บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

<u>การแยกไขออกจากน้ำมันด้วยตัวทำละลาย</u>

5.1 ในการทดลองหาสมบัติทางกายภาพของน้ำมันเตาใสหนักและน้ำมันเตาใสเบา พบว่าน้ำมันมีจุดไหลเทสูงมากแสดงว่ามีปริมาณไขในน้ำมันสูง ทำให้ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน จะต้องทำการแยกไขออกจากน้ำมันก่อนเพื่อลดจุดไหลเทของน้ำมันทั้งสองชนิดลง ในการทดลองจะทำการแยกไขออกจากน้ำมันด้วยตัวทำละลายก่อนที่จะนำน้ำมันไปศึกษาผลการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายเพื่อตัดปัญหาเกี่ยวกับลักษณะความหนืดสูงและการแข็งตัวของน้ำมันในช่วงการศึกษาการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายซึ่งเป็นอุปสรรค์ในการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของน้ำมัน

5.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมของตัวแปรต่าง ๆ ในการแยกไข

5.2.1 การศึกษาผลกระทบและหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำมันเตาใสหนักต่อตัวทำละลายผสม โดยใช้อุณหภูมิตกผลึกไขที่ -20 °ซ และใช้การตกผลึกไขครั้งเดียว ดังกราฟรูปที่ 4.1 และ 4.2 พบว่า อัตราส่วนของน้ำมันเตาใสหนักต่อตัวทำละลายผสม จะมีผลต่อจุดไหลเทของน้ำมันที่ผ่านการแยกไขเฉพาะในช่วงอัตราส่วนต่ำ เช่น ที่อัตราส่วน 1/2 จะให้จุดไหลเทของน้ำมันเท่ากับ 8 °ซ แต่ที่อัตราส่วน 1/3 จะให้จุดไหลเทเพียง 6 °ซ อีกทั้งยังมีผลต่อปริมาณของน้ำมันที่แยกไข แต่ถ้าเพิ่มอัตราส่วนมากกว่า 1/3 จะไม่มีผลต่อจุดไหลเทของน้ำมันที่ผ่านการแยกไขและมีผลเพียงเล็กน้อยต่อปริมาณน้ำมันที่แยกได้ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นผลมาจากการที่น้ำมันเตาใสหนักมีความหนืดสูง เมื่อใช้ตัวทำละลายเพิ่มขึ้นจะช่วยให้การตกผลึกของไขสะดวกขึ้น ผลึกไขมีขนาดใหญ่ขึ้นดูดซับน้ำมันไว้น้อย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ West (26) ที่ใช้กระบวนการแยกไขแบบ Dilchill เหมือนกันและ เช่นเดียวกับผลการทดลองของ นพพร แช่เตีย (36) ที่ใช้กระบวนการแยกไขด้วยตัวทำละลายคีโตนทั่วไป แต่ใช้อัตราส่วนที่เหมาะสมสูงมากถึง 1/9 ความแตกต่างของอัตราส่วนน้ำมันต่อตัวทำละลายที่เหมาะสมนี้เนื่องมาจากกระบวนการแยกไขแบบ Dilchill จะให้ผลึกไขที่มีขนาดใหญ่และสม่ำเสมอ มีการรวมตัวของผลึกไขแน่นทำให้มีการ

ดูดซับน้ำมันในก้อนไขน้อย ทำให้การแยกไขและการกรองไขทำได้ง่ายโดยไม่ต้องใช้ปริมาณตัวทำ-ละลายสูง จากการทดลองจะพบว่าอัตราส่วนของน้ำมันเตาใสหนักต่อตัวทำละลายผสมที่ 1/3 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม ถึงแม้ว่าปริมาณน้ำมันที่แยกไขแล้วจะต่ำแต่ไม่แตกต่างกันมากจึงเหมาะสมในแง่ของการประหยัดพลังงานความร้อนที่จะใช้ในการกลั่นแยกตัวทำละลายผสมออกจากน้ำมัน

5.2.2 การศึกษาผลกระทบและหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการตกผลึกไข โดยใช้อัตราส่วนน้ำมันเตาใสหนักต่อตัวทำละลายผสมเท่ากับ 1/3 และใช้การตกผลึกไขครั้งเดียว พบว่าเมื่ออุณหภูมิตกผลึกไขต่ำลงจะทำให้จุดไหลเทและปริมาณน้ำมันที่เหลือภายหลังการแยกไขต่ำลงดังกราฟรูปที่ 4.3 และ 4.4 เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากไขที่อยู่ในน้ำมันเตาใสหนักประกอบด้วยไขโมเลกุลขนาดต่าง ๆ มากมายซึ่งมีจุดหลอมเหลวและความสามารถในการละลายในตัวทำละลายต่าง ๆ กันไป เมื่อลดอุณหภูมิของของผสมลงไขที่มีน้ำหนักโมเลกุลและจุดหลอมเหลวสูงที่สุดจะตกผลึกออกมาก่อน จากนั้นพวกที่มีน้ำหนักโมเลกุลและจุดหลอมเหลวรองลงมาจะทยอยตกผลึกมาเรื่อย ๆ ถ้าอุณหภูมิยิ่งต่ำปริมาณไขที่ตกผลึกยิ่งมากขึ้น ซึ่งปริมาณผลึกไขที่ตกผลึกเพิ่มมากขึ้นจะทำให้จุดไหลเทและปริมาณของน้ำมันภายหลังการแยกไขลดต่ำลง ดังนั้นอุณหภูมิที่ -20 °ซ. จึงเป็นอุณหภูมิการตกผลึกไขที่เหมาะสม

5.2.3 การศึกษาผลกระทบและหาจำนวนครั้งของการตกผลึกไขที่เหมาะสม โดยใช้อัตราส่วนของน้ำมันเตาใสหนักต่อตัวทำละลายผสมเท่ากับ 1/3 โดยปริมาตร และใช้อุณหภูมิตกผลึกไขที่ -20 °ซ พบว่าจำนวนครั้งของการแยกไขจะมีผลต่อจุดไหลเทและปริมาณน้ำมันภายหลังการแยกไขเล็กน้อยดังกราฟรูปที่ 4.5 และ 4.6 ทั้งนี้เนื่องจากไขในน้ำเตาใสหนักที่สามารถตกผลึกที่อุณหภูมิตกผลึกนี้ถูกแยกออกจากน้ำมันได้เกือบสมบูรณ์แล้ว ดังนั้นเมื่อนำกลับมาตกผลึกไขที่อุณหภูมิเดิมจึงมีไขที่มีขนาดโมเลกุลและจุดหลอมเหลวที่สามารถตกผลึกที่อุณหภูมินี้ออกมาอีกเพียงเล็กน้อย และจะลดน้อยลงเมื่อทำการตกผลึกไขจำนวนครั้งมากขึ้น ดังนั้นการตกผลึกไขเพียงครั้งเดียวก็เหมาะสมในการตกผลึกไขด้วยกระบวนการแยกไขนี้

5.2.4 การศึกษาการแยกไขน้ำมันเตาใสหนักและน้ำมันเตาใสเบาด้วยตัวทำละลายผสมภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ อุณหภูมิตกผลึกไขที่ -20 °ซ อัตราส่วนน้ำมันต่อตัวทำละลายผสมเท่ากับ 1/3 โดยปริมาตร และทำการตกผลึกไขเพียงครั้งเดียวผลการทดลองดังตารางที่ 4.2 จะพบว่าจุดไหลเทของน้ำมันเตาใสหนักและน้ำมันเตาใสเบา จะลดลงจาก 33 และ 26 °ซ. เป็น 6 และ 11 °ซ.

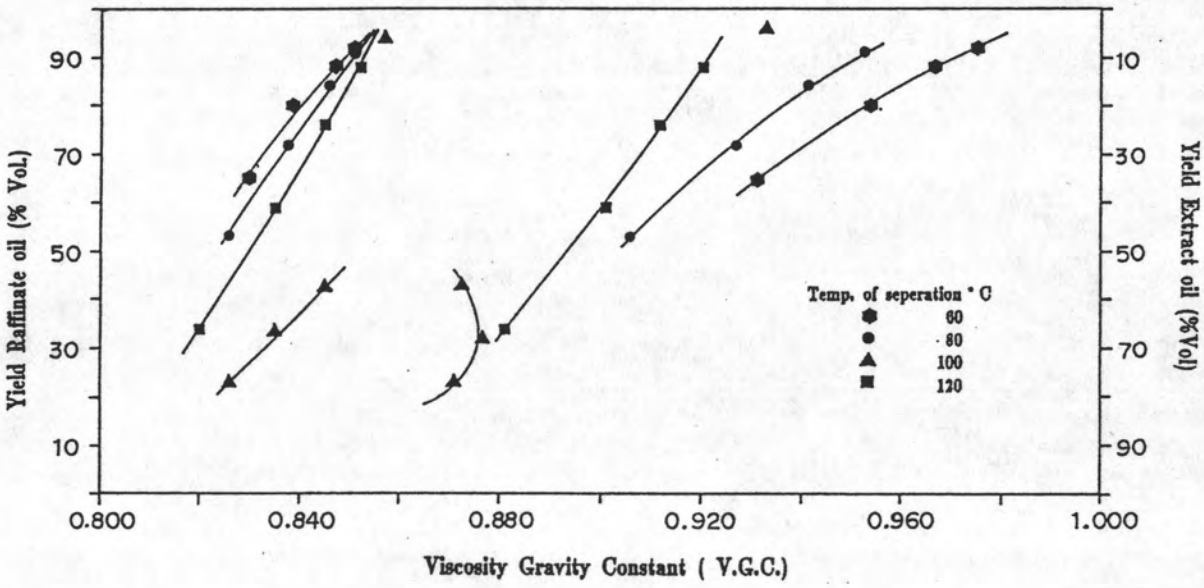
การสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย

5.3 ในการศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำมันเตาใสหนักและน้ำมันเตาใสเบา (หลังจากการแยกไข) ที่ใช้ในการศึกษาการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายดังตารางที่ 4.3 พบว่าภายใต้สภาวะการแยกไขที่เหมาะสม น้ำมันเตาใสหนักและน้ำมันเตาใสเบาที่จะใช้ในการศึกษาการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายนี้จะมีจุดไหลเท 9 และ 13 °ซ ตามลำดับ ในการพิจารณาสมบัติทางกายภาพของน้ำมันที่เปลี่ยนแปลงจากน้ำมันเริ่มต้น โดยการเปรียบเทียบตารางที่ 4.1 กับตารางที่ 4.3 พบว่า ความถ่วงจำเพาะและความหนืดของน้ำมันทั้งสองเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะไขที่ถูกแยกออกเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน พวกพาราฟิน ซึ่งมีลักษณะความถ่วงจำเพาะต่ำและความหนืดต่ำ ดังนั้นน้ำมันภายหลังการแยกไขจะมีเปอร์เซนต์ของสารประกอบพวกแนฟทีน และแอโรแมติกเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำมันมีความถ่วงจำเพาะและความหนืดสูงขึ้น แต่ดรรชนีความหนืดลดลงโดยที่จุดวาบไฟไม่เปลี่ยนแปลง น้ำมันเตาใสหนักและน้ำมันเตาใสเบานี้มีดรรชนีความหนืดเท่ากับ 58 และ 90 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานคุณภาพดีทั่วไปที่มีค่าดรรชนีความหนืดตั้งแต่ 96 ขึ้นไป อีกทั้งสีของน้ำมันมีสีดำเข้ม ทำให้น้ำมันดังกล่าวยังไม่เหมาะที่จะนำไปใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน จึงควรมีการปรับคุณภาพด้วยกระบวนการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายเพื่อเพิ่มค่าดรรชนีความหนืด ปรับสีของน้ำมัน และลดเปอร์เซนต์สารประกอบที่ถูกออกซิไดส์ หรือเพิ่มความต้านทานต่อการออกซิไดส์

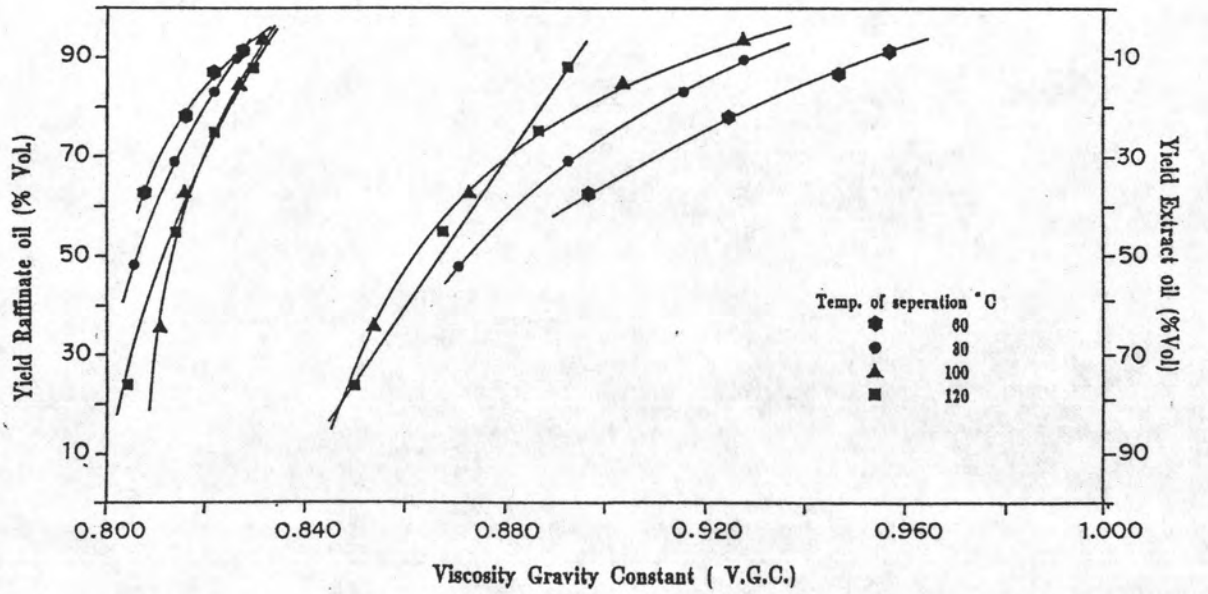
5.4 การศึกษาสมดุลของการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิ 60, 80, 100 และ 120 °ซ ในรูปแบบการสกัดแบบไม่ต่อเนื่องขั้นตอนเดียว รูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 เป็นแผนภาพสามเหลี่ยมแสดงสมดุลของการสกัดน้ำมันเตาใสหนักและน้ำมันเตาใสเบาด้วย furfural ที่อุณหภูมิ 60, 80, 100 และ 120 °ซ ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อสมดุลการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย โดยที่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นพื้นที่ใต้เส้นโค้งสมดุลจะลดลงและความชันของเส้นผูกก็จะลดลงเช่นกัน ลักษณะดังกล่าวแสดงว่าสมบัติในการเลือกละลาย (selectivity) ของตัวทำละลายจะลดลง ดังนั้นค่า V.G.C. ของน้ำมันในเฟสทั้งสองจะมีความแตกต่างกันน้อยลง ซึ่งสามารถยืนยันข้อสรุปดังกล่าวด้วยรูปที่ 5.1 และ รูปที่ 5.2 ซึ่งแสดงลักษณะการเลือกละลายของ furfural ที่อุณหภูมิต่าง ๆ สำหรับน้ำมันเตาใสหนักและน้ำมันเตาใสเบา ตามลำดับ

นอกจากอุณหภูมิแล้วชนิดของน้ำมันก็จะมีผลต่อสมดุลของการสกัด ดังนั้นรูปร่างของเส้นโค้งสมดุลจะขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมัน จากเส้นโค้งสมดุลเราสามารถหาค่า V.G.C. สูงสุดของน้ำมันใน



รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะการเลือกละลายของตัวทำละลาย furfural ที่อุณหภูมิต่าง ๆ สำหรับน้ำมันเตาใสหนัก



รูปที่ 5.2 แสดงลักษณะการเลือกละลายของตัวทำละลาย furfural ที่อุณหภูมิต่าง ๆ สำหรับน้ำมันเตาใสเบา

เฟสเอกซ์แทรคที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ โดยการลากเส้นสัมผัสกับเส้นโค้งสมดุลที่อุณหภูมินั้นมาตัดกับแกนค่า V.G.C. ส่วนค่า V.G.C. ของน้ำมันในเฟสราฟฟิเนตจะขึ้นอยู่กับความชันของเส้นผูกที่อุณหภูมิต่าง ๆ

5.5 การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย การใช้แผนภาพสามเหลี่ยมแสดงสมดุลนั้นจะต้องอาศัยข้อมูลหลายอย่างมาสร้าง ซึ่งถ้าจะพิจารณาตัวแปรหนึ่ง ๆ ที่มีผลต่อสมดุลด้วยแผนภาพสามเหลี่ยมดังกล่าวนั้นจะยุ่งยาก ดังนั้นเพื่อให้สะดวกในการพิจารณาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสมดุล จะพิจารณาตัวแปรหนึ่ง ๆ กับผลของสมดุลที่ได้และในการพิจารณาจุดเหมาะสมของตัวแปรเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการสกัดนั้น จุดเหมาะสมเหล่านี้จะต้องมีความเหมาะสมในด้านราคาการปฏิบัตินั้นเป็นหลัก แต่ความเหมาะสมในด้านราคาการปฏิบัตินั้นมีองค์ประกอบมากมายที่เกี่ยวข้อง แต่สิ่งที่เห็นเด่นชัดที่สุดคือปริมาณน้ำมันภายหลังการสกัด และสมบัติของน้ำมันภายหลังการสกัดหรือน้ำมันในเฟสราฟฟิเนต

5.5.1 การศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิการสกัดและปริมาณของตัวทำละลายต่อสมบัติของน้ำมันภายหลังการสกัด สมบัติของน้ำมันภายหลังการสกัดที่นำมาพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรได้แก่ ค่าดรรชนีความหนืด ค่า V.G.C. และ $\%C_A$ ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสมบัติเหล่านี้ได้แก่ อุณหภูมิการสกัด และปริมาณของตัวทำละลายที่ใช้ รูปที่ 4.9, 4.10 และ 4.11 แสดงผลกระทบของอุณหภูมิการสกัดและปริมาณของตัวทำละลายต่อค่า V.G.C. ค่าดรรชนีความหนืด และ $\%C_A$ ของน้ำมันเตาใสหนักภายหลังการสกัด ตามลำดับ รูปที่ 4.12, 4.13, และ 4.14 สำหรับน้ำมันเตาใสเบาภายหลังการสกัด ตามลำดับ พบว่าเมื่ออุณหภูมิการสกัดสูงขึ้น ค่า V.G.C. จะลดลง ค่า $\%C_A$ จะลดลงเช่นกัน แต่ค่าดรรชนีความหนืดจะเพิ่มขึ้น ผลเป็นเช่นเดียวกับการเพิ่มปริมาณตัวทำละลาย ยกเว้นที่อุณหภูมิการสกัดที่ 120 °ซ และปริมาณของตัวทำละลายต่ำทั้งนี้เพราะที่สภาวะดังกล่าวน้ำมันและตัวทำละลายมีการละลายซึ่งกันและกันมากทำให้ผลดังกล่าวมีการเบี่ยงเบนไปและอิทธิพลของปริมาณตัวทำละลายจะมีผลมากกว่าอิทธิพลของอุณหภูมิการสกัด นอกจากนี้ยังพบว่าอิทธิพลของอุณหภูมิการสกัดยังขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันด้วย คือมีอิทธิพลต่อน้ำมันเตาใสหนักมากกว่าน้ำมันเตาใสเบา อีกทั้งยังพบว่า อุณหภูมิของการสกัดและปริมาณของตัวทำละลายมีความเกี่ยวข้องกันคือสามารถเตรียมน้ำมันที่คุณภาพเช่นเดียวกัน โดยการเพิ่มอุณหภูมิการสกัดลดปริมาณตัวทำละลายหรือลดอุณหภูมิการสกัดเพิ่มปริมาณตัวทำละลาย

5.5.2 การศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิการสกัดและปริมาณของตัวทำละลายต่อปริมาณ

ของน้ำมันภายหลังการสกัด ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำมันภายหลังการสกัด ได้แก่อุณหภูมิการ-สกัด ปริมาณตัวทำละลาย และชนิดของน้ำมัน รูปที่ 4.15 และ 4.16 แสดงผลกระทบของอุณหภูมิการสกัดและปริมาณของตัวทำละลายต่อปริมาณของน้ำมันภายหลังการสกัดของน้ำมันเตาใสหนักและน้ำมันเตาใสเบา ตามลำดับ พบว่าปริมาณน้ำมันภายหลังการสกัดจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการสกัดและปริมาณตัวทำละลาย โดยที่อุณหภูมิการสกัดมากขึ้นปริมาณน้ำมันภายหลังการสกัดจะลดลง เช่นเดียวกับการเพิ่มปริมาณตัวทำละลาย ยกเว้นที่อุณหภูมิการสกัดที่ 120 °ซ และปริมาณตัวทำละลายต่ำ การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำมันภายหลังการสกัดเมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณตัวทำละลายที่อุณหภูมิการสกัดสูงจะมีมากกว่าที่อุณหภูมิการสกัดต่ำ ซึ่งแสดงว่าที่อุณหภูมิสูงตัวทำละลายมีความสามารถในการละลาย (solvent power) สูง รูปที่ 4.17 และ 4.18 แสดงผลกระทบของอุณหภูมิการสกัดต่อปริมาณน้ำมันภายหลังการสกัดโดยมีสมบัติของน้ำมันเข้ามาเกี่ยวข้อง พบว่าน้ำมันภายหลังการสกัดที่มีค่า V.G.C. หนึ่ง ๆ การสกัดที่อุณหภูมิต่ำจะได้ปริมาณน้ำมันภายหลังการสกัดมากกว่าที่อุณหภูมิการสกัดสูง ดังนั้นในการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายเพื่อให้ได้สมบัติตามต้องการหนึ่งการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายที่อุณหภูมิต่ำจะได้ปริมาณน้ำมันภายหลังการสกัดได้สูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิสูง

5.5.3 ผลกระทบของอุณหภูมิการสกัดและอัตราส่วนระหว่างน้ำมันกับตัวทำละลายที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย แสดงในรูปที่ 4.19 สำหรับน้ำมันเตาใสหนัก และรูปที่ 4.20 สำหรับน้ำมันเตาใสเบา พบว่าตัวแปรหลักที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายคืออัตราส่วนระหว่างน้ำมันต่อตัวทำละลายและอุณหภูมิของการสกัด ดังนั้นถ้าควบคุมปริมาณตัวทำละลายและอุณหภูมิของการสกัดแล้วจะได้น้ำมันภายหลังการสกัดที่มีปริมาณและสมบัติคงที่ แต่ถ้าลดอุณหภูมิการสกัดลงจะทำให้ได้ปริมาณของน้ำมันภายหลังการสกัดสูงขึ้นแต่สมบัติของน้ำมันต่ำลง ในที่นี้จะเห็นได้ว่าค่าดรรชนีความหนืดของน้ำมันลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณของสารที่ไม่ต้องการในน้ำมันถูกสกัดออกน้อยลง เช่นเดียวกันถ้าลดปริมาณตัวทำละลายลงโดยให้อุณหภูมิการสกัดคงที่จะได้น้ำมันภายหลังการสกัดมากขึ้น และสมบัติของน้ำมันต่ำลงเช่นกัน ในอีกทางหนึ่งถ้าเพิ่มปริมาณตัวทำละลายแต่ลดอุณหภูมิของการสกัดจะเป็นการควบคุมปริมาณน้ำมันภายหลังการสกัดแต่ได้น้ำมันที่มีคุณภาพดีขึ้น แต่ถ้าคงปริมาณตัวทำละลายให้คงที่แต่ลดอุณหภูมิการสกัดจะได้ปริมาณน้ำมันภายหลังการสกัดมากขึ้นแต่คุณภาพลดลง

จากความสัมพันธ์กันของปริมาณตัวทำละลายกับอุณหภูมิการสกัด ทำให้สามารถควบคุมคุณภาพของน้ำมันภายหลังการสกัดได้โดยเพิ่มอุณหภูมิการสกัดลดปริมาณตัวทำละลายหรือเพิ่มปริมาณตัวทำละลายลดอุณหภูมิการสกัด แต่ในทางปฏิบัติเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันภายหลังการสกัดมากและมี

สมบัติตามต้องการมักจะนิยมใช้ปริมาณตัวทำละลายมาก และอุณหภูมิการสกัดต่ำ

5.6 การสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายเป็นการแยกสารที่ไม่ต้องการ โดยเฉพาะสารไฮโดรคาร์บอนพวกแอโรมาติก ซึ่งจะทำให้น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานภายหลังการสกัดมีสมบัติเสถียรต่อการออกซิไดส์ดีขึ้น ในการพิจารณาสมบัติเสถียรต่อการออกซิไดส์ของน้ำมันในการวิเคราะห์ด้วยวิธี TG นั้นจะพิจารณาถึงเปอร์เซนต์สารประกอบที่ถูกออกซิไดส์ ดังนั้นองค์ประกอบของน้ำมันในรูป $\%C_A$ จะมีความสัมพันธ์และสามารถใช้เป็นปัจจัยในการพิจารณาสมบัติเสถียรต่อการออกซิไดส์ของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน ความสัมพันธ์แสดงได้ดังรูปที่ 4.21 และ 4.22 โดยที่ ความสัมพันธ์จะอยู่ในรูปของความสัมพันธ์เส้นตรงที่สามารถเขียนอยู่ในรูปสมการ $\%O.C. = 0.432\ \%C_A + 2.704$ และ $\%O.C. = 0.067\ \%C_A + 0.668$ สำหรับน้ำมันเตาใสหนักและน้ำมันเตาใสเบา ตามลำดับ