

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลองและวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์ของน้ำมันที่แยกสกัดได้และ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล

5.1 ผลการทดลองวิจัยแยกสกัดน้ำมัน เมล็ดยางพาราใน soxhlet apparatus

5.1.1 เพื่อหาปริมาณน้ำมันทั้งหมด (oil content) ใช้เป็นวิธีการตรวจสอบหาปริมาณ
น้ำมันของเมล็ดยางพาราก่อนทำการแยกสกัดในถังกวน (ปริมาณน้ำมันทั้งหมดใน เมล็ด)

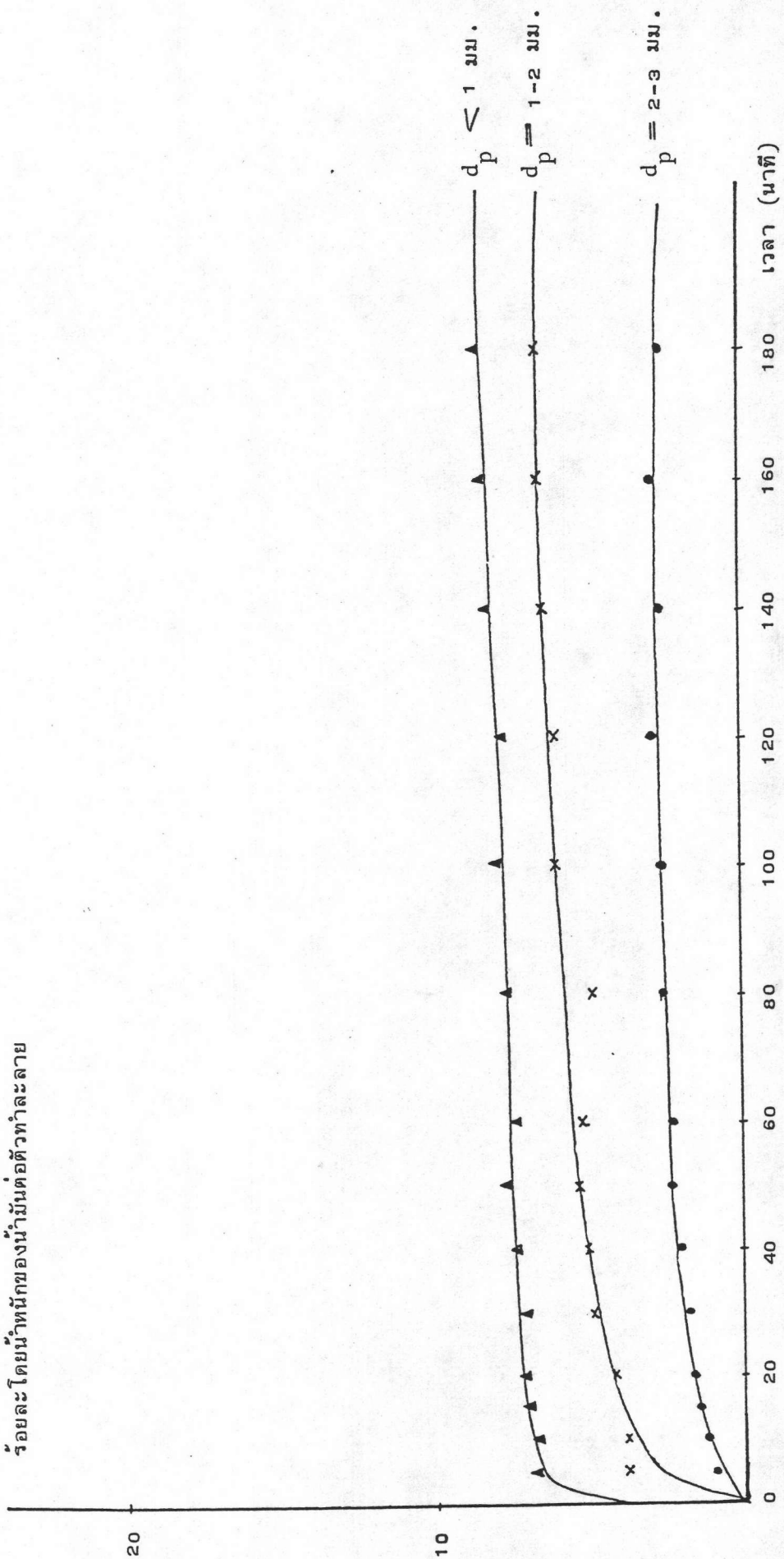
5.1.2 เพื่อหาปริมาณน้ำมันที่เหลือในกาก หลังจากการแยกสกัดโดยใช้ถังกวน จะนำ
เอากากมาตรวจสอบหาปริมาณน้ำมันที่เหลือในกาก

5.2 ความเร็วรอบของใบพัดที่ใช้ในการผสมในถังกวนดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงความเร็วรอบต่ำสุดที่ใช้

ขนาด (มม.)	น้ำหนัก เมล็ดยางพารา (กรัม)				ความเร็วของใบพัด ต่ำสุด (รอบ/นาที)
	S/L=1:3.0	S/L= 1:4.4	S/L=1:5.0	S/L=1:5.5	
1	592.2	438.6	396.4	361.6	700
1-2	592.2	438.6	396.4	361.6	700
2-3	592.2	438.6	396.4	361.6	1135

ร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำมันต่อตัวทำละลาย



รูปที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำมันต่อตัวทำละลายกับเวลา โดยใช้เมล็ดยางพาราขนาดต่างกัน

ที่ความเร็วใบพัด 1860 รอบ/นาที. S/L=1:5.5

เมล็ดขนาด 2-3 มม. เมื่อใช้ความเร็วรอบต่ำสุดคือ 700 รอบ/นาที แล้วเกิดการผสมไม่ดี คือเมล็ดขนาดบางส่วนจะนอนอยู่กันถึงกวน

สำหรับความเร็ว 1080 และ 1860 รอบ/นาที จะเป็นความเร็วที่ใช้ในการผสมได้ดีสำหรับเมล็ดขนาดทั้งสามขนาด คือ ขนาด < 1 มม., 1-2 มม. และ 2-3 มม. แต่ความเร็ว 1860 รอบ/นาที เป็นความเร็วสูงสุดที่ใช้ในการวิจัยนี้

5.3 ผลของการแยกสกัดน้ำมันเมล็ดขนาดพาราในถังกวน

5.3.1 ในการสกัดน้ำมันเมล็ดขนาดพาราในถังกวนนั้นรายงานผลเป็นร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำมันต่อตัวทำละลาย (%C) โดยเก็บตัวอย่างทุก 5 นาที เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างทุก 20 นาที จนครบ 3 ชั่วโมง

ผลการทดลองพบว่า

1. ขนาดเมล็ดเล็กจะให้ % C สูงกว่าขนาดใหญ่

ขนาด < 1 มม. มีปริมาณน้ำมันทั้งหมด ร้อยละ 90.77 (base on inert)

ขนาด 1-2 มม. มีปริมาณน้ำมันทั้งหมด ร้อยละ 55.98 (base on inert)

ขนาด 2-3 มม. มีปริมาณน้ำมันทั้งหมด ร้อยละ 27.42 (base on inert)

ดังรูปที่ 19 และ 20 เป็นการแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง ร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำมันต่อตัวทำละลายกับเวลาโดยใช้เมล็ดขนาดพาราขนาดต่างกัน

รูปที่ 19 ใช้ความเร็ว 1860 รอบ/นาที, S/L = 1:5.5 พบว่า ขนาด < 1 มม. ช่วง 5 นาทีแรกได้น้ำมัน ร้อยละ 6.6 โดยน้ำหนัก ซึ่งอาจจะ เป็นเพราะ

ว่าน้ำมันที่มีอยู่บริเวณผิวนอกละลายออกมา จึงทำให้ได้น้ำมันมากในช่วงเวลาต่อมา มีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมากซึ่งเส้นกราฟเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที แต่จะพบว่ายังมีน้ำมันเหลือจากการสกัด แสดงว่าการซึมผ่านจากภายในออกมาภายนอกเป็นไปอย่างน้อยมาก เมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง จะได้น้ำมัน ร้อยละ 8.2 โดยน้ำหนัก

ขนาด 1-2 มม. ช่วง 5 นาทีแรกได้น้ำมัน ร้อยละ 3.0 โดยน้ำหนัก เส้นกราฟเริ่มคงที่ เมื่อเวลาผ่านไป 40 นาที สกัดน้ำมันเมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง ได้ร้อยละ 6.4 โดยน้ำหนัก

ขนาด 2-3 มม. ช่วง 5 นาทีแรกได้น้ำมันร้อยละ 0.8 โดยน้ำหนัก
 เส้นกราฟเริ่มคงที่ เมื่อเวลาผ่านไป 40 นาที สกักน้ำมันเมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง ได้น้ำมัน
 ร้อยละ 2.6 โดยน้ำหนัก

รูปที่ 20 ใช้ความเร็ว 1135 รอบ/นาที, $S/L = 1:4.4$ พบว่า
 ขนาด < 1 มม. ช่วง 5 นาทีแรกได้น้ำมันร้อยละ 9.2 โดยน้ำหนัก
 เส้นกราฟเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 40 นาที สกักน้ำมันเมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง ได้
 น้ำมันร้อยละ 11.0 โดยน้ำหนัก

ขนาด 1-2 มม. ช่วง 5 นาทีแรกได้น้ำมันร้อยละ 5.8 โดยน้ำหนัก
 เส้นกราฟเริ่มคงที่ เมื่อเวลาผ่านไป 50 นาที สกักน้ำมันเมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง ได้
 ได้ร้อยละ 8.6 โดยน้ำหนัก

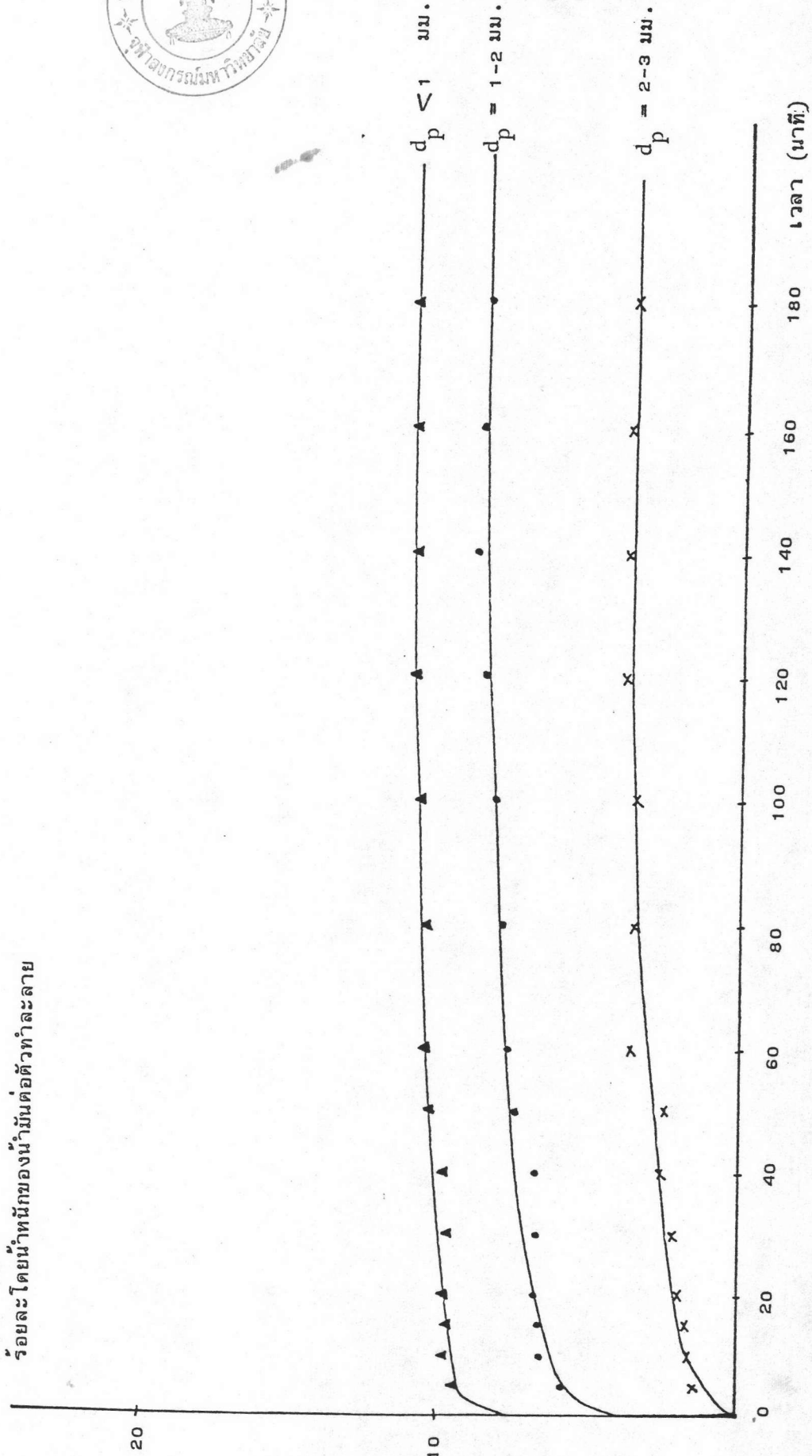
ขนาด 2-3 มม. ช่วง 5 นาทีแรกได้น้ำมัน ร้อยละ 9.3 โดยน้ำหนัก
 เส้นกราฟเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 60 นาที สกักน้ำมันเมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง ได้
 ได้ร้อยละ 3.8 โดยน้ำหนัก

จากกราฟทั้งสองรูป พบว่าช่วง 5 นาทีแรกมีการเปลี่ยนแปลงมาก ซึ่งอาจเป็นเพราะ
 ว่า น้ำมันที่อยู่บริเวณผิวนอกจะละลายออกมา ช่วงหลังจากประมาณ 40 นาทีไปแล้ว จะมีการ
 เปลี่ยนแปลงน้อยมาก (ดูจากกราฟจะเห็นว่าเส้นกราฟเริ่มคงที่) และยังมีน้ำมันเหลือจากการ
 สกักอยู่ในกากมาก แสดงให้เห็นว่าการซึมผ่านจากภายในออกมาภายนอกเป็นไปอย่างน้อยมาก

เวลาที่เส้นกราฟ เริ่มคงที่จะแตกต่างกันเนื่องจาก

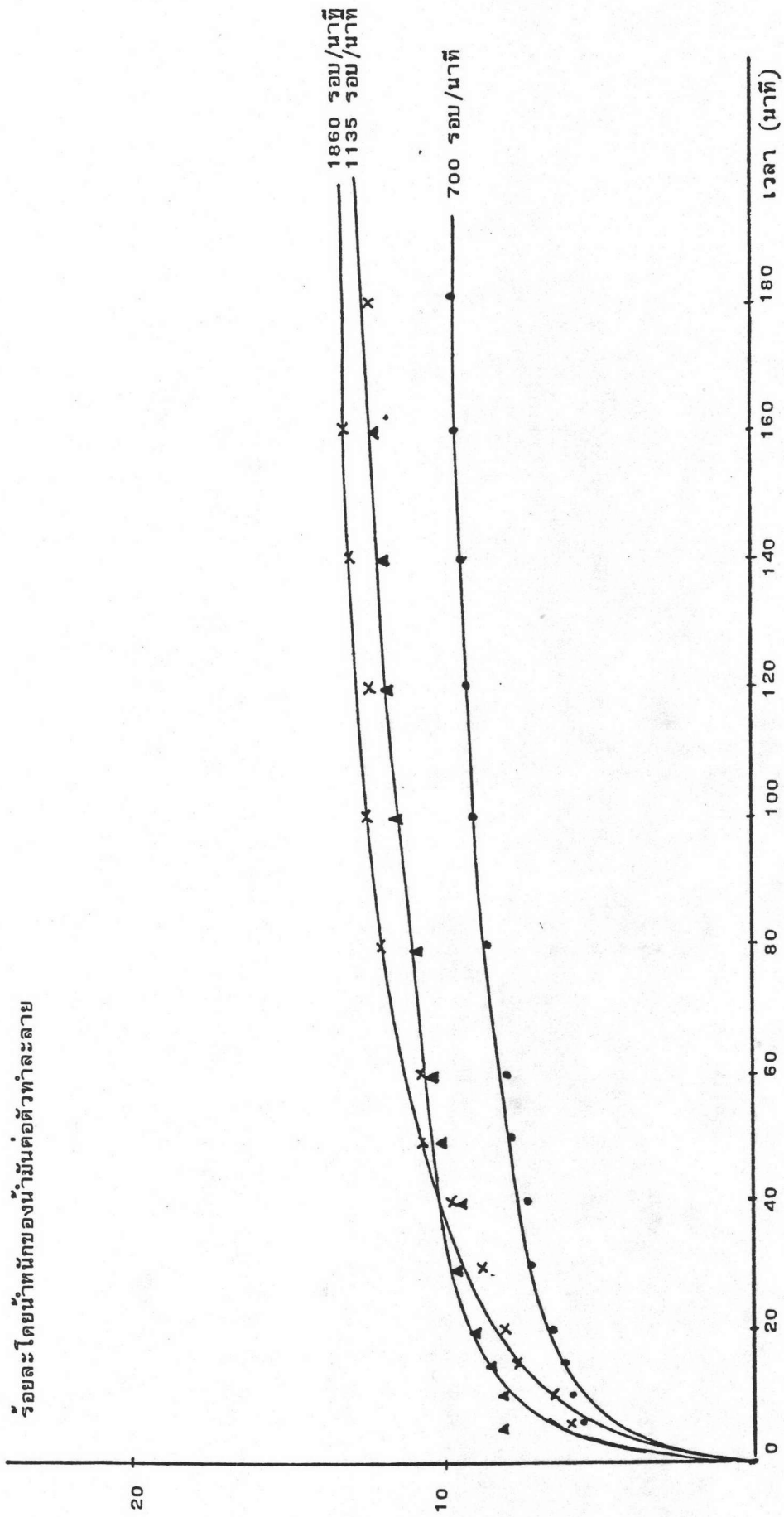
- ความเร็วใบพัด ถ้าความเร็วสูงจะใช้เวลาน้อย
- S/L ถ้าใช้ตัวทำละลายมากจะใช้เวลาน้อย
- ขนาดของเมล็ดยางพารา ขนาดเล็กจะใช้เวลาน้อย เนื่องจากขนาดเล็กมีปริมาณน้ำมันสูง

2. เมื่อใช้ความเร็วสูง จะสกักน้ำมันได้ดี ดังรูปที่ 21 เป็นการเปรียบเทียบระหว่าง
 ปริมาณน้ำมันที่สกักได้ เป็น ร้อยละโดยน้ำหนักของตัวทำละลายกับเวลาที่ความเร็วต่างกัน ขนาด 1-2 มม.,
 $S/L = 1:3.0$ พบว่า



รูปที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำมันต่อตัวทำละลายกับเวลา โดยใช้เมล็ดยางพาราขนาดต่างกัน ที่ความเร็ว 1135 รอบ/นาที, $S/L=1:4.4$

ร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำมันต่อตัวทำละลาย



รูปที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำมันต่อตัวทำละลายกับเวลา โดยใช้ความเร็วต่างกัน, ขนาด 1-2 มม.

S/L = 1:3.0

ที่ความเร็ว 1860 รอบ/นาที กราฟเริ่มคงที่เมื่อเวลา 80 นาที สกัคน้ำมันเมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง ร้อยละ 13.0 โดยน้ำหนัก

ที่ความเร็ว 1135 รอบ/นาที กราฟเริ่มคงที่ที่เวลา 100 นาที สกัคน้ำมันเมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง ร้อยละ 12.4 โดยน้ำหนัก

ที่ความเร็ว 700 รอบ/นาที กราฟเริ่มคงที่ที่เวลา 100 นาที สกัคน้ำมันเมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง ร้อยละ 9.4 โดยน้ำหนัก

ที่ความเร็วสูงจะสกัคน้ำมันได้ดี เนื่องจากมีการถ่ายเทของน้ำมันจากบริเวณผิวของของแข็งไปสู่ของเหลวได้ดี

สาเหตุที่ต้องใช้เวลามากกว่าเส้นกราฟจะเริ่มคงที่เนื่องจากใช้ตัวทำละลายน้อย (S/L 1:3.0)

3. เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง S/L ต่างกัน เมื่อใช้ตัวทำละลายมาก จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักกรัมของน้ำมันต่อตัวทำละลายค่า ดังรูปที่ 22 เป็นการเปรียบเทียบโดยใช้ S/L ต่างกัน, ขนาด 2-3 มม. ความเร็ว 1135 รอบ/นาที พบว่า

