้ เช่น จะต้องทราบกำไรต่อหน่วยของการผลิตสินค้า หรือจะต้องทราบอย่างแน่นอนถึงต้นทุนการผลิตสินค้าจากวัตถุดิบแต่ละชนิด เป็นต้น กล่าวอีกนัยหนึ่ง ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นเป็นเทคนิคของการวิเคราะห์ข้อมูล โดยอาศัยตัวแบบการตัดสินใจภายใต้สภาวะความแน่นอนในระดับหนึ่ง

4. สามารถรวมกันได้ (Addition) ในลักษณะนี้ หมายถึงสามารถนำเอากิจกรรมหรือกระบวนการของเงื่อนไขทางการผลิตมารวมกันทางพีชคณิต ที่สามารถหาคำตอบและพิสูจน์ได้โดยหลักการทางคณิตศาสตร์

5. ความสัมพันธ์มีลักษณะเป็นสัดส่วนกัน (Proportional) หมายความว่า การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรหนึ่งในระบบปัญหา จะมีผลกระทบต่อตัวแปรอื่น ๆ ในลักษณะที่เป็นสัดส่วนกันอย่างชัดเจนและแน่นอน สมมติฐานข้อนี้ทำให้เรารู้ได้ทันทีว่าปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นมีลักษณะที่ตัวแปรจะให้คำตอบที่มีลักษณะคงที่ตามสัดส่วนที่แน่นอนเสมอ

2.1.8.4 กระบวนการสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นจากปัญหาโจทย์

ในการสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นจากปัญหาที่พิจารณาอยู่ จะไม่สามารถกำหนดเป็นกฎเกณฑ์ตายตัวได้ ทั้งนี้เพราะปัญหาแต่ละปัญหานั้นมีลักษณะรูปแบบของปัญหาไม่เหมือนกัน อย่างไรก็ตาม เราพอที่จะสรุปขั้นตอนง่าย ๆ ในการสร้างและออกแบบตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นได้ดังนี้

1. กำหนดนิยามของตัวแปรตัดสินใจ (X) ในแต่ละปัญหาอาจมีนิยามของตัวแปรตัดสินใจแตกต่างกันไปตามลักษณะเฉพาะของปัญหาต่าง ๆ นั้น เช่น ในการพิจารณาว่าจะผลิตสินค้าชนิดใดบ้าง จำนวนกี่หน่วย เราอาจกำหนดให้ X แทนค่าตัวแปรตัดสินใจ โดยหมายถึงจำนวนหน่วยของ

สินค้าชนิดที่ 1 ที่เราจะทำการผลิต หรือในการพิจารณาว่าจะทำการผสมวัตถุดิบแต่ละชนิดอย่างไร เพื่อที่จะได้ผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ เราอาจกำหนดให้ Y แทนค่าตัวแปรตัดสินใจ โดยหมายถึง ปริมาณวัตถุดิบชนิดที่ 2 ที่เราจะใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

2. การกำหนดฟังก์ชันเป้าหมายหรือฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Z) เมื่อได้ทำการกำหนดนิยามของตัวแปรตัดสินใจได้แล้ว เราก็จะต้องทำการระบุฟังก์ชันเป้าหมายในเทอมของตัวแปรตัดสินใจตามที่ได้กำหนดไว้ พร้อมทั้งกำหนดให้ชัดเจนว่า ฟังก์ชันเป้าหมายนั้นจะใช้สำหรับการคำนวณหาค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุด

3. การกำหนดข้อจำกัดของปัญหา คือ การระบุข้อจำกัดของปัญหาในเทอมของตัวแปรตัดสินใจ โดยทั่วไปข้อจำกัดของปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น มักจะเป็นข้อจำกัดเกี่ยวกับปริมาณของทรัพยากรที่มีอยู่ หรืออาจเป็นข้อจำกัดเกี่ยวกับปริมาณการผลิต หรือข้อจำกัดที่เป็นข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

4. การสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น คือ การรวบรวมฟังก์ชันเป้าหมายและข้อจำกัดของปัญหา ดังที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนที่สองและสาม ให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐานดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

5. การตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ เมื่อได้ทำการสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นจากปัญหาที่กำหนดให้แล้วเสร็จ จะต้องทำการตรวจสอบว่าความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่ได้ระบุไว้นั้น ถูกต้องหรือไม่ ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในตัวแบบถูกต้องหรือไม่ ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มีนั้นได้รับการระบุไว้ถูกต้อง ตลอดจนได้รับการกำหนดอย่างครบถ้วนหรือไม่ ทั้งนี้หากทำการสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นจากปัญหาที่พิจารณาอยู่ผิดพลาด ไม่ว่าจะเป็นเพราะการระบุความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ผิด หรือการใช้ค่าพารามิเตอร์ที่คลาดเคลื่อนไปจากค่าที่ถูกต้อง หรือความไม่สมบูรณ์ของการระบุข้อจำกัดบางอย่างไป ผลที่เกิดขึ้นคือ คำตอบที่ได้จากการแก้ตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นที่ได้ทำการสร้างขึ้นมานั้น จะเป็นคำตอบที่ไม่สามารถนำไปใช้งานได้

2.1.8.5 คำตอบของการโปรแกรมเชิงเส้น

ค่าของตัวแปรตัดสินใจที่ได้จากการ โปรแกรมเชิงเส้นมาตรฐานนี้เราเรียกว่า คำตอบ (solution) ซึ่งพอจะแบ่งประเภทของคำตอบออกได้เป็น 7 ประเภทด้วยกัน ดังนี้

1. คำตอบทั่วไป (solution) หมายถึงค่าของตัวแปรตัดสินใจที่สอดคล้องกับข้อจำกัดของปัญหา (functional constraint) เท่านั้น โดยไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับข้อจำกัดที่ตัวแปรตัดสินใจจะต้องมีค่าไม่ติดลบ (non-negativity constraint)

2. คำตอบที่เป็นไปได้ (feasible solution) ได้แก่ คำตอบทั่วไปที่สอดคล้องกับจำนวนตัวแปรตัดสินใจจะต้องมีค่าไม่ติดลบ

3. คำตอบที่เป็นไปไม่ได้ (infeasible solution) ได้แก่ คำตอบทั่วไปที่มีค่าของตัวแปรตัดสินใจไม่เป็นไปตามข้อจำกัด หรือขัดกันกับข้อจำกัด ที่ว่าของค่าของตัวแปรตัดสินใจจะต้องมีค่าไม่ติดลบ

4. คำตอบเบสิก (basic solution) ในการโปรแกรมเชิงเส้นที่มีตัวแปรตัดสินใจ n ตัวแปร และสมการข้อจำกัดของสมการอยู่ m สมการ โดยมีจำนวนตัวแปรมากกว่าจำนวนสมการ ($n > m$) เรา จะทำการกำหนดค่าของตัวแปรตัดสินใจ ($n-m$) ตัวแปร ให้มีค่าเท่ากับ 0 จะทำให้เหลือตัวแปรตัดสินใจที่ไม่ทราบค่าเพียง m ตัวแปร หรือมีจำนวนตัวแปรที่ยังไม่ทราบค่าเท่ากับจำนวนสมการ เมื่อเราทำการหาค่าของตัวแปรตัดสินใจที่เหลือ m ตัวแปรนี้ คำตอบที่ได้เรียกว่า คำตอบเบสิก

5. คำตอบเบสิกที่เป็นไปได้ (basic feasible solution) ได้แก่ คำตอบเบสิกที่สอดคล้องกับ ข้อจำกัดของตัวแปรตัดสินใจที่จะต้องมีค่าไม่ติดลบ

6. คำตอบที่ดีที่สุด (optimal solution) ได้แก่ คำตอบทั่วไปที่เป็นไปได้ ที่ให้ค่าของฟังก์ชัน เป้าหมายที่ดีที่สุด คือสูงที่สุดหรือต่ำที่สุดตามความต้องการของปัญหา

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช [24] ทรงศึกษาการใช้ น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เป็น น้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซลทุกชนิด โดยผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลได้ตั้งแต่ 0.01-99.99% โดยปริมาตร ไม่ต้องผสมน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล พบว่าทำให้ควันดำและสารพิษในไอเสียลดลง รักษาสิ่งแวดล้อม เพิ่มกำลังให้กับเครื่องยนต์ ไม่ต้องเปลี่ยนแปลงและตัดแปลงอุปกรณ์ของเครื่องยนต์และระบบส่งน้ำมันเชื้อเพลิง ไม่ต้องติดตั้งเครื่องกรองและเครื่องกำจัดไอเสีย ผลิตในประเทศไทย ช่วยเหลือเกษตรกร ลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิง จากต่างประเทศ เป็นทางเลือกใหม่ของอนาคตในเรื่องของพลังงานที่สามารถปลูกทดแทนได้

พรรณแข ขัตพันธ์ และคณะ [25] ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากชีวมวลด้วยวิธีผสม ระหว่างน้ำมันพืช และน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว โดยทดสอบสมบัติของน้ำมันพืชชนิดต่างๆที่ใช้ ผลของ สัดส่วนระหว่างน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซล เพื่อหาส่วนผสมที่ดีที่สุด โดยใช้น้ำมันพืช 4 ชนิด คือ น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันละหุ่ง นำมาผสมกับน้ำมันดีเซลที่อัตราส่วน 5:95, 10:90, 15:85, 20:80, 30:70, 40:60 และ 50:50 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิห้อง ผลิตภัณฑ์ที่ได้ นำไปทดสอบสมบัติทางเชื้อเพลิง ได้แก่ ความหนาแน่น ความหนืด จุดวาบไฟ และค่าความร้อน เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล จากการทดสอบพบว่าน้ำมันละหุ่งไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการผสม กับน้ำมันดีเซล สำหรับทดสอบสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันผสม แสดงให้เห็นว่ามีค่าจุดวาบไฟ และค่าความร้อนของน้ำมันผสมมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมาก สำหรับค่า API และความหนืด

พบว่าน้ำมันผสมทั้ง 3 ชนิดจะให้ค่า API และความหนืดที่สัดส่วนเดียวกันมีค่าใกล้เคียงกันมาก เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของไบโอดีเซล แล้วสรุปได้ว่าสัดส่วนที่เหมาะสมในการผสมน้ำมันคือใช้น้ำมันพืชไม่เกินร้อยละ 40 โดยผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2.7 – 2.9

ตารางที่ 2.7 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซล และน้ำมันมะพร้าวผสม

สมบัติทางเชื้อเพลิง	น้ำมันพืช	น้ำมันดีเซล	ร้อยละโดยปริมาตร						
			5%	10%	15%	20%	30%	40%	50%
°API	21.70	36.50	35.80	34.90	34.20	33.30	31.80	30.30	28.90
จุดวาบไฟ, °C	221.30	54.00	56.00	57.20	57.30	58.00	61.30	62.00	68.50
ค่าความหนืด 40 °C, Cst	27.59	3.38	3.79	4.08	4.72	5.32	5.97	7.80	9.58
ค่าความร้อน, MJ/kg	37.12	45.70	44.97	44.40	43.40	43.05	42.71	42.07	41.84

ตารางที่ 2.8 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มผสม

สมบัติทางเชื้อเพลิง	น้ำมันพืช	น้ำมันดีเซล	ร้อยละโดยปริมาตร						
			5%	10%	15%	20%	30%	40%	50%
°API	21.00	36.50	35.80	35.00	34.20	33.40	31.90	30.40	29.00
จุดวาบไฟ, °C	177.30	54.00	55.50	58.00	58.70	59.50	61.50	64.00	66.00
ค่าความหนืด 40 °C, cSt	30.08	3.38	3.69	3.95	4.65	4.98	6.54	7.72	10.67
ค่าความร้อน MJ/kg	37.72	45.70	45.14	43.80	43.06	43.23	42.40	42.20	41.69

ตารางที่ 2.9 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซล และน้ำมันถั่วเหลืองผสม

สมบัติทางเชื้อเพลิง	น้ำมันพืช	น้ำมันดีเซล	ร้อยละโดยปริมาตร						
			5%	10%	15%	20%	30%	40%	50%
°API	21.80	36.50	35.70	34.90	34.10	33.50	31.70	30.50	29.00
จุดวาบไฟ, °C	319.50	54.00	54.00	58.70	58.30	60.10	65.00	66.20	67.20
ค่าความหนืด 40 °C, cSt	30.61	3.38	3.75	4.28	4.73	5.17	6.80	8.26	10.64
ค่าความร้อน, MJ/kg	42.31	45.70	45.13	44.61	43.88	43.43	43.01	42.00	41.58

พลพร แสงบางปลา [26] ได้ใช้น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์มผสมกับน้ำมันดีเซล โดยใช้อัตราส่วนของน้ำมันพืชต่อน้ำมันดีเซลเป็น 20% 40% 60% และ 80% ตามลำดับ โดยทำการวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล และสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชผสมน้ำมันดีเซล โดยได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2.10 และ 2.11

ตารางที่ 2.10 สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซล มะพร้าว และน้ำมันปาล์ม

Item	Diesel oil	Coconut oil	Palm Oil
High Heating Value (MJ/kg)	45.52	37.63	39.54
Low Heating Value (MJ/kg)	42.43	35.02	36.92
API Gravity at 15.6/15.6 °C	34.4	21.2	23.1
Specific Gravity at 15.6/15.6 °C	0.853	0.927	0.915
Kinematic Viscosity at 40 °C (cSt.)	5.68	28.26	23.96
Sulfur content (% wt.)	0.35	-	Traces

ตารางที่ 2.11 สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันผสมดีเซล-น้ำมันมะพร้าว และดีเซล-น้ำมันปาล์ม

Items	Percent coconut oil			Percent palm oil		
	20	40	80	20	40	80
High Heating Value (MJ/kg)	43.4	41.47	39.46	43.49	42.82	40.45
Low Heating Value (MJ/kg)	40.41	38.82	36.76	40.5	39.92	37.54
API Gravity at 15.6/15.6 °C	31.9	29.1	24.8	32.5	30.5	25.4
Kinematic Viscosity at 40 °C (cSt.)	-	8.56	21.6	5.9	9.72	21.89
Specific Gravity at 15.6/15.6 °C	0.866	0.881	0.905	0.863	0.874	0.902
Sulfur content (% wt.)	0.25	0.18	0.12	0.30	0.25	0.15

เมื่อเปรียบเทียบงานวิจัยของพรรณแข ชัดพันธ์ และคณะ กับงานวิจัยของพลพร แสงบางปลา พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือ น้ำมันพืชจะมีสมบัติทางเชื้อเพลิงที่แตกต่างกับน้ำมันดีเซลอย่างเห็นได้ชัด โดยน้ำมันพืชจะมีค่า °API และค่าความร้อนต่ำกว่าของน้ำมันดีเซล แต่มีค่าความหนืดและจุดวาบไฟที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นเมื่อนำน้ำมันพืชมาผสมกับน้ำมันดีเซลก็จะทำให้สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลเปลี่ยนแปลงไป โดยอัตราส่วนการผสมน้ำมันจะมีผลต่อสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันผสม เมื่อสัดส่วนน้ำมันพืชสูงขึ้น จะทำให้สมบัติเบี่ยงเบนออกจากมาตรฐานน้ำมันดีเซลมากขึ้น คือน้ำมันผสมจะมีค่า °API และค่าความร้อนต่ำลง แต่มีค่าความหนืด และจุดวาบไฟที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลปกติตามสัดส่วนของน้ำมันผสม ในงานวิจัยทั้งสองชิ้นนี้ก็มีข้อแตกต่างกันคือ สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันที่ใช้ โดยเฉพาะน้ำมันปาล์มจะมีค่า °API และค่าความหนืดที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้เนื่องมาจากในงานวิจัยของพรรณแข ชัดพันธ์ และคณะใช้น้ำมันปาล์มเมล็ดใน ส่วนในงานวิจัยของพลพร แสงบางปลา จะใช้น้ำมันจากเปลือกนอก ในขณะที่สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลจากงานวิจัยทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน และ

อยู่ในมาตรฐานของน้ำมันดีเซล นอกจากนี้ในงานวิจัยวิจัยของพรรณแข ชัตพันธ์ และคณะจะศึกษา สัดส่วนของน้ำมันพืชที่ละเอียดกว่าคือจะศึกษาในช่วงสัดส่วนน้ำมันไม่เกินร้อยละ 50 ในขณะที่ งานวิจัยของพลพร แสงบางปลา จะพิจารณาจนถึงร้อยละ 80 และเมื่อนำสมบัติทางเชื้อเพลิงของ น้ำมันผสมมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำมันดีเซลหมุนเร็วของกรมการค้าภายในพบว่า ในงานวิจัย ของพลพร แสงบางปลา จะสามารถบอกได้ว่ามีน้ำมันพืชในน้ำมันผสมได้ไม่เกินร้อยละ 20 เนื่องจากน้ำมันผสมจะมีค่าความหนืดที่ไม่อยู่ในมาตรฐาน ในขณะที่ในงานวิจัยของพรรณแข ชัต พันธ์ จะสามารถบอกได้ละเอียดกว่าคือสามารถบอกได้ว่าจะมีน้ำมันพืชในน้ำมันผสมได้สูงสุดอยู่ ระหว่างร้อยละ 10-15 เนื่องจากจะมีค่าความหนืดที่ไม่อยู่ในมาตรฐานเช่นเดียวกัน แต่ในงานวิจัยทั้ง สองนี้ยังไม่สามารถบอกสัดส่วนของน้ำมันพืชในน้ำมันผสมได้แน่นอนเนื่องจากไม่ได้มีการ วิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงที่สำคัญ ได้แก่ ค่าคาร์บอนคงเหลือ ซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญอีกสมบัติ หนึ่งนอกจากค่าความหนืด

ปราณี ฉัตรเชิดชัยกุล [14] ได้ศึกษาอุตสาหกรรมน้ำมันพืชในประเทศไทย พบว่า ประกอบด้วยน้ำมันพืชกว่า 10 ชนิด แต่ที่มีบทบาทมากที่สุด คือ น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และน้ำมันถั่ว เหลืองบริสุทธิ์ โดยครองส่วนแบ่งตลาดประมาณร้อยละ 60-65 และร้อยละ 28-30 ตามลำดับ โดย สมองความต้องการของการบริโภคโดยตรงร้อยละ 67 ที่เหลือเป็นความต้องการใช้ในโรงงาน อุตสาหกรรม โดยที่ปาล์มน้ำมันจะมีน้ำมันอยู่ร้อยละ 15-20 แหล่งเพาะปลูกที่สำคัญอยู่ทางภาคใต้ ของประเทศ ให้ผลผลิตมากในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนสิงหาคม ต้นทุนการผลิตที่สำคัญได้แก่ ค่า วัสดุคิบ คิดเป็นร้อยละ 83 ของต้นทุนทั้งหมด กำลังการผลิตรวม 960,000 ตันต่อปี โดยปัจจุบันราคา ขายไม่เกิน 40 บาทต่อลิตร ส่วนถั่วเหลือง จะมีน้ำมันอยู่ประมาณร้อยละ 15-18 เขตเพาะปลูกที่ สำคัญจะอยู่ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ สุโขทัย ปัจจุบันยังต้องอาศัยการนำเข้าจากต่างประเทศ ต้นทุน การผลิตที่สำคัญได้แก่ ค่าวัสดุคิบ คิดเป็นร้อยละ 85 นอกจากนี้ยังมีรายได้จากการจำหน่ายกากถั่ว เหลืองร้อยละ 70 ของรายได้ทั้งหมด กำลังการผลิตรวม 180,000 ตันต่อปี โดยปัจจุบันราคาขายไม่ เกิน 41 บาทต่อลิตร

กรมวิชาการเกษตร [27] ได้ศึกษาส่วนผสมของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ เพื่อใช้ทดแทนการใช้ น้ำมันดีเซลพบว่า มีพืชที่เหมาะสม 2 ชนิด ได้แก่ น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันสบู่ดำ โดยผสมน้ำมัน มะพร้าวกับน้ำมันก๊าดในอัตราส่วน 20:1 โดยปริมาตร ในขณะที่น้ำมันสบู่ดำใช้โดยตรง จะใช้ติด เคนเครื่องยนต์ได้ใกล้เคียงกับน้ำมันธรรมชาติมากที่สุด การสีกรของของส่วนต่างๆ มีสภาพไม่ แตกต่างกัน แต่พบปัญหาว่าน้ำมันจะแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส ปัญหาการคั่งทูน และการสีกรของเครื่องยนต์ในระยะยาว

โดยที่มีรายงานวิจัยจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาความเหมาะสมด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้น้ำมันพืชทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลในหลายประเทศก่อนแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส อังกฤษ และอีกหลายประเทศ จึงสามารถแสดงรายละเอียดของแต่ละประเทศได้ดังนี้

Rozakis S. และคณะ [28] (ประเทศฝรั่งเศส) ได้ทำการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อจำลองอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพ คือ การผลิตเอทานอลจากข้าวสาลี (wheat) และการผลิตเอสเทอร์จากเมล็ดเรพ (rape-seed) โดยการใช้ Multi-level mixed integer linear programming ซึ่งแบ่งการพิจารณาเป็น 2 ระดับ คือ ส่วนกลไกกรรม และส่วนอุตสาหกรรม เพื่อให้ได้การยกเว้นภาษีที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงส่วนต่าง (multi criteria) ทั้งทางด้านสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม โดยรัฐบาลจะใช้น้ำมันน้อยที่สุดในการจัดการ แต่เกษตรกรสามารถได้กำไรสูงที่สุดในพื้นที่ปลูกที่จำกัด และสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้สูงสุด โดยการยกเว้นภาษีของเอสเทอร์ และเอทานอล คือ 2 FF/liter (ฝรั่งเศสต่อลิตร) และ 3 FF/liter

Raneses A.R. และคณะ [29] (ประเทศสหรัฐอเมริกา) ได้ศึกษาถึงตลาดที่มีศักยภาพของไบโอดีเซล ได้แก่ การขนส่ง เหมืองแร่ และการเดินทางทางน้ำ ใน 3 ระดับของส่วนแบ่งตลาด คือ 20, 50 และ 100% และศึกษาผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการเพิ่มของไบโอดีเซล ที่มีต่อ agricultural sector เมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบ ซึ่งไบโอดีเซลที่ใช้จะเป็นอัตราส่วน 20:80 (B20) โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้คือ The Food and Agricultural Policy Simulator (FAPSIM) ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ definition, institutional และ behavior รวมทั้งสิ้นกว่า 700 สมการ ซึ่งเป็นสมการเชิงเส้นเกือบทั้งหมด และในการแก้สมการใช้วิธีของ Gauss-Seidel พบว่าราคาน้ำมันถั่วเหลืองจะเพิ่มขึ้น 14.1% ราคาถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น 2% ราคาถั่วเหลืองลดลง 3.3% และโดยรวมแล้วรายได้ของฟาร์มเพิ่มขึ้นเพียง 0.3% โดยสรุปแล้วราคาของไบโอดีเซล ยังสูงกว่าผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม เนื่องจากราคาของน้ำมันถั่วเหลือง ทำให้ไม่สามารถมีส่วนแบ่งตลาดได้

Williamsom A-M. และคณะ [30] (ประเทศอังกฤษ) ได้ทำการศึกษาการเติบโตของการใช้ rape methyl ester (RME) ในเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งประสิทธิภาพในการใช้งานใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลหมายเลข 2 ซึ่งพบว่าข้อจำกัดคือ ทางด้านแหล่งวัตถุดิบ ได้แก่ ปริมาณเนื้อที่สำหรับปลูกพืช น้ำมัน ปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่ผลิต ผลของพืชน้ำมัน (rape seed) ต่อพืชชนิดเดียวกัน ความเข้มงวดของกฎหมาย ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ทางด้านเคมี ได้แก่ สมบัติทางเคมีของเอสเทอร์ และการเลือกที่จะนำ Rape-seed ไปใช้ เช่น ผลิตอาหาร หรืออุตสาหกรรมอื่นๆ และทางด้านเศรษฐศาสตร์

ได้แก่ ราคาของเมล็ดเรพ คุณค่าของผลิตภัณฑ์พลอยได้ คือ glycerin และ กาก rape ราคาของกระบวนการผลิต และระดับของภาษี

Van Dyne D. L. และคณะ [31] (ประเทศสหรัฐอเมริกา) ได้ศึกษาผลของเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการตั้งโรงงานผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ เพื่อใช้ทดแทนการใช้ น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซลที่ไม่ได้ทำการดัดแปลงเครื่องยนต์ ได้ชี้ให้เห็นว่าภายใต้สภาวะหนึ่ง เชื้อเพลิงชีวภาพสามารถแข่งขันกับน้ำมันดีเซลมาตรฐานได้เมื่อผลิตในโรงงานที่ตั้งในชุมชน การลงทุนสร้างโรงงานจะมีผลทำให้เศรษฐกิจระดับมหภาคของชุมชนที่โรงงานตั้งอยู่ดีขึ้น จากการศึกษาได้เสนอว่าจะมีผลกระทบต่อธุรกิจน้ำมันค้าปลีกในชุมชน การสร้างงานที่ถาวรในสังคมชนบทเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อมีการผลิตขนาด 500,000 แกลลอนต่อปี และงานประเภทชั่วคราวจะเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการสร้างโรงงานมากขึ้น แต่เมื่อพิจารณาทั้งหมดพบว่าโรงงานเชื้อเพลิงชีวภาพที่ตั้งในชุมชนจะให้ผลประโยชน์แก่ชุมชนในแง่ของการจ้างงาน ภาษี และมูลค่าที่เพิ่มขึ้นของถั่วเหลือง

ในแง่ของงานวิจัยที่รวบรวมผลการวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชหลายชนิดได้แก่

Yusuf Ali และคณะ [32] ได้ศึกษาการใช้ น้ำมันพืชและไขมันสัตว์เพื่อเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ทั้งทางด้านเคมีและด้านกายภาพ โดยได้รายงานผลของสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ ดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืช

Vegetable oil	Vis. (mPa s)	Cetane No.	Energy Content (kJ/kg)	Cloud Point (°C)	Pour Point (°C)	Flash Point (°C)	Dens. (kg/lit.)	Water & Sed. (vol.%)	Carbon residue (%wt.)	Ash (%wt.)	Sulfur (%wt.)
Corn	31.7	37.6	39.50	-1.1	-40.0	277	0.9095	Trace	0.24	0.01	0.01
Cottonseed	30.6	41.8	39.47	1.7	-15.0	234	0.9148	0.04	0.24	0.01	0.01
Crambe	48.5	44.6	40.48	10.0	-12.2	274	0.9044	0.20	0.23	0.05	0.01
Peanut	35.7	41.8	39.78	12.8	-6.7	271	0.9026	Trace	0.24	0.005	0.01
Rapeseed	33.7	37.6	39.71	-3.9	-31.7	246	0.9115	Trace	0.30	0.054	0.01
Soy bean	29.8	37.9	39.62	-3.9	-12.2	254	0.9138	Trace	0.27	< 0.01	0.01
Sunflower	31.1	37.1	39.58	7.2	-15.0	274	0.9161	Trace	0.23	< 0.01	0.01
No.2 diesel	2.3	47.0	45.34	-15.0	-33.0	52	0.8400	< 0.05	< 0.35	< 0.01	< 0.01

โดยจากการศึกษาพบว่าการนำน้ำมันพืชมาใช้ทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลไม่สามารถนำน้ำมันพืชมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยตรง ต้องมีการปรับปรุงสมบัติของน้ำมันพืชให้มีความเหมาะสมก่อน วิธีที่นิยมใช้ได้แก่ การผสมระหว่างน้ำมันพืชในอัตราส่วนที่เหมาะสม (Blending) การแยกสลายด้วยความร้อน (Pyrolysis) วิธีไมโครอิมัลชัน (Microemulsion) และวิธีทรานเอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) แต่ปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งคือราคาของน้ำมันพืชในปัจจุบันยังมีราคาสูงกว่าน้ำมันดีเซลอยู่มาก



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

เครื่องมือ และการดำเนินการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ และเครื่องมือการทดลอง

3.1.1 อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติของน้ำมัน

3.1.1.1 ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ (ASTM D 1298)

3.1.1.1.1 กระจกตวงขนาด 1000 มิลลิลิตร

3.1.1.1.2 มาตรฐานความหนาแน่นของเหลว (Hydrometer)

3.1.1.1.3 เทอร์มอมิเตอร์ (Thermometer)

3.1.1.1.4 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

3.1.1.2 ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ และความหนืด ณ อุณหภูมิ 100 °ซ (ASTM D 2270)

3.1.1.2.1 มาตรฐานความหนืด (Viscometer) หมายเลข 50, 100, 200 และ 350

3.1.1.2.2 อุปกรณ์ยึด (Viscometer support)

3.1.1.2.3 กรวย (Funnel)

3.1.1.2.4 หลอดหยด (Dropper)

3.1.1.2.5 เทอร์มอมิเตอร์

3.1.1.2.6 นาฬิกาจับเวลา (Stop clock)

3.1.1.2.7 อ่างควบคุมอุณหภูมิแบบใช้น้ำมัน (Oil bath)

3.1.1.2.8 ตู้อบ (Dryer)

3.1.1.2.9 ลูกยาง

3.1.1.3 จุกไหลเท (ASTM D 97)

3.1.1.3.1 ภาชนะทดสอบ (Test Jar, cylindrical glass)

3.1.1.3.2 เทอร์มอมิเตอร์

3.1.1.3.3 จุกคอร์ก (Cork)

3.1.1.3.4 ชุดเปลือกหุ้มภายนอก (Jacket)

3.1.1.3.5 อ่างปรับอุณหภูมิ (Bath)

3.1.1.4 ธาตุกำมะถัน (ASTM D 2622)

- 3.1.1.4.1 เครื่อง X-RAY (X-MET 920) LIGHT ELEMENT (PROBE 1)
- 3.1.1.4.2 เครื่อง X-RAY (X-MET 920) LIGHT ELEMENT (PROBE 2)
- 3.1.1.4.3 อุปกรณ์แสง (Optical path)
- 3.1.1.4.4 อุปกรณ์วิเคราะห์ (Pulse-Height Analyzer)
- 3.1.1.4.5 เครื่องตรวจหา (Detector)
- 3.1.1.4.6 สารผลึก (Analyzing crystal)
- 3.1.1.4.7 หลอดรังสีเอกซ์ (X-ray tube)
- 3.1.1.4.8 ถ้วยพลาสติก (Plastic cup)
- 3.1.1.4.9 ฝาปิดพลาสติก (Plastic cap)
- 3.1.1.4.10 แผ่นฟิล์ม (Mylar film)

3.1.1.5 คาร์บอนคงเหลือ (ASTM D 189)

- 3.1.1.5.1 เป้าหลอม (Porcelain crucible) ขนาด 29-31 มิลลิลิตร
- 3.1.1.5.2 เป้าหลอมเหล็ก (Skidmore iron crucible)
- 3.1.1.5.3 เป้าหลอมชนิดแผ่นโลหะ (Spun sheet-iron crucible)
- 3.1.1.5.4 ขดลวด 3 เหลี่ยม (Wire support)
- 3.1.1.5.5 ฝากรอบปล่องไฟ (Hood)
- 3.1.1.5.6 ฉนวนโลหะ (Insulator)
- 3.1.1.5.7 ตะเกียง (Burner, Meeker type)
- 3.1.1.5.8 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
- 3.1.1.5.9 ภาชนะใช้ทำแห้ง (Desiccator)

3.1.1.6 น้ำและตะกอน (ASTM D 2709)

- 3.1.1.6.1 เครื่องมือหมุนเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifuge)
- 3.1.1.6.2 หลอดรูปกรวย (Centrifuge tube, cone-shaped)
- 3.1.1.6.3 หลอดรูปชมพู่ (Centrifuge tube, pear-shaped)

3.1.1.7 เถ้า (ASTM D 482)

- 3.1.1.7.1 เป้าหลอม (Crucible or dish)
- 3.1.1.7.2 ขาดั่ง และตะแกรง
- 3.1.1.7.3 ตะเกียง (Meeker type)

- 3.1.1.7.4 แผ่นกระเบื้อง
- 3.1.1.7.5 เตาเผา (Muffle furnace)
- 3.1.1.7.6 ภาชนะใช้ทำแห้ง (Desiccator)

- 3.1.1.8 จุกวามไฟ (ASTM D 93)
 - 3.1.1.8.1 อุปกรณ์หาค่าความร้อนแบบปิด (Pensky-Martens closed flash tester)
 - 3.1.1.8.2 ถ้วยทองเหลือง (Bress cup)
 - 3.1.1.8.3 เทอร์มอมิเตอร์

