

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์ Pentium VI, Microsoft XP
2. โปรแกรมสำเร็จรูป ASPEN เวอร์ชัน 2004

วิธีการ

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการสกัด และโปรแกรมสำเร็จรูป ASPEN SIMULATION รวมทั้งตรวจสอบเอกสารเกี่ยวข้องกับการสกัดที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์
2. เริ่มเขียนแผนผังกระบวนการผลิตลงใน ASPEN PLUS ดังแสดงในข้างมุลต่อไป ที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเทศแคนาดา
3. ทำการสืบหาข้อมูลของโครงสร้างโมเลกุลขององค์ประกอบเมล็ดพืชที่เลือกใช้ และตัวทำละลาย (ChemExper Chemical Directory, 2005) จากนั้นเขียนลงใน ASPEN ESTIMATE
4. ทำการเชื่อมต่อข้อมูลกลับมาที่ ASPEN PLUS จากนั้นทำการดำเนินโปรแกรม
5. ศึกษาคุณสมบัติต่างๆ เพื่อหาค่าที่ทำให้ได้ประสิทธิภาพและผลได้ดีที่สุด
6. คำนวนหาผลทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้ ASPEN ICARUS ที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยเชื่อมข้อมูลจากผลการศึกษาคีที่สุดจากการดำเนินการเสร็จสิ้นแล้วจาก ASPEN PLUS
7. วิเคราะห์ผลที่ได้และสรุปเป็นข้อมูล

กระบวนการสกัด

1. กระบวนการเริ่มจากสาย CSO และสาย SOL เข้าสู่หอสกัดซึ่งมีชั้นการสกัด 6 ชั้น (Wan, 1997)
2. โดยให้ CSO เข้าที่ชั้นที่ 1 ซึ่งถือเป็นเฟสเบา และให้ SOL เข้าที่ชั้นที่ 6 หรือเฟสหนัก และมีการวนกลับเข้าของตัวทำละลายที่กลับมาใช้ใหม่ที่ชั้นที่ 5 จากนั้นเมื่อทำการสกัดแล้ว จะแยกออกมาเป็นของผสมระหว่างน้ำมันพืชซึ่งในที่นี้กำหนดเป็นไตรโอเลอินและตัวทำละลาย (SOL) หรือมิเซลล์
3. ในขณะที่สายออกอีกสายหนึ่งเป็นกากที่ไม่ต้องการ (RAF) ซึ่งส่วนมิเซลล์จะเข้าสู่หอแยกเพื่อให้ได้น้ำมันพืชที่บริสุทธิ์ (PC) หอสกัดจะกำหนดอุณหภูมิที่ 110 องศาเซลเซียส ความดัน 0.6 psi (สมหมาย, 2546) เพื่อไล่น้ำและสารละลายออก
4. จากนั้นตัวทำละลายที่แยกออกมาได้จะทำการปรับอุณหภูมิ และความดันเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ต่อไปโดยใช้ ฮีตเตอร์และปั๊มเป็นตัวปรับค่า
5. ตัวทำละลายที่ได้มา คือตัวทำละลายที่ผ่านการปรับสภาพแล้วจะเข้าสู่ถังพักก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อรักษาปริมาณการไหลเข้าของตัวทำละลายให้ได้อัตราส่วนเทียบกับเมล็ดน้ำมันพืชในอัตราเท่าเดิมตลอดกระบวนการผลิต
6. แต่ก่อนการนำมาใช้ใหม่นั้น จำเป็นต้องติดตั้งสปินเตอร์ (Splitter) เพื่อนำตัวทำละลายบางส่วนออก ทำเช่นนี้เนื่องจากปกติแล้วตัวทำละลายไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ และตัวโปรแกรมไม่สามารถประมวลผลได้หากมีการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งกำหนดให้ใช้อัตราส่วนกลับที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ของตัวทำละลายที่สามารถนำกลับมาใช้ทั้งหมด
7. จากนั้นใช้โปรแกรมทำการศึกษาผล เพื่อหาสภาวะที่ดีที่สุดเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันพืชมากที่สุด
8. กำหนดแผนผังอุปกรณ์ โดยแผนผังอุปกรณ์ในการสกัดแสดงในภาพที่ 16 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- CSO (crude sunflower oil) เป็นสายวัตถุดิบน้ำมันที่ยังไม่ผ่านการสกัด
- SOL (solvent) เป็นสายตัวทำละลายเพื่อสกัดน้ำมัน
- MIC เป็นของผสมระหว่างน้ำมันสกัดแล้วกับตัวทำละลาย
- PC (pure oil) เป็นน้ำมันบริสุทธิ์เพื่อใช้ผลิตไบโอดีเซลหรือเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ
- RAF (raffinate) เป็นกากจากการสกัดที่ไม่ต้องการ
- R1 ถึง R4 (R = recycle) เป็นสายกลับมาใช้ใหม่ของตัวทำละลายที่ยังเข้าสู่กระบวนการ

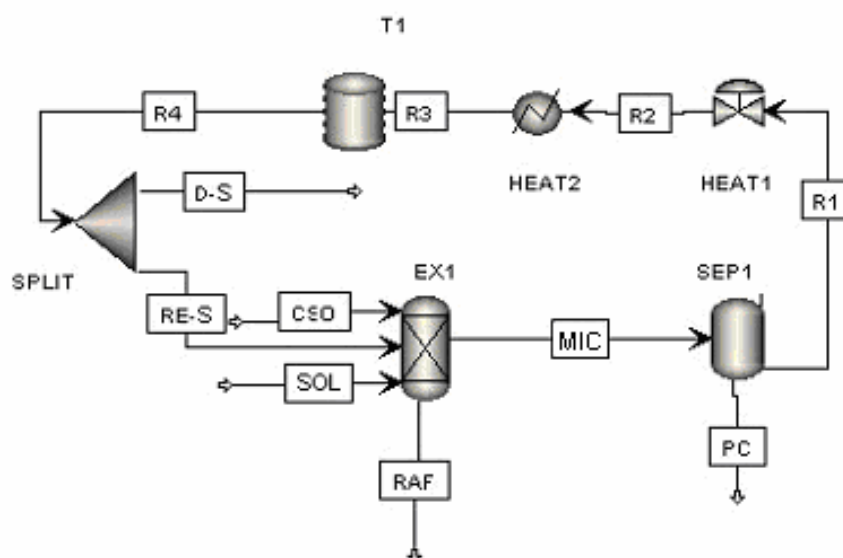
ปรับสภาพ

- RE-S (solvent recycled) เป็นตัวทำละลายที่นำมาใช้ใหม่
- D-S (dainty solvent) เป็นตัวทำละลายที่ทิ้ง
- EX1 (Extraction) เป็นหอสกัด
- SEP1 (Separator) ในที่นี้เลือกใช้ evaporator เป็นเครื่องแยกน้ำมันกับตัวทำละลาย
- HEAT1-2 (Heater) ใช้สำหรับปรับอุณหภูมิและความดันของตัวทำละลายก่อนนำ

กลับไปใช้ใหม่

- T1 (Tank) เป็นถังพักตัวทำละลายที่ผ่านการปรับสภาพ
- SPLIT (Splitter) เนื่องจากตัวทำละลายที่ผ่านการปรับสภาพจำไม่สามารถนำมาใช้ได้

หมดทำให้ต้องทิ้งออกไปบางส่วน โดยเลือกอัตราส่วนใช้ต่อทิ้งที่ 6 ต่อ 4



ภาพที่ 16 กระบวนการสกัดน้ำมันพืช

ข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่โปรแกรม ASPEN PLUS

1. ข้อมูลขององค์ประกอบหาจากข้อมูลโดยทั่วไปของน้ำมันพืชที่ใช้ โดยหาจากฐานข้อมูลเบื้องต้น (Databank) ซึ่งเป็นฐานข้อมูลของ ASPEN PLUS
2. เมล็ดน้ำมันที่ใช้ได้แก่เมล็ดน้ำมันทานตะวัน และเมล็ดน้ำมันสบู่ดำ องค์ประกอบที่ใช้ในโปรแกรม ASPEN ของเมล็ดทานตะวันคือไตรโอเลอินหรือตัวน้ำมันร้อยละ 57 โดยมวลและเป็นพวกเยื่อใย (Fiber) ในส่วนที่เหลือ ส่วนเมล็ดสบู่ดำประกอบด้วยไตรโอเลอินร้อยละ 46.34 โดยมวลส่วนที่เหลือเป็นพวกเยื่อใย โดยในที่นี้เลือกเป็นพวกน้ำตาลเดกโตรสซึ่งเป็นพวกเยื่อใย (fiber) จากนั้นนำไตรโอเลอินและเดกโตรสเข้า ASPEN ESTIMATE เพื่อคำนวณการเชื่อมต่อของโมเลกุลก่อนเข้าสู่ ASPEN PLUS ซึ่งสามารถหาข้อมูลได้จาก
3. ในส่วนนี้ต้องมีการเปลี่ยนมวลให้เป็นโมลก่อน เพราะ ASPEN ต้องการโมลในการป้อน คำนวณจำนวนโมลของไตรโอเลอินและเดกโตรสคือ 0.077 และ 0.115 โมลต่อชั่วโมงสำหรับเมล็ดทานตะวัน 0.059 และ 0.094 โมลต่อชั่วโมงสำหรับเมล็ดสบู่ดำ
4. ตัวทำละลายที่ใช้ในโปรแกรม ASPEN ได้แก่ เฮกเซน เอทานอล และเมทานอล โดยกำหนดอัตราป้อนเข้าเป็นอัตราส่วน โมลเทียบอัตราป้อนเข้าของเมล็ดน้ำมันพืชโดยเป็นอัตราส่วนในรูปเลขจำนวนเต็ม ข้อมูลของตัวทำละลายทุกตัวต้องนำป้อนเข้า ASPEN ESTIMATE เพื่อคำนวณการเชื่อมต่อโมเลกุลก่อนนำป้อนเข้า ASPEN PLUS เพื่อให้โปรแกรมสามารถคำนวณผลสุดท้ายได้
5. กำหนดคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamic) สำหรับการผลิตซึ่งเป็นข้อมูลป้อนเข้า เนื่องจากกระบวนการเป็นรูปแบบสองระบบ (Binary System) และเป็นการสกัดซึ่งไม่เกิดปฏิกิริยาขึ้น ทำให้เลือกคุณสมบัติประเภท UNIQUUE ซึ่งเหมาะกับการแยกสารซึ่งไม่เกิดปฏิกิริยา และไม่เป็นสารในอุดมคติ (Kyle, 1999)
6. วาดแผนผังการสกัดลงในแผนผังกระบวนการผลิตจากนั้นป้อนค่าแต่ละค่าลงในสายเข้าเริ่มต้นและป้อนข้อมูลของเครื่องมือเช่นอุณหภูมิ ความดันที่ใช้ รวมถึงข้อมูลเบื้องต้นอื่นๆ จากนั้นเพื่อทดสอบว่าโปรแกรมสามารถดำเนินการได้เมื่อใช้องค์ประกอบข้างต้นให้ใช้ ASPEN PROPERTIES เพื่อคำนวณว่าองค์ประกอบที่ใช้สามารถดำเนินการได้จริง

7. เริ่มต้นขบวนการ โดยกำหนดไม่ให้มีสายของตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ เพื่อที่สามารถทำการสกัดได้ จากนั้นจึงทำการเปลี่ยนแปลงเพิ่มสายการนำกลับมาใช้ใหม่เข้ามาเพื่อเป็นแผนผังการผลิตที่สมบูรณ์

8. ตัวแปรที่ทำการศึกษาได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในหอสกัด ความดันที่ใช้ในหอสกัด อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมัน และอัตราการป้อนเข้าเริ่มต้น ซึ่งจะศึกษาในส่วนของหอสกัดหรือ EX1 โดยค่าที่ตัวแปรที่ศึกษาแสดงในตารางที่ 9

9. นอกจากนี้ในส่วนของการศึกษาปริมาณที่ป้อนเข้าของสารตั้งต้น ทำโดยเพิ่มปริมาณโมลโดยรวมของสาย CSO เป็นเท่าตัว เพื่อดูแนวโน้มหากมีการเพิ่มปริมาณขาเข้าของสารตั้งต้นหรือเมล็ดพืช

10. จากนั้นป้อนค่าต่างๆ ลงในแผนผัง

ตารางที่ 9 ค่าตัวแปรที่ทำการศึกษา

ค่าตัวแปรที่ศึกษา	สภาวะที่				
	1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	50	60	70	80	90
ความดัน (เมกกะปาสการ)	5	10	14.5	20	25
อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืช	1 : 1	2 : 1	3 : 1	4 : 1	5 : 1

การประเมินผลใน ASPEN ICARUS

ASPEN ICARUS เป็นโปรแกรมเพื่อใช้คำนวณค่าต่างๆ ทางเศรษฐศาสตร์ ข้อมูลส่งมาจาก ASPEN PLUS ที่ประมวลผลแล้ว โดยต้องมีการป้อนค่าคุณสมบัติที่จำเป็น ลงใน ASPEN PLUS ก่อน ค่าที่ป้อนลงในช่องคุณสมบัติของ ASPEN PLUS แสดงในตารางที่ 10 เพื่อเป็นการกำหนดหน่วยที่นำมาใช้โปรแกรมต่อไป

ตารางที่ 10 คุณสมบัติที่ใช้ใน ASPEN ICARUS

Properties	Phase		
	-	Vapor	Total
MASSVFRA	✓		
MASSSFRA	✓		
MASSFLMX	✓	✓	
MASSFLOW	✓		
VOLFLMX	✓		
TEMP	✓		
PRES	✓		
CPMX		✓	✓
MWMX	✓	✓	
KMX		✓	
MUMX		✓	

ขั้นตอนต่อไปเมื่อส่งข้อมูลที่ดำเนินการเสร็จแล้วจาก ASPEN PLUS และกำหนดคุณสมบัติต่างๆ เรียบร้อยแล้ว ต้องทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้จาก ASPEN PLUS มายัง ASPEN ICARUS โดยการ mapping และเลือกชนิดของอุปกรณ์ที่ได้เชื่อมมาให้เป็นชนิดต่างๆ ตามที่ต้องการ โดยใน ASPEN ICARUS จะมีราคาของอุปกรณ์กำหนดไว้ให้ในแต่ละชนิดที่ได้ทำการเลือกแล้ว แสดงข้อมูลดังในตารางที่ 11

สำหรับเครื่องระเหยใน APEN ICARUS มีให้เลือกหลายชนิด ในที่นี้ที่เลือกใช้เครื่องระเหยประเภท Long tube vertical evaporator เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาถูกที่สุด และชนิดของเครื่องระเหยภายในโปรแกรมการคำนวณด้านเศรษฐศาสตร์ไม่ส่งต่อประสิทธิภาพและค่าผลได้จากการะบวนการสกัด

ตารางที่ 11 ชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้

ชนิดของอุปกรณ์	ประเภทย่อยที่เลือกใช้ใน ASPEN ICARUS	ราคา (USD)
หอสกัด (EX1)	Tray tower (single diameter)	14,500
เครื่องระเหย (SEP1)	Long tube vertical evaporator	22,100
เครื่องให้ความร้อน (HEAT1, HEAT2)	FLOAT HEAD	
ถังเก็บตัวทำละลาย (T1)	Vertical tank storage	14,400
เครื่องแยกสาร (SPLIT1)	Agitated tank-enclosed	11,300

เมื่อทำการเลือกอุปกรณ์ที่เลือกใช้แล้ว จากนั้นให้ทำกำหนดข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น โดยในส่วนนี้จะแบ่งออกเป็นสองหัวข้อในการป้อนข้อมูล ส่วนแรกจะเป็นการกำหนดที่ตั้งโครงการว่าทำที่ใด กำหนดวันที่เริ่มดำเนินการ กำหนดให้เริ่มทำโรงงานในปี 2548 ในเดือนมกราคมและทำที่ทวีปเอเชีย

จากนั้นในส่วนที่สองจะเป็นส่วนที่สำคัญในการคำนวณ การประเมินผลของโปรแกรมแบ่งออกเป็นสี่หัวข้อย่อย โดยหัวข้อแรกจะเป็นการกำหนดภาษี ระยะเวลาในการทำงาน รวมถึงดูผลระยะยาวการศึกษากำหนดให้เลือกอยู่ 20 ปีสำหรับการทำโรงงานสกัดน้ำมันพืช เวลาที่ทำงานตลอดทั้งปีจะเป็น 48 สัปดาห์ ทำงานเป็นระบบต่อเนื่องหรือทำงานตลอด 24 ชั่วโมง ค่าภาษีคิดเป็นอัตรา 25 เปอร์เซ็นต์ ค่าอัตราเงินทุนหมุนเวียนกลับเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ ค่าเสื่อมสภาพคิดในอัตรา 20 เปอร์เซ็นต์ และตั้งดอกเบี้ย (Interest rate) ที่ 15 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 12

ต่อมาต้องมีการคิดอัตราค่าจ้างของแรงงาน โปรแกรมไม่สามารถคำนวณในรูปของเงินสกุลบาทได้ จึงต้องมีการคำนวณคิดอยู่ในรูปของเงินสกุลดอลลาร์สหรัฐ คำนวณออกมาแล้ว คิดอัตราค่าจ้างแรงงานเท่ากับ 0.8 ดอลลาร์สหรัฐต่อคนต่อชั่วโมง และค่าจ้างหัวหน้าเท่ากับ 2 ดอลลาร์ต่อคนต่อชั่วโมง คิดค่าไฟฟ้าตามค่าสาธารณูปโภคในประเทศไทยเท่ากับ 0.0345 ดอลลาร์ต่อ 1 หน่วย ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 12 ข้อมูลป้อนเข้าเมื่อเริ่มดำเนินการ

ประเภทค่าใช้จ่าย	หน่วย	ค่าที่กำหนด
ระยะเวลาที่คิด		ปี
จำนวนสัปดาห์การทำงาน	สัปดาห์ต่อปี	48
อัตราภาษี	เปอร์เซ็นต์ต่อปี	25
อัตราเงินทุนหมุนเวียน	เปอร์เซ็นต์ต่อปี	15
ค่าเสื่อมสภาพ	เปอร์เซ็นต์ต่อปี	20
ระยะเวลาทำงานของโรงงาน	ปี	20
อัตราการขยายตัว	เปอร์เซ็นต์ต่อปี	10
ระบบการทำงาน		ต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงต่อวัน

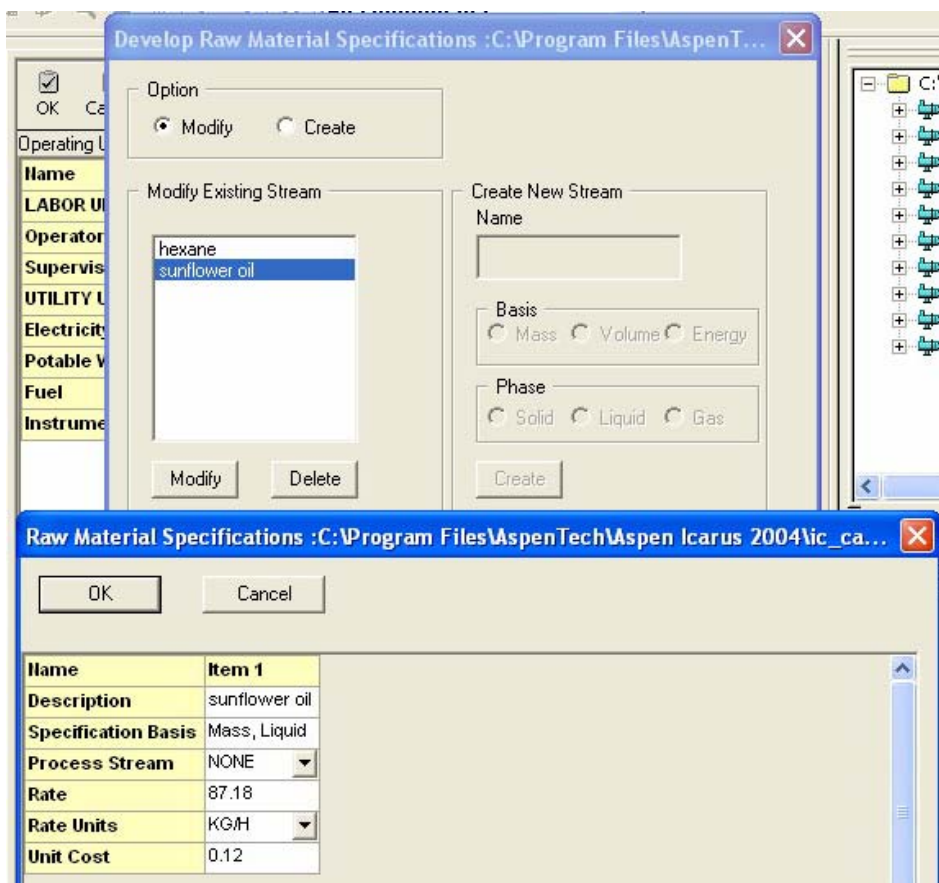
สิ่งที่ต้องการต่อมาใน ASPEN ICARUS คือราคาของวัตถุดิบและราคาของน้ำมันที่ได้ในตอนสุดท้าย ซึ่งสองส่วนนี้ จะนำราคาในท้องตลาดมาเป็นตัวคิดคำนวณ และเลือกปริมาณที่เข้าไป โดยทำการเชื่อมต่อกับแผนผังใน ASPEN PLUS ว่าอยู่ที่สายใดในแผนผัง โดยแสดงการป้อนในภาพที่ 17 ซึ่งในที่นี้เป็นเลือกผลิตภัณฑ์สุดท้าย ส่วนราคาของวัตถุดิบคือน้ำมันเมสตีฟซ์ และตัวทำละลาย และผลิตภัณฑ์คือน้ำมันที่ผ่านการสกัดและกากซึ่งนำไปขายเป็นอาหารสัตว์ได้นั้น แสดงในตารางที่ 14 แสดงราคาขายในประเทศไทยในรูปเงินบาท และเปลี่ยนเป็นสกุลดอลลาร์สหรัฐ

ตารางที่ 13 ข้อมูลค่าใช้จ่ายแรงงาน

ประเภทค่าใช้จ่าย	หน่วย	ค่าที่กำหนด
ค่าแรงคนงาน	ดอลลาร์สหรัฐต่อคนต่อชั่วโมง	0.8
ค่าแรงหัวหน้างาน	ดอลลาร์สหรัฐต่อคนต่อชั่วโมง	2
ค่าไฟฟ้า	ดอลลาร์ต่อ 1 หน่วย	0.0345

หมายเหตุ : 1 ดอลลาร์สหรัฐเท่ากับ 40 บาท

ราคาขายกำหนดให้เป็นราคาขายน้ำมันพืชในท้องตลาดคือ 40-50 บาทต่อกิโลกรัม จากนั้นเพิ่มราคาให้สูงขึ้นที่ 55 บาทเนื่องจากเป็นราคาที่คำนวณแล้วคุ้มทุนในทุกกรณี คือทั้งสองเมล็ดน้ำมันพืช และตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด



ภาพที่ 17 ตัวอย่างการป้อนราคามูลค่าสินค้า

ตารางที่ 14 ราคาวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์

ชนิดของสาร	ราคา (บาท) / กิโลกรัม	ราคา (ดอลลาร์สหรัฐ) / กิโลกรัม
ตัวทำละลาย		
- เฮกเซน	7.14	0.17
- เอทานอล	21.2	0.53
- เมทานอล	9.5	0.24
เมล็ดน้ำมันพืช		
- เมล็ดดอกทานตะวัน	3	0.07
- เมล็ดสบู่ดำ	5	0.12
น้ำมันพืชที่ผ่านการสกัดแล้ว	42	1.07
	55	1.4
กาก	24	0.6

จากตารางที่ 14 จะบอกค่าใช้จ่ายโดยคิดอัตราแลกเปลี่ยน 40 บาทต่อ 1 ดอลลาร์สหรัฐ ราคาตัวทำละลายเป็นราคาที่ขายสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมจะมีราคาสูงกว่านี้ เนื่องจากคุณภาพที่แตกต่างกัน โดยในห้องปฏิบัติการใช้ Analytical Grade ส่วนภาคอุตสาหกรรมใช้ Commercial Grade

ผลและวิจารณ์

ในส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับค่าผลที่ได้จากการดำเนินการทางโปรแกรม ASPEN PLUS โดยจะเป็นผลการดำเนินการโปรแกรมเกี่ยวกับประสิทธิภาพและค่าผลได้จากการสกัด โดยศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงสภาวะต่างๆ ในหอสกัด ในส่วนนี้จะบอกประสิทธิภาพค่าผลได้นั้นจากการเปลี่ยนอุณหภูมิ ความดัน อัตราส่วนตัวทำละลายต่อวัตถุดิบ และอัตราการป้อนของสารตั้งต้น รวมทั้งการศึกษาว่าชนิดของตัวทำละลายมีผลอย่างไรต่อการสกัด นอกจากนี้ได้ทำการวิเคราะห์ว่าทำไมโปรแกรมจึงได้ค่ามาเช่นนั้น และยังบอกถึงค่าผลที่ได้จากการป้อนข้อมูลอื่นๆ ด้วย นอกจากนี้ยังมีผลจากการใช้โปรแกรม ASPEN ICARUS เพื่อคำนวณค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่ดีที่สุดสำหรับการลงทุน แสดงให้เห็นถึงความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อใช้วัตถุดิบที่แตกต่างกัน

ผลจากการดำเนินการด้วยโปรแกรม ASPEN

จากแผนผังกระบวนการสกัด ได้ทำการดำเนินการโปรแกรมโดยทำการศึกษาผลต่างๆ ที่จะทำให้ได้ค่าผลได้มากที่สุด โดยศึกษาในส่วนเฉพาะของหอสกัดหรือ EX1 ในแผนผังการสกัด โดยในส่วนแรกจะเป็นสรุปผลการดำเนินโปรแกรมเมื่อเปรียบเทียบในเรื่องของสภาวะที่ดำเนินการ ส่วนที่สองจะเป็นการเปรียบเทียบชนิดของตัวทำละลายที่เลือกใช้งาน

1. ผลการศึกษาการเปรียบเทียบอัตราส่วนตัวทำละลายต่อสารตั้งต้น

ในส่วนนี้จะทำการศึกษาผลของตัวทำละลายที่ใช้ในหอสกัด โดยเทียบกันเป็นอัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายและสารตั้งต้น โดยตัวทำละลายมี 3 ชนิดคือ เฮกเซน เอทานอล และเมทานอล และสารตั้งต้นมีทั้งหมด 2 ชนิดคือ เมล็ดดอกทานตะวัน และเมล็ดสบู่ดำในส่วนนี้ศึกษาปริมาณอัตราส่วนที่ใช้ในหอสกัด โดยในโรงงานอุตสาหกรรมจริงจะเลือกใช้ที่อัตราส่วน 3 ต่อ 1 และมักเลือกใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย เนื่องจากมีความคุ้มค่ามากที่สุด คือมีการลงทุนต่ำและได้ผลสกัดสูงเพียงพอ ในการทดลองส่วนนี้จะกำหนดให้ความดันและอุณหภูมิคงที่ คือที่ 1 บรรยากาศ และ 70 องศาเซลเซียส

เมื่อเลือกใช้ตัวทำละลายเป็นเฮกเซน และเลือกเมล็ดพืชเป็นเมล็ดดอกทานตะวัน คำนวณค่าประสิทธิภาพและค่าผลได้จากสาย MIC (ตำแหน่งขาออกจากหอสกัดในแผนผังกระบวนการผลิต

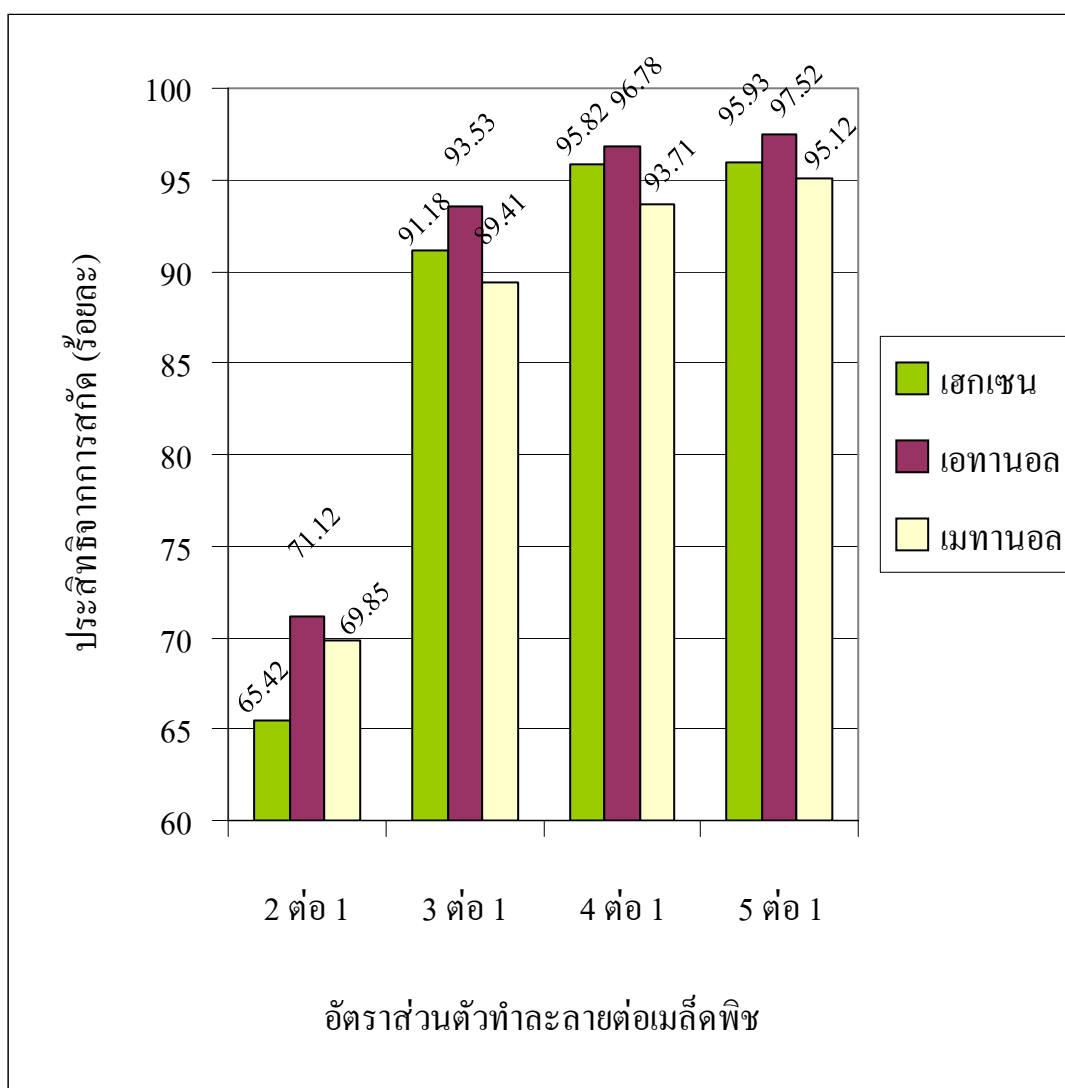
ดังภาพที่ 16) พบว่าจากประสิทธิภาพจากการจำลองการสกัดดีที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 91.18 สำหรับตรา ส่วน 3 ต่อ 1 จากนั้นที่อัตราส่วน 2 ต่อ 1 เป็นร้อยละ 65.42 เมื่อเพิ่มอัตราส่วนตัวทำละลายขึ้นเรื่อยๆ เป็น 4 ต่อ 1 และ 5 ต่อ 1 หาประสิทธิภาพสกัดได้ร้อยละ 95.82 และ 95.93 ตามลำดับ

เมื่อเปลี่ยนตัวทำละลายเป็นเอทานอล จำนวนจากสาย MIC ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดคือที่ อัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายกับเมล็ดพืชคือที่ 3 ต่อ 1 สกัดได้ร้อยละ 93.53 ที่ 2 ต่อ 1 ร้อยละ 72.12 ที่ 4 ต่อ 1 ได้ร้อยละ 96.58 และที่ 5 ต่อ 1 ได้ร้อยละ 97.52 ตามลำดับ

เมื่อเปลี่ยนตัวทำละลายเป็นเมทานอล เมล็ดน้ำมันเป็นเมล็ดทานตะวัน จำนวนจากสาย MIC ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดคือที่อัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายกับเมล็ดพืชที่ 3 ต่อ 1 สกัดได้ร้อยละ 89.41 ที่อัตรา 2 ต่อ 1 สกัดได้ร้อยละ 69.85 ที่อัตรา 4 ต่อ 1 สกัดได้ร้อยละ 93.71 และที่อัตรา 5 ต่อ 1 สกัดได้ร้อยละ 95.12 แสดงดังภาพที่ 18

เมื่อวิเคราะห์ถึงค่าผลได้ (Yield) จากการสกัด โดยใช้ตัวทำละลายทั้งสามชนิด เมื่อเลือก การสกัดโดยใช้เมล็ดทานตะวัน อัตราส่วนตัวทำละลายต่อสารตั้งต้นเป็น 2 ต่อ 1 และเพิ่มจนถึง 5 ต่อ 1 พบว่าค่าผลได้เป็นไปดังนี้สำหรับการคำนวณที่สาย MIC คือที่อัตราส่วนระหว่างตัวทำละลาย ที่ 2 ต่อ 1 สกัดได้ร้อยละ 58.14 ที่อัตรา 3 ต่อ 1 ได้ร้อยละ 85.54 ที่อัตรา 4 ต่อ 1 สกัดได้ร้อยละ 88.45 และที่อัตรา 5 ต่อ 1 สกัดได้ร้อยละ 85.21 เมื่อเปลี่ยนการคำนวณมาที่สาย PC (ตำแหน่งที่ออก จากเครื่องระเหยที่มีการ recovery ตัวทำละลายในภาพที่ 16) สกัดได้คือร้อยละ 37.44, 59.75, 47.40 และ 30.37 ตามลำดับ ค่าผลได้ที่ดีที่สุดคืออยู่ที่อัตราส่วน 3 ต่อ 1 สำหรับตัวทำละลายเฮกเซน

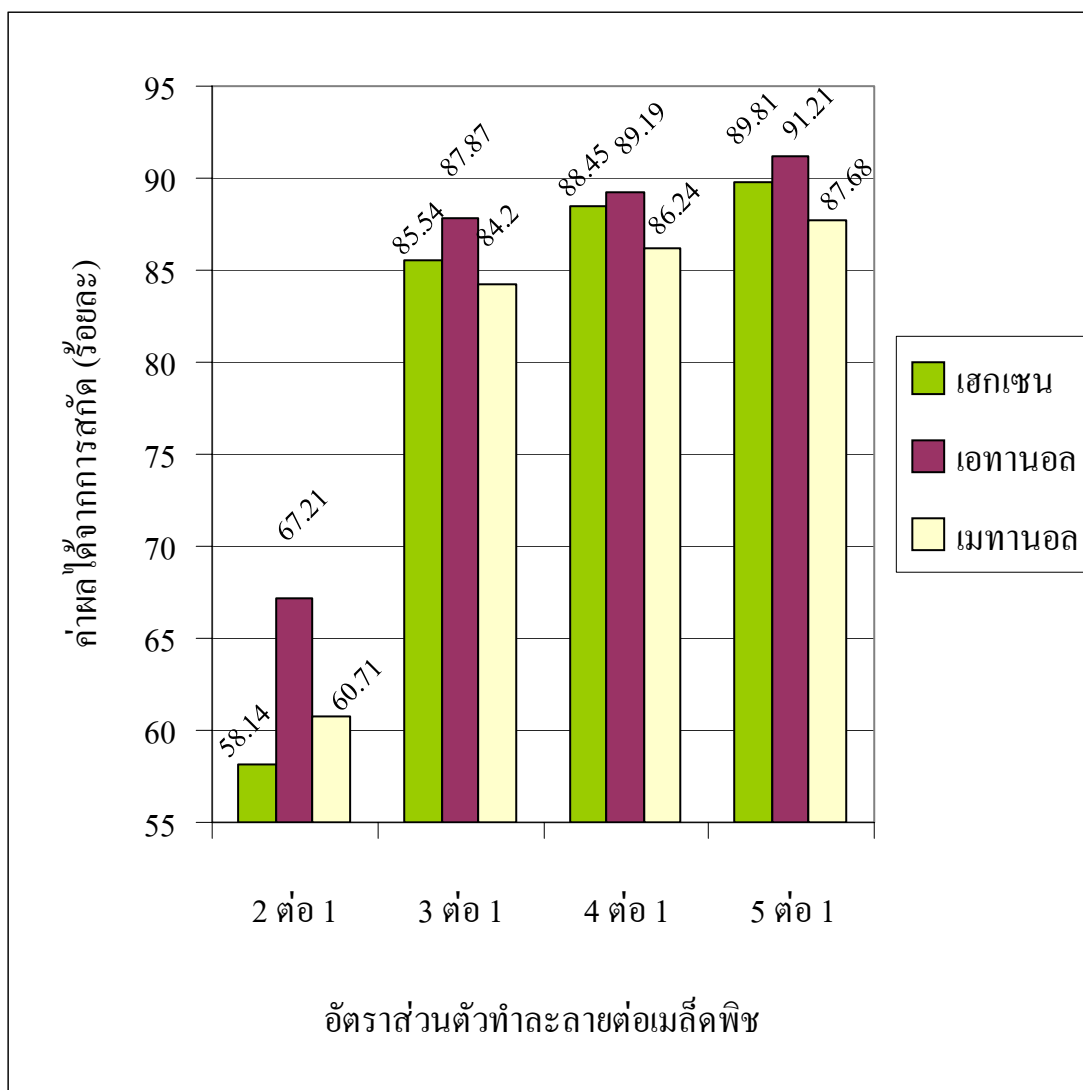
เมื่อเปลี่ยนตัวทำละลายเป็นเอทานอล เมื่อคำนวณที่สาย MIC จะได้ค่าผลได้การสกัดเป็น ร้อยละ 67.21, 87.87, 85.19 และ 91.21 สำหรับอัตราส่วนตัวทำละลายตั้งแต่ 2 ต่อ 1 จนกระทั่ง 5 ต่อ 1 เมื่อคำนวณจากสาย PC ค่าผลได้ที่ดีที่สุดคือที่อัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายกับเมล็ดพืชคือที่ 3 ต่อ 1 สกัดได้ร้อยละ 60.55 จากนั้นคือที่อัตราส่วน 4 ต่อ 1, 2 ต่อ 1 และ 5 ต่อ 1 ตามลำดับ ได้ร้อยละ 52.27, 43.64 และ 39.20 ตามลำดับ



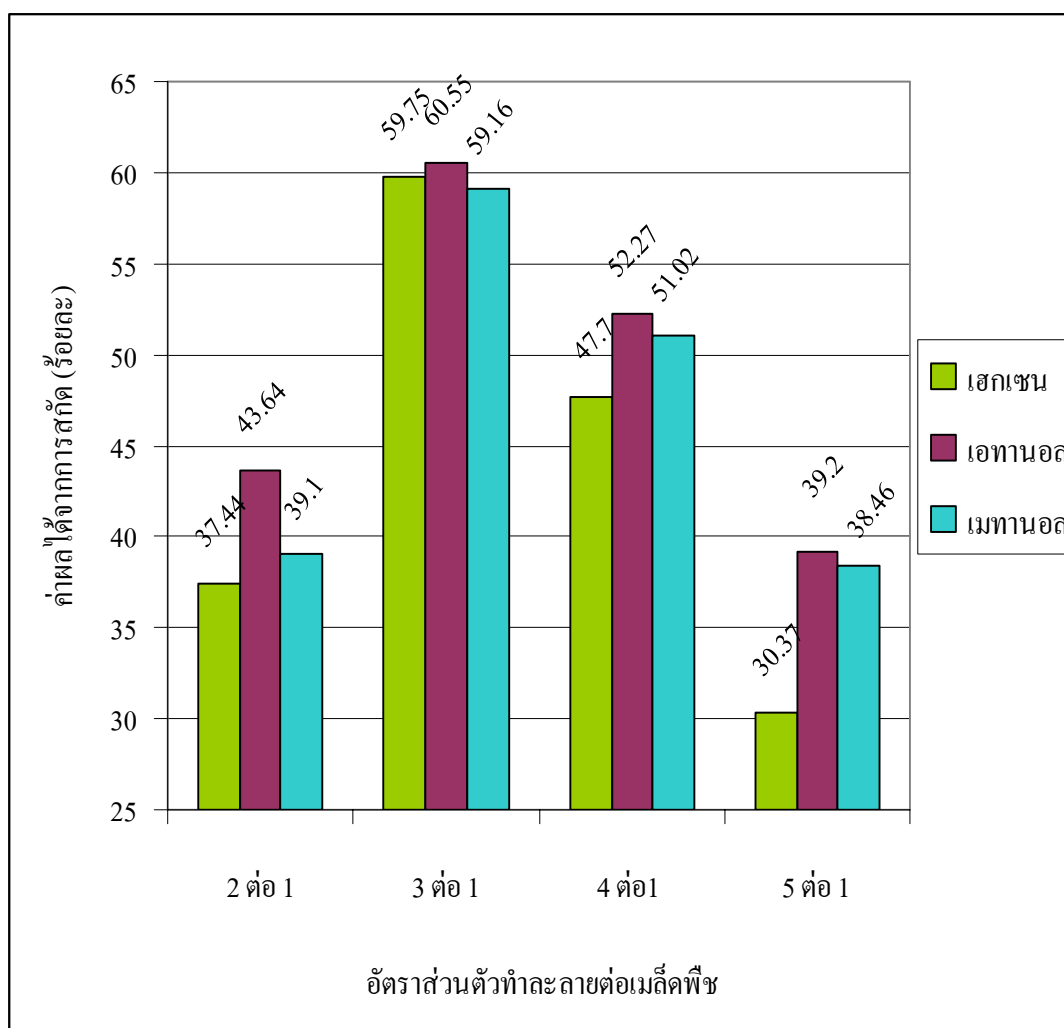
ภาพที่ 18 ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันเมล็ดทานตะวันของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่สาย MIC เปรียบเทียบอัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืช ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ

เมื่อเปลี่ยนตัวทำละลายเป็นเอทานอล เมื่อคำนวณที่สาย MIC จะได้ค่าผลได้การสกัดเป็นร้อยละ 67.21, 87.87, 85.19 และ 91.21 สำหรับอัตราส่วนตัวทำละลายตั้งแต่ 2 ต่อ 1 จนกระทั่ง 5 ต่อ 1 เมื่อคำนวณจากสาย PC ค่าผลได้ดีที่สุดคือที่อัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายกับเมล็ดพืชคือที่ 3 ต่อ 1 สกัดได้ร้อยละ 60.55 จากนั้นคือที่อัตราส่วน 4 ต่อ 1, 2 ต่อ 1 และ 5 ต่อ 1 ตามลำดับ ได้ร้อยละ 52.27, 43.64 และ 39.20 ตามลำดับ

ค่าผลได้จากการสกัดเมล็ดทานตะวัน โดยเลือกใช้เมทานอล และใช้อัตราส่วนในการวิเคราะห์เท่ากับเฮกเซนและเอทานอล ค่าผลได้ที่ได้จะเป็นร้อยละ 60.71, 84.20, 86.24 และ 87.60 ตามลำดับที่การคำนวณจากสาย MIC และที่สาย PC สกัดได้ผลได้ร้อยละ 39.10, 59.16, 51.02 และ 38.46 ซึ่งค่าที่ดีที่สุดอยู่ที่อัตราส่วนตัวทำละลายต่อสารตั้งต้นเป็น 3 ต่อ 1 แสดงค่าผลได้ของตัวทำละลายทั้งสามสำหรับสาย MIC ที่ภาพ 19 และสาย PC ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 19 ค่าผลได้จากการสกัดน้ำมันเมล็ดทานตะวันของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่สาย MIC เปรียบเทียบอัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืช ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ



ภาพที่ 20 ค่าผลได้จากการสกัดน้ำมันเมล็ดทานตะวันของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่สาย PC
เปรียบเทียบอัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืช ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส
ความดัน 1 บรรยากาศ

ผลของการทดลองในส่วนของเมล็ดทานตะวัน จะเห็นได้ว่าค่าอัตราส่วนที่ดีที่สุดคือที่อัตราส่วนเป็น 3 ต่อ 1 ซึ่งได้ค่าร้อยละที่มากที่สุดทั้งในประสิทธิภาพการสกัดและค่าผลได้ ถ้าใช้ตัวทำละลายมีปริมาณน้อยกว่า 3 ต่อ 1 ก็ยังสามารถทำการสกัดได้คือที่อัตราส่วนเป็น 2 ต่อ 1 แต่มีประสิทธิภาพการสกัด และผลได้น้อยกว่า อาจมาจากปริมาณที่ใช้น้อยไปเมื่อเทียบกับปริมาณของเมล็ดพืชที่ต้องเข้าไปทำการสกัด เนื้อผิวการสัมผัสไม่เพียงพอ แต่ถ้าเพิ่มปริมาณตัวทำละลายมากขึ้นเรื่อยๆ แล้ว จากสาย MIC ซึ่งออกมาจากเครื่องสกัด จะเห็นได้ว่าการสกัดจะได้ทั้งประสิทธิภาพและค่าผลได้สูงขึ้นเรื่อยๆ แต่จะไม่สามารถสกัดได้ถึงร้อยละ 100 อาจมาจากลักษณะของตัวเมล็ดพืชเอง ไม่ว่าจะเป็นเยื่อใยและโปรตีนอยู่ภายในเมล็ดพืชซึ่งดูดซับน้ำมันไว้ ทำให้ไม่สามารถสกัดออกมาได้

หมด สำหรับในการศึกษานี้ไม่สามารถกำหนดองค์ประกอบเมล็ดพืชให้เป็นเยื่อใยโปรตีนได้ แต่กำหนดให้เป็นเด็กชิน เมื่อคั่วที่สาย PC ซึ่งเป็นสายของน้ำมัน ที่จะนำไปเป็นวัตถุดิบใช้ผลิตไบโอดีเซล จะพบว่าที่อัตราส่วน 4 ต่อ 1 และ 5 ต่อ 1 ประสิทธิภาพและค่าผลได้จะมีค่าลดน้อยลงตามลำดับ เนื่องมาการใช้ตัวทำละลายในปริมาณมาก ทำให้ต้องใช้เวลานานในการระเหยตัวทำละลายเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ จึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันที่สกัดไปกับตัวทำละลายที่ระเหย ยิ่งใช้เวลานาน การสูญเสียก็จะมากขึ้นตามตารางที่ 15

ตารางที่ 15 สรุปผลได้ในการสกัดเมล็ดทานตะวันจากตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด

ตัวทำละลาย	ผลได้จาก MIC (ร้อยละ)	ผลได้จาก PC (ร้อยละ)	การสูญเสีย (ร้อยละ)
อัตราส่วน 2 ต่อ 1			
เฮกเซน	58.14	37.44	20.7
เอทานอล	67.21	43.64	23.57
เมทานอล	60.71	39.1	21.61
อัตราส่วน 3 ต่อ 1			
เฮกเซน	85.54	59.75	25.79
เอทานอล	87.87	60.55	27.32
เมทานอล	84.2	59.16	25.04
อัตราส่วน 4 ต่อ 1			
เฮกเซน	88.45	47.7	40.75
เอทานอล	89.19	52.27	36.92
เมทานอล	86.24	51.02	35.22
อัตราส่วน 5 ต่อ 1			
เฮกเซน	89.81	30.37	59.44
เอทานอล	91.21	39.2	52.01
เมทานอล	87.68	38.46	49.22

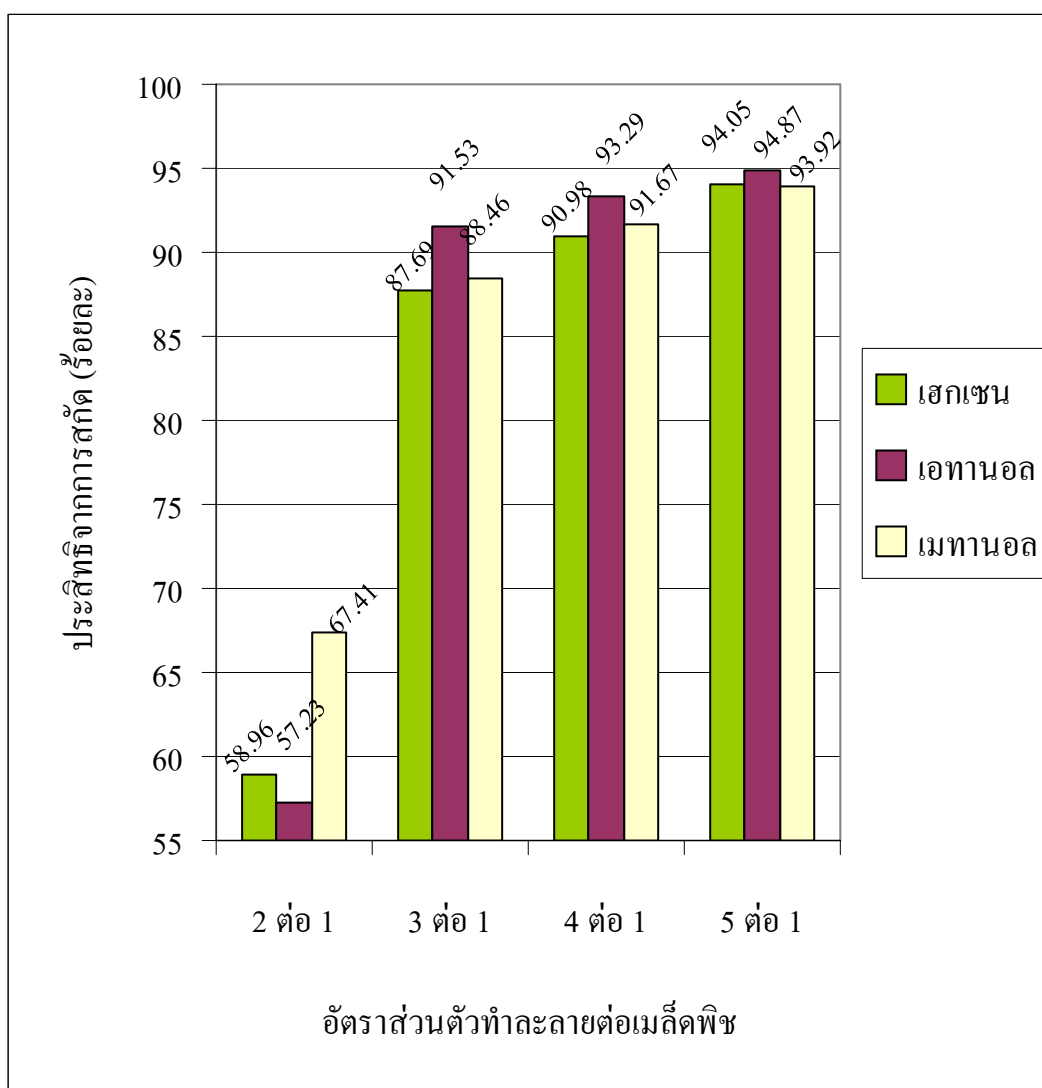
ค่าผลได้จากสองสายคือ MIC และ PC ในแผนผังการผลิต สนับสนุนว่าเมื่อใช้ตัวทำละลายปริมาณสูงขึ้น ค่าผลได้จะมีค่าสูงมากขึ้นตามลำดับ อัตราการสูญเสียจะมีสัดส่วนที่เพิ่มมากขึ้นตามอัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายต่อสารตั้งต้น ที่อัตราส่วนตัวทำละลายและเมล็ด 5 ต่อ 1 จะมีค่าประสิทธิภาพการสกัด และค่าผลได้ที่ต่ำกว่าที่อัตราส่วน 4 ต่อ 1 ฉะนั้นในการใช้อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดพืชที่สูงเกินไปกลับทำให้ประสิทธิภาพ และค่าผลได้ต่ำลง

เมื่อเทียบกับที่สาย PC ระหว่างอัตราส่วนที่ 2 ต่อ 1 และที่ 4 ต่อ 1 จะพบว่าที่อัตราส่วนที่ 4 ต่อ 1 จะได้ผลได้ที่สูงกว่า 2 ต่อ 1 ในทุกตัวทำละลายอันได้แก่ เฮกเซน เอทานอล และเมทานอล อาจเนื่องมาจากผิวสัมผัสกับตัวทำละลายมากกว่าเมื่อเทียบกับแล้ว สำหรับที่อัตราส่วนตัวทำละลายต่อสารตั้งต้นที่ 1 ต่อ 1 จะไม่สามารถทำการสกัดได้ เนื่องจากปริมาณตัวทำละลายน้อยเกินไป ตัวทำละลายไม่ท่วมชั้นหอสกัด จึงไม่สามารถทำการสกัดได้ ต้องเพิ่มปริมาณของตัวทำละลายขึ้นไปเพื่อให้มีปริมาณเพียงพอท่วมชั้นการสกัดในแต่ละชั้น

จากการศึกษาการสกัดของเมล็ดสบู่ดำเป็นวัตถุดิบ ซึ่งสามารถนำมาผลิตไบโอดีเซลได้เช่นเดียวกัน แต่มีปริมาณน้ำมันที่น้อยกว่า ค่าประสิทธิภาพการสกัดคำนวณจากสาย MIC ดังภาพที่ 21 เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนตัวทำละลายเฮกเซนต่อเมล็ดสบู่ดำที่มีต่อผลการสกัด ได้ประสิทธิภาพดังนี้ คือร้อยละ 58.96, 87.69, 90.98 และ 94.05

เมื่อเลือกใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอล เมื่อคำนวณที่สาย MIC หาค่าประสิทธิภาพได้ร้อยละ 57.23 สำหรับอัตราส่วน 2 ต่อ 1 ร้อยละ 91.53, 93.29 และร้อยละ 94.87 สำหรับอัตราส่วน 3 ต่อ 1 จนถึง 5 ต่อ 1 ตามลำดับ

เมื่อเปลี่ยนใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย คำนวณได้ประสิทธิภาพร้อยละ 67.41, 88.46, 91.67 และ 93.92 สำหรับการคำนวณที่สาย MIC ดังภาพที่ 22 ที่อัตราส่วนตัวทำละลายตั้งแต่ 2 ต่อ 1 ถึง 5 ต่อ 1 ดังภาพที่ 21



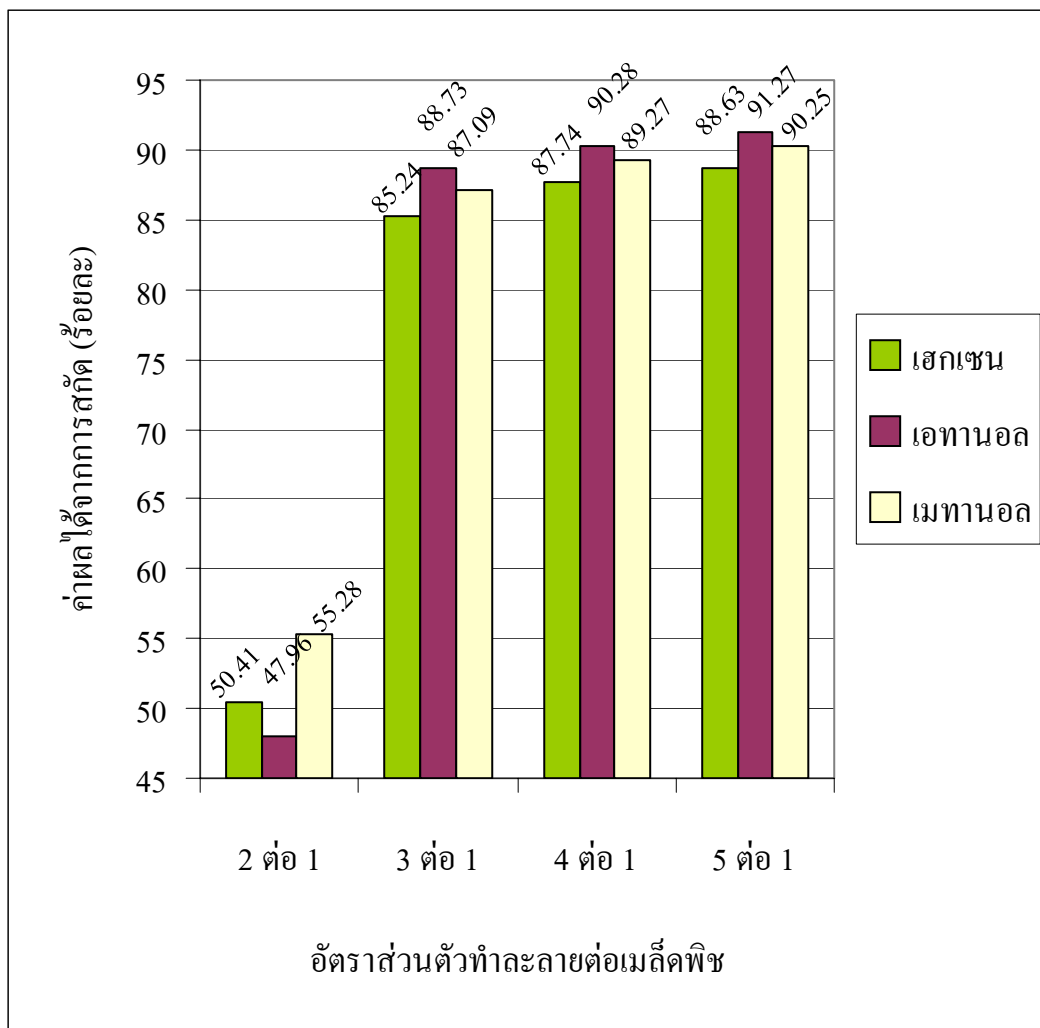
ภาพที่ 21 ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันเมล็ดสบู่ดำของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่สาย MIC เปรียบเทียบอัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืช ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ

ค่าผลได้จากการสกัด โดยใช้ตัวทำละลายทั้งสามชนิด เมื่อเลือกการสกัดโดยใช้เมล็ดสบู่ดำ ดังภาพที่ 22 สำหรับการคำนวณที่สาย MIC และภาพที่ 23 สำหรับการคำนวณที่สาย PC อัตราส่วนตัวทำละลายต่อสารตั้งต้นเป็น 2 ต่อ 1 และเพิ่มจนถึง 5 ต่อ 1พบว่าค่าผลได้โดยใช้ไฮกเซน เป็นไปดังนี้คือร้อยละ 50.41, 85.24, 87.74 และ 88.63 สำหรับสาย MIC และได้ร้อยละ 26.45, 55.70, 45.33 และ 34.06 ตามลำดับสำหรับสาย PC ค่าผลได้ที่ดีที่สุดอยู่ที่อัตราส่วน 3 ต่อ 1 สำหรับตัวทำละลายไฮกเซน

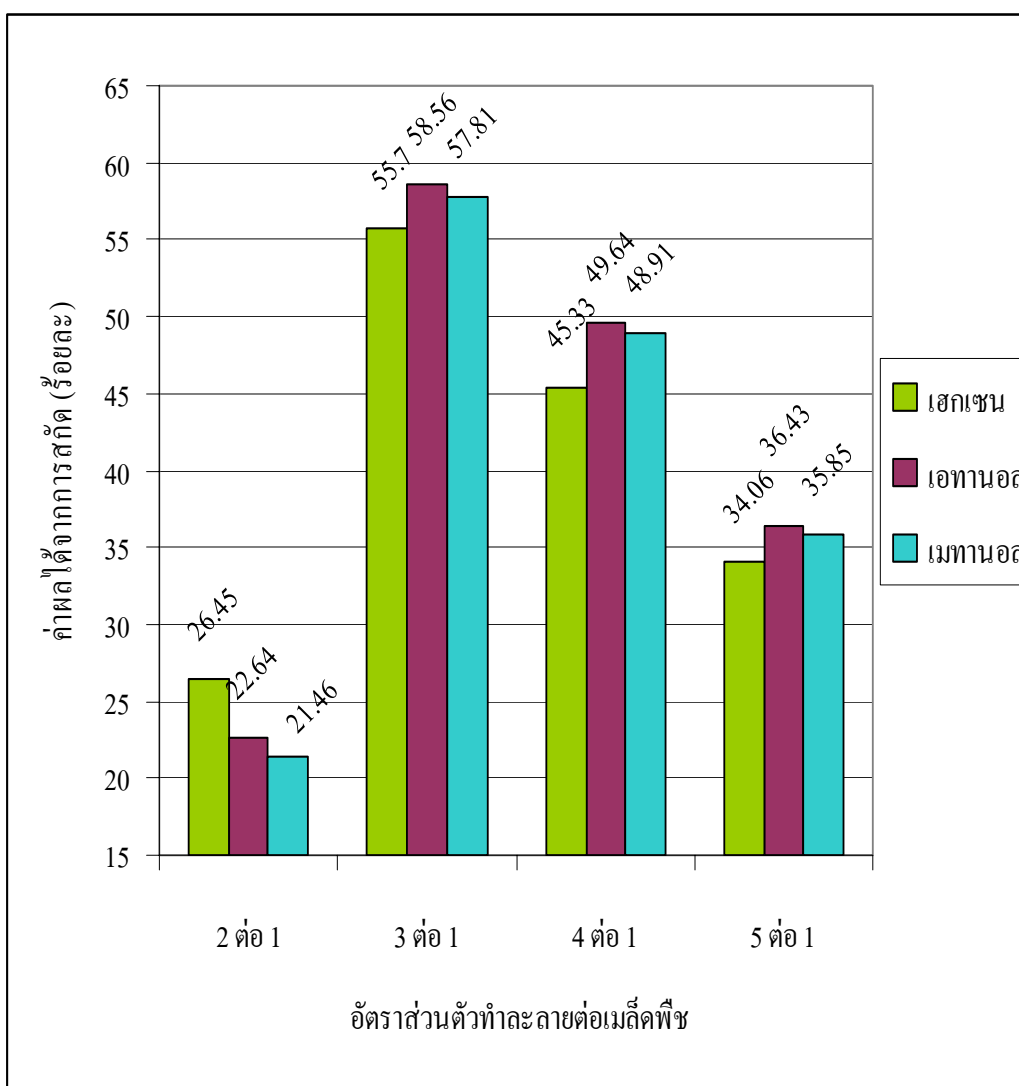
เปลี่ยนตัวทำละลายเป็นเอทานอลที่อัตราส่วนตัวทำละลายต่อสารตั้งต้นตั้งแต่ 2 ต่อ 1 จนถึง 5 ต่อ 1 เมื่อคำนวณที่สาย MIC ได้ค่าผลได้เป็นร้อยละ 47.96, 88.73, 90.28 และ 91.27 และที่สาย PC ค่าผลได้ที่ดีที่สุดคือที่อัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายกับเมล็ดพืชคือที่ 3 ต่อ 1 สกัดได้ร้อยละ 58.56 จากนั้นคือที่อัตราส่วน 4 ต่อ 1, 2 ต่อ 1 และ 5 ต่อ 1 ตามลำดับ ได้ร้อยละ 49.64, 36.43 และ 22.64 ตามลำดับ

ค่าผลได้จากการสกัดเมล็ดสบู่ดำ เมทานอลเป็นตัวทำละลาย และใช้อัตราส่วนในการวิเคราะห์เท่ากับเฮกเซนและเอทานอล สาย MIC สามารถคำนวณได้ค่าผลได้ร้อยละ 55.28, 87.09, 89.27 และร้อยละ 90.25 ที่สาย PC ค่าผลได้ที่ได้จะเป็นร้อยละ 26.45, 57.81, 48.91 และ 35.85 ซึ่งค่าที่ดีที่สุดอยู่ที่อัตราส่วนตัวทำละลายต่อสารตั้งต้นเป็น 3 ต่อ 1

จะเห็นได้ว่าการสกัดสบู่ดำจะได้ค่าผลได้ และประสิทธิภาพที่ดีที่สุดที่อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดสบู่ดำที่ 3 ต่อ 1 แต่หากพิจารณาจากส่วนที่ออกมาจากหอสกัดแล้ว ค่าประสิทธิภาพและค่าผลได้ที่คำนวณออกมานั้นจะมีค่าสูงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่หากผ่านการแยกตัวทำละลายออก ประสิทธิภาพและค่าผลได้จะมีค่าที่ลดลง ดังที่เห็นได้ว่าผลได้และประสิทธิภาพการสกัดจะมีค่าลดลงตั้งแต่เพิ่มอัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายเป็น 3 ต่อ 1 จนกระทั่งถึง 5 ต่อ 1 เนื่องจากการใช้ปริมาณตัวทำละลายที่มากขึ้น ส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการทำการแยกตัวทำละลายออก การสูญเสียน้ำมันไปกับการแยกตัวทำละลายจึงเพิ่มมากขึ้นตาม ทำให้ประสิทธิภาพและค่าผลได้มีค่าลดลง แต่สำหรับการประมวลผลที่ 1 ต่อ 1 ในการสกัดเมล็ดสบู่ดำ โปรแกรมไม่สามารถประมวลผลได้ อาจเนื่องจากปริมาณน้ำมันมีน้อยกว่าเมล็ดดอกทานตะวัน เมื่อเทียบกับปริมาณตัวทำละลายในอัตราส่วนเดียวไม่สามารถสกัดได้ หรือมีปริมาณน้อยไปเมื่ออยู่ในหอสกัด ซึ่งปริมาณในแต่ละชั้นจะเป็นไปตาม rule of thumb ของหอสกัดแบบของเหลว-ของเหลว เมื่อใช้ตัวทำละลายน้อยลงมาที่อัตรา 2 ต่อ 1 จะพบว่าการสกัดจะมีค่าน้อยลงเนื่องจากผิวการสัมผัสของเมล็ดพืชต่อตัวทำละลายนั้นมีค่าน้อยทำให้การสกัดไม่ได้ค่าสูงเมื่อเทียบกับที่อัตราส่วน 3 ต่อ 1



ภาพที่ 22 ค่าผลได้จากการสกัดน้ำมันเมล็ดสบู่ดำของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่สาย MIC เปรียบเทียบอัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืช ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ



ภาพที่ 23 ค่าผลได้จากการสกัดน้ำมันเมล็ดสนุ่นดำของตัวทำละลายชนิดต่างๆที่สาย PC เปรียบเทียบ อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืช ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ

พิจารณาจากตารางที่ 16 ค่าผลได้จากสองสายคือ MIC และ PC ในแผนผังการผลิต สนับสนุนเหตุผลก่อนหน้านี้นี้ เมื่อใช้ตัวทำละลายปริมาณสูงขึ้น ค่าผลได้จะมีค่าสูงมากขึ้นตามลำดับ แต่เมื่อผ่านเครื่องระเหยแล้ว การใช้ตัวทำละลายที่มีปริมาณสูงคือตั้งแต่ 4 ต่อ 1 และ 5 ต่อ 1 จะเห็นได้ว่าค่าผลได้มีปริมาณลดลง เนื่องจากการใช้เวลานานทำให้สูญเสียน้ำมันที่สกัดได้มากตามไปด้วย และอัตราการสูญเสียจะมีสัดส่วนที่เพิ่มมากขึ้นตามอัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายต่อสารตั้งต้นในทุกตัวทำละลาย

ตารางที่ 16 สรุปผลได้ในการสกัดเมล็ดสับจากตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด

ตัวทำละลาย	ผลได้จาก MIC (ร้อยละ)	ผลได้จาก PC (ร้อยละ)	การสูญเสีย (ร้อยละ)
อัตราส่วน 2 ต่อ 1			
เฮกเซน	50.41	26.45	23.96
เอทานอล	47.96	22.64	25.32
เมทานอล	55.28	21.46	33.82
อัตราส่วน 3 ต่อ 1			
เฮกเซน	85.24	55.7	29.54
เอทานอล	88.73	58.56	30.17
เมทานอล	87.09	57.81	29.28
อัตราส่วน 4 ต่อ 1			
เฮกเซน	87.74	45.33	42.41
เอทานอล	90.28	49.64	40.64
เมทานอล	89.27	48.91	40.36
อัตราส่วน 5 ต่อ 1			
เฮกเซน	88.63	34.06	54.57
เอทานอล	91.27	36.43	54.84
เมทานอล	90.25	35.85	54.4

เมื่อเปรียบเทียบกันเฉพาะในวัตถุดิบตั้งต้นโดยพิจารณาจากสาย PC แล้วจะพบว่า อัตราส่วนของทั้งสองเมล็ดน้ำมันมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือสามารถสกัดได้ที่อัตราส่วน 3 ต่อ 1 มากที่สุด จากนั้นตามด้วยที่อัตราส่วน 4 ต่อ 1 อาจมีข้อแตกต่างกันที่อัตราส่วน 2 ต่อ 1 และ 5 ต่อ 1 คือเมล็ดน้ำมันทานตะวันจะทำการสกัดที่อัตราส่วน 2 ต่อ 1 ได้มากกว่าอัตราส่วน 5 ต่อ 1 แต่เมล็ดสับจะทำการสกัด หรือได้ผลได้มากกว่าที่อัตราส่วน 5 ต่อ 1 และสามารถสกัดได้น้อยสุดที่อัตราส่วน 2 ต่อ 1 เนื่องจากปริมาณน้ำมันที่อยู่ในเมล็ดสับมีค่าน้อยกว่าในเมล็ดดอกทานตะวัน และนอกจากนี้ยังมีกากมากกว่าเมื่อเทียบกับเมล็ดทานตะวัน เมื่อตัวทำละลายมีค่าไม่เพียงพอต่อการ

สกัดทำให้ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้มีค่าน้อย จึงทำให้การสกัดที่อัตราส่วน 2 ต่อ 1 ของเมล็ดน้ำมัน สบู่ได้ค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับผลจากเมล็ดดอกทานตะวันแล้ว

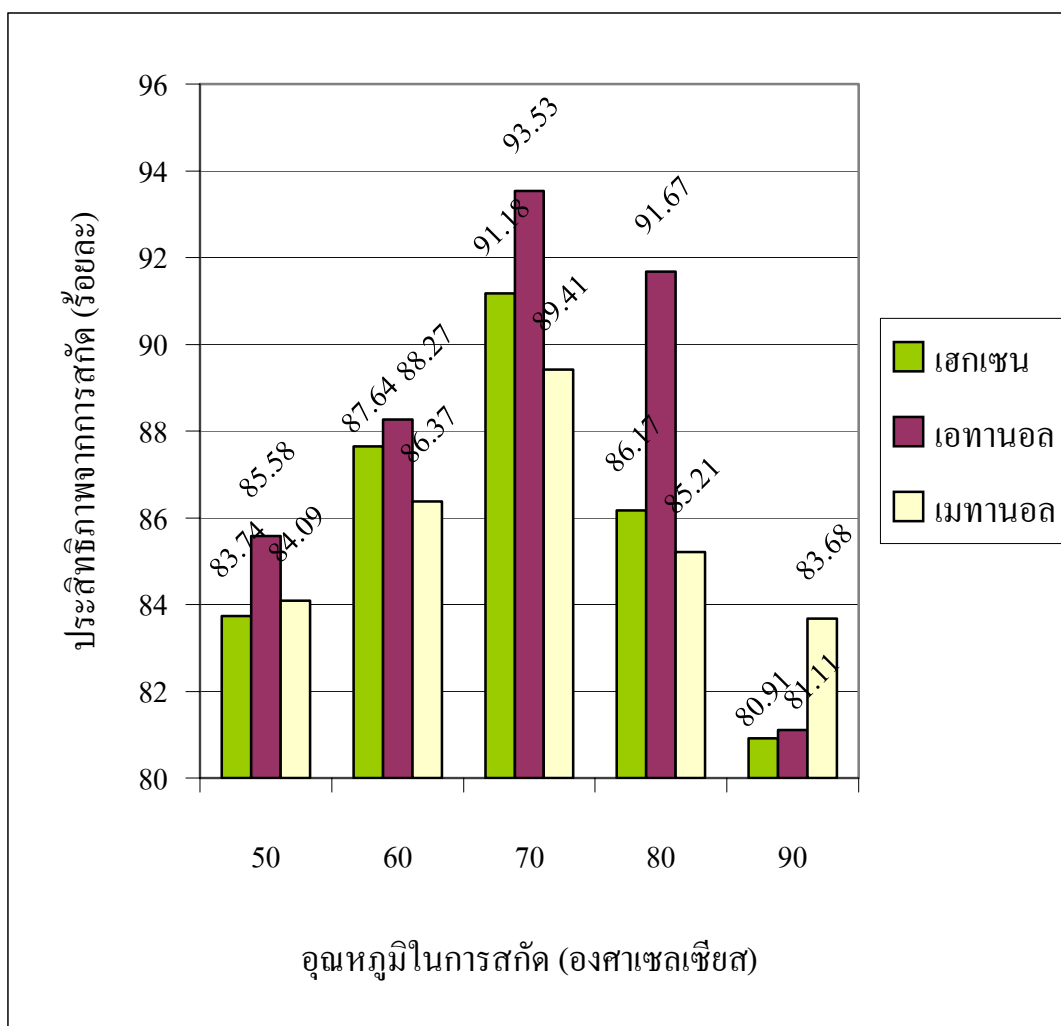
2. ผลการศึกษาเรื่องอุณหภูมิ

ผลของอุณหภูมิภายในหอสกัดหรือ EX1 ในแผนผังการสกัด ได้ส่งผลกระทบต่อ ประสิทธิภาพและค่าผลได้ในการสกัดของเมล็ดน้ำมันพืชทั้งสองชนิด และตัวทำละลายทั้งสามชนิด โดยกำหนดให้ค่าของความดันและอัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันทานตะวันมี ค่าคงที่ที่ 1 บรรยากาศ และอัตราส่วนเป็น 3 ต่อ 1 โดยค่าของอุณหภูมิที่ใช้ภายในหอสกัดส่วนใหญ่ จะเป็น 60- 70 องศาเซลเซียส

พิจารณาเมล็ดน้ำมันทานตะวัน และตัวทำละลายเป็นเฮกเซน ดังแสดงในภาพที่ 24 ประสิทธิภาพที่ได้ที่ตำแหน่ง MIC คือร้อยละ 91.18 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ค่าที่ดีต่อมากคือ ร้อยละ 87.64 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสร้อยละ 86.17 ต่อมากคือที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสและประสิทธิภาพน้อยสุดสำหรับการทดลองนี้ที่ 90 องศาเซลเซียสได้ร้อยละ 83.74 และ 80.91 ตามลำดับ

ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยยังคงใช้เมล็ดน้ำมันพืชเป็นเมล็ดน้ำมันทานตะวัน พบว่า ประสิทธิภาพการสกัดที่ดีที่สุดอยู่ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสได้ร้อยละ 93.53 จากนั้นคือที่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส สกัดได้ประสิทธิภาพร้อยละ 31.67 และได้ลดลงมาร้อยละ 88.27 และ 85.58 ที่อุณหภูมิ 60 และ 50 องศาเซลเซียส และได้ค่าน้อยสุดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ร้อยละ 81.11

เปลี่ยนตัวทำละลายเป็นเมทานอล ประสิทธิภาพที่ได้มากที่สุดอยู่ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสคือที่ร้อยละ 89.41 ลดลงมาที่ร้อยละ 86.37 ร้อยละ 85.21และร้อยละ 84.09 ที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 50 องศาเซลเซียส และได้ค่าน้อยที่สุดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส สามารถสกัดได้ร้อยละ 83.68 ดังภาพที่ 24



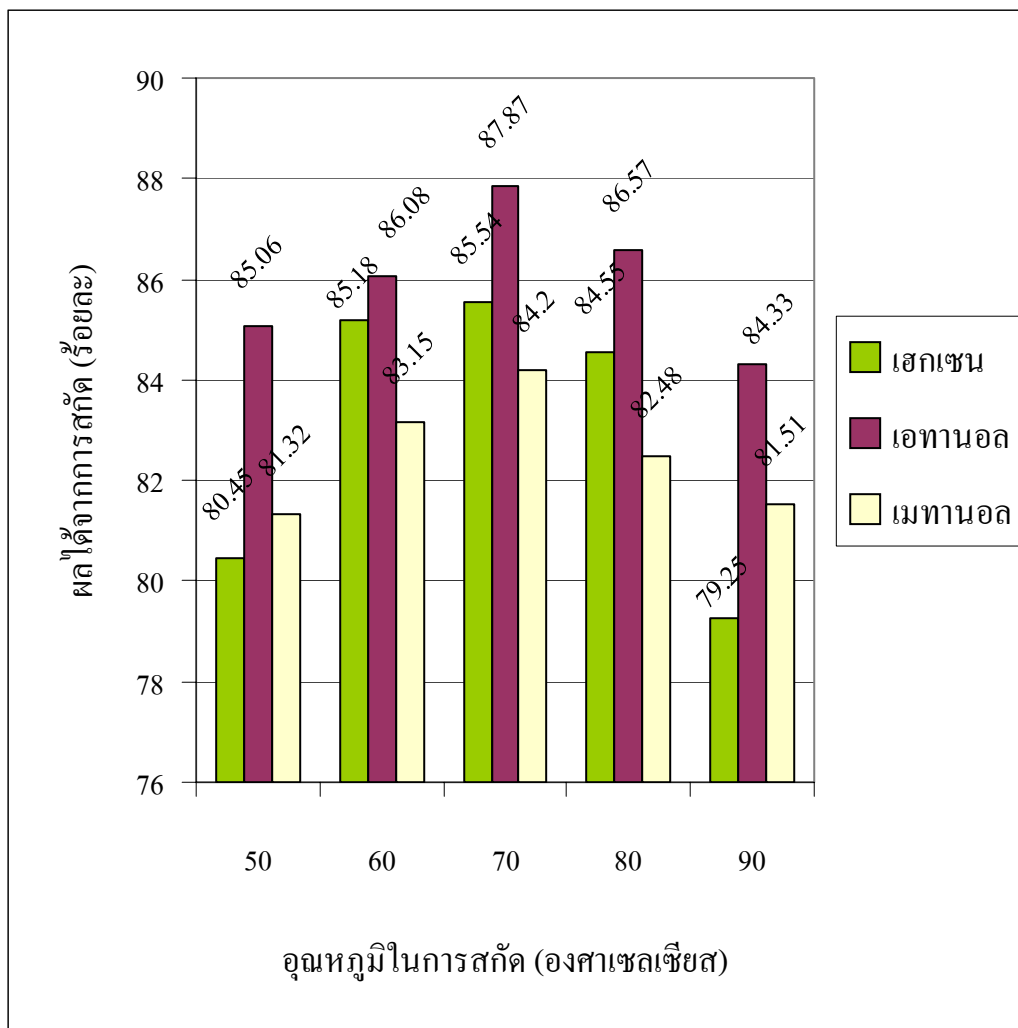
ภาพที่ 24 ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันเมล็ดทานตะวันของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่สาย MIC เปรียบเทียบอุณหภูมิการสกัด อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืชเป็น 3 ต่อ 1 ความดัน 1 บรรยากาศ

ศึกษาค่าผลได้จากการสกัดของเมล็ดทานตะวันดังภาพที่ 25 และภาพที่ 26 เมื่อเลือกใช้ตัวทำละลายเป็นเฮกเซน โดยไควความแตกต่างของผลได้จาก 2 สาย คือ สาย MIC และ PC ที่สาย MIC สามารถหาค่าผลได้คือร้อยละ 80.45, 85.18, 85.54, 84.55 และ 79.25 ตามลำดับ ค่าผลได้จากการจำลองการสกัดที่ดีที่สุดคือที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับค่าผลได้จากสาย PC คือที่ 70 องศาเซลเซียสสามารถหาค่าผลได้จากการสกัดร้อยละ 59.75 ส่วนที่ 50, 60, 80 และ 90 องศาเซลเซียส ค่าผลได้เป็นร้อยละ 54.33, 58.16, 57.32 และ 52.52 ตามลำดับ

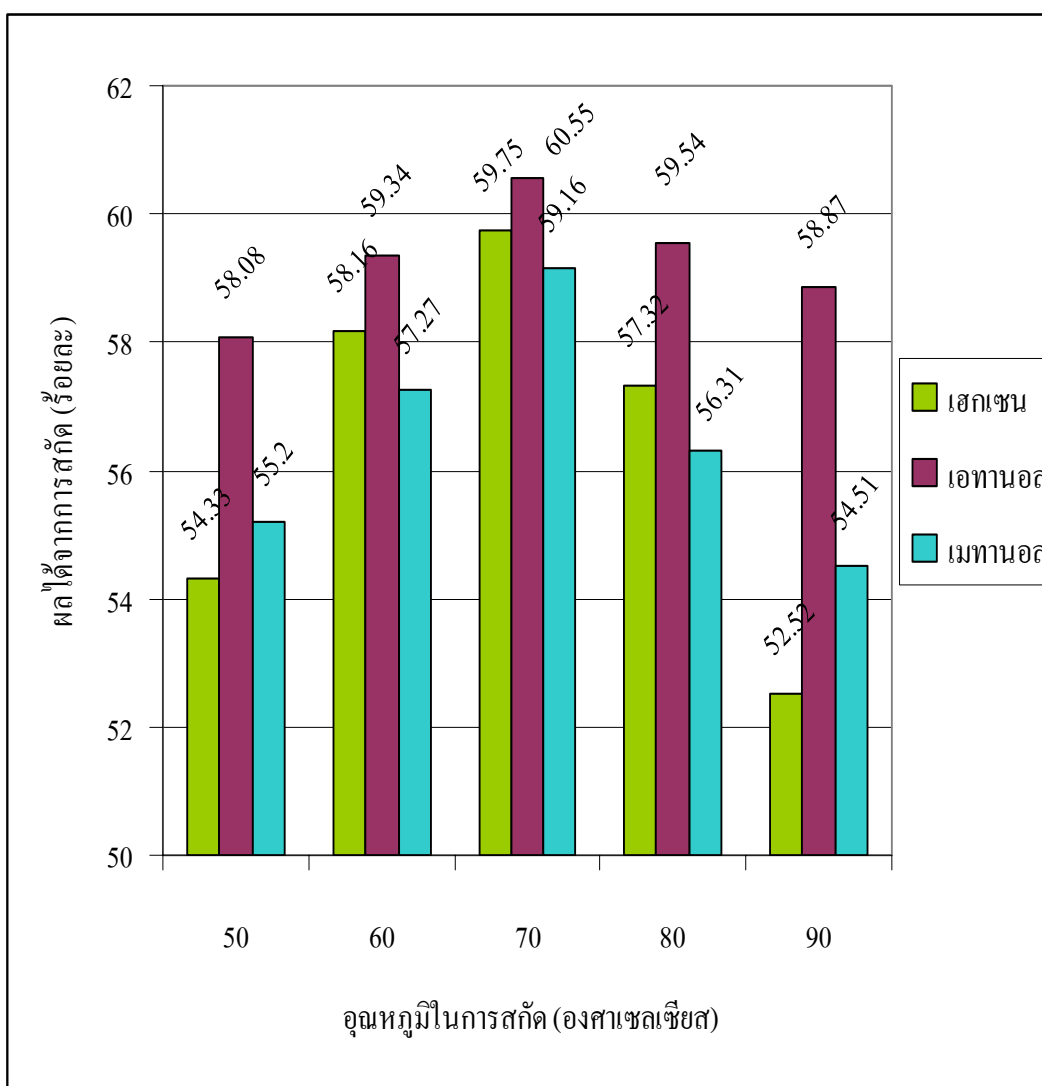
เลือกใช้ตัวทำละลายคือเอทานอล ค่าผลได้จากสาย MIC ที่ดีที่สุดคือที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส คือสกัดได้ร้อยละ 87.87 ส่วนที่อุณหภูมิอื่นๆ คือที่ 50, 60, 80 และ 90 สกัดได้ผลได้ร้อยละ 85.06, 86.08, 86.57 และ 84.33 เช่นเดียวกับผลได้จากสาย PC ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสสกัดได้ร้อยละ 60.55 ซึ่งเป็นผลได้ที่ดีที่สุด ตามด้วยที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่ร้อยละ 59.54 และที่ 60, 90 และ 50 องศาเซลเซียสตามลำดับ สกัดได้ร้อยละ 59.34, 58.87 และ 58.08

เปลี่ยนตัวทำละลายเป็นเมทานอล เมล็ดน้ำมันทานตะวันในการสกัด พบว่าค่าผลได้จาก MIC การสกัดที่ดีที่สุดอยู่ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสได้ผลได้ร้อยละ 84.20 ขณะที่อุณหภูมิอื่น สกัดผลได้ร้อยละ 81.35, 83.15, 82.48 และ 81.51 จากสาย PC สกัดได้ผลได้ร้อยละ 59.16 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุด จากนั้นคือที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ผลได้ร้อยละ 57.27 และได้ลดลงมาร้อยละ 56.31 และ 55.20 ที่อุณหภูมิ 80 และ 50 องศาเซลเซียส และได้ค่าน้อยสุดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ร้อยละ 54.51

จะพบว่าในส่วนของเมล็ดดอกทานตะวัน อุณหภูมิที่ดีที่สุดในทุกตัวทำละลายเมื่อกำหนดความดันและอัตราส่วนตัวทำละลายเดียวกัน จะพบว่าคือที่ 70 องศาเซลเซียส แต่จะพบว่าการสกัดที่มีค่าผลได้ร็องลงมาอาจมีความแตกต่างกันคือ สำหรับเฮกเซนและเมทานอลจะสกัดที่ 60 องศาเซลเซียสได้ร็องลง ส่วนเอทานอลจะสกัดที่ 80 องศาเซลเซียส เหตุผลเนื่องมาจากจุดเดือดของตัวทำละลายที่แตกต่างกัน เอทานอลจะมีจุดเดือดที่ 75 องศาเซลเซียส เฮกเซนที่ 69 องศาเซลเซียส ส่วนเมทานอลอยู่ที่ 64.5 องศาเซลเซียส ยังเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียสของตัวทำละลายเอทานอลจะสามารถสกัดได้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส กลับกันที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ตัวทำละลายเฮกเซนและเมทานอลจะสกัดได้ต่ำกว่าที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นการสนับสนุนว่าจุดเดือดของเอทานอลที่มีค่าสูงกว่านั้นเป็นเป็นเหตุผลทำให้สกัดที่อุณหภูมิสูงกว่าได้ดีกว่า และจุดเดือดที่ต่ำกว่าของอีกสองตัวทำละลายทำให้การสกัดที่อุณหภูมิต่ำสกัดได้ดีกว่า



ภาพที่ 25 ค่าผลได้จากการสกัดน้ำมันเมล็ดทานตะวันของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่สาย MIC
เปรียบเทียบอุณหภูมิการสกัด อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดเป็น 3 ต่อ 1 ความดัน 1
บรรยากาศ



ภาพที่ 26 ค่าผลได้จากการสกัดน้ำมันเมล็ดทานตะวันของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่สาย PC
เปรียบเทียบอุณหภูมิการสกัด อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดเป็น 3 ต่อ 1 ความดัน 1
บรรยากาศ

ศึกษาประสิทธิภาพการสกัดที่ออกมาจาก MIC จากเมล็ดสบู่ดำดังภาพที่ 27 โดยยังกำหนดให้ความดันและอัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืชให้คงที่ ประสิทธิภาพเป็นไปดังต่อไปนี้ ที่อุณหภูมิ 50, 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส คือสกัดได้ร้อยละ 80.37, ร้อยละ 84.82, ร้อยละ 87.69, ร้อยละ 81.63 และร้อยละ 78.78 ตามลำดับ ค่าที่ดีที่สุดคือที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพการสกัดร้อยละ 87.69

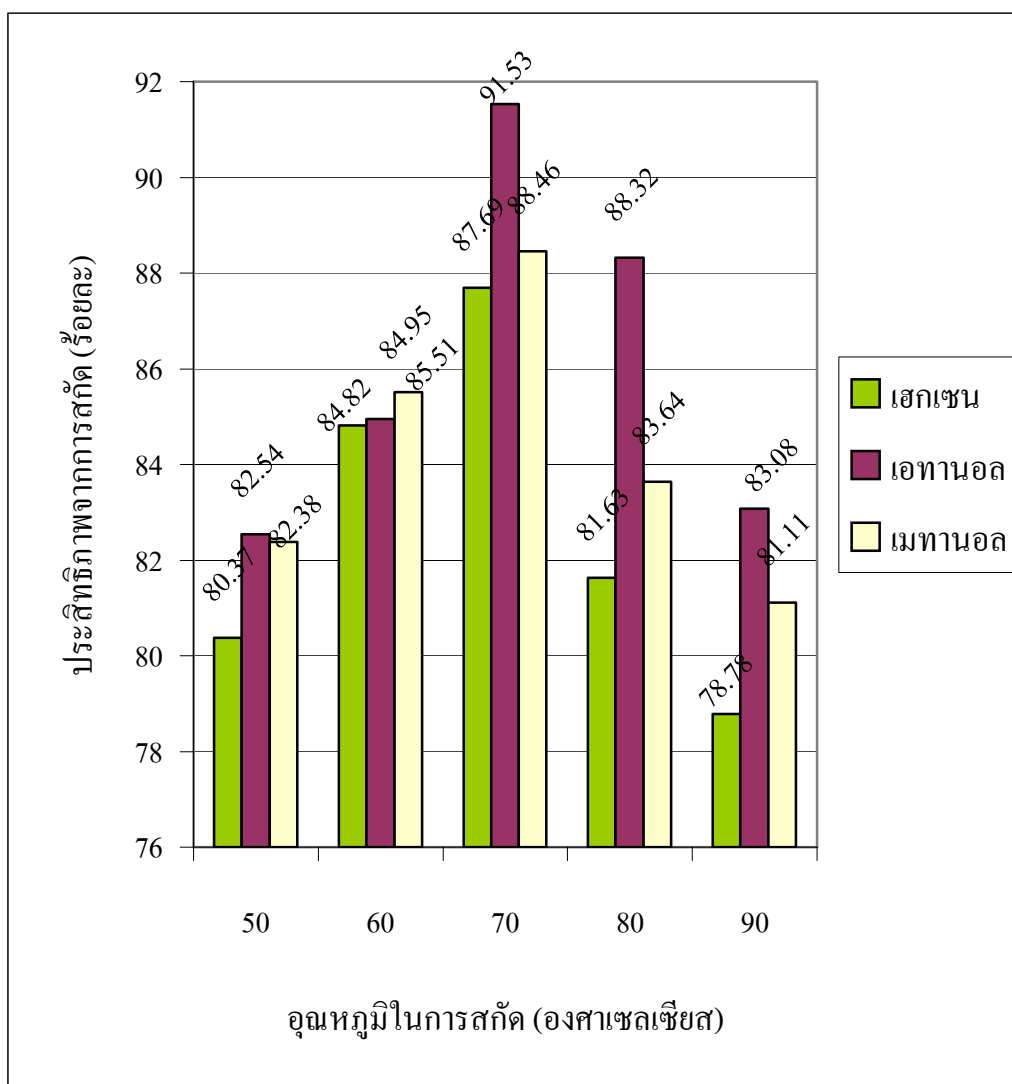
ประสิทธิภาพในการสกัดที่ MIC โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ค่าดีที่สุดอยู่ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสคือที่ร้อยละ 91.53 จากนั้นจะลดลงมาที่ร้อยละ 88.32, ร้อยละ 84.95 และร้อยละ 83.08 ที่อุณหภูมิ 80, 60 และ 90 องศาเซลเซียส และได้ค่าน้อยที่สุดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สามารถสกัดได้ร้อยละ 82.54

เมื่อทำการประมวลผลโดยเปลี่ยนตัวทำละลายเป็นเมทานอล จะพบว่าประสิทธิภาพสกัดได้จากสาย MIC ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสสามารถสกัดได้ผลได้ร้อยละ 88.46 จากนั้นลดลงมาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสสกัดได้ร้อยละ 85.51 อุณหภูมิลำดับถัดมาคือ 80 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียสตามลำดับ สามารถสกัดได้ร้อยละ 83.64 และ 82.38 และสกัดได้น้อยสุดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสสกัดได้ร้อยละ 81.11

สำหรับค่าผลได้จากการสกัดเมล็ดสบู่ดำ โดยใช้ตัวทำละลายทั้งสามชนิดจากสาย MIC และ PC แสดงในภาพที่ 28 และ 29 เมื่อใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย จากสาย MIC ค่าผลได้คือร้อยละ 80.45, 85.18, 85.54, 84.55 และ 79.25 และที่สาย PC ค่าผลได้จะเป็นร้อยละ 50.20, 54.41, 55.70, 52.14 และ 48.72 สำหรับอุณหภูมิ 50, 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส ค่าผลได้ดีที่สุดคือที่ 70 องศาเซลเซียสจากทั้ง 2 สาย

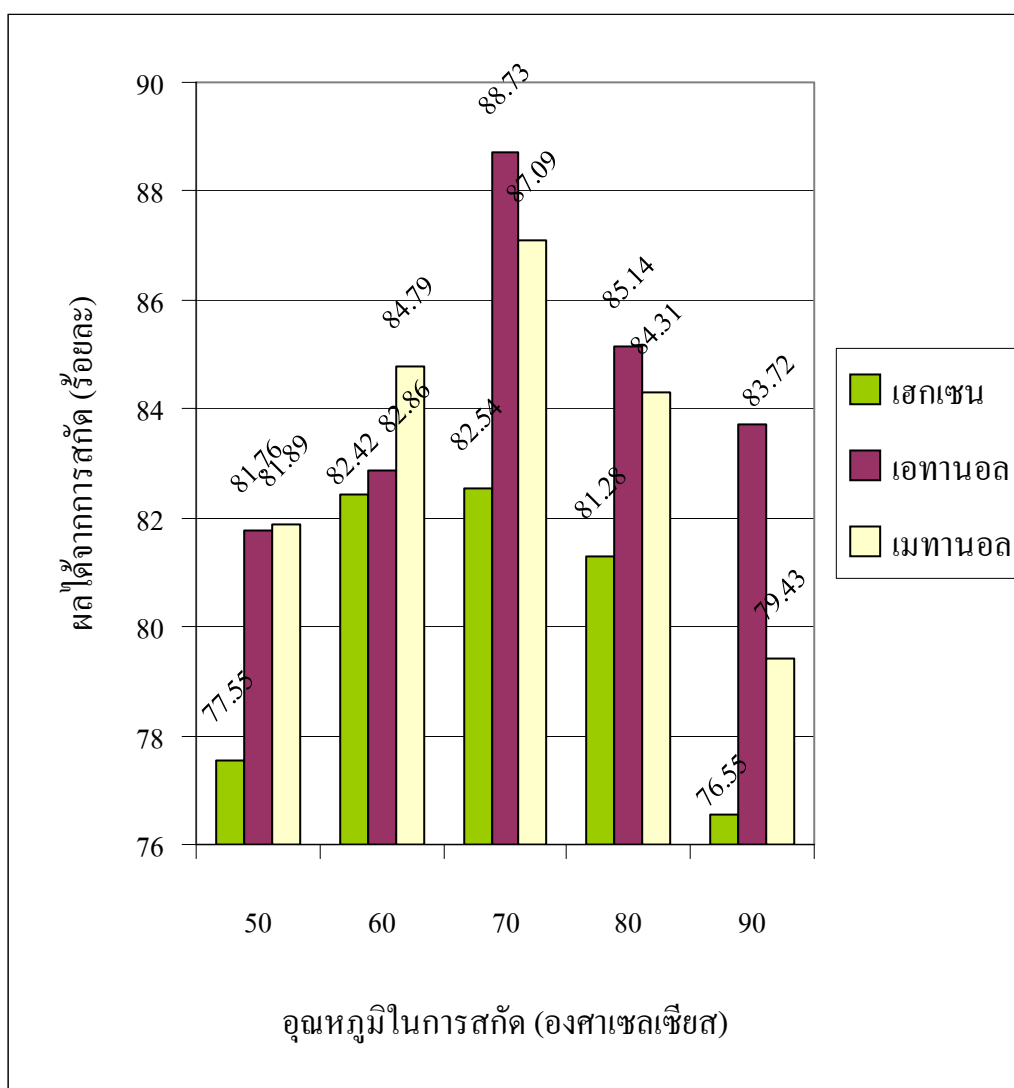
สกัดเมล็ดสบู่ดำด้วยเอทานอล ค่าผลได้ที่ดีที่สุดของทั้งสองสายคือ MIC และ PC อยู่ที่ 70 องศาเซลเซียส สำหรับสาย MIC คือร้อยละ 87.87 ขณะที่อุณหภูมิอื่นผลได้เป็นร้อยละ 85.06, 86.08, 86.57 และ 84.33 และที่ 70 องศาเซลเซียสสำหรับสาย PC สกัดได้ร้อยละ 58.56 ส่วนที่อุณหภูมิที่เหลือคือ 50, 60, 80 และ 90 สกัดได้ร้อยละ 53.35, 55.35, 57.30 และ 54.46 ตามลำดับ

เมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย จากสาย MIC พบว่าค่าผลได้การสกัดที่ดีที่สุดอยู่ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสได้ผลได้ร้อยละ 84.2 ที่อุณหภูมิอื่นคือ 50-90 องศาเซลเซียส ผลได้ร้อยละ 81.32, 83.15, 82.48 และ 81.51 ที่สาย PC สกัดได้ผลได้ร้อยละ 57.81 สำหรับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุด จากนั้นคือที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ผลได้ร้อยละ 56.44 และได้ลดลงมาร้อยละ 55.01 และ 53.42 ที่อุณหภูมิ 80 และ 50 องศาเซลเซียส และได้ค่าน้อยสุดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ร้อยละ 51.8



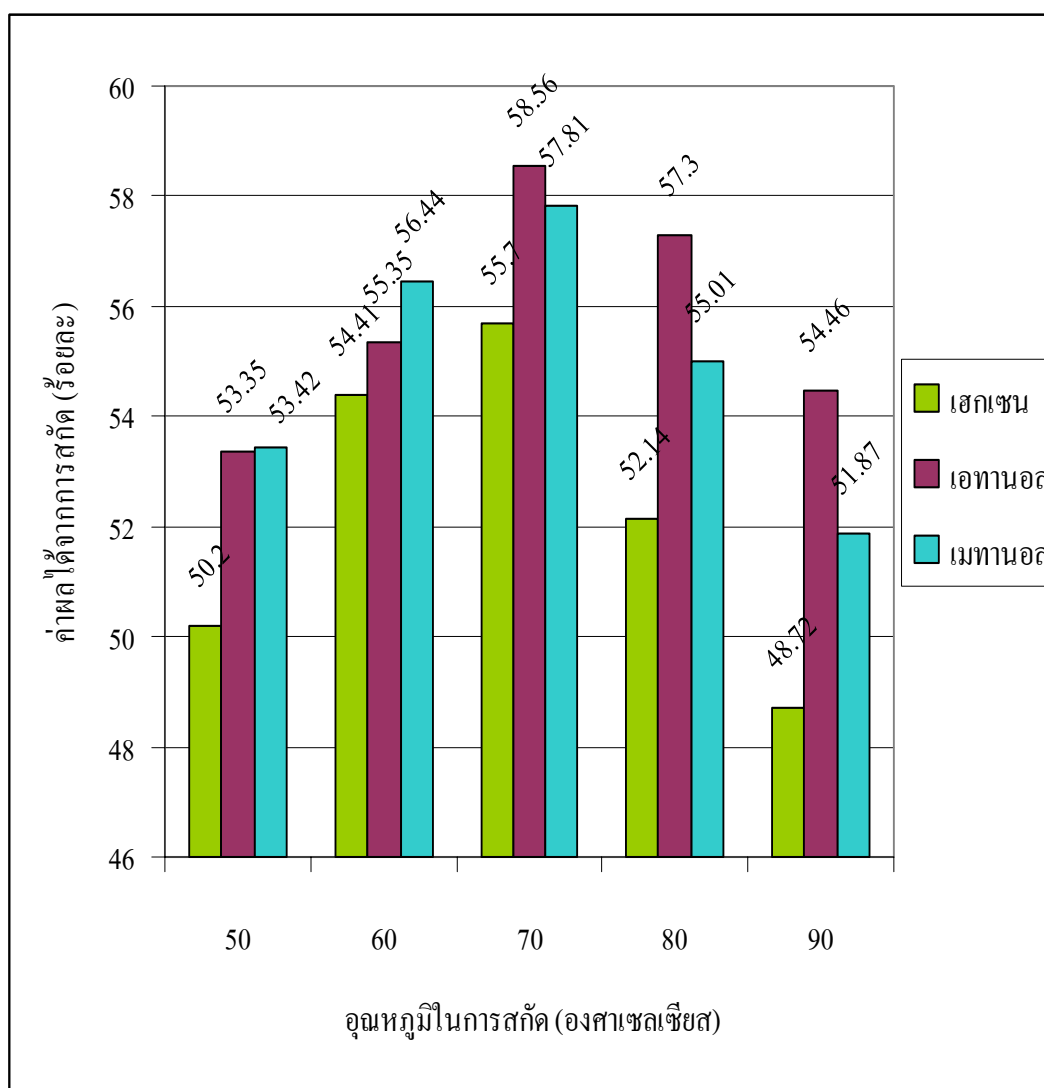
ภาพที่ 27 ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันเมล็ดสบู่ดำของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่สาย MIC เปรียบเทียบอุณหภูมิการสกัด อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืชเป็น 3 ต่อ 1 ความดัน 1 บรรยากาศ

สามารถวิเคราะห์ได้ว่าอุณหภูมิที่ดีที่สุดสำหรับการสกัดเมล็ดสบู่ดำ ในตัวทำละลายทั้งสามชนิด ใช้อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียสจะได้ผลได้ดีที่สุด ส่วนที่อุณหภูมิรองลงมาที่สามารถสกัดได้ผลได้รองลงมานั้นแตกต่างกันเนื่องจากค่าจุดเดือดของตัวทำละลายทั้งสาม โดยเอทานอลจะมีจุดเดือดสูงสุด ตามด้วยเฮกเซน และเมทานอล ดังที่ได้แสดงมาก่อนหน้านี้แล้ว ทำให้ผลของผลได้มีค่าแตกต่างกันในลำดับต่อๆ มา



ภาพที่ 28 ค่าผลได้จากการสกัดน้ำมันเมล็ดสบู่ดำของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่สาย MIC เปรียบเทียบอุณหภูมิการสกัด อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืชเป็น 3 ต่อ 1 ความดัน 1 บรรยากาศ

ผลของอุณหภูมิจะเป็นไปตามความสัมพันธ์กับค่า K หรือสัมประสิทธิ์การแบ่งตัว ซึ่งเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิมียค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่า K มากขึ้นตาม การสกัดจะทำได้ดีขึ้น เมื่อพิจารณาจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 50-70 องศาเซลเซียส แต่ที่การเพิ่มอุณหภูมิมากขึ้นไปที่ 80 และ 90 องศาเซลเซียสกลับทำให้การสกัดเป็นไปได้แย่ลง เนื่องมาจากผลของจุดเดือดของตัวทำละลาย ซึ่งสัมพันธ์กับทฤษฎีในการสกัด ที่กำหนดให้เลือกใช้อุณหภูมิในการสกัดมีค่าใกล้เคียงกับตัวทำละลาย เพื่อป้องกันการระเหยออกไป เกิดความสูญเสียตัวทำละลาย การสกัดไม่ดี



ภาพที่ 29 ค่าผลได้จากการสกัดน้ำมันเมล็ดสบู่ดำของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่สาย PC เปรียบเทียบ อุณหภูมิการสกัด อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืชเป็น 3 ต่อ 1 ความดัน 1 บรรยากาศ

3. ผลการศึกษาเรื่องความดัน

จากผลการศึกษาเรื่องอุณหภูมิพบว่าที่อุณหภูมิต่ำ การสกัดได้ประสิทธิภาพและผลได้ที่ไม่สูงนัก แต่ประสิทธิภาพการสกัดและผลได้จะสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงทำการเพิ่มความดันแทนการเพิ่มอุณหภูมิ

สำหรับโรงงานการสกัดในปัจจุบันจะเลือกที่ 1 บรรยากาศ สำหรับผลการทดลองในส่วนนี้จะกำหนดให้ค่าอุณหภูมิภายในหอสกัดเป็น 70 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายต่อวัตถุดิบเป็นที่ 3 ต่อ 1 จากนั้นทำการเปลี่ยนแปลงค่าความดันตั้งแต่ 5-25 เมกกะปาสการ

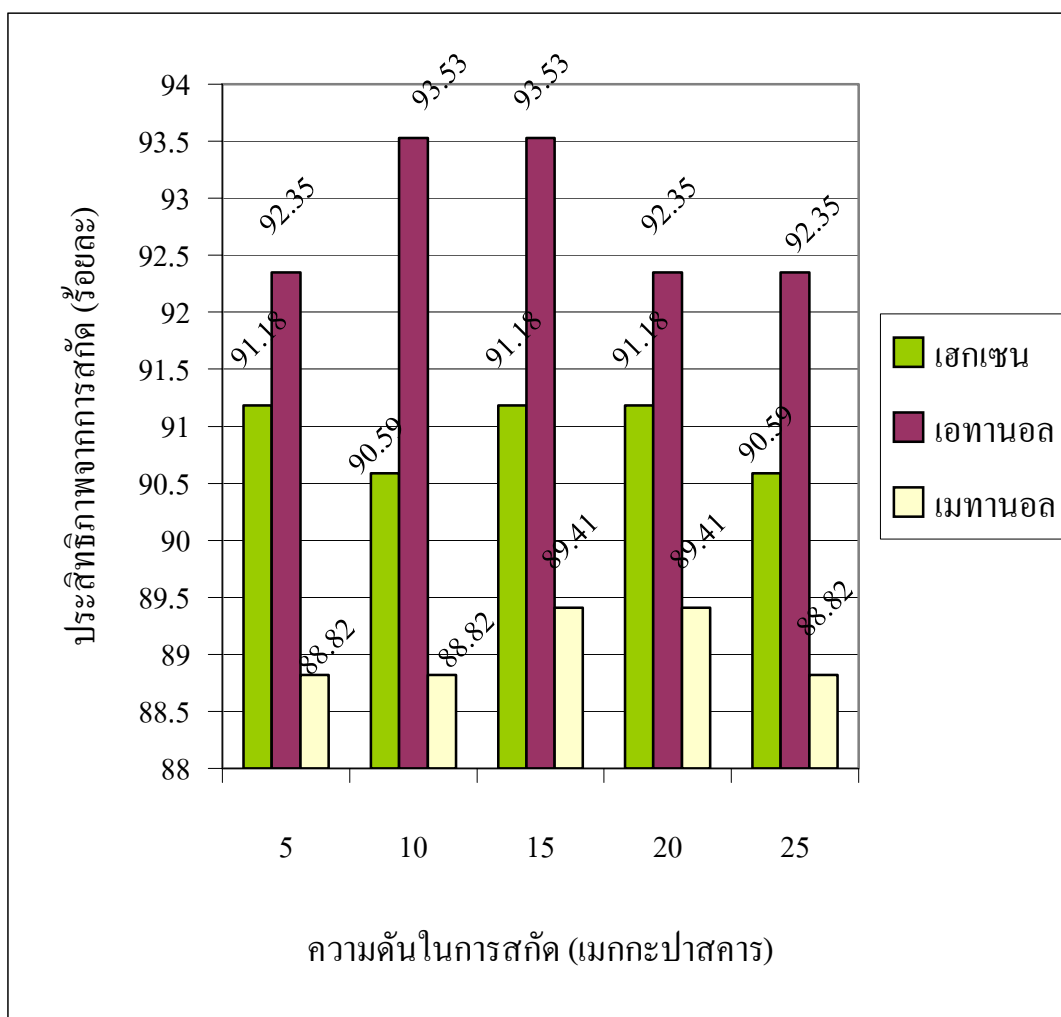
สำหรับการสกัดเมล็ดดอกทานตะวัน โดยเลือกตัวทำละลายทั้งสามชนิดดังภาพที่ 30 เลือกศึกษาจากสาย MIC เมื่อเลือกเฮกเซน ความดันที่ศึกษาได้แก่ 5, 10, 14.5, 20 และ 25 เมกกะปาสการ ประสิทธิภาพจะมีค่าดังต่อไปนี้คือสามารถสกัดได้ร้อยละ 91.18 ที่ความดัน 5, 14.5 และ 20 เมกกะปาสการ ส่วนที่ความดัน 10 และ 25 สามารถสกัดได้ร้อยละ 90.59

เมื่อเปลี่ยนตัวทำละลายเป็นเอทานอล โดยยังเลือกใช้วัตถุดิบเป็นเมล็ดทานตะวัน และคำนวณที่สาย MIC จะพบว่าประสิทธิภาพการสกัดที่ได้คือ 93.53 สำหรับความดันที่ 10 และ 14.5 เมกกะปาสการ และได้ร้อยละ 92.35 สำหรับความดัน 5, 20 และ 25 เมกกะปาสการ

เมื่อเปลี่ยนแปลงตัวทำละลายเป็นเมทานอล ประสิทธิภาพการสกัดจากสาย MIC คือได้ร้อยละ 88.82 สำหรับความดัน 5, 10 และ 25 เมกกะปาสการ และได้ร้อยละ 89.41 สำหรับความดัน 14.5 และ 20 เมกกะปาสการ

สำหรับค่าผลได้ เมื่อทำการสกัดเมล็ดทานตะวันด้วยตัวทำละลายทั้งสามชนิดดังภาพที่ 31 สำหรับสาย MIC และภาพที่ 32 จากสาย PC ค่าผลได้ของความดันที่ศึกษาโดยใช้เฮกเซนสกัดที่สาย MIC ได้ผลได้ร้อยละ 85.54 สำหรับความดัน 5-15 เมกกะปาสการ และร้อยละ 84.55 สำหรับความดัน 20 และ 25 เมกกะปาสการและค่าผลได้ที่สาย PC ได้แก่ ร้อยละ 59.75 สำหรับความดัน 5, 10, 14.55 เมกกะปาสการและ ร้อยละ 58.21 สำหรับความดัน 20 และ 25 เมกกะปาสการ

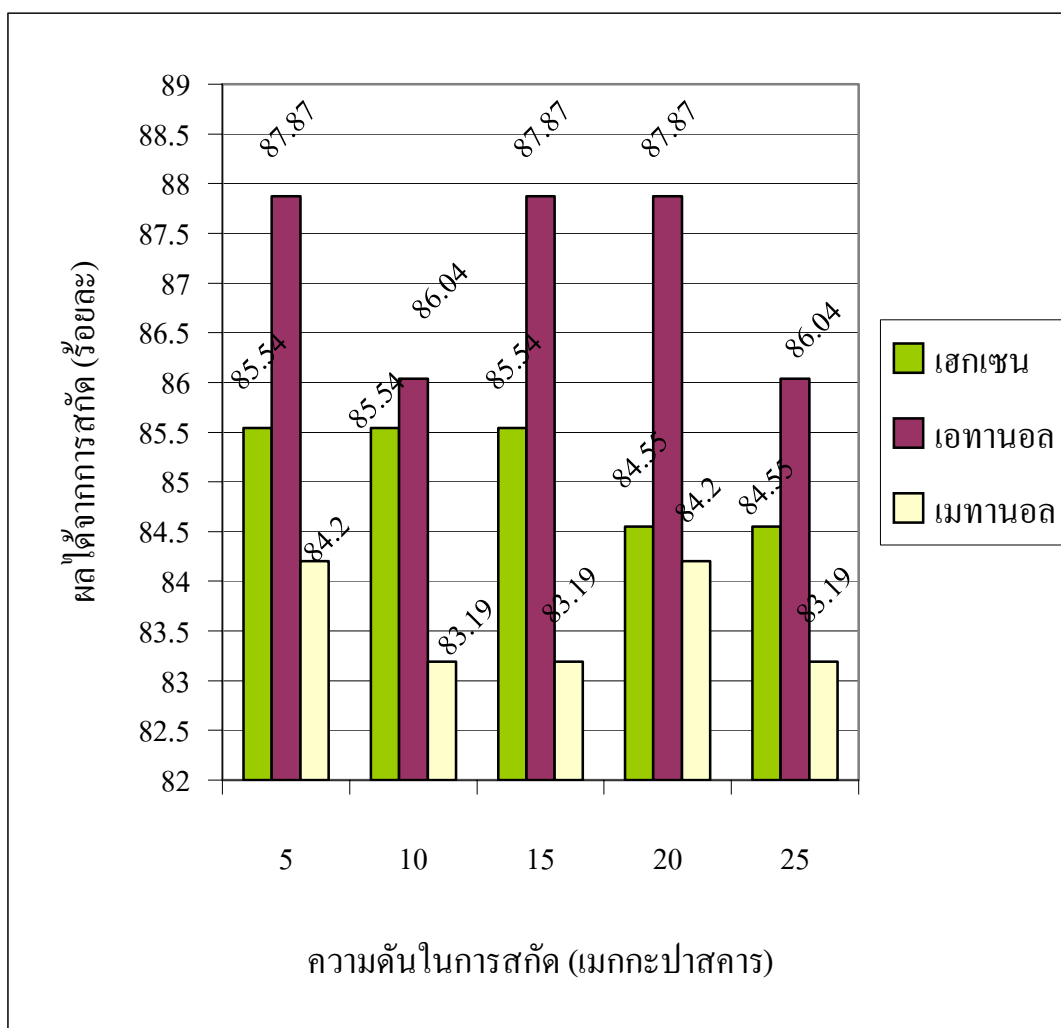
เปลี่ยนแปลงตัวทำละลายเป็นเอทานอล ที่สาย MIC ค่าผลได้การสกัดคือร้อยละ 86.02 สำหรับความดัน 10 และ 25 เมกกะปาสการ และผลได้ร้อยละ 87.87 สำหรับความดันที่เหลือ ที่สาย PC ผลได้คือได้ร้อยละ 59.54 สำหรับความดัน 5 และ 25 เมกกะปาสการ และได้ร้อยละ 60.55 สำหรับความดัน 10, 14.5 และ 20 เมกกะปาสการ



ภาพที่ 30 ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันเมล็ดทานตะวันของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่สาย MIC เปรียบเทียบความเข้มข้นในการสกัด อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืชเป็น 3 ต่อ 1 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ค่าผลได้ด้วยตัวทำละลายเมทานอลที่สาย MIC คือร้อยละ 84.20 ที่ความเข้มข้น 5 และ 20 เมกกะปาสการ และร้อยละ 83.19 สำหรับความเข้มข้นอื่นๆ ค่าผลได้ด้วยตัวทำละลายเมทานอลที่สาย PC ได้แก่ ร้อยละ 58.14 สำหรับความเข้มข้น 5, 20 และ 25 เมกกะปาสการและ ร้อยละ 59.16 สำหรับความเข้มข้น 10 และ 14.5 เมกกะปาสการ

จากการศึกษาพบว่าค่าของความเข้มข้นไม่มีผลต่อการสกัด ค่าประสิทธิภาพและค่าผลได้มีค่าใกล้เคียง กันหรือเท่ากัน สำหรับการสกัดเมล็ดทานตะวัน

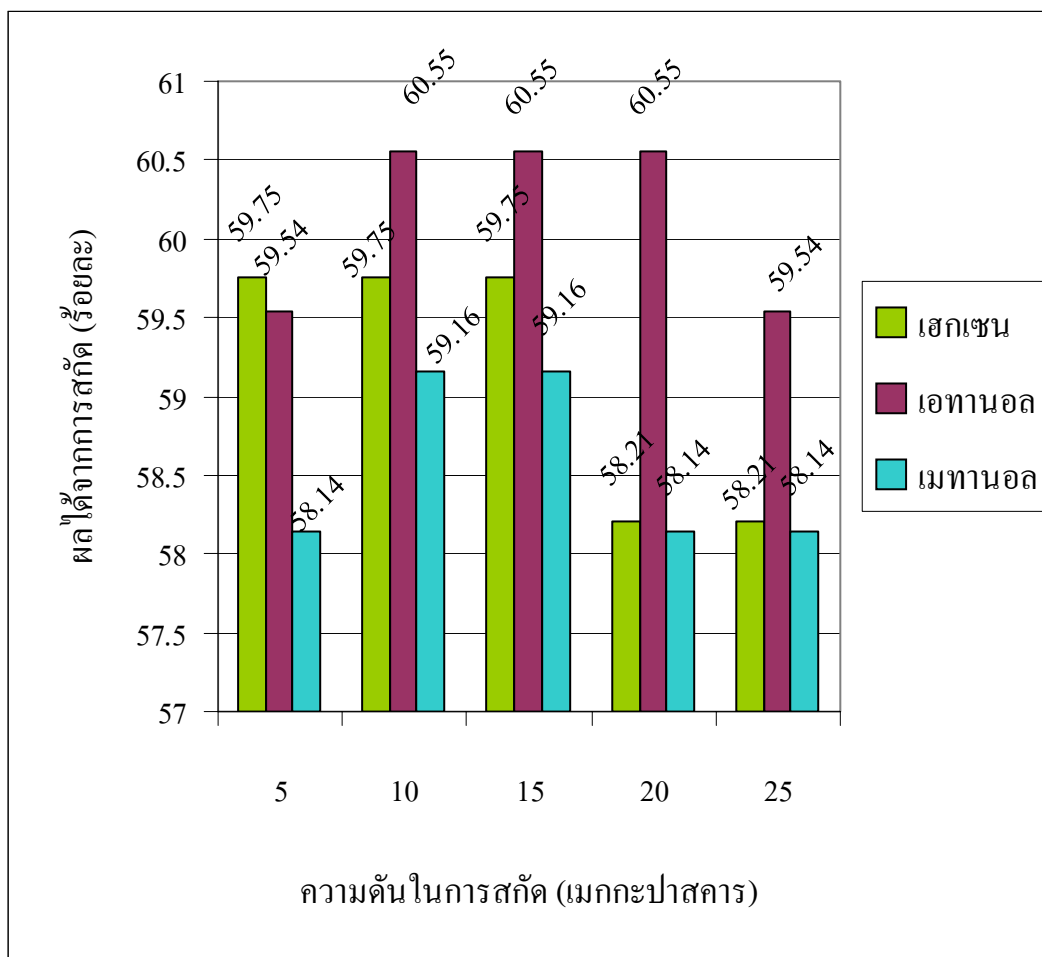


ภาพที่ 31 ค่าผลได้การสกัดน้ำมันเมล็ดทานตะวันของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่สาย MIC เปรียบเทียบความเข้มข้นในการสกัด อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืชเป็น 3 ต่อ 1 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ทำการสกัดเมล็ดสบู่ดำ ใช้ตัวทำละลายสามชนิดดั้งเดิมแสดงดังภาพที่ 33 ภาพที่ 34 และภาพที่ 35 กำหนดให้ค่าอุณหภูมิและอัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืชอยู่ที่ 70 องศาเซลเซียส และอัตราส่วน 3 ต่อ 1 จะพบว่าในตัวทำละลายเฮกเซน ประสิทธิภาพการสกัดเป็นร้อยละ 87.69 สำหรับความเข้มข้น 5, 10 และ 14.5 เมกกะปาสการและได้ร้อยละ 86.92 สำหรับความเข้มข้น 20 และ 25 เมกกะปาสการ

จากนั้นทำการเปลี่ยนแปลงตัวทำละลายเป็นเอทานอลและเมทานอล ค่าผลได้จากการสกัดของสาย MIC โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายคือร้อยละ 91.53 สำหรับความเข้มข้นที่ 10, 14.5 และ

25 เมกกะปาสการ และที่ความดัน 5 และ 20 เมกกะปาสการได้ร้อยละ 90.77 สำหรับตัวทำละลายเอทานอล และวัดจุดดับเป็นเมล็ดสบู่ดำ

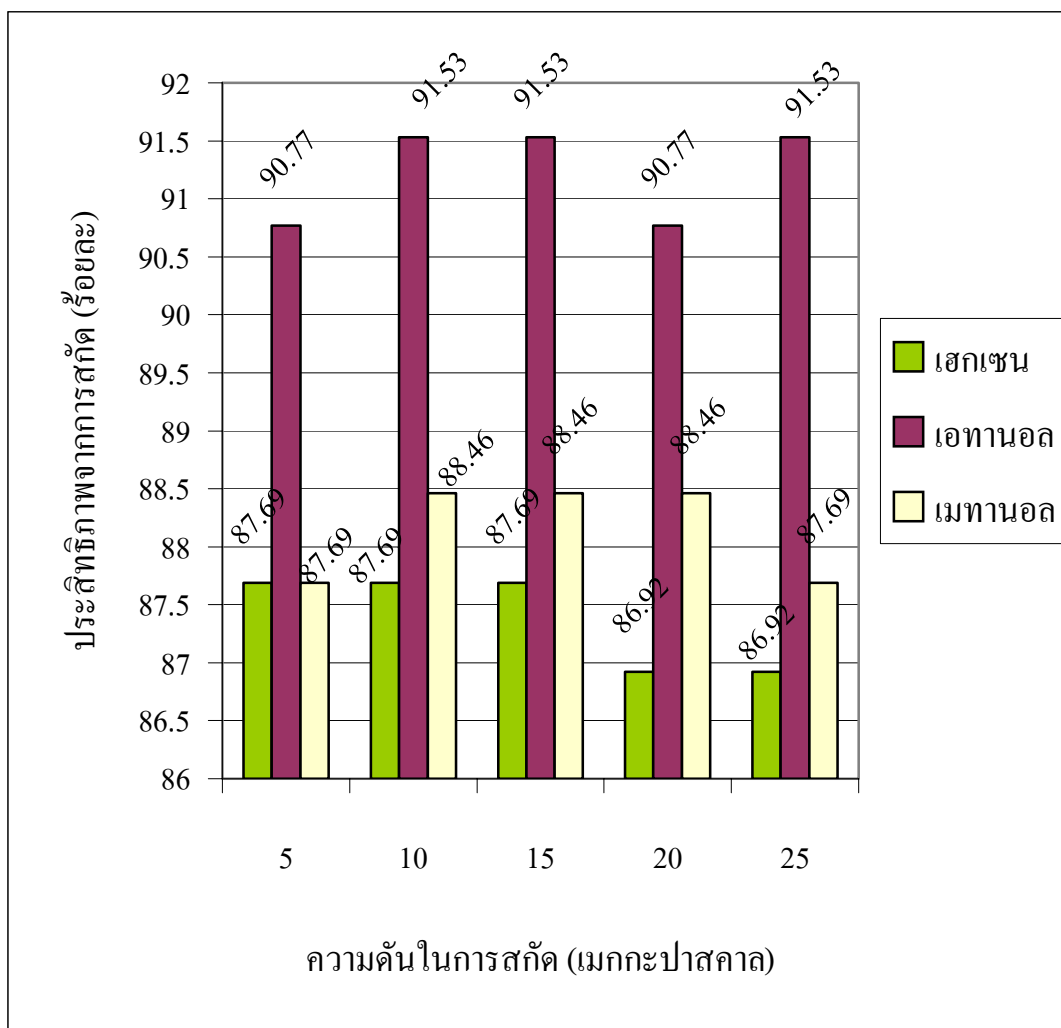


ภาพที่ 32 ค่าผลได้จากการสกัดน้ำมันเมล็ดทานตะวันของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่สาย PC เปรียบเทียบความดันในการสกัด อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืชเป็น 3 ต่อ 1 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

สำหรับเมทานอลจะได้ค่าผลได้จากการสกัดสำหรับความดัน 14.5, 20 และ 25 เมกกะปาสการเป็นร้อยละ 88.46 และที่ความดัน 5 และ 10 เมกกะปาสการเป็นร้อยละ 87.69 โดยคำนวณจากสาย MIC

สำหรับค่าผลได้ เมื่อทำการสกัดเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลายทั้งสามชนิดดังภาพที่ 34 และ 35 สำหรับสาย MIC และสาย PC ค่าผลได้ของความดันที่ศึกษาโดยใช้เฮกเซนสกัดที่สาย MIC ค่า

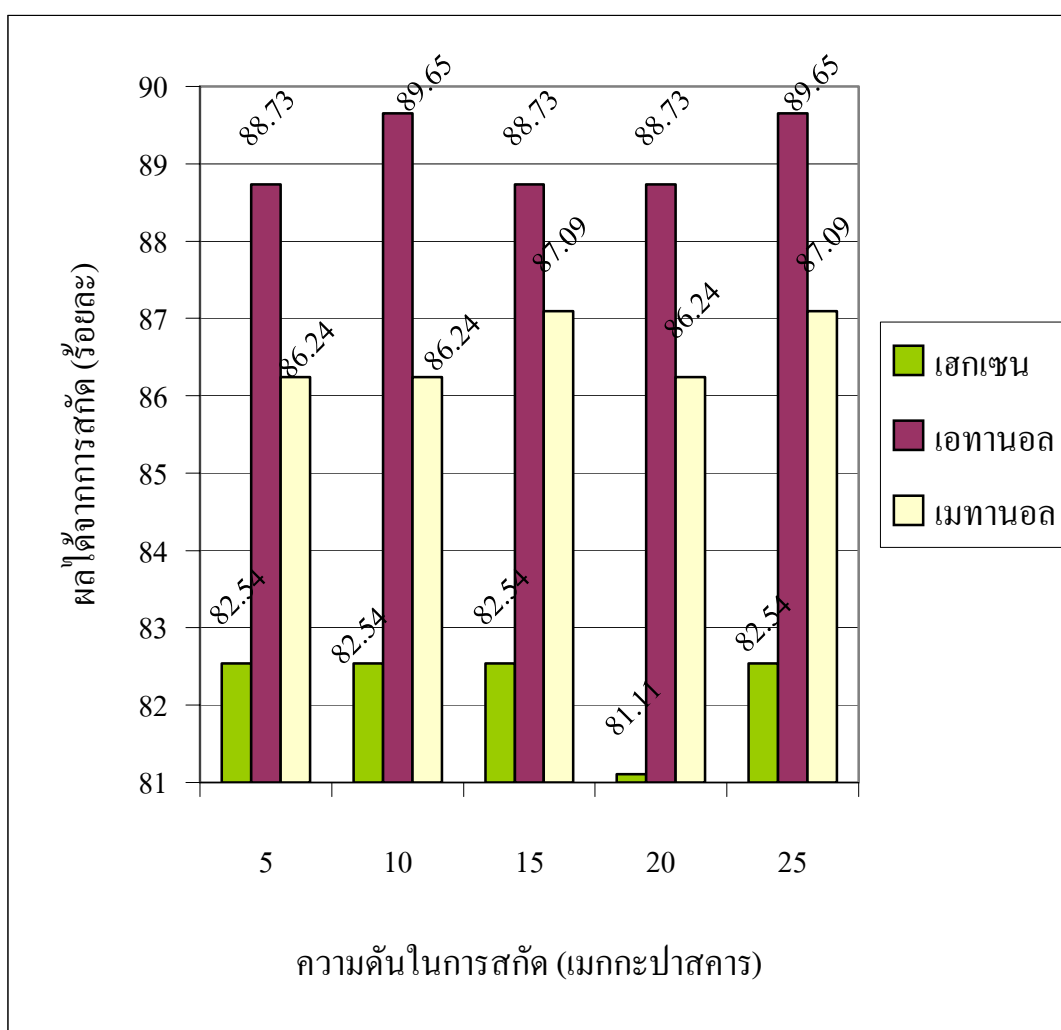
ผลได้คือร้อยละ 81.11 สำหรับความดัน 20 เมกกะปาสกาล และร้อยละ 82.54 สำหรับความดันที่เหลือสำหรับผลได้ที่สาย PC ได้แก่ ร้อยละ 55.70 สำหรับความดัน 5, 10, 14.55 เมกกะปาสกาล และร้อยละ 54.87 สำหรับความดัน 20 และ 25 เมกกะปาสกาล



ภาพที่ 33 ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันเมล็ดสบู่ดำของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่สาย MIC เปรียบเทียบความดันในการสกัด อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืชเป็น 3 ต่อ 1 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

เปลี่ยนแปลงตัวทำละลายเป็นเอทานอล ที่สาย MIC สามารถหาได้เป็นร้อยละ 89.65 ที่ความดัน 10 และ 25 เมกกะปาสกาล และผลได้ร้อยละ 88.73 สำหรับความดัน 5, 14.5 และ 20 เมกกะปาสกาล ค่าผลได้การสกัดที่สาย PC คือได้ร้อยละ 57.47 สำหรับความดัน 5 และ 20 เมกกะปาสกาล และได้ร้อยละ 58.56 สำหรับความดัน 10, 14.5 และ 25 เมกกะปาสกาล

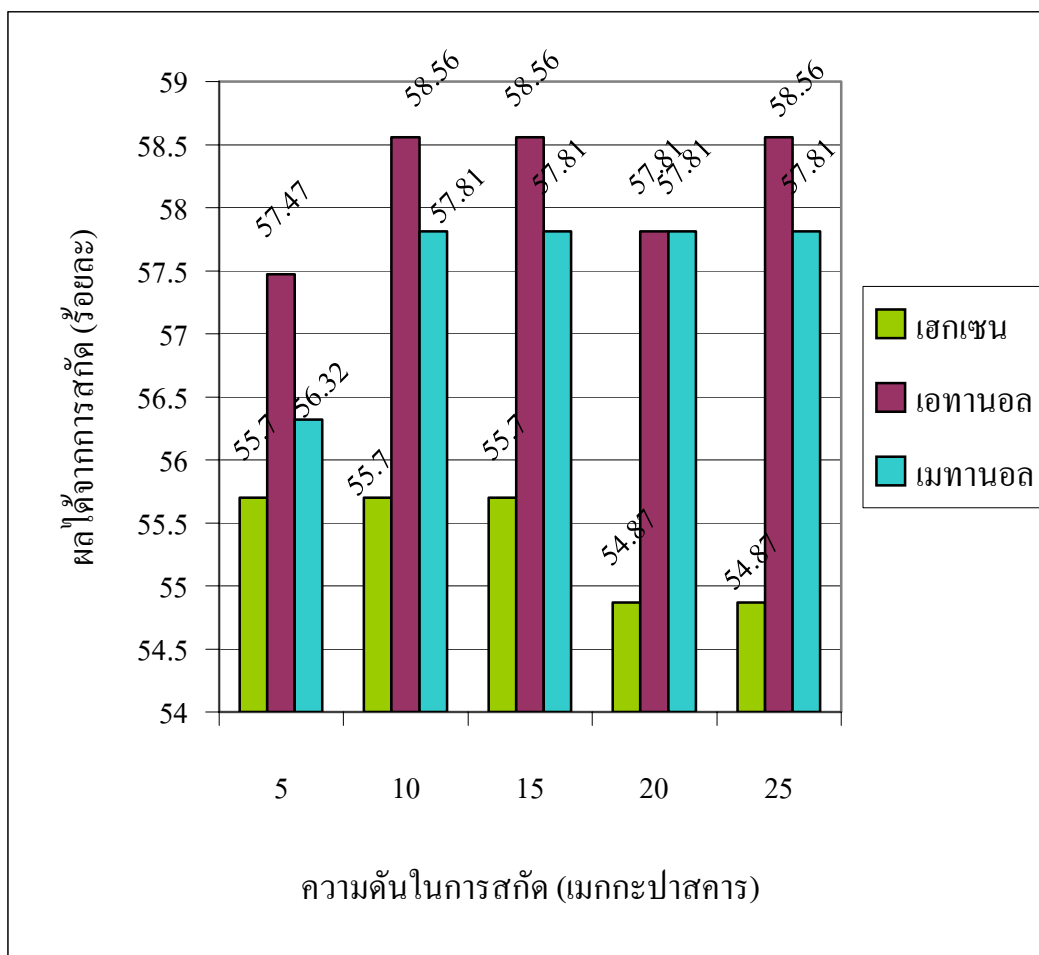
ค่าผลได้ด้วยตัวทำละลายเมทานอลที่สาย MIC ได้แก่ ร้อยละ 87.09 ที่ความดัน 14.5 และ 25 เมกะปาสกาลและที่ความดัน 5, 10 และ 20 เมกะปาสกาลสกัดได้ผลได้ร้อยละ 86.24 สำหรับสาย PC ค่าผลได้จากการสกัดคือ ร้อยละ 56.32 สำหรับความดัน 5 เมกะปาสกาลและ ร้อยละ 57.81 สำหรับความดัน 10, 14.5, 20 และ 25 เมกะปาสกาล



ภาพที่ 34 ค่าผลได้การสกัดน้ำมันเมล็ดสบู่ดำของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่สาย PC เปรียบเทียบความดันในการสกัด อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืชเป็น 3 ต่อ 1 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

จะเห็นว่าความดันไม่ค่อยส่งผลกระทบต่อ การสกัด ประสิทธิภาพค่าผลได้จากการสกัดในทุกผลการทดลองจะมีค่าใกล้เคียงกัน แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งจริงอาจใกล้เคียงกันมาก และการประมวลผลของโปรแกรมจะมีค่าผลได้ในรูปของอัตราไหลในรูปโมลที่แตกต่างกันเพียง 0.001

เท่านั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าค่าผลได้ใกล้เคียงกันมาก ความดันจึงส่งผลเพียงเล็กน้อยหรือเทียบไม่มีผลใดๆ ที่เลือกใช้ 1 บรรยากาศกันมากนั้นเนื่องมาจากค่าใช้จ่ายที่มีค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นต้องมีการลงทุนสูง

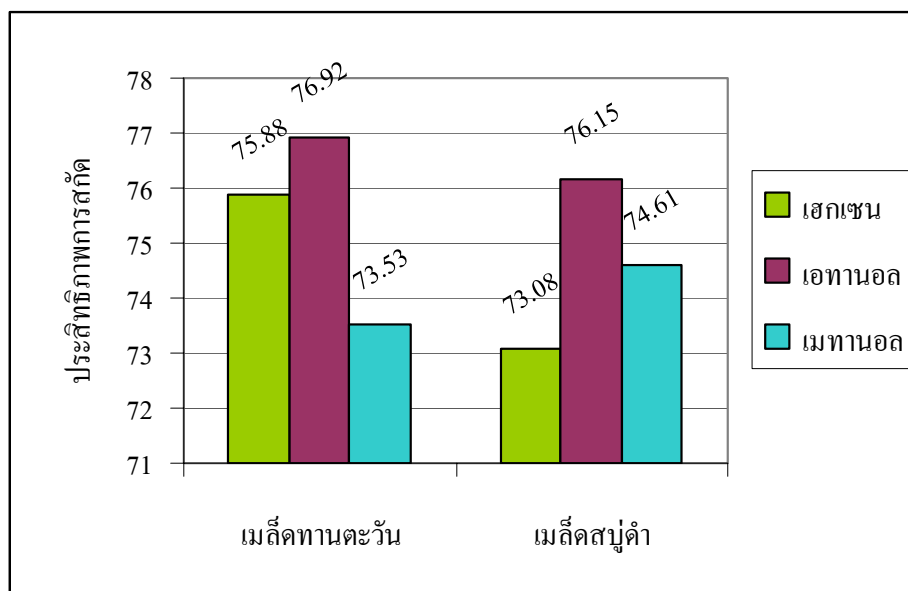


ภาพที่ 35 ค่าผลได้การสักรัดน้ำมันเมล็ดสบู่ดำของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่สาย PC เปรียบเทียบความดันในการสักรัด อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืชเป็น 3 ต่อ 1 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

4. ผลของชนิดตัวทำละลายต่อการสักรัด

เมื่อพิจารณาว่าตัวทำละลายชนิดใดให้ผลได้มากที่สุดต่อการสักรัด แสดงการเปรียบเทียบค่าผลได้ของแต่ละตัวทำละลายในภาพที่ 34 โดยพิจารณาที่ความดัน 14.5 เมกกะปาสการ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืชเป็น 3 ต่อ 1 เมื่อทำการเปรียบเทียบผล

ของตัวทำละลายว่าชนิดใดสามารถสกัดได้ดีที่สุด ผลว่าตัวทำละลายที่ให้ผลดีที่สุดคือ เอทานอลซึ่งสามารถหาค่าประสิทธิภาพจากการสกัดถึงร้อยละ 76.92 สำหรับเมล็ดทานตะวัน และร้อยละ 76.15 สำหรับเมล็ดสบู่ดำ ส่วนสำหรับตัวทำละลายเฮกเซนและตัวทำละลายเมทานอลนั้น อาจกล่าวได้ว่าตัวทำละลายเฮกเซนมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า โดยดูได้จากการสกัดเมล็ดดอกทานตะวัน เฮกเซนสกัดได้สูงกว่าที่ร้อยละ 75.88 ส่วนที่เมล็ดสบู่ดำสามารถสกัดได้ผลได้เพียง 73.08 ซึ่งแตกต่างกันแต่เมื่อพิจารณาตัวทำละลายเมทานอลแล้วพบว่าความแตกต่างนั้นค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับความแตกต่างในตัวทำละลายเฮกเซน ซึ่งในเมล็ดทานตะวันสกัดได้ร้อยละ 73.53 ส่วนเมล็ดสบู่ดำสกัดได้ร้อยละ 74.61 ดังนั้นตัวทำละลายที่ดีสุดในการสกัดคือเอทานอล



ภาพที่ 36 เปรียบเทียบตัวทำละลายที่เลือกใช้กับเมล็ดพืชทั้งสองชนิด

5 ผลการศึกษาของอัตราป้อนเข้าสารตั้งต้น

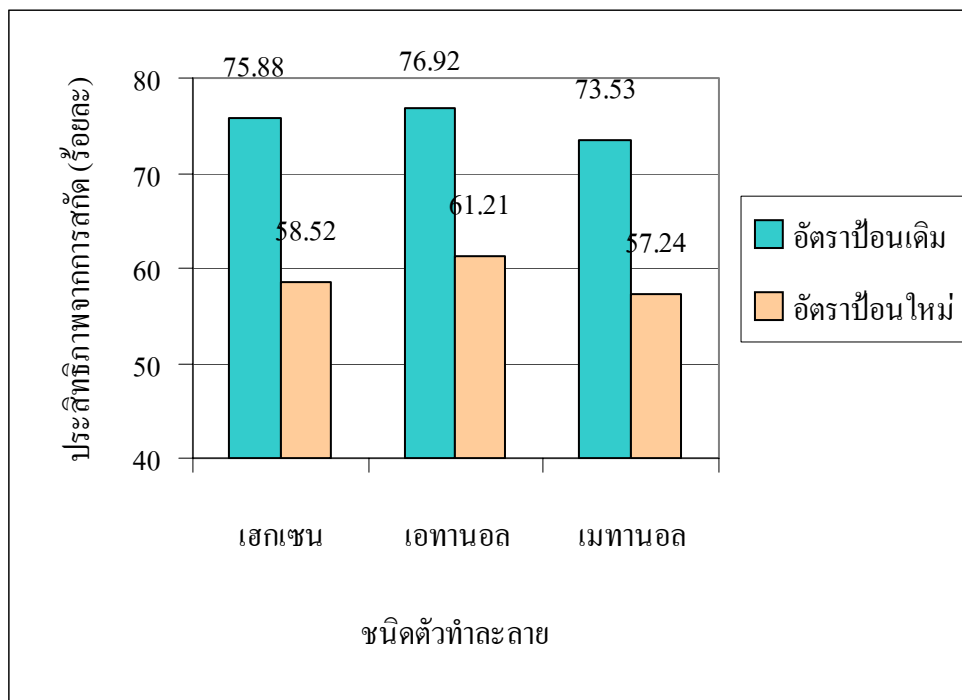
ในส่วนผลการศึกษาอื่นจะใช้อัตราการป้อนเข้าของสารตั้งต้นหรือเมล็ดพืชที่ใช้อัตราส่วนโมลในการป้อนเข้า เพื่อการดูผลกระทบหากมีการเพิ่มปริมาณของเมล็ดพืชที่ใช้ โดยสำหรับเมล็ดทานตะวันนั้นอัตราป้อนเข้าเดิมอยู่ที่ 193 ปอร์นต่อชั่วโมง และเมล็ดสบู่ดำอยู่ที่ 153 ปอร์นต่อชั่วโมง ได้เพิ่มอัตราการป้อนเมล็ดทานตะวันเป็น 220 ปอร์นต่อชั่วโมง และเมล็ดสบู่ดำเป็น 200 ปอร์นต่อชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 15 โดยสภาวะที่ใช้คือความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันพืชเป็น 3 ต่อ 1

ตารางที่ 17 ค่าอัตราการป้อนของสารตั้งต้น

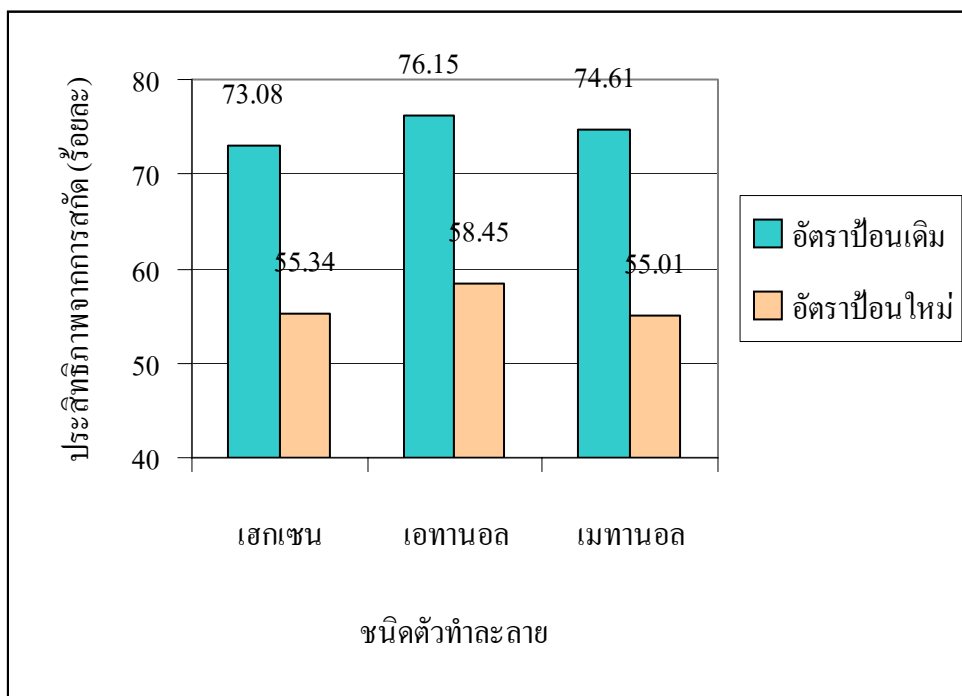
สาร	อัตราที่ได้ในรูปมวล (mass) (ปอร์นต่อชั่วโมง)		อัตราที่ได้ในรูปโมล (mole) (ปอร์นโมลต่อชั่วโมง)	
	อัตราเดิม	อัตราใหม่	อัตราเดิม	อัตราใหม่
1. เมล็ดทานตะวัน				
เมล็ดพืช	192.014	250.000	-	-
- ไตรโอเลอิก	-	-	0.177	0.217
- เดดโตรส	-	-	0.231	0.323
ตัวทำละลาย			-	-
- เฮกเซน	94.994	170.000	1.204	1.973
- เอทานอล	55.454	100.000	1.204	1.973
- เมทานอล	38.57	85.000	1.204	1.973
2. เมล็ดสบู่ดำ				
เมล็ดพืช	152.508	220.000	-	-
- ไตรโอเลอิก	-	-	0.13	0.188
- เดดโตรส	-	-	0.207	0.299
ตัวทำละลาย		-	-	-
- เฮกเซน	85.495	150.000	1.012	1.741
- เอทานอล	46.416	90.000	1.012	1.741
- เมทานอล	32.424	80.000	1.012	1.741

เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการสกัดสำหรับเมล็ดทานตะวันแสดงในภาพที่ 37 ซึ่งพบว่าอัตราการป้อนใหม่มีค่าลดลงโดยสกัดได้ร้อยละ 58.52, 61.21 และ 57.24 ในสำหรับตัวทำละลายเฮกเซน เอทานอล และเมทานอลตามลำดับ ในขณะที่อัตราเดิมได้ร้อยละ 75.88, 76.92 และ 73.53

เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการสกัดสำหรับเมล็ดสบู่ดำแสดงในภาพที่ 38 ซึ่งพบว่าอัตราการป้อนใหม่มีค่าลดลงโดยสกัดได้ร้อยละ 55.34, 58.45 และ 55.01 ในสำหรับตัวทำละลายเฮกเซน เอทานอล และเมทานอลตามลำดับ ในขณะที่อัตราเดิมได้ร้อยละ 73.08, 76.15 และ 74.61



ภาพที่ 37 เปรียบเทียบอัตราการป้อนเข้าของสาร โดยทำการสกัดเมล็ดทานตะวัน



ภาพที่ 38 เปรียบเทียบอัตราการป้อนเข้าของสาร โดยทำการสกัดเมล็ดสบู่ดำ

วิเคราะห์ได้ว่าการเพิ่มปริมาณการสกัดจะทำให้ความสามารถในการสกัดเป็นไปได้น้อยลง เนื่องปริมาณสารตั้งต้นที่มีมาก ทำให้พื้นที่การสัมผัสของตัวทำละลายกับเมล็ดพืชทำได้ไม่ได้ไม่เต็มที่ เพราะมีการอัดกันแน่นของสารตั้งต้น เป็นไปตามทฤษฎีที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ ที่ปริมาณของสารตั้งต้นต้องมีความเหมาะสม เพื่อให้การสัมผัสกับตัวทำละลายเป็นไปได้ดี การซึมเข้าไปจะทำได้ดีเมื่อมีพื้นที่การสัมผัสมาก แต่หากให้อัตราป้อนน้อยเกินไป จะไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

ผลการศึกษาจาก ASPEN ICARUS

ในส่วนนี้จะทำการหาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม ASPEN ICARUS โดยทำการمينค่าการลงทุนและรายรับจากผลผลิตภัณฑ์หลัก และผลิตภัณฑ์พลอยได้ โดยทดลองดูความแตกต่างกันของตัวทำละลายทั้งสามชนิด และเมล็ดน้ำมันพืชทั้งสองชนิด

สำหรับค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันของทุกตัวทำละลายนั่นคือ ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงาน และราคาค่าแรงต่างๆ รวมไปถึงค่าใช้จ่ายในส่วนของคุณค่าสาธารณูปโภค เช่น ค่าไฟที่ใช้จ่าย การดำเนินโปรแกรมควรกำหนดถึงที่ตั้งโรงงาน เช่นประเทศไทย เป็นต้น เพราะราคาอุปกรณ์ที่มีในฐานข้อมูลในโปรแกรมจะแตกต่างกัน และรวมไปถึงค่าบำรุงรักษาต่างๆ เนื่องจากสถานะอากาศที่แตกต่างกัน การดำเนินการในโปรแกรมต้องเปลี่ยนค่าให้เป็นหน่วยของเงินดอลลาร์สหรัฐ ก่อนที่จะดำเนินการต่างๆ

นอกจากนี้ยังกำหนดให้สารตั้งต้นประกอบด้วยเมล็ดน้ำมันพืช และตัวทำละลายที่เลือกใช้ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจะประกอบด้วย ตัวทำละลายที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ น้ำมันพืชที่นำมาผลิตไบโอดีเซล และส่วนกากที่นำมาขายในโรงงานอาหารสัตว์ รวมไปถึงโรงงานผลิตปุ๋ยต่อไป

จากตารางที่ 18 แสดงราคาของอุปกรณ์ที่โปรแกรมประเมินออกมาจากฐานข้อมูลโดยแสดงในช่องที่ 4 ส่วนช่องที่ 3 แสดงผลของการราคาของอุปกรณ์ที่ใช้ตลอดวัฏจักรของอุปกรณ์ตลอด 20 ปีที่ใช้งาน ราคาคงของเครื่องสกัดเริ่มต้นจะอยู่ที่ 14,500 ดอลลาร์สหรัฐเมื่อดำเนินการไปครบเวลาที่ตั้งไว้ในบทที่ 3 คือ 20 ปีคือ 126,100 ดอลลาร์สหรัฐ ส่วนสำหรับเครื่อง HEAT1, HEAT2 นั้นไม่แสดงราคาเนื่องจากราคาของอุปกรณ์ทั้งสองเมื่อเทียบกับราคาของชนิดอื่นไม่มีผลมาก เครื่องแยกหรือ SEP1 หอกลั่นแยกโดยใช้ความร้อนเป็นตัวแยก สำหรับ T1 หรือถังพักสารตัวทำละลายกำหนดให้เป็นถังทรงกระบอก โดยปรับความดันในการรักษา

ตารางที่ 18 แสดงผลการประเมินราคาของอุปกรณ์แต่ละชนิดที่ใช้ในแผนผัง

Component Name	Component Type	Total Direct Cost (USD)	Equipment Cost (USD)
EX1	DTW TRAYED	126,100	14,500
HEAT2	DHE FLOAT HEAD		
SEP1-flash vessel	LON VER EV	62,100	22,100
T1	DVT CYL STORAGE	85,700	14,400
SPLIT	AGI END-CLOSE	75,200	11,300

ในการพิจารณาผลกำไรในขั้นตอนสุดท้ายต้องมีการนำค่าของอุปกรณ์มาใช้คำนวณด้วย แต่ในทุกกรณีมีค่าเท่ากัน เนื่องจากใช้อุปกรณ์ประเภทเดียวกัน และระยะเวลาที่ใช้ดำเนินการคือที่ 20 ปี เท่ากันในทุกกรณี ทำให้ผลของในส่วนนี้ไม่มีส่งผลกระทบต่อมากนัก สำหรับการคำนวณหาค่าประเมินผลกำไรที่จะแสดงต่อไป สำหรับการประเมินในงานวิจัยนี้

ตารางที่ 19 แสดงส่วนการลงทุนเรื่องของอุปกรณ์ เป็นค่าการลงทุนในส่วนของวัสดุ รวมทั้งนำมาสร้างอุปกรณ์ทั้ง 6 ชนิดที่ใช้ในแผนผังการผลิตดังแสดงประเภทการผลิตในตารางที่ 18 โดยรวมไปถึงค่าใช้จ่ายในส่วนของแรงงาน โดยค่าทั้งหมดจะแสดงในหน่วยของดอลลาร์สหรัฐ ค่าอุปกรณ์เหล่านี้จะมีค่าเท่ากันทั้งหมดในทุกกรณีที่ทำการศึกษา เพราะใช้แผนผังการผลิตเดียวกัน และกำหนดระยะเวลาในการทำงานที่ 20 ปีเท่ากัน

ตารางที่ 19 แสดงค่าใช้จ่ายรวมสุทธิ

รายการ	วัสดุ (USD)	Man-Hour (USD)	Man-Power (USD)
อุปกรณ์และค่าติดตั้ง	62,400	133	2,926.9
ท่อเชื่อม	48,901	1,908	45,803.9
แรงงาน	10,435.7	543	10,005.8
โครงเหล็ก	7,530.3	205	3,968.3
เครื่องมือ	346,904	1,703	40,727.1
ค่าไฟ	276,577	1,918	43,223.2

ตารางที่ 19 แสดงค่าใช้จ่ายรวมสุทธิ (ต่อ)

รายการ	วัสดุ (USD)	Man-Hour (USD)	Man-Power (USD)
ฉนวน	10,271.3	310	6,319.6
ตกแต่ง	2,379	280	4,785.3
อื่นๆ	53,700	-	-
รวมสุทธิ	820,898	7,000	157,760.1

1. ผลจากเมล็ดดอกทานตะวัน

เมื่อเลือกใช้เมล็ดดอกทานตะวันในการสกัดน้ำมัน โดยเลือกใช้ตัวทำละลายทั้งสามชนิดดังนี้ เฮกเซน เอทานอล และเมทานอล ส่วนของค่าใช้จ่ายในการลงทุนเบื้องต้นซึ่งใช้สำหรับการติดตั้งและจ่ายอุปกรณ์และเครื่องมือทางกลที่จำเป็น ซึ่งครอบคลุมไปถึงในส่วนของที่ดินที่นำมาสร้างโรงงานการผลิต และยังมีค่าท่อเชื่อมอุปกรณ์ ค่าบำรุงรักษา และค่าไฟฟ้าที่ใช้ โดยค่าใช้จ่ายส่วนนี้เรียกค่าทุนเริ่มต้น (Capital cost) โดยแสดงไว้ในตารางที่ 20 ทั้งสามกรณี

ตารางที่ 20 ค่าใช้จ่ายเริ่มต้นสำหรับการผลิตโดยสารตั้งต้นเป็นเมล็ดดอกทานตะวัน

ค่าตัวแปร	มูลค่า (USD)		
	เฮกเซน	เอทานอล	เมทานอล
- ค่าอุปกรณ์	62,100	62,100	62,100
- ค่าติดตั้งอุปกรณ์	2,926.9	2,926.9	2,926.9
- ค่าท่อเชื่อม	91,613.5	91,613.5	91,613.5
- ค่าแรงงาน	20,273.8	20,273.8	20,273.8
- ค่าเหล็ก	11,113.2	11,113.2	11,113.2
- ค่าบำรุงรักษา	386,236	386,236	386,236
- ค่าไฟ	319,800	319,800	319,800
- ค่าฉนวนกันความร้อน	12,471.5	12,471.5	12,471.5
- ค่าตกแต่ง	6,848.1	6,848.1	6,848.1
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	988,100	988,100	988,100
- ค่ารับเหมา	0	0	0

ตารางที่ 20 ค่าใช้จ่ายเริ่มต้นสำหรับการผลิตโดยสารตั้งต้นเป็นเมล็ดดอกทานตะวัน (ต่อ)

ค่าตัวแปร	มูลค่า (USD)		
	เฮกเซน	เอทานอล	เมทานอล
- ค่าสาธารณูปโภค	400,82.5	400,82.5	400,82.5
- นิตกรรมสัญญา	130,739	130,739	130,739
- ค่าใช้จ่ายฉุกเฉิน	373,015	373,015	373,015
- ค่าพิเศษ	0	0	0
ค่าใช้จ่ายเริ่มต้นรวมทั้งหมด	2,450,000	2,450,000	2,450,000
ค่าใช้จ่ายเริ่มต้นรวมสุทธิ	2,550,000	2,550,000	2,550,000

จะพบว่าในส่วนของค่าใช้จ่ายเริ่มต้นมีค่าเท่ากันในทุกโครงการ สำหรับตารางที่ 21 จะแสดงค่าการดำเนินการในเมื่อเริ่มดำเนินการไปแล้ว ซึ่งประกอบไปด้วยค่าแรงงาน ค่าใช้ในการบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายที่สำคัญอื่นๆ เมื่อทำงานไปแล้ว แสดงในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสำหรับเมล็ดดอกทานตะวัน

ค่าตัวแปร	มูลค่า(USD/ปี)		
	เฮกเซน	เอทานอล	เมทานอล
- ค่าแรงงานในการดำเนินงาน	28,800	28,800	28,800
- ค่าบำรุงรักษาเครื่องมือ	3,250	3,250	3,250
- ค่าธรรมเนียม	6,624	6,624	6,624
- ค่าใช้จ่ายเบื้องต้น	16,025	14,521.5	15,384
- ค่าสาธารณูปโภค	14,817	14,817	14,817
- ค่าสารตั้งต้น	107,194	163,856	124,426
ค่าดำเนินการรวมทั้งหมด	177,286	232,089	193,301
ค่า G และค่า A	14,182.8	18,567.1	15,464
ค่าดำเนินการสุทธิ	191,468	250,656	208,765

จากตารางที่ 21 ค่าดำเนินการรวมคือค่าซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการทำงานตามโครงการจริงๆ เมื่อรวมกับค่าการขายตัวหรือค่า G และค่า ซึ่งจะได้ค่าใช้จ่ายสุทธิ ซึ่งต้องจ่ายในทุกๆปี แต่มูลค่าที่แสดงนี้จะเป็นค่าที่ใช้จ่ายในปีแรก ส่วนปีอื่นๆ จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีค่าอัตราเงินเฟ้อ จากนั้นนำมาคำนวณว่าโครงการนี้มีความคุ้มทุนหรือไม่ และโครงการใดให้ผลกำไรได้ดีที่สุด ต้องนำราคารวมมาคำนวณกำไรนั้น โดยแสดงข้อมูลในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 แสดงราคารวมของวัตถุดิบและผลกำไรในการสกัดเมล็ดดอกทานตะวัน

ค่าตัวแปร	หน่วย	ค่าที่ได้ (USD)
1. ตัวทำละลายเฮกเซน		
- Total Project Capital Cost	ราคา	2,550,000
- Total Raw Material Cost	ราคา/ปี	107,194
- Total Product Sales	ราคา/ปี	866,240
- Total Operating Labor and Maintenance Cost	ราคา/ปี	32,050
- Total Utilities Cost	ราคา/ปี	14,817
- Total Operating Cost	ราคา/ปี	191,468
2. ตัวทำละลายเอทานอล		
- Total Project Capital Cost	ราคา	2,550,000
- Total Raw Material Cost	ราคา/ปี	163,856
- Total Product Sales	ราคา/ปี	841,664
- Total Operating Labor and Maintenance Cost	ราคา/ปี	32,270
- Total Utilities Cost	ราคา/ปี	14,817
- Total Operating Cost	ราคา/ปี	250,656
3. ตัวทำละลายเมทานอล		
- Total Project Capital Cost	ราคา	2,680,000
- Total Raw Material Cost	ราคา/ปี	124,426
- Total Product Sales	ราคา/ปี	802,976
- Total Operating Labor and Maintenance Cost	ราคา/ปี	32,050
- Total Utilities Cost	ราคา/ปี	14,817
- Total Operating Cost	ราคา/ปี	208,765

จากนั้นนำข้อมูลจากตารางที่ 22 มาใช้ในการคำนวณสามารถในการให้กำไรได้
 กลุ่มทุนหรือไม่ ซึ่งมีวิธีการคิดอยู่ 5 แบบ ได้แก่ Internal rate of return (IRR), discount cash flow, net
 present value (NPV), capitalized costs and payback period. สำหรับโปรแกรม IPE สามารถคำนวณ
 ผลออกมาได้ 3 รูปได้แก่ IRR, NPV และ payback period ซึ่งค่าทั้งสามแสดงในตารางที่ 23

ตารางที่ 23 แสดงค่าประเมินผลกำไรทั้ง 3 ประเภท

ประเภทของการประเมิน	หน่วย	มูลค่า
1. ตัวทำละลายเฮกเซน		
- Internal Rate of Return (IRR)	เปอร์เซ็นต์	24.4018
- Net Present Value (NPV)	ดอลลาร์	600,346
- Payback period	สหรัฐ ปี	11.3234
2. ตัวทำละลายเอทานอล		
- Internal Rate of Return (IRR)	เปอร์เซ็นต์	21.7783
- Net Present Value (NPV)	ดอลลาร์	242,930
- Payback period	สหรัฐ ปี	15.0647
3. ตัวทำละลายเมทานอล		
- Internal Rate of Return (IRR)	เปอร์เซ็นต์	21.0889
- Net Present Value (NPV)	ดอลลาร์	153,111
- Payback period	สหรัฐ ปี	16.6687

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 23 จะพบว่าในกรณีที่ 1 คือตัวทำละลายเฮกเซนให้ผลกำไรที่ดี
 ที่สุด เมื่อพิจารณาจากค่า IRR มีค่าที่สูงกว่าค่าที่ตั้งไว้เริ่มต้นคือที่ 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่า IRR ดังนั้น
 การลงทุนจึงคุ้มทุนในทุกกรณี แต่ในกรณีแรกค่า IRR คิดได้ 24.4018 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่สูงสุด
 จากทั้งสามกรณี เมื่อพิจารณาจากค่าอื่น ค่า NPV มีค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับกรณีอื่นคือในปีที่ 20 จะ
 ให้ผลกำไรสุทธิที่ 600,346 ดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งในตัวทำละลายอีกสองชนิดจะให้ที่ 242,930 และ
 153,111 ดอลลาร์สหรัฐสำหรับตัวทำละลายเอทานอลและตัวทำละลายเมทานอล และปีที่ให้ผล
 กำไรกลับคืนหรือ Payback period ของกรณีที่ 1 คือปีที่ 11 ซึ่งดีที่สุดส่วนในอีก 2 กรณีจะให้ผล

กำไรกลับมาที่ปีที่ 15 และปีที่ 16 ในกรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 สำหรับตัวทำละลายที่ให้ผลที่ดีเป็นอันดับที่ 2 คือตัวทำละลายเอทานอลโดยพิจารณาจากข้อมูลข้างต้น พบว่าค่าทั้งสามมีค่าสูงกว่าตัวทำละลายเมทานอล

สำหรับค่า NPV ต้องพิจารณาร่วมกับค่า Total Project Capital Cost และค่า Total Operating Cost โดยแสดงในตารางที่ 5 ในกรณีใช้ตัวทำละลายเฮกเซนผลเงินที่ได้มาในปีสุดท้ายคือ 600,341 ดอลลาร์สหรัฐ แต่การลงทุนคือ 2,550,000 ดอลลาร์สหรัฐ จะเห็นว่าการลงทุนในขั้นต้นสูงกว่ามาก และปีที่ค่ากำไรเริ่มเป็นให้ผลกลับมาคือปีที่ 11 สำหรับเอทานอล การลงทุนอยู่ที่ 2,550,000 ดอลลาร์สหรัฐ ผลกำไรสุทธิปีสุดท้ายอยู่ที่ 242,930 ดอลลาร์สหรัฐ และเมทานอลอยู่ที่ 153,111 ดอลลาร์สหรัฐสำหรับผลกำไรสุทธิปีสุดท้าย การลงทุนในปีแรกที่ 2,680,000 ดอลลาร์สหรัฐ อาจสรุปได้ว่าสามารถลงทุนได้ในทุกกรณี และเพื่อที่จะให้กำไรได้มาก ผลที่ให้กลับมาอาจใช้เวลานานกว่าที่จะคุ้มทุน ผลกำไรรวมแล้วไม่ติดลบ

2. ผลจากเมล็ดสนุ่นดำ

ได้เปลี่ยนวัตถุดิบน้ำมันพืชมาเป็นเมล็ดสนุ่นดำ โดยเลือกใช้ตัวทำละลายทั้งสามชนิดดังนี้ เฮกเซน เอทานอล และเมทานอล ในตารางที่ 24 และ 25 จะเป็นการแสดงค่าใช้จ่ายเริ่มต้นสำหรับแผนผังการผลิตน้ำมันจากเมล็ดสนุ่นดำ โดยตารางที่ 24 เป็นการแสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างโรงงานเริ่มต้น

ตารางที่ 24 ค่าใช้จ่ายเริ่มต้นสำหรับการผลิตโดยสารตั้งต้นเป็นเมล็ดสนุ่นดำ

ค่าตัวแปร	มูลค่า (USD)		
	เฮกเซน	เอทานอล	เมทานอล
- ค่าอุปกรณ์	62,100	62,100	62,100
- ค่าติดตั้งอุปกรณ์	29,26.9	2,926.9	2,926.9
- ค่าท่อเชื่อม	91,613.5	91,613.5	91,613.5
- ค่าแรงงาน	20,273.8	20,273.8	20,273.8
- ค่าเหล็ก	11,113.2	11,113.2	11,113.2
- ค่าบำรุงรักษา	286,236	286,236	286,236
- ค่าไฟ	319,800	319,800	319,800

ตารางที่ 24 ค่าใช้จ่ายเริ่มต้นสำหรับการผลิตโดยสารตั้งต้นเป็นเมล็ดสับุดำ (ต่อ)

ค่าตัวแปร	มูลค่า (USD)		
	เฮกเซน	เอทานอล	เมทานอล
- ค่าฉนวนกันความร้อน	12,471.5	12,471.5	12,471.5
- ค่าตกแต่ง	6,848.1	6,848.1	6,848.1
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	988,100	988,100	988,100
- ค่ารับเหมา	0	0	0
- ค่าสาธารณูปโภค	400,82.5	40,082.5	40,082.5
- นิติกรรมสัญญา	130,739	130,739	130,739
- ค่าใช้จ่ายฉุกเฉิน	373,015	373,015	373,015
- ค่าพิเศษ	0	0	0
ค่าใช้จ่ายเริ่มต้นรวมทั้งหมด	2,450,000	2,450,000	2,450,000
ค่าใช้จ่ายเริ่มต้นรวมสุทธิ	2,010,000	2,010,000	2,010,000

ตารางที่ 25 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสำหรับเมล็ดสับุดำ

ค่าตัวแปร	มูลค่า(USD/ปี)		
	เฮกเซน	เอทานอล	เมทานอล
- ค่าแรงงานในการดำเนินงาน	28,800	28,800	28,800
- ค่าบำรุงรักษาเครื่องมือ	3,250	3,250	3,250
- ค่าธรรมเนียม	6,624	6,624	6,624
- ค่าใช้จ่ายเบื้องต้น	15,384	15,769	15,384
- ค่าสาธารณูปโภค	14,817	14,817	14,817
- ค่าสารตั้งต้น	602,74.5	118,975	76,037.2
ค่าดำเนินการรวมทั้งหมด	129,150	178,235	144,911
ค่า G และค่า A	10,331	14,258.8	11,592.9
ค่าดำเนินการสุทธิ	139,481	192,494	15,6504

จะพบว่าในส่วนของการใช้จ่ายเริ่มต้นมีค่าเท่ากันในทุกโครงการ สำหรับตารางที่ 25 จะแสดงค่าการดำเนินการในเมื่อเริ่มดำเนินการไปแล้ว ซึ่งประกอบไปด้วยค่าแรงงาน ค่าใช้ในการบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายที่สำคัญอื่นๆ เมื่อทำงานไปแล้ว

จากตารางที่ 25 ค่าดำเนินการรวมคือค่าซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการทำงานตามโครงการจริงๆ เมื่อรวมกับค่าการขยายตัวหรือค่า G และค่า ซึ่งจะได้ค่าใช้จ่ายสุทธิ ซึ่งต้องจ่ายในทุกๆปี แต่มูลค่าที่แสดงนี้จะเป็นค่าที่ใช้จ่ายในปีแรก ส่วนปีอื่นๆ จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีค่าอัตราเงินเฟ้อ

สำหรับราคาของต้นทุนและราคาขายแสดงไว้ก่อนหน้านี้ ราคาขายนั้นมีค่าเท่ากับในส่วน of เมล็ดดอกทานตะวัน แต่ต้นทุนนั้นมีค่าสูงกว่า ค่าที่นำมาเพื่อคำนวณกำไรสุทธิได้แสดงในตารางที่ 26 ซึ่งแสดงตัวเลขในการลงทุน

ตารางที่ 26 แสดงราคารวมของวัตถุดิบและผลกำไรในการสกัดเมล็ดสนับดำ

ค่าตัวแปร	หน่วย	ค่าที่ได้ (USD)
1. ตัวทำละลายเฮกเซน		
- Total Project Capital Cost	ราคา	2,010,000
- Total Raw Material Cost	ราคา/ปี	60,274.5
- Total Product Sales	ราคา/ปี	704,701
- Total Operating Labor and Maintenance Cost	ราคา/ปี	32,050
- Total Utilities Cost	ราคา/ปี	14,817
- Total Operating Cost	ราคา/ปี	139,481
2. ตัวทำละลายเอทานอล		
- Total Project Capital Cost	ราคา	2,010,000
- Total Raw Material Cost	ราคา/ปี	118,975
- Total Product Sales	ราคา/ปี	639,461
- Total Operating Labor and Maintenance Cost	ราคา/ปี	32,050
- Total Utilities Cost	ราคา/ปี	14,817
- Total Operating Cost	ราคา/ปี	192,494

ตารางที่ 26 แสดงรายการรวมของวัตถุดิบและผลกำไรในการสกัดเมล็ดสนับดำ (ต่อ)

ค่าตัวแปร	หน่วย	ค่าที่ได้ (USD)
3. ตัวทำละลายเมทานอล		
- Total Project Capital Cost	ราคา	2,010,000
- Total Raw Material Cost	ราคา/ปี	76,036.2
- Total Product Sales	ราคา/ปี	612,202
- Total Operating Labor and Maintenance Cost	ราคา/ปี	32,050
- Total Utilities Cost	ราคา/ปี	14,817
- Total Operating Cost	ราคา/ปี	156,504

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 26 มาคำนวณหาค่าการประเมินว่าคุ้มทุนหรือไม่ โดยใช้ IPE มาประเมิน ซึ่งประเมินได้ 4 วิธีคือ IRR, NPV และ payback period ซึ่งค่าทั้งสามแสดงในตารางที่ 27 โดยแสดงทั้งใน 3 กรณีได้แก่ เฮกเซน เอทานอล และเมทานอล

ตารางที่ 27 แสดงค่าประเมินผลกำไรทั้ง 3 ประเภท

ประเภทของการประเมิน	หน่วย	มูลค่า
1. ตัวทำละลายเฮกเซน		
- Internal Rate of Return (IRR)	เปอร์เซ็นต์	25.5849
- Net Present Value (NPV)	ดอลลาร์สหรัฐ	605,241
- Payback period	ปี	10.2631
2. ตัวทำละลายเอทานอล		
- Internal Rate of Return (IRR)	เปอร์เซ็นต์	21.1301
- Net Present Value (NPV)	ดอลลาร์สหรัฐ	120,569
- Payback period	ปี	16.5770
3. ตัวทำละลายเมทานอล		
- Internal Rate of Return (IRR)	เปอร์เซ็นต์	21.4542
- Net Present Value (NPV)	ดอลลาร์สหรัฐ	154,198
- Payback period	ปี	15.7581

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 27 จะพบว่าในกรณีที่ 1 คือตัวทำละลายเฮกเซนให้ผลกำไรที่ดีที่สุด พิจารณาจากค่า IRR ซึ่งสามารถสรุปว่าคุ้มต่อการลงทุน โดยมีค่าที่สูงกว่าค่าที่ตั้งไว้เริ่มต้นคือที่ 15 เปอร์เซ็นต์ กรณีแรกค่า IRR คิดได้ 25.5849 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่สูงสุดจากทั้งสามกรณี กรณีที่ 2 คิดได้ 21.1301 และ 21.4542 เมื่อพิจารณาจากค่าอื่น นั่นคือค่า NPV โดยกรณีที่ 1 มีค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับกรณีอื่นคือในปีที่ 20 จะให้ผลกำไรสุทธิที่ 605,241 ดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งในตัวทำละลายอีกสองชนิดจะให้ที่ 120,569 และ 154,198 ดอลลาร์สหรัฐสำหรับตัวทำละลายเอทานอลและตัวทำละลายเมทานอล และปีที่ให้ผลกำไรกลับคืน (Payback period) ของกรณีที่ 1 คือปีที่ 10 ซึ่งดีที่สุดส่วนในอีก 2 กรณีจะให้ผลกำไรกลับมามีปีที่ 16 และปีที่ 15 ในกรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 สำหรับตัวทำละลายที่ให้ผลที่ดีที่สุดเป็นอันดับที่ 2 คือตัวทำละลายเมทานอลโดยพิจารณาจากข้อมูลข้างต้นพบว่าค่าทั้งสามมีค่าสูงกว่าตัวทำละลายเอทานอล เมื่อใช้เมล็ดสบู่ดำเป็นวัตถุดิบเริ่มต้น

เมื่อดูว่าควรดำเนินการจริงหรือไม่ อาจสรุปได้ว่าสามารถลงทุนได้ในทุกกรณี และเพื่อที่จะให้กำไรได้มาก ผลที่ให้กลับมาอาจใช้เวลานานกว่าที่จะคุ้มทุน ผลกำไรรวมแล้วไม่คิดลบ เนื่องจากค่า NPV ต้องพิจารณาร่วมกับค่า Total Project Capital Cost และค่า Total Operating Cost โดยแสดงในตารางที่ 26 ในกรณีใช้ตัวทำละลายเฮกเซนผลเงินที่ได้มาในที่สุดท้ายคือ 605,241 ดอลลาร์สหรัฐ จะเห็นว่าการลงทุนในขั้นต้นสูงกว่ามาก และปีที่ค่ากำไรเริ่มเป็นให้ผลกลับมาคือปีที่ 10 สำหรับเอทานอล ผลกำไรสุทธิปีสุดท้ายอยู่ที่ 120,569 ดอลลาร์สหรัฐ และเมทานอลอยู่ที่ 154,198 ดอลลาร์สหรัฐสำหรับผลกำไรสุทธิปีสุดท้าย โดยที่การลงทุนของทั้งสามกรณีมีค่าเท่ากันคือที่ 2010000 แต่มีค่า Total Operating Cost ที่แตกต่างกัน

ฉะนั้นการลงทุนควรใช้ตัวทำละลายเฮกเซนในเมล็ดพืชทั้งสองชนิด สามารถสรุปเป็นตารางค่าใช้จ่ายโดยรวมได้ดังตารางที่ 28 และตารางที่ 29

ตารางที่ 28 สรุปการลงทุนที่ดีที่สุดในการสกัดเมลิคทานตะวันโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย

รายการ	มูลค่าตลอดการดำเนินการ (USD)
ค่าเครื่องมือ	349,100
ค่าติดตั้งเครื่องมือ	
- วัสดุ	820,898
- ค่าแรงคน	164,760
ค่าใช้จ่ายทุนเริ่มต้น	2,550,000
ค่าใช้จ่ายเมื่อมีการดำเนินการ	3,829,360
ราคาวัตถุดิบ	2,143,880
กำไรจากการขาย	17,324,800
อัตราเงินหมุนกลับ (IRR)	24.4018
ระยะเวลาคืนทุน	11 (ปี)

ตารางที่ 29 สรุปการลงทุนที่ดีที่สุดในการสกัดเมลิคสบู่ดำโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย

รายการ	มูลค่าตลอดการดำเนินการ (USD)
ค่าเครื่องมือ	349,100
ค่าติดตั้งเครื่องมือ	
- วัสดุ	820,898
- ค่าแรงคน	164,760
ค่าใช้จ่ายทุนเริ่มต้น	2,010,000
ค่าใช้จ่ายเมื่อมีการดำเนินการ	2,789,620
ราคาวัตถุดิบ	1,205,490
กำไรจากการขาย	14,094,020
อัตราเงินหมุนกลับ (IRR)	25.5849
ระยะเวลาคืนทุน	10 (ปี)

ตารางทั้งสองจะบอกค่าใช้จ่ายตลอด 20 ปีสำหรับโรงงานทั้งสองเมล็ดพืช จะเห็นได้ว่าการลงทุนในส่วนของเมล็ดสบู่ดำจะให้ผลตอบแทนที่สูงกว่า เนื่องมาจากราคาต้นทุนของสบู่ดำที่ถูกกว่า ถีซึ่งส่งผลสูงกว่าปริมาณน้ำมันที่ได้รับ แต่ราคาของสบู่ดำยังไม่มีราคาที่แน่นอน หากราคาขึ้นไปเท่ากับราคาของเมล็ดทานตะวันแล้ว การลงทุนกับเมล็ดทานตะวันย่อมให้ผลที่ดีกว่า เพราะปริมาณน้ำมันที่สกัดได้มีสูงกว่า

3. ผลการเปรียบเทียบราคาขาย

เนื่องจากราคาขายที่ตั้งไว้ 55 บาทอาจสูงเกินไป จึงได้ทำการดำเนินการประมวลผลในส่วน of ราคาขายของน้ำมันพืชที่ผ่านการสกัด โดยทำการดำเนินการที่ราคา 44 บาท และ 50 บาท โดยในตารางที่ 30 แสดงราคาขายของเมล็ดทานตะวันที่สกัดโดยตัวทำละลายเฮกเซน และตารางที่ 31 แสดงราคาขายของเมล็ดสบู่ดำที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซน

ตารางที่ 30 แสดงค่าใช้จ่ายในการสกัดเมล็ดทานตะวันเปรียบเทียบที่ราคาขายน้ำมันพืชต่างๆ

ค่าตัวแปร	หน่วย	ราคาขายน้ำมันบริสุทธิ์		
		45 บาท	50 บาท	55 บาท
Total Project Capital Cost	ราคา	2,550,000	2,550,000	2,550,000
Total Raw Materials Cost	ราคา/ปี	107,194	107,194	107,194
Total Products Sales	ราคา/ปี	742,640	804,440	866,240
Total Operating Labor and Maintenance	ราคา/ปี	32,050	32,050	32,050
Total Utilities Cost	ราคา/ปี	14,817	14,817	14,817
Total Operating Cost	ราคา/ปี	191,468	191,468	191,468
Internal Rate of Return (IRR)	เปอร์เซ็นต์	20.671	22.5576	24.4018
Net Present Value (NPV)	ดอลลาร์	89,297	344,822	600,346
Payback Period	ปี	17.9002	13.6465	11.3234

ตารางที่ 31 แสดงค่าใช้จ่ายในการสกัดเมล็ดสับดูดาเปรียบเทียบกับที่ราคาขายน้ำมันพืชต่างๆ

ค่าตัวแปร	หน่วย	ราคาขายน้ำมันบริสุทธิ์		
		45 บาท	50 บาท	55 บาท
Total Project Capital Cost	ราคา	2,010,000	2,010,000	2,010,000
Total Raw Materials Cost	ราคา/ปี	60,274.50	60,274.50	60,274.50
Total Products Sales	ราคา/ปี	609,757	657,229	704,701
Total Operating Labor and Maintenance	ราคา/ปี	32,050	32,050	32,050
Total Utilities Cost	ราคา/ปี	14,817	14,817	14,817
Total Operating Cost	ราคา/ปี	139,481	139,481	139,481
Internal Rate of Return (IRR)	เปอร์เซ็นต์	22.0062	23.813	25.5849
Net Present Value (NPV)	ดอลลาร์	212,676	408,959	605,241
Payback Period	ปี	14.5987	11.9394	10.2631

พบว่าสำหรับการสกัดเมล็ดทานตะวันและเมล็ดสับดูดาโดยใช้เฮกเซนสามารถขายน้ำมันพืชที่สกัดมา ในราคาที่ต่ำกว่าเมื่อ ใช้ตัวทำละลายเอทานอลและเมทานอลสกัด โดยตัวทำละลายทั้งสองชนิดนั้น จะสามารถขายเมื่อราคาขายอยู่ 55 บาท เมื่อลองใช้ราคาที่ 44 และ 50 บาทจะไม่สามารถประมวลผลได้

ดังนั้นจึงเป็นการสนับสนุนให้เลือกใช้เฮกเซนในการเป็นตัวทำละลายเพื่อสกัดเมล็ดพืชทั้งสองชนิด คือ เมล็ดดอกทานตะวันและเมล็ดสับดูดา เนื่องจากเปรียบเทียบกับตัวทำละลายทั้งสามชนิด นอกจากมีราคาที่ถูกลง ทำให้การลงทุนต่ำกว่าตัวทำละลายชนิดอื่น นอกจากนี้เมื่อขายที่ราคาเท่ากัน จะให้ค่าตอบแทนที่สูงกว่าและระยะเวลาคืนทุนที่เร็วกว่า เมื่อทำการขายที่ราคาต่ำลงมาซึ่งเป็นราคาที่ขายทั่วไปในปัจจุบัน (40 -50 บาท) ในขณะที่ตัวทำละลายอีกสองชนิดไม่สามารถผลิตมาขายในราคานี้ได้

ข้อจำกัดของโปรแกรม

โปรแกรมสำเร็จรูป ASPEN SIMULATION มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถระบุขนาดของอุปกรณ์ลงไปได้ เนื่องจากตัวโปรแกรมมีการกำหนดให้ขนาดของแต่ละอุปกรณ์เป็นไปตาม Rule of Thumb และการใช้โปรแกรมนี้ต้องเลือกการดำเนินโปรแกรมเป็นแบบต่อเนื่อง

หากวัตถุที่ใช้ไม่มีในฐานข้อมูลแล้วต้องมีการเขียนสารขึ้นมาเอง ซึ่งจำกัดไม่ให้เขียนสารที่มีโครงสร้างพวกโพลิเมอร์ต่อกันเป็นโซ่สายยาวได้ เช่น ไฟเบอร์หรือเยื่อใย ที่อาจมีสูตรโครงสร้างเป็นน้ำตาลต่อเชื่อมกันหลายโมเลกุล

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. จากการทดลองและศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืช พบว่าประสิทธิภาพและค่าผลได้ที่ดีที่สุดคือที่อุณหภูมิหอสกัด 70 องศาเซลเซียส ความดันภายในหอสกัด 1 บรรยากาศ และอัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายต่อสารตั้งต้นเป็น 3 ต่อ 1 สำหรับทุกเมล็ดน้ำมันทานตะวัน และตัวทำละลาย เฮกเซน เอทานอล และเมทานอล ประสิทธิภาพที่ได้คือร้อยละ 91.18 ร้อยละ 93.53 และร้อยละ 89.41 ตามลำดับ และค่าผลได้คือร้อยละ 85.54 ร้อยละ 87.87 และร้อยละ 84.20 ตามลำดับที่สาย MIC และที่สาย PC สกัดได้ผลได้ร้อยละ 59.75 ร้อยละ 60.55 และร้อยละ 59.16

2. เมื่อเปลี่ยนเมล็ดพืชจากเมล็ดทานตะวันเป็นเมล็ดสบู่ดำ ซึ่งมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบน้อยกว่า แต่การปลูกง่ายกว่า พบว่าค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุดคือที่อุณหภูมิหอสกัด 70 องศาเซลเซียส ความดันภายในหอสกัด 1 บรรยากาศ และอัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายต่อสารตั้งต้นเป็น 3 ต่อ 1 สกัดได้ร้อยละ 87.60 สำหรับตัวทำละลายเฮกเซน, ร้อยละ 91.53 สำหรับตัวทำละลายเอทานอล และร้อยละ 88.46 สำหรับตัวทำละลายเมทานอล ตามลำดับ และตามลำดับ และที่สาย MIC ค่าผลได้ที่ดีที่สุดคือร้อยละ 85.24 ร้อยละ 88.73 และร้อยละ 87.09 ตามลำดับ และที่สาย PC ค่าผลได้ที่ดีที่สุดคือร้อยละ 55.70 สำหรับตัวทำละลายเฮกเซน ร้อยละ 60.55 สำหรับตัวทำละลายเอทานอล และร้อยละ 59.16 สำหรับตัวทำละลายเมทานอล

3. ค่าผลได้ที่ดีที่สุดที่อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดน้ำมันที่ 3 ต่อ 1 แต่ถ้าเพิ่มปริมาณตัวทำละลายมากขึ้นเรื่อยๆ แล้ว การสกัดจะสูงขึ้นตามอัตราส่วนที่ทำการสกัด แต่หากสูงเกินอัตราส่วนที่ 3 ต่อ 1 แล้ว น้ำมันที่ได้ในขั้นตอนสุดท้ายจะมีค่าลดลงตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาทั้งกระบวนการจะพบว่าเกิดการสูญเสียน้ำมันที่สกัดมาได้ไปกับกระบวนการแยกตัวทำละลายออก เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้มีมาก การใช้เวลาในการระเหยจึงสูงตาม และทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันไปกับกระบวนการระเหยนี้ตามเวลาที่ใช้

4. สำหรับการประมวลผลที่ 1 ต่อ 1 โปรแกรมไม่สามารถประมวลผลได้ อาจเนื่องมาจากมีปริมาณน้อยไปเมื่ออยู่ในหอสกัด ซึ่งปริมาณในแต่ละชั้นจะเป็นไปตาม rule of thumb ของหอสกัด

แบบของเหลว-ของเหลว เมื่อใช้ตัวทำละลายน้อยลงมาที่อัตรา 2 ต่อ 1 จะพบว่าการสกัดจะมีค่าน้อยลงเนื่องจากผิวการสัมผัสของเมล็ดพืชต่อตัวทำละลายนั้นมีค่าน้อยทำให้การสกัดไม่ได้ค่าสูงเมื่อเทียบกับที่อัตราส่วน 3 ต่อ1

5. อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียสจะได้ประสิทธิภาพและผลได้ดีที่สุด ส่วนที่อุณหภูมิรองลงมาที่สามารถสกัดได้ผลได้รองลงมานั้นแต่กันเนื่องจากค่าจุดเดือดของตัวทำละลายทั้งสามโดยเอทานอลจะมีจุดเดือดสูงสุด ตามด้วยเฮกเซน และเมทานอล แต่ตัวทำละลายทั้งสามชนิดจะมีจุดเดือดใกล้เคียงกันที่ 70 องศาเซลเซียส

6. สำหรับความดันที่เลือกใช้ในการสกัดนั้นมีค่าใกล้เคียงกันในทุกค่าความดัน สำหรับตัวทำละลายเดียวกัน ความดันจึงส่งผลเพียงเล็กน้อยหรือเทียบไม่มีผลใดๆ แต่ที่เลือกใช้ความดัน 1 บรรยากาศกันมากเนื่องมาจากกฎของการออกแบบเครื่องแบบ และอาจส่งผลมาจากการดูแลบำรุงรักษา หากใช้ความดันที่มีค่าสูงกว่านี้ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการก็จะมีค่าสูงขึ้น และทำได้ง่าย

7. ตัวทำละลายที่ดีที่สุดคือเอทานอล แต่สำหรับเมทานอลและเฮกเซนนั้น ถึงแม้ว่าเฮกเซนจะสกัดเมล็ดสบู่ดำได้ปริมาณที่ต่ำกว่าเมทานอล แต่เมื่อเทียบกับความแตกต่างในการสกัดเมล็ดทานตะวันซึ่งเฮกเซนสามารถสกัดได้มากกว่า ความแตกต่างในส่วน of เมล็ดสบู่ดำจะมีค่าน้อยกว่า ความต่างในเมล็ดทานตะวัน

8. อัตราการป้อนหากมีขนาดมากขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพและผลได้มีค่าน้อยลง เนื่องปริมาณสารตั้งต้นที่มีมาก ทำให้พื้นที่การสัมผัสของตัวทำละลายกับเมล็ดพืชทำได้ไม่ได้ไม่เต็มที่ เพราะมีการอัดกันแน่นของสารตั้ง แต่หากให้อัตราป้อนน้อยเกินไป จะไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

9. เมื่อทำการคำนวณและประเมินผลด้วยโปรแกรม ASPEN ICARUS จะพบว่าการลงทุนในส่วน of ตัวทำละลายเฮกเซน และเลือกเมล็ดน้ำมันพืชที่จะนำมาสกัดเป็นเมล็ดสบู่ดำจะให้ผลตอบแทนกำไรมากที่สุด คือให้ผลตอบแทนกลับในระยะเวลาที่สั้นที่สุด และมีค่า IRR มากที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้เมล็ดทานตะวัน หรือใช้ตัวทำละลายชนิดอื่นและตั้งราคาของผลิตภัณฑ์ให้มีค่าเท่ากันเพื่อเปรียบเทียบ ซึ่งผลที่ได้เช่นนี้อาจเนื่องมาจาก ราคาต้นทุนของสบู่ดำที่ยังไม่สูงมาก และในเรื่องของตัวทำละลายนั้นเฮกเซนจะมีราคาถูกที่สุดเมื่อเทียบกับตัวทำละลายทั้งสามชนิด โดยค่า IRR จะอยู่ที่ 25.5849 เปอร์เซ็นต์ โดยมีการตั้งค่าเริ่มต้นที่ 15 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลากลับคืนทุนอยู่ที่ 10 ปี ผลกำไรได้กลับคืนมาปีที่ 20 คือ 605,241 ดอลลาร์สหรัฐ

10. เมื่อทำการประเมินผลโดยกำหนดให้ราคาขายของน้ำมันพืชมีราคาทั่วไป ซึ่งอยู่ในช่วง 40 – 50 บาท คือ 44 บาท และ 50 บาท พบว่าสามารถประมวลผลจากโปรแกรม ASPEN ICARUS ได้จากการสกัดประเภทเดียวเท่านั้นคือสกัดจากตัวทำละลายเฮกเซน ตัวทำละลายอื่น คือ เอทานอล และเมทานอลไม่สามารถให้ผลกำไรตอบแทนกลับภายในเวลาที่กำหนดคือภายใน 20 ปี หากขายผลิตภัณฑ์ในราคาช่วงนี้ ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลสนับสนุนในการเลือกใช้เฮกเซนสำหรับการผลิตจริง

ข้อเสนอแนะ

1. ราคาของเมล็ดสบู่ดำในปัจจุบันยังไม่แน่นอน ทำให้ผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับราคาของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด
2. ควรมีการขายแบบจำลองกระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยศึกษาเพิ่มในส่วน of กระบวนการต่อจากกระบวนการสกัด

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2549. **สบู่ดำกับน้ำมันดีเซล**. แหล่งที่มา <http://www.doa.go.th> , 2 มีนาคม 2549.

พัฒนาฯ สักการเวช. 2531. การศึกษาการสกัดน้ำมันดิบจากพืชที่ให้ไฮโดรคาร์บอน และเมล็ดพืช
น้ำมันบางชนิดด้วยวิธีทางเคมีจากเครื่องสกัด solid-liquid extractor. ปัญหาพิเศษปริญญา
ตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พันธุ์ไม้ประดับ. 2549. **ดอกทานตะวัน**. แหล่งที่มา <http://www.panmai.com>, 5 มีนาคม 2549.

สมหมาย มัชยศักดิ์วาร. 2546. การเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงสามชนิดในโรงงานน้ำมันพืช
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ, ละเอียด เฟื่องโสภา และวิโรจน์ บุญอำนวยวิทยา. 2540. การศึกษาการสกัด
สารแกมมาลิโนเลอิกจากสาหร่ายเกลียวทองด้วยคาร์บอนไดออกไซด์แบบยิ่งยวด รายงาน
การวิจัยภาควิชาวิศวกรรมเคมี, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ, วิไล ลือสุทธีชาติ และละเอียด เฟื่องโสภา. 2543. การศึกษาการสกัดน้ำมัน
จากน้ำมันสะเดาโดยวิธีการสกัดของเหลวด้วยของเหลว รายงานการวิจัยภาควิชาวิศวกรรม
เคมี มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.

Boehman, A. 2005. Biodiesel production and processing, **Fuel Processing Technology**. 86,
Issue 10: 1057-1058.

Bravis, M., R. Bubbic, F. Manna and N. Verdone. 2002. Process optimization in sunflower oil
extraction by supercritical CO₂. **Chemical Engineering Science**. 57: 2753-2764.

Bruhl, L. and B. Matthaus. 1999. Extraction of oilseeds by SFE-a comparison with other methods
for the determination of the oil content. **Fresenius Journal Analysis Chemical
Engineering**. 69: 475-486.

ChemExper Chemical Directory. 2005. Source <http://www.chemexper.com>, 30 July 2005.

Foidl, N., D. Foidl, M. Sanchez, M. Mittebach, and S. Hackel. 1996. *Jatropha Curcas* L. as a source for the production of Biodiesel in Nicaragua. **Bioresource Techonology**. 58: 77-82.

Gómez, A. and E. Osaa. 2002. Quality of borage seed oil extracted by liquid and supercritical carbon dioxide. **Chemical Engineering Journal**. 88: 103-109.

Goncalves, C. and A. Meirelles. 2004. Liquid–liquid equilibrium data for the system palm oil + fatty acids + ethanol + water at 318.2K. **Fluid Phase Equilibria**. 221: 139-150.

Gubitz, G., M. Mittelbach and M. Trabi. 1998. Exploitation of tropical oil seed plant *Jatropha Curcas*. **Bioresource Technology**. 67: 73-82.

Guinda, Á. 2003. Chemical and physical properties of a sunflower oil with high levels of oleic and palmitic acids. **Eur. J. Lipid Sci. Technol**. 105: 130–137.

Gunstone, F. 2002. **Vegetable ols in fod technology : composition, properties and uses**. Osney Mead, Oxford. 337p.

Hamm, W. and R. Hamilton. 2000. **Edible oil processing**. Academic Press. 281 p.

Kyle, B.1999. **Chemical and Process Thermodynamics**. 3rd edition. Prentice-Hall, Inc. 763 p.

Ladisch, M. 2001 **Bio Separation Engineering : principles, practice and economics**. Wiley-Interscience. 542 p

Mamidipally, P. and X. Liu Sean. 2004. First approach on rice bran oil extraction using limonene. **Eur.J.Lipib Sci. Technol**. 106: 122-125.

- Mccabe, W., J. Smith and P. Harriott. 2001. **Unit Operations of Chemical Engineering**. 6th edition. McGraw-Hill. 1114 p.
- MSDS. 2005. **Propertirs of Ethanol and Methanol**. Source <http://www..MSDS.com>, 30 July 2005.
- Ozkal, S., M. Yener and L. Bayindirli. 2005. Mass transfer modeling of apricot kernel oil extraction with supercritical carbon dioxide. **Journal of Supercritical Fluids**. 35: 119–127.
- Perry, R. and D. Green. 1997. **Perry's Chemical Engineers' Handbook**. 7th edition. McGraw Hill.
- Peters, M., K. Timmerhaus and R. West. 2003. **Plant Design and Economics for Chemical Engineering**. 5th McGraw Hill. 988 p
- Pramanik, K. 2003. Properties and use of jatropha curcus oil and diesel fuel blends in compression ignition. **Renewable Energy** 28: 239-248.
- Riha, V. and G. Brunner. 2000. Separation of fish oil ethyl esters with supercritical carbon dioxide. **Journal of Supercritical Fluid**. 17: 55-64.
- Shuler, M.L.and F. Kargi. 2002. **Bioprocess Engineering**. 2nd edition. Prentice-Hall, Inc. 553 p.
- Street, G. 1994. **Separations in Biotechnology**. Chapman and Hill, Great British. P 76-82
- Thomas, G., V. Krioukov and H. Vielmo. 2005. Simulation of vegetable oil extraction in counter-current crossed flows using the artificial neural network. **Chemical Engineering and Processing**. 44: 581–592.

UNIFEM. 1987. Oil extraction. **Food cycle Technology Project**. New York.

Wan, P. and P. Wakelyn. 1997. **Techonology and Solvents for Extracting Oilseeds and Nonpetroleam Oils**. AOCS PRESS, Singapore.670 p