หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การวิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ผลของคุณสมบัติเบื้องต้นของไขปิโตรเลียมและน้ำมัน

พบว่าไขปิโตรเลียมที่นำมาทำการทดลองมีไขปนอยู่ร้อยละ 20.15 โดยน้ำหนัก เมื่อทำให้บริสุทธิ์มีจุดหลอมเหลว 56 °ซ มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.853 กรัมต่อซม.^{3} ที่ 25 °ซ จากผลการทดลองรูปที่ 4.1 ความหนืดคิเนมาติคของไขกับน้ำมันมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งความหนืดคิเนมาติคของน้ำมันจะลดลงเมื่อจุดไหลเทของน้ำมันมีค่าสูงขึ้น เป็นผลเนื่องมาจากปริมาณไขที่ปนอยู่ คือ ไขที่มีความหนืดคิเนมาติคต่ำเมื่อปนอยู่ในน้ำมันจะเปรียบเสมือนเป็นตัวทำละลายที่ทำให้น้ำมันเจือจางลง ความหนืดของน้ำมันจึงมีค่าต่ำลง (36)

5.2 ผลของอุณหภูมิกับการละลายไขในตัวทำละลายเมทิลเอทิลคีโตน

การทดลองหาอุณหภูมิของการละลายไข ปริมาณร้อยละ 0.06 ถึง 100 โดยน้ำหนักในตัวทำละลายเมทิลเอทิลคีโตน อุณหภูมิจะมีผลต่อการละลายไขในตัวทำละลาย กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการละลายของไขในตัวทำละลายจะสูงขึ้น ซึ่งแสดงในรูปของสมการ (A) (37)

$$\log W_2 = A \log(T-K_2) \qquad (A)$$

เมื่อ W_2 = กรัมของไขต่อ 100 กรัมของตัวทำละลาย

A = ค่าคงที่ที่ขึ้นกับชนิดไข

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K)

K_2 = ค่าคงที่ที่ขึ้นกับชนิดของตัวทำละลาย

จากผลการทดลองในรูปที่ 4.2 อุณหภูมิในช่วง 10 ถึง 40 °ซ ไขจะมีการละลายเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.06 เป็น 7.20 ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ แต่เมื่ออุณหภูมิสูงมากกว่า 40 °ซ ไขจะมีค่าการละลายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในขณะที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เนื่องมาจากไขที่มีจุดหลอมเหลวประมาณ 56 °ซ ประกอบด้วยนอร์มัลพาราฟินที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมตั้งแต่ C_{18} ถึง C_{34} (35) ซึ่งในช่วงอุณหภูมิ 40 ถึง 52.8 °ซ นอร์มัลพาราฟินที่มีค่าอะตอมตั้งแต่C_{24} ลงมาจะหลอมเหลวได้ ทำให้ค่าการละลายมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และเมื่อนำค่าการ

ละลายไขกับอุณหภูมิมาหาสมการการละลาย พบว่าสมการการละลายอยู่ในรูปสมการ exponential ดังนี้

ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 40 °ซ การละลายเป็นไปตามสมการ

$$C = 1.0086 \times 10^{-7} \exp(0.456T)$$

ในช่วงอุณหภูมิสูงกว่า 40 °ซ การละลายเป็นไปตามสมการ

$$C = 0.00906 \exp(0.166T)$$

เมื่อ T = อุณหภูมิการละลายของไขในตัวทำละลายเมทิลเอทิลคีโตน
C = กรัมของไขต่อ 100 กรัมของตัวทำละลาย

5.3 ผลของลำดับอุณหภูมิของการตกผลึกไขในตัวทำละลายเมทิลเอทิลคีโตนในช่วงอุณหภูมิ 40 ถึง -10 °ซ

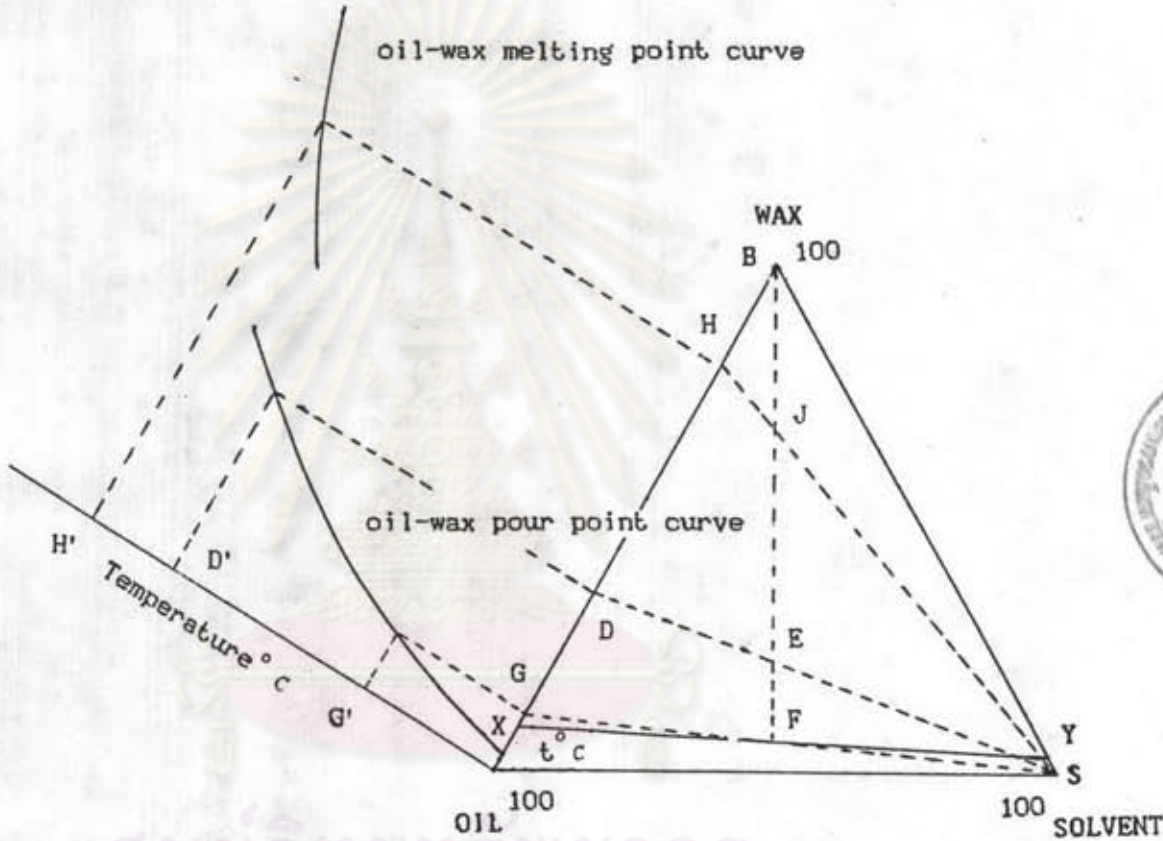
การศึกษาใช้ไขปริมาณ 250 กรัมหลอมละลายในตัวทำละลายเมทิลเอทิลคีโตน 500 กรัม จากนั้นนำมาตกผลึกไขและกรองที่อุณหภูมิ 40 °ซ ได้ผลิตภัณฑ์สองส่วนคือ เค้กของไข และสารละลายที่กรองได้ นำสารละลายที่กรองได้มาตกผลึกไขและกรองที่อุณหภูมิ 35, 30, 25, 20, 10, 0 และ -10 °ซ ตามลำดับ ส่วนเค้กของไขนำมาหาปริมาณไข ผลการทดลองดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 พบว่าเมื่อลดอุณหภูมิต่ำลงเรื่อยๆตามลำดับ ไขจะตกผลึกออกมาในปริมาณที่ต่างกันขึ้นอยู่กับค่าการละลายของไข ซึ่งปริมาณไขที่ตกผลึกออกมาที่อุณหภูมิ 40, 35, 30 และ 25 °ซ คิดเป็นร้อยละของไขเริ่มต้นเท่ากับ 37.27, 33.80, 17.07 และ 4.53 ตามลำดับ ซึ่งเป็นช่วงที่ไขตกผลึกในปริมาณสูง แต่ในช่วงอุณหภูมิ 20 ถึง -10 °ซ จะมีไขตกผลึกสะสมรวมคิดเป็นร้อยละ 11.92 ซึ่งการตกผลึกไขในช่วงอุณหภูมินี้พบว่า เมื่อตกผลึกไขที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 °ซ ไขจะมีของเหลวปนอยู่ในผลึกและผลึกมีขนาดเล็กทำให้กรองยาก แต่ที่อุณหภูมิสูงกว่า 25 °ซ ผลึกไขที่กรองได้จะมีลักษณะเป็นแบบเกล็ดซึ่งจะสามารถกรองได้ง่ายกว่า อุณหภูมิของการตกผลึกนี้จะนำไปใช้เป็นสภาวะของอุณหภูมิการตกผลึกไขและกรองในเครื่องกรองพลวัต แต่ในเครื่องกรองพลวัตไม่มีระบบหล่อเย็นขณะกรอง ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิของการตกผลึกที่ใกล้อุณหภูมิห้องคือ 25 °ซ เป็นอุณหภูมิของการตกผลึกและกรองผลึกไข ในเครื่องกรองพลวัต และจะนำอุณหภูมิที่อยู่

ใกล้เคียงกับ 25 °ซ มาศึกษาระบบสมดุลของไข น้ำมัน และตัวทำละลาย

5.4 ผลของระบบสมดุลของไข น้ำมัน และตัวทำละลายเมทิลเอทิลคีโตนที่อุณหภูมิ 30, 25 และ 20 °ซ

การศึกษาระบบสมดุลของไข น้ำมัน และตัวทำละลาย (38) มีสมมติฐานที่ว่าไขและน้ำมันต่างมีองค์ประกอบบริสุทธิ์ชนิดเดียว (single pure component) และสมดุลที่เกิดขึ้นจะแยกเป็นส่วนของเหลวซึ่งเป็นส่วนของตัวทำละลายที่มีน้ำมันและไขละลายปนอยู่ กับส่วนของของแข็งซึ่งเป็นส่วนของไขที่มีตัวทำละลายและน้ำมันละลายปนอยู่ ในระบบของการแยกไข (dewaxing) จากรูปที่ 5.1 เส้น XY เป็นเส้นแสดงสมดุลของการละลายของน้ำมัน ไขพาราฟินและตัวทำละลายที่อุณหภูมิ t °ซ ถ้าน้ำมันเริ่มต้นมีปริมาณไขในน้ำมันซึ่งแสดงอยู่ที่จุด D เมื่อผสมตัวทำละลายลงไปที่อัตราส่วนหนึ่ง อัตราส่วนผสมเริ่มต้น (R) จะอยู่บนเส้น DS แสดงโดยค่าของ DE/ES จากจุด E ซึ่งเป็นจุดที่แสดงถึงส่วนผสมเริ่มต้น เมื่อทำการลดอุณหภูมิให้ต่ำลงจนถึงอุณหภูมิของการแยกไข (dewaxing temperature) จุด E แยกเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นวัฏภาคของเหลวประกอบด้วยน้ำมัน และไขที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายแสดงอยู่บนเส้น XY ที่จุด F และส่วนของวัฏภาคของแข็งหรือไขจะอยู่บนเส้น tie-line ซึ่งเป็นเส้นที่ลากผ่านจุด FEB และอัตราส่วนของวัฏภาคของแข็งหรือไขต่อวัฏภาคของเหลวมีค่าเท่ากับ อัตราส่วนของ FE/EB แต่สำหรับเค้กที่ได้จากการกรองผลึกไขจะมีตัวทำละลายและน้ำมันปนอยู่ ทำให้วัฏภาคของแข็งไม่อยู่ที่จุด B แต่จะเปลี่ยนไปอยู่ที่จุด J โดยอัตราส่วนของ FE/EJ เป็นอัตราส่วนของเค้กต่อสารละลายที่กรองได้ที่จุด J กับ F สามารถหาปริมาณของสารละลายที่กรองได้และเค้กที่ไม่มีตัวทำละลายได้ โดยลากเส้น SJ และ SF ตัดกับเส้น O เปอร์เซนต์ตัวทำละลายที่จุด H กับ G ตามลำดับ ซึ่งอัตราส่วนของ GD/DH เป็นอัตราส่วนของเค้กที่ไม่มีตัวทำละลายกับน้ำมันที่แยกไข และที่จุด H กับ G สามารถหาจุดหลอมเหลวและจุดไหลเทของน้ำมันได้โดยการลากเส้นจากจุด H และ G ขนานกับแกนของอุณหภูมิไปตัดเส้นโค้งของจุดหลอมเหลวและจุดไหลเท ซึ่งจะทราบถึงจุดหลอมเหลวของไขที่แยกได้กับจุดไหลเทของน้ำมันที่แยกไข

การทดลองใช้ไขเริ่มต้นที่มีน้ำมันปนอยู่ร้อยละ 20.15 หลอมละลายในตัวทำละลายเมทิลเอทิลคีโตนในปริมาณร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 กรองแยกผลึกที่อุณหภูมิ 30, 25 และ 20 °ซ ตามลำดับ นำส่วนของสารละลายที่กรองได้และเค้กมาหาปริมาณตัวทำละลาย ไข และน้ำมัน ผลการทดลองแสดงดังรูป 4.5, 4.6 และ 4.7 ซึ่งทั้ง 3 อุณหภูมิจะมีแนวโน้มของเค้กของไขและสารละลายที่กรองได้คล้ายคลึงกัน ส่วนเส้นสมดุลของสารละลายที่กรองได้จะมีค่า



รูปที่ 5.1 แผนภูมิระบบสมดุล น้ำมัน ไข และตัวทำละลาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิของระบบของสมดุลสูงขึ้น แต่เมื่อพิจารณาถึงเส้น tie-line ซึ่งเป็นเส้นที่ลากผ่านจุดไบบริสุทธิ์ จุดเค้กของไข จุดส่วนผสมเริ่มต้น และจุดสารละลายที่กรองได้ในแต่ละส่วนผสม พบว่ามีบางจุดที่จุดของเค้กอยู่นอกเส้นของ tie-line เช่น ที่อุณหภูมิของการตกผลึก 25 °ซ ปริมาณไขในของผสมเริ่มต้นร้อยละ 40 พบว่าจุดของเค้กของไขเบี่ยงเบนไปจากค่าบนเส้น tie-line ซึ่งการเบี่ยงเบนของจุดของเค้กของไขมีผลเนื่องมาจากขณะทำการกรองแยกผลึกไขในส่วนของเค้กของไขตัวทำละลายมีการสูญเสียได้ง่ายโดยการระเหย ซึ่งจะทำให้ปริมาณตัวทำละลายมีค่าลดลง ปริมาณสัดส่วนตัวทำละลาย น้ำมัน และไขในของผสมจึงมีค่าเบี่ยงเบนไป

5.5 ผลของอัตราส่วนไขต่อตัวทำละลายเมทิลเอทิลคีโตนต่อการชะจัดน้ำมันในไข

ในการทดลองใช้ไขหลอมละลายในตัวทำละลายเมทิลเอทิลคีโตนในอัตราส่วน 1:4, 1:6, 1:8 และ 1:10 แล้วนำมาตกผลึกไขและกรองที่ 25 °ซ ซึ่งเป็นสภาวะที่ได้จากข้อ 4.3 โดยเครื่องกรอง Buchner funnel ที่ความดันของการกรอง 50 มม.ปรอท โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวยกรอง 11 เซนติเมตร ได้ส่วนของเค้กของไขกับสารละลายที่กรองได้ นำส่วนของเค้กของไขมากลั่นแยกตัวทำละลายแล้วนำไปหาปริมาณน้ำมันในไข จากผลการทดลองพบว่า เมื่ออัตราส่วนของตัวทำละลายสูงขึ้นปริมาณของน้ำมันในไขจะลดลง และจะลดลงค่อนข้างคงที่เมื่ออัตราส่วนไขต่อตัวทำละลายเป็น 1:8 และ 1:10 ซึ่งมีปริมาณน้ำมันในไขคิดเป็นปริมาณร้อยละ 3.44 และ 3.02 ปริมาณน้ำมันในไขมีค่าลดลงเป็นผลของความหนืดของของเหลวที่เปลี่ยนไป เนื่องจากปริมาณของตัวทำละลายที่เพิ่มขึ้นจะไปลดความหนืดของน้ำมันในไขทำให้ของเหลวไหลได้ดีขึ้น การละสมของน้ำมันในไขค่อนข้างคงที่ เนื่องจากปริมาณที่เพิ่มขึ้นของตัวทำละลายมีผลต่อ การลดความหนืดของของเหลวน้อย เพราะว่าอัตราส่วนของไขต่อตัวทำละลาย 1:8 และ 1:10 มีปริมาณตัวทำละลายมาก ความหนืดของของเหลวในของผสมจึงมีค่าใกล้เคียงกับความหนืดของตัวทำละลาย ดังนั้นปริมาณน้ำมันในไขจึงมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย สำหรับส่วนของสารละลายที่กรองได้ พบว่าอัตราการกรองเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนไขต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 ถึง 1:10 ส่วนหนึ่งมีผลเนื่องมาจากความหนืดของของเหลว และอีกส่วนหนึ่งมีผลจากปริมาณไขในของผสมลดลง ทำให้มีปริมาณของเหลวมากการกรองจึงกรองได้ง่าย ดังนั้นอัตราการกรองจึงเพิ่มขึ้น

5.6 ผลของการกรองพลวัตกับความเข้มข้นของ slurry ที่กรองได้

การทดลองเพื่อศึกษาถึงสภาวะการกรองพลวัตกับความเข้มข้นของ slurry ที่สามารถได้โดยอัตราส่วนไขต่อตัวทำละลาย 1:8 อุณหภูมิของการตกผลึกและกรองที่ 25 °ซ เครื่องกรองประกอบด้วยจำนวนเพลตกรอง 2 เพลต ความเร็วของใบกวน 85 รอบต่อนาที ความดันของการกรองเฉลี่ย 304 มม.ปรอท พบว่าอัตราการไหลของ slurry ที่ผ่านการกรองต่ออัตราการไหลรวมจะลดลงขณะที่ความเข้มข้นของ slurry ที่กรองได้มีปริมาณของตัวทำละลายต่อผลึกไขลดลงหรือความเข้มข้นของ slurry เพิ่มขึ้น และที่อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อไขเพิ่มขึ้นเป็น 2.1:1 ทำให้อัตราการไหลของ slurry ต่ออัตราการไหลรวมเป็น 0.063:1 สำหรับอัตราการไหลของ filtrate ต่ออัตราการไหลรวมจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนตัวทำละลายต่อไขมีค่าลดลง การไหลของ slurry ลดลงเมื่อปริมาณของแข็งหรือไขใน slurry สูงขึ้น มีผลทำให้คุณสมบัติของการไหลเปลี่ยนไป และผลึกไขเมื่อมีปริมาณมากก็จะทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานการไหลและการกรอง

5.7 ผลของความเร็วของใบกวนในเครื่องกรองพลวัต

ซึ่งความเร็วของใบกวนที่ศึกษามีความเร็ว 240 และ 85 รอบต่อนาที พบว่าอัตราการไหลของ slurry และสารละลายที่กรองได้กับอัตราส่วนของเหลวต่อไขมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งความเร็วของของใบกวนในช่วงที่ศึกษานี้มีค่าต่ำ ทำให้เค้กที่สะสมมีค่าใกล้เคียงกัน อัตราการไหลของ filtrate จึงมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งถ้าความเร็วของใบกวนของเครื่องกรองมีค่ามากจะทำให้อัตราการกรองเพิ่มมากขึ้น (27) ซึ่งความเร็วของใบกวนในเครื่องกรองที่ใช้นี้มีผลน้อยต่อการกรอง

5.8 ผลของอัตราการกรองในเครื่องกรองพลวัต

การทดลองใช้อัตราส่วนไขต่อตัวทำละลาย 1:8 อุณหภูมิของการละลาย 50 °ซ อุณหภูมิของการตกผลึกและกรองที่ 25 °ซ จำนวนเพลตกรอง 2 เพลต ความเร็วของใบกวนในเครื่องกรอง 85 รอบต่อนาที ความดันของการกรองเฉลี่ย 314 มม.ปรอท พบว่าอัตราการไหลของ slurry เฉลี่ยเป็น 69.05 กรัมต่อนาที ปริมาณของ filtrate เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น นำปริมาณสารที่กรองได้กับเวลามาแสดงค่าในรูปของ de/dv กับ v ดังรูปที่ 4.15 พบว่า

de/dv เพิ่มขึ้นอย่างสูงชันในปริมาณสารที่กรองได้ในช่วง 0-9 ซม. และมีความชันน้อยลง เมื่อปริมาณสารที่กรองได้เพิ่มขึ้นจาก 9 ซม. เป็นต้นไป ซึ่งค่าของ de/dv จึงมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และจะมีความชันน้อยลงในช่วงหลัง เนื่องจากเค้กที่เกิดขึ้นมีค่าคงที่เพราะใบกวนจะปาดเค้กส่วนเกินออก ดั้งนั้นการสะสมของเค้กจึงมีน้อย ทำให้อัตราการกรองมีค่าเกือบจะคงที่ หรือค่า de/dv มีความแตกต่างน้อย แต่จากผลการทดลองค่า de/dv มีค่าเบี่ยงเบนไปเนื่องจากผลของการไหลของ slurry ออกไปไม่สม่ำเสมอ ที่ความเข้มข้นคงที่ ทำให้ค่าของ de/dv มีค่าเปลี่ยนแปลงไป

5.9 ผลของจำนวนครั้งในการผ่านเครื่องกรองพลวัต

พบว่าไขที่ผ่านเครื่องกรอง 1 ครั้งปริมาณน้ำมันในไขจะลดลงเหลือร้อยละ 9.54 เมื่อผ่านครั้งที่ 2 ปริมาณน้ำมันในไขจะลดลงเหลือร้อยละ 5.71 เมื่อนำค่าปริมาณน้ำมันในไขกับจำนวนครั้งของไขที่ผ่านเครื่องกรองไปเขียนกราฟดังรูปที่ 4.16 ซึ่งสามารถทำนายค่าของจำนวนครั้งและปริมาณน้ำมันที่เหลืออยู่พบว่าปริมาณน้ำมันในไข (y) สัมพันธ์กับจำนวนครั้งของไขที่ผ่านเครื่องกรอง (x) ดังสมการ (B)

$$y = 19.38\, e^{(-0.63)x} \qquad \text{(B)}$$

เมื่อนำไขไปผ่านการชะจัดน้ำมันครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4 โดยมีสภาวะการทดลองเช่นเดิม จะมีปริมาณน้ำมันในไขลดลงเหลือ 2.93 และ 1.53 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย