บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบหาปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน

4.1.1 ผลการศึกษาการทดสอบหาปริมาณน้ำ ที่มีอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน ที่มีสภาพปกติ (Appearance : Clear & Bright) โดยการสุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ตัวอย่างแล้วนำมาทดสอบหาปริมาณน้ำ ซึ่งผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.1 จะพบว่า ปริมาณของน้ำที่น้อยที่สุดที่พบในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน คือ 33.6 ppm และที่พบมากที่สุดคือ 79.6 ppm โดยเฉลี่ยแล้วน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่มีสภาพปกติจะมีปริมาณ 56.07 ppm

4.1.2 ผลการศึกษาการทดสอบหาปริมาณน้ำที่มีอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่มีสภาพไม่ปกติ (Appearance : Hazy) โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 10 ตัวอย่างแล้วนำมาทดสอบหาปริมาณน้ำ ซึ่งผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณของน้ำที่น้อยที่สุดที่พบในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน คือ 478 ppm และที่พบมากที่สุดคือ 3010 ppm โดยเฉลี่ยแล้วน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่มีสภาพไม่ปกติจะมีปริมาณน้ำประมาณ 1363.6 ppm

4.2 ผลการทดสอบเพื่อหาตัวทำละลายที่จะนำมาใช้ในการทำวิจัย

โดยการศึกษาจากความสามารถในการละลายน้ำที่ดีของสาร แต่ไม่ละลายในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน การทดสอบโดยใช้ปริมาณของตัวทำละลาย:น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่มีน้ำปนอยู่ในอัตราส่วน 1:1 เขย่าให้เข้ากันนาน 10 นาที แล้วนำเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกสารที่ความเร็ว 300 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำส่วนของน้ำมันมาทดสอบหาปริมาณน้ำผลการทดสอบดังแสดงในตาราง4.3 ซึ่งจากข้อ

มูลที่ได้พบว่า Polyethylene Glycol (PEG) มีความสามารถในการละลายน้ำได้สูงสุด แต่ PEG ที่ใช้ในการทดสอบก็มีอยู่หลายตัวเช่นเดียวกัน แต่เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของน้ำที่ทดสอบในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่มีสภาพปกติ (56.07 ppm) พบว่า PEG 300 จะให้ผลที่ออกมาใกล้เคียงกันกับค่าเฉลี่ยที่ได้ดังนั้นจึงได้เลือกเอา PEG 300 เป็นตัวทำละลายที่จะนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้อีกทั้งเป็นสารที่นิยมใช้กันในทางอุตสาหกรรม ทำให้การจัดซื้อทำได้ไม่ยากนัก และราคาก็ไม่สูงจนเกินไป สำหรับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้เป็นตัวอย่างในการทดลองมีปริมาณน้ำ 15,558 ppm

ตารางที่ 4.1 การทดสอบหาปริมาณน้ำที่มีอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่มีสภาพปกติ (Appearance: clear&bright)

sample	water(ppm)
1.	35.3
2.	43.9
3.	59.6
4.	33.6
5.	65.1
6.	79.6
7.	53.3
8.	71.8
9.	71.0
10.	47.5
min	33.6
max	79.6
avg	56.07

ตารางที่ 4.2 การทดสอบหาปริมาณน้ำที่มีอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่มีสภาพไม่ปกติ (Appearance: Hazy)

sample	water(ppm)
1.	682
2.	977
3.	478
4.	569
5.	1507
6.	3010
7.	482
8.	2190
9.	1280
10.	2461
min	478
max	3010
avg	1363.6

ตารางที่ 4.3 การทดสอบความสามารถในการละลายน้ำในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน ของตัวทำละลายชนิดต่างๆ

sample	water(ppm)
1.Base oil+acetone	460
2.Base oil+NaCl	3109
3.Base oil+Ethyl Alc	3472
4.Base oil+Acetic acid	788
5.Base oil+Teric GN10	64.9
6.Base oil+Teric PE61	75.2
7.Base oil+Teric PE64	180
8.Base oil+Teric PE304	460
9.Base oil+PEG200	102
10.Base oil+PEG300	54.1
11.Base oil+PEG400	45.1
12.Base oil+PEG600	21.3
min	21.3
max	3474

4.3 ผลการทดสอบการตกค้างของตัวทำละลายในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน

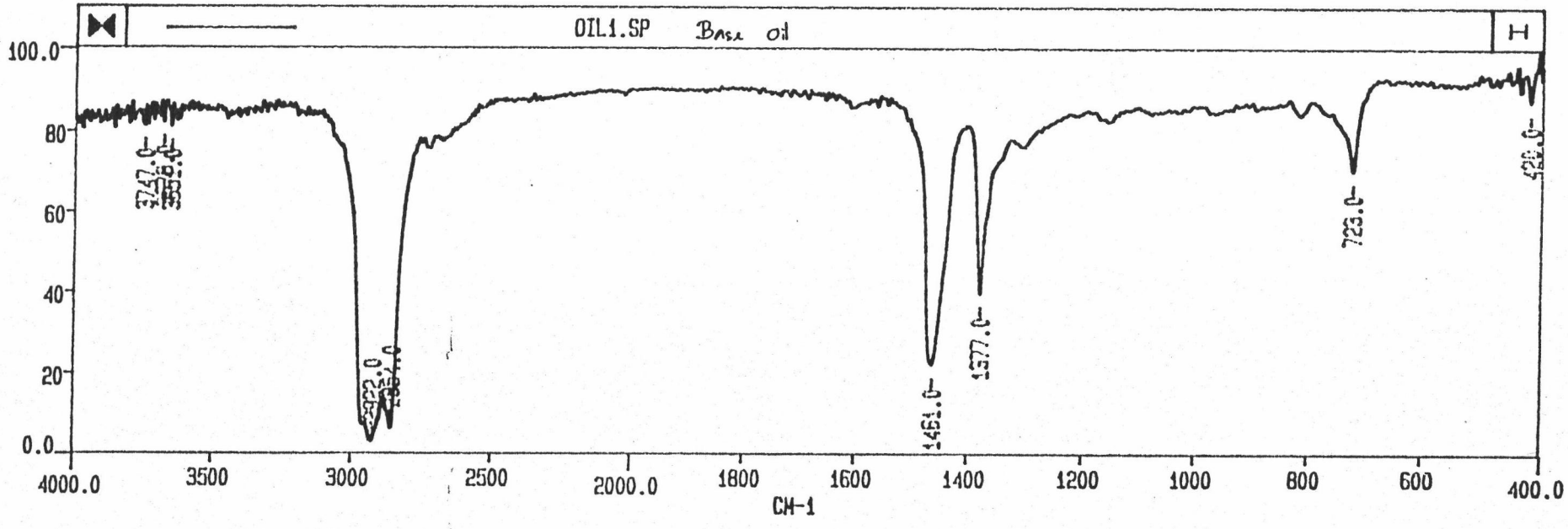
จากผลการศึกษาถึงการตกค้างของตัวทำละลายในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานหลังจากที่ผ่านการสกัดแยกน้ำออกแล้ว ทำได้โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบโครงสร้างของสารในช่วงความยาวคลื่น 4000 - 400 nm โดยใช้เครื่องมือทดสอบที่เรียกว่า (Infrared Spectrophotometer) ของ JASCO MODEL IR 810 โดยการเปรียบเทียบองค์ประกอบโครงสร้างของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่มีสภาพปกติ, ตัวทำละลาย Polyethylene glycol 300 และน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ผ่านการสกัดแยกน้ำออกแล้ว ผลการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4.1,4.2 และ 4.3

เมื่อเปรียบเทียบ Peak ในรูปที่ 4.1 และ 4.2 ซึ่งเป็น Peak ของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่มีสภาพปกติ กับ Peak ของ PEG 300 พบว่าจะมีความแตกต่างกันในทุกช่วงความยาวคลื่น ซึ่งความแตกต่างกันนี้สังเกตุได้อย่างชัดเจนและเมื่อทำการเปรียบเทียบ Peak ในรูปที่ 4.1 และ 4.3 พบว่า เส้น Peak และตำแหน่งที่เกิด Peak นั้น จะเหมือนกันไม่แตกต่าง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ผ่านการสกัดแยกน้ำออกแล้วจะไม่มีส่วนของตัวทำละลาย PEG 300 เหลือตกค้างอยู่เลย นั่นคือ PEG 300 จะละลายได้ดีเฉพาะกับน้ำส่วนกับน้ำมันแล้วจะไม่ละลาย

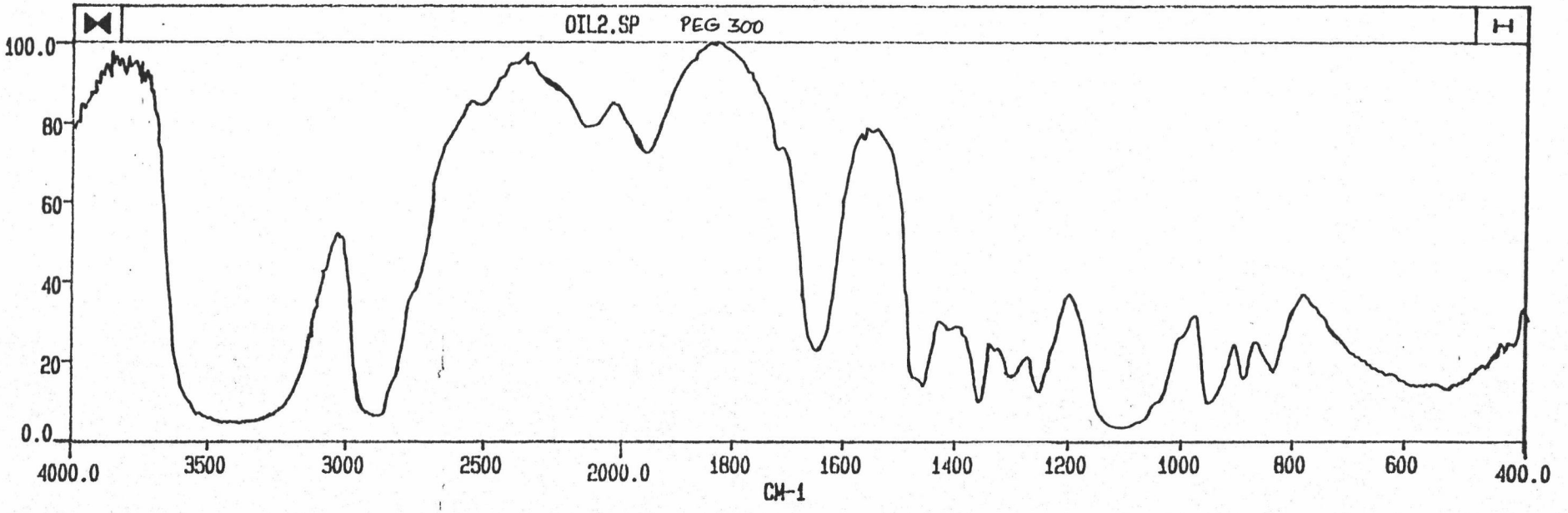
4.4 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของตัวแปรต่างๆ

4.4.1เมื่อกำหนดให้อัตราการไหลของตัวทำละลายคงที่ และน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานตัวอย่างมีปริมาณน้ำ 3578 ppm

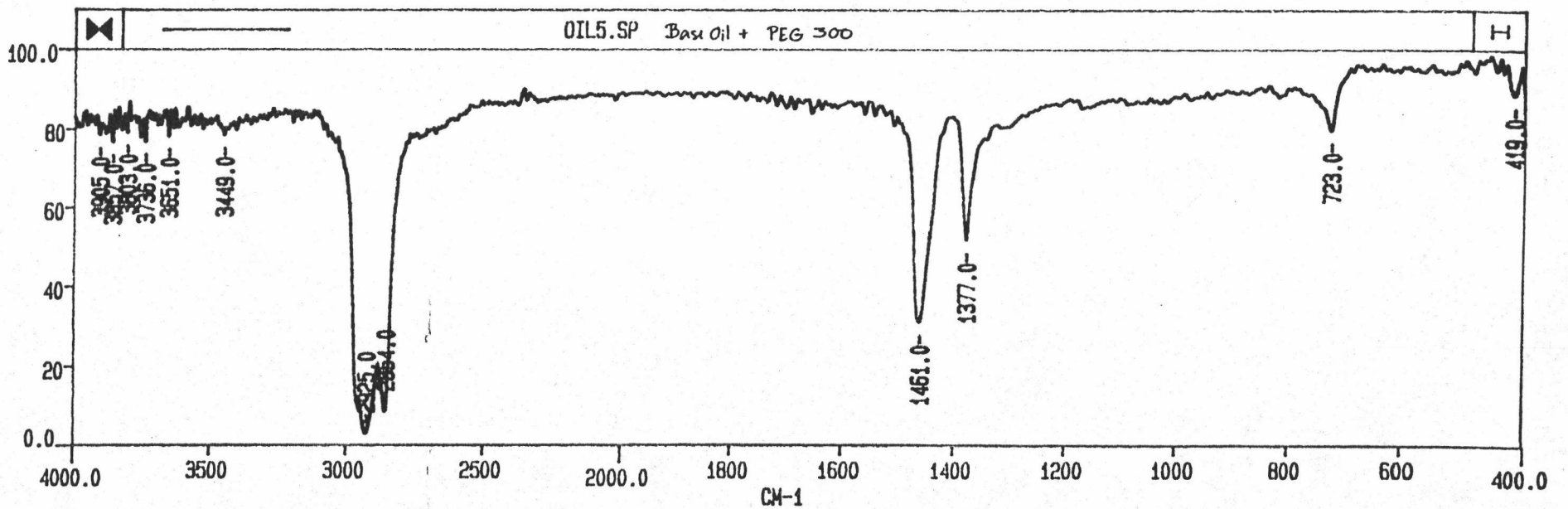
4.4.1.1 ผลการศึกษาถึงเวลาที่เปลี่ยนแปลงจะมีผลอย่างไร ต่อปริมาณน้ำที่วัดได้โดยการเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานหลังจากที่ออกจากคอลัมน์แล้วทุกๆ 10 นาทีแล้วนำไปทดสอบหาปริมาณน้ำโดยทำการศึกษาทุกอัตราการไหลของตัวทำละลาย:อัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานตัวอย่าง คือ 1:1,1:2,1:3,1:4 และ 1:5 และทุกช่วงความเร็วของมอเตอร์ คือ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบ/นาที ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ ก.1- ก.5 และจากกราฟในรูปที่



รูปที่ 4.1 อินฟาเรดสเปกตรัมของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่มีสภาพปกติ



รูปที่ 4.2 อินฟาเรดสเปกตรัมของตัวทำละลาย PEG 300



รูปที่ 4.3 อินฟาเรดสเปกตรัมของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ผ่านกระบวนการแยกน้ำ
ด้วยตัวทำละลาย PEG 300

ก.1-ก.5 ซึ่งจากข้อมูลที่ได้พบว่า แต่ละอัตราเร็วในการไหลค่าเดียวกัน เมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้นปริมาณน้ำที่วัดได้ก็จะยังคงไม่แตกต่างกัน คือจะมีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่าเวลาที่เพิ่มมากขึ้นเช่นนี้ จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของน้ำที่ทดสอบได้ ทั้งนี้เพราะเวลาที่ตัวอย่างแต่ละโมเลกุลที่อยู่ภายในคอลัมน์และเกิดปฏิกิริยาเกิดการถ่ายเทมวลสาร จะใช้เวลาที่ใกล้เคียงกันทั้งหมด ดังนั้นการเก็บตัวอย่างที่เวลาต่างๆ กันหลังจากที่น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานผ่านการสกัดแยกน้ำแล้ว จะไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของน้ำที่ได้จากการทดสอบ

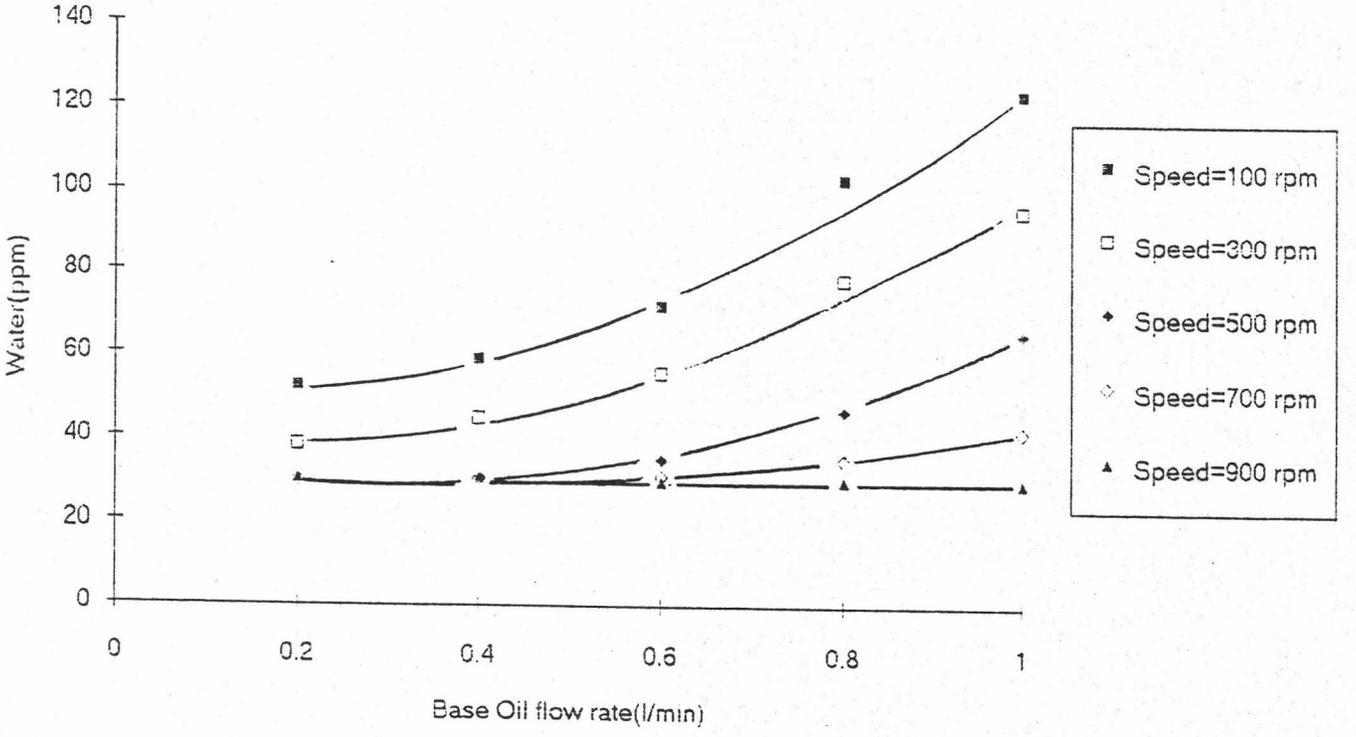
แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน หรือความเร็วมอเตอร์จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของน้ำที่วัดได้ทั้งนี้เพราะเวลาที่ใช้ในการสัมผัสกันของสารจะเพิ่มมากขึ้น ปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้น มีพื้นที่สัมผัสกันของสารมากขึ้นเกิดการถ่ายเทมวลสารมากขึ้น และระบบจะปรับตัวเข้าสู่สภาวะสมดุลในที่สุด เมื่อถึงสภาวะสมดุลแล้วการเพิ่มความเร็วมอเตอร์ให้สูงขึ้นอีก จะไม่ทำให้สมดุลของระบบเปลี่ยนแปลงไป

4.4.1.2 ผลการศึกษาอัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่เปลี่ยนไปจะมีผลอย่างไรต่อปริมาณน้ำที่ทดสอบได้ในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานตัวอย่าง โดยที่มีอัตราการไหลเป็น 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 และ 1:5 ที่ความเร็วมอเตอร์ 100,300, 500,700 และ 900 รอบ/นาที ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ ก1 - ก5 และในกราฟรูปที่ 4.4 และ 4.5

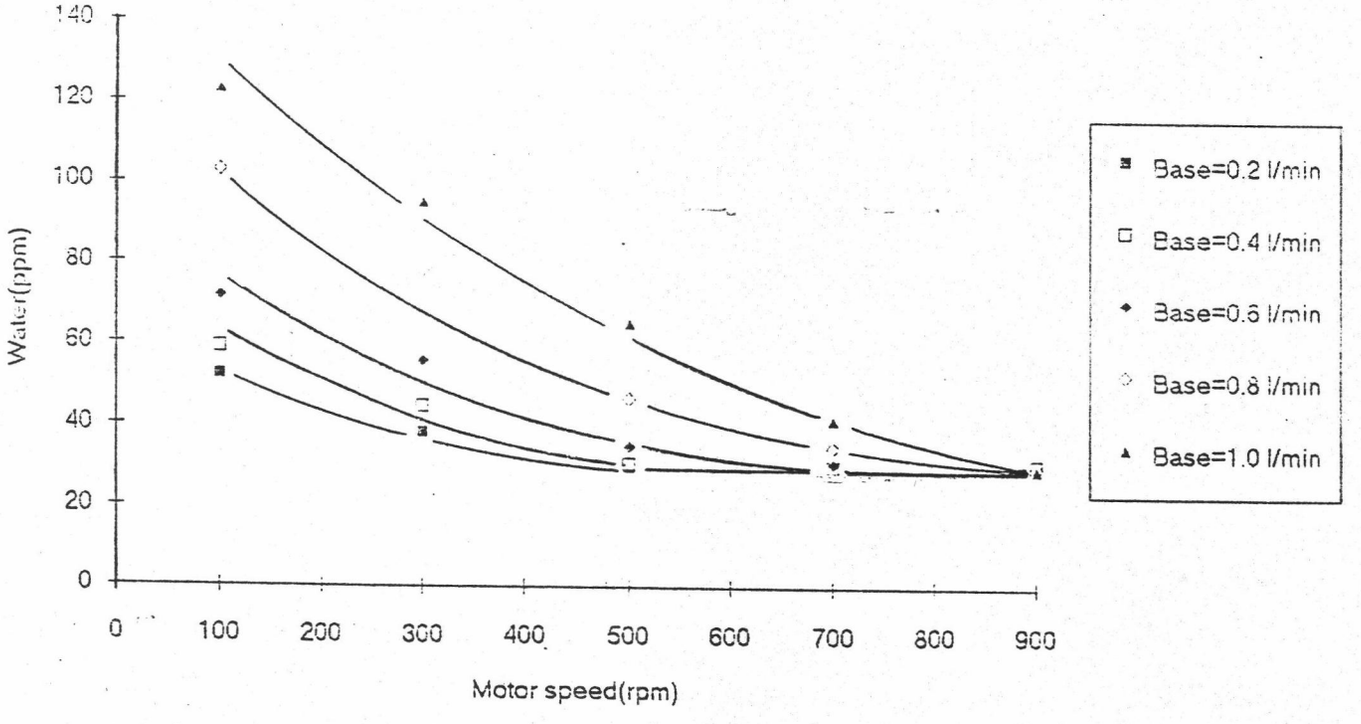
จากข้อมูลการทดลองที่ได้พบว่า เมื่ออัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานสูงขึ้นจะมีปริมาณน้ำในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานตัวอย่างสูงมากขึ้นด้วยเช่นกัน ดังจะเห็นได้จากรูปกราฟเมื่ออัตราการไหลของสารเป็น1:1จะพบว่า มีปริมาณน้ำอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานต่ำที่สุดและที่อัตราการไหล 1:5 จะมีปริมาณน้ำสูงที่สุด แต่เมื่อเพิ่มความเร็วมอเตอร์ให้สูงขึ้นจะพบว่าปริมาณน้ำที่ทดสอบได้นั้นจะลดลง จนกระทั่งถึงความเร็วค่าหนึ่งปริมาณน้ำจะลดลงจนต่ำที่สุดและจะไม่ลดลงไปอีก แม้จะมีการเพิ่มความเร็วมอเตอร์ให้สูงมากขึ้นอีกก็ตาม ปริมาณน้ำที่วัดได้จะมีค่าคงที่อยู่ประมาณ 30 ppm. ทั้งนี้เพราะปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นและการถ่ายเทมวลสารเข้าสู่สภาวะสมดุลแล้วนั่นเอง

