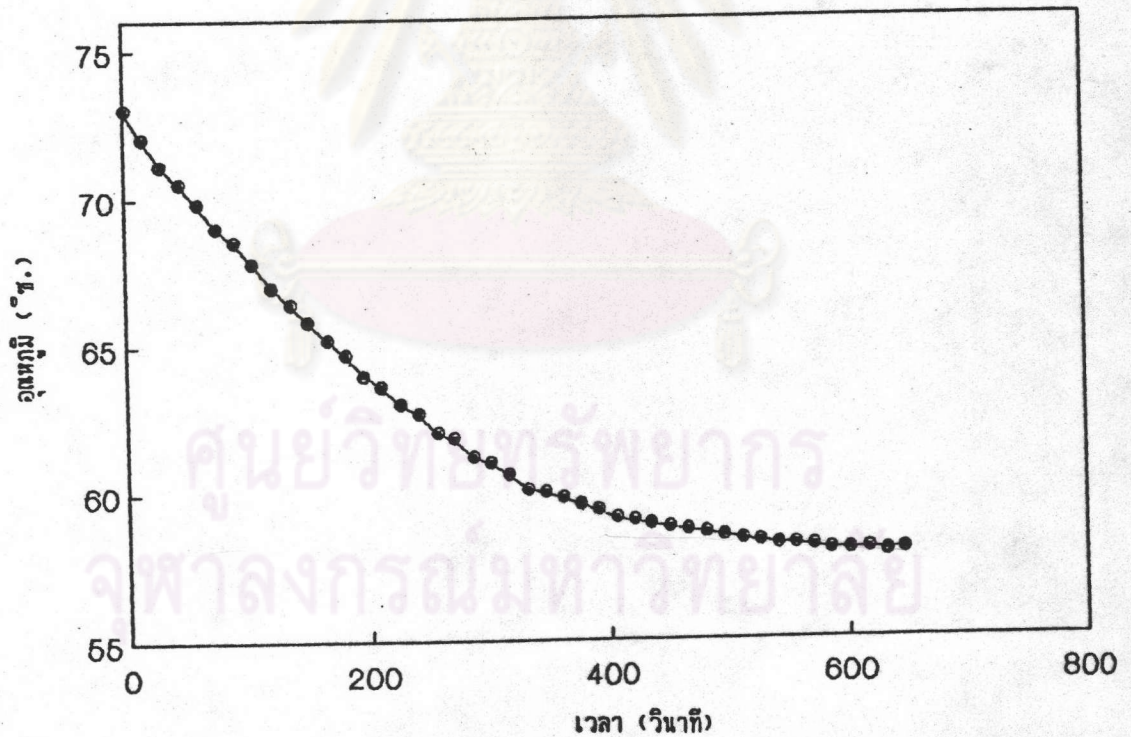


ผลการทดลอง การวิจารณ์ และวิเคราะห์

6.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของไซพาราฟิน

ในการศึกษาการแยกสารไฮโดรคาร์บอนเบา ออกจากของผสมระหว่าง ไซพาราฟินกับ สารไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลเบา โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว จำเป็นต้องทราบคุณสมบัติ บางอย่างของไซพาราฟิน ดังนี้

(1) จุดหลอมเหลว (ASTM D-87) โดยการใช้เส้นโค้งการเย็นตัว (cooling curve) กล่าวคือ อุณหภูมิที่ไซมีอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเป็นครั้งแรก เมื่อมีการเย็นตัว ภายใต้อุณหภูมิที่กำหนด เส้นโค้งการเย็นตัวของไซพาราฟิน แสดงในรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 เส้นโค้งการเย็นตัวของไซพาราฟิน

(2) น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย โดยการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณธาตุ (Elemental analysis) เพื่อหาปริมาณธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจน

(3) ความหนาแน่นของไซพาราฟิน และสารละลายไซพาราฟินที่ใช้ในการทดลอง

จากการตรวจสอบคุณสมบัติดังกล่าว สามารถสรุปได้ ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 6.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของไซพาราฟิน

คุณสมบัติ	ผลการวิเคราะห์
ไซพาราฟิน	
จุดหลอมเหลว ($^{\circ}\text{C}$)	58.0 (331°K)
น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย	380
ความหนาแน่น (g/cm^3)	0.8732
สารละลายไซพาราฟิน	
ความหนาแน่น	
-สารละลาย 20% ไซพาราฟินในเฮกเซน	0.6842
-สารละลาย 20% ไซพาราฟินในเฮปเทน	0.6966
-สารละลาย 20% ไซพาราฟินในโนเนน	0.7239
-สารละลาย 20% ไซพาราฟินในไตรเดคเคน	0.7563

6.2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการละลายของไซพาราฟินในตัวทำละลายเอกเซน เฮปเทน โนเนน และไตรเดคเคน รวมทั้งการหาสมการการละลาย

6.2.1 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการละลายของไซพาราฟิน

การละลายของไซพาราฟินในตัวทำละลายนอร์มัล-อัลเคนดังกล่าว เป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล (exponential) ดังแสดงในรูปที่ 6.2 เมื่อเปรียบเทียบการละลายของไซพาราฟิน พบว่าการละลายของไซพาราฟินในไตรเดคเคน < โนเนน < เฮปเทน < เอกเซน ตามลำดับทั้งนี้เพราะการละลายของสารไฮโดรคาร์บอนขึ้นกับสภาพมีขั้ว (polarity) ของตัวทำละลาย สภาพมีขั้วของตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วพิจารณาจากค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (dielectric constant) กล่าวคือการละลายของสารไฮโดรคาร์บอนจะลดลงในขณะที่ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของตัวทำละลายเพิ่มขึ้น

6.2.2 การหาสมการการละลายของไซพาราฟิน

สมการการละลายของไซพาราฟินในตัวทำละลายเอกเซน เฮปเทน โนเนน และไตรเดคเคน มีดังนี้

1. สมการในรูปแบบของเอกซ์โพเนนเชียล

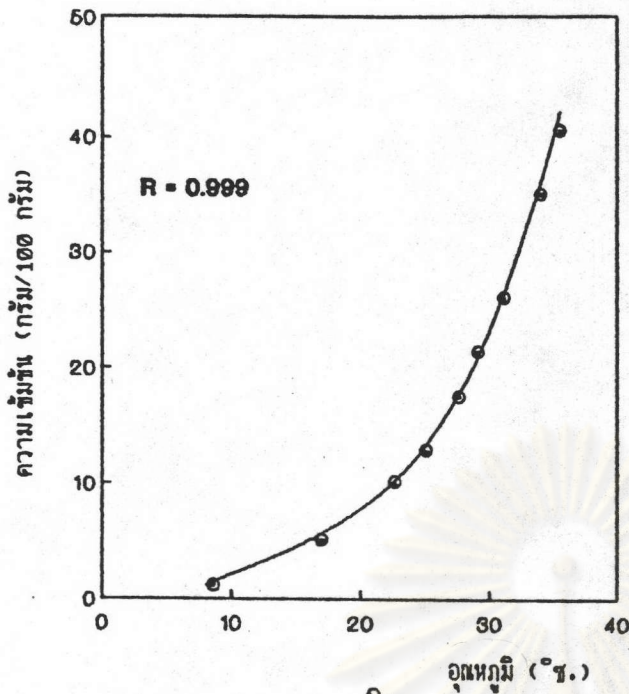
การละลายของไซพาราฟินในตัวทำละลายดังกล่าว แสดงได้ด้วยสมการเอกซ์โพเนนเชียล ในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 สมการเอกซ์โพเนนเชียลของการละลายของไซพาราฟินที่อุณหภูมิต่างๆ

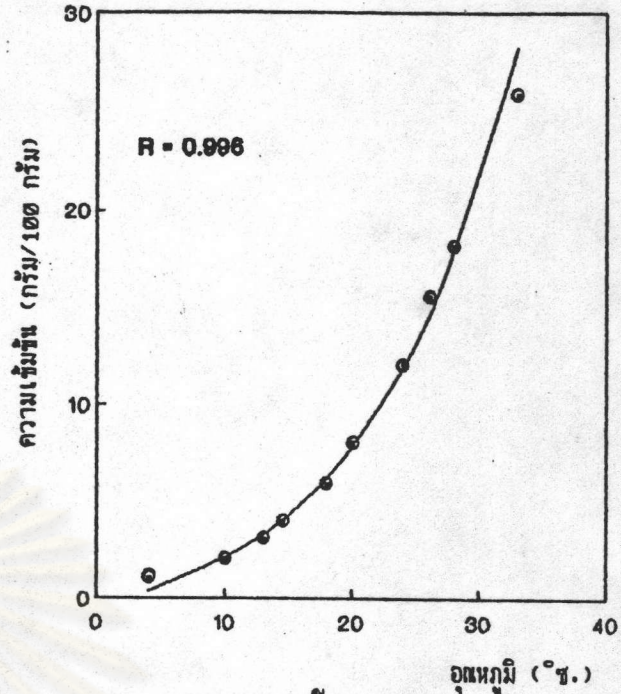
ตัวทำละลาย	สมการการละลาย
เอกเซน	$C_B = \exp.(0.11 t - 0.02) - 1$
เฮปเทน	$C_B = \exp.(0.09 t + 0.51) - 2$
โนเนน	$C_B = \exp.(0.10 t - 0.08) - 1.3$
ไตรเดคเคน	$C_B = \exp.(0.10 t - 0.36) - 1.8$

หมายเหตุ C_B คือ ปริมาณไซพาราฟินในสิ่งสกัด (% โดยน้ำหนัก)

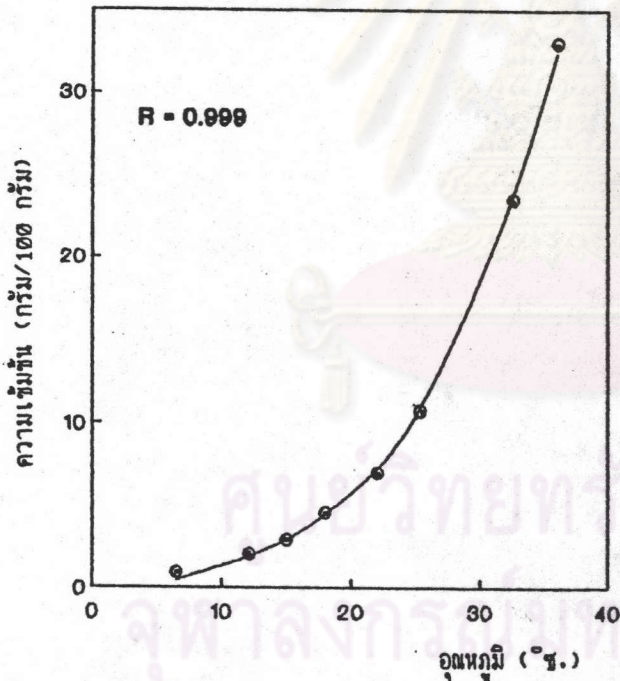
t คือ อุณหภูมิการละลาย (°ซ.)



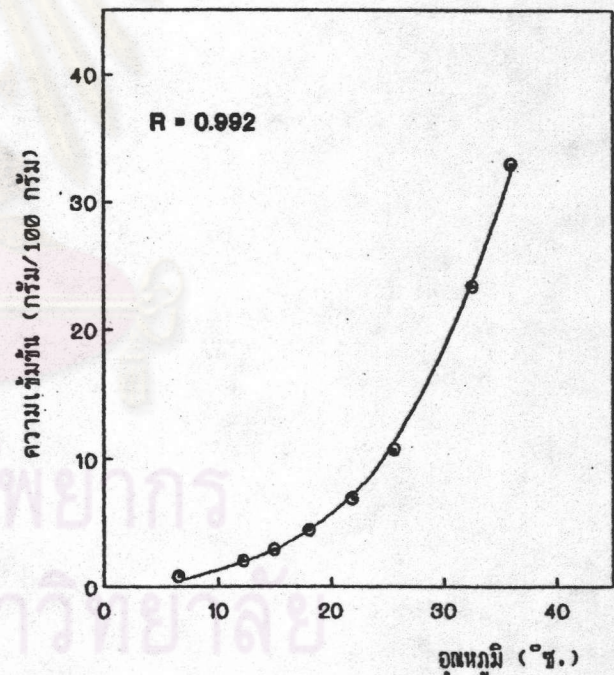
ก.



ข.



ค.



ง.

รูปที่ 6.2 เปรียบเทียบการละลายของไซพาราฟินที่ได้จากการทดลอง และสมการเอกซ์โพเนนเชียล

- ก. เมื่อใช้เอกเซนเป็นตัวทำละลาย
- ข. เมื่อใช้เฮปเทนเป็นตัวทำละลาย
- ค. เมื่อใช้โนเนนเป็นตัวทำละลาย
- ง. เมื่อใช้ไตรเดคเคนเป็นตัวทำละลาย
- จากการทดลอง
- จากสมการเอกซ์โพเนนเชียล

2. สมการการละลายในอุดมคติ

การละลายของไซพาราฟินในตัวทำละลายเอกเซน เฮปเทน และโนเนน แสดงได้ด้วยสมการในรูปของสัดส่วนปริมาตร (volume fraction; $\phi_{B,ideal}$) ซึ่งอธิบาย อยู่ในทฤษฎีบทที่ 4 หัวข้อที่ 4.3 กล่าวคือ

$$\phi_{B,ideal} = \exp.((- \Delta H_m/R)(1/T-1/T_m) - (\Delta H_c/R)(1/T-1/T_c) + \ln(\phi_B + (1-\phi_B)(\bar{V}_B/\bar{V}_s)))$$

โดยที่ $\phi_B = \frac{w_B \bar{V}_B M_s}{w_B \bar{V}_B M_s + (1-w_B)\bar{V}_s M_B}$

$\bar{V}_B, \bar{V}_s =$ ปริมาตรโมลาร์ (molar volume) ของไซพาราฟิน

และตัวทำละลาย

$M_B, M_s =$ น้ำหนักโมเลกุลของไซพาราฟิน และตัวทำละลาย

$w_B =$ การละลายที่ได้จากการทดลอง เป็นสัดส่วนน้ำหนัก

(weight fraction)

$H_m =$ ความร้อนของการหลอมเหลว

$H_c =$ ความร้อนของแทรนซิชั่น

$R =$ ค่าคงที่ของแก๊ส

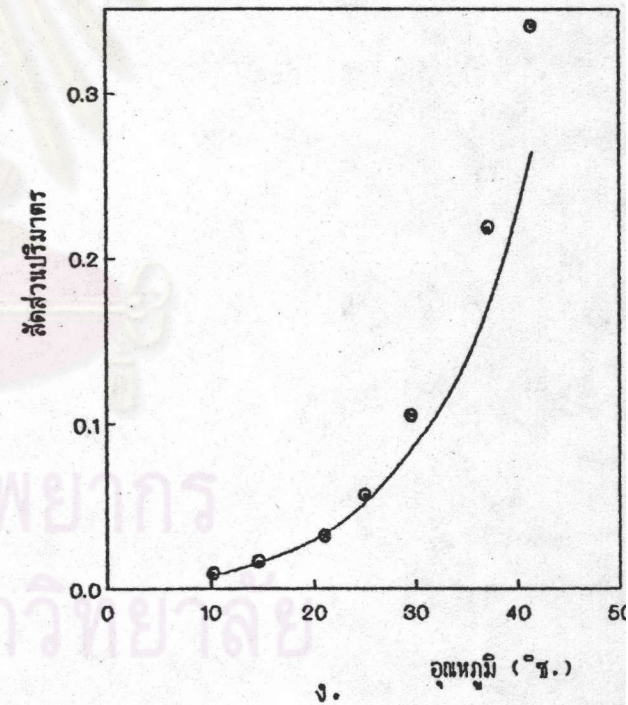
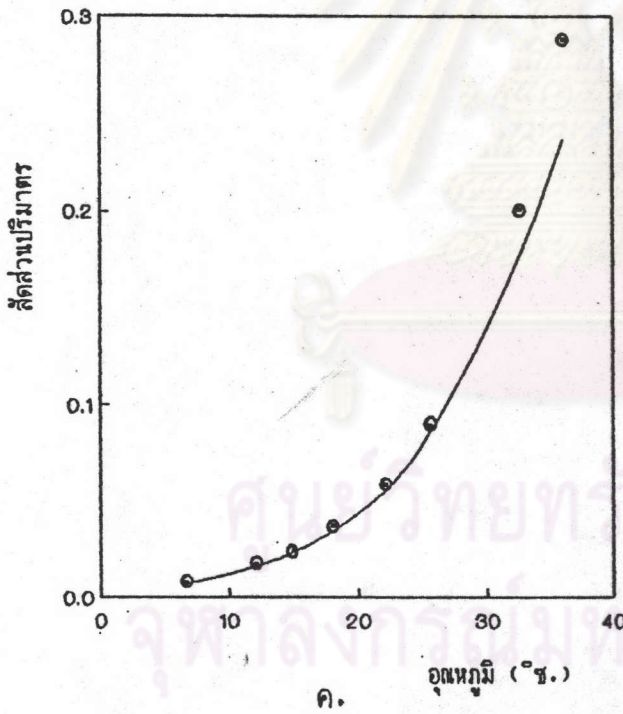
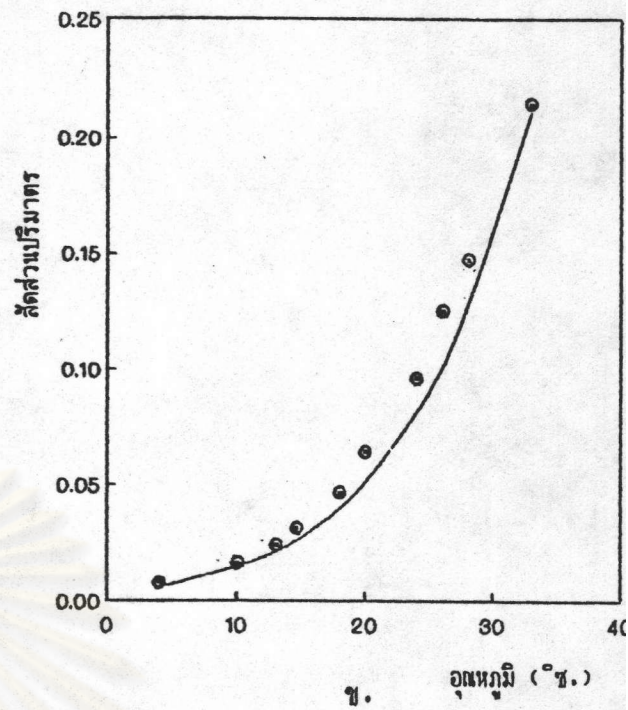
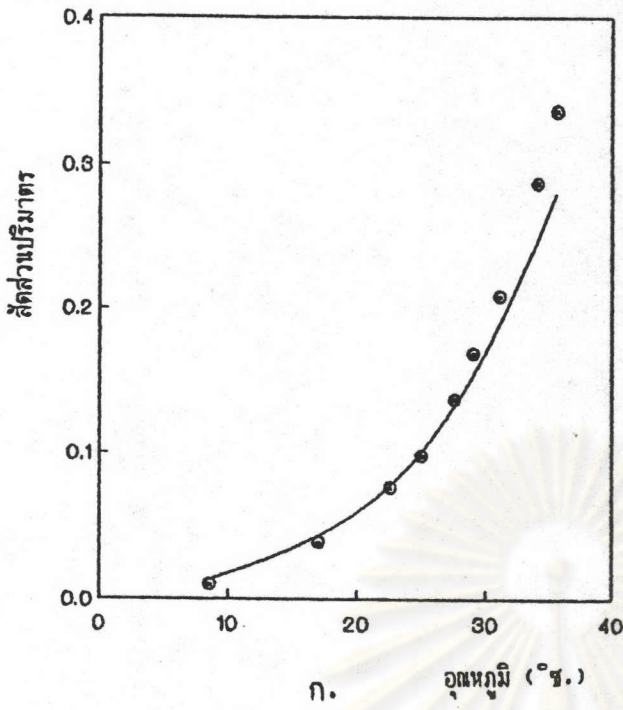
$T =$ อุณหภูมิการละลาย ($^{\circ}K$)

$T_m =$ อุณหภูมิหลอมเหลวของไซพาราฟิน ($331^{\circ}K$)

$T_c =$ อุณหภูมิแทรนซิชั่นของไซพาราฟิน ($326^{\circ}K$)

เนื่องจากโมเลกุลเฉลี่ยของไซพาราฟิน คือ $C_{27}H_{54}$ ดังนั้นน้ำหนักโมเลกุลของไซพาราฟิน (M_B) เท่ากับ 380 ความร้อนของการหลอมเหลว และแทรนซิชั่น มีค่าเท่ากับ 60,359.2 และ 28,925.6 J/mole ตามลำดับ (จากตารางที่ 4.2 ในบทที่ 4) และ ปริมาตรโมลาร์ของไซพาราฟิน เท่ากับ 435.5 cm^3

การละลายของไซพาราฟินในตัวทำละลายไตรเดคเคน แสดงในรูปของ สัดส่วนปริมาตร ดังสมการ



รูปที่ 6.3 เปรียบเทียบการละลายของไซฟารานินที่ได้จากการทดลอง และสมการ
 ในอุดมคติ

- ก. เมื่อใช้เอทเซนเป็นตัวทำละลาย
- ข. เมื่อใช้เอปเทนเป็นตัวทำละลาย
- ค. เมื่อใช้โนเนนเป็นตัวทำละลาย
- ง. เมื่อใช้ไตรเดคเคนเป็นตัวทำละลาย
- จากการทดลอง
- จากสมการการละลายในอุดมคติ

$$\phi_{B, \text{real}} = \exp.((- \Delta H_m / R)(1/T - 1/T_m) - (\Delta H_v / R)(1/T - 1/T_v) - (1 - \phi_B)(1 - (\bar{V}_B / \bar{V}_v)))$$

การเปรียบเทียบการละลายของไซนารานินในตัวทำละลาย ที่ได้จากการทดลอง และสมการการละลาย แสดงในรูปที่ 6.2 และ 6.3 จะเห็นว่า สมการการละลายในอุดมคติ ใช้ได้ในช่วงของอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 25 °ซ. และเบี่ยงเบนเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

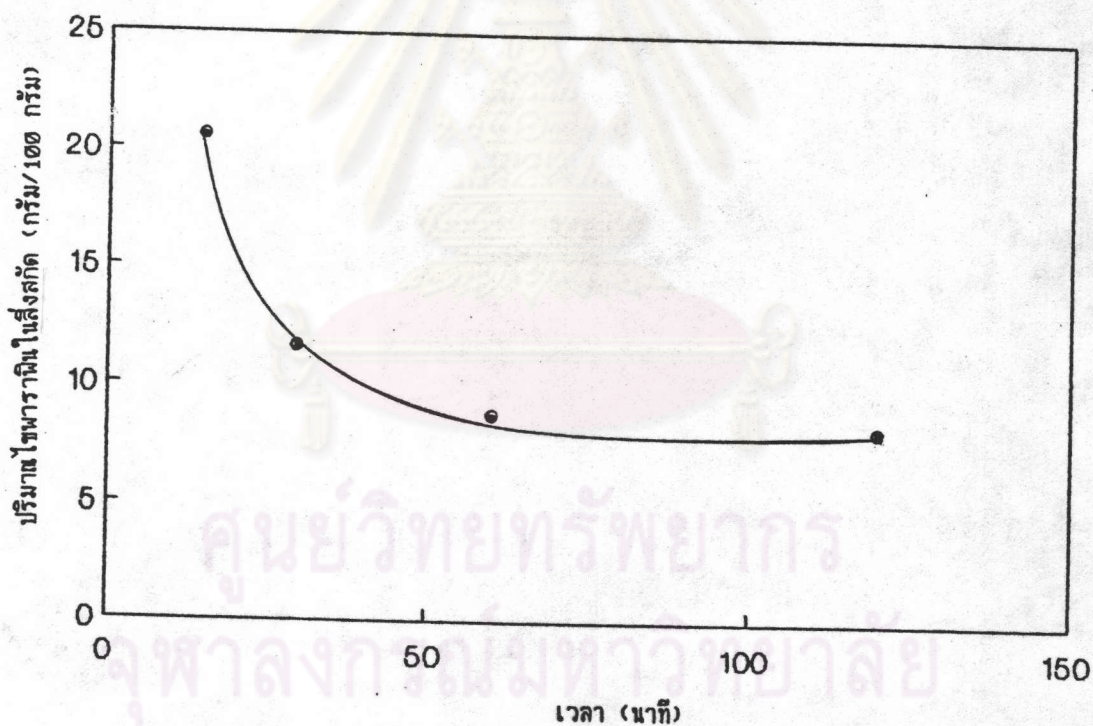


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.3 การหาปริมาณไซพาราฟินในสิ่งสกัด

6.3.1 ผลของช่วงเวลาในการกวนผสมต่อปริมาณไซพาราฟินในสิ่งสกัด

จากการทดลองใช้ช่วงเวลาในการกวนผสม 15, 30, 60 และ 120 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และความดัน 80 บาร์ พบว่า คาร์บอนไดออกไซด์บางส่วนจะละลายเข้าไปในเฮกเซน และไซพาราฟิน สังเกตได้จากมาตรวัดความดันในเครื่องปฏิกรณ์เคมี ซึ่งแสดงค่าคงที่ลดลงอย่างช้าๆ ในการทดลองจะสูบลูกคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไป เพื่อรักษาความดันเอาไว้ ที่ 80 บาร์ ไซพาราฟินบางส่วนที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่จะเหลว และละลายออกมา ทั้งไซพาราฟินส่วนที่เหลือไว้ในรูปของแข็ง ดังนั้นการกวนสารผสมนานๆ จะช่วยให้การแยกไซพาราฟินเป็นไปได้อย่างดีขึ้น ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองใน รูปที่ 6.4

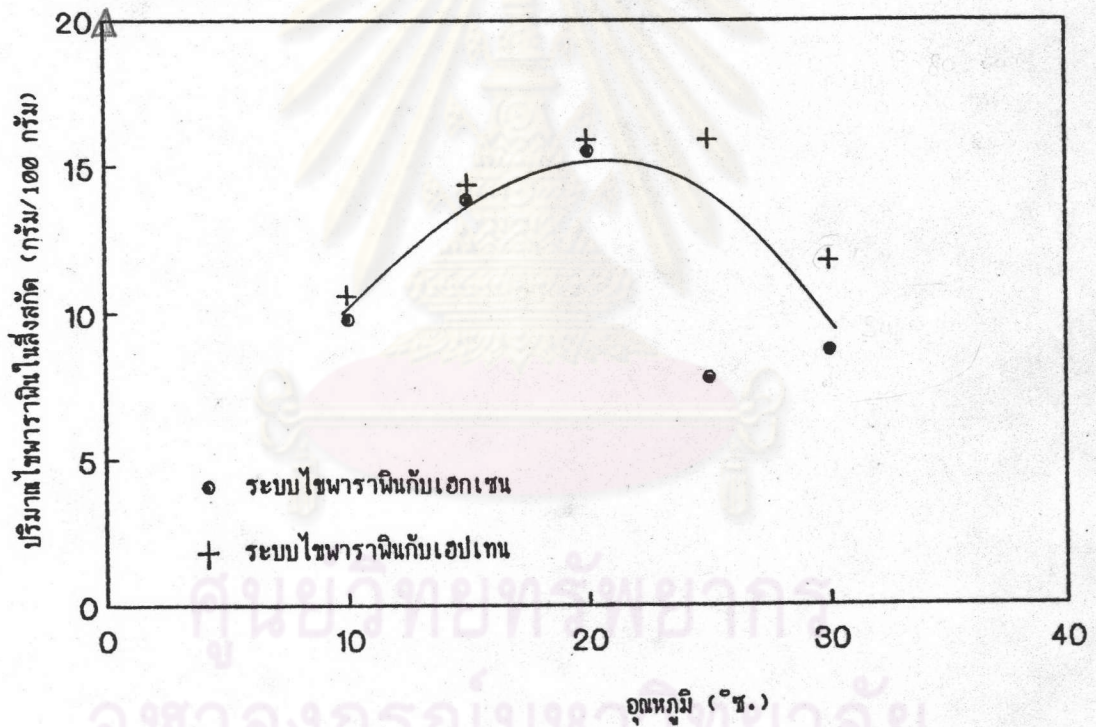


รูปที่ 6.4 ผลของช่วงเวลาในการกวนผสม ต่อปริมาณไซพาราฟินในสิ่งสกัด

จะเห็นว่าปริมาณไซพาราฟินในสิ่งสกัดจะลดลงจากร้อยละ 20.6 เป็น 8.7 และ 8.2 เมื่อใช้ช่วงเวลาในการกวนผสม ที่ 60 นาที และ 120 นาทีตามลำดับ ดังนั้น จึงเลือกช่วงเวลาในการกวนผสม ที่ 60 นาที เป็นสภาวะที่ใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

6.3.2 ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณไนพาราฟินในสิ่งสกัด

จากการทดลองใช้อุณหภูมิ 10, 15, 20, 25 และ อุณหภูมิห้อง ที่ความดัน 80 บาร์ และช่วงเวลาในการกวนผสม 60 นาที จะเห็นว่า ที่อุณหภูมิ 10-20^oC. คาร์บอนไดออกไซด์มีสภาพเป็นของเหลว และเมื่อลดอุณหภูมิความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้น ดังนั้น ที่อุณหภูมิต่ำ คาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพของเหลวจึงมีความสามารถในการแยกไนพาราฟินได้ดียิ่งขึ้น ส่วนที่อุณหภูมิห้องขึ้นไป คาร์บอนไดออกไซด์มีสภาพเป็นของไหลภาวะวิกฤต ดังนั้น คาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพของไหลภาวะวิกฤต จึงมีความสามารถในการแยกไนพาราฟินได้ดี ดังจะเห็นได้จาก รูปที่ 6.5

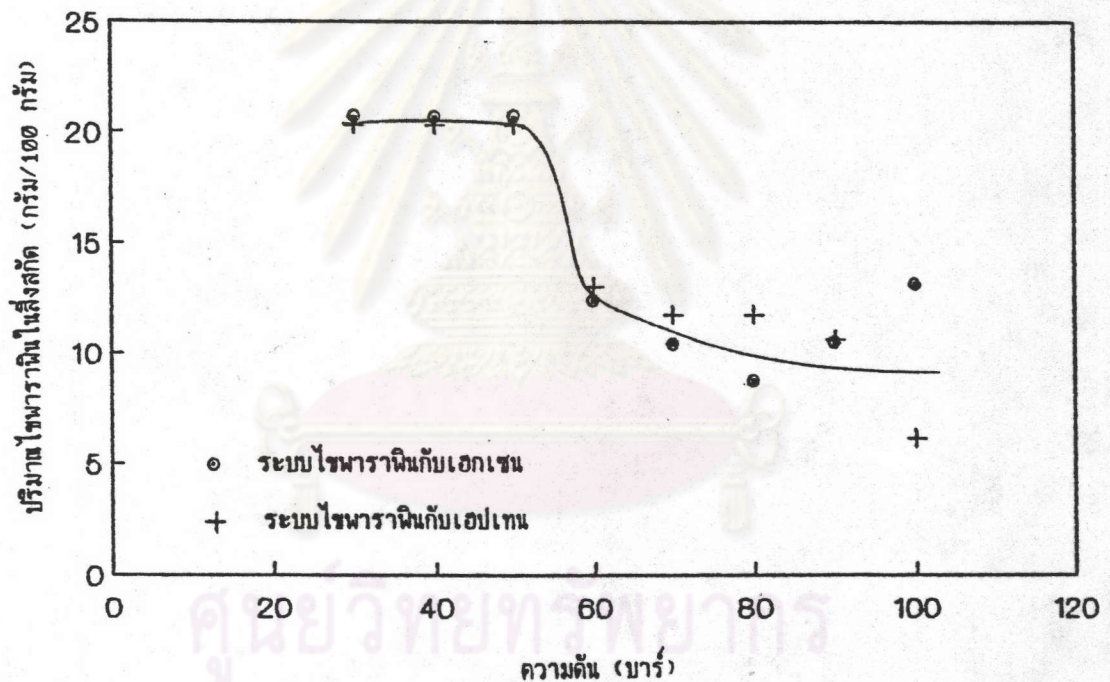


รูปที่ 6.5 ผลของอุณหภูมิ ต่อปริมาณไนพาราฟินในสิ่งสกัด

จะเห็นว่า ที่อุณหภูมิห้อง ปริมาณไนพาราฟินในสิ่งสกัดจะลดลงจาก ร้อยละ 20.6 และ 20.3 เป็น 8.7 และ 11.8 ในระบบไนพาราฟินกับเฮกเซน และไนพาราฟินกับเฮปเทน ตามลำดับ ดังนั้น จึงเลือกอุณหภูมิห้อง เป็นสภาวะในการทดลองขั้นต่อไป

6.3.3 ผลของความดันต่อปริมาณไซพาราฟินในสิ่งสกัด

จากการทดลองใช้ความดัน 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 บาร์ที่อุณหภูมิห้อง และช่วงเวลาในการกวนผสม 60 นาที พบว่าการเพิ่มความดันทำให้ความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ดังนั้น การเพิ่มความดันจะช่วยให้การแยกไซพาราฟินเป็นไปได้ดียิ่งขึ้น และที่ความดันต่ำ คาร์บอนไดออกไซด์มีสภาพเป็นแก๊ส ทำให้ความสามารถในการแยกไซพาราฟินต่ำมาก แต่ในระบบของไซพาราฟินกับเฮกเซน พบว่าคาร์บอนไดออกไซด์มีความสามารถในการแยกไซพาราฟินได้ดีที่ความดันที่เหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 6.6

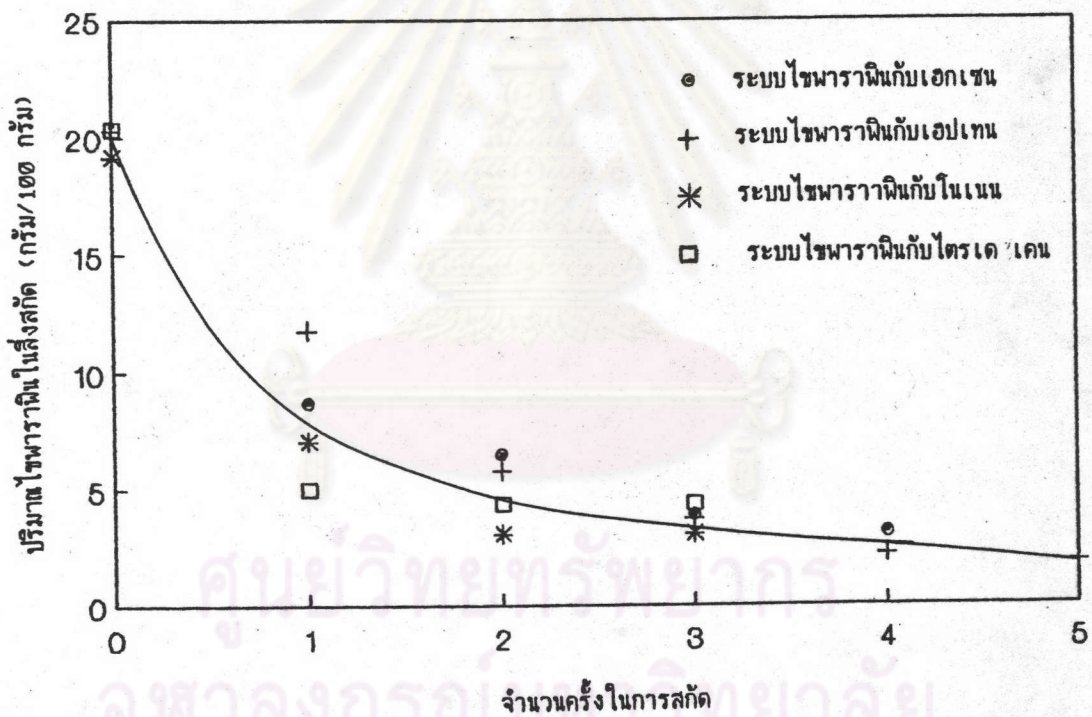


รูปที่ 6.6 ผลของความดัน ต่อปริมาณไซพาราฟินในสิ่งสกัด

จะเห็นว่า ที่ความดัน 80 บาร์ ปริมาณไซพาราฟินในสิ่งสกัด จะลดลงจากร้อยละ 20.6 เป็น 8.7 และ 20.3 เป็น 11.8 ในระบบไซพาราฟินกับเฮกเซน และไซพาราฟินกับเฮปเทน ตามลำดับ ดังนั้น จึงเลือกความดันที่ 80 บาร์ เป็นสภาวะที่ใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

6.3.4 ผลของจำนวนครั้งที่สารละลายไซพาราฟินผสมกับคาร์บอน ไดออกไซด์ต่อปริมาณไซพาราฟินในสิ่งสกัด

ในการทดลองครั้งหลัง นำผลปริมาณไซพาราฟินในสิ่งสกัดจากครั้งก่อนมาเตรียมเป็นสารละลายไซพาราฟินเพื่อจะนำมาสกัดในครั้งต่อไป การทดลองสกัดที่อุณหภูมิห้อง ความดัน 80 บาร์ และช่วงเวลาในการกวนผสม 60 นาที พบว่า จำนวนครั้งที่สารละลายไซพาราฟิน ผสมกับคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ปริมาณไซพาราฟินในสิ่งสกัดจะลดลงในช่วงหนึ่ง หลังจากนั้นจะค่อนข้างคงที่ ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองใน รูปที่ 6.7

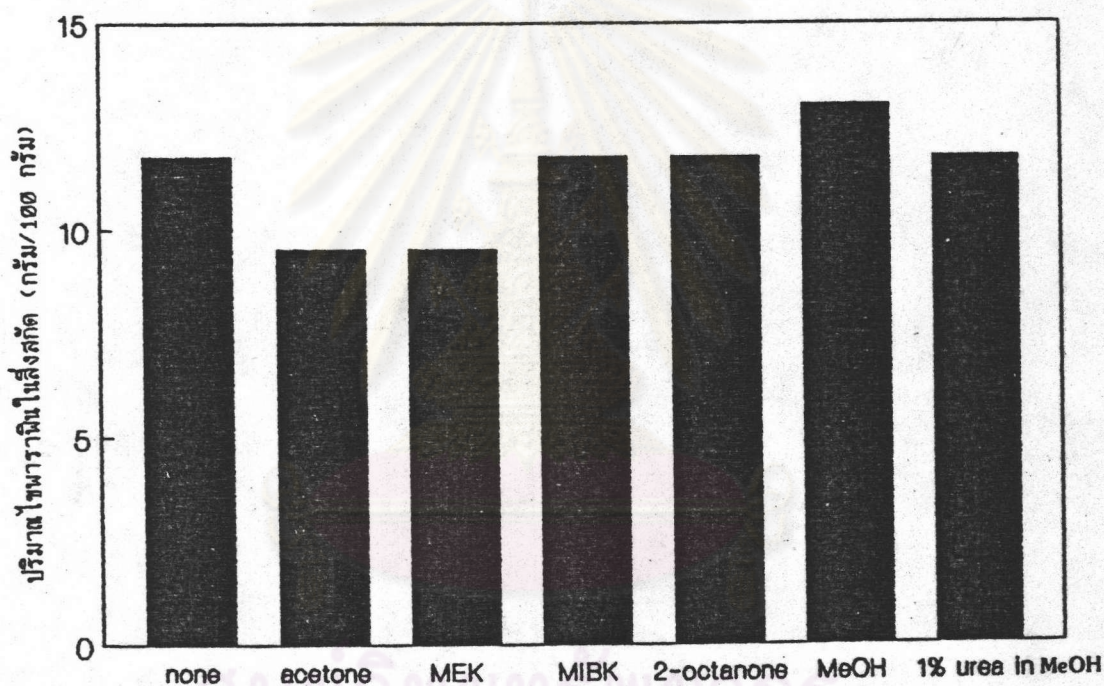


รูปที่ 6.7 ผลของจำนวนครั้งที่ในการสกัด

จะเห็นว่าในการสกัดครั้งที่ 3 ปริมาณไซพาราฟินในสิ่งสกัดจะลดลงจากร้อยละ 20.6, 20.3, 19.2 และ 20.3 เป็น 3.9, 3.7, 3.1 และ 4.8 ในระบบของไซพาราฟินกับเฮกเซน เฮปเทน โนเบน และไตรคลอโรเอเทน ตามลำดับ ดังนั้นการสกัดหลายครั้งจะสามารถแยกไซพาราฟินได้ดียิ่งขึ้น

6.3.5 ผลของตัวทำละลายร่วมต่อปริมาณไซพาราฟินในสิ่งสกัด

จากการทดลองการสกัดที่อุณหภูมิห้อง ความดัน 80 บาร์ และช่วงเวลาในการกวนผสม 60 นาที พบว่า การเติมตัวทำละลายร่วมที่เหมาะสม จะช่วยทำให้ความสามารถในการแยกไซพาราฟินดีขึ้น ตัวทำละลายร่วมที่เหมาะสม คือ สารพวกคีโตนโมเลกุลเล็ก ได้แก่ อะซิโตน และ เมทริลเอทริลคีโตน สารพวกคีโตนโมเลกุลเล็กจะช่วยทำให้โมเลกุลของไซพาราฟินในสารละลายเกิดการรวมตัวเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้น มีผลให้เกิดการตกผลึกของไซพาราฟินได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้น ปริมาณไซพาราฟินในสิ่งสกัดจะลดลงดังแสดงใน รูปที่ 6.8



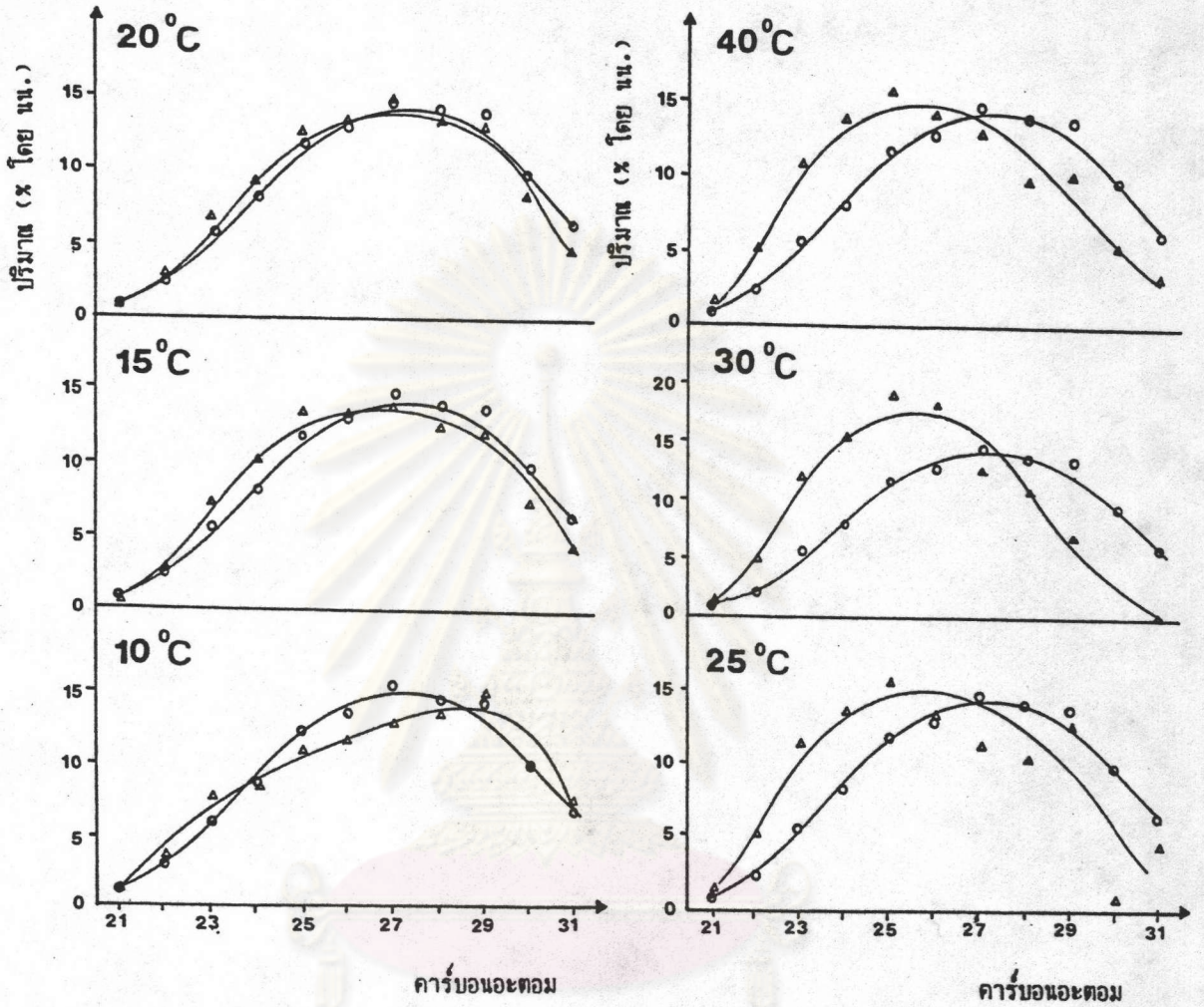
รูปที่ 6.8 ผลของตัวทำละลายร่วม ต่อปริมาณไซพาราฟินในสิ่งสกัด

จะเห็นว่าปริมาณไซพาราฟินในสิ่งสกัด จะลดลงจากร้อยละ 11.8 เป็น 9.5 เมื่อใช้ อะซิโตน และเมทริลเอทริลคีโตน เป็นตัวทำละลายร่วม ส่วนเมทริลไอโซบิวริลคีโตน 2-ออกตะโนนและสารละลายร้อยละ 1 ของยูเรียในเมทานอลไม่มีผล ทำให้การแยกไซพาราฟินดีขึ้น แต่ในเมทานอล พบว่า มีผลให้ไซพาราฟินละลายในเฮปเทนได้ดีขึ้น กล่าวคือเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 11.8 เป็น 13.0 ดังนั้น อะซิโตนและเมทริลเอทริลคีโตน จึงเหมาะที่จะใช้เป็นตัวทำละลายร่วมในการแยกไซพาราฟินได้ดีขึ้น

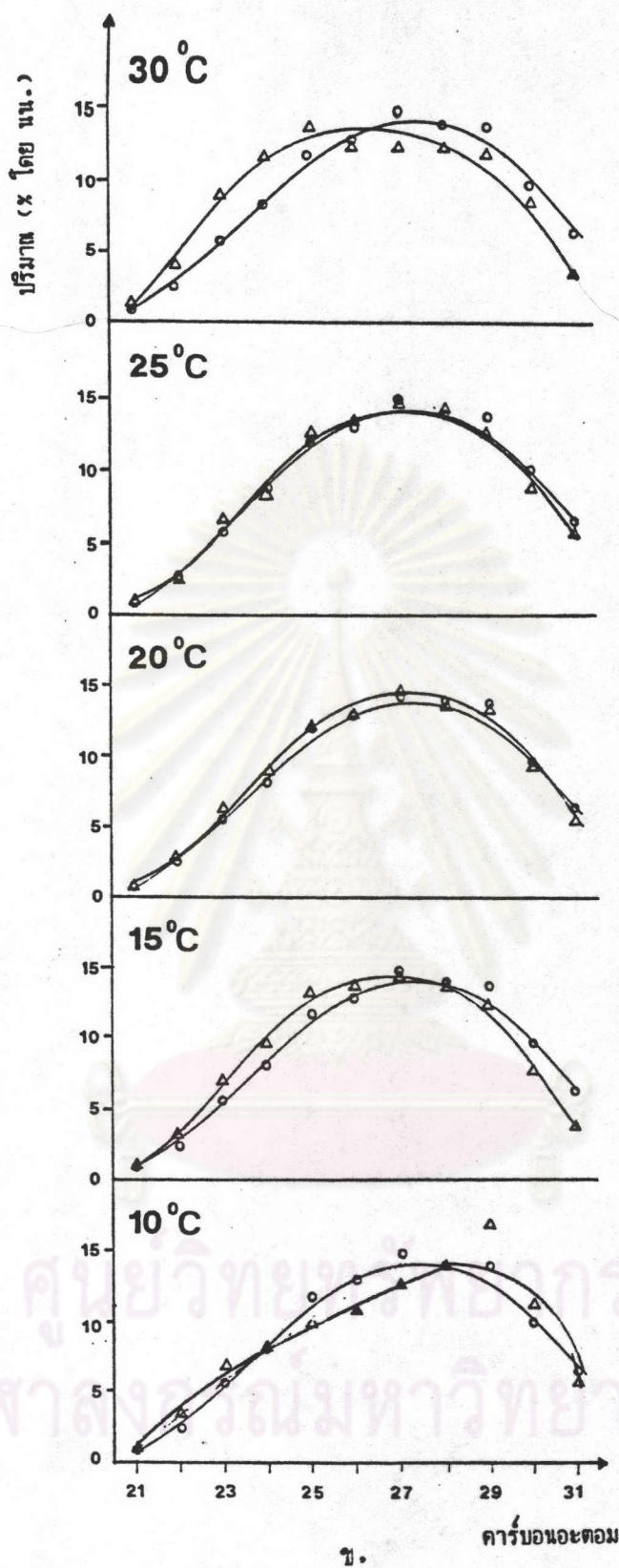
6.4 การหาค่าองค์ประกอบของไซพาราฟิน

จากผลการทดลองในหัวข้อ 6.3 วิเคราะห์องค์ประกอบของไซพาราฟิน โดยใช้เทคนิคทาง gas chromatography และหาปริมาณของสารไฮโดรคาร์บอนแต่ละตัวจากกราฟมาตรฐานของสารนอร์มัล-พาราฟิน ($C_{21}-C_{30}$) (ภาคผนวก ง.) พบว่า ลักษณะการกระจายโมเลกุลของไซพาราฟินเปลี่ยนไป ไซพาราฟินจากสิ่งสกัด (extract) มีลักษณะการกระจายของโมเลกุลค่อนข้างไปทางซ้าย (สารอัลเคนโมเลกุลเล็ก) ในขณะที่ไซพาราฟินจากส่วนที่เหลือ (raffinate) ลักษณะการกระจายของโมเลกุลค่อนข้างไปทางขวา (สารอัลเคนโมเลกุลใหญ่) เมื่อเปรียบเทียบผลของความดันและอุณหภูมิ พบว่า ความดันมีผลต่อการกระจายโมเลกุลของไซพาราฟินมากกว่า และพิจารณาผลของตัวทำละลายร่วม พบว่า ตัวทำละลายร่วมมีผลทำให้ลักษณะการกระจายโมเลกุลของไซพาราฟินเปลี่ยนไปเช่นกัน ดังนั้น อุณหภูมิ ความดัน และตัวทำละลายร่วม มีผลให้การกระจายโมเลกุลของไซพาราฟินเปลี่ยนไป ดังแสดงในรูปที่ 6.9-6.14

รูปที่ 6.9 เปรียบเทียบลักษณะการกระจายโมเลกุลของไซพาราฟินตั้งต้น และไซพาราฟินจากสิ่งสกัด ที่ความดัน 80 บาร์ และอุณหภูมิต่างๆ พบว่า ที่อุณหภูมิในการสกัด 10°C . ลักษณะการกระจายโมเลกุลของไซพาราฟิน ในระบบไซพาราฟินกับเฮกเซน และไซพาราฟินกับเฮปเทน คล้ายกัน กล่าวคือ ไซพาราฟินจากสิ่งสกัดจะมีองค์ประกอบของสารอัลเคนโมเลกุลเล็ก ($C_{21}-C_{24}$) และสารอัลเคนโมเลกุลใหญ่ ($C_{28}-C_{31}$) มากกว่าไซพาราฟินตั้งต้น ที่อุณหภูมิ 15°C . ไซพาราฟินจากสิ่งสกัดมีองค์ประกอบของสารอัลเคนโมเลกุลเล็ก ($C_{21}-C_{27}$) มากกว่าที่อุณหภูมิ 20°C . องค์ประกอบของไซพาราฟินตั้งต้น และไซพาราฟินจากสิ่งสกัดจะคล้ายคลึงกัน และที่อุณหภูมิห้อง ไซพาราฟินจากสิ่งสกัดมีองค์ประกอบของสารอัลเคนโมเลกุลเล็ก ($C_{21}-C_{26}$) สูงกว่าเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิอื่นๆ ดังนั้นในการสกัดสารละลายไซพาราฟินที่อุณหภูมิห้อง จะได้ไซพาราฟินที่มีองค์ประกอบของสารอัลเคนโมเลกุลเล็กเป็นส่วนใหญ่



ศูนย์วิทยุทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.9 เปรียบเทียบลักษณะการกระจายโมเลกุลของไชนารานินตั้งต้น และสิ่งสกัด
ที่ความดัน 80 บาร์ และอุณหภูมิต่างๆ

ก. ระบบไชนารานินกับเฮกเซน

ข. ระบบไชนารานินกับเฮปเทน

○ ไชนารานินตั้งต้น

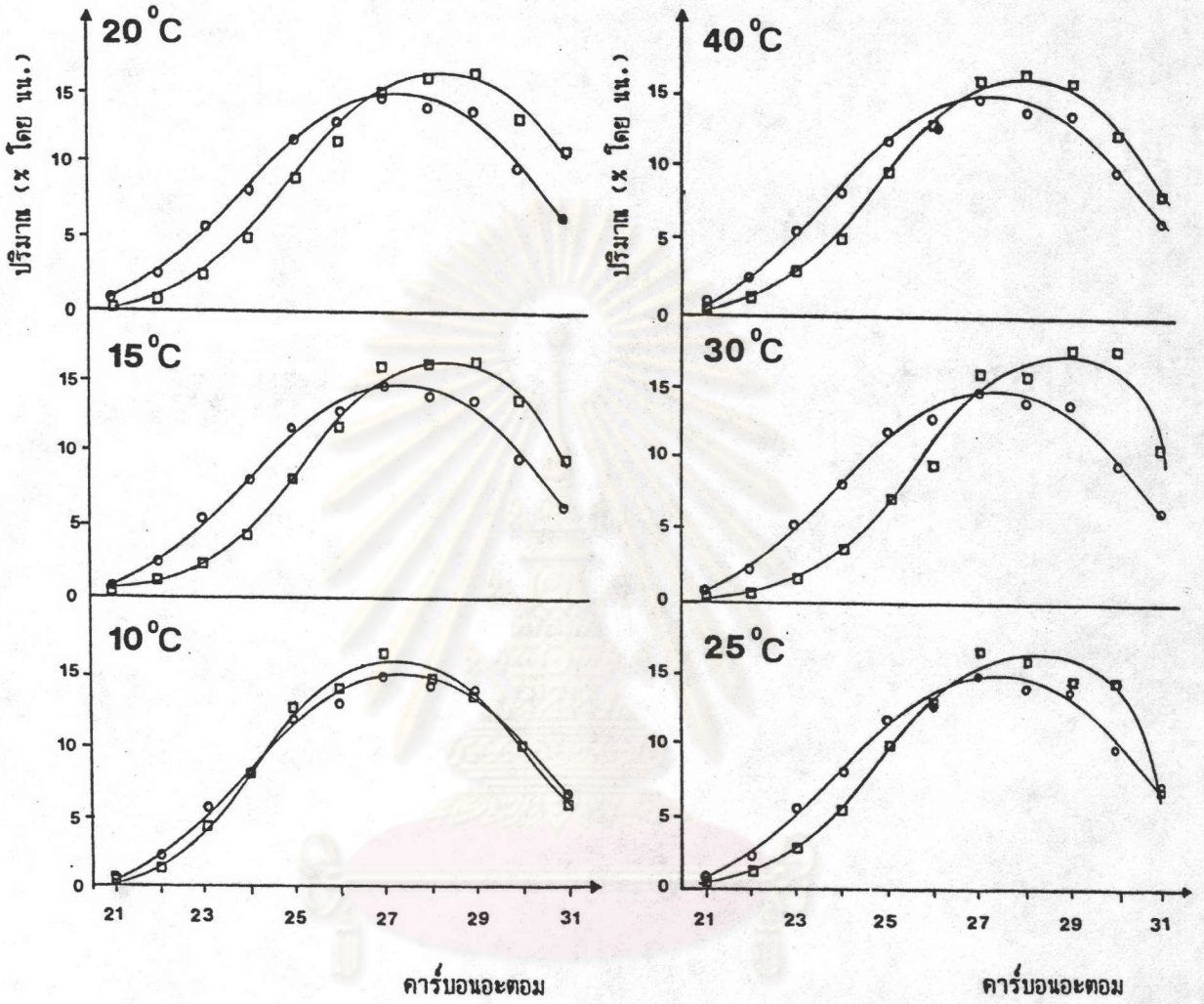
△ ไชนารานินจากสิ่งสกัด

รูปที่ 6.10 เปรียบเทียบลักษณะการกระจายโมเลกุลของไซพาราฟินตั้งต้น และ ไซพาราฟินจากส่วนที่เหลือจากการสกัด ที่ความดัน 80 บาร์ และอุณหภูมิต่างๆ พบว่า ที่อุณหภูมิ ในการสกัด 10°C . ไซพาราฟินจากส่วนที่เหลือ (raffinate) มีองค์ประกอบของสารอัลเคน โมเลกุลปานกลาง ($C_{25}-C_{28}$) มากกว่าไซพาราฟินตั้งต้น ที่อุณหภูมิ 15°C . ขึ้นไป ไซพาราฟิน จากส่วนที่เหลือมีองค์ประกอบของสารอัลเคนโมเลกุลใหญ่ ($C_{27}-C_{31}$) มากกว่าไซพาราฟินตั้งต้น ดังนั้นการสกัดสารละลายไซพาราฟินที่อุณหภูมิห้อง จะได้ไซพาราฟินจากสิ่งสกัดที่มีองค์ประกอบ ของสารอัลเคนโมเลกุลเล็กเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่ไซพาราฟินจากส่วนที่เหลือจะมีองค์ประกอบ ส่วนใหญ่เป็นสารอัลเคนโมเลกุลใหญ่

รูปที่ 6.11 เปรียบเทียบลักษณะการกระจายโมเลกุลของไซพาราฟินตั้งต้น และ ไซพาราฟินจากสิ่งสกัด ที่อุณหภูมิห้อง และความดันต่างๆ พบว่า ไซพาราฟินจากสิ่งสกัดจะมี องค์ประกอบของสารอัลเคนโมเลกุลเล็ก ($C_{21}-C_{27}$) มากกว่าไซพาราฟินตั้งต้น และสารอัลเคน โมเลกุลใหญ่ ($C_{28}-C_{31}$) น้อยกว่า

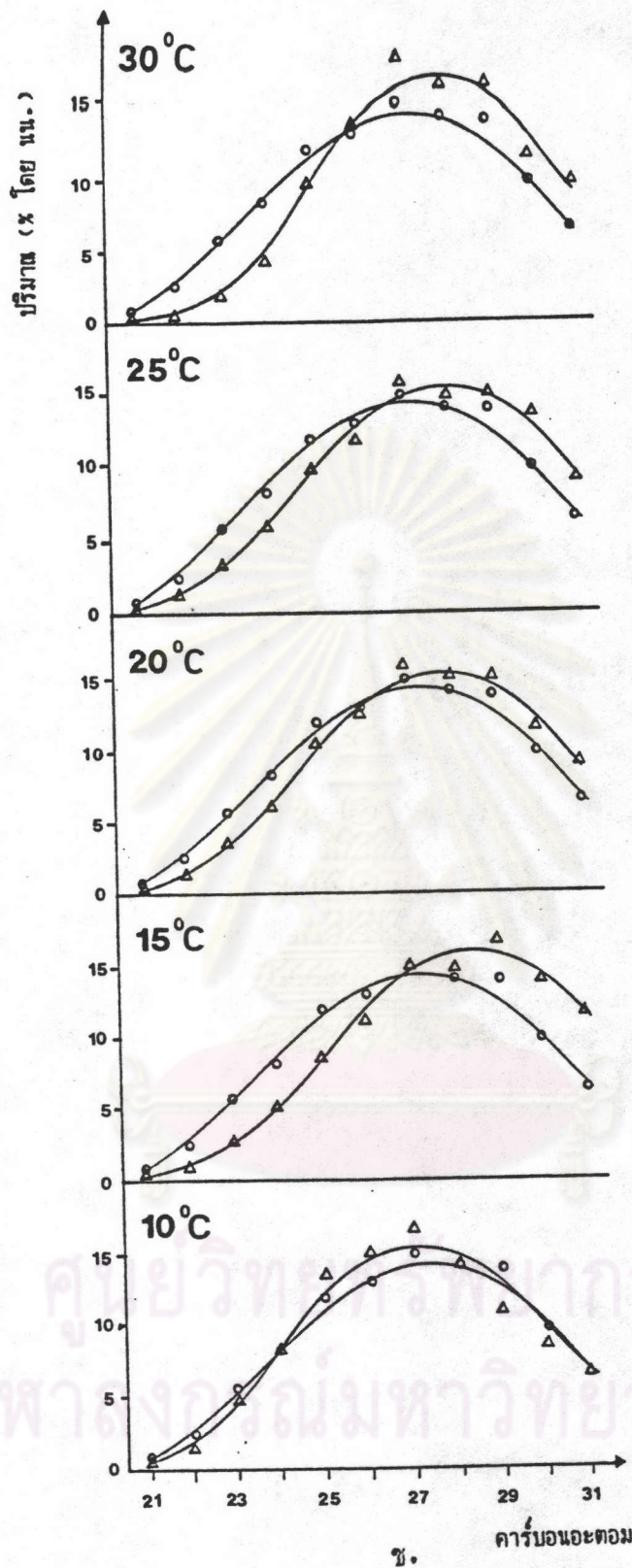
รูปที่ 6.12 เปรียบเทียบลักษณะการกระจายโมเลกุลของไซพาราฟินตั้งต้น และ ไซพาราฟินจากส่วนที่เหลือจากการสกัด ที่อุณหภูมิห้อง และความดันต่างๆ พบว่า ไซพาราฟินจาก ส่วนที่เหลือจากการสกัดจะมีองค์ประกอบของสารอัลเคนโมเลกุลใหญ่ ($C_{28}-C_{31}$) มากกว่า ไซพาราฟินตั้งต้น และสารอัลเคนโมเลกุลเล็ก ($C_{21}-C_{26}$) น้อยกว่า

ดังนั้น การสกัดที่อุณหภูมิห้อง และความดัน 80 บาร์ ไซพาราฟินที่ได้มีองค์ประกอบที่ แตกต่างกัน คือ ไซพาราฟินจากสิ่งสกัดมีองค์ประกอบของสารอัลเคนโมเลกุลเล็ก ($C_{21}-C_{26}$) เป็นส่วนใหญ่ และ ไซพาราฟินจากส่วนที่เหลือจากการสกัดมีองค์ประกอบของสารอัลเคนโมเลกุล ใหญ่ ($C_{28}-C_{31}$) เป็นส่วนใหญ่ และเมื่อเปรียบเทียบผลของความดัน และอุณหภูมิที่มีต่อการสกัด พบว่า ความดันมีผลต่อการกระจายโมเลกุลของไซพาราฟินมากกว่าอุณหภูมิ



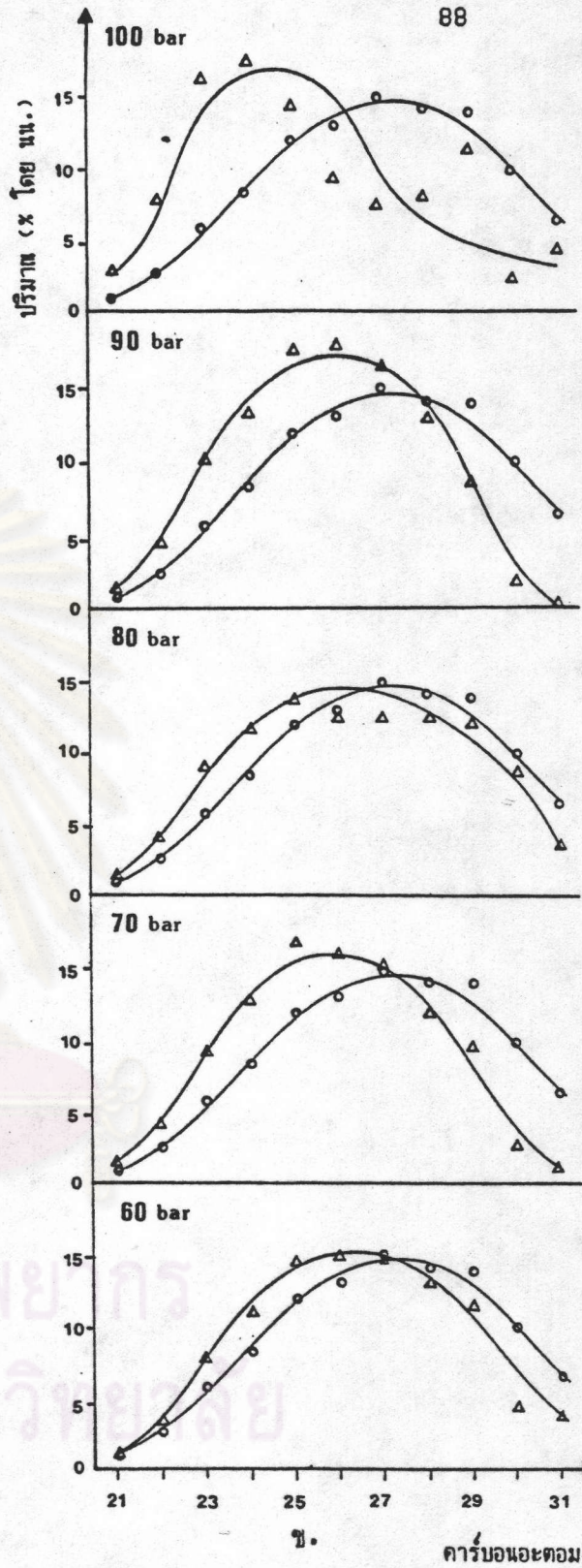
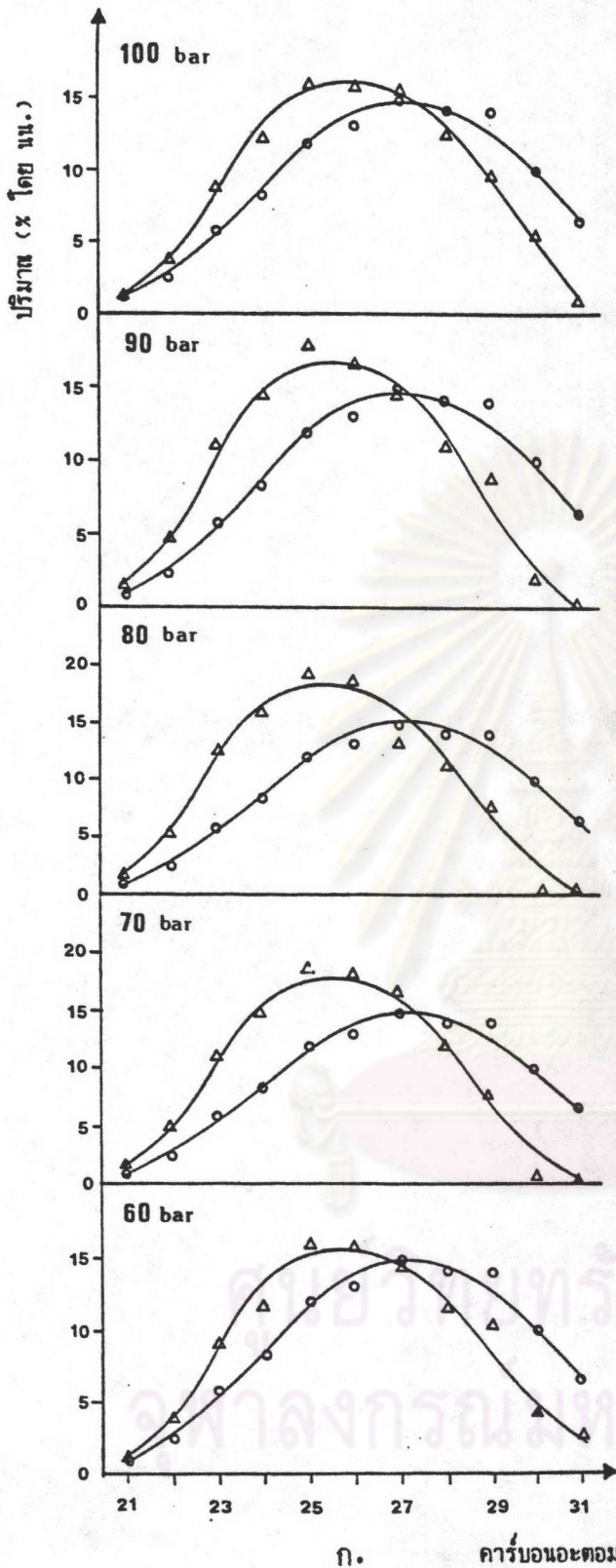
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.



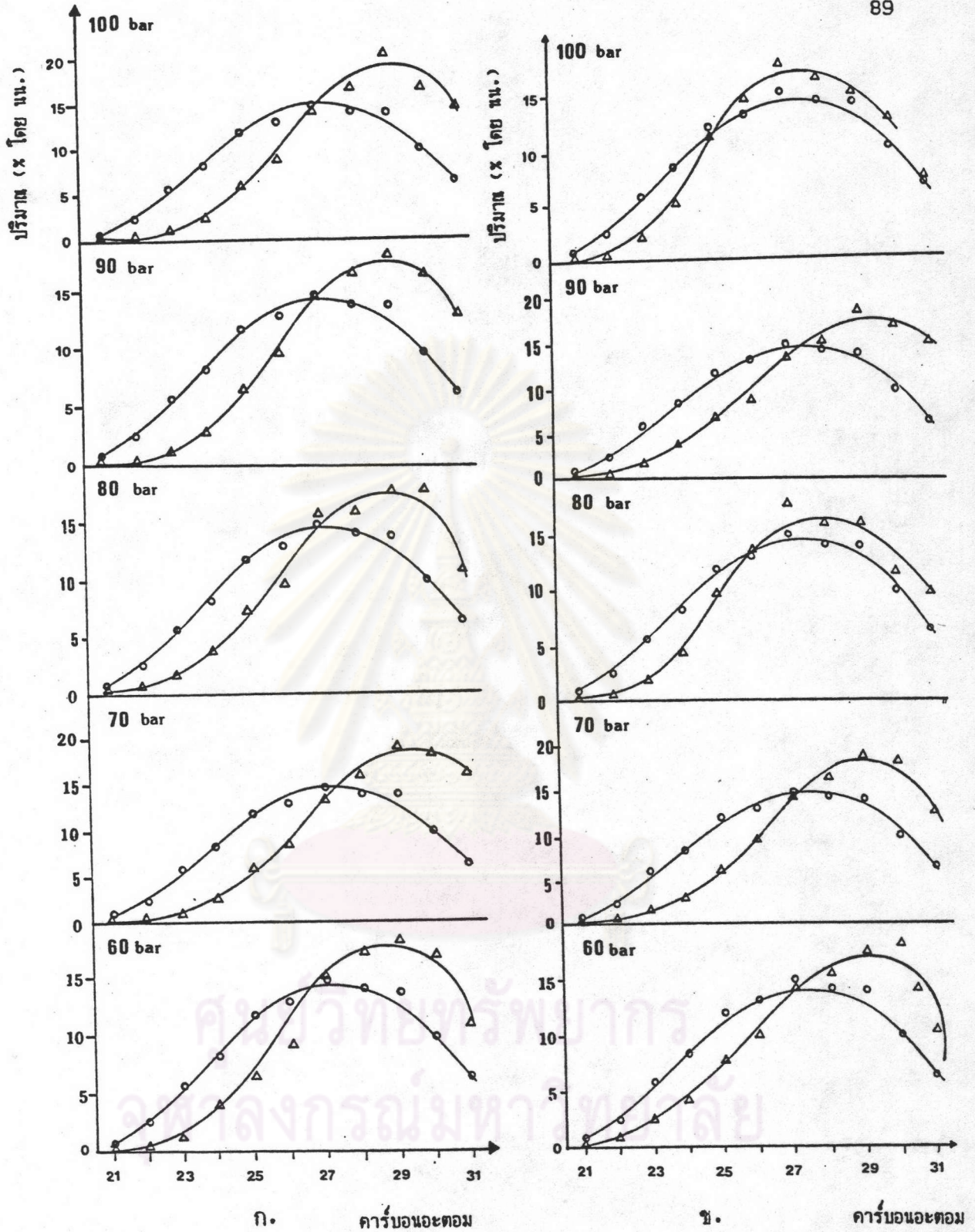
รูปที่ 6.10 เปรียบเทียบลักษณะการกระจายโมเลกุล ของไซพาราฟินตั้งต้น และ ส่วนที่เหลือจากการสกัด ที่ความดัน 80 บาร์ และอุณหภูมิต่างๆ

- ก. ระบบไซพาราฟินกับเฮกเซน
- ข. ระบบไซพาราฟินกับเฮปเทน
 - ไซพาราฟินตั้งต้น
 - △ ไซพาราฟินส่วนที่เหลือจากสิ่งสกัด



รูปที่ 6.11 เปรียบเทียบลักษณะการกระจายโมเลกุลของไซพารานินตั้งต้น และสิ่งสกัด ที่อุณหภูมิห้อง และความดันต่างๆ

- ก. ระบบไซพารานินกับเอทเซน
- ข. ระบบไซพารานินกับเอปเทน
- ค. ไซพารานินตั้งต้น
- ด. ไซพารานินจากสิ่งสกัด



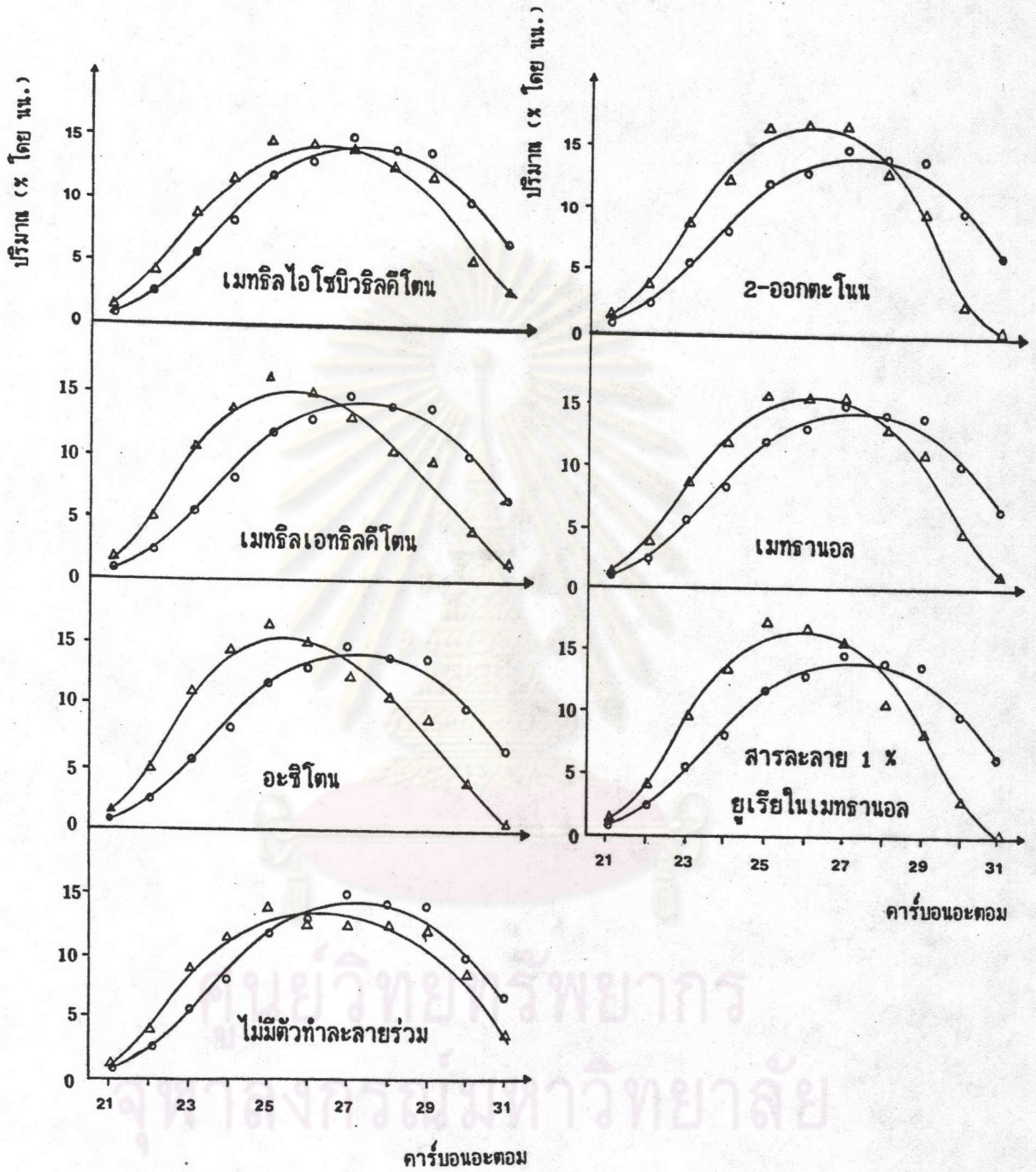
รูปที่ 6.12 เปรียบเทียบลักษณะการกระจายโมเลกุล ของโซพาราฟินตั้งต้น และ ส่วนที่เหลือจากการสกัด ที่อุณหภูมิห้อง และความดันต่างๆ

- ก. ระบบโซพาราฟินกับเฮกเซน
- ข. ระบบโซพาราฟินกับเฮปเทน
- โซพาราฟินตั้งต้น
- △ โซพาราฟินส่วนที่เหลือจากสิ่งสกัด

รูปที่ 6.13 และ 6.14 เปรียบเทียบการกระจายโมเลกุลของไซพารานินตั้งต้น ไซพารานินจากสิ่งสกัด และไซพารานินจากส่วนที่เหลือจากการสกัด ที่อุณหภูมิห้อง ความดัน 80 บาร์ และตัวทำละลายร่วมต่างๆ พบว่า ไซพารานินที่ได้จากสิ่งสกัดที่ใช้ตัวทำละลายร่วม มีองค์ประกอบของสารอัลเคนโมเลกุลเล็กสูงกว่าเมื่อไม่ใช่ตัวทำละลายร่วม ลักษณะการกระจาย โมเลกุลของไซพารานินจากสิ่งสกัด และส่วนที่เหลือจากการสกัดที่ใช้อะซิโตน หรือเมทิลเอทิล คีโตน เป็นตัวทำละลายร่วม จะเหมือนกัน กล่าวคือ องค์ประกอบส่วนใหญ่ของไซพารานินจาก สิ่งสกัดเป็นสารอัลเคนโมเลกุลเล็ก ($C_{21}-C_{26}$) และองค์ประกอบส่วนใหญ่ของไซพารานินจาก ส่วนที่เหลือจากการสกัดเป็นสารอัลเคนโมเลกุลใหญ่ ($C_{27}-C_{31}$) และเมื่อใช้ 2-ออกตะโนน เมทานอล และสารละลาย 1 % ยูเรียในเมทานอล เป็นตัวทำละลายร่วม พบว่า ไซพารานิน จากส่วนที่เหลือจากการสกัดมีองค์ประกอบของสารอัลเคนโมเลกุลใหญ่ ($C_{28}-C_{31}$) เป็นส่วนใหญ่ และไซพารานินจากสิ่งสกัดมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารอัลเคนโมเลกุลเล็ก ($C_{21}-C_{27}$)

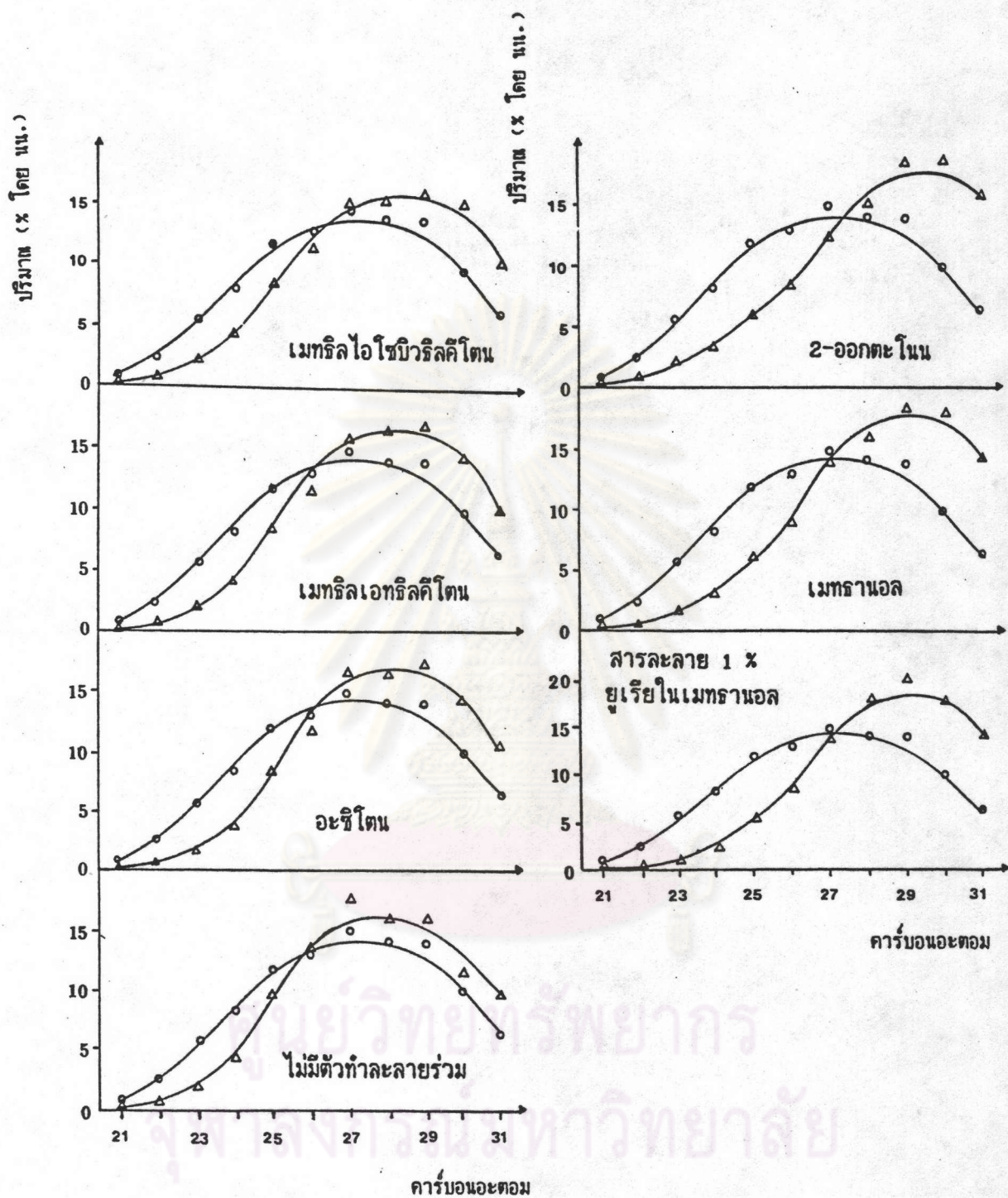
ดังนั้นในการสกัดสารเพื่อให้ปริมาณไซพารานินในสิ่งสกัดมีค่าน้อย จึงเลือกอะซิโตน หรือเมทิลเอทิลคีโตน เป็นตัวทำละลายร่วม โดยที่ไซพารานินจากสิ่งสกัดมีองค์ประกอบส่วนใหญ่ เป็นสารอัลเคนโมเลกุลเล็ก ($C_{21}-C_{26}$) และไซพารานินจากส่วนที่เหลือจากการสกัด มีองค์ ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารอัลเคนโมเลกุลใหญ่ ($C_{27}-C_{31}$) และมีปริมาณของสารอัลเคนเหล่านี้ มากกว่าเมื่อไม่ใช่ตัวทำละลายร่วม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.13 เปรียบเทียบลักษณะการกระจายโมเลกุลของไซนารานินตั้งต้น และสิ่งสกัด โดยไม่มีตัวทำละลายร่วมต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง และความดัน 80 บาร์

- ไซนารานินตั้งต้น
- △ ไซนารานินจากสิ่งสกัด

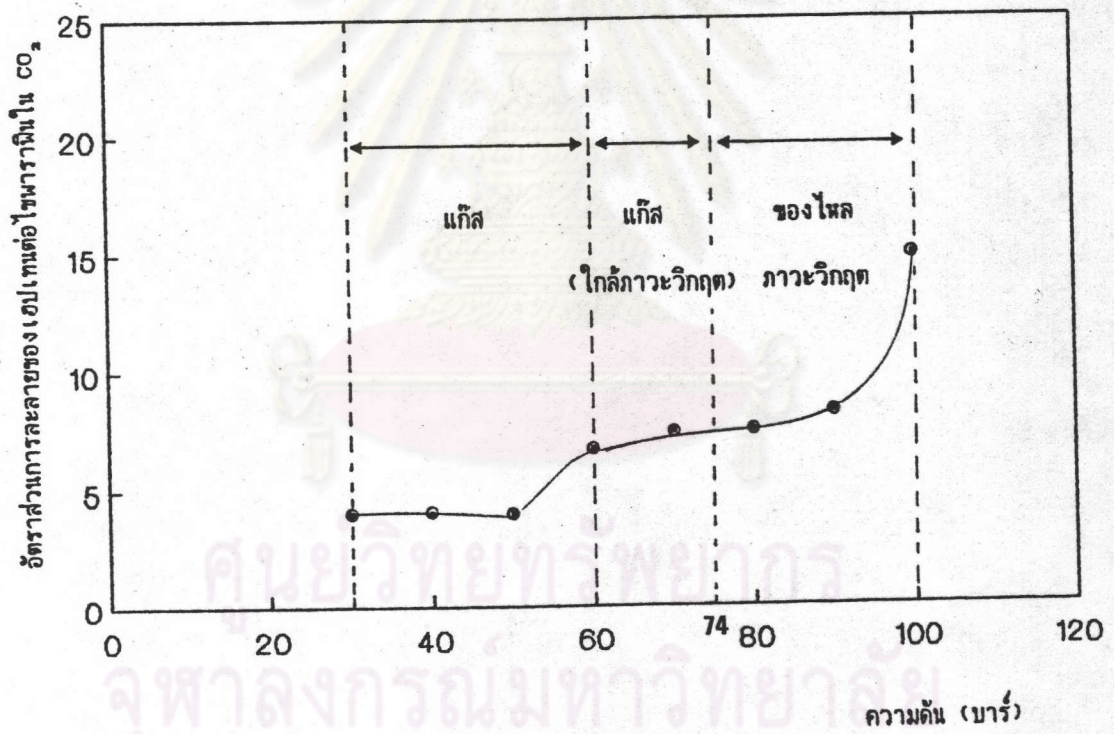


รูปที่ 6.14 เปรียบเทียบลักษณะการกระจายโมเลกุลของ ไซพาราฟินตั้งต้น และ ส่วนที่เหลือจากการสกัด โดยมีตัวทำละลายร่วมต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง และความดัน 80 บาร์

- ไซพาราฟินตั้งต้น
- △ ไซพาราฟินส่วนที่เหลือจากสิ่งสกัด

6.5 เปรียบเทียบการละลายของเฮปเทนและไซพาราฟินในคาร์บอนไดออกไซด์

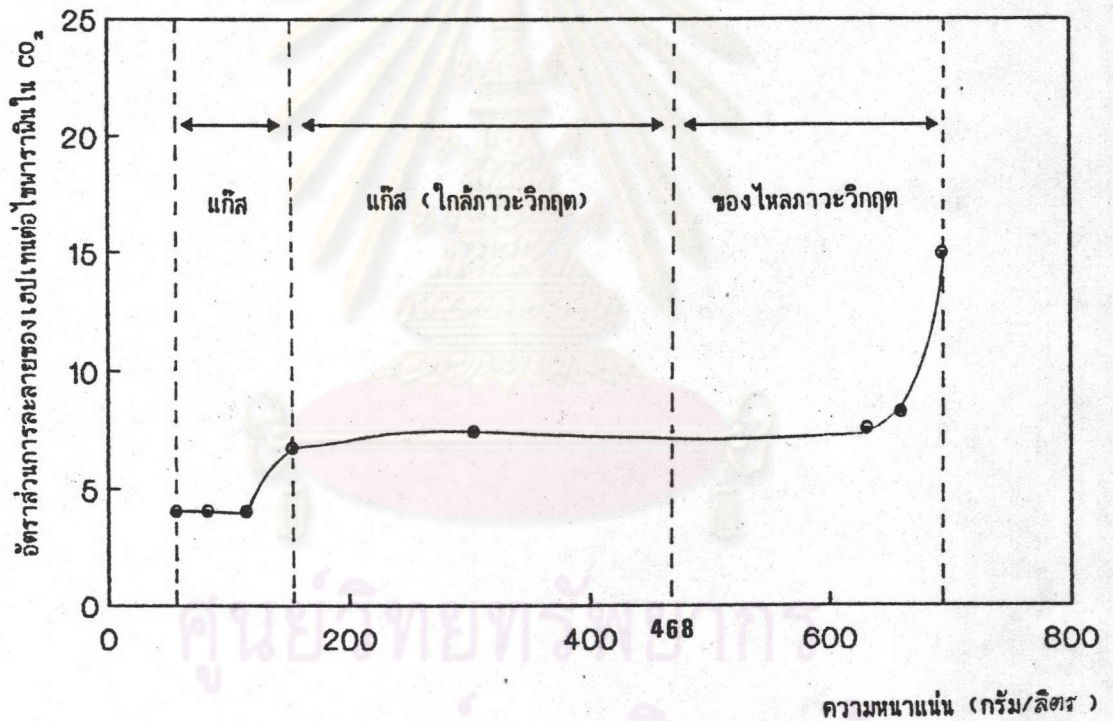
จากผลการทดลองข้อ 6.3 และ 6.4 คำนวณหาการละลายของเฮปเทน และ ไซพาราฟิน (ภาคผนวก ง.) พบว่า ที่อุณหภูมิห้อง ช่วงความดัน 30-60 บาร์คาร์บอนไดออกไซด์ มีสภาพเป็นแก๊ส ซึ่งไม่เหมาะในการเป็นตัวทำละลาย ช่วงความดัน 60-70 บาร์ คาร์บอนไดออกไซด์มีสภาพเป็นก๊าซที่ใกล้ภาวะวิกฤต ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวทำละลายได้ และ ที่ความดัน 74 บาร์ขึ้นไป คาร์บอนไดออกไซด์มีสภาพเป็นของไหลภาวะวิกฤต สามารถใช้เป็นตัวทำละลายได้ดียิ่ง ดังแสดงใน รูปที่ 6.15



รูปที่ 6.15 เปรียบเทียบการละลายของไซพาราฟิน กับเฮปเทนในคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิห้อง และความดันต่างๆ

จะเห็นว่า ที่ความดัน 100 บาร์ อัตราส่วนการละลายของเฮปเทนต่อไซพาราฟิน ใน คาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเป็น 15 จาก 4 ในช่วงความดัน 30-50 บาร์

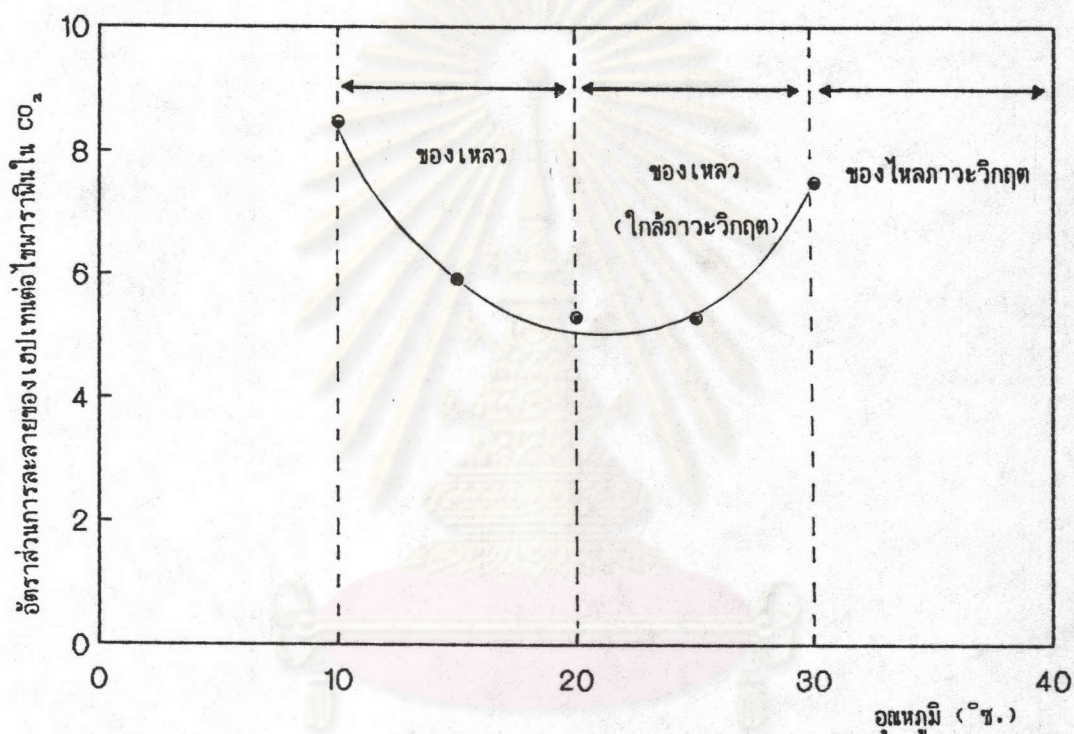
พิจารณาความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อการละลาย พบว่า ที่อุณหภูมิห้อง ความหนาแน่นต่ำ คาร์บอนไดออกไซด์มีสภาพเป็นแก๊สทำให้การละลายมีค่าต่ำ เมื่อความหนาแน่นสูงขึ้น คาร์บอนไดออกไซด์มีสภาพเป็นแก๊สที่ใกล้ภาวะวิกฤต ทำให้การละลายเพิ่มขึ้นในช่วงหนึ่ง และคงที่ และเมื่อความหนาแน่นสูงขึ้นอีก จนคาร์บอนไดออกไซด์ มีสภาพเป็นของไหลภาวะวิกฤต การละลายก็ยิ่งเพิ่มขึ้น



รูปที่ 6.16 เปรียบเทียบการละลายของเอเพเทน กับไซนาราฟินในคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิห้อง และความหนาแน่นต่างๆ

จะเห็นว่า ที่ความหนาแน่น 650 กรัม/ซม.³ อัตราส่วนการละลายของเอเพเทน ต่อ ไซนาราฟินในคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นจาก 4 เป็น 15

เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิต่อการละลาย พบว่า ช่วงอุณหภูมิ 10-20 °ซ. ความดัน 80 บาร์ คาร์บอนไดออกไซด์มีสภาพเป็นของเหลว คาร์บอนไดออกไซด์เหลวสามารถใช้เป็นตัวทำละลายได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ แต่เมื่ออุณหภูมิสูงการละลายจะลดลง เพราะความหนาแน่นลดลง และที่อุณหภูมิห้องขึ้นไป คาร์บอนไดออกไซด์มีสภาพเป็นของไหลภาวะวิกฤตซึ่งเหมาะที่จะใช้เป็นตัวทำละลายได้ดียิ่ง ดังแสดงใน รูปที่ 6.17

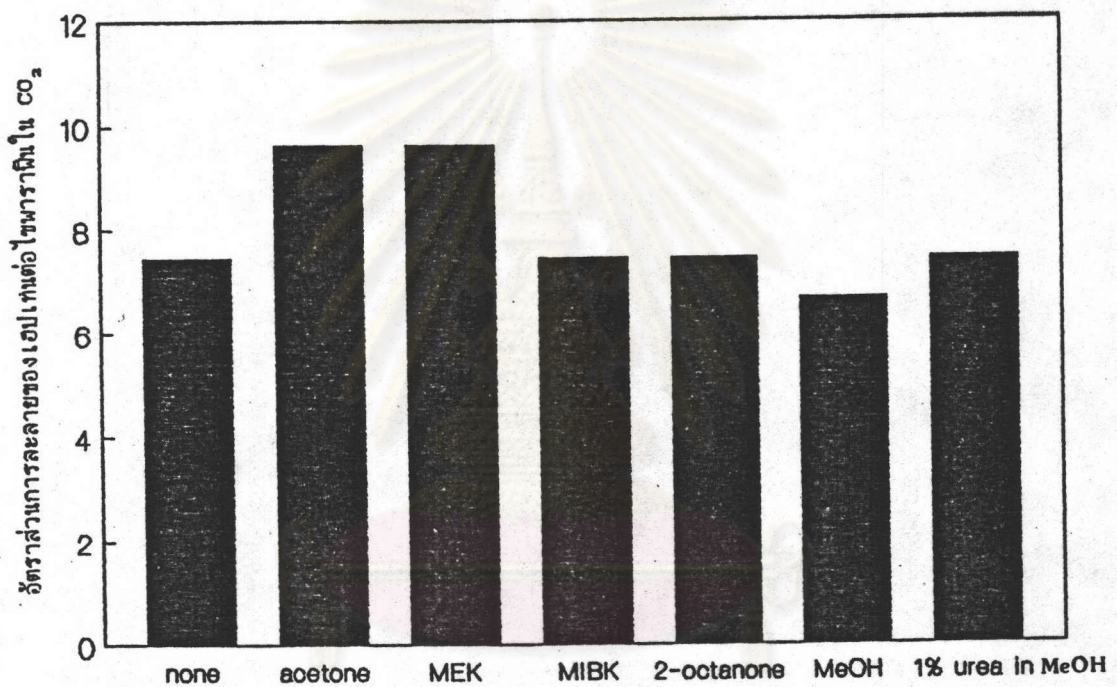


รูปที่ 6.17 เปรียบเทียบการละลายของไซพาราฟิน กับเฮปแทน ที่ความดัน 80 บาร์ และอุณหภูมิต่างๆ

จะเห็นว่า ที่อุณหภูมิห้อง อัตราส่วนการละลายของเฮปแทนต่อไซพาราฟิน ในคาร์บอนไดออกไซด์เป็น 7.5

ดังนั้น การละลายของไซพาราฟิน และเฮปแทนในคาร์บอนไดออกไซด์ ขึ้นกับอุณหภูมิ ความดัน และความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพของไหลภาวะวิกฤตเหมาะที่จะใช้เป็นตัวทำละลายได้ดียิ่ง โดยที่การละลายจะเพิ่มขึ้นในขณะที่ความดันและความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาถึงผลของตัวทำละลายร่วมต่อการละลายของเฮปแทน และไซพาราฟิน ในคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า เมื่อใช้อะซิโตน และเมทิลเอทิลคีโตน การละลายจะเพิ่มขึ้น เมทิลไอโซบิวทิลคีโตน 2-ออกตะโนน และสารละลาย 1 % ยูเรียในเมทานอล ไม่มีผลช่วยเพิ่มการละลาย และเมทานอล จะช่วยให้การละลายลดลง ดังแสดงในรูปที่ 6.18



รูปที่ 6.18 เปรียบเทียบการละลายของไซพาราฟินกับเฮปแทน โดยมีตัวทำละลายร่วมต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง และความดัน 80 บาร์

จะเห็นว่า อะซิโตน และเมทิลเอทิลคีโตน เหมาะที่จะใช้เป็นตัวทำละลายร่วมในการแยกไซพาราฟิน เพราะมีผลทำให้อัตราส่วนการละลายของเฮปแทนต่อไซพาราฟิน ในคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 7.5 เป็น 9.7