บทที่ 4

การอภิปรายผลการวิจัย

4.1 สาเหตุที่เลือกศึกษาวิธีสกัดน้ำมันปาล์มด้วยตัวทำละลายเฮกเซนคอมเมอเชียลเกรด

เพื่อศึกษาและทำความคุ้นเคยกับขบวนการสกัดน้ำมันปาล์มด้วยตัวทำละลายซึ่งขบวนการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายได้เริ่มนำมาใช้ในการสกัดน้ำมันปาล์มตั้งแต่ปี 1929 ในประเทศมาเลเซีย ซึ่งเป็นประเทศที่ส่งน้ำมันปาล์มดิบเป็นสินค้าออกอันดับหนึ่งของโลก โดยใช้สกัดกากผลปาล์มที่ได้จากขบวนการสกัดด้วยเครื่อง อัด หรือ เครื่องเหวี่ยงไปครั้งหนึ่งแล้ว ต่อมาได้พยายามนำมาใช้สกัดน้ำมันปาล์มออกจากผลปาล์ม แต่ก็ไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากเหตุผลทางด้าน economics และการขาดวิทยาการและเทคนิคต่าง ๆ ในด้านการสกัดน้ำมันพืชด้วยตัวทำละลายจึงทำให้ ประสบปัญหาในด้านการสูญเสียของตัวทำละลายการแยกตัวทำละลายออกจากน้ำมัน และการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์เหมาะสมกับการนำไปใช้บริโภค

สำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มในประเทศไทย เพิ่งจะอยู่ในขั้นเริ่มต้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาและทำความคุ้นเคยกับวิทยาการและเทคนิคต่าง ๆ เกี่ยวกับปาล์มน้ำมันให้กว้างขวาง เพื่อที่จะได้นำมาปรับปรุงวิธีการปลูกปาล์มน้ำมัน วิธีการเก็บเกี่ยวทลายปาล์มสด วิธีการสกัดน้ำมันปาล์ม และวิธีการนำน้ำมันปาล์มไปใช้ประโยชน์ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการภายในประเทศ

4.2 รูปร่างลักษณะ และส่วนประกอบของผลปาล์มสด

ผลที่ได้จากการทดลองหลังจากผลปาล์มมีอายุ 4 วัน พบว่า ปาล์มน้ำมันที่ปลูกในประเทศไทย (จ. สตูล) ให้ผลผลิตระหว่างเดือน กันยายน - มกราคม โดยประมาณ ดังนี้

น.น. ทลายปาล์ม	12.0-220	ก.ก.
จำนวนผลปาล์มในแต่ละทลาย	800-2000	ผล
น.น ผลโดยเฉลี่ย	50-230	กรัม
จำนวนเมล็ดในแต่ละผล	1-2	เมล็ด
น.น ส่วนเนื้อนอก (pericarp)	77.6 %	
น.น ส่วนเปลือกแข็งหุ้มเมล็ด (shell)	11.8 %	
น.น ส่วนเนื้อในเมล็ด (kernel)	10.4 %	
ปริมาณความชื้น (% moisture)	31.8 %	
ปริมาณน้ำมัน (wet basis)	38.0 %	
" (dry basis)	56 %	
ปริมาณกากของแข็ง (solid residue)	30.0 %	
" (dry basis)	47 %	
ส่วนเนื้อนอกของผลปาล์มสด อายุ 4 วัน		
ปริมาณความชื้น (โดยเฉลี่ย)	28.3 %	
ปริมาณน้ำมัน (wet basis)	53.5 %	
" (dry basis)	75 %	
ปริมาณกากเส้นใย (fiber residue)	17.6 %	
" (dry basis)	25 %	

จากการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองหารูปร่างลักษณะ และส่วนประกอบของผลปาล์มสดที่ปลูกในประเทศไทย (พันธุ์ D & P) กับค่าเฉลี่ยที่ได้จากการปลูกในประเทศมาเลเซีย (พันธุ์ Dura) มีส่วนเนื้อนอกหนากว่าพันธุ์ Dura มากและความหนาของส่วนเปลือกแข็งหุ้มเมล็ดบางกว่า ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำมันต่อน้ำหนักผลปาล์มสดในพันธุ์ D & P สูงกว่าพันธุ์ Dura มาก แต่เมื่อคิดต่อน้ำหนักของส่วนเนื้อนอกแล้วไม่ต่างกันมากนัก อย่างไรก็ดีจากตารางที่ 61 และ 64 จะเห็นว่า น.น. ของทลายปาล์มสดน้อยลง และมีปริมาณความชื้นต่ำ จากการทดลองใน

ประเทศมาเลเซีย (5) พบว่าปาล์มน้ำมันจะให้ผลผลิตปาล์มสด สูงสุดในเดือน สิงหาคม ถึง เดือนกันยายน และให้ผลผลิตต่ำสุดในเดือน มกราคม และ กุมภาพันธ์ ดังนั้นผลที่ได้จากการทดลองหาขนาดรูปร่าง และส่วนประกอบในแต่ละระยะจึงค่อนข้างแตกต่างกันมาก อย่างไรก็ตามควรจะคิดเฉลี่ยได้

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบองค์ประกอบของผลปาล์มที่ปลูกในประเทศไทย (พันธุ์ D & P) และผลปาล์มที่ปลูกในประเทศมาเลเซีย (พันธุ์ Dura)

	ไทย	มาเลเซีย
น.น แต่ละทลายปาล์มสด ก.ก	12.1- 22.0	21.3
น.น แต่ละผล กรัม	5.0- 23.0	95-14
ความหนาส่วนเนื้อนอก ม.ม	7.0- 12.0	3.0-4.5
ความหนาเปลือแข็งหุ้มเมล็ด ม.ม	1.2- 2.5	2.6-3.5
% เนื้อนอก (Undried Pericarp)	75.2- 81.6	39.8-62.6
% เปลือกแข็ง (% shell)	9.4- 14.5	24.4-49.3
% เนื้อในเมล็ด (% kernel)	8.8- 12.4	5.2-12.0
ผลปาล์มสดอายุ 4 วัน		
% ความชื้น	30.4- 36.3	-27-
% น้ำมัน	34.0- 40.9	-29-
% กากของแข็ง	28.5- 30.6	-45-
ส่วนเนื้อนอกผลปาล์มสดอายุ 4 วัน		
% ความชื้น	30.7- 39.7	36 - 40
% น้ำมัน	45.2- 51.4	46 - 50
% น้ำมัน (dry basis)	74.2- 74.9	77 - 81
% กากเส้นใย	15.0- 17.4	13 - 15

4.3 การทดลองสกัดน้ำมันปาล์มด้วยตัวทำละลายเฮกเซน

หลักการเบื้องต้นที่ใช้ในการสกัดน้ำมันโดยทั่ว ๆ ไป อาจสรุปได้ว่า โมเลกุลของน้ำมันจะรวมกันอยู่ในเซลน้ำมันเล็ก ๆ ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากในพืชน้ำมัน เซลน้ำมันเล็ก ๆ เหล่านี้จะอยู่เป็น emulsion ปะปนกับสารประกอบพวกโปรตีน ซึ่งมีเป็นจำนวนมากในพืชน้ำมัน ผนังของเซลน้ำมันจะมีคุณสมบัติเป็น semipermeable membrane ดังนั้นในขบวนการสกัดน้ำมันจึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการทำให้โมเลกุลของน้ำมันไหลออกมาจากพืชน้ำมันให้ได้ ซึ่งอาจทำได้โดยการทำลายผนังเซลน้ำมันด้วย แรงดัน เช่นการอัด การบด การบีบ และความร้อน แต่อย่างไรก็ดีเป็นที่ยอมรับกันว่า เราไม่สามารถที่จะทำลายผนังเซลน้ำมันได้หมดทุกเซลด้วย ขบวนการเหล่านี้ ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะสกัดน้ำมันออกจากพืชน้ำมันได้หมด 100% นอกจากนี้ในขบวนการที่ใช้ความร้อนจะต้องระมัดระวังเป็นอย่างมาก เพราะความร้อนถึงแม้ว่าจะช่วยทำให้โมเลกุลของน้ำมันซึ่งมีขนาดเล็กมาก (ultramicroscopic) เกาะกันเป็นโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้นและสามารถไหลออกจาก seed mass ได้ดี อีกทั้งจะช่วยทำลายสภาวะการเป็น emulsion ระหว่างเซลน้ำมัน กับโปรตีน (โปรตีนสลายตัว) ทำให้เซลน้ำมันแยกออกมาง่ายขึ้นก็ตาม แต่ความร้อนก็สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทาง organoleptic และ Physico-chemical ของน้ำมันอีกด้วย ซึ่งมีผลให้คุณภาพของน้ำมันที่ได้เสื่อมลง

ในขบวนการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายเป็นขบวนการที่อาศัยหลักการ transfer ของโมเลกุลของน้ำมันจาก solid mass ของพืชน้ำมันไปยังตัวทำละลาย ซึ่งมาสัมผัส (contact ซึ่งอาจเป็นการ transfer ของโมเลกุลของน้ำมันที่ออกมาจากเซลน้ำมันที่ถูกทำลายเรียกว่า solution extraction หรือเป็นการ transfer ของโมเลกุลของน้ำมันที่ออกมาจากเซลน้ำมันโดยการซึมผ่านผนังเซล เรียกว่า diffusion extraction จากการทดลองพบว่า solution extraction เร็วกว่า diffusion extraction มาก ซึ่งอาจสรุปได้ว่าในขบวนการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย ยิ่งสามารถทำเซลน้ำมันให้แตกได้มากเท่าไรก็จะยิ่งสกัดน้ำมันได้เร็วขึ้นเท่านั้น

ดังนั้นในการศึกษาเกี่ยวกับการสกัดน้ำมันปาล์มด้วยตัวทำละลายจึงเห็นควรที่จะเริ่มต้นศึกษาถึง factors ต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดและคุณภาพของน้ำมันที่สกัดได้ ซึ่งได้แก่ชนิด และคุณสมบัติของตัวทำละลาย การเตรียมวัตถุดิบ ปริมาณความชื้นในวัตถุดิบ อุณหภูมิใช้ในการสกัด เวลาที่ใช้ในการสกัด ปริมาณตัวทำละลายที่ใช้ และขบวนการสกัด โดยทำการทดลองสกัดน้ำมันปาล์มจากผลปาล์ม (อายุมากกว่า 4 วัน) ที่ได้จากนิคม ฯ จ. สตูล ระหว่างเดือนที่ให้ผลผลิตสูงสุด (สิงหาคม - กันยายน) ด้วยตัวทำละลายเฮกเซนคอมเมอเชียลเกรด แล้วเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการสกัดที่แตกต่างกันเนื่องจาก factors ต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองแสดงในบทที่ 3 ซึ่งอาจนำมาอภิปรายได้ดังนี้

4.3.1 <u>ผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการต่าง ๆ กัน</u>

จากตารางที่ 12 ซึ่งแสดงผลการทดลองเตรียมผลปาล์มสด กับ ผลปาล์มที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วและมีปริมาณความชื้นประมาณ 20 % ด้วยวิธีการแตกต่างกัน 5 วิธี นำมาสกัดด้วยตัวทำละลาย เฮกเซนในอัตราส่วน น.น วัตถุดิบ : ปริมาตรตัวทำละลาย ประมาณ 1 : 18 - 1 : 30 ที่อุณหภูมิ 55°c- 60 °c เป็นเวลานาน $3\frac{1}{2}$ ช.ม พบว่า

การเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการที่ 5 ซึ่งทำโดยการตำผลปาล์มให้หลุดจากเมล็ดสามารถให้ประสิทธิภาพในการสกัด สูงสุด คือประมาณ 58 % ในผลปาล์มสด และประมาณ 95% ในผลปาล์มที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว รองลงมาได้แก่วิธีการเตรียมผลปาล์มแบบที่ 1 และ 2 ซึ่งทำโดยการเฉือนผลปาล์มเป็นชิ้น ๆ จะให้ประสิทธิภาพของการสกัดประมาณ 17% ในผลปาล์มสด และ 40% ในผลปาล์มที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ส่วนวิธีที่ 4 และวิธีที่ 3 ซึ่งเตรียมโดยการกรีดผลปาล์มให้เป็นรอยทั้งลูก และการสกัดทั้งลูกจะให้ประสิทธิภาพน้อยมาก ตามลำดับ นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าผลปาล์มที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วจะได้ประสิทธิภาพในการสกัดมากกว่าผลปาล์มสด โดยเฉลี่ยประมาณ 26 % ดังแสดงในรูปที่ 8 และจะเห็นได้ว่าลักษณะขึ้นลงของเส้นในแต่ละวิธีไปในทิศทางเดียวกัน

รูปที่ 8 ผลการเตรียมวัตถุดิบวิธีการต่างๆ

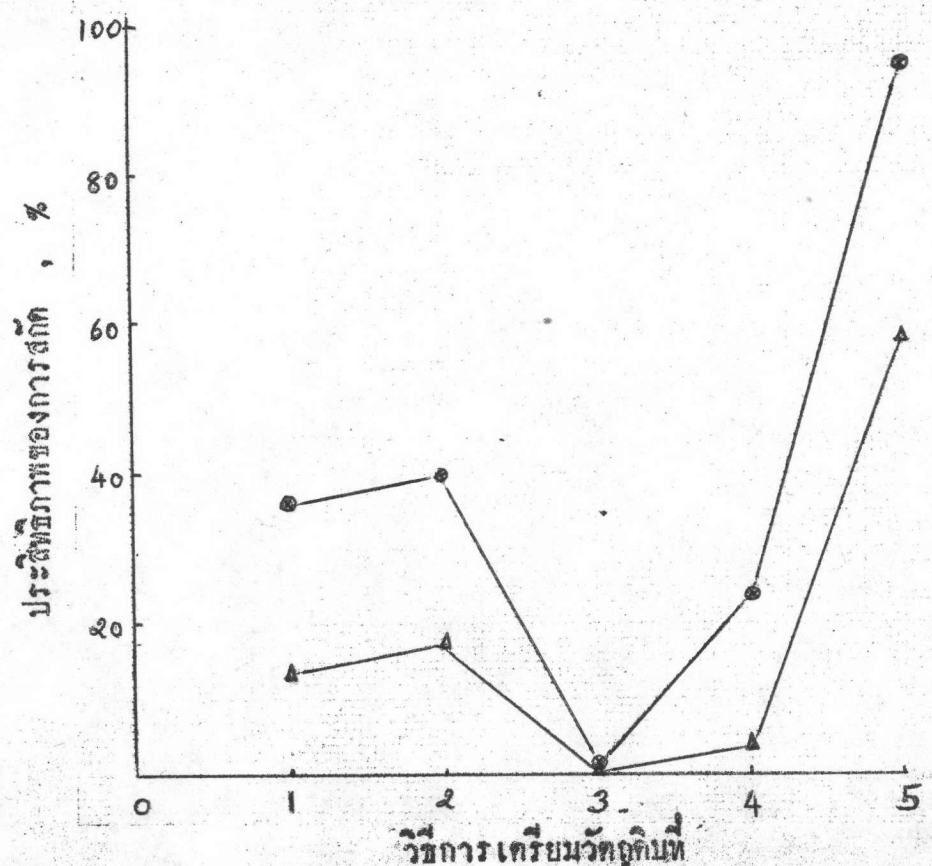
วิธีที่ 1 ปอกส่วนเนื้อนอกออกเป็นชิ้นๆ

วิธีที่ 2 ปอกส่วนเนื้อนอกออกเป็นชิ้นๆซึ่งรวมกับเมล็ด

วิธีที่ 3 สกัดผลปาล์มทั้งผล

วิธีที่ 4 กรีดผลปาล์มให้เป็นรอยทั้งลูก

วิธีที่ 5 ตำผลปาล์มให้ส่วนเนื้อนอกแยกออกจากเมล็ด



⊗ - ผลปาล์มที่นำมาทดลองผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

△ - ผลปาล์มสด

อาจกล่าวได้ว่าผลการทดลองเป็นไปตามหลักการของการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย ที่ว่าประสิทธิภาพของการสกัดขึ้นอยู่กับปริมาณเซลน้ำมัน ที่ถูกทำลาย (ทำให้แตก) ซึ่งเห็นได้ชัดจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการสกัดของวิธีการเตรียมวัตถุดิบในแต่ละวิธี โดยที่วิธีการตำวัตถุดิบมีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ยังเห็นได้ว่าผลปาล์มที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำแล้วนำมาตำจะให้ประสิทธิภาพในการสกัดสูงมาก เนื่องจากปริมาณความร้อนนอกจากจะทำลายผนังเซลน้ำมันแล้วยังทำลายสภาวะการเป็น emulsion ระหว่างเซลน้ำมันกับโปรตีน ทำให้โอกาสที่เซลน้ำมันจะถูกทำลายด้วยการตำมีมากขึ้น ดังนั้นย่อมมีปริมาณเซลน้ำมันที่ถูกทำลายทั้งหมดมากกว่าผลปาล์มสดที่นำมาตำที่สภาวะเดียวกัน

4.3.2 <u>ผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนปริมาณความชื้นในวัตถุดิบ และอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด</u>

จากตารางที่ 13 ซึ่งแสดงผลการทดลองสกัดผลปาล์มสดที่เฉือนเป็นชิ้นบาง ๆ หนาประมาณ 0.02 นิ้ว โดยเฉลี่ย และมีปริมาณความชื้นต่าง ๆ กัน (0.2 % - 25 %) ด้วยตัวทำละลายเฮกเซนในอัตราส่วน น.น วัตถุดิบ : ปริมาตรตัวทำละลาย ประมาณ 1 : 20 ที่อุณหภูมิ 50°c- 70 °c เป็นเวลา 3 ช.ม พบว่าประสิทธิภาพของการสกัดผลปาล์มที่มีปริมาณความชื้นประมาณ 24 % ที่อุณหภูมิ 50°c 60° c และ 70° c ไม่แตกต่างกันมากนัก คือมีประสิทธิภาพประมาณ 25 % 28 % และ 37 % ตามลำดับแต่ปริมาณความชื้นในผลปาล์มจะมีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดมาก คือวัตถุดิบที่มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าจะให้ประสิทธิภาพในการสกัดสูงกว่าวัตถุดิบที่มีปริมาณความชื้นสูง ซึ่ง เห็นได้จากผลปาล์มที่มีปริมาณความชื้นประมาณ 0.2% มีประสิทธิภาพของการสกัดประมาณ 67 % ส่วนผลปาล์มที่มีปริมาณความชื้นประมาณ 22 % มีประสิทธิภาพของการสกัดประมาณ 25 % อย่างไรก็ดี เมื่อนำผลที่ ได้จากตารางที่ 13 มา plot ในรูปที่ 9 และ รูปที่ 10 จะพบว่า ยังมีค่าปริมาณความชื้นในวัตถุดิบค่าหนึ่งที่สามารถให้ประสิทธิภาพของการสกัดสูงที่สุด

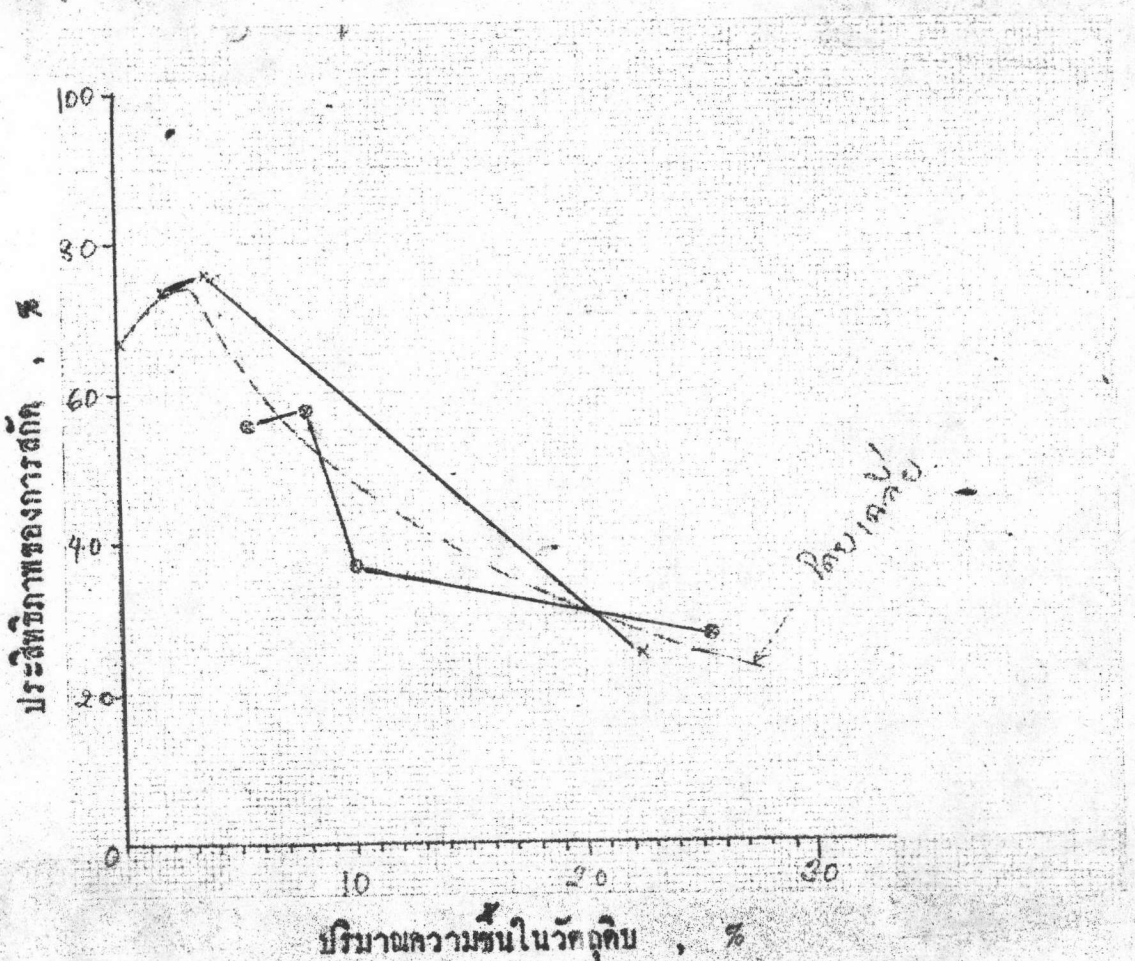
รูปที่ ๑ ผลการเปลี่ยนปริมาณความชื้นในวัตถุดิบ

วัตถุดิบคือ ส่วนเนื้อนอกของปาล์มสดเฉือนเป็นชิ้นบางๆหนา 0.02 นิ้ว โดยเฉลี่ย

น.น วัตถุดิบ : ปริมาตรตัวทำละลาย 1 : 20

อุณหภูมิของการสกัด 50° - 60° C

เวลาของการสกัด 3 ช.ม



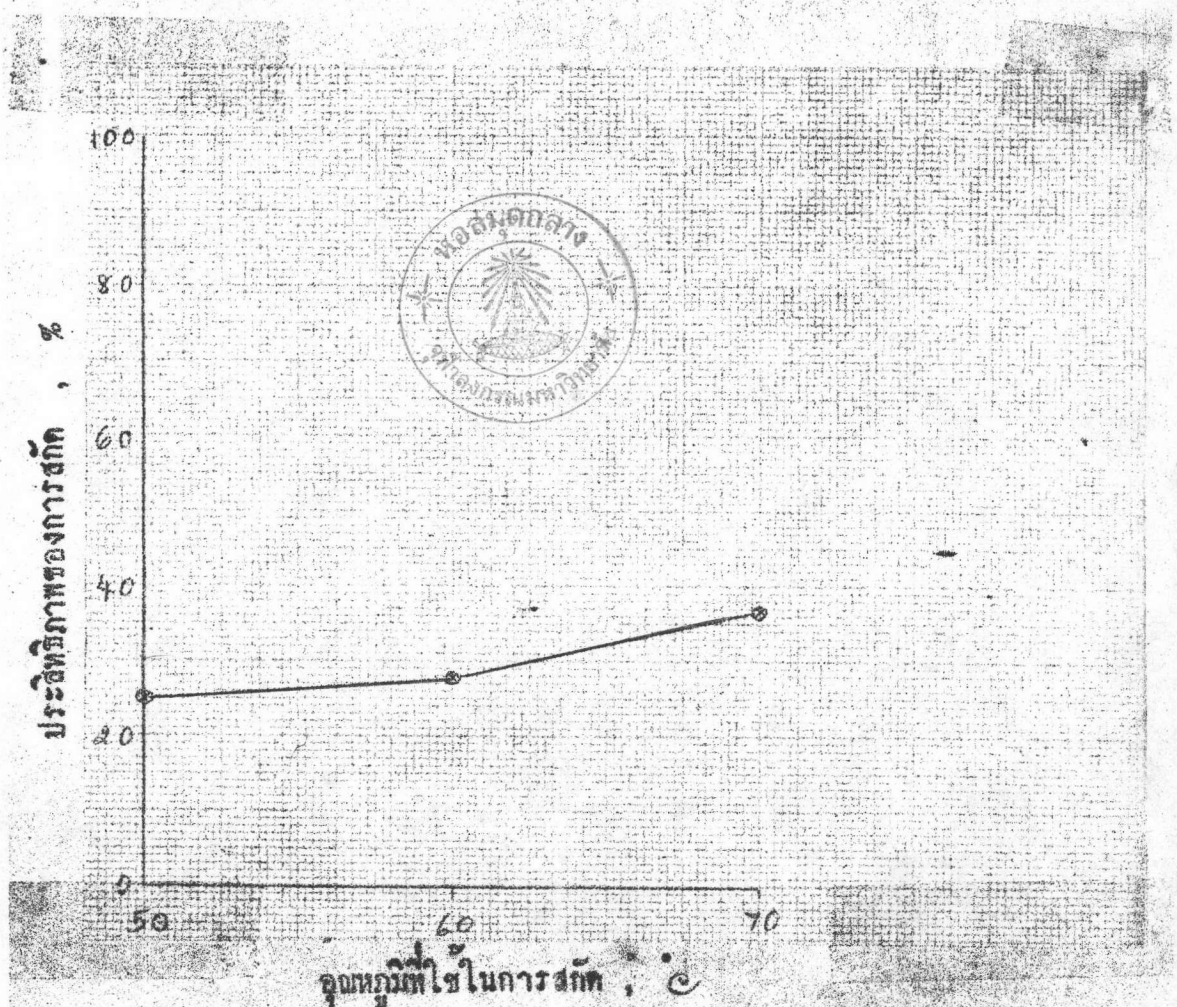
× - ทดลองสกัดที่อุณหภูมิ 50° C

⊗ - ทดลองสกัดที่อุณหภูมิ 60° C

รูปที่ 10 ผลการเปลี่ยนอุณหภูมิของการสกัด

วัตถุดิบ คือ ส่วนเนื้อนอกผลปาล์มเฉือนเป็นชิ้นบางๆหนา 0.02 นิ้ว โดยเฉลี่ย

น.น วัตถุดิบ	: ปริมาณตัวทำละลาย	1 : 20
ปริมาณความชื้นในวัตถุดิบ		22 %
เวลาของการสกัด		3 ช.ม



ซึ่งค่า ๆ นี้จะอยู่ระหว่างค่าปริมาณความชื้นต่ำสุดคือ 0.2 % และค่าปริมาณความชื้นสูงสุดคือ 25 % ซึ่งค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (optimum moisture content) ค่านี้อาจประมาณได้จากการเฉลี่ยค่าของประสิทธิภาพของการสกัดของวัตถุดิบที่มีปริมาณความชื้นต่าง ๆ กัน โดยถือว่าความแตกต่างของอุณหภูมิ 50°c - 60°c ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดมากนัก ดังนั้นอาจประมาณได้ว่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดน้ำมันปาล์ม ควรอยู่ระหว่าง 3 % ถึง 8 %

ผลที่ได้จากการทดลองนี้อาจอธิบายตามหลักการได้ว่า โมเลกุลของน้ำที่มีอยู่ใน seed mass จำนวนพอเหมาะเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดเป็น film ของน้ำบนผิวของ seed particle ซึ่งจะช่วยให้การแพร่กระจาย (diffusion) ของโมเลกุลน้ำมัน ออกจาก mass ของ seed particle ได้ดี แต่ถ้า seed mass นั้นมีปริมาณน้ำน้อยเกินไปหรือมากเกินไปจะทำให้ผนังของเซลน้ำมันขาดคุณสมบัติการเป็น semipermeable membrane ทำให้การแพร่กระจายของโมเลกุลน้ำมันยากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ปริมาณความชื้นที่มีในผลปาล์มยังเป็นส่วนสำคัญในการทำลายคุณภาพของน้ำมันปาล์มด้วย เนื่องจากเกิดปฏิกริยาทางเคมีกับ enzyme พวก lipase ที่มีอยู่ในผลปาล์ม แต่อย่างไรก็ดีในทางปฏิบัติแล้ว การที่จะลดปริมาณความชื้นในผลปาล์มให้ได้ประมาณ 10 % นั้น ทำยากมาก เพราะต้องใช้เวลานาน และอุณหภูมิสูงพอสมควรในการอบ ซึ่งจะมีผลต่อคุณสมบัติของน้ำมันปาล์มที่สกัดได้

4.3.3 <u>ผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนเวลาของการสกัด</u>

จากตารางที่ 14 ซึ่งเป็นผลการทดลองสกัดผลปาล์มที่เฉือนเป็นชิ้นบาง ๆ หนาประมาณ 0.02 นิ้ว โดยเฉลี่ยกับผลปาล์มที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วนำมาตำในครก ซึ่งมีปริมาณความชื้นประมาณ 25 % ด้วยตัวทำละลายเฮกเซนในอัตราส่วน น.น วัตถุดิบต่อปริมาตรตัวทำละลาย ประมาณ 1 : 11 - 1 : 20 ที่อุณหภูมิ 53°c - 60°c เป็นเวลาต่าง ๆ กัน

คือ $\frac{1}{2}$ - 4 ช.ม เมื่อนำมา plot ในรูปที่ 13 จะพบว่า slope ของ curve เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 0 - 1 ช.ม แรก และจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นใน ช.ม ถัด ๆ ไป จนเกือบจะขนากกับแกน x ใน ช.ม ที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ในรูปที่ 11 กับรูปที่ 3 ซึ่งแสดงผลของเวลาที่ใช้ในการสกัดน้ำมันพืช ด้วยตัวทำละลายเฮกเซนแล้วจะพบว่าผลที่ได้ใกล้เคียงกับ curve C จึงได้จากการสกัดชิ้นเล็ก ๆ ของ cottonseed หนา 0.017 นิ้ว 10 - 25 mesh 11.6 % moisture

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการสกัดจะมีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดเป็นอย่างมากในช่วง 30 นาทีแรกของการสกัดซึ่งอาจอธิบายได้ว่า ทันทีที่เซลน้ำมันถูกทำลายและสัมผัสกับตัวทำละลายในระยะเริ่มต้นนั้นเป็นขบวนการ solution extraction ซึ่งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นจึงเป็นขบวนการ diffusion extraction ซึ่งเกิดขึ้นช้ามาก อีกทั้งเป็นการยืนยันว่ายังมีเซลน้ำมันอีกจำนวนหนึ่งที่ยังไม่ถูกทำลายภายหลังจากการตำและให้ความร้อน ซึ่งเซลน้ำมันจำนวนนี้เองที่ทำให้ประสิทธิภาพของการสกัดน้อยกว่า 100 % เสมอจนแทบจะกล่าวได้ว่า ถ้าต้องการสกัดน้ำมันให้ได้ 100 % ด้วยวิธีการนี้จะต้องใช้เวลา infinity

4.3.4 <u>ผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนปริมาณตัวทำละลาย</u>

จากตารางที่ 15 ซึ่งเป็นผลการทดลองสกัดผลปาล์มสดที่นำมาเฉือนเป็นชิ้นบาง ๆ หนาประมาณ 0.02 นิ้ว โดยเฉลี่ย กับผลปาล์มที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วนำไปตำปริมาณความชื้นประมาณ 25 % ด้วย ตัวทำละลายเฮกเซนในอัตราส่วน น.น วัตถุดิบต่อปริมาตร ตัวทำละลายต่าง ๆ กัน (1 : 3 - 1 : 40) ที่อุณหภูมิ 60° c เป็นเวลา 3 ช.ม เมื่อนำมา plot ในรูปที่ 12 พบว่า slope ของ curve จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง น.น วัตถุดิบ : ปริมาตรตัวทำละลายประมาณ 1 : 20 และจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในอัตราส่วนต่อ ๆ ไป อธิบายได้ว่า ในขบวนการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายยิ่งเพิ่ม

รูปที่ 1 ผลการทดลองเปลี่ยนเวลาของการสกัด

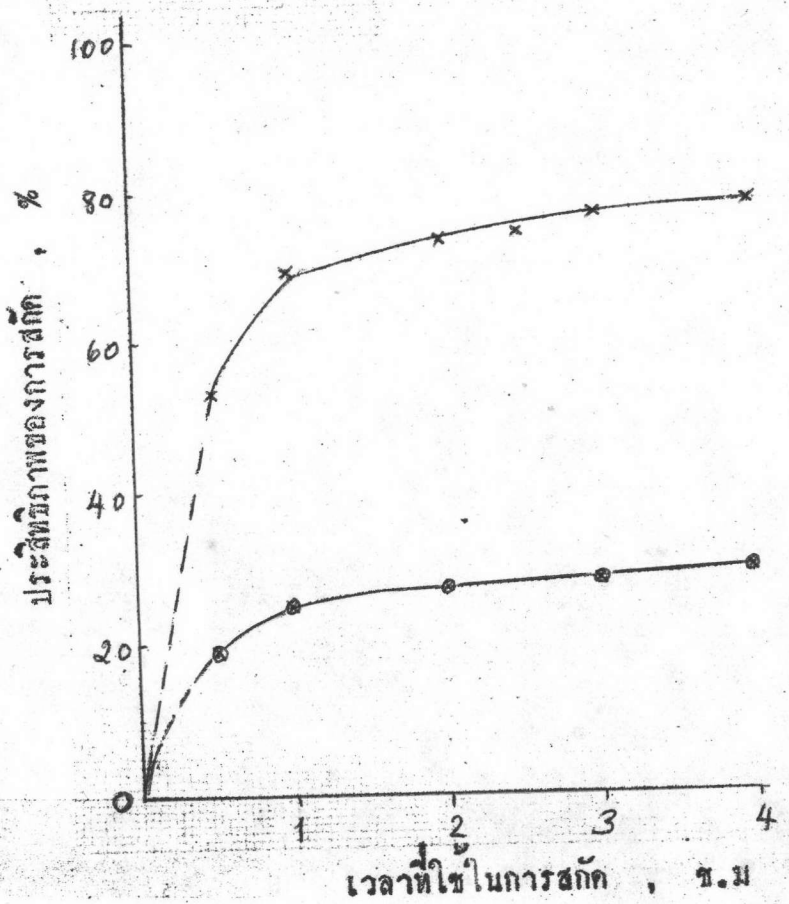
น.น วัตถุดิบ : ปริมาณตัวทำละลาย 1 : 11 และ 1 : 20

ปริมาณความชื้นในวัตถุดิบ 25 %

อุณหภูมิของการสกัด 55° - 60° C.

× - ผลปาล์มที่ผ่านการฆ่าเชื้อนำมาทำ

⊗ - ส่วนเนื้อนอกผลปาล์มเฉือนเป็นชิ้นบางๆหนา 0.02 นิ้วโดยเฉลี่ย



ปริมาณของตัวทำละลายก็จะยิ่งลดปริมาณน้ำมันที่เหลือในวัตถุดิบ เพราะความสามารถในการละลายมีเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ดีในทางปฏิบัติย่อมเป็นไปไม่ได้ที่จะใช้ปริมาณตัวทำละลายให้มากที่สุดเนื่องจากเหตุผลทางเศรษฐกิจและการออกแบบเครื่องมือ ดังนั้นจึงต้องหาค่าที่เหมาะสมของปริมาณตัวทำละลาย ซึ่งจากการทดลองพบว่า อัตราส่วนของน.น วัตถุดิบ (ผลปาล์ม)ต่อปริมาตรตัวทำละลายที่เหมาะสม คือ 1 : 20

4.3.5 <u>ผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนขบวนการสกัด</u>

จากตารางที่ 16 ซึ่งเป็นผลการทดลองสกัดปาล์มสดโดยนำมาเฉือนเป็นชิ้นบางๆหนาประมาณ 0.02 นิ้วโดยเฉลี่ย ปริมาณความชื้น 30 % ด้วยตัวทำละลายเฮกเซนในอัตราส่วน น.น วัตถุดิบต่อปริมาตรตัวทำละลาย 1 : 20 ที่อุณหภูมิ 55°-60° เป็นเวลา 2 ช.ม พบว่า immersion process มีประสิทธิภาพในการสกัดน้อยกว่า combined percolation and immersion process ถึง 4 % แต่ถ้าคนด้วยแท่งแก้วใน immersion process แล้วจะกลับมีประสิทธิภาพสูงกว่า combined percolation and immersion process ประมาณ 6 % ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าใน immersion process วัตถุดิบแช่อยู่ในตัวทำละลายที่อยู่นิ่ง ดังนั้นโมเลกุลเล็กๆของเซลน้ำมันจึงสัมผัสอยู่กับโมเลกุลของตัวทำละลายที่อยู่นิ่งทำให้การไหลของโมเลกุลของเฮกเซนบนผิวของเซลน้ำมันช้ามากซึ่งเป็นขบวนการ diffusion extraction จึงทำให้สกัดน้ำมันได้น้อย แต่เมื่อคนด้วยแท่งแก้วก็จะเป็นการเพิ่มอัตราการไหลของตัวทำละลายเหนือผิวของเซลน้ำมันให้เร็วยิ่งขึ้นและยังสามารถทำให้ผนังเซลน้ำมันแตกออกได้ดีขึ้นด้วย ทำให้สกัดน้ำมันได้มากยิ่งขึ้น ส่วนในขบวนการ combined percolation and immersion จะเป็นการเปลี่ยน liquid film บน seed granules ซึ่งอัตราการไหลของตัวทำละลายย่อมช้ากว่าการคนด้วยแท่งแก้วมาก

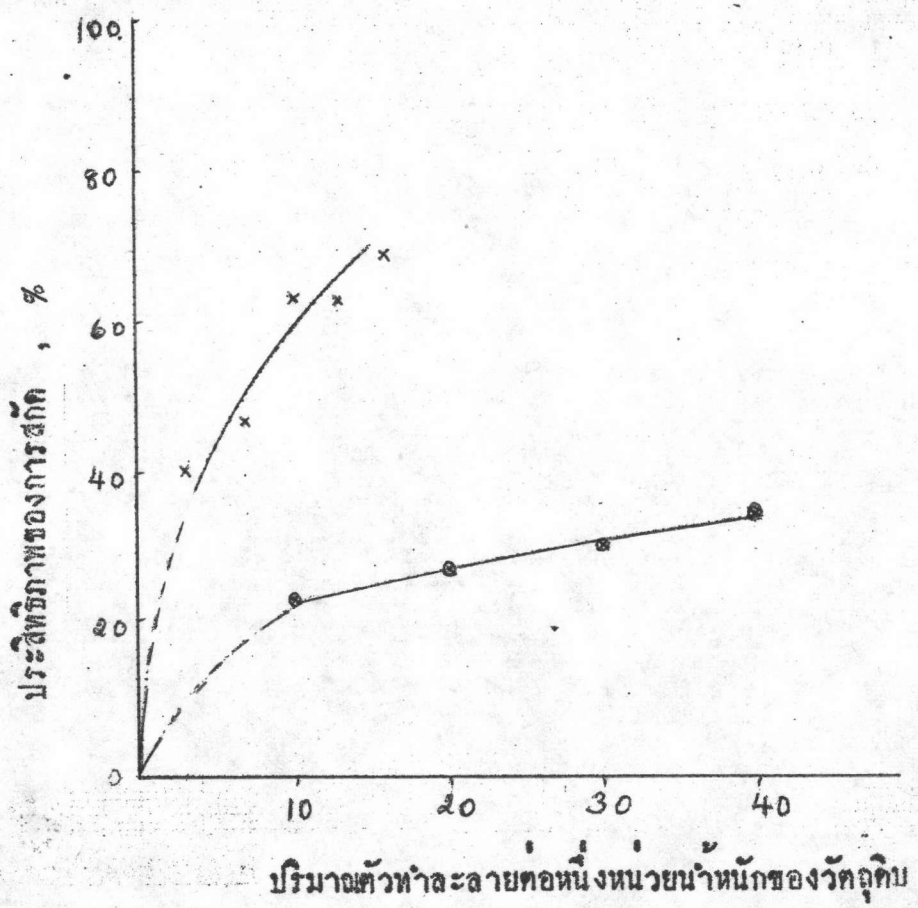
รูปที่ 12 ผลการเปลี่ยนปริมาณตัวทำละลาย

อุณหภูมิของการสกัด 60° C

เวลาของการสกัด 3 ช.ม

× - ผลปาล์มที่ผ่านการฆ่าเชื้อ มีปริมาณความชื้น 22 % นำมาทำ

⊗- ส่วนเนื้อนอกผลปาล์ม ปริมาณความชื้น 25 % นำมาเฉือนเป็นชิ้น บางๆหนา 0.02 นิ้ว โดยเฉลี่ย



สรุปผลที่ได้จากการทดลองศึกษา factors ต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดน้ำมันปาล์มด้วยตัวทำละลายเฮกเซนเพื่อนำไปประกอบการพิจารณาสร้างเครื่องมือสกัดผลปาล์ม ดังนี้

1. วัตถุดิบที่จะนำมาสกัดควรจะผ่านขบวนการเตรียมด้วยวิธีที่สามารถทำลายเซลน้ำมันได้มากที่สุด

2. ขบวนการสกัดควรเป็นแบบ immersion process พร้อมทั้งการกนเพื่อเพิ่มอัตราการไหลของตัวทำละลาย

3. ปริมาณความชื้นของวัตถุดิบควรอยู่ระหว่าง 3 %- 8 %

4. อุณหภูมิของการสกัดควรอยู่ต่ำกว่าจุดเดือดของตัวทำละลายเพื่อลดปริมาณการสูญเสียตัวทำละลายเนื่องจากความร้อนและรักษาคุณภาพของน้ำมัน

5. เวลาที่ใช้ในการสกัดควรน้อยกว่า 1 ช.ม

6. น.น วัตถุดิบต่อปริมาตรตัวทำละลายประมาณ 1 : 20

นอกจากนี้ยังพบว่า factor ที่สำคัญต่อประสิทธิภาพของการสกัด คือ วิธีการทำลายเซลน้ำมันให้มากที่สุด จะสามารถสกัดน้ำมันได้มากที่สุด (จากตารางที่ 12 สกัดได้ 94 %) ส่วน factors ที่สำคัญรองๆลงมา คือ ปริมาณความชื้นในวัตถุดิบ เวลาที่ใช้ในการสกัด อุณหภูมิของการสกัดและอัตราส่วนโดย น.น ผลปาล์มต่อปริมาณตัวทำละลายเฮกเซน อย่างไรก็ดีตัวเลขที่ได้จากการทดลองนี้อาจผิดพลาดเนื่องจาก

1. ความยากลำบากในการกำหนดปริมาณความชื้นในวัตถุดิบที่จะนำมาทดลองซึ่งทำโดยการประมาณเวลาที่ใช้ในการอบ ทำให้ไม่สามารถหาจุดที่มีปริมาณความชื้นเหมาะสมได้อย่างแน่ชัด

2. ความบกพร่องของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองทำให้ไม่สามารถควบคุมสภาวะที่ใช้ในการทำลองให้อยู่ที่จุดหนึ่งจุดใดได้ เช่น บีกเกอร์ปิดฝาด้วยกระจกนาฬิกาถึงแม้ว่าจะคอยควบคุมปริมาณตัวทำละลายด้วยการเติม ก็อาจมีบางส่วนสูญหายไปได้ นอกจากนี้ยังทำให้อุณหภูมิของการสกัดต่ำลงด้วย

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

3. การทำผลปาล์มในแต่ละการทดลองยอมไม่สม่ำเสมอ

4. อัตราส่วนของส่วนเนื้อผลปาล์มต่อเมล็ดผลปาล์มในแต่ละการทดลองไม่คงที่

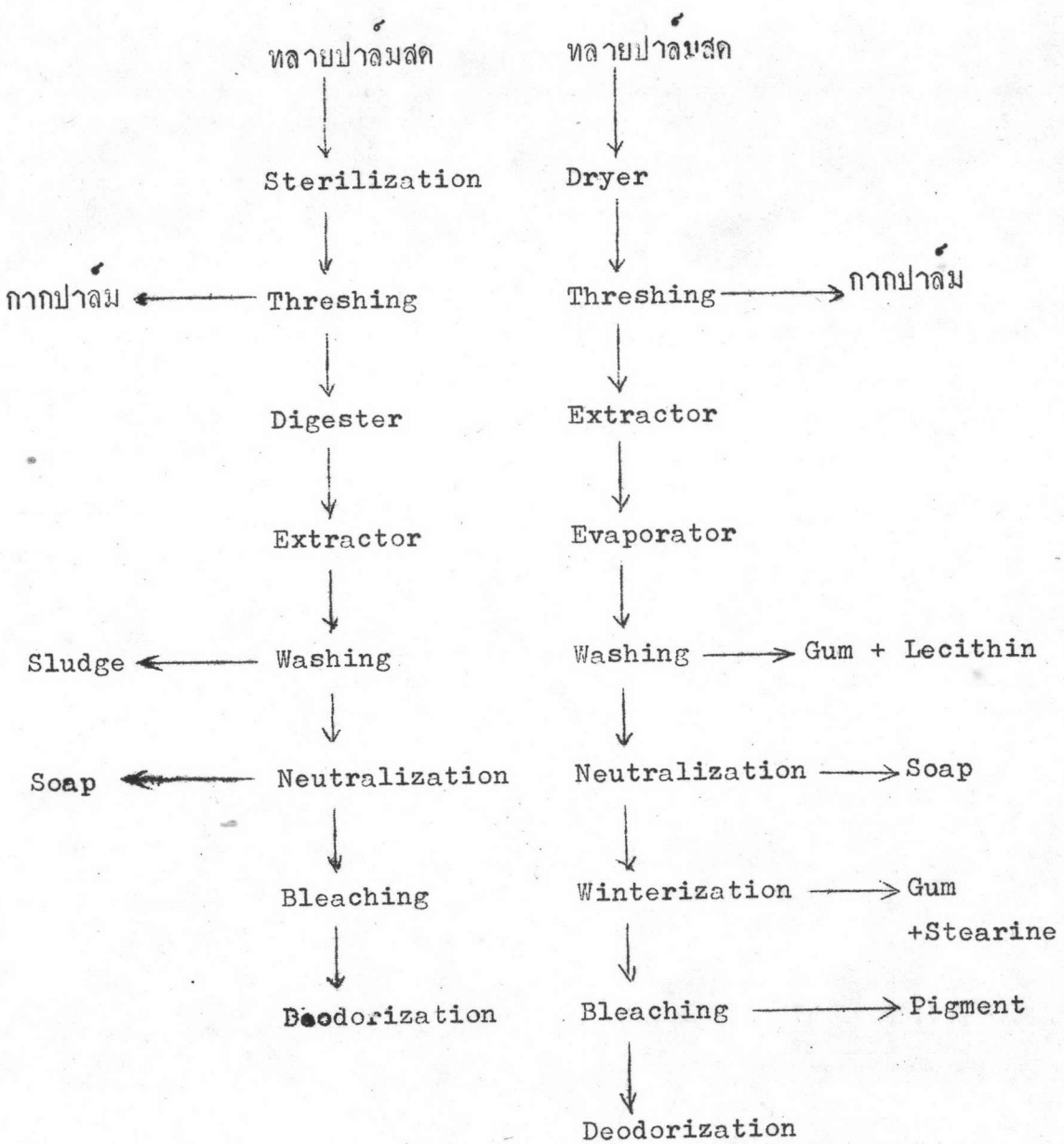
4.4 การทดลองสกัดผลปาล์มด้วยตัวทำละลายเฮกเซนใน digestor

4.4.1 ขบวนการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายเฮกเซน

จากขบวนการสกัดน้ำมันด้วยเครื่องจักรกลที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน (รูปที่ 1) และผลที่ได้จากหัวข้อ 4.3 จะเห็นได้ว่า เราสามารถสกัดน้ำมันปาล์มด้วยตัวทำละลายเฮกเซนใน digestor ได้ โดยนำทลายปาล์มสดมาล้างให้สะอาดแล้วนำไปลบใน dryer เพื่อลดปริมาณความชื้นในผลปาล์มและช่วยให้ผลปาล์มหลุดจากทลายได้ง่ายยิ่งขึ้น แล้วนำไปผ่านเครื่องแยกผลปาล์ม (stripper) ผ่านผลปาล์มที่ได้ไปยัง digestor ซึ่งบรรจุตัวทำละลายเฮกเซนที่ร้อนอยู่จำนวนหนึ่ง beater ใน digestor จะทำหน้าที่ขูดส่วนเนื้อนอกผลปาล์มให้แยกออกจากกันพร้อมทั้งทำหน้าที่คนเพื่อเพิ่มอัตราการไหลของตัวทำละลายบน seed mass นำไปกรองจะได้ของผสมของตัวทำละลายกับน้ำมันปาล์ม เรียกว่า miscella ซึ่งเมื่อผ่านเข้าไปใน evaporator แล้ว ตัวทำละลายจะระเหยแยกออกมาและสามารถนำกลับไปใช้ได้ใหม่อีก ส่วนน้ำมันปาล์มที่ได้นำไป purify ด้วยขบวนการ Washing, Neutralization, Winterization, Bleaching และ Deodorization ดังแสดงในแผนผัง

อย่างไรก็ดีจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของการสกัดขึ้นอยู่กับการทำงานของ digestor เป็นส่วนใหญ่ถ้าออกแบบ digestor ให้สามารถขูดส่วนเนื้อนอกของผลปาล์มให้แยกจากกันได้มากเท่าไรก็จะยิ่งสกัดน้ำมันได้มากขึ้นเท่านั้น

แผนผังแสดงการเปรียบเทียบขบวนการสกัดน้ำมันปาล์มด้วยเครื่องจักรกลกับขบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย ที่ควรจะเป็นดังนี้



4.4.2 รูปร่างลักษณะและคุณสมบัติของ digestor

ในการออกแบบ digestor เพื่อทดลองสกัดน้ำมันปาล์มด้วยตัวทำละลายเฮกเซนนั้นทำเป็น Batch process โดยที่เครื่อง digester ประกอบด้วยท่อเหล็กที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 6 นิ้ว ยาว 2 ฟุต ผนังภายในท่อเหล็กมีลวดสปริงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3/8 นิ้ว ยาว 1 นิ้วเชื่อมติดอยู่เป็นระยะๆโดยที่มีความสูงจากปลายท่อด้านล่างขึ้นมา 1 ฟุต เพื่อช่วยให้การที่ส่วนเนื้อนอกของผลปาล์มดียิ่งขึ้น ที่ปลายล่างของท่อปิดไว้ด้วยแผ่นเหล็กหนา 1/2 นิ้ว และยึดไว้ด้วยน็อต 6 ตัว บนแผ่นเหล็กนี้เจาะรูขนาด 1 นิ้ว แล้วปิดไว้ด้วยลวดตาข่ายเพื่อทำหน้าที่กรองกากปาล์มออกจาก miscella รูที่เจาะนี้ต่อเข้ากับท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 1 นิ้วและมี valve ปิดเปิดได้เพื่อเปิดเอา miscella ออก นอกจากนี้ยังเชื่อมลวดสปริงขนาด 3/8×1 นิ้ว 3 อันไว้บนผิวแผ่นเหล็กด้านในด้วยเพื่อช่วยให้ที่ผลปาล์มได้ดียิ่งขึ้น ด้านบนของท่อปิดไว้ด้วยแผ่นเหล็กหนา 1/2 นิ้วโดยเจาะรูตรงกลางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้วเพื่อใส่แกนของ beater แล้วต่อแกนนี้เข้ากับมูเลที่มีอัตราการทด 27 : 5 เมื่อต่อกับ motor ที่มีความเร็ว 1425 rpm. ปลายด้านล่างของแกน beater ต่อกับแผ่นเหล็กที่ปิดด้านล่างเพื่อช่วยให้การหมุนของ beater อยู่ในแนวตั้งฉากและตลอดยาวจากแกนด้านล่างขึ้นมา 1ฟุต มีลวดสปริงขนาด 3/8× 2 นิ้วเชื่อมอยู่เป็นแถวประมาณ 24 อัน เพื่อทำหน้าที่ขูดส่วนเนื้อนอกผลปาล์มออกจากเมล็ด อย่างไรก็ดีช่องว่างระหว่างปลายของลวดกับลวดข้างฝาผนังจะต้องมากกว่าของเมล็ดปาล์มเพื่อป้องกันไม่ให้เมล็ดปาล์มแตกขณะที่ทำการ digest ส่วนบนของท่อเหล็กต่อมาจากฝาปิดด้านบนเจาะน็อยเจาะช่องที่มีขนาดใหญ่กว่าผลปาล์มเพื่อใส่วัตถุดิบและตัวทำละลายที่จะสกัด ด้านล่างของท่อพันไว้ด้วย electric tape ซึ่งต่อกับเครื่องควบคุมอุณหภูมิเพื่อทำให้อุณหภูมิของตัวทำละลายคงที่ตามต้องการ

4.4.3 วิธีการเตรียมวัตถุดิบและสภาวะของการสกัด

จากตารางที่ 9. จะเห็นว่าการที่จะอบผลปาล์มให้มีปริมาณความชื้น 3.5%-8% นั้น ต้องอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลานานกว่า 6 ชั่วโมง ซึ่งไม่นิยมทำกันในทางปฏิบัติ ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการขูดส่วนเนื้อนอกผลปาล์มออกจากเมล็ดของเครื่อง digestor แล้ว effect ของปริมาณความชื้นที่มีในวัตถุดิบควรจะมีน้อยมาก ดังนั้นจึงเตรียมวัตถุดิบโดยการอบด้วยอุณหภูมิ 80° C เป็นเวลา 1/2 ชั่วโมง เพื่อลดปริมาณความชื้นให้ได้ประมาณ 25% แล้วนำมาสกัดด้วยเฮกเซนในเครื่อง digestor เป็นเวลานานต่าง ๆ กัน (1 - 30 นาที) ที่อุณหภูมิห้อง (25°C) กับ 50°C และอัตราส่วนของน.น.วัตถุดิบต่อปริมาตรตัวทำละลาย = 1:5 1:10 1:20

4.4.4 ผลที่ได้จากการสกัดน้ำมันปาล์มด้วยตัวทำละลายเฮกเซนใน digestor

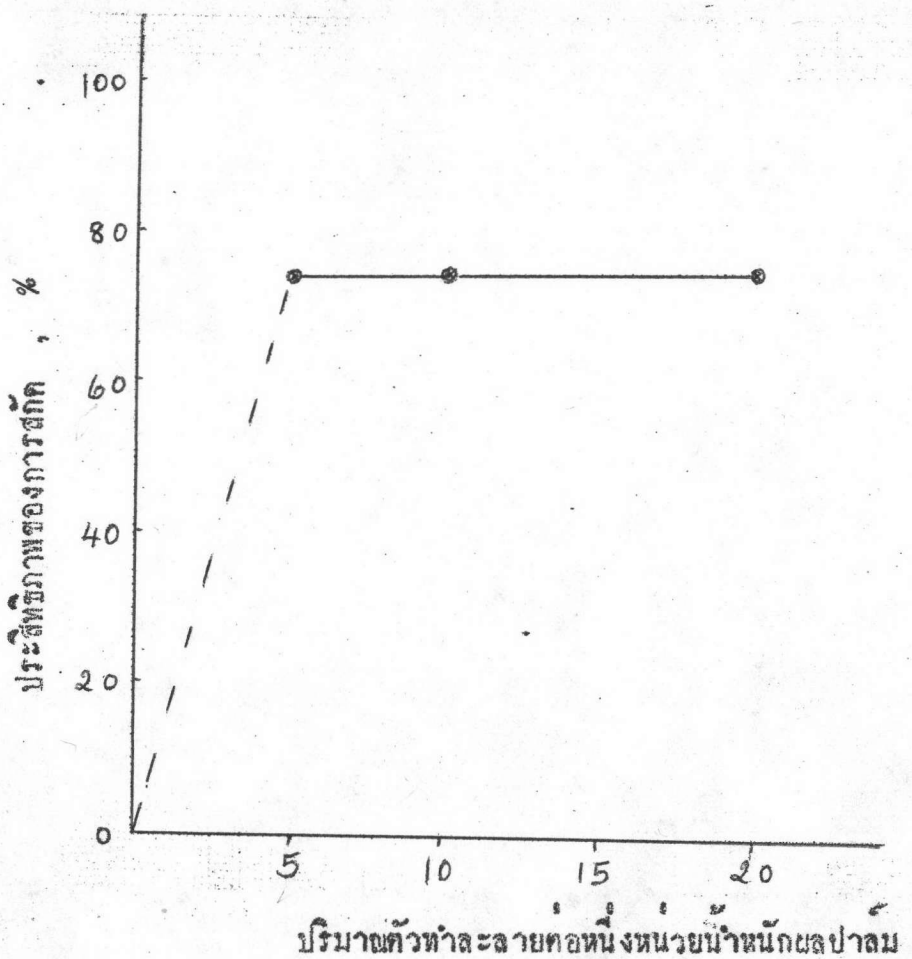
จากผลการทดลองในตารางที่ 17. จะเห็นได้ว่าในการทดลองสกัดน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลานาน 3 นาที โดยมีอัตราส่วนโดยน้ำหนักของผลปาล์มต่อปริมาตรตัวทำละลายเฮกเซนต่าง ๆ กัน คือ 1 : 5 1 : 10 และ 1 : 20 พบว่ามีประสิทธิภาพการสกัด ประมาณ 75% ซึ่งเมื่อนำมา plot ในรูปที่ 13. จะเห็นได้ชัดว่าประสิทธิภาพของการสกัดน้ำมันปาล์มใน digestor ไม่ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนโดยน้ำหนักของผลปาล์มต่อปริมาตรตัวทำละลายเลย และในการทดลองสกัดน้ำหนักผลปาล์มปริมาตรตัวทำละลายเท่ากับ 1 : 5 ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลานานต่างกันคือ 1 นาที 3 นาที 5 นาที 15 นาที 20 นาที 30 นาที พบว่าประสิทธิภาพของการสกัดเป็น 53% 75% 76% 84% 93% 94% ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมา plot ในรูปที่ 14 จะพบว่า slope ของ curve ในช่วง 5 นาทีแรกสูงมาก และจะค่อย ๆ ลดตัวในช่วงเวลาต่อ ๆ มา แสดงว่า เวลาของการสกัดน้ำมันปาล์มใน digestor มีผลต่อ

รูปที่ 13 ผลการเปลี่ยนปริมาณตัวทำละลายใน digestor

อุณหภูมิของการสกัด 25°C

เวลาที่ใช้ในการสกัด 3 นาที

วัตถุดิบ คือ ผลปาล์มสดที่มีปริมาณความชื้น 21 %



รูปที่ 14 ผลการทดลองเปลี่ยนเวลาของการสกัดใน digestor

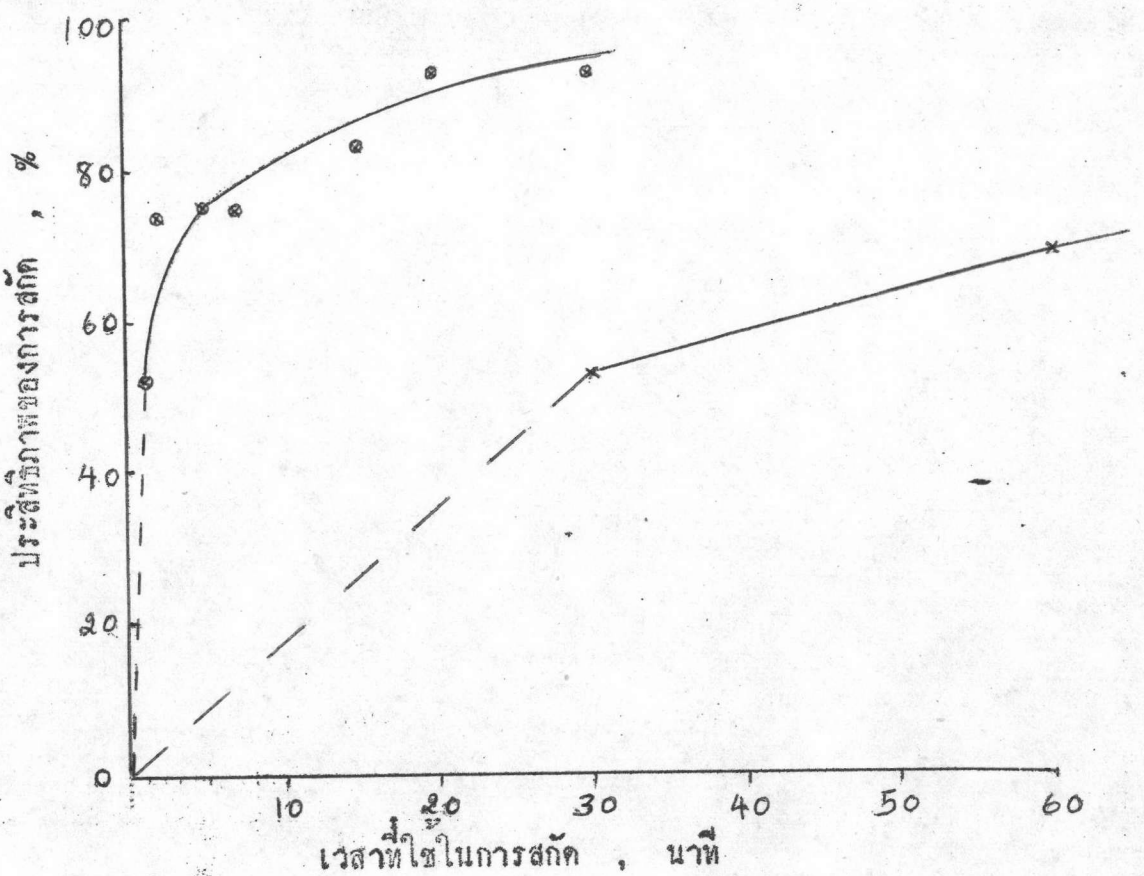
อุณหภูมิของการสกัด 25° c

น.น วัตถุดิบ : ปริมาณตัวทำละลาย 1 : 5

วัตถุดิบ คือ ผลปาล์มสดที่มีปริมาณความชื้น 21 %

× - ผลการทดลองจากรูปที่ 13

⊗ - ผลการทดลองใน digestor



ประสิทธิภาพของการสกัดมาก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองนี้กับผลที่ได้จากการทดลองในหัวข้อ 4.3.3 จะพบว่าประสิทธิภาพของการสกัดในเครื่อง digestor สูงกว่ามาก ทั้ง ๆ ที่อุณหภูมิของการสกัดต่ำกว่าและใช้เวลาในการสกัดต่ำกว่ามาก คือ สามารถสกัดน้ำมันได้ถึง 94% ภายในเวลา 30 นาที ในขณะที่การทดลองในหัวข้อ 4.3.3 สกัดน้ำมันได้ 53% ภายในเวลา 30 นาที จากผลการทดลองนี้อาจกล่าวได้ว่า ประสิทธิภาพของการสกัดน้ำมันปาล์มใน digestor ขึ้นอยู่กับความสามารถของ beaterในการตีส่วนเนื้อนอกของผลปาล์มให้หลุดจากเมล็ดปาล์มได้ดีเท่าไร นั่นเอง ในการทดลองสกัดที่อุณหภูมิต่างกัน คือ 25°c และ 50°c โดยมีอัตราส่วนน้ำหนักผลปาล์ม : ปริมาตรตัวทำละลายเท่ากับ 1 : 5 เวลา 3 นาที พบว่าประสิทธิภาพของการสกัดที่ 25°c เป็น 75% ที่ 50°c เป็น 82% และเมื่อเวลา 20 นาที ประสิทธิภาพที่ 25°c เป็น 93% ที่ 50°c เป็น 97% ซึ่งแสดงว่าอุณหภูมิมีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดคือประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นประมาณ 5% เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 25° c ดังแสดงในรูปที่ 15

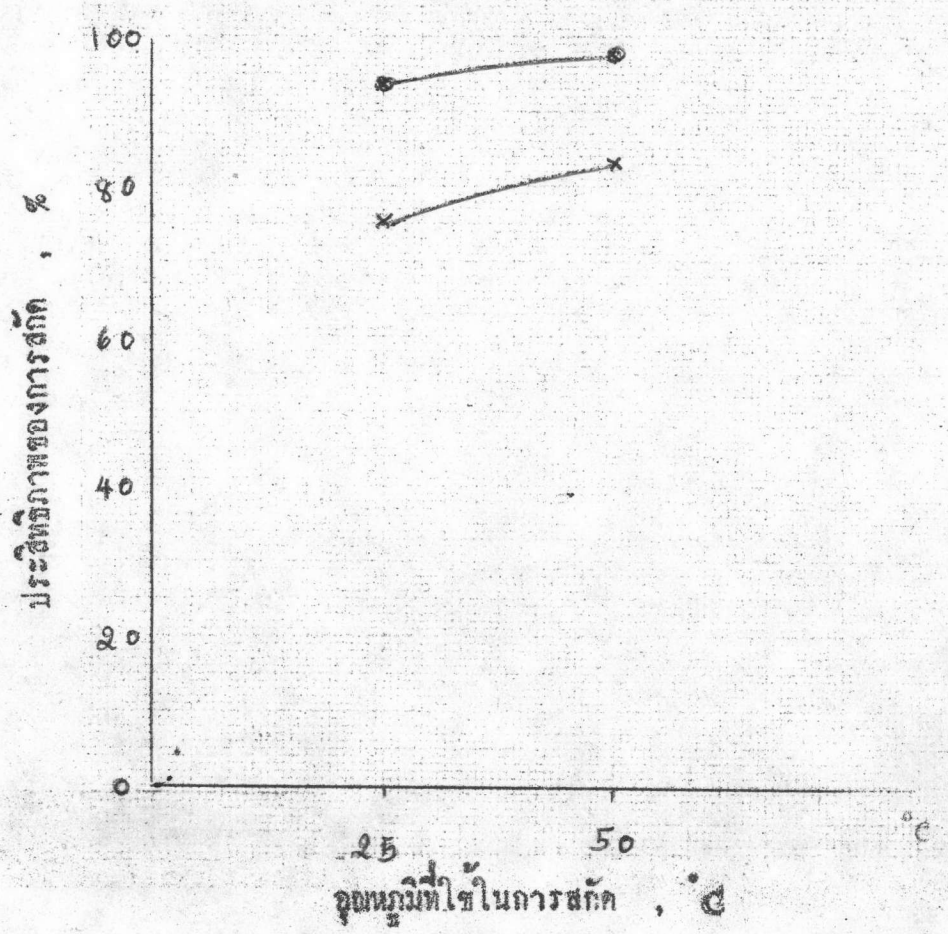
อาจกล่าวได้ว่าในการสกัดน้ำมันปาล์มด้วยตัวทำละลายเฮกเซน สามารถทำได้ในเครื่องสกัดผลปาล์ม (digestor)และมีประสิทธิภาพถึง 97% เมื่อสกัดที่ 50°c เวลา 20 นาที และอัตราส่วนน้ำหนักผลปาล์มต่อปริมาณตัวทำละลาย 1 : 10 นอกจากนี้ยังพบว่า factor ที่สำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัด คือ คุณภาพของตัว beater ว่าจะสามารถขูดส่วนเนื้อนอกผลปาล์มออกจากเมล็ดปาล์มได้ดีเพียงไร

รูปที่ 15 ผลการเปลี่ยนอุณหภูมิใน digester

วัตถุดิบคือ ผลปาล์มสดที่มีปริมาณความชื้น 21 %

× - น.น วัตถุดิบ ; ปริมาณตัวทำละลาย 1 : 5

⊗ - น.น วัตถุดิบ ปริมาณตัวทำละลาย 1 : 10



4.5 การทดลองแยกตัวทำละลายเฮกเซนออกจากของผสมของน้ำมันปาล์มกับตัวทำละลายเฮกเซน (miscella)

ในขบวนการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายนอกจากจะต้องศึกษาถึง factors ต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดในเครื่องสกัดน้ำมันแล้ว ยังจะต้องศึกษาถึง factors ต่าง ๆ ที่มีผลต่อขบวนการแยกตัวทำละลายออกจาก miscella และคุณภาพของน้ำมันที่สกัดได้ ซึ่งในการสกัดน้ำมันพืชโดยทั่ว ๆ ไป (เช่น cottonseed oil และpeanut oilออกจาก miscellas ด้วย evaporator และ steam stripper ภายใต้ความดันสูญญากาศ ดังนั้นในการส์กัดน้ำมันปาล์มด้วยตัวทำละลายเฮกเซนจึงจำเป็นต้องหาความหนาแน่นและจุดเดือดของ miscellas ที่มี % น้ำมันปริมาณต่างกัน เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ evaporator & steam stripper และควบคุมระบบการทำงานรวมทั้งอุณหภูมิเวลาของการให้ความร้อน และความเข้มข้นของของผสมระหว่างน้ำมันกับตัวทำละลายที่ conditions ต่าง ๆ กัน ซึ่งจะเป็นการป้องกันหรือลด fixation ของสารที่ทำให้เกิดสีหรือการเสื่อมคุณภาพอันเนื่องจาก heat effects

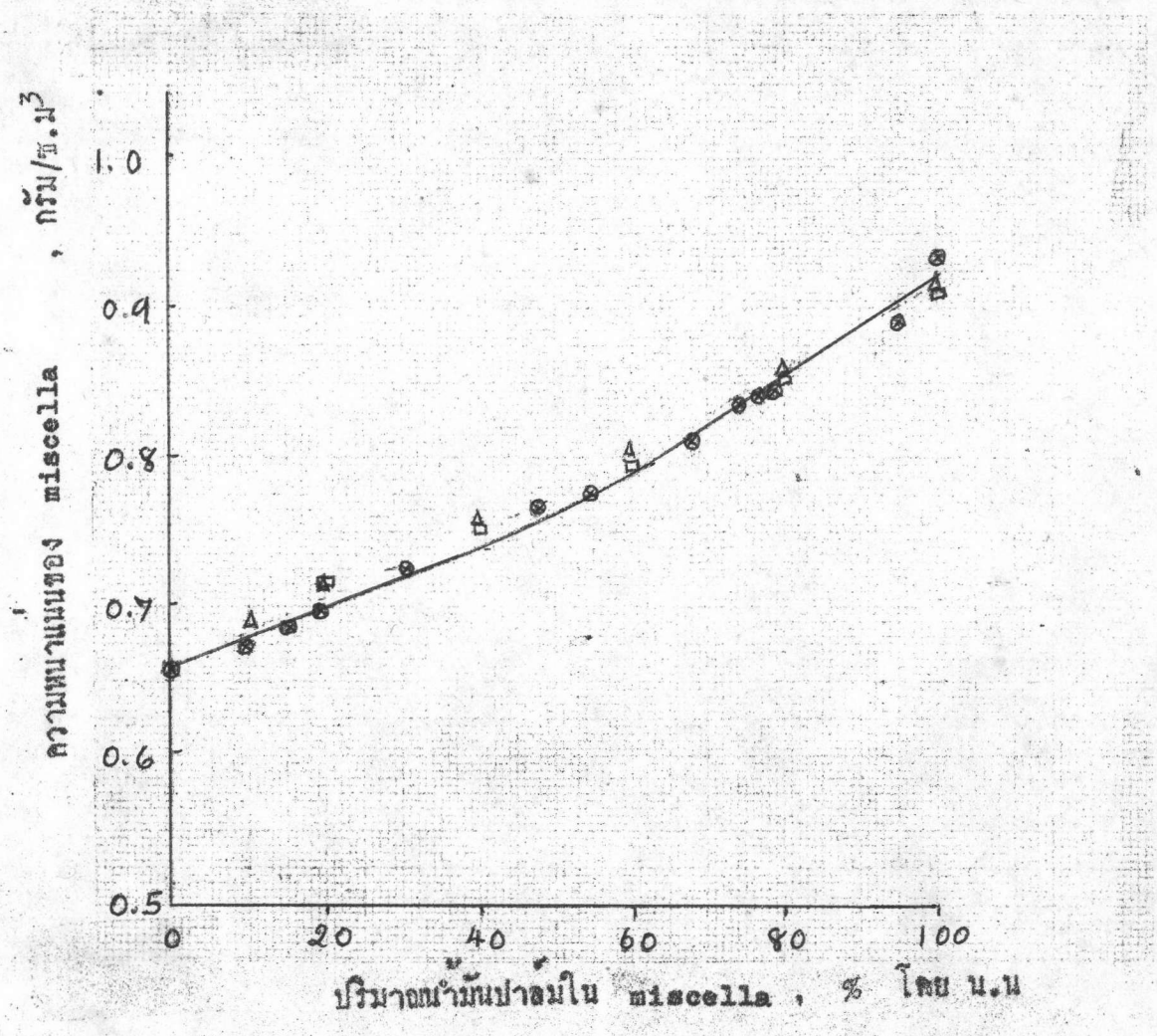
ตารางที่ 18. แสดงผลที่ได้จากการหาความหนาแน่นของ miscellas ของน้ำมันปาล์มกับตัวทำละลายเฮกเซน ซึ่งทดลองโดยใช้ขวด Pcynometer และวัดปริมาตรของขวดที่อุณหภูมิห้องด้วยการแทนที่น้ำ เมื่อนำผลที่ได้มา plot ในรูปที่ 16 จะพบว่า ความหนาแน่นของ miscellas จะเพิ่มขึ้นเมื่อ % น้ำมันปาล์มใน miscellas เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่เกือบจะเป็นเส้นตรง ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ Pollard ซึ่งทำการทดลองหาความหนาแน่นของ miscellas ของ cottonseed oil และ peanut oilในตัวทำละลายเฮกเซน พบว่าใกล้เคียงกันมาก

รูปที่ 16 ผลการหาความหนาแน่นของ miscella ที่ 30 °c

⊗ - ความหนาแน่นของน้ำมันปาล์มกับเฮกเซน

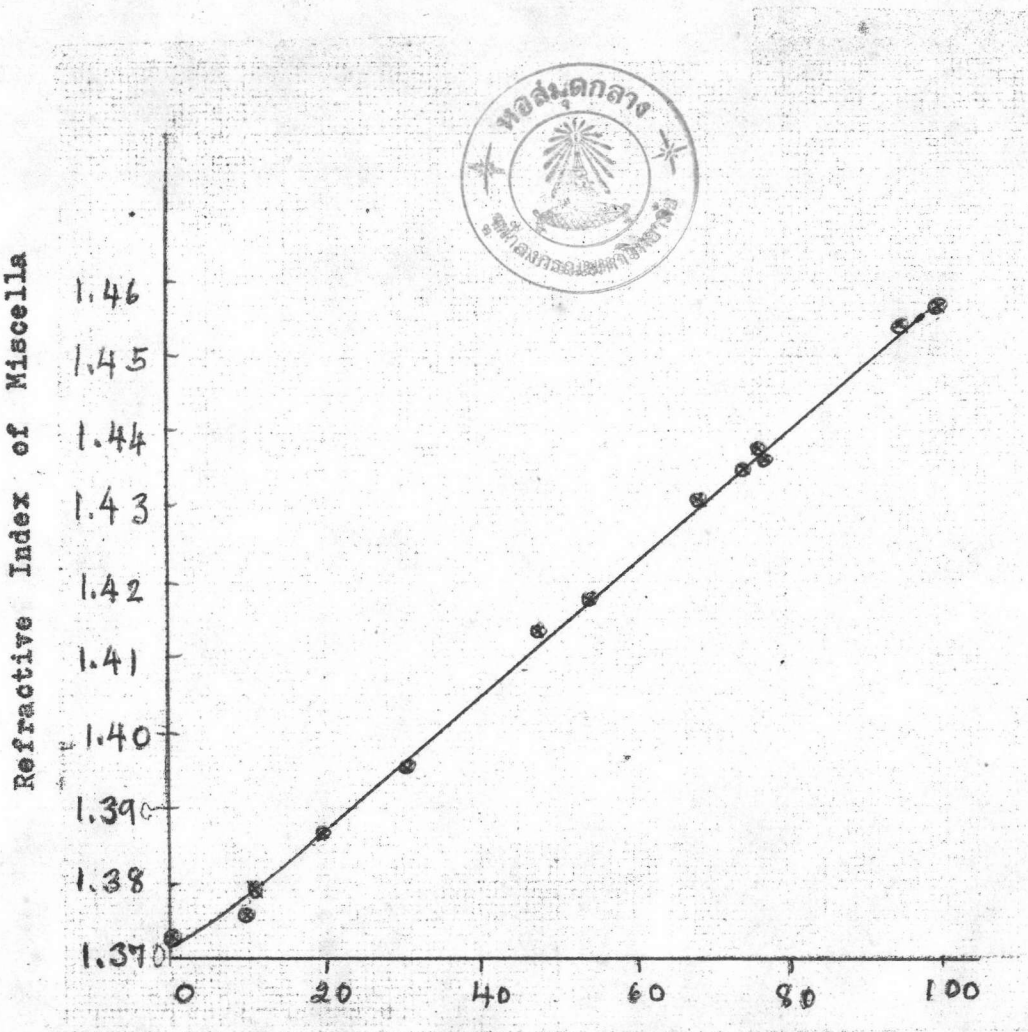
△ - ความหนาแน่นของน้ำมันเมล็ดฝ้ายกับเฮกเซน (15)

□ - ความหนาแน่นของน้ำมันถั่วลิสงกับเฮกเซน (15)



จากตารางที่ 19. ซึ่งแสดงผลการทดลองหาจุดเดือดของ miscellas ที่มีปริมาณน้ำมันปาล์มต่าง ๆ กัน โดยการติดตั้งเครื่องมือดังแสดงในรูปที่ 6 แล้วเติมตัวทำละลายเฮกเซนประมาณ 500 ml. ลงในขวด A อ่านจุดเดือดของตัวทำละลายเฮกเซนที่ 1 atm. ได้ 67°C จากนั้นดูดตัวทำละลายเฮกเซนออกจาก A จำนวนหนึ่งด้วย pipette ใส่ในหลอดแก้วปิดจุกทิ้งไว้ให้เย็น นำไปวัด refractive index ด้วย Abby refractometer แล้วเติมน้ำมันปาล์มลงในขวด A จำนวนเท่ากับตัวทำละลายที่ดูดออก คนให้เข้ากันแล้วให้ความร้อนจนกว่า miscellas จะเดือด ลดอุณหภูมิแล้วดูด miscella ออกจากขวด A จำนวนหนึ่ง ใส่หลอดแก้วปิดฝาทิ้งให้เย็นนำไปอ่าน refractive index แล้วเติมน้ำมันปาล์มจำนวนเท่า ๆ กับ miscellas เดิมที่ดูดออกลงในขวด A คนและหาจุดเดือดทำเช่นนี้จนกระทั่ง miscellas ในขวด A มีปริมาณน้ำมันปาล์มประมาณ 90% จึงใช้วิธีเพิ่มประมาณน้ำมันปาล์มโดยการระเหยตัวทำละลายเฮกเซนออกจากขวด A ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาดเนื่องจากการระเหยของ lower boiling point components ที่มีอยู่ในเฮกเซนคอมเมอเชียลเกรดหาความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดกับ compositions ของ miscellas โดยใช้ calibration curve (รูปที่ 17 ซึ่งหาได้จากการผสม miscellas ที่ composition ต่าง ๆ กัน โดยชั่งน้ำหนักที่แน่นอนแล้วนำไปวัด refractive index เมื่อนำมา plot ในรูปที่ 18 จะเห็นได้ว่าจุดเดือดของ miscellas จะเพิ่มขึ้นเมื่อ % oil สูงขึ้นโดยที่ slope ของ curve ในช่วง 0 - 70% oil เพิ่มขึ้นน้อย แต่ในช่วง 70 - 92% oil เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อาจสรุปได้ว่า miscellas ที่มีปริมาณน้ำมันปาล์ม (โดยน้ำหนัก) 0 - 50% มีจุดเดือดแตกต่างกันน้อยมาก แต่ในช่วง 50 - 85% จุดเดือดจะแตกต่างกันมากขึ้น และในช่วง 85% ขึ้นไปจุดเดือดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมาก ซึ่งการแยกตัวทำละลายออกจาก miscellas ที่อุณหภูมิสูง ๆ นี้จะมีผลต่อคุณสมบัติทาง *organoleptics* และ physico-chemistry ของน้ำมันเป็น

รูปที่ 17 ผลการหา Refractive index ของ Miscella

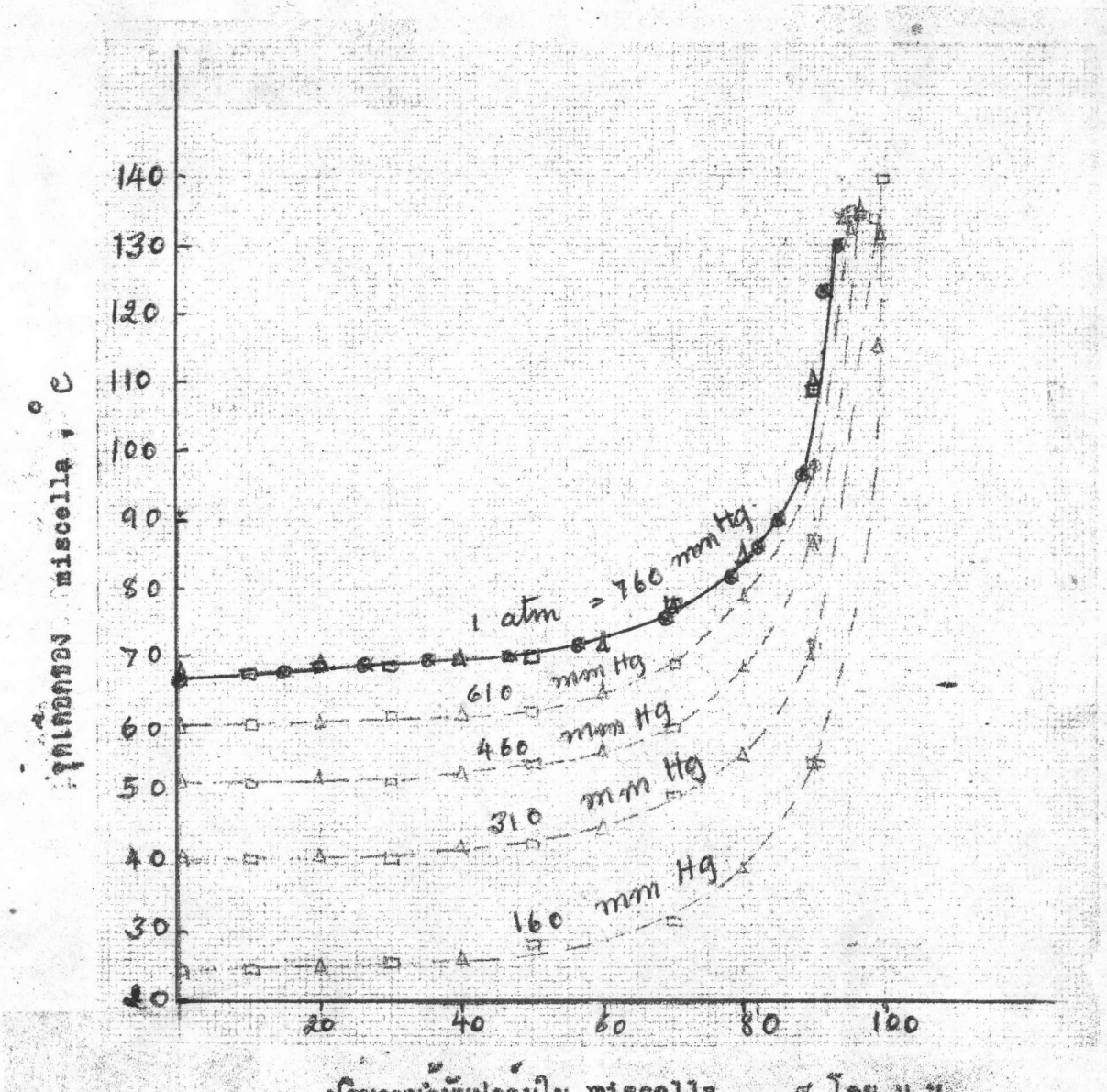


รูปที่ 18 ผลการทดลองหาจุดเดือดของmiscella ที่ 1atm.

○ - miscella ของน้ำมันปาล์มกับเฮกเซน

△ - miscella ของน้ำมันเมล็ดฝ้ายกับเฮกเซน(15)

□ - miscella ของน้ำมันถั่วลิสงกับเฮกเซน(15)



อย่างมาก คือทำให้สีของน้ำมันเปลี่ยนจากเหลืองส้มเป็นสีดำ และมีกลิ่นเหม็นหืน อย่างไรก็ดี เมื่อนำผลที่ได้จากการหาจุดเดือดของ miscellas ที่มีปริมาณน้ำมันปาล์มแตกต่างกันไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองหาจุดเดือดของ cottonseed's miscellas กับ peanut's miscellas จะพบว่าลักษณะของความสัมพันธ์เหมือนกัน ดังนั้นในขบวนการระเหยตัวทำละลายเฮกเซนออกจาก miscellas ของน้ำมันปาล์มสามารถอาศัยหลักการออกแบบของเครื่องมือที่ใช้ในการระเหยตัวทำละลายเฮกเซนออกจาก miscellas ของ cottonseed หรือ peanut ได้

จากการทดลอง แยกตัวทำละลายเฮกเซนออกจาก miscellas ที่มีปริมาณน้ำมันปาล์มโดยน้ำหนัก 13.2% ที่อุณหภูมิ 65°C ความดัน 490 mm.Hg ในเครื่องมือที่แสดงในรูปที่ 6 พบว่าสามารถแยกตัวทำละลายเฮกเซนกลับมาได้ 80%

4.6 เปรียบเทียบผลที่ได้จากขบวนการสกัดน้ำมันปาล์มด้วยตัวทำละลายใน digestor กับขบวนการสกัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิคที่ใช้อยู่ในประเทศไทยปัจจุบัน

4.6.1 ประสิทธิภาพของการสกัดและคุณภาพของน้ำมันที่สกัดได้

จากผลการทดลองสกัดน้ำมันปาล์มด้วยตัวทำละลายเฮกเซนในเครื่องย่อยผลปาล์มที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลานาน 20 นาที โดยมีอัตราส่วนของ น.ป ผลปาล์มต่อปริมาตรตัวทำละลายเฮกเซน 1 : 10 พบว่าสามารถสกัดน้ำมันได้ถึง 97 % เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากเครื่องอัดไฮดรอลิคของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มที่ จ. กระบี่ ซึ่งสามารถสกัดน้ำมันปาล์มได้เพียง 36 % คือสกัดน้ำมันปาล์ม 1 ก.ก จากผลปาล์มสด 5 ก.ก (โดยที่ควรได้สูงสุดประมาณ 93 %) เห็นได้ชัดว่าค่าที่ได้แตกต่างกันมากถึง 60 % ทั้งนี้เพราะการขาดวิทยาการและบุคคลที่มีความชำนาญ ในด้านการสกัดน้ำมันปาล์มด้วยเครื่องจักรกล ซึ่งเป็นขบวนการที่ต้องการความชำนาญงานและการบำรุงรักษาที่ถูกต้อง นอกจากนี้พบว่า (จากการสังเกต) น้ำมันปาล์มที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายมีสีส้มจัดมาก เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นจะมีตะกอนสีเหลืองออกตกลงมา ทั้งนี้เพราะตัวทำละลายเฮกเซนสามารถละลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ได้ดี เช่น ffa., gum, wax, stearine, caroténiod ซึ่งมีผลทำให้น้ำมันปาล์มดิบที่ได้มีคุณภาพต่ำกว่าน้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากขบวนการสกัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิค เพราะมี ffa. และสารเจือปนมากกว่า แต่ที่สำคัญคือฟอกสีและกลั่นได้ยากกว่า แต่อย่างไรก็ดีปัจจุบันนี้ความก้าวหน้าทางวิทยาการด้านการสกัดน้ำมันพืชด้วยตัวทำละลายทำให้สามารถแยกสารอินทรีย์ที่เจือปนเหล่านี้ออกมาใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ เช่น ffa. ที่แยกได้เมื่อนำไปทำปฏิกริยา Esterification กับ glycerol จะได้สารที่เหมาะกับการเป็นวัตถุดิบในการทำ magarine ส่วนพวก wax และ stearine ใช้ทอดอาหารบางประเภท เช่น กล้วยแขก และทำยาขัดรองเท้า นอกจากนี้ยังสามารถสกัดสารพวก β -carotene ซึ่งมี วิตามิน A เป็นจำนวนมากออกมาใช้ประโยชน์ได้ เป็นที่น่าเชื่อว่าน้ำมันปาล์มที่ได้จากขบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายภายหลังจากการนำไปทำให้บริสุทธิแล้วจะมีคุณภาพดีกว่าน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องจักรกลที่ทำให้บริสุทธิ หรือ อย่างน้อยก็เท่ากัน

4.6.2 ความยากง่ายและราคาค่าใช้จ่ายในขบวนการสกัด

แผนผังแสดงการเปรียบเทียบขบวนการสกัดน้ำมันปาล์มด้วยเครื่องจักรกลที่นิยมใช้กันอยู่ กับการสกัดด้วยตัวทำละลายที่ควรเป็น จะเห็นได้ว่าจำนวน unit ต่างๆ ในขบวนการใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นสิ่งที่น่าศึกษา คือ รายละเอียดและการทำงานของ unit ที่แตกต่างกันเพื่อนำมาเปรียบเทียบหาข้อดีข้อเสียในแต่ละขบวนการ