- 3.1.1.9 การกลั่น (ASTM D 86)
 - 3.1.1.9.1 ชุดกลั่น (Distillation device)
 - 3.1.1.9.2 ขวดกลั่น (Distillation flask)
 - 3.1.1.9.3 อุปกรณ์ขวดกลั่น (Flask support)
 - 3.1.1.9.4 คอนเดนเซอร์ (Condenser and cooling bath)
 - 3.1.1.9.5 แผ่นกันความร้อน (Metal Shield)
 - 3.1.1.9.6 กระจกตวง (Graduated cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร
 - 3.1.1.9.7 เทอร์มอมิเตอร์
 - 3.1.1.9.8 กระจกตวง (Cylinder) 5-10 มิลลิลิตร

- 3.1.1.10 ค่าความร้อน (ASTM D 240)
 - 3.1.1.10.1 ห้องทดสอบ (Test room)
 - 3.1.1.10.2 เครื่องออกซิเจนบอมบ์ (Oxygen bomb)
 - 3.1.1.10.3 มาตรฐานปริมาณความร้อน (Calorimeter)
 - 3.1.1.10.4 ชุดเปลือกหุ้มภายนอก (Jacket)
 - 3.1.1.10.5 เทอร์มอมิเตอร์
 - 3.1.1.10.6 ชุดอุปกรณ์เพิ่มเติมของเทอร์มอมิเตอร์ (Thermometer accessories)
 - 3.1.1.10.7 นาฬิกาจับเวลา (Timing device)
 - 3.1.1.10.8 ถ้วยใส่ตัวอย่าง (Sample holder)
 - 3.1.1.10.9 ขดลวด (Firing wire)
 - 3.1.1.10.10 วงจรจุดระเบิด (Firing circuit)

3.2 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

- 3.2.1 น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว ปตท. จากศูนย์บริการน้ำมัน ปตท. สาขาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วันที่รับมา วันที่ 10 กันยายน พ.ศ. 2545
- 3.2.2 น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว Shell จากศูนย์บริการน้ำมัน Shell สาขาพระรามสี่ (สามย่าน) วันที่รับมา วันที่ 10 กันยายน พ.ศ. 2545
- 3.2.3 น้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ ใช้น้ำมันถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธี "กึ่ง" จากบริษัท ธนาคารผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด จ. สมุทรปราการ ผลิตวันที่ 21 มกราคม พ.ศ. 2545
- 3.2.4 น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ใช้น้ำมันปาล์มโอลิอินจากเนื้อปาล์มผ่านกรรมวิธี จากบริษัท มรกตอินดัสตรีส์ จำกัด (มหาชน) จ. สมุทรปราการ ผลิตวันที่ 13 มิถุนายน พ.ศ. 2545
- 3.2.5 น้ำมันปาล์มดิบ จากบริษัท ทักษิณปาล์ม วันที่ 12 มิถุนายน พ.ศ. 2545
- 3.2.6 น้ำมันปาล์มเมล็ดในดิบ จากบริษัท ทักษิณปาล์ม วันที่ 14 กันยายน พ.ศ. 2545
- 3.2.7 น้ำมันมะพร้าว จากโรงงานน้ำมันมะพร้าวทับสะแก จ. ประจวบคีรีขันธ์ วันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ. 2545

3.3 ขั้นตอนการทดสอบสมบัติน้ำมัน

ทำการทดสอบสมบัติทางเชื้อเพลิง ได้แก่ ค่าความถ่วงจำเพาะค่า (ASTM D 1298) ค่าความหนืด (ASTM D 2270) จุดไหลเท (ASTM D 97) ปริมาณกำมะถัน (ASTM D 2622) ค่าคาร์บอนคงเหลือ (ASTM D 189) ปริมาณน้ำและตะกอน (ASTM D 2709) ค่าเถ้า (ASTM D 482) จุดวาบไฟ (ASTM D 93) การกลั่นแบบ ASTM (การกลั่นแบบ ASTM 86) และค่าความร้อน (ASTM D 86) ตามมาตรฐาน ASTM ดังแสดงในภาคผนวก ก โดยสมบัติทางเชื้อเพลิงทั้งหมดทำการทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการทดสอบเชื้อเพลิง (Fuel Testing Laboratory) ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ยกเว้น) ปริมาณกำมะถัน ปริมาณน้ำและตะกอน และจุดวาบไฟ ทำการทดสอบ ณ บริษัท โปรดักส์ ดีเวลลอปเม้นท์ แมนูแฟกเจอร์ริง จำกัด (Product Development Manufacturing Co., Ltd.) 1273-1274 ถนนวิเชียรโชฎก ตำบล มหาชัย อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร โทร. 0-3442-8009-12

3.4 การสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical modeling)

ขั้นตอนในการทำงานแสดงในรูปที่ 3.1 โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.4.1 ศึกษาปริมาณของผลผลิตพืชน้ำมัน ราคาของพืชน้ำมัน ในแต่ละภาคและฤดูกาล และราคาต้นทุนในการผลิตน้ำมันพืช ของพืชน้ำมัน 5 ชนิด คือน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ น้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ น้ำมันปาล์มเมล็ดใน น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ เพื่อหาสมการในการทำนายปริมาณผลผลิต โดยใช้ข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [43, 44, 45]

3.4.2 สร้างแบบจำลองภาคเกษตรกรรม

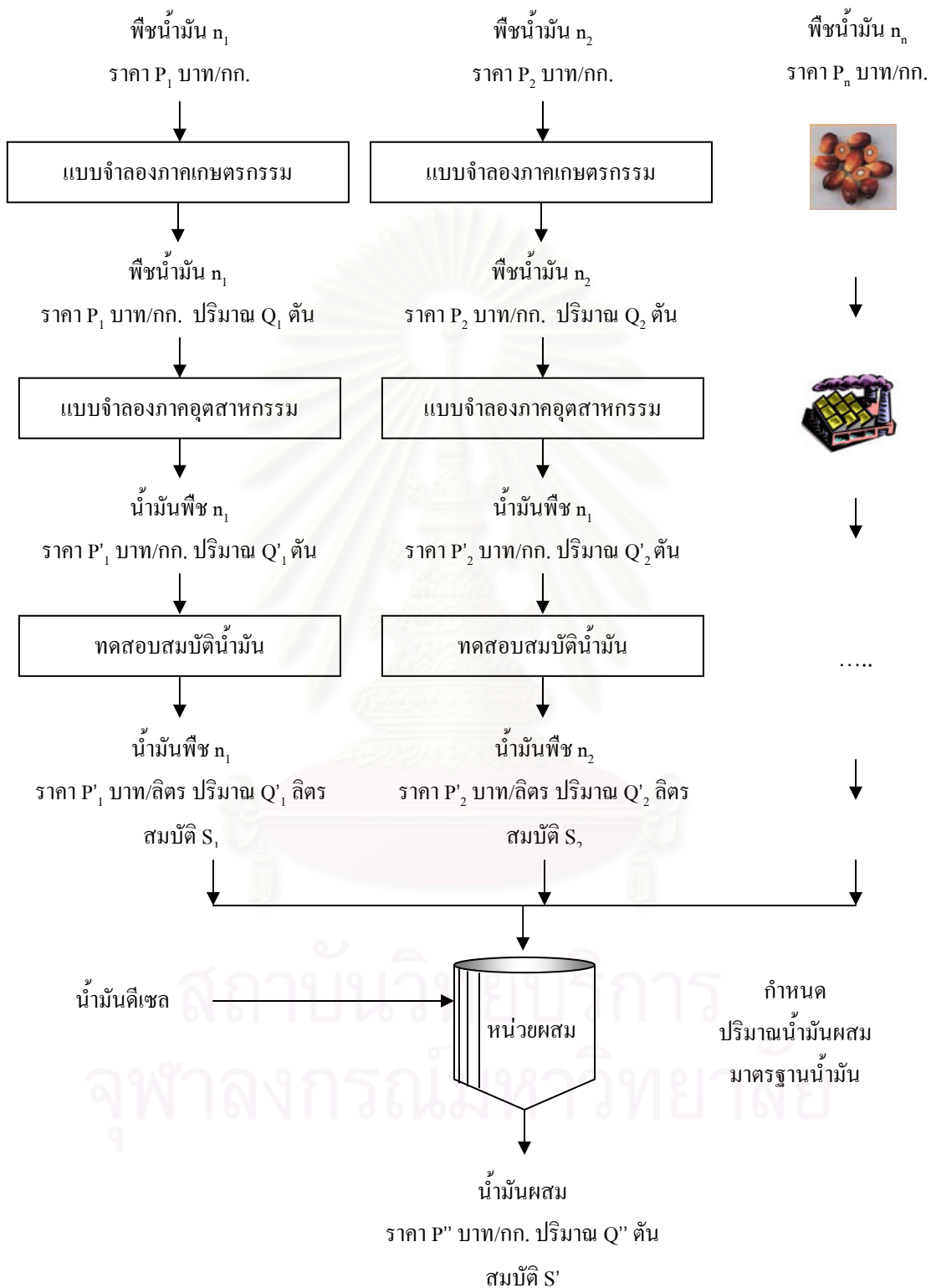
โดยสมการของแบบจำลองแบบจำลองภาคเกษตรกรรม เพื่อการทำนายผลผลิตพืชน้ำมัน มีรูปแบบทั่วไป คือ

$$PQ_t = c_0 + c_1HA_{t-1} + c_2FP_{t-1} + c_3RQ_{t-1} + c_4PQ_{t-1} + c_5YR_t + c_6GP_t + c_7AS_{t-1} \quad (3.1)$$

โดยที่	t	=	เวลา ปีที่ทำการจำลอง
	c	=	ค่าคงที่
	PQ	=	ปริมาณผลผลิตของพืชน้ำมัน (ตัน)
	HA	=	พื้นที่ให้ผลผลิต (พันไร่)
	FP	=	ราคาที่เกษตรกรขายได้ (บาทต่อ กก.)
	RQ	=	ปริมาณฝนในแต่ละภูมิภาค (มม.)
	YR	=	แนวโน้มทางด้านเวลา (ปี พ. ศ.)
	GP	=	นโยบายของรัฐบาล (0 หรือ 1)
	AP	=	ราคาปุ๋ย ยาฆ่าแมลง และอื่นๆ

โดยข้อมูลที่ใช้มาจากจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยค่านโยบายของรัฐบาลนั้น หมายถึงว่าในปีนั้นรัฐบาลได้มีการส่งเสริมและสนับสนุนการผลิตให้กับเกษตรกรทั้งปัจจัยการผลิต การถ่ายทอดเทคโนโลยี เมล็ดพันธุ์หรือไม่ โดยถ้าปีนั้นมีการส่งเสริมก็จะมีค่า GP เป็น 1 และถ้าปีนั้นไม่มีนโยบายการส่งเสริมก็จะมีค่า GP เป็น 0

ขั้นตอนของการสร้างแบบจำลองภาคเกษตรกรรมแสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนในการทำงาน



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองภาคเกษตรกรรม

3.4.3 แบบจำลองภาคอุตสาหกรรม

ทำการสร้างแบบจำลองที่สามารถทำนายราคาน้ำมันพืชชนิดต่างๆ โดยใช้ข้อมูลของราคาพืช น้ำมัน ร้อยละของน้ำมัน ค่าขนส่ง ค่าสกัดน้ำมัน และอื่น โดยใช้ข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ราคาน้ำมันดีเซลจากสำนักนโยบายและแผนพลังงาน [46] และราคากากถั่วเหลืองจากสมาคมส่งเสริมผู้ใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ [47] โดยมีสมมติฐานคือค่าใช้จ่ายต่างๆ คงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

ขั้นตอนของการสร้างแบบจำลองภาคอุตสาหกรรมแสดงดังรูปที่ 3.3

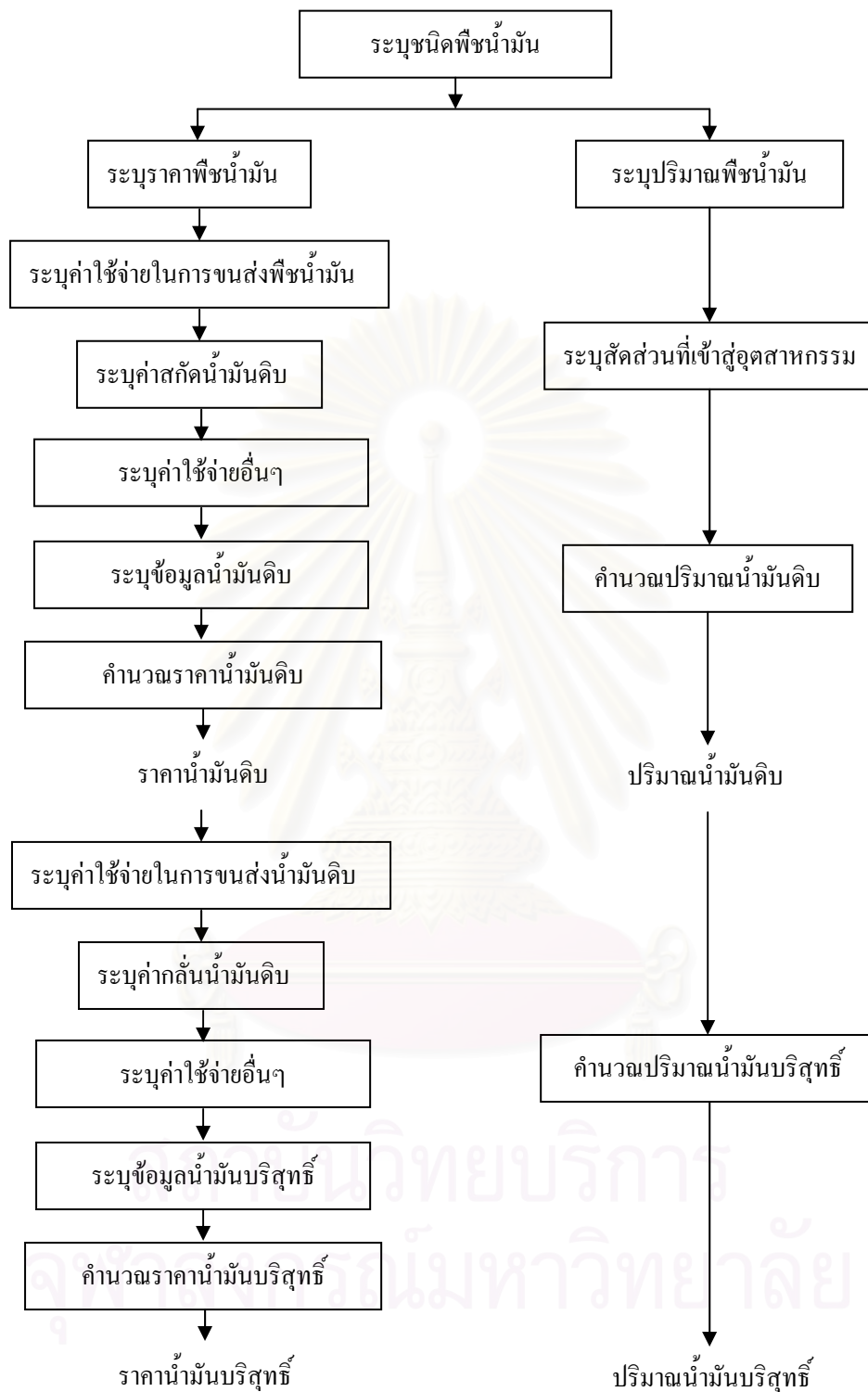
3.4.4 สร้างแบบจำลองการผสมน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซล โดยใช้วิธีการ โปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming model) โดยมีส่วนประกอบดังนี้

- สมการเป้าหมายหรือฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function) คือต้องการหาสัดส่วนผสมที่ทำให้น้ำมันผสมมีราคาต่ำที่สุด
- สมการหรือสมการแสดงข้อจำกัด คือ ข้อกำหนดหรือข้อจำกัดต่างๆ ที่น้ำมันผสมต้องสอดคล้อง ได้แก่ น้ำมันที่ผสมได้จะต้องมีสมบัติทางเชื้อเพลิงที่อยู่ในมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิง และมีปริมาณมากเพียงพอกับความต้องการ
- อสมการข้อกำหนดตัวแปรทุกตัวจะต้องไม่มีค่าเป็นลบ

สมมติฐานสำหรับแบบจำลองการผสม ได้แก่

1. สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลและของน้ำมันพืชคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามภูมิภาคปี และฤดูกาลผลิต
2. กระบวนการผสมของน้ำมันเป็นแบบอุดมคติ คือมีการผสมที่เป็นเนื้อเดียวกันอย่างแท้จริง
3. มีการนำปริมาณของพืชน้ำมันทั้งหมดมาใช้ในแบบจำลอง
4. ไม่คิดค่าขนส่งของน้ำมันดีเซล
5. ไม่ได้พิจารณาค่ากรดไขมันในน้ำมันพืช
6. ความต้องการน้ำมันผสมที่ร้อยละ 5 ของความต้องการน้ำมันดีเซลทั้งประเทศ (พ.ศ. 2545) หรือ 63 ล้านลิตรต่อเดือน

เนื่องจากสมการวัตถุประสงค์คือให้น้ำมันผสมมีราคาต่ำที่สุด และสมการและอสมการข้อจำกัดคือต้องการให้น้ำมันผสมมีสมบัติอยู่ในมาตรฐานน้ำมันดีเซลของกรมการค้าภายใน และปริมาณมากพอตามที่ต้องการ ดังนั้นสามารถเขียนรูปแบบทั่วไปได้ดังนี้



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองภาคอุตสาหกรรม

$$\begin{array}{ll}
 \text{ตัวแปร} & x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \geq 0 \\
 \text{เงื่อนไขบังคับ} & : a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \geq b_1 \\
 & : a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2 \\
 & : \\
 & : \\
 & : a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m \\
 \text{เป้าหมาย} & : P = P_1x_1 + P_2x_2 + \dots + P_nx_n = \text{Min}
 \end{array}$$

เมื่อกำหนดให้

x_i เป็นตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ (Decision variable)

P_i เป็นกำไรต่อหน่วยหรือต้นทุนต่อหน่วย (Profit หรือ Return)

a_{ij} เป็นสัมประสิทธิ์ของตัวแปร ซึ่งหมายถึงอัตราหรือระดับการใช้ทรัพยากรในการผลิต

b_i เป็นจำนวนทรัพยากรที่มีอยู่ในการผลิต

โดยมีรายละเอียดดังนี้

สมการวัตถุประสงค์

$$\text{Min} \quad \sum P_i x_i \quad (3.2)$$

$$\begin{array}{ll}
 \text{โดยที่} & P_i = \text{ราคาของน้ำมัน (บาท/กก.)} \\
 & x_i = \text{สัดส่วนน้ำมัน } (0 \leq x_i \leq 1)
 \end{array}$$

อสมการข้อกำหนดด้านสมบัติทางเชื้อเพลิง

1. ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ จะรวมกันโดยใช้ค่าร้อยละโดยปริมาตร จะได้ว่าอสมการข้อกำหนด คือ

$$\sum (Sp.Gr._i) * x_i \leq Sp.Gr._s^+ \quad (3.3)$$

และ

$$\sum (Sp.Gr._i) * x_i \geq Sp.Gr._s^- \quad (3.4)$$

$$\begin{array}{lll}
 \text{เมื่อ} & Sp. Gr. & = \text{ค่าความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ} \\
 & Sp. Gr._s^- & = \text{ข้อกำหนดต่ำสุดของมาตรฐาน} \\
 & Sp. Gr._s^+ & = \text{ข้อกำหนดสูงสุดของมาตรฐาน}
 \end{array}$$

2. ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ (เซนติสโตกส์) เนื่องจากพฤติกรรมการผสมของค่าความหนืดไม่เป็นเชิงเส้นจึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปของค่าดัชนีการผสม (Blending Index) ซึ่งการผสมจะรวมกันโดยร้อยละโดยน้ำหนัก จึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปของร้อยละโดยปริมาตรก่อน โดยคุณด้วยค่าความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ จะได้ว่าอสมการข้อกำหนด คือ

$$\sum Sp.Gr._i * (33.5LogLog(\eta_i + 0.85) - 33.5LogLog(\eta_s^- + 0.85)) * x_i \geq 0 \quad (3.5)$$

และ

$$\sum Sp.Gr._i * (33.5LogLog(\eta_i + 0.85) - 33.5LogLog(\eta_s^+ + 0.85)) * x_i \leq 0 \quad (3.6)$$

เมื่อ

η_i	=	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ (เซนติสโตกส์)
η_s^-	=	ข้อกำหนดต่ำสุดของมาตรฐาน
η_s^+	=	ข้อกำหนดสูงสุดของมาตรฐาน

3. จุดไหลเท (°ซ) เนื่องจากพฤติกรรมการผสมของค่าจุดไหลเทไม่เป็นเชิงเส้นจึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปของค่าดัชนีการผสม (Blending Index) ซึ่งการผสมจะรวมกันโดยร้อยละโดยน้ำหนัก จึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปของร้อยละโดยปริมาตรก่อน โดยคุณด้วยค่าความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ จะได้ว่าอสมการข้อกำหนด คือ

$$\sum Sp.Gr._i * (0.013(PP_i^2 - PP_s^2) + 1.094(PP_i - PP_s)) * x_i \leq 0 \quad (3.7)$$

เมื่อ

PP_i	=	จุดไหลเท (°ซ)
PP_s	=	ข้อกำหนดของมาตรฐาน

4. ชาติกัมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก) มีสมบัติเป็นเชิงเส้นอยู่แล้ว แต่การผสมจะรวมกันโดยร้อยละโดยน้ำหนัก จึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปของร้อยละโดยปริมาตรก่อน โดยคุณด้วยค่าความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ จะได้ว่าอสมการข้อกำหนด คือ

$$\sum Sp.Gr._i * (S_i - S_s) * x_i \leq 0 \quad (3.8)$$

เมื่อ

S_i	=	ชาติกัมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
S_s	=	ข้อกำหนดของมาตรฐาน

5. คาร์บอนคงเหลือ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) มีสมบัติเป็นเชิงเส้นอยู่แล้ว แต่การผสมจะรวมกันโดยร้อยละโดยน้ำหนัก จึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปของร้อยละโดยปริมาตรก่อน โดยคูณด้วยค่าความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ จะได้ว่าอสมการข้อกำหนด คือ

$$\sum Sp.Gr._i * (CR_i - CR_s) * x_i \leq 0 \quad (3.9)$$

เมื่อ CR_i = คาร์บอนคงเหลือ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
 CR_s = ข้อกำหนดของมาตรฐาน

6. เถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก) มีสมบัติเป็นเชิงเส้นอยู่แล้ว แต่การผสมจะรวมกันโดยร้อยละโดยน้ำหนัก จึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปของร้อยละโดยปริมาตรก่อน โดยคูณด้วยค่าความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ จะได้ว่าอสมการข้อกำหนด คือ

$$\sum Sp.Gr._i * (A_i - A_s) * x_i \leq 0 \quad (3.10)$$

เมื่อ A_i = เถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
 A_s = ข้อกำหนดของมาตรฐาน

7. จุดวาบไฟ (°ซ) เนื่องจากพฤติกรรมผสมของค่าจุดไหลเทไม่เป็นเชิงเส้นจึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปของค่าดัชนีการผสม (Blending Index) ซึ่งการผสมจะรวมกันโดยร้อยละโดยน้ำหนัก จึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปของร้อยละโดยปริมาตรก่อน โดยคูณด้วยค่าความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ จะได้ว่าอสมการข้อกำหนด คือ

$$\sum Sp.Gr._i * (FPBI_i - FPBI_s) * x_i \leq 0 \quad (3.11)$$

โดยที่ $15.6 < FP \text{ (°ซ)} \leq 93.3$ $FPBI_i = 13146 * \exp(-0.0728 * FP_i)$ (3.12)

$93.3 < FP \text{ (°ซ)} \leq 260.0$ $FPBI_i = 273.75 * \exp(-0.0329 * FP_i)$ (3.13)

$260.0 < FP \text{ (°ซ)} \leq 343.3$ $FPBI_i = 9.2638 * \exp(-0.0194 * FP_i)$ (3.14)

เมื่อ FP_i = จุดวาบไฟ (°ซ)
 FP_s = ข้อกำหนดของมาตรฐาน

8. ปริมาณน้ำและตะกอน (ร้อยละโดยปริมาตร) มีสมบัติเป็นเชิงเส้นอยู่แล้วและมีการผสมโดยร้อยละโดยปริมาตรอยู่แล้ว จึงได้ว่าสมการข้อกำหนด คือ

$$\sum (WS_i) * x_i \geq WS_s \quad (3.15)$$

เมื่อ WS_i = ปริมาณน้ำและตะกอน (ร้อยละโดยปริมาตร)
 WS_s = ข้อกำหนดของมาตรฐาน

สมการข้อกำหนดสัดส่วนทั้งหมด เพื่อป้องกันการมีค่าตอบที่เป็นไปไม่ได้เกิดขึ้นจึงต้องมีข้อกำหนดที่ว่าสัดส่วนทั้งหมดของน้ำมันผสมจะต้องเท่ากับ 1 เสมอ ซึ่งจะเขียนในรูปของสมการได้เป็น

$$\sum x_i = 1 \quad (3.16)$$

สมการข้อกำหนดด้านปริมาณของน้ำมันพืชที่ต้องมีเพียงพอกับความต้องการในแต่ละฤดูกาลผลิต คือ สัดส่วนของน้ำมันพืชคูณกับปริมาณความต้องการดีเซลผสมน้ำมันพืชทั้งหมดต้องน้อยกว่าปริมาณของน้ำมันพืชชนิดนั้นที่มีได้ ซึ่งจะเขียนในรูปของสมการได้เป็น

$$x_i = \frac{Q_i}{Q_d} \quad (3.17)$$

เมื่อ Q_i = ปริมาณน้ำมันพืชสูงสุดที่นำมาใช้ได้ (ล้านลิตร)
 Q_d = ปริมาณน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชที่ต้องการ (ล้านลิตร)

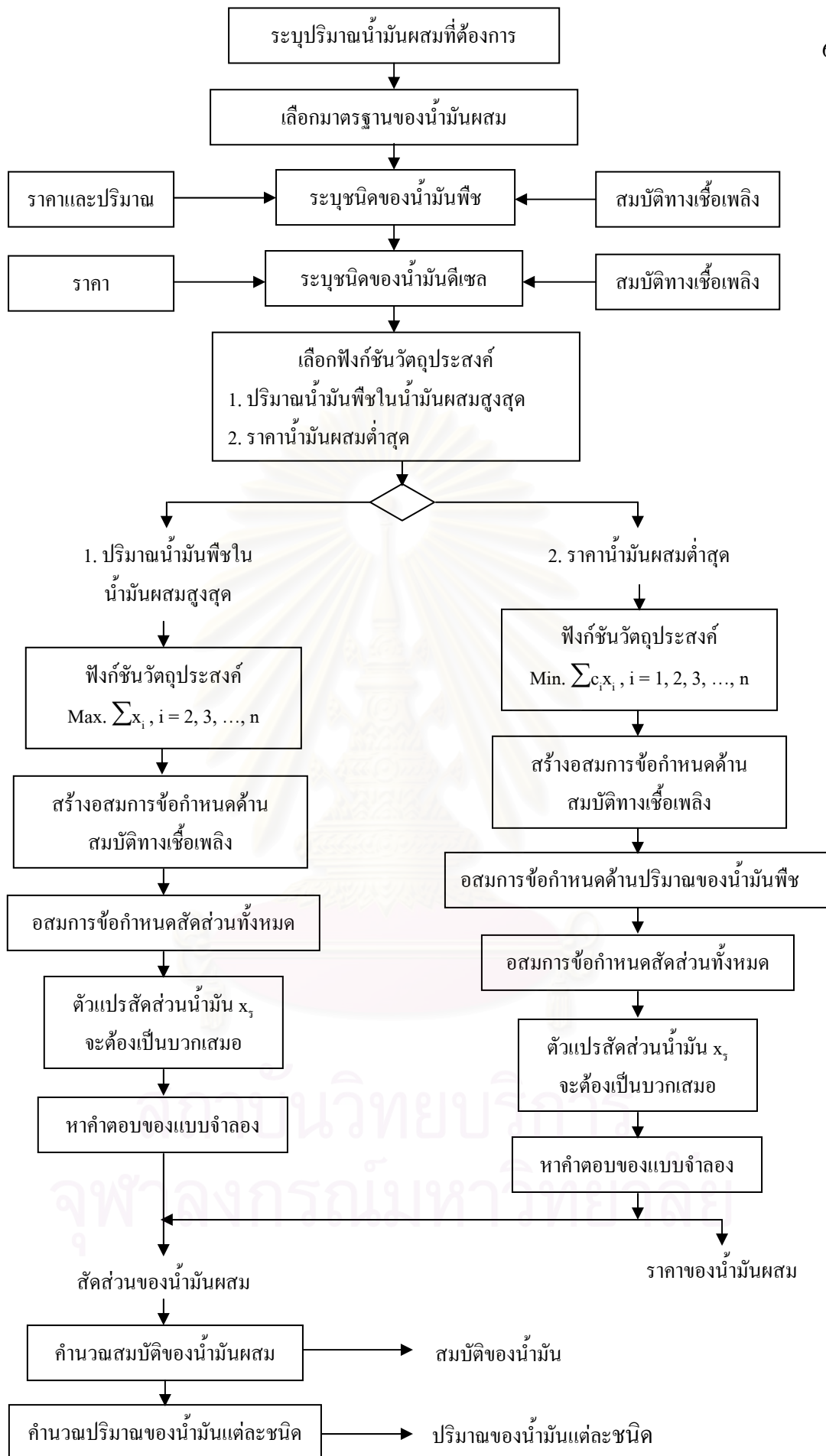
และสุดท้ายคือตัวแปรสัดส่วนน้ำมัน x_i จะต้องเป็นบวกเสมอ เพราะการที่ค่าแปรสัดส่วนน้ำมัน x_i เป็นลบจะไม่มีควมหมาย ซึ่งจะเขียนในรูปของสมการได้เป็น

$$x_i \geq 0 \quad (3.18)$$

ขั้นตอนของการสร้างแบบจำลองการผสมแสดงดังรูปที่ 3.4

3.4.5 การเลือกน้ำมันดีเซลในการผลิตดีเซลผสมน้ำมันพืช

ทำการเลือกน้ำมันดีเซลที่ดีที่สุดมาทำการผสม โดยน้ำมันที่ดีที่สุดคือ น้ำมันดีเซลที่สามารถมिन้ำมันพืชผสมอยู่ได้มากที่สุด โดยที่ยังมีสมบัติอยู่ในมาตรฐานน้ำมันดีเซลของกรมการค้าภายใน โดยใช้ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์จำลองการผสมตามแบบการโปรแกรมเชิงเส้น โดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือใช้น้ำมันพืชในปริมาณมากที่สุดในน้ำมันผสม โดยไม่นำผลของปริมาณและราคาเข้ามาเกี่ยวข้อง



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนของการสร้างแบบจำลองการผสม

3.4.6 สมบัติของน้ำมันผสม

ทำการศึกษาศสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันที่ผสมได้จากแบบจำลอง

3.4.7 ผลของภูมิภาคที่มีต่อการผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช

ทำการศึกษาผลของภูมิภาคที่มีต่อการผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช เพื่อที่จะสามารถเลือกชนิดของพืช น้ำมันที่เหมาะสมกับแต่ละภูมิภาคได้ โดยเลือกน้ำมันดีเซลที่เหมาะสมเพียงชนิดเดียว

3.4.8 ผลของฤดูกาลที่มีต่อการผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช

ทำการศึกษาผลของภูมิภาคที่มีต่อการผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช เพื่อที่จะสามารถเลือกชนิดของพืช น้ำมันที่เหมาะสมกับแต่ละฤดูกาล ของแต่ละภูมิภาค

3.4.9 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของคำตอบ (Sensitivity analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของคำตอบทำให้ทราบถึงผลกระทบที่มีต่อการตัดสินใจ หรือค่าของตัวแปรตัดสินใจ เมื่อค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในตัวแทนเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซล และน้ำมันพืช

เมื่อทำการวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมัน 7 ชนิด โดยแบ่งเป็นน้ำมันดีเซล 2 ชนิด ได้แก่ น้ำมันดีเซลปกติ และดีเซลเซลล์ ขณะที่น้ำมันพืชมี 5 ชนิด ได้แก่ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ น้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ น้ำมันปาล์มเมล็ดใน และน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ โดยผลการทดลองสมบัติทางเชื้อเพลิงที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนแสดงในตารางที่ 4.1

จากตารางที่ 4.1 สามารถเปรียบเทียบผลของสมบัติทางเชื้อเพลิงได้ดังนี้

ค่า °API และ ความถ่วงจำเพาะ

การหาค่า °API และความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ซึ่งเป็นวิธีหาค่าโดยใช้หลักการของ Hydrometer จากผลการทดลองพบว่าค่า °API ของตัวอย่างน้ำมันพืชทุกชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน แต่จะแตกต่างกับตัวอย่างน้ำมันดีเซลอย่างเห็นได้ชัด โดยสามารถเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้คือ น้ำมันดีเซลปกติ, 37.6 น้ำมันดีเซลเซลล์ 37.3 น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ 23.7 น้ำมันปาล์มดิบ 22.3 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ 21.8 น้ำมันปาล์มเมล็ดใน 21.8 และน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ 21.7 ในขณะที่ค่าความถ่วงจำเพาะจะมีทิศตรงข้ามกับค่า API Gravity คือสามารถเรียงลำดับจากน้อยไปมากได้เป็น น้ำมันดีเซลปกติ, 0.8370 น้ำมันดีเซลเซลล์ 0.8387 น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ 0.9117 น้ำมันปาล์มดิบ 0.9200 น้ำมันมะพร้าว 0.9229 น้ำมันปาล์มเมล็ดใน 0.9228 และน้ำมันถั่วเหลือง 0.9239 ค่า °API มีความสัมพันธ์กับค่าความร้อน โดยน้ำมันที่มีค่า °API สูงก็จะมีค่าความร้อนสูงด้วย นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการคำนวณค่าดัชนีซีเทนได้อีกด้วย จากการทดลองค่า Repeatability ที่ได้มีค่าดีกว่าค่า Repeatability ที่กำหนดไว้คือ 0.2 °API

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางเชื้อเพลิงของตัวอย่างน้ำมันดีเซลและน้ำมันพืชที่ทำการวิเคราะห์ได้

สมบัติทางเชื้อเพลิง	น้ำมันดีเซล		น้ำมันพืช				
	ดีเซล ปตท.	ดีเซล เชลล์	มะพร้าว	ปาล์มดิบ	ปาล์มเมล็ดใน	ปาล์มบริสุทธิ์	ถั่วเหลือง
°API	37.6±0.1	37.3 ±0.1	21.8 ±0.0	22.3 ±0.0	21.8± 0.1	23.7± 0.0	21.7± 0.1
ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ	0.8370±0.0005	0.8385±0.0005	0.9229±0.0000	0.9200±0.0000	0.9228±0.0006	0.9117±0.0000	0.9239±0.0006
ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ, เซนติสโตกส์	3.6 ±0.1	3.7 ±0.0	29.6 ±0.0	33.2 ±0.1	32.5 ±0.0	45.1 ±0.0	35.5 ±0.0
ความหนืด ณ อุณหภูมิ 100 °ซ, เซนติสโตกส์	1.5 ±0.0	1.4 ±0.0	6.7 ±0.1	7.3 ±0.0	7.3 ±0.0	10.1 ±0.0	9.3 ±0.0
จุดไหลเท, °ซ	-9.5±0.5	-1.5±0.5	16.0±0.0	25.0±0.0	21.0±0.0	5.5±0.5	-9.0±0.5
ธาตุกำมะถัน, ร้อยละโดยน้ำหนัก	0.0262±0.0017	0.0206±0.0015	0.0000	0.0000	0.0357±0.0019	0.0000	0.0000
กาก, ร้อยละโดยน้ำหนัก	0.04±0.00	0.04±0.01	0.25±0.03	0.27±0.0	0.28±0.04	0.35±0.04	0.44±0.02
เถ้า, ร้อยละโดยน้ำหนัก	0.001±0.000	0.001±0.001	0.006±0.001	0.004±0.001	0.004±0.000	0.002±0.000	0.003±0.000
จุดวาบไฟ, °ซ	58±0	51±0	224±0	283±0	236±0	316±0	311±0
ปริมาณน้ำและตะกอน, ร้อยละ โดยปริมาตร	0	0	0	0	0	0	0
ค่าความร้อน, เมกะจูลต่อกิโลกรัม	45.40±0.10	45.17±0.08	37.79±0.09	38.0±0.03	37.34±0.10	39.88±0.06	39.60±0.01
ดัชนีซีเทน	56	55					

ความหนืด

ค่าความหนืดเป็นค่าที่บอกลถึงความต้านทานการไหลของน้ำมันและบอกลถึงคุณสมบัติในการหล่อลื่นพื้นผิว จากการทดลองพบว่า ความหนืดของตัวอย่างน้ำมันพืชทุกชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน แต่มีค่าที่สูงกว่าตัวอย่างน้ำมันดีเซลอย่างเห็นได้ชัด โดยตัวอย่างน้ำมันบริสุทธิ์จะมีความหนืดมากกว่าตัวอย่างน้ำมันที่ไม่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ โดย ณ อุณหภูมิ 40 °ซ สามารถเรียงลำดับจากมากไปน้อยในหน่วยเซนติสโตกส์ ได้คือ น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ 45.1 น้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ 35.5 น้ำมันปาล์มดิบ 33.2 น้ำมันปาล์มเมล็ดใน 32.5 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ 29.6 น้ำมันดีเซลเซลล์ 3.7 และ น้ำมันดีเซลปตท. 3.7 ดังนั้นการใช้ น้ำมันพืชอย่างเดียวจึงไม่เหมาะสมกับหัวฉีดของเครื่องยนต์ดีเซล เพราะทำให้การฉีดพ่นเป็นละออง (poor fuel atomization) และการระเหยของน้ำมันไม่ดีเท่าที่ควร การผสมระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศไม่ดีพอ นำไปสู่การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ระเบิดช้า ทำให้กำลังของเครื่องตก เกิดเขม่า และยางเหนียวได้ จากการทดลองค่า Repeatability ที่ได้มีค่าต่ำกว่าค่า Repeatability ที่กำหนดไว้

จุดไหลเท

ค่าจุดไหลเท คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันยังเป็นของเหลวพอที่จะไหลได้ โดยต้องมีข้อกำหนดสูงสุดไว้เพื่อให้ น้ำมันไหลถ่ายเทได้เมื่อต้องการใช้ขณะอุณหภูมิต่ำ จากการทดลองพบว่า ตัวอย่างน้ำมันพืชมีจุดไหลเทสูงกว่าตัวอย่างน้ำมันดีเซลมาก ยกเว้นน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ เนื่องจากน้ำมันพืชมีองค์ประกอบของกรดไขมันซึ่งมีโครงสร้างโมเลกุลใหญ่ มีจุดหลอมเหลวที่สูงก็สามารถแข็งตัวได้ง่ายที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งน้ำมันบริสุทธิ์ที่ได้มีการกำจัดกรดไขมันอิสระ ไข และสเดอรีนออกจะมีจุดไหลเทที่ต่ำกว่า และใกล้เคียงกับตัวอย่างน้ำมันดีเซล โดยสามารถเรียงลำดับจากน้อยไปมากในหน่วย °ซ ได้คือ น้ำมันดีเซลปตท. -9.5 น้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ -9.0 น้ำมันดีเซลเซลล์ -1.5 น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ 5.5 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ 16.0 น้ำมันปาล์มเมล็ดใน 21.0 และ น้ำมันปาล์มดิบ 25.0 จากการทดลองค่า Repeatability ที่ได้มีค่าดีกว่าค่า Repeatability ที่กำหนดไว้

ขาค่ามอดัน

ค่ามอดัน นอกจากจะทำให้เกิดการกัดกร่อนต่อเครื่องยนต์และไอเสียแล้วค่ามอดันยังทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศเมื่อเผาไหม้ จากการทดลองพบว่า ตัวอย่างน้ำมันพืชไม่มีค่ามอดันเลย ยกเว้น น้ำมันปาล์มเมล็ดใน ซึ่งมีค่ามอดันสูงถึง 0.0357 ร้อยละ โดยน้ำหนัก ซึ่งสูงกว่าน้ำมันดีเซลปตท. และเซลล์ที่มีปริมาณค่ามอดัน 0.0262 และ 0.0206 ร้อยละ โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งอาจเกิดขึ้นมาจากการปนเปื้อนในน้ำมันตัวอย่าง แต่โดยรวมแล้วการใช้ น้ำมันพืชทดแทนการใช้ น้ำมันดีเซลจะส่งผลที่ดีต่อสภาวะสิ่งแวดล้อม

คาร์บอนคงเหลือ

ปริมาณคาร์บอนคงเหลือในน้ำมันอาจเป็นสาเหตุให้เครื่องยนต์และหัวฉีดสกปรก จากผลการทดลองพบว่าตัวอย่างน้ำมันพืชมีค่าคาร์บอนคงเหลือมากกว่าตัวอย่างน้ำมันดีเซลอย่างเห็นได้ชัด และตัวอย่างน้ำมันบริสุทธิ์จะมีปริมาณคาร์บอนคงเหลือที่สูงกว่าตัวอย่างน้ำมันดิบ โดยสามารถเรียงลำดับจากน้อยไปมากในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนักได้คือ น้ำมันดีเซลปตท. 0.04 น้ำมันดีเซลเซลล์ 0.041 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ 0.25 น้ำมันปาล์มดิบ 0.27 น้ำมันปาล์มเมล็ดใน 0.28 น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ 0.35 และน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ 0.44 ปริมาณคาร์บอนคงเหลือในน้ำมันพืชนั้นเกิดขึ้นมาจากกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Poly unsaturated fatty acids) ที่มีอยู่เป็นปริมาณมากซึ่งมักจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (Polymerization) และยางเหนียว (Gum formation) เนื่องจากความร้อนและการออกซิเดชัน การที่น้ำมันพืชมีปริมาณคาร์บอนคงเหลือมากกว่านั้นจะส่งผลกระทบต่อการใช้งานจริงในเครื่องดีเซลคือ เมื่อมีการใช้งานไปแล้วจะเกิดเป็นยางเหนียวสะสมอยู่ตามหัวฉีด ห้องเผาไหม้ แหวนสูบ และส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ และไปละลายความเข้มข้นของน้ำมันหล่อลื่น ทำให้เสื่อมคุณภาพเร็ว และเกิดปัญหาในระยะยาวต่อไป โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมาได้ชี้ให้เห็นว่าปัญหาที่เกิดจากยางเหนียว (deposit) เหล่านี้เป็นปัญหาที่สำคัญของการใช้น้ำมันพืช จากการทดลองค่า Repeatability ที่ได้มีค่าดีกว่าค่า Repeatability ที่กำหนดไว้

เถ้า

เถ้า คือของแข็งที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ที่เหลืออยู่ภายหลังการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง จากการทดลองจะเห็นได้ว่าตัวอย่างน้ำมันพืชจะมีค่าเถ้าที่สูงกว่าตัวอย่างน้ำมันดีเซลอย่างเห็นได้ชัด และตัวอย่างน้ำมันบริสุทธิ์จะมีร้อยละเถ้าที่ต่ำกว่าตัวอย่างน้ำมันที่ไม่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ โดยสามารถเรียงลำดับจากน้อยไปมากในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนักได้เป็น น้ำมันดีเซลเซลล์ 0.001 น้ำมันดีเซลปตท. 0.001 น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ 0.002 น้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ 0.003 น้ำมันปาล์มเมล็ดใน 0.004 น้ำมันปาล์มดิบ 0.004 และน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ 0.006 จากการทดลองค่า Repeatability ที่ได้มีค่าดีกว่าค่า Repeatability ที่กำหนดไว้

จุดวาบไฟ

ค่าจุดวาบไฟ คือ อุณหภูมิต่ำสุดของน้ำมันที่ระเหยได้ไอน้ำมันเป็นปริมาณมากพอที่เมื่อสัมผัสเปลวไฟก็จะลุกติดไฟทันที จากการทดลองพบว่า ค่าจุดวาบไฟของตัวอย่างน้ำมันพืชมีค่าสูงกว่าตัวอย่างน้ำมันดีเซลอย่างเห็นได้ชัด และตัวอย่างน้ำมันบริสุทธิ์มีจุดวาบไฟที่สูงกว่าตัวอย่างน้ำมันดิบ โดยสามารถเรียงลำดับจากน้อยไปมากในหน่วย °C ได้คือ น้ำมันดีเซลเซลล์ 51 น้ำมันดีเซลปตท. 57 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ 228 น้ำมันปาล์มเมล็ดใน 249 น้ำมันปาล์มดิบ 290 น้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ 318 และน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ 323 ทั้งนี้เพราะน้ำมันพืชมีองค์ประกอบของ

ไฮโดรคาร์บอน โมเลกุลใหญ่ และมีโครงสร้างของกรดไขมัน ทำให้มีจุดเดือดสูง การระเหยเป็นไอต่ำ และจุดติดไฟไม่ดี แต่การที่น้ำมันพืชมีค่าจุดวาบไฟสูง ทำให้มีความปลอดภัยในการจัดเก็บและขนส่งมากกว่าน้ำมันดีเซลจากการทดลองค่า Repeatability ที่ได้มีค่าดีกว่าค่า Repeatability ที่กำหนดไว้คือ 0.5°C

ค่าความร้อน

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าตัวอย่างน้ำมันพืชทุกชนิดมีค่าความร้อนใกล้เคียงกัน แต่จะต่ำกว่าตัวอย่างน้ำมันดีเซลอย่างเห็นได้ชัด และตัวอย่างน้ำมันบริสุทธิ์จะให้ค่าความร้อนที่สูงกว่าตัวอย่างน้ำมันดิบ โดยสามารถเรียงลำดับจากมากไปน้อยในหน่วยเมกะจูลต่อกิโลกรัมได้เป็น น้ำมันดีเซลปตท. 45.42 น้ำมันดีเซลเชลล์ 45.17 น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ 39.88 น้ำมันถั่วเหลือง 39.60 น้ำมันปาล์มดิบ 38.03 น้ำมันมะพร้าว 37.79 และน้ำมันปาล์มเมล็ดใน 37.34 ดังนั้นถ้าผสมน้ำมันพืชในน้ำมันดีเซลก็จะทำให้น้ำมันผสมมีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ส่งผลให้มีการใช้น้ำมันผสมมากกว่าน้ำมันดีเซล จากการทดลองค่า Repeatability ที่ได้มีค่าดีกว่าค่า Repeatability ที่กำหนดไว้

ปริมาณน้ำและตะกอน

ปริมาณน้ำและตะกอนเป็นข้อกำหนดทางด้านความสะอาดของน้ำมัน จากการทดลองจะเห็นได้ว่าทั้งตัวอย่างน้ำมันดีเซลและตัวอย่างน้ำมันพืชที่ใช้ในงานวิจัยนี้ไม่มี ปริมาณน้ำและตะกอนเลย ซึ่งจะส่งผลดีต่อคุณภาพของน้ำมัน

เปรียบเทียบผลการทดลองกับมาตรฐานน้ำมันดีเซล

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับค่ามาตรฐานของน้ำมันดีเซลกำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนเร็ว ประกาศกระทรวงพาณิชย์ ในตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างน้ำมันดีเซลทั้งสองชนิดที่เลือกมาทำการศึกษา มีสมบัติทางเชื้อเพลิงอยู่ในมาตรฐาน ยกเว้นจุดวาบไฟของน้ำมันดีเซลเชลล์ที่ต่ำกว่ามาตรฐานอยู่ 1°C และตัวอย่างน้ำมันพืชมีสมบัติทางเชื้อเพลิงที่ไม่อยู่ในมาตรฐานของน้ำมันดีเซล ทั้งค่า ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ $15.6/15.6^{\circ}\text{C}$ ค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 40°C จุดไหลเท ปริมาณคาร์บอนคงเหลือ ค่าเถ้า แต่จะมีข้อดีคือไม่มีกำมะถัน และมีจุดวาบไฟที่สูง

เปรียบเทียบผลการทดลองกับงานวิจัยที่ผ่านมา

จากงานวิจัยที่ผ่านมา [24, 25] จะทำการทดสอบทางสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชเฉพาะสมบัติที่สำคัญเท่านั้น คือ ค่า API ความหนืด ค่าความร้อน ธาตุกำมะถัน และจุลควาไฟ โดยไม่ได้ทำการทดสอบสมบัติด้านความสะอาดอื่นๆ เช่น ปริมาณเถ้า คาร์บอนคงเหลือ และปริมาณน้ำและตะกอน

เมื่อเปรียบเทียบสมบัติทางเชื้อเพลิงที่ทดสอบได้กับงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือน้ำมันพืชแต่ละชนิดจะมีสมบัติทางเชื้อเพลิงที่ใกล้เคียงกัน แต่จะแตกต่างกับน้ำมันดีเซลอย่างเห็นได้ชัด ทำให้ไม่สามารถใช้น้ำมันพืชกับเครื่องยนต์ดีเซลที่ไม่ได้ปรับปรุงเครื่องยนต์ได้ แต่จะมีข้อดีคือมีจุลควาไฟที่สูง และไม่มีกำมะถัน

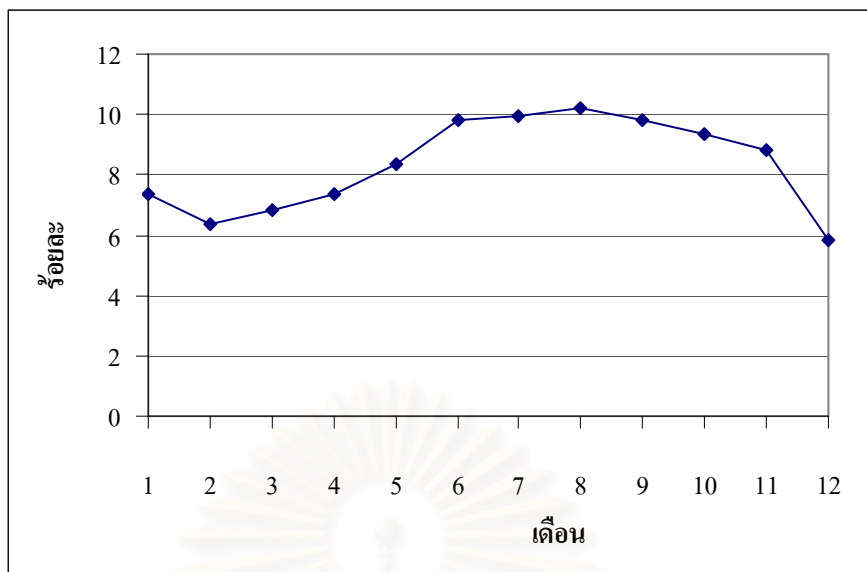
แต่เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายชนิดน้ำมันแล้วสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชและน้ำมันดีเซลจะใกล้เคียงกันแต่ไม่อยู่ในขอบเขตค่า Reproducibility ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากความแตกต่างของผู้ทำการทดลองและห้องปฏิบัติการเมื่อใช้วิธีวิเคราะห์เดียวกัน ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างน้ำมันที่มาจากแต่ละแหล่ง และเก็บตัวอย่างที่เวลาต่างกันก็มีสมบัติที่แตกต่างกัน

4.2 ปริมาณผลผลิตพืชน้ำมัน

จากการศึกษาปริมาณของพืชน้ำมัน 3 ชนิด คือ มะพร้าว ปาล์มน้ำมัน และถั่วเหลือง โดยปาล์มน้ำมัน และถั่วเหลืองใช้ข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในขณะที่มะพร้าวนั้นไม่มีการบันทึกผลผลิตรายเดือน แต่สามารถประมาณการได้จากแนวโน้มของดัชนีราคามะพร้าว การศึกษาปริมาณของพืชน้ำมันนี้เป็นการศึกษาแนวโน้มของผลผลิตในแต่ละปีที่ผ่านมา โดยสามารถแบ่งการศึกษาเป็นแต่ละชนิดของพืชน้ำมันได้ดังนี้

4.2.1 ปริมาณผลผลิตมะพร้าว

จากการศึกษาพบว่าปริมาณการผลิตมะพร้าวของประเทศไทยมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยหรือทรงตัว โดยพื้นที่ให้ผลผลิตลดลงเล็กน้อยจาก 2.1 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2535 เหลือ 2.0 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2544 อย่างไรก็ตามการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตช่วยให้ผลผลิตต่อไร่ปรับตัวสูงขึ้นเล็กน้อยจาก 671 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี พ.ศ. 2535 เป็น 685 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี พ.ศ. 2544 การลดลงของพื้นที่เพาะปลูกในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกันกับการเพิ่มขึ้นของผลผลิตต่อไร่ มีผลทำให้ผลผลิตของมะพร้าวลดลงเล็กน้อยจาก 1.41 ล้านตัน หรือ 1.39 ล้านตัน ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา

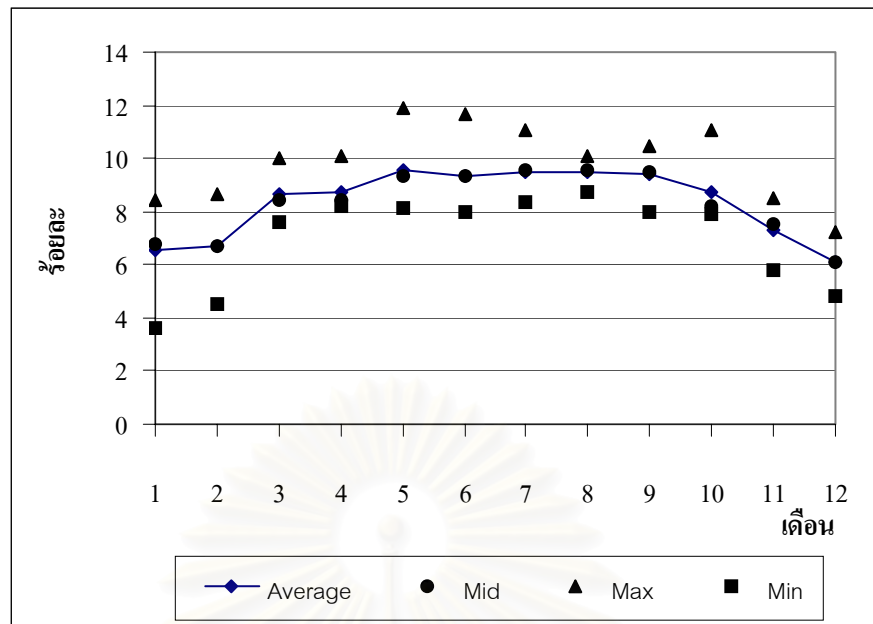


รูปที่ 4.1 ไร่ละของผลผลิตมะพร้าวต่อปี

จากรูปที่ 4.1 ซึ่งแสดงปริมาณไร่ละของผลผลิตของปริมาณมะพร้าวผลใหญ่รายเดือนในตลาดท้องถิ่นจากดัชนีของราคา จะเห็นได้ว่ามะพร้าวจะให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประมาณเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคมจะเป็นช่วงที่มีผลผลิตออกสู่ตลาดมากที่สุด แม้ว่ามะพร้าวจะปลูกได้ทุกภาคของประเทศ แต่จะปลูกได้ดีในเมืองแถบชายทะเล ดังนั้นจึงมีแหล่งผลิตที่สำคัญอยู่ทางภาคใต้ และในบางท้องที่ของภาคกลางและภาคตะวันออก โดยจังหวัดที่เพาะปลูกมะพร้าวมากได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สมุทรสาคร สมุทรสงคราม ชลบุรี และระยอง นอกจากนี้โรงงานผลิตน้ำมันมะพร้าวก็นิยมนำมากระจายอยู่ตามแหล่งวัตถุดิบโดยเฉพาะในภาคใต้ ภาคกลางตอนล่าง และภาคตะวันออก

4.2.2 ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมัน

จากการศึกษาพบว่าปริมาณของปาล์มน้ำมันมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของเนื้อที่เกี่ยวเกี่ยวเพิ่มขึ้นจาก 0.7 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2535 เป็น 1.5 ล้านไร่ในปี พ.ศ. 2544 หรือประมาณ 2 เท่า และการเพิ่มขึ้นของการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตช่วยให้ผลผลิตต่อไร่ปรับตัวสูงขึ้นจาก 2003 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี พ.ศ. 2535 เป็น 2807 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี พ.ศ. 2544 และแม้ว่าจะเผชิญกับปรากฏการณ์เอลนีโญในปี พ.ศ.2541 เป็นต้นมา ก็ไม่ได้ทำให้ผลผลิตปาล์มลดลง โดยผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 1.3 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2535 เป็น 4.0 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2544 หรือเพิ่มขึ้นประมาณไร่ละ 22 ต่ปี ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา และคาดว่าจะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นต่อไป



รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย ค่ากลาง ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของผลผลิตปาล์มรายเดือน

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย ค่ากลาง ค่ามากที่สุด ค่าน้อยที่สุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของร้อยละผลผลิตปาล์มรายเดือน ข้อมูลระหว่างปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2542-2546

เดือน	ร้อยละผลผลิตต่อปี				
	Maximum	Average	Middle	Minimum	Stdev*
มกราคม	8.45	6.57	6.69	3.58	1.85
กุมภาพันธ์	8.63	6.69	6.70	4.53	1.52
มีนาคม	10.01	8.64	8.46	7.63	0.86
เมษายน	10.12	8.70	8.44	8.21	0.81
พฤษภาคม	11.92	9.5	9.31	8.16	1.40
มิถุนายน	11.63	9.30	9.32	7.95	1.50
กรกฎาคม	11.04	9.50	9.54	8.34	1.05
สิงหาคม	10.06	9.49	9.55	8.72	0.57
กันยายน	10.48	9.38	9.47	8.00	1.01
ตุลาคม	11.08	8.77	8.23	7.93	1.32
พฤศจิกายน	8.48	7.28	7.55	5.78	1.00
ธันวาคม	7.20	6.10	6.11	4.78	0.86

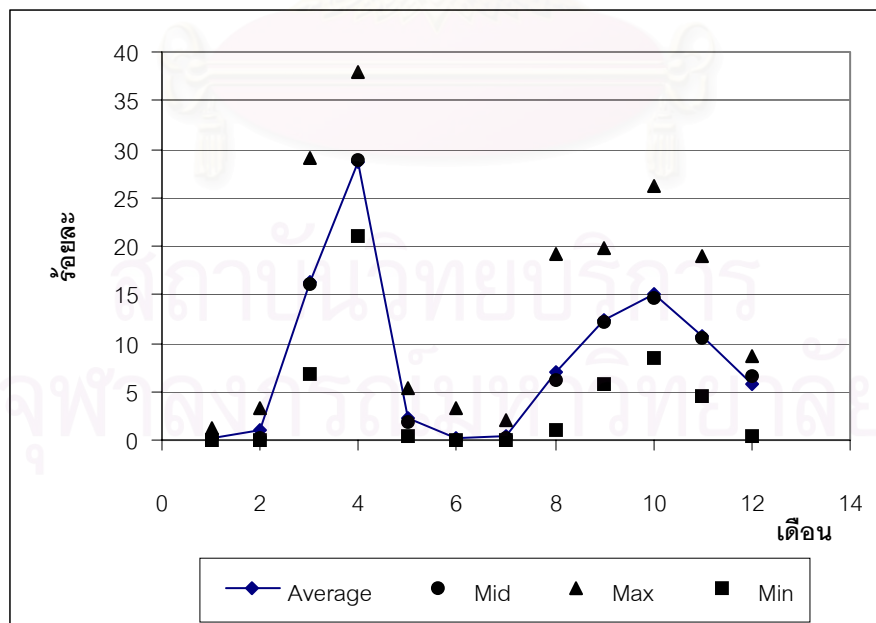
*Stdev = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

จากรูปที่ 4.2 และตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าปาล์มน้ำมันมีผลผลิตออกสู่ตลาดตลอดทั้งปี แต่ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนกันยายนจะเป็นช่วงที่ผลผลิตออกสู่ตลาดมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50 ของผลผลิตทั้งหมด เนื่องจากปาล์มน้ำมันที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับกรขยายพื้นที่เพาะปลูกและสภาพดินฟ้าอากาศเป็นสำคัญทำให้แหล่งเพาะปลูกปาล์มที่สำคัญกว่าร้อยละ 80 กระจายตัวอยู่ทางแถบชายทะเลทางภาคใต้ที่มีฝนตกชุกตลอดปี ในเขตจังหวัดกระบี่ สุราษฎร์ธานี ฯลฯ

การกระจายตัวของผลผลิตปาล์มมีการกระจายตัวในขอบเขตที่ไม่มากนัก คือประมาณ 2-4% นั่นคือผลผลิตปาล์มมีการออกสู่ตลาดอย่างสม่ำเสมอในแต่ละฤดูกาล ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้น (Perennial crop) ทำให้การทำนายผลผลิตเป็นไปได้ง่าย

4.2.3 ปริมาณผลผลิตถั่วเหลือง

จากการศึกษาพบว่าปริมาณการผลิตถั่วเหลืองของประเทศไทยมีแนวโน้มที่ลดลง โดยพื้นที่เพาะปลูกลดลงจาก 3.2 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2532/33 เหลือ 1.3 ล้านไร่ ในปี 2544/45 หรือลดลงเฉลี่ยร้อยละ 4 ต่อปี และคาดว่าจะมีแนวโน้มที่ลดลงต่อไป ประกอบกับการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไม่ได้ช่วยให้ผลผลิตต่อไร่ของถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นแต่กลับมีค่าค่อนข้างคงที่ ทำให้ผลผลิตถั่วเหลืองลดลงจาก 4.8 แสนตัน ในปี พ.ศ. 2532/33 เหลือ เหลือเพียง 2.9 แสนตัน ในปี 2544/45 หรือลดลงเฉลี่ยร้อยละ 4.3 ต่อปี ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา



รูปที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ย ค่ากลาง ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของผลผลิตถั่วเหลืองรายเดือน

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ย ค่ากลาง ค่ามากที่สุด ค่าน้อยที่สุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของร้อยละผลผลิตถั่วเหลืองรายเดือน ข้อมูลระหว่างพื้นที่เพาะปลูกปี พ.ศ. 2532/33 – 2545/46

เดือน	ร้อยละผลผลิตต่อปี				
	Maximum	Average	Middle	Minimum	Stdev*
มกราคม	1.29	0.25	0.13	0.01	0.35
กุมภาพันธ์	3.34	0.97	0.28	0.01	1.22
มีนาคม	29.09	16.26	16.08	6.74	6.74
เมษายน	37.89	28.6	28.91	20.93	20.93
พฤษภาคม	5.34	2.33	1.87	0.51	0.51
มิถุนายน	3.39	0.27	0.00	0.00	0.00
กรกฎาคม	1.98	2.33	0.22	0.00	0.00
สิงหาคม	19.26	7.07	6.25	1.03	1.03
กันยายน	19.79	12.27	12.14	5.74	5.74
ตุลาคม	26.19	15.14	14.58	8.53	8.53
พฤศจิกายน	19.02	10.64	10.6	4.48	4.48
ธันวาคม	8.57	5.86	6.67	0.47	0.47

*Stdev = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

จากรูปที่ 4.3 และตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าถั่วเหลืองไม่ใช่พืชน้ำมันที่ให้ผลผลิตตลอดปี แต่จะออกเป็นฤดูกาลตามช่วงที่มีการเพาะปลูก โดยจะมีผลผลิตออกสู่ตลาดมากที่สุด 2 ช่วง ช่วงแรกถั่วเหลืองฤดูแล้ง ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนพฤษภาคม มีแหล่งปลูกที่สำคัญคือจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดใกล้เคียง เลย ขอนแก่น กำแพงเพชร และสุโขทัย ส่วนช่วงที่ 2 คือถั่วเหลืองฤดูฝน จะให้ผลผลิตในช่วงเดือนสิงหาคมจนถึงเดือนธันวาคม แหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในเขตจังหวัดสุโขทัย กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ สระบุรี และจังหวัดใกล้เคียง

จะเห็นได้ว่าร้อยละผลผลิตรายเดือนของถั่วเหลืองมีการกระจายตัวที่สูงมาก แทบจะไม่มี ความสม่ำเสมอเกิดขึ้นเลย นั่นคือในแต่ละปีจะมีผลผลิตออกมาในแต่ละช่วงการผลิต แต่จะมี ปริมาณที่ไม่แน่นอน ทั้งนี้เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นพืชประเภทพืชหมุนเวียน (Annual crop) ที่ สามารถทำการเพาะปลูกได้ง่าย ไม่นานก็ให้ผลผลิต ทำให้ปริมาณที่ได้ในแต่ละเดือนนั้นไม่แน่นอน โดยในช่วงที่มีผลผลิตออกสู่ตลาดมากที่สุดจะทำให้มีความกว้างของการกระจายตัวมากกว่าในช่วงที่ไม่ มีผลผลิต ในบางครั้งมีการกระจายตัวถึง 15-20% ที่เดียวซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก ทำให้การทำนายผลผลิต ในแต่ละเดือนเป็นไปได้ยาก

4.3 แบบจำลองภาคเกษตรกรรม

แบบจำลองภาคเกษตรกรรมมีจุดมุ่งหมายเพื่อช่วยในการทำนายปริมาณของพืชน้ำมัน โดยทั่วไปแล้วปริมาณของพืชน้ำมันแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยหลักคือ เนื้อที่เพาะปลูกและผลผลิตต่อไร่ โดยเนื้อที่เพาะปลูกจะแสดงได้ในรูปของเนื้อที่เก็บเกี่ยว ส่วนผลผลิตต่อไร่จะขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ อีกทีหนึ่ง เช่น ราคาพืชที่ปลูกทดแทน ราคาปุ๋ย ปริมาณน้ำฝน ราคาที่ถูกคาดคะเนล่วงหน้า ราคาขายแม่ลง ราคาที่เกษตรกรได้รับในปีที่ผ่านมา ปริมาณการผลิตปีที่แล้ว การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีในแต่ละปี นโยบายที่รัฐบาลส่งเสริม เป็นต้น ดังนั้นแบบจำลองปริมาณพืชน้ำมันจึงควรมีตัวแปรเหล่านี้ประกอบอยู่ด้วย

4.3.1 สมการแบบจำลองปริมาณผลผลิตมะพร้าว

จะสามารถแสดงได้เป็น

$$PQCO_t = -94314.6 + 3.708HACO_t + 40.750FPCO_{t-4} + 0.03541RQ_t + 34.463YR_t \quad (4.1)$$

โดยที่	PQCO	=	ปริมาณผลผลิตมะพร้าว, พันตัน
	HACO	=	พื้นที่เก็บเกี่ยวมะพร้าว, พันไร่
	FPCO	=	ราคาที่เกษตรกรขายได้, บาท/กก.
	RQ	=	ปริมาณฝนทั้งประเทศ, มม.
	YR	=	แนวโน้มทางด้านเวลา แทนการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี, ปี พ.ศ.

จากสมการของแบบจำลองปริมาณผลผลิตมะพร้าวจะเห็นได้ว่าปริมาณผลผลิตมะพร้าวภายในประเทศที่คำนวณได้จะขึ้นอยู่กับพื้นที่เก็บเกี่ยว ราคาจริงที่เกษตรกรได้รับเมื่อ 4 ปีที่แล้ว ปริมาณฝน และเทคโนโลยีที่เปลี่ยนไป ทั้งนี้เพราะมะพร้าวใช้ระยะเวลาปลูกจนให้ผลประมาณ 4-6 ปีและเป็นพืชยืนต้นที่มีอายุนับสิบปี พื้นที่เก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น 1,000 ไร่ จะส่งผลให้มีปริมาณมะพร้าวออกสู่ตลาดเพิ่มขึ้น 3,708 ตันโดยประมาณ ราคาจริงที่เกษตรกรได้รับเมื่อ 4 ปีที่แล้วเพิ่มขึ้น 1 บาท/กก. จะส่งผลให้มีปริมาณมะพร้าวออกสู่ตลาดเพิ่มขึ้น 40,750 ตันโดยประมาณ นอกจากนี้เทคโนโลยีในการผลิตมะพร้าวก็น่าจะเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยในแต่ละปี 34,463 ตัน และปริมาณฝนมีผลทำให้ปริมาณมะพร้าวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

4.3.2 สมการแบบจำลองปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมัน

จะสามารถแสดงได้เป็น

$$PQPO_t = 654748.357 + 6.669HA_t + 106.903FPPO_t - 0.176RQ_t - 0.280PQPO_{t-1} - 258.634YR_t + 379.673GP_t \quad (4.2)$$

โดยที่	PQPO	=	ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมัน พันตัน
	HAPO	=	พื้นที่เก็บเกี่ยวปาล์ม, พันไร่
	FPPO	=	ราคาที่เกี่ยวข้องซื้อขายได้, บาท/กก.
	RQ	=	ปริมาณฝน (Rain quantity), มม.
	YR	=	แนวโน้มทางด้านเวลา แทนการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี, ปี พ.ศ.
	GP	=	นโยบายการส่งเสริมของรัฐบาล, 0 หรือ 1

ปาล์มน้ำมันเป็นสินค้าอีกชนิดหนึ่งที่รัฐบาลต้องมีนโยบายคุ้มครองเกษตรกรภายในประเทศซึ่งนอกจากจะตั้งกำแพงภาษีนำเข้าเพื่อป้องกันน้ำมันปาล์มจากมาเลเซียไม่ให้ทะลักเข้ามาในประเทศอันจะทำให้ราคาน้ำมันภายในประเทศตกต่ำ จากสมการของแบบจำลองปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันจะเห็นได้ว่าปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันภายในประเทศที่คำนวณได้จะขึ้นอยู่กับพื้นที่เก็บเกี่ยว ราคาจริงที่เกษตรกรได้รับ ปริมาณฝน ปริมาณปาล์มน้ำมันปีที่แล้ว เทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลง และนโยบายการส่งเสริมของรัฐบาล โดยพื้นที่เก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น 1,000 ไร่ จะส่งผลให้มีปริมาณปาล์มน้ำมันออกสู่ตลาดเพิ่มขึ้น 6,669 ตัน โดยประมาณ ราคาจริงที่เกษตรกรได้รับเพิ่มขึ้น 1 บาท/กก. จะส่งผลให้มีปริมาณปาล์มน้ำมันออกสู่ตลาดเพิ่มขึ้น 106,903 ตันโดยประมาณ จากแบบจำลองจะเห็นได้ว่าปริมาณฝนและเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไปกลับทำให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันลดลงทั้งที่ควรเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญในช่วงปี พ.ศ.2541 ซึ่งส่งผลทำให้มีปริมาณฝนไม่เป็นไปตามฤดูกาล ทำให้ผลผลิตปาล์มลดลงอย่างไม่เป็นปกติส่งผลให้แบบจำลองในช่วงเวลานี้มีความไม่ปกติขึ้น เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นซึ่งจะมีอายุหลายปี ดังนั้นปาล์มน้ำมันที่ปลูกในปีก่อนจะคงให้ผลผลิตในปีต่อมา โดยผลผลิตปาล์มน้ำมันในปีก่อนเพิ่มขึ้น 1,000 ตันจะส่งผลให้ปริมาณปาล์มน้ำมันในปีนี้อลดลง 176 ตัน โดยประมาณ นอกจากนี้ นโยบายการส่งเสริมของรัฐบาลจะส่งผลทำให้ปริมาณมะพร้าวเพิ่มขึ้น 379,673 ตัน โดยประมาณ

4.3.3 สมการแบบจำลองปริมาณผลผลิตถั่วเหลือง

จะสามารถแสดงได้เป็น

$$PQSB_t = -594707.92 + 21.591HASB_t - 1967.2FPSB_t + 0.568RQ_t - 15.622PQ_{t-1} + 21.982YR_t + 2211.27GP_t \quad (4.3)$$

โดยที่	PQSB	=	ปริมาณผลผลิตถั่วเหลือง, ตัน
	HASB	=	พื้นที่เก็บเกี่ยวถั่วเหลือง, 1000 ไร่
	FPSB	=	ราคาที่เกษตรกรขายได้, บาท/กก.
	RQ	=	ปริมาณฝนทั่วประเทศ, มม.
	RQ	=	ปริมาณฝน, มม.
	YR	=	แนวโน้มทางด้านเวลา แทนการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี, ปี พ.ศ.
	GP	=	นโยบายการส่งเสริมของรัฐบาล, 0 หรือ 1

จากสมการของแบบจำลองปริมาณผลผลิตถั่วเหลืองจะเห็นได้ว่าปริมาณผลผลิตถั่วเหลืองภายในประเทศที่คำนวณได้จะขึ้นอยู่กับพื้นที่เก็บเกี่ยว ราคาจริงที่เกษตรกรได้รับ ปริมาณฝน ปริมาณปาล์มน้ำมันปีที่แล้ว เทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลง และนโยบายการส่งเสริมของรัฐบาล โดยพื้นที่เก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น 1 พันไร่ จะส่งผลให้มีปริมาณถั่วเหลืองออกสู่ตลาดเพิ่มขึ้น 21,591 ตัน โดยประมาณ ราคาจริงที่เกษตรกรได้รับเพิ่มขึ้น 1 บาท/กก. จะส่งผลให้มีปริมาณถั่วเหลืองออกสู่ตลาดเพิ่มขึ้น 1,967,200 ตัน โดยประมาณ ปริมาณฝนมีผลทำให้ปริมาณถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ผลผลิตถั่วเหลืองในปีก่อนเพิ่มขึ้น 1000 ตันจะส่งผลให้ปริมาณถั่วเหลืองในปีนี้อลดลง 15,622 ตัน โดยประมาณ เทคโนโลยีในการผลิตส่งผลให้ปริมาณถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยในแต่ละปี 213,982 ตัน โดยประมาณ นอกจากนี้ นโยบายการส่งเสริมของรัฐบาลจะส่งผลทำให้ปริมาณถั่วเหลืองมะพร้าวเพิ่มขึ้น 379,673 ตัน โดยประมาณ

4.4 แบบจำลองภาคอุตสาหกรรม

แบบจำลองภาคอุตสาหกรรมทำหน้าที่ในการทำนายปริมาณและราคาของน้ำมันพืช เมื่อทราบปริมาณและราคาของพืชน้ำมัน โดยราคาของน้ำมันดิบและน้ำมันบริสุทธิ์สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการต่อไปนี้ดังนี้

น้ำมันดิบ

$$\text{Crude oil Quantity} = (\text{Crude oil yield}) * (\text{Plant quantity}) \quad (4.4)$$

$$\begin{aligned} \text{Crude oil Price} &= (\text{Plant cost} / \text{Crude oil yield}) \\ &+ \text{Cost (Transport + Extraction + Other)} \\ &- \text{By product price (Shell + Meal + Other)} \end{aligned} \quad (4.5)$$

น้ำมันบริสุทธิ์

$$\text{Refine oil Quantity} = (\text{Refine oil yield}) * (\text{Crude oil quantity}) \quad (4.6)$$

$$\begin{aligned} \text{Refine oil Price} &= (\text{Crude oil price} / \text{Refine oil yield}) \\ &+ \text{Cost (Transport + Refining + Other)} \\ &- \text{By product price} \end{aligned} \quad (4.7)$$

ปริมาณของน้ำมันดิบและน้ำมันบริสุทธิ์จะขึ้นอยู่กับปริมาณของพืชน้ำมันและร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้ในพืชน้ำมันนั้น ส่วนราคาของน้ำมันดิบจะขึ้นอยู่กับราคาของพืชน้ำมัน ค่าใช้จ่ายในกระบวนการสกัดรวมทั้งค่าขนส่ง โดยจะมีมูลค่าของผลพลอยได้ เช่น กะลา กาก หรือเนื้อของพืชน้ำมัน ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์และปศุสัตว์ มาหักลบออกออกไป เช่นเดียวกับราคาของน้ำมันบริสุทธิ์จะขึ้นอยู่กับราคาของพืชน้ำมันค่าใช้จ่ายในกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ และลบออกด้วยมูลค่าของผลพลอยได้

4.5 การเลือกน้ำมันดีเซลในการผลิตดีเซลผสมน้ำมันพืช

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกน้ำมันดีเซลที่ขายในท้องตลาดสองชนิดมาทำการศึกษาสมบัติทางเชื้อเพลิง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเลือกน้ำมันดีเซลที่ดีที่สุดมาทำการผสม โดยน้ำมันที่ดีที่สุดคือน้ำมันดีเซลที่สามารถผสมน้ำมันพืชผสมอยู่ได้มากที่สุด โดยที่ยังคงสมบัติตามมาตรฐานน้ำมันดีเซลของกรมการค้าภายใน การหาส่วนผสมที่เหมาะสมทำโดยการสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์จำลองการผสม และการใช้ระเบียบขั้นตอนโปรแกรมเชิงเส้น โดยกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือมี

ปริมาณน้ำมันพืชในน้ำมันผสมมากที่สุด โดยสมการและอสมการข้อกำหนดคือให้น้ำมันผสมมีสมบัติตามมาตรฐานน้ำมันดีเซลของกรมการค้าภายใน โดยไม่นำผลของปริมาณและราคาเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยผลที่ได้คือร้อยละของน้ำมันในน้ำมันผสม และปริมาณน้ำมันพืชสูงสุดที่มีได้ ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบผลของน้ำมันดีเซลสองชนิด

น้ำมัน	อัตราส่วนน้ำมัน	
	ดีเซล ปตท.	ดีเซล เชลล์
น้ำมันดีเซล	0.9344	0.9354
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	0.0628	0.0646
น้ำมันปาล์มดิบ	0.0000	0.0000
น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	0.0000	0.0000
น้ำมันปาล์มเมล็ดใน	0.0000	0.0000
น้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์	0.0028	0.0000
รวมทั้งหมด	1.0000	1.0000
รวมน้ำมันพืช	0.0656	0.0646

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า น้ำมันดีเซลของปตท. สามารถมีร้อยละน้ำมันพืชในน้ำมันผสมได้ร้อยละ 6.56 ซึ่งสูงกว่าน้ำมันดีเซลเชลล์ที่สามารถมีร้อยละน้ำมันพืชในน้ำมันผสมได้ร้อยละ 6.46 เล็กน้อย คือประมาณร้อยละ 0.1 โดยที่ยังสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันผสมที่ได้จากน้ำมันดีเซลทั้งสองชนิดยังมีค่าอยู่ในมาตรฐานน้ำมันดีเซลและมีค่าใกล้เคียงกันมากใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ดังนั้นจึงทำการเลือกน้ำมันดีเซลจาก ปตท. มาทำการศึกษาต่อไป และร้อยละของน้ำมันพืชที่มีได้มากที่สุด ในน้ำมันผสม คือ ร้อยละ 6.56 เมื่อใช้น้ำมันดีเซลปตท. โดยมีน้ำมันมะพร้าว 6.27 และน้ำมันถั่วเหลืองอีกร้อยละ 0.28

4.6 สมบัติของน้ำมันผสม

เมื่อได้ชนิดน้ำมันดีเซลที่เหมาะสมแล้ว ต่อไปจึงศึกษาผลของสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันผสมที่มีน้ำมันพืชอยู่สูงสุดเท่าที่เป็นได้ โดยเลือกใช้น้ำมันดีเซลปตท. โดยไม่นำผลของปริมาณและราคาเข้ามาเกี่ยวข้อง ผลของสมบัติน้ำมันผสมเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำมันดีเซลหมุนเร็วของกรมการค้าภายในแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สมบัติของน้ำมันผสมที่มีน้ำมันพืชมากที่สุดเทียบกับมาตรฐานน้ำมันดีเซล

สมบัติทางเชื้อเพลิง	มาตรฐานน้ำมันดีเซล	น้ำมันผสม
ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ	0.81-0.87	0.8426
ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ (เซนติสโตกส์)	1.8-4.1	4.1
จุดไหลเท (°ซ)	≤ 10	-7.1
จุดวาบไฟ (°ซ)	≥ 52	58.5
คาร์บอนคงเหลือ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	≤ 0.05	0.05
เถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	≤ 0.05	0.001
ธาตุกำมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	≤ 0.05	0.0243
น้ำและตะกอน (ร้อยละโดยปริมาตร)	≤ 0.05	0
ค่าความร้อน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	-	44.87

เมื่อมีการเติมน้ำมันลงในน้ำมันดีเซลจะได้น้ำมันผสมที่มีสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิมโดยเมื่อมีร้อยละของน้ำมันพืชในน้ำมันผสมมากขึ้นก็จะทำให้มีค่าความถ่วงจำเพาะ ความหนืด จุดไหลเท จุดวาบไฟ คาร์บอนคงเหลือ และเถ้าที่มากขึ้น และมีค่าความร้อนต่ำลง จนเมื่อถึงจุดหนึ่งน้ำมันผสมก็จะมีสมบัติทางเชื้อเพลิงไม่อยู่ในมาตรฐานน้ำมันดีเซล ผลจากแบบจำลองที่แสดงในตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าสมบัติของน้ำมันผสมอยู่ในมาตรฐานน้ำมันดีเซลของกรมการค้าภายใน โดยพบว่าน้ำมันผสมมีค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ เป็น 4.1 เซนติสโตกส์ และมีค่าคาร์บอนคงเหลือเท่ากับ 0.05 ร้อยละโดยน้ำหนัก ซึ่งเท่ากับข้อกำหนดของมาตรฐานน้ำมันดีเซลพอดี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสมบัติทางเชื้อเพลิงทั้งสองข้อเป็นข้อจำกัดสำหรับการผลิตน้ำมันผสม จากหัวข้อ 4.5 การเลือกน้ำมันดีเซลในการผลิตดีเซลผสมน้ำมันพืชและร้อยละของน้ำมันพืชสูงสุด จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลปกติ จะมีร้อยละของน้ำมันพืชได้มากที่สุดร้อยละ 6.56 โดยมีน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ 6.27 และน้ำมันถั่วเหลืองอีกร้อยละ 0.28 โดยที่เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเซลล์จะใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ร้อยละ 6.28 เท่านั้น สาเหตุที่ต้องมีน้ำมันถั่วเหลืองเข้ามาผสมด้วยก็เนื่องจากแบบจำลองจะเลือกน้ำมันที่มีค่าคาร์บอนคงเหลือและค่าความหนืดต่ำที่สุดก่อน ซึ่งก็ได้แก่น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ แต่ในกรณีของน้ำมันผสมดีเซลปกติ นั้นต้องมีน้ำมันถั่วเหลืองด้วยก็เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวมีจุดไหลเทที่สูงกว่ามาตรฐานน้ำมันดีเซลคือ 16 °ซ ดังนั้นเมื่อมีปริมาณของน้ำมันมะพร้าวอยู่มากก็จะทำให้น้ำมันผสมมีจุดไหลเทที่สูงเกินไป จึงต้องเลือกน้ำมันพืชอีกชนิดมาเติมเพื่อให้มีจุดไหลเทอยู่ในมาตรฐาน ซึ่งก็ได้แก่น้ำมันถั่วเหลืองนั่นเอง

และเมื่อทำการจำลองการผสมใหม่อีกครั้งโดยครั้งนี้จะเลือกสมบัติ 2 ข้อที่สำคัญ คือ ค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ และค่าคาร์บอนคงเหลือ เท่านั้น มาเป็นอสมการข้อกำหนด ซึ่งจะได้ อสมการข้อกำหนด 3 อสมการ และจะพบว่าให้ผลที่เหมือนกันทุกประการกับการใช้สมบัติทาง เชื้อเพลิงทุกชนิดเป็นข้อกำหนด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสมบัติทั้ง 2 ข้อนี้คือ คือค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ และค่าคาร์บอนคงเหลือ คือสมบัติที่สำคัญที่สุดในการผสม

4.7 การเลือกชนิดของน้ำมันและการกำหนดค่าใช้จ่ายในการผลิต

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกน้ำมันพืช 5 ชนิดมาทำการศึกษา ได้แก่ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ น้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ น้ำมันปาล์มเมล็ดใน และน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ แต่จากการศึกษา พบว่าน้ำมันที่มีศักยภาพมากพอที่จะนำมาใช้ผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชนั้นมีเพียง 3 ชนิด คือ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ น้ำมันปาล์มดิบ และน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ เนื่องจากมีปริมาณมากเพียงพอที่จะใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ [1,2] ในขณะที่น้ำมันปาล์มเมล็ดในนั้นเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่อไป ส่วนน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ในปัจจุบันยังอาศัยการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก [14] ทำให้น้ำมันทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณไม่มากพอที่จะนำมาใช้ในการผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะเลือกน้ำมันพืช 3 ชนิดเข้ามาพิจารณาในแบบจำลอง คือ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ น้ำมันปาล์มดิบ และน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

เนื่องน้ำมันพืชโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็นน้ำมันดิบและน้ำมันบริสุทธิ์ ดังนั้นขั้นตอนในการผลิตน้ำมันพืชจึงประกอบด้วย 2 ขั้นตอนที่สำคัญ คือขั้นตอนการผลิตน้ำมันดิบจากพืชน้ำมัน และขั้นตอนการผลิตน้ำมันบริสุทธิ์จากน้ำมันดิบ โดยกำหนดค่าใช้จ่ายในการผลิตแต่ละขั้นตอนดังตารางที่ 4.6–4.9

ตารางที่ 4.6 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตน้ำมันดิบ [1,2,17]

ค่าใช้จ่าย	น้ำมันมะพร้าว	น้ำมันปาล์ม
การขนส่ง (บาท/กก. พืชน้ำมัน)	0.00	0.00
ค่าสกัด (บาท/กก. น้ำมันดิบ)*	1.00	2.00
อื่นๆ (บาท/กก. น้ำมันดิบ)	0.00	0.00
อื่นๆ (บาท/กก. น้ำมันดิบ)	0.00	0.00

* ค่าสกัดน้ำมันที่รวมค่าขนส่งแล้ว

ตารางที่ 4.7 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตน้ำมันบริสุทธิ์ [1,2,17]

ค่าใช้จ่าย	น้ำมันมะพร้าว	น้ำมันปาล์ม
การขนส่ง (บาท/กก. น้ำมันดิบ)	0.68	0.68
ค่าทำให้บริสุทธิ์ (บาท/กก.)	2.50	3.00
อื่นๆ (บาท/กก.)	0.00	0.00

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลของน้ำมันดิบ [8,15,16,17,48, 49]

ส่วนประกอบ	เนื้อมะพร้าวตากแห้ง		ปาล์ม	
	ร้อยละ	ราคา (บาท/กก.)	ร้อยละ	ราคา (บาท/กก.)
น้ำมัน	55.0	-	18.0	
กะลา	0.0	-	6.0	0.6
เนื้อ	39.0	6.5	4.0	2.5*ราคาปาล์ม*
กาก	0.0	-	72.0	-
อื่นๆ	6.0	-	0	-
รวม	100.0		100	

* ประมาณโดยใช้ข้อมูลจากราคาเนื้อปาล์มเทียบกับราคาปาล์มน้ำมันเฉลี่ย

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลของน้ำมันบริสุทธิ์ [15,17]

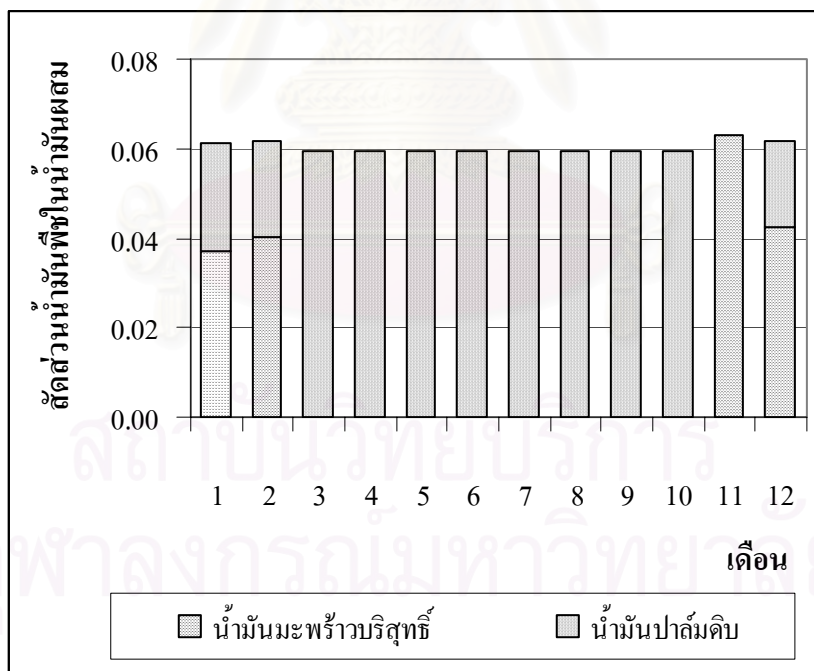
ส่วนประกอบ	น้ำมันมะพร้าว		น้ำมันปาล์ม	
	ร้อยละ	ราคา (บาท/กก.)	ร้อยละ	ราคา (บาท/กก.)
น้ำมัน	92.0	-	92.0	-
อื่นๆ	8.0	-	8.0	-
รวม	100		100	

การคิดราคาของมะพร้าวจะใช้ข้อมูลจาก สำนักเศรษฐกิจการเกษตร โดยใช้อัตราการแปลงค่า มะพร้าวผล 1 ผลหนัก 1.25 กก. มะพร้าวผล 4 ผล ได้ เนื้อมะพร้าวแห้ง 1 กก. และร้อยละของมะพร้าวผลที่เข้าสู่อุตสาหกรรมคือร้อยละ 30 ของผลผลิตทั้งหมด [50]

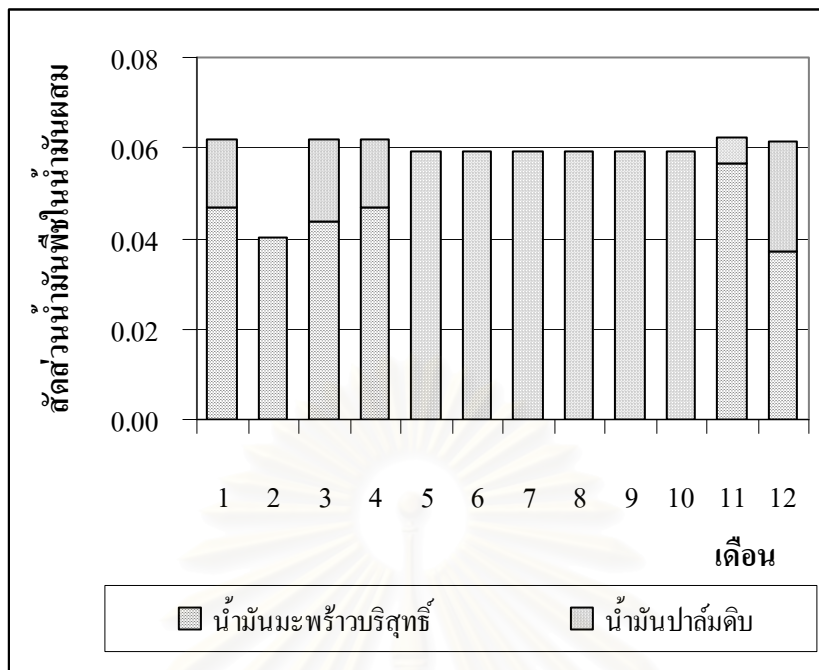
4.8 ผลของฤดูกาลที่มีต่อการผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช

การศึกษาผลของฤดูกาลที่มีต่อการผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชโดยใช้ข้อมูลราคาและปริมาณของพืชน้ำมันในช่วงปี พ.ศ. 2544-2545 โดยสัดส่วนของน้ำมันแสดงในรูปที่ 4.4 และ 4.5 และสมบัติของน้ำมันผสมที่ได้แสดงในตารางที่ 4.10 และ 4.11

จากการศึกษาพบว่าทั้งสองปีมีแนวโน้มที่เหมือนกันคือในช่วงแรกของปีคือช่วงประมาณเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนเป็นช่วงที่ราคาของเนื้อมะพร้าวตากแห้งซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์นั้นมีราคาถูกแต่ปลั้มน้ำมันซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตน้ำมันปลั้มน้ำมันสูงทำให้ในช่วงนี้แบบจำลองได้เลือกน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มาทำการผสมกับน้ำมันดีเซล แต่เนื่องจากในช่วงนี้เป็นช่วงที่มะพร้าวออกสู่ตลาดน้อยทำให้มีปริมาณไม่เพียงพอกับการนำมาผสมกับน้ำมันดีเซลเพื่อให้ได้น้ำมันผสมที่มีปริมาณตามต้องการที่ 63 ลิตรต่อเดือน ทำให้อาจต้องมีการนำน้ำมันปลั้มน้ำมันมาผสมเข้าด้วยอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งจะส่งผลต่อสูตรที่ใช้จะไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำมันมะพร้าวในแต่ละเดือนนั่นเอง สำหรับสูตรการผสมน้ำมันมะพร้าวเมื่อมีปริมาณมะพร้าวมากเพียงพอคือมีน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในน้ำมันผสมร้อยละ 6.28



รูปที่ 4.4 สัดส่วนของน้ำมันพืชในน้ำมันผสมรายเดือน จากข้อมูลปี พ.ศ. 2544



รูปที่ 4.5 สัดส่วนของน้ำมันพืชในน้ำมันผสมรายเดือนจากข้อมูลปี พ.ศ. 2545

ในช่วงหลังของปีคือช่วงประมาณเดือนมีนาคม (หรือเดือนพฤษภาคม) ถึงเดือนตุลาคมจะเป็นช่วงที่ราคาของเนื้อมะพร้าวตากแห้งสูงขึ้นมา แต่ราคาของปาล์มน้ำมันปรับตัวเล็กน้อยทำให้แบบจำลองเลือกน้ำมันปาล์มดิบมาผสม และเนื่องจากน้ำมันปาล์มดิบมีปริมาณเพียงพอกับการนำมาผสมกับน้ำมันดีเซลเพื่อให้ได้น้ำมันผสมที่มีปริมาณตามต้องการที่ 63 ล้านลิตรต่อเดือน ทำให้สูตรในการผสมในช่วงนี้แน่นอน คือใช้น้ำมันปาล์มดิบในน้ำมันผสมร้อยละ 5.94 ซึ่งน้อยกว่าการใช้ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 สัดส่วนและสมบัติของน้ำมันผสมรายเดือนจากข้อมูลปี พ.ศ. 2544

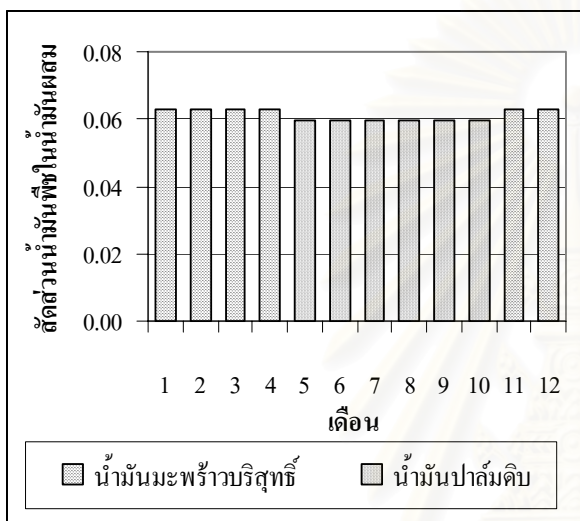
รายการ	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
สัดส่วนน้ำมัน												
น้ำมันดีเซล	0.9386	0.9384	0.9406	0.9406	0.9406	0.9406	0.9406	0.9406	0.9406	0.9406	0.9372	0.9383
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	0.0372	0.0404	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0628	0.0425
น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	0.0242	0.0212	0.0594	0.0594	0.0594	0.0594	0.0594	0.0594	0.0594	0.0594	0.0000	0.0192
สมบัติน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช												
ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ	0.8422	0.8422	0.8419	0.8419	0.8419	0.8419	0.8419	0.8419	0.8419	0.8419	0.8424	0.8422
ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ, เซนติสโตกส์	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
จุดไหลเท, °ซ	-6.7	-6.8	-6.2	-6.2	-6.2	-6.2	-6.2	-6.2	-6.2	-6.2	-7.1	-6.8
จุดวาบไฟ, °ซ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
กาก, ร้อยละโดยน้ำหนัก	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
เถ้า, ร้อยละโดยน้ำหนัก	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
ธาตุกำมะถัน, ร้อยละโดยน้ำหนัก	0.0244	0.0244	0.0245	0.0245	0.0245	0.0245	0.0245	0.0245	0.0245	0.0245	0.0244	0.0244
ปริมาณน้ำและตะกอน, ร้อยละโดยปริมาตร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ค่าความร้อน, เมกะจูลต่อกิโลกรัม	44.91	44.91	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.89	44.91

ตารางที่ 4.11 สัดส่วนและสมบัติของน้ำมันผสมรายเดือนจากข้อมูลปี พ.ศ. 2545

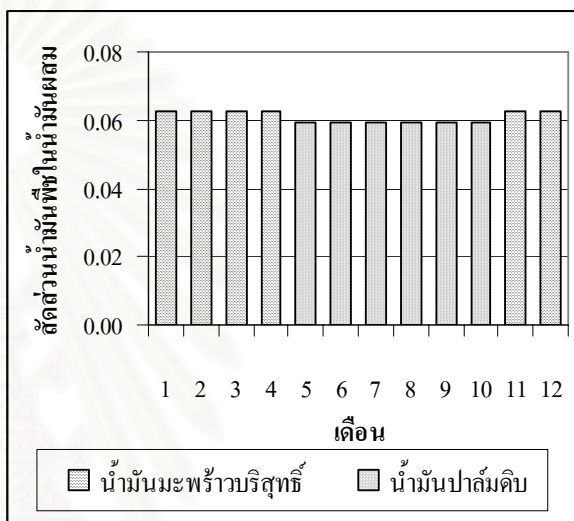
รายการ	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
สัดส่วนน้ำมัน												
น้ำมันดีเซล	0.9374	0.9379	0.9376	0.9374	0.9406	0.9406	0.9406	0.9406	0.9406	0.9406	0.9372	0.9381
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	0.0585	0.0505	0.0545	0.0585	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0628	0.0465
น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	0.0041	0.0116	0.0078	0.0041	0.0594	0.0594	0.0594	0.0594	0.0594	0.0594	0.0000	0.0154
สมบัติน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช												
ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ	0.8419	0.8423	0.8423	0.8424	0.8419	0.8419	0.8419	0.8419	0.8419	0.8419	0.8424	0.8423
ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ, เซนติสโตกส์	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
จุดไหลเท, °ซ	-7.0	-6.9	-7.0	-7.0	-6.2	-6.2	-6.2	-6.2	-6.2	-6.2	-7.1	-6.9
จุดวาบไฟ, °ซ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
กาก, ร้อยละโดยน้ำหนัก	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
เถ้า, ร้อยละโดยน้ำหนัก	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
ธาตุกำมะถัน, ร้อยละโดยน้ำหนัก	0.0244	0.0244	0.0244	0.0244	0.0245	0.0245	0.0245	0.0245	0.0245	0.0245	0.0244	0.0244
ปริมาณน้ำและตะกอน, ร้อยละโดยปริมาตร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ค่าความร้อน, เมกะจูลต่อกิโลกรัม	44.89	44.90	44.90	44.89	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.89	44.90

4.9 ปริมาณน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช

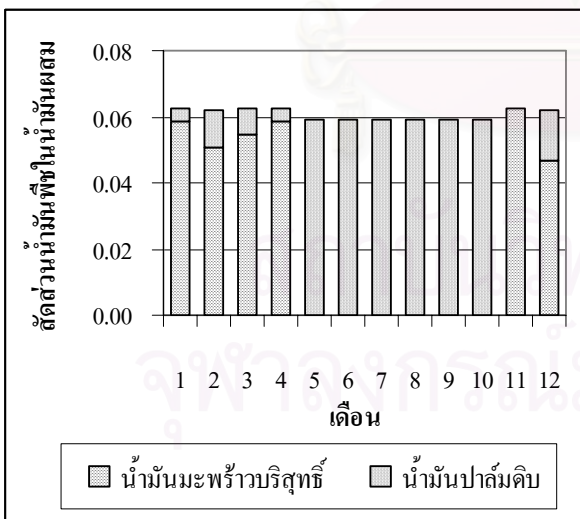
เมื่อกำหนดความต้องการน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชเป็นร้อยละ 5 ของปริมาณความต้องการน้ำมันดีเซลทั้งประเทศ หรือ 63 ล้านลิตรต่อเดือน พบว่าปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีไม่มากพอ ดังนั้นจึงทำการศึกษาความต้องการน้ำมันพืชที่ปริมาณความต้องการน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชร้อยละ 2, 3, 4 และ 5 ของปริมาณความต้องการน้ำมันดีเซลทั้งประเทศ โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2545 ผลการศึกษาแสดงในรูปที่ 4.6 และ 4.7



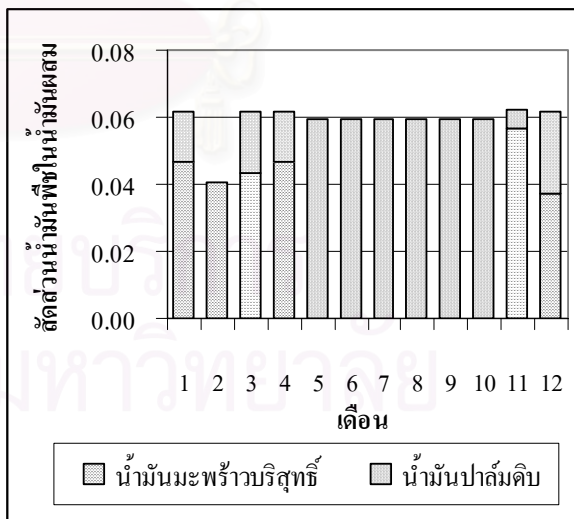
ร้อยละ 2 (25.2 ล้านลิตร/เดือน)



ร้อยละ 3 (37.8 ล้านลิตร/เดือน)

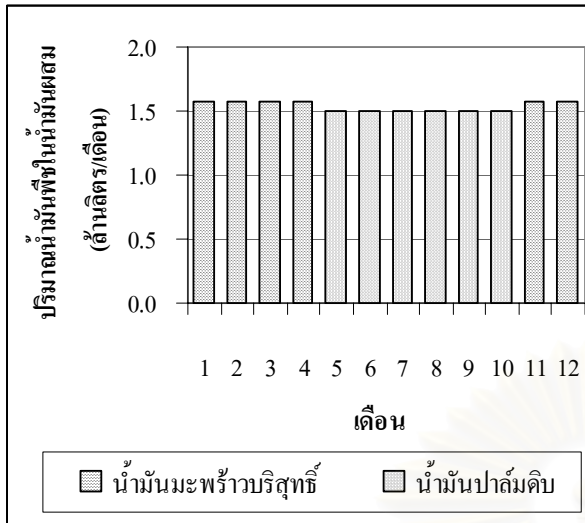


ร้อยละ 4 (50.4 ล้านลิตร/เดือน)

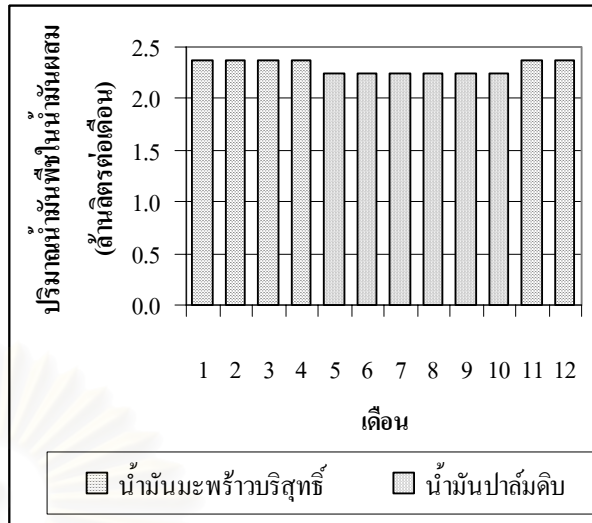


ร้อยละ 5 (63 ล้านลิตร/เดือน)

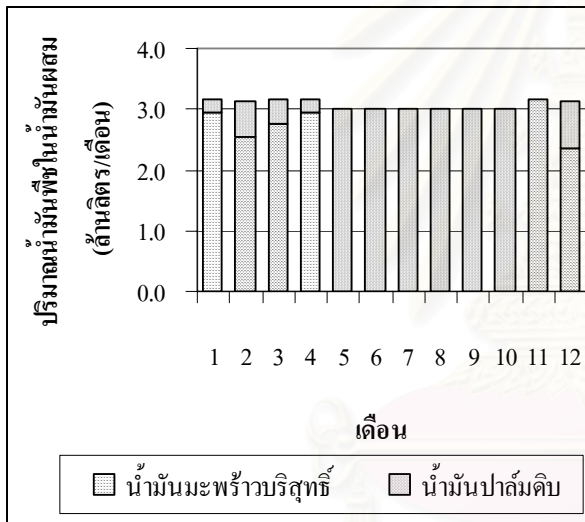
รูปที่ 4.6 สัดส่วนของน้ำมันพืชในน้ำมันผสมที่ปริมาณความต้องการน้ำมันผสมต่างๆ



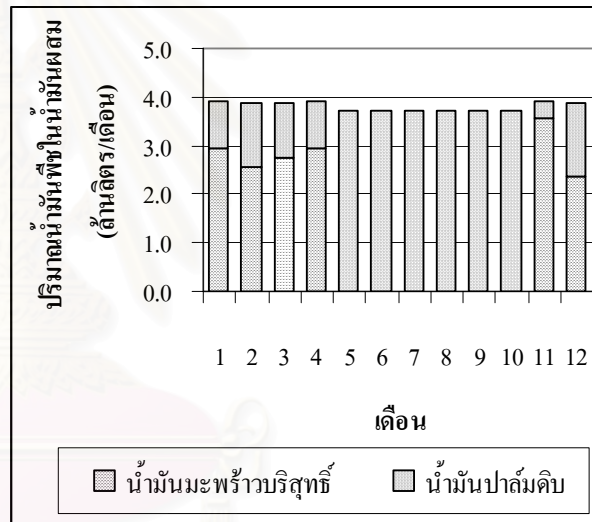
ร้อยละ 2 (25.2 ลิตร/เดือน)



ร้อยละ 3 (37.8 ลิตร/เดือน)



ร้อยละ 4 (50.4 ลิตร/เดือน)



ร้อยละ 5 (63 ลิตร/เดือน)

รูปที่ 4.7 ความต้องการน้ำมันพืชที่ปริมาณความต้องการน้ำมันผสมต่างๆ

จะเห็นได้ว่าเมื่อร้อยละของความต้องการน้ำมันผสมลดลงจากที่ร้อยละ 5 ของความต้องการน้ำมันดีเซลทั้งประเทศลดลง สัดส่วนของน้ำมันมะพร้าวในน้ำมันผสมของเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนจะเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากปริมาณความต้องการน้ำมันลดลงแต่มีปริมาณน้ำมันคงที่ และจะคงที่ที่ความต้องการน้ำมันผสมน้อยกว่าร้อยละ 3 ของความต้องการน้ำมันดีเซลทั้งประเทศ โดยสัดส่วนและสมบัติของน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชที่ความต้องการน้ำมันผสมต่ำกว่าร้อยละ 3 ของความต้องการน้ำมันดีเซลทั้งประเทศ แสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 สัดส่วนและสมบัติของน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชที่ความต้องการน้ำมันผสมต่ำกว่าร้อยละ 3 ของความต้องการน้ำมันดีเซลทั้งประเทศ

รายการ	เดือน	
	พ.ย. – เม.ย.	พ.ค. – ต.ค.
<u>สัดส่วนน้ำมัน</u>		
น้ำมันดีเซล	0.9372	0.9406
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	0.0628	0.0000
น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	0.0000	0.0594
<u>สมบัติน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช</u>		
ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ	0.8424	0.8419
ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ, เซนติสโตกส์	4.1	4.1
จุดไหลเท, °ซ	-7.1	-6.2
จุดวาบไฟ, °ซ	58	58
กาก, ร้อยละโดยน้ำหนัก	0.050	0.050
เถ้า, ร้อยละโดยน้ำหนัก	0.001	0.001
ธาตุกำมะถัน, ร้อยละโดยน้ำหนัก	0.0244	0.0245
ปริมาณน้ำและตะกอน, ร้อยละโดยปริมาตร	0	0
ค่าความร้อน, เมกะจูลต่อกิโลกรัม	44.89	44.94

นั่นคือจะสามารถใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ได้มากที่สุดร้อยละ 6.28 ในน้ำมันผสม และเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบจะมีได้ไม่เกินร้อยละ 5.94

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.10 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของคำตอบ (Sensitivity analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของคำตอบทำให้ทราบถึงผลกระทบที่มีต่อตัวแปรหลักๆ ซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจ หรือค่าของตัวแปรตัดสินใจ เมื่อค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในแบบจำลองเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ว่ามีผลกระทบต่อคำตอบที่เหมาะสมที่สุดหรือไม่ ซึ่งจะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มตัวแปรที่มีผลต่อราคาน้ำมัน และกลุ่มตัวแปรที่มีผลต่อสมบัติน้ำมัน โดยใช้ข้อมูลต่างๆ เป็นค่าเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2542-2545 เป็นเวลา 4 ปี โดยค่าเฉลี่ยต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลเฉลี่ยในช่วงปี พ.ศ. 2542-2545

ข้อมูล	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน*
ราคาน้ำมันดีเซล (บาท/ลิตร)	12.18	2.15 (17.68%)
ราคาเนื้อมะพร้าวตากแห้ง (บาท/กก.)	6.33	2.47 (38.96 %)
ปริมาณมะพร้าว (พันตัน)	112.48	21.20 (18.85 %)
ราคาปาล์มน้ำมัน (บาท/กก.)	1.86	0.86 (46.50 %)
ปริมาณปาล์มน้ำมัน (พันตัน)	307.53	67.97 (22.10 %)

* ค่าในวงเล็บคือร้อยละผลต่างเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ย

ในการคำนวณปกติจะใช้ข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ย และจะคิดความอ่อนไหวในช่วงของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับผลการศึกษาคความอ่อนไหวของคำตอบในกลุ่มของตัวแปรที่มีผลต่อราคาน้ำมันผสม จะสามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วนคือ ส่วนของราคาน้ำมันและส่วนของกระบวนการผลิต โดยจะวิเคราะห์ความอ่อนไหวของคำตอบของทั้งน้ำมันดีเซล น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์ม โดยผลของความอ่อนไหวของคำตอบส่วนราคาน้ำมัน และความอ่อนไหวของคำตอบส่วนกระบวนการผลิตแสดงในตารางที่ 4.16

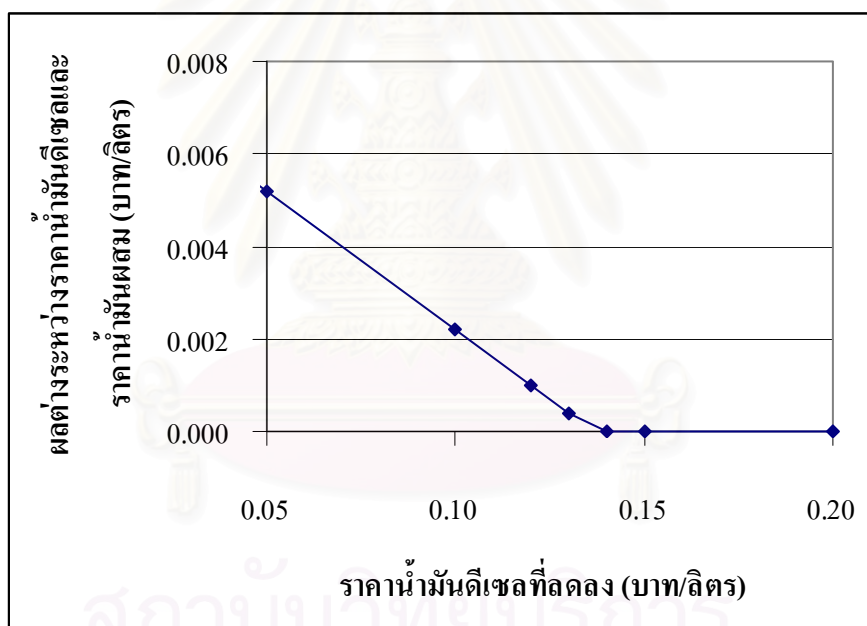
จากตารางที่ 4.14 จะเห็นได้ว่าเมื่อราคาของน้ำมันดีเซลเปลี่ยนแปลงไปจะมีผลทำให้ราคาของน้ำมันผสมเปลี่ยนแปลงไป แต่ไม่ได้ทำให้สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันผสมเปลี่ยนแปลงไป โดยราคาของน้ำมันดีเซลที่เพิ่มขึ้น 1 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ร้อยละ 17.68) ส่งผลให้ราคาของน้ำมันผสมเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.72 และเมื่อราคาของน้ำมันดีเซลลดลง 1 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่งผลให้ราคาของน้ำมันดีเซลต่ำกว่าราคาของน้ำมันพืชทำให้ไม่สามารถหาราคาค่าที่สุดได้ ดังนั้นจึงทำการหาราคาของน้ำมันดีเซลต่ำสุดที่ยังสามารถทำการผสมได้อยู่ โดยผลการศึกษาดังรูปที่

ตารางที่ 4.14 ความอ่อนไหวของค่าตอบส่วนราคาน้ำมัน

ราคา	ร้อยละที่เปลี่ยนไป*	ราคาน้ำมันผสมที่เปลี่ยนไป (%)
น้ำมัน ดีเซล ปตท.	+ 1 SD	+16.64
	- 1 SD	ไม่สามารถผสมได้
เนื้อมะพร้าวตากแห้ง	+ 1 SD	ไม่เปลี่ยนแปลง
	- 1 SD	-2.18
ปาล์มน้ำมัน	+ 1 SD	+0.52
	- 1 SD	-2.29

* ค่าบวก (+) แสดงค่าที่เพิ่มขึ้นและ ค่าลบ (-) แสดงค่าที่ลดลง

** SD คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

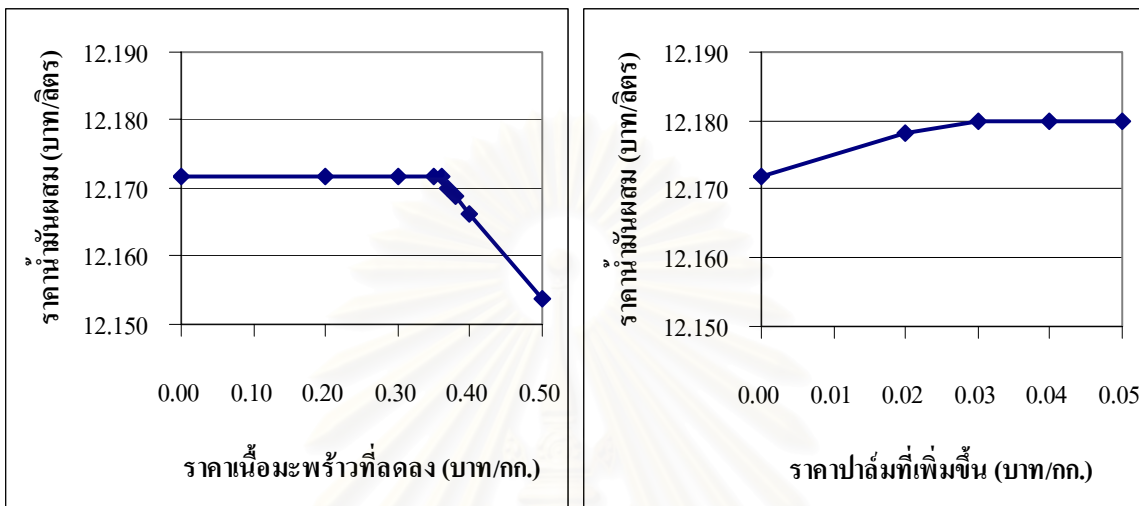


รูปที่ 4.8 ผลต่างของราคาน้ำมันผสมกับราคาน้ำมันดีเซลที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อราคาน้ำมันดีเซลลดลง

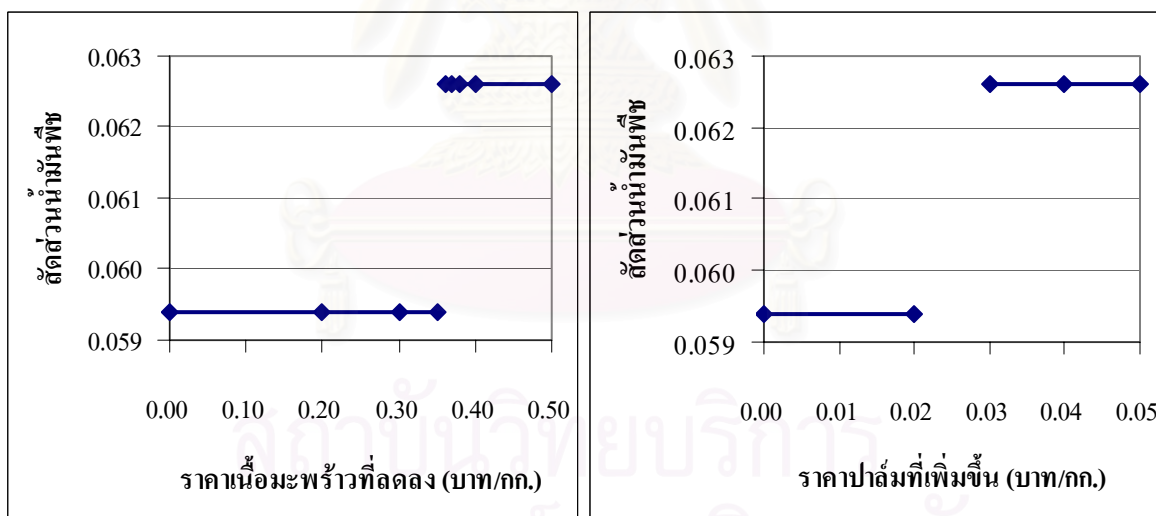
จากรูปที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าเมื่อราคาของน้ำมันดีเซลลดลงจะส่งผลให้ราคาของน้ำมันดีเซลและน้ำมันผสมใกล้เคียงกันมากขึ้น จนถึงจุดหนึ่ง คือที่ราคาน้ำมันดีเซลลดลง 0.13 บาท/ลิตรจะทำให้ราคาของน้ำมันดีเซลเท่ากับราคาของน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช และเมื่อทำการลดราคาของน้ำมันดีเซลต่อไปก็จะไม่สามารถผสมน้ำมันได้อีก เนื่องจากราคาของน้ำมันดีเซลต่ำกว่าราคาของ

น้ำมันพืช ดังนั้นราคาน้ำมันดีเซลต่ำสุดที่ยังสามารถทำการผสมระหว่างน้ำมันพืชและน้ำมันดีเซลได้คือ $12.18 - 0.13 = 12.05$ บาท/ลิตร หรือคิดเป็นร้อยละ 1.07 ของราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ย

การเปลี่ยนแปลงราคาเนื้อมะพร้าวตากแห้งและราคาปาล์มน้ำมันที่ส่งผลต่อราคาและสมบัติของน้ำมันผสม แสดงดังรูปที่ 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ



รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงราคามะพร้าวและปาล์มน้ำมันที่มีผลต่อราคาของน้ำมันผสม



รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงราคามะพร้าวและปาล์มน้ำมันที่มีผลต่อสัดส่วนน้ำมันพืช

จากรูปที่ 4.9 เมื่อราคาของเนื้อมะพร้าวตากแห้งลดลง จะพบว่าในช่วงแรกจะไม่ส่งผลกระทบต่อราคาของน้ำมันผสม เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้ยังมีราคาที่สูงกว่าปาล์มดิบอยู่ ทำให้แบบจำลองในช่วงนี้เลือกน้ำมันปาล์มดิบมาผสม ทำให้แม้จะลดราคาเนื้อมะพร้าวตากแห้งลงอย่างไรก็ไม่ส่งผลต่อราคาของน้ำมันผสม จนถึงเมื่อราคาของเนื้อมะพร้าวตากแห้งลดลงต่ำกว่า 0.36 บาท/กก. จากราคาเนื้อมะพร้าวตากแห้งเฉลี่ย (ร้อยละ 5.69 จากราคาเฉลี่ย) หรือ 6.69 บาท/กก. ของ

เนือมะพร้าวตากแห้ง ซึ่งเป็นจุดที่ราคาของเนือมะพร้าวตากแห้งทำให้ราคาของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่ำกว่าราคาของน้ำมันปาล์มดิบ ทำให้แบบจำลองเปลี่ยนการเลือกน้ำมันพืชจากน้ำมันปาล์มดิบเป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ และเมื่อราคาของเนือมะพร้าวตากแห้งลดลงอีกก็จะส่งผลให้ราคาของน้ำมันผสมลดลงอีก ในขณะที่ราคาของปาล์มน้ำมันจะมีทิศทางตรงข้ามคือ เมื่อราคาของปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นจะทำให้ราคาของน้ำมันผสมเพิ่มขึ้น และเมื่อสูงกว่า 0.02 บาท/กก. จากราคาปาล์มน้ำมันเฉลี่ย (ร้อยละ 1.08 จากราคาเฉลี่ย) หรือ 1.88 บาท/กก. ของปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นจุดที่ทำให้ราคาของน้ำมันปาล์มดิบสูงกว่าราคาน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ จึงทำให้ราคาของน้ำมันผสมคงที่ เนื่องจากแบบจำลองได้เปลี่ยนการเลือกชนิดน้ำมันจากน้ำมันปาล์มดิบเป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ และแม้จะเพิ่มราคาของปาล์มน้ำมันอีกก็ไม่ส่งผลใดๆ ต่อราคาน้ำมันผสม และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าเมื่อราคาของปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นจะไม่ส่งผลต่อสัดส่วนและสมบัติของน้ำมันพืชในน้ำมันผสม คือยังคงใช้น้ำมันปาล์มดิบในสัดส่วนร้อยละ 5.94 แต่เมื่อเพิ่มราคาของปาล์มน้ำมันมากกว่า 0.02 บาท/กก. จากราคาเฉลี่ย สมบัติของน้ำมันผสมจะเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากแบบจำลองจะเปลี่ยนการเลือกชนิดของน้ำมันเป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ คือจะมีสัดส่วนของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ อยู่ร้อยละ 6.28 และจะคงที่ต่อไปเนื่องจากข้อจำกัดทางด้านสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืช ซึ่งจะเช่นเดียวกับในการลดราคาของเนือมะพร้าวตากแห้งคือในช่วงแรกจะไม่ส่งผลต่อสัดส่วนของน้ำมัน และเมื่อลดต่ำกว่า 0.36 บาท/กก. จากค่าเฉลี่ยก็มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติของน้ำมันผสม เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงชนิดของน้ำมันพืช

สำหรับผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงไปของปริมาณพืชน้ำมันแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 การอ่อนไหวของคำตอบเนื่องจากการเปลี่ยนปริมาณพืชน้ำมัน

ปริมาณพืชน้ำมัน	ร้อยละที่เปลี่ยนไป	ราคาน้ำมันผสมที่เปลี่ยนไป (%)
ปริมาณมะพร้าว (พื้นต้น)	+ 1 SD	0
	- 1 SD	0
ปริมาณปาล์มน้ำมัน (พื้นต้น)	+ 1 SD	0
	- 1 SD	0

จากตารางที่ 4.15 แสดงการอ่อนไหวของคำตอบเนื่องจากปริมาณของพืชน้ำมันที่เปลี่ยนแปลงไป จะเห็นได้ว่าปริมาณของพืชน้ำมัน คือมะพร้าวและปาล์มน้ำมัน ที่เปลี่ยนแปลงไป จะไม่ส่งผลต่อราคาน้ำมันผสม และส่วนต่างของแบบจำลองเนื่องจากทั้งมะพร้าวและปาล์มน้ำมันมีปริมาณผลผลิตที่สูงมาก

ตารางที่ 4.16 ความอ่อนไหวของคำตอบส่วนกระบวนการผลิตน้ำมันพืช

ค่าใช้จ่าย	ร้อยละที่เปลี่ยนไป*	ราคาน้ำมันผสมที่เปลี่ยนไป (%)
การสกัดน้ำมันดิบ มะพร้าว	+ 50	ไม่เปลี่ยนแปลง
	-50	ไม่เปลี่ยนแปลง
การสกัดน้ำมันดิบ ปาล์มน้ำมัน	+ 50	ไม่สามารถผสมได้
	-50	-0.53
การขนส่งมะพร้าว	+ 50	ไม่เปลี่ยนแปลง
	-50	ไม่เปลี่ยนแปลง
การทำให้อับริสุทธิ์	+ 50	ไม่เปลี่ยนแปลง
	-50	ไม่เปลี่ยนแปลง

* ค่าบวก (+) แสดงค่าที่เพิ่มขึ้นและ ค่าลบ (-) แสดงค่าที่ลดลง

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของคำตอบส่วนกระบวนการผลิตนั้นจะพบว่าราคาของน้ำมันผสมจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตน้ำมันพืชสูงขึ้น โดยค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์นั้น ไม่มีผลต่อราคาน้ำมันผสมที่เปลี่ยนไปเนื่องจากการเปลี่ยนค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไม่ได้ทำให้ราคาของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่ำกว่าราคาน้ำมันปาล์มดิบ แบบจำลองจึงไม่เปลี่ยนชนิดน้ำมันพืช ในขณะที่ค่าใช้จ่ายในการสกัดน้ำมันปาล์มดิบที่เปลี่ยนแปลงไปจะทำให้ราคาของน้ำมันผสมเปลี่ยนไป คือเมื่อเพิ่มค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบร้อยละ 50 ส่งผลให้ราคาของน้ำมันปาล์มดิบสูงกว่าราคาน้ำมันดีเซลทำให้ไม่สามารถทำการผสมน้ำมันเพื่อให้ได้น้ำมันที่มีราคาต่ำกว่าน้ำมันดีเซลได้ และเมื่อลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตลงร้อยละ 50 ทำให้น้ำมันผสมลดลงร้อยละ 0.53 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าใช้จ่ายในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มมีผลต่อราคาน้ำมันผสมน้อยมาก

สำหรับการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของคำตอบในกลุ่มของตัวแปรที่มีผลต่อสมบัติน้ำมันผสม ซึ่งก็ได้แก่สมบัติของน้ำมันที่เปลี่ยนแปลงไป จะเห็นได้ว่าสมบัติของน้ำมันที่นำมาใช้มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ด้วย ดังนั้นในการศึกษาส่วนนี้จะเลือกสมบัติทางเชื้อเพลิงที่สำคัญสองประการที่มีผลต่อการผสมน้ำมันมาศึกษาถึงผลที่มีต่อสัดส่วนและราคาของน้ำมันผสม คือ ค่าความหนืดและค่าคาร์บอนคงเหลือของน้ำมัน โดยแบ่งออกเป็นสองส่วน คือความอ่อนไหวของคำตอบของสมบัติน้ำมัน และค่าความคลาดเคลื่อนของสมบัติเชื้อเพลิง ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4.17 และตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.17 ความอ่อนไหวของคำตอบส่วนสมบัติทางเชื้อเพลิง

สมบัติ	ร้อยละสมบัติที่ เปลี่ยนไป*	ราคาน้ำมันผสมที่ เปลี่ยนไป (%)	สัดส่วนน้ำมันพีช**
ความหนืด น้ำมันดีเซล	+ 10	+ 0.06	- 0.0498
	-10	ไม่เปลี่ยนไป	ไม่เปลี่ยนไป
ความหนืด น้ำมันมะพร้าว	+10	ไม่เปลี่ยนไป	ไม่เปลี่ยนไป
	-10	ไม่เปลี่ยนไป	ไม่เปลี่ยนไป
ความหนืด น้ำมันปาล์มดิบ	+10	ไม่เปลี่ยนไป	ไม่เปลี่ยนไป
	-10	ไม่เปลี่ยนไป	ไม่เปลี่ยนไป
คาร์บอนคงเหลือ น้ำมันดีเซล	+10	+ 0.02	- 0.0132
	-10	- 0.01	+ 0.0041
คาร์บอนคงเหลือ น้ำมันมะพร้าว	+10	ไม่เปลี่ยนไป	ไม่เปลี่ยนไป
	-10	ไม่เปลี่ยนไป	ไม่เปลี่ยนไป
คาร์บอนคงเหลือ น้ำมันปาล์มดิบ	+10	เพิ่มขึ้นน้อยมาก	- 0.0061
	-10	ลดลงน้อยมาก	+ 0.0041

* ค่าบวก (+) แสดงค่าที่เพิ่มขึ้นและ ค่าลบ (-) แสดงค่าที่ลดลง

** ผลต่างของสัดส่วนน้ำมัน

จากตารางที่ 4.17 ความอ่อนไหวของคำตอบส่วนสมบัติเชื้อเพลิง จะเห็นได้ว่าค่าความหนืดของน้ำมันดีเซลที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ทำให้ราคาของน้ำมันผสมเปลี่ยนไปเล็กน้อยคือ มีราคาเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.06 และมีสัดส่วนของน้ำมันพีชลดลง 0.0498 เนื่องจากค่าความหนืดของน้ำมันดีเซลที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 นี้จะมีผลทำให้ข้อจำกัดของสมบัติค่าความหนืดมีผลต่อปริมาณน้ำมันพีชที่นำมาผสมได้เป็นอันดับแรกแทนที่ปริมาณคาร์บอนคงเหลือ ทำให้ผลที่ได้จากแบบจำลองเมื่อค่าความหนืดของน้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นจะมีปริมาณของน้ำมันพีชในน้ำมันผสมลดลง ในขณะที่ค่าความหนืดของน้ำมันพีชไม่ได้มีผลต่อทั้งราคา สัดส่วน และสมบัติของน้ำมันผสม ในขณะที่ค่าคาร์บอนคงเหลือของทั้งน้ำมันดีเซลและน้ำมันพีชที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นจะมีผลต่อทั้งราคา สัดส่วน และสมบัติของน้ำมันผสม โดยคาร์บอนคงเหลือที่เพิ่มขึ้นของน้ำมันดีเซลจะมีผลมากกว่าของน้ำมันปาล์มดิบโดยค่าคาร์บอนคงเหลือของน้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 จะส่งผลให้ราคาของน้ำมันผสมเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.02 และร้อยละของน้ำมันพีชลดลง 0.0132 ค่าคาร์บอนคงเหลือของน้ำมันดีเซล

ลดลงร้อยละ 10 จะส่งผลให้ราคาของน้ำมันผสมลดลงร้อยละ 0.01 และร้อยละของน้ำมันพืชเพิ่มขึ้น 0.0041 เช่นเดียวกันกับค่าคาร์บอนคงเหลือของน้ำมันปาล์มดิบ โดยเมื่อปริมาณคาร์บอนคงเหลือของน้ำมันปาล์มดิบเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 จะส่งผลให้ราคาของน้ำมันผสมเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (น้อยกว่าร้อยละ 0.01) และร้อยละของน้ำมันพืชลดลง 0.0061 และเมื่อปริมาณคาร์บอนคงเหลือของน้ำมันปาล์มดิบลดลงร้อยละ 10 จะส่งผลให้ราคาของน้ำมันผสมลดลงเล็กน้อย (น้อยกว่าร้อยละ 0.04) และร้อยละของน้ำมันพืชเพิ่มขึ้น 0.0041 โดยทั้งค่าความหนืดและค่าคาร์บอนคงเหลือของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไม่ได้ส่งผลต่อทั้งราคาน้ำมันผสมที่เปลี่ยนไปและสัดส่วนน้ำมันพืชเนื่องจากราคาของน้ำมันปาล์มดิบที่ต่ำกว่าของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีผลมากกว่าสมบัติทางเชื้อเพลิงที่เปลี่ยนแปลงไป

จากตารางที่ 4.18 ซึ่งแสดงความอ่อนไหวของคำตอบส่วนความคลาดเคลื่อนของสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มดิบ โดยไม่พิจารณาน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เนื่องจากตารางที่ 4.17 ได้ชี้ให้เห็นว่าร้อยละสมบัติที่เปลี่ยนไปของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไม่มีผลกระทบต่อสัดส่วนของน้ำมันผสม จะเห็นได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าความหนืดของน้ำมันดีเซลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนและราคา ในขณะที่ความหนืดของน้ำมันปาล์มดิบไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนและราคาของน้ำมันผสม แต่ค่าคาร์บอนคงเหลือจะมีผลต่อทั้งสัดส่วนและราคาของน้ำมันผสม โดยค่าคาร์บอนคงเหลือที่ลดลงจะทำให้สัดส่วนของน้ำมันพืชในน้ำมันผสมมากขึ้น และมีราคาที่ลดต่ำลง โดยค่าคาร์บอนคงเหลือของน้ำมันปาล์มดิบที่ลดลงจะทำให้ร้อยละการลดลงของราคาน้ำมันเพิ่มขึ้น สัดส่วนน้ำมันเพิ่มขึ้น และคาร์บอนคงเหลือของน้ำมันปาล์มดิบที่เพิ่มขึ้นทำให้ร้อยละการลดลงของราคาน้ำมันลดลง สัดส่วนน้ำมันลดลง สำหรับน้ำมันดีเซลนั้นก็มิทิศทางเดียวกันคือค่าคาร์บอนคงเหลือของน้ำมันดีเซลที่ลดลงทำให้ร้อยละการลดลงของราคาน้ำมันเพิ่มขึ้น สัดส่วนน้ำมันเพิ่มขึ้น และคาร์บอนคงเหลือของน้ำมันปาล์มดิบที่เพิ่มขึ้นทำให้ร้อยละการลดลงของราคาน้ำมันลดลง สัดส่วนน้ำมันลดลง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่าตอบแทนความคลาดเคลื่อนของสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันผสม

รายการ	ปกติ	คาร์บอนคงเหลือ ดีเซล		ความหนืด ดีเซล		คาร์บอนคงเหลือ ปาล์มดิบ		ความหนืด ปาล์มดิบ		
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	
ราคาน้ำมันผสม (บาท/ลิตร)	12.11	12.17	12.17	ไม่	12.17	12.17	12.17	ไม่	ไม่	
ร้อยละที่ลดลง	0.0654	-0.0087	0.0066	เปลี่ยนแปลง	0.0073	-0.0083	0.0081	เปลี่ยนแปลง	เปลี่ยนแปลง	
สัดส่วนน้ำมัน										
น้ำมันดีเซล	0.9406	0.9365	0.9519	ไม่	0.9467	0.9398	0.9413	ไม่	ไม่	
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	0.0000	0.0000	0.0000	เปลี่ยนแปลง	0.0000	0.0000	0.0000	เปลี่ยนแปลง	เปลี่ยนแปลง	
น้ำมันปาล์มดิบ	0.0594	0.0635	0.0481		0.0533	0.0602	0.0587			
สมบัติน้ำมันผสม										
ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ	0.8419	0.8410	0.8414	ไม่	0.81414	0.8420	0.8419	ไม่	ไม่	
ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ (เซนติสโตกส์)	4.1	4.0	4.0	เปลี่ยนแปลง	4.0	4.1	4.1	เปลี่ยนแปลง	เปลี่ยนแปลง	
จุดไหลเท (°ซ)	-6.2	-6.8	-6.4		-6.5	-6.1	-6.2			
จุดวาบไฟ (°ซ)	58	58	58		58	58	58			
คาร์บอนคงเหลือ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	0.05	0.05	0.05		0.05	0.05	0.05			
เถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	0.001	0.001	0.001		0.001	0.001	0.001			
ธาตุกำมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	0.0245	0.0248	0.0247		0.0247	0.0245	0.0245			
ค่าความร้อน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	44.94	45.27	44.99		44.99	44.93	44.94			

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชและน้ำมันดีเซลเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อทำนายสัดส่วนของน้ำมันผสม น้ำมันพืช-น้ำมันดีเซล ที่มีราคาต่ำที่สุด และมีความเหมาะสมกับแต่ละช่วงของฤดูกาลผลิต และภูมิภาค โดยยังสามารถใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซลที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนเครื่องยนต์ได้เป็นอย่างดี สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 น้ำมันพืชแต่ละชนิดมีสมบัติทางเชื้อเพลิงที่ใกล้เคียงกัน แต่จะแตกต่างกับน้ำมันดีเซลอย่างเห็นได้ชัด โดยน้ำมันพืชมีสมบัติทางเชื้อเพลิงที่ไม่อยู่ในมาตรฐานของน้ำมันดีเซล ทั้งค่าความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ ค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ จุดไหลเท ปริมาณกากถ่าน ค่าเถ้า แต่จะมีข้อดีคือไม่มีกำมะถันซึ่งจะมีผลดีต่อสภาวะแวดล้อม และมีจุดวาบไฟที่สูงซึ่งมีความปลอดภัยกับการจัดเก็บ

5.1.2 สามารถนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลได้ โดยอัตราส่วนในน้ำมันผสมน้ำมันพืช-น้ำมันดีเซล สูงที่สุดคือร้อยละ 6.56 โดยที่น้ำมันผสมยังมีสมบัติทางเชื้อเพลิงอยู่ในมาตรฐานน้ำมันดีเซลของกรมการค้าภายใน น้ำมันพืชที่มีความเหมาะสมในการนำมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลได้บางส่วน คือน้ำมันจากมะพร้าวและน้ำมันจากปาล์มน้ำมัน ในขณะที่น้ำมันถั่วเหลืองยังไม่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในขณะนี้ เนื่องจากผลผลิตถั่วเหลืองยังมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ

5.1.3 สมบัติทางเชื้อเพลิงที่มีผลกระทบต่อร้อยละของน้ำมันพืชมากที่สุดคือค่ากากถ่าน ตามมาด้วยค่าความหนืด โดยสมบัติทางเชื้อเพลิงอื่นๆ จะไม่มีผลมากนัก

5.1.4 ฤดูกาลที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชนั้นพบว่า ในช่วงแรกของปีคือช่วงประมาณเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนควรใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ในช่วงหลังของปีคือช่วงประมาณเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมควรใช้น้ำมันปาล์มดิบ

5.1.5 กำลังการผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชที่ทำให้สูตรในการผสมคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ฤดูกาลคือ ที่ความต้องการน้ำมันดีเซลต่ำกว่าร้อยละ 3 ของปริมาณความต้องการน้ำมันดีเซลทั้งประเทศ หรือคิดเป็น 37.8 ล้านลิตรต่อเดือน (1.26 ล้านลิตรต่อวัน) โดยเมื่อใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จะสามารถมีปริมาณได้มากที่สุดร้อยละ 6.28 (79,128 ลิตรต่อวัน) ในน้ำมันผสม และเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบจะมีได้ไม่เกินร้อยละ 5.94 (74,844 ลิตรต่อวัน)

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 5.2.1 ในการทดสอบสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชและน้ำมันดีเซลควรที่จะทำให้เร็วที่สุดเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพและสมบัติของน้ำมัน
- 5.2.2 ควรมีการศึกษาปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันพืชที่อาจจะมีผลต่อเครื่องยนต์ต่อไป
- 5.2.3 ควรมีการพัฒนาแบบจำลอง การเก็บข้อมูล สมมติฐาน และส่วนอื่นๆ เพื่อให้ได้เป็นโปรแกรมที่สามารถใช้งานได้ง่ายสามารถเพิ่มเติมชนิดของพืชน้ำมันชนิดใหม่ ข้อมูลของราคาและปริมาณพืชน้ำมันในปีถัดไป เพื่อให้แบบจำลองสามารถทำนายผลในปีถัดไปได้

รายการอ้างอิง

1. ส. สายลม. 2544. ไบโอดีเซล พลังงานทดแทน. สามิตสาร. ปีที่ 57 ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม-มิถุนายน 2544) : 67-78.
2. ชลธาร วิศรุตวงศ์. 2544. ไบโอดีเซล (Bio diesel). สามิตสาร. ปีที่ 57 ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม-มิถุนายน 2544) : 67-78.
3. เอกสารประกอบการบรรยายกลุ่มย่อย การประชุมประจำปี สวทช, 23 มิถุนายน 2544. ไบโอดีเซล: พลังงานเพื่อทางเลือกของชาติ?,
4. Ma, F., Hanna M.A. 1999. "Biodiesel production: a review", Bioresource technology. Vol. 70 : pp. 1-15.
5. ปราโมทย์ ไชยเวช. 2537. ปิโตรเลียมเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สุนทรออฟเซท,
6. ประกาศกระทรวงพาณิชย์ ฉบับที่ 2. 2541. กำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนเร็ว. ราชกิจจานุเบกษา, ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 115 ตอนพิเศษ 71 ง.
7. ประกาศกระทรวงพาณิชย์ ฉบับที่ 6. 2523. กำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนเร็ว. ราชกิจจานุเบกษา, ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 97 ตอนที่ 59.
8. กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2522. อุตสาหกรรมน้ำมันพืช. รายงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม เฉพาะประเภท, สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม.
9. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์. 2527. ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์บริษัทสยามออฟเซต.
10. สุมินทร์ สมทกุลปดี. 2512. ถั่วเหลือง การปรับปรุงพันธุ์ และผลผลิตและการส่งเสริม กรุงเทพฯ : คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,
11. ประดิษฐ์ รังสฤษฏ์กุล. 2519. อุตสาหกรรมน้ำมันพืช, กองวิจัยสินค้าและการตลาด กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ กรุงเทพฯ.
12. อารีย์ วรรณวุฒิก. 2544. ถั่วเหลือง ถั่วลิสง และถั่วหรั่ง. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์โชติวงศ์,
13. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2544. พืชน้ำมัน. แหล่งที่มา <http://oae.go.th/statistic/yearbook/2000-01/> [1 ก.ค. 2546]
14. ปราณี นัตริเชตชัยกุล. 2543. บทสรุป สรุปภาวะการผลิตและการค้าอุตสาหกรรมน้ำมันพืชปี 2542. ทีมเกษตรกรรมและบริการ, ธนาคารแห่งประเทศไทย.
15. กองเกษตรอุตสาหกรรม. 2524. อุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว. กรุงเทพฯ
16. ฝ่ายวิชาการ หน่วยการอุตสาหกรรม. 2528. น้ำมันพืช. ธนาคารแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ

17. สำนักบริการธุรกิจและที่ปรึกษา สถาบันทรัพย์สินทางปัญญาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ ศูนย์บริการวิชาการเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. พฤษภาคม 2543. โครงการศึกษาวิจัยแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรแบบครบวงจร. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อ สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. หน้า 2-1 ถึง 2-51.
18. วิจิตร ว่องวาริทธิย์. 2539. คู่แข่งและโอกาสการส่งออกและผลกระทบจากภาษีเขตการค้าเสรีอาเซียน (สายอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม). ฝ่ายแผนงานเศรษฐกิจรายสาขา สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.
19. ประกอบ จิรจิตติ. 2535. การโปรแกรมเชิงเส้น, พิมพ์ครั้งที่ 1. โครงการส่งเสริมเอกสารวิชาการ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ กรุงเทพฯ.
20. Brand's Summer Camp. 1998. เอกสารคณิตศาสตร์ กข. แหล่งที่มา http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet2/knowledge_math/linear.htm [1 ก.ค. 2546]
21. วิชัย มงคลปิยะธนา. 2532. โปรแกรมนอนลิเนียร์และการจำลองแบบสำหรับการเลือกสรรหลักทรัพย์, วิทยานิพนธ์ (บธ.ม.), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
22. Edgar, T.F., Himmelblau D.M. 1989. Optimization of chemical processes. International edition. McGraw-Hill books company.
23. Williams, H.P. 1990. Model building in mathematical programming. 3rd edition. John Wiley & sons
24. พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช. 2544. การใช้น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซล. สัทธาบัตรหมายเลข 064881.
25. พรรณแข ขัตพันธ์ และ กิระมะ ลีลาธนมงคล. 2544. เชื้อเพลิงเหลวจากชีวมวล. รายงานโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
26. พูลพร แสงบางปลา. 2544. การใช้ไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์ดีเซลมีผลอย่างไร. เอกสารประกอบการสัมมนา.
27. กรมวิชาการเกษตร. 2524. พลังงานจากพืชน้ำมัน. กรุงเทพฯ
28. Rozakis, S., Sourie, J-C., Vanderpooten D. 2001 "Integrated micro-economic modelling and multi-criteria methodology to support public decision-making: the case of liquid bio-fuels in France", Biomass & bioenergy, Vol. 20 : pp. 385-398.
29. Raneses, A.R., Glaser, L.K., Price J.M., Duffield J.A. 1999. "Potential biodiesel markets and their economic effects on the agricultural sector of the United States", Industrial crops and products, Vol. 9 : pp. 151-162.

30. Williamson, A-M., Badr, O. 1998. "Assessing the viability of using Rape Methyl Ester (RME) as an Alternative to Mineral Diesel Fuel for Powering Road Vehicles in the UK", Applied Energy, Vol. 59, No. 2-3 : pp. 187-214.
31. Van Dyne, D.L., Webber, J.A., Braschler C.H. 1996. Macroeconomic effect of a community-base biodiesel production system. Bioresource Technology 56 : pp 1-6
32. Ali, Y., Hanna, M.A. 1994. "Alternative diesel from vegetable oils", Bioresource technology, Vol. 50 : pp. 153-163.
33. ASTM Standard, D 1298-99. 2001. Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer method : American society for testing and material. U.S.A.
34. ASTM Standard, D 445-97. 2001. Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (the Calculation of Dynamic Viscosity) : American society for testing and material. U.S.A.
35. ASTM Standard, D 97. 2001. Standard Test Method for Pour point of Petroleum Products : American society for testing and material. U.S.A.
36. ASTM Standard, D 2622-98. 2001. Standard Test Method for Sulfur in Petroleum Products by Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer : American society for testing and material. U.S.A.
37. ASTM Standard, D 189 – 01. 2001. Standard Test Method for Conradson Carbon Residue of Petroleum Products : American society for testing and material. U.S.A.
38. ASTM Standard, D 2709-96. 2001. Standard Test Method for Water and Sediment in Middle Distillate Fuels by Centrifuge : American society for testing and material. U.S.A.
39. ASTM Standard, D 482. 2001. Standard Test Method for Ash from Petroleum Products : American society for testing and material. U.S.A.
40. ASTM Standard, D 482. 2001. Standard Test Method for Flash-Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester : American society for testing and material. U.S.A.
41. ASTM Standard, D 86-99. 2001. Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products at Atmospheric : American society for testing and material. U.S.A.
42. ASTM Standard, D 240. 2001. Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter : American society for testing and material. U.S.A.

43. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2546. ราคาถั่วเหลืองชนิดคละ เฉลี่ยรายเดือน. แหล่งที่มา <http://www.oae.go.th/Price/MonthPrice/soybean.htm> [1 ก.ค. 2546]
44. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2546. ราคามะพร้าวแห้งชนิดใหญ่ เฉลี่ยรายเดือน. แหล่งที่มา <http://www.oae.go.th/Price/MonthPrice/coconut.htm> [1 ก.ค. 2546]
45. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2546. ราคาปาล์มน้ำมันทั้งทะลาย เฉลี่ยรายเดือน. แหล่งที่มา <http://www.oae.go.th/Price/MonthPrice/palm.htm> [1 ก.ค. 2546]
46. สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. 2546. การเปลี่ยนแปลงราคาน้ำมันในกรุงเทพฯ. แหล่งที่มา http://www.eppo.go.th/retail_changes.html [1 ก.ค. 2546]
47. สมาคมส่งเสริมผู้ใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์. 2545. ราคากากถั่วเหลืองปี 2540-2545. แหล่งที่มา <http://www.feedusers.com/th/viewnews.php?ArtID=214> [1 ก.ค. 2546]
48. ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ปากช่อง. 2545. การลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์โดยใช้คอมพิวเตอร์คำนวณสูตรราคาต่ำสุด. แหล่งที่มา <http://www.geocities.com/anddd/exhibition/article/Pro38.htm> [1 ก.ค. 2546]
49. มุลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. 2545. Fuel switching. แหล่งที่มา http://www.efe.or.th/Bio_Article/Fuel_Switching.htm [1 ก.ค. 2546]
50. เอกสารได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กันยายน พ.ศ. 2546. บัญชีสมมูลมะพร้าวผล ปี 2535-2547, บัญชีสมมูลน้ำมันมะพร้าวของไทย.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์สมบัติน้ำมัน

ขั้นตอนการวิเคราะห์น้ำมัน

1. การวิเคราะห์ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ (ASTM D 1298-99 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer method) [3 3]

1. รินน้ำมันที่ต้องการจะทดสอบปริมาณ 800 มิลลิลิตร ลงในกระบอกวัดปริมาตร ขนาด 1000 มิลลิลิตร

2. นำกระบอกวัดปริมาตรที่บรรจุน้ำมันไปใส่ในอ่างน้ำเพื่อทำการลดอุณหภูมิ

3. ลดอุณหภูมิน้ำโดยใส่น้ำแข็งลงในน้ำที่อยู่ในอ่างน้ำ จนกระทั่งน้ำมันมีอุณหภูมิเท่ากับน้ำภายนอก เท่ากับ 60 °ฟ หรือ 15.56 °ซ

4. นำ Hydrometer หย่อนลงในน้ำมันช้าๆ โดยให้ Hydrometer ลอยอยู่เหนือกระบอกวัดปริมาตร แล้วบันทึกค่า API

5. ทดลองอย่างน้อย 2 ครั้ง ค่าที่ได้ต่างกันไม่เกิน 0.2 API

6. คำนวณค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) โดย

$$^{\circ}API = \frac{141.5}{Sp. Gr. 60/60^{\circ}F} - 131.5$$

โดยที่ $^{\circ}API$ = ค่า API ที่อ่านได้จาก Hydrometer

7. ถ้าไม่สามารถลดอุณหภูมิของน้ำให้อยู่ที่ 60 °ฟ หรือ 15.56 °ซ ได้ ให้ลดอุณหภูมิให้ได้มากที่สุดโดยยังไม่เกิดไข จากนั้นนำค่า API ที่ได้มาคำนวณเปลี่ยนให้เป็นที่อุณหภูมิ 60 °ฟ หรือ 15.56 °ซ โดย

$$API (60^{\circ}F) = [0.002(60 - T) + 1] * API(T)$$

โดยที่ $API (60^{\circ}F)$ = ค่า API ที่อ่านได้จากการคำนวณเปลี่ยนมาที่ 60 °ฟ

$T (^{\circ}F)$ = อุณหภูมิต่ำสุดที่สามารถทำได้โดยไม่เกิดไข

$API (T)$ = ค่า API ที่อุณหภูมิใดๆ

2. การวิเคราะห์ความหนืด (ASTM D 445-97 Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (the Calculation of Dynamic Viscosity)) [34]

1. เลือกขนาดของ Viscometer ให้เหมาะสมกับชนิดและความหนืดของน้ำมัน
2. ปรับอุณหภูมิของอ่างน้ำมันที่ใช้แช่ Viscometer ให้ได้อุณหภูมิเท่ากับ 40 ± 0.05 °ซ
3. นำน้ำมันมากรองเอาสิ่งสกปรกและฝุ่นละอองออก
4. ใส่น้ำมันลงใน Viscometer ให้พอดีที่คอคอดด้านล่าง ขึ้นมาทางแคปิลารี
5. นำน้ำมันไปแช่ลงในอ่างน้ำมันประมาณ 20 นาที เพื่อให้น้ำมันมีอุณหภูมิเท่ากับ 40 °ซ
6. ใช้ลูกยางดูดน้ำมันเข้ามาให้พื้นขีดของกระเปาะ ทางด้านที่มี 2 กระเปาะแล้วปล่อยลงมา
7. เริ่มจับเวลาเมื่อน้ำมันผ่านขีดบน มาจนถึงขีดล่าง นำเวลาที่ได้ออกมาหาค่าความหนืดดังนี้

$$v = k \times t$$

โดยที่	V	=	Kinematic viscosity, mm ² /s
	k	=	Constant of viscometer, mm ² /s ²
	t	=	Time, s

8. ทำการทดลองซ้ำอย่างน้อย 2 ครั้ง โดยจะต้องได้ความแตกต่างกันไม่เกิน 0.26% ของค่าเฉลี่ย
9. ทำการทดลองที่ 100 ± 0.05 °ซ โดยใช้วิธีเดียวกัน

3. การวิเคราะห์จุดไหลเท (ASTM D 97 Standard Test Method for Pour point of Petroleum Products) [35]

1. เตรียมตัวอย่างน้ำมันให้มีอุณหภูมิของสูงกว่าจุดเกิดหมอก (Cloud point) อย่างน้อย 15 °ซ
2. เทน้ำมันลงใน Cylindrical glass เท่ากับระดับที่กำหนดไว้
3. ปิดฝา Cylindrical glass ด้วย Cork ที่เสียบ Thermometer ไว้แล้วโดยให้ Thermometer อยู่แนบพอประมาณ และอยู่ในแนวแกนร่วมกับ cylindrical glass
4. เติมน้ำแข็งหรือน้ำแข็งแห้ง (Dry ice) ลงใน Cooling bath
5. นำ Cylindrical glass ที่ปิดด้วย Cork เสียบ Thermometer ลงใน cooling bath
6. บันทึกอุณหภูมิที่เกิดหมอก อุณหภูมิที่เกิดผลึกที่ผิว อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิสุดท้ายที่ไหลได้ (Pour point)

4. การวิเคราะห์ธาตุกำมะถัน (ASTM D 2622-98 Standard Test Method for Sulfur in Petroleum Products by Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer) [36]

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

ปีเปตตัวอย่าง 8 มิลลิลิตร หรือโดยการชั่งลงใน Cup และปิดด้วยฟิล์มที่เหมาะสม (Mylar Film) จากนั้นปิดทับด้วย Cap และในการทดสอบให้คว่ำด้านที่ปิดด้วย Film ลงใน Probe

ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดเครื่อง X-MET 920 เพื่ออุ่นเครื่องเป็นเวลาประมาณ 30 นาที โดยต้องแน่ใจว่าไม่มีตัวอย่างใดๆค้างอยู่และ Probe ต้องอยู่ในตำแหน่ง Reference เท่านั้น
2. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อเข้าโปรแกรม X-MET ผ่าน DOS
3. ทำ Gain-control ประมาณ 5-10 นาที จนกระทั่งค่า Gain คงที่ โดยทำดังนี้
 - เข้า Menu Maintenance
 - เลือกเข้า Equipment และเลือก Gain test
 - เลือก Probe Number ที่ต้องการทดสอบโดยต้องให้ตำแหน่งของ Probe อยู่ในตำแหน่ง Reference position เท่านั้น และรอจนกระทั่งค่า Gain control คงที่
4. กลับเข้าสู่ Main menu และเลือก Method menu และเลือก Open เพื่อเปิด Method ที่ต้องการ
5. การตั้ง Measurement Time โดยเข้า Action menu เลือก Probe ที่ต้องการเปลี่ยนแปลงเวลาในการทดสอบ โดยปกติในการทดลองทั่วไปจะตั้งเวลาไว้ที่ 60 วินาที
6. นำ Sample วางลงใน Probe ตาม Probe ที่ Method นั้นระบุไว้ โดยสังเกตได้จากตำแหน่งมุมซ้ายด้านล่างของหน้าจอ และเลื่อน Probe ไปยังตำแหน่งวัด Measurement Position
7. พิมพ์ Sample ID หรือชื่อ Sample ที่ต้องการ
8. กด Enter หรือ กด Start X-Met 920 จะทำการวัดค่าปริมาณ โลหะใน Sample เมื่อครบเวลาที่ตั้งไว้จะแสดงผลออกมาทางหน้าจอ
9. หลังจากทำการวัดเสร็จทุกครั้งให้นำ Sample ออกจาก Probe มายังตำแหน่ง Reference Position ทุกครั้ง
10. เลือก Print Result

ขั้นตอนการสร้าง Calibration curve

1. เตรียม Sample ที่ต้องการโดยใช้ Standard ที่มี Matrix ใกล้เคียงกันกับ Sample ที่ต้องการมากที่สุด
2. ทำ Gain Control จนได้ค่า Gain คงที่

3. สร้าง Calibration curve ซึ่งประกอบด้วย 7 ขั้นตอนดังนี้
 - General Information – การตั้งชื่อ Curve ชื่อ Operator และเวลา
 - Windows – การตั้งค่าช่วงพลังงานของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ และ Neighboring
 - Element – การทดสอบด้วย Pure Element
 - Analyze – การเลือกธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ และหน่วย
 - Standard – การป้อนค่า Standard ของแต่ละตัว การตั้งค่าเวลาในการวัด การวัด Standard curve ที่ได้
 - Regression – การสร้าง Linear Regression เลือกเทอมที่เหมาะสม และค่าสถิติ
 - Check Sample – การทดสอบกลับโดยใช้ Standard ที่รู้ค่าทดสอบกับ Standard Curve ที่ได้
 - Preference – การเปลี่ยน การแสดงผลทางหน้าจอ และการทำงานของ Printer

4. ขั้นตอน General Information จาก Method Menu เลือก New เพื่อสร้าง Method ใหม่โดยเลือก Type เป็น Empirical Assay จากนั้นตั้งชื่อ Method Operator Descriptor และ Date โดยใช้ Tab ในการเลื่อนไปในแต่ละหัวข้อ

5. หน้าจอ Windows กด A สำหรับ Add เพื่อเลือก Source ที่ต้องการ Probe 1 หรือ Probe 2 จากนั้นเลือกธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ BS และ Neighboring Element ให้เองโดยอัตโนมัติ ในกรณีที่ธาตุบางตัวยังไม่ได้ตั้งค่าพลังงาน ให้ทำการวัด Pure Element ของธาตุนั้นก่อน โดยใช้ Option “Measure” โดยนำ Pure Element วางลงบน Probe เพื่อให้ X-Met 920 อ่านค่าพลังงานของธาตุพลังงานของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ โดยกด Tab ไปที่ Next เพื่อเข้าสู่หน้าจอถัดไป

6. ขั้นตอนการ Analyze ให้กด W สำหรับ New เพื่อเลือกธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ ตามด้วย Space bar และเลือกหน่วย %, 1/1000, PPM หรือ Other และกด Tab ไปที่ Ok จากนั้นกด C สำหรับ Decimal เพื่อเลือกตำแหน่งทศนิยม

7. ขั้นตอน Standard กด Tab ไปที่ Add เพื่อป้อน Standard ID พร้อมค่า Concentration ของแต่ละตัวลงไป จากนั้นกด Tab ไปที่ Time เพื่อตั้งค่าเวลาในการทดสอบ ปกติการทำ Calibration ควรอยู่ในช่วง 100-300 วินาที

8. ทำการวัดค่าของ Standard เลือก Standard ID ตัวแรก และวาง Standard ที่เตรียมไว้ลงบน Probe หลัง จากนั้นเลื่อนไปที่ตำแหน่ง Measurement Position ทำซ้ำจนได้ค่า Intensity ของทุก Standard เมื่อวัด Standard ทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว กด Tab ไปที่ Next เพื่อเข้าสู่หน้าจอ Regression

9. กด Tab ไปที่ Equation เลือก Term 1 เพื่อป้อนสมการที่ต้องการใช้ ดังนี้

Example of Equation Configuration

Equation	(A * B)	/	(C * D)
Pb	Pb * 1		1 * 1
BS	1 * BS		1 * 1
Pb/BS	Pb * 1		BS * 1
Ca * Ca	Ca * Ca		1 * 1

10. สังเกตค่าทางสถิติว่าสมการใดเหมาะสมที่สุด โดยดูจากค่า R, STD, F และ T-value หรือดูจากกราฟที่ได้ จากนั้นกด R สำหรับ Remove เพื่อขจัดจุดที่ออกนอกช่วงหรือกด R อีกครั้งหนึ่งเพื่อขจัดผลการ Remove เปรียบเทียบกับสมการเก่า ถ้าค่าทางสถิติของสมการนี้ดีขึ้น ให้กด D สำหรับ Done เพื่อกลับเข้าสู่หน้าจอก่อนหน้านี้ เพื่อตรวจสอบ Equation อื่นว่าสมการใดได้ค่าที่ดีที่สุด และกด A สำหรับ Accepted เพื่อใช้สมการที่ต้องการ

11. เมื่ออยู่ในหน้าจอ Check Sample ให้นำ Standard ตัวใดตัวหนึ่งที่ทราบค่า วัดอีกครั้งเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง เพื่อต้องการที่จะทราบว่า Calibration Graph ที่ได้ถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ต้องการใช้ ให้กด Tab ไปที่ Next หลังจากกด Enter แล้วจะเข้าสู่หน้าจอ Preference

12. ผู้ใช้สามารถตั้งค่า Parameter ที่เกี่ยวข้องกับการแสดงผลทางหน้าจอ เช่น การแสดงค่า Standard Deviation, Net Count Rate, Gross Count Rate, Total Count Rate และ Measuring Time เมื่อต้องการให้แสดงค่าใดก็ให้กด Space bar

13. นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถตั้งค่าการพิมพ์ผลหลังจากการทดสอบทันที โดยกด Space bar เลือก Option Printer

14. ขั้นตอนสุดท้ายกด Tab ไปที่ Quit เพื่อสิ้นสุดการสร้าง Standard Calibration Curve

5. การวิเคราะห์กากถ่าน (ASTM D 189 – 01 Standard Test Method for Conradson Carbon Residue of Petroleum Products) [37]

เขย้าน้ำมันตัวอย่างให้เข้ากัน โดยสำหรับสารที่ต้องการลดความหนืดอาจจะมีการอุ่นที่ 50 ± 1 °ซ เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง จากนั้นกรองน้ำมันตัวอย่างผ่านที่กรองขนาด 100 mesh ซึ่งตัวอย่างน้ำมันที่ไม่มีความชื้นและสารปลอมปน 10 กรัม ใน Porcelain crucible ที่บรรจุ Glass beads ขนาด 2.5 มิลลิเมตร 2 เมล็ด นำ Porcelain crucible ไปวางที่ศูนย์กลางของ Skidmore iron crucible นำทรายไปใส่ใน Spun sheet-iron crucible และนำ Skidmore iron crucible ไปวางที่ศูนย์กลาง ปิดฝา Crucible ทั้งสอง

นำลวด Nichrome สามเหลี่ยมเปลี่ยนไปวางบนขาตั้งหรือวงแหวนที่เหมาะสม จากนั้นนำ insulator ไปวางที่ศูนย์กลาง จากนั้นนำ Spun sheet-iron crucible ไปวางบน insulator และปิดทั้งหมดด้วย Hood

ให้ความร้อนด้วยเปลวไฟที่สูงและรุนแรงจากตะเกียง Meker โดยให้มีช่วงการ Pre-ignition อยู่ในช่วง 10 ± 1.5 นาที โดยเวลาที่สั้นกว่านี้จะสามารถทำให้เกิด Distillation อย่างรวดเร็วซึ่งเป็นที่สาเหตุให้เกิด Foaming หรือทำให้เปลวไฟลุกสูง เมื่อมีควันปรากฏเหนือปล่องของ hood ให้ย้ายหรือเอียงตะเกียงเพื่อให้เปลวไฟลุกอยู่ข้าง Crucible เพื่อให้มีการติดไฟกับควันที่เกิดขึ้น จากนั้นปรับอัตราเปลวไฟด้วย Pinch-cock ให้มีการเผาไหม้ที่สม่ำเสมอของควันเหนือปล่อง โดยสามารถปรับความร้อนให้มากขึ้นเมื่อไม่มีเปลวไฟปรากฏเหนือปล่อง โดยเวลาในช่วงการเผาไหม้สารระเหยนี้จะอยู่ในช่วง 13 ± 1 นาที

เมื่อไม่มีเปลวไฟหรือไม่มีควันปรากฏเหนือปล่อง ให้ปรับความแรงของตะเกียงให้มากขึ้น เพื่อให้ Spun sheet-iron crucible เป็นสีแดงของเซอร์รี ซึ่งจะ อยู่ในช่วง 7 นาที โดยเวลาทั้งหมดของการทดลองจะอยู่ในช่วง 30 ± 2 นาที

ดับเปลวไฟจากตะเกียง และทิ้งอุปกรณ์ให้เย็นจนกระทั่งไม่มีควันเกิดขึ้น จากนั้นเปิดฝาของ Skidmore iron crucible ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 15 นาที นำ Porcelain crucible ออกด้วย Heat tongs นำไปวางไว้ใน Desiccators ทิ้งให้เย็น และชั่งน้ำหนัก

คำนวณปริมาณ Carbon residue จาก

$$\text{carbon residue} = (A \times 100) / W$$

โดยที่ A = น้ำหนักของ Carbon residue (g)
W = น้ำหนักของ น้ำมันตัวอย่าง (g)

โดยความแตกต่างที่สามารถยอมรับได้ ดูจากกราฟรูปที่ 2 ของ ASTM D 189 – 01 Standard Test Method for Conradson Carbon Residue of Petroleum Products

6. การวิเคราะห์น้ำและตะกอน (ASTM D 2709-96 Standard Test Method for Water and Sediment in Middle Distillate Fuels by Centrifuge) [38]

1. ทิ้งตัวอย่างน้ำมันให้มีอุณหภูมิคงที่ในห้องที่ทำการทดลอง ซึ่งจะต้องอยู่ระหว่าง $70-90$ °ฟ ($21-32$ °ซ) จากนั้นทำการเขย่าตัวอย่างทั้งหมดด้วยมือ หรือเครื่องเขย่า (Mechanical shaker) เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้แน่ใจว่าเป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมด (Homogeneity)

2. เพื่อป้องกันการสูญเสียของปริมาณน้ำและตะกอน ให้เทน้ำมันตัวอย่างจากภาชนะบรรจุลงใน Centrifuge tube ให้ถึงระดับ 100 มิลลิลิตร ให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้
3. ปิด Centrifuge tube ด้วยจุกยาง จากนั้นนำมาใส่ใน Trunnion cup ในทิศทางตรงข้าม ทำให้เกิดภาวะสมดุล
4. ทำการหมุนเป็นเวลา 10 นาที ที่อัตราความเร็ว 800 ± 60 rcf (Relative centrifugal force) โดยในการทดลองจะใช้ความเร็วรอบที่ 1500 Rpm
5. บันทึกปริมาณของน้ำและตะกอนที่ส่วนล่างของ Centrifuge tube ให้ละเอียดระดับ 0.005 มิลลิลิตร
6. ผลการทดลองสองครั้งจะต้องแตกต่างกันไม่เกิน ร้อยละ 0.014 โดยปริมาตร

7. การวิเคราะห์เถ้า (ASTM D 482 Standard Test Method for Ash from Petroleum Products) [39]

1. นำ Crucible or dish ไปให้ความร้อน (Evaporate) ใน Muffle furnace ที่ 700 – 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน Desiccators จากนั้นชั่งน้ำหนักให้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิกรัม จะได้น้ำหนักของ Crucible or dish
2. ใช้ตัวอย่างน้ำมันประมาณ 100 กรัม ใน Crucible or dish (ให้ได้ Ash ประมาณ 1-20 มิลลิกรัม)
3. นำ Crucible or dish ที่ใส่น้ำมันแล้วไปให้ความร้อนบน Meker burner ให้ได้ควันหนาแน่นจนสามารถจุดติดไฟได้อย่างสม่ำเสมอ จนกระทั่งเปลวไฟดับ
4. นำ Crucible or dish ไปใส่ใน Muffle furnace ที่ 775 องศาเซลเซียส จนกระทั่งสารที่เผาไหม้ได้หายไปทั้งหมด (ประมาณ 1 ชั่วโมง) ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ใน Desiccators จากนั้นชั่งน้ำหนักให้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิกรัม จะได้น้ำหนักของ Crucible or dish รวมกับ ash
5. คำนวณค่าร้อยละของ ash จาก

$$\text{Ash, mass\%} = (w/W) \times 100$$

โดยที่

w	=	mass of ash, g
W	=	mass of sample, g

6. ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง โดยจะต้องมีความแตกต่างกันไม่เกินค่าต่อไปนี้

Ash, mass%	Repeatability
0.001 – 0.079	0.003
0.080 – 0.180	0.007

8. การวิเคราะห์จุดวาบไฟ (ASTM D 482 Standard Test Method for Flash-Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester) [40]

1. เติมน้ำมันตัวอย่างที่จะทำการทดลองลงในถ้วย (Test cup) ที่สะอาดและแห้ง ประมาณ 75 มิลลิลิตร ซึ่งจะถึงขีดที่กำหนดให้พอดี ถ้าเกินให้ใช้ Dropper คุดออก โดยที่อุณหภูมิของถ้วยจะต้องต่ำกว่า 18 °ซ

2. วางถ้วยน้ำมันลงในช่องที่ถ่ายเทความร้อนให้กับถ้วยน้ำมัน

3. ปิดฝา (Cover proper) และสังเกตว่าฝาปิดด้วยอุปกรณ์อยู่ในตำแหน่งที่ตรงลึอกหรือไม่ ถ้าไม่ให้ปรับให้ตรง

4. นำ Thermometer ที่มีสเกลสูงและเหมาะสมกับน้ำมันตัวอย่างใส่ลงในช่องสำหรับใส่ Thermometer

5. ปรับระดับความร้อนให้อยู่ในอัตรา 5-6 °ซ ต่อนาที และปรับอัตราการกวนในอัตรา 90-120 รอบต่อนาที

6. กดปุ่มให้ความร้อนและกวนน้ำมันตัวอย่าง

7. เมื่อให้ความร้อนถึงอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดวาบไฟประมาณ 25 ± 5 °ซ ให้จุดปุ่มจุดไฟทดสอบ (Flame ignition device)

8. บิดมือหมุน (Shutter Operating knob) เพื่อให้หัวไฟทดสอบจุ่มลงในถ้วยน้ำมัน สำหรับน้ำมันที่รู้จุดวาบไฟ ให้ทดสอบที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดวาบไฟที่คาดประมาณ 17-28 °ซ เริ่มผ่านไฟทดสอบที่ทุกๆ 2 °ซ โดยให้เปลวไฟทดสอบอยู่ภายในโอประมาณ 0.5 วินาที และเอาเปลวไฟออกโดยการบิดมือหมุนกลับตำแหน่งเดิมภายใน 1 วินาที

9. บันทึกอุณหภูมิต่ำสุดที่ทำให้ไอระเหยเหนือผิวของน้ำมันตัวอย่างมีการวาบไฟเกิดขึ้น

10. ทำการทดลองอีกครั้งโดยผลการทดสอบต้องไม่แตกต่างกันเกิน 5 องศาเซลเซียส

11. ทำการเทน้ำมันตัวอย่างทดสอบที่ถูกทิ้งไว้ให้เย็นกว่า 55 °ซ ลงในภาชนะที่เหมาะสม ใช้โกลูอินละลายน้ำมันตัวอย่างที่ค้างในถ้วย และใช้อะซิโตนกลั้วเพื่อให้ถ้วยแห้งสนิท

9. การวิเคราะห์การกลั่น (ASTM D 86-99 Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products at Atmospheric Pressure) [41]

1. เลือกขวดกลั่น ที่รองขวดกลั่น และเทอร์โมมิเตอร์ที่เหมาะสม ปรับอุณหภูมิขวดกลั่น ที่รองขวดกลั่น และเทอร์โมมิเตอร์และกระบอกตวงให้ได้ตามกำหนด

2. ใส่สารหล่อเย็นที่เหมาะสม ซึ่งในที่นี้ใช้น้ำแข็งผสมน้ำ ลงใน Condenser box ให้ท่วม Condenser tube และให้ได้อุณหภูมิ ตามที่กำหนด คือ 0 องศาเซลเซียส

3. ทำความสะอาด Condenser tube ด้วยผ้าเล็ก ๆ ตีปลายขวดทองแดง

4. ทำตัวอย่างน้ำมันให้เย็นเท่าอุณหภูมิที่กำหนด ตวงตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร ใส่กระบอกตวง แล้วถ่ายใส่ขวดกลั่นให้หมด ระวังอย่าให้ไหลเข้า Vapor tube

5. เติม Boiling chip

6. เสียบเทอร์โมมิเตอร์เข้ากับจุก Cork ที่อุดปากขวดกลั่นได้พอดี ปรับเทอร์โมมิเตอร์ให้อยู่กึ่งกลางขวด และปลายล่างสุดของลำปรอทอยู่ที่ระดับสูงสุดของผิวในด้านล่างของ Vapor tube พอดี

7. วางขวดกลั่นที่ใส่ตัวอย่างน้ำมันแล้วลงบนที่รองรับ ต่อ Vapor tube เข้ากับท่อ Condenser โดยอาศัยจุก Cork ที่เจาะรูแน่นพอดี

8. อุดรอยต่อต่างๆ รอบๆ ขวดกลั่นด้วย Silicon grease

9. นำกระบอกตวงในข้อ 4 ซึ่งยังเปียกน้ำมันอยู่ มาใส่ใน Graduate bath ที่มีอุณหภูมิตามที่กำหนดไว้ คือ 4 องศาเซลเซียส โดยให้ท่อ Condenser สัมผัสกับผนังของ กระบอกตวงเพื่อลดการสูญเสีย และเติมน้ำใส่ Bath อย่างน้อยให้สูงถึงขีด 100 มิลลิลิตร

10. วัด Barometric Pressure และเริ่มกลั่นได้ทันที

11. ทำขวดกลั่นให้ร้อน โดยปรับอัตราการให้ความร้อน ดังนี้

เวลาตั้งแต่เริ่มกลั่นจนถึงหยุดแรก 5-15 นาที

ที่เหลือไม่ได้กำหนด

12. บันทึกอุณหภูมิ ตามปริมาณ Recovered ที่จำเป็น คือ IBP, 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 45%, 50% และ 55%

13. นำอุณหภูมิที่ 50% recovered ไปใช้คำนวณต่อไป

10 ค่าความร้อน (ASTM D 240 Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter) [42]

วิธีการใช้เครื่อง Bomb Calorimeter Model 1341

1. เสียบปลั๊กของตัวเครื่อง Bomb Calorimeter และเสียบปลั๊กของเครื่องจุดระเบิด Ignition

2. นำตัวอย่างที่ชั่งน้ำหนักแล้วมาวางในถ้วยสำหรับใส่ตัวอย่าง Fuel Capsules (ปกติจะใช้น้ำหนักตัวอย่างประมาณ 1 กรัม แต่ต้องไม่เกิน 1.5 กรัม) แล้วทำการผูกหลอด Fuse Wire ปกติจะใช้เวลาขยาดประมาณ 10 ซม. ดังรูป

3. หลังจากผูกหลอดเสร็จสิ้นแล้วให้นำตัวบอมบ์มาทำการเติมก๊าซออกซิเจน ปกติจะเติมประมาณ 30 atm แต่ต้องไม่เกิน 40 atm (ที่หัวบอมบ์จะมีวาล์วสำหรับปิด/เปิดอยู่)

4. ให้นำ Bucket ไปทำการใส่น้ำกลั่น 2000 มิลลิลิตร โดยใส่น้ำลงไปประมาณ 1000 มิลลิลิตร ก่อนแล้วจึงนำตัวบอมบ์วางลงไปใน Bucket แล้วทำการยก Bucket ใส่น้ำลงไปถึงก้นของตัวเครื่อง

แล้วทำการเสียบสายไฟสำหรับจุดระเบิดที่หัวของบอมบี้ให้เรียบร้อย แล้วจึงเติมน้ำที่เหลือลงไป ซึ่งน้ำจะท่วมตัวบอมบี้

5. นำฝาของตัวเครื่องที่มีเทอร์โมมิเตอร์มาปิดที่ตัวเครื่องให้เรียบร้อย แล้วทำการเปิดสวิตช์ไฟของมอเตอร์ โดยให้ปิดและเปิดตามเข็มนาฬิกา

6. รอให้อุณหภูมิคงที่แล้วจึงทำการกดสวิตช์ไฟของตัวจุดระเบิด Ignition โดยให้ปล่อยสวิตช์ทันทีที่ไฟดับแต่ถ้าไฟไม่ดับภายใน 5 วินาที ให้ปล่อยมือออกจากสวิตช์ทันที มิฉะนั้นตัวเครื่อง Ignition จะเสียหาย ซึ่งถ้าไม่ได้ผู้กลวดห้ามกดสวิตช์ของเครื่อง Ignition โดยเด็ดขาด

7. หลังจากจุดระเบิดแล้วให้ทำการจดบันทึกอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงทุกๆ 1 นาที



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ผลการทดลอง

ตารางที่ ข1 ผลการทดลองค่า Flash point แบบ PM closed cup

ชนิดน้ำมัน	ครั้งที่	ค่า Flash point (°C)	ค่าเฉลี่ย (°C)	ความคลาดเคลื่อน (°C)
มะพร้าว	1	224	224	0
	2	224		
ปาล์มเมล็ดใน	1	236	236	0
	2	236		
ปาล์มดิบ	1	282	283	1
	2	284		
ถั่วเหลือง	1	312	311	0
	2	310		
ปาล์มบริสุทธิ์	1	316	316	0
	2	316		
ดีเซล ปตท.	1	57	56	1
	2	56		
ดีเซล เซลล์	1	51	51	0
	2	51		

ตารางที่ ข2 ผลการทดลองค่า °API และค่าความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ

ชนิดของน้ำมัน	ครั้งที่	อุณหภูมิ water bath (°C)	อุณหภูมิน้ำมัน ตัวอย่าง (°C)	ค่า API	API At 60/60 °F	ค่าเฉลี่ย ±ผลต่าง	Sp. Gr. At 60/60 °F	ค่าเฉลี่ย
น้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์	1	15.5	15.5	21.7	21.7	21.7±0.1	0.9236	0.9239±0.0006
	2	15.5	15.5	21.6	21.6		0.9242	
น้ำมันปาล์มดิบ	1	31	31	23.6	22.3	22.3±0.1	0.9201	0.9200±0.0002
	2	25	25	23.1	22.3		0.9199	
น้ำมันมะพร้าว	1	21	21	22.3	21.9	21.8±0.0	0.9226	0.9229±0.0006
	2	21	21	22.2	21.8		0.9232	
น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	1	15.5	15.5	23.7	23.7	23.7±0.0	0.9117	0.9117±0.0000
	2	15.5	15.5	23.7	23.7		0.9117	
น้ำมันดีเซล ปตท.	1	15.5	15.5	37.5	37.5	37.6±0.1	0.8372	0.8370±0.0005
	2	15.5	15.5	37.6	37.6		0.8367	
น้ำมันดีเซล เชลล์	1	15.5	15.5	37.2	37.2	37.3±0.1	0.8387	0.8385±0.0005
	2	15.5	15.5	37.3	37.3		0.8382	
น้ำมันปาล์มเมล็ดใน	1	22	22	22.4	21.9	21.8±0.1	0.9225	0.9228±0.0006
	2	22	22	22.3	21.8		0.9231	

ตารางที่ ๖ ผลการทดลองความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ และความหนืด ณ อุณหภูมิ 100 °ซ

ชนิดของน้ำมัน	ที่ 40 °C				ที่ 100 °C			
	เวลา (sec.)	ค่า k	Viscosity (cS)	ค่าเฉลี่ย	เวลา (sec.)	ค่า k	Viscosity (cS)	ค่าเฉลี่ย
น้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์	138.99	0.2551	35.5	35.5	36.47	0.2551	9.3	9.3
	139.23	0.2551	35.5	±0.0	36.48	0.2551	9.3	±0.0
น้ำมันปาล์มดิบ	129.73	0.2551	33.10	33.2	28.84	0.2551	7.4	7.4
	28.84	0.2551	33.30	±0.1	28.73	0.2551	7.3	±0.1
น้ำมันมะพร้าว	115.94	0.2551	29.6	29.6	26.74	0.2551	6.8	6.8
	116.20	0.2551	29.6	±0.0	26.78	0.2551	6.8	±0.0
น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	176.46	0.2551	45.0	45.1	39.65	0.2551	10.1	10.1
	176.84	0.2551	45.1	±0.0	39.63	0.2551	10.1	±0.0
น้ำมันดีเซล ปตท.	214.45	0.01678	3.6	3.6	88.74	0.01678	1.5	1.5
	214.04	0.01678	3.6	±0.0	88.73	0.01678	1.5	±0.0
น้ำมันดีเซล เชลล์	222.64	0.01678	3.7	3.7327	80.80	0.01678	1.4	1.4
	222.26	0.01678	3.7	±0.0	80.80	0.01678	1.4	±0.0
น้ำมันปาล์มเมล็ดใน	127.51	0.2551	32.5	32.5	28.52	0.2551	7.3	7.3
	127.65	0.2551	32.6	±0.0	28.45	0.2551	7.3	±0.0

ตารางที่ ข4 ผลการทดลองค่ากำมะถันของน้ำมัน

น้ำมัน	ปริมาณกำมะถัน (%wt.)					เลือก	ค่าเฉลี่ย (%wt.)	ความแตกต่าง (%wt.)
	1	2	3	4	5			
ดีเซล ปตท.	0.0227	0.0257	0.0266	-	-	2, 3	0.0262	0.0009
ดีเซล ปาล์ม	0.0198	0.0369	0.0305	0.0153	0.0213	1, 5	0.0206	0.0015
มะพร้าว	0.0000	0.000	0.0000	-	-	1, 2, 3	0.0000	0.0000
ปาล์มเมล็ดใน	0.0569	0.0504	0.0624	0.0347	0.0363	4, 5	0.0355	0.0016
ปาล์มบริสุทธิ์	0.0008	0.0000	0.0000	0.0000	-	2, 3, 4	0.0000	0.0000
ปาล์มดิบ	0.0000	0.0000	0.0000	-	-	1, 2, 3	0.0000	0.0000
ถั่วเหลือง	0.0065	0.0000	0.0000	0.0000	-	2, 3, 4	0.0000	0.0000

ตารางที่ ข5 ผลการทดลองค่ากากถ่านของน้ำมัน

ชนิดน้ำมัน	นน. Crucible + นน. Glass beads (g)	นน. Crucible + นน. Glass beads + นน. น้ำมัน (g)	นน. Crucible + นน. Glass beads + นน. Residue (g)	Conradson Carbon Residue (%)	ค่าเฉลี่ย (%)	ความคลาดเคลื่อน (%)
ดีเซลเชลล์	17.5919	27.5897	17.5962	0.04	0.04	0.00
	20.0437	30.0430	20.0475	0.04		
ปาล์มดิบ	20.2203	30.2192	20.2467	0.26	0.27	0.01
	20.2069	30.2063	20.2336	0.27		
มะพร้าว	27.6379	27.6379	17.6639	0.27	0.25	0.02
	16.9214	26.9210	16.9455	0.24		
ปาล์มเมล็ดใน	17.5849	27.8590	17.6155	0.30	0.28	0.02
	18.7688	28.7683	18.7946	0.26		
ถั่วเหลือง	20.3326	30.3230	20.3759	0.43	0.44	0.01
	17.6218	27.6271	17.6670	0.45		
ปาล์มบริสุทธิ์	17.9635	27.9516	17.9967	0.33	0.35	0.02
	20.2835	30.2822	20.3209	0.37		
ดีเซล ปตท.	17.5876	27.5842	17.5909	0.03	0.04	0.01
	18.7405	28.7384	18.7441	0.04		

ตารางที่ ข6 ผลการทดลองค่าความร้อน

ชนิดน้ำมัน	นน. ตัวอย่าง (mg)	ความยาวหลอด (cm.)		อุณหภูมิ (°C)		NaOH 0.1 mol/l (ml.)	ค่าความร้อน (MJ/kg)	ค่าเฉลี่ย± ค่าคลาดเคลื่อน
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง			
มะพร้าว	995.7	9.7	6.4	29.66	33.35	1.0	37.75	37.80±0.05
	994.6	10.0	2.4	29.94	33.64	1.1	37.84	
ถั่วเหลือง	983.3	10.0	1.5	29.99	33.82	1.0	39.61	39.61±0.00
	989.7	10.0	4.6	30.04	33.89	1.1	39.60	
ปาล์มบริสุทธิ์	992.7	10.0	1.8	30.05	33.94	1.1	39.85	39.88±0.03
	996.4	10.0	1.9	30.16	34.07	1.1	39.91	
ดีเซลเซลล์	986.5	10.0	3.9	29.99	34.34	1.2	44.88	44.87±0.01
	994.1	10.0	5.1	29.19	33.57	1.2	44.86	
ปาล์มเมล็ดใน	995.8	10.0	3.6	28.68	32.33	1.0	37.29	37.34±0.05
	999.0	10.0	4.6	27.90	31.57	1.0	37.39	
ดีเซล ปตท.	982.7	10.0	3.4	27.88	32.26	1.0	45.36	45.42±0.05
	958.3	10.0	4.4	28.50	32.78	1.1	45.47	
ดีเซล เซลล์	990.5	10.0	3.3	28.40	32.80	1.3	45.21	45.17±0.04
	992.0	10.0	2.6	29.22	33.62	1.3	45.13	
ปาล์มดิบ	994.4	10.0	2.0	28.72	32.44	1.0	38.04	38.03±0.02
	990.6	10.0	4.0	28.80	32.50	1.0	38.01	

ตารางที่ ข7 ผลการทดลองค่าเถ้า

ชนิดน้ำมัน	นน. Dish (g)	นน. Dish (g)	นน. Dish + นน. น้ำมัน(g)	นน. Dish (g) + นน. เถ้า (g)	ค่าเถ้า (%)	ค่าเฉลี่ย (%)	ความคลาดเคลื่อน (%)
ถั่วเหลืองบริสุทธิ์	69.7076	169.8809	100.1733	69.7107	0.003	0.003	0.000
	79.8088	178.1493	98.3405	79.811	0.002		
มะพร้าว	80.7537	180.0461	99.2924	80.7604	0.007	0.006	0.001
	89.1341	189.9329	100.7988	89.1388	0.005		
ปาล์มดิบ	79.8044	180.3894	100.585	79.8072	0.003	0.004	0.001
	94.8172	202.4171	107.5999	94.8227	0.005		
ปาล์มบริสุทธิ์	80.7566	186.6779	105.9213	80.7589	0.002	0.002	0.000
	79.8062	181.5092	101.703	79.8077	0.002		
ดีเซล เซลล์	89.144	190.8362	101.6922	89.1449	0.001	0.001	0.000
	80.7722	181.6353	100.8631	80.7733	0.001		
ดีเซล ปตท.	89.148	197.9715	108.8235	89.1493	0.001	0.001	0.000
	80.7719	181.9893	101.2174	80.7729	0.001		
ปาล์มเมล็ดใน	80.771	192.3642	111.5932	80.7756	0.004	0.004	0.000
	89.1483	198.9337	109.7854	89.152	0.003		

ตารางที่ ๖๘ ผลการทดลองค่า Distillation & Calculated cetane index สำหรับดีเซล ปตท.

ความดันขณะทดลอง = 737 mmHg (983 Pa.)

	Temp. 1 (°C)	Temp. 2 (°C)	Temp. 3 (°C)	T average (°C)	Tcor / 10 mmHg (°C)	T corrected (°C)	T (°C)
IBP	180	180	-	180.0	0.54	1.242	181.2
5%	222	220	-	221.0	0.59	1.357	222.4
10%	228	229	-	228.5	0.59	1.357	229.9
15%	230	232	-	231.0	0.62	1.426	232.4
20%	236	240	-	238.0	0.62	1.426	239.4
30%	251	252	-	251.5	0.64	1.472	253.0
40%	272	270	-	271.0	0.66	1.518	272.5
45%	280	280	-	280.0	0.66	1.518	281.5
50%	288	288	-	288.0	0.66	1.518	289.5
55%	296	294	-	295.0	0.69	1.587	296.6

Temperature at mid boiling point for 50 % recovered - ASTM distillation 289.5 °C

553.1 °F

API Gravity

37.6

CALCULATED CETANE INDEX (from graph) 56

Or $CI = -420.34 + 0.016 G^2 + 0.192 G \log M + 65.01 (\log M)^2 - 0.0001809 M^2$

When $CI =$ Cetane Index

$G =$ API Gravity

$M =$ Temperature at mid boiling point for 50 % recovered (°F)

CALCULATED CETANE INDEX (from calculation) 55.7 (ประมาณ 56)

ตารางที่ ๗๑ ผลการทดลองค่า Distillation & Calculated cetane index สำหรับดีเซล เซลล์

ความดันขณะทดลอง = 738 mmHg (984 Pa.)

	Temp. 1 (°C)	Temp. 2 (°C)	Temp. 3 (°C)	T average (°C)	Tcor / 10 mmHg (°C)	T corrected (°C)	T (°C)
IBP	202	202	201	201.5	0.57	1.254	202.8
5%	204	206	205	205.5	0.57	1.254	206.8
10%	206	212	210	211.0	0.59	1.298	212.3
15%	210	220	218	219.0	0.59	1.298	220.3
20%	218	240	237	238.5	0.60	1.320	239.8
30%	244	260	258	259.0	0.64	1.408	260.4
40%	264	274	272	273.0	0.66	1.452	274.5
45%	272	282	280	281.0	0.66	1.452	282.5
50%	282	288	286	287.0	0.66	1.452	288.5
55%	287	290	292	291.0	0.68	1.496	292.5

Temperature at mid boiling point for 50 % recovered - ASTM distillation 285.5 °C

551.2 °F

API Gravity

37.3

CALCULATED CETANE INDEX (from graph) 55

Or $CI = -420.34 + 0.016 G^2 + 0.192 G \log M + 65.01 (\log M)^2 - 0.0001809 M^2$

When CI = Cetane Index

G = API Gravity

M = Temperature at mid boiling point for 50 % recovered (°F)

CALCULATED CETANE INDEX (from calculation) 55.1 (ประมาณ 55)

ภาคผนวก ก ข้อมูลในการสร้างแบบจำลอง

1. ปริมาณพีชน้ำมันเฉลี่ยรายเดือน

1.1 ปริมาณปาล์มน้ำมัน

ตารางที่ ก1 ปาล์มน้ำมัน : ร้อยละและปริมาณผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวรายเดือน ปี 2542 - 2545

ปี	ปริมาณ (1,000 ตัน)												รวม
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
2542 (2542/43)	125.629	159.351	297.412	355.585	418.829	408.633	388.005	350.920	356.702	281.760	203.221	168.071	3,514.118
2543(254 3/44)	207.949	199.830	274.683	267.397	265.845	258.904	271.729	297.185	341.229	360.632	276.160	234.535	3,256.078
2544(254 4/45)	345.516	352.876	409.303	345.107	369.232	327.933	357.783	356.556	327.115	336.520	311.169	249.834	4,088.944
2545(254 5/46)	299.074	290.186	337.187	320.205	372.837	363.692	383.869	372.837	343.368	309.551	271.615	237.897	3,902.318
2546(254 6/47)	283.426	281.479	320.641	358.508	391.058	402.892	400.684	422.791	397.924	359.838	317.085	264.579	4,200.905

1.2 ปริมาณถั่วเหลือง

ตารางที่ ก2 ถั่วเหลือง : ร้อยละและปริมาณผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวรายเดือน ปีเพาะปลูก 2532/33-2544/45

ปี	ปริมาณ (ตัน)												รวม
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	
เพาะปลูก													
2534/35	1,568	57,149	67,255	37,156	37,156	33,017	2,918	1,350	55,320	125,536	16,726	436	435,587
2535/36	688	36,533	63,542	54,197	35,031	35,407	6,178	44	36,969	181,910	13,355	16,294	480,148
2536/37	1,017	34,067	79,425	86,112	29,857	35,391	877	54	93,632	144,249	7,837	581	513,099
2537/38	856	30,864	88,609	82,063	40,602	33,904	257	4,170	85,192	152,307	8,716	40	527,580
2538/39	-	27,980.0	54,953	100,982	17,286	1,829	1,328	395	61,743	113,572	5,492	-	385,560
2539/40	915	29,809	38,353	56,300	40,354	17,441	850	254	49,562	106,083	19,173	-	359,094
2540/41	35	3,488	19,398	56,314	64,232	28,950	727	3,283	43,429	106,905	11,029	-	337,790
2541/42	148	10,618	21,154	60,618	34,880	26,720	248	10,341	57,929	93,067	5,512	-	321,235
2542/43	-	9,456	46,150	43,422	44,544	6,799	109	479	57,464	100,520	10,072	-	319,015
2543/44	2,093	25,432	23,401	39,335	35,992	17,840	31	10,435	90,886	65,392	1,595	-	312,432
2544/45*	600	12,722	26,226	30,449	26,930	13,113	78	6,231	62,489	75,915	5,943	-	260,696
2545/46	808	14,289	28,744	33,975	32,252	11,330	65	5,146	63,277	72,577	5,285	-	267,748

2. ราคาพืชน้ำมันเฉลี่ยรายเดือน

2.1 ราคามะพร้าว

ตารางที่ ก4 มะพร้าว : ราคาที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา เฉลี่ยรายเดือน มะพร้าวแห้งผลใหญ่ เฉลี่ยทั่วประเทศ

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2540	472	472	489	343	349	259	221	209	224	285	272	307	325
2541	343	343	412	357	318	320	357	419	512	828	1062	1130	521
2542	1104	1104	961	890	772	558	461	466	503	602	718	729	707
2543	533	533	316	286	248	213	177	179	172	184	211	213	252
2544	210	210	222	221	237	231	216	20	210	300	391	386	248
2545	404	434	428	453	401	307	264	228	225	245	275	306	326
2546	346	346	379										

2.2 ราคาปาล์มน้ำมัน

ตารางที่ ค5 ปาล์มน้ำมัน : ราคาที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา เฉลี่ยรายเดือน ผลปาล์มน้ำมันทั้งทะลายมีน้ำหนัก > 15 กก. เฉลี่ยทั่วประเทศ

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2540	2.39	2.41	2.05	1.93	1.87	2.09	2.31	2.03	2.08	2.22	2.30	2.64	2.17
2541	3.48	3.64	3.05	2.61	2.74	2.93	3.56	3.40	3.40	3.65	4.02	4.34	3.37
2542	4.65	4.68	2.75	1.93	1.75	1.48	1.43	1.75	1.75	1.43	1.27	1.59	2.20
2543	1.94	1.51	1.31	1.64	2.02	2.45	1.59	1.66	1.66	1.30	1.40	1.42	1.66
2544	1.08	0.85	0.81	0.90	0.93	1.11	1.32	1.79	1.79	1.05	1.53	1.89	1.19
2545	2.06	1.98	1.86	1.82	1.80	2.22	2.15	2.35	2.30	2.53	3.48	4.34	2.30

2.3 ราคาข้าวเหลือง

ตารางที่ ๓๖ ข้าวเหลือง : ราคาที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา เฉลี่ยรายเดือน ข้าวเหลืองชนิดละ เฉลี่ยทั้งประเทศ

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2533	7.18	7.28	7.30	7.10	7.27	7.31	7.00	6.89	7.69	7.54	6.83	7.10	7.21
2534	7.31	7.48	7.56	7.28	7.33	7.14	-	7.35	7.85	7.54	7.58	7.75	7.57
2535	8.13	8.21	7.87	8.12	8.09	7.80	8.30	7.50	7.72	7.66	8.25	7.31	7.76
2536	7.91	7.98	8.02	7.93	7.79	7.50	-	7.44	7.79	7.64	7.96	8.43	7.94
2537	8.35	7.75	8.39	8.07	8.03	8.01	-	7.43	7.09	8.03	8.73	8.67	7.96
2538	8.10	7.59	7.78	7.71	7.72	7.78	-	7.36	7.70	8.51	8.41	8.39	8.08
2539	8.29	8.40	9.25	9.71	9.87	8.75	7.00	8.80	8.83	9.15	10.16	8.64	8.96
2540	8.78	8.67	8.56	8.40	8.61	7.85	-	7.63	8.89	9.85	9.94	10.53	9.22
2541	12.27	11.90	11.66	10.52	11.07	11.25	-	9.26	10.00	9.76	8.27	10.35	10.43
2542	10.16	9.83	9.72	9.37	8.64	0.00	-	8.97	7.79	8.08	9.85	8.49	8.70
2543	8.72	8.11	9.86	9.56	9.03	9.15	9.65	9.14	8.13	9.16	10.10	9.87	9.25
2544	9.14	9.46	9.92	9.31	9.68	9.92	10.00	9.06	9.92	9.94	10.17	9.72	9.72
2545	9.48	9.67	10.03	9.87	10.09	11.36	-	10.59	10.06	10.01	0.00	10.41	10.06

3. ราคาน้ำมันดีเซล

ตารางที่ ก7 ราคาน้ำมันดีเซล ในกรุงเทพมหานคร เฉลี่ยรายเดือน

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2542	7.67			8.46				9.39				10.69	
2543	11.27			11.43				13.74				14.9	
2544	13.54	13.18	13.17	14.18	14.54	14.31	13.92	13.84	14.62	13.21	12.11	11.29	13.49
2545	11.56	11.84	12.42	13.34	13.29	12.94	12.79	13.09	13.99	14.52	13.89	14.09	13.147
2546													

4. ราคากากถั่วเหลือง

ตารางที่ ก8 ราคากากถั่วเหลือง ผลิตในประเทศจากเมล็ดในประเทศ (ณ หน้าโรงงานสกัดน้ำมัน) โปรตีน 44-48% ตลาด กทม. เฉลี่ยรายเดือน

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2542	9.5	-	-	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
2543	9.5	9.5	9.5	9.5	9.73	9.75	9.75	9.75	9.78	10.14	10.59	10.95	9.87
2544	11.1	11.23	11.17	11.13	11.05	10.92	11.01	11.05	10.81	10.57	10.29	10.08	10.87
2545	10.37	10.45	10.26	10.14	10.25	10.24	10.48	10.48	10.55	10.38	10.34	10.59	10.38

5. ราคาเนื้อมะพร้าวตากแห้ง

ตารางที่ ๑๑ ราคาเนื้อมะพร้าวตากแห้งเกรด A

ปี	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	เฉลี่ย
2540	9.54	9.33	9.4	9.84	9.49	9.49	9.1	7.63	7.54	8.43	8.8	9.76	9.03
2541	11.42	12.24	11.16	9.77	10.75	11.92	12.78	13.85	14.65	15.33	14.9		12.62
2542							12.5	12.5	12.38				12.46
2543					8.48	8.49	6.87	6.34	5.11	4.7	5.17	5.2	6.30
2544	4.12	3.55	3.74	4.15	5.06	5.44	5.37	6.28	5.77	5.19	5.03	5.06	4.90
2545	5.04	5.04	5.03	5.02	7.41	8.02	8.05	8.14	8.15	8.2	9.14	10.61	7.32

ภาคผนวก ง

ปริมาณฝนทั่วประเทศ

ตารางที่ ง1 แสดงปริมาณฝนทั่วประเทศ

ปี	ปริมาณฝน (มม.)						
	Northern	North Eastern	Central	Eastern	Southern#1	Southern#2	Sum
1982	1090.8	1365.0	1209.2	1875.9	1541.3	2575.9	9658.1
1983	1200.9	1388.1	1404.4	2398.2	1558.6	2949.3	10899.5
1984	1172.7	1414.5	1041.2	1712.4	1621.0	2597.1	9558.9
1985	1279.9	1338.1	1197.4	1888.0	1757.5	2668.7	10129.6
1986	1064.0	1330.9	1183.4	1848.2	1662.9	3204.1	10293.5
1987	1136.1	1349.1	1144.4	1782.4	1580.7	2593.5	9586.2
1988	1289.5	1376.1	1468.4	2257.7	1978.7	3123.9	11494.3
1989	1100.1	1280.7	1121.9	1708.6	1413.6	2484.2	9109.1
1990	1206.2	1554.4	1189.9	1850.0	1279.8	2488.3	9568.6
1991	1098.4	1265.5	1042.7	1812.0	1508.3	2555.4	9282.3
1992	1142.5	1243.8	1121.7	1495.0	1465.0	2087.5	8555.5
1993	929.7	1168.4	1042.0	1682.4	1819.3	2866.9	9508.7
1994	1501.4	1445.0	1294.2	1811.8	1726.5	2940.5	10719.4
1995	1349.5	1408.5	1335.0	2082.5	1754.7	2861.7	10791.9
1996	1360.2	1510.0	1504.6	1819.9	2062.5	2704.1	10961.3
1997	1094.1	1300.6	1007.9	1589.1	1663.2	2383.3	9038.2
1998	1045.1	1181.6	1368.8	1756.4	1737.4	2795.3	9884.6
1999	1356.4	1526.9	1501.7	2018.7	2195.0	3026.0	11624.7
2000	1349.4	1656.6	1341.4	1956.2	2270.8	2808.8	11383.2
2001	1359.9	1483.8	1238.7	1761.5	2015.2	2942.0	10801.1
2002	1469.0	1620.3	1241.2	1665.2	1587.3	2361.2	9944.2

Total number of stations (N) = 63

Computer Section Climatology Division Meteorological Department

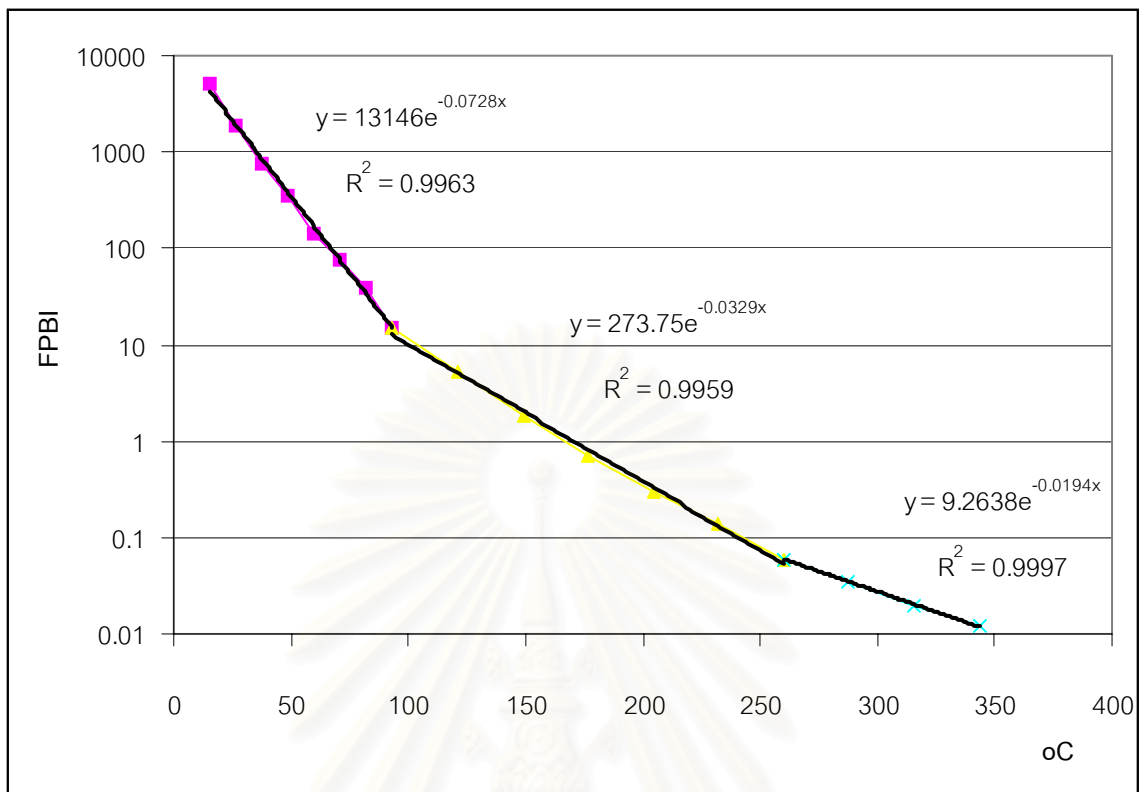
ภาคผนวก จ

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าจุดวาบไฟกับ Flash point blending index

เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าจุดวาบไฟกับ Flash point blending index นั้นไม่มีสมการที่แน่นอน จึงต้องทำการสร้างสมการที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ในรูปที่ 2.8 ได้ โดยเริ่มจากการอ่านค่าความสัมพันธ์จากกราฟแล้วนำไปเขียนกราฟขึ้นใหม่แล้วหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าจุดวาบไฟกับ Flash point blending index ออกมา ได้ผลดังตารางที่ ก1 และรูปที่ ก1

ตารางที่ ก1 แสดงค่าที่อ่านได้จากกราฟ ค่าที่คำนวณได้จากสมการ และร้อยละของความคลาดเคลื่อนของความสัมพันธ์ระหว่างค่าจุดวาบไฟกับ Flash point blending index

ค่าที่อ่านได้จากกราฟ			ค่าที่คำนวณได้จากสมการ					
°F	°C	FPBI	กราฟ oC#1		กราฟ oC#2		กราฟ oC#3	
60	15.6	5000	4041	-19.2				
80	26.7	1900	1844	-2.9				
100	37.8	750	842	12.2				
120	48.9	350	384	9.7				
140	60.0	140	175	25.2				
160	71.1	75	80	6.7				
180	82.2	39	37	-6.4				
200	93.3	15	17	11.1				
250	121.1	5.2			5.1	-2.1		
300	148.9	1.8			2.0	13.4		
350	176.7	0.7			0.8	16.9		
400	204.4	0.3			0.3	9.4		
450	232.2	0.14			0.13	-6.0		
500	260.0	0.06			0.05	-12.0		
550	287.8	0.035					0.035	-0.4
600	315.6	0.02					0.020	1.6
650	343.3	0.012					0.012	-1.2



รูปที่ ๑๑ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าจุดวาบไฟกับ Flash point blending index

จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าจุดวาบไฟกับ Flash point blending index สามารถแบ่งได้ดังนี้

ช่วงอุณหภูมิ (°C)	สมการ	R^2
$0 < FP \leq 93.3$	$13146e^{-0.0728FP}$	0.9963
$93.3 < FP \leq 250$	$273.75e^{-0.0329FP}$	0.9959
$250 < FP \leq 350$	$9.2638e^{-0.0194FP}$	0.9959

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณส่วนต่างของการศึกษาราคาและปริมาณที่เหมาะสม โดยประมาณความต้องการน้ำมันที่ร้อยละ 5 ของประมาณการใช้น้ำมันดีเซล โดยใช้ข้อมูลของเดือนมกราคม พ.ศ. 2545 ดังหัวข้อที่ 4.8 ผลของฤดูกาลที่มีต่อการผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช โดยใช้ข้อมูลจากหัวข้อ 4.7 การเลือกชนิดน้ำมันและการกำหนดค่าใช้จ่ายในการผลิต ดังต่อไปนี้

ข้อมูลภาคเกษตรกรรม (ราคาและปริมาณ) [50]

ข้อมูล	ราคา	ปริมาณ (ตัน)
เนื้อมะพร้าวตากแห้ง	5.04 บาท/กก.	-
มะพร้าวผลใหญ่	-	89625
ปาล์มน้ำมัน	2.06 บาท/กก.	299074

ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตน้ำมันดิบ [1,2,17]

ค่าใช้จ่าย	น้ำมันมะพร้าว	น้ำมันปาล์ม
การขนส่ง (บาท/กก. พืชน้ำมัน)	0.00	0.00
ค่าสกัด (บาท/กก. น้ำมันดิบ)	1.00	2.00
อื่นๆ (บาท/กก. น้ำมันดิบ)	0.00	0.00
อื่นๆ (บาท/กก. น้ำมันดิบ)	0.00	0.00

ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตน้ำมันบริสุทธิ์ [1,2,17]

ค่าใช้จ่าย	น้ำมันมะพร้าว	น้ำมันปาล์ม
การขนส่ง (บาท/กก. น้ำมันดิบ)	0.68	0.68
ค่าทำให้บริสุทธิ์ (บาท/กก.)	2.50	3.00
อื่นๆ (บาท/กก.)	0.00	0.00
อื่นๆ (บาท/กก.)	0.00	0.00

ข้อมูลของน้ำมันดิบ [8,15,16,17,48, 49]

ส่วนประกอบ	น้ำมันมะพร้าว		น้ำมันปาล์ม	
	ร้อยละ	ราคา (บาท/กก.)	ร้อยละ	ราคา (บาท/กก.)
น้ำมัน	55.0	-	18.0	
กะลา	0.0	-	6.0	0.6
เนื้อ	39.0	6.5	4.0	2.5*ราคาปาล์ม*
กาก	0.0	-	72.0	-
อื่นๆ	6.0	-	0	-
รวม	100.0		100	

* ประมาณโดยใช้ข้อมูลจากราคาเนื้อปาล์มเทียบกับราคาปาล์มน้ำมันเฉลี่ย

ข้อมูลของน้ำมันบริสุทธิ์ [15,17]

ส่วนประกอบ	น้ำมันมะพร้าว		น้ำมันปาล์ม	
	ร้อยละ	ราคา (บาท/กก.)	ร้อยละ	ราคา (บาท/กก.)
น้ำมัน	92.0	-	92.0	-
อื่นๆ	8.0	-	8.0	-
รวม	100		100	

การคิดราคาของมะพร้าวจะใช้ข้อมูลจาก สำนักเศรษฐกิจการเกษตร โดยใช้อัตราการแปลงค่า มะพร้าวผล 1 ผลหนัก 1.25 กก. มะพร้าวผล 4 ผล ได้ เนื้อมะพร้าวแห้ง 1 กก. และร้อยละของมะพร้าวผลที่เข้าสู่อุตสาหกรรมคือร้อยละ 30 ของผลผลิตทั้งหมด [50, 51]

จะได้ว่า

1. ความต้องการน้ำมันไบโอดีเซล

$$\begin{aligned}
 \text{การใช้น้ำมันดีเซล} &= 42 \text{ ล้านลิตร/วัน} \\
 &= (42 \text{ ล้านลิตร/วัน}) \times (30 \text{ วัน/เดือน}) \times (0.05) \\
 &= 63 \text{ ล้านลิตร/เดือน}
 \end{aligned}$$

2. ราคาน้ำมันพืช

จากแบบจำลองภาคอุตสาหกรรม

น้ำมันดิบ

$$\begin{aligned} \text{Crude oil Quantity} &= (\text{Crude oil yield}) * (\text{Plant quantity}) \\ \text{Crude oil Price} &= (\text{Plant cost} / \text{Crude oil yield}) \\ &+ \text{Cost (Transport + Extraction + Other)} \\ &- \text{Product price (Shell + Meal + Other)} \\ \text{หรือ Crude oil Price} &= (\text{Plant cost} + \text{Transport cost}) \\ &+ (\text{Extraction cost} * \text{Crude oil yield}) \\ &- (\text{Shell} * \text{Shell price}) \\ &- (\text{Meal} * \text{Meal price}) / \text{Crude oil yield} \end{aligned}$$

และ

น้ำมันบริสุทธิ์

$$\begin{aligned} \text{Refine oil Quantity} &= (\text{Refine oil yield}) * (\text{Crude oil quantity}) \\ \text{Refine oil Price} &= (\text{Crude oil price} / \text{Refine oil yield}) \\ &+ \text{Cost (Transport + Refining + Other)} \\ &- \text{Product price} \\ \text{หรือ Refine oil Price} &= (\text{Crude oil price} + \text{Crude oil transport cost}) \\ &+ (\text{Refined price} * \text{Refined oil yield}) \end{aligned}$$

น้ำมันมะพร้าว

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณเนื้อมะพร้าว [50]} &= (8925.47 \text{ ตัน}) * 30 / (100 * 1.25 * 4) \\ &= 5377.528 \text{ ตัน} \\ \text{ปริมาณน้ำมันดิบ} &= (0.55) * (5377.528 \text{ ตัน}) \\ &= 2957.64 \text{ ตัน} \\ \text{ปริมาณน้ำมันบริสุทธิ์} &= (0.92) * (2957.64 \text{ ตัน}) \\ &= 2721.029 \text{ ตัน} \\ \text{ราคาน้ำมันดิบ} &= (5.04 + 0.00 + 1.00 * 0.55 - 0.39 * 6.5) / 0.55 \\ &= 5.55 \text{ บาท/กก.} \\ \text{ราคาน้ำมันบริสุทธิ์} &= (5.55 + 0.68 + 2.50 * 0.92) / 0.902 \\ &= 9.27 \text{ บาท/กก.} \end{aligned}$$

น้ำมันปาล์ม

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณน้ำมันดิบ} &= (0.18) \cdot (299074 \text{ ตัน}) \\
 &= 53833.32 \text{ ตัน} \\
 \text{ราคาน้ำมันดิบ} &= (2.06 + 0.00 + 2.00 \cdot 0.18 - 0.06 \cdot 0.6 - \\
 &\quad 0.04 \cdot 2.5 \cdot 2.06) / 0.18 \\
 &= 12.10 \text{ บาท/กก.}
 \end{aligned}$$

โดยสามารถเปลี่ยนปริมาณของน้ำมันจากตันเป็นลิตร โดยนำค่าความหนาแน่นหรือค่าความถ่วงจำเพาะที่ 15.6/15.6 °ซ ไปคูณกับปริมาณน้ำมัน และเปลี่ยนราคาจากบาทต่อกิโลกรัมเป็นบาทต่อลิตร โดยนำค่าความหนาแน่นหรือค่าความถ่วงจำเพาะที่ 15.6/15.6 °ซ จะได้ดังนี้

ชนิดน้ำมัน	ความถ่วงจำเพาะ ที่ 15.6/15.6 °ซ	ราคา		ปริมาณ	
		บาท / กก.	บาท / ลิตร	ตัน	ล้านลิตร
มะพร้าวบริสุทธิ์	0.9229	9.27	10.05	52430.9	2.95
ปาล์มดิบ	0.9200	12.10	13.15	53833.32	58.51

ดังนั้นเมื่อนำผลของราคา ปริมาณ สมบัติของน้ำมันพืชแต่ละชนิด สมบัติน้ำมันดีเซล และมาตรฐานน้ำมันดีเซลของกรมการค้าภายในมาเขียนอยู่ในตารางเดียวกัน

ตารางที่ ๑๑ ราคา ปริมาณ สมบัติของน้ำมันพืชแต่ละชนิด สมบัติน้ำมันดีเซล และมาตรฐานน้ำมันดีเซลของกรมการค้าภายใน

Properties	Diesel	Refined	Crude	Standard	
	PTT	coconut	Palm	Min	Max
	X1	x2	x3		
Price (บาท/ลิตร)	12.18	10.05	13.15	-	-
Quantity (ล้านลิตร)	-	2.95	58.51	-	-
Sp. Gr. at 15.6/15.6 °C	0.837	0.9229	0.92	0.81	0.87
Viscosity at 40 °C (cSt.)	3.6672	29.6103	33.1817	1.8	4.1
Pour point (°C)	-9.5	16	25	-	10
Flash point (°C)	57.5	224	283	-	52
Carbon Residue (%wt.)	0.035	0.228	0.266	-	0.05

Ash (%wt.)	0.0011	0.0057	0.0039	-	0.01
Sulfur Content (%wt.)	0.0262	0	0	-	0.05
Water and Sediment (%vol.)	0	0	0	-	0.05
Energy Content (MJ/kg)	45.41	37.79	38.03	-	-
Cetane Number	56			47	-

เมื่อได้ข้อมูลต่างๆ ครบถ้วนแล้วก็เข้าสู่การสร้างแบบจำลองหน่วยผสม โดยมีสมการวัตถุประสงค์คือให้น้ำมันผสมมีราคาต่ำที่สุด และสมการและอสมการข้อกำหนดคือต้องการให้น้ำมันผสมมีสมบัติอยู่ในมาตรฐานน้ำมันดีเซลของกรมการค้าภายใน และปริมาณมากพอตามที่ต้องการ ดังนั้นสามารถเขียนรูปแบบทั่วไปได้ดังนี้

สมการวัตถุประสงค์

$$\text{Min} \quad \sum c_i x_i$$

โดยที่ c_i = ราคาของน้ำมัน (บาท/กก.)

x_i = สัดส่วนน้ำมัน (0-1)

อสมการข้อกำหนดด้านสมบัติทางเชื้อเพลิง

1. ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ จะรวมกันโดยใช้ค่าร้อยละโดยปริมาตร จะได้ว่าอสมการข้อกำหนด คือ

$$\sum (Sp.Gr._i) * x_i \leq Sp.Gr._s^+$$

และ

$$\sum (Sp.Gr._i) * x_i \geq Sp.Gr._s^-$$

เมื่อ $Sp. Gr.$ = ค่าความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ

$Sp. Gr._s^-$ = ข้อกำหนดต่ำสุดของมาตรฐาน

$Sp. Gr._s^+$ = ข้อกำหนดสูงสุดของมาตรฐาน

2. ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ (เซนติสโตกส์) เนื่องจากพฤติกรรมการผสมของค่าความหนืดไม่เป็นเชิงเส้นจึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปของค่าดัชนีการผสม (Blending Index) ซึ่งการผสมจะ

รวมกันโดยร้อยละโดยน้ำหนัก จึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปของร้อยละโดยปริมาตรก่อน โดยคุณด้วยค่าความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ จะได้ว่าอสมการข้อกำหนด คือ

$$\sum Sp.Gr._i * (33.5 \text{LogLog}(\eta_i + 0.85) - 33.5 \text{LogLog}(\eta_s^- + 0.85)) * x_i \geq 0$$

และ

$$\sum Sp.Gr._i * (33.5 \text{LogLog}(\eta_i + 0.85) - 33.5 \text{LogLog}(\eta_s^+ + 0.85)) * x_i \leq 0$$

เมื่อ	η_i	=	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ (เซนติสโตกส์)
	η_s^-	=	ข้อกำหนดต่ำสุดของมาตรฐาน
	η_s^+	=	ข้อกำหนดสูงสุดของมาตรฐาน

3. จุดไหลเท (°ซ) เนื่องจากพฤติกรรมการผสมของค่าจุดไหลเทไม่เป็นเชิงเส้นจึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปของค่าดัชนีการผสม (Blending Index) ซึ่งการผสมจะรวมกันโดยร้อยละโดยน้ำหนัก จึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปของร้อยละโดยปริมาตรก่อน โดยคุณด้วยค่าความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ จะได้ว่าอสมการข้อกำหนด คือ

$$\sum Sp.Gr._i * (0.013(PP_i^2 - PP_s^2) + 1.094(PP_i - PP_s)) * x_i \leq 0$$

เมื่อ	PP_i	=	จุดไหลเท (°ซ)
	PP_s	=	ข้อกำหนดของมาตรฐาน

4. ชาติกะมัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก) มีสมบัติเป็นเชิงเส้นอยู่แล้ว แต่การผสมจะรวมกันโดยร้อยละโดยน้ำหนัก จึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปของร้อยละโดยปริมาตรก่อน โดยคุณด้วยค่าความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ จะได้ว่าอสมการข้อกำหนด คือ

$$\sum Sp.Gr._i * (S_i - S_s) * x_i \leq 0$$

เมื่อ	S_i	=	ชาติกะมัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
	S_s	=	ข้อกำหนดของมาตรฐาน

5. กากถ่าน (ร้อยละโดยน้ำหนัก) มีสมบัติเป็นเชิงเส้นอยู่แล้ว แต่การผสมจะรวมกันโดยร้อยละโดยน้ำหนัก จึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปของร้อยละโดยปริมาตรก่อน โดยคุณด้วยค่าความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ จะได้ว่าอสมการข้อกำหนด คือ

$$\sum Sp.Gr._i * (CR_i - CR_s) * x_i \leq 0$$

เมื่อ CR_i = ค่ากากถ่าน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
 CR_s = ข้อกำหนดของมาตรฐาน

6. ถ้ำ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) มีสมบัติเป็นเชิงเส้นอยู่แล้ว แต่การผสมจะรวมกันโดยร้อยละโดยน้ำหนัก จึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปของร้อยละโดยปริมาตรก่อน โดยคูณด้วยค่าความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ จะได้ว่าอสมการข้อกำหนด คือ

$$\sum Sp.Gr._i * (A_i - A_s) * x_i \leq 0$$

เมื่อ A_i = ถ้ำ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
 A_s = ข้อกำหนดของมาตรฐาน

7. จุดวาบไฟ (°ซ) เนื่องจากพฤติกรรมกรรมการผสมของค่าจุดไหลเทไม่เป็นเชิงเส้นจึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปของค่าดัชนีการผสม (Blending Index) ซึ่งการผสมจะรวมกันโดยร้อยละโดยน้ำหนัก จึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปของร้อยละโดยปริมาตรก่อน โดยคูณด้วยค่าความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ จะได้ว่าอสมการข้อกำหนด คือ

$$\sum Sp.Gr._i * (FPBI_i - FPBI_s) * x_i \leq 0$$

โดยที่เมื่อ $15.6 < FP$ (°ซ) ≤ 93.3 $FPBI_i = 13146 * \exp(-0.0728 * FP_i)$
 $93.3 < FP$ (°ซ) ≤ 260.0 $FPBI_i = 273.75 * \exp(-0.0329 * FP_i)$
 $260.0 < FP$ (°ซ) ≤ 343.3 $FPBI_i = 9.2638 * \exp(-0.0194 * FP_i)$

เมื่อ FP_i = จุดวาบไฟ (°ซ)
 FP_s = ข้อกำหนดของมาตรฐาน

8. ปริมาณน้ำและตะกอน (ร้อยละโดยปริมาตร) มีสมบัติเป็นเชิงเส้นอยู่แล้วและมีการผสมโดยร้อยละโดยปริมาตรอยู่แล้ว จึงได้ว่าอสมการข้อกำหนด คือ

$$\sum (WS_i) * x_i \geq WS_s$$

เมื่อ WS_i = ปริมาณน้ำและตะกอน (ร้อยละโดยปริมาตร)
 WS_s = ข้อกำหนดของมาตรฐาน

อสมการข้อกำหนดสัดส่วนทั้งหมด เพื่อป้องกันการมีค่าตอบที่เป็นไปไม่ได้เกิดขึ้นจึงต้องมีข้อกำหนดที่ว่าสัดส่วนทั้งหมดของน้ำมันผสมจะต้องเท่ากับ 1 เสมอ ซึ่งจะเขียนในรูปของสมการได้เป็น

$$\sum x_i = 1$$

อสมการข้อกำหนดด้านปริมาณของน้ำมันพืชที่ต้องมีเพียงพอกับความต้องการในแต่ละฤดูกาลผลิต คือสัดส่วนของน้ำมันพืชคูณกับปริมาณความต้องการไบโอดีเซลทั้งหมดต้องน้อยกว่าปริมาณของน้ำมันพืชชนิดนั้นที่มีได้ ซึ่งจะเขียนในรูปของสมการได้เป็น

$$x_i = \frac{Q_i}{Q_d}$$

เมื่อ Q_i = ปริมาณน้ำมันพืชสูงสุดที่นำมาใช้ได้ (ล้านลิตร)
 Q_d = ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ต้องการ (ล้านลิตร)

และสุดท้ายคือตัวแปรสัดส่วนน้ำมัน x_j จะต้องเป็นบวกเสมอ เพราะการที่ค่าแปรสัดส่วนน้ำมัน x_j เป็นลบจะไม่มีความหมาย ซึ่งจะเขียนในรูปของสมการได้เป็น

$$x_i \geq 0$$

ดังนั้นสามารถเขียนข้อกำหนดต่างๆ ได้ดังนี้

ตารางที่ ๑๒ ตัวแปรสำหรับหาค่าภาวะที่เหมาะสม

Properties	X_1	X_2	x_3		R.H.S	No.
Minimize	12.18	10.05	13.15	-	-	Obj.
Sp. Gr.	0.8370	0.9229	0.9200	\geq	0.81	1
	0.8370	0.9229	0.9200	\leq	0.87	2
Viscosity	5.3151	16.842	17.217	\geq	0	3
	-0.7173	10.190	10.586	\leq	0	4
P.P.	-17.967	8.0303	21.714	\leq	0	5
F.P.	-82.394	-073.77	-274.44	\leq	0	6
C.R.	-0.0125	0.1643	0.1987	\leq	0	7
Ash	-0.0074	-0.0039	-0.0056	\leq	0	8
Sulfur	-0.0199	-0.0415	-0.0460	\leq	0	9
WS	0	0	0	\leq	0.05	10
Total x_1	1	1	1	=	1	11
Quantity	0	1	0	\leq	0.0467	12
	0	0	1	\leq	0.9288	13
Positive	1	0	0	\geq	0	17
	0	1	0	\geq	0	18
	0	0	1	\geq	0	19

จากนั้นทำการหาค่าเหมาะสมโดยใช้ MS Solver ใน Microsoft Excel จะได้ผลดังนี้

Variable	Value	No.	Cell. Reference	Constraint
Minimize	12.0951	1	0.81	0.842277049
x_1	0.9381	2	0.87	0.842277049
x_2	0.0468	3	0	6.034938324
x_3	0.0151	4	0	-0.035661852
x_4	0.0000	5	0	-16.14987993
x_5	0.0000	6	0	-94.25980552
x_6	0.0000	7	0	-5.34638E-13
		8	0	-0.007258575

9	0	-0.021542842
10	0.05	0
11	1	1.0000
12	0.046799	0.046799154
13	0.928801	0.015144603
14	0	0
15	0	0
16	0	0
17	0	0.938056243
18	0	0.046799154
19	0	0.015144603
20	0	0
21	0	0
22	0	0

ดังนั้นจะได้ว่าผลตั้งนี้ราคาต่ำที่สุดของน้ำมันผสมคือ 13.10 บาท/ลิตร โดยมีสัดส่วนของน้ำมันและปริมาณของน้ำมันแต่ละชนิดที่ต้องการคือ

ตัวแปร	น้ำมัน	สัดส่วน	ปริมาณ (ลิ้นลิตร)
x_1	ดีเซล ปตท.	0.9381	59.10
x_2	มะพร้าวบริสุทธิ์	0.0468	2.95
x_3	ปาล์มดิบ	0.0151	0.95
	รวม	1.000	126.00

จากนั้นทำการคำนวณสมบัติของน้ำมันผสมโดยใช้สูตรในหัวข้อ 2.10 การคำนวณคุณสมบัติของน้ำมันผสม ในหน้าที่ 34 จะได้สมบัติของน้ำมันผสมดังนี้

ตารางที่ ๓3 การคำนวณคุณสมบัติของน้ำมันผสม

สมบัติ	ดีเซล ปตท.	มะพร้าว	ปาล์ม ดิบ	น้ำมัน ผสม
Composition	0.9381	0.0468	0.0151	
Sp. Gr. At 15.6/15.6 °C	0.837	0.9229	0.92	0.8423
Viscosity at 40 °C (cSt.)	3.6672	29.6103	33.1817	4.0770
Pour point (°C)	-9.5	16	25	-6.9
Flash point (°C)	57.5	224	283	58.5
Carbon Residue (%wt.)	0.035	0.253	0.266	0.050
Ash (%wt.)	0.0011	0.0057	0.0039	0.0014
Sulfur Content (%wt.)	0.0262	0.000	0.000	0.0244
Water and Sediment (%vol.)	0	0	0	0
Energy Content (MJ/kg)	45.42	37.79	38.02	44.90

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายดำรงศ์ สุนทรกิจประไพ เกิดวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2523 ที่จังหวัดจันทบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีวิศวกรรม ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2543 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2544



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย