

การสร้างแบบจำลองและการออกแบบชิ้นหน่วยสกัดและหน่วยนำสารมาใช้ใหม่
ในกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง



นาย วีระวัฒน์ แซ่จู่

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

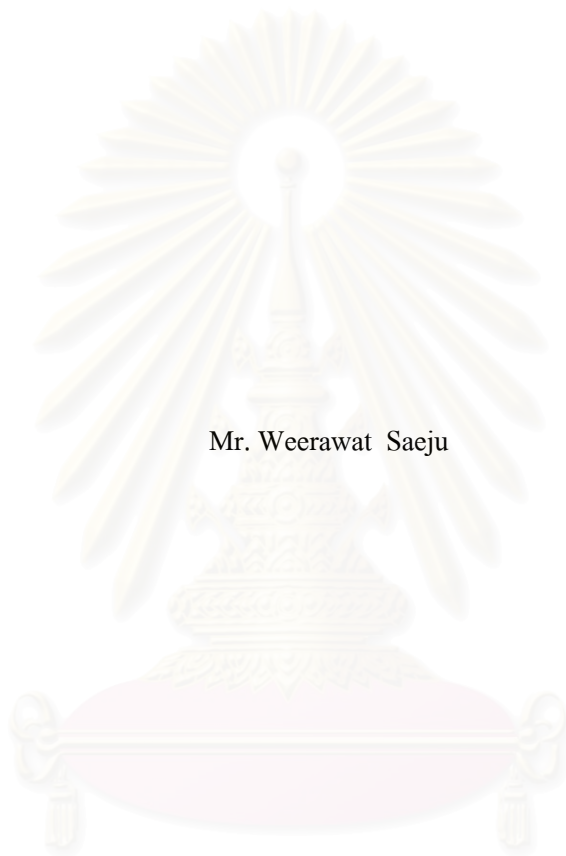
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-0877-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MODELING AND OPTIMIZATION OF EXTRACTION AND RECOVERY UNITS
OF THE SOYBEAN OIL MANUFACTURING PROCESS



Mr. Weerawat Saeju

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-03-0877-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การสร้างแบบจำลองและการอปติไมซ์หน่วยสกัดและ
หน่วยนำสารมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง
โดย นายวิระวัฒน์ แซ่จู้
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. มนตรี วงศ์ศรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. มนตรี วงศ์ศรี)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล กิตติสุขภกร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธงไชย ศรีนพคุณ)

วิระวัฒน์ แซ่จู่ : การสร้างแบบจำลองและการออปติไมซ์หน่วยสกัดและหน่วยนำสารมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง (MODELING AND OPTIMIZATION OF EXTRACTION AND RECOVERY UNITS OF THE SOYBEAN OIL MANUFACTURING PROCESS) อ. ที่ปรึกษา : ดร. มนตรี วงศ์ศรี, 68 หน้า.

ISBN 974-03-0877-5

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบจำลองหน่วยสกัดและหน่วยนำสารสกัดกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง โดยอาศัยข้อมูลการผลิตจากโรงงานนำมาสร้างแบบจำลองกระบวนการโดยใช้โปรแกรมแอสเพนพลัส เวอร์ชัน 9.3-1 หลังจากได้แบบจำลองแล้วก็นำมาทดสอบค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประมาณไปในแบบจำลอง ปรากฏว่า แบบจำลองให้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริง โดยมีค่าผิดพลาดสูงสุดที่ 2.33 % การวิเคราะห์ค่าความไวเพื่อดูแนวโน้มการตอบสนองของกระบวนการ และทดสอบขอบเขตของกระบวนการก่อนการออปติไมซ์ โดยการเปลี่ยนปริมาณสารละลายสารที่ใช้สกัดนั้น พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายขึ้น จะทำให้สกัดน้ำมันได้มากขึ้น แต่จะเสียค่าใช้จ่ายในการแยกสารละลายนำเพื่อนำมาใช้ใหม่เพิ่ม วัตถุประสงค์ของการออปติไมซ์คือเพื่อหาปริมาณสารละลายเฮกเซนที่ใช้สกัดที่เหมาะสมที่สุดคือหาค่าอัตราการใช้ของสารสกัดเฮกเซนที่ทำให้ได้กำไรสูงสุด(ราคาผลิตภัณฑ์ - ต้นทุนการผลิต) จากแบบจำลอง พบว่าปริมาณสารละลายเฮกเซนที่ใช้จริงต่ำเกินไปคือใช้ที่ 27 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง โดยจะมีกำไรจากการผลิต 7193.40 บาท ถ้าปรับเพิ่มปริมาณสารละลายเฮกเซนมาที่ 31.64 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงก็จะเป็นจุดที่ออปติไมซ์ที่จะทำให้กำไรเพิ่มขึ้นได้ โดยจะมีกำไรจากการผลิต 7220.90 หรือกำไรเพิ่มขึ้น 27.50 บาท ต่อชั่วโมงหรือจะได้กำไรเพิ่ม 660 บาทต่อวันหรือ 19800 บาทต่อเดือนแต่ถ้าปรับปริมาณสารละลายเฮกเซนเกินค่าที่คำนวณได้นี้ ก็จะทำให้กำไรลดลงอีกเพราะว่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้เพิ่มไม่คุ้มกับค่าพลังงานที่ต้องใช้ในการระเหยแยกเฮกเซนออกมา กรณีศึกษาเพื่อดูแนวโน้มของจุดออปติไมซ์เมื่อราคาของที่เกี่ยวข้องกับการออปติไมซ์หลักๆคือ ราคาพลังงานราคาวัตถุดิบ ราคาผลิตภัณฑ์ และราคาผลิตภัณฑ์รวมมีราคาเปลี่ยนแปลงไป

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2544

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

4170534521 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: OPTIMIZATION/ASPENPLUS/EXTRACTION/SOYBEAN

WEERAWAT SAEJU : MODELING AND OPTIMIZATION OF EXTRACTION
AND RECOVERY UNITS OF THE SOYBEAN OIL MANUFACTURING PROCESS

THESIS ADVISOR : MONTREE WONGSRI, D.Sc. , 68 pp. ISBN 974-03-0877-5

This research works on modeling Extraction and Recovery Units of Soybean Oil Manufacturing Process. By employing data from the factory to build the process model on simulation program Aspen plus version 9.3-1. Then test the estimated parameter in the model. We found that the model gives the results close to the actual data which the maximum error is 2.33 %. The Sensitivity Analysis used to see the trend of the model and test the boundary on the model before optimization. By vary the hexane flow, found that the more solvent used the more oil extracted but we have to pay more for the solvent recovery. The objective of optimization is to maximize profit (cost of product – cost of manufacturing). From the model, we found that the use of the hexane solvent is too low which is 27 cubicmeter per hour and get manufacturing profit 7193.40 baht. If we increases flow of hexane solvent to 31.64 cubicmeter per hour which is the optimum. We will get manufacturing profit 7220.90 baht or the profit increase 27.50 baht per hour or the profit increase 660 baht per day or 19800 per month. But if we adjust more flowrate of hexane solvent beyond this calculated value. The profit will be decrease again because the amount of increase extracted oil will not worth to the cost of the energy to recovery the hexane. Case studies are performed to see the trend of the optimum point when cost of main factors in optimization have been change that are cost of energy, cost of feed, cost of product and cost of byproduct have change.

Department Chemical Engineering

Student's signature.....

Field of Chemical Engineering

Advisor's signature.....

Academic year 2001

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ ดร. มนตรี วงศ์ศรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยความช่วยเหลือและแนะนำจากท่านตลอดจนข้อเสนอแนะและแนวความคิดต่างๆ ของงานวิจัยด้วยดีตลอดมาจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล กิตติศุภกร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธงไชย ศรีนพคุณ ที่กรุณามาร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ซึ่งได้ให้ความสนใจและได้ให้ข้อคิดและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยฉบับนี้

ขอบคุณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เป็นแหล่งความรู้ให้ข้าพเจ้าได้ศึกษาค้นคว้าตลอดการทำงานวิจัย และขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์และบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยเหลือสนับสนุนทางการเงิน, ในด้านการศึกษา และการทำงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จการศึกษา

ขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ และน้องๆ ที่ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือตลอดมาให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

ท้ายนี้ผู้ทำการวิจัยใคร่ขอกราบขอบคุณมารดาและผู้มีอุปการคุณที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้ตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
สารบัญตาราง.....	ฎ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	5
1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์.....	5
2. ผลงานวิจัยที่ผ่านมาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ทฤษฎีการสกัด.....	7
2.1.1 หลักการของการสกัดของแข็งไหลสวนทางแบบต่อเนื่อง.....	7
2.1.2 หลักการของการสกัดของแข็งไหลสวนทางแบบต่อเนื่อง.....	7
2.1.3 สมดุล.....	8
2.1.4 เส้นดำเนินการ.....	9
2.2 การสร้างแบบจำลอง/การเลียนแบบกระบวนการ.....	9
2.3 การออปติไมซ์.....	10
2.3.1 องค์ประกอบสำคัญในการทำการออปติไมซ์.....	11
3. กระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง.....	14
3.1 กระบวนการผลิตน้ำมันพืช.....	14
3.1.1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ(Pretreatment).....	15
3.1.2 การบด (Grinding and Flaking).....	15
3.1.3 การนึ่ง (Steaming).....	15

3.1.4 การอัด (Mechanical Press).....	16
3.1.5 การสกัด (Extraction)	16
3.1.6 ประสิทธิภาพของการสกัดด้วยตัวทำละลาย.....	18
3.2 กระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง.....	19
3.2.1 การเตรียมเมล็ดถั่วเหลืองสำหรับการสกัด.....	19
3.2.2 การสกัดน้ำมันถั่วเหลืองโดยใช้สารละลายและการนำกลับมาใช้ใหม่.....	20
3.2.3 การทำน้ำมันถั่วเหลืองให้บริสุทธิ์.....	22
4. แบบจำลองกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง.....	26
4.1 คำอธิบายแบบจำลอง (Model Description).....	26
4.2 การตั้งค่ากระบวนการ (Model Setup).....	28
4.2.1 การเลือกชนิดสารป้อนในกระบวนการ.....	28
4.2.2 การเลือกหน่วยปฏิบัติการ (Unit Operation Justification)	29
4.3 สร้างแบบจำลอง(Model Building).....	31
4.3.1 สารที่ใช้ในกระบวนการ.....	31
4.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการ.....	34
4.4 การทดสอบแบบจำลอง (Model Validation)	36
4.4.1 พารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า.....	36
4.4.2 การทดสอบแบบจำลอง.....	37
5. การoptimiseกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง.....	41
5.1 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis).....	41
5.2 ปัญหาการoptimiseกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง.....	45
5.2.1 แบบจำลองของกระบวนการ (Process Model).....	45
5.2.2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function).....	45
5.2.3 ข้อจำกัด (Constraints)	48
5.2.4 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)	48
5.3 ผลการoptimise.....	48
5.4 กรณีศึกษา.....	52
5.4.1 ราคาพลังงานในการระเหยเปลี่ยนแปลงไป.....	52
5.4.2 ราคาวัตถุดิบเปลี่ยนแปลงไป.....	53
5.4.3 ราคาผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป.....	53
5.4.4 ราคาผลิตภัณฑ์ร่วมเปลี่ยนแปลงไป.....	54
6. สรุปผลงานวิจัย.....	55

6.1 การสร้างแบบจำลอง.....	55
6.2 การวิเคราะห์ความไว.....	55
6.3 การออปติไมซ์.....	56
6.4 กรณีศึกษา.....	56
6.5 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย.....	57
รายการอ้างอิง.....	58
ภาคผนวก.....	61
ภาคผนวก ก โปรแกรมแอสเพนพลัส.....	62
ก.1 แบบจำลองหน่วยกระบวนการที่ใช้ในงานวิจัย.....	62
ก.1.1 แบบจำลองของ CCD (Multistage washer or Counter current decanter) หน่วยสกัดของแข็งแบบไหลสวนทางหลายชั้น.....	62
ก.1.2 แบบจำลองถัง FLASH2 (2 Outlet Flash) หน่วยระเหยแยกไอน้ำของเหลว.....	63
ก.1.3 แบบจำลอง FSPLIT (Flow Splitter) หน่วยแยกสัดส่วนกระแส.....	64
ก.1.4 แบบจำลอง HEATER หน่วยให้ความร้อน.....	64
ก.1.5 แบบจำลอง HEATX หน่วยแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ 2 ทาง.....	65
ก.1.6 แบบจำลอง MIXER (Stream Mixer) หน่วยรวมกระแส.....	66
ก.1.7 แบบจำลอง SEP 2 (2 Outlet Component Separator) หน่วยแยกองค์ประกอบของกระแส.....	66
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	68

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ลำดับขั้นการสกัดไหลสวนทาง.....	8
รูปที่ 3.1 แผนภาพกระบวนการผลิตน้ำมันพืช.....	14
รูปที่ 3.2 แผนภูมิกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง โดยการสกัดด้วยตัวทำละลาย.....	25
รูปที่ 4.1 แผนภูมิกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง.....	27
รูปที่ 5.1 ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ต่อปริมาณสารละลายเฮกเซนที่ใช้.....	44
รูปที่ 5.2 ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้เป็นเปอร์เซ็นต์ต่อปริมาณสารละลายเฮกเซนที่ใช้.....	44
รูปที่ 5.3 เส้นประแสดงขอบเขตการอปติไมซ์ของแผนภูมิ กระบวนการสกัดน้ำมันถั่วเหลือง.....	51
รูปที่ ก.1 แบบจำลองของ CCD หน่วยสกัดของแข็งแบบไหลสวนทางหลายชั้น.....	62
รูปที่ ก.2 แบบจำลองถัง FLASH2 หน่วยระเหยแยกไอน้ำของเหลว.....	63
รูปที่ ก.3 แบบจำลอง FSPLIT (Flow Splitter) หน่วยแยกสัดส่วนกระแส.....	63
รูปที่ ก.4 แบบจำลอง HEATER หน่วยให้ความร้อน.....	64
รูปที่ ก.5 แบบจำลอง HEATX หน่วยแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ 2 ทาง.....	65
รูปที่ ก.6 แบบจำลอง MIXER (Stream Mixer) หน่วยรวมกระแส.....	66
รูปที่ ก.7 แบบจำลอง SEP 2 (2 Outlet Component Separator) หน่วยแยกองค์ประกอบของกระแส.....	66

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ผลผลิตถั่วเหลืองของประเทศผู้ผลิตสำคัญ.....	2
ตารางที่ 4.1 การกระจายขนาดของอนุภาคของแข็ง.....	32
ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบของถั่วเหลืองที่เตรียมสกัด.....	33
ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติของเฮกเซนที่ใช้สกัด.....	33
ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยอาศัยพารามิเตอร์จากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 กับค่าที่วัดได้จริงจากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 ของเครื่องสกัด.....	37
ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยอาศัยพารามิเตอร์จากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 กับค่าที่วัดได้จริงจากการผลิตวันที่ 22 ส.ค.2544 ของเครื่องสกัด.....	37
ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยอาศัยพารามิเตอร์จากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 กับค่าที่วัดได้จริงจากการผลิตวันที่ 22 ส.ค.2544 ของเครื่องสกัด.....	38
ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยอาศัยพารามิเตอร์จากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 กับค่าที่วัดได้จริงจากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 1 (HX1).....	38
ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยอาศัยพารามิเตอร์จากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 กับค่าที่วัดได้จริงจากการผลิตวันที่ 22 ส.ค.2544 ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 1 (HX1).....	38
ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยอาศัยพารามิเตอร์จากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 กับค่าที่วัดได้จริงจากการผลิตวันที่ 23 ส.ค.2544 ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 1 (HX1).....	39
ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยอาศัยพารามิเตอร์จากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 กับค่าที่วัดได้จริงจากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 ของเครื่องหล่อเย็น 1, 2, 3.....	39
ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยอาศัยพารามิเตอร์จากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 กับค่าที่วัดได้จริงจากการผลิตวันที่ 22 ส.ค.2544 ของเครื่องหล่อเย็น 1, 2, 3.....	39
ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยอาศัยพารามิเตอร์จากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 กับค่าที่วัดได้จริงจากการผลิตวันที่ 23 ส.ค.2544	

ของเครื่องหล่อเย็น 1, 2, 3.....40

ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์ความไวของประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันถั่วเหลือง
ต่อปริมาณสารละลายที่ใช้.....43

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการเปรียบเทียบกำไรการผลิตก่อนและหลังการอัดไมซ์.....49

ตารางที่ 5.3 ผลการคำนวณสายกระบวนการต่างๆเปรียบเทียบกรณีปัจจุบันและ
กรณีอัดไมซ์.....49



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ปัจจุบันน้ำมันพืชได้เข้ามามีความสำคัญมากในประเทศไทย เนื่องจากประชาชนนิยมใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารกันมาก ทั้งนี้เพราะน้ำมันพืชให้คุณค่าทางอาหารมากกว่าน้ำมันที่ได้จากสัตว์ การผลิตน้ำมันพืชจึงเป็นอุตสาหกรรมอีกประเภทหนึ่งที่จะช่วยให้เศรษฐกิจของประเทศพัฒนายิ่งขึ้น ปัจจุบันนอกจากจะใช้บริโภคแล้วยังสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับประกอบอุตสาหกรรมอื่นๆอีก อาทิ สบู่ ยารักษาโรค สี นมข้น กาว วัตถุระเบิด เกสซ์กันซ์ อุตสาหกรรมสิ่งทอ ตลอดจนเครื่องสำอาง เป็นต้น น้ำมันและไขมันที่ได้จากพืชมีนับร้อยชนิด แต่ที่สำคัญในทางการค้ามีเพียงประมาณ 1 ถึง 2 ชนิด วัตถุดิบเหล่านี้มีปริมาณน้ำมันตั้งแต่ 18 % ในน้ำมันถั่วเหลืองจนถึง 70 % ในเนื้อมะพร้าวแห้ง เมื่อสกัดน้ำมันออกแล้วกากที่เหลือจะใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อให้โปรตีนในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ได้ น้ำมันจากถั่วเหลืองนิยมใช้ปรุงอาหาร ทำน้ำมันสลัดและเนยเทียม มีปริมาณการใช้มากถึง 1/4 ของน้ำมันพืชทั้งหมด มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศผู้ผลิตที่สำคัญของโลก รองมาคือ บราซิลและจีน การผลิตถั่วเหลืองในไทยให้ผลผลิตในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำทำให้มีราคาแพงเมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ(ดวงแข วิเศษพจนกิจ; 2525)

ในประเทศไทย ปีการผลิต 2544/45ซึ่งคาดว่าจะมีพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองประมาณ 1.335 ล้านไร่ ลดลงจาก 1.396 ล้านไร่ในปี 2543/44 ร้อยละ 4.37 เนื่องจากเกษตรกรหันไปปลูกพืชชนิดอื่นทดแทน สำหรับปริมาณผลผลิตและผลผลิตต่อไร่ในปี 2543/44 มีปริมาณ 312,432 ตัน และ 224 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ ด้านต่างประเทศ กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกาประมาณการผลผลิตถั่วเหลืองของโลกปี 2544/45 ประจำเดือนธันวาคมว่าจะมีประมาณ 182.72 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2543/44 ร้อยละ 4.84 เนื่องจากสภาพอากาศที่เอื้ออำนวยต่อการผลิต และความต้องการของตลาดที่สูงขึ้น ด้านราคาราคาขายส่ง ณ ตลาดกรุงเทพของถั่วเหลืองสกัดน้ำมันเฉลี่ยโลกกรัมละ 11.25 บาท (ม.ค. 2545) ราคาทรงตัวเท่ากับเดือนที่แล้ว ราคาถั่วเหลืองเฉลี่ยโลกกรัมละ 10.08 บาท ลดลงจากโลกกรัมละ 10.27 บาทในเดือนที่แล้ว (สายรัก ไชยลังกา; 2545)

ตารางที่ 1.1 ผลผลิตถั่วเหลืองของประเทศผู้ผลิตสำคัญ

หน่วย : ล้านตัน

ประเทศ	2542/43	2543/44 ข้อมูลเบื้องต้น ณ ธ.ค.44	2544/45 ภาคคะเน ณ ธค.44
สหรัฐอเมริกา	72.22	75.06	79.55
บราซิล	34.20	38.40	41.50
อาร์เจนตินา	21.20	27.20	28.75
จีน	14.29	15.40	15.30
อินเดีย	5.20	5.25	5.60
ปารากวัย	2.90	3.40	3.40
อื่นๆ	9.84	9.18	8.62
รวม	159.85	174.28	182.72

(สายรัก ไชยลังกา; 2545)

อุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองก็เป็นอุตสาหกรรมสำคัญอย่างหนึ่ง เนื่องจากผลผลิตถั่วเหลืองมากกว่า 80 % จะนำมาสกัดน้ำมัน(จันทร์ธิดา ปิยสุทราวรย์; 2544) แต่ในเมืองไทย อุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองส่วนใหญ่จะเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กและบางโรงงานเป็นอุตสาหกรรมขนาดกลางที่เริ่มมีการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัยเข้ามาใช้ จึงยังขาดการจัดการทางเทคโนโลยีที่เพียงพอ โรงงานเคมี ปิโตรเคมี หรือโรงงานปิโตรเลียมส่วนใหญ่มีขนาดใหญ่ กระบวนการผลิตซับซ้อน แต่เกือบทั้งหมดก็ได้มีการนำเทคโนโลยีเกี่ยวกับการผลิตและการจัดการมาใช้ เช่นการนำโปรแกรมสำเร็จรูปทางการค้า มาสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายการผลิตรวมทั้งหาจุดผลิตที่เหมาะสมที่สุด ทำให้การผลิตมีประสิทธิภาพและคุณภาพที่ดีอยู่แล้ว แต่มีโรงงานขนาดกลางและขนาดเล็กจำนวนมากที่ไม่ได้ใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองก็เป็นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร ซึ่งการเกษตรก็เป็นพื้นฐานของประเทศไทย ทำให้การผลิตไม่มีประสิทธิภาพและคุณภาพ เพื่อเป็นการช่วยพัฒนาอุตสาหกรรมขนาดกลางและเล็กเหล่านี้ ให้มีประสิทธิภาพและคุณภาพที่สามารถแข่งขันได้ จึงมีการวิจัยเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง ปริมาณของสารละลายที่ใช้สกัดมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ การเพิ่มปริมาณสารละลายที่ใช้สกัดทำให้ได้ปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น แต่ปัญหาก็คือจำเป็นต้องมีการ

แยกสารละลายออกเพื่อนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่และเพื่อมิให้สารละลายปนไปกับน้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้บริโภค การระเหยแยกสารละลายและการหล่อเย็นไอของสารละลายเพื่อนำมาใช้ใหม่ จำเป็นต้องใช้พลังงานทั้งสิ้น จุดเหมาะสมในการดำเนินการผลิตที่ไม่ใช้สารละลายในการสกัดน้อยเกินไปทำให้ได้น้ำมันถั่วเหลืองน้อยเกินไปและขณะเดียวกันก็ไม่มากจนเกินไปจนต้องมีการใช้พลังงานในการนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่จำนวนมากอยู่ตรงไหน การสร้างแบบจำลองของการผลิตที่เกี่ยวข้องและการออปติไมซ์เป็นวิธีที่จะช่วยหาจุดที่เหมาะสมในการผลิตเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิตต่อไป แรงจูงใจในการออปติไมซ์นี้เกิดจากแรงจูงใจด้านเศรษฐศาสตร์คือเพื่อให้ได้ผลกำไรมากที่สุด ผลกำไรนี้คือผลกำไรขั้นต้น ซึ่งก็คือราคาของผลผลิตและผลผลิตรวมลบด้วยต้นทุนการผลิตอันประกอบด้วยราคาของวัตถุดิบและราคาของสาธารณูปโภคต่างๆซึ่งเป็นต้นทุนผันแปร ส่วนต้นทุนคงที่อันประกอบด้วยราคาเครื่องจักร ค่าเช่าที่ดินหรือค่าแรงงานต่างๆที่ไม่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตจะไม่นำมาคิด อย่างไรก็ตามจะต้องมีการคำนึงถึงข้อจำกัดด้านนี้และนำมากำหนดขอบเขตของการออปติไมซ์ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ไม่ซับซ้อน การออปติไมซ์จะทำแบบรวมส่วนคือการออปติไมซ์ทั้งกระบวนการพร้อมๆกันโดยจะทำการออปติไมซ์ส่วนสำคัญในกระบวนการผลิตคือส่วนสกัดน้ำมันถั่วเหลืองและส่วนนำสารมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างแบบจำลอง และออปติไมซ์หน่วยสกัดน้ำมันถั่วเหลืองและหน่วยนำสารมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง จากโรงงานซึ่งมีการสกัดน้ำมันพืชรวมทั้งน้ำมันถั่วเหลืองด้วย โดยจะนำข้อมูลของโรงงานในส่วนของหน่วยสกัดและหน่วยนำสารมาใช้ใหม่ในการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองมาสร้างแบบจำลอง และออปติไมซ์เพื่อหาปริมาณการใช้สารสกัดเพื่อให้ได้กำไรขั้นต้นสูงสุด กำไรขั้นต้นนี้หมายถึงกำไรจากการผลิตคือ ราคาผลผลิตลบด้วยต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิต โดยไม่รวมค่าจ้างแรงงาน ค่าอุปกรณ์ในการผลิต ค่าที่ดินและค่าใช้จ่ายคงที่อื่นๆ

ปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการเลียนแบบกระบวนการที่ก้าวหน้ามาก สามารถนำมาใช้สร้างแบบจำลองที่มีความซับซ้อนโดยไม่ต้องเขียนสมการทางคณิตศาสตร์แก้ปัญหาที่ยุ่งยากเอง ซอฟต์แวร์ที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้คือ แอสเพนพลัส ซึ่งเป็นซิมูเลเตอร์แบบซีควนเชียล มอดูลาร์ (Sequential Modular, S.M.) หรือตัวจำลองกระบวนการแบบปิด (Close Form) ซึ่งมีการแก้สมการของแบบจำลองในระบบปฏิบัติการทีละหน่วยตามลำดับ นอกจากโปรแกรมแอสเพนพลัสที่ใช้สร้างแบบจำลองที่สภาวะคงตัว และออปติไมซ์กระบวนการได้แล้ว ยังมีซีควนเชียลซิมูเลเตอร์อื่นๆอีกได้แก่ Pro-Vision, Hysim (Piccolo, Douglas และ Lee;1996)

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. สร้างแบบจำลองกระบวนการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองและหน่วยนำสารมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง
2. ออปติไมซ์หาจุดดำเนินการในการสกัดน้ำมันที่เหมาะสมที่สุดภายใต้ขอบเขตความสามารถในการผลิตของเครื่องจักร

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ขอบเขตของการสร้างแบบจำลองและการทำออปติไมซ์ หน่วยสกัดและหน่วยกลั่นแยกสารสกัดออกโดยจะไม่รวมขั้นตอนการเตรียมเมล็ดก่อนเข้าหอสกัดและการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์หลังการกลั่น โดยถือว่าขั้นตอนการเตรียมเมล็ดจะได้เมล็ดที่จะนำมาสกัดขนาดและคุณภาพเท่ากันตลอด และถือว่าขั้นตอนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์หลังการกลั่นไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการสกัด โดยมีตัวแปรในการผลิตเช่น ราคาของวัตถุดิบ ราคาของสารสกัด ค่าพลังงานที่ใช้ในการสกัดและกลั่นแยก ราคาของผลผลิตที่กลั่นได้ และตัวแปรในกระบวนการผลิตอื่นๆ

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

1. กำหนดขอบเขตของการทำออปติไมซ์คือ หน่วยสกัดและหน่วยกลั่นแยกสารสกัดออก โดยจะไม่รวมขั้นตอนการเตรียมเมล็ดก่อนเข้าหน่วยสกัดและการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์หลังการกลั่น
2. หาข้อมูลของกระบวนการผลิตและตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น ราคาวัตถุดิบ, ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน
3. สร้างแบบจำลองกระบวนการการผลิต
4. ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์หาเพื่อหาคำตอบและทำการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)
5. เขียนปัญหาในรูปแบบคณิตศาสตร์สำหรับการออปติไมซ์และกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ โดยเขียนเป็นสมการในเทอมของตัวแปรในข้อ 2 พร้อมกับสัมประสิทธิ์
6. สรุปผลและจัดทำรายงานวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. แบบจำลองของกระบวนการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองและหน่วยนำสารมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง
2. ภาวะการดำเนินการผลิตที่เหมาะสมของกระบวนการเพื่อให้มีกำไรสูงสุดภายใต้ข้อจำกัดของขบวนการผลิตต่างๆ

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของงานวิจัยประกอบด้วยเนื้อหาต่างๆ แบ่งออกเป็น 6 บท ซึ่งประกอบด้วย

- บทที่ 1 ในบทนี้กล่าวถึงความสำคัญและที่มาของงานวิจัย ข้อมูลผลผลิตถั่วเหลืองในประเทศไทย และประเทศผู้ผลิตสำคัญ มุมเหตุจูงใจในการเลือกอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง ปัญหาและข้อสงสัยในการผลิต โรงงานที่นำข้อมูลมาสร้างแบบจำลอง โปรแกรมการเลียนแบบกระบวนการที่ใช้ บอควัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือการสร้างและออปติไมซ์กระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง กำหนดขอบเขตของงานวิจัยคือหน่วยสกัดและหน่วยแยกสารมาใช้ใหม่ อธิบายขั้นตอนต่างๆและวิธีการดำเนินวิจัยเช่นการหาข้อมูล การสร้างแบบจำลอง และประโยชน์ที่ได้รับจากการออปติไมซ์คือได้จุดดำเนินการใหม่ที่มีผลกำไรมากกว่าเดิม
- บทที่ 2 ในบทนี้กล่าวถึงผลงานวิจัยที่ผ่านมาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสกัดน้ำมันถั่วเหลือง การสกัดของแข็งและของเหลว สมดุลการสกัด เส้นดำเนินการของการสกัด การสร้างแบบจำลองกระบวนการ การเลียนแบบกระบวนการโดยใช้คอมพิวเตอร์ การออปติไมซ์แรงจูงใจในการออปติไมซ์ องค์ประกอบสำคัญในการออปติไมซ์ได้แก่ แบบจำลองฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ข้อจำกัด ตัวแปรตัดสินใจ ออปติไมซ์อัลกอริทึม
- บทที่ 3 ในบทนี้กล่าวถึง กระบวนการผลิตน้ำมันพืชโดยทั่วไป การสกัดน้ำมันพืชในรูปแบบต่างๆ ประสิทธิภาพของการสกัดด้วยตัวทำละลาย กระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง ขั้นตอนการเตรียมการสกัดและการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองด้วยตัวทำละลาย การทำให้น้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ คุณลักษณะของน้ำมันถั่วเหลืองตามมาตรฐาน แผนภูมิการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง
- บทที่ 4 ในบทนี้กล่าวถึงแบบจำลองของกระบวนการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองและหน่วยนำสารมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง คำอธิบายแบบจำลองโดยละเอียด แผนภูมิการ

ผลิตที่สร้างเลียนแบบการผลิตจริง การตั้งค่ากระบวนการอันประกอบด้วย การเลือกชนิดสารป้อนและการเลือกหน่วยปฏิบัติการ ข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง และการทดสอบแบบจำลองโดยการทดสอบพารามิเตอร์ที่ได้ประมาณค่าไว้และการสรุปผลการทดสอบ

บทที่ 5 ในบทนี้กล่าวถึงการออกแบบเครื่องจักรกระบวนการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองและหน่วยนำสารมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง การวิเคราะห์ค่าความไว (Sensitivity Analysis) การกำหนดตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์ความไว ผลการวิเคราะห์ความไวของประสิทธิภาพการสกัดต่อปริมาณสารละลายที่ใช้ ปัญหาการออกแบบเครื่องจักรกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง รายละเอียดการกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ข้อจำกัดและตัวแปรตัดสินใจ สรุปผลการออกแบบเครื่องจักรเปรียบเทียบก่อนและหลังการออกแบบ กรณีศึกษาเมื่อราคาของปัจจัยหลักในการออกแบบเปลี่ยนแปลงไป

บทที่ 6 สรุปผลงานวิจัย การสร้างและการทดสอบแบบจำลอง ความผิดพลาดของแบบจำลอง สรุปผลการออกแบบเครื่องจักร เปรียบเทียบจุดดำเนินการที่ใช้อยู่กับจุดออกแบบเครื่องจักร สรุปผลการออกแบบเครื่องจักรสำหรับกรณีศึกษาเมื่อราคาของสารที่เกี่ยวข้องหลักเปลี่ยนแปลงไป

ภาคผนวก โปรแกรมแอสเพนพลัส
หน่วยที่ใช้ประกอบด้วย

- 1) CCD (Multistage Washer or Counter Current Decanter) หน่วยสกัดของแข็งแบบไหลสวนทางหลายชั้น
- 2) FLASH 2 (2 Outlet Flash) หน่วยระเหยแยกไอน้ำของเหลว
- 3) FSPLIT (Flow Splitter) หน่วยแยกสัดส่วนกระแส
- 4) HEATER หน่วยให้ความร้อน
- 5) HEATX (2 Stream Cocurrent or Countercurrent Heat Exchanger) หน่วยแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ 2 ทาง
- 6) MIXER (Stream Mixer) หน่วยรวมกระแส
- 7) SEP 2 (2 Outlet Component Separator) หน่วยแยกองค์ประกอบของกระแส

(หมายเหตุ : หน่วยกระบวนการที่ใช้ในโปรแกรมแอสเพนพลัสจะใช้เป็นภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตลอดเพื่อให้ตรงกับรายการที่ใช้ในโปรแกรม)

บทที่ 2

ผลงานวิจัยที่ผ่านมาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองหน่วยผลิตหลักคือหน่วยสกัด ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสกัด การจำลอง/การเลียนแบบกระบวนการ การออกแบบเครื่อง องค์กรประกอบสำคัญของการออกแบบ

2.1 ทฤษฎีการสกัด

การสกัดคือการแยกองค์ประกอบอย่างหนึ่งจากของแข็งหรือของเหลวโดยใช้สารละลายของเหลว เทคนิคนี้สามารถแบ่งได้สองแบบคือ แบบแรก เรียกว่าการสกัดของแข็ง (Leaching หรือ Solid Extraction) ใช้การละลายสารที่ละลายได้จากของผสมในของแข็งที่ไม่สามารถละลายได้ แบบที่สองเรียกว่า การสกัดของเหลว (Liquid Extraction) ใช้แยกของเหลวสองชนิดที่เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้สารละลายที่สามารถละลายสารชนิดใดชนิดหนึ่งได้ดีกว่า อย่างไรก็ตามวิธีการทั้งสองมีหลักการเหมือนกัน แตกต่างกันแต่อุปกรณ์การสกัดที่ใช้

2.1.1 หลักการของการสกัดของแข็งไหลสวนทางแบบต่อเนื่อง

วิธีการสำคัญที่สุดของการสกัดของแข็งคือวิธีการสกัดไหลสวนทางแบบต่อเนื่องเป็นขั้นๆ ในแถวการสกัด ของแข็งจะเคลื่อนจากชั้นหนึ่งไปอีกชั้นหนึ่ง ของแข็งป้อนในแต่ละเซลล์จะถูกสกัดโดยสารละลายที่มีความเข้มข้นลดลงเรื่อยๆตามลำดับ เพราะว่าต้องการให้ของแข็งที่มีตัวถูกสกัดเหลืออยู่น้อยถูกสกัดด้วยสารละลายที่มีความเข้มข้นของตัวถูกสกัดน้อย โดยการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งไปอีกชั้นหนึ่งในระบบการไหลแบบสวนทาง

2.1.2 ขั้นตอนการสกัดแบบอุดมคติในการสกัดแบบไหลสวนทาง

รูปที่ 2.1 แสดงแผนภาพการสมดุลมวลสารสำหรับการสกัดไหลสวนทางแบบต่อเนื่องเป็นขั้นๆ ชั้นจะเรียงลำดับในทิศทางของการเคลื่อนที่ของของแข็ง เฟส V เป็นของเหลวที่ไหลมาจากชั้นก่อนหน้าในทิศทางที่สวนกับการเคลื่อนที่ของแข็งและละลายตัวถูกสกัดโดยการเคลื่อนที่จากชั้น

ที่ N สูงขึ้นที่ 1 เฟส L เป็นของแข็งที่เคลื่อนที่จากชั้นที่ 1 สูงขึ้นที่ N กากของแข็งจะออกที่ชั้น N และสารละลายเข้มข้นจะออกที่ชั้น 1

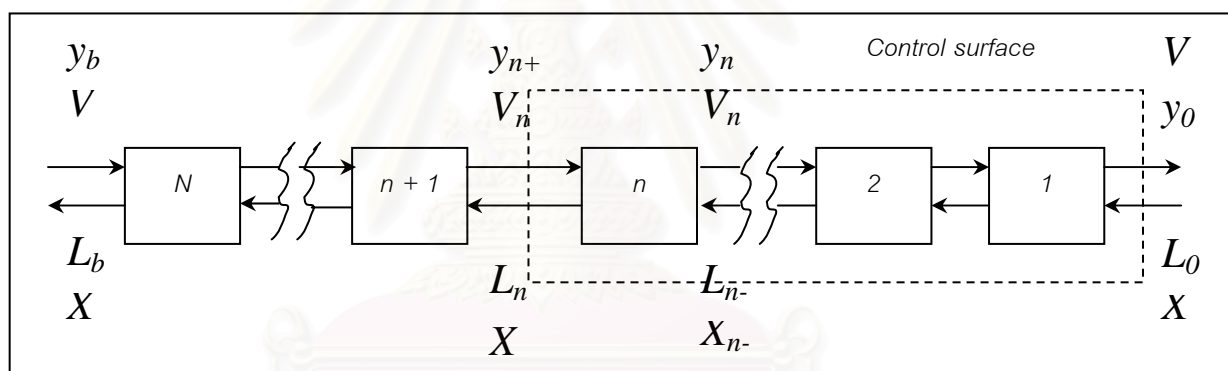
สมมติฐานว่าของแข็งที่ไม่มีตัวถูกละลายอยู่จะไม่ละลายในสารละลายและดังนั้นอัตราการเคลื่อนที่ของของแข็งจะคงที่ตลอดทุกชั้น ของแข็งที่มีลักษณะเป็นรูพรุนอาจจะมีสารละลายจำนวนหนึ่งติดไปด้วยซึ่งอาจคงที่ในทุกชั้นหรือไม่ก็ได้ ให้ L แทนจำนวนสารละลายที่ติดอยู่ในของเหลวนี้ และ V คือสารละลายที่ไหลออก อัตราการไหลของ V และ L สามารถแสดงในรูปมวลต่อเวลาหรือบนฐานของอัตราการไหลค่าหนึ่งของของแข็งที่ไม่รวมสารละลาย เพื่อให้สัมพันธ์กับสัญลักษณ์มาตรฐาน เทอมความเข้มข้นต่างๆมีดังนี้

ตัวถูกละลายในของแข็งที่เข้า x_a

ตัวถูกละลายในของแข็งที่ออก x_b

สารละลายที่เข้าในระบบ y_b

สารละลายที่เข้าออกจากระบบ y_a



รูปที่ 2.1 ลำดับขั้นการสกัดไหลสวนทาง

เหมือนกับกรณีการดูดซับหรือการกลั่น ประสิทธิภาพเชิงปริมาณของระบบไหลสวนทางวิเคราะห์ได้โดยใช้เส้นสมดุลและเส้นดำเนินการ วิธีการที่จะใช้ขึ้นกับเส้นเหล่านี้เป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้ง

2.1.3 สมดุล

ในการสกัดของแข็ง จะใช้สารละลายที่เพียงพอที่จะละลายส่วนที่ถูกละลายในของแข็งที่เข้ามาและไม่มี การดูดซับของตัวถูกละลายโดยของแข็ง สารจะอยู่ในสมดุลเมื่อตัวถูกละลายละลายอย่างสมบูรณ์และความเข้มข้นของสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน สภาวะสมดุลสามารถเกิดขึ้นได้ง่ายหรือยากขึ้นกับโครงสร้างของของแข็ง ปัจจัยนี้จะนำมาคิดเมื่อกล่าวถึงประสิทธิภาพของขั้น ในตอน

นี้สมมุติว่ามีสถานะสมดุลเกิดขึ้น ดังนั้นความเข้มข้นของของเหลวที่ค้างอยู่ในของแข็งจะเท่ากับของเหลวที่ไหลออกจากกันเดียวกัน ความสัมพันธ์ในสมดุลคือ $x_e = y_e$

2.1.4 เส้นดำเนินการ

สมการสำหรับเส้นดำเนินการหาได้โดยเขียนสมดุลมวลสำหรับส่วนของลำดับขั้นประกอบด้วย n หน่วยแรก เหมือนกับที่แสดงในพื้นที่ผิวควบคุมที่แสดงโดยเส้นประรูป 3 สมดุลเหล่านี้คือสารละลายทั้งหมด:

$$V_{n+1} + L_a = V_a + L_n \quad (2.1)$$

ตัวถูกละลาย:

$$V_{n+1} + y_{n+1} + L_a x_a = L_n x_n + V_a y_a \quad (2.2)$$

แก้สมการหา y_{n+1} จะได้เส้นดำเนินการ

$$y_{n+1} = \left(\frac{L_n}{V_{n+1}} \right) x_n + \frac{V_a - L_a x_a}{V_{n+1}} \quad (2.3)$$

โดยทั่วไป เส้นดำเนินการจะผ่านจุด (x_a, y_a) และ (x_b, y_b) และถ้าอัตราการไหลคงที่ ความชันจะเท่ากับ (L/V)

2.2 การสร้างแบบจำลอง/การเลียนแบบกระบวนการ

การเลียนแบบกระบวนการในปัจจุบันมีความสำคัญมากและเป็นงานหลักของวิศวกรการผลิต (Process Engineer) ในอุตสาหกรรมเคมี การสร้างแบบจำลองใช้ในการออกแบบผังกระบวนการผลิต และระบุรายละเอียดพารามิเตอร์ที่สำคัญของหน่วยการผลิต การประยุกต์ใช้งานยังรวมถึงการวิเคราะห์กระบวนการ การออกแบบ การก่อสร้าง การแก้ไขปรับปรุง การเลียนแบบกระบวนการใช้แทนที่การทดลอง (Pilot Scale Experiments) ในหลายๆงาน แต่สำหรับบางกระบวนการ การสร้างชุดทดลองยังคงมีความจำเป็นอยู่

วัตถุประสงค์ทั่วไปของการสร้างแบบจำลองที่สภาวะคงตัว ก็เพื่อเป็นตัวทำนายที่ดีให้ค่าของตัวแปรที่ไม่อิสระ (Dependent Variables) และโดยทั่วไปแล้ว แบบจำลองกระบวนการประกอบด้วยสมรรถที่สำคัญๆดังต่อไปนี้ (Fatora, Gochenour และ Kelly; 1992)

1. แบบจำลองอ้างอิงกระบวนการจริง และสมการทางกลศาสตร์ ดังนั้นผลสามารถอธิบายด้วยหลักทางวิศวกรรม และการดำเนินการของแบบจำลองโดยตรง
2. แบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถปรับปรุงเพื่อปฏิบัติตามข้อมูลของโรงงาน และการประยุกต์ค่าพารามิเตอร์เพื่ออัปเดตสมรรถนะของอุปกรณ์
3. แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำ มีประสิทธิภาพ และหาคำตอบถูกต้องในสภาพแวดล้อมของเงื่อนไขที่เปลี่ยนแปลงและการวัดที่บกพร่อง

การใช้คอมพิวเตอร์ในการสร้างแบบจำลองหรือการเขียนแบบกระบวนการของอุตสาหกรรมต่างๆได้เพิ่มมากขึ้นด้วยเหตุผลความจำเป็น 2 ข้อหลักๆดังนี้

1. เพื่อได้รับความเข้าใจในกระบวนการที่สนใจมากขึ้น
2. เพื่อทดแทนงานด้านการทดลองที่ต้องการสำหรับการพัฒนากระบวนการ

การเขียนแบบกระบวนการด้วยคอมพิวเตอร์ทำให้ลดเวลา และค่าใช้จ่ายในการสร้างชุดทดลองที่เหมือนจริง ซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก อุตสาหกรรมการกลั่นและปิโตรเคมีเริ่มนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้คำนวณทางกระบวนการเมื่อกลางทศวรรษที่ 1950 ด้วยวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องแม่นยำ ซึ่งเป็นโปรแกรมแบบเชิงเส้น (Linear Programming) เพื่อผลผลิตที่เพิ่มขึ้น และประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ต่อมาปลายทศวรรษ 1950 มีการให้ความสำคัญกับคอมพิวเตอร์เพื่อการวางแผน ออกแบบ และจำลองกระบวนการ (Symonds; 1955 และ Garvin และคณะ; 1957) จากการศึกษาที่น่าสนใจสู่การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหามาจนถึงปัจจุบัน

2.3 การออปติไมซ์

การออปติไมซ์เป็นกระบวนการคิดและตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหา การออปติไมซ์กระบวนการขนาดใหญ่โดยแบ่งการออปติไมซ์เป็นหน่วยๆ เรียกวิธีการนี้ว่า การทำการออปติไมซ์แบบกระจายส่วน (Distributed Optimization) ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือการทำการออปติไมซ์ทั้งกระบวนการพร้อมๆกันเรียกวิธีนี้ว่าการทำออปติไมซ์แบบทั้งกระบวนการ (Centralized Optimization)

กระบวนการออปติไมซ์เกิดเนื่องจากแรงจูงใจหลายด้านดังนี้

- 1) แรงจูงใจด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Incentive)
 - เพื่อเพิ่มผลกำไรให้มากที่สุด เช่นในกระบวนการผลิตน้ำในถั่วเหลือง หากลดค่าเงินการที่ราคาขายของผลิตภัณฑ์ลบด้วยต้นทุนดำเนินการที่มีค่าสูงที่สุด
 - เพื่อลดค่าใช้จ่ายให้มีค่าต่ำสุด ทั้งค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการ
 - เพื่อใช้วัตถุดิบให้มีค่าคุ้มค่าที่สุด
- 2) แรงจูงใจด้านเทคโนโลยี (Technology)
 - เพื่อให้ได้แผนการดำเนินงานที่ดีที่สุด
 - เพื่อเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์ และ/หรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์
 - เพื่อให้ได้ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด

2.3.1 องค์ประกอบสำคัญในการทำการออปติไมซ์

1. แบบจำลองของกระบวนการ (Process Model)

แบบจำลองของกระบวนการทางคณิตศาสตร์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ เพื่อหาจุดที่เหมาะสมแทนการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของกระบวนการจริง ในที่นี้คือความสัมพันธ์ระหว่าง เปรอร์เซ็นต์น้ำมันที่สกัดได้, ปริมาณสารละลายที่ใช้, เวลาในการสกัด, อุณหภูมิในการสกัด, ปริมาณไอน้ำ น้ำ ไฟฟ้าที่ใช้

2. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ มีหลายรูปแบบขึ้นกับวัตถุประสงค์ของงาน เช่นให้มีค่าใช้จ่ายรายปีต่ำสุด

ในที่นี้จะกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ ให้มีผลกำไรมากที่สุด

$$\text{Maximize กำไร} = \text{ราคาผลผลิต} - \text{ต้นทุนการผลิต}$$

ซึ่ง

$$\text{ราคาผลผลิต} = (\text{ราคาน้ำมัน คุณด้วย จำนวนน้ำมันที่สกัดได้}) + (\text{ราคากาก คุณด้วย จำนวนกากที่ได้})$$

$$\text{ต้นทุนการผลิต} = (\text{ราคาเมล็ดถั่วเหลือง คุณด้วย จำนวนเมล็ดถั่วเหลืองที่ใช้}) + (\text{ราคาเฮกเซน คุณด้วย จำนวนเฮกเซนที่สูญเสีย}) + \text{ราคา}$$

สาขารูปโภคต่างๆ

3. ข้อจำกัด (Constraints)

ข้อจำกัดในแต่ละกระบวนการมีอยู่ ซึ่งข้อจำกัดเหล่านี้เป็นตัวกำหนดขอบเขตการดำเนินงาน กระบวนการ (Feasible Region) ข้อจำกัดของกระบวนการแบ่งเป็น

- ข้อจำกัดภายนอก (External Restrictions) เช่น กฎสมมูลมวลสารและพลังงาน ตัวอย่างในที่นี้คือ ประสิทธิภาพการสกัดต้องไม่เกิน 100 % ปริมาณกากที่ได้ไม่เกินปริมาณวัตถุดิบลบน้ำมันที่สกัดได้
- ข้อจำกัดภายใน (Internal Restrictions) เช่น สมบัติของสาร (อุณหภูมิ ความดัน) ตัวอย่างในที่นี้เช่น เฮกเซนมีจุดเดือด ที่ 68°C ดังนั้นอุณหภูมิการสกัดต้องไม่เกินนี้, น้ำมันมีจุดเปลี่ยนสถานะ (Flash Point) ที่ 370°C ดังนั้นการนำสารละลายมาใช้ ใหม่ ต้องดำเนินการที่อุณหภูมิไม่เกินนี้
-

4. ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

ตัวแปรตัดสินใจหมายถึงตัวแปรที่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าแล้วมีผลทำให้ค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์เปลี่ยนไป ในการทำออปติไมซ์จะเปลี่ยนค่าตัวแปรตัดสินใจเพื่อหาค่าสูงสุดหรือต่ำสุดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และตัวแปรตัดสินใจยังใช้เป็นค่าเซตพอยท์ในระบบการควบคุม กระบวนการด้วย ตัวอย่างในที่นี้ ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ ปริมาณไอน้ำที่ใช้ เป็นต้น

5. ออปติไมซ์อัลกอริทึม (Optimization Algorithm)

อัลกอริทึมที่ใช้สำหรับการออปติไมซ์ จะใช้แบบจำลองของกระบวนการ และฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการหาเซตพอยท์ที่เหมาะสมใหม่ของกระบวนการ รูปแบบต่างๆ ไปของการแก้ปัญหาสมการไม่เป็นเชิงเส้นด้วยการเลียนแบบกระบวนการ ณ สถานะคงตัว สำหรับการออปติไมซ์ของโพลีวิชิตกระบวนการสามารถเขียนในรูปของสมการเป็น

$$\text{การแก้ปัญหาการหาค่าต่ำสุด} \quad \text{Min } f(x); \quad x \in R^n \quad (2.4)$$

$$\text{โดยมีเงื่อนไข} \quad h_k(x) = 0$$

$$g_j(x) \leq 0$$

$$x_i^l \leq x_i \leq x_i^u$$

สำหรับปัญหาการหาค่าสูงสุดสามารถแทนด้วย $\max f(x) = -\min(-f(x))$

เมื่อ	$f(x)$	แทน	ออฟเจกทีฟฟังก์ชัน
	$h_k(x)$	แทน	ข้อจำกัดที่เป็นสมการ
	$g_j(x)$	แทน	ข้อจำกัดที่เป็นอสมการ
	x_i	แทน	ตัวแปรอิสระ
	l	แทน	ขอบเขตล่าง
	u	แทน	ขอบเขตบน
	Rn	แทน	จำนวนจริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

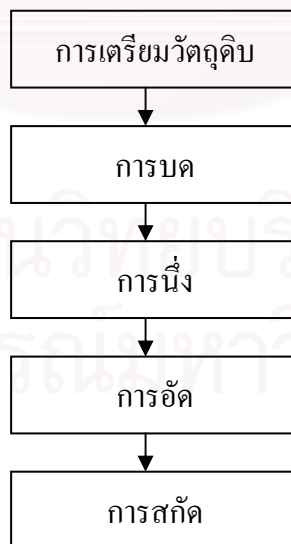
บทที่ 3

กระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง

ในบทนี้จะกล่าวถึงกระบวนการผลิตน้ำมันพืชโดยทั่วไป การสกัดน้ำมันพืชในรูปแบบต่างๆ อธิบายกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองและการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองด้วยตัวทำละลาย แสดงแผนภูมิกระบวนการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองด้วยตัวทำละลาย

3.1 กระบวนการผลิตน้ำมันพืช

โรงงานผลิตน้ำมันพืชส่วนใหญ่ในประเทศไทยต้องพึ่งพาวัตถุดิบชนิดอื่นๆนอกจากถั่วเหลืองร่วมด้วยเนื่องจากความไม่แน่นอนของผลผลิตถั่วเหลืองต่อปี น้ำมันที่ได้จากพืชโดยส่วนใหญ่ได้จากส่วนที่เป็นเมล็ดเช่น เมล็ดถั่วเหลือง ไร่ข้าว เมล็ดคูน เมล็ดฝ้าย เมล็ดทานตะวัน เนื้อมะพร้าว ผลปาล์ม โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่แตกต่างกันไป ดังนั้นกระบวนการผลิตน้ำมันพืชชนิดต่างๆ ก็จะแตกต่างกันตามลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติของพืชน้ำมันนั้นๆ อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตน้ำมันพืชแต่ละขั้นตอนจะคล้ายคลึงกัน โดยสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆได้ 5 ขั้นตอนตามแผนภาพดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนภาพกระบวนการผลิตน้ำมันพืช

3.1.1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ (Pretreatment)

ปกติวัตถุดิบที่ส่งเข้าโรงงานจะมีสิ่งแปลกปลอมอื่นๆปนมาด้วยอยู่เสมอ เช่น เศษดิน ผุ่นผง ก้อนกรวด หรือเศษเหล็กต่างๆ สิ่งเหล่านี้จำเป็นต้องกำจัดออกไปเสียก่อน ขั้นแรกคัดผุ่นผงและแยกก้อนกรวด ดิน และวัตถุอื่นๆออกโดยใช้พัดลม จากนั้นก็นำเข้าตะแกรงร่อนเพื่อแยกสิ่งที่ใหญ่กว่าหรือเล็กกว่าเมล็ดออกไป เหลือแต่เมล็ดส่งเข้าเครื่องบด ก่อนจะถึงเครื่องบด มิฉะนั้นเครื่องจะเสียหายและทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันที่ได้มีค่าต่ำ

3.1.2 การบด (Grinding and Flaking)

จุดประสงค์ของการบดก็เพื่อให้ไขมันออกจากเมล็ดง่ายขึ้น เพราะน้ำมันที่อยู่ในเมล็ดจะถูกล้อมรอบด้วยผนังของเซลลูโลส การบดทำให้ผนังของเซลลูโลสแตกออก เมล็ดที่บดแล้วถูกบีบอัดด้วยความดันสูง ไขมันจะออกมาง่ายขึ้น สำหรับโรงงานที่บีบอัดน้ำมันออกจากเมล็ดพืชแล้วส่งกาขายทำปุ๋ยหรืออาหารสัตว์เลยที่เดียวมิได้นำไปสกัดด้วยตัวทำละลายแล้ว การบดยิ่งละเอียดเท่าไรก็ยิ่งมีผลดีเท่านั้น แต่ถ้าหากที่ได้ไปสกัดด้วยตัวทำละลาย การบดให้ละเอียดมากๆจะไปอุดตันทางเดินของตัวทำละลายทำให้ตัวทำละลายไหลผ่านไม่สะดวก ดังนั้นจึงต้องบดให้ละเอียดพอประมาณแล้วทำเป็นแผ่นบางๆ จะหนาหรือบางแค่ไหนแล้วแตชนิดของเมล็ดพืช เช่น ถั่วเหลือง นุ่น ให้ผ่านเข้าไปในเครื่องกะเทาะเมล็ดเครื่องแรก (First Cracker) เพื่อขบให้แตกเป็น 2-4 เลี้ยงแล้วจึงผ่านเข้าเครื่องกะเทาะเมล็ดเครื่องที่สอง (Second Cracker) เพื่อขบให้แตกเป็น 4-8 เลี้ยง จากนั้นจึงส่งผ่านเข้าไปในเครื่องหนึ่ง หนึ่งด้วยไอน้ำโดยตรง (Direct Steam) และไอน้ำโดยอ้อม (Indirect Steam) เพื่อให้สภาพของเมล็ดพืชง่ายต่อการ Flake จะต้องตั้ง Flaker บาง 0.25-0.40 มิลลิเมตร

3.1.3 การนึ่ง (Steaming)

การนึ่งเป็นกระบวนการให้ความร้อนและความชื้นแก่เมล็ดพืช เพื่อลดความหนืดและทำให้น้ำมันไหลออกจากเซลได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้โปรตีนในผนังเซลตกตะกอน และขอมให้น้ำมันไหลผ่านผนังเซลออกมาได้ การตกตะกอนของโปรตีนจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อได้รับความร้อนและความชื้นอยู่ด้วยเท่านั้น

ดังนั้นกระบวนการนึ่งจึงต้องมียุทธศาสตร์ประกอบที่ควรพิจารณาคือ เวลา อุณหภูมิ ความชื้น ชนิดของเมล็ดพืช และเครื่องมือที่ใช้บีบอัดน้ำมัน เช่น เมล็ดฝ้ายต้องมีความชื้นร้อยละ 5-6 สำหรับเครื่องอัดแบบไฮดรอลิกจึงจะให้ผลดีที่สุด แต่สำหรับเครื่องอัดแบบสกรู (Screw Press) แล้ว

ความชื้นร้อยละ 3 เหมาะสมที่สุด ถ้าความชื้นของเมล็ดพืชทุกชนิดเกินร้อยละ 4 จะทำให้น้ำมันตกค้างอยู่ในกากมาก

ความร้อนทำให้เมล็ดมีลักษณะยืดหยุ่นได้ ซึ่งมีผลดีต่อการอัด นอกจากนี้ยังทำให้สารพวกฟอสฟาไทด์ (Phosphatide) และสิ่งไม่พึงประสงค์อื่นๆ ไม่ติดออกไปกับน้ำมัน ทำลายพวก เชื้อรา แบคทีเรีย และยังทำลายสารมีพิษ เอมไซม์ต่างๆ ที่มีอยู่ในเมล็ดพืชอีกด้วย ส่วนผลเสียถ้าความร้อนสูงเกินไป ทำให้สีของน้ำมันและกากเข้มกว่าปกติ ซึ่งไม่สามารถทำให้ใสด้วยวิธีการกลั่นใส (Refining) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการนี้มีความสำคัญอย่างมากในกระบวนการผลิตน้ำมัน

3.1.4 การอัด (Mechanical Press)

เครื่องจักรที่ใช้เรียกว่าเครื่องบีบอัด อาจเป็นแบบ แมคคานิค หรือไฮดรอลิกก็ได้ ก่อนจะบีบต้องนำมากะเทาะเปลือกและย่อยให้เป็นชิ้นเล็กๆ ต่อจากนั้นก็นำไปนึ่งให้ร้อนแล้วจึงนำเข้าเครื่องบีบ ก็จะได้น้ำมันดิบออกมา วิธีนี้เหมาะกับเมล็ดพืชที่มีปริมาณน้ำมันสูงๆ เกินกว่าร้อยละ 25 ขึ้นไป และจะมีน้ำมันเหลือในกากสูงมาก ร้อยละ 8-10 เมล็ดพืชที่มีน้ำมันมากๆ ต้องอัด 2 ครั้ง เช่น มะพร้าว (มีน้ำมันร้อยละ 50-70) และปาล์ม (มีน้ำมันร้อยละ 55-65) ส่วนพวกที่มีน้ำมันน้อย ใช้วิธีอัดครั้งเดียว เช่น ฝ้าย (มีน้ำมันร้อยละ 16-18), นุ่น (มีน้ำมันร้อยละ 21-23) พวกที่มีน้ำมันน้อย บางทีใช้วิธีสกัดโดยไม่ต้องอัดก่อน เช่น ถั่วเหลือง (มีน้ำมันร้อยละ 16-19)

3.1.5 การสกัด (Extraction)

การสกัดนับว่าเป็นวิธีใหม่ เมื่อแช่เมล็ดพืชด้วยตัวทำละลาย ตัวทำละลายจะละลายเอาน้ำมันออกจากเมล็ดพืช กรองแยกเอากากออกแล้วนำตัวทำละลายที่ผสมกับน้ำมัน (Miscella) ไประเหยเอาตัวทำละลายออก ก็จะได้น้ำมันมา

การสกัดน้ำมันดิบ แบ่งออกได้เป็น 3 วิธีคือ

1) การบีบน้ำมันออกจากเมล็ดพืช เป็นวิธีการผลิตที่ใช้เครื่องจักรบีบเอาน้ำมันออกจากเมล็ดพืช โดยตรง ลักษณะการบีบแบ่งได้เป็น

1. การใช้เครื่องบีบอัดแบบเกลียว (Expeller or Screw Press) เป็นกระบวนการที่ต้องการกระทำต่อเนื่อง ตั้งแต่ขั้นตอนการบีบเมล็ดพืชให้แตกจนอัดน้ำมันออกมา กากที่ได้จาก

การอัดจะมีน้ำมันเหลืออยู่เพียง ร้อยละ 3-9 ทั้งนี้ขึ้นกับความเร็วของการหมุนสกรู สกรูหมุนเร็วมากจะอัดเมล็ดพืชได้ปริมาณมาก น้ำมันก็ยอมเหลือในกากมาก เป็นสัดส่วนกลับไปด้วย

2. การใช้เครื่องบีบแบบไฮดรอลิก (Hydraulic Press) วิธีใช้แรงงานมากในการป้อนวัตถุดิบเข้าเครื่องจักรตามขั้นตอน การบีบครั้งหนึ่งต้องเอากากออกที่หนึ่งซึ่งเสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง

- 2) การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย นับเป็นวิธีที่ทันสมัยที่สุดและมีประสิทธิภาพสูง การสกัดน้ำมันโดยวิธีนี้ใช้เคมีภัณฑ์จากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมเช่น เฮกเซน ปิโตรเลียมอีเธอร์ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการสกัดโดยตัวทำละลายมีหลายวิธีด้วยกันคือ

1. แบบแช่ (Immersion) เป็นการสกัดโดยนำเมล็ดพืชที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบแล้วแช่ในตัวทำละลายตามเวลาที่กำหนด เมื่อน้ำมันถูกสกัดออกมาจะผสมอยู่กับตัวทำละลาย หลังจากนั้นก็ใช้ความร้อนทำให้ตัวทำละลายระเหยเหลือแต่น้ำมันดิบ
2. แบบซึมผ่าน (Precolation) ใช้พ่นตัวทำละลายผ่านจนท่วมเมล็ดพืชแล้วปล่อยให้ไหลตามกำหนดเวลาให้ซึมไปในเนื้อเยื่อเมล็ดพืชเพื่อสกัดน้ำมันดิบออกมา
3. แบบผสมระหว่างการแช่และการซึมผ่าน (Immersion Precolation) คือการพ่นตัวทำละลายแล้วทิ้งเมล็ดพืชให้แช่ในตัวทำละลายตามกำหนดเวลาแล้วจึงแยกน้ำมันดิบออกด้วยวิธีระเหยโดยใช้ความร้อน

องค์ประกอบต่างๆที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพของการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายคือ

1. ปริมาณของตัวทำละลาย ถ้ามีปริมาณมากย่อมสกัดน้ำมันออกได้มากและเหลือน้ำมันอยู่ในกากน้อย แต่อย่างไรก็ตามถ้าใช้ในปริมาณมาก ก็ต้องใช้เวลาคัดลอกจนเครื่องมือที่ใช้ในการแยกตัวทำละลายออกจากน้ำมันมาก และปริมาณการสูญเสียน้ำมันเนื่องจากการระเหยออกย่อมสูงด้วย
2. ชนิดของตัวทำละลายมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป หลักในการเลือกชนิดตัวทำละลายมีดังนี้คือ
 - จะต้องละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดี
 - ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด
 - ไม่ละลายสิ่งปนหรือสารที่ไม่ต้องการ
 - เมื่อสกัดแล้วควรแยกออกจากสารที่สกัดได้ง่าย

- ไม่เป็นพิษ และไม่ทำให้เกิดการกัดกร่อน
- ราคาถูกและหาได้ง่าย

นอกจากนี้ การเลือกใช้ต้องให้เหมาะกับชนิดของเมล็ดพืช โดยทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมนิยมใช้นอร์มอลเฮกเซน เพราะมีความเหมาะสมหลายประการดังที่กล่าวมาแล้ว

3. อุณหภูมิในการสกัด ก่อนปล่อยตัวทำละลายไปสกัดต้องอุ่นให้ร้อน ความร้อนจะทำให้น้ำมันละลายในตัวทำละลายได้มากขึ้น อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เหมาะกับเมล็ดพืชเกือบทุกชนิด
 4. ขนาดและความหนาของแผ่นเมล็ดพืช การบีบเมล็ดพืชให้แตกและอัดเป็นแผ่นจะทำให้ตัวทำละลายแทรกซึมไปได้อย่างทั่วถึง ถ้าเมล็ดพืชถูกอัดให้เป็นแผ่นแน่นเกินไป ตัวทำละลายจะผ่านเข้าไปไม่ได้
 5. ความชื้นของเมล็ดพืช และตัวทำละลาย ปกติความชื้นของเมล็ดพืชไม่ควรเกินร้อยละ 10 และตัวทำละลายต้องไม่มีน้ำหรือความชื้นผสมอยู่
 6. เวลาที่ใช้ในการสกัด ต้องใช้เวลาในการสกัดนานพอสมควรการสกัดจึงจะได้ผล
- 3) การสกัดโดยใช้เครื่องบีบและตัวทำละลาย (Prepress-Solvent Extraction) เป็นการสกัดน้ำมันด้วยเครื่องบีบ แล้วนำกากที่เหลือไปสกัดด้วยตัวทำละลายเพื่อเก็บน้ำมันที่เหลืออยู่กับกาก ปกติใช้น้ำมันพืชที่ปกติมีน้ำมันในปริมาณสูง

3.1.6 ประสิทธิภาพของการสกัดด้วยตัวทำละลาย

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดด้วยตัวทำละลายมี 3 อย่างคือ

- 1) เวลาที่ใช้ในการสกัด (Extraction Time) เวลาที่ใช้สกัดมีผลต่อปริมาณของน้ำมันที่เหลือในกาก จากการทดลองพวกเมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดทานตะวัน จะพบว่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้มากที่สุดอยู่ในระหว่าง 30 นาทีแรก
- 2) ปริมาณของสารละลาย (Quantity of Solvent) การสกัดน้ำมันจะสมบูรณ์ได้ขึ้นกับการใช้อัตราส่วนระหว่างเมล็ดพืชน้ำมันกับตัวทำละลายที่ใช้อัตราส่วนระหว่างเมล็ดพืชกับตัวทำละลายสูง จะทำให้เพิ่มค่าใช้จ่ายมากและทำให้เกิดการสูญเสียตัวทำละลาย ปริมาณของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดน้ำมันพืชจึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึง
- 3) อุณหภูมิของตัวทำละลาย (Solvent Temperature) ได้มีการศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อประสิทธิภาพการละลายในเมล็ดพืชบางชนิด เช่น เมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดทานตะวัน พบ

ว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของตัวทำละลายแล้วประสิทธิภาพของการสกัดน้ำมันก็จะดีขึ้น
(วิไล คุณูปการ; 2528)

3.2 กระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง

กระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองมีหลายขั้นตอนดังรูปที่ 3.2 แผนภูมิกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง แต่สามารถแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ๆดังนี้

3.2.1 การเตรียมเมล็ดถั่วเหลืองสำหรับการสกัด

- การเตรียมถั่วเหลืองก่อนการสกัดน้ำมันนั้น นับว่ามีความสำคัญและจำเป็นมากในการที่จะนำเอาเนื้อถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันออกแล้วไปใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ต่อไป ทั้งนี้ถั่วเหลืองที่รับซื้อมามีสิ่งเจือปนไม่มากนักน้อย และสิ่งเจือปนเหล่านี้ยังเป็นสิ่งที่อาจทำลายเครื่องจักรที่มีราคาแพงได้ ในการเตรียมเมล็ดถั่วเหลืองจะรวมถึง

- 1) การทำความสะอาดแยกสิ่งเจือปน เช่น อิฐหิน ดิน ทรายออก การแยกเอาเปลือกออกโดยใช้แม่เหล็ก การร่อนด้วยตะแกรงเพื่อคัดแยกเอาเมล็ดที่เล็กและดิบออก การจำกัดฝุ่นโดยใช้ลมเป่า และการชั่งน้ำหนัก
- 2) การผ่าซีกด้วยเครื่องผ่าเมล็ด (Cracking Rolls) เครื่องจะผ่าเมล็ดถั่วเหลืองเป็นชิ้นเล็กๆ มีจำนวน 6-8 ชิ้นต่อเมล็ด และจะทำให้เปลือกหลุดร่อนออกมาและผ่านเครื่องเป่าเอาเปลือกออก เนื้อถั่วเหลืองที่ได้จะมีความสะอาดพอควร
- 3) การอบให้นุ่ม (Conditioning or Cooking) ทำให้เนื้อถั่วนุ่มและไล่ความชื้นในเมล็ดถั่วให้เหลือประมาณ 10-11 % อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส
- 4) การรีดเป็นแผ่นบาง (Flaking) โดยลูกกลิ้ง 2 ลูก ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20-32 นิ้ว และยาว 42-48 นิ้ว โดยหมุนด้วยแรงจุดของมอเตอร์ที่มีความเร็วต่างกัน แรงดันในการกดด้วยสปริงที่มีความแข็งและตั้งปรับความดันได้ โดยทั่วไปจะปรับให้มีความหนาประมาณ 0.25 มิลลิเมตร (จากการทดลองพบว่า ถ้าความหนาของ Flake หนากว่านี้ 3 เท่า จะทำให้อัตราการสกัดน้ำมันขาลงประมาณ 80 เท่า) การทำให้เป็นแผ่นบางๆ จะทำให้เซลล์ของเมล็ดถั่วเหลืองแตกออก และทำให้ลดระยะทางที่น้ำมันและตัวทำละลายจะเดินทาง

3.2.2 การสกัดน้ำมันถั่วเหลืองโดยใช้สารละลายและการนำกลับมาใช้ใหม่

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว การสกัดน้ำมันพืชมีหลายวิธี แต่เนื่องจากปริมาณน้ำมันในเมล็ดถั่วเหลืองมีค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่น ดังนั้นถั่วเหลืองเหมาะที่จะสกัดโดยสารละลาย ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันสูงกว่าการบีบอัด เครื่องบีบแบบไฮดรอลิก (Hydraulic Press) หรือการบีบอัดแบบเกลียว (Screw Press) โดยสามารถสกัดน้ำมันได้ถึง 98 % ของปริมาณน้ำมันในเมล็ดถั่วเหลือง ดังนั้นโดยทั่วไปโรงงานผลิตน้ำมันถั่วเหลืองที่สร้างขึ้นใหม่ทุกวันนี้ใช้การสกัดด้วยสารละลายทั้งสิ้น ขั้นตอนการสกัดมีดังนี้

- 1) การเลือกตัวทำละลาย การเลือกตัวทำละลายนั้นจะขึ้นอยู่กับพื้นฐานของความสะดวกในการสกัดเอาน้ำมันออกของแต่ละโรงงาน โดยทั่วไปแล้วในอุตสาหกรรมก็มักใช้ตัวทำละลายคือ เฮกเซน ซึ่งเป็น สารปิโตรเลียมที่มีไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ มีจุดเดือดระหว่าง 66-69 องศาเซลเซียส ตัวทำละลายอีกชนิดคือ เฮปเทน ซึ่งมีจุดเดือดระหว่าง 89-98 องศาเซลเซียส อาจนำมาใช้ในกรณีที่สภาพของอากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูง ทั้งนี้ก็เพื่อป้องกันการลุกไหม้ที่เกิดขึ้นได้ ในยุโรปนิยมใช้สารทำละลายคือ ไชโคเฮกเซน ซึ่งมีจุดเดือดที่อุณหภูมิระหว่าง 71-85 องศาเซลเซียส ในโรงงานบางแห่งใช้ เอทานอล และ ไตรคอลโรเอทรีน ผสมกันเพื่อลดกลิ่นของเนื้อถั่วเหลืองให้จางลง และยังเป็น การป้องกันอุบัติเหตุจากไฟได้เนื่องจาก ไตรคอลโรเอทรีน ติดไฟยากกว่าแต่มีข้อเสีย คือ มันสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนในถั่วเหลืองทำให้เกิดสารเป็นพิษต่อการนำเอากากถั่วเหลืองไปใช้เลี้ยงสัตว์
- 2) การสกัด กรรมวิธีในการสกัดในปัจจุบันจะทำงานในระบบต่อเนื่องโดยที่ตัวทำละลายที่ใช้จะถูกปล่อยเข้าไปสกัดเอาน้ำมันออกมาในลักษณะที่เรียกว่า การไหลสวนทาง ซึ่งมีรูปแบบหรือลักษณะของเครื่องมากมายตามที่ออกแบบกันออกมา อย่างไรก็ตามในช่วงนี้ตัวทำละลายจะมีโอกาสเข้าไปละลายเอาน้ำมันจากเนื้อถั่วเหลืองออกมามากที่สุดหรือจนเกือบไม่มีน้ำมันเหลือติดออกไปเลย ซึ่งกากถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดเอาน้ำมันออกมาแล้วก็จะถูกลำเลียงด้วยสายพาน ไปยังเครื่องแยกของตัวทำละลายออกกลับมาใช้ใหม่ได้ ส่วนน้ำมันที่ละลายออกมารวมกับตัวทำละลายเราเรียกว่า มิสเซลล์ (Miscella) ก็จะถูกนำไปกรองเพื่อขจัดตะกอนละเอียดออกก่อน แล้วจึงไปผ่านการแยกเอาตัวทำละลายออก อัตราส่วนของตัวทำละลายโดยทั่วไปใช้ 1:1 เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง
- 3) การแยกเอาตัวทำละลายออกจากน้ำมัน การแยกเอาตัวทำละลายออกกลับไปใช้ใหม่เป็นกระบวนการที่ต้องทำในสถานะที่ลดความดันคือ โดยใช้ เครื่องระเหยแบบฟิล์ม

และ หอสติบปีง มีสขิล่าจะถูการทำให้อร้อนขึ้น โดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ก่อนที่จะผ่านไปยัง เครื่องระเหย ซึ่งจะได้เป็นน้ำมันดิบ ออกมาพร้อมจะนำไปผ่านขั้นตอนอื่นๆต่อไป

- 4) การแยกเอาแก้ม ออกจากน้ำมัน (Degumming) น้ำมันดิบที่ออกจากหอสติบปีงอาจส่งไปยังเครื่องทำให้น้ำมันบริสุทธิ์ได้เลย แต่โดยทั่วไปแล้วน้ำมันดิบนั้นจะถูกส่งไปยังเครื่องแยกเอาแก้ม ออกก่อนซึ่งเป็นสารพวก Phospholipids โดยเฉพาะ Lecithin ซึ่งเป็นสารที่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้อีกมากมาย ในการแยกเอาสาร Phospholipids ออกนี้ จะใช้น้ำประมาณ 1 % ผสมเข้าไปในน้ำมันนั้นเพื่อ Hydrated Phosphatides แล้วแยกออกโดยใช้ Centrifuge Lecithin ที่แยกออกมา ถ้าไปผ่านการอบแห้งที่ 65-70 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่ลดความดันเพื่อให้มีความชื้นลดลงจาก 25 % เป็น 0.5 % แล้วจะมีส่วนประกอบ คือมี Oil 30 % และ Phospholipids 70 % ส่วนน้ำมันที่ผ่านการแยกเอา แก้ม ออกแล้วจะมีส่วนประกอบอื่นๆ โดยประมาณ คือ Phosphorus 0.02 % Unsaponifiables 1.5 % Free Fatty Acids 0.75 % และ ความชื้น 0.3 % ส่วนประกอบของสารระเหยง่าย และสิ่งเจือปนอีกเล็กน้อย Phospholipids อาจถูกแยกออกจากน้ำมันได้โดยการใช้ Acetic Anhydride โดยใช้ 0.1-1% ของ Anhydride ผสมให้เข้ากับน้ำมันนั้นและอุ่นให้อร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นใส่น้ำลงไป 1.5 % เขย่าให้เข้ากันก็จะพบว่ามีความชื้นของ Phospholipids แยกกัน ซึ่งแยกออกมาจากน้ำมันได้โดยการเซนติฟิวส์ ขณะเดียวกันเพื่อให้น้ำมันมีความสะอาดก็อาจใส่น้ำเข้าไปล้างอีกครั้ง และเซนติฟิวส์แยกเอาน้ำออกก็จะได้น้ำมันที่จะนำไปผ่านขั้นตอนอื่นอีกต่อไป น้ำมันดิบที่ผ่านการแยกเอาแก้มออกไปโดยการใช้ น้ำอย่างเดียจะต้องไปผ่านการทำให้บริสุทธิ์โดยวิธีใช้ด่าง (Alkali-Refined)
- 5) การแยกเอาตัวทำละลายออกจากการถั่วเหลือง (Desolventising) การแยกเอาตัวทำละลายออกจากการถั่วเหลืองจะใช้เครื่องจักรที่เรียกว่าเครื่องนึ่ง ซึ่งมีลักษณะเป็นถังรูปทรงกระบอกสูงมีลักษณะเป็นชั้นๆ ภายในตรงกลางมีแกนตีใบมีดเพื่อผลัดคั่นกากถั่วเหลือง การถั่วเหลืองจะถูกส่งเข้าจากด้านบน ความร้อนจากไอน้ำจะทำให้เฮกเซนระเหยออกไปตามท่อสู่เครื่องควบแน่น กากถั่วเหลืองจะถูกทำให้อร้อนอย่างช้าๆ จนมีอุณหภูมิสูงถึง 110 องศาเซลเซียส และความชื้นจากการถั่วจะลดลงอยู่ในช่วง 13-15 % ในขั้นสุดท้าย หลังจากนั้นจะผ่านไปยังเครื่องทำให้แห้งและเย็นลงและบดเป็นผงละเอียด ในกรณีที่จะนำเอากากถั่วเหลืองไปใช้ในการทำเป็นอาหารมนุษย์ขั้นตอนการทำ Toasting จะต้องมีการแตกต่างไปจากที่กล่าวมาแล้ว เช่น การใช้อุณหภูมิที่ต่ำ ในสภาวะลดความดัน ทั้งนี้เพื่อรักษาไว้ซึ่งคุณภาพของโปรตีนให้เหมาะสมต่อไป

3.2.3 การทำน้ำมันถั่วเหลืองให้บริสุทธิ์

การทำน้ำมันถั่วเหลืองให้มีความบริสุทธิ์เหมาะที่จะนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารมนุษย์คือ กระบวนการในการกำจัดสิ่งเจือปนที่ทำให้คุณภาพของน้ำมันลดลง สิ่งเจือปนได้แก่ กรดไขมันอิสระ สี กลิ่น และสารโลหะเช่น เหล็ก ทองแดง เป็นต้น กรรมวิธีการทำน้ำมันถั่วเหลืองให้บริสุทธิ์จะต้องผ่านขั้นตอนต่างๆ เป็นลำดับดังนี้คือ :-

- 1) การกำจัดกรดไขมันอิสระออกด้วยการทำปฏิกิริยากับด่าง (Neutralizing) เนื่องจากกรดไขมันอิสระจะเป็นสารที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพของน้ำมัน เช่น ก่อให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ของน้ำมัน การเกิดขึ้นของกลิ่นนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมันนั้นว่ามีอยู่มากน้อยเพียงใด กรณีที่มีอยู่มากก็จะเกิดปฏิกิริยาของ Oxidative Rancidity โดยเร็ว โดยทั่วไปแล้ว กฎมาตรฐานจึงได้กำหนดค่าของกรดไขมันอิสระนี้ในน้ำมันพืชสำหรับบริโภคซึ่งไม่ควรเกิน 0.05% (as Oleic Acid) ในการกำจัดเอากรดไขมันอิสระในน้ำมันออกนั้น ในอุตสาหกรรมมักใช้ด่าง คือ Caustic Soda (Sodium Hydroxide) หรืออาจใช้ Soda Ash (Sodium Carbonate) หรืออาจใช้ทั้งสองตัวนี้ผสมกัน โดยทั่วไปนิยมใช้ Caustic Soda มากกว่า ในกระบวนการทำแล้ว ด่างและ น้ำมันถั่วเหลืองดิบก็จะถูกบีบ เข้าไปผสมกันในปริมาณที่คำนวณแล้ว จากนั้นก็จะถูกอุ่นให้ร้อนขึ้นที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส โดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน จากนั้นก็จะผ่านการเซนติฟิวส์ เพื่อแยกเอา Soap Stock ออกจากน้ำมันและเพื่อให้การแยกด่างและสบู่ออกให้หมดมากที่สุดเท่าที่จะทำได้จึงมักจะล้างไขมันด้วย 10 % น้ำร้อนที่ 70-80 องศาเซลเซียส และเซนติฟิวส์ออกอีกครั้ง (หรืออาจใช้น้ำที่มี Citric Acid อยู่ด้วยเล็กน้อย) น้ำมันที่ผ่านการกำจัดกรดไขมันอิสระและล้างเอาด่าง สบู่ ออกแล้วจะนำไปผ่านขั้นตอนการฟอกสีต่อไป
- 2) การฟอกสี (Bleaching) เนื่องจากน้ำมันถั่วเหลืองมีเม็ดสี (Pigment) ปะปนมาด้วยในขั้นตอนของการสกัดน้ำมันออกมา ฉะนั้นการกำจัดเอาเม็ดสีและสารใกล้เคียงออกไปจึงทำให้น้ำมันจากถั่วเหลืองมีความบริสุทธิ์มากขึ้น สารที่ใช้ในการฟอกสีของน้ำมันถั่วเหลืองได้แก่ Fuller's Earth (ซึ่งได้แก่ Hydrated Aluminum Silicate) และ Acid Activated Clays ซึ่งมีส่วนประกอบหลักคือ Bentonite หรือ Montmobilonite และ Activated Clays โดยทั่วไปแล้วเป็นน้ำมันที่จ่ายในการฟอกสี ดังนั้นการใช้ Natural Earth หรือ Activated Clays จึงเป็นตัวที่ใช้กันอยู่ แต่ถ้ากรณีของน้ำมันที่ฟอกสียากจะใช้ส่วนผสมของ 1 ส่วนของ Activated Carbon ต่อ 10-20 ส่วนของ Clay ปริมาณและชนิดของสารฟอกสี (Absorbent) ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำมันที่จะฟอกและระดับ

ของสีที่ต้องการฟอก ถ้าใช้ Activated Clays มักใช้น้อยกว่า 1% ของตัวสารฟอกสี ในการที่น้ำมันมีสีเขียวปะปนมาก็เนื่องจากเป็นเม็ดสีเขียวของถั่วอ่อนหรือถั่วที่มีดำหนิ และผงถ่านก็จะเป็นตัวกำจัดสีออกไป การฟอกสีนี้ก็จะใช้เครื่องกรองแยกแบบอัด (Filter Press) เป็นตัวแยกเอาสารฟอกสีออกจากไขมันและน้ำมันที่ผ่านการฟอกสีแล้ว ก็จะนำไปกำจัดกลิ่นต่อไป

- 3) การกำจัดกลิ่น (Deodorization) กลิ่นในน้ำมันถั่วเหลืองเกิดจากสารระเหยง่าย ซึ่งได้แก่ สารพวก Aldehydes ทั้งหลาย ฉะนั้นการกำจัดเอาสารเหล่านี้ออกจากน้ำมันก็จะทำให้น้ำมันปราศจากกลิ่นที่ไม่ต้องการในการนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ หรือ แม้แต่ในการทำเป็นน้ำมันปรุงอาหาร กรรมวิธีการกำจัดน้ำมันจะทำภายใต้สูญญากาศ เช่นที่ความดันเพียง 6 มิลลิเมตรปรอท อากาศโดยออกซิเจนที่อาจปนมากับสิ่งต่างๆ เช่น ไอน้ำหรือน้ำมันจะถูกกำจัดออกให้เหลือน้อยที่สุด อุณหภูมิที่ใช้ในการกำจัดกลิ่น จะอยู่ในช่วง 220-240 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นน้ำมันถูกกำจัดกลิ่นออกไปแล้ว จะถูกทำให้เย็นลง หลังจากนั้น จะเติมสารบางชนิดเพื่อเก็บรักษาน้ำมัน เช่น กรดมะนาว เพื่อจับกับพวกโลหะที่อาจมีอยู่คือ เหล็ก และ ทองแดง โดยประมาณแล้วได้ 0.005 % ของกรดมะนาว สารต้านออกซิเดชันเช่น t-Butylated Hydroxy-Anisole (BHA) และ t-Butylated Hydroxytoluene (BHT) หรือ Propyl Gallate จะใช้เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชันของน้ำมัน จำนวนสารอาจใช้ตัวใดตัวหนึ่งหรือร่วมกัน แต่ต้องมีปริมาณไม่เกิน 0.02 %

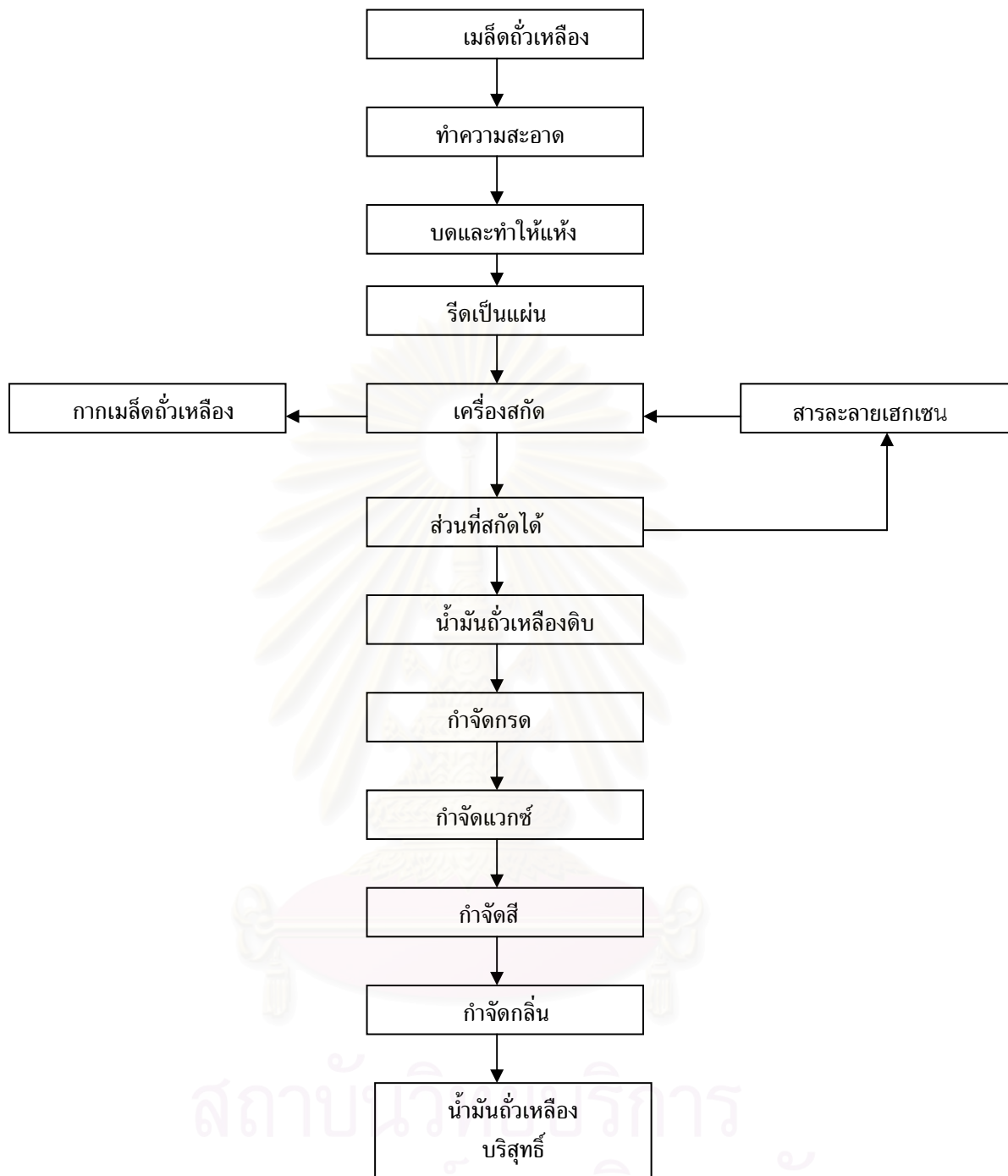
น้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์แล้วควรมีลักษณะเป็นไปตามข้อกำหนดคือ

- ลักษณะทั่วไป	ใสและเป็นประกายที่อุณหภูมิช่วง 70-85 องศาเซลเซียส
- การตกตะกอน	ปราศจากตะกอนหรือสีเจือปนอื่นๆ
- กลิ่น	ปราศจากกลิ่นเหม็นหืน หรือกลิ่นเฉพาะอื่นๆ
- ความชื้นและสารระเหยได้	0.1 %
- จุดวาบไฟ	550 องศาฟาเรนไฮด์
- กรดไขมันอิสระ	0.05 %
- สี Lovibond red	2.0
Lovibond yellow	20.0
- เปอร์ออกไซด์	0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

คุณลักษณะของน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสมแก่การบริโภคจะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอ.ก. 176-2519) จะต้องวิเคราะห์ได้ดังนี้

รายการ	คุณลักษณะ	ความต้องการ
1.	ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative Density) 20 °C/ 20 °C	0.919-0.925
2.	ดัชนีหักเห (Refractive Index) ที่ 40 °C	1.466-1.470
3.	ค่าสปอนนิฟิเคชัน (Saponification Value) มิลลิกรัม โซดียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกรัม	189-195
4.	ค่าไอโอดีน (Iodine Value)	120-143
5.	สารที่ไม่เกิดเป็นฟอง (Unsaponifiable Mater) กรัมต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม	ไม่เกิน 15
6.	ค่าของกรด (Acid Value) มิลลิกรัม โซดียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกรัม	ไม่เกิน 0.6
7.	ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value) มิลลิกรัม สมมูลย์เปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม	ไม่เกิน 10
8.	น้ำและสิ่งทีระเหยได้ที่อุณหภูมิ 105 °C ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่เกิน 0.2
9.	สารที่ไม่ละลายในน้ำมัน ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่เกิน 0.05
10.	ปริมาณสบู่ ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่เกิน 0.005
11.	เหล็ก มิลลิกรัมต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม	ไม่เกิน 2.5
12.	สารหนู มิลลิกรัมต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม	ไม่เกิน 0.1
13.	ทองแดง มิลลิกรัมต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม	ไม่เกิน 0.1
14.	ตะกั่ว มิลลิกรัมต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม	ไม่เกิน 0.1

กากถั่วเหลืองเป็นผลผลิตหลักของโรงงานสกัดน้ำมันถั่วเหลือง ทั้งนี้จะเห็นว่าถั่วเหลือง 100 กิโลกรัม จะได้กากถั่วเหลืองถึง 72 กิโลกรัม และในกากถั่วเหลืองก็พบว่า มีโปรตีนสูงถึงเกือบ 50 % ซึ่งนับว่าเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่ดีมากอันหนึ่ง แต่เนื่องจากในประเทศไทยเรายังไม่มีอุตสาหกรรมใดใช้กากถั่วเหลืองนี้มาแปรรูปเป็นอาหารมนุษย์เพื่อการบริโภค ฉะนั้นอุตสาหกรรมอาหารสัตว์จึงเป็นอุตสาหกรรมชนิดเดียวที่นำเอากากถั่วเหลืองและเมล็ดพืชน้ำมันอื่นๆ ที่ออกไปจากอุตสาหกรรมน้ำมันพืชไปใช้ในการทำเป็นอาหารสัตว์ทุกวันนี้ ซึ่งจากความรู้ความก้าวหน้าทางวิชาการประกอบกับความต้องการในด้านสารอาหารโปรตีนที่ยังขาดอยู่ในประเทศไทย เราเชื่อว่าในอนาคตอันใกล้จะมีอุตสาหกรรมใหม่ๆ ที่หันมาใช้กากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบเพื่อการผลิตอาหารมนุษย์ขึ้น



รูปที่ 3.2 แผนภูมิกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองโดยการสกัดด้วยตัวทำละลาย

บทที่ 4

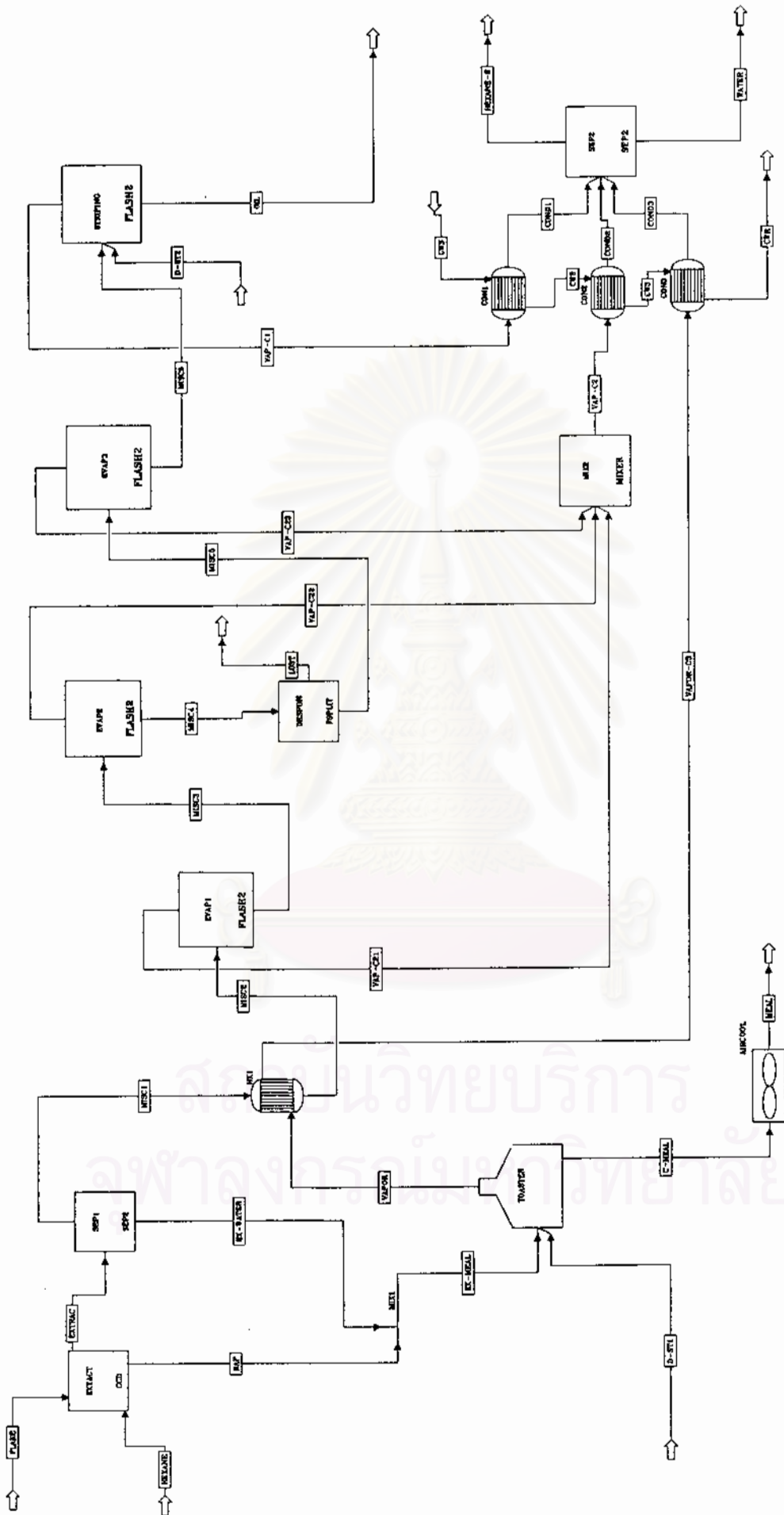
แบบจำลองกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง

การสร้างแบบจำลองกระบวนการต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในกระบวนการอย่างดี การกำหนดรายละเอียดต่างๆของสารในกระบวนการและรายละเอียดของอุปกรณ์ต่างๆอย่างถูกต้องครบถ้วนทำให้แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ ในบทนี้จะกล่าวถึงการสร้างแบบจำลองของกระบวนการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองและหน่วยนำสารมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง คำอธิบายแบบจำลอง การเลือกหน่วยปฏิบัติการ ข้อมูลการสร้างแบบจำลอง และการทดสอบแบบจำลอง

4.1 คำอธิบายแบบจำลอง (Model Description)

แบบจำลองนี้สร้างโดยการนำกระบวนการผลิตจริง มาสร้างเป็นแบบจำลองการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เนื่องจากการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปมีความก้าวหน้ามากสามารถนำมาใช้สร้างแบบจำลองกระบวนการที่ซับซ้อน โดยไม่จำเป็นต้องเขียนวิธีแก้ปัญหายุ่งยาก ซอฟต์แวร์ที่เลือกใช้คือ เอสเพนพลัส เวอร์ชัน 9.3 รูปที่ 4.1 แสดงแบบจำลองการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง ชื่อที่ใช้เรียกสารในกระบวนการและอุปกรณ์ต่างๆในวงเล็บจะใช้เป็นภาษาอังกฤษตัวพิมพ์พิมพ์ใหญ่ตลอดเพื่อให้ตรงกับรายการที่ใช้ในโปรแกรมเอสเพนพลัส

แบบจำลองเริ่มจากเมล็ดถั่วเหลืองที่เตรียมสำหรับการสกัดแล้ว (FKAKE) เข้าเครื่องสกัด (EXTRACT) โดยใช้เฮกเซน (HEXANE) เป็นตัวทำละลาย สารละลายที่สกัดได้ (EXTRACT) จะประกอบด้วย น้ำมันที่สกัดได้ละลายในเฮกเซนและน้ำ น้ำจะถูกแยกในเครื่องแยก (SEP 1) ออกไปพร้อมกับกาก (RAF) น้ำมันที่สกัดได้ละลายในเฮกเซนเรียกว่า มิสซีล่า (MISC 1) จะเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (HX 1) กับไอที่ได้จากเครื่องนึ่งกาก (TOASTER) โดยกากที่ออกจากเครื่องสกัด (EXMEAL) จะถูกนึ่งด้วยไอน้ำโดยตรงในเครื่องนึ่ง (TOASTER) เพื่อไล่สารละลายเฮกเซนที่อาจหลงเหลืออยู่ และเพื่อทำให้กากสุกขายเป็นอาหารสัตว์ต่อไป กากจากเครื่องนึ่ง (C-MEAL) จะถูกทำให้เย็นด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้อากาศ (AIR COOL) จะได้กากที่เย็นแล้ว (MEAL) ขายเป็นอาหารสัตว์ต่อไป



รูปที่ 4.1 แผนภูมิกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง

ไอจากเครื่องนี้จะแลกเปลี่ยนความร้อนกับมิสซีล่า (MISC 1) ที่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (HX1) ไอที่ออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (VAPOR-C3) จะเข้าเครื่องหล่อเย็น (CON 3) สารละลายที่ออกจากเครื่องหล่อเย็น (COND 3) จะถูกนำไปรวมและแยกที่เครื่องแยก (SEP 2) เพื่อแยกน้ำและเฮกเซนนำกลับไปใช้ต่อไป

มิสซีล่าที่ออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (MISC 2) จะเข้าเครื่องระเหยที่ 1 (EVAP 1) เพื่อระเหยสารละลายบางส่วนออก (VAP-C21) ไปสู่ที่รวม (MIX 2) มิสซีล่าที่ออกจากเครื่องระเหยที่ 1 (MISC 3) จะถูกให้ความร้อนโดยไอน้ำและเข้าสู่เครื่องระเหยที่ 2 (EVAP 2) ไอจากเครื่องระเหยที่ 2 (VAP-C22) จะเข้าไปสู่ที่รวม (MIX 2) มิสซีล่าที่ออกจากเครื่องระเหยที่ 2 (MISC 4) จะถูกส่งไปยังขบวนการกำจัดฟอง (DESPON) และกลับมาเป็นสารละลายมิสซีล่า (MISC 5) เข้าสู่เครื่องระเหยที่ 3 (EVAP 3) ไอจากเครื่องระเหยที่ 3 (VAP-C23) จะเข้าไปสู่ที่รวม (MIX 2) สารละลายที่ออกจากเครื่องระเหย 3 (MISC 6) จะถูกให้ความร้อนด้วยไอน้ำเข้าสู่เครื่องไล่สารละลาย (STRIPING) โดยใช้ไอน้ำโดยตรงเข้าเครื่องด้วย จะได้น้ำมันพืชที่ปราศจากสารละลายจากเครื่องไล่สารละลาย ไอจากเครื่อง (VAP-C1) จะถูกทำให้เย็นด้วยเครื่องหล่อเย็น 1 (CON 1) และจะได้สารละลายที่ควบแน่น (COND 1) ไอจากเครื่องระเหยทั้งสามเครื่องจะนำมารวมเข้าสู่เครื่องหล่อเย็น 2 และได้สารละลายควบแน่น (COND 2) สารละลายจากเครื่องหล่อเย็นทั้ง 3 จะไปสู่เครื่องแยก 2 (SEP 2) เพื่อแยกน้ำและเฮกเซนกลับสู่กระบวนการผลิตต่อไป เครื่องหล่อเย็นทั้งสามต่ออนุกรมกัน น้ำหล่อเย็นเข้า (CWS) ที่เครื่องหล่อเย็น 1 (CON 1) และออกที่เครื่องหล่อเย็น 3 (CON 3)

4.2 การตั้งค่ากระบวนการ (Model Setup)

ขั้นตอนการตั้งค่าของกระบวนการมีความสำคัญต่อการสร้างแบบจำลอง การละเลยต่อการตั้งค่าตั้งแต่เริ่มแรกโดยใช้ค่าฐาน (Default) ของโปรแกรมจะทำให้ไม่สามารถใส่ข้อมูลที่ครบถ้วนถูกต้องได้ และจำต้องมาแก้ไขในภายหลัง องค์กรประกอบสำคัญมี 2 อย่างคือการเลือกชนิดของสารป้อนและการเลือกหน่วยปฏิบัติการของกระบวนการ

4.2.1 การเลือกชนิดสารป้อนในกระบวนการ

ขั้นตอนแรกคือต้องทราบชนิดของสารที่ใช้ในกระบวนการและนำมาตั้งค่าในโปรแกรมก่อน เนื่องจากสารที่ใช้ มิใช่สารพื้นฐานที่ทราบคุณสมบัติทางเคมีอยู่แล้ว (Conventional) ดังนี้

1. ชนิดของสายป้อน FLAKE เนื่องจากสารป้อนเป็นของแข็ง จึงต้องเลือกชนิด (CLASS) ของสารป้อนที่เกี่ยวข้องกับของแข็งจัดอยู่ในชนิด MIX และโดยของแข็งเป็นชนิดที่ไม่ทราบองค์ประกอบทางเคมีที่แน่นอน (Non Conventional Solid) และของแข็งนี้ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีจึงอยู่ในชนิด NC เนื่องจากต้องการสกัดของแข็งนี้ จึงทดลองหาการกระจายขนาดของอนุภาคของแข็ง (Particle Size Distribution) โดยการร่อนตะแกรงได้การกระจายขนาดของอนุภาคของแข็ง (PSD) ชนิดของสารป้อนจึงเป็น MIXNCPSD
2. การเลือกสารละลายที่ใช้สกัด สารละลายที่ใช้สกัดในที่นี้ใช้ เฮกเซน เป็นสารชนิดที่ทราบคุณสมบัติแน่นอน (Conventional)

4.2.2 การเลือกหน่วยปฏิบัติการ (Unit Operation Justification)

เนื่องจากหน่วยปฏิบัติการที่มีอยู่ในโปรแกรมแอสเพนพลัสนั้นมีจำนวนมาก การจะสร้างแบบจำลองให้มีความใกล้เคียงถูกต้องกับกระบวนการนั้น ขั้นตอนการเลือกหน่วยปฏิบัติการจึงมีความสำคัญมาก เพราะเหตุนี้จึงต้องมีการพิจารณาเทียบเคียงที่ละเอียดถี่ถ้วน โดยพิจารณาข้อมูลทางเลือกองค์ประกอบต่างๆ ข้อมูลที่ต้องการของแต่ละอุปกรณ์ การเลือกชนิดของอุปกรณ์ที่ถูกต้องเหมาะสมทำให้แบบจำลองมีความถูกต้องน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น (การเขียนหน่วยปฏิบัติการจะใช้เป็นตัวพิมพ์ใหญ่เสมอเพื่อให้ตรงกับในโปรแกรม)

1. เครื่องสกัด (EXTRACT) ใช้หน่วยปฏิบัติการ CCD เป็นหน่วยสกัดของแข็ง จึงต้องใช้แบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับของแข็ง ซึ่งในโปรแกรมมีให้เลือกหลายอย่างคือ
 - CRUSHER เนื่องจากไม่เกี่ยวข้องกับกรบด เปลี่ยนแปลงขนาด จึงไม่ใช่หน่วยนี้
 - SCREEN, FABFL, CYCLONE, VSCRUB, ESP เป็นการแยกของแข็งกับแก๊ส โดยตะแกรง, ผ้ากรอง, เวนจัวร์, ไฟฟ้าสถิตย์ จึงไม่ใช่หน่วยนี้
 - HYCYC, CFUGE, FILTER เป็นการแยกของเหลวกับของแข็งโดย ไอโครไซโคลน, เครื่องกรองแบบเซนตริฟิวส์ (Centrifuge Filters) และเครื่องกรองแบบโรตารี (Rotary Vacuum Filters) จึงไม่ใช่หน่วยนี้
 - SWASH, CCD เป็นการแยกสารละลายที่อยู่ในของแข็ง แบบ SWASH เป็นแบบสกัดขั้นตอนเดียว (Single Stage Solids Washer) จึงไม่เลือกหน่วยนี้ แบบ CCD (Counter-Current Decanter) เป็นการสกัดของแข็งแบบไหลสวนทางหลายชั้น จึงใช้หน่วยนี้

2. เครื่องแยก1 (SEP 1) ใช้ MODEL SEP 2 เครื่องแยกน้ำออกจากสารละลาย เนื่องจากน้ำจะไม่ละลายในสารละลายเฮกเซน โดยน้ำจะอยู่ในกากของแข็ง เลือก SEP 2 เพราะเป็นการแยกสององค์ประกอบ โดยกำหนดเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของแต่ละองค์ประกอบ
3. ไฮโดรไซโคลน เป็นเครื่องที่ต่อจากเครื่องสกัด วัคัจับของแข็งที่อาจหลุดออกมาทั้งสารละลาย ซึ่งโดยปกติไม่มี และเมื่อลงใส่หน่วยนี้จะทำให้โปรแกรมฟ้องข้อผิดพลาดเนื่องจากมีสายที่อัตราการไหลเป็น 0 (ของแข็งจากไฮโดรไซโคลน) และเนื่องจากไม่มีผลกับแบบจำลองจึงตัดออก
4. เครื่องนี้ (TOASTER) ใช้ MODEL FLASH 2 เป็นเครื่อง FLASH โดยได้สาย 2 สาย (2 Outlet Flash) โดยใช้ไอน้ำโดยตรง (D-ST 1) เป็นตัวช่วยให้สารละลายในกากระเหยออก
5. เครื่องทำให้กากเย็น (AIR COOL) ใช้ MODEL HEATER เป็นการนำเอาอากาศมาเป่าแลกเปลี่ยนความร้อนโดยกำหนด ความดัน อุณหภูมิขาออกของเครื่อง และให้โปรแกรมคำนวณค่าความร้อนที่ระบายออก เหตุที่ไม่เลือกเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ 2 ทางสวนกัน เพราะอากาศเป็นระบบเปิด ไม่สามารถวัดปริมาณได้ และเมื่อทดลองใช้ MODEL นี้โดยใช้อากาศเป็นตัวหล่อเย็น พบว่าไม่สามารถทำออปติไมซ์ได้ถูกต้องเนื่องจากอากาศเป็นสารป้อนจะไม่เปลี่ยนแปลงตามระบบ
6. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (HX 1) ใช้ MODEL HEATX เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ 2 ทางสวนกัน โดยกำหนดพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน
7. เครื่องทำระเหย 1 (EVAP 1) ใช้ MODEL FLASH 2 เป็นตัวให้อิที่ได้รับความร้อนจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 1 (HX 1) ระเหย โดยกำหนดความดัน และให้ความร้อน (HEAT DUTY) เท่ากับ 0 (ไม่มีการเพิ่มความร้อน)
8. เครื่องทำระเหย 2 (EVAP 2) ใช้ MODEL FLASH 2 เป็นตัวให้อิที่ได้รับความร้อนจากน้ำระเหย แต่เนื่องจากเมื่อลองทำตามโรงงานจริงแล้ว ปริมาณไอน้ำจะเป็น Input ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและจะไม่เปลี่ยนเมื่อทำการออปติไมซ์ ซึ่งในโรงงานจริงปริมาณไอน้ำจะเปลี่ยนแปลงเมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณตัวทำละลาย เพื่อให้สารละลายมีอุณหภูมิถึงค่าที่ตั้งไว้ (Set Point) ดังนั้นจึงใช้ MODEL นี้โดยใส่ค่าอุณหภูมิและความดันที่ใช้ เป็นค่า

Set Point โดยโปรแกรมจะคำนวณค่าความร้อนที่ต้องการ (HEAT DUTY) ออกมา ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณสารและนำมาคำนวณจุดออกปัดไม่ซ้ำได้

9. หน่วยกำจัดฟอง (DESPON) ใช้ MODEL FSPLIT เป็นกระบวนการทางเคมีกำจัดฟองที่ทำให้ปริมาณรวมทั้งหมดเหลือ 96 % โดยสูญเสียไป 4 % กำหนดโดยไสเปอร์เซ็นต์ที่เหลืออยู่
10. เครื่องทำระเหย 3 (EVAP 3) ลักษณะและวัตถุประสงค์เหมือนเครื่องระเหย 2 (EVAP 2)
11. เครื่องไล่สารละลาย (STRIPING) ใช้ MODEL FLASH เหมือนเครื่องทำระเหย แต่เพิ่มไอน้ำโดยตรง (D-ST 2) เพื่อช่วยไล่สารละลายที่อาจตกค้างในน้ำมันอยู่ น้ำมันที่ออกจากเครื่องเป็นน้ำมันบริสุทธิ์
12. หน่วยรวมสาย (MIX 2) ใช้ MODEL MIXER เป็นการรวมสายจากเครื่องทำระเหยทั้งสามเพื่อเข้าเครื่องหล่อเย็น 2
13. เครื่องหล่อเย็น 1,2 และ 3 (CON1,2,3) MODEL HEATX เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 2 ทางสวนกัน สำหรับหล่อเย็นไอที่ออกจากเครื่องไล่สารละลาย (STRIPING), เครื่องระเหย (EVAP) และเครื่องนึ่ง (TOASTER) ตามลำดับ กำหนดพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน
14. เครื่องแยกน้ำจากสารละลายเฮกเซน (SEP 2) ใช้ MODEL SEP 2 เป็นเครื่องแยกที่มี 2 องค์ประกอบออกมา โดยกำหนด เปอร์เซ็นต์ของสารออกแต่ละสาย

4.3 การสร้างแบบจำลอง (Model Building)

ขั้นตอนต่อจากการตั้งค่าและการเลือกชนิดของสารและการเลือกหน่วยปฏิบัติการให้ตรงกับอุปกรณ์แล้วนั้น ขั้นตอนมาคือการวางแผนผังกระบวนการซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ และกำหนดการไหลของแต่ละสารในกระบวนการ จากนั้นจึงใส่ข้อมูลที่ได้จากการผลิต ซึ่งมีองค์ประกอบหลักของแบบจำลองมี 2 อย่างคือ สารที่ใช้ในกระบวนการและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการ

4.3.1 สารที่ใช้ในกระบวนการ

1. องค์ประกอบหลักของสารที่ใช้ในกระบวนการมี 4 อย่างคือ

- 1.) น้ำ (WATER)
- 2.) สารละลายเฮกเซน (HEXANE)
- 3.) น้ำมัน (TRIGLY)
- 4.) กากของแข็ง (SOLID)

น้ำและเฮกเซน เป็นสารที่โปรแกรมมีคุณสมบัติอยู่แล้ว ส่วนน้ำมันถั่วเหลืองเป็นสารอินทรีย์ประเภทน้ำมันและไขมัน เรียกรวมรวมว่า ไตรกลีเซอรอล (Triacylglycerol) ซึ่งเป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน 3 โมเลกุล (Three Fatty Acids) กับ กลีเซอรอล โดยโมเลกุลน้ำมันถั่วเหลืองจะประกอบด้วยกรดไขมันหลายๆชนิดเป็นเปอร์เซ็นต์แตกต่างกันไป ดูรายละเอียดองค์ประกอบของน้ำมันพืชชนิดต่างๆในตาราง 13.3 หน้า 309 (Introduction to Organic&Biological Chemistry 3rd edition) โดยคำนวณน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยได้ 1013.44 นำไปใส่ในโปรแกรมเพื่อประมาณค่าคุณสมบัติอื่นได้

กากของแข็ง เนื่องจากกากของแข็งเป็นสารอินทรีย์เช่นกันและไม่สามารถรู้สูตรทางเคมีที่แน่นอนได้ แต่เนื่องจากกากของแข็งไม่ทำปฏิกิริยาเคมี จึงเลือกใส่ข้อมูลการกระจายขนาดของอนุภาคของแข็ง (Particle Size Distribution) ซึ่งจะมีผลต่อการสกัด รวมทั้งค่าความหนาแน่นที่ได้จากการทดลอง และข้อมูลค่าความจุความร้อนจากโรงงาน

การหาการกระจายขนาดของอนุภาคของแข็ง ทำโดยเก็บตัวอย่างถั่วเหลืองจากโรงงานจริง ที่ผ่านการเตรียมแล้วมาร้อนในตระแกรงมาตรฐานขนาดต่างๆกันวางซ้อนกันเป็นชั้นๆ ได้การกระจายขนาดของถั่วเหลืองที่พร้อมนำมาสกัดตั้งข้อมูลข้างล่างนี้

ตารางที่ 4.1 การกระจายขนาดของอนุภาคของแข็ง (Particle Size Distribution)

ไมครอน	สัดส่วน โดยน้ำหนัก
0-20	0.002213
20-42.5	0.023972
42.5-60.0	0.036510
60.0-85.0	0.082980
85.0-118.0	0.111009
118.0-200.0	0.367140
200.0-300.0	0.376176

ความหนาแน่นของของแข็ง	0.6343 GM/CC
ความจุความร้อนของของแข็ง	0.45 CAL/GM-K

2 ถั่วเหลืองที่เตรียมสกัด (FLAKE)

เนื่องจากมีข้อมูลการผลิต 3 วัน คือวันที่ 21,22 และ 23 ส.ค. 2544 จึงเลือกใช้ข้อมูลการผลิตวันที่ 21 ส.ค. 2544 เป็นกรณีฐาน (Base Case) และใช้วันที่ 22 และ 23 เป็นข้อมูลทดสอบ และเลือกข้อมูลเป็นเวลา 11.00 น. เนื่องจากเวลา 11.00 น.ของทุกวัน เป็นเวลาที่มีการเก็บตัวอย่างมีสชีล่าที่วัดได้มาวัดความเข้มข้นด้วยจึงทำให้มีข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น มีการบดและนึ่งเมล็ดถั่วเหลืองในการเตรียม จากถั่วเหลืองดิบ 21 ตัน มีความชื้น 12%และมีปริมาณน้ำมัน 19 % ที่เหลือเป็นกาก จะมีความชื้นเหลือเพียง 9 % ดังนั้นถั่วเหลืองที่เข้าเครื่องสกัดจะมีปริมาณและคุณสมบัติดังนี้ (หน่วยที่ใช้เป็นภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่เพื่อให้ตรงกับที่ใช้ใน โปรแกรมแอสเพนพลัส)

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบของถั่วเหลืองที่เตรียมสกัด

อุณหภูมิ °C	ความดัน BARG	องค์ประกอบ กิโลกรัม
60	0	น้ำ 1827 น้ำมันถั่วเหลือง 3990 กากของแข็ง 14490

3. ตัวทำละลายเฮกเซน

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติของเฮกเซนที่ใช้สกัด

อุณหภูมิ °C	ความดัน BARG	อัตราการไหล ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
56	0	27

4.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการ

หลังจากเลือกหน่วยปฏิบัติการที่เทียบเคียงกับอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการแล้ว ก็นำข้อมูลในการผลิตของอุปกรณ์มาใส่ในหน่วยปฏิบัติการดังนี้

1. เครื่องสกัด (EXTRACT)

จำนวนชั้นการสกัด (Nstage) = 7 ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิบรรยากาศ 30 °C

ถ้วยเหลืองและตัวทำละลายไหลสวนทางกัน

จากข้อมูลการสกัดว่าได้ความเข้มข้นของน้ำมันที่สกัดได้ในเฮกเซน = 23.03

และมีอัตราการไหลทั้งหมด 24 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

นำข้อมูลมาปรับค่าประสิทธิภาพของเครื่องสกัดและอัตราส่วนของเหลวของแข็งได้ดังนี้

$$\text{Mix-Eff} = 0.45$$

$$\text{L-s Ratio} = 0.38$$

2. เครื่องนึ่ง (TOASTER)

กำหนด อุณหภูมิของกก 100 °C และความดันในเครื่อง -20 มิลลิเมตรน้ำ

ใช้ไอน้ำโดยตรง 170 °C ความดัน 3.5 BARG

ปริมาณ 2100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

3. เครื่องทำให้กากเย็น (AIR COOL)

กำหนด อุณหภูมิของกกที่ออก 40 °C และความดันในเครื่องบรรยากาศ

4. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมิสซีล่ากับไอ (HX1)

ทดลองหาค่าพื้นที่ผิวการแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อให้ได้อุณหภูมิของมิสซีล่าที่เข้าเครื่อง

แลกเปลี่ยนความร้อนที่ 51 °C และออกจากเครื่องระเหย 1 ที่ 54 °C จะได้พื้นที่ผิวการ

แลกเปลี่ยนความร้อนที่ ต้องการ = 43.18 ตารางเมตร นำค่านี้เป็นค่ากำหนดของเครื่อง

แลกเปลี่ยนความร้อนนี้

5. เครื่องระเหย 1 (EVAP1)

กำหนดความดัน 410 มิลลิเมตรปรอท

และไม่มีความร้อนใส่เพิ่ม HEAT DUTY = 0 วัตต์

6. เครื่องระเหย 2 (EVAP 2)

กำหนดตัวที่ควบคุมคืออุณหภูมิขาออกที่ 70°C และความดัน 410 มิลลิเมตรปรอท
ค่าความร้อนที่ต้องการจะคำนวณโดยโปรแกรมและนำไปคำนวณกลับเป็นค่าไอน้ำที่
ต้องการสำหรับการคิดค่าไอน้ำที่ใช้ในการทำระเหยสำหรับการทำออปติไมซ์

7. หน่วยกำจัดฟอง (DESPON)

กำหนดปริมาณที่เหลืออยู่หลังผ่านกระบวนการที่ 96 %

8. เครื่องทำระเหย 3 (EVAP 3)

กำหนดอุณหภูมิขาออกมีสซีค่าที่ควบคุม = 127°C และความดัน 410 มิลลิเมตรปรอท
ค่าความร้อนกำหนดโดยโปรแกรมเพื่อการออปติไมซ์

9. เครื่องไล่สารละลาย (STRIPING)

กำหนดอุณหภูมิขาออกมีสซีค่าที่ควบคุม = 130°C และความดัน 260 มิลลิเมตรปรอท
โดยมีไอน้ำโดยตรงเข้าความดัน 1.5 BARG ปริมาณ 210 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

10. เครื่องหล่อเย็น 1,2 และ 3 (CON 1,2,3)

กำหนดโดยทดลองใส่อุณหภูมิเข้าและออกจากเครื่องหล่อเย็นทั้ง 3 จากข้อมูลการผลิต =
 32°C และ 34°C กำหนดอัตราการไหล 16.8 ลูกบาศก์เมตร นำค่าพื้นที่แลกเปลี่ยนความ
ร้อนที่ต้องการมาใส่เป็นค่าที่กำหนดในแบบจำลอง

ค่าพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนเครื่องหล่อเย็น1 (CON 1) = 0.31 ตารางเมตร

ค่าพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนเครื่องหล่อเย็น2 (CON 2) = 0.31 ตารางเมตร

ค่าพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนเครื่องหล่อเย็น3 (CON 3) = 0.31 ตารางเมตร

11. เครื่องแยกเฮกเซนและน้ำ

กำหนดความบริสุทธิ์ของน้ำและเฮกเซนที่ 100 %

หลังจากได้แบบจำลองของกระบวนการรวมทั้งใส่ค่าข้อมูลการผลิตที่วัดได้รวมทั้ง
ประมาณค่าพารามิเตอร์ที่วัดไม่ได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการทำการทดสอบแบบจำลองด้วยข้อมูล
การผลิตชุดอื่น เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

4.4 การทดสอบแบบจำลอง (Model Validation)

เนื่องจากการสร้างแบบจำลอง จำต้องมีการประมาณพารามิเตอร์บางตัวที่ไม่ได้ทำการวัดหรือที่ไม่สามารถวัดได้เมื่อได้แบบจำลองแล้ว จะนำแบบจำลองมาทดสอบความถูกต้องของพารามิเตอร์ที่ทำการประมาณ โดยใช้พารามิเตอร์ที่ประมาณกับข้อมูลการผลิตใหม่และเปรียบเทียบผลลัพธ์ของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลจริง

4.4.1 พารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า

แบบจำลองตามข้อมูลการผลิตวันที่ 21 ส.ค. 2544 เป็นกรณีฐาน โดยมีพารามิเตอร์ที่วัดไม่ได้ต้องประมาณค่าเพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลดังนี้

1. เครื่องสกัด (EXTRACT)

ข้อมูลลักษณะของเครื่องสกัด จำนวนชิ้นการสกัด และจุดดำเนินการของเครื่องสกัดเป็นข้อมูลที่วัดได้และมีข้อมูลอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามมีค่าที่วัดไม่ได้จำเป็นต้องประมาณคือ ประสิทธิภาพการสกัด และสัดส่วนการสัมผัสของของเหลวและของแข็ง เป็นค่าที่วัดไม่ได้ต้องประมาณจากผลการสกัดคือ

$$\text{Mix-Eff} = 0.45$$

$$\text{Ls-Ratio} = 0.38$$

2. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 1 (HX 1)

ประมาณค่าพื้นที่ผิวการแลกเปลี่ยนความร้อน จากอุณหภูมิของมิสซีล่าที่ออกจากเครื่องสกัด และเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ 51°C แลกเปลี่ยนความร้อนจากไอของเครื่องหนึ่งและเข้าและออกจากเครื่องระเหย 1 ที่ 54°C จะได้

$$\text{ค่าพื้นที่ผิวการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ต้องการ} = 43.18 \text{ ตารางเมตร}$$

3. เครื่องหล่อเย็น 1,2 และ 3 (CON 1,2,3)

ประมาณค่าพื้นที่ผิวการแลกเปลี่ยนความร้อน

$$\text{พื้นที่ผิวการแลกเปลี่ยนความร้อนเครื่องหล่อเย็น 1} = 0.31 \text{ ตารางเมตร}$$

$$\text{พื้นที่ผิวการแลกเปลี่ยนความร้อนเครื่องหล่อเย็น 2} = 0.31 \text{ ตารางเมตร}$$

$$\text{พื้นที่ผิวการแลกเปลี่ยนความร้อนเครื่องหล่อเย็น 3} = 0.31 \text{ ตารางเมตร}$$

4.4.2 การทดสอบแบบจำลอง

แบบจำลองข้อมูลการผลิตวันที่ 21 ส.ค. 2544 เวลา 11.00 น. (เนื่องจากเวลา 11.00 น. เป็นเวลาที่มีการเก็บตัวอย่างมิสชีล่าที่วัดได้มาวัดความเข้มข้นด้วย) เป็นกรณีฐาน นำค่าที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวัด และเนื่องจากไม่สามารถปรับพารามิเตอร์ในแบบจำลองให้ตรงกับค่าที่วัดได้ 100 % แต่ได้ปรับพารามิเตอร์ให้มีความถูกต้องใกล้เคียงที่สุดดังนี้

1. เครื่องสกัด

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยอาศัยพารามิเตอร์จากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 กับค่าที่วัดได้จริงจากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 ของเครื่องสกัด

ชนิดการวัด	จากแบบจำลอง	จากการผลิต	ความคลาดเคลื่อน	RANGE	ความคลาดเคลื่อน (%)
ความเข้มข้นของมิสชีล่าจากเครื่องสกัด (%)	23.0	23.03	0.03	0-100	0.03
อัตราการไหลของมิสชีล่า (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)	23.25	24	0.75	0-75	1.00

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยอาศัยพารามิเตอร์จากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 กับค่าที่วัดได้จริงจากการผลิตวันที่ 22 ส.ค.2544 ของเครื่องสกัด

ชนิดการวัด	จากแบบจำลอง	จากการผลิต	ความคลาดเคลื่อน	RANGE	ความคลาดเคลื่อน (%)
ความเข้มข้นของมิสชีล่าจากเครื่องสกัด (%)	24.0	23.80	0.2	0-100	0.2
อัตราการไหลของมิสชีล่า (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)	22.25	24	1.75	0-75	2.33

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง โดยอาศัยพารามิเตอร์จากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 กับค่าที่วัดได้จริงจากการผลิตวันที่ 23 ส.ค.2544 ของเครื่องสกัด

ชนิดการวัด	จากแบบจำลอง	จากการผลิต	ความคลาดเคลื่อน	RANGE	ความคลาดเคลื่อน (%)
ความเข้มข้นของมิสซีล่าจากเครื่องสกัด (%)	24.0	23.03	0.97	0-100	0.97
อัตราการไหลของมิสซีล่า (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)	23.85	24	0.15	0-75	0.2

2. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 1 (HX1)

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง โดยอาศัยพารามิเตอร์จากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 กับค่าที่วัดได้จริงจากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 1 (HX1)

ชนิดการวัด	จากแบบจำลอง	จากการผลิต	ความคลาดเคลื่อน	RANGE	ความคลาดเคลื่อน (%)
อุณหภูมิขาออกจากเครื่องระเหย 1 (°C)	53.9	54	0.1	0-160	0.06

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง โดยอาศัยพารามิเตอร์จากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 กับค่าที่วัดได้จริงจากการผลิตวันที่ 22 ส.ค.2544 ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 1 (HX1)

ชนิดการวัด	จากแบบจำลอง	จากการผลิต	ความคลาดเคลื่อน	RANGE	ความคลาดเคลื่อน (%)
อุณหภูมิขาออกจากเครื่องระเหย 1 (°C)	54.9	54	0.9	0-160	0.56

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยอาศัยพารามิเตอร์จากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 กับค่าที่วัดได้จริงจากการผลิตวันที่ 23 ส.ค.2544 ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 1 (HX1)

ชนิดการวัด	จากแบบจำลอง	จากการผลิต	ความคลาดเคลื่อน	RANGE	ความคลาดเคลื่อน (%)
อุณหภูมิขาออกจากเครื่องระเหย 1 ($^{\circ}\text{C}$)	54.8	53	1.8	0-160	1.13

3. เครื่องหล่อเย็น 1, 2, 3

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยอาศัยพารามิเตอร์จากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 กับค่าที่วัดได้จริงจากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 ของเครื่องหล่อเย็น 1, 2, 3

ชนิดการวัด	จากแบบจำลอง	จากการผลิต	ความคลาดเคลื่อน	RANGE	ความคลาดเคลื่อน (%)
อุณหภูมิขาออกจากเครื่องหล่อเย็น 3 ($^{\circ}\text{C}$)	34.0	34	0	0-100	0

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยอาศัยพารามิเตอร์จากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 กับค่าที่วัดได้จริงจากการผลิตวันที่ 22 ส.ค.2544 ของเครื่องหล่อเย็น 1, 2, 3

ชนิดการวัด	จากแบบจำลอง	จากการผลิต	ความคลาดเคลื่อน	RANGE	ความคลาดเคลื่อน (%)
อุณหภูมิขาออกจากเครื่องหล่อเย็น 3 ($^{\circ}\text{C}$)	33.1	33	0.1	0-100	0.10

ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบค่าที่ได้จากแบบจำลองโดยอาศัยพารามิเตอร์จากการผลิตวันที่ 21 ส.ค.2544 กับค่าที่วัดได้จริงจากการผลิตวันที่ 23 ส.ค.2544 ของเครื่องหล่อเย็น 1, 2, 3

ชนิดการวัด	จากแบบจำลอง	จากการผลิต	ความคลาดเคลื่อน	RANGE	ความคลาดเคลื่อน (%)
อุณหภูมิขาออกจากเครื่องหล่อเย็น 3 (°C)	34	34	0	0-100	0

จากผลการทดสอบแบบจำลอง เมื่อพิจารณาตารางที่ 1-3 ซึ่งเป็นการทดสอบพารามิเตอร์ของหน่วยที่สำคัญที่สุดในกระบวนการคือหน่วยสกัด พบว่าความคลาดเคลื่อนของการทำนายความเข้มข้นมีค่าไม่เกิน 1 % และว่าความคลาดเคลื่อนของการทำนายความอัตราการไหลมีค่าสูงสุดที่ 2.33 % ซึ่งเป็นค่าน้อยกว่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์เครื่องมือวัดโดยทั่วไปที่ 10 % ดังนั้นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของหน่วยสกัดจึงเชื่อถือได้ และเมื่อพิจารณาการทำนายค่าอุณหภูมิจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 1 (HX 1) มีค่าสูงสุดที่ 1.13 % และการทำนายค่าอุณหภูมิจากเครื่องหล่อเย็น 1,2,3 ที่พบว่ามีความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ 0.1 % จึงสรุปได้ว่าค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณมีความน่าเชื่อถือ

บทที่ 5

การออปติไมซ์กระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออปติไมซ์กระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองและการคำนวณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออปติไมซ์คือ การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ตัวแปรที่มีผลต่อการวิเคราะห์ความไว ผลของการวิเคราะห์ความไว การออปติไมซ์ องค์ประกอบต่างๆที่ใช้ในการออปติไมซ์ แบบจำลองกระบวนการสำหรับการออปติไมซ์ การกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ข้อจำกัด และตัวแปรตัดสินใจ ผลการออปติไมซ์ และกรณีศึกษาเมื่อราคาของสารที่เกี่ยวข้องในการผลิตหลักๆ คือ ราคาพลังงาน ราคาวัตถุดิบ ราคาผลิตภัณฑ์ และราคาผลิตภัณฑ์รวม มีราคาเปลี่ยนแปลงไป

การออปติไมซ์เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหา โดยการเขียนปัญหาในรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ และใช้วิธีการหาคำตอบของสมการทางคณิตศาสตร์ต่างๆ กัน การแก้ปัญหาออปติไมซ์จะใช้วิธีหาคำตอบเชิงเลขซึ่งมักต้องเกี่ยวข้องกับสมการเป็นจำนวนมาก และต้องมีการคำนวณแบบวนซ้ำ อย่างไรก็ตาม ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีอย่างรวดเร็วมากทำให้การคำนวณที่เป็นไปไม่ได้ในอดีตสามารถทำได้อย่างรวดเร็วในปัจจุบัน มีการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหการออปติไมซ์อย่างมาก การออปติไมซ์ได้อย่างถูกต้องรวดเร็วนอกจากการเลือกเทคนิคการออปติไมซ์ที่ดีแล้ว องค์ประกอบอื่นๆเช่น การสร้างแบบจำลองที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ การกำหนดวัตถุประสงค์ที่ดี ที่สามารถครอบคลุมกระบวนการได้ทั้งหมด การตั้งข้อจำกัด และการเลือกตัวแปรตัดสินใจที่เหมาะสมถูกต้อง

5.1 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความไวนั้น ควรกระทำก่อนที่จะออปติไมซ์ ทั้งนี้เพื่อดูแนวโน้มของกระบวนการ และทดสอบขอบเขตของกระบวนการก่อนการออปติไมซ์ได้ การวิเคราะห์ความไวมีประโยชน์อย่างมากต่อการออปติไมซ์คือมันจะเป็นตัวบอกแนวโน้มการตอบสนองและทดสอบขอบเขตของกระบวนการ ซึ่งทำให้การกำหนดขอบเขตการออปติไมซ์ทำได้รวดเร็วและจะทำให้การหาคำตอบของการออปติไมซ์รวดเร็วตามไปด้วย

หน่วยผลิตหลักของกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองที่ได้สร้างแบบจำลองมาแล้วคือหน่วยสกัดน้ำมันถั่วเหลือง ดังนั้นจะวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัด(ความสามารถในการสกัดน้ำมันจากถั่วเหลือง) ซึ่งมีอยู่ 5 อย่างคือ

- 1.) ปริมาณของตัวทำละลาย ถ้ามีปริมาณมากย่อมสกัดน้ำมันออกได้มากและเหลือน้ำมันอยู่ในกากน้อย แต่อย่างไรก็ตามถ้าใช้ในปริมาณมาก ก็ต้องใช้เวลา พลังงาน ตลอดจนเครื่องมือที่ใช้ในการแยกตัวทำละลายออกจากรังน้ำมันมาก สมมุติฐานนี้ทำให้เกิดข้อสงสัยว่า ปริมาณของตัวทำละลายมากน้อยแค่ไหนจึงมีค่าเหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์ จึงสร้างแบบจำลองและเขียนปัญหาในทางคณิตศาสตร์เพื่อหาจุดที่เหมาะสมจุดนี้
- 2.) ชนิดของตัวทำละลาย เนื่องจากข้อมูลที่มีอยู่ เป็นข้อมูลจากตัวทำละลายชนิดเดียวคือเฮกเซน ไม่มีข้อมูลการสกัดเมื่อใช้สารสกัดชนิดอื่น และเมื่อทดลองใช้สารสกัดชนิดอื่นกับแบบจำลอง โดยใช้พารามิเตอร์ของหน่วยสกัดเดิมคือค่าประสิทธิภาพการสกัดและอัตราการสัมผัสระหว่างของแข็งและของเหลว พบว่าให้ผลการสกัดเหมือนเดิมซึ่งไม่ถูกต้องเนื่องจากเมื่อเปลี่ยนสารสกัด ผลการสกัดควรจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย แต่ผลการระเหยสารละลายกลับไปใช้ใหม่มีค่าเปลี่ยนเนื่องจากคุณสมบัติของสารสกัดใหม่เปลี่ยนไป จึงอาจตั้งสมมุติฐานได้ว่าการสร้างแบบจำลอง เนื่องจากสารที่ใช้เป็นสารอินทรีย์ไม่อาจจะระบุคุณสมบัติที่แม่นยำได้ การจำลองจึงใช้ค่าพารามิเตอร์ของเครื่องสกัดในการคำนวณการสกัดอย่างเดียว โดยไม่คำนึงถึงคุณสมบัติของตัวสกัด
- 3.) อุณหภูมิในการสกัด ยิ่งอุณหภูมิในการสกัดสูงขึ้น ยิ่งทำให้สกัดน้ำมันได้มากขึ้น การใช้อุณหภูมิในการสกัดจึงต้องใช้สูงที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ จึงไม่จำเป็นต้องออกแบบในแบบจำลองใช้อุณหภูมิการสกัดที่ประมาณ 60 องศาเซลเซียสเพราะว่า จุดเดือดของสารละลายเฮกเซนที่ใช้อยู่ที่ 68 องศาเซลเซียส จะต้องรักษาอุณหภูมิมิให้เกินจุดนี้ในเครื่องสกัด และอีกเหตุผลหนึ่งเมื่อลองวิเคราะห์ความไวโดยการลดอุณหภูมิก็คพบว่าผลการสกัดไม่เปลี่ยนแปลงซึ่งก็คือเหตุผลเดียวกับเดียวกับการเปลี่ยนชนิดตัวทำละลายนั่นเอง
- 4.) คุณสมบัติของเมล็ดพืช ขนาดและความหนาของแผ่นเมล็ดพืช ได้จำกัดขอบเขตของการสร้างแบบจำลองและการออกแบบเครื่องแล้วว่าจะไม่รวมขั้นตอนการเตรียมเมล็ดก่อนการสกัด และจะถือว่าเมล็ดที่จะเข้าเครื่องสกัด มีคุณสมบัติคงที่ตลอด
- 5.) เวลาที่ใช้ในการสกัด เวลาที่มีผลต่อการสกัดมาก แต่เนื่องจากแบบจำลองนี้สร้างที่สภาวะคงตัว จึงไม่สามารถใช้แบบจำลองเพื่อทดสอบผลของเวลาต่อการสกัดได้ การเพิ่มหรือลดเวลาคือการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารที่ป้อนเข้าเครื่องนั่นเอง ยกตัวอย่างเช่น อัตราการป้อนเมล็ดถั่วเหลือง 20 ตันต่อชั่วโมง เวลาการสกัด 1 ชั่วโมง ถ้าลดเวลาการสกัดเหลือ 30 นาที อัตราการป้อนจะเพิ่มเป็น 40 ตันต่อชั่วโมง และเนื่องจากมิได้ใส่ข้อ

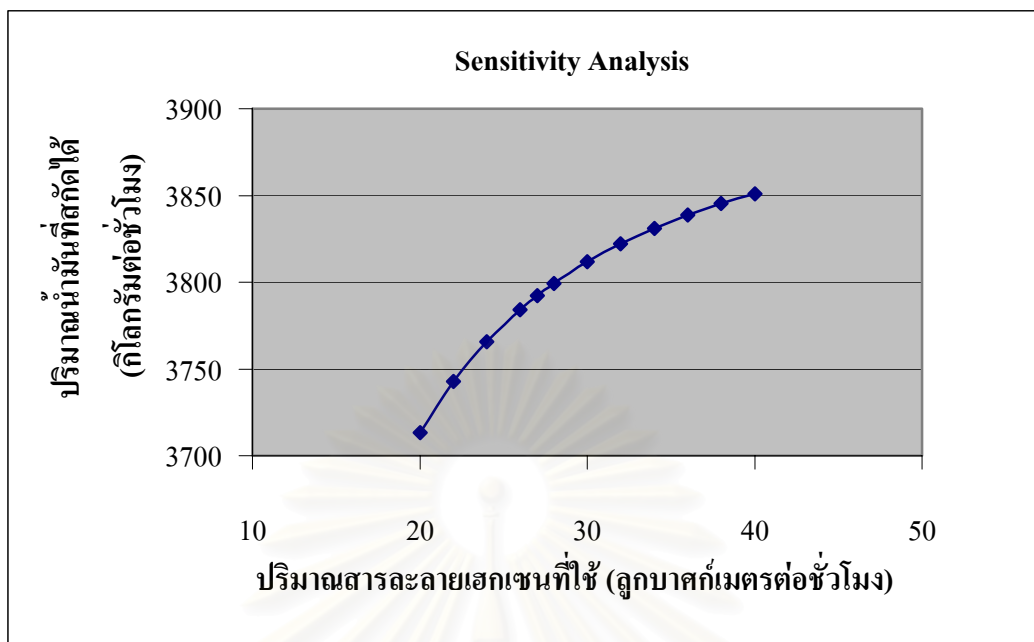
มูลขนาดของเครื่องสกัด การเปลี่ยนอัตราป้อนโดยสัดส่วนสารสกัดเท่าเดิม ผลการสกัดจะเท่าเดิมด้วย

ทดลองวิเคราะห์ความไวของประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองต่อปริมาณสารละลายที่ใช้ โดยปริมาณสารละลายเฮกเซนที่ใช้ปกติที่ 27 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทดลองเพิ่มและลดประมาณ 30 % อยู่ในช่วง 20-40 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และเพิ่มขึ้นครั้งละ 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ได้ผลดังนี้

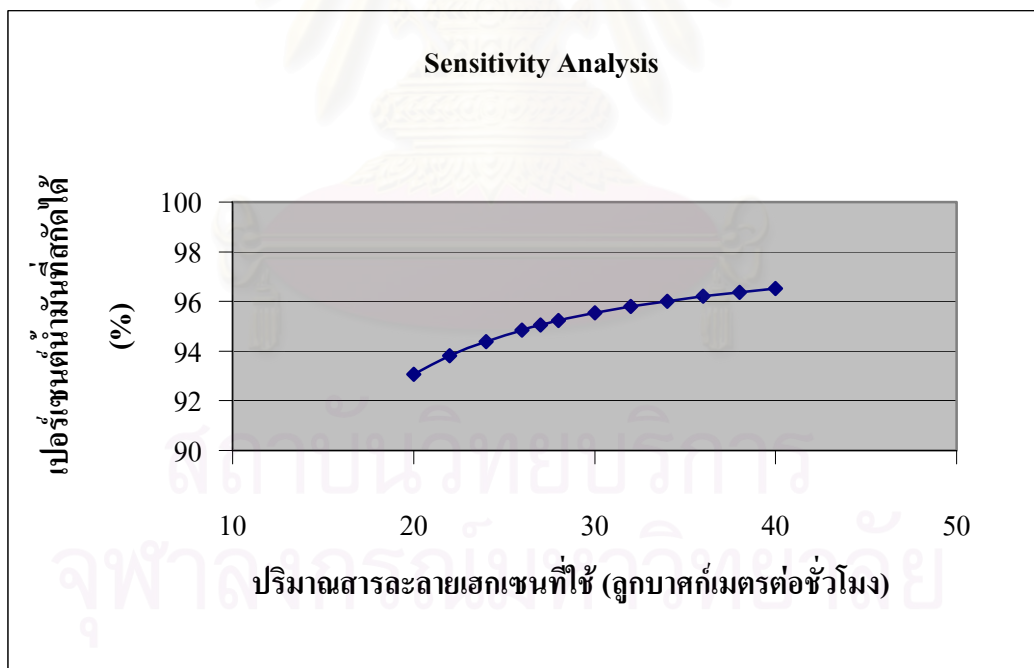
ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์ความไวของประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองต่อปริมาณสารละลายที่ใช้

ปริมาณเฮกเซนที่ใช้ (ลูกบาศก์เมตร ต่อชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมันที่ สกัดได้ (กิโลกรัม ต่อชั่วโมง)	ความสามารถใน การสกัด (%)
20	3713.328	93.07
22	3742.792	93.80
24	3765.849	94.38
26	3784.287	94.84
27	3792.165	95.04
28	3799.307	95.22
30	3811.739	95.53
32	3822.175	95.79
34	3831.041	96.02
36	3838.656	96.21
38	3845.257	96.37
40	3851.03	96.52

หมายเหตุ : ปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองในเมล็ดทั้งหมด 3990 กิโลกรัม



รูปที่ 5.1 ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ต่อปริมาณสารละลายเฮกเซนที่ใช้



รูปที่ 5.2 ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้เป็นเปอร์เซ็นต์ต่อปริมาณสารละลายเฮกเซนที่ใช้

จากราฟการวิเคราะห์ความไวจะเห็นว่า ยิ่งเพิ่มปริมาณเฮกเซนที่ใช้สกัดมากขึ้น ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ก็จะมากขึ้นด้วย แต่ปริมาณน้ำมันที่มากขึ้นจะมีสัดส่วนน้อยกว่าปริมาณเฮกเซนที่ใช้สกัด เมื่อพิจารณากราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่สกัดได้กับปริมาณเฮกเซนก็จะสังเกตได้อย่างชัดเจนว่า ปริมาณเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่สกัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นช้าลงเมื่อเทียบกับปริมาณเฮกเซนที่เพิ่มขึ้น จุดออปติไมซ์ควรจะอยู่จุดใดจุดหนึ่งบนเส้นกราฟเหล่านี้

5.2 ปัญหาการออปติไมซ์กระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง

โปรแกรมแอสเพนพลัส มีรายการความสามารถในการทำออปติไมซ์ ซึ่งเป็นการออปติไมซ์กระบวนการด้วยซิมูเลเตอร์ โดยเป็นซิมูเลเตอร์แบบซีแควนเชียลมอดูลาร์ (Sequential Modular Simulator) องค์ประกอบของการออปติไมซ์นั้นมี 4 อย่างคือ แบบจำลองกระบวนการ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ข้อจำกัด และตัวแปรตัดสินใจ

5.2.1 แบบจำลองของกระบวนการ (Process Model)

แบบจำลองของกระบวนการสร้างขึ้นโดยการวางผังการผลิตเลียนแบบกระบวนการผลิตจริง โดยการวางผังการผลิตบนโปรแกรมแอสเพนพลัส และนำข้อมูลการผลิตต่างๆเช่น อุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหล มาใส่ในกระแสการผลิตและนำข้อมูลอุปกรณ์ในการผลิตต่างๆมาใส่ในแบบจำลองแบบจำลองการผลิตที่สร้างขึ้นนั้น แท้จริงคือสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างตัวแปรต่างๆและพารามิเตอร์ เพื่อใช้แทนกระบวนการจริง โดยสามารถปรับเปลี่ยนการผลิตและทำนายผล โดยใช้แบบจำลองแทนการปรับเปลี่ยนจากของจริง ความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลอง นอกจากขึ้นกับความรู้ความเข้าใจในการสร้างแบบจำลองแล้ว ความถูกต้องละเอียดเหมาะสมของโปรแกรมที่นำมาพัฒนาก็มีส่วนสำคัญหลังจากได้แบบจำลองกระบวนการและนำมาวิเคราะห์ความไวแล้ว จะนำแบบจำลองมาออปติไมซ์ และมีการปรับแบบจำลองเพื่อให้เหมาะกับการออปติไมซ์อีกทีหนึ่ง จึงจะสามารถให้ผลการออปติไมซ์ที่น่าเชื่อถือได้

5.2.2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ มีความสำคัญมากเท่ากับแบบจำลองเลยทีเดียว เนื่องจากการกำหนดวัตถุประสงค์มิได้หลายรูปแบบขึ้นกับวัตถุประสงค์ของงาน การกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ดีควร จะครอบคลุมตัวแปรต่างที่ใช้ได้ทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่นในการออปติไมซ์หอกลิ้นน้ำมันดิบ โดยมีผลิตภัณฑ์จากหอกลิ้นหลายอย่าง การกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ว่าต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีราคาแพง

เป็นปริมาณสูงสุดอาจทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีราคาเรื่อยๆลงมาน้อยและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีราคาถูกปริมาณมาก ซึ่งเมื่อคำนวณปริมาณและราคาผลิตภัณฑ์ทั้งหมด อาจจะมีราคาต่ำลงก็ได้ ดังนั้นฟังก์ชันวัตถุประสงค์จึงควรกำหนดว่า ต้องได้ปริมาณและราคาของผลิตภัณฑ์ทุกตัวจากหอกันสูงที่สุด มิใช่ผลิตภัณฑ์ใดผลิตภัณฑ์หนึ่งหรือผลิตภัณฑ์ที่มีราคาแพงสูงสุด อีกตัวอย่างหนึ่งคือระบบการขนส่งกระจายสินค้า โดยมีลูกค้าหลายรายและปริมาณสินค้าที่แตกต่างกัน ถ้ากำหนดให้ใช้เวลาในการกระจายสินค้าต่ำสุด อาจต้องเลือกใช้เส้นทางที่หลีกเลี่ยงการจราจร แต่จะทำให้ต้องวิ่งระยะทางไกลและใช้เชื้อเพลิงมากขึ้น ถ้ากำหนดให้ใช้ระยะเวลาในการกระจายสินค้าต่ำสุด อาจต้องเสียเวลามากขึ้น จึงต้องกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับเวลา ระยะทาง ปริมาณสินค้า และอื่นๆให้ครบถ้วนซึ่งอาจเป็นค่าใช้จ่ายรวม

โดยส่วนใหญ่แล้ว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ มักเกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายเนื่องจากทุกสิ่งเกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น ในที่นี้จะกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ ให้มีผลกำไรมากที่สุด

$$\text{Maximize กำไร} = \text{ราคาผลผลิต} - \text{ต้นทุนการผลิต}$$

ซึ่งราคาผลผลิตและต้นทุนการผลิตเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับในกระบวนการจึงนำมาเขียนสมการในฟอร์แทรนบล็อกซ์ดังนี้ (ใช้ตัวย่อภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่เพื่อให้ตรงกับโปรแกรม)

ราคาวัตถุดิบ (Cost of Feed)

$$\text{CFEED} = 10 \times (\text{FLAKES} + \text{FLAKEL}) \times 1000/967$$

ราคาวัตถุดิบ = ราคาเมล็ดถั่วเหลืองต่อกิโลกรัม คูณด้วย น้ำหนักเมล็ดถั่วเหลืองที่ใช้ทั้งหมดของแข็งและของเหลวเป็นกิโลกรัม คูณด้วย ค่าแก้ความชื้นจากการเตรียมเมล็ดถั่วเหลืองความชื้น 12 % เหลือ 9 %

ราคาผลิตภัณฑ์ (Cost of Product)

$$\text{CPROD} = 20 \times \text{OIL}$$

ราคาผลิตภัณฑ์ = ราคาน้ำมันถั่วเหลืองต่อกิโลกรัม คูณด้วย ปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้เป็นกิโลกรัม

ราคาผลิตภัณฑ์ร่วม (Cost of Byproduct)

$$\text{CBYPR} = 10 \times (\text{MEALS} + \text{MEALL})$$

ราคาผลิตภัณฑ์รวม = ราคากากถั่วเหลืองต่อกิโลกรัม คูณด้วย ปริมาณกากถั่วเหลืองที่สกัดได้เป็นกิโลกรัม(มีทั้งส่วนที่เป็นของแข็งและความชื้นเป็นส่วนของเหลวที่เหลืออยู่)

ราคาไอน้ำโดยตรง (Cost of Direct Stream)

$$CST = 0.4 \times (DST1 + DST2)$$

ราคาไอน้ำโดยตรง = ราคาไอน้ำ 400 บาทต่อตัน คูณด้วย ปริมาณไอน้ำโดยตรงที่ใช้เป็นกิโลกรัม

ราคาพลังงานที่ใช้ในการระเหย

$$CQ = 0.000683 \times (Q1 + Q2 + Q3 + Q4)$$

ราคาพลังงาน = ราคาพลังงานต่อวัตต์ คูณด้วย ปริมาณพลังงานที่ใช้

ราคาพลังงานหล่อเย็น ไอจากเครื่องระเหย

$$CWCOO = 0.00004 \times (QCON1 + QCON2 + QCON3)$$

ราคาพลังงานหล่อเย็น ไอจากเครื่องระเหย = ราคาพลังงานการหล่อเย็นด้วยน้ำ คูณด้วย ปริมาณพลังงานที่คำนวณได้

ราคาพลังงานหล่อเย็นกาก

$$CACOO = -0.0004 \times AIRCOO$$

ราคาพลังงานหล่อเย็นกาก = ราคาพลังงานการหล่อเย็นต่อวัตต์มีค่าเป็นลบเนื่องจากค่าการหล่อเย็นเป็นลบ คูณด้วย ปริมาณพลังงานที่ใช้

ราคาเฮกเซนที่สูญเสีย

$$CHEX = -8 \times (SOLVET - HEXR)$$

ราคาเฮกเซนที่ใช้ = ราคาเฮกเซนเป็นบาทต่อกิโลกรัม คูณด้วย ปริมาณเฮกเซนที่สูญเสีย

เพราะฉะนั้น กำไรรวม (Cost Function)

$$CFUNC = CRPOD + CBYPR - CFEED - CST - CQ - CWCOO - CACOO - CHEX$$

กำไร = ราคาของภัณฑ์ทั้งหมดลบด้วยค่าใช้จ่ายในการผลิต

ดังนั้นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการออปติไมซ์คือ Max (CFUNC) ก็คือการหาจุด
ดำเนินการในการที่ทำให้ค่ากำไร Cost Function (CFUNC) มีค่าสูงสุดนั่นเอง

5.2.3 ข้อจำกัด (Constraints)

กำหนดขอบเขตการออปติไมซ์ของตัวแปรตัดสินใจเท่ากับที่วิเคราะห์ความไวคือ เพิ่มขึ้นและ
ลดลงจากค่าปกติที่ใช้อยู่ 30 % เท่ากับขอบเขตอัตราการใช้ของเฮกเซนคือ 20-40 ลูกบาศก์เมตรต่อ
ชั่วโมง

5.2.4 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

ตัวแปรตัดสินใจหมายถึงตัวแปรที่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าแล้วมีผลทำให้ค่าของฟังก์ชัน
วัตถุประสงค์เปลี่ยนไป ในการทำออปติไมซ์จะเปลี่ยนค่าตัวแปรตัดสินใจเพื่อหาค่าสูงสุดหรือต่ำสุด
ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ จากที่อธิบายไปแล้วในการวิเคราะห์ความ ไว ในที่นี้คือปริมาณ
สารละลายเฮกเซนที่ใช้สกัด

5.3 ผลการออปติไมซ์

การออปติไมซ์เพื่อหาค่าอัตราการใช้ของสารสกัดเฮกเซน ที่ทำให้ได้กำไรสูงสุด(ราคา
ขาย - ต้นทุนการผลิต) พบว่า อัตราการใช้ของเฮกเซนที่ออปติไมซ์คือ 31.64 ลูกบาศก์เมตรต่อ
ชั่วโมงซึ่งมีกำไร 7220.91 บาททำให้กำไรเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับอัตราการใช้ที่ใช้อยู่ปัจจุบันที่ 27
ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงที่มีกำไร 7193.41 บาท โดยมีกำไรเพิ่มขึ้น 27.50 บาทต่อชั่วโมงหรือจะได้
กำไรเพิ่ม 660 บาทต่อวันหรือ 19800 บาทต่อเดือน กำไรที่เพิ่มขึ้นนี้มาจากปริมาณน้ำมันที่สกัดได้
ปัจจุบัน 3650.60 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และปริมาณน้ำมันที่สกัดได้กรณีออปติไมซ์ 3677.82 กิโลกรัม
ต่อชั่วโมง หรือสกัดน้ำมันได้เพิ่มขึ้น 27.22 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นเงิน 544.40 บาท ลบด้วย
ปริมาณผลิตภัณฑ์ร่วมที่ลดลง 33.11 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นเงิน 331.10 บาท ลบด้วยค่าพลังงาน
ที่ใช้ในการระเหยเพิ่มขึ้น 2.84×10^5 วัตต์ต่อชั่วโมง คิดเป็นเงิน 198.50 บาท บวกด้วยค่าพลังงาน
หล่อเย็นด้วยอากาศที่ใช้ลดลงคิดเป็นเงิน 0.1 บาท บวกด้วยค่าเฮกเซนที่สูญเสียน้อยลง 1.57
กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นเงิน 12.60 บาท เบ็ดเสร็จแล้วจะได้กำไรเพิ่มขึ้น 27.50 บาทดังที่กล่าว
มาแล้ว

ตารางที่ 5.2 แสดงผลเปรียบเทียบกำไรจากการผลิตก่อนและหลังการอัดไม้

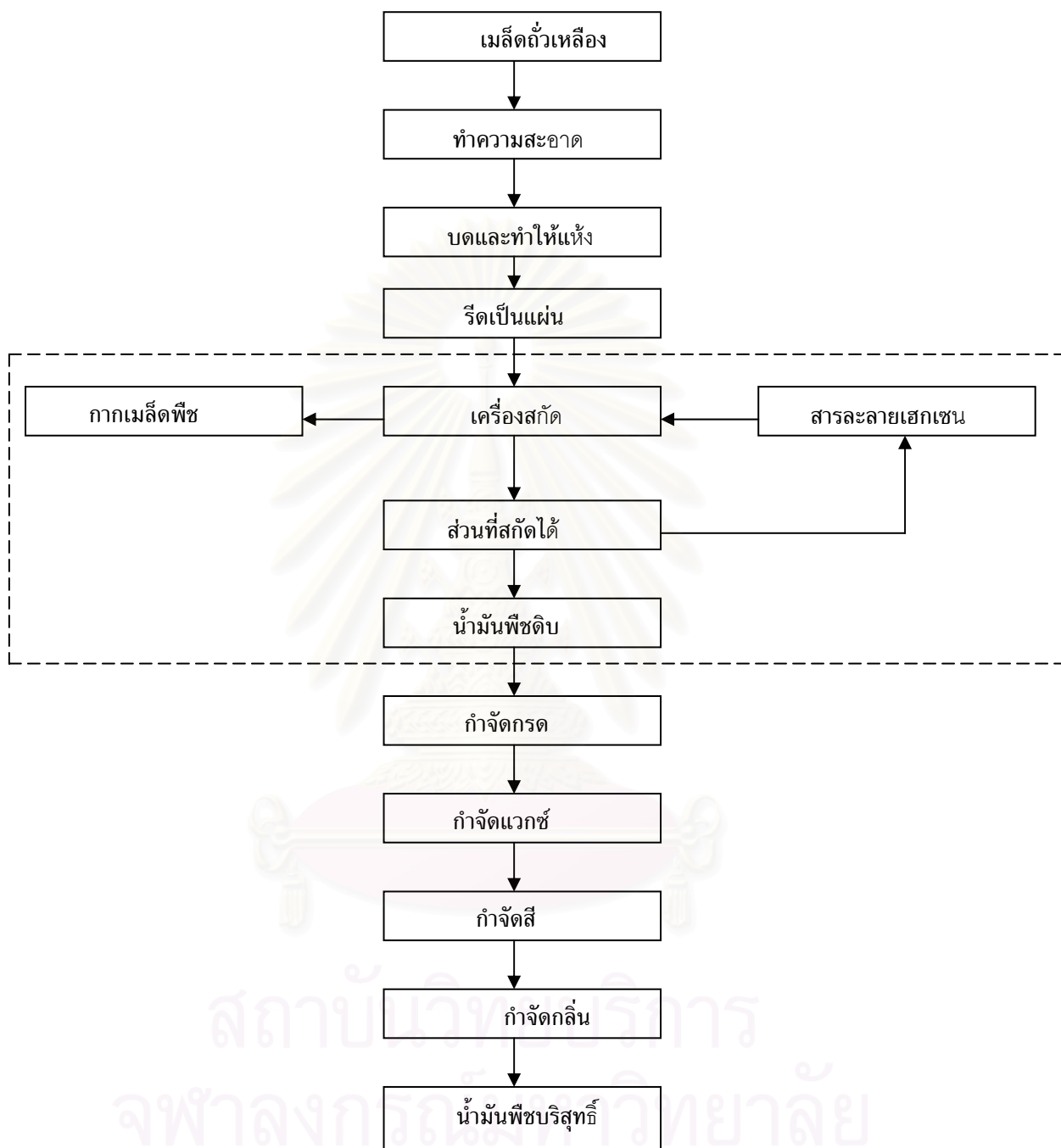
การคำนวณ	กรณีปัจจุบัน	กรณีอัดไม้	ค่าแตกต่าง
สารละลายเฮกเซนที่ใช้ (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)	27.00	31.64	4.64
ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	3650.60	3677.82	27.22
พลังงานที่ใช้ในการ ระเหย (วัตต์ต่อชั่วโมง)	3.80×10^5	6.64×10^5	2.84×10^5
กำไรจากการผลิต (บาทต่อชั่วโมง)	7193.41	7220.91	27.50

ตารางที่ 5.3 ผลการคำนวณสายกระบวนการต่างๆเปรียบเทียบกรณีปัจจุบันและกรณีอัดไม้
(หน่วยที่ใช้จะใช้ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่เพื่อให้ตรงกับในโปรแกรม)

สาย	กรณีปัจจุบัน			กรณีอัดไม้		
	อุณหภูมิ °C	ความดัน BAR	อัตราการไหล KG/HR	อุณหภูมิ °C	ความดัน BAR	อัตราการไหล KG/HR
C-MEAL	100	1.011	14720.97	100	1.011	14687.86
COND1	71.8	0.347	241.47	71.8	0.347	241.60
COND2	57.3	0.347	12606.07	58.1	0.547	15635.35
COND3	95.1	1.011	9111.64	95.1	1.011	9157.68
CW2	32.9	5.013	16767.69	32.9	5.013	16767.69
CW3	33.2	5.013	16767.69	33.2	5.013	16767.69
CWR	34.0	5.013	16767.69	34.0	5.013	16767.69
CWS	32.0	5.013	16767.69	32	5.013	16767.69
D-ST1	170.0	4.513	2100.00	170	4.513	2100.00
D-ST2	127.7	2.513	210.00	127.7	2.513	210.00
EX-MEAL	55.1	1.013	21732.61	55.1	1.013	21745.55
EX-WATER	50.0	1.013	1736.41	50.0	1.013	1749.35
EXTRAC	50.0	1.013	18190.15	50.0	1.013	21261.02

ตารางที่ 5.3 (ต่อ) ผลการคำนวณกระบวนการต่างๆเปรียบเทียบกรณีปัจจุบันและกรณีออปติไมซ์

สาย	กรณีปัจจุบัน			กรณีออปติไมซ์		
	อุณหภูมิ °C	ความดัน BAR	อัตราการไหล KG/HR	อุณหภูมิ °C	ความดัน BAR	อัตราการไหล KG/HR
FLAKE	60.0	1.013	20307.00	60	1.013	20307.00
HEXANE	56.0	1.013	17879.36	56	1.013	20950.22
HEXANE-R	61.2	1.013	17852.65	60.1	1.013	20925.08
LOST	70.0	0.547	165.59	70	0.547	166.82
MEAL	40.0	1.013	14720.97	40	1.013	14687.86
MISC1	50.0	1.013	16453.74	50	1.013	19511.68
MISC2	71.5	1.013	16453.74	70.3	1.013	19511.68
MISC3	53.9	0.547	6121.77	52.0	0.547	8791.80
MISC4	70.0	0.547	4139.69	70.0	0.547	4170.52
MISC5	70.0	0.547	3974.10	70.0	0.547	4003.70
MISC6	127.0	0.547	3682.08	127.0	0.547	3709.511
OIL	130.0	0.347	3650.60	130	0.347	3677.816
RAF	56.0	56.0	19996.20	56	1.013	19996.20
VAP-C1	130.0	130.0	241.47	130	0.347	241.70
VAP-C2	58.3	58.3	12606.07	58.9	0.547	15635.35
VAP-C21	53.9	53.9	10331.98	52.0	0.547	10719.88
VAP-C22	70.0	0.547	1982.075	70.0	0.547	4621.28
VAP-C23	127.0	0.547	292.02	127.0	0.547	294.19
VAPOR	100.0	1.011	9111.64	100	1.011	9157.68
VAPOR-C3	95.1	1.011	9111.64	95.1	1.011	9157.68
WATER	61.2	1.013	4106.53	60.1	1.013	4109.64



รูปที่ 5.3 เส้นประแสดงขอบเขตการออกปติไม่ซ์ของแผนภูมิกระบวนการสกัดน้ำมันถั่วเหลือง

5.4 กรณีศึกษา

ผลของออปติไมซ์ที่ได้จากการวิจัยนี้ มิใช่ได้ผลการออปติไมซ์ที่คงที่โดยตลอด ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับการออปติไมซ์นั้น เกี่ยวข้องกับราคาซึ่งมีความไม่แน่นอนเสมอ เช่น ราคาเมล็ดถั่วเหลืองเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ราคาจะเปลี่ยนแปลงไปตลอด จะขึ้นกับ ฤดูกาลผลิต ดินฟ้าอากาศ การตลาด ต่างประเทศและอื่นๆอีกมาก ราคาของน้ำมันถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองก็จะเช่นเดียวกัน รวมทั้งราคาเชื้อเพลิงที่นำมาผลิตไอน้ำก็มีการเปลี่ยนแปลงด้วย ในการทำออปติไมซ์ให้ได้ผลจริง อาจต้องออปติไมซ์แบบต่อเนื่อง (Online Optimization) หรือเรียกอีกอย่างว่า ออปติไมซ์แบบทันที (Real time Optimization) ในที่นี้จะลองศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงราคาต่างๆที่เป็นหลักๆในการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองคือ ราคาพลังงานในการระเหย ราคาเมล็ดถั่วเหลืองที่เป็นวัตถุดิบ ราคาของน้ำมันถั่วเหลืองที่เป็นผลิตภัณฑ์ ราคากากถั่วเหลืองที่เป็นผลผลิตร่วม โดยดูแนวโน้มจุดออปติไมซ์ที่เปลี่ยนไป

5.4.1 ราคาพลังงานในการระเหยเปลี่ยนแปลงไป

เนื่องจากการทำออปติไมซ์ได้เลือกหาค่าอัตราการไหลของสารที่ใช้ในการสกัดซึ่งก็คือเฮกเซนและสารสกัดสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้นั้น ดังนั้นค่าตัวแปรที่จะมีผลต่อจุดออปติไมซ์ที่สุดคือ ค่าพลังงานที่ใช้ในการระเหยนำเฮกเซนกลับมาใช้ใหม่ ดังนั้นจึงลองทำการเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานขึ้นลง 10 % เพื่อดูผลการออปติไมซ์

การทดลองการออปติไมซ์เมื่อราคาพลังงานเปลี่ยนแปลงไปโดยทดลองเพิ่มราคาพลังงานขึ้น 10 % พบว่า จุดออปติไมซ์ใหม่คือ ที่ปริมาณการไหลของเฮกเซนที่ 30.90 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ลดลงจากจุดออปติไมซ์เดิมที่ 31.64 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และกำไร 7036.60 บาท เทียบกับกำไรที่อัตราการไหลที่ใช้อยู่ที่ 27 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง 7022.74 บาท กำไรเพิ่มขึ้นเมื่อออปติไมซ์ 13.86 บาท แต่กำไรที่เพิ่มขึ้นนี้มีค่าลดลงจากเดิมในกรณีที่ราคาพลังงานไม่สูงขึ้น ในกรณีที่ราคาพลังงานลดลง 10 % พบว่า จุดออปติไมซ์ใหม่คือ ที่ปริมาณการไหลของเฮกเซนที่ 32.58 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เพิ่มขึ้นจากจุดออปติไมซ์เดิมที่ 31.64 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงและกำไร 7409.00 บาท เทียบกับกำไรที่อัตราการไหลที่ใช้อยู่ที่ 27 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง 7364.74 บาท กำไรเพิ่มขึ้นเมื่อออปติไมซ์ 44.93 บาท โดยกำไรที่เพิ่มขึ้นนี้มีค่ามากกว่าเดิมเมื่อเทียบกับในกรณีที่ราคาพลังงานไม่ลดต่ำลงจากผลการออปติไมซ์สรุปว่าเมื่อพลังงานมีราคาสูงขึ้นจะทำให้ค่าอัตราการ

ไหลของเฮกเซนที่ออปติไมซ์ต่ำลง และจะได้กำไรรวมลดลง แต่เมื่อค่าพลังงานมีราคาต่ำลง จะได้กำไรค่าอัตราการผลิตไหลของเฮกเซนที่ออปติไมซ์สูงขึ้น และจะได้กำไรรวมเพิ่มขึ้น

5.4.2 ราคาวัตถุดิบเปลี่ยนแปลงไป

ราคาวัตถุดิบก็มีผลต่อการออปติไมซ์ จากการทดลองการออปติไมซ์เมื่อราคาวัตถุดิบเปลี่ยนแปลงไปโดยทดลองเพิ่มราคาวัตถุดิบขึ้น 10 % พบว่า จุดออปติไมซ์ใหม่คือ ที่ปริมาณการผลิตไหลของเฮกเซนที่ 30.47 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ลดลงจากจุดออปติไมซ์เดิมที่ 31.64 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และขาดทุน 13775.53 บาท เทียบกับขาดทุนที่อัตราการผลิตที่ใช้อยู่ที่ 27 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง 13806.59 บาท ขาดทุนลดลง เมื่อออปติไมซ์ 31.06 บาทในกรณีที่ราคาวัตถุดิบลดลง 10 % พบว่า จุดออปติไมซ์ใหม่คือ ที่ปริมาณการผลิตไหลของเฮกเซนที่ 30.47 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ลดลงจากจุดออปติไมซ์เดิมที่ 31.64 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงและกำไร 28224.47 บาท เทียบกับกำไรที่อัตราการผลิตที่ใช้อยู่ที่ 27 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง 28193.41 บาท กำไรเพิ่มขึ้นเมื่อออปติไมซ์ 31.06 บาท จากผลการออปติไมซ์สรุปว่าเมื่อวัตถุดิบมีราคาสูงขึ้นจะทำให้กำไรค่าอัตราการผลิตไหลของเฮกเซนที่ออปติไมซ์ต่ำลง เพราะว่าวัตถุดิบราคาสูงขึ้นแต่ราคาผลิตภัณฑ์และราคาพลังงานคงเดิมจึงควรลดประสิทธิภาพการสกัดเพื่อลดการขาดทุน และเมื่อค่าวัตถุดิบมีราคาต่ำลง จะได้กำไรค่าอัตราการผลิตไหลของเฮกเซนที่ออปติไมซ์ต่ำลงเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เพราะปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ คือราคาผลิตภัณฑ์และราคาพลังงานคงเดิม

5.4.3 ราคาผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป

ราคาผลิตภัณฑ์ก็มีผลต่อการออปติไมซ์ จากการทดลองการออปติไมซ์เมื่อราคาผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปโดยทดลองเพิ่มราคาผลิตภัณฑ์ขึ้น 10 % พบว่า จุดออปติไมซ์ใหม่คือ ที่ปริมาณการผลิตไหลของเฮกเซนที่ 32.80 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เพิ่มขึ้นจากจุดออปติไมซ์เดิมที่ 31.64 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และกำไร 14578.46 บาท เทียบกับกำไรที่อัตราการผลิตที่ใช้อยู่ที่ 27 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง 14494.61 บาท กำไรเพิ่มขึ้น เมื่อออปติไมซ์ 83.85 บาทในกรณีที่ราคาผลิตภัณฑ์ลดลง 10 % พบว่า จุดออปติไมซ์ใหม่คือ ที่ปริมาณการผลิตไหลของเฮกเซนที่ 28.20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ลดลงจากจุดออปติไมซ์เดิมที่ 31.64 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงและขาดทุน 104.78 บาท เทียบกับขาดทุนที่อัตราการผลิตที่ใช้อยู่ที่ 27 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง 107.80 บาท ขาดทุนลดลงเมื่อออปติไมซ์ 3.02 บาท จากผลการออปติไมซ์สรุปว่าเมื่อผลิตภัณฑ์มีราคาสูงขึ้นจะทำให้กำไรค่าอัตราการผลิตไหลของเฮกเซนที่ออปติไมซ์สูงขึ้น เพราะว่าผลิตภัณฑ์ราคาสูงขึ้นจึงควรเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดเพื่อเพิ่ม

กำไร และเมื่อค่าผลิตภัณฑ์มีราคาต่ำลง จะได้กำไรสุทธิของเฮกเซนที่ออปติไมซ์ต่ำลง ทั้งนี้ เพราะผลิตภัณฑ์ราคาต่ำลงจึงควรลดประสิทธิภาพการสกัด

5.4.4 ราคาผลิตภัณฑ์ร่วมเปลี่ยนแปลงไป

ราคาผลิตภัณฑ์ร่วมซึ่งคือกากถั่วเหลืองจากการสกัดก็มีผลต่อการออปติไมซ์ จากการทดลองการออปติไมซ์เมื่อราคากากถั่วเหลืองเปลี่ยนแปลงไปโดยทดลองเพิ่มราคากากถั่วเหลืองขึ้น 10 % พบว่า จุดออปติไมซ์ใหม่คือ ที่ปริมาณการไหลของเฮกเซนที่ 29.05 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ลดลงจากจุดออปติไมซ์เดิมที่ 31.64 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และกำไร 21925.08 บาท เทียบกับ กำไรที่อัตราการไหลที่ใช้อยู่ที่ 27 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง 21914.38 บาท กำไรเพิ่มขึ้น เมื่อออปติไมซ์ 10.70 บาทในกรณีที่ราคากากถั่วเหลืองลดลง 10 % พบว่า จุดออปติไมซ์ใหม่คือ ที่ปริมาณการไหลของเฮกเซนที่ 32.85 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เพิ่มขึ้นจากจุดออปติไมซ์เดิมที่ 31.64 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงและขาดทุน 7469.39 บาท เทียบกับขาดทุนที่อัตราการไหลที่ใช้อยู่ที่ 27 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง 7527.56 บาท ขาดทุนลดลงเมื่อออปติไมซ์ 58.17 บาท จากผลการออปติไมซ์สรุปว่าเมื่อกากถั่วเหลืองมีราคาสูงขึ้นจะทำให้กำไรสุทธิของเฮกเซนที่ออปติไมซ์ต่ำลง เพราะว่ากากถั่วเหลืองราคาสูงขึ้นจึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดโดยสามารถเหลือให้น้ำมันติดอยู่ในกากได้มาก และเมื่อค่ากากถั่วเหลืองมีราคาต่ำลง จะได้กำไรสุทธิของสารละลายเฮกเซนที่ออปติไมซ์เพิ่ม ทั้งนี้เพราะกากถั่วเหลืองราคาต่ำลงจึงควรเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดให้เหลือน้ำมันในกากน้อยลง

บทที่ 6

สรุปผลงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลงานวิจัย ประกอบด้วย การสร้างแบบจำลองของกระบวนการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองและหน่วยนำสารมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง การวิเคราะห์ความไว การออปติไมซ์เพื่อหาปริมาณสารละลายเฮกเซนที่ใช้สกัดที่เหมาะสมที่สุด กรณีศึกษาการออปติไมซ์เมื่อราคาของสารที่เกี่ยวข้องในการผลิตหลักๆมีราคาเปลี่ยนแปลงไป และข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย

6.1 การสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองของกระบวนการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองและหน่วยนำสารมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง โดยแบบจำลองของกระบวนการสร้างขึ้นโดยการวางผังการผลิตเลียนแบบกระบวนการผลิตจริง โดยนำข้อมูลการผลิตต่างๆมาใส่ในกระแสการผลิตและตัวอุปกรณ์การผลิตต่างๆ มาสร้างแบบจำลองด้วยซอฟต์แวร์สำเร็จรูปแอสเพนพลัส หลังจากได้แบบจำลองแล้วก็นำมาทดสอบค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประมาณไปในแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลการผลิต ณ วันอื่นปรากฏว่า แบบจำลองให้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริง โดยมีค่าผิดพลาดสูงสุดที่ 2.33 % จึงนำแบบจำลองนี้มาทำการออปติไมซ์ต่อไป

6.2 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความไวนั้นทำกับหน่วยผลิตหลักของกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองที่ได้สร้างแบบจำลองมาแล้วคือหน่วยสกัดน้ำมันถั่วเหลือง ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัด(ความสามารถในการสกัดน้ำมันจากถั่วเหลือง) ที่ได้ศึกษาในที่นี้คือ ปริมาณตัวทำละลาย โดยทดลองวิเคราะห์ความไวของประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองต่อปริมาณสารละลายที่ใช้ ในช่วง 20-40 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และเพิ่มขึ้นครั้งละ 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเฮกเซนที่ใช้สกัดมากขึ้น ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ก็จะมากขึ้นด้วย แต่ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้มากขึ้นจะมีสัดส่วนน้อยกว่าปริมาณเฮกเซนที่ใช้สกัดเพิ่มขึ้น และปริมาณเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่สกัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นช้าลงเมื่อเทียบกับปริมาณเฮกเซนที่เพิ่มขึ้น

6.3 การออปติไมซ์

การออปติไมซ์เพื่อหาปริมาณสารละลายเฮกเซนที่ใช้สกัดที่เหมาะสมที่สุดจากแบบจำลอง พบว่าปริมาณสารละลายเฮกเซนที่ใช้จริงต่ำเกินไปคือใช้ที่ 27 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง โดยจะมีกำไรจากการผลิต 7193.40 บาท ถ้าปรับเพิ่มปริมาณสารละลายเฮกเซนมาที่ 31.64 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงก็จะเป็นจุดที่ออปติไมซ์ที่จะทำให้กำไรเพิ่มขึ้นได้ โดยจะมีกำไรจากการผลิต 7220.90 หรือกำไรเพิ่มขึ้น 27.50 บาท แต่ถ้าปรับปริมาณสารละลายเฮกเซนเกินค่าที่คำนวณได้นี้ ก็จะทำให้กำไรลดลงอีกเพราะว่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้เพิ่มไม่คุ้มกับค่าพลังงานที่ต้องใช้ในการระเหยแยกเฮกเซนออกมา

6.4 กรณีศึกษา

เนื่องจากองค์ประกอบของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับการออปติไมซ์นั้น เกี่ยวข้องกับราคา ซึ่งเปลี่ยนแปลงเสมอ ซึ่งก็จะทำให้จุดออปติไมซ์เปลี่ยนแปลงไปด้วย เนื่องจากการพัฒนาด้านคอมพิวเตอร์และโปรแกรมก้าวหน้าไปมาก ทำให้ใช้เวลาในการคำนวณต่ำลง ดังนั้นในการทำออปติไมซ์ให้ได้ผลจริง อาจต้องออปติไมซ์แบบต่อเนื่อง (Online Optimization) หรือ ออปติไมซ์แบบทันที (Real time Optimization) จากผลศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงราคาต่างๆที่เป็นหลักๆในการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองคือ ราคาพลังงานในการระเหย ราคาเมล็ดถั่วเหลืองที่เป็นวัตถุดิบ ราคาของน้ำมันถั่วเหลืองที่เป็นผลิตภัณฑ์ ราคาถั่วเหลืองที่เป็นผลผลิตร่วมโดยดูแนวโน้มจุดออปติไมซ์ที่เปลี่ยนไป

การทดลองการออปติไมซ์เมื่อราคาพลังงานเปลี่ยนแปลงไปโดยทดลองเพิ่มและลดราคาพลังงาน 10 % สรุปว่าเมื่อพลังงานมีราคาสูงขึ้นจะทำให้ค่าอัตรากำไรไหลของเฮกเซนที่ออปติไมซ์ต่ำลง และจะได้กำไรรวมลดลง แต่เมื่อค่าพลังงานมีราคาต่ำลง จะทำให้ค่าอัตรากำไรไหลของเฮกเซนที่ออปติไมซ์สูงขึ้น และจะได้กำไรรวมเพิ่มขึ้น

ราคาวัตถุดิบก็มีผลต่อการออปติไมซ์ จากการทดลองการออปติไมซ์เมื่อราคาวัตถุดิบเปลี่ยนแปลงไปโดยทดลองเพิ่มและลดราคาวัตถุดิบ 10 % จากผลการออปติไมซ์สรุปว่าเมื่อวัตถุดิบมีราคาสูงขึ้นจะทำให้ค่าอัตรากำไรไหลของเฮกเซนที่ออปติไมซ์ต่ำลง เพราะว่าวัตถุดิบราคาสูงขึ้นแต่ราคาผลิตภัณฑ์และราคาพลังงานคงเดิมจึงควรลดประสิทธิภาพการสกัดเพื่อลดการขาดทุน และเมื่อ

ค่าวัตถุดิบมีราคาต่ำลง จะได้ค่าอัตรากำไรไหลของเฮกเซนที่ออปติไมซ์ต่ำลงเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เพราะปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ คือราคาผลิตภัณฑ์และราคาพลังงานคงเดิม

จากการทดลองการออปติไมซ์เมื่อราคาผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปโดยทดลองเพิ่มและลดราคาผลิตภัณฑ์ 10 % จากผลการออปติไมซ์สรุปว่าเมื่อผลิตภัณฑ์มีราคาสูงขึ้นจะทำให้ค่าอัตรากำไรไหลของเฮกเซนที่ออปติไมซ์สูงขึ้น เพราะว่าผลิตภัณฑ์ราคาสูงขึ้นจึงควรเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดเพื่อเพิ่มกำไร และเมื่อค่าผลิตภัณฑ์มีราคาต่ำลง จะได้ค่าอัตรากำไรไหลของเฮกเซนที่ออปติไมซ์ต่ำลง ทั้งนี้เพราะผลิตภัณฑ์ราคาต่ำลงจึงควรลดประสิทธิภาพการสกัด

ราคาผลิตภัณฑ์ร่วมซึ่งคือกากถั่วเหลืองจากการสกัดก็มีผลต่อการออปติไมซ์ จากการทดลองการออปติไมซ์เมื่อราคากากถั่วเหลืองเปลี่ยนแปลงไปโดยทดลองเพิ่มและลดราคากากถั่วเหลือง 10 % จากผลการออปติไมซ์สรุปว่าเมื่อกากถั่วเหลืองมีราคาสูงขึ้นจะทำให้ค่าอัตรากำไรไหลของเฮกเซนที่ออปติไมซ์ต่ำลง เพราะว่ากากถั่วเหลืองราคาสูงขึ้นจึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดโดยสามารถเหลือให้น้ำมันติดอยู่ในกากได้มาก และเมื่อราคากากถั่วเหลืองมีราคาต่ำลง จะได้ค่าอัตรากำไรไหลของเฮกเซนที่ออปติไมซ์เพิ่ม ทั้งนี้เพราะกากถั่วเหลืองราคาต่ำลงจึงควรเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดให้เหลือน้ำมันในกากน้อยลง

6.5 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย

1. การออปติไมซ์กระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองนั้น หน่วยผลิตที่สำคัญที่สุดคือหน่วยสกัด น้ำมันถั่วเหลืองนั่นเอง ตัวแปรที่มีผลต่อการสกัดมี 5 อย่างคือ ปริมาณสารละลายที่ใช้สกัด ชนิดของสารละลาย ลักษณะถั่วเหลืองที่เตรียมเข้าเครื่องสกัด อุณหภูมิของการสกัด เวลาที่ใช้ในการสกัด แต่เนื่องจากข้อจำกัดของแบบจำลอง ทำให้การวิจัยนี้ใช้ตัวแปรในการหาจุดออปติไมซ์คือ ปริมาณสารละลายที่ใช้สกัดเพียงอย่างเดียว
2. เนื่องจากแรงจูงใจในการออปติไมซ์เป็นแรงจูงใจด้านเศรษฐศาสตร์ ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการออปติไมซ์เกี่ยวข้องกับราคา ซึ่งวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องต่างๆมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นการประยุกต์การออปติไมซ์ควรเป็นแบบออปติไมซ์แบบต่อเนื่อง

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จันทร์ธิดา ปิยสุนทรวงษ์ ข้าวเสริมธุรกิจการเกษตร .รายงานภาวะเสริมธุรกิจการเกษตร. ปีที่ 47, ฉบับที่ 533 (เมษายน, 2544).

ดวงแข วิเศษพจนกิจ .การสกัดน้ำมันจากข้าวโพดที่ปลูกในประเทศ. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.

เนื่อทอง วนานุวัธ .วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2539.

มนตรี วงศ์ศรี,ไพศาล กิตติศุภกร, ปรีศยา นามเมือง. ออปติไมเซชันกระบวนการเคมี เพื่อปรับปรุง คุณภาพการผลิต. วิศวกรเคมี ปีที่ 6 เล่มที่ 1-2-3 (เมษายน-ธันวาคม) : 6-18.

มณีรัตน์ กาวาฮารา .การสร้างแบบจำลองและการออปติไมซ์ของระบบทำความเย็นด้วยโพรพิลีน. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2543.

ลินนา ทองยงค์ .การใช้น้ำมันถั่วเหลืองหมักในสารต้านออกซิเดชันสำหรับน้ำมันถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต ภาควิชาอาหารเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2502.

วิไล คุณูปการ .การสกัดเมล็ดขางพาราโดยใช้ตัวทำละลายในถังกวน. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.

วันชัย สมจิต .ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์ อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2527.

สายรัก ไชยลังกา ข้าวเสริมธุรกิจการเกษตร .รายงานภาวะเสริมธุรกิจการเกษตร. ปีที่ 48 ฉบับที่ 542 มกราคม, 2545.

ภาษาอังกฤษ

Aspen Technology. Aspen Plus Users Manual. Massachusetts, USA: AspenTech Ltd. Cambridge, 1993.

Edgar T.F. , Himmelblau D.M..Optimization of Chemical Process. , New York: McGraw-Hill, 1989.

Factora F.C, Gochenour G.B. and Kelly D.N. Modeling Ethylene Plant for Real-Time Optimization Applications. : Lyondell Petrochemical Company, 557-569.

George T. Austin. Shreve's Chemical Process Industries. 5nd.ed. New York: McGraw-Hill, 1984.

Matthew R. Naysmith. Real Time Optimization of Chemical Process – A Comparison of Closed Versus Open Form Equations Using Commercial Simulation Packages. Doctor's Thesis, University of Waterloo, Ontario, 1997.

Naysmith M.R. and Douglas P. L. .Review of Real Time Optimization in the Chemical Process Industries. Canada: 1995.

Peter J.Wan, Phillip J. Wakelyn Technology and Solvents for Extracting Oilseeds and Nonpetroleum Oils. Campaign, Illinois, 1997.

Piccolo M., Douglas P.L. and Lee P.L.. Data Reconciliation Using Aspen Plus. Australia: 1996.

Shreve R. Norris , Joseph A. Brink,JR. Chemical Process Industries.4nd.ed. New York: McGraw-Hill, 1975.

Stuart J. Baum, Introduction to Organic & Biological Chemistry. 3rd.ed, New York: Macmillan Publishing, 1982.

Supachat Sukwaromana. Soybean and peanut production and the vegetable oil industry in Thailand: a domestic resource cost study. Master's Thesis, Faculty of Economics, Thammasat University Bangkok, 1979.

Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriott. Unit Operation of Chemical Engineering. 5nd.ed., New York: McGraw-Hill, 1993.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

โปรแกรมแอสเพนพลัส

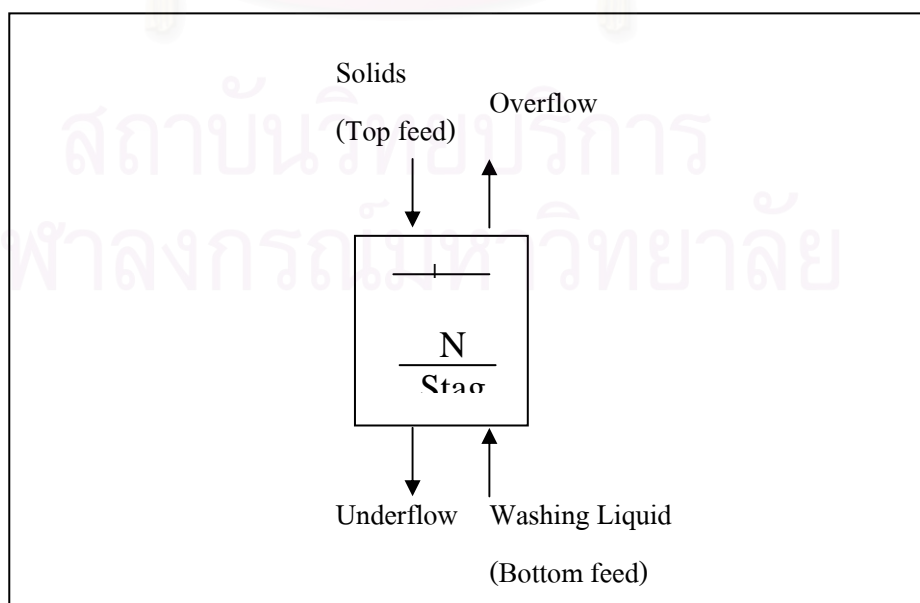
โปรแกรมแอสเพนพลัสเป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาโดยสถาบัน M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology) เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองกระบวนการและออปติไมซ์ ซอฟต์แวร์นี้ถูกออกแบบให้ผู้ชำนาญ (Expert) เกี่ยวกับระบบที่ไม่จำเป็นจะต้องรู้การเขียนโปรแกรมใช้

แอสเพนพลัสเป็นซีโมดูลาร์แบบมอดูลาร์ (Sequential Modular, S.M.) ซึ่งการคำนวณของซีโมดูลาร์แบบนี้ จะมีการแก้ปัญหของแบบจำลองในระบบปฏิบัติการหน่วยทีละหน่วยตามลำดับ หรือเรียกอีกอย่างว่า ตัวเขียนแบบกระบวนการรูปแบบปิด (closed form) และถ้ากระบวนการมีสายรีไซเคิล (Recycle) การหาคำตอบจะมีการทำซ้ำ (Iterative) และใช้เทคนิควิธีการลู่เข้าหาคำตอบ (Convergence) ยกตัวอย่างเช่นวิธี Wegstein's Method เพื่อปรับให้เป็นไปตามดุลมวล และพลังงาน นอกจากนี้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้วิธีอื่นๆ อีกที่มีอยู่ในโปรแกรมแอสเพนพลัสได้แก่ Complex , Direct, Secant, Broyden และ Newton Method

ก.1 แบบจำลองหน่วยกระบวนการที่ใช้ในงานวิจัย

ก.1.1 แบบจำลองของ CCD (Multistage Washer or Counter Current Decanter)

หน่วยสกัดของแข็งแบบไหลสวนทางหลายชั้น

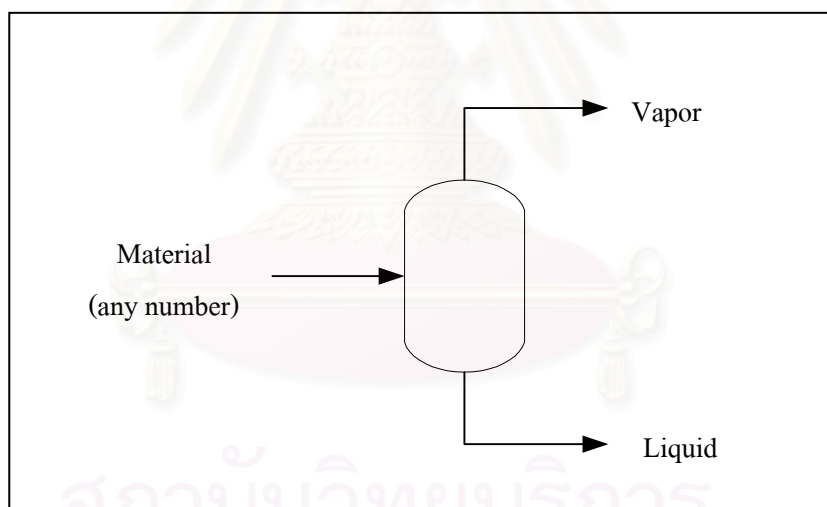


รูปที่ ก.1 แบบจำลอง CCD หน่วยสกัดของแข็งแบบไหลสวนทางหลายชั้น

ทางเข้า	สายของแข็ง 1 สาย (ด้านบน) สายของเหลว 1 สาย (ด้านล่าง)
ทางออก	สายผลิตภัณฑ์ด้านบน 1 สาย สายผลิตภัณฑ์ด้านล่าง 1 สาย

การคำนวณหน่วยสกัดของโปรแกรม ให้ผู้ใช้ระบุพารามิเตอร์ดังนี้คือ จำนวนชั้นการสกัด (Nstage) ความดัน อุณหภูมิบรรยากาศ Mix-Eff และ L-s Ratio
 Mix-Eff เป็นการระบุค่าประสิทธิภาพการสกัด มีค่าตั้งแต่ 0-1.00
 L-s Ratio เป็นการระบุค่าสัดส่วนของเหลวที่ติดไปกับของแข็งที่ออกจากหน่วยสกัด มีค่าตั้งแต่ 0-1.00 เช่นกัน

ก.1.2 แบบจำลองถึง FLASH2 (2 Outlet Flash) หน่วยระเหยแยกไอกับของเหลว

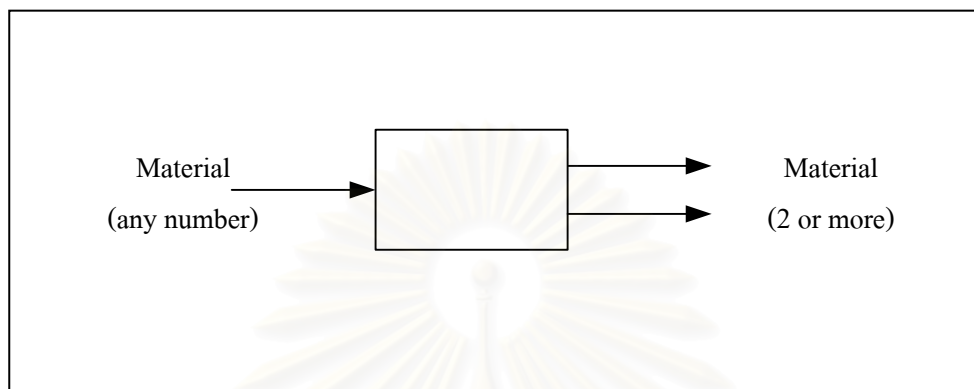


รูปที่ ก.2 แบบจำลองถึง FLASH2 หน่วยระเหยแยกไอกับของเหลว

ทางเข้า	สายกระบวนการมีได้มากกว่า 1 สาย
ทางออก	1 สายกระบวนการของไอ สำหรับทางออกด้านบนและ 1 สายกระบวนการของของเหลว สำหรับออกกันถึง นอกจากนี้อาจมีสายปล่อยน้ำ 1 สาย

ผู้ใช้สามารถเลือกกำหนดพารามิเตอร์ 2 ตัวได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน สัดส่วนการเกิดไอ และภาระ (Duty) ของถังแฟลช

ก.1.3 แบบจำลอง FSPLIT (Flow Splitter) หน่วยแยกสัดส่วนกระแส



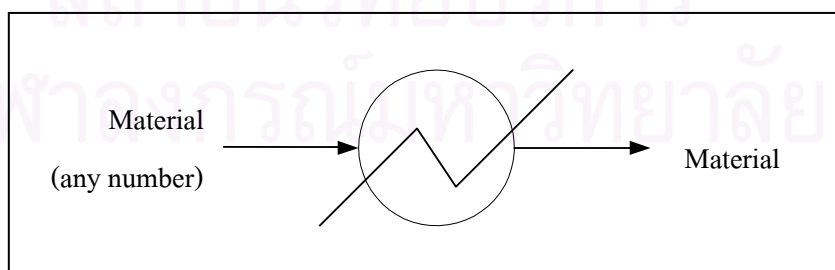
รูปที่ ก.3 แบบจำลอง FSPLIT (Flow Splitter) หน่วยแยกสัดส่วนกระแส

ทางเข้า สายของกระบวนการอาจมีได้มากกว่า 1 สายขึ้นไป

ทางออก สายของกระบวนการมีได้ไม่ต่ำกว่า 2 สาย

ประโยชน์ของแบบจำลองนี้คือ สามารถแบ่งการไหลออกเป็น 2 สายหรือมากกว่านั้น โดยเลือกกำหนดพารามิเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งได้แก่ สัดส่วนของการแยก อัตราการไหลโดยมวล อัตราการไหลโดยโมล และอัตราการไหลเชิงปริมาตร

ก.1.4 แบบจำลอง HEATER หน่วยให้ความร้อน



รูปที่ ก.4 แบบจำลอง HEATER หน่วยให้ความร้อน

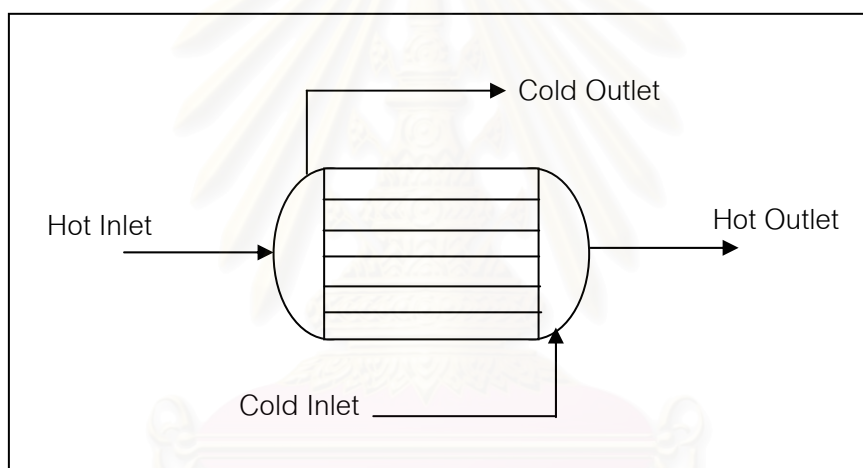
ทางเข้า สายกระบวนการมีได้มากกว่า 1 สาย นอกจากนี้อาจมีสายความร้อนอีกกี่สายก็ได้

ทางออก สายกระบวนกรมี 1 สายและ อาจมี 1 สายปล่อยน้ำ นอกจากนี้ถ้าสายเข้ามีสาย ความร้อน จะต้องมีสายความร้อนออกอีก 1 สาย

แบบจำลอง HEATER นี้เป็น ได้ทั้งเครื่องทำความร้อนและ เครื่องทำความเย็น สำหรับการ กำหนดพารามิเตอร์ผู้ใช้สามารถเลือกได้ 2 ตัว ได้แก่ ความดัน อุณหภูมิ สัดส่วนของการเกิดไอ การ เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ องศาของความร้อนยิ่งยวด องศาของความเย็นที่ลดลง และภาระ (Duty) ของ เครื่องทำความร้อน หรือเครื่องทำความเย็น นอกจากนี้อาจกำหนดผลของสถานะได้ด้วย

ก.1.5 แบบจำลอง HEATX (2 Stream Cocurrent or Countercurrent Heat Exchanger)

หน่วยแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ 2 ทาง



รูปที่ ก.5 แบบจำลอง HEATX หน่วยแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ 2 ทาง

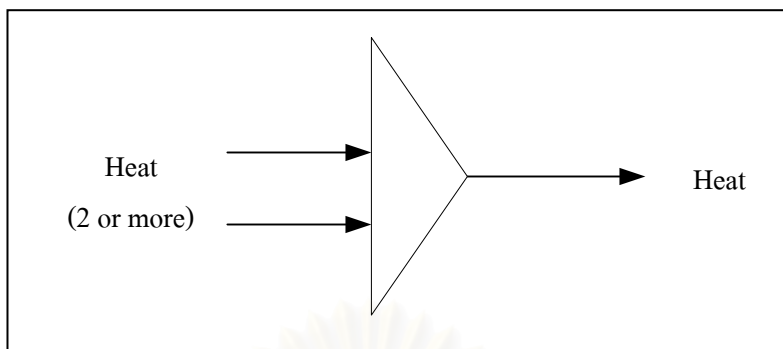
ทางเข้า สายกระแสร้อนเข้า 1 สาย

สายกระแสเย็นเข้า 1 สาย

ทางออก สายกระแสร้อนออก 1 สาย

สายกระแสเย็นออก 1 สาย

ก.1.6 แบบจำลอง MIXER (Stream Mixer) หน่วยรวมกระแส



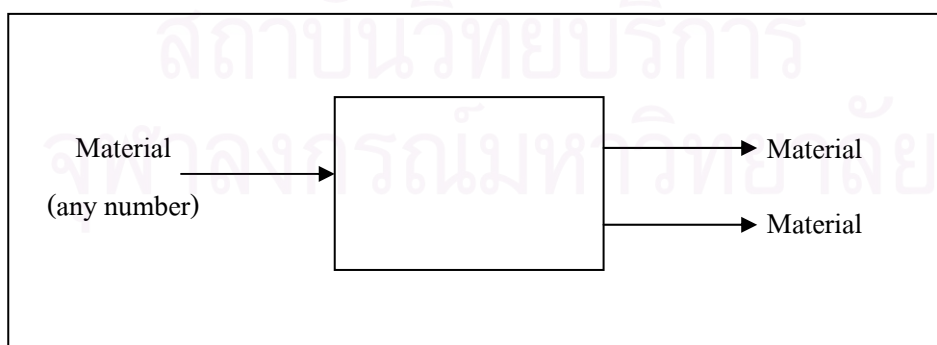
รูปที่ ก.6 แบบจำลอง MIXER หน่วยรวมกระแส

ทางเข้า สายของกระบวนการต้องไม่ต่ำกว่า 2 สาย

ทางออก สายของกระบวนการ 1 สาย

ประโยชน์ของแบบจำลอง MIXER คือเพื่อรวมสายกระบวนการเข้าที่มีตั้งแต่ 2 สายขึ้นไป ให้กลายเป็นสายออก 1 สาย นอกจากนี้จะใช้กับสายของสารแล้วยังใช้กับสายของความร้อน และสายของงานได้อีกด้วย แต่สายที่แตกต่างกันคนละชนิดนี้ไม่สามารถรวมกันเป็นสายเดียวกันได้ สำหรับแบบจำลองนี้ไม่จำเป็นต้องกำหนดพารามิเตอร์แก่แบบจำลอง แต่ถ้าผู้ใช้ต้องการกำหนดความดันสถานะ และอุณหภูมิการประมาณให้แก่แบบจำลองก็สามารถทำได้

ก.1.7 แบบจำลอง SEP 2 (2 Outlet component separator) หน่วยแยกองค์ประกอบของกระแส



รูปที่ ก.7 แบบจำลอง SEP 2 หน่วยแยกองค์ประกอบของกระแส

ทางเข้า สายของกระบวนการเข้าอย่างน้อย 1 สาย

ทางออก สายของกระบวนการออก 2 สาย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นาย วีระวัฒน์ แซ่จู่ เกิดเมื่อวันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2515 สำเร็จการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนเทพศิรินทร์ เมื่อปี พ.ศ. 2532 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เมื่อปี พ.ศ. 2536 ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมประมาณ 5 ปี ก่อนเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2541



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย