



รายงานผลงานวิจัย

เรื่อง การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ

Optimization in essential oils extraction of *Zingiber cassumunar Roxb.* by water and steam distillation

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2557
จำนวน 50,000 บาท

หัวหน้าโครงการ นางมุกกรีน หนูคง

ผู้ร่วมโครงการ นายนักรบ นาคประสม

นางภาวิณี อารีศรีสม

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

...../...../.....

การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ

Optimization in essential oils extraction of *Zingiber cassumunar Roxb.* by water and steam distillation

มุกกรีน หนูคง¹ นักรบ นาคประสม¹ และภาวิณี อารีศรีสม²

Mookarin Nookong¹, Nukrob Narkprasom¹ and Pawinee Areesrisom²

¹คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

²คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

ไพล (Phlai) พบมากในประเทศไทย อินโดนีเซีย และอินเดีย ส่วนที่นำมาใช้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยคือ เหง้า ซึ่งน้ำมันไพลมีฤทธิ์แก้ปวด ด้านการอักเสบ ด้านอนุมูลอิสระ คลายกล้ามเนื้อ และด้านฮิสตามีน โดยไพลจะให้น้ำมันหอมระเหยประมาณ 0.75 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเหตุนี้จึงศึกษาทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำเทียบกับพลังงานที่ใช้กับปริมาณผลผลิตที่ได้ โดยเลือกการออกแบบการทดลองแบบบ็อกซ์-เบนเคน ซึ่งเป็นการออกแบบการทดลองทางสถิติเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกลั่นน้ำมันไพล มีปัจจัยความคลุมคือ อุณหภูมิ เวลา และอัตราส่วนน้ำต่อไพล จากการทำการออกแบบพื้นผิวตอบสนองแบบบ็อกซ์-เบนเคน ได้แบบการจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายสภาวะที่เหมาะสมของการกลั่นน้ำมันไพล โดยผลการทดลองพบว่าปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อการสกัด ทำให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยแตกต่างกัน และสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำเทียบกับพลังงานที่ใช้กับปริมาณผลผลิตที่ได้คือ อุณหภูมิในการสกัด 250 องศาเซลเซียส เวลาในการกลั่น 58.61 นาที อัตราส่วนน้ำต่อไพลไม่มีผลในการสกัดเนื่องจากน้ำไม่ได้สัมผัสกับไพลโดยตรง จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี Gas chromatography - Mass spectrometry พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญอยู่ 5 ชนิดคือแอลฟา-ไพนีน (α -pinene) ซาบินีน (sabinene) แอลฟา-เทอร์ไพนีน (α -terpinene) แกมมา-เทอร์ไพนีน (γ -terpinene) และเทอร์ไพนีน-4-อล (terpinene-4-ol) ซึ่งสารทั้งหมดนี้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมน้ำมันไพลที่กำหนดไว้

คำสำคัญ: สภาวะที่เหมาะสม การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ น้ำมันหอมระเหย ไพล

Abstract

Phlai, grown mostly in Thailand, Indonesia and India, was used for essential oil by extracting from Rhizome which its benefits were analgesic, anti-inflammatory, anti-oxidant, muscle relaxant and anti-histamine. The amount of essential oil extracting from Phlai Rhizome was 0.75% regularly. Box-Behken Design (BBD) was selected in this research to find the optimal conditions of essential oil extraction for Phlai using water and steam distillation. The control factors were temperatures, times and the ratios of water to Phlai. BBD Response surface was applied for developing the mathematical model for predicting the optimal condition of Phlai essential oil extraction. The optimal conditions of this extraction, consisted of temperature and time, were 250oC and 58.55 minutes respectively, while the ratio of water to Phlai was considered non-significant to the Phlai essential oil extraction statistically, since Phlai was not submerged by water. The Gas chromatography - Mass spectrometry (GC-MS) was used for chemical composition analysis. The five major chemical compositions of Phlai essential oil; α -pinene, sabinene, α -terpinene, γ -terpinene and terpinene-4-ol were found in proper amount compared to the oil industry Phlai standards.

Keywords: Optimization, Water and steam distillation, essential oil extraction, *Zingiber cassumunar Roxb.*

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (Optimization in essential oils extraction of *Zingiber cassumunar Roxb.* by water and steam distillation) ได้สำเร็จลุล่วง โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2557 ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร และภาควิชาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์เรื่องสถานที่ และอุปกรณ์บางอย่างที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์

ผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	
2.1 ความรู้ทั่วไปของไพล	5
2.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันไพล	6
2.3 วิธี Gas Chromatography – Mass Spectrometry: GC-MS	8
2.4 การสกัดน้ำมันหอมระเหย	12
2.5 ผลทางเภสัชวิทยา	14
2.6 การออกแบบพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology, RSM)	16
2.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA)	19
2.8 แบบจำลองถดถอย (Regression Model)	19
2.9 การทดลองเบื้องต้น	23
2.10 ตรวจเอกสาร	25
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	
3.1 วัสดุ	30
3.2 เครื่องมือ	30
3.3 การเตรียมไพลสำหรับสกัด	31
3.4 การสกัดไพลโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ	32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดย การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ โดยทำการออกแบบพื้นที่ตอบสนอง	33
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ผลการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีการ กลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ โดยออกแบบการทดลองด้วยวิธีบ็อก-เบนเคน	35
4.2 ผลการวิเคราะห์หัตถิพลของตัวแปรอิสระต่อปริมาณน้ำมัน	36
4.3 ผลการวิเคราะห์หัตถิพลของตัวแปรอิสระต่ออัตราส่วนระหว่างปริมาณ น้ำมันไพลกับพลังงานที่ใช้	40
4.4 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแบบจำลอง	45
4.5 การใช้สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยการ กลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ	48
4.6 ผลการวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทดลอง	49
4.7 ผลการวิเคราะห์หาสารสำคัญของน้ำมันไพล โดยวิเคราะห์จากวิธี GC-MS	50
4.8 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการกลั่นน้ำมันไพลโดยใช้สภาวะที่ เหมาะสม	53
บทที่ 5 สรุป	
5.1 สรุปผลการทดลอง	55
5.2 ข้อจำกัดทางการศึกษา	56
5.3 ข้อเสนอแนะ	56
เอกสารอ้างอิง	58
ภาคผนวก	
ก. การทดลองแบบบ็อก-เบนเคน	60
ข. การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสม	63
ค. ผลการตรวจสอบสารสำคัญในน้ำมันไพล	67

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ	7
ตารางที่ 2.2	แสดงการทดลองเบื้องต้น	24
ตารางที่ 3.1	การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำโดยทำการออกแบบพื้นที่ตอบสนอง	33
ตารางที่ 3.2	ตารางบันทึกผลการทดลองที่ออกแบบการทดลองแบบบล็อก-เบนเคน	33
ตารางที่ 4.1	การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ โดยวิธีบล็อก-เบนเคน	35
ตารางที่ 4.2	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ	46
ตารางที่ 4.3	องค์ประกอบที่สำคัญของน้ำมันไพล	51
ตารางที่ 4.4	ข้อสรุปที่วิเคราะห์ได้จากวิธี GC-MS ตามลำดับที่ออกมาใน 51 ครั้งใช้เวลา 49.46 นาที	52
ตาราง ก.	บันทึกผลการทดลองแบบบล็อก-เบนเคน	61
ตาราง ข.	บันทึกผลการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสม	64
ตาราง ค.1	วิเคราะห์สารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยไพล โดยวิธี GC-MS	69
ตาราง ค.2	สารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยไพล	74

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
2.1	ต้นไพล	5
2.2	เหง้าไพล	6
2.3	เครื่อง GC-MS	8
2.4	ส่วนประกอบพื้นฐานของ Gas Chromatography	9
2.5	ส่วนประกอบพื้นฐานของ Mass Spectrometry	10
2.6	Library search results	12
2.7	พื้นผิวตอบสนองแบบสามมิติ	17
2.8	แสดงการออกแบบบ็อก-เบนเคน สำหรับ k=3	18
2.9	แผนภาพแสดงการทดลองเบื้องต้น	25
3.1	การเตรียมไพล	31
3.2	ชุดกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ	32
3.3	แผนผังแสดงวิธีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกลั่นไพล	34
4.1	อิทธิพลของอุณหภูมิกับเวลาในการกลั่น	37
4.2	อิทธิพลของอุณหภูมิกับอัตราส่วนน้ำต่อไพล	38
4.3	อิทธิพลของเวลากับอัตราส่วนน้ำต่อไพล	39
4.4	อิทธิพลของอุณหภูมิกับเวลาในการกลั่น	41
4.5	อิทธิพลของอุณหภูมิกับอัตราส่วนน้ำต่อไพล	42
4.6	อิทธิพลของเวลากับอัตราส่วนน้ำต่อไพล	43
4.7	การกลั่นที่อุณหภูมิ สภาวะที่เหมาะสม	49
4.8	ผลจากการวิเคราะห์โดย GC-MS แสดงองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้ำมันไพล	50
4.9	แสดงเวลาที่ออกมาขององค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้ำมันไพล	50
๖.	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลผลิตน้ำมันและเวลาที่ใช้ในการกลั่น ณ อุณหภูมิต่าง ๆ	66

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

β_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย

Y1 คือ ร้อยละของผลผลิตน้ำมัน

Y2 คือ พลังงานที่ใช้

Y3 คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันไฟลกับพลังงานที่ใช้

X1 คือ อุณหภูมิ

X2 คือ เวลา

X3 คือ อัตราส่วนน้ำต่อไฟล

X1X2 คือ อุณหภูมิ*เวลา

X1X3 คือ อุณหภูมิ*อัตราส่วนน้ำต่อไฟล

X2X3 คือ เวลา*อัตราส่วนน้ำต่อไฟล

X12 คือ อุณหภูมิยกกำลังสอง

X22 คือ เวลายกกำลังสอง

X32 คือ อัตราส่วนน้ำต่อไฟลยกกำลังสอง

P-value คือ ตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานและความน่าจะเป็น

BBD คือ Box-Behnken Design

GC – MS คือ Gas chromatography - Mass spectrometry

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

การใช้น้ำมันหอมระเหยมีมาตั้งแต่ 4,000 ปีก่อนคริสตกาลโดยมีการนำมาใช้ในพิธีกรรมทางศาสนา โดยการเผาส่วนต่างๆของพืชสมุนไพร เช่น เนื้อไม้ยางไม้ ทำให้เกิดกลิ่นหอมและรู้สึกผ่อนคลาย นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำมันหอมระเหยในการบำบัดรักษาโรค โดยศาสตร์ด้านนี้ได้ถูกบันทึกโดยชาวอียิปต์ ซึ่งชาวอียิปต์จะใช้พืชสมุนไพรที่ให้กลิ่นหอมเพื่อมาทำน้ำมันนวด ยารักษาโรค ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว น้ำหอม และเครื่องสำอาง รวมทั้งใช้ในกระบวนการทำมัมมี่ ในประเทศไทยเองก็มีการใช้กลิ่นหอมจากสมุนไพรเป็นยาหอม ยาต้ม อาหาร อบสมุนไพร หรือนำมาปรุงแต่งรสอาหารมาเป็นเวลานานแล้วเช่นกัน (สิริลักษณ์, 2545)

น้ำมันหอมระเหย (essential oils) หรือน้ำมันระเหยง่าย (volatile oils) คือของเหลวที่สกัดได้จากพืชหอม สามารถระเหยได้ที่อุณหภูมิห้อง ส่วนมากมีกลิ่นหอมเป็นที่น่าพึงพอใจของมนุษย์ สมุนไพรบางชนิดจะมีกลิ่นฉุนรุนแรง เช่น น้ำมันพริกไทย น้ำมันกานพลู น้ำมันไพล เป็นต้น (กฤษณา, 2556) ปัจจุบันได้มีการนำพืชสมุนไพรไทยบางชนิดมากลั่นเอาน้ำมันหอมระเหยและนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเคมี และด้านเภสัชกรรม ดังนั้น เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตน้ำมันหอมระเหยให้มีคุณภาพดีและเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรม จึงมีการกำหนดมาตรฐานของน้ำมันหอมระเหยขึ้น โดยคณะกรรมการวิชาการคณะที่ 861 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันหอมระเหยได้กำหนดมาตรฐานแล้ว 7 เรื่อง ได้แก่ น้ำมันไพล (มอก.1679-2541), น้ำมันดอกกานพลู (มอก.1680-2541), น้ำมันตะไคร้ (มอก.1681-2541), น้ำมันตะไคร้หอม (มอก.1682-2541), น้ำมันผิวมะกรูด (มอก.2078-2544), น้ำมันใบมะกรูด (มอก.2079-2544) และน้ำมันโหระพา (มอก.2080-2544) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2545)

ไพล (Phlai) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า "*Zingiber Cassumunar Roxb.*" พบมากในประเทศไทย อินโดนีเซีย และอินเดีย ส่วนที่นำมาใช้คือ เหง้า โดยมีสรรพคุณในทางารนวดแผนไทย แก้ปวดเมื่อย คลายกล้ามเนื้อ (muscle relaxant) และปวดข้อ (joint pain) การที่สมุนไพรจะก้าวสู่ตลาดโลกได้นั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของสมุนไพรนั้นๆ ซึ่งประกอบด้วยสิ่งสำคัญหลักๆ คือ ปริมาณสารสำคัญในสมุนไพรมีมากที่สุด และวัตถุดิบสมุนไพรที่เป็นความต้องการของตลาด ต้องผ่านกระบวนการเกษตรที่เป็นเกษตรอินทรีย์ ซึ่งปลอดจากสารเคมีที่จะปนเปื้อนในวัตถุดิบสมุนไพร เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันไพล (Phlai Oil) มอก.1679-2541 ได้กำหนดลักษณะทั่วไปไว้ว่า "มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสีหรือมีสีเหลืองอ่อน ปราศจากตะกอนและสารแขวนลอย ไม่มีการแยกชั้นของน้ำ มีกลิ่นเฉพาะตัว (การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ)" และมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้ำมันไพล ได้แก่ แอลฟา-ไพเนน (α -pinene), ซาบินีน (sabinene), แอลฟา-เทอร์ไพเนน (α -terpinene), แกมมา-เทอร์ไพเนน (γ -terpinene) และเทอร์ไพเนน-4-อล (terpinene-4-ol)

ในปัจจุบัน ได้มีการนำโพลมาประยุกต์ใช้ สามารถแบ่งผลิตภัณฑ์จากโพลออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง (Cosmetics) ประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์สปาที่ใช้ในสถานบริการ สุขภาพสปา ผลิตภัณฑ์เชมพูและครีมนวด ซึ่งมีโพลเป็นส่วนผสมในปริมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อแก้ รังแค ส่วนผสมในยาสีฟันแก้เหงือกอักเสบ ครีมล้างหน้าแก้สิว และเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางลดริ้ว รอยเหี่ยวย่น เป็นต้น

2) ผลิตภัณฑ์ยา (Pharmaceutical products) มีการพัฒนาสมุนไพร โพลไปเป็นยา เช่น ยาทาแก้ ปวด แก้อักเสบ น้ำยาฆ่าเชื้อโรค

ในอดีตที่ผ่านมาได้มีการนำโพลมาใช้ประโยชน์หลายด้าน ยกตัวอย่างเช่น ใช้เป็นยาแก้ปวด แก้คลื่นไส้ขย้อน รักษาแผลหลังผ่าตัด รักษาโรคผิวหนังจาก อาการแพ้ รักษากลุ่มอาการลำไส้ใหญ่อักเสบ ภูมิแพ้ (Irritable Bowel Syndrome) รักษาอาการปวดประจำเดือน และประโยชน์อื่นๆ เช่น ไลยุง น้ำยา ฆ่าเชื้อ สุคนธบำบัด (aromatherapy) เป็นต้น

จากการศึกษาทางด้านเภสัชวิทยาพบว่า โพลมีฤทธิ์ต่างๆ ดังนี้

- 1) ฤทธิ์แก้ปวด (Analgesic activity)
- 2) ฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Anti-inflammatory activity)
- 3) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Anti-oxidative activity)
- 4) ฤทธิ์คลายกล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle relaxant)
- 5) ฤทธิ์ต้านฮิสตามีน (Anti-histaminic activity) (ก้าพล, 2556) เป็นการรักษาโรคที่เกี่ยวข้องกับ การหลั่งของสารฮิสตามีน (Histamine-related disease) โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคภูมิแพ้ (Allergic disorders) และโรคผิวหนัง (Dermatology disease)

เหง้าโพลที่ใช้สกัดน้ำมันมีอายุประมาณ 3 ปี จะให้น้ำมันหอมระเหยประมาณ 0.75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีสารสีเหลืองชื่อ curcumin และสารในกลุ่ม phenylbutanoids มีฤทธิ์ต้านการอักเสบคือ (E)-4(3',4'- dimethylphenyl) but-3-en-1-ol ซึ่งออกฤทธิ์ยับยั้งพรอสตาแกลนดิน รู้จักกันในชื่อ compound D (ศูนย์วิจัยสมุนไพรภาคเหนือ, 2550) การออกฤทธิ์ของโพลดังกล่าวสามารถนำมาพัฒนาเป็นยาภายนอก สารที่สำคัญและเป็นสารที่มีฤทธิ์เด่นชัด คือ ฤทธิ์ต้านการอักเสบ จากสาร (E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl) butadiene (DMPBD) (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร, 2557) ซึ่งสามารถทำเป็นผลิตภัณฑ์ยาทาภายนอก เป็น ยาทาแก้ปวด แก้อักเสบ (ก้าพล, 2556) นอกจากนี้ยังมีการทดสอบภูมิแพ้และการระคายเคืองของผิวหนัง โดยทำมาตรฐานการทดสอบในอาสาสมัครที่มีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ทั้งหมด 25 คน ใช้ น้ำมันหอม

ระเหยที่ความเข้มข้นน้อยกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ สรุปผลได้ว่าไม่พบอาการแพ้หรืออาการระคายเคืองที่ผิวหนังในกลุ่มอาสาสมัครทั้งหมดที่ทดสอบ (คณะกรรมการแห่งชาติด้านยา, 2556)

ผลผลิตโพลีสตส่วนใหญ่มักจะถูกขายไปยังพ่อค้ามากที่สุดถึงร้อยละ 75 จากนั้นพ่อค้าจะนำโพลีสตไปผ่านกระบวนการแปรรูปเบื้องต้นเป็น โพลีเอทิลีน โพลีโพรพิลีน หรือ บางส่วนจะยังไม่มีการแปรรูปเพื่อจำหน่ายต่อไปยังโรงงานแปรรูปเพื่อสกัดน้ำมันหอมระเหย โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปส่วนใหญ่มักจะถูกจำหน่ายไปยังสปามากที่สุด ถึงร้อยละ 32 ของสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่โรงงานแปรรูปนำออกจำหน่าย สัดส่วนตลาดผลิตภัณฑ์โพลีเอทิลีนร้อยละ 52 จะจำหน่ายให้แก่สปา และอีกร้อยละ 40 ขายให้แก่ผู้บริโภครวม โดยตรง ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 8 ส่งออกต่างประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549)

ถึงแม้ในประเทศไทยจะเป็นประเทศที่มีการเพาะปลูกโพลีสตเป็นจำนวนมากและพบว่าการนำโพลีสตมาแปรรูปในแบบของน้ำมันหอมระเหยเพื่อไปใช้ในธุรกิจสปา นั้นสร้างรายได้ดี มีตลาดรองรับมากทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ แต่การจะนำมาสกัดเป็นน้ำมันหอมระเหยนั้นต้องใช้โพลีสตจำนวนมาก แต่ได้น้ำมันหอมระเหยในจำนวนที่น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับสมุนไพรชนิดอื่นๆ จึงควรทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากโพลีสตโดยใช้วิธีการสกัดแบบน้ำและไอน้ำ เพื่อหาวิธีทำให้ได้น้ำมันหอมระเหยที่มีปริมาณมากที่สุด มีปริมาณสารสำคัญมากที่สุดและประหยัดพลังงาน ซึ่งวิธีดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปต่อยอดในกระบวนการอื่นๆ ที่ต้องการปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรชนิดอื่น เพื่อให้ได้น้ำมันหอมระเหยที่มีปริมาณมากที่สุด และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าหรือวัตถุดิบทางการเกษตร

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีการกลั่นด้วยน้ำร้อน (Water distillation)
- 1.2.2 เพื่อหาความคุ้มค่าของการกลั่นน้ำมันหอมระเหยเมื่อเทียบกับพลังงานที่ใช้และผลผลิตที่ได้
- 1.2.3 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas chromatography)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ทำการศึกษาหาผลกระทบในการกลั่นน้ำมันหอมระเหยของไพล โดยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ โดยใช้ปริมาณไพล 500 กรัมต่อน้ำ 150, 300, 500 มิลลิลิตร เวลาที่ใช้ในการกลั่น 90-180 นาทีและทำการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของน้ำต่อเอทานอล

1.3.2 ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกลั่นน้ำมันหอมระเหยออกจากไพล โดยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ

1.3.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา คือ ไพลจากตำบลสันป่ายาง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

1.3.4 ทำการวัดองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยที่ออกจากไพลโดย วิธีแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas chromatography)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบทางการเกษตร

1.4.2 สามารถสร้างรายได้เพิ่มมากขึ้นให้กับผู้ประกอบการหรือเกษตรกร

1.4.3 เป็นตัวอย่างงานวิจัย เพื่อให้ผู้ที่สนใจได้ศึกษา หรือพัฒนาไปในรูปแบบที่ดีขึ้น

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร

2.1 ความรู้ทั่วไปของไพล

ไพลเป็นพืชล้มลุกมีเหง้าใต้ดิน มีเนื้อในสีเหลืองอมเขียวและมีกลิ่นหอม ลำต้นแทงขึ้นมาจากดิน ลำต้นสีเขียว มีใบออกตรงข้ามกัน ใบมีลักษณะยาวรีว เนื้อใบบางและปลายแหลม โคนใบแผ่เป็นกาบหุ้มลำต้น ดอกเป็นช่อแทงจากดินโดยตรง มีกลีบประดับซ้อนกันแน่น มีดอกเหลืองอยู่ระหว่างกลีบประดับ ไพลชอบดินเหนียวปนทรายระบายน้ำได้ดี ไม่ชอบน้ำขังและ เพราะจะทำให้รากเน่า แสงแดดพอควร ขยายพันธุ์โดยใช้เหง้า (พรทิพย์ และคณะ, 2552)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Zingiber Cassumunar Roxb.*

ชื่อวงศ์ : Zingiberaceae

ชื่ออื่น : ปุลอย ปุเลย (เหนือ) ว่านไฟ (กลาง) มั่นสะล่าง (เงี้ยว-แม่ฮ่องสอน)



ภาพที่ 2.1 ต้นไพล

ที่มา : <http://www.monmai.com/ยาหม่องไพล>

[วันที่สืบค้น 27 ธันวาคม 2557]

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ส่วนที่ให้น้ำมัน : เหง้าแก่จัด



ภาพที่ 2.2 เหง้าไพล

สรรพคุณ : แก้ฟกช้ำ บวม เคล็ดขัดยอก ขับลม ท้องเดิน ช่วยขับระดูประจำเดือนสตรี (นิยมใช้เป็นยาหลังคลอดบุตร) ด้านการอักเสบ เส้นดิ่ง เหน็บชา แก้ปวด และยับยั้งเชื้อราโรคโคนเน่าในมะเขือเทศ เมื่อนำไพลผสมกับแอลกอฮอล์สามารถกันบูดได้

2.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันไพล

ปัจจุบันได้มีการนำพืชสมุนไพรไทยบางชนิดมากลั่นน้ำมันหอมระเหยและนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเคมี และด้านเภสัชกรรม ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางในการผลิตน้ำมันหอมระเหยให้มีคุณภาพดีและเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรม จึงมีการกำหนดมาตรฐานของน้ำมันหอมระเหยขึ้น

