บทที่ 4

ผลการทดลอง

<u>การแยกไขออกจากน้ำมันด้วยตัวทำละลาย</u>

4.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำมันเตาใสหนักและน้ำมันเตาใสเบา ที่ใช้ในการศึกษาการแยกไข

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพของน้ำมันเตาใสหนักและน้ำมันเตาใสเบา

ชนิดน้ำมัน	น้ำมันเตาใสหนัก	น้ำมันเตาใสเบา
ความถ่วงจำเพาะ 60/60 °ฟ	0.893	0.856
จุดวาบไฟ °ซ	215	175
จุดไหลเท °ซ	33	26
สีของน้ำมัน ASTM	>8.0	L 6.5
ความหนืดคิเนมาติก		
ที่ 40 °ซ cSt.	47.6	10.0
ที่ 100 °ซ cSt.	6.7	8.7
ค่าดรรชนีความหนืด	91	112

4.2 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของตัวแปรต่าง ๆ ในการแยกไข

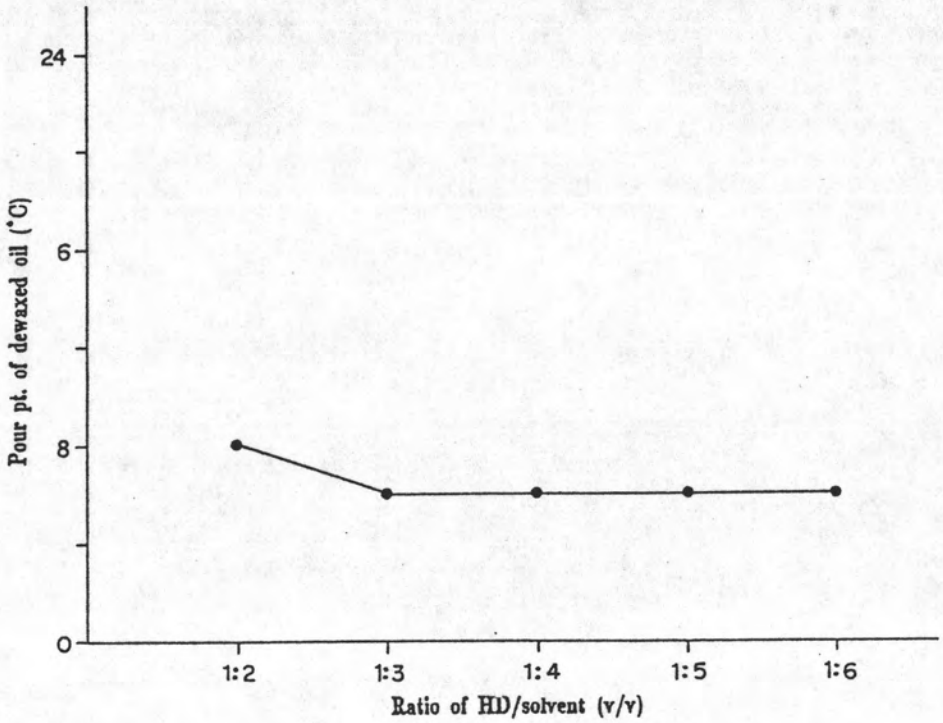
4.2.1 ผลการทดลองศึกษาผลกระทบและหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำมันเตาใสหนักต่อตัวทำละลายผสม โดยใช้อุณหภูมิตกผลึกไขที่ -20 °ซ และใช้การตกผลึกไขครั้งเดียว โดยใช้อัตราส่วนของน้ำมันเตาใสหนักต่อตัวทำละลายผสมในการทดลองเท่ากับ 1/2, 1/3, 1/4, 1/5

และ 1/6 โดยปริมาตร ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ ก.1 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดไหลเท และปริมาณของน้ำมันที่เหลืออยู่ภายหลังผ่านการทดลองแยกไขกับอัตราส่วนของน้ำมันเตาใสหนักต่อตัวทำละลายผสม แสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ จากกราฟรูปที่ 4.1 และ 4.2 พบว่า ที่อัตราส่วนของน้ำมันเตาใสหนักต่อตัวทำละลายผสมเท่ากับ 1/3 โดยปริมาตร จุดไหลเทของน้ำมันที่เหลืออยู่ภายหลังผ่านการทดลองแยกไขจะต่ำและเริ่มคงที่ ดังนั้นจึงเลือกอัตราที่เหมาะสมของน้ำมันเตาใสหนักต่อตัวทำละลายผสมเป็น 1/3 โดยปริมาตร เพื่อใช้ในการศึกษาผลของตัวแปรอื่น ๆ ต่อไป ซึ่งที่อัตราส่วนนี้จะได้จุดไหลเทและปริมาณของน้ำมันที่เหลืออยู่ภายหลังผ่านการทดลองแยกไขมีค่า 6 °ซ และ 63.3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักตามลำดับ

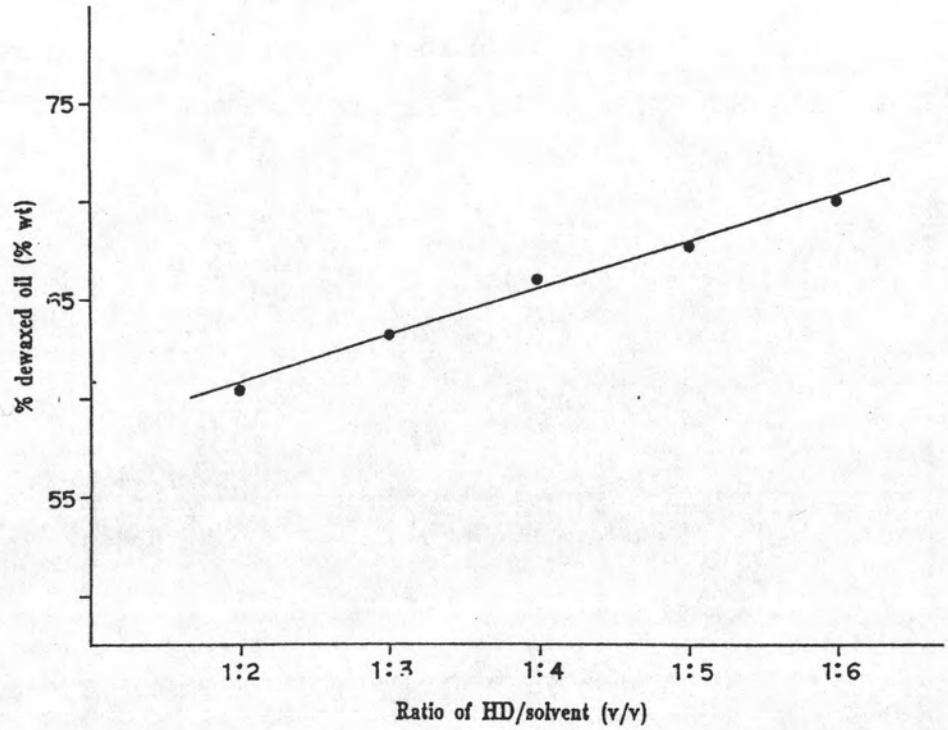
4.2.2 ผลการทดลองศึกษาผลกระทบและหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการตกผลึกแยกไข โดยใช้อัตราส่วนน้ำมันเตาใสหนักต่อตัวทำละลายผสมเท่ากับ 1/3 โดยปริมาตร และใช้การตกผลึกไขครั้งเดียว ทำการทดลองตกผลึกไขที่อุณหภูมิ -20, -15, -10, -5, 0, 5 °ซ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ ก.2 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดไหลเทและปริมาณของน้ำมันที่เหลืออยู่ภายหลังผ่านการทดลองแยกไขกับอุณหภูมิการตกผลึกไข แสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิของการตกผลึกไขที่เหมาะสม คือ -20 °ซ ซึ่งจะให้จุดไหลเทและปริมาณน้ำมันที่เหลืออยู่ภายหลังการทดลองแยกไขที่อุณหภูมินี้เท่ากับ 6 °ซ และ 63.3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักตามลำดับ

4.2.3 ผลการทดลองศึกษาผลกระทบและหาจำนวนครั้งของการตกผลึกไขที่เหมาะสม โดยใช้อัตราส่วนของน้ำมันเตาใสหนักต่อตัวทำละลายผสมเท่ากับ 1/3 โดยปริมาตรและใช้อุณหภูมิตกผลึกไขที่ -20 °ซ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ ก.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดไหลเทและปริมาณน้ำมันที่เหลือภายหลังผ่านการทดลองแยกไขกับจำนวนครั้งของการตกผลึกไข แสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ จากกราฟรูปที่ 4.5 และ 4.6 พบว่า การตกผลึกไขเพียงครั้งเดียวเป็นจุดที่เหมาะสมในการทำการแยกไขออกจากน้ำมันด้วยกระบวนการแยกไขที่ใช้ ซึ่งจะให้จุดไหลเทและปริมาณน้ำมันที่เหลือภายหลังการทดลองแยกไขที่ค่าเท่ากับ 6 °ซ และ 63.3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

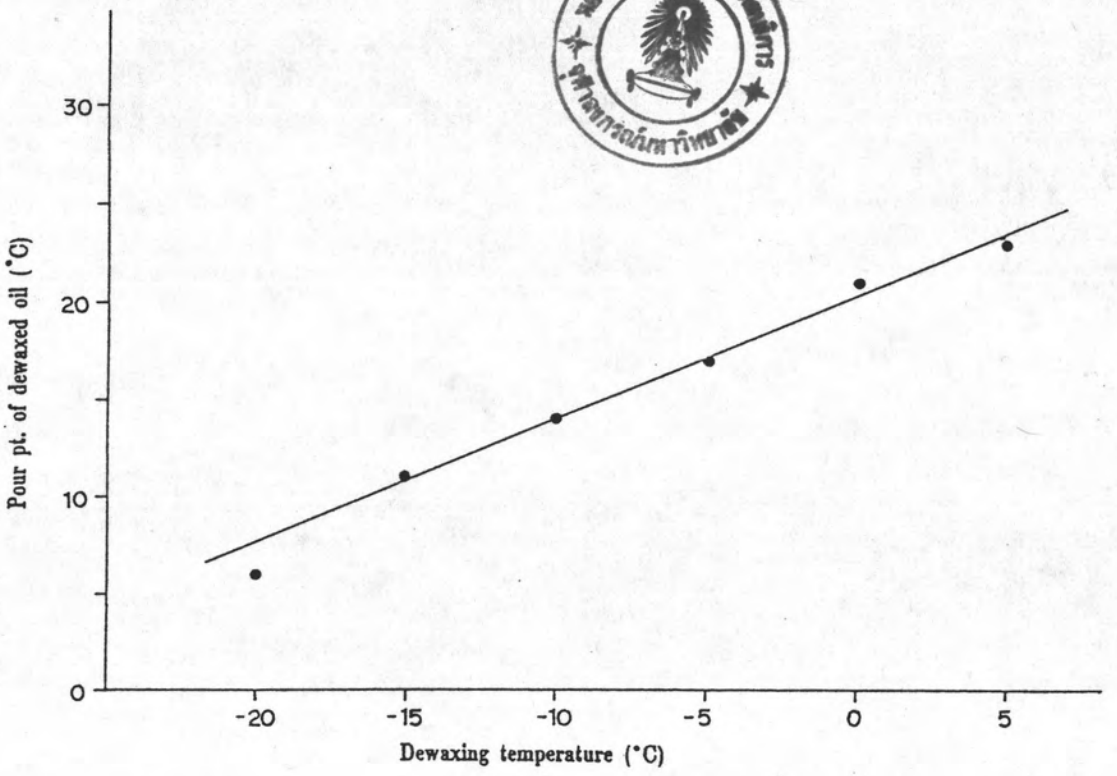
4.2.4 ผลการทดลองศึกษาการแยกไขน้ำมันเตาใสหนักและน้ำมันเตาใสเบาด้วยตัวทำละลายผสมภายใต้สภาวะที่เหมาะสม โดยใช้อุณหภูมิตกผลึกไขที่ -20 °ซ อัตราส่วนของน้ำมันต่อตัวทำละลายผสมเท่ากับ 1/3 โดยปริมาตร ใช้การตกผลึกไขครั้งเดียว



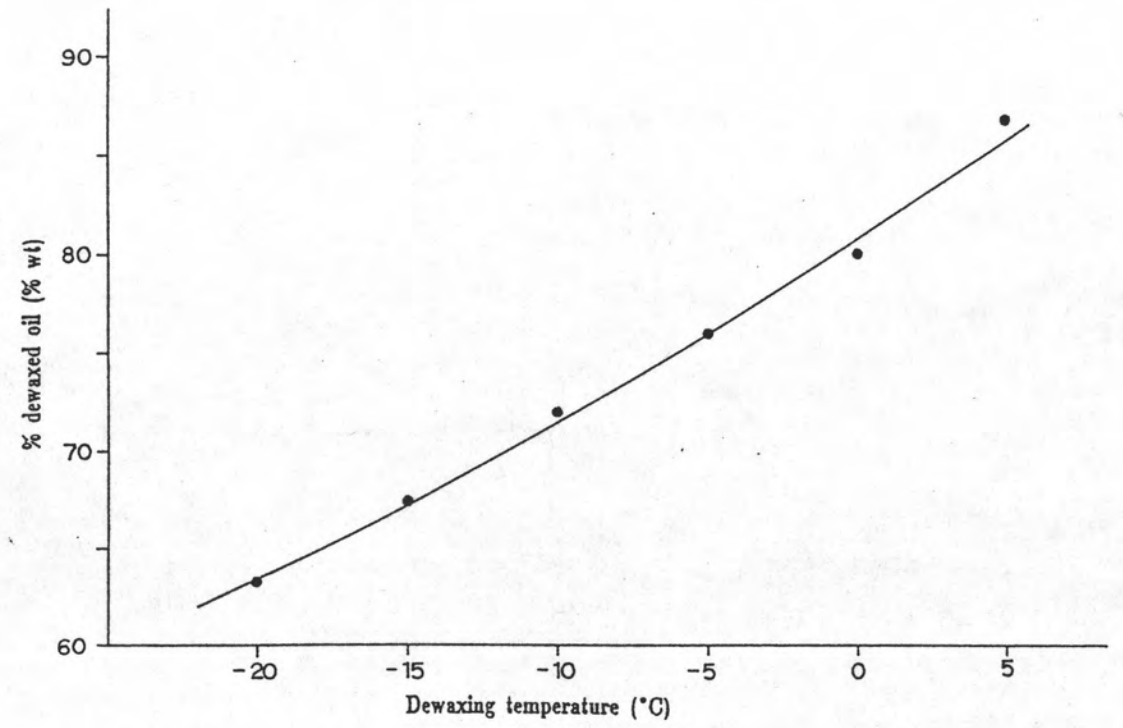
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดไหลเทของน้ำมันที่เหลืออยู่ภายหลังการทดลองแยกไขกับ อัตราส่วนของน้ำมันเตาใสหนักต่อตัวทำละลายผสม



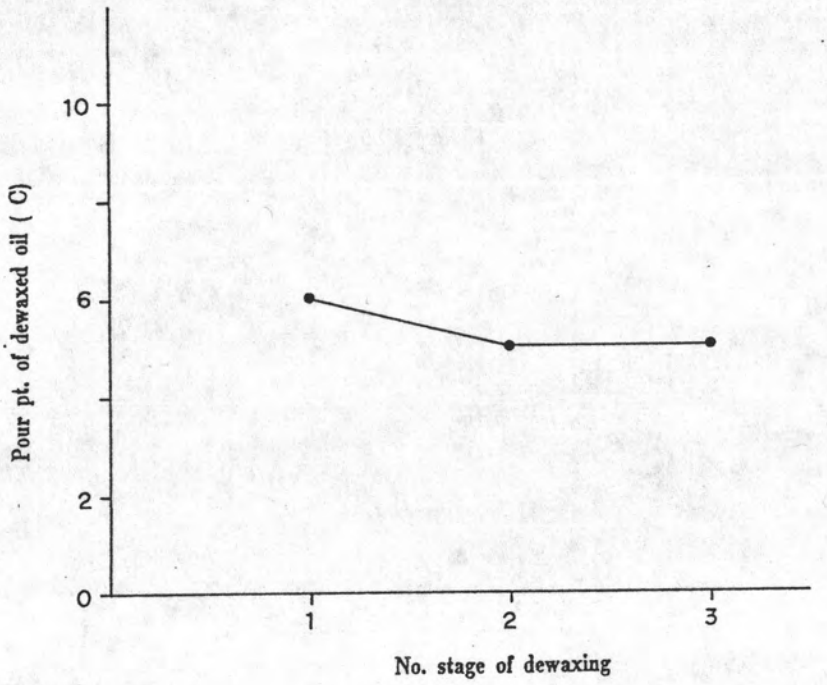
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันที่เหลืออยู่ภายหลังการทดลองแยกไขกับ อัตราส่วนของน้ำมันเตาใสหนักต่อตัวทำละลายผสม



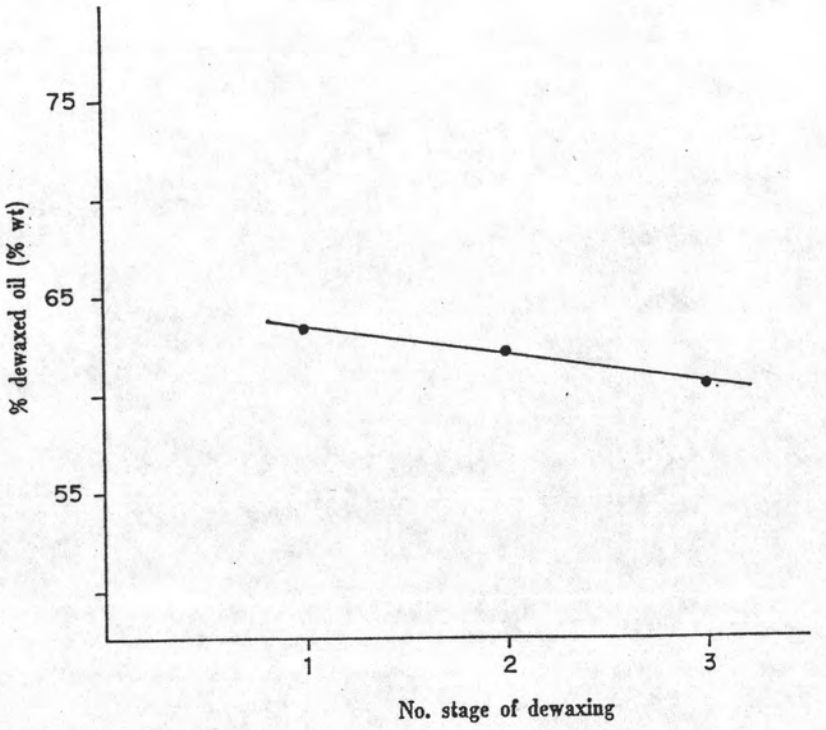
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดไหลเทของน้ำมันที่เหลืออยู่ภายหลังการทดลองแยกไขกับ อุณหภูมิการตกผลึกไข



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันที่เหลืออยู่ภายหลังการทดลองแยกไขกับ อุณหภูมิการตกผลึกไข



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดไหลเทของน้ำมันที่เหลืออยู่ภายหลังการทดลองแยกไขกับ จำนวนครั้งของการตกผลึกไข



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันที่เหลืออยู่ภายหลังการทดลองแยกไขกับ จำนวนครั้งของการตกผลึกไข

ตารางที่ 4.2 จุดไหลเทและปริมาณน้ำมันภายหลังผ่านการแยกไข

ชนิดน้ำมัน	น้ำมันเตาใสหนัก	น้ำมันเตาใสเบา
จุดไหลเท °ซ	6	11
% น้ำมันภายหลังการแยกไข (% โดยน้ำหนัก)	63.3	85.5

การสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย

4.3 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีบางประการของน้ำมันเตาใสหนัก และน้ำมันเตาใสเบา ที่ใช้ในการศึกษาการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย

สมบัติทางกายภาพและทางเคมี ที่ศึกษามีดังนี้

(1) ความถ่วงจำเพาะ

(2) จุดวาบไฟ

(3) จุดไหลเท

(4) สีของน้ำมัน

(5) ความหนืดคิเนมาติก

(6) ค่าดรรชนีความหนืด

(7) ค่า V.G.C.

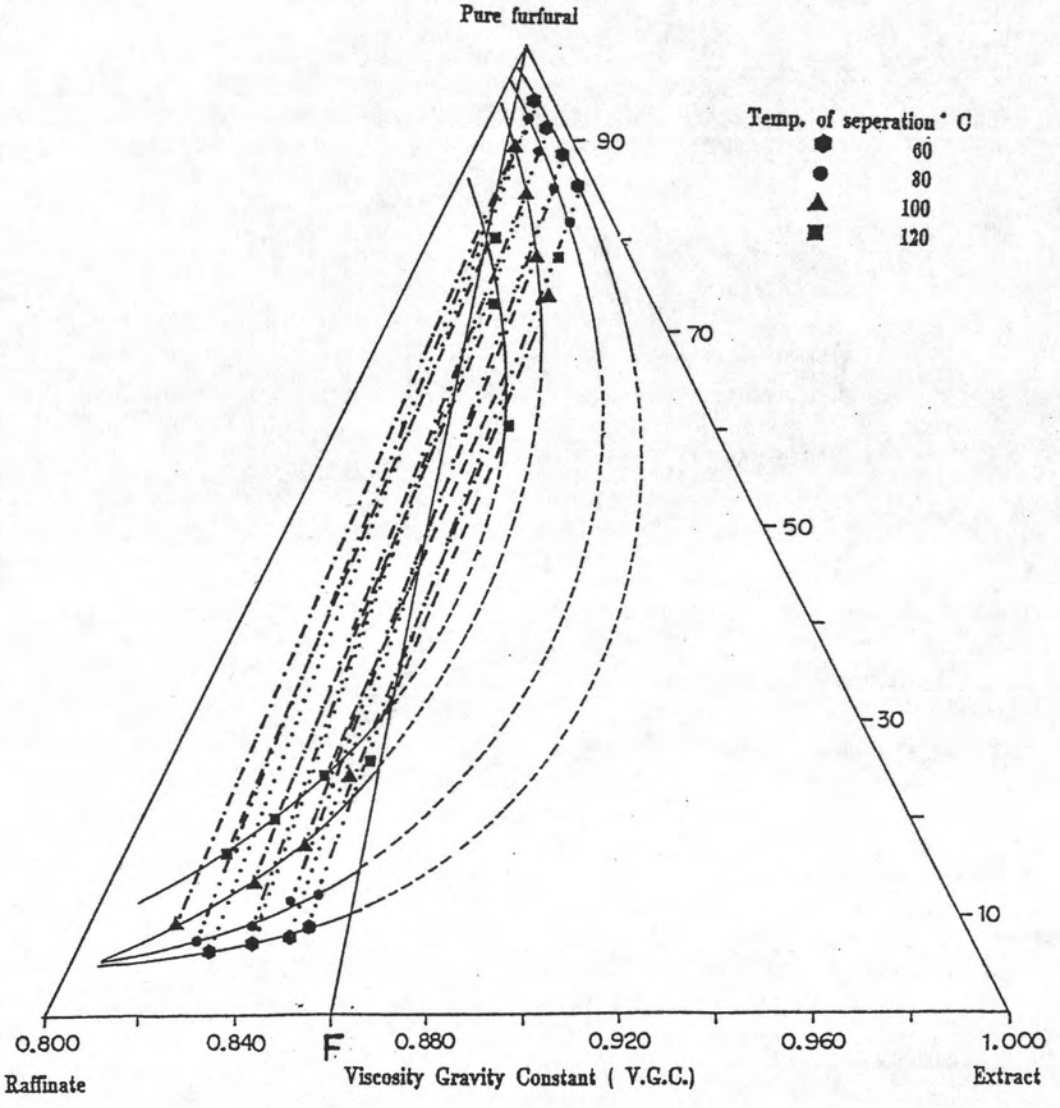
(8) เปอร์เซนต์ สารประกอบที่ถูกออกซิไดส์

(9) องค์ประกอบของน้ำมันในรูป $\%C_A$, $\%C_P$, และ $\%C_N$

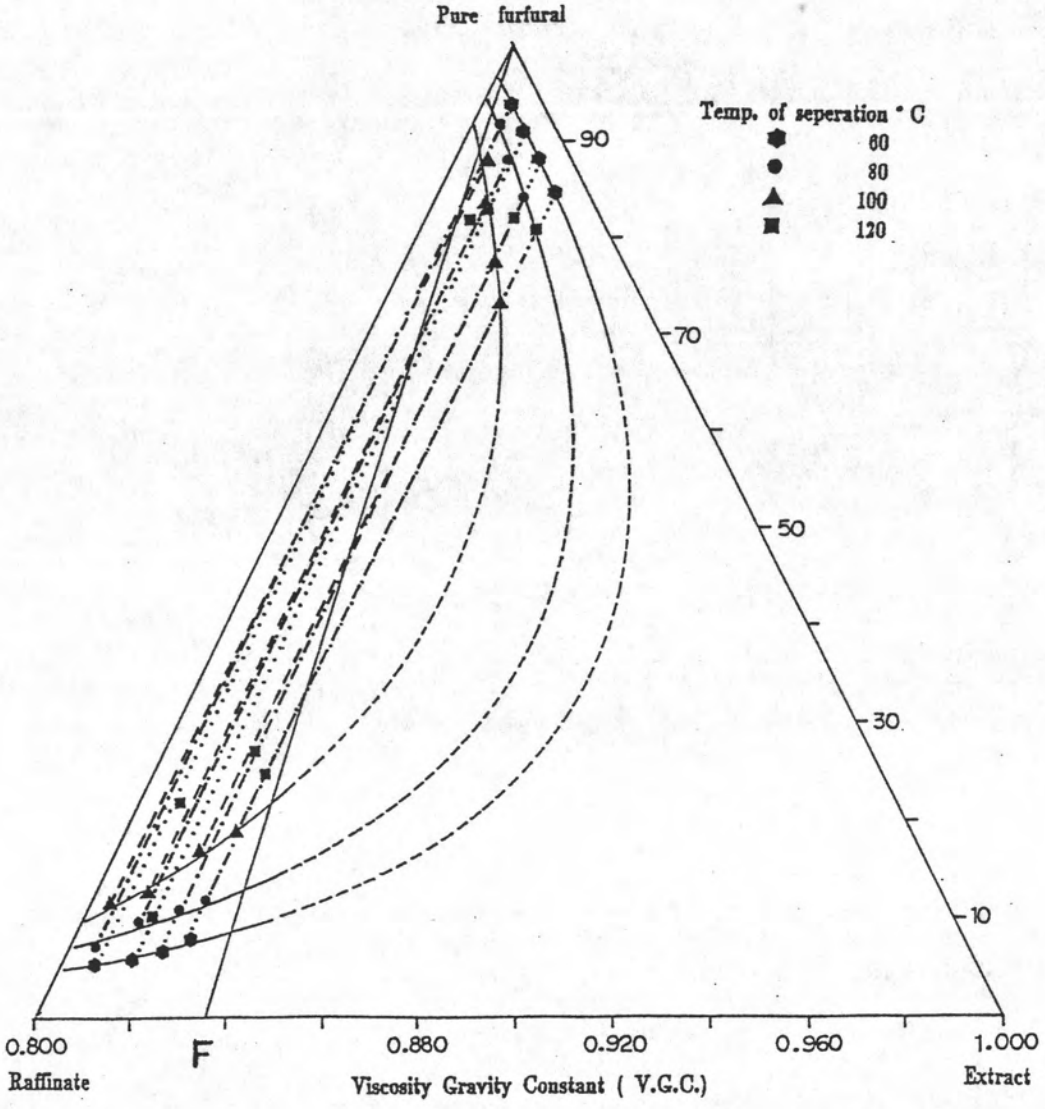
ตารางที่ 4.3 สมบัติของน้ำมันเตาใสหนักและน้ำมันเตาใสเบา ที่ใช้ศึกษาการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย

ชนิดน้ำมัน	น้ำมันเตาใสหนัก	น้ำมันเตาใสเบา
ความถ่วงจำเพาะ 60/60 °ฟ	0.913	0.870
จุดวาบไฟ °ซ	215	180
จุดไหลเท °ซ	9	13
สีของน้ำมัน ASTM	>8.0	>8.0
ความหนืดคิเนมาติก		
ที่ 40 °ซ cSt.	95.50	10.84
ที่ 100 °ซ cSt.	9.03	2.75
ค่าดรรชนีความหนืด	58	90
% สารประกอบที่ถูกออกซิเดชั่น (% โดยน้ำหนัก)	7.78	1.56
องค์ประกอบของน้ำมัน		
% C_A	10.3	11.6
% C_P	47.6	71.0
% C_N	42.1	17.4
ค่า V.G.C.	0.860	0.836

4.4 ผลการศึกษาสมดุลของการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 60, 80, 100 และ 120 °ซ ในรูปแบบการสกัดแบบไม่ต่อเนื่องขั้นตอนเดียว โดยใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำมันกับตัวทำละลายในช่วง 65/35 ถึง 15/85 ข้อมูลการทดลองแสดงในตารางที่ ก.4 และตารางที่ ก.5 รูปที่ 4.7 แสดงแผนภาพสามเหลี่ยมแสดงสมดุล (triangular equilibrium diagram) ของการสกัดน้ำมันเตาใสหนักด้วย furfural ที่อุณหภูมิ 60, 80, 100 และ 120 °ซ รูปที่ 4.8 แสดงแผนภาพสามเหลี่ยมแสดงสมดุลของการสกัดน้ำมันเตาใสเบาด้วย furfural ที่อุณหภูมิ 60, 80,



รูปที่ 4.7 แผนภาพสามเหลี่ยมแสดงสมดุลของการสกัดน้ำมันเตาใสหนักด้วย furfural ที่อุณหภูมิ 60 , 80 , 100 และ 120 °ซ.



รูปที่ 4.8 แผนภาพสามเหลี่ยมแสดงสมดุลของการสกัดน้ำมันเตาใสเบาด้วย furfural ที่อุณหภูมิ 60 , 80 , 100 และ 120 °ซ.

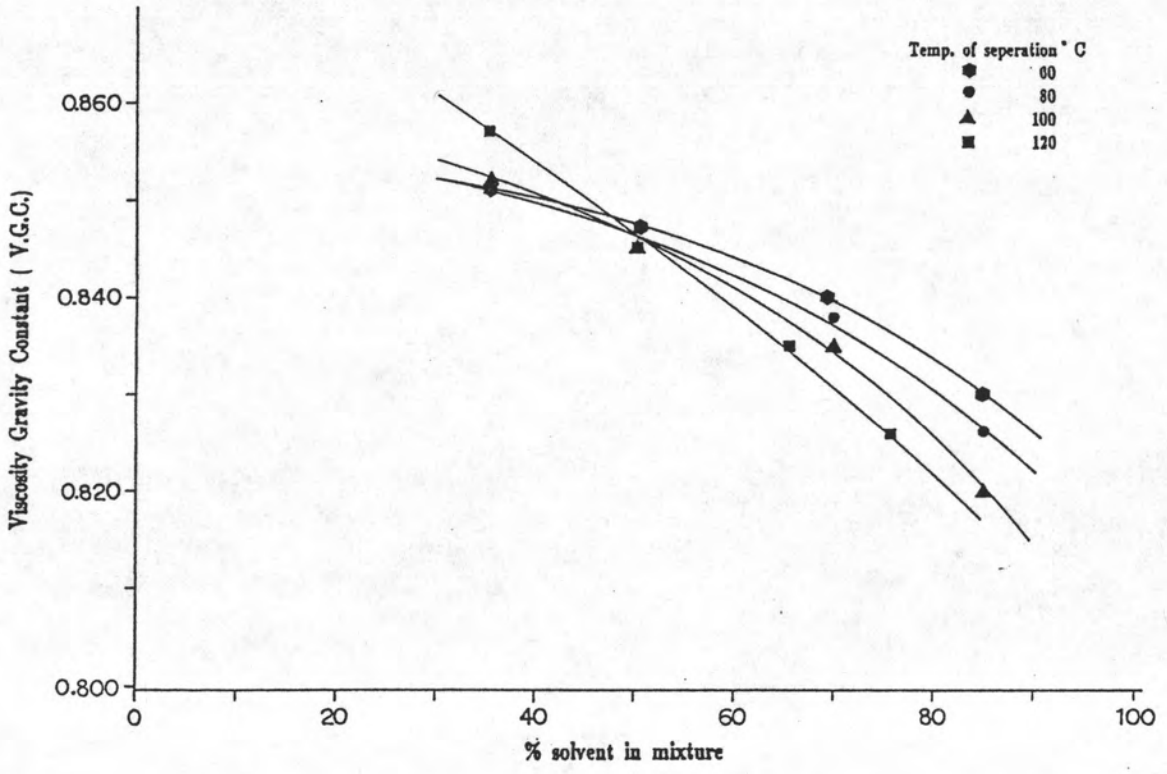
100 และ 120 °ซ โดยที่แต่ละมุมของสามเหลี่ยมจะแทนด้วยปริมาณของ furfural และ ค่า V.G.C. ของน้ำมันในเฟสราฟฟิเนต (raffinate oil) และ เฟสเอกซ์แทรค (extract oil) จุดสองจุดที่ปลายเส้นผูก (tie line) จะแสดงลักษณะของของเหลวในแต่ละเฟสในสภาวะสมดุลที่อัตราส่วนระหว่างน้ำมันกับตัวทำละลายหนึ่งที่อุณหภูมินั้น ๆ ส่วนจุด f จะแสดงจุดค่า V.G.C. ของน้ำมันเริ่มต้น ซึ่งถ้าลากเส้นโค้งผ่านจุดสมดุลของแต่ละเฟสเหล่านี้จะได้เส้นโค้งสมดุล (equilibrium curve) ที่อุณหภูมินั้น ๆ

4.5 ผลการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย

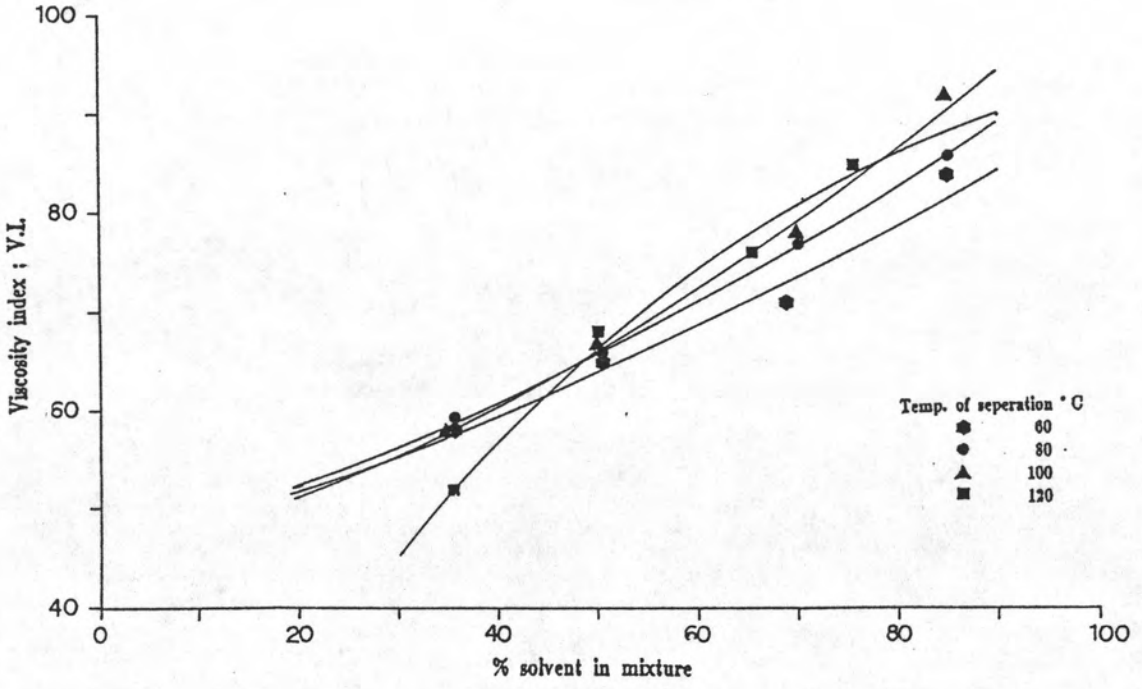
4.5.1 ผลการทดลองศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิการสกัดและปริมาณของตัวทำละลายต่อสมบัติของน้ำมันภายหลังการสกัด โดยที่สมบัติของน้ำมันที่นำมาพิจารณาได้แก่ ค่า V.G.C. ค่าดรรชนีความหนืด (viscosity index ; V.I.) และองค์ประกอบของน้ำมันในรูป % C_A ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.9, 4.10 และ 4.11 สำหรับน้ำมันเตาใสหนัก และรูปที่ 4.12, 4.13 และ 4.14 สำหรับน้ำมันเตาใสเบา

4.5.2 ผลการทดลองศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิการสกัดและปริมาณของตัวทำละลายต่อปริมาณของน้ำมันภายหลังการสกัด รูปที่ 4.15 และ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิการสกัดและปริมาณตัวทำละลายกับปริมาณของน้ำมันที่เหลือภายหลังการสกัดของน้ำมันเตาใสหนักและน้ำมันเตาใสเบาตามลำดับ รูปที่ 4.17 และ 4.18 เป็นการพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิการสกัดต่อปริมาณของน้ำมันที่เหลือภายหลังการสกัดโดยมีสมบัติของน้ำมันเข้ามาเกี่ยวข้อง

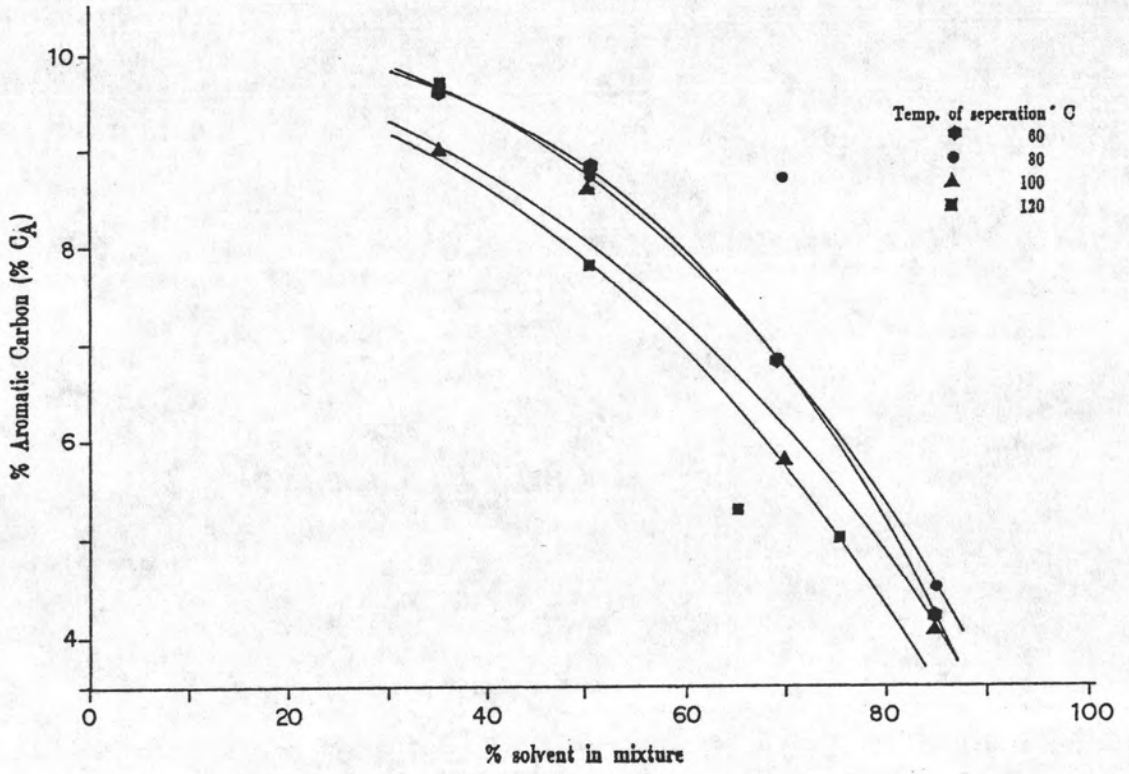
4.5.3 ผลการทดลองศึกษาอิทธิพลของตัวแปรอุณหภูมิของสมดุลการสกัด และอัตราส่วนระหว่างน้ำมันกับตัวทำละลาย ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันด้วย furfural แสดงในรูปที่ 4.19 สำหรับน้ำมันเตาใสหนัก และรูปที่ 4.20 สำหรับน้ำมันเตาใสเบา



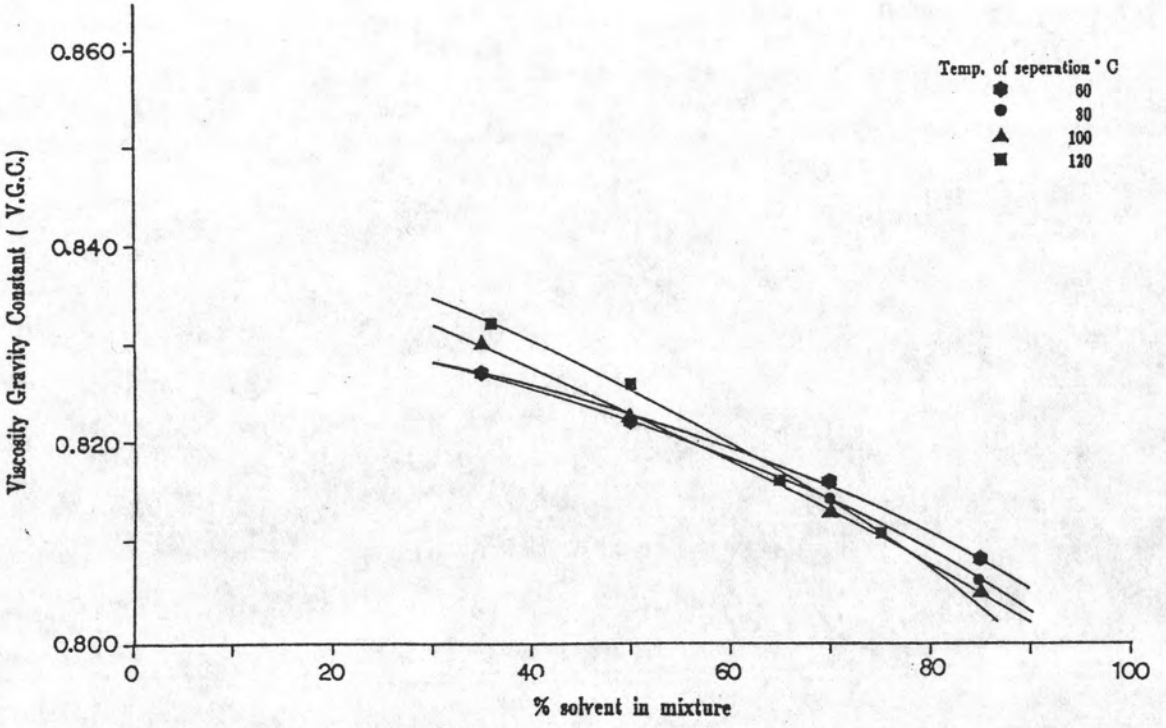
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการสกัดและปริมาณตัวทำละลายกับค่า V.G.C. ของน้ำมันเตาใสหนักภายหลังการสกัด



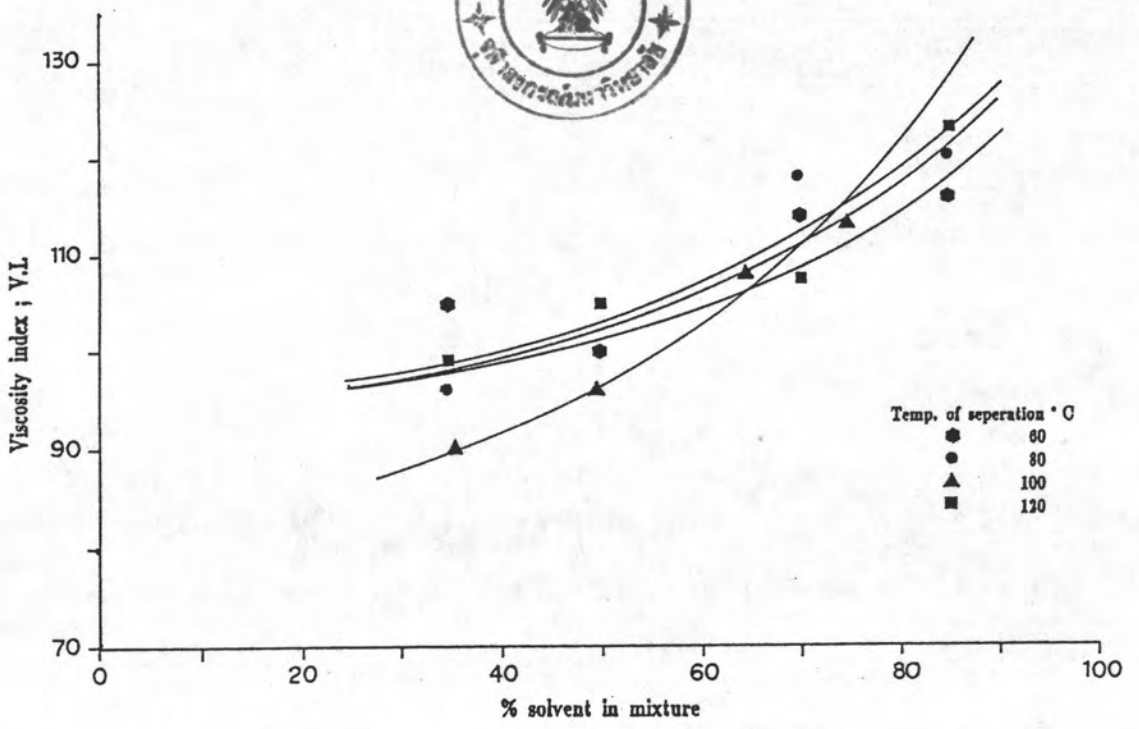
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการสกัดและปริมาณตัวทำละลายกับค่าดรรชนีความหนืดของน้ำมันเตาใสหนักภายหลังการสกัด



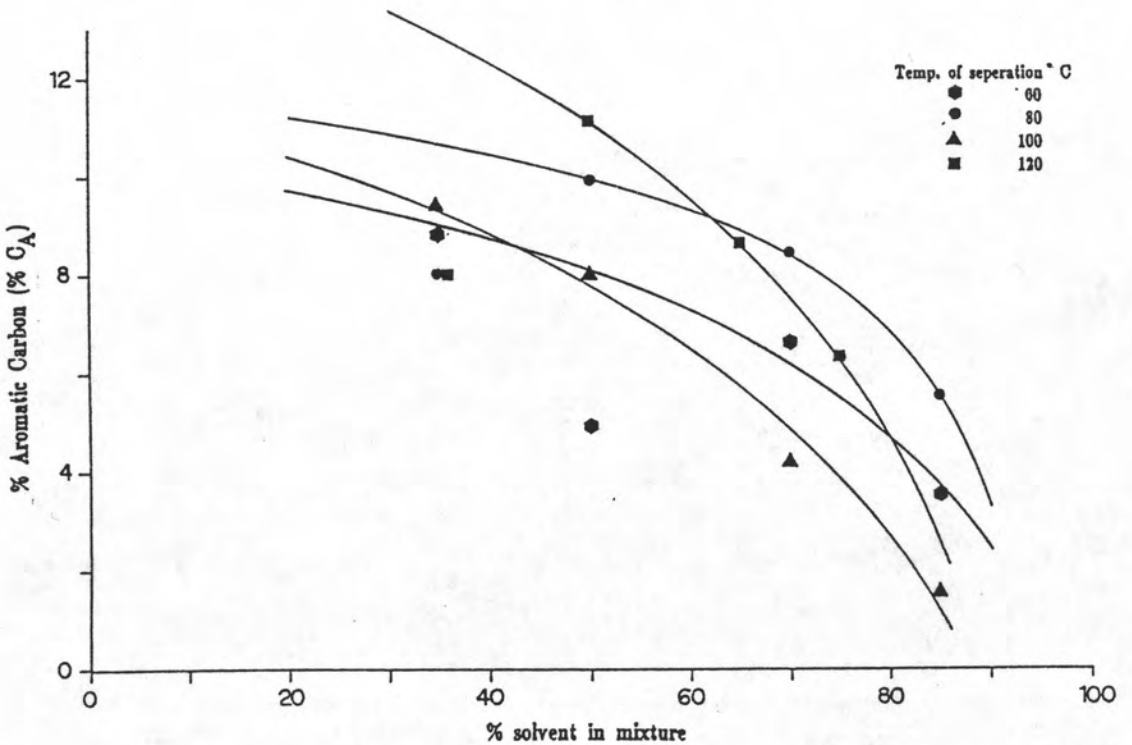
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการสกัดและปริมาณตัวทำละลายกับองค์ประกอบของน้ำมันในรูป $\%C_A$ ของน้ำมันเตาใสหนักภายหลังการสกัด



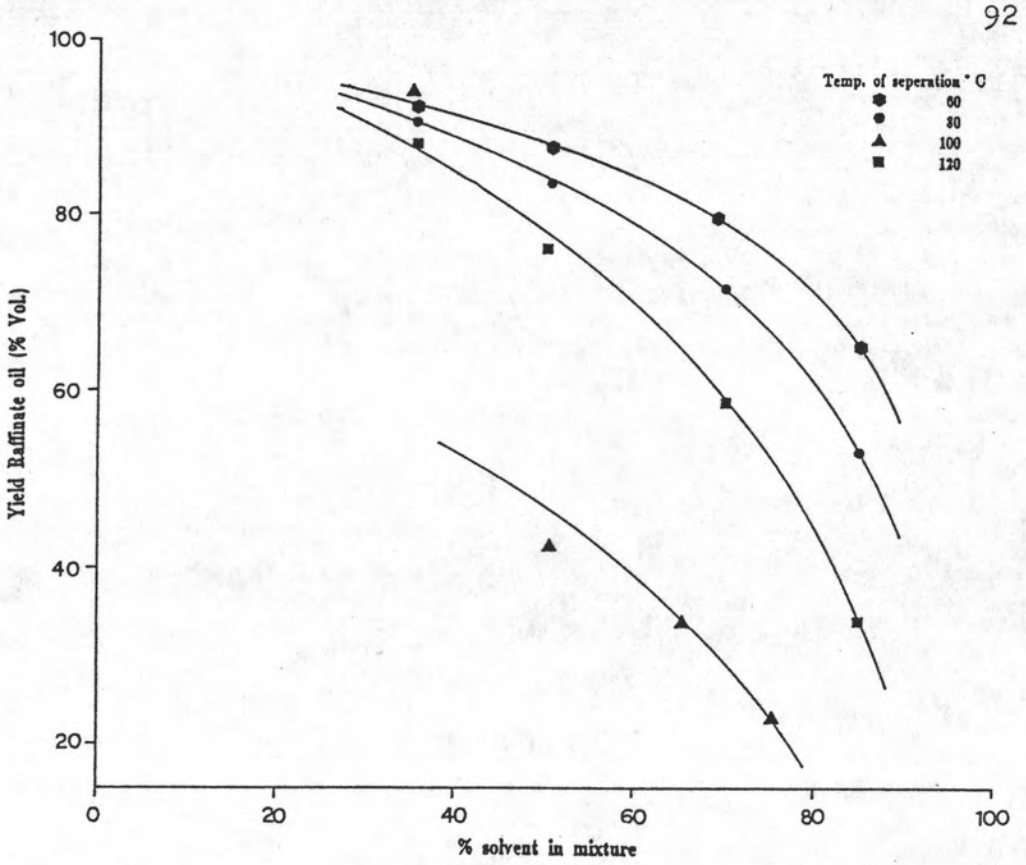
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการสกัดและปริมาณตัวทำละลายกับค่า V.G.C. ของน้ำมันเตาใสเบาภายหลังการสกัด



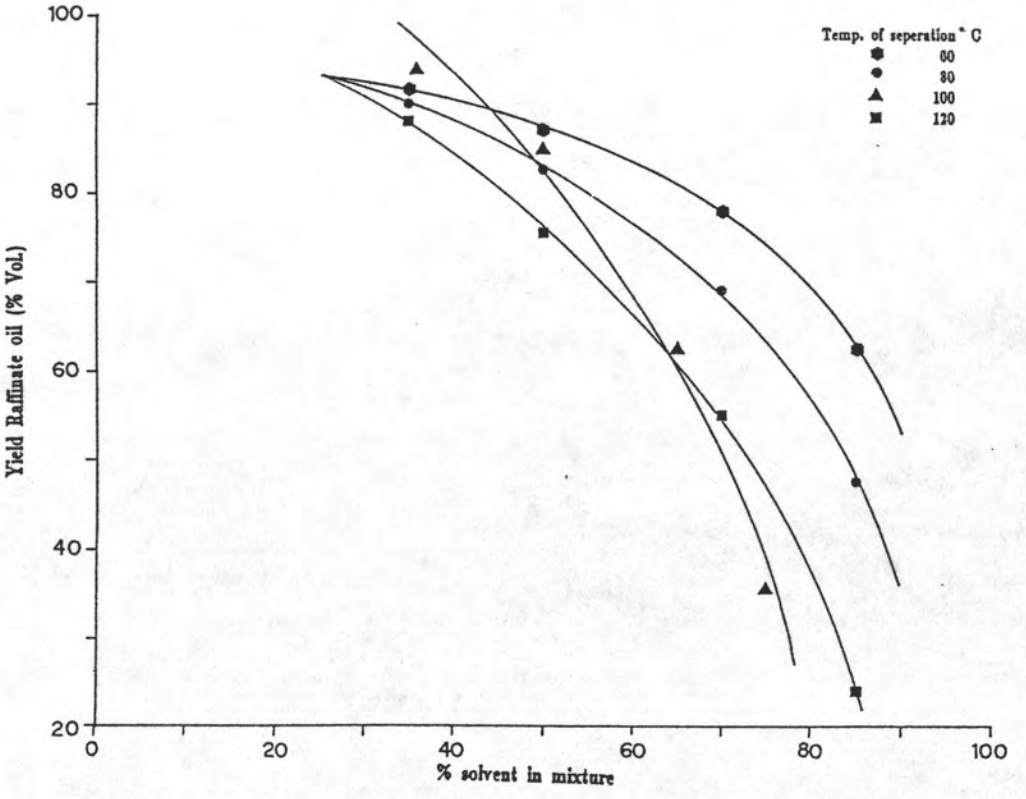
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการสกัดและปริมาณตัวทำละลายกับค่าดรรชนีความหนืดของน้ำมันเตาใสเบาภายหลังการสกัด



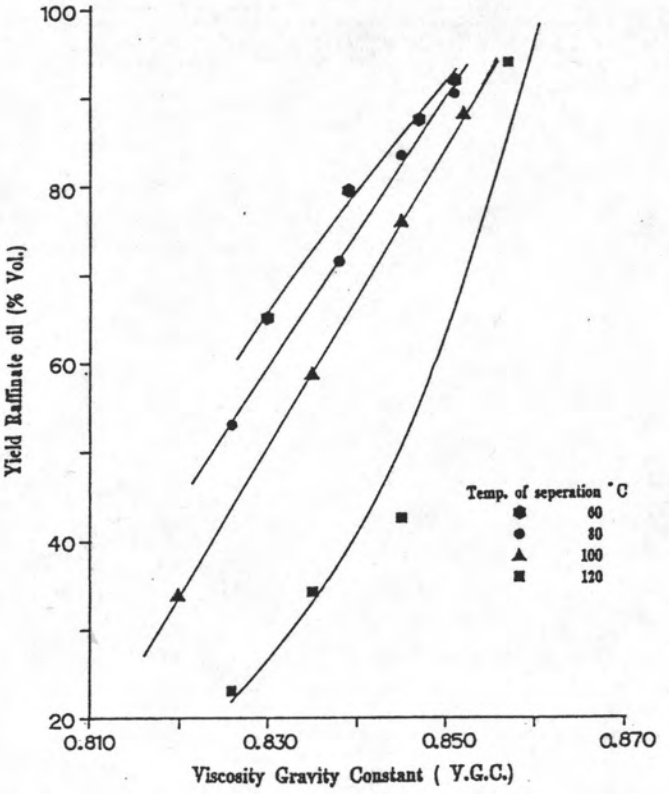
รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการสกัดและปริมาณตัวทำละลายกับองค์ประกอบของน้ำมันในรูป $\%C_A$ ของน้ำมันเตาใสเบาภายหลังการสกัด



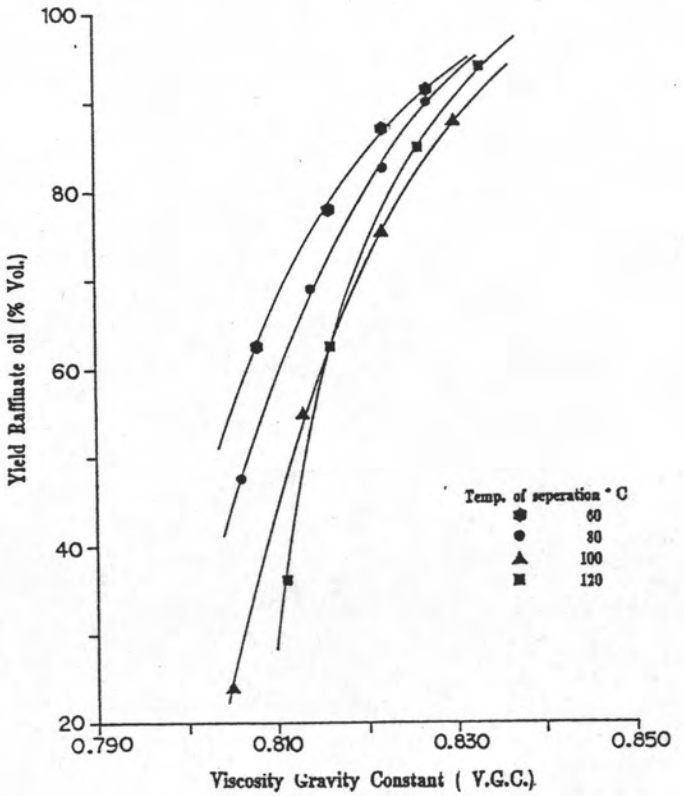
รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการสกัดและปริมาณตัวทำละลายกับปริมาณของน้ำมันที่เหลือภายหลังการสกัดของน้ำมันเตาใสหนัก



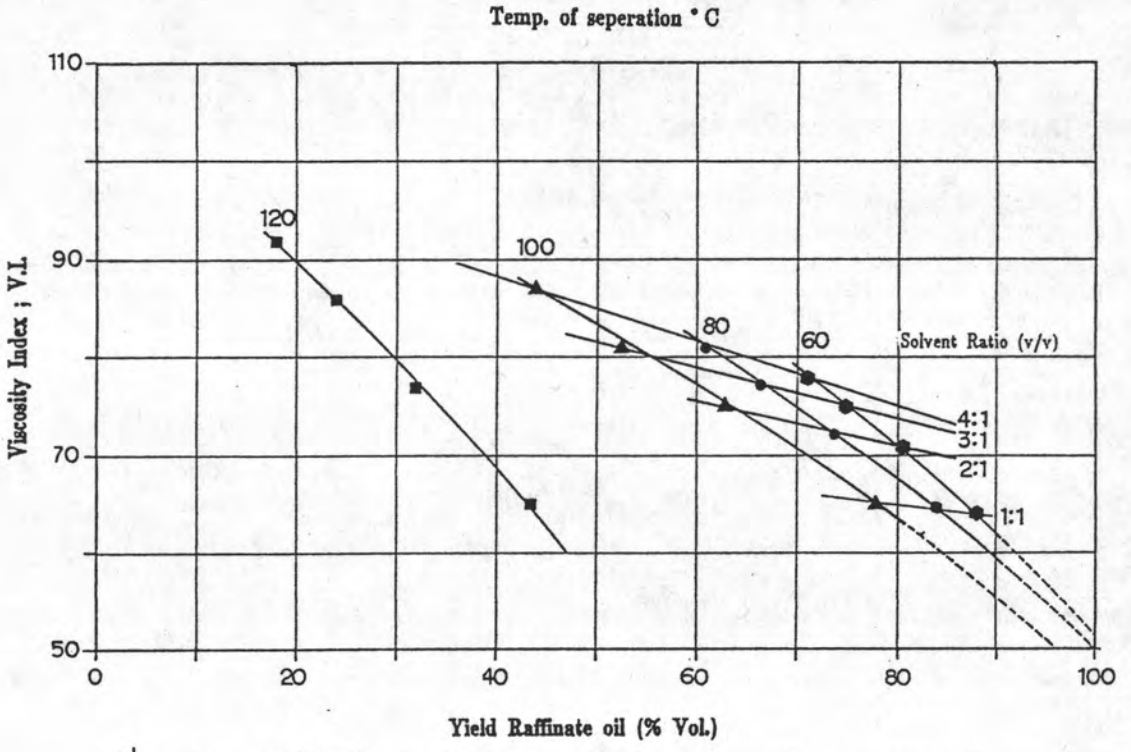
รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการสกัดและปริมาณตัวทำละลายกับปริมาณของน้ำมันที่เหลือภายหลังการสกัดของน้ำมันเตาใสเบา



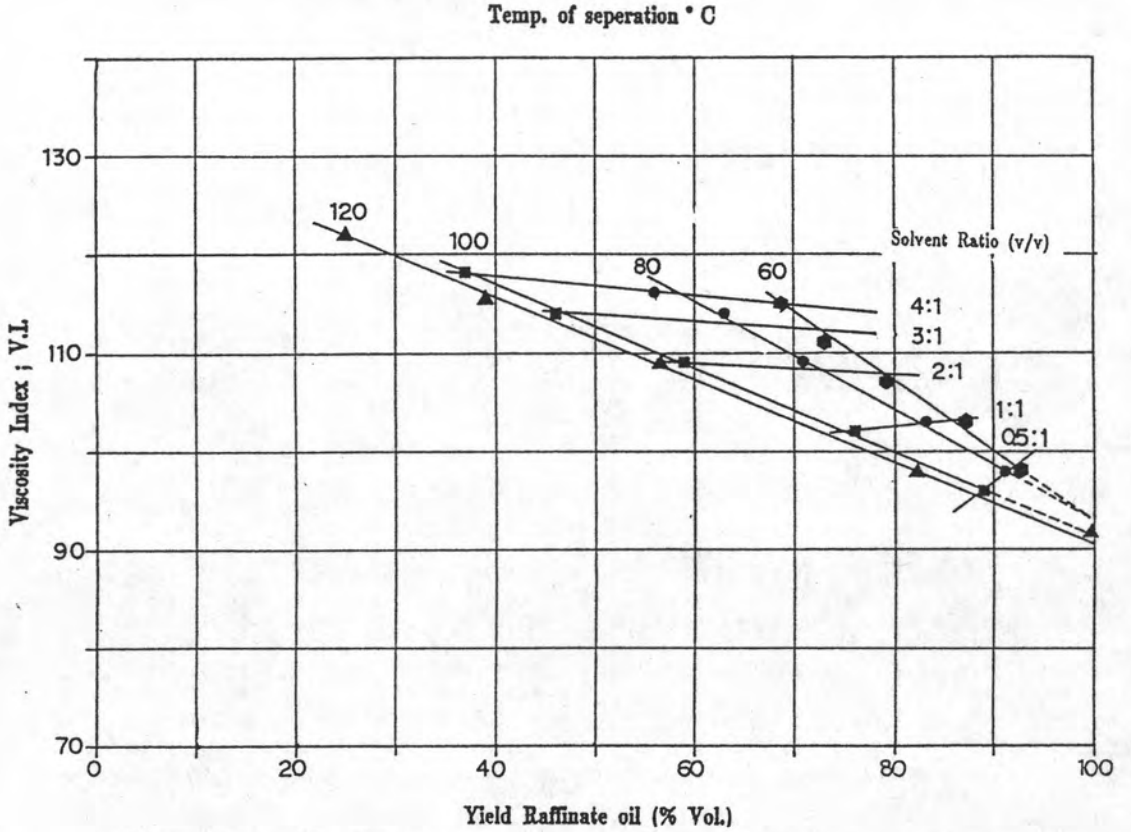
รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า V.G.C. กับปริมาณของน้ำมันเตาใสหนัก ภายหลังการสกัดที่อุณหภูมิการสกัด 60 , 80 , 100 และ 120 °ซ.



รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า V.G.C. กับปริมาณของน้ำมันเตาใสเบา ภายหลังการสกัดที่อุณหภูมิการสกัด 60 , 80 , 100 และ 120 °ซ.

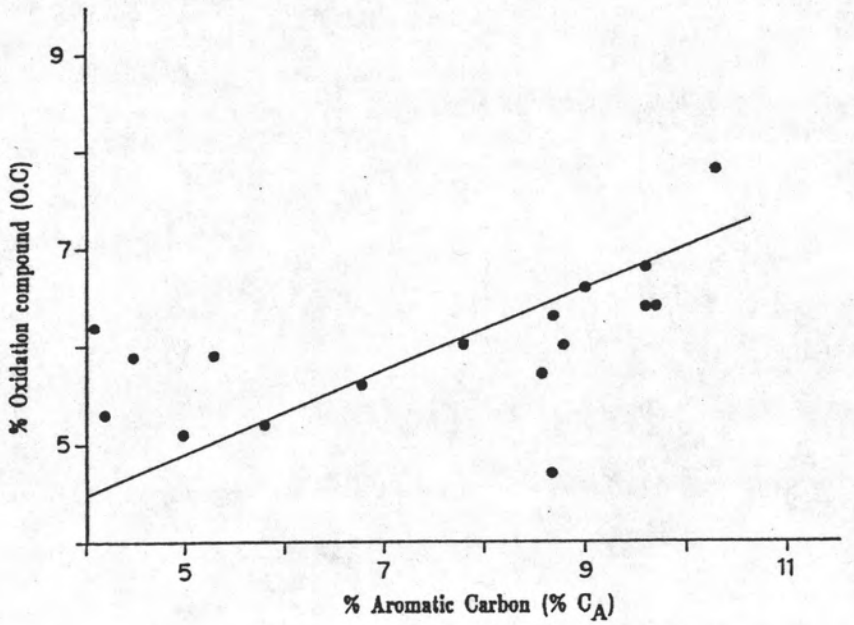


รูปที่ 4.19 แสดงอิทธิพลของตัวแปรอุณหภูมิของสมดุลการสกัด และอัตราส่วนระหว่างน้ำมันกับตัวทำละลาย ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันเตาใสหนักด้วย furfural

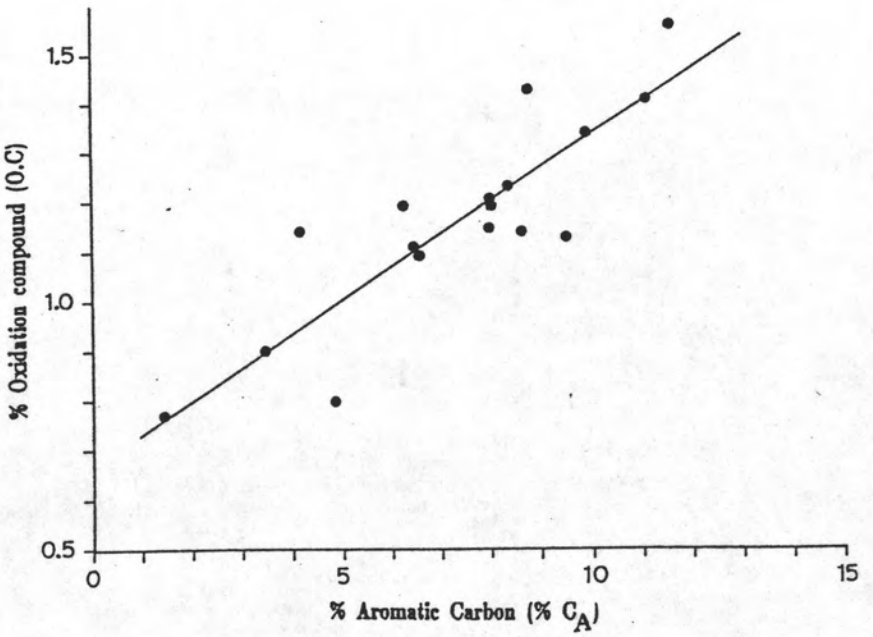


รูปที่ 4.20 แสดงอิทธิพลของตัวแปรอุณหภูมิของสมดุลการสกัด และอัตราส่วนระหว่างน้ำมันกับตัวทำละลาย ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันเตาใสเบาด้วย furfural

4.6 ผลการทดลองศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของน้ำมันในรูป $\%C_A$ กับเปอร์เซนต์ของสารประกอบที่ถูกออกซิไดส์ (O.C.) ของน้ำมันเตาใสหนักและน้ำมันเตาใสเบาภายหลังการสกัดด้วยตัวทำละลาย แสดงในรูปที่ 4.21 และ 4.22 ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์สมบัติเสถียรต่อการออกซิไดส์ของน้ำมันเตาใสหนักและน้ำมันเตาใสเบาภายหลังการสกัดด้วยตัวทำละลายโดยวิธี TG ดังแสดงในตารางที่ ก.8 และตารางที่ ก.9 ตามลำดับ



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของน้ำมันในรูป $\%C_A$ กับเปอร์เซนต์ของสารประกอบที่ถูกออกซิไดส์ (O.C.) ของน้ำมันเตาใสหนักภายหลังการสกัด



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของน้ำมันในรูป $\%C_A$ กับเปอร์เซนต์ของสารประกอบที่ถูกออกซิไดส์ (O.C.) ของน้ำมันเตาใสเบาภายหลังการสกัด