จากกราฟรูปที่ 4.4 และ 4.5 จะเห็นว่าที่อัตราการไหล 1:2 ความเร็วมอเตอร์ 500 รอบ/นาที จะเป็นสภาวะแรกเริ่มที่ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลโดยมีปริ

มาณน้ำที่ทดสอบได้ประมาณ 30 ppm



รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณของน้ำกับอัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานเมื่อให้อัตราการไหลของตัวทำละลายคงที่ 0.2l/min



รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณของน้ำกับความเร็วมอเตอร์ เมื่อให้อัตราการไหลของตัวทำละลายคงที่ 0.2 l/min

4.4.2เมื่อกำหนดให้อัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานคงที่ และน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานตัวอย่างมีปริมาณน้ำ 3578 ppm

4.4.2.1 ผลการศึกษาถึงเวลาที่เปลี่ยนแปลงจะมีผลอย่างไร ต่อปริมาณน้ำที่วัดได้โดยการเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานหลังจากที่ออกจากคอลัมน์แล้วทุกๆ 10 นาทีแล้วนำไปทดสอบหาปริมาณน้ำโดยทำการศึกษาทุกอัตราการไหลของตัวทำละลาย :อัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานตัวอย่าง คือ 1:1,2:1,3:1,4:1 และ 5:1 และที่ทุกช่วงความเร็วของมอเตอร์ คือ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบ/นาที ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ ก.6-ก.10 และจากกราฟในรูปที่ ก.6 -ก.10 ซึ่งจากข้องมูลที่ได้พบว่าแต่ละอัตราการไหลของสารค่าเดียวกัน เมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้นปริมาณน้ำที่วัดได้ก็จะยังคงไม่แตกต่างกัน คือจะมีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่าเวลาที่เพิ่มมากขึ้นเช่นนี้ จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของน้ำที่ทดสอบได้ ทั้งนี้เพราะเวลาที่ตัวอย่างแต่ละโมเลกุลอยู่ภายในคอลัมน์และเกิดปฏิกิริยา เกิดการถ่ายเทมวลสารจะใช้เวลาที่ใกล้เคียงกันทั้งหมด ดังนั้นการเก็บตัวอย่างที่เวลาต่างๆ กัน หลังจากที่น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานผ่านการสกัดแยกน้ำแล้วจะไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของน้ำที่ได้จากการทดสอบ

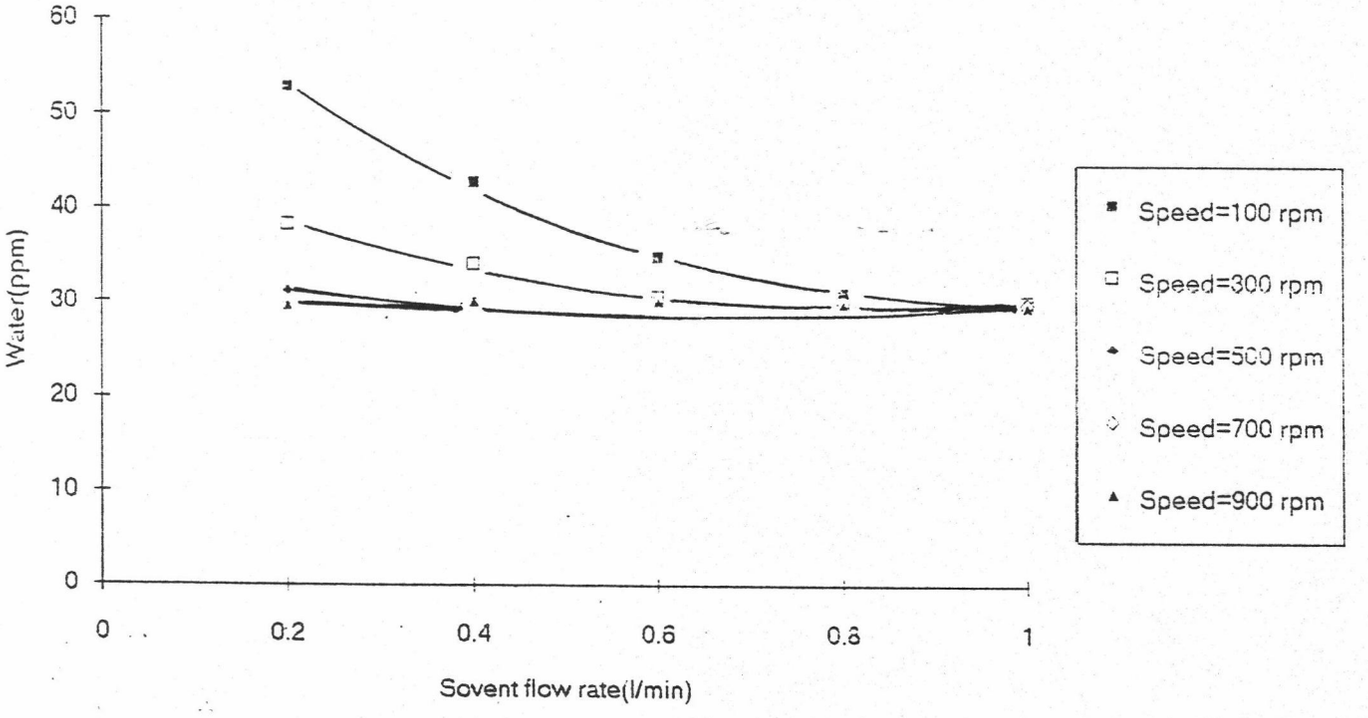
แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของตัวทำละลาย หรือความเร็วมอเตอร์จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของน้ำที่วัดได้ทั้งนี้ เพราะเวลาที่ใช้ในการสัมผัสกันของสารจะเพิ่มมากขึ้น ปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้น มีพื้นที่สัมผัสกันของสารมากขึ้น เกิดการถ่ายเทมวลสารมากขึ้น และระบบจะปรับตัวเข้าสู่สภาวะสมดุลในที่สุด เมื่อถึงสภาวะสมดุลแล้วการเพิ่มความเร็วมอเตอร์ให้สูงขึ้นอีก จะไม่ทำให้สมดุลของระบบเปลี่ยนแปลงไป

4.4.2.2 ผลการศึกษาอัตราการไหลของตัวทำละลายที่เปลี่ยนไปจะมีผลอย่างไรต่อปริมาณน้ำที่ทดสอบได้ในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานตัวอย่างโดยที่มีอัตราการไหลของตัวทำละลาย : อัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน เป็น 1:1, 2:1, 3:1, 4:1 และ 5:1 ที่ความเร็วมอเตอร์ 100, 300, 500,700 และ 900 รอบ/นาที ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ ก.6 - ก.10 และในกราฟรูปที่ 4.6 และ 4.7

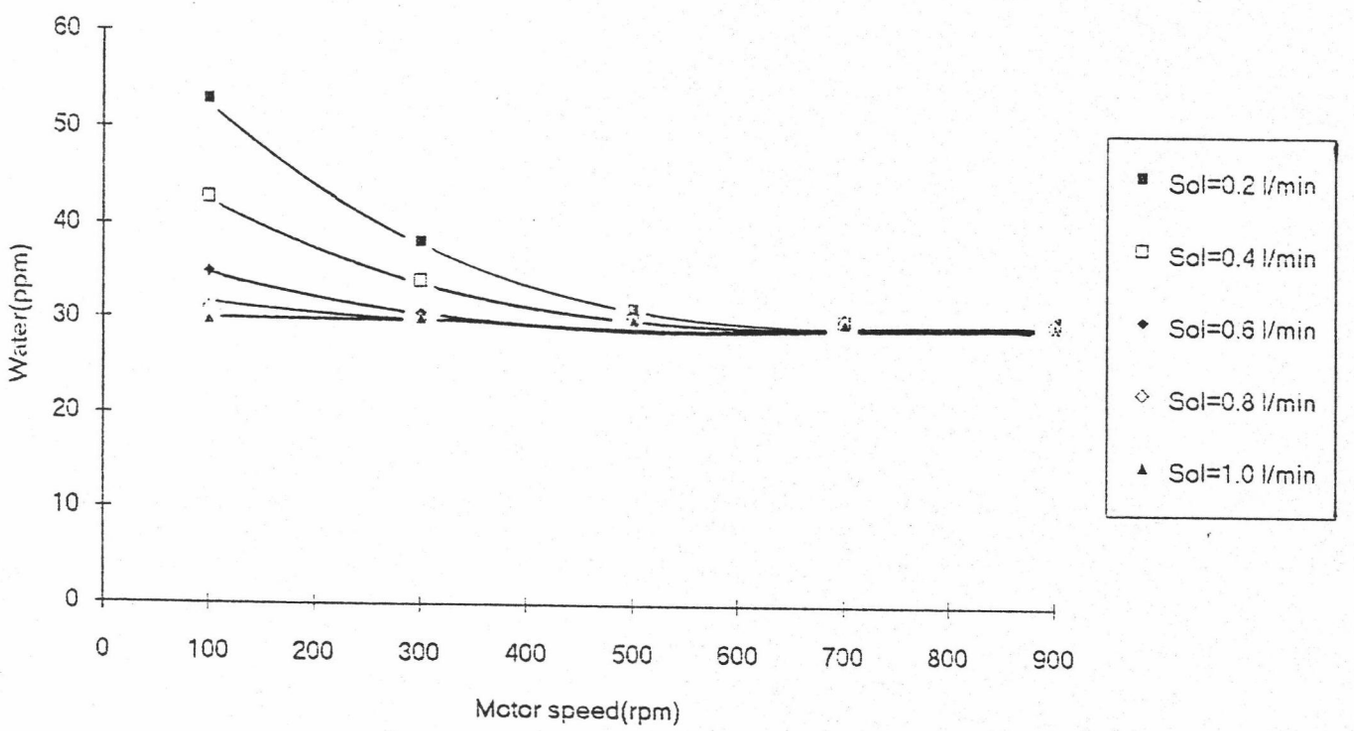
จากข้อมูลการทดลองที่ได้พบว่า เมื่ออัตราการไหลของตัวทำละลายสูง

ขึ้นจะมีปริมาณน้ำในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานตัวอย่างลดลงดังจะเห็นได้จากรูปกราฟ เมื่ออัตราการไหลของสารเป็น 1:1 จะพบว่า มีปริมาณน้ำอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานสูงที่สุดและที่อัตราการไหล 5:1 จะมีปริมาณน้ำต่ำที่สุด และเมื่อเพิ่มความเร็วมอเตอร์ให้สูงขึ้นจะพบว่าปริมาณน้ำที่ทดสอบได้นั้นจะลดลงมากยิ่งขึ้น จนกระทั่งถึงความเร็วค่าหนึ่งปริมาณน้ำจะลดลงจนต่ำที่สุดและจะไม่ลดลงไปอีก แม้จะมีการเพิ่มความเร็วมอเตอร์ให้สูงมากขึ้นอีกก็ตาม โดยปริมาณน้ำที่วัดได้จะมีค่าคงที่อยู่ประมาณ 30 ppm ทั้งนี้เพราะปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นและการถ่ายเทมวลสารเข้าสู่สภาวะสมดุลแล้วนั่นเอง

จากกราฟรูปที่4.6 และ4.7 จะเห็นว่าที่เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของตัวทำละลายให้มากขึ้น ระบบก็จะปรับตัวเพื่อให้เข้าสู่สภาวะสมดุลได้ดีขึ้น และเมื่อเพิ่มอัตราเร็วมอเตอร์ให้มากขึ้น ก็จะยิ่งทำให้ระบบปรับตัวเข้าสู่สภาวะสมดุลได้เร็วยิ่งขึ้น แต่เมื่อระบบอยู่ที่สภาวะสมดุลแล้วถึงแม้จะมีการเพิ่มอัตราการไหลของตัวทำละลายให้สูงขึ้นหรือเพิ่มความเร็วมอเตอร์ให้สูงขึ้น ก็จะไม่ทำให้สภาวะสมดุลของระบบนั้นเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณของน้ำกับอัตราการไหลของตัวทำละลายเมื่อให้อัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานคงที่ 0.2l/min



รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณของน้ำกับความเร็วมอเตอร์ เมื่อให้อัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานคงที่ 0.2 l/min