2.2.1 ลักษณะทั่วไป

เป็นของเหลวใส ไม่มีสีหรือมีสีเหลืองอ่อน ปราศจากตะกอนและสารแขวนลอย ไม่มีการแยกชั้นของน้ำ มีกลิ่นเฉพาะตัว (การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ)

2.2.2 คุณลักษณะทางฟิสิกส์

ก. การละลายในเอทานอล เมื่อละลายน้ำมัน โพล 1 ส่วน โดยปริมาตร ในเอทานอลร้อยละ 80 โดยปริมาตร ปริมาณ 3 ส่วน โดยปริมาตรที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส แล้วต้องได้สารละลายใส (การทดสอบให้ปฏิบัติตาม ISO 875)

ข. ความหนาแน่นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ต้องมีค่า 0.880 ถึง 0.925 (การทดสอบให้ปฏิบัติตาม ISO 279)

ค. ออปติคอลโรเทชัน (Optical Rotation) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ต้องมีค่า -34.5 องศา ถึง -25.5 องศา (การทดสอบให้ปฏิบัติตาม ISO 592)

ง. ดัชนีหักเหที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ต้องมีค่า 1.4770 ถึง 1.5090 (การทดสอบให้ปฏิบัติตาม ISO 280)

จ. องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ

รายการที่	องค์ประกอบทางเคมี	เกณฑ์ที่กำหนดร้อยละของพื้นที่สัมพัทธ์
1	แอลฟา-ไพเนน (α -pinene)	1.0 ถึง 3.0
2	ซาบินีน (sabinene)	31.0 ถึง 48.0
3	แอลฟา-เทอร์ไพเนน (α -terpinene)	3.0 ถึง 8.0
4	แกมมา-เทอร์ไพเนน (γ - terpinene)	6.0 ถึง 10.0
5	เทอร์ไพเนน-4-อล (terpinene-4-ol)	19.0 ถึง 36.0

2.2.3 การบรรจุ

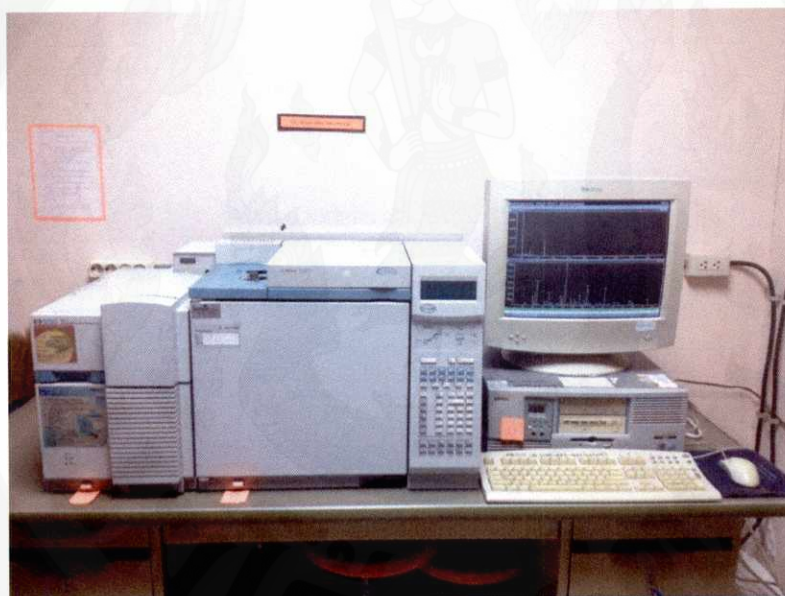
ก. ภาชนะบรรจุน้ำมัน โพลต้องแห้ง สะอาด ปิดได้สนิท และไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมัน โพลที่บรรจุอยู่ หากเป็นภาชนะบรรจุที่ทำด้วยแก้วต้องกันแสงได้ด้วย

ข. การบรรจุให้เหลือที่ว่างในภาชนะบรรจุ ร้อยละ 5 ถึง ร้อยละ 10 ของความจุภาชนะบรรจุ แล้วเก็บไว้ในที่แห้ง เย็น และไม่ถูกแสง

ค. หากมิได้มีการตกลงกันเป็นอย่างอื่นระหว่างผู้เกี่ยวข้อง น้ำหนักสุทธิของน้ำมันไหลในแต่ละภาชนะให้เป็น 1 กิโลกรัม 25 กิโลกรัม หรือ 170 กิโลกรัม และต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ในฉลาก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2543)

2.3 วิธี Gas chromatography - Mass spectrometry: GC-MS

วิธี GC-MS เป็นวิธีที่สามารถทำนายชนิดขององค์ประกอบที่มีอยู่ในสารได้อย่างค่อนข้างแม่นยำ โดยอาศัยการเปรียบเทียบ Fingerprint ของเลขมวล (Mass number) ของสารตัวอย่างนั้นๆ กับข้อมูลที่มีอยู่ใน Library นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงปริมาณ (Quantitative analysis) และเชิงคุณภาพ (Qualitative analysis) GC-MS ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของเครื่อง GC (Gas chromatography) และส่วนของเครื่อง MS (Mass spectrometer)



ภาพที่ 2.3 เครื่อง GC – MS

2.3.1 คุณสมบัติของเครื่อง GC

เครื่อง GC ทำหน้าที่ในการแยกองค์ประกอบของสารที่สามารถระเหยกลายเป็นไอ (Volatile organic compounds) ได้ เมื่อถูกความร้อนกลไกที่ใช้ในการแยกองค์ประกอบต่างๆ ในสารตัวอย่าง อาศัยหลักของความชอบที่แตกต่างกันขององค์ประกอบในตัวอย่างที่มีต่อเฟส 2 เฟส คือ Stationary phase และ Mobile phase

องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่อง GC สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

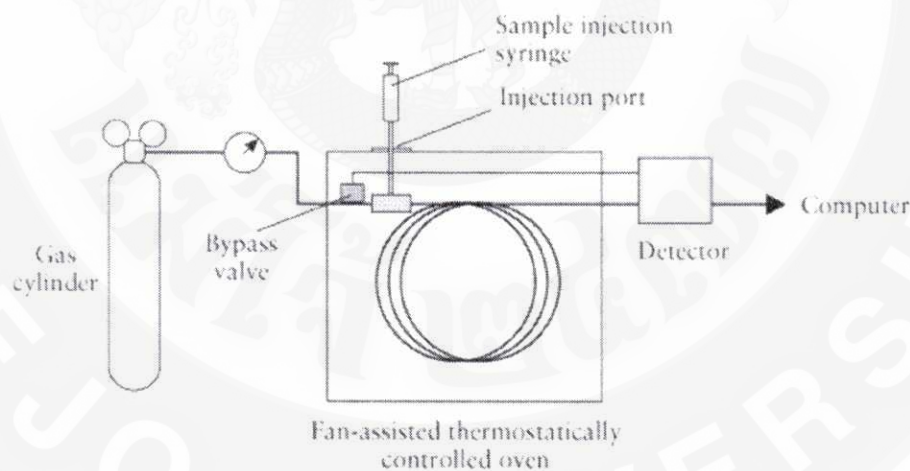
ก. Injector คือ ส่วนที่สารตัวอย่างจะถูกฉีดเข้าสู่เครื่องและระเหยเป็นไอก่อนที่จะเข้าสู่ Column อุณหภูมิที่เหมาะสมของ injector ควรเป็นอุณหภูมิที่สูงพอที่จะทำให้สารตัวอย่างสามารถระเหยได้ แต่ต้องไม่ทำให้สารสลายตัว ตัวอย่างของ injector ได้แก่ Split, Splitless, On column

ข. Oven คือ ส่วนที่ใช้สำหรับบรรจุ Column และเป็นส่วนที่ควบคุมอุณหภูมิของ Column ให้เปลี่ยนไปตามความเหมาะสมกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิของ Oven นั้นมี 2 แบบ คือ

1) Isocratic temperture

2) Gradient temperature ข้อดีของการทำ Gradient temperature คือสามารถใช้กับสารตัวอย่างที่มีจุดเดือดกว้าง (Wide boiling range) และยังช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์

ค. Detector คือส่วนที่จะใช้สำหรับตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างและดูว่าสารตัวอย่างชนิดที่เราสนใจมีปริมาณอยู่เท่าใด



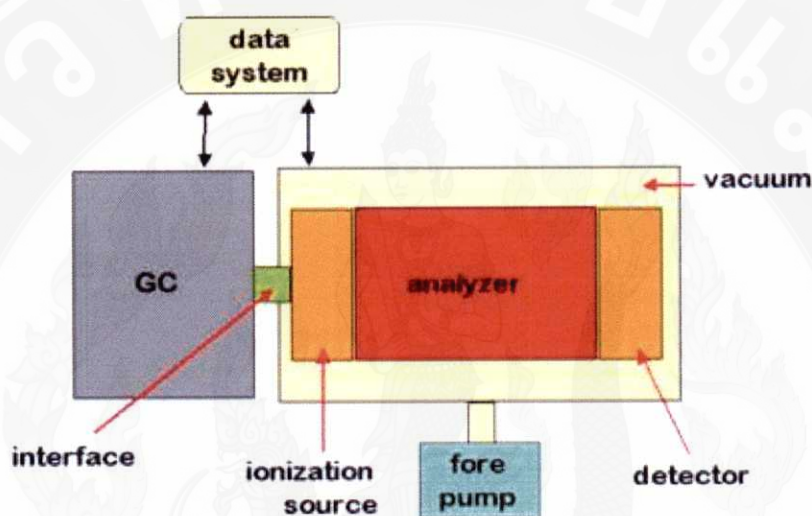
ภาพที่ 2.4 ส่วนประกอบพื้นฐานของGC

ที่มา : <http://www.kmitl.ac.th/sisc/GC-MS/main.html>

[วันที่สืบค้น 5 เมษายน 2557]

2.3.2 คุณสมบัติของเครื่อง MS

เครื่อง MS เป็น detector ที่ใช้ตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างโดยอาศัยกลไก คือ โมเลกุลขององค์ประกอบที่ถูกแยกออกมาจากสารตัวอย่างโดยเครื่อง GC นั้นจะถูก ionize ในสถานะที่เป็นสุญญากาศ แล้วตรวจวัดออกมาเป็นเลขมวล (mass number) เทียบกับข้อมูลอ้างอิง แล้วแปลผลออกมาเป็นชื่อขององค์ประกอบนั้นๆ



ภาพที่ 2.5 ส่วนประกอบพื้นฐานของ MS

ที่มา : <http://www.kmitl.ac.th/sisc/GC-MS/main.html>

[วันที่สืบค้น 5 เมษายน 2557]

องค์ประกอบสำคัญของ MS แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ก. **Ionization Source** แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

1) Electron Ionization (EI) เป็นการทำให้สารเกิด Fragment โดยใช้ลำ electron ซึ่ง Ionization chamber ต้องมีความดันต่ำประมาณ 10^{-8} ทอร์ โดย electron จาก filament ที่ร้อนจะถูกโฟกัสผ่านห้องนี้และถูกดึงเข้าหา repeller voltage ที่มีความต่างศักย์ 70 โวลต์ ซึ่งจะให้พลังงานกับ electron เป็น 70 อิเล็กตรอนโวลต์ ทำให้ของผสมที่ซับซ้อนของไอออนเกิดการแตกหัก (Fragmentation ion) ที่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและความอุดมสมบูรณ์ (Relative abundance)

2) Chemical Ionization (CI) เป็นการทำให้สารเกิดการ fragment ด้วยวิธีทางเคมีโดยผสมสารตัวอย่าง (ความดัน 10-4 ทอร์) เข้ากับแก๊สที่ทำปฏิกิริยาด้วย (ความดัน 1 ทอร์) แล้วผ่านสารผสมเข้าไปใน Ionization chamber โดยการทำให้เกิดการ fragment ด้วยการชนกับ electron เช่นเดียวกัน แก๊สที่ใช้ได้แก่ Methane, Isobutane และ Ammonia

ข. Mass Analyzer เป็นเครื่องวิเคราะห์มวล มีหลายแบบ คือ Magnetic-sector analyzer, Electrostatic analyzer, Time-of-flight analyzer, Ion cyclotron resonance analyzer, Quadrupole mass spectrometer -Quadrupole Mass Spectrometer ใช้หลักการวิเคราะห์ด้วยสนามแม่เหล็ก คือ เป็น Path-stability mass spectrometer ซึ่งมีแหล่งผลิต Ion source 2 ส่วน โดยส่วนแรกจะทำให้ตัวอย่างกลายเป็นไอออน และส่วนที่ 2 ทำให้สารมาตรฐานกลายเป็นไอออน ถ้าไอออนทั้งสองจะถูกบังคับให้ผ่านเครื่องแยกไอออนชุดเดียวกัน ดังนั้น ไอออนทั้งหมดจะได้รับอิทธิพลจากสนามแม่เหล็กในสถานะเดียวกัน แต่ถูกตรวจและวัดด้วยเครื่อง Detector แยกกันซึ่งมีข้อดีคือทำให้สามารถวัดมวล ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

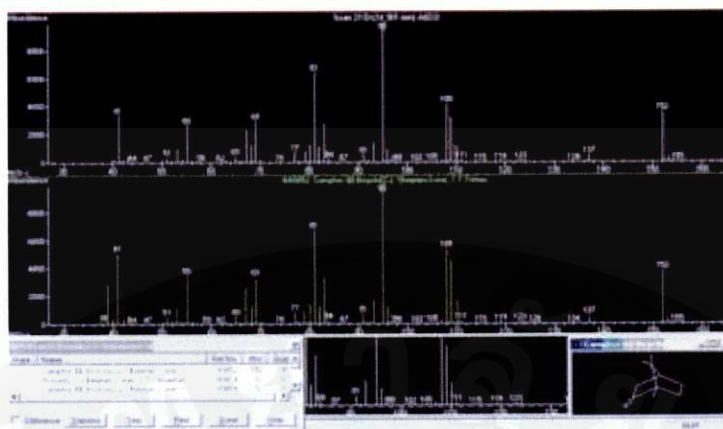
ค. Detector ที่ใช้โดยทั่วไปมีหลายอย่าง คือ Faraday cup dectector, Electron multiplier detector, Scintillation counter dectector, Photographic plate dectector (ศูนย์บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์, 2557)

ข้อดีของเครื่อง GC-MS

- 1) สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งแบบทั่วไปและแบบเฉพาะเจาะจง
- 2) ให้ sensitivity ที่สูง
- 3) สามารถบ่งชี้ถึงชนิดขององค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างได้
- 4) สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

ข้อเสียของเครื่อง GC-MS

- 1) ราคาแพง
- 2) ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องสูง (ดวงกมล, 2557)



ภาพที่ 2.6 Library search results

ที่มา : <http://www.kmitl.ac.th/sisc/GC-MS/main.html>

[วันที่สืบค้น 5 เมษายน 2557]

2.4 การสกัดน้ำมันหอมระเหย

การสกัดเพื่อให้ได้น้ำมันหอมระเหยสามารถทำได้ 5 วิธี คือ

2.4.1 การกลั่น (Distillation)

เป็นวิธีที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากเป็นวิธีที่ประหยัดโดยการให้น้ำผ่านพืชสมุนไพรที่อยู่ในหม้อกลั่น น้ำมันหอมระเหยจะถูกสกัดออกมาพร้อมกับไอน้ำที่ผ่านไปตามท่อ และถูกทำให้เย็นตัวเป็นของเหลวเก็บไว้ในขวด น้ำมันหอมระเหยจะแยกตัวออกจากชั้นน้ำ ทำให้สามารถที่จะนำออกมาใช้ได้ง่าย น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้โดยวิธีนี้ได้แก่ น้ำมันไพล น้ำมันตะไคร้ เป็นต้น เทคนิคการกลั่นน้ำมันหอมระเหยที่ใช้กันมีอยู่ 3 วิธี ได้แก่

ก. การกลั่นด้วยน้ำ (Water distillation) เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดของการกลั่นน้ำมันหอมระเหย การกลั่นโดยวิธีนี้ พื้นที่ใช้กลั่นต้องจุ่มในน้ำเดือดทั้งหมด อาจพบพืชบางชนิดเบา อาจลอยได้แล้วแต่ความถ่วงจำเพาะของพืชนั้น การให้ความร้อนกับน้ำ อาจให้ไปโดยรอบหรือให้ท่อไอน้ำผ่านการกลั่น น้ำมันหอมระเหยนี้ใช้กับของที่ติดกันง่ายๆ เช่น ใบไม้บางๆ กลีบดอกไม้อ่อนๆ เป็นต้น

ข. การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (water and steam distillation) การกลั่นโดยวิธีนี้ใช้ตะแกรงรองของที่จะกลั่นให้เหนือระดับน้ำในหม้อกลั่น ต้มให้เดือด ไอน้ำจะลอยตัวขึ้นไปผ่านพืชหรือ

ตัวอย่างที่จะกลั่น ส่วนน้ำจะไม่ถูกกับตัวอย่างเลย ไอน้ำจากน้ำเดือดเป็นไอน้ำที่อิ่มตัว หรือเรียกว่า ไอเปียก ไม่ร้อนจัด เป็นการกลั่นที่สะดวกที่สุด คุณภาพของน้ำมันออกมาดีกว่าวิธีแรก การกลั่นแบบนี้ใช้กันอย่างกว้างขวางในการผลิตน้ำมันหอมระเหยทางการค้า

ค. การกลั่นด้วยไอน้ำ (direct steam distillation) การกลั่น โดยวิธีนี้วางของอยู่บนตะแกรงในหม้อกลั่น ซึ่งไม่มีน้ำอยู่เลย ไอน้ำภายนอกที่อาจจะเป็นไอน้ำเปียก หรือ ไอร้อนจัดแต่ความดันสูงกว่าบรรยากาศ ส่งไปตามท่อไต้ตะแกรง ให้ไอน้ำผ่านขึ้นไปถูกกับของบนตะแกรง ไอน้ำต้องมีปริมาณเพียงพอที่จะช่วยให้น้ำมันแพร่ระเหยออกมาจากตัวอย่าง ตัวอย่างบางชนิดอาจใช้ไอร้อนได้ แต่บางชนิดก็ใช้ไอน้ำเปียก น้ำมันจึงจะถูกปล่อยออกมา

2.4.2 การสกัดด้วยน้ำมันสัตว์ (Enfleurage)

วิธีนี้จะใช้กับน้ำมันหอมระเหยที่ระเหยได้ง่ายเมื่อกลั่นด้วยไอน้ำ วิธีนี้จะใช้เวลานานเนื่องจากต้องแช่พืชสมุนไพรไว้ในน้ำมันหลายวันเพื่อให้น้ำมันดูดเอากลิ่นหอมออกมา น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้โดยวิธีนี้ ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากดอกมะลิ ดอกกุหลาบ เป็นต้น

2.4.3 การสกัดด้วยสารเคมี (Solvent extraction)

วิธีนี้จะได้น้ำมันหอมระเหยที่มีความเข้มข้นสูง แต่คุณภาพไม่ดีเนื่องจากจะมีสารอื่นปะปนออกมาด้วย การสกัดแบบนี้จะได้น้ำมันหอมระเหยที่เรียกว่า absolute oil วิธีนี้จะใช้กับพืชสมุนไพรที่ทนความร้อนสูงไม่ได้ เช่น มะลิ และหลังจากการสกัดต้องระเหยสารละลายที่ใช้เป็นตัวสกัดออกให้หมด ซึ่งสารละลายที่นิยมใช้เป็นตัวสกัด คือ แอลกอฮอล์

2.4.4 การคั้นหรือบีบ (Compressing extraction)

วิธีนี้จะทำให้น้ำมันที่อยู่ในเปลือกของผลไม้ เช่น เปลือกพืช ตระกูลส้ม ออกมาแต่น้ำมันหอมระเหยที่ได้จะมีปริมาณน้อยและไม่บริสุทธิ์

2.4.5 การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว (Supercritical carbon-dioxide extraction)

โดยการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เหลวที่ความดันสูงผ่านพืชสมุนไพร ซึ่งวิธีนี้จะมีต้นทุนการผลิตที่สูง แต่จะได้น้ำมันหอมระเหยที่มีคุณภาพดี และมีความบริสุทธิ์สูง (สิริลักษณ์, 2545)

2.5 ผลทางเภสัชวิทยา

น้ำมันไพลประกอบไปด้วยสารเทอร์ปีนอยด์ (terpenoids) เบต้าซิโตสเตอรอล (β -sitosterol) และในส่วนสกัดด้วยเฮกเซน (Hexane extract) ของไพลซึ่งแบ่งที่ละส่วนที่ละลายได้น้อย ตรวจพบสาร โมโนเทอร์ปีน (monoterpene) และสารใหม่อีก 7 ชนิด คือ A, B, B', C, C', D และ E มีผลทางเภสัชวิทยา ดังนี้

2.5.1 ด้านการอักเสบ

สารสำคัญของไพลแบ่งออกเป็น 3 ชนิด จากการสกัดด้วยเฮกเซนที่นำมาสกัดต่อจากสารสกัด เมธานอลของเหง้าไพล พบว่าเป็น terpinene-4-ol, α -terpinene และ (E)1-(3,4-dimethoxyphenyl)but-3-en-1-ol มีฤทธิ์ด้านการอักเสบและแก้ปวด ได้ทดลองในสัตว์ทดลองพบว่า สาร (E)1-(3,4-dimethoxyphenyl)but-3-en-1-ol มีฤทธิ์ด้านการอักเสบเป็น 2 เท่าของ ไดโครฟีแนก (Diclofenac) ซึ่งเป็นยาแผนปัจจุบันที่ใช้บรรเทาอาการอักเสบ โดยออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไซโคลออกซีจีเนส (Cyclooxygenase) และไลโปซิจีเนส (Lipoxygenase)

สารอัลฟา-พินีน (α -pinene) และเทอร์ปีนีน-4-อล (terpinene-4-ol) ได้ทดลองในสัตว์ทดลองพบว่าให้ฤทธิ์ด้านการอักเสบ โดยให้ฤทธิ์นานกว่า อินโดเทราซิน ส่วนเคอร์คิวมิน (curcumin) พบว่ามีฤทธิ์ด้านการอักเสบโดยออกฤทธิ์เป็นแอนติออกซิแดนท์

2.5.2 ฤทธิ์บรรเทาปวด

พบว่าน้ำสกัดไพลในขนาดความเข้มข้น 30, 70, 150, 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อซีซี สามารถลดการทำงานของเส้นประสาท Sciatic ได้ภายใน 20 นาที โดยผลการลดขึ้นอยู่กับขนาดที่ใช้ จากการทดลองในสัตว์พบว่ากล้ามเนื้อดลูกหนูคลายตัวได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เห็นได้ชัดว่า กล้ามเนื้อดลูกไวต่อไพลมาก จากคุณสมบัตินี้อาจใช้ไพลเป็นยาแก้ปวดมดลูกเวลาที่มีประจำเดือนได้

2.5.3 ฤทธิ์ด้านฮิสตามีน (histamine)

ทำให้กล้ามเนื้อเรียบคลายตัว อนุพันธ์นิวบิวตานอยด์ในเหง้าไพล ทำให้กล้ามเนื้อเรียบลำไส้เล็ก ส่วนปลายของหนูตะเภาคลายตัว สามารถต้านฤทธิ์อะเซทิลโคลีน (acetylcholine), นิโคติน (nicotine) และเซโรโทนิน (serotonin) มีรายงานผลการวิจัยในคนไข้และสัตว์ทดลอง พบว่าสารสกัดจากไพลมี

ฤทธิ์ขยายหลอดเลือด โดยการทดลองใช้กับคนไข้ที่เป็นโรคหอบหืดทั้งเด็กและผู้ใหญ่ จากการศึกษาในผู้ป่วยเด็ก พบว่าให้รับประทานเหง้าไพลบดแห้งขนาด 11-25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีฤทธิ์ต้านฮิสตามีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีฤทธิ์น้อยกว่ายาคลอเฟนิรามีน จากการศึกษาพบข้อดีของไพลเมื่อใช้รักษาผู้ป่วยโรคหอบหืดที่มีภาวะภูมิแพ้ที่เชื่อมกร่วมด้วยใช้ได้ดีทั้งขณะหอบและป้องกันการหอบ เนื่องจาก compound D และอนุพันธ์ 2 ชนิด ได้แก่ compound D acetate และ compound D palmitate ซึ่งเป็นสารที่สกัดมาจากไพล ปัจจุบันนำมาทดลองใช้ทำยารักษาโรคหอบหืด ซึ่งสารทั้ง 3 ชนิด มีลักษณะดังต่อไปนี้

ก. compound D ลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืดสีเหลืองอ่อน ชื่อทางเคมี คือ 4-(3',4'-dimethoxy-phenyl)-but-3-en-1-ol สูตรเคมีคือ $C_{12}H_{16}O_3$

ข. compound D acetate ลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืดสีเหลืองอ่อน ชื่อทางเคมี คือ 4-(3',4'-dimethoxy-phenyl)-but-3-en-1-yl acetate สูตรเคมีคือ $C_{14}H_{18}O_4$

ค. compound D palmitate ลักษณะเป็นของแข็ง ไม่มีสี ชื่อทางเคมี คือ 4-(3',4'-dimethoxy-phenyl)-but-3-en-1-yl palmitate สูตรเคมีคือ $C_{28}H_{46}O_4$

2.5.4 สารต้านสารเร่งการเกิดมะเร็ง

โดยสมุนไพร 6 ชนิด ขมิ้น (*Curcuma ddimestca* Valetton) ว่านชักมดลูก (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) เปราะหอม (*Kaempferia galangal* L.) ไพล (*Zingiber cassumunar* Roxb.) ขิง (*Zingiber officinale* Rosc.) และกระเทียม (*Zingiber zerumbet* (L.) Smith) มีผลต้านไวรัสเอพสเดนบาร์ด้วยสาร TPA (12-o-tetradecamoyl phor-bo 1-13-acetate) ซึ่งเป็นสารเร่งการเกิดมะเร็ง (tumour promoter) ข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาสมุนไพรเพื่อป้องกันมะเร็ง โดยเฉพาะในระยะ tumour promoting stage

2.5.5 ฤทธิ์ต้านจุลชีพ

ใช้ทาแผลฝีหนองหรือโรคผิวหนังบางชนิดเนื่องจากไพลมีฤทธิ์ต้านจุลชีพที่เป็นสาเหตุของฝีหนอง และเชื้อราบางชนิดได้

2.5.6 ใช้เป็นยาทากันยุงได้

น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากเหง้าไพล เมื่อใช้ทาผิวหนังใช้ป้องกันยุงได้ อาจใช้ผงไพลแช่น้ำ แอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปประเหยให้เข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ สามารถป้องกันยุงได้ 3 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังสามารถใช้เหง้ากินเป็นยาขับลม มีฤทธิ์ระบายอ่อนๆ แก้บิด สมานลำไส้ (ชลิต และคณะ, 2555)

2.5.7 ฤทธิ์ในการไล่แมลง/ ยับยั้งโรคพืช

น้ำสกัดจากไพลสามารถยับยั้งเชื้อรา โรคโคนเน่าในมะเขือเทศ ช่วยลดต้นทุนในการผลิต ทำให้เกษตรกรปลอดภัยจากยาฆ่าแมลง ผลผลิตที่ได้ปลอดจากสารปนเปื้อน (เรื่องประจักษ์ บั๊กทอง บรรณาธิการ, 2546)

2.6 การออกแบบพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology, RSM)

เป็นการรวบรวมเอาเทคนิคทั้งทางคณิตศาสตร์และทางสถิติที่มีประโยชน์ต่อการสร้างแบบจำลองและการวิเคราะห์ปัญหาโดยที่พื้นผิวตอบสนองที่สนใจขึ้นอยู่กับหลายตัวแปร และมีวัตถุประสงค์ที่จะหาค่าที่ดีที่สุดของพื้นผิวตอบสนอง

$$y = f(x_1, x_2) + \varepsilon \quad (2.1)$$

โดยกำหนดให้ปัจจัยนั้นแทนค่าด้วย x และ ε คือ ค่าความผิดพลาดของผลตอบ y ที่เป็นผลมาจากการทดลอง ถ้ากำหนดว่า $E(y) = f(x_1, x_2) + \eta$ ดังนั้น สามารถเขียนสมการของพื้นผิวได้ คือ

$$\eta = f(x_1, x_2) \quad (2.2)$$

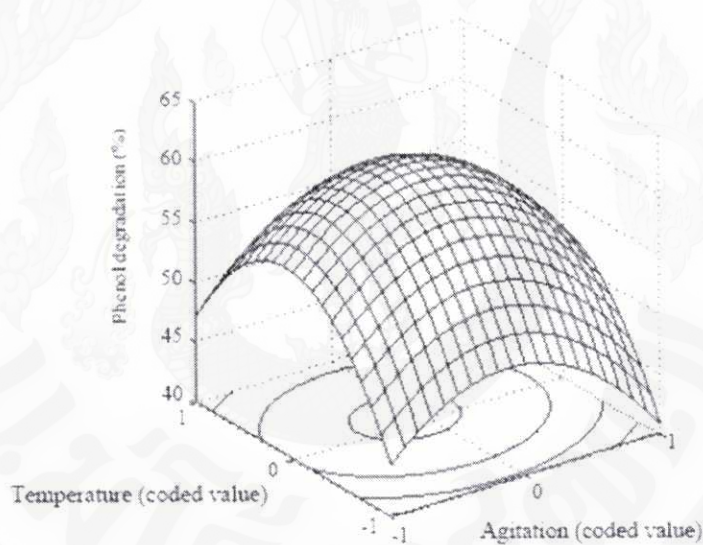
ซึ่งจะเรียกกันว่า “พื้นผิวตอบสนอง (Response Surface)” โดยส่วนใหญ่จะแสดงพื้นผิวตอบสนองในรูปของกราฟฟิก โดยที่ η จะถูกพล็อตกับระดับของ x_1 และ x_2 เพื่อที่จะช่วยให้มองเห็นรูปร่างของพื้นผิวตอบสนองได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งอาจจะพล็อตเส้นโครงร่าง (Contour Plot) ของพื้นผิวตอบสนอง โดยที่ปัญหาในส่วนใหญ่จะไม่ทราบความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบและตัวแปรอิสระ โดยใน

ขั้นแรก จะต้องหาตัวประมาณที่เหมาะสมที่ใช้เป็นตัวแทนสำหรับแสดงความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่าง y และเซตของตัวแปรอิสระอาจจะเป็น แบบจำลองของผลตอบมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับตัวแปรอิสระ ฟังก์ชันที่ใช้เป็นแบบจำลองกำลังหนึ่ง ดังสมการที่ 2.3

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (2.3)$$

แต่ถ้ามีส่วนโค้งเกี่ยวข้องกับระบบ จะใช้ฟังก์ชันพหุนามที่มีกำลังสูงขึ้น เช่น พหุนามกำลังสอง ดังสมการที่ 2.4

$$Y = \beta_0 + \sum_{t=1}^k \beta_1 x_1 + \sum_{t=1}^k \beta_2 x_2 + \sum \sum_{i < j} + \varepsilon \quad (2.4)$$



ภาพที่ 2.7 พื้นผิวตอบสนองแบบสามมิติ

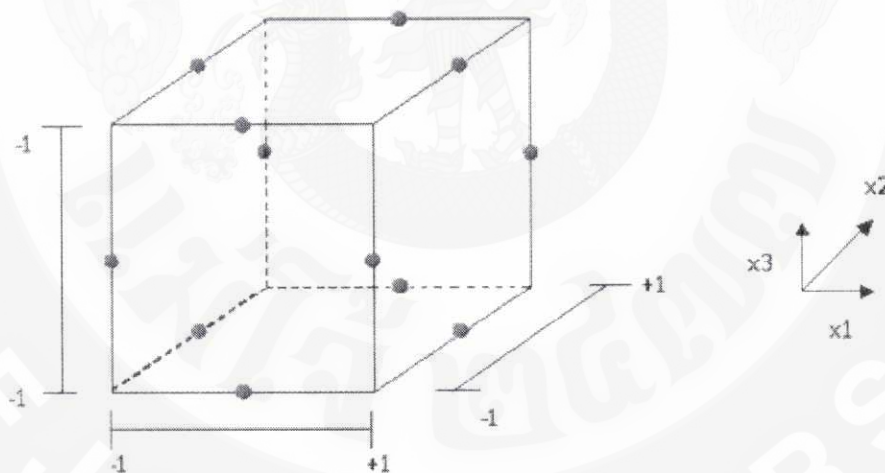
ที่มา: <http://scialert.net/fulltext/?doi=ijct.2010.33.45&org=12>

[วันที่สืบค้น 31 มีนาคม 2557]

ปัญหาเกี่ยวกับพื้นผิวตอบสนองส่วนมากจะใช้แบบจำลองกำลังหนึ่งหรือแบบจำลองกำลังสองในการหาผลตอบสนอง แต่แบบจำลองทั้งสองชนิดไม่สามารถใช้ประมาณความสัมพันธ์ตลอดพื้นผิวทั้งหมดของตัวแปรอิสระ ถ้าพื้นผิวที่เราสนใจอยู่มีขนาดใหญ่ การออกแบบพื้นผิวตอบสนองมีวิธีการที่นำมาใช้ในการหาค่าที่ดีที่สุดของผลตอบสนองอยู่หลายวิธีด้วยกัน ได้แก่ วิธีการกำลังสองน้อยที่สุด การป้อนด้วยทางชัน การออกแบบสำหรับพิตแบบจำลองอันดับหนึ่ง และการออกแบบการพิตแบบจำลองอันดับสอง ซึ่งการออกแบบสำหรับการพิตแบบจำลองอันดับหนึ่งนี่เป็นการเน้นไปที่การสร้างแบบจำลองควอดราติกของผลตอบสนอง

2.6.1 การออกแบบการทดลองแบบบ็อก – เบนเคน (Box-Behnken Designs)

เป็นการออกแบบสามระดับสำหรับพิตพื้นผิวตอบสนอง การออกแบบนี้ถูกสร้างขึ้นจากการรวบรวมการออกแบบแฟกทอเรียล 2^k กับการออกแบบบล็อกไม่สมบูรณ์ ผลของการออกแบบมีประสิทธิภาพในด้านจำนวนของการรันที่ต้องการ และการออกแบบนี้ยังมีความสามารถในการหมุนหรือเกือบหมุน ได้อีกด้วย



ภาพที่ 2.8 แสดงการออกแบบบ็อก-เบนเคน สำหรับ $k=3$

ที่มา: <http://dc401.4shared.com/doc/3-jLPFr2/preview.html>

[วันที่สืบค้น 31 มีนาคม 2557]

เนื่องจากการออกแบบบล็อก-เบนเคน เป็นการออกแบบรูปทรงกลมที่ทุกจุดวางอยู่บนรูปทรงกลมรัศมี 2 และไม่ได้รวมเอาจุดใดๆ ที่เป็นจุดยอดของรูปลูกบาศก์ที่สร้างขึ้นจากขีดจำกัดบนและล่างของแต่ละตัวแปรเอาไว้ ดังภาพที่ 2.8 ซึ่งการกระทำเช่นนี้มีประโยชน์มากเมื่อจุดที่อยู่บนมุมของลูกบาศก์เป็นการรวมเอาปัจจัย (Factor-Level Combination) ที่แพงมากหรือเป็นไปได้ที่จะทำการทดลอง อันเนื่องมาจากข้อจำกัดทางด้านกายภาพของกระบวนการ (อิสรพงษ์, 2544)

2.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA)

เป็นวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง ตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไปซึ่งจะเป็นการวิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Between-group variance) และความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Within-group variance) ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม เป็นค่าที่เกิดจากความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มต่างๆ ถ้าค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มต่างๆ แตกต่างกันมาก ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มก็จะมากตามไปด้วย สำหรับความแปรปรวนภายในกลุ่มเป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่า คะแนนแต่ละตัวที่รวมมานั้นภายในแต่ละกลุ่มมีการกระจายมากหรือน้อย ค่าที่คำนวณได้เรียกว่า ความคลาดเคลื่อน

2.8 แบบจำลองถดถอย (Regression Model)

แบบจำลองการถดถอย (Regression Model) เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย เพื่อนำไปสร้างสมการทำนายค่าของผลตอบสนอง ซึ่งจะทำได้หาผลตอบสนองที่จุดใดๆ ในแต่ละช่วงปัจจัยได้ โดยวิธีการที่ใช้ในการประมาณค่าตัวแปรต่างๆ ในแบบจำลองนี้ส่วนใหญ่คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) ซึ่งเป็นการประมาณค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่า (β) เพื่อให้ผลรวมของกำลังสองของความผิดพลาด ($2E$) มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งบางครั้งเราเรียก β เหล่านี้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย โดยมีขั้นตอนในการประมาณค่าดังนี้

- 1) สร้างผลรวมของกำลังสองของค่าความผิดพลาด โดยการพิศผลตอบสนอง
- 2) ประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของปัจจัยในเทอมต่างๆ ที่ทำให้ผลรวมของกำลังสองของค่าความผิดพลาดมีค่าน้อยที่สุด
- 3) นำค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ได้ไปเขียนสมการทำนายค่าของผลตอบสนอง

2.8.1 วิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยที่เหมาะสมกับผลตอบแทน

ก. ทดสอบความมีนัยสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบแทนและเซตของตัวแปรถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยพิจารณาสมมติฐานที่เหมาะสมของแต่ละแบบ ซึ่งพิจารณาจากค่า P-value

ข. ทดสอบ Lack of Fit เป็นการทดสอบว่าฟังก์ชันถดถอยหรือแบบจำลองการถดถอยที่ใช้มีความเหมาะสมกับข้อมูลหรือไม่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพิจารณาจากค่า P-value

ค. วิเคราะห์ผลสถิติของแต่ละแบบจำลองพิจารณาค่าดังต่อไปนี้

1) Standard Deviation (Std. Dev.) คือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า Y รอบเส้นถดถอย คำนวณได้จาก

$$Std. Dev. = \sqrt{MSE} \quad (MSE; Residual Mean Square) \quad (2.5)$$

2) R-Squared (R^2) คือ ค่าที่แสดงสัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ของความแปรผันทั้งหมดใน Y อธิบายโดยความแปรผันใน X หรืออธิบายโดยความสัมพันธ์ระหว่าง X กับ Y ดังนั้นจึงเป็นค่าที่ใช้วัดว่าสมการที่ประมาณเหมาะสมกับข้อมูลเพียงไร ถ้า R^2 มีค่ามากขึ้น แสดงว่าสมการถดถอยที่ประมาณเหมาะสมกับข้อมูลมากขึ้น คำนวณได้จากสมการ 2.5

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}, 0 \leq R^2 \leq 1 \quad (2.6)$$

3) Adjusted R-Squared ($Adj-R^2$) คือ ค่าที่แสดงสัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ที่ตัวแปรอิสระ X มีส่วนในการอธิบายความผันแปรทั้งหมดของ Y ซึ่งเป็นค่าวัดว่ารูปแบบเหมาะสมกับข้อมูลอย่างไร โดยการนำ Degree of freedom มาพิจารณาด้วย คำนวณได้จากสมการ 2.6

$$Adj - R^2 = 1 - \frac{SSE/(n-k-1)}{SST/(n-1)}, 0 \leq R^2 \leq 1 \quad (2.7)$$

4) Predicted R-Squared ($Pred-R^2$) คือ ค่าที่แสดงสัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ที่ตัวแปรอิสระ X มีส่วนในการอธิบายความผันแปรทั้งหมดของ Y ที่ได้จากการทำนาย คำนวณได้จากสมการ 2.7

$$Pred - R^2 = 1 - \frac{PRESS}{SS_{total}} \quad (2.8)$$

5) Predicted Residual Error Sum of Square (PRESS) คือ ค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนตัดออกเป็นการวัดว่าแบบจำลองมีความเหมาะสมกับจุดที่ทำการออกแบบไว้หรือไม่ แบบจำลองการถดถอยที่เหมาะสมจะเป็นแบบจำลองที่มีค่า PRESS ต่ำ คำนวณได้จากสมการ 2.8

$$PRESS = \sum \left(\frac{e_i}{1 - h_{ii}} \right)^2 \quad (2.9)$$

2.8.2 วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระแต่ละตัวในแบบจำลองที่เลือก

วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระแต่ละตัวในแบบจำลองที่เลือกเป็นการทดสอบที่ช่วยตรวจสอบคุณค่าของตัวแปรอิสระแต่ละตัวที่อยู่ในรูปแบบถดถอยที่เลือกไว้ โดยการทดสอบว่าตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y โดยสมมติฐานการทดสอบคือ

$$H_0: \beta_j = 0 \quad (2.10)$$

$$H_0: \beta_j \neq 0 \quad (2.11)$$

2.8.3 การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ (Diagnostics)

การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบว่ามีความเหมาะสมหรือไม่สามารถพิจารณาได้จากข้อมูลต่างๆ ดังนี้

ก. การตรวจสอบส่วนตกค้าง (Residual Analysis) วิธีแบบง่ายและได้ผลสำหรับการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการถดถอย คือ การตรวจสอบโดย *Residual* e_i คือค่าความแตกต่างระหว่าง Y_i และค่าประมาณ $\hat{Y}_i$ บนเส้นถดถอย (*Fitted or Predicted value*)

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (2.12)$$

การตรวจสอบคุณสมบัติของรูปแบบการถดถอยจะใช้วิธีวิเคราะห์กราฟของส่วนตกค้าง 2 วิธี ได้แก่ Residual Plots เป็นการพล็อตของ Residual เป็นแผนภาพกระจายคู่กับค่าประมาณบนเส้นถดถอย (*fitted value*) $\hat{Y}_i$ และเวลาที่เกิดค่าสังเกต การตรวจสอบค่าผิดปกติเนื่องจากค่าของตัวแปรอิสระ

ข. การตรวจสอบค่าผิดปกติเนื่องจากค่าของตัวแปรอิสระ เป็นการสังเกตค่าที่มีอิทธิพลที่มีผลกระทบต่อการประมาณสมการถดถอย ค่าสังเกตที่เป็นค่าสุดขีด (extreme value) สำหรับตัวแปรอิสระ เรียกว่า จุด high leverage พิจารณาจากค่า h_{ii} หรือค่า leverage ของค่าสังเกตที่ i คำนวณได้จากสมการ 2.13

$$h_{ii} = \frac{1}{n} + \frac{(X_i - \bar{X})^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2} \quad (2.13)$$

ค. การตรวจสอบค่าผิดปกติเนื่องจากค่าของตัวแปรตาม เป็นการวัดว่ามีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าที่ได้จริงเบี่ยงเบนจากค่าทำนายเท่าไร เพื่อหาส่วนตกค้างที่มีค่ามากกว่าค่าอื่น (Outlier) จะพิจารณาค่าผิดปกติเนื่องจากค่าของตัวแปรตามได้จากค่าสถิติ ได้แก่ ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่ i (Studentized residual), r_i

1) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่ i (Studentized residual), d_i หรือ Outlier

$$d_i = \frac{e_i}{\sqrt{MSE}} \quad (2.14)$$

2) ค่าความคลาดเคลื่อนปรับแล้วที่ i (Studentized residual), r_i

$$r_i = \frac{e_i}{\sqrt{\hat{\sigma}^2(1-h_{ii})}}, i = 1, 2, \dots, n \quad (2.15)$$

ค่าสถิติ d_i และ r_i ต่างมีการแจกแจงแบบ t ที่องศาแห่งความอิสระ $n-k-1$ ดังนั้นเกณฑ์การพิจารณาว่าค่าสังเกตที่สงสัยเป็นค่าที่ผิดปกติเนื่องจากค่าของตัวแปรตามหรือไม่ ได้จากการพิจารณาช่วงวิกฤต $|d_i| \geq t_{\frac{\alpha}{2}, n-k-1}$ หรือ $|r_i| \geq t_{\frac{\alpha}{2}, n-k-1}$

ง. การตรวจสอบค่าที่มีอิทธิพล ค่าที่มีอิทธิพลเป็นค่าผิดปกติที่มีผลทำให้เส้นสมการถดถอยเบี่ยงเบนไปจากกรณีปกติหรือกรณีที่ไม่มีค่าที่มีอิทธิพล ค่าที่มีอิทธิพลที่เกิดขึ้นมีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่คำนวณได้เปลี่ยนไป ดังนั้นหากทราบว่าค่าผิดปกติเนื่องจากค่าของตัวแปรอิสระหรือค่าของตัวแปรตามการพิจารณาต่อไปว่าค่าผิดปกตินั้นเป็นค่าที่มีอิทธิพลหรือไม่อย่างไรก็ตามค่าผิดปกติอาจจะเป็นค่าที่มีอิทธิพลหรือไม่ก็ได้ เพื่อให้การตรวจสอบค่าสังเกตที่มีอิทธิพลถูกต้องยิ่งขึ้น พิจารณาจากค่า Cook's Distance D_i คำนวณได้จาก

$$D_i = \frac{e_i^2}{(k-1)MSE} \left(\frac{h_{ii}}{(1-h_{ii})^2} \right) \quad (2.16)$$

เมื่อ k คือ จำนวนตัวแปรอิสระ

MSE คือ ความแปรปรวนของการประมาณค่า (คำนวณจากข้อมูล n ค่า)

h_{ii} คือ ค่า *leverage* ของค่าสังเกตที่ i (คำนวณจากข้อมูล n ค่า)

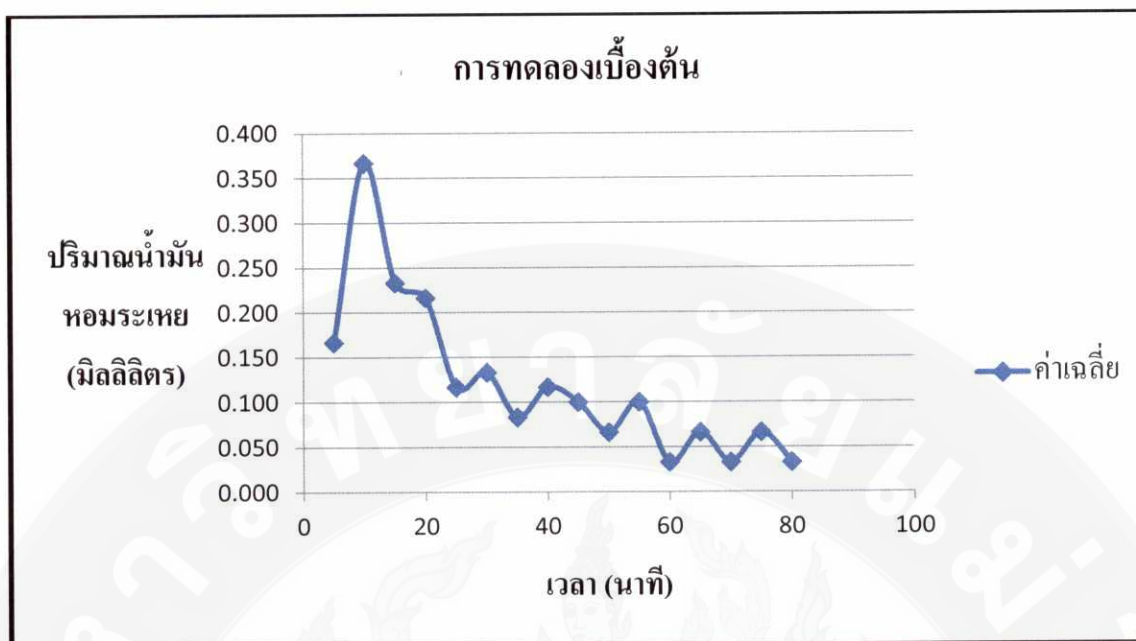
ถ้า $D_i > F_{0.5,p,n-p}$ เมื่อ p คือ จำนวนพารามิเตอร์ในสมการถดถอย (อิสรพงษ์, 2544)

2.9 การทดลองเบื้องต้น

เนื่องจากต้องการหาเวลาที่ปริมาณน้ำมันหอมระเหยออกมามากที่สุดเพื่อที่จะนำมาใช้เป็นค่ากลางในการทดลอง โดยเลือกที่อัตราส่วนน้ำต่อ ไพล 1:1 อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เนื่องจากการวางแผนการทดลองเบื้องต้นได้ใช้อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิต่ำสุดในการทดลอง เราจึงเลือกทดลองที่อุณหภูมิที่ค่ากลางคือ 250 องศาเซลเซียส โดยผลการทดลองเบื้องต้นแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงการทดลองเบื้องต้น

เวลา (นาทีก)	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (มิลลิลิตร)			ค่าเฉลี่ย (มิลลิลิตร)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
5	0.1	0.1	0.3	0.167
10	0.4	0.3	0.4	0.367
15	0.3	0.2	0.2	0.233
20	0.3	0.15	0.2	0.217
25	0.1	0.15	0.1	0.117
30	0.1	0.2	0.1	0.133
35	0.1	0.05	0.1	0.083
40	0.1	0.15	0.1	0.117
45	0.1	0.1	0.1	0.100
50	0	0.1	0.1	0.067
55	0.1	0.1	0.1	0.100
60	0	0	0.1	0.033
65	0.1	0.1	0	0.067
70	0	0	0.1	0.033
75	0.1	0.7	0	0.067
80	0	0	0.1	0.033



ภาพที่ 2.9 แผนภาพแสดงการทดลองเบื้องต้น

จากแผนภาพการทดลองเบื้องต้นสามารถหาเวลาที่เหมาะสมได้ ที่ช่วงเวลา 5-35 นาที จะให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่มากกว่าช่วงเวลาอื่น เราจึงเลือกที่เวลา 35 นาทีเป็นค่ากลางในการทดลอง เมื่อเราได้เวลาในการทดลองนำมาทำการทดลองที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อทำการทดลองที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส พบว่าแรงดันไอน้ำที่พาน้ำมันให้ควบแน่นเพื่อจะหยดลงที่รองรับน้ำมันมีไม่พอ จึงต้องใช้อุณหภูมิที่ 250 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิต่ำสุดในการทดลอง

2.10 ตรวจเอกสาร

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รุ่งฤดี (2550) ได้ทำการศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยวิธีไมโครเวฟโดยการเปรียบเทียบกระบวนการสกัดน้ำมันหอมระเหย 3 วิธี ได้แก่ การกลั่นด้วยความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศด้วยเครื่องกลั่นขนาดเล็ก (Portable Steam Distillation Unit: PSDU) การกลั่นด้วยความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศด้วยเครื่องสุญญากาศ (Rotary Evaporator: RE) และการกลั่นที่ความดันบรรยากาศ ซึ่งได้ทำการทดลองด้วยวิธีการ 3 วิธี ได้แก่ 1) การกลั่นด้วยน้ำ (Hydro Distillation: HD) 2) การกลั่นโดยใช้วิธีไมโครเวฟ (Microwave Extraction: ME) และ การกลั่นโดยใช้วิธีไมโครเวฟร่วมกับ

การใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด (Ultrasonic-assisted Microwave Extraction: UME) ซึ่งทั้ง 3 วิธีนี้ทำการกลั่นที่เวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที โดยวิธี UME จะใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัดเป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที ก่อนทำการกลั่นด้วยไมโครเวฟที่เวลาต่างๆ เพื่อทดสอบหาปริมาณและคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยจากโพลที่ได้จากการทดลองในแต่ละวิธี

ผลการทดลองพบว่า การกลั่นด้วยวิธี PSDU มีปริมาณน้ำมัน 0.5060 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อน้ำหนัก สีเหลืองเข้มและมีกลิ่นไหม้ เนื่องจากในการกลั่นใช้ความดันและอุณหภูมิสูง ซึ่งในการกลั่นด้วยวิธี RE มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้น้อย แต่น้ำมันมีกลิ่นหอมและมีสีใส การกลั่นที่ความดันบรรยากาศทั้ง 3 วิธี พบว่าการกลั่นด้วยวิธี ME ที่เวลา 40 นาที จะได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นออกมามากที่สุดคือ 1.0374 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อน้ำหนัก การกลั่นด้วยวิธี HD ที่เวลา 60 นาที ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมีปริมาณ 0.92 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อน้ำหนัก และพบว่าการใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด ไม่มีผลต่อการสกัดน้ำมันหอมระเหยโพล แต่เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี Gas Chromatography – Mass Spectrometry จะได้ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี เช่น sabinene, γ -terpinene, α -terpinene และ DMPBD สูงกว่าการกลั่นด้วยวิธี ME และ PSDU

Cannon et al. (2556) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยตามเวลาการกลั่น โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงเวลาการกลั่นน้ำมันหอมระเหยที่สำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น สารระแน้ ตะไคร้ และ palmarosa ผู้ผลิตต้องการเพิ่มปริมาณการผลิต องค์ประกอบที่สำคัญ และลดการใช้พลังงานที่จำเป็นสำหรับการกลั่น ในการดำเนินการทดลองผลิตน้ำมัน และองค์ประกอบของน้ำมันของสารระแน้ ตะไคร้ และ palmarosa เป็นฟังก์ชันความยาวของเวลาการกลั่น (DT) ที่ 20 นาที เวลาเพิ่มขึ้นผลผลิตน้ำมันไม่เพิ่ม ในการทดลองตะไคร้ และ palmarosa ผลผลิตที่ DT 240 นาที ผลผลิตน้ำมันลดลง 25-40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับผลผลิตที่ 20-160 นาที การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึง DT สำหรับผลผลิตสูงสุด น้ำมันหอมระเหยที่มีส่วนประกอบเฉพาะจากสารระแน้ ตะไคร้ และ palmarosa ประการที่สองการศึกษาค้นพบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมของ DT สำหรับผลผลิตสูงสุดน้ำมันหอมระเหยจากสารระแน้ ตะไคร้ และ palmarosa ใช้เวลาในการกลั่นสั้นกว่า โดยนักวิจัยประมวลผลค่าใช้จ่ายพลังงานและทรัพยากรอื่นๆ ให้เห็นว่า การเปรียบเทียบข้อมูลกับองค์ประกอบน้ำมันต้องใช้เวลาเข้าสู่การพิจารณาความยาวของ DT

Azmir et al. (2557) ได้ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของผลผลิตน้ำมันเมล็ด *Phaleria macrocarpa* โดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนองและองค์ประกอบของกรดไขมัน โดยทำการศึกษาเมล็ด *Phaleria macrocarpa* (Mahkota dewa) ถูกทดสอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของผลผลิตน้ำมันโดยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายใช้ n-hexane วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (RSM) ถูกใช้ในการอธิบายถึงอิทธิพลของเวลาในการสกัด, อุณหภูมิ และอัตราส่วนของตัวทำละลายกับ feed ที่มีต่อผลผลิตของน้ำมัน ใช้การออกแบบโดยใช้ตัวประกอบกลาง (CCD) ในรูปของเส้นตรง, สมการกำลังสอง และ interaction ของตัวแปรที่ศึกษามีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) มีผลกระทบต่อผลผลิตน้ำมัน การสกัดที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เวลา 8.4 ชั่วโมง และอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อฟีด 10.9 มิลลิลิตรต่อกรัม เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำมันเมล็ด ผลผลิตน้ำมันสูงสุดคือ 55.32 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้ำมันหาพิจารณาจาก Gas chromatography – Mass Spectrometry (GC–MS) และ Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) สิบสององค์ประกอบถูกระบุโดยการวิเคราะห์ GC-MS หลังจากการก่อดัวของกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ (FAME) กรดไขมันไม่อิ่มตัวรวมเป็น 19.38 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็น 44.23 เปอร์เซ็นต์ และ 36.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กรดโอเลอิก, 18:1 (43.56 เปอร์เซ็นต์) และกรดลิโนเลอิก, 18:2 (36.25 เปอร์เซ็นต์) องค์ประกอบหลักของกรดไขมัน น้ำมันเมล็ด Mahkota dewa ปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่ากรดไขมันอิ่มตัวในน้ำมันเมล็ด *P. macrocarpa*

อุดมลักษณ์ และคณะ (2556) ศึกษาผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยไพลจากแหล่งเก็บในประเทศไทย และแนวทางในการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ โดยรวบรวมพันธุ์ไพล จำนวน 21 สายพันธุ์ จากแหล่งเก็บในประเทศไทย และนำมาปลูกที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติภายใต้การดำเนินการวิจัยของศูนย์วิทยาการเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตรแห่งชาติ พบว่าผลผลิตน้ำหนักรากสดเหง้าไพลที่เก็บเกี่ยวเมื่อไพลมีอายุ 2 ปี จากไพล 21 สายพันธุ์ มีผลผลิต 930.90 - 6227.7 กรัมต่อต้น ผลผลิตน้ำหนักรากสด 3.97-26.57 ต้นต่อไร่ โดยไพลสายพันธุ์ S 13 ให้ปริมาณผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด

การศึกษากการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพล โดยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร พบว่า การกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าไพล ด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ (water distillation) นั้น ไพลสายพันธุ์ S 7 ให้ปริมาณผลผลิตน้ำมันหอมระเหยสูงที่สุด คือ 2.8

(ปริมาตรต่อน้ำหนักไพลสด) ในขณะที่ไพลสายพันธุ์ S 13 ให้ผลผลิตน้ำมันหอมระเหยต่อไร่สูงที่สุด คือ 469.25 กิโลกรัมต่อไร่

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร (2549) ศึกษาวิจัยเศรษฐกิจสมุนไพรไทย เพื่อให้ทราบถึงสถานการณ์การผลิต การตลาด และการแปรรูปของสมุนไพร 4 ชนิด คือ ว่านหางจระเข้ ฟ้ายทะลายโจร ตะไคร้หอม และไพล รวมทั้งศึกษาดัชนีทุนและผลตอบแทนจากการผลิต มูลค่าเพิ่มจากการแปรรูป ต้นทุนและผลตอบแทนของผู้ประกอบการรวมถึงวิถีตลาดและส่วนเหลือการตลาด วิเคราะห์ในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยได้ข้อมูลจากการสำรวจเกษตรกรและผู้ประกอบการในจังหวัดที่เป็นแหล่งผลิตสำคัญรวม 150 ราย ผลจากการศึกษาพบว่าในด้านการผลิตว่านหางจระเข้สามารถให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่มากที่สุด 9,834 กิโลกรัม รองลงมาคือ ตะไคร้หอม ไพล (อายุ 2 ปี) และฟ้ายทะลายโจร โดยเกษตรกรจะเสียต้นทุนจากการปลูกไพล (อายุ 2 ปี) มากที่สุด เฉลี่ยไร่ละ 24,099 บาท รองลงมาคือตะไคร้หอม ว่านหางจระเข้ และฟ้ายทะลายโจรซึ่งไพล (อายุ 2 ปี) สามารถสร้างกำไรสุทธิให้แก่เกษตรกรได้มากที่สุด เฉลี่ยไร่ละ 14,008 บาท รองลงมาคือ ว่านหางจระเข้ ฟ้ายทะลายโจร และตะไคร้หอม ด้านการแปรรูป ลูกเต๋าว่านหางจระเข้บรรจุกระป๋องสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผู้ประกอบการได้มากที่สุดเฉลี่ยกิโลกรัมละ 16.02 บาท ส่วนฟ้ายทะลายโจรแห้ง น้ำมันตะไคร้หอม และไพลผง สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มเฉลี่ยกิโลกรัมละ 18.58, 1.79 และ 20.50 บาท ตามลำดับ

ด้านการตลาด พบว่า ลูกเต๋าว่านหางจระเข้บรรจุกระป๋อง มีส่วนเหลือการตลาดระหว่างเกษตรกรและผู้ประกอบการค้ามากที่สุด เฉลี่ยกิโลกรัมละ 35.59 บาท รวมทั้งมีต้นทุนการตลาดและสร้างกำไรให้แก่ผู้ประกอบการค้าได้มากที่สุดเช่นกัน เฉลี่ยกิโลกรัมละ 23.23 และ 12.36 บาท ตามลำดับส่วนฟ้ายทะลายโจรผง น้ำมันตะไคร้หอม และน้ำมันหอมระเหยจากไพล มีต้นทุนการตลาดเฉลี่ยกิโลกรัมละ 184.70 และ 196.14 บาทตามลำดับและสร้างกำไรให้แก่ผู้ประกอบการค้าเฉลี่ยกิโลกรัมละ 5.23, 1,022 และ 840.45 บาท ตามลำดับ

ธีรศิลป์ (2551) ทำการวิจัยการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิงด้วยวิธีการต้มกลั่นด้วยไอน้ำ งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิง ด้วยเครื่องกลั่นต้นแบบ โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากขิงแก่ ขนาดของวัตถุดิบ (ขิงฝานบาง 1-2 มิลลิเมตรและขิงปั่นละเอียด) วิธีการสกัด (การสกัดแบบต้มกลั่นและการกลั่นด้วยไอน้ำ) อุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น (5, 10 และ 15 องศาเซลเซียส) และอัตราส่วน โดยน้ำหนักของขิงต่อน้ำ (0.5:1, 0.2:1 และ 0.1:1) ทำการศึกษา

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันหอมระเหยจิงด้วยเครื่องกลั่นแบบกับเครื่องคลีเวนเจอร์ วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันหอมระเหยจากจิง และวิเคราะห์อัตราส่วนผลได้ของการสกัด ด้วยวิธีต้มเชิงทฤษฎีเทียบกับผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยต้นแบบที่ออกแบบและปรับปรุงสามารถ สกัดน้ำมันจิงได้ที่มีความดันบรรยากาศ ประสิทธิภาพการสกัดที่ได้ใกล้เคียงกับเครื่องคลีเวนเจอร์ สภาวะ ที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำมันหอมระเหยให้ผลได้การสกัดสูง คือ การสกัดด้วยวิธีต้มกลั่น โดยใช้จิง ปั่นละเอียด อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น 15 องศาเซลเซียส อัตราส่วน โดยน้ำหนักของจิงต่อน้ำที่ใช้ในการสกัด คือ 0.1:1 โดยน้ำหนัก และสกัดนาน 60 นาที ปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงสุดที่สกัดด้วยเครื่องกลั่น ต้นแบบเท่ากับร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันหอมระเหยจากจิงมีค่าใกล้เคียง กับน้ำมันจิงทั่วไป สำหรับการเปรียบเทียบอัตราส่วนของปริมาณน้ำมันจิงต่อน้ำที่สกัดได้เชิงทฤษฎีกับ ผลการทดลอง พบว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์ทำนายผลการสกัดสูงกว่าปริมาณที่สกัดได้จากการทดลอง เนื่องจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไม่ได้พิจารณาโครงสร้างวัตถุดิบซึ่งมีผลต่อการด้านการแพร่ ของน้ำมันจิงและน้ำ

บทที่ 3 วิธีการวิจัย

3.1 วัสดุ

เหง้าไพลจากแหล่งปลูกในเขตพื้นที่ตำบลสันป่ายาง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ อายุปลูกประมาณ 3 ปีขึ้นไป เก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ เป็นช่วงที่ลำต้นไพลฟุบตัวลง มีวิธีการเก็บรักษาคุณภาพน้ำมันในไพลโดยตัดรากและเก็บไว้ที่อุณหภูมิที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยไม่ต้องล้าง

3.2 เครื่องมือ

3.2.1 ชุดกลั่นแบบน้ำมันเบากว่าน้ำ

3.2.2 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง SARTORIUS CP3202 S

3.2.3 เครื่องปั่น PHILIPS 600 วัตต์

3.2.4 Hot plate รุ่น IKA® C-MAG HS7

3.2.5 ปีกเกอร์ขนาด ขนาด 500 มิลลิลิตร และ 1000 มิลลิลิตร

3.2.6 ขวดรูปชมพู่ ขนาด 3000 มิลลิลิตร

3.2.7 จุกยาง

3.2.8 สายยางสำหรับส่งน้ำหล่อเย็น

3.2.9 หลอดหยด

3.2.10 ขวดสีชา ขนาด 2 dram

3.2.11 มิเตอร์วัดกระแสไฟแบบพกพา

3.2.12 magnetic bar ขนาด 80x10 มิลลิเมตร

3.3 การเตรียมไพลสำหรับสกัด

3.3.1 นำไพลมาตัดราก

3.3.2 ล้างเพื่อเอาเศษดิน ใบไม้ ออก ทิ้งไว้ให้แห้ง

3.3.3 หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อง่ายต่อการปั่นให้ละเอียด

3.3.4 ปั่นไพลให้ละเอียด

3.3.5 ชั่งน้ำหนักไพล 500 กรัม



ก.



ข.



ค.

ภาพที่ 3.1 การเตรียมไพล

ก. ไพลที่ตัดรากและล้าง ข. หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ และ ค. ไพลปั่นละเอียด

3.4 การสกัดไขมันโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ

3.4.1 เติมน้ำ 250 มิลลิลิตร, 500 มิลลิลิตร และ 750 มิลลิลิตร และใส่ magnetic bar ปรับ hot plate ระดับ 1

3.4.2 ปรับ hot plate ให้มีอุณหภูมิ 250, 300 และ 350 องศาเซลเซียส อ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ทุกๆ อุณหภูมิ

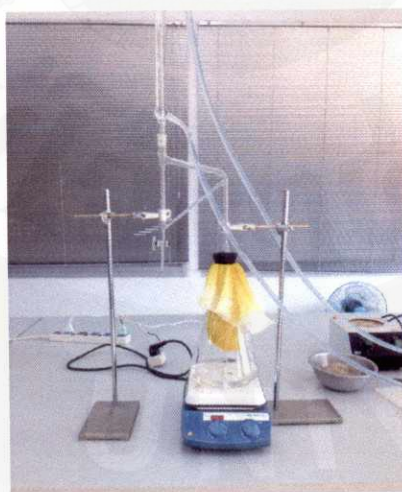
3.4.3 เมื่อไอน้ำกลั่นตัวหยดลงมาถึงภาชนะรองรับน้ำมัน เริ่มจับเวลา โดยอ่านค่าทุกๆ 5, 35 และ 65 นาที

3.4.4 บันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผล

3.4.5 เก็บน้ำมันโพลไวนิลในขวดสีชาและเก็บไว้ภายใต้เครื่องทำความเย็น (0–4 องศาเซลเซียส) เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบน้ำมันโพลโดยวิธี **Gas Chromatography – Mass Spectrometry**

3.4.6 ผลผลิตน้ำมันโดยรวมพิจารณาในอัตราร้อยละของตัวอย่าง ตามที่อธิบายไว้ในสมการต่อไป

$$\text{ผลผลิตน้ำมัน(\%)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้}}{\text{มวลโพลสด}} \times 100 \quad (3.1)$$



ภาพที่ 3.2 ซุดกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ

3.5 การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ โดยทำการออกแบบพื้นที่ตอบสนอง

ปัจจัยที่ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ เวลา และอัตราส่วนน้ำต่อไพล นำผลการทดลองเบื้องต้นเพื่อศึกษาผลกระทบของแต่ละปัจจัยต่อการกลั่นไพล นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ จากนั้นออกแบบการทดลองโดยใช้เทคนิคพื้นที่ตอบสนอง สร้างกราฟพื้นผิวตอบสนองและสร้างสมการเพื่อทำนายสภาวะที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากร้อยละของผลผลิตน้ำมัน

ตารางที่ 3.1 ค่าของตัวแปรที่ใช้ออกแบบการทดลองวิธีบ็อค-เบนเกนได้ออกแบบการทดลอง

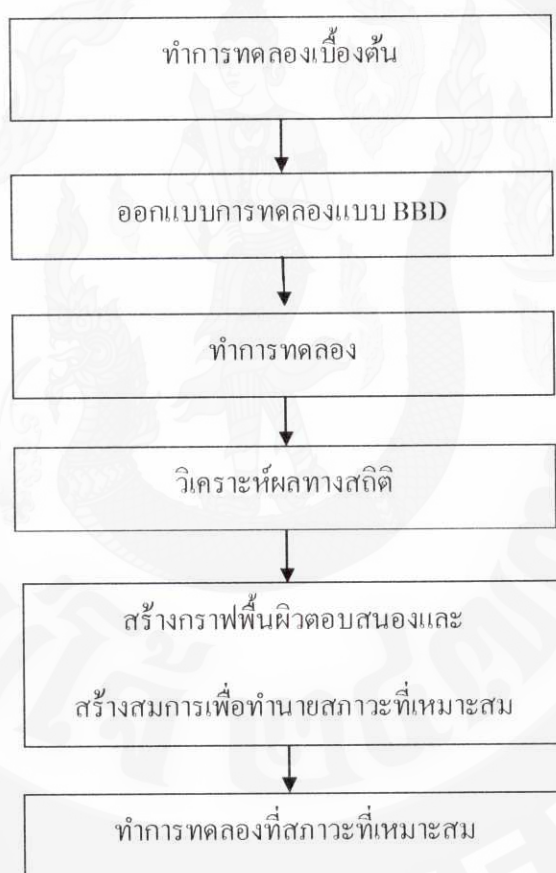
ตัวแปร	หน่วย	Cods	Levels		
			-1	0	+1
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	X_1	250	300	350
เวลา	นาที	X_2	5	35	65
อัตราส่วนน้ำต่อไพล	มิลลิลิตรต่อกรัม	X_3	0.5:1	1:1	1.5:1

ตารางที่ 3.2 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ออกแบบการทดลองแบบบ็อค-เบนเกน

Run	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	อัตราส่วนน้ำต่อไพล (มิลลิลิตรต่อกรัม)	ปริมาณน้ำมัน (มิลลิลิตร)		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	250	5	1:1			
2	350	5	1:1			
3	250	65	1:1			
4	350	65	1:1			
5	250	35	0.5:1			
6	350	35	0.5:1			
7	250	35	1.5:1			
8	350	35	1.5:1			
9	300	5	0.5:1			

ตารางที่ 3.2 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ออกแบบการทดลองแบบบล็อก-เบนเคน(ต่อ)

Run	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทีก)	อัตราส่วนน้ำต่อไฟล (มิลลิลิตรต่อกรัม)	ปริมาณน้ำมัน (มิลลิลิตร)		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
10	300	65	0.5:1			
11	300	5	1.5:1			
12	300	65	1.5:1			
13	300	35	1:1			
14	300	35	1:1			
15	300	35	1:1			



ภาพที่ 3.3 แผนผังแสดงวิธีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกลั่นไฟล

บทที่ 4 ผลการวิจัย

จากการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกลั่นไพล โดยวิธีน้ำและไอน้ำ ทำการศึกษาทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ระยะเวลาในการกลั่นและอัตราส่วนน้ำต่อไพล โดยมีรายละเอียดของผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำโดยออกแบบการทดลองด้วยวิธีบ็อก-เบนเคน

ทำการออกแบบการทดลองด้วยวิธีบ็อก-เบนเคน เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกลั่นไพล โดยใช้อุณหภูมิ 250, 300 และ 350 องศาเซลเซียส เวลาในการกลั่น 5, 35 และ 65 นาที และอัตราส่วนน้ำต่อไพล 0.5, 1 และ 1.5 มิลลิลิตรต่อกรัม ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ โดยวิธีบ็อก-เบนเคน

RUN	X_1 (องศาเซลเซียส)	X_2 (นาที)	X_3 (มิลลิลิตรต่อกรัม)	Y_1 (เปอร์เซ็นต์)	Y_2 (กิโลวัตต์)	Y_3 (มิลลิลิตรต่อกิโลวัตต์)
1	-1	-1	0	0.033	2.602	0.064
2	1	-1	0	0.020	2.532	0.039
3	-1	1	0	0.097	2.567	0.188
4	1	1	0	0.040	2.516	0.079
5	-1	0	-1	0.103	2.554	0.202
6	1	0	-1	0.053	2.499	0.107
7	-1	0	1	0.077	2.543	0.151
8	1	0	1	0.073	2.508	0.146
9	0	-1	-1	0.013	2.516	0.026
10	0	1	-1	0.123	2.516	0.245
11	0	-1	1	0.023	2.538	0.046
12	0	1	1	0.047	2.538	0.092

ตารางที่ 4.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพล โดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ โดยวิธีบ็อค-เบนเกน (ต่อ)

RUN	X_1 (องศาเซลเซียส)	X_2 (นาที)	X_3 (มิลลิลิตรต่อกรัม)	Y_1 (เปอร์เซ็นต์)	Y_2 (กิโลวัตต์)	Y_3 (มิลลิลิตรต่อกิโลวัตต์)
13	0	0	0	0.090	2.525	0.178
14	0	0	0	0.110	2.540	0.217
15	0	0	0	0.093	2.516	0.185

หมายเหตุ

X_1 = อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

X_2 = เวลา (นาที)

X_3 = อัตราส่วนน้ำต่อไพล (มิลลิลิตรต่อกรัม)

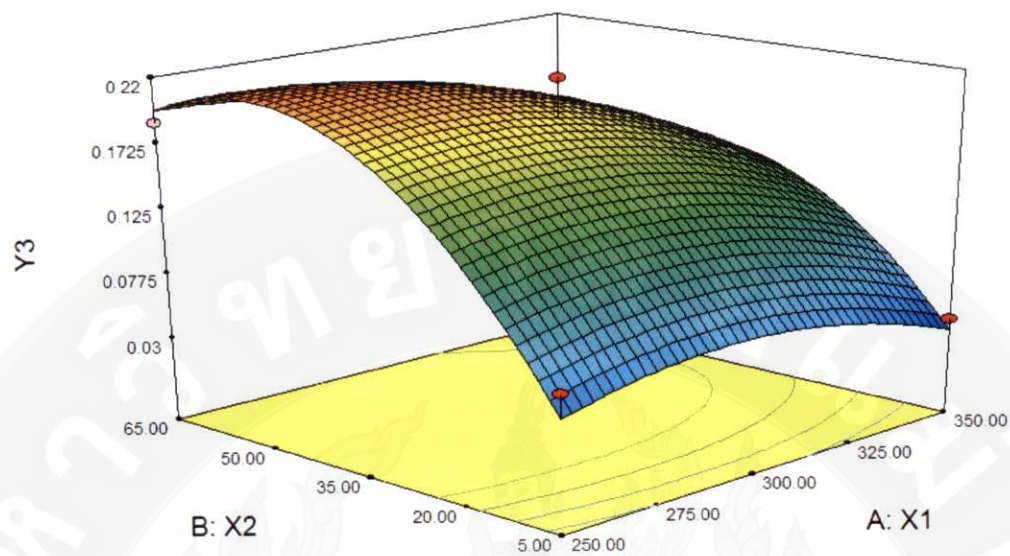
Y_1 = ผลผลิตน้ำมัน ไพล (เปอร์เซ็นต์)

Y_2 = กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)

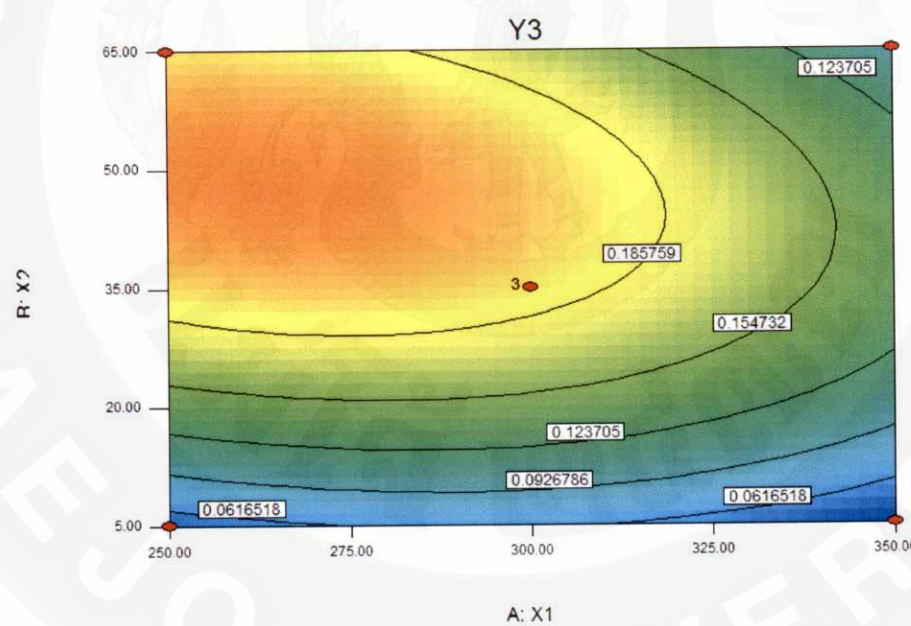
Y_3 = ความคุ้มค่าของพลังงาน (มิลลิลิตรต่อกิโลวัตต์)

4.2 ผลการวิเคราะห์หาค่าพหุคูณของตัวแปรอิสระต่อปริมาณน้ำมัน

การวิเคราะห์ของตัวแปรอิสระต่อปริมาณน้ำมัน สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ได้ในรูปของ Surface Plot และ Contour Plot ดังภาพที่ 4.1 ถึง 4.3

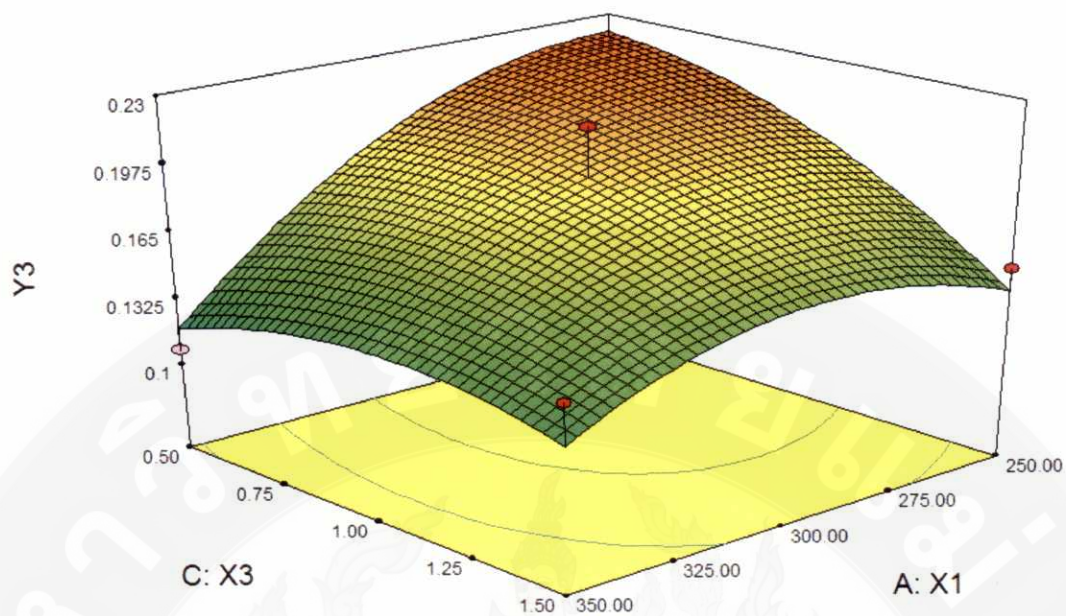


(ก) Surface Plot

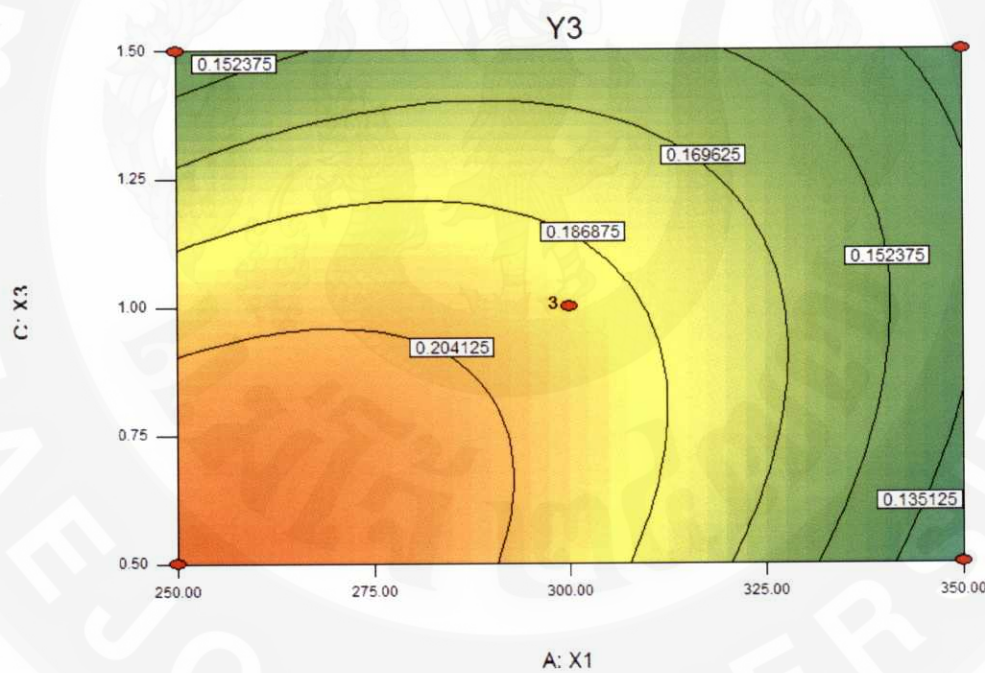


(ข) Contour Plot

ภาพที่ 4.1 อิทธิพลของอุณหภูมิกับเวลาในการกลั่น

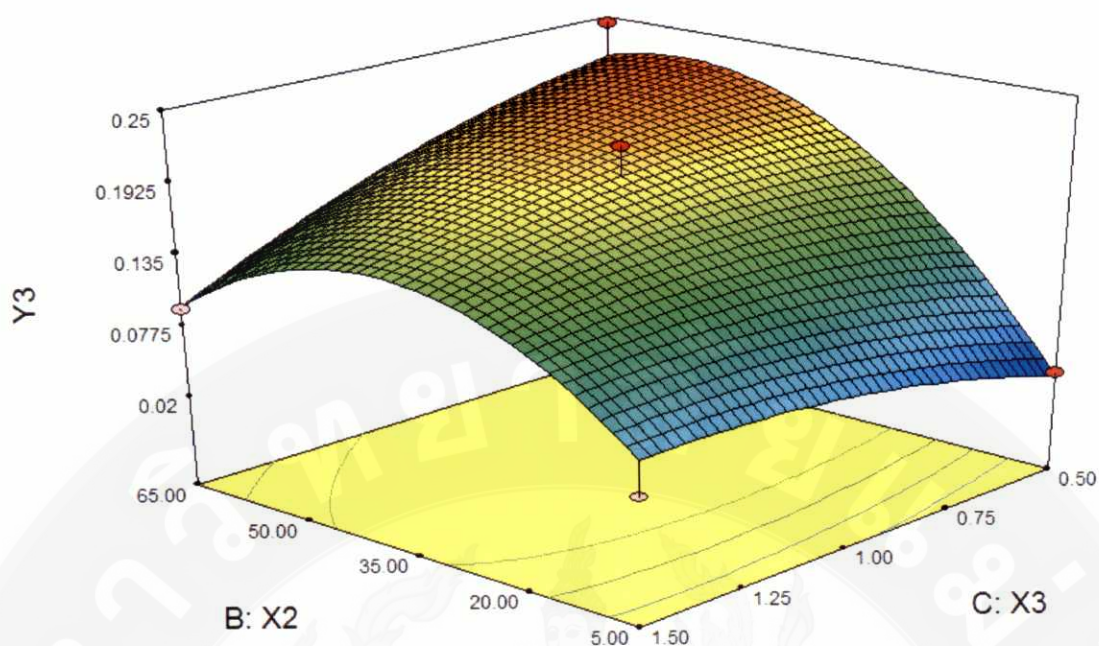


(ก) Surface Plot

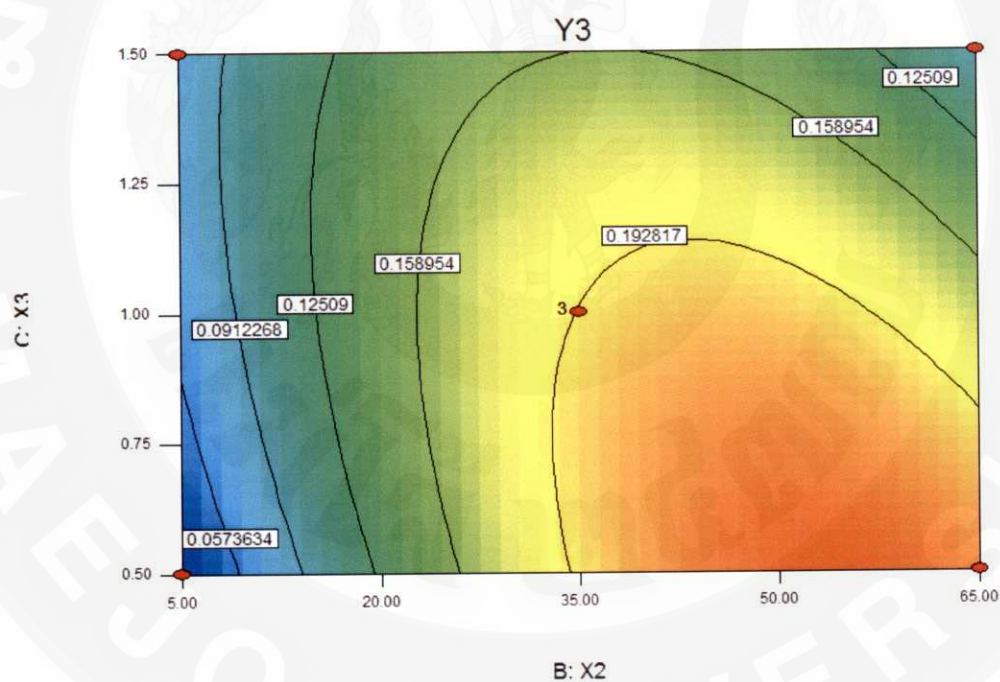


(ข) Contour Plot

ภาพที่ 4.2 อิทธิพลของอุณหภูมิกับอัตราส่วนน้ำต่อไฟ



(ก) Surface Plot



(ข) Contour Plot

ภาพที่ 4.3 อิทธิพลของเวลากับอัตราส่วนน้ำต่อไฟ

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.1 (ก) และ (ข) จะเห็นได้ว่า อิทธิพลของอุณหภูมิกับเวลาในการกลั่นพบว่าปริมาณน้ำมันไฟที่มีค่ามากที่สุดที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำสุดในการทดลองและเป็นสถานะที่เหมาะสมที่สุดในการกลั่นน้ำมันไฟ แต่ถ้าเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 300-350 องศาเซลเซียส

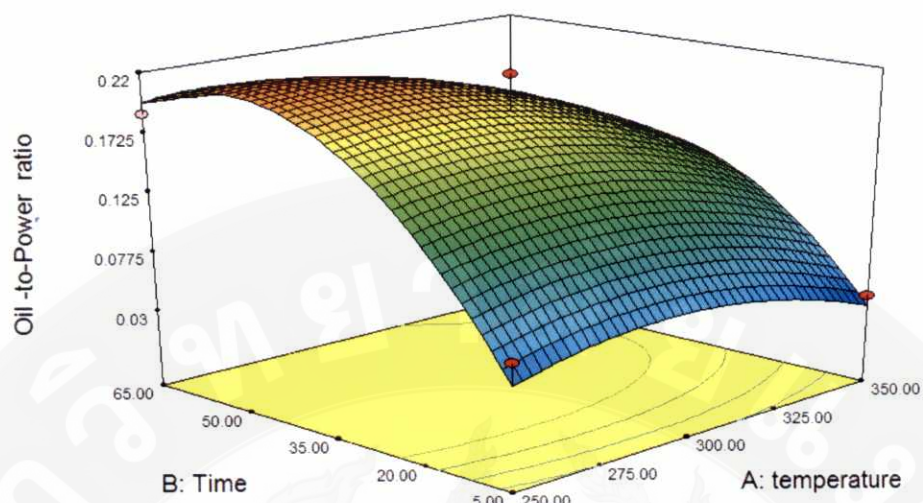
จะพบว่าปริมาณน้ำมันไหลจะมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่วนเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการกลั่นน้ำมันไหลอยู่ที่เวลา 58.61 นาที จะได้ปริมาณน้ำมันไหลมากที่สุด หลังจากเวลา 58.61 นาที จะมีค่าลดลงของปริมาณน้ำมันไหลอย่างต่อเนื่องและปริมาณน้ำมันไหลจะสิ้นสุดหลังการกลั่นในชั่วโมงที่ 8

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.2 (ก) และ (ข) จะเห็นได้ว่า อิทธิพลของอุณหภูมิกับอัตราส่วนน้ำต่อไหลพบว่าปริมาณน้ำมันไหลมีค่ามากที่สุดที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำสุดในการทดลองและเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกลั่นน้ำมันไหล แต่ถ้าเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 300-350 องศาเซลเซียส จะพบว่าปริมาณน้ำมันไหลจะมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่วนอัตราส่วนน้ำต่อไหลในการวิเคราะห์พบว่า เป็นปัจจัยที่ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณน้ำมันไหลหรือมีผลน้อยมาก เนื่องจากการวิเคราะห์ในโปรแกรม Design Expert 7.0.0 Trial ทำให้เห็นว่าค่า p-Value ของ X_3 หรือ อัตราส่วนน้ำต่อไหล มีค่า 0.130 ซึ่งมากกว่า 0.05 ตามตารางที่ 4.2 เลขสามารถบอกได้ว่าปัจจัยของอัตราส่วนน้ำต่อไหลไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำมันหรือมีผลน้อยมาก

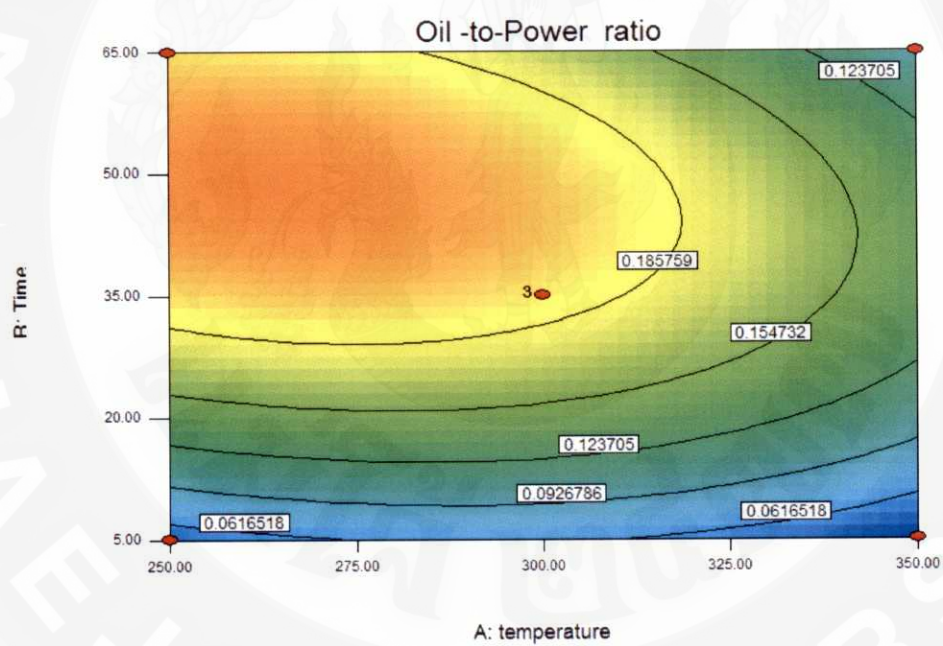
เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.3 (ก) และ (ข) จะเห็นได้ว่า อิทธิพลของเวลากับอัตราส่วนน้ำต่อไหลพบว่าเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการกลั่นน้ำมันไหลอยู่ที่เวลา 58.61 นาที จะได้ปริมาณน้ำมันไหลมากที่สุด หลังจากเวลา 58.61 นาที จะมีค่าลดลงของปริมาณน้ำมันไหลอย่างต่อเนื่องและปริมาณน้ำมันไหลจะสิ้นสุดหลังการกลั่นในชั่วโมงที่ 8 ส่วนอัตราส่วนน้ำต่อไหลในการวิเคราะห์พบว่า เป็นปัจจัยที่ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณน้ำมันไหลหรือมีผลน้อยมาก เนื่องจากการวิเคราะห์ในโปรแกรม Design Expert 7.0.0 Trial ทำให้เห็นว่าค่า p-Value ของ X_3 หรือ อัตราส่วนน้ำต่อไหล มีค่า 0.130 ซึ่งมากกว่า 0.05 ตามตารางที่ 4.2 เลขสามารถบอกได้ว่าปัจจัยของอัตราส่วนน้ำต่อไหลไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำมันหรือมีผลน้อยมาก

4.3 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรอิสระต่ออัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันไหลกับพลังงานที่ใช้

การวิเคราะห์ของตัวแปรอิสระต่อปริมาณน้ำมัน สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ได้ในรูปของ Surface Plot และ Contour Plot ดังภาพที่ 4.4 ถึง 4.6

