

สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ
ด้วยตัวทำละลาย

ศิริวรรณ ปรียาจิตต์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)
คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

2551

สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย

ศิริวรรณ ปรียาจิตต์

คณะพัฒนาลังคมและสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาแล้วเห็นสมควรอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์.....วิสาฯ ภูจินดา.....ประธานกรรมการ
(ดร.วิสาฯ ภูจินดา)

รองศาสตราจารย์.....[Signature].....กรรมการ
(ดร.ธวัชชัย ศุภดิษฐ์)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์.....[Signature].....กรรมการ
(ดร.สินสุภา จุ้ยจุลเจิม)

รองศาสตราจารย์.....[Signature].....คณบดี
(ดร.สุรสิทธิ์ วชิรขจร)

วันที่.....31.....เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2551

บทคัดย่อ

ชื่อวิทยานิพนธ์	สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ ด้วยตัวทำละลาย
ชื่อผู้เขียน	นางสาวศิริวรรณ ปรียาจิตต์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)
ปีการศึกษา	2551

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย โดยพิจารณาจากขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ ตัวทำละลาย อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลาย ที่สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุด และใช้ต้นทุนในการสกัดต่ำที่สุด ในการศึกษา มีการใช้ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ 5 ขนาด ได้แก่ 0.5-0.7 มิลลิเมตร 0.7-1 มิลลิเมตร 1-1.4 มิลลิเมตร 1.4-2.4 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่กว่า 2.4 มิลลิเมตร ใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ นอร์มัลเฮกเซน (*n*-Hexane) และปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) และอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 3 อัตราส่วน ได้แก่ 1:4 1:6 และ 1:8 (กรัม/มิลลิลิตร) โดยใช้อุณหภูมิในการสกัด 30 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการสกัด 3 ชั่วโมง

ผลการศึกษาพบว่า ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำที่สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุดคือ ขนาดตั้งแต่ 0.5-1.4 มิลลิเมตร โดยนอร์มัลเฮกเซน (*n*-Hexane) เป็นตัวทำละลายที่สกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) คือ 36.01% และ 35.10% ตามลำดับ และอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุดคือ อัตราส่วน 1:8 (กรัม/มิลลิลิตร) ส่วนสภาวะในการสกัดน้ำมันที่ใช้ต้นทุนในการสกัดต่ำสุด คือ ใช้นอร์มัลเฮกเซนเป็นตัวทำละลาย ที่อัตราส่วน 1:4 (กรัม/มิลลิลิตร) ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย คือ สภาวะการสกัดที่ใช้อนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำขนาดตั้งแต่ 0.5-1.4 มิลลิเมตร ใช้นอร์มัลเฮกเซนเป็นตัวทำละลาย และใช้อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:4 (กรัม/มิลลิลิตร)

ABSTRACT

Title of Thesis	An Optimal Condition of Oil Extraction from <i>Jatropha Curcas</i> Seed Kernels using Solvent Extraction
Author	Miss Siriwan Preeyachit
Degree	Master of Science (Environmental Management)
Year	2008

The objective of this experimental research was to study an optimal condition of oil extraction from *Jatropha curcas* seed kernels using solvent extraction method. In this experiment, various kinds of variable were employed in order to get the maximum yield of oil with the lowest cost, that was considered the optimal condition of oil extraction. Those variables were five ground kernel sizes (0.5-0.7 mm, 0.7-1 mm, 1-1.4 mm, 1.4-2.4 mm and > 2.4 mm), two kinds of solvent (*n*-hexane and petroleum ether) and three ratios of kernel-to-solvent (1:4, 1:6 and 1:8 g/ml). The extractions were conducted at a constant temperature (30 °C) and time (3 hour). To find the best condition, SPSS Analysis program was employed.

From the study, the results showed that the sizes of ground kernel ranging from 0.5 to 1.4 mm could yield the highest percentage of oil. *n*-hexane and petroleum ether gave the oil yield of 36.01% and 35.10% respectively that statistically considered equal. For kernel-to-solvent ratios, the best one was 1:8 (g/ml). In addition, the study also found that using *n*-hexane with ratio of 1:4 gave the lowest extraction cost. Therefore, the optimal condition of oil extraction from *Jatropha curcas* seed kernels using solvent extraction was using 0.5-1.4 mm ground kernel sizes with *n*-hexane as solvent and 1:4 kernel-to-solvent ratio in an extraction.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชา ภูจินดา ประธานคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. ธวัชชัย ศุภดิษฐ์ กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการให้ความรู้ ความเข้าใจ และคำแนะนำ ตลอดจนความช่วยเหลือด้านต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สินศุภา จุ้ยจุลเจิม เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่ามาเป็นกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมีเพื่อทำการทดลอง

ขอกราบขอบพระคุณคณะอาจารย์สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ทุกท่านที่ได้อุทิศตนประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ คำแนะนำ ประสบการณ์ และความช่วยเหลือทางวิชาการด้านต่างๆ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) ตลอดจนเจ้าหน้าที่และนักศึกษาทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลองเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาสาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม รุ่น 11 ทุกคน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา โดยเฉพาะคุณชนันท์ บุญรักษ์ และคุณชลธิชา สืบวัฒนพงษ์กุล ที่ได้เสียสละเวลาและแรงกายให้ความช่วยเหลือในการทำการทดลองในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาผู้มีพระคุณสูงสุด ที่เป็นแบบอย่างในการดำเนินชีวิต และคอยให้กำลังใจผู้เขียนตลอดมา รวมถึงขอบคุณพี่สาวและน้องชายที่ได้ให้กำลังใจที่ดีเสมอมา

ศิริวรรณ ปรียาจิตต์

กรกฎาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(11)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	3
1.3 ขอบเขตการวิจัย	4
1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย	4
1.5 สมมติฐานในการวิจัย	6
1.6 นิยามศัพท์	7
1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	8
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
2.1 สถานการณ์การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	9
2.2 พลังงานทดแทน	10
2.3 ไบโอดีเซล	13
2.4 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสบู่ดำ	21
2.5 การสกัดด้วยตัวทำละลาย	37
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	40

บทที่ 3 วิธีการศึกษาวิจัย	47
3.1 วิธีการศึกษาวิจัย	47
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสกัดน้ำมัน	47
3.3 สารเคมีและวัตถุดิบที่ใช้ในการสกัดน้ำมัน	48
3.4 แผนการทดลอง	48
3.5 ขั้นตอนการทดลอง	50
3.6 สรุปขั้นตอนการทดลอง	57
3.7 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล	57
บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัย	58
4.1 ผลการทดลองสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย	58
4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	66
4.3 การคำนวณและเปรียบเทียบต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย	69
4.4 สรุปการคำนวณต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย	78
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	79
5.1 สรุปผลการวิจัย	79
5.2 ข้อเสนอแนะและข้อเสนอแนะจากงานวิจัย	79
5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป	80
บรรณานุกรม	81
ภาคผนวก	84
ภาคผนวก ก ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดในสภาวะต่างๆกัน	85
ภาคผนวก ข การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันได้โดยใช้สถิติ Duncan	90
ภาคผนวก ค ตารางเปรียบเทียบตะแกรงร่อน (Sieve) ขนาดต่างๆ	93
ประวัติผู้เขียน	96

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 การผลิต การใช้ การนำเข้า และการส่งออกน้ำมันสำเร็จรูป ปี 2550 (มกราคม-กันยายน)	2
2.1 เปรียบเทียบผลการใช้ไบโอดีเซล 100% (B100) และไบโอดีเซล 20% (B20)	15
2.2 เปรียบเทียบการใช้ไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซล ในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	15
2.3 แสดงผลทดสอบเปรียบเทียบการใช้น้ำมันสบู่ดำ กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก	29
2.4 แสดงผลการทดสอบไอเสียจากเครื่องยนต์	30
2.5 ความแตกต่างของผลผลิตสบู่ดำตามสภาพการปลูก	31
2.6 ผลผลิตเมล็ดของสบู่ดำ สถานีทดลองพืชไร่ร้อยเอ็ด ปี 2527-2528	35
2.7 ผลผลิตเมล็ดของสบู่ดำ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5 จ.ขอนแก่น ปี 2530-2532	36
2.8 ผลผลิตเมล็ดสบู่ดำอายุ 1 ปี จากแปลงอนุรักษ์พันธุ์ ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครราชสีมา ปี 2548	36
4.1 ค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดน้ำมันในสถานะต่างๆกัน	58
4.2 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำที่สกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุด โดยคิดจากค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันที่ได้จากทุกตัวทำละลายและทุกอัตราส่วน	66
4.3 ผลการวิเคราะห์ตัวทำละลายโดยคิดจากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันที่ได้จากขนาดอนุภาค ที่สกัดน้ำมันได้มากที่สุดและจากทุกอัตราส่วน	67

4.4 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสับดูคำต่อตัวทำละลาย โดยคิดจากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันที่ได้จากขนาดอนุภาคและ ตัวทำละลายที่สกัดน้ำมันได้มากที่สุด	68
4.5 การคำนวณค่าวัตถุคิบัและสารเคมีในการสกัดน้ำมันจากเนื้อใน เมล็ดสับดูคำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้เฮกซะน (n-Hexane) เป็นตัวทำละลาย	70
4.6 การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการบดเนื้อในเมล็ดสับดูคำ ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสับดูคำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้เฮกซะน (n-Hexane) เป็นตัวทำละลาย	70
4.7 การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการเขย่าในการสกัดน้ำมัน จากเนื้อในเมล็ดสับดูคำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้เฮกซะน (n-Hexane) เป็นตัวทำละลาย	71
4.8 การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการกลั่น ในการสกัดน้ำมัน จากเนื้อในเมล็ดสับดูคำด้วยตัวทำละลายโดยใช้เฮกซะน (n-Hexane) เป็นตัวทำละลาย	71
4.9 การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการอบน้ำมัน ในการสกัดน้ำมัน จากเนื้อในเมล็ดสับดูคำด้วยตัวทำละลายโดยใช้เฮกซะน (n-Hexane) เป็นตัวทำละลาย	71
4.10 สรุปต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสับดูคำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้เฮกซะน (n-Hexane) เป็นตัวทำละลาย	72
4.11 การคำนวณค่าวัตถุคิบัและค่าสารเคมีที่ใช้ในการสกัดน้ำมัน จากเนื้อในเมล็ดสับดูคำด้วยตัวทำละลายโดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย	73
4.12 การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการบดเนื้อในเมล็ดสับดูคำ ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสับดูคำด้วยตัวทำละลายโดยใช้ ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย	73
4.13 การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการเขย่าในการสกัดน้ำมัน จากเนื้อในเมล็ดสับดูคำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย	73

- 4.14 การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการกลั่นน้ำมันในการสกัดน้ำมัน
จากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์
(Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย 74
- 4.15 การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการอบน้ำมันในการสกัดน้ำมัน
จากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลายโดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์
(Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย 74
- 4.16 สรุปต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย
โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย 74
- 4.17 เปรียบเทียบต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำระหว่าง
การใช้นอร์มัลเฮกเซน (*n*-Hexane) และปิโตรเลียมอีเทอร์
(Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย 75
- 4.18 การเปรียบเทียบร้อยละของปริมาณน้ำมันที่ได้ต่อการใช้ตัวทำละลาย 1 ส่วน
ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย ระหว่างการใช้
อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 1:4, 1:6 และ 1:8 (กรัม/มิลลิลิตร)
ในกรณีที่ใช้นอร์มัลเฮกเซน (*n*-Hexane) เป็นตัวทำละลาย 76
- 4.19 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันที่ได้ต่อการใช้ตัวทำละลาย 1 ส่วน ระหว่างการใช้
อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 1:4, 1:6 และ 1:8 (กรัม/มิลลิลิตร)
ในกรณีที่ใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย 77
- 4.20 การเปรียบเทียบร้อยละของปริมาณน้ำมันที่ได้ต่อการใช้ตัวทำละลาย 1 ส่วน
จากการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย ระหว่างการใช้
นอร์มัลเฮกเซน (*n*-Hexane) และปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย 78

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	6
2.1 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification)	14
2.2 แผนปฏิบัติการการพัฒนาและส่งเสริมการใช้ไบโอดีเซล	18
2.3 พื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันในภาคอีสานและภาคใต้	19
2.4 ลักษณะลำต้นสบู่ดำ	22
2.5 ลักษณะใบสบู่ดำ	22
2.6 ลักษณะดอกสบู่ดำ	23
2.7 ลักษณะผลสบู่ดำ	23
2.8 ลักษณะเมล็ดสบู่ดำ	24
2.9 ลักษณะการปักชำด้วยกิ่ง	25
2.10 เครื่องสกัดน้ำมันสบู่ดำแบบไฮดรอลิก	27
2.11 ลักษณะน้ำมันสบู่ดำ	27
3.1 แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Arrangement) 5 x 2 x 3	49
3.2 เมล็ดสบู่ดำ	50
3.3 การบดเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้	50
3.4 การคัดขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำโดยใช้ตะแกรงร่อน	51
3.5 อนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำขนาดต่างๆที่ผ่านการคัดขนาดด้วยตะแกรงร่อนแล้ว	52
3.6 อุปกรณ์การตรวจวัดปริมาณตัวทำละลาย	52
3.7 สารเคมีที่ใช้เป็นตัวทำละลาย	53
3.8 การเขย่าด้วยเครื่องเขย่า (Shaker)	53
3.9 การกรองเนื้อในเมล็ดสบู่ดำออกจากสารละลายด้วยกระดาษกรอง	54
3.10 สารละลายที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองแล้ว	54
3.11 การกลั่นด้วยเครื่องกลั่นแบบโรตารี	55
3.12 การอบด้วยตู้อบเพื่อระเหยตัวทำละลายที่ยังคงค้างอยู่	55

3.13	เครื่องชั่งทศนิยมสองตำแหน่งและน้ำมันสบู่ดำที่ได้จากการสกัด	56
3.14	แผนภาพสรุปขั้นตอนการทดลอง	57
4.1	ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อุณหภูมิขนาด 0.5-0.7 มิลลิเมตรโดยใช้ตัวทำละลายและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายแตกต่างกัน	59
4.2	ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อุณหภูมิขนาด 0.7-1 มิลลิเมตรโดยใช้ตัวทำละลายและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่แตกต่างกัน	60
4.3	ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อุณหภูมิขนาด 1-1.4 มิลลิเมตร โดยใช้ตัวทำละลายและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่แตกต่างกัน	60
4.4	ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อุณหภูมิขนาด 1.4-2.4 มิลลิเมตรโดยใช้ตัวทำละลายและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่แตกต่างกัน	61
4.5	ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อุณหภูมิขนาดใหญ่กว่า 2.4 มิลลิเมตรโดยใช้ตัวทำละลายและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่แตกต่างกัน	61
4.6	ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้ไนโตรเจนเหลวเป็นตัวทำละลาย โดยใช้น้ำคือน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่แตกต่างกัน	62
4.7	ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลาย โดยใช้น้ำคือน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่แตกต่างกัน	63
4.8	ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อัตราส่วนสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 1:4 (กรัม/มิลลิกรัม) โดยใช้น้ำคือน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำและตัวทำละลายแตกต่างกัน	64
4.9	ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อัตราส่วนสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 1:6 (กรัม/มิลลิกรัม) โดยใช้น้ำคือน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำและตัวทำละลายแตกต่างกัน	64
4.10	ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อัตราส่วนสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 1:8 (กรัม/มิลลิกรัม) โดยใช้น้ำคือน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำและตัวทำละลายแตกต่างกัน	65

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่ทั่วโลกเผชิญอยู่ทุกวันนี้ นับวันยิ่งมีความหลากหลาย ซับซ้อน และทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ เช่น ปัญหาโลกร้อน อุทกภัย ภัยแล้ง น้ำเสีย ขยะ มลพิษทางอากาศ รวมทั้งปัญหาการขาดแคลนพลังงานซึ่งกำลังวิกฤตอยู่ในขณะนี้ ปัญหาต่างๆ เหล่านี้ล้วนเป็นผลพวงมาจากการพัฒนาที่ผ่านๆ มา มุ่งเน้นด้านวัตถุ ส่งเสริมค่านิยมในการใช้ชีวิตอย่างหรูหรา ใช้จ่ายฟุ่มเฟือยจนเกินความจำเป็นเพื่อตอบสนองความต้องการอย่างไม่มีที่สิ้นสุด โดยในกระบวนการของการพัฒนาด้านต่างๆ ได้มีการคิดค้นวิธีการที่ทำให้สามารถนำเอาทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดขึ้นมาใช้ครั้งละปริมาณมากๆ และรวดเร็ว ทั้งทรัพยากรที่ทดแทนได้และทรัพยากรที่ทดแทนไม่ได้เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในทุกๆ ด้าน ทำให้ทรัพยากรที่เคยมีอยู่อย่างอุดมสมบูรณ์ในธรรมชาติหมดไปอย่างรวดเร็วภายในเวลาไม่กี่สิบปี หลังการปฏิวัติอุตสาหกรรม การใช้ทรัพยากรอย่างไม่มีขีดจำกัดนี้ ได้นำไปสู่ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรและปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์เอง และยังรวมถึงสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อาศัยอยู่ร่วมกันบนโลกใบนี้ด้วย โดยเฉพาะปัญหาโลกร้อน (Global Warming) ที่ทำให้สภาพภูมิอากาศแปรปรวน เกิดพายุขึ้นบ่อยครั้ง เกิดอุทกภัยและภัยแล้งไปทั่วโลก และยากที่จะแก้ไขได้ภายในสิบปีหรือยี่สิบปี และอีกปัญหาหนึ่งที่กำลังอยู่ในภาวะวิกฤตขณะนี้ก็คือ ปัญหาการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักของประเทศ ปัจจุบันประเทศไทยและอีกหลายประเทศทั่วโลกกำลังประสบกับสถานะการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิงและปัญหาราคาน้ำมันแพงจนถึงเข้าขั้นวิกฤต ทั้งนี้เนื่องมาจากภาคอุตสาหกรรมและการขนส่งได้มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ปริมาณน้ำมันในแหล่งสำรองเหลือน้อยลงทุกที จากวารสารนโยบายพลังงานของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ในปี 2550 มีปริมาณการใช้น้ำมันสำเร็จรูปรวม 703 พันบาร์เรลต่อวัน โดยน้ำมันชนิดที่มีการใช้มากที่สุด คือ น้ำมันดีเซล 324 พันบาร์เรลต่อวัน ซึ่งเป็นสัดส่วนการใช้ที่สูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 46 ของการใช้น้ำมันสำเร็จรูปทั้งหมด (สำนักงานนโยบายและแผน

พลังงาน, 2550: 19) ซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงเหล่านี้ประเทศไทยต้องนำเข้าจากต่างประเทศ กอปรกับช่วงเวลานี้ได้มีสงครามเกิดขึ้นบ่อยครั้งในประเทศผู้ส่งออกน้ำมัน ส่งผลให้ราคาน้ำมันในตลาดโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ประเทศไทยและอีกหลายประเทศจึงต้องประสบกับปัญหาการขาดแคลนและการขาดแคลนน้ำมันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ตารางที่ 1.1 การผลิต การใช้ การนำเข้า และการส่งออกน้ำมันสำเร็จรูป ปี 2550 (มกราคม-กันยายน)

	ปริมาณ (พันบาร์เรล/วัน)				การเปลี่ยนแปลง (%)			
	การใช้	การผลิต	นำเข้า	ส่งออก	การใช้	ผลิต	นำเข้า	ส่งออก
เบนซิน	127	153	4	28	2.8	-3.6	-	-21.4
เบนซินธรรมดา	83	87	3	7	7.1	0.3	-	-32.1
เบนซินพิเศษ	44	66	0.6	21	-4.3	-8.5	-	-17.1
ดีเซล	324	392	4	40	1.8	7.1	-22.3	-16.5
น้ำมันก๊าด	0.3	2	-	0.9	-7.4	-87.6	-	26.7
น้ำมันเครื่องบิน	85	95	1	9	10	0.5	29.3	-43.5
น้ำมันเตา	72	107	7	38	-35.6	-4.7	-72.9	63.2
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	96	133	-	10	13.6	6.8	-	-47.7
รวม	703	883	16	126	-1.5	0.8	-49.9	-11.7

แหล่งที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2550: 19.

ปัจจุบันเพื่อรับมือกับปัญหาดังกล่าว รัฐบาลได้มีมาตรการให้ทุกภาคส่วนลดการใช้พลังงานลง และสนับสนุนให้มีการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นๆทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งการมีมาตรการดังกล่าวเป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์การแก้ไขปัญหาลังงานของประเทศ โดยมีเป้าหมายให้ภาคขนส่งและภาคอุตสาหกรรมลดการใช้พลังงานลง 25 % ในปี 2551 และภาครัฐลดการใช้พลังงานลง 10 – 15 % ทันที (ปิยสวัสดิ์ อัมระนันท์, 2548) จากยุทธศาสตร์ดังกล่าว รัฐบาลได้ส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนแทนการใช้พลังงานสิ้นเปลือง เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล และพลังงานชนิดอื่นๆ เนื่องจากเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือมีน้อย และผลิตได้เองในท้องถิ่น โดยในภาคการเกษตรได้มีมาตรการให้เกษตรกรปลูกพืชน้ำมัน เช่น ปาล์ม ถั่วเหลือง ละหุ่ง และสบู่ดำ เพื่อ

นำมาสกัดน้ำมันใช้กับเครื่องย่นการเกษตรรอบค้ำ หรือผลิตเป็นไบโอดีเซลใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไปเพื่อทดแทนน้ำมันดีเซล โดยเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลแล้ว ไบโอดีเซลมีข้อดีตรงที่ราคาถูกกว่า ผลิตได้ง่ายจากพืชน้ำมันในท้องถิ่นทำให้ลดการพึ่งการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศลง และช่วยลดมลพิษทางอากาศ เช่น ฝุ่นละออง ไฮโดรคาร์บอน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยในการพยุรราคาพืชผลทางการเกษตรอีกด้วย

จากการศึกษาพืชน้ำมันชนิดต่างๆที่สามารถนำมาผลิตไบโอดีเซลได้นั้น พบว่าปาล์มน้ำมันและสบู่ดำเป็นพืชที่ให้น้ำมันมากที่สุด แต่เนื่องจากสบู่ดำเป็นพืชที่รับประทานไม่ได้ จึงไม่ต้องประสบกับสภาวะการแข่งขันสูง นอกจากนี้ สบู่ดำยังเป็นพืชที่ปลูกได้ทั่วประเทศ ทนแล้ง ให้ผลผลิตตั้งแต่ปีแรกของการปลูก และน้ำมันสบู่ดำก็มีคุณสมบัติดีกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น ซึ่งวิธีในการสกัดน้ำมันนั้น มีอยู่หลากหลายวิธีด้วยกัน แต่จากการค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่าวิธีที่นิยมนำมาใช้ในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำมีอยู่ 3 วิธี คือ การบีบอัดด้วยระบบไฮดรอลิก การบีบอัดด้วยระบบอัดเกลียว และการสกัดด้วยตัวทำละลาย ในการบีบอัดโดยใช้ระบบไฮดรอลิกและระบบอัดเกลียวจะได้น้ำมันประมาณ 25-30 % ส่วนการสกัดด้วยตัวทำละลาย จะได้น้ำมันประมาณ 35 % ของน้ำหนักเมล็ด (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันได้มากที่สุด วิธีนี้จึงมีความน่าสนใจที่จะศึกษาเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพต่อไป ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการศึกษาวิจัยสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลายเพื่อหาสภาวะที่สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุดโดยใช้ต้นทุนการสกัดต่ำสุด

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 วัตถุประสงค์ทั่วไป

เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย

1.2.2 วัตถุประสงค์ย่อย

1.2.2.1 เพื่อศึกษาขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำที่สามารถสกัดด้วยตัวทำละลายได้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด

1.2.2.2 เพื่อศึกษาตัวทำละลายที่สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุด

1.2.2.3 เพื่อศึกษาอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุด

1.2.2.4 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสภาวะการสกัดน้ำมันที่มีต้นทุนการสกัดต่ำสุด

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

1.3.1.1 การสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย

ประกอบด้วย การศึกษาขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ ตัวทำละลาย และอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุด รวมถึงการศึกษาสถานะการสกัดน้ำมันที่มีต้นทุนการสกัดต่ำสุด

1.3.1.2 การคิดต้นทุนการสกัด

ประกอบด้วย การคำนวณผลรวมของค่าวัตถุดิบ ค่าสารเคมี และค่าไฟฟ้า ที่ใช้ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลายในสถานะต่าง ๆ กัน

1.3.2 ขอบเขตด้านประชากรและพื้นที่

ในการศึกษาได้ใช้เมล็ดสบู่ดำซึ่งนำมาจากจังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) จ.นครนายก

1.3.3 ขอบเขตด้านเวลา

ใช้เวลาในการศึกษาวิจัย 8 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2550 ถึงเดือนมิถุนายน 2551

1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.4.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

1.4.1.1 ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ (Kernel Size) 5 ขนาด ได้แก่

- 1) 0.5 - 0.7 มิลลิเมตร
- 2) 0.7 - 1 มิลลิเมตร
- 3) 1 - 1.4 มิลลิเมตร
- 4) 1.4 - 2.4 มิลลิเมตร
- 5) ใหญ่กว่า 2.4 มิลลิเมตร

1.4.1.2 ตัวทำละลาย (Solvent) 2 ชนิด ได้แก่

- 1) นอร์มัลเฮกเซน (*n*-Hexane)
- 2) ปีโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether)

1.4.1.3 อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ : ตัวทำละลาย (กรัม/มิลลิลิตร) 3 อัตราส่วน ได้แก่ 1) 1:4 2) 1:6 และ 3) 1:8

1.4.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

1.4.2.1 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด (ร้อยละ)

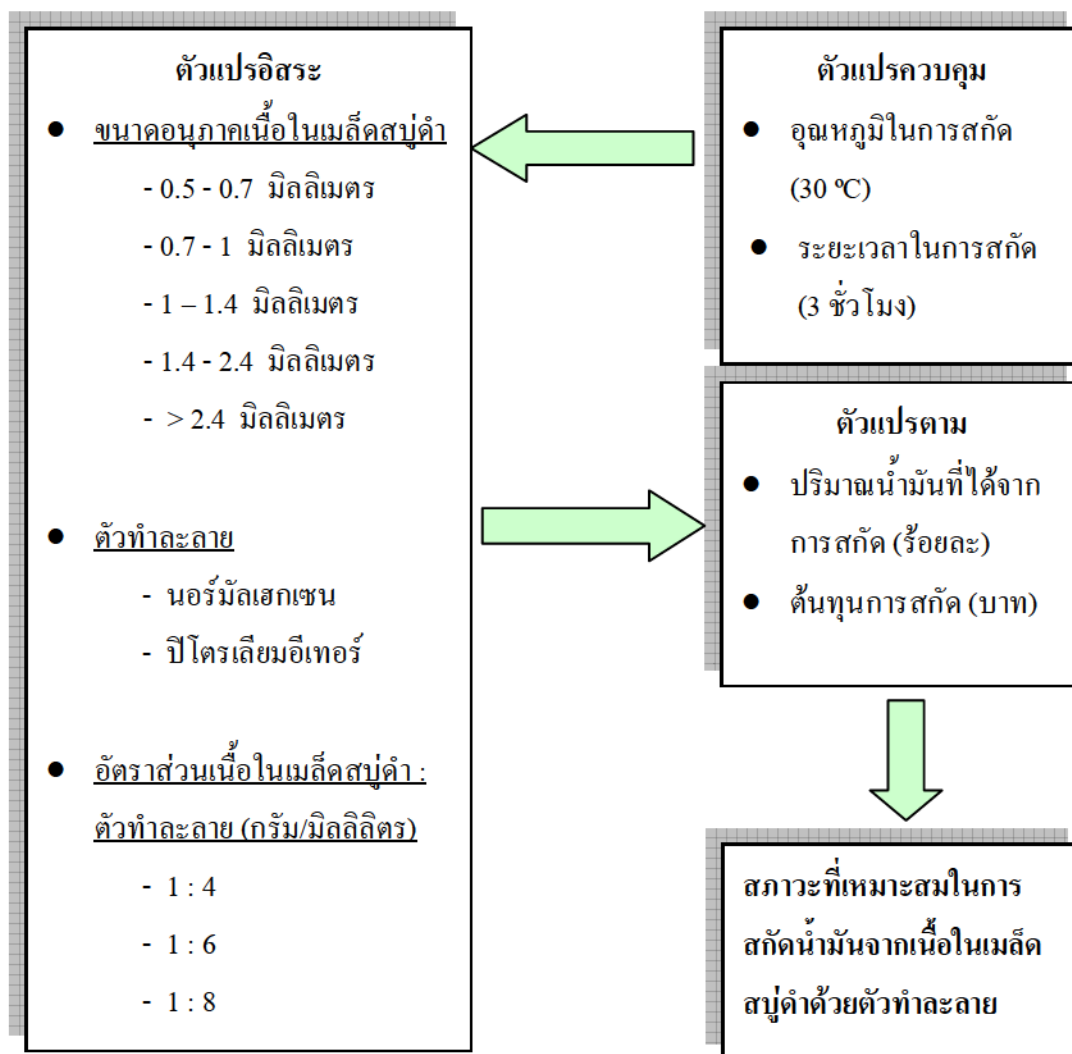
1.4.2.2 ต้นทุนการสกัด (บาท)

1.4.3 ตัวแปรควบคุม (Control Variable)

1.4.3.1 อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด คือ 30 องศาเซลเซียส

1.4.3.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด คือ 3 ชั่วโมง

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในการศึกษาวิจัยสามารถแสดงได้ดังแผนภาพกรอบแนวคิด ดังนี้



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.5 สมมติฐานในการวิจัย

1.5.1 การสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลายโดยใช้ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่างกันจะให้ปริมาณน้ำมันแตกต่างกัน

1.5.2 การสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลายโดยใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกันจะให้ปริมาณน้ำมันแตกต่างกัน

1.5.3 การสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลายโดยใช้อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายต่างกันจะให้ปริมาณน้ำมันแตกต่างกัน

1.6 นิยามศัพท์

1.6.1 นิยามศัพท์ทั่วไป

1.6.1.1 ไบโอดีเซล (Biodiesel) หมายถึง เชื้อเพลิงที่ได้จากการนำน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์หรือน้ำมันที่ใช้แล้วมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) น้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ 2) ไบโอดีเซลแบบลูกผสม 3) ไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์

1.6.1.2 สบู่ดำ (*Jatropha Curcuss* Linn) หมายถึง พืชน้ำมันชนิดหนึ่ง วงศ์เดียวกับกับมันสำปะหลัง ละหุ่ง และยางพารา สามารถนำมาสกัดน้ำมันใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลรอบต่ำ หรือผลิตเป็นไบโอดีเซลใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไปได้

1.6.1.3 เนื้อในเมล็ดสบู่ดำ (Kemel) หมายถึง ส่วนสีขาวที่อยู่ภายในเปลือกเมล็ดสบู่ดำเมื่อกะเทาะเปลือกออกแล้ว

1.6.1.4 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction) หมายถึง วิธีการแยกสารโดยอาศัยสมบัติการละลายของสารในตัวทำละลายหรือการใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารที่ต้องการออกจากของผสม

1.6.1.5 ตัวทำละลาย (Solvent) หมายถึง สารที่มีสถานะเดียวกันกับสารละลายเมื่อนำสารที่มีสถานะต่างกันมาละลายซึ่งกันและกัน เช่น ใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายสกัดน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำได้น้ำมันสบู่ดำ

1.6.1.6 เฮกเซน (Hexane) หมายถึง สารเคมีที่เป็นของเหลวใสไม่มีสี ระเหยง่าย มีกลิ่นเฉพาะตัว ใช้เป็นตัวทำละลายอยู่ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ใช้ผสมสีหรือกาวในงานเฟอร์นิเจอร์ งานพ่นหรืองานทาสี งานทากาวรองเท้า สำหรับโรงงานที่ใช้เฮกเซน ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันพืชและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม

1.6.1.7 ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) หมายถึง ของเหลวใส ไม่มีสี มีกลิ่นไฮโดรคาร์บอน มีคุณสมบัติติดไฟง่าย ทำให้ระคายเคือง

1.6.2 นิยามศัพท์ปฏิบัติการ

1.6.2.1 สภาวะที่เหมาะสม (Optimal Condition) หมายถึง สภาวะที่ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสับดูดำ ตัวทำละลาย และอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสับดูดำต่อตัวทำละลาย สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุด โดยใช้ต้นทุนการสกัดต่ำสุด

1.6.2.2 ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสับดูดำ (Kemel Size) หมายถึง ขนาดอนุภาคของเนื้อในเมล็ดสับดูดำที่ผ่านการบดแล้วใช้ตะแกรงร่อน (Sieve) ในการคัดขนาด (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร)

1.6.2.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการเขย่าส่วนผสมระหว่างเนื้อในเมล็ดสับดูดำและตัวทำละลาย

1.6.2.4 อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด หมายถึง อุณหภูมิที่ใช้ขณะทำการเขย่าส่วนผสม

1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ทราบขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสับดูดำที่สามารถสกัดด้วยตัวทำละลายได้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด

1.7.2 ทราบตัวทำละลายที่สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุด

1.7.3 ทราบอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสับดูดำต่อตัวทำละลายที่สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุด

1.7.4 ทราบสภาวะการสกัดน้ำมันที่ใช้ต้นทุนการสกัดต่ำที่สุด

1.7.5 ทราบสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสับดูดำด้วยตัวทำละลาย

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย มีแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 2.1 สถานการณ์การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง
- 2.2 พลังงานทดแทน
- 2.3 ไบโอดีเซล
- 2.4 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสบู่ดำ
- 2.5 การสกัดด้วยตัวทำละลาย
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 สถานการณ์การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

จากวารสารนโยบายพลังงานของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ปี 2550 ประเทศไทยมีการใช้น้ำมันสำเร็จรูปรวม 703 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน ลดลงจากปี 2549 ร้อยละ 1.5 เนื่องจากราคาน้ำมันเบนซินและดีเซลอยู่ในระดับสูง และมาตรการประหยัดพลังงานของภาครัฐส่งผลให้ประชาชนหันมาใช้เชื้อเพลิงทางเลือกอื่นแทนน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น สถานการณ์การใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีที่แล้วร้อยละ 2.8 โดยมีการใช้น้ำมันเบนซินธรรมดาเพิ่มขึ้นและใช้เบนซินพิเศษลดลงเนื่องจากราคาน้ำมันอยู่ในระดับสูง อีกทั้งประชาชนส่วนหนึ่งหันไปใช้แก๊ส LPG ในรถยนต์เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณการใช้แก๊สโซฮอล์ เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีที่แล้วร้อยละ 24 เนื่องจากนโยบายส่งเสริมการใช้แก๊สโซฮอล์ของกระทรวงพลังงาน โดยลดอัตราเงินส่งเข้ากองทุนน้ำมันแก๊สโซฮอล์ให้ต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน มีผลทำให้ราคาแก๊สโซฮอล์ต่ำกว่าน้ำมันเบนซินมาก มีผลกระตุ้นให้ประชาชนหันมาใช้แก๊สโซฮอล์มากขึ้น โดย ณ สิ้นเดือนกันยายน 2550 มีสถานบริการน้ำมันแก๊สโซฮอล์รวมทั้งสิ้น 3,661 สถานี สำหรับปริมาณ

การใช้น้ำมันดีเซล อยู่ที่ระดับ 324 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน เพิ่มขึ้นจากปีที่แล้วร้อยละ 1.8 ส่วนปริมาณการใช้ไบโอดีเซลปี 5 ในช่วง 9 เดือนแรกของปี 2550 เพิ่มขึ้นจาก 0.6 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน มาอยู่ที่ระดับ 7.9 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน โดยในปัจจุบันมีสถานบริการน้ำมันไบโอดีเซลปี 5 รวมทั้งสิ้น 801 สถานี ทั้งนี้ เพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้ไบโอดีเซลปี 5 รัฐบาลจึงได้กำหนดอัตราเงินส่งเข้ากองทุนน้ำมันเชื้อเพลิงให้ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว ส่วนสถานการณ์การใช้แก๊ส LPG มีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 12.9 เป็นการใช้ในครัวเรือน และในรถยนต์เป็นหลัก เนื่องจากระดับราคาน้ำมันเบนซินสูงขึ้น ทำให้ผู้ใช้รถยนต์ส่วนหนึ่งหันมาใช้แก๊ส LPG ทดแทน (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2550: 19-20)

2.2 พลังงานทดแทน

ปัจจุบันมีกระแสความตื่นตัวในระดับภูมิภาคและระดับโลกเกี่ยวกับการส่งเสริมให้เกิดการใช้พลังงานทดแทนหรือพลังงานหมุนเวียนอย่างกว้างขวางมากขึ้น ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากการคาดการณ์ว่าแหล่งเชื้อเพลิงจากฟอสซิลประเภทน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และอื่นๆ จะมีปริมาณสำรองน้อยลงเรื่อยๆ และราคามีแนวโน้มสูงขึ้นตามลำดับหากไม่มีการค้นพบแหล่งใหม่ๆ หลายประเทศจึงหันมาส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนมากขึ้น และเชื่อว่าพลังงานทดแทนจะมีความสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆ สำหรับประเทศไทยซึ่งต้องนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงประเภทปิโตรเลียมเป็นจำนวนมาก จึงให้ความสำคัญกับการพัฒนาและส่งเสริมเทคโนโลยีเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานทดแทนทุกประเภท ได้แก่ พลังงานลม แสงอาทิตย์ ก๊าซชีวภาพ ชีวมวล พลังงานน้ำ และการใช้น้ำมันจากพืชเป็นเชื้อเพลิง โดยนำองค์ความรู้ที่มีอยู่มาพัฒนาให้เหมาะสมสอดคล้องกับศักยภาพและสภาพแวดล้อมของประเทศไทย เช่น การรวบรวมเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นพลังงาน การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ของพืชที่จะนำมาเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลและเชื้อเพลิงชีวภาพ เป็นต้น

2.2.1 ความหมายของพลังงานทดแทน

พลังงานทดแทน หมายถึง พลังงานที่โดยหลักๆ แล้วผลิตขึ้นมาเพื่อทดแทนพลังงานสิ้นเปลืองที่กำลังจะหมดไป โดยจะหมายถึงพลังงานหมุนเวียนเป็นหลัก แต่อาจเป็นพลังงานสิ้นเปลืองที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง เช่น ถ่านหินสะอาด พลังงานนิวเคลียร์ (วิสาฯ ภูจินดา, 2549: 110)

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานแบ่งพลังงานทดแทนตามแหล่งที่ได้มาเป็น 2 ประเภท คือ 1) พลังงานทดแทนจากแหล่งที่ใช้แล้วหมดไป อาจเรียกว่าพลังงานสิ้นเปลือง

ได้แก่ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ นิวเคลียร์ หินน้ำมัน และทรายน้ำมัน 2) พลังงานทดแทนที่ใช้แล้วสามารถหมุนเวียนมาใช้ได้อีก เรียกว่า พลังงานหมุนเวียน ได้แก่ แสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล น้ำ และไฮโดรเจน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550)

2.2.2 ชีวมวล

หมายถึง พืชและสัตว์ที่เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญของโลก และถูกจัดเป็นพลังงานทดแทนพลังงานจากฟอสซิลซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดและอาจหมดลงได้ โดยแบ่งชีวมวลตามแหล่งที่มาได้ดังนี้

2.2.2.1 พืชผลทางการเกษตร (Agricultural Crops) เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ข้าวฟ่างหวาน ที่เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต แป้ง และน้ำตาล รวมถึงพืชน้ำมันต่างๆที่สามารถนำน้ำมันมาใช้เป็นพลังงานได้

2.2.2.2 เศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร (Agricultural Residues) เช่น ฟางข้าว เศษลำต้นข้าวโพด ชังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง

2.2.2.3 ไม้และเศษไม้ (Wood and Wood Residues) เช่น ไม้โตเร็ว ยูคาลิปตัส กระถินณรงค์ เศษไม้จากโรงงานผลิตเครื่องเรือน และโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ เป็นต้น

2.2.2.4 ของเหลือจากอุตสาหกรรมและชุมชน (Waste Streams) เช่น กากน้ำตาล และขานอ้อยจากโรงงานน้ำตาล แกลบ จี้เลื่อย เส้นใยปาล์ม และกะลาปาล์ม (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550)

2.2.3 พลังงานชีวมวล

พลังงานชีวมวลชนิดต่างๆ ดังที่กล่าวแล้วข้างต้น มีกระบวนการแปรรูปไปเป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ ดังนี้

2.2.3.1 การเผาไหม้โดยตรง (Combustion)

เมื่อนำชีวมวลมาเผาจะได้ความร้อนออกมาตามค่าความร้อนของชนิดชีวมวล ความร้อนที่ได้จากการเผาสามารถนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ไอน้ำนี้จะถูกนำไปขับเคลื่อนไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป ตัวอย่างชีวมวลประเภทนี้คือ เศษวัสดุทางการเกษตร และเศษไม้

2.2.3.2 การผลิตก๊าซ (Gasification)

เป็นกระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งหรือชีวมวลให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิง เรียกว่า ก๊าซชีวภาพ (Biogas) มีองค์ประกอบของก๊าซมีเทน ก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งสามารถนำไปใช้สำหรับกังหันก๊าซ (Gas Turbine)

2.2.2.3 การหมัก (Fermentation)

เป็นการนำชีวมวลมาหมักด้วยแบคทีเรียในสภาวะไร้อากาศ ชีวมวลจะถูกย่อยสลายและแตกตัว เกิดก๊าซชีวภาพ(Biogas) ที่มีองค์ประกอบของก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทนใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สำหรับผลิตไฟฟ้า นอกจากนี้สามารถใช้ขยะอินทรีย์ชุมชน มูลสัตว์ และน้ำเสียจากชุมชนหรืออุตสาหกรรมเกษตรเป็นแหล่งวัตถุดิบชีวมวลได้

2.2.3.4 การผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากพืช

1) กระบวนการทางชีวภาพ

ทำการย่อยสลายแป้ง น้ำตาล และเซลลูโลสจากพืชทางการเกษตร เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ข้าวฟ่างหวาน กากน้ำตาล และเศษลำต้นอ้อย ให้เป็นเอทานอล เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงเหลวในเครื่องยนต์เบนซิน

2) กระบวนการทางฟิสิกส์และเคมี

โดยสกัดน้ำมันออกจากพืชน้ำมัน จากนั้นนำน้ำมันที่ได้ไปผ่านกระบวนการ ทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (Transesterification) เพื่อผลิตเป็นไบโอดีเซล

3) กระบวนการใช้ความร้อนสูง

เช่น กระบวนการไพโรไลซิส เมื่อวัสดุทางการเกษตรได้รับความร้อนสูงในสภาพไร้ออกซิเจนจะเกิดการสลายตัว เกิดเป็นเชื้อเพลิงในรูปของเหลวและก๊าซผสมกัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550)

การพัฒนาพลังงานทดแทนจากพืชกำลังเป็นที่สนใจ ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตพืชผลทางการเกษตรค่อนข้างสูง การนำพืชผลทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์เป็นการช่วยเหลือเกษตรกรและใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการช่วยลดปัญหาล้างแฉะล้นจากการใช้เชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลเพียงอย่างเดียว น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากพืชสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ น้ำมันที่ได้จากการสกัดจากพืชน้ำมัน โดยตรง เช่น ถั่วเหลือง ถั่วลิสง มะพร้าว ปาล์มน้ำมัน งา ละหุ่ง เมล็ดทานตะวัน สนุ่นดำ เมล็ดเรพ เป็นต้น และเชื้อเพลิงที่ได้จากพืชที่ให้แป้งและน้ำตาลซึ่งจะเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ต่อไปโดยการย่อยสลาย เช่น มันสำปะหลัง อ้อย ข้าวโพด ข้าวฟ่างหวาน ชานอ้อย กากน้ำตาล ฟางข้าว เป็นต้น ปัจจุบันพลังงานทดแทนถูกพัฒนาเพื่อนำมาใช้แทนพลังงานสิ้นเปลืองประเภทเชื้อเพลิง เช่น แก๊สโซฮอล์ ไบโอดีเซล ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ เชื้อเพลิงไฮโดรเจน เป็นต้น (วิสาชา ภูจินดา, 2549: 110)

2.3 ไบโอดีเซล

2.3.1 ความหมายของไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากไขมันสัตว์ น้ำมันพืช เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันละหุ่ง น้ำมันสบู่ดำ และน้ำมันที่เหลือจากการปรุงอาหาร ที่ผ่านปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่า ทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (Transesterification) แล้ว ได้เป็น Methyl Ester หรือ Ethyl Ester ขึ้นกับว่าใช้เมทิลแอลกอฮอล์หรือเอทิลแอลกอฮอล์ ตามลำดับ การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชเป็นการเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำมันพืชให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ซึ่งสามารถนำมาใช้แทนน้ำมันดีเซลในสัดส่วนผสมต่างๆ ซึ่งอาจแบ่งไบโอดีเซลจากประเภทของน้ำมันที่นำมาใช้ออกได้เป็น 3 ประเภท (วิสาข ภูจินดา, 2549: 121)

2.3.1.1 น้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์

ไบโอดีเซลประเภทนี้คือน้ำมันพืชแท้ๆหรือน้ำมันจากไขมันสัตว์ ซึ่งสามารถเอามาใช้ได้เลยกับเครื่องยนต์ดีเซลโดยไม่ต้องผสมหรือเติมสารเคมีอื่นใด หรือไม่ต้องนำมาเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ อย่างไรก็ตามพวกน้ำมันพืชและไขมันสัตว์จะมีปัญหาเรื่องการสันดาปไม่สมบูรณ์ เครื่องสึก มีผลต่อลูกสูบและวาล์ว มีความหนืดสูงที่อุณหภูมิต่ำลง ทำให้สตาร์ทติดยากทั้งที่อุณหภูมิปกติและยากขึ้นมากที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ต่างจากน้ำมันดีเซลมาก

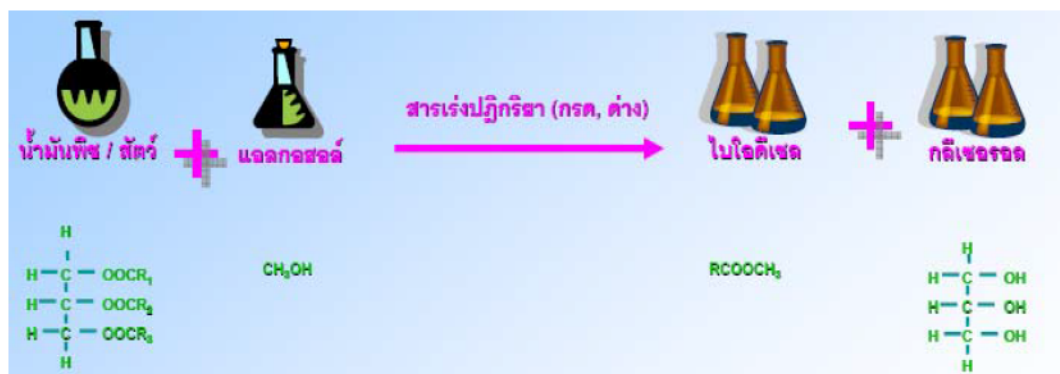
2.3.1.2 ไบโอดีเซลแบบลูกผสม

ไบโอดีเซลชนิดนี้เป็นลูกผสมระหว่างน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์กับน้ำมันก๊าดหรือน้ำมันดีเซล เพื่อให้ไบโอดีเซลมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลให้มากที่สุด ตัวอย่างเช่น โคโคดีเซล ที่อำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งเป็นการผสมกันระหว่างน้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันก๊าด และปาล์มดีเซล (Palm-diesel) เป็นการผสมระหว่างน้ำมันปาล์มกับน้ำมันดีเซล ไบโอดีเซลชนิดนี้จะมีปัญหาเรื่องการอุดตันของเครื่องยนต์ คือไส้กรองจะอุดตันเร็วกว่าปกติ แต่เรื่องความหนืดจะมีปัญหาน้อยกว่าไบโอดีเซลชนิดแรก ทั้งนี้คุณสมบัติส่วนมากจะเหมือนน้ำมันดีเซล เครื่องจะเดินเรียบและสตาร์ทติดง่าย เหมาะสำหรับเครื่องยนต์รอบต่ำหรือเครื่องจักรกลการเกษตร

2.3.1.3 ไบโอดีเซลแบบเอสเตอร์

เป็นไบโอดีเซลที่แท้จริงที่ต่างประเทศใช้กันทั่วไป ไบโอดีเซลชนิดนี้ต้องผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า Transesterification ดังภาพที่ 2.1 นั่นคือการนำเอาน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ที่มีกรดไขมันไปทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ โดยใช้กรดหรือด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้เอสเตอร์ โดยจะเรียกชนิดของไบโอดีเซลแบบเอสเตอร์ตามชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ซึ่งจากปฏิกิริยานี้จะได้กลีเซอรอลเป็นผลพลอยได้ ซึ่งถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยาและอุตสาหกรรม

เครื่องสำอาง ไบโอดีเซลชนิดนี้มีคุณสมบัติเหมือนกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด ซึ่งมีข้อดีคือ มีค่าสีเทนซึ่งเป็นค่าดัชนีการดูดซับไฟสูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้การจุดระเบิดทำได้ดี การสันดาปสมบูรณ์ มีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์น้อย ไม่มีควันดำและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีความหนืดคงที่ สำหรับข้อเสียนั้น ไบโอดีเซลประเภทนี้มีต้นทุนสูงกว่าชนิดอื่นๆ เครื่องยนต์ให้กำลังต่ำกว่าน้ำมันดีเซล มีการปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์มากขึ้น (NO_x) และอาจต้องดัดแปลงส่วนประกอบของเครื่องยนต์ที่เป็นยาง (Rubber) ซึ่งอาจถูกทำลายโดยไบโอดีเซล ไบโอดีเซลประเภทนี้ใช้กับเครื่องยนต์ของรถยนต์ได้



ภาพที่ 2.1 ปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification)

แหล่งที่มา: กระทรวงพลังงาน, 2550.

2.3.2 การพัฒนาไบโอดีเซลทั้งในและต่างประเทศ

ไบโอดีเซลเป็นที่รู้จักมาตั้งแต่สมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 โดยที่แอฟริกาได้นำน้ำมันพืชจับเคลื่อนเครื่องยนต์ ซึ่งในช่วงนั้นน้ำมันปิโตรเลียมยังหาง่ายและราคาถูก จนกระทั่งปี 2513 เกิดวิกฤตการณ์น้ำมันแพง ทำให้หน่วยงานวิจัยในหลายประเทศได้ทำการวิจัยและพัฒนาเชื้อเพลิงประเภทนี้ สำหรับวัตถุดิบที่ในแต่ละประเทศนำมาใช้ในการผลิตไบโอดีเซล คือ ประเทศฝรั่งเศสใช้เมล็ดเรพและเมล็ดทานตะวันเช่นเดียวกับประเทศสเปน ประเทศอิตาลีใช้ถั่วเหลือง ประเทศออสเตรเลียใช้น้ำมันเหลืองจากการทอดอาหาร ประเทศเยอรมนีใช้เมล็ดเรพ และน้ำมันที่เหลือจากการทอดอาหาร และประเทศสหรัฐอเมริกาใช้ถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบ ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการศึกษาการใช้ไบโอดีเซลหรือ B100 ซึ่งเป็นไบโอดีเซล 100 % เปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลผสมไบโอดีเซลร้อยละ 20 หรือเรียกว่า B20 สามารถลดมลพิษจากไอเสียได้ ดังตารางที่ 2.3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้ไบโอดีเซลร้อยละ 100 โดยไม่ผสมน้ำมันดีเซลจะสามารถลดมลพิษ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน ฝุ่นละออง ได้มากกว่าการใช้ไบโอดีเซลผสมน้ำมันดีเซล ยกเว้นปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบผลการใช้ไบโอดีเซล 100% (B100) และไบโอดีเซล 20% (B20)

มลพิษในไอเสีย	ไบโอดีเซล 100% (B100)	น้ำมันดีเซลผสมไบโอดีเซล 20% (B20)
1. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	ลดลง 43.2%	ลดลง 12.6%
2. ไฮโดรคาร์บอน	ลดลง 56.3%	ลดลง 11.0%
3. ฝุ่นละออง	ลดลง 55.4%	ลดลง 18.0%
4. ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์	เพิ่มขึ้น 5.8%	เพิ่มขึ้น 1.2%
5. สารก่อมะเร็ง	ลดลง 80-90%	ลดลง 20%

แหล่งที่มา: วิสาขา ภูจินดา, 2549: 124.

ประเทศเยอรมนีเป็นประเทศที่มีพื้นที่เกษตรกรรมในการผลิตพืชน้ำมันจำนวนมาก ซึ่งมีการพัฒนาน้ำมันพืชบริสุทธิ์มาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลมานานแล้ว โดยมีโรงงานผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดเรพขึ้นเป็นโรงงานแรกในปี ค.ศ. 1991 อุตสาหกรรมการผลิตไบโอดีเซลในประเทศเยอรมนีมีอัตราการเจริญเติบโตสูงมาก ซึ่งมีกำลังการผลิตไบโอดีเซลประมาณปีละ 1,100,000 ตัน มีสถานบริการจำหน่ายไบโอดีเซลทั้งหมด 1,500 แห่ง ประเทศเยอรมนีได้มีการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการใช้ไบโอดีเซลซึ่งผลิตจากเมล็ดเรพเป็นเชื้อเพลิง พบว่าไอเสียจากเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลมีมลพิษต่ำกว่าที่ใช้น้ำมันดีเซลดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบการใช้ไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซลในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ชนิดมลพิษ	เปรียบเทียบไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซล
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	เทียบเท่าน้ำมันดีเซล
ไฮโดรคาร์บอน	ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลร้อยละ 40
ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์	สูงกว่าน้ำมันดีเซลร้อยละ 15
ฝุ่นละออง	ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลร้อยละ 40
สารก่อมะเร็ง	ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลร้อยละ 50

แหล่งที่มา: วิสาขา ภูจินดา, 2549: 125.

ในประเทศอินเดียความต้องการใช้น้ำมันดีเซลสูงมากกว่าน้ำมันเบนซินถึง 5 เท่า ราคาของน้ำมันดีเซลก็เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามราคาน้ำมันดิบและตามกระบวนการผลิตที่ต้องกำกวมกัน ออกให้ได้ตามมาตรฐาน ดังนั้นประเทศอินเดียจึงหันมาพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuel) เพื่อตอบสนองความต้องการน้ำมันภายในประเทศและช่วยเหลือเกษตรกร พบว่าน้ำมันดีเซลที่กลั่นได้ในประเทศอินเดียมีปัญหาคือมีค่าจุดวาบไฟต่ำและมีค่ากำมะถันสูง การแก้ปัญหาทำได้โดยผสมน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซล ซึ่งพบว่าจะช่วยแก้ปัญหาค่าซีเทนและจุดวาบไฟต่ำและค่ากำมะถันสูงได้ และยังช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ประเทศอินเดียมีความหลากหลายของพืชที่สามารถนำมาผลิตเป็นเอทานอล ทำให้มีการนำเอทานอลมาใช้ประโยชน์ได้มาก ซึ่งทางรัฐบาลอินเดียได้กำหนดการผสมเอทานอล 5 % ในน้ำมันภายในต้นปี 2003 และกำหนดถึง 10% ต่อไป นอกจากนี้ยังนำเอทานอลไปผสมกับดีเซลทำเป็นอิมัลชันหรือที่เรียกว่าดีโซฮอลล์ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล พบว่าช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างมาก

สำหรับประเทศไทยเริ่มมีการวิจัยไบโอดีเซลประมาณปี 2524 โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ศึกษาวิจัยการใช้น้ำมันถั่วเหลืองและเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์มมาเป็นพลังงานทดแทน ผลการวิจัยพบว่าน้ำมันถั่วเหลืองมีความหนืดสูงทำให้เครื่องยนต์ติดยาก เครื่องยนต์สะดุด การสันดาปไม่สมบูรณ์ มีตะกอนขาวในน้ำมันมาก ต่อมาได้ทดลองใช้ปาล์มน้ำมันซึ่งพบว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมและใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากกว่าน้ำมันถั่วเหลือง และในปี 2544 ชาวบ้านอำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ได้ร่วมมือกันพัฒนาและผลิตไบโอดีเซลสูตรมะพร้าวเป็นผลสำเร็จ จนสามารถเปิดสถานีจำหน่ายไบโอดีเซลแห่งแรกและให้กับเกษตรกร

สำหรับการที่จะนำไบโอดีเซลมาใช้งานในเชิงพาณิชย์ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดนั้นสิ่งที่ต้องปรับปรุงและดัดแปลง คือ 1) พัฒนาน้ำมันไบโอดีเซลให้เป็นไบโอดีเซลเอสเทอร์ที่มีคุณภาพซึ่งอาจจะต้องดัดแปลงส่วนประกอบ เพื่อให้ได้คุณภาพและมาตรฐานสูงสุด 2) ดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ไบโอดีเซล ซึ่งในเชิงพาณิชย์คงจะต้องได้รับความร่วมมือจากบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ในการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์บางอย่างให้เหมาะสมกับไบโอดีเซล

ปัจจุบันรัฐบาลได้สนับสนุนให้ผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำนมากขึ้น เพื่อทดแทนการใช้น้ำมัน ทั้งนี้เพราะสบู่ดำเป็นพืชน้ำมันที่รับประทานไม่ได้จึงไม่กระทบกับผู้บริโภคและราคาไม่ผันแปรมากนัก สบู่ดำมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Jatropha curcas* Linn. เป็นพืชพื้นเมืองของอเมริกาใต้ ชาวโปรตุเกสได้นำเข้ามาในประเทศไทยในช่วงปลายสมัยกรุงศรีอยุธยา ในการทดสอบการใช้งานได้มีการนำน้ำมันสบู่ดำไปทดสอบเดินเครื่องยนต์คู่ไบโอดีเซล 1 สิบ แบบถูกสูบนอกระบบ 4 จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ ปริมาตรกระบอกสูบ 400 ซีซี 7 แรงม้า หรือ 2,200 รอบต่อนาที โดยเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องยนต์ (รอบ/นาที) และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ซีซี/ชั่วโมง)

ระหว่างการใช้ น้ำมันสบู่มากกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว พบว่าเมื่อเดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันสบู่มากครบ 1,000 ชั่วโมง เมื่อถอดชิ้นส่วนของเครื่องยนต์มาตรวจสอบ เสื้อสูบ ลูกสูบ วาล์ว หัวฉีด และอื่นๆ ไม่พบยางเหนียวจับ ทุกชิ้นส่วนยังคงสภาพดีเหมือนเดิม

ปัจจุบันมีโรงงานผลิตไบโอดีเซลและขายกันหลายแห่งในต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกานำถั่วเหลืองมาผลิตไบโอดีเซล และที่ยุโรปผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดเรพ สำหรับในประเทศไทยสามารถผลิตไบโอดีเซลจากพืชหลายชนิด เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว สบู่ดำ เป็นต้น รวมถึงจากไขมันสัตว์ อย่างไรก็ตามแล้วแต่ ไบโอดีเซลในประเทศไทยยังไม่ค่อยนิยมมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากต้นทุนการผลิตที่ค่อนข้างสูงและจำนวนสถานที่ให้บริการยังมีน้อย (วิสาชา ภูจินดา, 2549: 124-126)

2.3.3 นโยบายรัฐบาลที่เกี่ยวข้อง

2.3.3.1 กำหนดชื่อ “ดีเซลปาล์มบริสุทธิ์” คือ น้ำมันปาล์มที่กลั่นบริสุทธิ์ ผสมหรือไม่ผสมปิโตรเลียม แล้วใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล

2.3.3.2 กำหนดแนวทางการสนับสนุนการใช้ดีเซลปาล์มบริสุทธิ์ เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลและมอบหมายให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องรับไปดำเนินการ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ คือ

1) มาตรการระยะสั้น

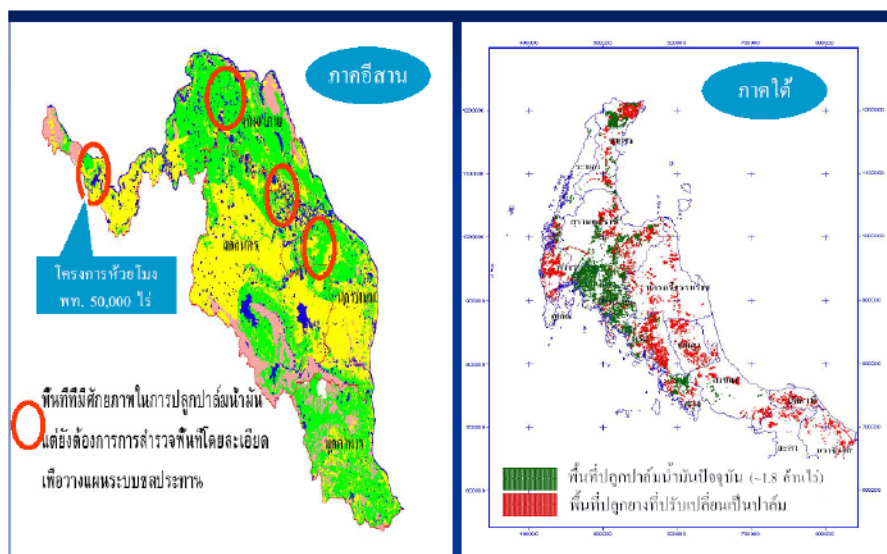
(1) ให้การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยรับซื้อน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ที่กลั่นได้จากผลปาล์มสด จำนวน 50,000 ตัน ตามที่องค์กรคลังสินค้าจะรับซื้อเพื่อแทรกแซงราคา โดยให้นำมาผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนไม่เกิน 10% โดยปริมาตร และทดลองจำหน่ายให้กับประชาชนในระยะแรก ทั้งนี้ น้ำมันดีเซลปาล์มบริสุทธิ์จะต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อกำหนดคุณภาพน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็ว

(2) เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดกับเครื่องยนต์ จากการนำดีเซลปาล์มดิบมาใช้ จึงเร่งดำเนินการดังนี้ คือ กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำมัน ประชาสัมพันธ์การนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ยกเว้นภาษีสรรพสามิตน้ำมันในส่วนของน้ำมันพืช ในอัตราส่วนผสมในน้ำมันดีเซล โดยเรียกเก็บภาษีสรรพสามิตเฉพาะในส่วนของน้ำมันดีเซลเท่านั้น และให้ยกเว้นเงินเก็บเข้ากองทุนน้ำมันเชื้อเพลิงและเงินเก็บเข้ากองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในส่วนของน้ำมันพืช ในอัตราส่วนที่ผสมในน้ำมันดีเซล โดยเฉพาะในส่วนของน้ำมันดีเซลเท่านั้น

2) มาตรการระยะยาว

ให้มีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมโดยใช้งบประมาณจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน คือ วิจัยเพื่อกำหนดคุณภาพน้ำมันดีเซลปาล์มบริสุทธิ์ ที่ไม่มีผลเสียต่อเครื่องยนต์ และให้มลพิษไม่สูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซล ศึกษาผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมจากเครื่องยนต์ที่ใช้

ภาพที่ 2.2 แผนปฏิบัติการการพัฒนาและส่งเสริมการใช้ไบโอดีเซล
แหล่งที่มา: วิสาชา ภู่จินดา, 2549: 126.



ภาพที่ 2.3 พื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันในภาคอีสานและภาคใต้

แหล่งที่มา: วิสาखा ภูจินดา, 2549: 126.

2.3.4 ประโยชน์ของไบโอดีเซล

2.3.4.1 เป็นพลังงานทางเลือกใช้ทดแทนพลังงานฟอสซิลที่กำลังจะหมดไป

2.3.4.2 สามารถลดมลพิษทางอากาศ เช่น ไฮโดรคาร์บอน ฝุ่นละออง และก๊าซเรือนกระจก

2.3.4.3 ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีขึ้น เนื่องจากไบโอดีเซลมีก๊าซออกซิเจนผสมอยู่ ทำให้อากาศกับน้ำมันมีการกระจายตัวสม่ำเสมอ

2.3.4.4 ช่วยสร้างงานในชนบทด้วยการสร้างตลาดพลังงานไว้รองรับผลผลิตทางการเกษตรที่เหลือจากการบริโภค และช่วยกระจายรายได้ให้กับเกษตรกร

2.3.4.5 การที่ประเทศสามารถผลิตน้ำมันไบโอดีเซลได้เองทำให้เป็นการสร้างความมั่นคงและเสถียรภาพทางด้านพลังงานของประเทศ และยังช่วยประหยัดเงินตราต่างประเทศอีกด้วย (วิสาखा ภูจินดา, 2549: 130)

2.3.5 ข้อจำกัดของไบโอดีเซล

2.3.5.1 การใช้ไบโอดีเซลทำให้เครื่องยนต์มีกำลังต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซลปกติประมาณร้อยละ 3 ซึ่งต้องมีการสิ้นเปลืองเพิ่มขึ้นร้อยละ 3

2.3.5.2 ผู้ที่มีรถเก่าที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลและต้องการหันมาใช้ไบโอดีเซล จำเป็นต้องเปลี่ยนท่อทาง สายส่งน้ำมัน และซีลที่เป็นยาง เนื่องจากคุณสมบัติของไบโอดีเซลสามารถละลายยางและพลาสติกได้สูง เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล

2.3.5.3 รถยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลจะมีระยะเวลาการบำรุงรักษาดีกว่าการใช้น้ำมันดีเซล เช่น การเปลี่ยนน้ำมันเครื่องและไส้กรองน้ำมันเร็วกว่าปกติ (วิสาขา ภูจินดา, 2549: 130)

2.3.6 ไบโอดีเซลชุมชน

กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงานได้ออกมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนให้มีลักษณะเดียวกัน คือ เป็นไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตรประเภทเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียว 4 จังหวะ สุนบนอนระบายความร้อนด้วยน้ำ (กรมธุรกิจพลังงาน, 2549)

ปัจจุบันภาครัฐให้ความสำคัญในการผลักดันให้ประชาชนหันมาใช้พลังงานทดแทนกันมากขึ้น โดยเฉพาะนโยบายส่งเสริมให้ชาวบ้านและชุมชนมีโรงงานไบโอดีเซลเป็นของตนเอง เพราะหากชุมชนสามารถผลิตไบโอดีเซลขึ้นใช้เองจากวัตถุดิบที่พอหาได้ในชุมชนท้องถิ่น อาทิ น้ำมันพืชใช้แล้ว น้ำมันปาล์มดิบ หรือสบู่ดำ ได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปตามมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนของกรมธุรกิจพลังงาน และชุมชนสามารถนำไบโอดีเซลที่ผลิตได้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องจักรกลการเกษตรและเครื่องยนต์รอบต่ำต่างๆได้ จะช่วยให้ชุมชนประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำมันได้มาก กระทรวงพลังงานได้ให้การสนับสนุนชุมชนอย่างจริงจังในหลายๆ เรื่อง อาทิ สนับสนุนเครื่องผลิตไบโอดีเซลชุมชน เครื่องหีบสบู่ดำ (เฉพาะพื้นที่ปลูกสบู่ดำ) ระบบบำบัดน้ำเสีย อุปกรณ์ปฏิบัติการและบำรุงรักษา อบรมการบริหารจัดการ โครงการอบรมเทคนิคการผลิตไบโอดีเซลและการบำรุงรักษา ตรวจสอบคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซล ตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งเพื่อให้มั่นใจว่าชุมชนสามารถดูแลอุปกรณ์ต่างๆ ให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีอายุการใช้งานที่ยาวนานพอ มีความยั่งยืน สามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง

อย่างไรก็ตาม โครงการไบโอดีเซลชุมชนยังมีอุปสรรคต่างๆ เช่น ขาดแคลนวัตถุดิบ โดยเฉพาะน้ำมันพืชใช้แล้ว เนื่องจากมีการแย่งซื้อเพื่อเอาไปทำอาหารสัตว์ ฟอกสีแล้วนำไปขายต่อ ซึ่งจะเป็นปัญหาต่อสุขภาพเมื่อนำไปรับประทานซ้ำ แต่ชุมชนมีแนวทางที่ใช้แก้ปัญหาในขณะนี้ เช่น น้ำมันพืชใช้แล้วแลกไบโอดีเซล แลกน้ำมันพืชใหม่ แลกตัวคกปลา รวมทั้งรณรงค์ให้นักเรียนในชุมชนช่วยกันเก็บรวบรวมน้ำมันพืชใช้แล้ว โดยประเมินว่า ในชุมชนต่างๆ ยังมีน้ำมันพืชใช้แล้วอีกจำนวนไม่น้อย ซึ่งมหาวิทยาลัยเชียงใหม่สำรวจว่าน่าจะมีน้ำมันพืชใช้แล้วกว่า 74 ล้านลิตรต่อปี ดังนั้น ยังมีความเป็นไปได้ในอนาคตอาจติดตั้งไบโอดีเซลชุมชนเพิ่มเติม แต่ควรจะรอผลการศึกษาของมหาวิทยาลัยรังสิต ในการประเมินผลของโรงงานไบโอดีเซลชุมชนในปัจจุบันว่าประสบผลสำเร็จ

ตามเป้าหมายมากนักน้อยเพียงใด เพราะหากดำเนินการติดตั้งมากจนเกินไปแต่ไม่มีวัตถุดิบเพียงพอ หรือควบคุมคุณภาพไม่ได้ ก็อาจกลายเป็นเครื่องผลิตร้างได้ในที่สุด นอกจากนี้การศึกษานำผลพลอยได้จากการผลิต คือ กลิเซอริน ไปใช้ประโยชน์ก็จะช่วยเพิ่มศักยภาพของโครงการไบโอดีเซลชุมชนได้อีกทางหนึ่ง เชื่อว่าโครงการไบโอดีเซลชุมชนจะประสบผลสำเร็จ เพราะมีหลายฝ่ายร่วมมือกัน แต่สิ่งสำคัญ คือ ต้องส่งเสริมและสนับสนุนให้ชุมชนสามารถดำเนินการโครงการนี้ได้อย่างต่อเนื่อง ไม่เบื่อง่ายหรือล้มเลิกไปเสียก่อน เพราะชุมชนไม่ได้ผลิตเพื่อเป็นการค้าแต่ผลิตเพื่อใช้เอง ซึ่งไม่ใช่อาชีพประจำของทั้งผู้ควบคุมการผลิตและบริหาร โครงการประจำชุมชน (อนุสรณ์ แสงนิ่มนวล, 2550)

2.4 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสบู่ดำ

2.4.1 ประวัติสบู่ดำ

สบู่ดำ (*Jatropha curas* Linn.) เป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก ถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกาเขตร้อน เป็นพืชในวงศ์ Euphorbiaceae วงศ์เดียวกับยางพารา ละหุ่ง และมันสำปะหลัง มีน้ำยางสีขาวใสลิ้นๆ เป็นฟอง มีคุณสมบัติคล้ายสบู่อยู่ในทุกส่วนของลำต้น โดย “สบู่” เป็นภาษาโปรตุเกส หมายถึง ดันไม้ชนิดหนึ่งที่ใช้น้ำมันจากเมล็ดมาเป็นส่วนผสมในการทำสบู่ สำหรับชำระล้างร่างกาย และซักล้างเสื้อผ้าของใช้ มีบันทึกไว้ว่าค้นพบโดยพ่อค้าชาวโปรตุเกสที่เดินเรือไปทวีปอเมริกากลาง และนำเข้ามาในทวีปเอเชีย และแพร่มายังประเทศไทยสมัยกรุงศรีอยุธยาตอนปลายราวๆ 300 ปีก่อน โดยมีการแนะนำให้ผู้คนสมัยนั้นปลูกและพ่อค้ารับซื้อเมล็ดไปทำสบู่ในทวีปแอฟริกา สมัยก่อนปลูกกันมากที่แหลม Verde ในที่ดินที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์และเป็นแนวเขตรั้วบ้าน คอกสัตว์ หรือบริเวณหลุมฝังศพ เพื่อกันสัตว์ไม่ให้เข้าไปคุ้ยเขี่ย สำหรับในประเทศไทยมีรายงานว่า เคยมีการปลูกเป็นรั้วบ้าน ในภาคเหนือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ โดยผู้เฒ่าผู้แก่ใช้อย่างใส ๆ ที่หักออกจากก้านใบ หรือส่วนยอดใช้ทาแผลสด โดยเฉพาะแผลที่ปากให้เด็กๆที่เป็นโรคปากนกกระจอก หรือใช้กวาดลิ้นเด็กที่เป็นฝ้าขาว และใช้เนื้อในเมล็ดสีขาวเสียบไม้ จุดเทียนเทียนไขในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 เนื่องจากขาดแคลนน้ำมันก๊าดที่ใช้จุดตะเกียง สบู่ดำ มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่น เช่น ภาคเหนือเรียก มะหุ้งฮั่ว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรียก หมากเย่า, มะเข่า หรือสีหลอด ภาคใต้เรียก หงส์เทศ (เพราะต้นโค) และภาคกลางเรียก สบู่ดำ ชาวเขาเรียก ไทฮู หรือเกงยู (เพราะน้ำมันมีสีดำ) พม่าเรียก แจ้ทซุ เขมรเรียก ทะวอง จีนกลางเรียก หม่าฟ่งฮู่ แต่จิ๋วเรียก มั่วฮองชิว ญี่ปุ่นเรียก บูราศิริ และภาษาอังกฤษเรียก Physic Nut หรือ Purging Nut (*Jatropha* spp.) พืชสกุลนี้จัดเป็นไม้สกุลใหญ่ กระจายอยู่ในเขตร้อนและกึ่งร้อน (นันทวรรณ สโรบล, 2550)

2.4.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

จากการศึกษาของอนุวัฒน์ จันทรสวรรณ (2550) พบว่า

2.4.2.1 ลำต้นสบู่ดำ

สบู่ดำมีลักษณะเป็นไม้พุ่มยืนต้นขนาดกลาง ความสูง 2-7 เมตร อายุยืนไม่น้อยกว่า 20 ปี ลำต้นมีเปลือกเรียบ มีสีเทา-น้ำตาล ลำต้นเกลี้ยง อวบน้ำ เป็นไม้เนื้ออ่อน ไม่มีแก่น หักง่าย มีน้ำยางสีขาวใส



ภาพที่ 2.4 ลักษณะลำต้นสบู่ดำ

แหล่งที่มา: อนุวัฒน์ จันทรสวรรณ, 2550.

2.4.2.2 ใบสบู่ดำ

ใบสบู่ดำเป็นใบเดี่ยวรูปไข่ กว้างหรือค่อนข้างกลม จัดเรียงแบบสลับ โคนใบเว้ารูปหัวใจ ปลายใบแหลม ขอบใบเรียบหรือหยักเว้า 3-5 หยัก



ภาพที่ 2.5 ลักษณะใบสบู่ดำ

แหล่งที่มา: อนุวัฒน์ จันทรสวรรณ, 2550.

2.4.2.3 ดอกสบู่ดำ

สบู่ดำมีช่อดอกแบบ Panicle ประกอบด้วยดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในช่อดอกเดียวกัน ดอกทั้ง 2 ชนิด มีกลีบรอง และกลีบดอก อย่างละ 5 กลีบ ดอกตัวผู้มีเกสรเรียงเป็นวง 2 วง วงละ 5 อัน ดอกตัวเมียมีรังไข่ ก้านเกสรตัวเมียมี 6 แฉก ดอกมีขนาดเล็กสีเขียวแกมเหลือง มีกลิ่นหอมอ่อนๆ ออกเป็นช่อที่ซอกใบหรือปลายยอด ในช่อดอกเดียวกันมีดอกตัวผู้มากกว่าดอกตัวเมีย (อัตราดอกตัวผู้ : ดอกตัวเมีย เท่ากับ 6-7 : 1) ดอกแต่ละช่อบานไม่พร้อมกัน มีช่อดอกประมาณ 15-30 ช่อต่อต้น แต่ละช่อดอกมีดอกย่อย 70-120 ดอก แต่จะติดผลเพียง 8-14 ผล



ภาพที่ 2.6 ลักษณะดอกสบู่ดำ

แหล่งที่มา: อนุวัฒน์ จันทรสวรรณ, 2550.

2.4.2.4 ผลสบู่ดำ

ผลที่เกิดจากช่อดอกเดียวกันจะสุกไม่พร้อมกัน ผลอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่มีสีเหลือง คล้ายลูกจันทน์ ผลมีลักษณะกลมรีเล็กน้อย ผลมีขนาดปานกลาง กว้าง 2 – 3 เซนติเมตร ยาว 2.5-3.5 เซนติเมตร มี 3 พูๆ ละ 1 เมล็ด เมื่อสุกแก่ผลจะปริแตก ผลสด 1 กิโลกรัม มีจำนวน 85-90 ผล



ภาพที่ 2.7 ลักษณะผลสบู่ดำ

แหล่งที่มา: อนุวัฒน์ จันทรสวรรณ, 2550.

2.4.2.5 เมล็ดสบู่ดำ

มีลักษณะรูปกลมรี เปลือกนอกสีดำ เนื้อในสีขาว มีสารพิช (Curcin) หากบริโภคจะเกิดอาการอาเจียนและท้องเสีย เมล็ดกว้างประมาณ 1 เซนติเมตร ยาวประมาณ 2 เซนติเมตร น้ำหนัก 100 เมล็ด ประมาณ 70 กรัม เมล็ด 1 กิโลกรัม มีประมาณ 1,300-1,500 เมล็ด



ภาพที่ 2.8 ลักษณะเมล็ดสบู่ดำ

แหล่งที่มา: อนุวัฒน์ จันทรสวรรณ, 2550.

2.4.2.6 สายพันธุ์สบู่ดำ

สายพันธุ์ที่พบในประเทศไทยนั้น ปัจจุบันจะเลือกซื้อกันไปตามแหล่งของจังหวัดที่พบ ที่มีปลูกกันมากในขณะนี้คือ พันธุ์กำแพงแสน เป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่พันธุ์จังหวัดสตูลและแพร่อ้างว่าให้ผลผลิตมากกว่า

2.4.3 การขยายพันธุ์สบู่ดำ

จากการศึกษาของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดชัยนาท (2548) พบว่าสามารถทำการขยายพันธุ์สบู่ดำได้ 3 วิธี คือ

2.4.3.1 การเพาะเมล็ด

เมล็ดสบู่ดำไม่มีระยะพักตัว สามารถเพาะในถุงเพาะหรือกระบะทรายก็ได้ อายุประมาณ 2 เดือนจึงนำไปปลูก สำหรับต้นที่ได้จากการเพาะเมล็ด จะให้ผลผลิตได้ประมาณ 8 – 10 เดือนหลังปลูก

2.4.3.2 การปักชำ

ต้องคัดท่อนพันธุ์ที่มีสีเขียวปนน้ำตาลเล็กน้อย หรือกิ่งที่ไม่อ่อนและแก่เกินไป ความยาว 50 เซนติเมตร โดยปักลงในถุงเพาะหรือกระบะทรายก็ได้ ใช้เวลาปักชำประมาณ 2 เดือน จึงนำไปปลูก โดยจะให้ผลผลิตหลังปลูก ประมาณ 6 – 8 เดือน



ภาพที่ 2.9 ลักษณะการปักชำด้วยกิ่ง

แหล่งที่มา: ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดชัยนาท, 2548.

2.4.3.3 การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ปัจจุบันกรมวิชาการเกษตรได้ทำการขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้แล้ว ซึ่งได้ผลเหมือนกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชชนิดอื่นทั่วไป

2.4.4 ประโยชน์ของสบู่ดำ

อุดมวิทย์ ไวยการ และอนุวัฒน์ จันทรสวรรณ (2550) จำแนกประโยชน์ของสบู่ดำได้ดังต่อไปนี้

2.4.4.1 ใบ

ใช้เลี้ยงไหมอริ ทำปุ๋ยอินทรีย์

2.4.4.2 ลำต้น

ปลูกเป็นแนวรั้ว ทำไม้อัดทำกระดาด คัดเป็นท่อนค้ำให้เด็กกินแก้โรคซางหรือตาชโมย หรือแช่น้ำอาบแก้โรคพุพอง เปลือกคั้นใช้ทำสีย้อมผ้า สกัดเอาสารแทนนินมาใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง

2.4.4.3 น้ํายาง

น้ํายางจากก้านใบรักษาโรคปากนกกระจอก ห้ามเลือด แก้ปวดฟัน ผสมน้ํานมมารดา
กวาดป้ายลิ้นเด็กที่เป็นฝ้าขาวหรือคอกเป็นตุ่ม

2.4.4.4 ผลเปลือก/กิ่ง

วัสดุเพาะชำ ทำปุ๋ยหมัก น้ำหมักชีวภาพ ทำเชื้อเพลิง

2.4.4.5 เมล็ด

- 1) สกัดน้ำมันจากเมล็ดโดยตรง ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีรอบต่ำ
- 2) น้ำมันจากเมล็ดผลิตเป็นไบโอดีเซล ใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไปได้โดยตรง
หรือผสมกับน้ำมันดีเซลตามอัตราที่ต้องการ
- 3) กลีเซอรอล ผลพลอยได้จากการผลิตไบโอดีเซล ใช้ประโยชน์ใน
อุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง
- 4) กากเมล็ด หลังจากการบีบน้ำมันใช้เป็นเชื้อเพลิง (Biomass) ให้กับเครื่อง
สตีมเทอร์ไบน์ (Steam Turbine) สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือใช้ทำปุ๋ยหมัก
- 5) เมล็ดใช้เป็นยาถ่าย ยาระบาย
- 6) น้ำมันจากเมล็ดใช้ทาแก้โรคผิวหนังหรือผิวหนังอักเสบ บรรเทาอาการปวด
ข้ออักเสบเนื่องจากรูมาตอยด์
- 7) น้ำมันและสารสกัดจากน้ำมัน สามารถนำมาใช้กำจัดศัตรูพืช เช่น หนอน
เจาะสมอฝ้าย ศัตรูผัก มันฝรั่งและข้าวโพด สารสกัดเมธานอลจากสบู่ดำ ซึ่งประกอบด้วยสารพิษบาง
ชนิด มีการทดลองนำมาใช้ควบคุมพยาธิในหอยที่นำมาบริโภค

2.4.5 การสกัดน้ำมันสบู่ดำ

การสกัดน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำที่นิยมทำทั่วไปมีอยู่ 3 วิธี (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาการอาชีพ
เกษตรจังหวัดชัยนาท, 2548)

2.4.5.1 การสกัดด้วยตัวทำละลาย

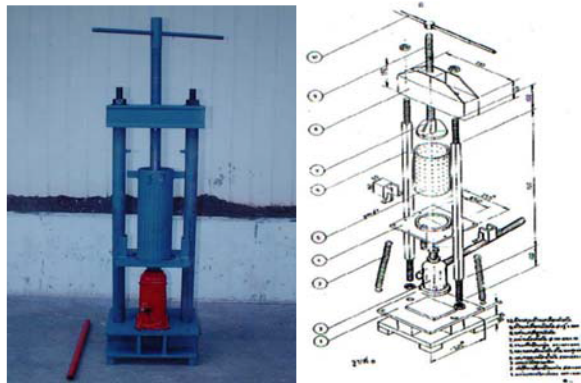
ใช้ตัวทำละลาย เช่น เฮกเซน และปิโตรเลียมอีเทอร์ในการสกัด จะได้น้ำมันประมาณ
34.96 % จากเมล็ดรวมเปลือก และ 54.68 % จากเนื้อในเมล็ด

2.4.5.2 การบีบอัดด้วยระบบไฮดรอลิก

จะได้น้ำมันประมาณ 25-30 % มีน้ำมัน ตกค้างในกาก 10-15 %

2.4.5.3 การบีบอัดด้วยระบบอัดเกลียว

การแยกด้วยวิธีนี้จะได้น้ำมันปริมาณมากหรือน้อยขึ้นกับแรงอัดที่ใช้ ถ้าใช้แรงอัดสูงจะได้น้ำมันมาก แต่น้ำมันที่ได้จะมีคุณภาพลดลง เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นจะไปเร่งปฏิกิริยาเคมีบางอย่าง ทำให้คุณภาพน้ำมันเสื่อมเร็วขึ้น ดังนั้นการบีบอัดอาจทำได้ 2 แบบ คือ การบีบอัดโดยใช้แรงดันสูง เพื่อให้ได้น้ำมันมาก หรือการบีบอัดแบบ Pre-press โดยบีบด้วยแรงดันต่ำก่อน แล้วจึงสกัดน้ำมันที่เหลือในกากต่อด้วยสารทำละลาย



ภาพที่ 2.10 เครื่องสกัดน้ำมันสบู่ดำแบบไฮดรอลิก

แหล่งที่มา: ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดชัยนาท, 2548.



ภาพที่ 2.11 ลักษณะน้ำมันสบู่ดำ

แหล่งที่มา: ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดชัยนาท, 2548.

2.4.6 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำมันสบู่ดำ

น้ำมันสบู่ดำจะมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวปนเหลืองใส และยังคงใสที่อุณหภูมิห้อง และมีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ และองค์ประกอบกรดไขมัน (ระพีพันธุ์ ภาสบุตร และคณะ, 2525) คือ 1) ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid, % as Oleic Acid) 4.80 2) ค่าสaponification Value) 197.13 3) ค่าไอโอดีน (Iodine Value, Wijs) 97.08 4) ดัชนีหักเห (Refractive Index) ที่ 25°C 1.4670 5) ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ที่ 25°C 0.9136 และ 6) ความหนืด (Viscosity) ที่ 25°C (Gardner) (cp) 45.68

สำหรับองค์ประกอบกรดไขมันนั้น มีกรดไขมันที่สำคัญ 4 ชนิด คือ ปาล์มมิติก สเตียริก โอเลอิก และไลโนเลอิก เช่นเดียวกับปาล์มน้ำมัน โดยกรดปาล์มมิติกและสเตียริกมีน้อยเพียง 15.38% และ 6.24% ตามลำดับ ส่วนโอเลอิกและไลโนเลอิก มีค่อนข้างสูง คือ 40.23% และ 36.32% ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณกรดไขมันดังกล่าวอาจแตกต่างกันบ้างเล็กน้อยขึ้นอยู่กับแหล่งที่ปลูก (สุปรียา สุขเกษม, 2550)

2.4.7 การใช้น้ำมันสบู่ดำกับเครื่องยนต์ดีเซล

น้ำมันที่ได้จากการสกัดสามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลรอบต่ำที่เกษตรกรใช้อยู่ได้เลยโดยไม่ต้องใช้น้ำมันชนิดอื่นผสมอีก ซึ่งเป็นคุณสมบัติพิเศษเฉพาะ ทำให้เกษตรกรมีความสะดวกที่จะใช้งาน จากการนำน้ำมันสบู่ดำมาใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์เกษตร พบว่า น้ำมันสบู่ดำที่สกัดทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ 1-2 วัน สามารถนำไปใช้เดินเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวของเกษตรกรโดยไม่ต้องผสมส่วนผสมใดๆ ได้ ด้านการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ไม่แตกต่างกับการเดินเครื่องด้วยน้ำมันดีเซล ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองของน้ำมันสบู่ดำเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลมีความใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ ส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้ ซึ่งออกทางท่อไอเสียของเครื่องยนต์ มีปริมาณควันดำและคาร์บอนมอนอกไซด์น้อยกว่าเครื่องยนต์ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเล็กน้อย (พิชัย สราญรมย์, 2550)

2.4.8 ปัญหาในการใช้น้ำมันสบู่ดำกับเครื่องยนต์ดีเซลที่พบ

2.4.8.1 การติดเครื่องในขณะที่เครื่องเย็นจะสตาร์ทติดยากกว่าปกติ แต่เมื่อเครื่องติดแล้ว เครื่องจะเดินต่อเนื่องเป็นปกติไม่มีอาการน็อก

2.4.8.2 กรองน้ำมันเชื้อเพลิงอุดตันเร็วกว่าปกติ หากไม่มีระบบกรองน้ำมันที่ดีก่อนนำไปใช้ และหากหยุดใช้เครื่องยนต์เป็นเวลานาน จะเกิดยางเหนียวเกาะที่ปั๊มเชื้อเพลิงและหัวฉีด

ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดชัยนาททำการทดสอบเปรียบเทียบการใช้ น้ำมันสนู้ด้ากับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กคูโบตา ET 70 ปรากฏว่าเครื่องยนต์เดินเรียบสม่ำเสมอ สามารถเร่งเครื่องยนต์ได้ตามปกติและการใช้น้ำมันสนู้ด้าสิ้นเปลืองน้อยกว่าน้ำมันดีเซลเล็กน้อย ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงผลทดสอบเปรียบเทียบการใช้น้ำมันสนู้ด้ากับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

การทำงานของเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	อัตราการกินน้ำมันสนู้ด้า (ซีซี/ชม.)	อัตราการกินน้ำมันดีเซล (ซีซี/ชม.)
1500	498	500
1600	494	498
1700	528	540
1800	576	586
1900	614	629
2000	665	696
2100	720	758
2200	770	804
2300	852	869

แหล่งที่มา: ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดชัยนาท, 2548.

จากการทดสอบและวิเคราะห์ไอเสียของเครื่องยนต์ ทั้ง 2 เครื่องพบว่า ค่าควันดำของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันสนู้ด้าเฉลี่ย 13.42 % ดีเซล 13.67 % ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ให้ไม่เกิน 40 % ส่วนคาร์บอนมอนอกไซด์ จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันสนู้ด้าเฉลี่ย 587 ppm และดีเซลเฉลี่ย 583 ppm ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ให้ไม่เกิน 6 % หรือ 60,000 ppm ค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันสนู้ด้าไม่พบ ในขณะที่น้ำมันดีเซลพบ 125 ppm ผลจากการทดสอบกับเครื่องยนต์ เมื่อเดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันสนู้ด้าครบ 1,000 ชั่วโมง ได้ถอดชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ออกมาตรวจสอบ เสื้อสูบ ลูกสูบ แหวน ลื่น หัวฉีด และอื่นๆ ไม่พบยางเหนียวจับ ทุกชิ้นยังคงสภาพดีเหมือนเดิม แสดงว่าน้ำมันสนู้ด้าสามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กเพื่อการเกษตรได้ ซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนในการประกอบอาชีพของเกษตรกรรวมทั้งใช้พื้นที่ที่ไม่สามารถปลูกพืชชนิดอื่นได้มา

ปลูกต้นสบู่ดำ เช่นที่ว่างเปล่า ที่ดอน และหัวคันนา เป็นต้น เป็นการใช้ประโยชน์ในที่ดินได้เต็มที่ (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดชัยนาท, 2548)

ตารางที่ 2.4 แสดงผลการทดสอบไอเสียจากเครื่องยนต์

เครื่องยนต์	รอบ/ นาที	น้ำมันสบู่ดำ		น้ำมันดีเซล	
		ควันดำ	คาร์บอนมอนอกไซด์	ควันดำ	คาร์บอนมอนอกไซด์
		(%)	(ppm)	(%)	(ppm)
คูโบต้า	840	12.0	550	10.5	650
7 แรงม้า	2160	13.0	450	14.5	750
ยันมาร์	1000	11.5	500	10.0	500
18 แรงม้า	1600	14.5	650	15.5	500
เฉลี่ย	1733	13.42	587	13.67	583

แหล่งที่มา: ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดชัยนาท, 2548.

2.4.9 ต้นทุนการผลิตและราคากຸ່ມทุนสบู่ดำ

เมล็ดสบู่ดำมีปริมาณน้ำมันร้อยละ 35 ของน้ำหนักเมล็ด เมล็ดสบู่ดำ จำนวน 4 กิโลกรัม สกักน้ำมันได้ 1 ลิตร และที่เหลือเป็นกากจำนวน 3 กิโลกรัม น้ำมันสบู่ดำสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลกับเครื่องจักรกลทางการเกษตรได้ โครงการวิจัยการผลิตสบู่ดำที่สำคัญของประเทศไทยสองโครงการได้แก่ โครงการวิจัยและพัฒนาสายพันธุ์ต้นสบู่ดำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และโครงการเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ พระชนม์มายุ 72 พรรษา ของกรมส่งเสริมการเกษตร ที่ส่งเสริมการปลูกต้นสบู่ดำระดับชุมชน ส่วนการเก็บรวบรวมและศึกษาสายพันธุ์สบู่ดำในประเทศไทย ดำเนินการโดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรมส่งเสริมการเกษตร และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่ามีหลายสายพันธุ์ให้ผลผลิตสูงถึง 100 - 800 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี โดยปริมาณผลผลิตขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ และการดูแลรักษาที่เหมาะสม เช่น การให้น้ำ-ปุ๋ย และการตัดแต่งกิ่ง (สุรพงษ์ เจริญรัต, 2550)

ตารางที่ 2.5 ความแตกต่างของผลผลิตสบู่ดำตามสภาพการปลูก

วิธีปลูก	ผลผลิต (กก./ไร่/ปี)	ปริมาณน้ำมัน (ลิตร)
ปลูกแบบไม่มีการดูแล	100-300	25-75
ปลูกแบบสภาพทั่วไป	300-500	75-125
ปลูกแบบสภาพสวน (กำแพงแสน)	600-800	150-200

แหล่งที่มา: สุรพงษ์ เจริญรัช, 2550.

สุรพงษ์ เจริญรัช (2550) รายงานว่า การผลิตเมล็ดสบู่ดำจะมีต้นทุนประมาณ กิโลกรัมละ 3.10 บาท จากต้นทุนรวม 2,500 บาท และได้ผลผลิต 800 กิโลกรัมต่อไร่ (ระยะปลูก 2x2.5 เมตร, 400 ต้นต่อไร่, น้ำมันดิบ 200 ลิตร) จากการคำนวณผลผลิตคุ้มทุนควรได้ผลผลิต 805 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ราคาขายคุ้มทุน 3.125 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อราคาของต้นกล้าแพงขึ้นจาก 3 บาทต่อต้นเป็น 5 บาทต่อต้น ทำให้มีต้นทุนการผลิต 3,300 บาทต่อไร่ ผลผลิตคุ้มทุนควรได้ผลผลิต 1,056 กิโลกรัมต่อไร่ และราคาขายคุ้มทุน 4.125 บาทต่อกิโลกรัม หากราคาของต้นกล้าแพงขึ้นเป็น 7 บาทต่อต้น ทำให้มีต้นทุนการผลิต 4,100 บาทต่อไร่ ผลผลิตคุ้มทุนควรได้ผลผลิต 1,312 กิโลกรัมต่อไร่ และราคาขายคุ้มทุน 5.125 บาทต่อกิโลกรัม และหากราคาของต้นกล้าแพงขึ้นเป็น 10 บาทต่อต้น ทำให้มีต้นทุนการผลิต 5,300 บาทต่อไร่ ผลผลิตคุ้มทุนควรได้ผลผลิต 1,696 กิโลกรัมต่อไร่ และราคาขายคุ้มทุน 6.625 บาทต่อกิโลกรัม จากต้นทุนการผลิตเมล็ดสบู่ดำ กิโลกรัมละ 3.10 บาท เกษตรกรผู้ผลิตจะมีรายได้ประมาณ ไร่ละ 2,400 บาท (800 กิโลกรัม/ไร่) เปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิต 2,500 บาทต่อไร่ (กรณีต้นกล้าราคา 3 บาท) ผลตอบแทนที่เกษตรกรได้รับค่อนข้างต่ำและไม่คุ้มค่า และจากต้นทุนการผลิตเมล็ดสบู่ดำ กิโลกรัมละ 3.125 บาท (2,500/800) จะมีผลให้ราคาค้นทุนน้ำมันสบู่ดำดิบ ลิตรละ 12.50 บาท (2,500/200)

2.4.10 การพัฒนาพันธุ์สบู่ดำ

ในอดีตได้เคยมีการนำเอาน้ำมันถั่วลิสงมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลในงาน World Exhibition ที่กรุงปารีส ในปี 2443 สำหรับในประเทศไทยจากเหตุการณ์วิกฤตน้ำมันปี ไตรนิยมที่มีราคาสูงขึ้นในช่วงทศวรรษที่ 2520 ส่งผลให้มีการค้นคว้าวิจัยหาพลังงานทดแทนจากพืชน้ำมัน โดยในปี 2522 ได้มีการทดลองนำน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันปาล์ม น้ำมันละหุ่ง น้ำมันพืชต่างๆ ที่มีขายในท้องตลาด รวม 18 ชนิด มาทดลองเดินเครื่องยนต์ดีเซลควบคู่กับแก๊สชีวภาพ ปรากฏว่าสามารถเดิน

เครื่องยนต์ได้ แต่มีปัญหายางเหนียว ติดที่แหวนและลูกสูบ ในปีต่อมาจึงนำน้ำมันสบู่มาคาทดลอง สามารถเดินเครื่องยนต์ได้ และมีคุณสมบัติดีกว่าน้ำมันพืชที่กล่าวมา คุณสมบัติที่ดีของน้ำมันสบู่นี้ ประเทศเยอรมนีได้ทำการทดลองในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 หรือประมาณ 60 ปี ที่ผ่านมา พบว่าสามารถใช้ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงได้ อย่างไรก็ตาม สบู่นี้เป็นพืชที่ขึ้นตามแนวรั้วของเกษตรกร ให้ผลผลิตต่ำ จึงเริ่มมีการปรับปรุงพันธุ์โดยการออกสำรวจ และรวบรวมพันธุ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตสบู่นี้ให้สูงขึ้น เริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี 2525 เป็นต้นมา งานวิจัยดำเนินการมาได้ระยะหนึ่ง เนื่องจากราคาน้ำมันปิโตรเลียมลดลง จนปัจจุบันในช่วงทศวรรษที่ 2540 เกิดปัญหาราคาน้ำมันปิโตรเลียมสูงขึ้นอีกครั้งในรอบห้วงกันประมาณ 25 ปี งานวิจัยพัฒนาพันธุ์สบู่นี้ จึงได้รับความสนใจทางด้านนโยบายอีกครั้ง เป็นโอกาสของน้ำมันจากพืชที่สามารถแข่งขันในด้านราคาได้

2.4.10.1 การปรับปรุงพันธุ์สบู่นี้ในประเทศไทย

1) การปรับปรุงพันธุ์สบู่นี้ช่วงปี 2525-2534

สบู่นี้มีประวัติย้อนหลังไปประมาณ 70 ล้านปีที่ผ่านมา จากการค้นพบฟอสซิลใน Peruvian Belen สบู่นี้จะมีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาเขตร้อน จากประเทศเม็กซิโกถึงบราซิลรวมทั้งหมู่เกาะคาริเบียน เชื่อกันว่าชาวโปตุเกสนำเข้ามาปลูกในทวีปเอเชีย และอาฟริกาประมาณ 200 ปีมาแล้ว สำหรับในประเทศไทยผลจากการสำรวจในปี 2525 พบสบู่นี้ในทุกภาคของประเทศ จากแหล่งปลูกที่มีความสูงระดับน้ำทะเล จนถึงที่สูง 1,130 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ที่ อ.สอดจ.เชียงใหม่ การปรับปรุงพันธุ์เริ่มจากการรวบรวมพันธุ์จากทุกภาคของประเทศ ในปี 2525 เป็นการรวบรวมกิ่งพันธุ์สบู่นี้จากภาคเหนือ 13 จังหวัด (ยกเว้น จ.พิจิตร และอุตรดิตถ์ ที่ไม่พบสบู่นี้) ได้มา 19 ตัวอย่าง แต่ไม่พบรายงานการประเมินผลผลิตของพันธุ์ที่รวบรวมมา นอกจากนี้เริ่มมีการรวบรวมพันธุ์สบู่นี้ในปี 2524 และปี 2525 จากแนวรั้วของเกษตรกรใน อ.ท่าตะโก จ.นครสวรรค์ มาปลูกเป็นแปลงใหญ่ที่ศูนย์ปฏิบัติการเกษตรวิศวกรรมนครสวรรค์ กรมวิชาการเกษตร เมื่อวันที่ 24 มิถุนายน 2525 แต่มีจุดประสงค์เพื่อเป็นแปลงผลิตเมล็ดสำหรับบีนน้ำมัน นำมาใช้ในการศึกษากับเครื่องจักรกลการเกษตร ร่วมกับบริษัทยันมา และ ปตท. ซึ่งถือว่าเป็นแปลงสบู่นี้แปลงใหญ่ที่มีอายุมากที่สุดในประเทศไทยขณะนี้ ต่อมาปี 2527 ได้มีการรวบรวมพันธุ์สบู่นี้จากภาคใต้ นำมาประเมินผลผลิตจำนวน 11 พันธุ์ (10 พันธุ์ จากภาคใต้ 1 พันธุ์ จากมาเลเซีย) และใช้พันธุ์พื้นเมืองร้อยเอ็ดเป็นพันธุ์ตรวจสอบ ดำเนินการที่สถานีทดลองพืชไร่ร้อยเอ็ด (ปัจจุบัน คือ ศูนย์บริการวิชาการด้านพืชและปัจจัยการผลิต ปลูกเดือนเมษายน 2527 ผลผลิตเมล็ดจากปีแรกที่อายุ 9 เดือน พันธุ์ จาก อ.ละงู จ.สตูล ให้ผลผลิตดีที่สุด 102 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 2.6) การประเมินผลผลิตของพันธุ์สบู่นี้อีกการทดลองหนึ่ง ได้จากพันธุ์ที่เก็บรวบรวมในปี 2528 จากภาคเหนือ 5 จังหวัด และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 17 จังหวัด จำนวน 24 พันธุ์ นำมาศึกษาเบื้องต้นและคัดเลือกนำไปประเมินผลผลิตจำนวน 9 พันธุ์ที่

สถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดขอนแก่น ในปี 2530-2532 สนับสนุนให้ผลิตค่อนข้างต่ำ พันธุ์จาก จ. บุรีรัมย์ ให้ผลิตสูงสุด รวม 3 ปี ได้ 126 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 2.7) การเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ เนื่องจากสนับค่าที่สำรวจพบในประเทศไทยมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมต่ำ จึงมีความพยายามในการสร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรม เพื่อเพิ่มผลผลิตสนับค่า โดยนำเมล็ดพันธุ์สนับค่าจาก จ. มุกดาหาร ไปฉายรังสีแกมมาที่อัตรา 0, 2, 4, 6, 10 และ 20 kr ปลูกลงที่สถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดขอนแก่นในปี 2528 พบว่าที่อัตรา 2 kr เมล็ดพันธุ์มีความงอกประมาณ 50% เทียบกับความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ฉายรังสี ผลของการคัดเลือกดำเนินมาจนถึงช่วงที่ได้ Mutants 8 สายพันธุ์ นำมาประเมินผลผลิต ในปี 2533 พบว่า ให้ผลผลิตในปีแรก 12-16 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าพันธุ์ตรวจสอบซึ่งได้ 10 กิโลกรัม/ไร่ หลังจากนั้นไม่พบรายงานการปรับปรุงพันธุ์สนับค่าอีก

2) การปรับปรุงพันธุ์ในช่วงปี 2545-ปัจจุบัน

ผลจากวิกฤตการณ์น้ำมันปี ไตรสิบมีราคาสูงขึ้นอีกครั้ง เช่นเดียวกับในระยะเวลาประมาณ 25 ปีที่ผ่านมา น้ำมันพืชเพื่อทดแทนพลังงานจึงมี โอกาสแข่งขันในด้านราคาได้อีกครั้ง ทำให้ทั่วโลกสนใจการผลิตสนับค่ามากขึ้น สมาคมนิสิตเก่ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ (ส.ม.ก.) ได้ระดมสมองในการทำงานวิจัยเพื่อสังคม เมื่อปี 2544 เลือกวิจัยสนับค่าเป็นพืชทดแทนพลังงาน ด้วยคาดการณ์ว่าอนาคตจะเกิดปัญหาการขาดแคลนพลังงานแน่นอน และเป็นการเลือกพืชที่ทำงานวิจัยไม่ซ้ำซ้อนกับหน่วยงานอื่นในขณะนั้น โดยเริ่มรวบรวมพันธุ์จากทั่วประเทศ และบางส่วนจากต่างประเทศ นำมาปลูก ปลอ่ยให้มีการผสมรวมกันอย่างเป็นอิสระที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน จ.นครปฐม ในปี 2545 คัดเลือก Clones ที่ให้ผลผลิตดี และเก็บเกี่ยว นำเมล็ดรวม (Bulk Seed) มาปลูกที่ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ส่วนแยกพืชสวน จ. ขอนแก่น ศูนย์วิจัยพืชไร่ นครราชสีมา ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (ที่ห้วยหลวง อำเภอกุดจับ จังหวัดอุดรธานี) สบป. สกลนคร และในอีกหลายสถานที่ ในปี 2547 คัดเลือกได้พันธุ์ดีเด่นและลูกผสมดีเด่นที่ให้ผลผลิตสูง นำมาประเมินผลผลิตในแหล่งปลูกต่างๆ ทั่วประเทศ ในปี 2548 ทั้งใน สวร. / สบป. ของกรมวิชาการเกษตร แปลงทดลองของสถาบันการศึกษาหลายแห่ง และของภาคเอกชน ในขณะเดียวกันที่ สวร. นครราชสีมา ซึ่งกรมวิชาการเกษตรมอบหมายให้เป็นศูนย์วิจัยที่ทำงานเน้นหนักทางด้านสนับค่า ก็เริ่มมีการรวบรวมพันธุ์ในปี 2547 โดยปลูกสนับค่าจากท่อนพันธุ์และปลูกด้วยเมล็ดพันธุ์รวมประมาณ 1,800 ต้น (ตารางที่ 2.8) จากข้อมูลเบื้องต้น เมื่อสนับค่าอายุ 1 ปี พบว่ากลุ่มพันธุ์ที่ปลูกด้วยท่อนพันธุ์จาก สวร. นครราชสีมา ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 230 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนกลุ่มที่ปลูกด้วยเมล็ดพันธุ์ให้ผลผลิตเฉลี่ย 181 กิโลกรัม/ไร่ โดยต้นที่ปลูกจากท่อนพันธุ์ให้ผลผลิตสูงกว่าต้นที่ปลูกด้วยเมล็ดพันธุ์ 27% สอดคล้องกับผลการทดลองหาระยะปลูกสนับค่า โดยใช้ท่อนพันธุ์ และเมล็ดพันธุ์ที่สถานีทดลองพืชไร่ มุกดาหาร ในปี 2525 พบว่า การปลูกด้วยท่อนพันธุ์ให้ผลผลิต

เมล็ดมากกว่าการปลูกด้วยเมล็ดพันธุ์ 25% ในปีแรก และ 29% ในปีที่ 2 งานวิจัยพันธุ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เริ่มปี 2546 มีการรวบรวมพันธุ์จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ จำนวน 22 จังหวัด รวม 52 ตัวอย่าง นำท่อนพันธุ์มาปลูกที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ จ. นครราชสีมา ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ดี คือ ให้น้ำ ระบบน้ำหยดทุกสัปดาห์ ในช่วงนอกฤดูฝน ใส่ปุ๋ย สูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อสัปดาห์อายุ 2 เดือน และพ่นสารป้องกันกำจัดโรค แมลง และวัชพืช ใช้ระยะแถว 2 เมตร ระยะต้น 1 เมตร ผลการทดลองพบว่า ในกลุ่มพันธุ์ที่รวบรวมจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สัปดาห์ที่อายุประมาณ 11 เดือน หลังวันปลูก ให้ผลผลิตแตกต่างกันมากระหว่าง 35-502 กิโลกรัม/ไร่ ต่อมาที่อายุประมาณ 1 ปี 11 เดือน ให้ผลผลิตรวม 117-1,326 กิโลกรัม/ไร่ ตัวอย่างเบอร์ที่ 16 ให้ผลผลิตสูงสุด 1,326 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งเก็บรวบรวมมาจาก อ.ยางตลาด จ.กาฬสินธุ์ ให้ผลผลิตสูง เนื่องจากมีจำนวนช่อดอกมาก ส่งผลให้จำนวนผลต่อต้นมากถึง 818 ผล (การติดผลค่อนข้างสูง 31% มี 6 ผล ต่อช่อ) มีขนาดเมล็ดปานกลาง (น้ำหนัก 100 เมล็ด เท่ากับ 76 กรัม) มีการแตกกิ่งแรก (4 กิ่ง) และกิ่งรอง (11 กิ่ง) มากที่สุด สำหรับที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลนครราชสีมา ก็มีผลงานการรวบรวมพันธุ์สำเนาเช่นกัน โดยเก็บรวบรวมในรูปของเมล็ดพันธุ์สำเนาจากภาคเหนือ 4 จังหวัด และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 5 จังหวัด แต่ยังไม่มียางานทางด้านการให้ผลผลิต การนำพันธุ์สำเนาเข้ามาปลูกในประเทศไทยในระยะแรก เมื่อประมาณ 200 ปีที่ผ่านมา เชื่อว่าอาจเป็นพันธุ์เดียวกันหรืออยู่ในกลุ่มพันธุ์เดียวกันที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมไม่มากนัก ช่วงเวลาที่ผ่านไปเป็นร้อยปี อาจเกิดการกลายพันธุ์และ/หรือมีการผสมข้ามพันธุ์กันบ้างตามธรรมชาติ ทำให้สำเนาที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมมากขึ้น ซึ่ง ได้มีการรวบรวมพันธุ์จากภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวม 41 พันธุ์ แยกความแตกต่างของพันธุ์จากลักษณะผลได้เป็น 3 กลุ่ม คือ (1) กลุ่มที่มีผลทรงกลม (2) กลุ่มที่มีผลทรงกลมหรือผลยาวกว่าพวกแรกเล็กน้อย แต่มีเปลือกผลหนากว่า และ (3) กลุ่มที่มีผลทรงกลมแต่มีขนาดผลเล็กกว่า 2 กลุ่มแรก และจากผลการวิจัยต่างๆ ที่กล่าวมาก็พบความแตกต่างทางพันธุกรรม ในลักษณะการเกษตรและการให้ผลผลิตของสำเนา อย่างไรก็ตาม ได้มีการศึกษาความแตกต่างของสำเนาในระดับดีเอ็นเอ 18 ตัวอย่าง ที่เก็บรวบรวมจากภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มสำเนาทางพันธุกรรม (ที่ค่า Coefficient ประมาณ 82%) ได้ 5 กลุ่ม โดยกลุ่มที่มีความแตกต่างไปจากกลุ่มอื่นมากที่สุดคือสำเนาที่รวบรวมจาก จ.เชียงใหม่ ดังนั้นการจับคู่ผสมเพื่อสร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรมสำหรับการคัดเลือกพันธุ์สำเนาให้ ประสพผลสำเร็จในอนาคต จึงควรเป็นคู่ผสมที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมที่มาจากต่างกลุ่มกัน การสร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรมโดยการผสมพันธุ์ตามด้วยการคัดเลือกรุ่นลูกเป็นวิธีการทาง Conventional Breeding ที่นิยมปฏิบัติในการพัฒนาพันธุ์พืช นอกจากนี้ ได้มีการศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการผสมพันธุ์สำเนา

ค่า พบว่าช่วงที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 8.25-9.50 น. มีการติดผลสูงสุด 62% ผลการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์สับดูดาในอนาคต

2.4.10.2 แนวทางการปรับปรุงพันธุ์สับดูดาในอนาคต

วัตถุประสงค์หลักของการปรับปรุงพันธุ์สับดูดาในอนาคต คือการยกระดับผลผลิตสับดูดาให้สูงขึ้น โดยมีวิธีการที่จะให้ได้ตามวัตถุประสงค์ คือ

1) การประเมินผลผลิตของพันธุ์สับดูดา เป็นการต่อยอดงานวิจัยร่วมมือกับ สมก. นำพันธุ์มาประเมินผลผลิตในศูนย์วิจัยฯ ทั่วประเทศ เน้นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ตามนโยบายของรัฐบาล เริ่มปลูกกลางปี 2548 จะทราบผลการทดลองที่มั่นใจได้ เมื่อสับดูดา มีอายุอย่างน้อย 2 ปี

2) การสร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรม เพื่อให้เกิดพันธุ์ใหม่ๆ ตามด้วยการคัดเลือกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงขึ้น เป็นงานวิจัยที่จะเริ่มในปี 2549 ประกอบด้วย การผสมพันธุ์ การฉายรังสีเมล็ดพันธุ์ และการทำ Polyploidy เชื่อว่าเมื่อมีการวิจัยอย่างต่อเนื่อง จะส่งผลให้ได้พันธุ์สับดูดาที่ให้ผลผลิตสูงขึ้น และปรับตัวได้ดีต่อสภาพแวดล้อมการปลูกของประเทศไทยต่อไป (สมศักดิ์ ศรีสมบูรณ์ และสมยศ พิชิตพร, 2550)

ตารางที่ 2.6 ผลผลิตเมล็ดของสับดูดา สถานีทดลองพืชไร่ร้อยเอ็ด ปี 2527-2528

พันธุ์	ผลผลิต (กก./ไร่)	ที่มาของพันธุ์	
		อำเภอ	จังหวัด
เบอร์ 45	102	ละงู	สตูล
เบอร์ 53	48	กาญจนดิษฐ์	สุราษฎร์ธานี
เบอร์ 44	39	กระทุ่ม	ภูเก็ต
ร้อยเอ็ด	24	-	ร้อยเอ็ด

แหล่งที่มา: สมศักดิ์ ศรีสมบูรณ์ และสมยศ พิชิตพร, 2550.

ตารางที่ 2.7 ผลผลิตเมล็ดของสบู่ดำ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5 จ.ขอนแก่น ปี 2530-2532

พันธุ์	ผลผลิต (กก./ไร่)			
	ปี 2530	ปี 2531	ปี 2532	รวม
บุรีรัมย์	28	35	63	126
ยโสธร	24	36	59	119
แพร่ (อ.เมือง)	22	24	65	111
หนองคาย	22	25	55	102
เฉลี่ย (9 พันธุ์)	22	26	52	100

แหล่งที่มา: สมศักดิ์ ศรีสมบุญ และสมยศ พิชิตพร, 2550.

ตารางที่ 2.8 ผลผลิตเมล็ดสบู่ดำอายุ 1 ปี จากแปลงอนุรักษ์พันธุ์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครราชสีมา ปี 2548

แหล่งพันธุ์	จำนวนต้น		จำนวน ครั้งที่เก็บ	ผลผลิต กก./ไร่	เป็นน้ำหนักแห้ง		ร้อยละ
	ปลูก	คัดเลือก			เมล็ด	ผล	
ท่อนพันธุ์ สวร. นครราชสีมา	464	32	10.8	230	576	894	64.2
เมล็ดพันธุ์ สวร. นครราชสีมา	463	10	5.0	181	453	738	60.9
ท่อนพันธุ์ ส.มก.	80	20	10.8	186	466	719	62.2
เมล็ดพันธุ์ ส.มก.	814	35	7.6	196	491	778	63.4

แหล่งที่มา: สมศักดิ์ ศรีสมบุญ และสมยศ พิชิตพร, 2550.

2.4.11 เป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์สบู่ดำ ปี 2549-2555

2.4.11.1 โครงการปลูกสบู่ดำทดแทนพลังงานระดับชุมชน

- 1) สำรวจการใช้เครื่องจักรกลการเกษตรในชุมชน เพื่อประเมินปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล
- 2) ให้เกษตรกรในชุมชนปลูกต้นสบู่ดำในสภาพแปลงเดี่ยว แปลงรวม หรือปลูกหัวไร่ปลายนาในพื้นที่ตามความต้องการใช้น้ำมันดีเซล
- 3) จัดหาเครื่องสกัดน้ำมันสบู่ดำเคลื่อนที่ให้ชุมชนเพื่อใช้สกัดน้ำมันใช้เอง
- 4) รณรงค์ให้เกษตรกรหันมาปลูกสบู่ดำ เพื่อลดการใช้น้ำมันดีเซล และลดการใช้จ่ายจากการซื้อน้ำมันดีเซล

2.4.11.2 โครงการปลูกสบู่ดำทดแทนพลังงานระดับอุตสาหกรรม

- 1) ปี 2549-2552 : กรมวิชาการเกษตร ร่วมกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ร่วมกันศึกษาและปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำให้ได้ผลผลิตเฉลี่ย 1,500 กิโลกรัม/ไร่/ปี
- 2) ปี 2552 : กรมพัฒนาที่ดินและกรมวิชาการเกษตรกำหนด Zoning พื้นที่ปลูกสบู่ดำ
- 3) ปี 2553: กรมพัฒนาพลังงานฯ ตั้งโรงงานต้นแบบเชิงอุตสาหกรรมเป็นระบบต่อเนื่องจากการผลิตปาล์มน้ำมันทดแทนพลังงาน
- 4) ปี 2555: เอกชนที่ผลิต Biodiesel จากปาล์มน้ำมัน ใช้สบู่ดำเป็นวัตถุดิบร่วมกับปาล์มดิบ (สมศักดิ์ ศรีสมบูรณ์ และคณะ, 2548)

2.5 การสกัดด้วยตัวทำละลาย

การสกัดด้วยตัวทำละลาย เป็นกระบวนการที่สกัดเอาสารที่อยู่ในของแข็งหรือเมล็ดพืชออกมาโดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยที่ตัวทำละลายกับเมล็ดพืชจะสัมผัสกันอย่างใกล้ชิดและตัวทำละลายจะละลายสารที่ต้องการสกัดออกมาจากเมล็ดพืชที่ถูกสกัด ผลิตภัณฑ์หลายชนิดจะใช้วิธีการสกัดสารออกจากโครงสร้างของมันเองโดยกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย เช่น การผลิตน้ำมันพืช ทำการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายจำพวก เฮกเซน เอทานอล อะซิโตน และอีเทอร์ กระบวนการสกัดประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้ 1) การส่งผ่านของตัวทำละลายจากในกลุ่มก้อนของสารละลายเข้าไปยังผิวของวัสดุ 2) การที่ตัวทำละลายแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ 3) ตัวทำละลายทำการละลายสารที่ต้องการ 4) การแพร่ของสารละลายผ่านออกจากผนังเซลล์ และ 5) สารละลายแพร่ออกมารวมกับกลุ่มก้อนของสารละลายส่วนใหญ่ภายนอกเซลล์ ซึ่งโดยปกติแล้วกระบวนการที่เกิดขึ้นข้างต้นจะ

เกิดได้เร็ว ยกเว้นขั้นตอนการแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นขั้นตอนที่อัตราการแพร่มักจะเกิดช้าและขึ้นกับกลไกในการแพร่ผ่าน โครงสร้างของเมล็ดพืชและความพรุนของเมล็ดพืช เป็นต้น

2.5.1 หลักในการเลือกตัวทำละลาย

- 2.5.1.1 ละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดี
- 2.5.1.2 ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด
- 2.5.1.3 ไม่ละลายสิ่งเจือปนหรือสารที่ไม่ต้องการ
- 2.5.1.4 สามารถแยกออกจากสารตัวอย่างที่ถูกสกัดได้ง่าย
- 2.5.1.5 ไม่เป็นพิษและไม่ทำให้เกิดการกัดกร่อน
- 2.5.1.6 ราคาถูกและหาได้ง่าย

2.5.2 การเตรียมวัตถุดิบสำหรับกระบวนการสกัด

ต้องนำตัวอย่างไปอบแห้งก่อนทำการสกัดหรือนำไปทำการบีบอัดให้แตกเพื่อทำลายโครงสร้างผนังเซลล์บางส่วน ตัวทำละลายจึงจะสามารถเข้าไปสัมผัสกับตัวถูกละลายได้โดยตรง

2.5.3 ประสิทธิภาพของการสกัดด้วยตัวทำละลาย

ขึ้นกับปัจจัยดังนี้

2.5.3.1 ปริมาณของตัวทำละลาย

ปริมาณของตัวทำละลายมากย่อมสามารถสกัดน้ำมันได้เปอร์เซ็นต์มากและเหลือน้ำมันตกค้างในเมล็ดน้อยกว่าการสกัดโดยใช้ปริมาณตัวทำละลายน้อย แต่ข้อเสียคือต้องใช้เวลาในการสกัดมากและสิ้นเปลืองตัวทำละลายเนื่องจากต้องระเหยตัวทำละลายทิ้งสูงตามไปด้วย

2.5.3.2 ชนิดของตัวทำละลาย

โดยทั่วไปนิยมใช้เฮกซะน (n-Hexane) และปิโตรเลียมอีเทอร์ เพราะมีความเหมาะสมหลายประการ เช่น สกัดน้ำมันได้ปริมาณมาก และมีราคาถูก

2.5.3.3 อุณหภูมิในการสกัด

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดต่อประสิทธิภาพของการสกัดด้วยตัวทำละลายในเมล็ดพืชบางชนิด เช่น เมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดทานตะวัน เมล็ดเรพ (Rape Seed) พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของตัวทำละลายแล้วประสิทธิภาพของการสกัดน้ำมันจะดีขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันในเมล็ดพืชโดยทั่วไปประมาณ 60 องศาเซลเซียส

2.5.3.4 เวลาที่ใช้ในการสกัด

จากการทดลองสกัดเมล็ดพืช เช่น เมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดทานตะวัน พบว่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้มากที่สุดอยู่ในช่วง 30 นาทีแรก ส่วนน้ำมันที่ระเหยอยู่ในช่วงเวลา 15-20 นาทีแรก เมื่อเวลาในการสกัดมากขึ้นปริมาณน้ำมันจะค่อนข้างคงที่ และเมื่อทำการสกัดไปเรื่อยๆ พบว่าปริมาณน้ำมันจะเริ่มลดลงจนเหลือปริมาณร้อยละ 1 ของปริมาณน้ำมันเริ่มต้น

2.5.3.5 ขนาดและความหนาของเมล็ดพืช

การบีบหรือบดเมล็ดพืชให้แตกเป็นชิ้นเล็กๆ จะทำให้ตัวทำละลายสามารถแทรกซึมสัมผัสกับเมล็ดพืชอย่างทั่วถึง ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันให้ดีขึ้น ในการคัดขนาดเมล็ดพืชที่บดแล้วเพื่อนำมาสกัด โดยทั่วไปนิยมใช้ตะแกรงร่อน (Sieve) ในการคัดขนาด

2.5.3.6 ความชื้นของเมล็ดพืชและตัวทำละลาย

โดยปกติความชื้นในเมล็ดพืชไม่ควรเกินร้อยละ 10 และตัวทำละลายต้องไม่มีน้ำผสมอยู่

2.5.4 ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชน้ำมัน

2.5.4.1 ตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon Solvents)

ตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนที่นิยมใช้คือ เฮกเซน (Hexane) ซึ่งมี 2 ชนิด คือ นอร์มัลเฮกเซน (*n*-Hexane) และเฮกเซนเกรดการค้า (Commercial Hexane) โดยที่เฮกเซนเกรดการค้าไม่ใช่เฮกเซนเกรดบริสุทธิ์ จะมีนอร์มัลเฮกเซนผสมอยู่ร้อยละ 48-49 ตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนนี้มีข้อเสียคือ สามารถติดไฟได้ จึงมีข้อควรระวังในการใช้เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดไฟลุกหรือระเบิด

2.5.4.2 การใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย

น้ำที่ใช้ต้องปรับค่า pH หรืออาจเติมสารเคมีบางอย่าง ขึ้นกับผลผลิตที่ต้องการ การที่น้ำไม่สามารถติดไฟได้และไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกับน้ำมันพืช จึงมีการวิจัยการใช้น้ำสกัดน้ำมันเมล็ดฝ้าย ถั่วลิสง ดอกทานตะวัน และมะพร้าว ถึงแม้ว่าจะประยุกต์ใช้น้ำสกัดได้ แต่ก็ไม่ใช่ที่นิยมใช้ในเชิงพาณิชย์ เพราะยังมีน้ำเหลือในกากประมาณร้อยละ 10 และใช้พลังงานมากในการแยกน้ำมันและการอบแห้ง

2.5.4.3 เอนไซม์ช่วยในการสกัด

เอนไซม์เป็นตัวเสริมสำคัญในการสกัดด้วยน้ำ เอนไซม์ในระบบที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบสามารถเพิ่มความสามารถในการสกัดน้ำมันพืช ประสิทธิภาพในการสกัดขึ้นกับการทำลายผนังเซลล์ ซึ่งอาจใช้วิธีการบดเป็นเกล็ดหรือบดอัด เนื่องจากเอนไซม์สามารถย่อยโครงสร้างที่ซับซ้อนของผนังเซลล์ ดังนั้นจึงช่วยปรับปรุงการสกัดน้ำมันได้ (ฉิษรัตน์ มะลิมาศ, 2550: 22)

2.5.5 ประโยชน์ของการสกัดด้วยตัวทำละลาย

2.5.5.1 ใช้สกัดน้ำมันพืชจากเมล็ดพืช เช่น น้ำมันงา รำ ถั่ว ปาล์ม นุ่น บัว นิยมใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย

2.5.5.2 สกัดสารมีสีออกจากพืช

2.5.5.3 ใช้สกัดน้ำมันหอมระเหยออกจากพืช

2.5.5.4 ใช้สกัดยาออกจากสมุนไพร

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฉวีรัตน์ มะลิมาศ (2550) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย ในการศึกษาได้ใช้นอร์มัลเฮกเซน ปีโตรเลียมอีเทอร์ และน้ำ เป็นตัวทำละลาย และใช้อัตราส่วนเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่ 1:4 , 1:6 และ 1:8 (g/ml) โดยสกัดที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า ตัวทำละลายที่ดีที่สุดคือ นอร์มัลเฮกเซน อัตราส่วนเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:8 สกัดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ได้น้ำมันร้อยละ 51.35 และมีข้อเสนอแนะว่าในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการบดและคัดขนาดของเนื้อในเมล็ดสบู่ดำโดยใช้ตะแกรงร่อนเพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันที่ได้

แอนนา สายมฉวีรัตน์ และคณะ (2547) ศึกษาการสกัดน้ำมันสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ นอร์มัลเฮกเซน ปีโตรเลียมอีเทอร์ และอะซิโตน ในอัตราส่วน 1: 8 เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ได้ปริมาณน้ำมันร้อยละ 42.48-43.35 และ 43.28-44.23 ของน้ำหนักเนื้อในเมล็ด ตามลำดับ เมื่อนำค่าเฉลี่ยไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันที่ระยะเวลาในการสกัด 3 และ 24 ชั่วโมง เมื่อใช้นอร์มัลเฮกเซนสกัดน้ำมันจากสบู่ดำเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กันตั้งแต่ 10 นาที - 24 ชั่วโมง พบว่าชั่วโมงแรกของการสกัดปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 39.50 เป็นร้อยละ 43.82 แต่หลังจาก 3 ชั่วโมงผ่านไป ปริมาณน้ำมันไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติ

Pitia, Farag, Attia, Hawash, and Diwani (2006) ศึกษาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำและกระบวนการ ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเพื่อผลิตไบโอดีเซล โดยได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันที่สกัดได้กับปริมาณตัวทำละลายที่ใช้ ชนิดของตัวทำละลาย และวิธีการสกัด (ภาพถ่ายเปรียบเทียบกับใช้ตัวทำละลาย) ตัวทำละลายที่ใช้มี 5 ชนิด คือ เฮกเซน ไอโซโพรพานอล เมทานอล เฮกเซนผสมไอโซ โพรพานอลอัตราส่วน 3:2 โดยปริมาตร และเฮกเซนผสมไอโซโพรพานอลอัตราส่วน 2:3 โดยปริมาตร จากการศึกษาพบว่า เมื่อใช้ตัวทำละลายปริมาณมากขึ้นจะทำให้สามารถสกัดน้ำมันได้เพิ่มขึ้น เฮกเซนผสมไอโซโพรพานอลอัตราส่วน 3:2 สามารถสกัดน้ำมัน

ได้มากที่สุด และเฮกเซนสกัดน้ำมันได้มากกว่าไอโซโพรพานอล ส่วนเมธานอลเป็นตัวทำละลายที่แย่มากที่สุด สำหรับวิธีการสกัดนั้นพบว่า การสกัดด้วยตัวทำละลายได้ปริมาณน้ำมันมากกว่าวิธีการทางกายภาพ ส่วนน้ำมันที่ได้จากการใช้ไอโซโพรพานอลสกัดจะมีสีคล้ำกว่าใช้เฮกเซนสกัด และกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันที่ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำให้ได้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลมากกว่าใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา แต่กลีเซอรอลที่เป็นผลพลอยได้จะมีสีคล้ำกว่า

ชวลีพร น้อยบำเหน็จ, พงษ์พิทักษ์ สุคำภา และ วลัยยา แนวเงินดี (2549: บทคัดย่อ) ศึกษาการสกัดสารแคปไซซินจากพริกโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤตเป็นตัวสกัด โดยในการศึกษามีปัจจัยที่มีผลต่อการสกัด ได้แก่ อุณหภูมิ (40°C, 50°C และ 60°C) ความดัน (100 bar, 200 bar และ 300 bar) และขนาดของอนุภาคพริก (16 mesh, 18 mesh และ 40 mesh) สารที่สกัดได้ในแต่ละสภาวะการสกัดจะถูกนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารแคปไซซินที่สกัดได้ โดยใช้เทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ผลจากการทดลองพบว่า ทั้งอุณหภูมิและความดันมีผลต่อสารแคปไซซินที่สกัดได้ โดยความดันมีผลต่อการสกัดมากกว่าอุณหภูมิ และสภาวะการสกัดที่เหมาะสมที่ให้ปริมาณสารแคปไซซินมากที่สุด คือที่ อุณหภูมิ 60°C ความดัน 300 bar ได้ปริมาณสารแคปไซซิน 125 มิลลิกรัมต่อพริก 100 กรัม และเมื่อนำพริกที่ขนาดต่างๆ (16 mesh, 18 mesh and 40 mesh) มาทำการสกัดที่ อุณหภูมิ 60°C และความดัน 300 bar ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอนุภาคขนาด 40 mesh จะให้สารแคปไซซินที่มากที่สุด คือ 145 มิลลิกรัมต่อพริก 100 กรัม เมื่อนำผลการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤตไปเปรียบเทียบกับ การสกัดด้วยวิธีการอื่นๆ พบว่าการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤตจะใช้เวลาและสารละลายในการสกัดน้อยกว่า แต่ได้สารแคปไซซินในปริมาณที่มากกว่า

สมจิตร วงศ์กำชัย (2544: บทคัดย่อ) ศึกษาการใช้คลื่นเหนือเสียงในการสกัดสารสำคัญจากบัวบก โดยทำการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสกัด ได้แก่ เวลาในการสกัด (0.5-90 นาที) ชนิดและความเข้มข้นของตัวทำละลาย (เอทานอล, เมทานอล และอะซิโตนที่ความเข้มข้น 0-100 เปอร์เซ็นต์) ขนาดผงใบบัวบก (ระหว่าง 0.15-0.85 มิลลิเมตร) อัตราส่วนของผงใบบัวบกต่อตัวทำละลาย (1-15 กรัมต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร) และความเข้มข้นของคลื่นเหนือเสียง (9-100 วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร) โดยใช้แหล่งกำเนิดคลื่นเหนือเสียงต่างกัน 2 ชนิดได้แก่ อัลตราโซนิกโพรบ (ความถี่ 20 กิโลเฮิรซ์) และอ่างทำความสะอาดด้วยคลื่นเหนือเสียง (ความถี่ 47 กิโลเฮิรซ์) แล้วทำการเปรียบเทียบปริมาณอะเซติลโคไไซด์ที่สกัดได้จากกรณีที่ใช้และไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กรณีของการใช้อัลตราโซนิกโพรบ เมื่อเปรียบเทียบกับเวลาในการสกัดเท่ากัน (คือ 1 นาที) พบว่า การสกัดโดยใช้คลื่นเหนือเสียงสามารถให้ปริมาณอะเซติลโคไไซด์

มากกว่าในกรณีที่ไม่ใช้คลื่นเหนือเสียงสูงถึง 3 เท่า และเมื่อเปรียบเทียบที่ปริมาณของอะเซติโคไซด์ที่สกัดได้เท่ากัน (คือ 1.2 กรัมอะเซติโคไซด์ต่อ 100 กรัมผงใบบวบก) พบว่า เมื่อใช้คลื่นเหนือเสียง จะใช้เวลาในการสกัดเพียง 1 นาที ส่วนกรณีที่ไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง ต้องใช้เวลาในการสกัดนานถึง 90 นาที ในทำนองเดียวกัน สำหรับกรณีของอ่างทำความสะอาดด้วยคลื่นเหนือเสียง พบว่า เมื่อใช้เวลาของการสกัดเท่ากัน (คือ 10 นาที) การใช้คลื่นเหนือเสียง จะทำให้สกัดได้มากกว่า 1.5 เท่า และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณอะเซติโคไซด์ที่สกัดได้เท่ากัน (คือ 1 กรัมอะเซติโคไซด์ต่อ 100 กรัมผงใบบวบก) พบว่า การใช้คลื่นเหนือเสียงจะใช้เวลาในการสกัดน้อยกว่าเมื่อไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง สำหรับการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัด พบว่าได้ผลการทดลองในทำนองเดียวกันทั้งกรณีของการใช้อัลตราโซนิกโพรบและอ่างทำความสะอาดด้วยคลื่นเหนือเสียง โดยพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัด ได้แก่ ตัวทำละลายเอทานอลที่มีความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตรต่อปริมาตร) อนุภาคของผงใบบวบกที่มีขนาดระหว่าง 0.25-0.425 มิลลิเมตร อัตราส่วนของอนุภาคผงบวบกต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1 กรัม ต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ความเข้มข้นของคลื่นเหนือเสียงเท่ากับ 35 วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร และเวลาใช้ในการสกัดเท่ากับ 1 นาที สำหรับการศึกษาผลของคลื่นเหนือเสียงต่อการสูญเสียสภาพของสารอะเซติโคไซด์ พบว่า คลื่นเหนือเสียงไม่มีผลทำลายสภาพของสารอะเซติโคไซด์ภายใต้สภาวะการทดลองนี้

ฐิตา พู่ผ่อ (2545: บทคัดย่อ) ศึกษาสารระงับกลิ่นจากเห็ดฟาง โดยศึกษาถึงสภาวะของเวลา อุณหภูมิ และตัวทำละลายที่มีผลต่อการสกัดสารจากเห็ดฟาง ซึ่งทำการสกัดสารจากเห็ดฟางโดยใช้ 30%เอทานอล, 0.5%สารละลายกรดซิตริก (pH 3.2) ที่อุณหภูมิ 60-90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2-6 ชั่วโมง และนำสารสกัดที่ได้มาทำการดูดซับกลิ่นแอมโมเนียและกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ แล้วเปรียบเทียบกับสารสกัดจากเห็ดแชมปิญอง (แชมแพกซ์) สารสกัดจากเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลาย เวลา 6 ชั่วโมง ให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่มากที่สุดคือ $3.7 \pm 0.1\%$ ในขณะที่สารสกัดที่ใช้ 30% เอทานอลเป็นตัวทำละลาย อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง ให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเท่ากับ $3.1 \pm 0.1\%$ และสารสกัดที่ใช้ 30%เอทานอลในการสกัด อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง จะมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับกลิ่นแอมโมเนียความเข้มข้น 0.1176 โมลาร์ มากที่สุดคือ $53.2 \pm 2.0\%$ ซึ่งดูดซับกลิ่นแอมโมเนียได้ดีกว่าแชมแพกซ์ที่สกัดจากเอทานอล ($p < 0.05$) ส่วนสารสกัดที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวสกัด อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง สามารถดูดซับกลิ่นแอมโมเนียได้ $73.5 \pm 1.2\%$ ซึ่งดูดซับกลิ่นได้ดีกว่าแชมแพกซ์ ($p > 0.05$) และเมื่อนำสารสกัดจากเห็ดฟางที่สกัดด้วย 30%เอทานอล มา 10 มิลลิกรัมมาดูดซับกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ความเข้มข้น 3.4 ไมโครโมลาร์ จะสามารถดูดซับกลิ่นได้ 30-42% และเมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดเป็น 20 มิลลิกรัมก็สามารถดูดซับได้ถึง 52-69% ซึ่งการดูดซับที่ได้นี้จะดีกว่าการดูด

ชั้นของแฉกแพกซ์ แต่สารสกัดจากเห็ดฟางที่สกัดด้วย 0.5% สารละลายกรดซิตริก เมื่อนำมา 10 มิลลิกรัมสามารถดูดซับกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ได้เพียง 27% และเมื่อเพิ่มปริมาณเป็น 20 มิลลิกรัมก็สามารถดูดซับได้เพียง 33-48% ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับกลิ่นได้น้อยกว่าแฉกแพกซ์

Jesada Pitiphanpong (2004) ศึกษาการสกัดสารชาแลนทินจากผลของมะระขึ้นด้วยตัวทำละลายที่ความดันสูง โดยทำการศึกษาผลกระทบของตัวแปรหลายตัวแปร คือ ชนิดของตัวทำละลาย อัตราส่วนของตัวทำละลายกับน้ำ อัตราการไหลของตัวทำละลาย (2-6 มิลลิลิตรต่อนาที) และ อุณหภูมิ (50-150 องศาเซลเซียส) ที่ความดัน 10 เมกะปาสกาล ในขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณสารชาแลนทินจะใช้วิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงซึ่งวิธีนี้มีความจำเป็นที่จะต้องมีการกำจัดคลอโรฟิลล์ และ น้ำตาลที่อยู่ในสารสกัด ซึ่งจะรบกวนการวิเคราะห์ด้วยการล้างด้วยอัตราส่วน 50 ต่อ 50 และ 70 ต่อ 30 ของเมธานอลกับน้ำ และเฮกเซน ตามลำดับ จากผลการทดลอง อัตราการสกัดขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลาย โดยพบว่าอะซีโตนกับเอทานอลให้อัตราการสกัดที่สูงกว่าเอทิลอะซีเตท ไดคลอโรมีเทน และ น้ำ โดยอัตราการสกัดจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และพบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายที่ความดันสูง ด้วยตัวทำละลาย คือ อัตราส่วน 50 ต่อ 50 ของเอทานอลกับน้ำ ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และ อัตราการไหลของตัวทำละลาย 2 มิลลิลิตรต่อนาที ให้ประสิทธิภาพที่สูงกว่าการสกัดด้วยวิธีชอกห์เลท โดยพบว่าใช้เวลาการสกัดและปริมาณตัวทำละลายน้อยกว่าวิธีชอกห์เลท

วาสนา วิดมา (2547: บทคัดย่อ) การศึกษาเปรียบเทียบตัวทำละลายที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันจากเมล็ดฟักทองด้วยเครื่องชอกห์เลท (Soxhlet Extractor) โดยเป็นการศึกษาเปรียบเทียบตัวทำละลายเอทานอล อะซีโตน ไดเอทิลอีเทอร์และเบนซีน ที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันจากเมล็ดฟักทองด้วยเครื่องชอกห์เลท (Soxhlet Extractor) ผลการวิจัยพบว่า ปริมาณน้ำมันเมล็ดฟักทองที่สกัดได้มีค่าแตกต่างกันตามตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดที่ให้ปริมาณน้ำมันเมล็ดฟักทองมากที่สุดคือ เอทานอลได้ปริมาณน้ำมันเมล็ดฟักทอง 5.770 กรัม รองลงมาคือ ไดเอทิลอีเทอร์ให้ปริมาณน้ำมัน 4.959 กรัม และเบนซีนให้ปริมาณน้ำมัน 4.601 กรัม ต่อมวลเมล็ดฟักทองบด 20 กรัม ตามลำดับ

Kittipong Rattanaporn (2001) ทำการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนากระบวนการสกัดอัลคาลอยด์ที่ใช้ในเภสัชกรรมจากสมุนไพร โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับวงจรตั้งแต่การผลิตวัตถุดิบสมุนไพร การสกัดด้วยยา และการเตรียมสารเคมี ตลอดจนอุปกรณ์เพื่อใช้ในการผลิตวัตถุดิบทางเภสัชกรรมแผนปัจจุบัน คือ Hyoscyne hydrobromide และ Hyoscyne-N-butylbromide จากต้นคูนบอยเซียซึ่งผ่านการปรับปรุงพันธุ์โดยเทคนิคการเลี้ยงเนื้อเยื่อ จากงานวิจัยนี้ทำให้ได้วิธีการขยายพันธุ์ของ *Duboisia myoporoides* R.Br. และ *D. leichhardtii* F. Muell x *D. myoporoides* hybrid ได้ทำการทดลองปลูกต้นไม้ที่ได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อในแปลงทดลองสองแห่ง คือ ต.คอนแฝก จ.

นครปฐม และ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา *Duboisia myoporoides* เจริญได้ดีที่แปลงทดลองทั้งสองแห่ง ส่วนต้นหลังเจริญได้ที่นครปฐม โดยมี Hyoscyamine เป็นอัลคาลอยด์หลักและมี Hyoscyamine เล็กน้อย ต้นไม้ในแปลงที่ จังหวัดนครปฐมมีการเจริญเติบโตได้ดี และสามารถให้ผลผลิตได้ถึง 2 กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง/ต้น/ปี เมื่อมีอายุได้ 1 ปี และให้ปริมาณ Hyoscyamine 0.70-0.90% โดยเฉลี่ยตลอดปี โดยต้นในชุดหลัง ๆ มีเปอร์เซ็นต์สูงกว่าชุดแรก ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการสกัด Hyoscyamine ได้แก่ ขนาดผงยา อัตราส่วนตัวทำละลายต่อผงยา ความเร็วในการกวน และความเข้มข้นของกรด จากการทดลองในห้องปฏิบัติการทำให้สามารถออกแบบเครื่องมือสกัดขนาด 50 ลิตร และจากการทดลอง พบว่าสามารถสกัดได้สมบูรณ์ ถ้าใช้ผงยาขนาด 2 มิลลิเมตร โดยใช้ตัวทำละลายในปริมาณ 12 เท่าของผงยา ด้วยความเร็ว 550 rpm นอกจากนี้ยังได้ทดลองเตรียม Hyoscyamine Hydrobromide และ Hyoscyamine-N-butylbromide สารเคมีบริสุทธิ์ที่ได้มีคุณสมบัติทางเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาเหมือนกับสารเคมีที่มีขายในท้องตลาด

เสาวลักษณ์ วณิชสุวรรณ (2543: บทคัดย่อ) ศึกษาการสกัดและสมบัติบางประการของแคโรทีโนโปรตีนจากวัสดุเศษเหลือจากกุ้ง โดยแคโรทีโนโปรตีนจากเปลือกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) สามารถเตรียมโดยการย่อยเปลือกกุ้งแห้งบดขนาด 2.0-4.0 มิลลิเมตร ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือเอนไซม์โปรตีนเอส สภาวะที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายแคโรทีโนโปรตีนโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ คือ ความเข้มข้น 1.5 นอร์มอล อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง สำหรับสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายโดยเอนไซม์อัลคาเลส นิวเทรส และปาเปน คือ พีเอช 8.0 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง พีเอช 7.0 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1.5 ชั่วโมง และพีเอช 6.0 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1.5 ชั่วโมง ตามลำดับ การสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ปริมาณผลผลิตและปริมาณแคโรทีนอยด์สูงกว่าการสกัดด้วยเอนไซม์ เมื่อเปรียบเทียบการตกตะกอนแคโรทีโนโปรตีนไฮโดรไลสด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต และการปรับพีเอชด้วยกรดไฮโดรคลอริก พบว่าการใช้แอมโมเนียมซัลเฟตที่ระดับความอิ่มตัวร้อยละ 45 ให้ปริมาณผลผลิตสูงกว่าการปรับพีเอช แต่แคโรทีโนโปรตีนที่ได้มีสีเหลืองและมีแคโรทีนอยด์ต่ำกว่า เมื่อพิจารณาผลของพีเอชต่อการตกตะกอนแคโรทีโนโปรตีน พบว่า แคโรทีโนโปรตีนที่ตกตะกอนโดยการปรับพีเอชให้เท่ากับ 7.0 ให้ค่าสีแดง (ค่าa) สูงสุด และมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 465 นาโนเมตร รวมทั้งมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงสุด (233 ไมโครกรัม/กรัม) แคโรทีโนโปรตีนที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และตกตะกอนโดยการปรับพีเอชให้เท่ากับ 7.0 ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 80.6 เถ้าร้อยละ 9.6 ไขมันร้อยละ 6.2 และ ปริมาณแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 165.45 ไมโครกรัมต่อกรัม และมีสีเหลืองแดง โดยมีค่า L a และ b เท่ากับ 34.12 , 22.21 และ 13.87 ตามลำดับ ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่ให้กลิ่น รสสูง ได้แก่ กรดกลูตามิก และกรดแอสพาร์ติก เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของ

แคโรทีนอยด์ โดยใช้ TLC พบว่าแคโรทีโนโปรตีนที่สกัดและตกตะกอนด้วยวิธีต่างๆ ประกอบด้วย แอสตาแซนทินเป็นรงควัตถุหลัก แคโรทีโนโปรตีนที่ตกตะกอนโดยการปรับพีเอชให้มีค่า เท่ากับ 3.0 มีการละลาย ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน ความคงตัวของอิมัลชัน ความสามารถในการเกิด ฟอง และความคงตัวของฟองสูงกว่าแคโรทีโนโปรตีนที่ตกตะกอนโดยการปรับพีเอชอื่นๆ โดยทั่วไป สมบัติเหล่านี้ของแคโรทีโนโปรตีนสูงขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น เมื่อศึกษาความคงตัวของสี ระหว่างการเก็บรักษาแคโรทีโนโปรตีนแห้งที่สภาวะต่างๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า การเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และปิดผนึกแบบสุญญากาศสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีได้ดีกว่าการ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และปิดผนึกแบบธรรมดาตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 สัปดาห์

ขวัญหญิง คุ่มทองกลาง (2546: บทคัดย่อ) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนเข้มข้น จากรำข้าว 3 วิธี ได้แก่ 1) การสกัดโดยใช้สารเคมี (NaOH, HCl) 2) การสกัดโดยใช้เอนไซม์ (Filtrase : BR) โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design : CCD และ 3) เลือก สภาวะการสกัดที่ดีที่สุดของแต่ละวิธีมาใช้ร่วมกันทำการสกัดโดยใช้เอนไซม์ก่อนจากนั้นตามด้วย การสกัดโดยใช้สารเคมี จากการศึกษาพบว่า 1) สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโดยวิธีการใช้ สารเคมี คือ ที่ pH 11 ระยะเวลาในการสกัด 45 นาที ได้ปริมาณ โปรตีน 73.03% และปริมาณผลผลิต 12.20% 2) สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโดยวิธีการใช้เอนไซม์คือ ปริมาณเอนไซม์ 0.5% ระยะเวลา ในการสกัด 40 นาที ได้ปริมาณ โปรตีน 69.16% และปริมาณผลผลิต 8.06% 3) เมื่อสกัดโปรตีนจากรำ ข้าวโดยวิธีการร่วมกันระหว่างวิธีการใช้เอนไซม์และวิธีการใช้สารเคมี ได้ปริมาณ โปรตีน 73.59% และปริมาณผลผลิต 10.15% 4) โปรตีนเข้มข้นที่สกัดได้จากทั้ง 3 วิธี มีค่าการละลายต่ำที่สุดที่ pH 4 ที่ pH ที่มีค่าต่ำและสูงกว่า 4 ความสามารถในการละลายได้เพิ่มมากขึ้น ที่ช่วง pH 6-12 วิธีการสกัดโดย การใช้เอนไซม์ และวิธีการร่วมกัน มีค่าการละลายได้ไม่แตกต่างกัน แต่มีค่าสูงกว่าวิธีการสกัดโดย วิธีการใช้สารเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) 5) สมบัติด้านกำลังการเกิดฟองของโปรตีน เข้มข้นที่สกัดจากทั้ง 3 วิธี ให้ค่ากำลังการเกิดฟองต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับ Egg White Albumin (520%) ค่ากำลังการเกิดฟองของโปรตีนที่สกัดโดยใช้เอนไซม์มีค่าสูงเท่ากับการ สกัดโดยวิธีร่วมกันซึ่งมีค่า 174% การสกัดโดยใช้สารเคมีมีค่า 66% 6) สมบัติด้านกำลังการเกิด อิมัลชันของโปรตีนเข้มข้นที่สกัดได้จากทั้ง 3 วิธี ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับ Bovine Serum Albumin (49.20%) โดยที่การสกัดโดยใช้เอนไซม์ให้ค่าสูงสุด รองลงมาคือวิธีการ ร่วมกัน และวิธีการใช้สารเคมีให้ค่าต่ำสุด คือ 48.84, 48.49 และ 47.61% ตามลำดับ 7) มวลโมเลกุลของ โปรตีนเข้มข้นที่สกัดได้โดยวิธีการใช้เอนไซม์อยู่ในช่วง 1.34-83.76 kDa โดยพบแถบสีของโปรตีน ทั้งหมด 13 แถบสี ส่วนวิธีการใช้สารเคมีพบว่ามวลโมเลกุลของโปรตีนอยู่ในช่วง 2.87-80.83 kDa และ พบแถบสีของโปรตีนทั้งหมด 10 แถบสี และวิธีการสกัดร่วมกัน พบว่า มวลโมเลกุลของโปรตีนอยู่

ในช่วง 2.94-18.85 kDa และพบแถบสีของโปรตีนทั้งหมด 4 แถบสี 8) โปรตีนเข้มข้นที่สกัดได้โดยวิธีการใช้เอนไซม์ แม้จะให้ปริมาณโปรตีนและผลผลิตน้อยกว่าวิธีการใช้สารเคมีและวิธีการร่วมกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่โปรตีนเข้มข้นที่ได้มีสมบัติทางหน้าที่ในด้านความสามารถในการละลาย กำลังการเกิดฟองและกำลังการเกิดอิมัลชันที่ดีกว่า

บัญญัติ บรรจงเสนาะ (2532: บทคัดย่อ) ศึกษาการประยุกต์ใช้เอนไซม์ในการสกัดน้ำผลไม้จากการทดลองสกัดน้ำผลไม้ 5 ชนิด คือ องุ่นแดง มะละกอ กัลย ะมุด และขนุน โดยใช้ Pectinex 3XL พบว่า ต้องการสภาวะที่เหมาะสมที่แตกต่างกัน คือ 1) ปริมาณเอนไซม์ 0.02% w/w ผสมกับเนื้อองุ่นแดงบดที่มี pH ประมาณ 4.00 บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที 2) ปริมาณเอนไซม์ 0.03% w/w ผสมกับเนื้อมะละกอ ที่มี pH ประมาณ 4.00 บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที 3) ปริมาณเอนไซม์ 0.025% w/w ผสมกับเนื้อกล้วยบดที่มี pH ประมาณ 3.00 บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที 4) ปริมาณเอนไซม์ 0.0125% w/w ผสมกับเนื้อละมุดบดที่มี pH ประมาณ 4.00 บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที 5) ปริมาณเอนไซม์ 0.06% w/w ผสมกับเนื้อขนุนบดที่มี pH ประมาณ 4.00 บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที และเมื่อใช้สภาวะดังกล่าวจะได้ผลผลิตน้ำผลไม้ เพิ่มขึ้น 12, 26, 49, 6 และ 24% w/w ตามลำดับ ในการนำน้ำกล้วยและน้ำละมุดที่สกัดได้มาทำให้เข้มข้นเพื่อเจือจางสำหรับดื่มผสมในเค้กหรือใช้ราดหน้าไอศกรีม ปรากฏว่าให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับในระดับชอบเล็กน้อย ชอบปานกลาง และเมื่อวิเคราะห์สมบัติทางด้านกายภาพ จุลินทรีย์ และการยอมรับในช่วงการเก็บ 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง 30-35 องศาเซลเซียส พบว่า น้ำกล้วยและน้ำละมุดเข้มข้นมีสมบัติด้านกายภาพปริมาณจุลินทรีย์ และการยอมรับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตลอดระยะเวลาดังกล่าว

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและความเป็นไปได้ในการวิจัย สามารถนำมากำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย ดังนี้ ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ขนาดอนุภาคสบู่ดำ 0.5-0.7 มิลลิเมตร, 0.7-1 มิลลิเมตร, 1-1.4 มิลลิเมตร, 1.4-2.4 มิลลิเมตร และใหญ่กว่า 2.4 มิลลิเมตร (พิจารณาจากความสามารถของเครื่องบดและตะแกรงร่อนที่ใช้ อยู่ในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี) อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลาย คือ 1:4 , 1:6 , 1:8 เนื่องจากงานวิจัยของแอนนา สายมณีรัตน์ และคณะ (2547) และนิชรรัตน์ มะลิมาศ (2550) ระบุว่าที่อัตราส่วน 1:8 สามารถสกัดน้ำมันได้ดีที่สุด ตัวทำละลายที่ใช้ คือ นอร์มัลเฮกเซนและปีโตรเลียมอีเทอร์ เนื่องจากเป็นตัวทำละลายที่นิยมใช้และสามารถสกัดน้ำมันได้มาก ตัวแปรตาม ได้แก่ ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด (ร้อยละ) และตัวแปรควบคุม คือ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เนื่องจากใกล้เคียงอุณหภูมิห้อง ทำให้ไม่ต้องเปลืองพลังงานมาก และระยะเวลาในการสกัด 3 ชั่วโมง เนื่องจากหลังจากเวลานี้ปริมาณน้ำมันที่ได้จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (แอนนา สายมณีรัตน์ และคณะ, 2547)

บทที่ 3

วิธีการศึกษาวิจัย

3.1 วิธีการศึกษาวิจัย

การศึกษากการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลายนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 การสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย

ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี โดยนำน้ำมันที่ได้จากการสกัดไปชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณหาร้อยละของปริมาณน้ำมัน โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำมันหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ(กรัม)}} \times 100$$

จากนั้นนำค่าร้อยละที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันด้วยโปรแกรม SPSS

3.1.2 การคิดต้นทุนในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย

ทำการคำนวณผลรวมของ ค่าวัตถุดิบ ค่าสารเคมี และค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการคำนวณ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสกัดน้ำมัน

การสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

3.2.1 เครื่องปั่นน้ำผลไม้ ขนาด 500 วัตต์ ยี่ห้อ OTTO BE-120

- 3.2.2 เครื่องคัดขนาด ยี่ห้อ Retsch
- 3.2.3 ตะแกรงร่อน (Sieve) ยี่ห้อ Retsch เบอร์ 8 และยี่ห้อ Gilson เบอร์ 14 , 18 และ 25
- 3.2.4 ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 3.2.5 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ OHAUS
- 3.2.6 เครื่องเขย่า (Shaker) ขนาด 1300 วัตต์ ยี่ห้อ SUNYO
- 3.2.7 กรวยกรอง
- 3.2.8 กระดาษกรอง ยี่ห้อ Macherey-Nagel (MN 615) (เทียบเท่า Whatman เบอร์ 1)
- 3.2.9 เครื่องกลั่นแบบโรตารี ประกอบด้วย ป้อนน้ำยี่ห้อ ABM ขนาด 1200 วัตต์ หม้อต้มน้ำยี่ห้อ EYELA ขนาด 1100 วัตต์ และเครื่องหล่อเย็นยี่ห้อ Lauda ขนาด 3000 วัตต์
- 3.2.10 กระบอกตวง ขนาด 50 และ 25 มิลลิลิตร
- 3.2.11 บีกเกอร์ ขนาด 50 และ 250 มิลลิลิตร
- 3.2.12 ซ้อนดักสาร
- 3.2.13 กระดาษฟอยล์ (Foil)
- 3.2.14 คู่อบ ขนาด 2000 วัตต์ ยี่ห้อ Memmert
- 3.2.15 โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.3 สารเคมีและวัตถุดิบที่ใช้ในการสกัดน้ำมัน

สารเคมีที่ใช้ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสนุ่นดำด้วยตัวทำละลาย ประกอบด้วย

- 3.3.1 นอร์มัลเฮกเซน (n-Hexane) จุดเดือด 68 องศาเซลเซียส ยี่ห้อ JT Baker
- 3.3.2 ปีโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) จุดเดือด 60-80 องศาเซลเซียส ยี่ห้อ Lab-Scan ของบริษัท Labscan Asia Co., Ltd.
- 3.3.3 เมล็ดสนุ่นดำ ซึ่งนำมาจากจังหวัดเชียงใหม่

3.4 แผนการทดลอง

ในการสกัดน้ำมันมีการวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Arrangement)

5 x 2 x 3 (3 ซ้ำ) คือ

3.4.1 ขนาดอนุภาคสบูดำ

ใช้ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบูดำที่ผ่านการบดแล้ว 5 ขนาด ได้แก่ 0.5-0.7, 0.7-1, 1-1.4, 1.4-2.4 และ ใหญ่กว่า 2.4 (มิลลิเมตร)

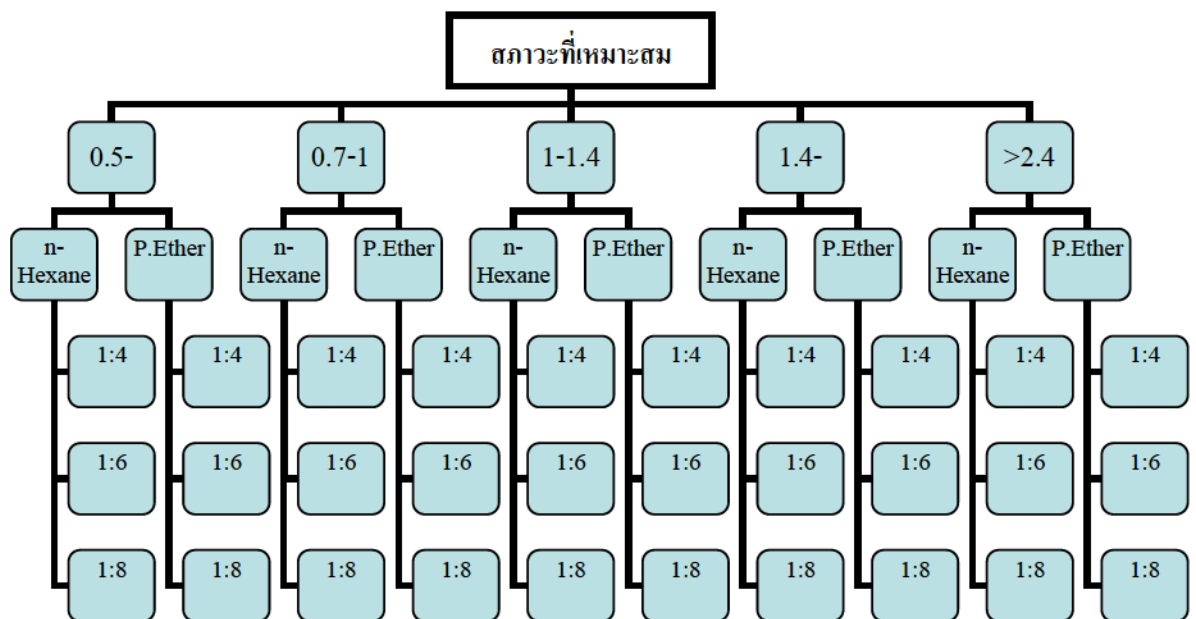
3.4.2 ตัวทำละลาย

ใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ นอร์มัลเฮกเซน และ ปีโตรเลียมอีเทอร์

3.4.3 อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบูดำต่อตัวทำละลาย

ใช้อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบูดำต่อตัวทำละลาย 3 อัตราส่วน ได้แก่ 1:4, 1:6 และ 1:8 (กรัม/มิลลิลิตร)

แผนการทดลองดังกล่าวประกอบด้วย 30 ชุดการทดลอง (Treatment) ทดลองชุดละ 3 ซ้ำ รวมทั้งสิ้น 90 ชุดการทดลอง โดยมีแผนภาพการทดลองดังนี้



ภาพที่ 3.1 แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Arrangement) 5 x 2 x 3

3.5 ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย ประกอบด้วยขั้นตอนการทดลองดังนี้

3.5.1 กระเพาะเปลือกเมล็ดสบู่ดำออกให้เหลือแต่เนื้อในเมล็ดสีขาว(Kernel)



(ก) เมล็ดสบู่ดำมีเปลือกหุ้ม (ข) เนื้อในเมล็ดสบู่ดำ

ภาพที่ 3.2 เมล็ดสบู่ดำ

3.5.2 บดเนื้อในเมล็ดสบู่ดำให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ (Blender)



ภาพที่ 3.3 การบดเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้

3.5.3 ใช้ตะแกรงร่อน (Sieve) ในการคัดขนาดเนื้อในเมล็ดสับดำให้ได้ขนาดตามต้องการ



ภาพที่ 3.4 การคัดขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสับดำโดยใช้ตะแกรงร่อน



(ก) ขนาด 0.5-0.7 มิลลิเมตร



(ข) ขนาด 0.7-1 มิลลิเมตร



(ค) ขนาด 1-1.4 มิลลิเมตร



(ง) ขนาด 1.4-2.4 มิลลิเมตร



(จ) ขนาดใหญ่กว่า 2.4 มิลลิเมตร

ภาพที่ 3.5 อนุภาคเนื้อในเมล็ดสับดำขนาดต่างๆที่ผ่านการคัดขนาดด้วยตะแกรงร่อนแล้ว

3.5.4 ชั่งเนื้อในเมล็ดสับดำ 16 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.5.5 เติมตัวทำละลายตามชนิดและอัตราส่วนที่กำหนด



ภาพที่ 3.6 อุปกรณ์การตรวจวัดปริมาณตัวทำละลาย



ภาพที่ 3.7 สารเคมีที่ใช้เป็นตัวทำละลาย

3.5.6 เขย่าด้วยเครื่องเขย่า (Shaker) ที่ความเร็วรอบ 200 รอบ/นาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 3.8 การเขย่าด้วยเครื่องเขย่า (Shaker)

3.5.7 กรองด้วยกระดาษกรอง



ภาพที่ 3.9 การกรองเนื้อในเมล็ดสับดูดำออกจากสารละลายด้วยกระดาษกรอง



ภาพที่ 3.10 สารละลายที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองแล้ว

3.5.8 นำสารละลายที่ผ่านการกรองแล้วไปกลั่นแยกตัวทำละลายออกจากน้ำมันด้วยเครื่องกลั่นแบบโรตารี



ภาพที่ 3.11 การกลั่นด้วยเครื่องกลั่นแบบโรตารี

3.5.9 นำน้ำมันที่ได้จากการกลั่นไปอบที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อระเหยตัวทำละลายที่อาจยังหลงเหลืออยู่ออกให้หมด



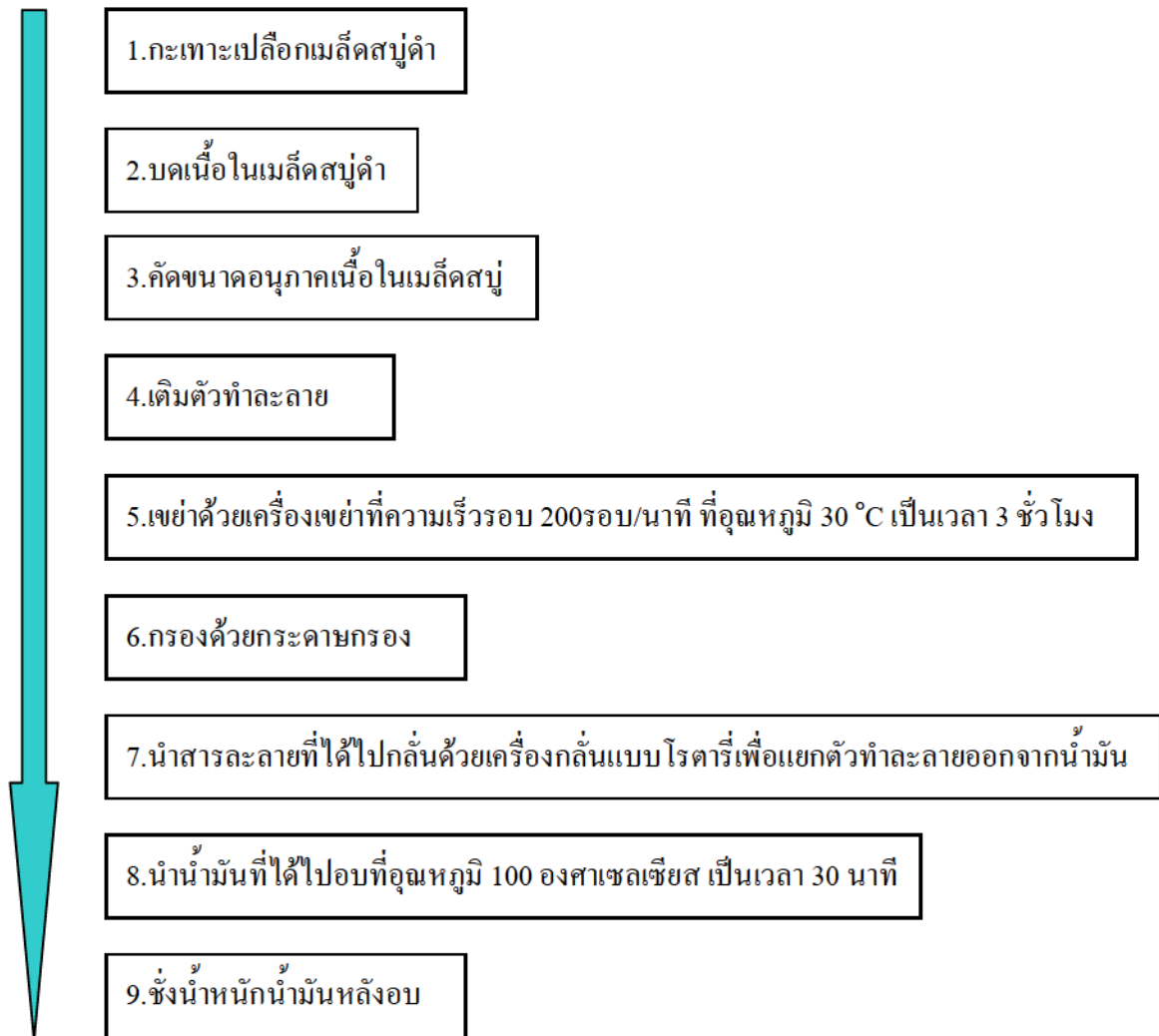
ภาพที่ 3.12 การอบด้วยตู้อบเพื่อระเหยตัวทำละลายที่ยังคงค้างอยู่ออก

3.5.10 ชั่งน้ำหนักน้ำมันหลังอบและจดบันทึกไว้



ภาพที่ 3.13 เครื่องชั่งทศนิยมสองตำแหน่งและน้ำมันสบู่ดำที่ได้จากการสกัด

3.6 สรุปขั้นตอนการทดลอง



ภาพที่ 3.14 แผนภาพสรุปขั้นตอนการทดลอง

3.7 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมัน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันด้วยสถิติ DUNCAN (Duncan's Multiple Range Test)

บทที่ 4

ผลการศึกษาวิจัย

4.1 ผลการทดลองสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย

จากการทดลองสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย ณ ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) จังหวัดนครนายก ปรากฏผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

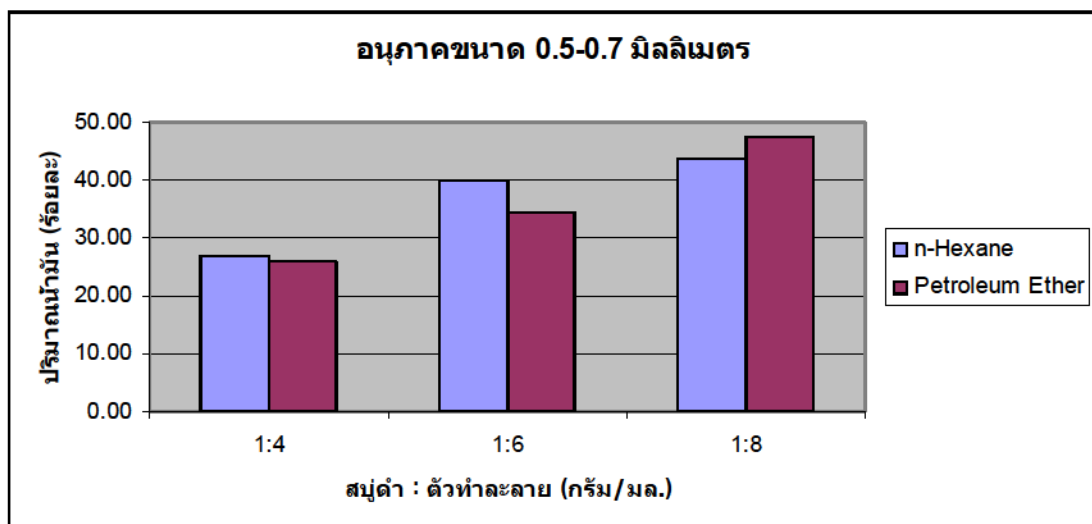
ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดน้ำมันในสถานะต่างๆกัน

ขนาดอนุภาค เนื้อในเมล็ดสบู่ดำ (มิลลิเมตร)	ตัวทำละลาย	ปริมาณน้ำมันที่ได้ (ร้อยละ)		
		สบู่ดำ : ตัวทำละลาย (กรัม/มิลลิลิตร)		
		1:4	1:6	1:8
0.5-0.7	นอร์มัลเฮกเซน	27.02	40.04	43.79
	ปิโตรเลียมอีเทอร์	25.96	34.31	47.44
0.7-1	นอร์มัลเฮกเซน	29.40	40.04	43.08
	ปิโตรเลียมอีเทอร์	25.04	40.08	44.90
1-1.4	นอร์มัลเฮกเซน	25.58	36.38	38.79
	ปิโตรเลียมอีเทอร์	25.90	33.69	38.56
1.4-2.4	นอร์มัลเฮกเซน	28.50	31.42	34.92
	ปิโตรเลียมอีเทอร์	23.44	30.88	35.33
> 2.4	นอร์มัลเฮกเซน	17.83	17.02	16.69
	ปิโตรเลียมอีเทอร์	17.52	20.96	21.79

จากตารางที่ 4.1 นำค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดในสภาวะต่าง ๆ กัน มาเปรียบเทียบปริมาณน้ำมัน โดยแสดงด้วยกราฟแท่งดังนี้

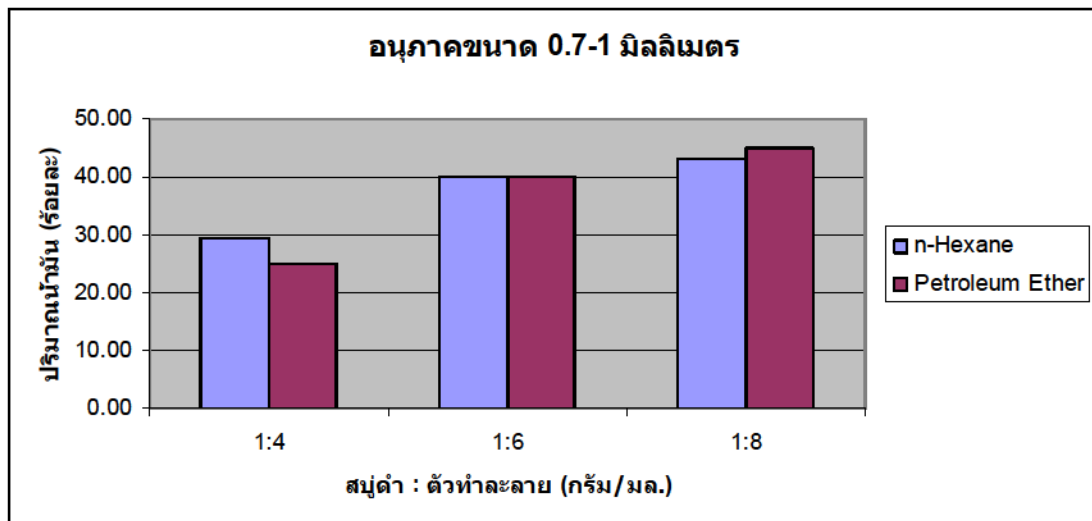
4.1.1 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด โดยใช้ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ 5 ขนาด ในสภาวะที่มีตัวทำละลายและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายแตกต่างกัน

4.1.1.1 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด โดยใช้ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ 0.5-0.7 มิลลิเมตร โดยมีตัวทำละลายและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายแตกต่างกัน



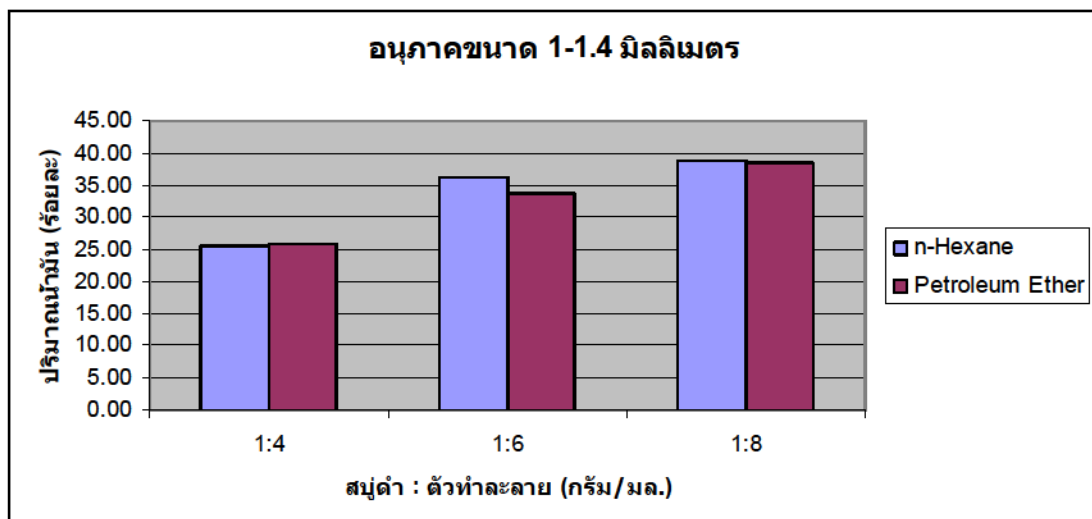
ภาพที่ 4.1 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด โดยใช้ขนาดอนุภาคขนาด 0.5-0.7 มิลลิเมตร โดยใช้ตัวทำละลายและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายแตกต่างกัน

4.1.1.2 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด โดยใช้ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ 0.7-1 มิลลิเมตร โดยมีตัวทำละลายและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายแตกต่างกัน



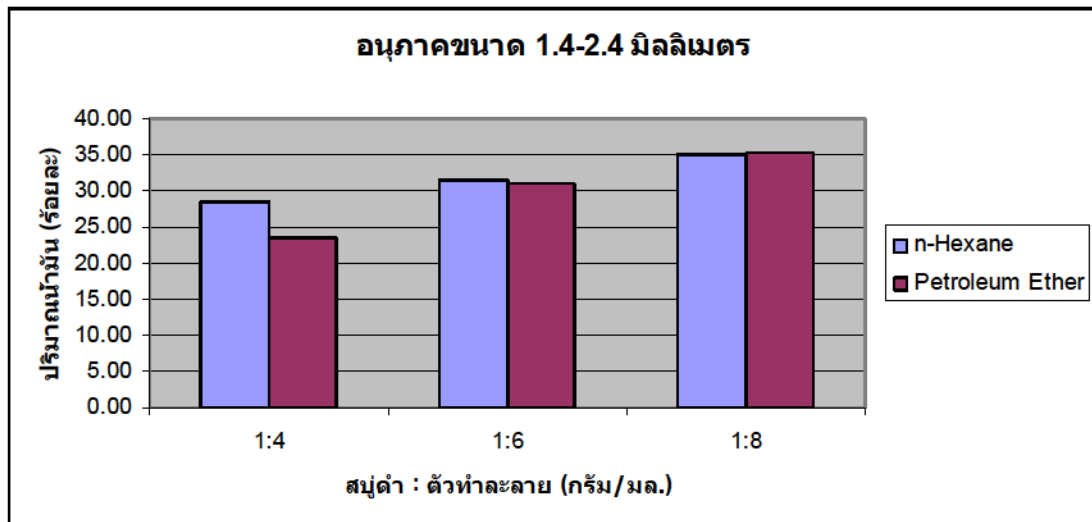
ภาพที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อุณหภูมิ 0.7-1 มิลลิเมตร โดยใช้ตัวทำละลายและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่แตกต่างกัน

4.1.1.3 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด โดยใช้ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ 1-1.4 มิลลิเมตร โดยมีตัวทำละลายและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายแตกต่างกัน



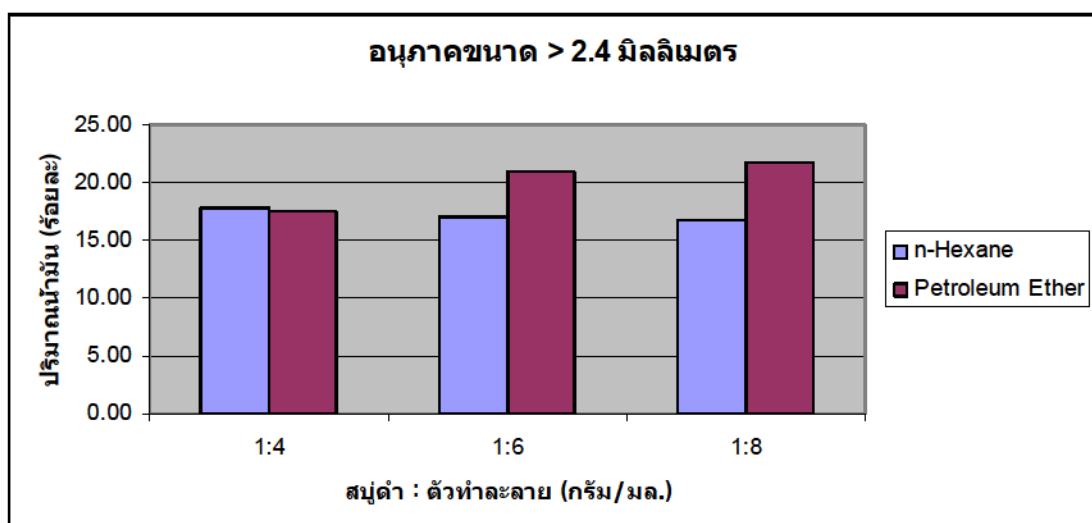
ภาพที่ 4.3 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อุณหภูมิ 1-1.4 มิลลิเมตร โดยใช้ตัวทำละลายและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่แตกต่างกัน

4.1.1.4 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด โดยใช้ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ 1.4-2.4 มิลลิเมตร โดยมีตัวทำละลายและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.4 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อนุภาคขนาด 1.4-2.4 มิลลิเมตร โดยใช้ตัวทำละลายและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่แตกต่างกัน

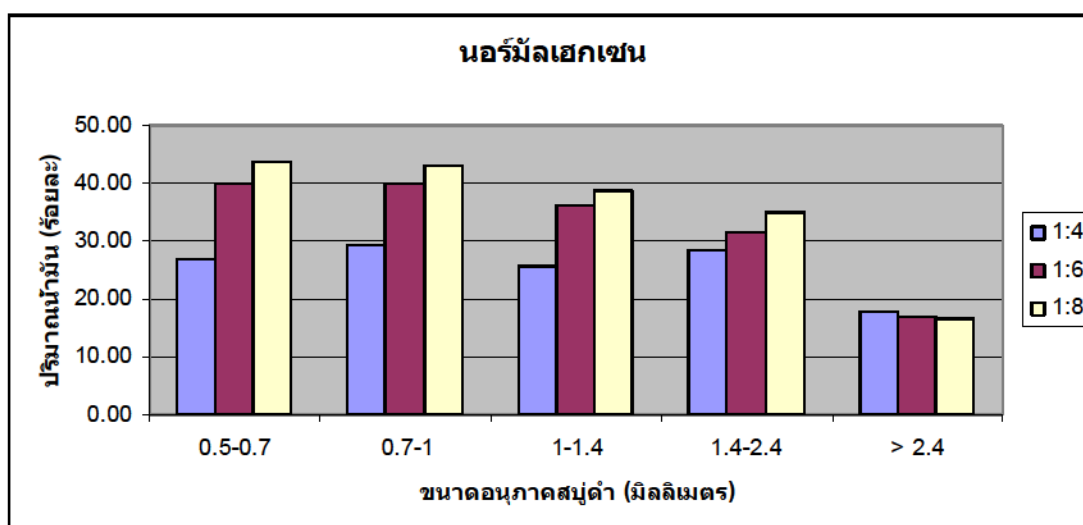
4.1.1.5 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำใหญ่กว่า 2.4 มิลลิเมตร โดยมีตัวทำละลายและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.5 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อนุภาคขนาดใหญ่กว่า 2.4 มิลลิเมตร โดยใช้ตัวทำละลายและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่แตกต่างกัน

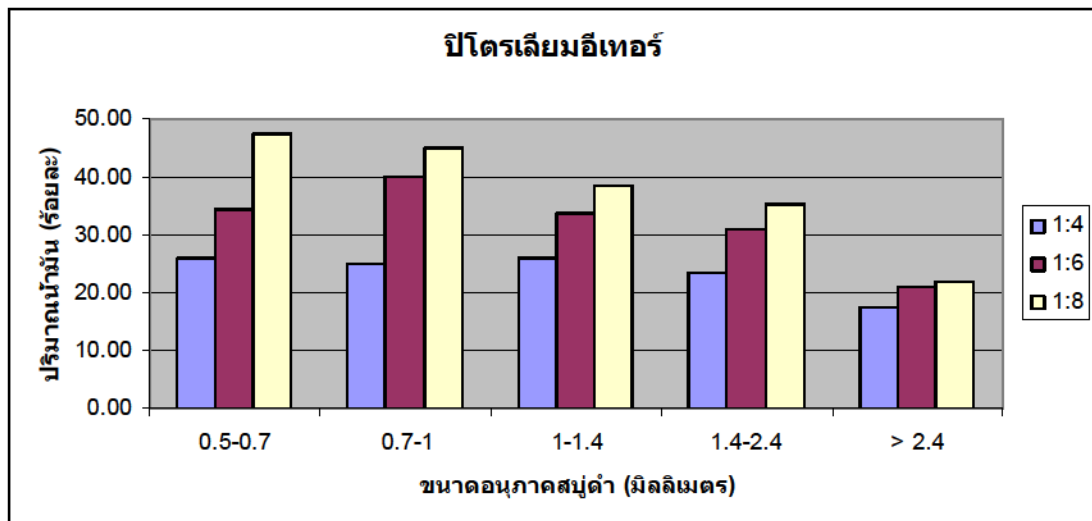
4.1.2 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ในสถานะที่มีขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายแตกต่างกัน

4.1.2.1 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้นอร์มัลเฮกเซนเป็นตัวทำละลาย โดยมีขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.6 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้นอร์มัลเฮกเซนเป็นตัวทำละลาย โดยใช้ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่แตกต่างกัน

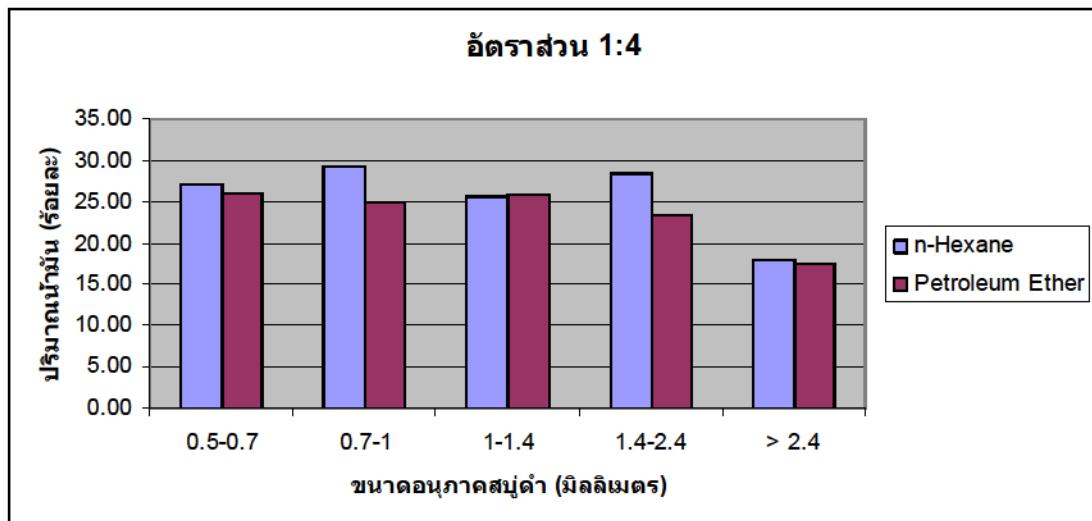
4.1.2.2 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลาย โดยมีขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.7 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลาย โดยใช้ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสับดำและอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสับดำต่อตัวทำละลายที่แตกต่างกัน

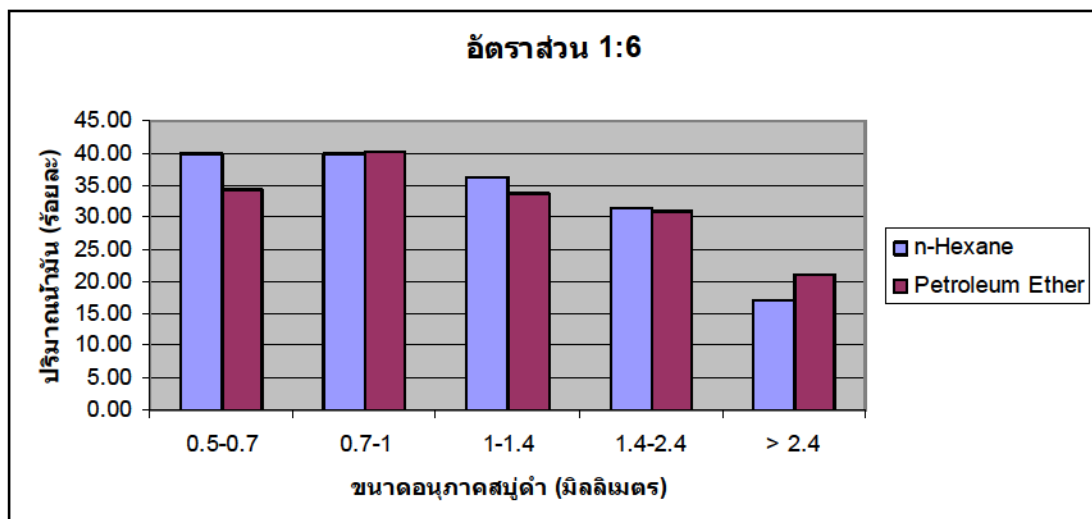
4.13 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสับดำต่อตัวทำละลาย 3 อัตราส่วน ในสถานะที่มีขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสับดำและตัวทำละลายแตกต่างกัน

4.13.1 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด โดยใช้อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสับดำต่อตัวทำละลาย 1:4 (กรัม/มิลลิลิตร) ในสถานะที่มีขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสับดำและตัวทำละลายแตกต่างกัน



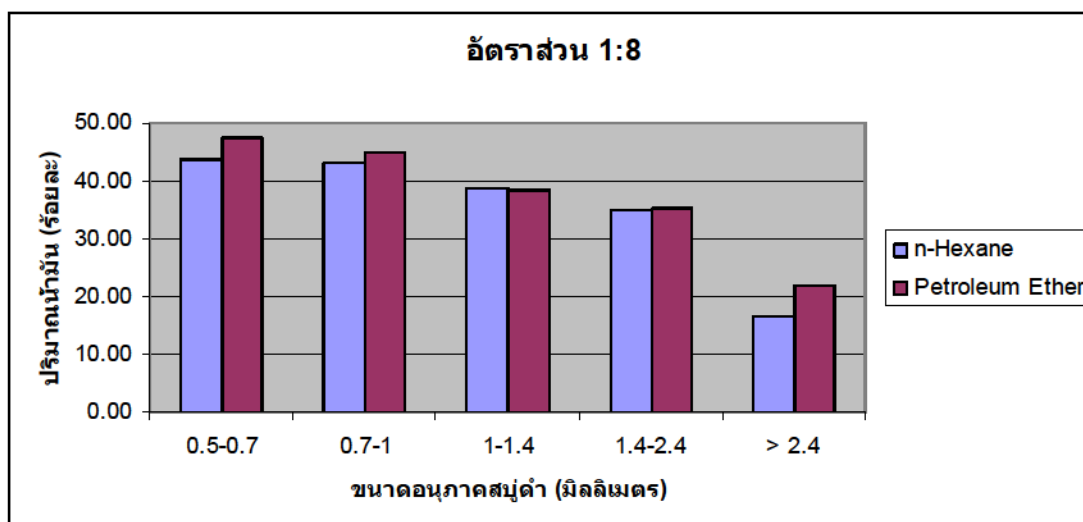
ภาพที่ 4.8 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อัตราส่วนสมุนไพรต่อตัวทำละลาย 1:4 (กรัม/มิลลิลิตร) โดยใช้ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสมุนไพรและตัวทำละลายแตกต่างกัน

4.1.3.2 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด โดยใช้อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสมุนไพรต่อตัวทำละลาย 1:6 (กรัม/มิลลิลิตร) ในสถานะที่มีขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสมุนไพรและตัวทำละลายแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.9 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อัตราส่วนสมุนไพรต่อตัวทำละลาย 1:6 (กรัม/มิลลิลิตร) โดยใช้ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสมุนไพรและตัวทำละลายแตกต่างกัน

4.1.3.3 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด โดยใช้อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 1:8 (กรัม/มิลลิลิตร) ในสถานะที่มีขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำและตัวทำละลายแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.10 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อัตราส่วนสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 1:8 (กรัม/มิลลิลิตร) โดยใช้ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำและตัวทำละลายแตกต่างกัน

จากภาพที่ 4.1-4.10 สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อใช้ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ ตัวทำละลาย และอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายแตกต่างกันในการสกัดจะให้ปริมาณน้ำมันแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ว่า การใช้ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ ตัวทำละลาย และอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายแตกต่างกันทำให้ได้ปริมาณน้ำมันแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ยิ่งอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำมีขนาดเล็กลงก็ยิ่งทำให้ได้ปริมาณน้ำมันมากขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณตัวทำละลายก็ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันเพิ่มมากขึ้นด้วย ยกเว้นอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 2.4 มิลลิเมตร ที่มีแนวโน้มแตกต่างจากขนาดอื่นๆ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า อนุภาคใหญ่กว่า 2.4 มิลลิเมตร ไม่มีช่วงที่แน่นอนเหมือนกับอนุภาคขนาดอื่น ทั้งนี้ อนุภาคขนาดใหญ่กว่า 2.4 มิลลิเมตร อาจหมายถึงขนาดใหญ่มากกว่า 2.4 มิลลิเมตร เพียงเล็กน้อยหรือใหญ่กว่ามากก็ได้ (ดังภาพที่ 3.5) อนุภาคขนาดนี้จึงมีความแตกต่างและคละขนาดกันมาก และมีผลทำให้ได้ปริมาณน้ำมันจากการสกัดน้อยกว่าชุดการทดลองอื่น ซึ่งตามหลักการสกัดด้วยตัวทำละลายแล้ว อนุภาคที่เล็กกว่าจะสกัดน้ำมันได้มากกว่า เพราะมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่า แต่สำหรับอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 2.4 มิลลิเมตร ไม่เป็นไปตามหลักการนี้ ก็เนื่องมาจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมัน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันด้วยสถิติ DUNCAN (Duncan's Multiple Range Test) เพื่อดูความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

4.2.1 วิเคราะห์หาขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสับดูดำที่สกัดน้ำมันได้มากที่สุด โดยคิดจากค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันที่ได้จากทุกตัวทำละลายและทุกอัตราส่วน

4.2.2 วิเคราะห์หาตัวทำละลายที่สามารถสกัดน้ำมันได้มากที่สุด โดยคิดจากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันที่ได้จากขนาดอนุภาคที่สกัดน้ำมันได้มากที่สุดและจากทุกอัตราส่วน

4.2.3 วิเคราะห์หาอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสับดูดำต่อตัวทำละลายที่สกัดน้ำมันได้มากที่สุด โดยคิดจากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันที่ได้จากขนาดอนุภาคและตัวทำละลายที่สกัดน้ำมันได้มากที่สุด

4.2.1 การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสับดูดำ

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสับดูดำที่สกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุด โดยคิดจากค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันที่ได้จากทุกตัวทำละลายและทุกอัตราส่วน

ขนาดอนุภาค (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำมันเฉลี่ย (ร้อยละ)
0.5-0.7	36.43 ^(a)
0.7-1	37.09 ^{(b) (a)}
1-1.4	33.15 ^{(c) (b)}
1.4-2.4	30.74 ^{(d) (c)}
> 2.4	18.64 ^(e)

หมายเหตุ: มีตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 4.2 พบว่าขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสบู่ดำที่สกัดน้ำมัน ได้มากที่สุด คือ 0.7-1 มิลลิเมตร โดยที่อนุภาคขนาด 0.5-1.4 มิลลิเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งในการบดแต่ละครั้งจะพบอนุภาคขนาด 0.7-1.4 มิลลิเมตร เป็นส่วนใหญ่ โดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์เป็นไปตามหลักการของการสกัดด้วยตัวทำละลายที่ว่าอนุภาคยังมีขนาดเล็กก็ยิ่งสกัดน้ำมันได้มากเนื่องจากอนุภาคขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับตัวทำละลายได้มากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ (คณิตา ตังคณานุรักษ์, 2543) แต่ในกรณีนี้อนุภาคขนาด 0.5-0.7 สกัดน้ำมันได้น้อยกว่าอนุภาคขนาด 0.7-1 มิลลิเมตรเล็กน้อย ซึ่งก็เนื่องมาจากการบดเมล็ดสบู่ดำให้มีอนุภาคขนาดเล็กมากจนน้ำมันในเมล็ดมีโอกาสซึมออกมาได้มาก จึงทำให้มีการสูญเสียน้ำมันในขั้นตอนของการบดมาก

4.2.2 การวิเคราะห์ตัวทำละลาย

เนื่องจากอนุภาคขนาด 0.5-0.7 , 0.7-1 และ 1-1.4 มิลลิเมตร ให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงนำค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากอนุภาคทั้งสามขนาดมาคำนวณหาตัวทำละลายที่สกัดน้ำมันได้มากที่สุด ปรากฏผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ตัวทำละลายโดยคิดจากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันที่ได้จากขนาดอนุภาคที่สกัดน้ำมันได้มากที่สุดและจากทุกอัตราส่วน

ขนาดอนุภาค (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละ)	
	นอร์มัลเฮกเซน	ปิโตรเลียมอีเทอร์
0.5-0.7	36.95	35.90
0.7-1	37.51	36.67
1-1.4	33.58	32.72
ปริมาณน้ำมันเฉลี่ย	36.01 ^{(a) (b)}	35.10 ^{(b) (a)}

หมายเหตุ: มีตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 4.3 พบว่าตัวทำละลายที่สามารถสกัดน้ำมันได้มากที่สุด คือ นอร์มัลเฮกเซน แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปิโตรเลียมอีเทอร์ ซึ่งจากการวิจัยของฉวีรัตน์ มะลิมาศ (2550: 46) ศึกษาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย พบว่าตัวทำละลายทั้งสองชนิดนี้สกัดน้ำมันได้ปริมาณใกล้เคียงกัน โดยที่นอร์มัลเฮกเซนสกัดได้ปริมาณน้ำมันเฉลี่ยร้อยละ 46 และ ปิโตรเลียมอีเทอร์สกัดได้ปริมาณน้ำมันเฉลี่ยร้อยละ 44

4.2.3 การวิเคราะห์อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลาย

เนื่องจากนอร์มัลเฮกเซนและปิโตรเลียมอีเทอร์สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงนำค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายทั้งสองชนิดนี้ มาคำนวณหาอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่สกัดน้ำมันได้มากที่สุด ปรากฏผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายโดยคิดจากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันที่ได้จากขนาดอนุภาคและตัวทำละลายที่สกัดน้ำมันได้มากที่สุด

อัตราส่วนสบู่ดำต่อตัวทำละลาย (ก./มล.)	ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละ)
1:4	26.48 ^(a)
1:6	37.74 ^(b)
1:8	42.80 ^(c)

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 4.4 พบว่าอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุด คือ 1:8 (กรัม/มิลลิลิตร) ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของการสกัดด้วยตัวทำละลายที่ว่ายิ่งใช้ตัวทำละลายมากก็ยิ่งสกัดน้ำมันได้ปริมาณมาก (คณิตา ตั้งคณานุรักษ์, 2543) และสอดคล้องกับงานวิจัยของแอนนา สายมณีรัตน์ (2547) และฉวีรัตน์ มะลิมาศ (2550) ที่ว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนสบู่ดำต่อตัวทำละลายจาก 1:6 เป็น 1:8 (กรัม/มิลลิลิตร) ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น

4.3 การคำนวณและเปรียบเทียบต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ ด้วยตัวทำละลาย

ในการคำนวณและเปรียบเทียบต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย แสดงวิธีการคำนวณไว้ 2 วิธี ดังนี้

4.3.1 การคำนวณและเปรียบเทียบต้นทุนการสกัดต่อปริมาณน้ำมัน 1 ลิตร

การคำนวณต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ มีสูตรการคำนวณ คือ
 ต้นทุนการสกัด = ค่าวัตถุดิบ + ค่าสารเคมี + ค่าไฟฟ้า

4.3.1.1 เงื่อนไขในการคำนวณ

- 1) เป็นการคำนวณต้นทุนการสกัดในระดับห้องปฏิบัติการ
- 2) ในการสกัดน้ำมันใช้เนื้อในเมล็ดสบู่ดำตัวอย่างละ 16 กรัม
- 3) เนื่องจากในขั้นตอนการกลั่นสามารถเรียกคืนตัวทำละลายได้ประมาณ 80% จึงคำนวณเฉพาะปริมาณตัวทำละลายที่สูญเสียไป คือ 20% เท่านั้น
- 4) การบดเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ ใช้เครื่องปั่นน้ำผลไม้ ขนาด 500 วัตต์ กินไฟ ชั่วโมงละ 0.5 หน่วย ใช้เวลาบดเฉลี่ยตัวอย่างละ 10 วินาที
- 5) การสกัดน้ำมันสบู่ดำ ใช้เครื่องเขย่า ขนาด 1,300 วัตต์ กินไฟ ชั่วโมงละ 1.3 หน่วย ใช้เวลาสกัดชุดการทดลองละ 3 ชั่วโมง โดยที่สกัดได้ชุดการทดลองละ 15 ตัวอย่าง
- 6) การกลั่นแยกตัวทำละลายออกจากน้ำมันสบู่ดำ ใช้เครื่องกลั่นแบบโรตารี ขนาด 1,520 วัตต์ กินไฟ ชั่วโมงละ 1.52 หน่วย ใช้เวลาสกัดเฉลี่ยตัวอย่างละ 5 นาที
- 7) การอบน้ำมันสบู่ดำ ใช้เครื่องอบ ขนาด 2,000 วัตต์ กินไฟ ชั่วโมงละ 2 หน่วย ใช้เวลาอบ 30 นาที อบครั้งละ 15 ตัวอย่าง
- 8) สำหรับการคำนวณค่าไฟฟ้าเป็นค่าไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการบดเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ ขั้นตอนการสกัดน้ำมัน ขั้นตอนการกลั่นแยกตัวทำละลาย และขั้นตอนการอบน้ำมัน
- 9) การคิดอัตราค่าไฟฟ้าจะใช้อัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค หน่วยละ 2.7 บาท
- 10) การคิดราคาสบู่ดำ ใช้ราคาตามท้องตลาด กิโลกรัมละ 4 บาท (นิชรัตน์ มะลิมาศ, 2550: 80)
- 11) นอร์มัลเฮกเซน ราคาลิตรละ 600 บาท
- 12) ปีโตรเลียมอีเทอร์ ราคาลิตรละ 824 บาท

13) เนื่องจากค่าใช้จ่ายอื่นๆในการสกัดแต่ละสภาวะมีค่าใกล้เคียงกัน จึงไม่นำมาคิดคำนวณ

4.3.1.2 การคำนวณและเปรียบเทียบต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้เฮกซะน (n-Hexane) เป็นตัวทำละลาย ระหว่างการใช้อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 1:4 , 1:6 และ 1:8 เพื่อให้ได้น้ำมันปริมาณ 1 ลิตร

ตารางที่ 4.5 การคำนวณค่าวัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้เฮกซะน (n-Hexane) เป็นตัวทำละลาย

อัตราส่วน	ปริมาณ สบู่ดำที่ใช้ (กิโลกรัม)	รวม ค่าสบู่ดำ (บาท)	ปริมาณ ตัวทำละลาย ที่ใช้ (ลิตร)	ร้อยละ 20 ของปริมาณ ตัวทำละลาย	รวมค่า ตัวทำละลาย (บาท)
1:4	3.29	13.16	13.2	2.6	1,560
1:6	2.25	9	13.5	2.7	1,620
1:8	2.15	8.6	17.2	3.4	2,040

ตารางที่ 4.6 การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการบดเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้เฮกซะน (n-Hexane) เป็นตัวทำละลาย

อัตราส่วน	บด (ครั้ง)	ใช้เวลา (ชั่วโมง)	ใช้ไฟฟ้า (หน่วย)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
1:4	41	0.11	0.06	0.15
1:6	28	0.08	0.04	0.11
1:8	27	0.08	0.04	0.10

ตารางที่ 4.7 การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการเขย่า ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ ด้วยตัวทำละลาย โดยใช้เฮกซะน (n-Hexane) เป็นตัวทำละลาย

อัตราส่วน	เขย่า (ครั้ง)	ใช้เวลา (ชั่วโมง)	ใช้ไฟฟ้า (หน่วย)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
1:4	14	42	54.60	147.42
1:6	10	30	39.00	105.3
1:8	9	27	35.10	94.77

ตารางที่ 4.8 การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการกลั่น ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ ด้วยตัวทำละลาย โดยใช้เฮกซะน (n-Hexane) เป็นตัวทำละลาย

อัตราส่วน	กลั่น (ครั้ง)	ใช้เวลา (ชั่วโมง)	ใช้ไฟฟ้า (หน่วย)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
1:4	206	17.17	26.09	70.45
1:6	141	11.75	17.86	48.22
1:8	135	11.25	17.10	46.17

ตารางที่ 4.9 การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการอบน้ำมัน ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้เฮกซะน (n-Hexane) เป็นตัวทำละลาย

อัตราส่วน	อบ (ครั้ง)	ใช้เวลา (ชั่วโมง)	ใช้ไฟฟ้า (หน่วย)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
1:4	14	7	14	37.8
1:6	10	5	10	27
1:8	9	4.5	9	24.3

4.3.1.3 สรุปต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ นอร์มัลเฮกเซน(*n*-Hexane) เป็นตัวทำละลาย เพื่อให้ได้น้ำมันปริมาณ 1 ลิตร

ตารางที่ 4.10 สรุปต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ นอร์มัลเฮกเซน (*n*-Hexane) เป็นตัวทำละลาย

อัตราส่วน	ค่าสบู่ดำ (บาท)	ค่าตัวทำ ละลาย (บาท)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	รวมทั้งสิ้น (บาท)
1:4	13.16	1,560	255.83	1,828.99
1:6	9	1,620	180.63	1,809.63
1:8	8.6	2,040	165.34	2,213.94

จากตารางสรุปต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ นอร์มัลเฮกเซน (*n*-Hexane) เป็นตัวทำละลาย เปรียบเทียบระหว่างการใช้อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 1:4 , 1:6 และ 1:8 พบว่าอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่ใช้ต้นทุนในการสกัดต่ำที่สุด คือ อัตราส่วน 1:6 (กรัม/มิลลิลิตร) ลิตรละ 1,809.63 บาท ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับอัตราส่วน 1:4 ซึ่งมีต้นทุนการสกัด 1,828.99 บาท

4.3.1.4 การคำนวณและเปรียบเทียบต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย ระหว่างการใช้อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 1:4 , 1:6 และ 1:8 เพื่อให้ได้น้ำมันปริมาณ 1 ลิตร

ตารางที่ 4.11 การคำนวณค่าวัสดุคืบและค่าสารเคมีที่ใช้ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ ด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย

อัตราส่วน	ปริมาณ สบู่ดำที่ใช้ (กิโลกรัม)	รวม ค่าสบู่ดำ (บาท)	ปริมาณตัวทำ ละลายที่ใช้ (ลิตร)	ร้อยละ 20 ของปริมาณ ตัวทำละลาย	รวมค่า ตัวทำละลาย (บาท)
1:4	3.51	14.04	14	2.8	2,307
1:6	2.5	10	15	3	2,472
1:8	2.06	8.24	16.5	3.3	2,719

ตารางที่ 4.12 การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการบดเนื้อในเมล็ดสบู่ดำในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย

อัตราส่วน	บด (ครั้ง)	ใช้เวลา (ชั่วโมง)	ใช้ไฟฟ้า (หน่วย)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
1:4	44	0.12	0.06	0.17
1:6	31	0.09	0.04	0.12
1:8	26	0.07	0.04	0.10

ตารางที่ 4.13 การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการเขย่าในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ ด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย

อัตราส่วน	เขย่า (ครั้ง)	ใช้เวลา (ชั่วโมง)	ใช้ไฟฟ้า (หน่วย)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
1:4	15	45	58.50	157.95
1:6	11	33	42.90	115.83
1:8	9	27	35.10	94.77

ตารางที่ 4.14 การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการกลั่นน้ำมัน ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย

อัตราส่วน	กลั่น (ครั้ง)	ใช้เวลา (ชั่วโมง)	ใช้ไฟฟ้า (หน่วย)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
1:4	220	18.33	27.87	75.24
1:6	157	13.08	19.89	53.69
1:8	129	10.75	16.34	44.12

ตารางที่ 4.15 การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการอบน้ำมัน ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย

อัตราส่วน	อบ (ครั้ง)	ใช้เวลา (ชั่วโมง)	ใช้ไฟฟ้า (หน่วย)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
1:4	15	7.5	15	40.5
1:6	11	5.5	11	29.7
1:8	9	4.5	9	24.3

4.3.1.5 สรุปต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย เพื่อให้ได้น้ำมันปริมาณ 1 ลิตร

ตารางที่ 4.16 สรุปต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย

อัตราส่วน	ค่าสบู่ดำ (บาท)	ค่าตัวทำละลาย (บาท)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	รวมทั้งสิ้น (บาท)
1:4	14.04	2,307	273.86	2,595.10
1:6	10	2,472	199.34	2,681.34
1:8	8.24	2,719	163.29	2,890.73

จากตารางสรุปต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลายโดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย ระหว่างการใช้อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 1:4 , 1:6 และ 1:8 เพื่อให้ได้น้ำมันปริมาณ 1 ลิตร พบว่าอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายที่ใช้ต้นทุนในการสกัดต่ำที่สุด คือ อัตราส่วน 1:4 (กรัม/มิลลิลิตร) ลิตรละ 2,595.10 บาท

4.3.1.6 การเปรียบเทียบต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลายระหว่างการใช้นอร์มัลเฮกเซน (*n*-Hexane) และปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย

ตารางที่ 4.17 เปรียบเทียบต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำระหว่างการใช้นอร์มัลเฮกเซน (*n*-Hexane) และปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย

อัตราส่วน	ต้นทุนการสกัด (บาท)	
	นอร์มัลเฮกเซน	ปิโตรเลียมอีเทอร์
1:4	1,828.99	2,595.10
1:6	1,809.63	2,681.34
1:8	2,213.94	2,890.73
เฉลี่ย	1,950.85	2,722.39

จากตารางเปรียบเทียบต้นทุนในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลายเพื่อให้ได้น้ำมันปริมาณ 1 ลิตร ระหว่างการใช้นอร์มัลเฮกเซน(*n*-Hexane) และปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย พบว่านอร์มัลเฮกเซนมีต้นทุนการสกัดเฉลี่ยต่ำกว่าปิโตรเลียมอีเทอร์

4.3.2 การคำนวณและเปรียบเทียบต้นทุนการสกัดน้ำมันเมื่อใช้ปริมาณสบู่ดำคงที่

เป็นการคำนวณและเปรียบเทียบต้นทุนการสกัดโดยวัดจากร้อยละของปริมาณน้ำมันที่ได้ต่อการใช้ตัวทำละลาย 1 ส่วน ในสภาวะต่างๆกัน เมื่อใช้ปริมาณเนื้อในเมล็ดสบู่ดำคงที่

4.3.2.1 เงื่อนไขในการคำนวณ

- 1) ใช้เนื้อในเมล็ดสบู่ดำปริมาณ 144 กรัม
- 2) ไม่นำค่าอื่น ๆ มาคิดคำนวณด้วยเนื่องจากมีค่าเท่ากันในทุกสถานะ

4.3.2.2 การเปรียบเทียบร้อยละของปริมาณน้ำมันที่ได้ต่อการใช้ตัวทำละลาย 1 ส่วน ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย ระหว่างการใช้อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 1:4 , 1:6 และ 1:8 (กรัม/มิลลิลิตร) โดยใช้ไฮดรอกซีเฮกเซน (*n*-Hexane) เป็นตัวทำละลาย

ตารางที่ 4.18 การเปรียบเทียบร้อยละของปริมาณน้ำมันที่ได้ต่อการใช้ตัวทำละลาย 1 ส่วน

ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย ระหว่างการใช้อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 1:4 , 1:6 และ 1:8 (กรัม/มิลลิลิตร) ในกรณีที่ใช้ไฮดรอกซีเฮกเซน (*n*-Hexane) เป็นตัวทำละลาย

อัตราส่วนเนื้อ ในเมล็ดสบู่ดำ ต่อตัวทำละลาย	ปริมาณ สบู่ดำที่ใช้ (กรัม)	ปริมาณ ตัวทำละลาย ที่ใช้ (มล.)	ปริมาณ น้ำมันที่ได้ (ร้อยละ)	ร้อยละของปริมาณ น้ำมันที่ได้ต่อตัว ทำละลาย 1 ส่วน
1:4	144	576	27.33	6.83
1:6	144	864	38.82	6.47
1:8	144	1,152	41.89	5.24

จากตารางเปรียบเทียบร้อยละของปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ต่อการใช้ตัวทำละลาย 1 ส่วน ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย ระหว่างอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:4 , 1:6 และ 1:8 (กรัม/มิลลิลิตร) โดยใช้ไฮดรอกซีเฮกเซน (*n*-Hexane) เป็นตัวทำละลาย พบว่าอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 1:4 (กรัม/มิลลิลิตร) สกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุดต่อการใช้ตัวทำละลาย 1 ส่วน คือ ร้อยละ 6.83 เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วน 1:6 และ 1:8 คือ ร้อยละ 6.47 และ 5.24 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 1:4 (กรัม/มิลลิลิตร) มีความเหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลายมากกว่าอัตราส่วนอื่น เมื่อใช้ไฮดรอกซีเฮกเซนเป็นตัวทำละลาย

4.3.2.3 การเปรียบเทียบร้อยละของปริมาณน้ำมันที่ได้ต่อการใช้ตัวทำละลาย 1 ส่วน จากการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย ระหว่างการใช้อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 1:4 , 1:6 และ 1:8 (กรัม/มิลลิลิตร) โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย

ตารางที่ 4.19 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันที่ได้ต่อการใช้ตัวทำละลาย 1 ส่วน ระหว่างการใช้ อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 1:4 , 1:6 และ 1:8 (กรัม/มิลลิลิตร) ในกรณีที่ใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย

อัตราส่วนเนื้อ ในเมล็ดสบู่ดำ ต่อตัวทำละลาย	ปริมาณ สบู่ดำที่ใช้ (กรัม)	ปริมาณ ตัวทำละลาย ที่ใช้ (มล.)	ปริมาณน้ำมัน ที่ได้ (ร้อยละ)	ร้อยละของปริมาณ น้ำมันที่ได้ต่อ ตัวทำละลาย 1 ส่วน
1:4	144	576	25.63	6.41
1:6	144	864	36.03	6.01
1:8	144	1,152	43.63	5.45

จากตารางเปรียบเทียบร้อยละของปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ต่อการใช้ตัวทำละลาย 1 ส่วน ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย ระหว่างอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:4 , 1:6 และ 1:8 (กรัม/มิลลิลิตร) โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์(Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย พบว่าอัตราส่วน 1:4 สกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุด คือ ร้อยละ 6.41 เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วน 1:6 และ 1:8 คือ ร้อยละ 6.01 และ 5.45 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลาย 1:4 (กรัม/มิลลิลิตร) มีความเหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลายมากกว่าอัตราส่วนอื่น เมื่อใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลาย

4.3.2.4 การเปรียบเทียบร้อยละของปริมาณน้ำมันที่ได้ต่อการใช้ตัวทำละลาย 1 ส่วน ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย ระหว่างการใช้เฮกเซนและปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลาย

ตารางที่ 4.20 การเปรียบเทียบร้อยละของปริมาณน้ำมันที่ได้ต่อการใช้ตัวทำละลาย 1 ส่วน จากการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย ระหว่างการใช้นอร์มัลเฮกเซน (*n*-Hexane) และปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวทำละลาย

ตัวทำละลาย	ปริมาณน้ำมันเฉลี่ยที่ได้ต่อการใช้ตัวทำละลาย 1 ส่วน (ร้อยละ)
นอร์มัลเฮกเซน	6.18
ปิโตรเลียมอีเทอร์	5.96

จากตารางเปรียบเทียบร้อยละของปริมาณน้ำมันที่ได้ต่อการใช้ตัวทำละลาย 1 ส่วน ในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย ระหว่างการใช้นอร์มัลเฮกเซนและปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลาย พบว่าปริมาณน้ำมันเฉลี่ยที่ได้ต่อการใช้ตัวทำละลาย 1 ส่วน เมื่อใช้นอร์มัลเฮกเซนเป็นตัวทำละลาย มีค่ามากกว่าการใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลายเพียงเล็กน้อย คือ ร้อยละ 6.18 และ 5.96 ตามลำดับ ในขณะที่ราคาสารเคมีที่ใช้เป็นตัวทำละลายมีความแตกต่างกันมาก คือ นอร์มัลเฮกเซนราคาเฉลี่ย 600 บาท และปิโตรเลียมอีเทอร์ราคาเฉลี่ย 824 บาท ดังนั้น การใช้นอร์มัลเฮกเซนเป็นตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลายจึงมีความเหมาะสมกว่าการใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลาย เนื่องจากสามารถประหยัดต้นทุนในการสกัดได้มากกว่า ซึ่งจากการศึกษาเอกสารทั้งในประเทศและต่างประเทศ ก็พบว่ามีใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายในการสกัด เนื่องจากมีราคาถูกกว่า (Oilgae.com-Oil from Algae, 2008)

4.4 สรุปการคำนวณต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย

จากการคำนวณและเปรียบเทียบต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย ทั้งสองวิธีที่แสดงไว้ในข้อ 4.3.1 และ 4.3.2 พบว่าผลการคำนวณมีความสอดคล้องกันคือ สภาพในการสกัดที่ได้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด โดยมีต้นทุนในการสกัดต่ำสุด ได้แก่ สภาพการสกัดที่ใช้นอร์มัลเฮกเซนเป็นตัวทำละลาย ที่อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสบู่ดำต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:4 (กรัม/มิลลิลิตร) ทั้งนี้ การคำนวณทั้งสองวิธีดังกล่าวมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ต่างกัน คือวิธีการคำนวณต้นทุนการสกัดต่อน้ำมัน 1 ลิตร เหมาะสำหรับฝ่ายขายนำไปใช้ ซึ่งเป็นการคิดต้นทุนการผลิตต่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ส่วนวิธีที่สองคือการคำนวณเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันและต้นทุนการสกัดน้ำมันเมื่อใช้เนื้อในเมล็ดสบู่ดำปริมาณคงที่ เหมาะสำหรับฝ่ายผลิตนำไปใช้เนื่องจากการคิดต้นทุนการผลิตต่อปริมาณวัตถุดิบที่เข้ามา

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS ในบทที่ 4 สามารถสรุปผลการศึกษาวิจัยได้ว่า ขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสับปะรดที่สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุด คือ อนุภาคขนาด 0.5 – 1.4 มิลลิเมตร นอร์มัลเฮกเซนเป็นตัวทำละลายที่สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปิโตรเลียมอีเทอร์ และอัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสับปะรดต่อตัวทำละลายที่สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณมากที่สุด คือ อัตราส่วน 1:8 (กรัม/มิลลิลิตร) ส่วนต้นทุนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสับปะรดด้วยตัวทำละลายนั้น อัตราส่วนที่ใช้ต้นทุนในการสกัดต่ำสุดเมื่อพิจารณาจากร้อยละของปริมาณน้ำมันที่ได้ต่อการใช้ตัวทำละลาย 1 ส่วน คืออัตราส่วน 1:4 (กรัม/มิลลิลิตร) และตัวทำละลายที่ทำให้มีต้นทุนการสกัดต่ำสุดคือ นอร์มัลเฮกเซน ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสับปะรดด้วยตัวทำละลาย เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันมากที่สุดโดยใช้ต้นทุนการสกัดต่ำสุด คือ สภาวะการสกัดที่ใช้อนุภาคเนื้อในเมล็ดสับปะรดขนาด 0.5-1.4 มิลลิเมตร ใช้ นอร์มัลเฮกเซนเป็นตัวทำละลาย และใช้อัตราส่วนเนื้อในเมล็ดสับปะรดต่อตัวทำละลาย เท่ากับ 1:4 (กรัม/มิลลิลิตร)

5.2 ข้อสังเกตและข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

จากการทดลองสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสับปะรดด้วยตัวทำละลาย มีข้อสังเกตและข้อเสนอแนะดังนี้

5.2.1 แม้ว่าจากการทดลองจะพบว่า นอร์มัลเฮกเซนกับปิโตรเลียมอีเทอร์สกัดน้ำมันได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ราคาของตัวทำละลายทั้งสองชนิดนี้ก็มีความแตกต่างกัน การที่จะเลือกใช้ตัวทำละลายชนิดใดนั้นจึงต้องคำนึงถึงราคาเป็นสำคัญ เนื่องจากมีผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุนในการสกัด

5.2.2 เนื่องจากการทดลองสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำในการวิจัยครั้งนี้ ใช้อุณหภูมิในการสกัดเพียง 30 องศาเซลเซียส และคิดปริมาณน้ำมันที่ได้จากน้ำหนักเปียก จึงทำให้ร้อยละของปริมาณน้ำมันที่ได้ไม่สูงนัก นอกจากนี้เมล็ดสบู่ดำที่ใช้ยังเป็นเมล็ดสบู่ดำที่เก็บไว้นานกว่า 2 เดือน ซึ่งจะมีเอนไซม์ที่ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ ส่งผลให้น้ำมันเสื่อมสภาพและได้ปริมาณน้ำมันน้อยลง ดังนั้น จึงไม่ควรเก็บเมล็ดสบู่ดำไว้นานเกิน 1 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว

5.2.3 การบดเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ ไม่ควรบดให้อนุภาคใหญ่กว่า 1.4 มิลลิเมตร เนื่องจากอนุภาคที่ใหญ่กว่านี้จะสกัดน้ำมันได้น้อยมาก และไม่ควรถูกกว่า 0.5 มิลลิเมตร เนื่องจากการบดเมล็ดสบู่ดำให้มีขนาดเล็กมากทำให้น้ำมันซึมออกมามาก ซึ่งเป็นการสูญเสียน้ำมันในระหว่างขั้นตอนการบด ทำให้ได้น้ำมันจากการสกัดน้อยลง

5.2.4 แม้ว่าขนาดอนุภาคสบู่ดำยิ่งเล็กจะยิ่งสกัดน้ำมันได้มากก็จริง แต่ในทางปฏิบัติแล้ว การบดเมล็ดสบู่ดำให้มีขนาดยิ่งเล็กมากก็จะทำให้ต้องใช้พลังงานในการบดมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งควรคำนึงถึงพลังงานที่สูญเสียไป เนื่องจากมีผลต่อต้นทุนการสกัด

5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.1 ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดสบู่ดำในแต่ละสายพันธุ์ ซึ่งต้องมีสภาพการปลูกและการดูแลรักษาใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากสภาพการปลูกและการดูแลรักษามีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดสบู่ดำ เพื่อหาสายพันธุ์ที่สามารถสกัดน้ำมันได้มากที่สุด และคุ้มค่าต่อการลงทุน

5.3.2 ควรมีการศึกษาดัชนีทุนในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำเปรียบเทียบระหว่างวิธีทางกายภาพและวิธีทางเคมีในระดับอุตสาหกรรม ทั้งนี้เนื่องจากการคิดต้นทุนการสกัดในระดับห้องปฏิบัติการไม่ได้สะท้อนต้นทุนจริงๆที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรม ข้อมูลต้นทุนที่ได้จากการทดลองจึงไม่สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาจุดคุ้มทุนในระดับอุตสาหกรรมได้

บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2550. ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ. 2549. ค้นวันที่ 11 สิงหาคม 2551 จาก http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/user_upload/biodiesel/community_biodiesel_2007.pdf
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2550. พลังงานทดแทน. ค้นวันที่ 31 ตุลาคม 2550 จาก <http://www.dede.go.th>
- กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2550. พลังงานไบโอดีเซล. ค้นวันที่ 31 ตุลาคม 2550 จาก <http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=173>
- ขวัญหญิง คุ่มทองกลาง (2546). การศึกษาการสกัดและสมบัติทางหน้าที่ของโปรตีนเข้มข้นจากรำข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- จุลิศร น้อยบำเหน็จ, พงษ์พิทักษ์ สุคำภา และวิลยา แนวเงินดี. 2549. การสกัดสารแคพไซซินจากพริกโดยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ค้นวันที่ 25 พฤศจิกายน 2550 จาก http://mis.en.kku.ac.th/mis/project/project_detail.php?projectID=ChE2006-14
- จิตา ฟูเผ่า. 2545. สารระงับกลิ่นจากเห็ดฟาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณิชารัตน์ มะลิมาศ. 2550. การศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- นันทวรรณ สโรบล. 2550. ประวัติสบู่ดำ. ค้นวันที่ 31 ตุลาคม 2550 จาก <http://210.246.186.28/fieldcrops/phanut/oth/his.HTM>
- บัญญัติ บรรเจิดเสนาะ. 2532. การประยุกต์ใช้เอนไซม์ในการสกัดน้ำผลไม้. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ค้นวันที่ 6 ธันวาคม 2550 จาก http://www.nfi.or.th/stat/Abstract/rd_detail.asp?id=100
- ปิยสวัสดิ์ อัมระนันทน์. 2548. แผนยุทธศาสตร์พลังงานรัฐบาลเดิมมาถูกทางแล้วหรือ. ค้นวันที่ 31 ตุลาคม 2550 จาก <http://www.energy.go.th>

- พิชัย สราญรมย์. (2550). น้ำมันสบู่ดำกับเครื่องยนต์ดีเซล. ค้นวันที่ 31 ตุลาคม 2550
จาก http://chanthaburi.doae.go.th/old%20news/physic_nut.doc
- วาสนา วิดมา. 2547. การศึกษาเปรียบเทียบตัวทำละลายที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันจากเมล็ดฟักทอง
ด้วยเครื่องซอกซ์เลต. ค้นวันที่ 25 พฤศจิกายน 2550
จาก <http://www.science.cmru.ac.th/physics/research.php>
- วิชาภา ภูจินดา. 2549. การจัดการและอนุรักษ์พลังงาน. กรุงเทพมหานคร: ทิพนตร์การพิมพ์.
ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพทางการเกษตรจังหวัดชัยนาท. 2548. สบู่ดำพืชพลังงานทดแทน.
ค้นวันที่ 31 ตุลาคม 2550 จาก <http://www.aopdmo1.doae.go.th/data/physicnut21.htm>
- สมจิตร วงศ์กำชัย. 2544. ผลของการใช้คลื่นเหนือเสียงต่อการสกัดสารสำคัญจากบัวบก.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทฉบับที่ ๓ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมศักดิ์ ศรีสมบูรณ์ และสมยศ พิชิตพร. 2550. การพัฒนาพันธุ์สบู่ดำ. ค้นวันที่ 31 ตุลาคม 2550
จาก <http://210.246.186.28/fieldcrops/phinut/var/001.HTM>
- สมศักดิ์ ศรีสมบูรณ์, อนุวัฒน์ จันทรสวรรณ, สุพจน์ กิตติบุญมา, สมยศ พิชิตพร, อลงกรณ์ กรณ์ทอง,
สมเจตน์ ประทุมมิตร และจิรากร โกศัยเสวี. 2548. เป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์สบู่ดำ
ปี 2549-2555. ค้นวันที่ 31 ตุลาคม 2550
จาก <http://210.246.186.28/fieldcrops/phinut/oth/003.pdf>
- สุปรียา สุขเกษม. 2550. การใช้ประโยชน์จากสบู่ดำ: น้ำมันสบู่ดำ. ค้นวันที่ 31 ตุลาคม 2550
จาก <http://210.246.186.28/fieldcrops/phinut/util/001.HTM>
- สุรพงษ์ เจริญรัต. 2550. ต้นทุนการผลิตและราคากຸ້ມทุนสบู่ดำในประเทศไทย. ค้นวันที่
31 ตุลาคม 2550 จาก http://www.geocities.com/saletree/info_jatropha_1.htm
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2550. สถานการณ์พลังงานไทยในช่วง 9 เดือนแรกของปี
2550. นโยบายพลังงาน. 78 (ตุลาคม-ธันวาคม): 12-25.
- เสาวลักษณ์ วนิชสุวรรณ. 2543. การสกัดและสมบัติบางประการของแคโรทีโนโปรตีนจากวัสดุ
เศษเหลือจากกຸ້. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทฉบับที่ ๓ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อนุสรณ์ แสงนันทนวล. 2550. ใบโอเคิลชุ่มขน น้ำมันชาวบ้าน. ค้นวันที่ 11 สิงหาคม 2551
จาก http://www.thaienv.com/th/index.php?option=com_content&task=view&id=446&Itemid=27
- อนุวัฒน์ จันทรสวรรณ. 2550. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์. ค้นวันที่ 31 ตุลาคม 2550
จาก <http://210.246.186.28/fieldcrops/phinut/oth/bot.HTM>

- อุดมวิทย์ ไวยการ และ อนุวัฒน์ จันทรสวรรณ. 2550. การใช้ประโยชน์จากสบู่ดำ. ค้นวันที่ 31 ตุลาคม 2550 จาก <http://210.246.186.28/fieldcrops/phinut/util/002.HTM>
- แอนนา สายมณีรัตน์ และคณะ. 2547. การศึกษาปริมาณและคุณภาพของน้ำมันสกัดจากสบู่ดำ. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Pitia Emmanuel, Farag H. Ihab, Attia Nahed, Hawash Salwa, and Diwani El. Guzine 2006. **Biodiesel Fuel from Jatropha**. Retrieved October 31, 2007 from <http://aiche.confex.com/aiche/2006/techprogram/P78975.HTM>
- Jesada Pitiphanpong. 2004. **Extraction of Charantin from the Fruits of Momordica Charantia using High Pressure Solvent**. Thesis Chulalongkorn University.
- Kittipong Rattanaporn. 2001. **Protein Separation from Tamarind Kernel Powder Using Rotating Filter**. Retrieved November 25, 2007 from <http://rde.biotec.or.th/rdedocs/Proposal/119PP/AbstractCTh.doc>
- Oilgae.com-Oil from Algae. 2008. **More Article & News on Algal Oil Extraction**. Retrieved May 20, 2008 from <http://www.oilgae.com/algae/oil/extract/extract.html>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดในสถานะต่างๆกัน

ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดในสภาวะต่างๆกัน

ชุดที่	ขนาดอนุภาค (มิลลิเมตร)	ตัวทำละลาย	สบูดำ : ตัวทำละลาย (กรัม/มิลลิลิตร)	ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละ)
1	> 2.4	n-Hexane	1:4	18.63
2	> 2.4	n-Hexane	1:4	16.63
3	> 2.4	n-Hexane	1:4	18.25
4	> 2.4	n-Hexane	1:6	19.00
5	> 2.4	n-Hexane	1:6	15.19
6	> 2.4	n-Hexane	1:6	16.88
7	> 2.4	n-Hexane	1:8	15.94
8	> 2.4	n-Hexane	1:8	16.75
9	> 2.4	n-Hexane	1:8	17.38
10	> 2.4	Petroleum Ether	1:4	14.69
11	> 2.4	Petroleum Ether	1:4	18.50
12	> 2.4	Petroleum Ether	1:4	19.38
13	> 2.4	Petroleum Ether	1:6	20.94
14	> 2.4	Petroleum Ether	1:6	20.56
15	> 2.4	Petroleum Ether	1:6	21.38
16	> 2.4	Petroleum Ether	1:8	21.69
17	> 2.4	Petroleum Ether	1:8	22.44
18	> 2.4	Petroleum Ether	1:8	21.25
19	1.4-2.4	n-Hexane	1:4	27.81
20	1.4-2.4	n-Hexane	1:4	31.44
21	1.4-2.4	n-Hexane	1:4	26.25
22	1.4-2.4	n-Hexane	1:6	21.19
23	1.4-2.4	n-Hexane	1:6	36.31

ชุดที่	ขนาดอนุภาค (มิลลิเมตร)	ตัวทำละลาย	สบู่อัด : ตัวทำละลาย (กรัม/มิลลิลิตร)	ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละ)
24	1.4-2.4	n-Hexane	1:6	36.75
25	1.4-2.4	n-Hexane	1:8	34.31
26	1.4-2.4	n-Hexane	1:8	37.25
27	1.4-2.4	n-Hexane	1:8	33.19
28	1.4-2.4	Petroleum Ether	1:4	22.75
29	1.4-2.4	Petroleum Ether	1:4	20.19
30	1.4-2.4	Petroleum Ether	1:4	27.38
31	1.4-2.4	Petroleum Ether	1:6	33.00
32	1.4-2.4	Petroleum Ether	1:6	31.56
33	1.4-2.4	Petroleum Ether	1:6	28.06
34	1.4-2.4	Petroleum Ether	1:8	33.69
35	1.4-2.4	Petroleum Ether	1:8	34.44
36	1.4-2.4	Petroleum Ether	1:8	37.88
37	1-1.4	n-Hexane	1:4	24.25
38	1-1.4	n-Hexane	1:4	23.94
39	1-1.4	n-Hexane	1:4	28.56
40	1-1.4	n-Hexane	1:6	34.50
41	1-1.4	n-Hexane	1:6	35.81
42	1-1.4	n-Hexane	1:6	38.81
43	1-1.4	n-Hexane	1:8	39.06
44	1-1.4	n-Hexane	1:8	38.38
45	1-1.4	n-Hexane	1:8	38.94
46	1-1.4	Petroleum Ether	1:4	23.44
47	1-1.4	Petroleum Ether	1:4	25.13
48	1-1.4	Petroleum Ether	1:4	29.13
49	1-1.4	Petroleum Ether	1:6	32.56
50	1-1.4	Petroleum Ether	1:6	32.38

ชุดที่	ขนาดอนุภาค (มิลลิเมตร)	ตัวทำละลาย	สบู่อัด : ตัวทำละลาย (กรัม/มิลลิลิตร)	ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละ)
51	1-1.4	Petroleum Ether	1:6	36.13
52	1-1.4	Petroleum Ether	1:8	38.19
53	1-1.4	Petroleum Ether	1:8	39.31
54	1-1.4	Petroleum Ether	1:8	38.19
55	0.7-1	n-Hexane	1:4	24.56
56	0.7-1	n-Hexane	1:4	29.63
57	0.7-1	n-Hexane	1:4	34.00
58	0.7-1	n-Hexane	1:6	37.81
59	0.7-1	n-Hexane	1:6	40.56
60	0.7-1	n-Hexane	1:6	41.75
61	0.7-1	n-Hexane	1:8	42.44
62	0.7-1	n-Hexane	1:8	42.56
63	0.7-1	n-Hexane	1:8	44.25
64	0.7-1	Petroleum Ether	1:4	23.13
65	0.7-1	Petroleum Ether	1:4	21.81
66	0.7-1	Petroleum Ether	1:4	30.19
67	0.7-1	Petroleum Ether	1:6	40.25
68	0.7-1	Petroleum Ether	1:6	40.94
69	0.7-1	Petroleum Ether	1:6	39.06
70	0.7-1	Petroleum Ether	1:8	44.00
71	0.7-1	Petroleum Ether	1:8	46.56
72	0.7-1	Petroleum Ether	1:8	44.13
73	0.5-0.7	n-Hexane	1:4	24.88
74	0.5-0.7	n-Hexane	1:4	30.88
75	0.5-0.7	n-Hexane	1:4	25.31
76	0.5-0.7	n-Hexane	1:6	38.13
77	0.5-0.7	n-Hexane	1:6	40.69

ชุดที่	ขนาดอนุภาค (มิลลิเมตร)	ตัวทำละลาย	สบู่อัด : ตัวทำละลาย (กรัม/มิลลิลิตร)	ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละ)
78	0.5-0.7	n-Hexane	1:6	41.31
79	0.5-0.7	n-Hexane	1:8	43.50
80	0.5-0.7	n-Hexane	1:8	45.31
81	0.5-0.7	n-Hexane	1:8	42.56
82	0.5-0.7	Petroleum Ether	1:4	24.25
83	0.5-0.7	Petroleum Ether	1:4	28.13
84	0.5-0.7	Petroleum Ether	1:4	25.50
85	0.5-0.7	Petroleum Ether	1:6	33.06
86	0.5-0.7	Petroleum Ether	1:6	33.00
87	0.5-0.7	Petroleum Ether	1:6	36.88
88	0.5-0.7	Petroleum Ether	1:8	48.31
89	0.5-0.7	Petroleum Ether	1:8	41.94
90	0.5-0.7	Petroleum Ether	1:8	52.06

ภาคผนวก ข
การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ในสถานะต่างๆ
โดยใช้สถิติ Duncan

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ในสถานะต่างๆ
โดยใช้สถิติ Duncan

ขนาดอนุภาคต่างกัน

OIL				
SIZE	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
Duncan ^a > 2.4	18	18.6378		
1.4-2.4	18		30.7472	
1-1.4	18		33.1506	33.1506
0.5-0.7	18			36.4278
0.7-1	18			37.0906
Sig.		1.000	.267	.087

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.

ตัวทำละลายต่างกัน

OIL			
SOLVENT	N	Subset for alpha = .05	
		1	
Duncan ^a Ether1-1.4	9	32.7178	
Hexane1-1.4	9	33.5833	
Ether0.5-0.7	9	35.9033	
Ether0.7-1	9	36.6744	
Hexane0.5-0.7	9	36.9522	
Hexane0.7-1	9	37.5067	
Sig.		.262	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

อัตราส่วนต่างกัน

OIL				
RATIO	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
Duncan ^a 1:4	18	26.4844		
1:6	18		37.7367	
1:8	18			42.7989
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.

นอร์มัลเฮกเซน

OIL				
RATIO	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
Duncan ^a 1:4	9	4.3733		
1:6	9		6.2111	
1:8	9			6.7022
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

ปิโตรเลียมอีเทอร์

OIL				
RATIO	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
Duncan ^a 1:4	9	4.1011		
1:6	9		5.7644	
1:8	9			6.9811
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

ภาคผนวก ค

ตารางเปรียบเทียบตะแกรงร่อน (Sieve) ขนาดต่างๆ

ตารางเปรียบเทียบตะแกรงร่อน (Sieve) ขนาดต่างๆ

Sieve Designation		Nominal Sieve Opening		
<i>Standard</i>	<i>Mesh</i>	<i>inches</i>	<i>mm</i>	<i>Microns</i>
25.4 mm	1 in.	1.00	25.4	25400
22.6 mm	7/8 in.	0.875	22.6	22600
19.0 mm	3/4 in.	0.750	19.0	19000
16.0 mm	5/8 in.	0.625	16.0	16000
13.5 mm	0.530 in.	0.530	13.5	13500
12.7 mm	1/2 in.	0.500	12.7	12700
11.2 mm	7/16 in.	0.438	11.2	11200
9.51 mm	3/8 in.	0.375	9.51	9510
8.00 mm	5/16 in.	0.312	8.00	8000
6.73 mm	0.265 in.	0.265	6.73	6730
6.35 mm	1/4 in.	0.250	6.35	6350
5.66mm	No.3 1/2	0.223	5.66	5660
4.76 mm	No. 4	0.187	4.76	4760
4.00 mm	No. 5	0.157	4.00	4000
3.36 mm	No. 6	0.132	3.36	3360
2.83 mm	No. 7	0.111	2.83	2830
2.38 mm	No. 8	0.0937	2.38	2380
2.00 mm	No. 10	0.0787	2.00	2000
1.68 mm	No. 12	0.0661	1.68	1680
1.41 mm	No. 14	0.0555	1.41	1410

Sieve Designation		Nominal Sieve Opening		
<i>Standard</i>	<i>Mesh</i>	<i>inches</i>	<i>mm</i>	<i>Microns</i>
1.19 mm	No. 16	0.0469	1.19	1190
1.00 mm	No. 18	0.0394	1.00	1000
841 μm	No. 20	0.0331	0.841	841
707 μm	No. 25	0.0278	0.707	707
595 μm	No. 30	0.0234	0.595	595
500 μm	No. 35	0.0197	0.500	500
420 μm	No. 40	0.0165	0.420	420
354 μm	No. 45	0.0139	0.354	354
297 μm	No. 50	0.0117	0.297	297
250 μm	No. 60	0.0098	0.250	250
210 μm	No. 70	0.0083	0.210	210
177 μm	No. 80	0.0070	0.177	177
149 μm	No. 100	0.0059	0.149	149
125 μm	No. 120	0.0049	0.125	125
105 μm	No. 140	0.0041	0.105	105
88 μm	No. 170	0.0035	0.088	88
74 μm	No. 200	0.0029	0.074	74
63 μm	No. 230	0.0025	0.063	63
53 μm	No. 270	0.0021	0.053	53
44 μm	No. 325	0.0017	0.044	44
37 μm	No. 400	0.0015	0.037	37

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ ชื่อสกุล

นางสาวศิริวรรณ ปรียาจิตต์

ประวัติการศึกษา

ศิลปศาสตรบัณฑิต

สาขาภาษาอังกฤษ

คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

สถาบันราชภัฏนครสวรรค์

ปีที่สำเร็จการศึกษา พ.ศ. 2540

ประสบการณ์ทำงาน

พ.ศ. 2542 – พ.ศ. 2545

นักพัฒนาทรัพยากรบุคคล

กรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท

พ.ศ. 2545 – พ.ศ. 2546

นักพัฒนาทรัพยากรบุคคล

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

พ.ศ. 2546 – ปัจจุบัน

เจ้าหน้าที่วิเคราะห์นโยบายและแผน

กรมทรัพยากรน้ำ