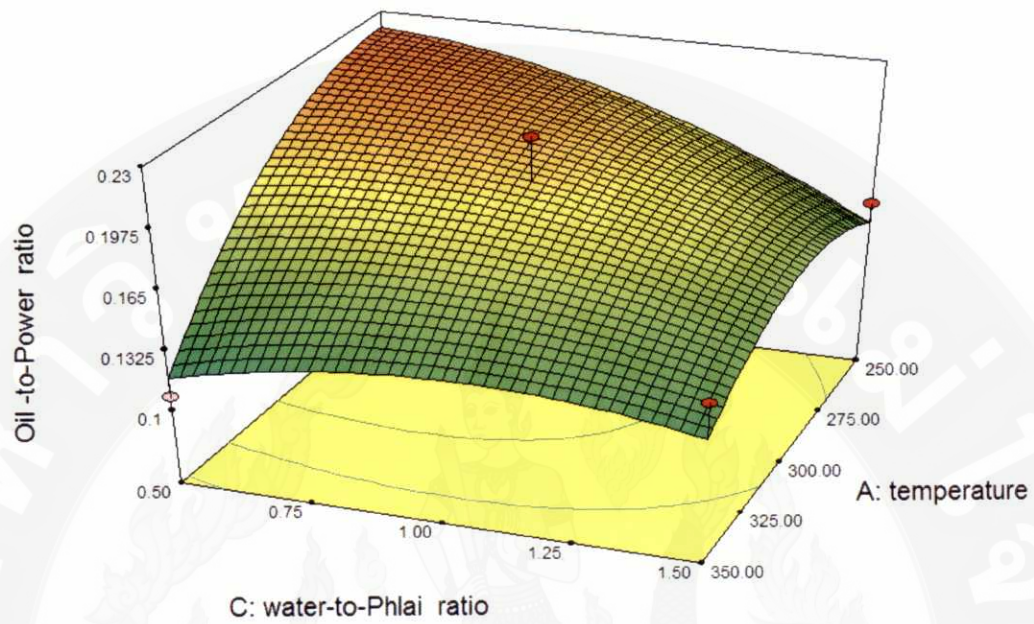


(ก) Surface Plot

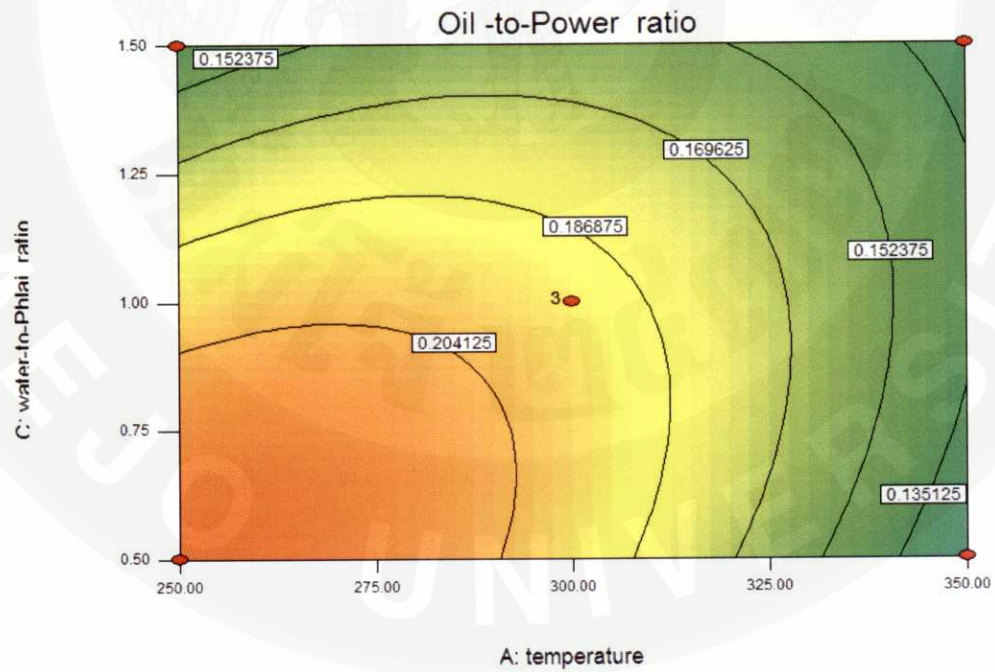


(ข) Contour Plot

ภาพที่ 4.4 อิทธิพลของอุณหภูมิกับเวลาในการกลั่น

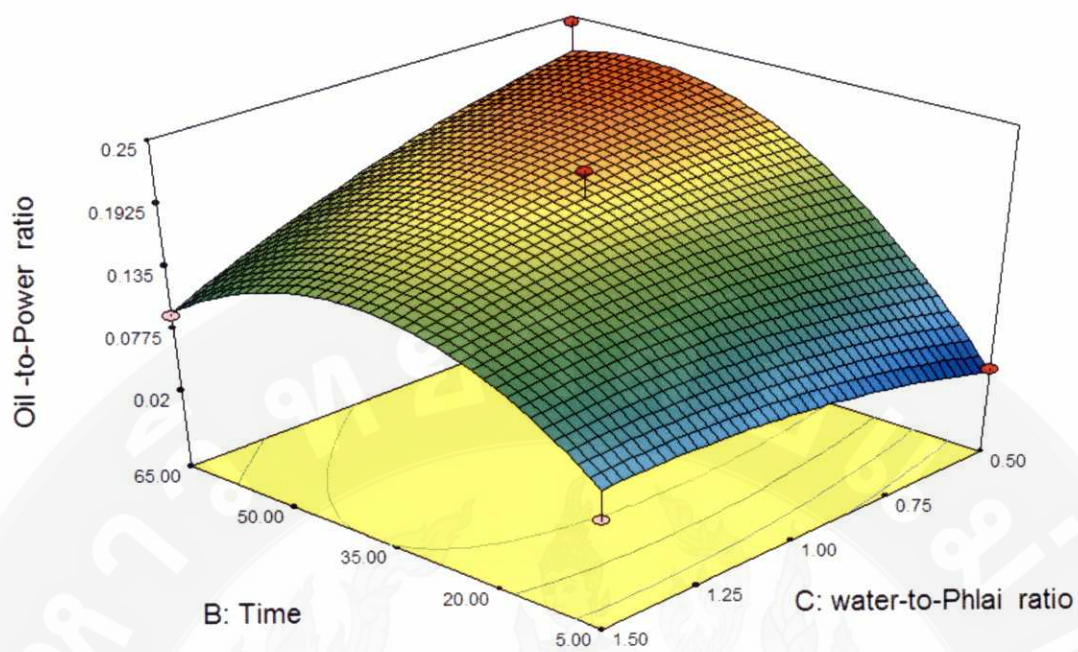


(ก) Surface Plot

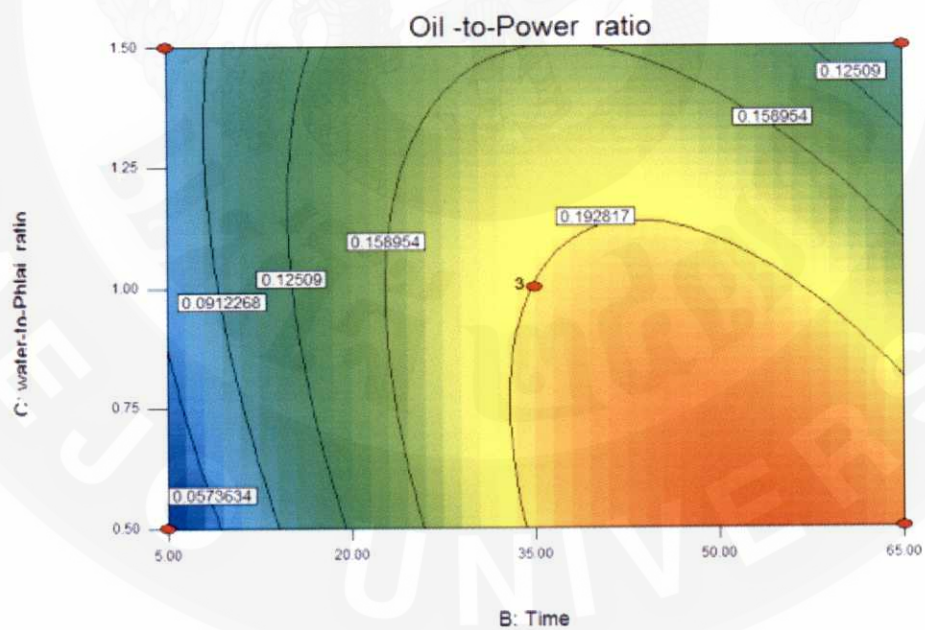


(ข) Contour Plot

ภาพที่ 4.5 อิทธิพลของอุณหภูมิกับอัตราส่วนน้ำต่อไฟ



(ก) Surface Plot



(ข) Contour Plot

ภาพที่ 4.6 อิทธิพลของเวลากับอัตราส่วนน้ำต่อไฟล

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.4 (ก) และ (ข) จะเห็นได้ว่า อิทธิพลของอุณหภูมิกับเวลาในการกลั่น พบว่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันไพลกับพลังงานที่ใช้มีค่ามากที่สุดที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำสุดในการทดลองและเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกลั่นน้ำมันไพล แต่ถ้าเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 300-350 องศาเซลเซียส จะพบว่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันไพลกับพลังงานที่ใช้ จะมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่วนเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการกลั่นน้ำมันไพล อยู่ที่เวลา 58.61 นาที จะได้อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันไพลกับพลังงานที่ใช้มากที่สุด หลังจากเวลา 58.61 นาที จะมีค่าลดลงของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันไพลกับพลังงานที่ใช้อย่างต่อเนื่องและ ปริมาณน้ำมันไพลจะสิ้นสุดหลังการกลั่นในชั่วโมงที่ 8

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.5 (ก) และ (ข) จะเห็นได้ว่า อิทธิพลของอุณหภูมิกับอัตราส่วนน้ำต่อไพล พบว่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันไพลกับพลังงานที่ใช้มีค่ามากที่สุดที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำสุดในการทดลองและเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกลั่นน้ำมันไพล แต่ถ้าเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 300-350 องศาเซลเซียส จะพบว่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันไพลกับพลังงานที่ใช้ จะมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่วนอัตราส่วนน้ำต่อไพลในการวิเคราะห์พบว่าเป็นปัจจัยที่ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณน้ำมันไพลหรือมีผลน้อยมาก เนื่องจากการวิเคราะห์ในโปรแกรม Design Expert 7.0.0 Trial ทำให้เห็นว่าค่า p-Value ของ X_3 หรือ อัตราส่วนน้ำต่อไพล มีค่า 0.134 ซึ่งมากกว่า 0.05 ตามตารางที่ 4.2 เลขสามารถบอกได้ว่าปัจจัยของอัตราส่วนน้ำต่อไพล ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำมันหรือมีผลน้อยมาก

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.6 (ก) และ (ข) จะเห็นได้ว่า อิทธิพลของเวลากับอัตราส่วนน้ำต่อไพล พบว่าเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการกลั่นน้ำมันไพลอยู่ที่เวลา 58.61 นาที จะได้อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันไพลกับพลังงานที่ใช้มากที่สุด หลังจากเวลา 58.61 นาที จะมีค่าลดลงของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันไพลกับพลังงานที่ใช้อย่างต่อเนื่องและปริมาณน้ำมันไพลจะ สิ้นสุดหลังการกลั่นในชั่วโมงที่ 8 ส่วนอัตราส่วนน้ำต่อไพลในการวิเคราะห์พบว่าเป็นปัจจัยที่ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณน้ำมันไพลหรือมีผลน้อยมาก เนื่องจากการวิเคราะห์ในโปรแกรม Design Expert 7.0.0 Trial ทำให้เห็นว่าค่า p-Value ของ X_3 หรือ อัตราส่วนน้ำต่อไพล มีค่า 0.134 ซึ่งมากกว่า 0.05 ตาม ตารางที่ 4.2 เลขสามารถบอกได้ว่าปัจจัยของอัตราส่วนน้ำต่อไพล ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณ น้ำมันหรือมีผลน้อยมาก

4.4 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแบบจำลอง

4.4.1 การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (β_i) ของตัวแปร

การทดลอง full quadratic model สามารถสร้างสมการแบบการทดลองได้ดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{33} x_3^2 \quad (4.1)$$

โดยที่ β คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละตัวแปรในสมการซึ่งสามารถนำแบบจำลองมาอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากไพลกับตัวแปรอิสระต่างๆ ได้แบบจำลอง full quadratic สามารถแสดงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยได้ดังตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของการหาสถานะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ

Factor	ร้อยละของผลผลิตน้ำมัน		พลังงานที่ใช้		อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันไพลกับพลังงานที่ใช้	
	Y_1 (ปริมาตรต่อมวล)		Y_2 (กิโลวัตต์)		Y_3 (มิลลิลิตรต่อกิโลวัตต์)	
	Coefficient	p-Value	Coefficient	p-Value	Coefficient	p-Value
Intercept	0.098	7.636E-05	2.527	6.746E-12	0.193	0.000
X_1	-0.015	2.866E-02	-0.026	3.285E-03	-0.029	0.034
X_2	0.027	3.076E-03	-0.006	2.591E-01	0.054	0.003
X_3	-0.009	1.302E-01	0.005	3.426E-01	-0.018	0.134
X_1X_2	-0.011	1.910E-01	0.005	5.323E-01	-0.021	0.203
X_1X_3	0.012	1.644E-01	0.005	5.118E-01	0.023	0.178
X_2X_3	-0.022	2.929E-02	0.000	1.000E+00	-0.043	0.030
X_1^2	-0.013	1.509E-01	0.013	1.352E-01	-0.026	0.145
X_2^2	-0.038	3.944E-03	0.014	1.136E-01	-0.075	0.004
X_3^2	-0.008	3.075E-01	-0.014	1.136E-01	-0.016	0.332
R Square	0.9431		0.8948		0.9416	
Adjusted						
R Square	0.8406		0.7055		0.8364	

หมายเหตุ

β คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละตัวแปรในสมการ full quadratic

P-value คือ ตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานและความน่าจะเป็น

X_1 คือ อุณหภูมิ

X_2 คือ เวลา

X_3 คือ อัตราส่วนน้ำต่อไฟ

X_1X_2 คือ อุณหภูมิ*เวลา

X_1X_3 คือ อุณหภูมิ*อัตราส่วนน้ำต่อไฟ

X_2X_3 คือ เวลา*อัตราส่วนน้ำต่อไฟ

X_1^2 คือ อุณหภูมิยกกำลังสอง

X_2^2 คือ เวลา ยกกำลังสอง

X_3^2 คือ อัตราส่วนน้ำต่อไฟยกกำลังสอง

จากตารางที่ 4.2 นำค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรอิสระมาเขียนเป็นสมการที่ (4.2)-(4.4) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันไฟ และตัวแปรอิสระ ดังนี้

$$Y_1 \left(\frac{v}{m} \% \right) = 0.098 - 0.015X_1 + 0.027X_2 - 0.009X_3 - 0.011X_{12} + 0.012X_{13} - 0.022X_{23} - 0.013X_1^2 - 0.038X_2^2 - 0.008X_3^2 \quad (4.2)$$

$$Y_2 (kW) = 2.527 - 0.026X_1 - 0.006X_2 + 0.005X_3 + 0.005X_4 + 0.005X_5 + 0.013X_1^2 + 0.014X_2^2 - 0.014X_3^2 \quad (4.3)$$

$$Y_3 \left(\frac{\text{ml}}{\text{kW}} \right) = 0.193 - 0.029X_1 + 0.054X_2 - 0.018X_3 - 0.021X_{12} + 0.023X_{13} - 0.043X_{23} - 0.026X_1^2 - 0.075X_2^2 - 0.016X_3^2 \quad (4.4)$$

การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนจะใช้วิธีแบบจำลอง full quadratic ว่ามีความเชื่อถือได้ และมีความเหมาะสมหรือไม่ จากตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ทำการปรับค่าสูงสุดถึง 84.06 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันไพลกับพลังงานที่ใช้มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ทำการปรับค่าสูงสุดถึง 83.78 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นแสดงว่าแบบจำลองมีความเหมาะสมในการนำมาเป็นตัวแทนอธิบายผลการทดลอง

4.4.2 การวิเคราะห์นัยสำคัญของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (β_i) ของตัวแปรอิสระ

เป็นการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระที่ได้จากตาราง 4.2 เพื่อเป็นการทดสอบว่าตัวแปรอิสระแต่ละตัวในสมการที่ (4.1) นั้นมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยไพล, พลังงานที่ใช้ และอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันไพลกับพลังงานที่ใช้หรือไม่ ทำการกำหนดสมมติฐานโดย

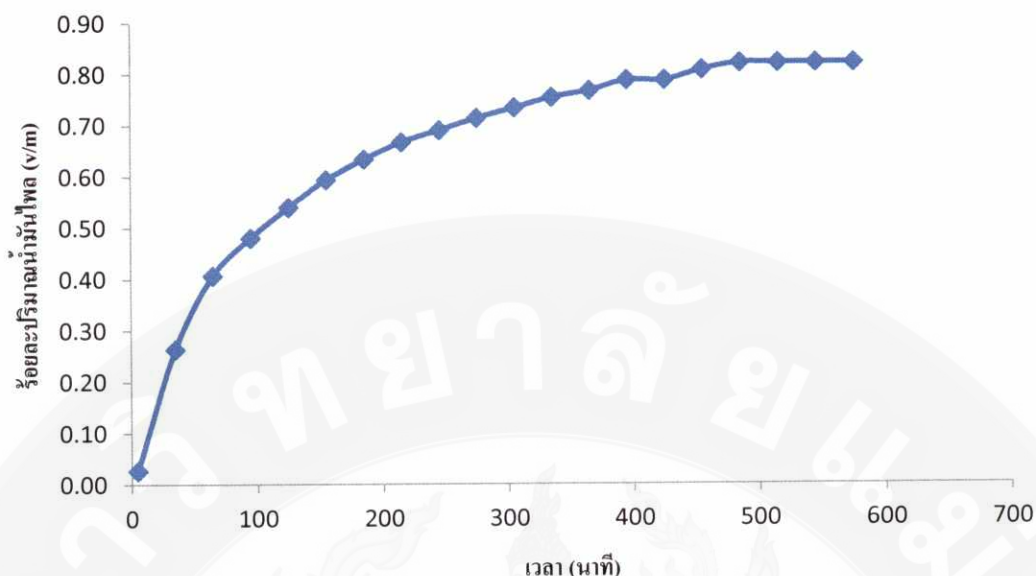
$$H_0: \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_9 = 0 \quad \text{ตัวแปรอิสระทุกตัวไม่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม}$$

$$H_1: \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_9 \neq 0 \quad \text{มีตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม}$$

จะปฏิเสธ H_0 ก็ต่อเมื่อค่า p-Value ของตัวแปรอิสระมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด โดยกำหนดให้ค่านัยสำคัญมีค่าเท่ากับ 0.05 เมื่อพิจารณาส่วนของ Interaction terms ได้แก่ X_1X_2 , X_1X_3 และ X_2X_3 จากตารางที่ 4.2 พบว่าค่า p-Value ของ X_1X_2 , X_1X_3 มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันหอมระเหยไพลและอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันไพลกับพลังงานที่ใช้กับตัวแปรอิสระ X_1X_2 , X_1X_3 มีค่านัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นต่ำกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อพิจารณาความสำคัญของตัวแปรในแต่ละเทอม จะสามารถลดรูปสมการได้ดังสมการที่ (4.2) - (4.4)

4.5 การใช้สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ

การใช้อุณหภูมิที่สภาวะที่เหมาะสมคือ 250 องศาเซลเซียส ใช้เวลากลั่นจนน้ำมันหมด เนื่องจากน้ำไม่มีผลในการสกัดจะได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 0.82 v/m เวลา 8 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4.7



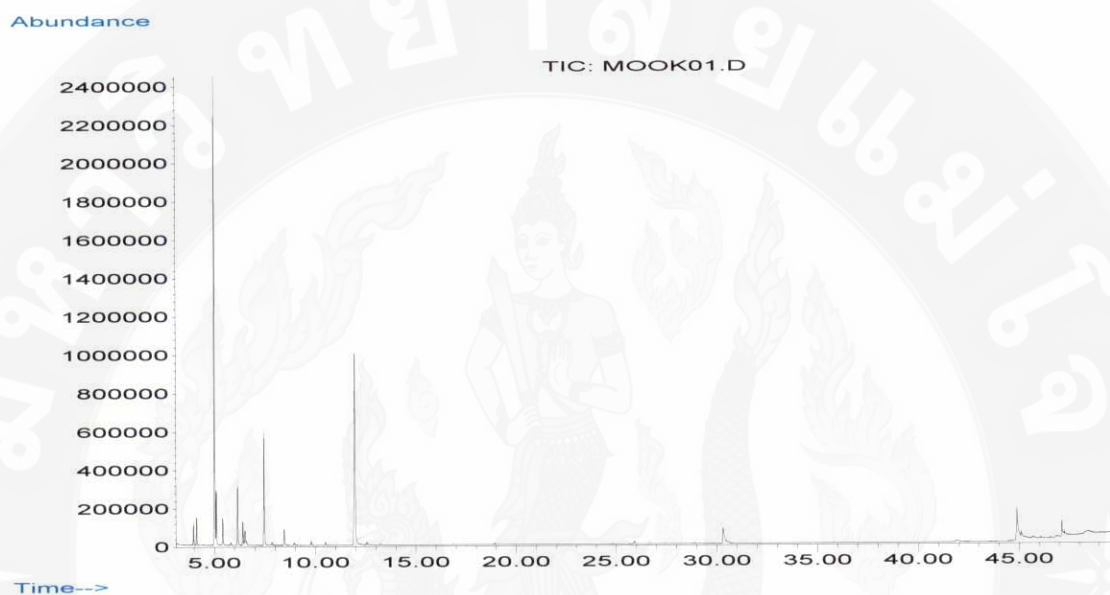
ภาพที่ 4.7 การกลั่นที่อุณหภูมิ สภาวะที่เหมาะสม

4.6 ผลการวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทดลอง

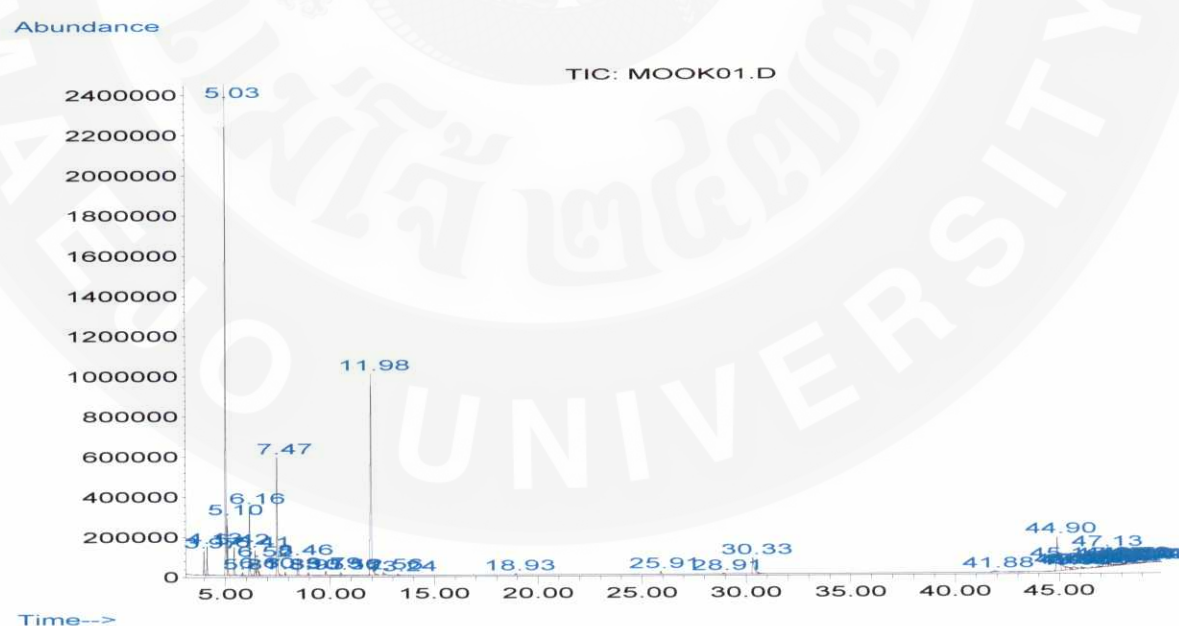
เป็นการนำเอาเทคนิคที่เรียกว่า Simultaneous Optimization Technique มาใช้ในการวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสม โดยการหาสภาวะที่เหมาะสมก็เพื่อเป็นการยืนยันว่าสามารถนำสมการมาใช้ในการทำนายปริมาณน้ำมันหอมระเหยไหลได้หรือไม่ สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ ที่ได้จากวิธีบ็อค-เบนเกน พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เวลา 58.61 นาที และน้ำ จากนั้นนำค่าสภาวะที่เหมาะสมไปทำการทดลองกลั่นจนน้ำมันไม่ออกเป็นเวลา 8 ชม. จะได้ร้อยละผลผลิตน้ำมันหอมระเหยไหล 0.82 ดังนั้นจึงอนุมานได้ว่าสมการที่ (4.2) - (4.4) สามารถนำไปใช้เป็นสมการตัวแบบในการพยากรณ์ปริมาณน้ำมันหอมระเหยไหลได้

4.7 ผลการวิเคราะห์หาสารสำคัญของน้ำมันไพลโดยวิเคราะห์จากวิธี GC - MS

เป็นการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในน้ำมันไพลว่าอยู่ในมาตรฐานอุตสาหกรรมน้ำมันไพลหรือไม่ โดยใช้น้ำมันที่กลั่นได้จากสภาวะที่เหมาะสมในการตรวจสอบ พบว่าสารสำคัญขององค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันไพลมีผลดังภาพที่ 4.8 และผลขององค์ประกอบทางเคมีที่ออกมาในช่วงเวลาต่างๆ ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.8 ผลจากการวิเคราะห์โดย GC - MS แสดงองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้ำมันไพล



ภาพที่ 4.9 แสดงเวลาที่ออกมาขององค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้ำมันไพล

ตาราง 4.3 องค์ประกอบที่สำคัญของน้ำมันไพล

รายการ ที่	องค์ประกอบทางเคมี	เกณฑ์ที่กำหนดร้อยละของพื้นที่สัมพัทธ์		เวลาที่ สารสำคัญ ออก (นาท)
		มาตรฐานอุตสาหกรรม น้ำมันไพล	จากการทดลอง	
1	แอลฟา-ไพนีน (α -pinene)	1.0 ถึง 3.0	1.63	4.13
2	ซาบินีน (sabinene)	31.0 ถึง 48.0	32.03	5.03
3	แอลฟา-เทอร์ไพนีน (α -terpinene)	3.0 ถึง 8.0	4.52	6.16
4	แกมมา-เทอร์ไพนีน (γ -terpinene)	6.0 ถึง 10.0	8.52	7.47
5	เทอร์ไพนีน-4-อล (terpinene-4-ol)	19.0 ถึง 36.0	21.34	11.98

ในการตรวจสอบหาองค์ประกอบที่สำคัญของน้ำมันไพลจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่ออกมาในนาที่ต่างๆ และร้อยละของพื้นที่สัมพัทธ์ตามลำดับ ซึ่งจะมีการเทียบองค์ประกอบทางเคมีกับข้อมูลในเครื่องทั้งหมด 51 ครั้ง แล้วเครื่องจะวิเคราะห์องค์ประกอบของสารเคมีและชื่อของสารว่าเหมือนกับข้อมูลใน Library เกิน 80 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.4 ชื่อสารที่วิเคราะห์ได้จากวิธี GC-MS ตามลำดับที่ออกมาใน 51 ครั้งใช้เวลา 49.46 นาที

ลำดับที่ออก	ชื่อสาร	ร้อยละของพื้นที่ สัมพัทธ์	รหัสสาร	ช่วงเวลาที่ออก (นาที)
1	alpha phellandrene	1.28	000099-83-2	3.97
2	alpha pipene	1.63	000080-56-8	4.13
3	sabinene	32.03	003387-41-5	5.03
4	beta pinene	3.35	000127-91-3	5.11
5	myrcene	1.78	000123-35-3	5.42
6	alpha phellandrene	0.21	000099-83-2	5.81
7	alpha terpinene	4.52	000099-86-5	6.16
8	benzene	1.72	000099-87-6	6.41
9	beta phellandrene	1.45	000555-10-2	6.52
10	cineole	0.31	000470-82-6	6.6
11	gamma terpinene	8.52	000099-85-4	7.47
13	alpha terpinolene	1.35	000586-62-9	8.46
17	terpinen 4 ol	21.34	000562-74-3	11.98
21	beta sesquiphellandren	0.27	020307-83-9	25.91
25	9-octadecenoic acid (Z)-(CAS)	5.19	000112-80-1	44.89
26	Octadecanoic acid (CAS)	1.7	000057-11-4	45.11
39	1,2-Epoxy-1-vinylcyclododecene	0.28	053601-11-9	47.5

4.8 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการกลั่นน้ำมันโพลโดยใช้สถานะที่เหมาะสม

การหาความคุ้มค่าของการทำงานวิจัยเพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งหมดกับผู้ประกอบการต่อการกลั่น 1 ครั้ง ดังนี้

4.8.1 คำนวณค่าไฟฟ้าในงานวิจัย

ก. Hot plate 1 เครื่อง กำลังไฟสูงสุดที่วัดได้ 2,602 วัตต์ ทำงาน 9 ชั่วโมง คิดค่าไฟได้ดังนี้

$$\text{หน่วยที่ใช้} = \frac{\text{กำลังไฟที่ใช้(วัตต์)} \times \text{เวลาที่ใช้(ชั่วโมง)}}{1,000} = \frac{2,602 \times 9}{1,000} = 23.418 \text{ หน่วย}$$

$$\text{ค่าไฟ} = (\text{ค่าใช้ไฟฟ้าฐาน} + \text{หน่วยที่ใช้} \times \text{ค่า Fi})$$

$$= (34.77 + 23.418 \times 0.9255)$$

$$= 56.44 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าไฟที่ต้องจ่ายจริง} = \text{ค่าไฟ} + \text{ภาษี 7 เปอร์เซ็นต์}$$

$$= 56.44 + 3.95$$

$$= 60.39 \text{ บาท}$$

ข. ในงานวิจัยได้ผลผลิตน้ำมันร้อยละ 0.82 เสียค่าใช้จ่าย 60.39 บาท

$$\text{ดังนั้น งานวิจัยนี้จะมีค่าใช้จ่ายทั้งหมด} = \frac{60.39}{0.82} = 73.64 \text{ บาทต่อมิลลิตรต่อกิโลกรัมเฉลี่ย}$$

4.8.2 คำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ประกอบการ

ก. ชุดกลั่น 1 ชุด ใช้แก๊สในการกลั่น 18 ชั่วโมง คิดค่าใช้แก๊สได้ดังนี้

แก๊สหุงต้มถึง สามารถใช้ต่อเนื่องได้ 14 ชั่วโมง ขนาด 15 กิโลกรัม ผู้ประกอบการ

$$\text{ต้องใช้แก๊ส 18 ชั่วโมงในการกลั่น ดังนั้น ต้องใช้แก๊สทั้งหมด} = \frac{18 \times 15}{14} = 19.285 \text{ กิโลกรัม}$$

แก๊สหุงต้มขนาด 15 กิโลกรัม ราคา 370 บาท ถ้าต้องใช้แก๊ส 19.285 กิโลกรัม ต้องเสีย

$$\text{ค่าใช้จ่าย} = \frac{370 \times 19.285}{15} = 475.69 \text{ บาท}$$

ข. ผู้ประกอบการ ได้ผลผลิตน้ำมันร้อยละ 0.75 เสียค่าใช้จ่าย 475.69 บาท

$$\text{ดังนั้น ผู้ประกอบการ จะมีค่าใช้จ่ายทั้งหมด} = \frac{475.69}{0.75} = 634.25 \text{ บาทต่อมิลลิตรต่อกิโลกรัมเฉลี่ย}$$



บทที่ 5

สรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ โดยการออกแบบการทดลองด้วยวิธี บ็อก-เบนเคน พบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือการใช้ อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เวลา 58.61 นาที และผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอัตราส่วนน้ำต่อไพล ไม่มีผลต่อการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพล โดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ เมื่อทดลองที่สภาวะที่เหมาะสมจะได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.82 ปริมาตรต่อมวล โดยใช้เวลา 8 ชั่วโมง พบว่าที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่ต่ำสุดในการทดลองแสดงว่าใช้พลังงานต่ำสุดและได้ผลผลิตสูงสุด และสามารถสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันหอมระเหย (Y_1) กับตัวแปรอิสระต่างๆดังสมการที่ 5.1 และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันไพลกับพลังงานที่ใช้ (Y_3) กับตัวแปรอิสระต่างๆดังสมการที่ 5.2

$$Y_1 \left(\frac{\text{v}}{\text{m}} \% \right) = 0.098 - 0.015X_1 + 0.027X_2 - 0.009X_3 - 0.011X_{12} + 0.012X_{13} - 0.022X_{23} - 0.013X_1^2 - 0.038X_2^2 - 0.008X_3^2 \quad (5.1)$$

$$Y_3 \left(\frac{\text{ml}}{\text{kw}} \right) = 0.193 - 0.029X_1 + 0.054X_2 - 0.018X_3 - 0.021X_{12} + 0.023X_{13} - 0.043X_{23} - 0.026X_1^2 - 0.075X_2^2 - 0.016X_3^2 \quad (5.2)$$

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี Gas chromatography - Mass spectrometry พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญอยู่ 5 ชนิดคือแอลฟา -ไพเนน (α -pinene), ซาบินีน (sabinene), แอลฟา-เทอร์ไพเนน (α -terpinene), แกมมา-เทอร์ไพเนน (γ -terpinene) และเทอร์ไพเนน-4-อล (terpinene-4-ol) ซึ่งสารทั้ง 5 ชนิดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมน้ำมันไพลที่กำหนดไว้

5.2 ข้อจำกัดทางการศึกษา

การทำโครงงานนี้มีปัญหาและอุปสรรคเกิดขึ้นตลอดเวลา ปัญหาบางปัญหาก็สามารถแก้ไขได้ ในขณะที่ทำการทดลอง แต่บางปัญหาไม่สามารถแก้ไขได้ จึงได้รวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงงาน มีดังต่อไปนี้

5.2.1 เนื่องจากโครงงานนี้เป็นการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ แต่ชุดกลั่นที่มีเป็นชุดกลั่นด้วยน้ำจึงทำการประยุกต์ชุดกลั่นด้วยน้ำให้กลั่นด้วยน้ำและไอน้ำได้

5.2.2 เนื่องจากในการทดลองเป็นการทดลองแบบน้ำและไอน้ำจึงต้องอาศัยแรงดันไอน้ำที่มากพอในการทำให้น้ำถูกควบแน่น จึงมีข้อจำกัดในเรื่องอุณหภูมิที่ไม่สามารถใช้อุณหภูมิที่ 200 องศาเซลเซียสได้

5.2.3 เนื่องจากไฟที่ใช้ในการทดลองเป็นไฟที่ใช้หุงข้าวปลุก ทำให้ไม่ทราบสายพันธุ์ไฟและอายุของหัวไฟที่แตกหน่อใหม่ ทราบแต่เพียงอายุปีที่ปลูก

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ทำการทดลองที่สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไฟโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ โดยนำค่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการทำนายจากสมการมาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการทดลองจริง

5.3.2 แผนการทดลองแบบบ็อค-เบนเกน เป็นแผนการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูง และเป็นที่ยอมรับใช้ในการประมาณพื้นผิวตอบสนองด้วยตัวแบบความสัมพันธ์อันดับสอง แต่ยังมีแผนการทดลองอื่นๆ ที่สามารถใช้ในการประมาณพื้นผิวตอบสนองได้เช่นกัน

แผนการทดลองที่ใช้การหาพื้นผิวตอบสนองด้วยตัวแบบความสัมพันธ์อันดับที่หนึ่ง

- แผนการทดลอง 2k แฟคทอเรียล

- แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลเชิงส่วน

- แผนการทดลองแบบเพรกเก็ต-เบอร์แมน
- แผนการทดลองแบบซิมเพล็กซ์

แผนการทดลองที่ใช้การหาพื้นที่ผิวตอบสนองด้วยตัวแบบความสัมพันธ์อันดับที่สอง

- แผนการทดลอง 3k แฟคทอเรียล
- แผนการทดลองแบบบล็อกซ์ – วิลสัน
- แผนการทดลอง Small composite (Small composite design)
- แผนการทดลองของ koshal (koshal design)
- แผนการทดลองแบบไฮบริด (Hybrid design)

โดยที่การพิจารณาเลือกแผนการทดลองที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นที่ผิวที่ต้องการ ประมาณปัจจัยที่ต้องศึกษา ประสิทธิภาพและจำนวนการทดลองที่ต้องการของแต่ละแผนการทดลอง รวมองค์ประกอบอื่นๆ ตามความคิดเห็นของผู้ทำโครงการ

เอกสารอ้างอิง

- Jeffery B. Cannon et al. 2555. Modification of yield and composition of essential oils by distillation time. *Industrial Crops and Products* 41:214–220.
- J. Azmir et al. 2556. Optimization of oil yield of *Phaleria macrocarpa* seed using response-surface methodology and its fatty acids constituents. *Industrial Crops and Products* 52:405-412.
- สุวรรณา เวชอภิกุลและคณะ. 2550. คู่มือการอบรมการผลิตวัตถุดิบสมุนไพรและผลิตภัณฑ์สมุนไพรอย่างมีคุณภาพ. โรงพิมพ์ชมพุกาแฟพิมพ์. เชียงใหม่. 112 หน้า
- พรทิพย์ เดิมวิเศษและคณะ. 2552. ไพล.45. การแพทย์แผนไทยกับการดูแลสุขภาพ. 5. โรงพิมพ์สำนักพุทธศาสนาแห่งชาติ
- ทวีศักดิ์ สุนทรธรรมาศและศิริเพ็ญ จริเกษม. 2546. วว.สร้างฐานข้อมูลน้ำมันหอมระเหยไทยแห่งแรกของประเทศ. *เกษตรกรรมธรรมชาติ* (6):7-8
- ประเทืองศรี สิ้นชัยศรี. 2533. น้ำมันหอมระเหยจากพืช. *เคหการเกษตร* 14(8):158-162
- ปาริณกุล ตั้งสุขฤทัย. 2552. ไพลจากภูมิปัญญาสู่การวิจัยทางวิทยาศาสตร์. *หมออนามัย* 19(1):54-56
- เรื่องประจำกองบรรณาธิการ. 2554. สารสกัดสมุนไพรไล่แมลงศัตรูพืช. *เกษตรกรรมธรรมชาติ* 7:19-34
- สิริลักษณ์ มลานิยม .2545. น้ำมันหอมระเหยสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทย. *สมอ.สาร* 28(325): 3-6.
- ชลิต พงศ์สุกสมิทธิ์ และคณะ. 2555. ผลผลิตระหว่างหัวพันธุ์ที่แตกต่างกันของไพล มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 27 หน้า
- วาสนา ไหว่งศรี. 2555. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากขานอ้อยโดยกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดโดยใช้เทคนิคบ็อกซ์-เบ็นเคน. *ปริญาวิทยาสตรบัณฑิตมหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่*. 68 หน้า
- รุ่งฤดี พรสกุลเลิศชัย. 2550. การศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ. *ปริญาวิทยาสตรมหาบัณฑิต(วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*. 140 หน้า

ธีรศิลป์ ชมแก้ว. 2551. การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิงด้วยวิธีการต้มกลั่นและกลั่นด้วยไอน้ำ. ปรินญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

<http://www.medplant.mahidol.ac.th/pubhealth/zincus.html> [วันที่สืบค้น 12 มกราคม 2557]

http://www.tistr.or.th/pharma/Essen_ext.htm [วันที่สืบค้น 23 มกราคม 2557]

http://www.tistr.or.th/essentialoils/plant_%E0%B9%84%E0%B8%9E%E0%B8%A5.htm [วันที่
สืบค้น 23 มกราคม 2557]

<http://www.tistr.or.th/pharma/> [วันที่สืบค้น 3 มีนาคม 2557]

<http://natres.skrc.rmuti.ac.th/WAN/data/pai.htm> [วันที่สืบค้น 20 ธันวาคม 2557]

<http://www.tistr.or.th/pharma/Zingiber%20cassumunar.htm> [วันที่สืบค้น 10 ธันวาคม 2557]

<https://www.gpo.or.th/rdi/html/gc.html> [วันที่สืบค้น 5 เมษายน 2557]

http://www.rdi.ku.ac.th/kasetresearch53/group06/udomlak_plai/plai.html [วันที่สืบค้น 20 ธันวาคม
2557]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การทดลองแบบบล็อก-เบนแกน



ตาราง ก. บันทึกผลการทดลองแบบบ็อค-เบนเคน

Run	อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	เวลา (นาที)	อัตราส่วนน้ำต่อ ไฟ (มิลลิตรต่อกรัม)	ร้อยละของผลผลิตน้ำมัน				พลังงานที่ใช้				อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมัน ไฟกับพลังงานที่ใช้			
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1	250	5	1:1	0.02	0.02	0.06	0.033	2.613	2.6	2.593	2.602	0.038	0.038	0.116	0.064
2	350	5	1:1	0.02	0.02	0.02	0.02	2.534	2.534	2.527	2.532	0.039	0.039	0.040	0.039
3	250	65	1:1	0.08	0.11	0.1	0.097	2.573	2.56	2.567	2.567	0.155	0.215	0.195	0.188
4	350	65	1:1	0.04	0.04	0.04	0.04	2.521	2.514	2.514	2.516	0.079	0.080	0.080	0.079
5	250	35	0.5:1	0.12	0.09	0.1	0.103	2.547	2.56	2.554	2.554	0.236	0.176	0.196	0.202
6	350	35	0.5:1	0.06	0.06	0.04	0.053	2.527	2.501	2.468	2.499	0.119	0.120	0.081	0.107
7	250	35	1.5:1	0.08	0.06	0.09	0.077	2.547	2.54	2.54	2.543	0.157	0.118	0.177	0.151
8	350	35	1.5:1	0.09	0.07	0.06	0.073	2.494	2.521	2.508	2.508	0.180	0.139	0.120	0.146
9	300	5	0.5:1	0.01	0.01	0.02	0.013	2.521	2.514	2.514	2.516	0.020	0.020	0.040	0.026
10	300	65	0.5:1	0.14	0.09	0.14	0.123	2.508	2.534	2.508	2.516	0.279	0.178	0.279	0.245
11	300	5	1.5:1	0.03	0.02	0.02	0.023	2.54	2.527	2.547	2.538	0.059	0.040	0.039	0.046

ตาราง ก. บันทึกผลการทดลองแบบบ็อก-เบนเคน (ต่อ)

Run	อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	เวลา (นาทีก)	อัตราส่วนน้ำต่อ ไฟ (มิลลิลิตรต่อกรัม)	ร้อยละของผลผลิตน้ำมัน				พลังงานที่ใช้				อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมัน ไฟกับพลังงานที่ใช้			
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
12	300	65	1.5:1	0.03	0.05	0.06	0.047	2.547	2.54	2.527	2.538	0.059	0.098	0.119	0.092
13	300	35	1:1	0.08	0.08	0.11	0.09	2.534	2.501	2.54	2.525	0.158	0.160	0.217	0.178
14	300	35	1:1	0.14	0.09	0.1	0.11	2.534	2.547	2.54	2.54	0.276	0.177	0.197	0.217
15	300	35	1:1	0.1	0.08	0.1	0.093	2.527	2.488	2.534	2.516	0.198	0.161	0.197	0.185



ภาคผนวก ข.

การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสม

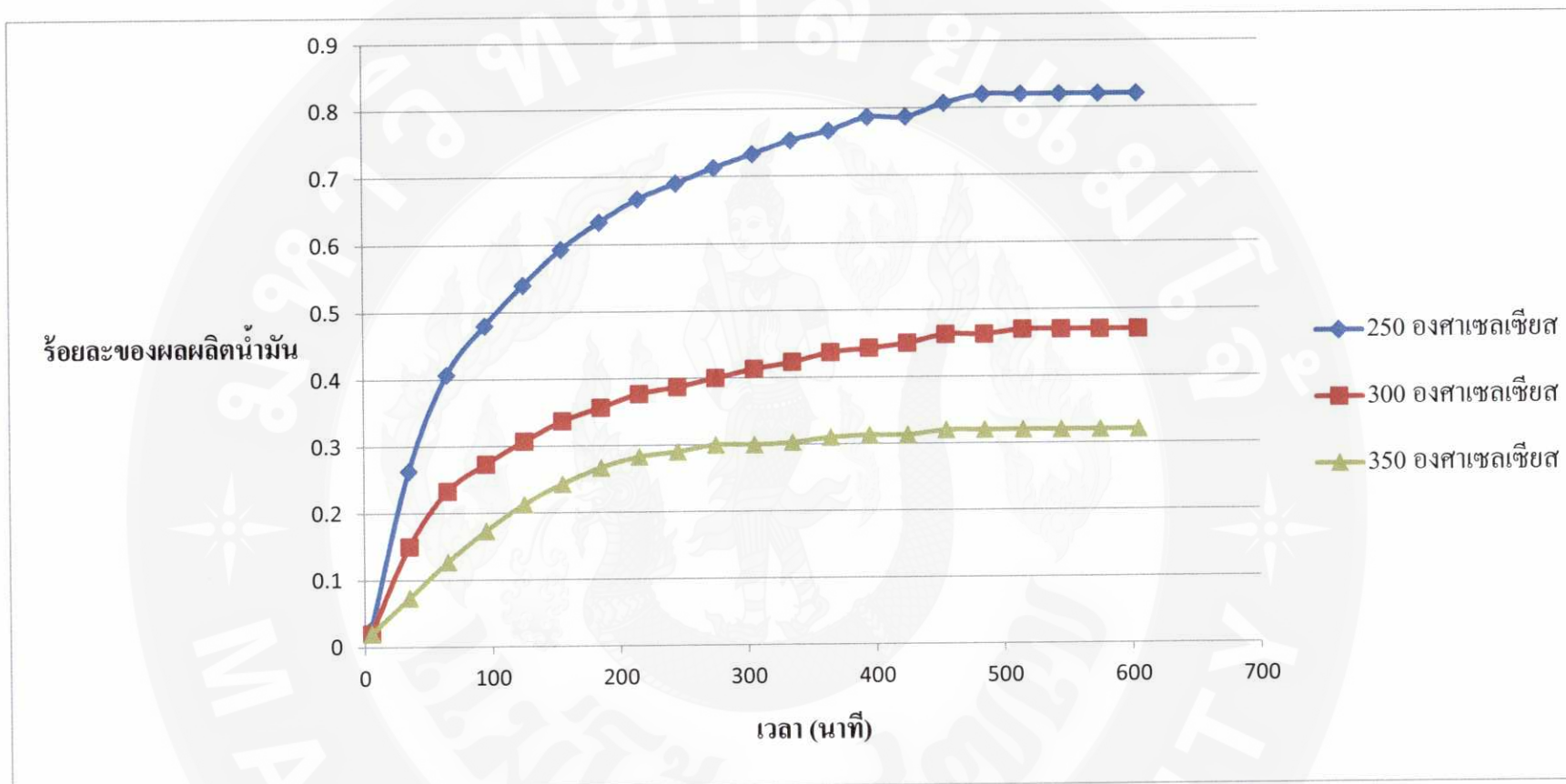
ตาราง ข. บันทึกผลการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสม

เวลา (นาที)	ร้อยละของผลผลิตน้ำมัน อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส				ร้อยละของผลผลิตน้ำมัน อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส				ร้อยละของผลผลิตน้ำมัน อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
5	0.05	0.01	0.02	0.027	0.02	0.02	0.02	0.020	0.02	0.02	0.02	0.020
35	0.28	0.25	0.26	0.263	0.18	0.14	0.13	0.150	0.06	0.08	0.08	0.073
65	0.42	0.38	0.42	0.407	0.28	0.2	0.22	0.233	0.12	0.14	0.12	0.127
95	0.5	0.44	0.5	0.480	0.34	0.24	0.24	0.273	0.16	0.18	0.18	0.173
125	0.56	0.5	0.56	0.540	0.4	0.26	0.26	0.307	0.2	0.2	0.24	0.213
155	0.6	0.56	0.62	0.593	0.46	0.28	0.27	0.337	0.24	0.22	0.27	0.243
185	0.64	0.58	0.68	0.633	0.5	0.29	0.28	0.357	0.26	0.24	0.3	0.267
215	0.68	0.6	0.72	0.667	0.54	0.3	0.29	0.377	0.26	0.26	0.33	0.283
245	0.7	0.62	0.75	0.690	0.56	0.3	0.3	0.387	0.26	0.27	0.34	0.290
275	0.72	0.64	0.78	0.713	0.58	0.31	0.31	0.400	0.27	0.28	0.35	0.300
305	0.74	0.66	0.8	0.733	0.6	0.32	0.32	0.413	0.27	0.28	0.35	0.300
335	0.76	0.68	0.82	0.753	0.62	0.32	0.33	0.423	0.27	0.28	0.36	0.303
365	0.78	0.7	0.82	0.767	0.64	0.34	0.33	0.437	0.27	0.29	0.37	0.310
395	0.8	0.72	0.84	0.787	0.64	0.35	0.34	0.443	0.27	0.3	0.37	0.313

ตาราง ข. บันทึกผลการทดลองที่สภาวะหาเหมาะสม (ต่อ)

เวลา (นาที)	ร้อยละของผลผลิตน้ำมัน อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส				ร้อยละของผลผลิตน้ำมัน อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส				ร้อยละของผลผลิตน้ำมัน อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
425	0.8	0.72	0.84	0.787	0.66	0.35	0.34	0.450	0.27	0.3	0.37	0.313
455	0.82	0.74	0.86	0.807	0.68	0.36	0.35	0.463	0.27	0.31	0.38	0.320
485	0.84	0.76	0.86	0.820	0.68	0.36	0.35	0.463	0.27	0.31	0.38	0.320
515	0.84	0.76	0.86	0.820	0.7	0.36	0.35	0.470	0.27	0.31	0.38	0.320
545	0.84	0.76	0.86	0.820	0.7	0.36	0.35	0.470	0.27	0.31	0.38	0.320
575	0.84	0.76	0.86	0.820	0.7	0.36	0.35	0.470	0.27	0.31	0.38	0.320
605	0.84	0.76	0.86	0.820	0.7	0.36	0.35	0.470	0.27	0.31	0.38	0.320

ภาพที่ ข. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลผลิตน้ำมันและเวลาที่ใช้ในการกลั่น ณ อุณหภูมิต่าง





ภาคผนวก ก.

ผลการตรวจสอบสารสำคัญในน้ำมันไพล

Area Percent Report

Data File : D:\MAR2014\MOOK01.D

Vial: 1

Acq On : 1 Apr 2014 10:17

Operator: Mookarin

Sample : Pli 5% in DCM

Inst : GC/MS Ins

Misc : Mook HP5-MSI AODOIL

Multiplr: 1.00

Sample Amount: 0.00

MS Integration Params: autoint1.e

Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\TAKHAI.M (Chemstation Integrator)

Title : takhai

Signal : TIC

ตาราง ค.1 วิเคราะห์สารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยไพล โดยวิธี GC-MS

Peak #	R.T. Min	First scan	Max scan	Last scan	PK TY	Peak height	corr. area	corr. %max.	Of total
1	3.974	130	149	165	BV	116760	2436765	3.99%	1.28%
2	4.128	165	175	193	VV	142582	3100219	5.08%	1.63%
3	5.029	301	327	334	BV	2431917	61076854	100.00%	32.03%
4	5.106	334	340	382	VV	282882	6381361	10.45%	3.35%
5	5.42	382	393	424	VV	138793	3399348	5.57%	1.78%
6	5.812	444	459	474	BV2	14799	392580	0.64%	0.21%
7	6.156	490	517	550	PV	341330	8624405	14.12%	4.52%
8	6.41	550	560	570	VV	124997	3274043	5.36%	1.72%
9	6.523	570	579	588	VV3	77861	2762870	4.52%	1.45%
10	6.6	588	592	618	VV3	20221	595454	0.97%	0.31%
11	7.466	717	738	794	PV	583472	16242695	26.59%	8.52%
12	7.851	794	803	825	VB4	15755	464409	0.76%	0.24%
13	8.456	886	905	942	BB	86756	2570554	4.21%	1.35%
14	8.954	955	989	1005	BV3	13111	420840	0.69%	0.22%

ตาราง ค.1 วิเคราะห์สารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยไพล โดยวิธี GC-MS (ต่อ)

Peak #	R.T. Min	First scan	Max scan	Last scan	PK TY	Peak height	corr. area	corr. %max.	Of total
15	9.79	1106	1130	1164	BB3	21098	689068	1.13%	0.36%
16	10.501	1238	1250	1268	VV5	14077	468531	0.77%	0.25%
17	11.978	1469	1499	1566	BV	1000772	40682237	66.61%	21.34%
18	12.559	1579	1597	1612	BV4	13004	441336	0.72%	0.23%
19	13.24	1674	1712	1740	BB8	4923	215302	0.35%	0.11%
20	18.932	2662	2672	2690	VV4	5992	198412	0.32%	0.10%
21	25.91	3831	3849	3870	BV5	13823	521715	0.85%	0.27%
22	28.91	4330	4355	4386	PV9	3540	229914	0.38%	0.12%
23	30.327	4574	4594	4667	BV3	81300	5064203	8.29%	2.66%
24	41.877	6506	6542	6573	BV8	6814	492603	0.81%	0.26%
25	44.894	7021	7051	7081	PV	172128	9890631	16.19%	5.19%
26	45.114	7081	7088	7117	VV4	46997	3248506	5.32%	1.70%
27	45.321	7117	7123	7154	VV4	15545	1702601	2.79%	0.89%
28	45.523	7154	7157	7161	VV5	10336	240733	0.39%	0.13%

ตาราง ค.1 วิเคราะห์สารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยไพล โดยวิธี GC-MS (ต่อ)

Peak #	R.T. Min	First scan	Max scan	Last scan	PK TY	Peak height	corr. area	corr. %max.	Of total
29	45.558	7161	7163	7173	VV8	9687	370153	0.61%	0.19%
30	45.677	7173	7183	7221	VV8	13539	1597580	2.62%	0.84%
31	46.074	7244	7250	7268	VV7	12717	485714	0.80%	0.26%
32	46.566	7318	7333	7348	VV7	5320	174633	0.29%	0.09%
33	46.88	7368	7386	7395	PV7	7675	407820	0.67%	0.21%
34	46.946	7395	7397	7407	VV10	5639	176012	0.29%	0.09%
35	47.011	7407	7408	7418	VV10	3589	112957	0.18%	0.06%
36	47.135	7418	7429	7446	VV	86683	2857810	4.68%	1.50%
37	47.266	7446	7451	7468	VV3	28232	1208670	1.98%	0.63%
38	47.39	7468	7472	7487	VV3	10993	637795	1.04%	0.34%
39	47.503	7487	7491	7507	VV3	9314	534940	0.88%	0.28%
40	47.645	7507	7515	7521	VV3	6909	299223	0.49%	0.16%
41	48.025	7530	7579	7587	VV3	4999	856034	1.40%	0.45%
42	48.173	7587	7604	7613	VV3	6574	438885	0.72%	0.23%

ตาราง ค.1 วิเคราะห์สารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยไพล โดยวิธี GC-MS (ต่อ)

Peak #	R.T. Min	First scan	Max scan	Last scan	PK TY	Peak height	corr. area	Corr. %max.	Of total
43	48.416	7613	7645	7653	VV3	17817	1975984	3.24%	1.04%
44	48.517	7653	7662	7695	VV3	16165	1691418	2.77%	0.89%
45	48.736	7695	7699	7702	VV6	6532	164993	0.27%	0.09%
46	48.766	7702	7704	7720	VV6	5776	288283	0.47%	0.15%
47	48.873	7720	7722	7729	VV7	4672	106356	0.17%	0.06%
48	49.044	7729	7751	7756	VV7	4340	272555	0.45%	0.14%
49	49.092	7756	7759	7768	VV7	3587	99981	0.16%	0.05%
50	49.418	7785	7814	7816	VV7	1335	61031	0.10%	0.03%
51	49.46	7816	7821	7824	VV7	1622	18219	0.03%	0.01%

Sum of corrected areas: 190665236

Information from Data File:

File: D:\MAR2014\MOOK01.D

Operator: Mookarin

Date Acquired: 1 Apr 2014 10:17

Method File: AODOIL

Sample Name: Pli 5% in DCM

Misc Info: Mook HP5-MSI AODOIL

Vial Number: 1

Search Libraries: C:\DATABASE\WILEY275.L Minimum Quality: 80

C:\DATABASE\NIST98.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex

Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

ตาราง ค.2 สารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยโพล

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	3.97	1.28	C:\DATABASE\WILEY275.L .alpha.-Thujene SS Bicyclo[3.1.0]h	25174	002867-05-2	94
			.ALPHA.-PHELLANDRENE SS 2-METHYL-5	25374	000099-83-2	91
			.alpha.-phellandrene	25318	000099-83-2	91
2	4.13	1.63	C:\DATABASE\WILEY275.L .alpha.-pinene SS .alpha.-pinene	25312	000080-56-8	97
			.ALPHA.-PINENE SS DIHYDRO-para-CYM	25368	000080-56-8	96
			.ALPHA.-PINENE,(-)- SS Bicyclo[3.	25199	000080-56-8	96
3	5.03	32.03	C:\DATABASE\WILEY275.L sabinene	25337	003387-41-5	96
			SABINENE	25370	003387-41-5	96
			Sabinene SS Bicyclo[3.1.0]hexane,	25193	003387-41-5	95
4	5.11	3.35	C:\DATABASE\WILEY275.L .BETA.-PINENE	25357	000127-91-3	96
			.beta.-PINENE SS 2(10)-PINENE	25369	000127-91-3	96
			2-.BETA.-PINENE SS Bicyclo[3.1.1]h	25220	000127-91-3	96

ตาราง ค.2 สารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยไพล (ต่อ)

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
5	5.42	1.78	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			.beta.-Myrcene SS 1,6-Octadiene,7	24945	000123-35-3	97
			MYRCENE	25389	000123-35-3	97
			MYRCENE	25355	000123-35-3	96
6	5.81	0.21	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			.alpha.-phellandrene	25318	000099-83-2	91
			l-Phellandrene SS 1,3-Cyclohexadie	25002	000099-83-2	76
			Methylester of 1-Methyl-2,5-cycloh	37445	059034-54-7	72
7	6.16	4.52	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			.alpha.-terpinene SS .ALPHA.-TERPI	25315	000099-86-5	98
			.alpha.-terpinene SS .ALPHA.-TERPI	25316	000099-86-5	98
			.ALPHA.-TERPINENE	25417	000000-00-0	97
8	6.41	1.72	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			Benzene,1-methyl-4-(1-methylethyl	23317	000099-87-6	97
			Benzene,1-methyl-3-(1-methylethyl	23301	000535-77-3	96
			PARA-CYMENE SS 4-ISOPROPYLTOLUENE	23457	000099-87-6	94

ตาราง ค.2 สารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยไพล (ต่อ)

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
9	6.52	1.45	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			.beta.-Phellandrene SS Cyclohexene	25104	000555-10-2	94
			BETA-PHELLANDRENE	25395	000000-00-0	91
			sabinene	25339	003387-41-5	89
10	6.6	0.31	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			1,8-Cineole SS 2-Oxabicyclo[2.2.2]	40425	000470-82-6	95
			1,8-Cineole SS 2-Oxabicyclo[2.2.2]	40436	000470-82-6	92
			1,8 CINEOLE SS EUCALYPTOL SS CAJEP	40592	000470-82-6	92
11	7.47	8.52	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			.GAMMA.-TERPINENE	25353	000099-85-4	96
			.gamma.-Terpinene SS 1,4-Cyclohexa	25028	000099-85-4	96
			.gamma.-Terpinene SS 1,4-Cyclohexa	25025	000099-85-4	95
12	7.85	0.24	C:\DATABASE\NIST98.L			
			Terpineol,Z-.beta.-	6300	007299-41-4	46
			Acetamide,2-chloro-	11080	000079-07-2	43
			N,N-Dimethyl-dimethylphosphoricam	11128	1000143-60-6	35

ตาราง ค.2 สารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยโพล (ต่อ)

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
13	8.46	1.35	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			.alpha.-terpinolene SS Cyclohexene	25092	000586-62-9	98
			.alpha.-terpinolene SS Cyclohexene	25087	000586-62-9	97
			terpinolene	25331	000586-62-9	97
14	8.95	0.22	C:\DATABASE\NIST98.L			
			Acetamide,2-chloro-	11080	000079-07-2	38
			Terpineol,Z-.beta.-	6300	007299-41-4	35
			Acetamide,2-chloro-	110640	000079-07-2	25
15	9.79	0.36	C:\DATABASE\NIST98.L			
			trans-.beta.-Terpinyl butanoate	109212	002153-28-8	27
			Acetamide,2-chloro-	11080	000079-07-2	27
			Cyclopentanol,1,2-dimethyl-3-(1-m	8326	004099-07-4	12
16	10.5	0.25	C:\DATABASE\NIST98.L			
			Acetamide,2-chloro-	11080	000079-07-2	47
			Benzyl alcohol,.alpha.-(1-aminoet	10964	000054-49-9	43
			Acetamide,2-chloro-	110640	000079-07-2	37

ตาราง ค.2 สารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยไพล (ต่อ)

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
17	11.98	21.34	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			TERPINEN-4-OL	40552	000562-74-3	97
			3-Cyclohexen-1-ol,4-methyl-1-(1-m	40153	000562-74-3	97
			TERPINEOL-4	40615	000562-74-3	96
18	12.56	0.23	C:\DATABASE\NIST98.L			
			3-Cyclohexene-1-methanol,.alpha.,	113224	000098-55-5	50
			1S-.alpha.-Pinene	40167	007785-26-4	18
19	13.24	0.11	C:\DATABASE\NIST98.L			
			Formamide,N-(cyanomethyl)-	541	005018-27-9	9
			1-Penten-3-one	63	001629-58-9	5
			Furan,2,5-dihydro-3-methyl-	386	001708-31-2	4
20	18.93	0.1	C:\DATABASE\NIST98.L			
			Cyclohexanol,2-methyl-5-(1-methyl	4144	020777-49-5	9
			1-[a-(1-Adamantyl)benzylidene]thio	10960	1000222-83-3	9
			3,5-Nonadien-7-yn-2-ol,(E,E)-	7319	043142-43-4	7

ตาราง ค.2 สารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยไพล (ต่อ)

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
21	25.91	0.27	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			.BETA.-SESQUIPHELLANDRENE	89665	020307-83-9	96
			.BETA.-SESQUIPHELLANDRENE	89700	020307-83-9	96
			TRANS-.BETA.-FARNESENE	89677	028973-97-9	76
22	28.91	0.12	C:\DATABASE\NIST98.L			
			2,4-Dimethylamphetamine	11122	075659-61-9	9
			Tocainide	11170	041708-72-9	5
			n-Hexylmethylaniline	11150	035161-70-7	4
23	30.33	2.66	C:\DATABASE\NIST98.L			
			4,6-Difluoro-2-dimethylaminopyrimidine	70340	1000070-47-6	30
			Furan,3-phenyl-	64821	013679-41-9	30
			Indolizine,2-methyl-6-ethyl-	70339	1000131-05-7	25
24	41.88	0.26	C:\DATABASE\NIST98.L			
			Acetamide,2-cyano-	10531	000107-91-5	9
			1-Octanamine	768	000111-86-4	9
			Amyl Nitrite	108049	000110-46-3	9

ตาราง ค.2 สารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยไพล (ต่อ)

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
25	44.89	5.19	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			9-Octadecenoic acid (Z)-(CAS) \$\$	163703	000112-80-1	98
			HEPTADECENE-(8)-CARBONIC ACID-(1)	163698	000000-00-0	97
			9-Octadecenoic acid (Z)-,2,3-dihy	214835	000111-03-5	86
26	45.11	1.7	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			Octadecanoic acid (CAS) \$\$ Stearic	165442	000057-11-4	89
			9-Octadecenoic acid (Z)-(CAS) \$\$	163701	000112-80-1	53
			Octadecanoic acid (CAS) \$\$ Stearic	165441	000057-11-4	52
27	45.32	0.89	C:\DATABASE\NIST98.L			
			Undecylenic Acid	111329	000112-38-9	38
			Pentanoic acid,10-undecenyl ester	13170	1000159-93-4	30
			Z-10-Tetradecen-1-ol acetate	5029	1000130-99-3	30
28	45.52	0.13	C:\DATABASE\NIST98.L			
			Pentanoic acid,10-undecenyl ester	13170	1000159-93-4	30
			Undecylenic Acid	111330	000112-38-9	27
			Undecylenic Acid	111328	000112-38-9	27

ตาราง ค.2 สารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยไพล (ต่อ)

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
29	45.56	0.19	C:\DATABASE\NIST98.L			
			Undecylenic Acid	111328	000112-38-9	14
			Undecylenic Acid	111330	000112-38-9	14
			9-Octadecynoic acid	2354	000506-24-1	11
30	45.68	0.84	C:\DATABASE\NIST98.L			
			3-Dodecen-1-ol	13799	1000164-12-4	41
			Undecylenic Acid	111329	000112-38-9	30
			Pentanoic acid,10-undecenyl ester	13170	1000159-93-4	30
31	46.07	0.25	C:\DATABASE\NIST98.L			
			Oleic Acid	108586	000112-80-1	30
			Oxacyclotridecan-2-one	13217	000947-05-7	25
			Cyclooctaneacetic acid,2-oxo-	5045	1000141-74-9	22
32	46.57	0.09	C:\DATABASE\NIST98.L			
			4-Fluorohistamine	10678	049872-60-8	35
			2-Methyl-Z,Z-3,13-octadecadienol	12982	1000130-90-5	25
			Oleic Acid	108586	000112-80-1	25

ตาราง ค.2 สารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยไพล (ต่อ)

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
33	46.88	0.21	C:\DATABASE\NIST98.L			
			Oleic Acid	108586	000112-80-1	30
			9-Octadecenal,(Z)-	13209	002423-10-1	25
			Oleic Acid	1968	000112-80-1	25
34	46.95	0.09	C:\DATABASE\NIST98.L			
			Azocine,1,2,3,4,7,8-hexahydro-	10986	057502-48-4	35
			1-Cyclohexylnonene	13371	114614-84-5	25
			Oleic Acid	108586	000112-80-1	18
35	47.01	0.06	C:\DATABASE\NIST98.L			
			Oxacyclohexadecan-2-one	111334	000106-02-5	25
			Oleic Acid	108586	000112-80-1	25
			Oxiraneundecanoic acid,3-pentyl-,	13047	038520-30-8	18
36	47.14	1.5	C:\DATABASE\NIST98.L			
			13-Octadecenal,(Z)-	13845	058594-45-9	45
			1H-Indene,5-butyl-6-hexyloctahydr	2761	055044-36-5	38
			2-Methyl-Z,Z-3,13-octadecadienol	12982	1000130-90-5	38

ตาราง ค.2 สารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยโพล (ต่อ)

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
37	47.27	0.63	C:\DATABASE\NIST98.L			
			5-Heptadecenal	16586	1000143-91-3	15
			trans-Traumatic acid	13018	006402-36-4	12
			Oleic Acid	1968	000112-80-1	11
38	47.39	0.33	C:\DATABASE\NIST98.L			
			3-Piperidinol	110655	006859-99-0	27
			Oleic Acid	108586	000112-80-1	15
			9-Octadecenal	1961	005090-41-5	15
39	47.5	0.28	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			1,2-Epoxy-1-vinylcyclododecene	93984	053601-11-9	81
			Z,Z-3-Methyl-2,4-hexadiene	5317	130975-10-9	35
			N,N'-dimethylcyclobutane-1,1-bis(m	29718	122688-05-5	35
40	47.65	0.16	C:\DATABASE\NIST98.L			
			2-Oxo-3-methyl-cis-perhydro-1,3-be	10582	1000138-84-6	35
			9,12-Octadecadienoyl chloride,(Z,	13769	007459-33-8	18
			1-Cyclohexylnonene	13371	114614-84-5	15

ตาราง ค.2 สารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยโพล (ต่อ)

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
41	48.02	0.45	C:\DATABASE\NIST98.L			
			2R,3s-9-[1,3,4-Trihydroxy-2-butoxy	10659	1000211-80-3	35
			1,4-Dioxaspiro[4.5]decane,8-(meth	11100	055103-51-0	32
			5-Nitro-3-nitrylpyridone-2-(1H)	10892	1000223-41-8	25
42	48.17	0.23	C:\DATABASE\NIST98.L			
			D-Erythro-Pentose,2-deoxy-	110535	000533-67-5	43
			1,4-Dioxaspiro[4.5]decane,8-(meth	11100	055103-51-0	32
			Acetamide,2,2,2-trichloro-	110557	000594-65-0	32
43	48.42	1.04	C:\DATABASE\NIST98.L			
			9-Octadecenal	1961	005090-41-5	18
			Oleic Acid	108586	000112-80-1	18
			1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	14188	1000143-77-4	14
44	48.52	0.89	C:\DATABASE\NIST98.L			
			9,12-Octadecadienal	2320	026537-70-2	53
			Z-10-Pentadecenol	13182	1000245-48-5	22
			1H-Indene,5-butyl-6-hexyloctahydr	2761	055044-36-5	22

ตาราง ค.2 สารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยไพล (ต่อ)

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
45	48.74	0.09	C:\DATABASE\NIST98.L			
			2R,3s-9-[1,3,4-Trihydroxy-2-butoxy	10659	1000211-80-3	35
			3-Piperidinol	110655	006859-99-0	17
			1-[a-(1-Adamantyl)benzylidene]thio	10960	1000222-83-3	16
46	48.77	0.15	C:\DATABASE\NIST98.L			
			Decanal	4347	000112-31-2	25
			Decanal	109300	000112-31-2	25
			1,1-Dodecanediol,diacetate	5454	056438-07-4	16
47	48.87	0.06	C:\DATABASE\NIST98.L			
			2R,3s-9-[1,3,4-Trihydroxy-2-butoxy	10659	1000211-80-3	32
			Propanamide,N-acetyl-	109159	019264-34-7	27
			5-Nitro-3-nitrylpyridone-2-(1H)	10892	1000223-41-8	27
48	49.04	0.14	C:\DATABASE\NIST98.L			
			1,2-Ethanediamine,N-(2-aminoethyl	11102	000112-57-2	40
			2R,3s-9-[1,3,4-Trihydroxy-2-butoxy	10659	1000211-80-3	38
			Azocine,1,2,3,4,7,8-hexahydro-	10986	057502-48-4	35

ตาราง ค.2 สารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยไพล (ต่อ)

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
49	49.09	0.05	C:\DATABASE\NIST98.L			
			1,3-Cyclohexanediol	10770	000504-01-8	38
			Heptanal	10639	000111-71-7	25
			2-Piperidinone,6-methyl-	13602	004775-98-8	25
50	49.42	0.03	C:\DATABASE\NIST98.L			
			2-Methylamino-1-phenylethanol	10938	1000191-03-3	38
			2R,3s-9-[1,3,4-Trihydroxy-2-butoxy	10659	1000211-80-3	37
			Benzenemethanol,3-hydroxy-.alpha.	110606	000059-42-7	16
51	49.46	0.01	C:\DATABASE\NIST98.L			
			2-Methylamino-1-phenylethanol	10938	1000191-03-3	23
			1,4-Butanediamine,N-(3-aminopropyl)	110494	000124-20-9	17
			2-Propanamine	110466	000075-31-0	16

ลงชื่อ..... Markain Narkong..... หัวหน้าโครงการวิจัย
(อาจารย์ มุกกรีน หนูคง)
วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ลงชื่อ..... ผู้ร่วมวิจัย
(ดร.นักรบ นาคประสม)
วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ลงชื่อ..... ผู้ร่วมวิจัย
(ดร.ภาวิณี อารีศรีสม)
วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ลงชื่อ..... วิชาพร วงศ์..... ที่ปรึกษาโครงการ
(ผศ.ดร.จตุพงศ์ วาฤทธิ์)
วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ลงชื่อ..... คนบตีวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร
(รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิสิน บวรสมบัติ)
วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....