S/L = 1:3.0 สกัคน้ำมันได้ ร้อยละ 5.0 โดยน้ำหนัก

S/L = 1:4.4 สกัคน้ำมันได้ ร้อยละ 3.6 โดยน้ำหนัก

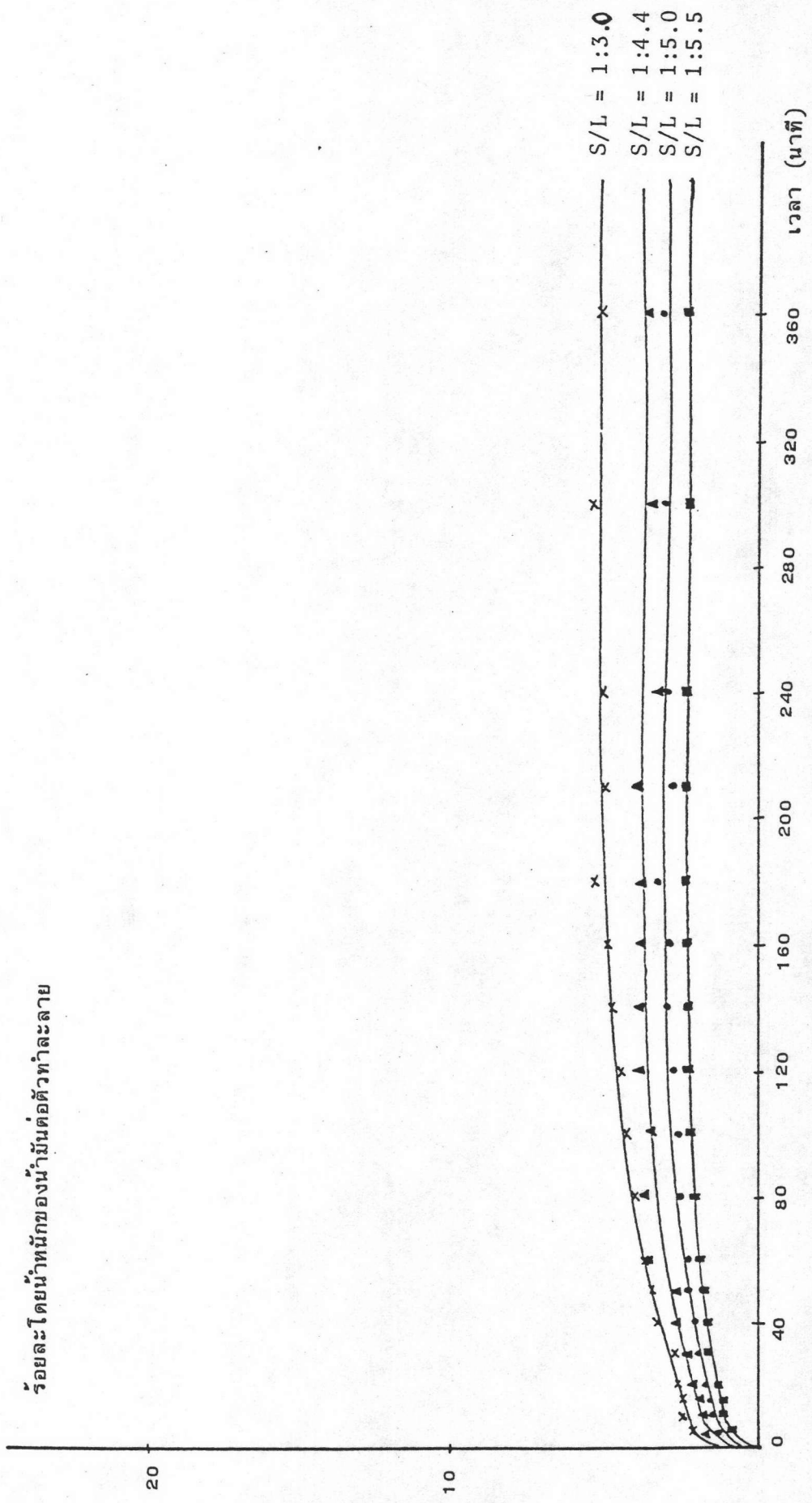
S/L = 1:5.0 สกัคน้ำมันได้ ร้อยละ 2.8 โดยน้ำหนัก

S/L = 1:5.5 สกัคน้ำมันได้ ร้อยละ 2.2 โดยน้ำหนัก

จากการรายงานผลการทดลองที่เป็นร้อยละ โดยน้ำหนักของน้ำมันต่อตัวทำละลาย (% C) ไม่สามารถจะบอกได้อย่างชัดเจนว่า สกัคน้ำมันออกมาได้มากเท่าใด เนื่องจากต้องคำนวณเทียบกับตัวทำละลายที่ใช้ คือ ถ้า S/L มีค่าต่ำ (ใช้ตัวทำละลายมาก) จะให้ค่า C น้อย ดังนั้นเพื่อความสะดวก จึงคำนวณเป็นร้อยละของน้ำมันที่สกัคได้ (base on free oil) ดังหัวข้อ 6.3.2

5.3.2 เมื่อนำผลการทดลองที่เป็นร้อยละ โดยน้ำหนักของน้ำมันต่อตัวทำละลายมาคำนวณและรายงานผลเป็นร้อยละของน้ำมันที่สกัคได้ (base on free oil) ดังภาคผนวกที่ 1.5 พบว่า

ร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำมันต่อตัวทำละลาย



รูปที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำมันต่อตัวทำละลายกับเวลา โดยใช้ S/L ต่างกัน

ขนาด 2-3 มม., ความเร็วใบพัด 1135 รอบ/นาที

1. เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำมันที่ได้จะเพิ่มขึ้นดังรูปที่ 23 และ 24 ซึ่งเป็น การเปรียบเทียบระหว่างร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้กับเวลา โดยใช้ความเร็วต่างกัน

รูปที่ 23 ขนาด 1-2 มม., S/L = 1:5.0 มีน้ำมันเริ่มต้น ร้อยละ 55.98
(base on inert) พบว่า

ที่ความเร็ว 1860 รอบ/นาที สกัดได้ ร้อยละ 43 (base on free oil)

ที่ความเร็ว 1135 รอบ/นาที สกัดได้ ร้อยละ 38 (base on free oil)

ที่ความเร็ว 700 รอบ/นาที สกัดได้ ร้อยละ 31.0 (base on free oil)

รูปที่ 24 ขนาด 2-3 มม., S/L = 1:5.5 มีน้ำมันเริ่มต้น ร้อยละ 27.42
(base on inert)

ที่ความเร็ว 1860 รอบ/นาที สกัดได้ ร้อยละ 17.0 (base on free oil)

ที่ความเร็ว 1135 รอบ/นาที สกัดได้ ร้อยละ 13.0 (base on free oil)

จากกราฟทั้งสองรูปพบว่า ที่ความเร็ว 1860 รอบ/นาที จะสกัดน้ำมันได้มากกว่าที่ ความเร็ว 1135 รอบ/นาที และมากกว่าที่ 700 รอบ/นาที

2. ที่ความเร็วเดียวกัน ขนาดเมล็ดเดียวกันจะพบว่า เมื่อใช้ตัวทำละลายเพิ่มขึ้น จะให้ปริมาณน้ำมันมากขึ้น ดังรูปที่ 25 เป็นการเปรียบเทียบร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้กับเวลา ของเมล็ดยางพารา ขนาด < 1 มม. และ 1-2 มม., โดยใช้ S/L ต่างกัน, ความเร็ว 700 รอบ/นาที พบว่า

ขนาด < 1 มม. มีน้ำมันเริ่มต้น (ร้อยละ base on inert)

ใช้ S/L = 1:5.0 สกัดน้ำมันได้ ร้อยละ 49.0 (base on free oil)

ใช้ S/L = 1:4.4 สกัดน้ำมันได้ ร้อยละ 47.5 (base on free oil)

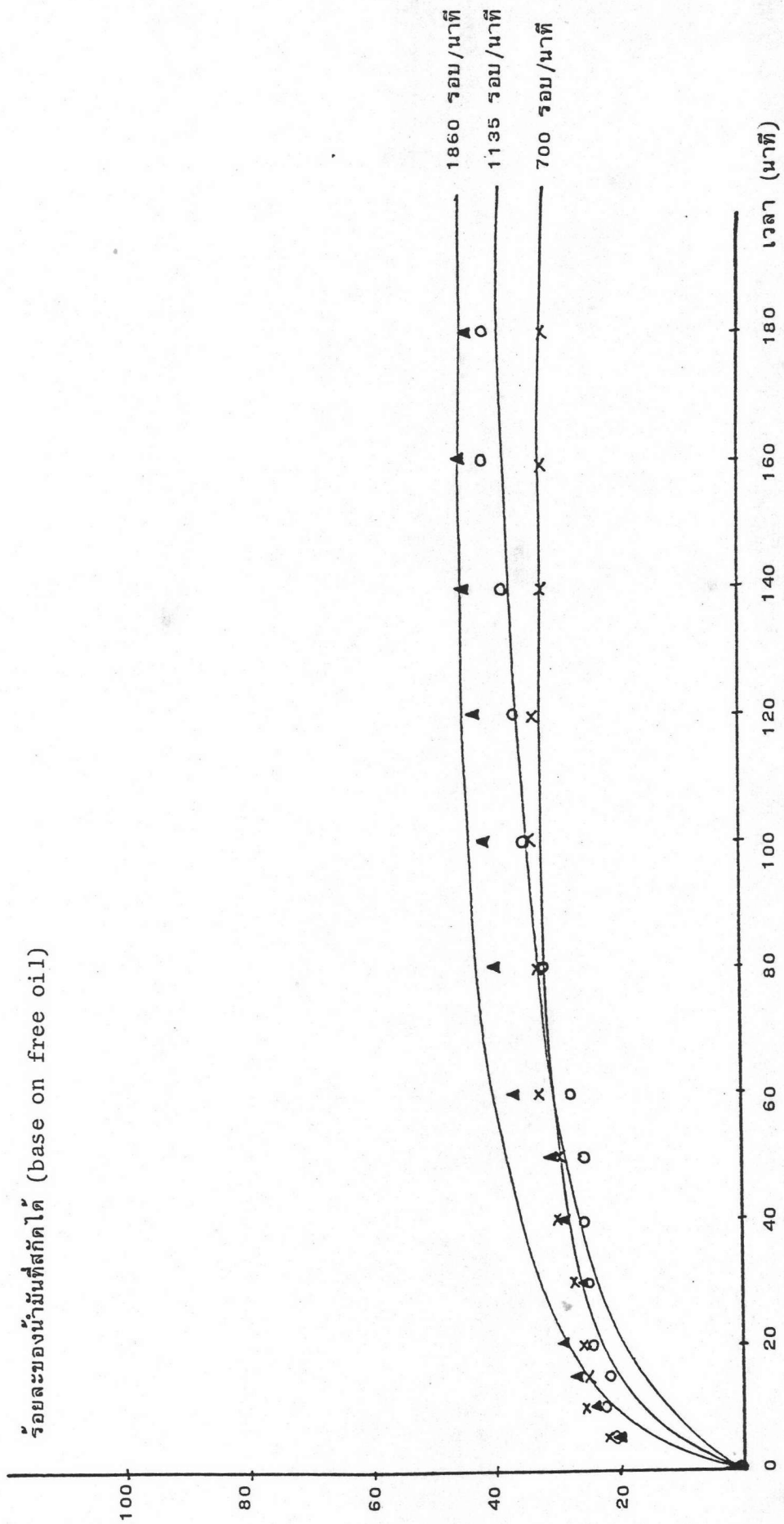
ใช้ S/L = 1:3.0 สกัดน้ำมันได้ ร้อยละ 46.0 (base on free oil)

ขนาด 1-2 มม. มีน้ำมันเริ่มต้น (ร้อยละ base on inert)

ใช้ S/L = 1:5.0 สกัดน้ำมันได้ ร้อยละ 34.5 (base on free oil)

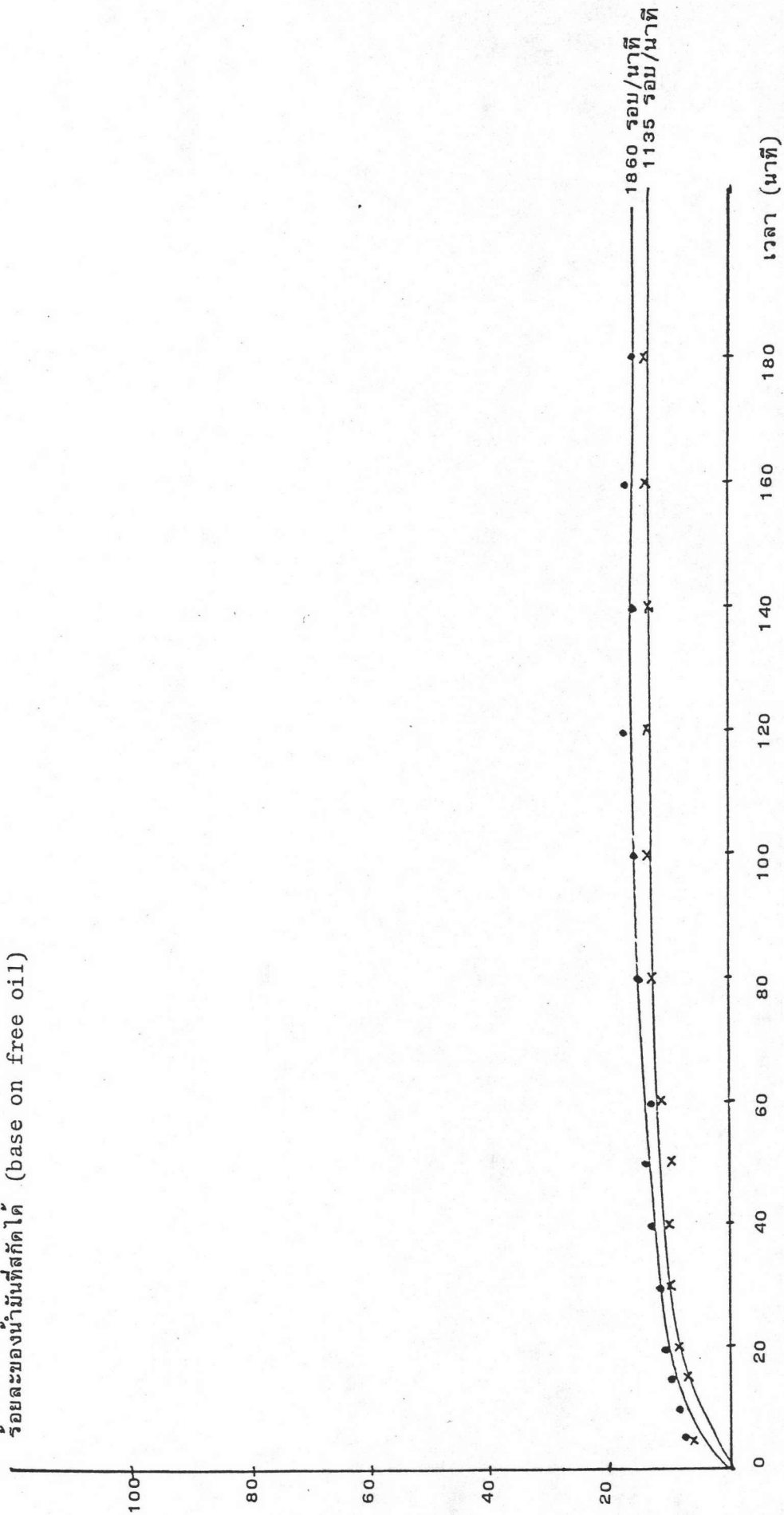
ใช้ S/L = 1:4.4 สกัดน้ำมันได้ ร้อยละ 32.5 (base on free oil)

ใช้ S/L = 1:3.0 สกัดน้ำมันได้ ร้อยละ 31.0 (base on free oil)



รูปที่ 23 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้กับเวลา โดยใช้ความเร็วต่างกัน, ขนาด 1-2 มม., S/L = 1:5.0

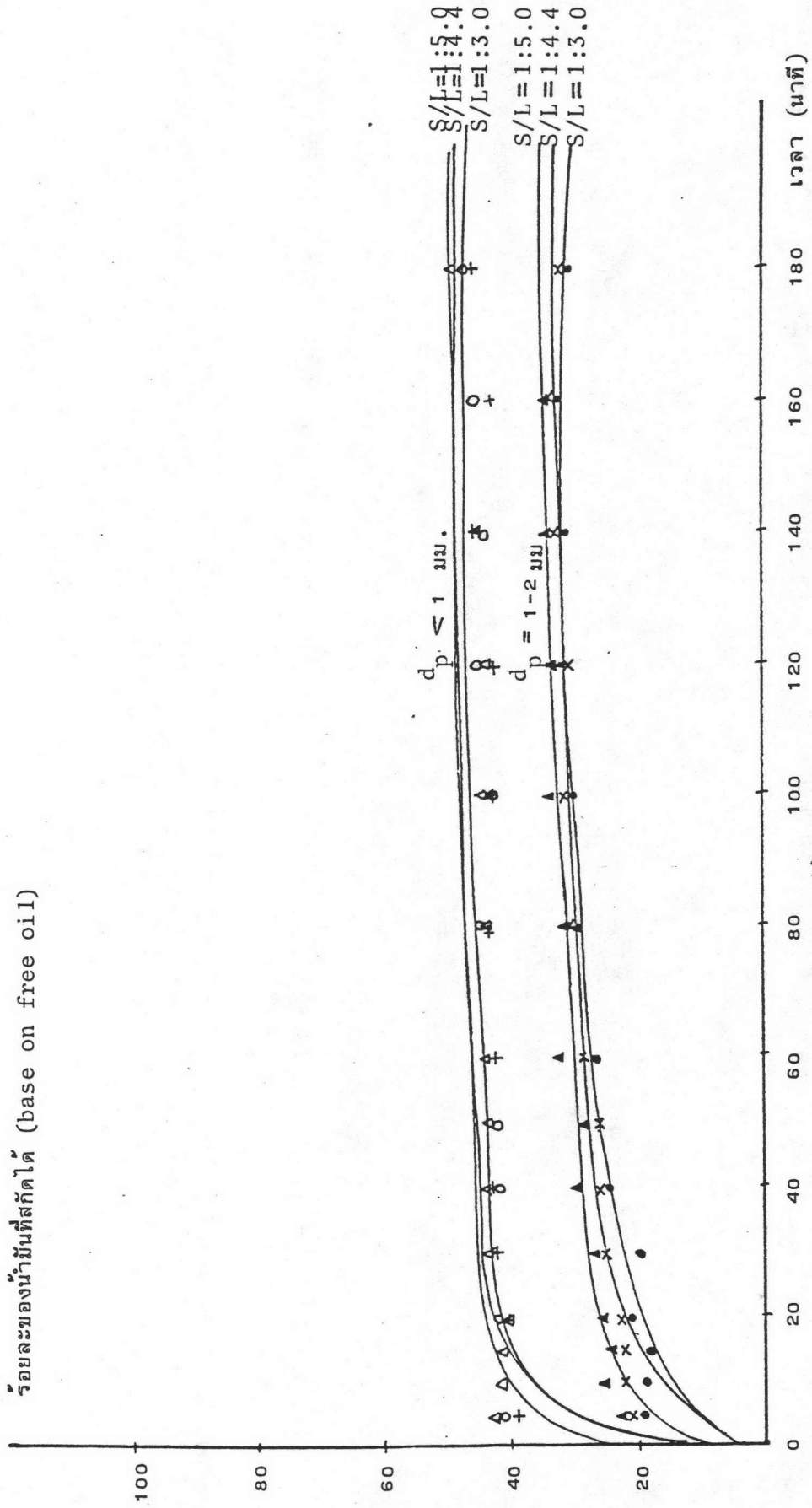
ร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้ (base on free oil)



รูปที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้กับเวลา โดยใช้ความเร็วต่างกัน, ขนาด 2-3 มม.,

S/L = 1:5.5

ร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้ (base on free oil)



รูปที่ 25 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้กับเวลาของ เมล็ดยางพารา ขนาด 1 มม. และ 1-2 มม. โดยใช้

S/L ต่างกัน ความเร็ว 700 รอบ/นาที

แต่อย่างไรก็ตามความแตกต่างนี้มีค่าน้อยมาก แสดงถึงว่าอาจจะลดปริมาณตัวทำละลายลงได้อีก อาจจะเป็น 1:1 หรือ 1:2 แต่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับปริมาณของตัวทำละลายในถังกวน ซึ่งจะเป็น slurry เมื่อ S/L น้อย ๆ

3. เมื่อทำการสกัดน้ำมันโดยใช้ S/L เดียวกัน และความเร็วรอบใบพัดเดียวกัน จะพบว่าขนาดเล็กจะให้น้ำมันมากกว่าขนาดใหญ่ ดังรูปที่ 26 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้กับเวลาโดยใช้เมล็ดขงพาราขนาดต่างกัน ที่ความเร็ว 1080 รอบ/นาที, S/L = 1:5.5 พบว่า

ขนาด < 1 มม. สกัดน้ำมันได้ ร้อยละ 56.0 (base on free oil)

ขนาด 1-2 มม. สกัดน้ำมันได้ ร้อยละ 29.0 (base on free oil)

ขนาด 2-3 มม. สกัดน้ำมันได้ ร้อยละ 17.0 (base on free oil)

5.3.3 ผลของความสามารถในการสกัด (% extraction base on inert+oil) พบว่า

1. ความสามารถในการสกัด จะขึ้นกับความเร็วรอบของใบพัด คือ ถ้าเมล็ดขนาดเดียวกัน และ S/L เดียวกัน ความเร็วสูงจะให้ความสามารถในการสกัดมากกว่าความเร็วต่ำ ดังรูปที่ 27 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างร้อยละของความสามารถในการสกัดน้ำมัน (% extraction base on inert+oil) กับเวลาโดยใช้ความเร็วต่างกัน, ขนาด < 1 มม. S/L = 1:3.0 จากกราฟพบว่า

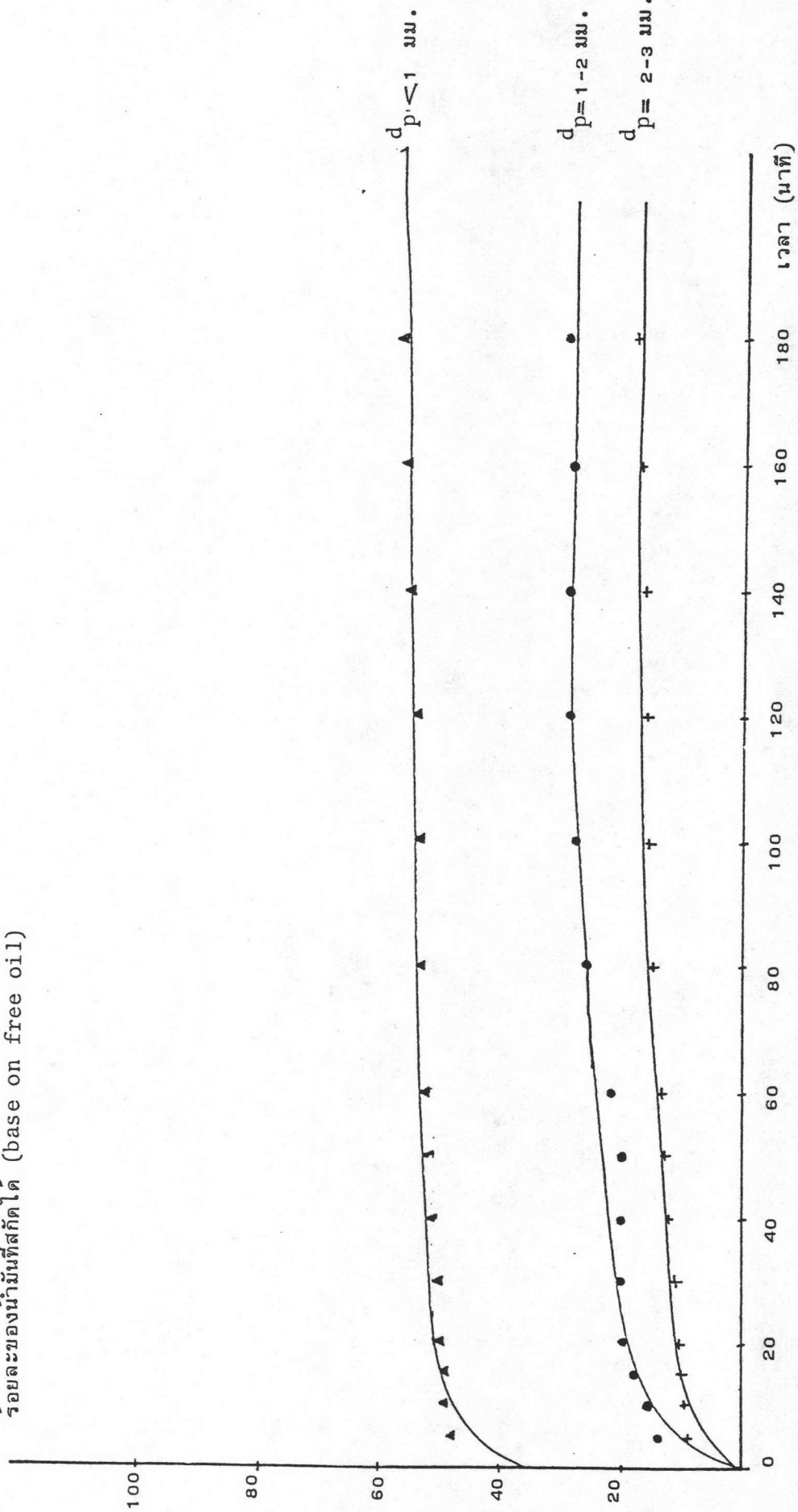
ที่ความเร็ว 1860 รอบ/นาที มีความสามารถในการสกัด ร้อยละ 30.0
(base on inert+oil)

ที่ความเร็ว 1135 รอบ/นาที มีความสามารถในการสกัด ร้อยละ 28.0
(base on inert+oil)

ที่ความเร็ว 700 รอบ/นาที มีความสามารถในการสกัด ร้อยละ 23.0 (base on inert+oil)
แสดงว่าที่ความเร็วต่างกันให้ความสามารถในการสกัดต่างกัน ร้อยละ 2-5

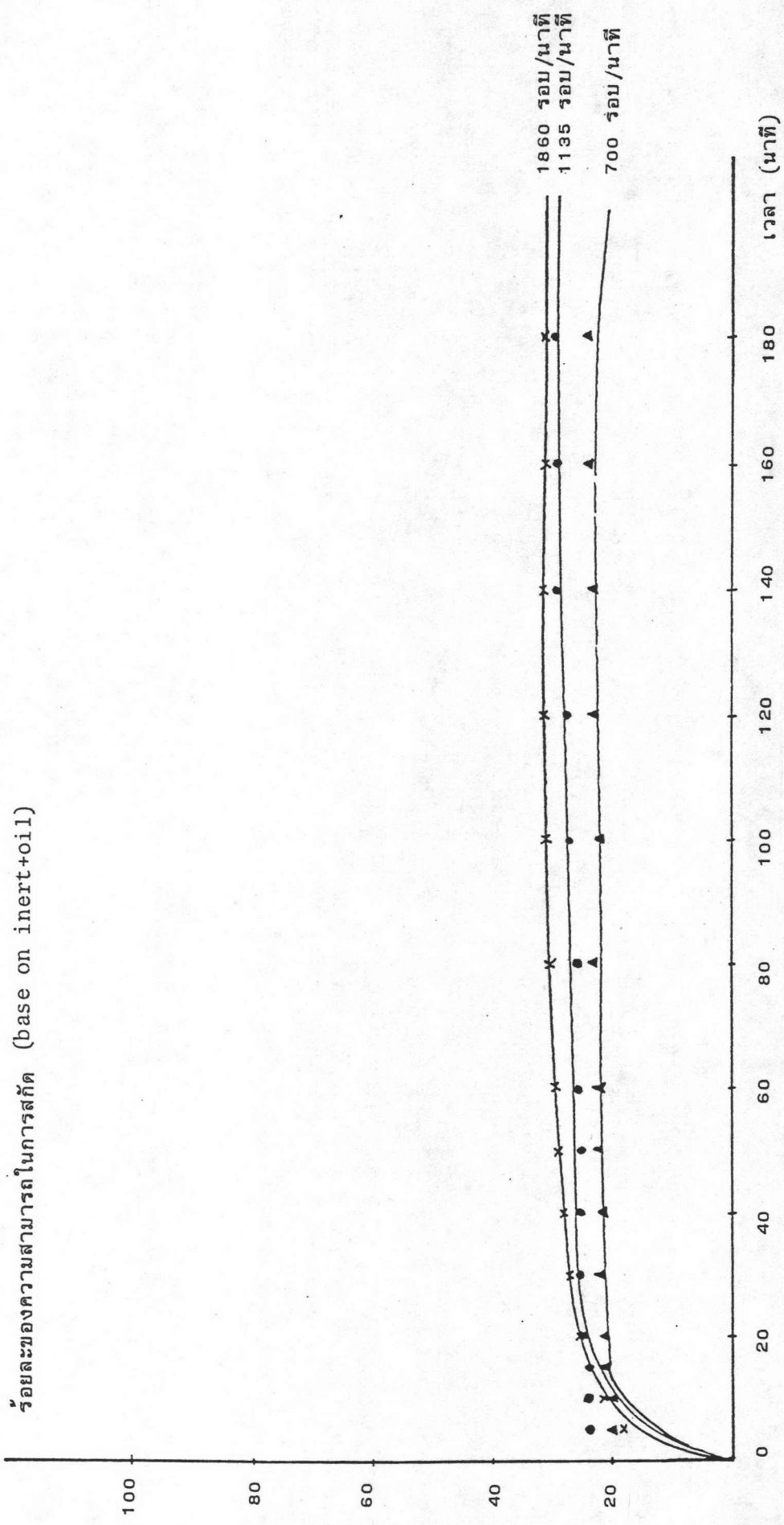
2. ขนาดของเมล็ดก็มีผลต่อความสามารถในการสกัด คือ ที่ความเร็วรอบเดียวกัน และ S/L เดียวกัน เมล็ดขนาดเล็กจะให้น้ำมันมากกว่าขนาดใหญ่ดังรูปที่ 28 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างร้อยละของความสามารถในการสกัดน้ำมัน (% extraction base on inert+oil) กับเวลา โดยใช้ขนาดต่างกันที่ความเร็ว 1135 รอบ/นาที S/L = 1:4.4

ร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้ (base on free oil)



รูปที่ 26 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้กับ เวลาโดยใช้เมล็ดยางพารา ขนาดต่างกัน ที่ความเร็ว 1080 รอบ/นาที

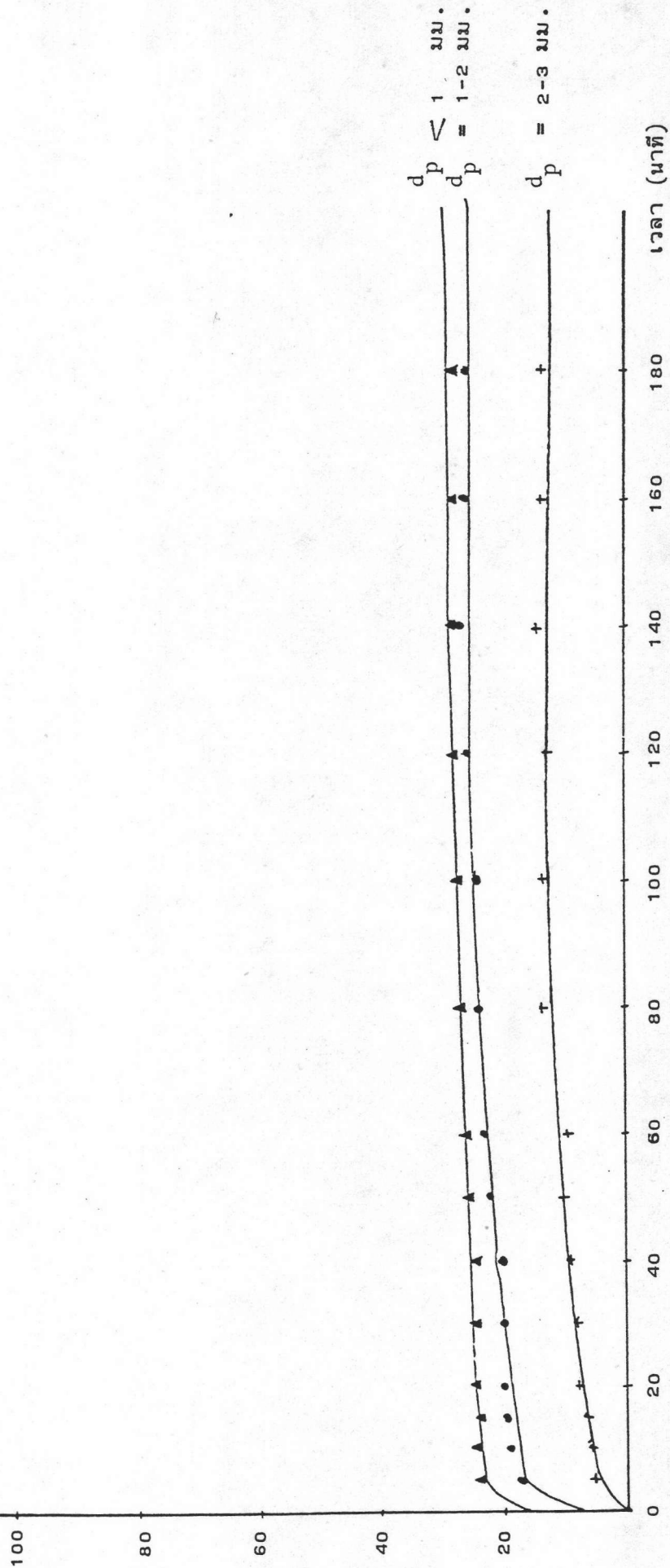
S/L = 1:5.5



รูปที่ 27 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างร้อยละของความสามารถในการสกัดน้ำมัน (base on inert+oil) กับเวลา

โดยใช้ความเร็วต่างกัน, ขนาด < 1 มม., S/L = 1 : 3.0

ร้อยละของความสามารถในการสกัด (base on inert+oil)



รูปที่ 28 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างร้อยละของความสามารถในการสกัดน้ำมัน (base on inert+oil)

กับเวลาโดยใช้ขนาดต่างกัน, ที่ความเร็ว 1135 รอบ/นาที, S/L = 1 : 4.4

จากกราฟพบว่า

ขนาด < 1 มม. ให้ความสามารถในการสกัด ร้อยละ 28.5 (base on inert+oil)

ขนาด 1-2 มม. ให้ความสามารถในการสกัด ร้อยละ 25.0 (base on inert+oil)

ขนาด 2-3 มม. ให้ความสามารถในการสกัด ร้อยละ 12.0 (base on inert+oil)

แสดงว่าขนาดเล็กลง ให้ความสามารถในการสกัดต่างกันร้อยละประมาณ 16

3. ที่ความเร็วเดียวกันขนาดเมล็ดเดียวกัน พบว่า S/L จะไปทำให้ความสามารถในการสกัดมากขึ้น เมื่อใช้ตัวทำละลายมากขึ้น ดังรูปที่ 29 เป็นการเปรียบเทียบร้อยละของความสามารถในการสกัดน้ำมัน (% extraction base on inert+oil) กับเวลา โดยใช้ S/L ต่างกัน, ขนาด 2-3 มม., ความเร็ว 1135 รอบ/นาที พบว่า

ใช้ S/L = 1:4.4 ให้ความสามารถในการสกัด ร้อยละ 12.0 (base on inert+oil)

ใช้ S/L = 1:5.0 ให้ความสามารถในการสกัด ร้อยละ 11.0 (base on inert+oil)

ใช้ S/L = 1:5.5 ให้ความสามารถในการสกัด ร้อยละ 10.0 (base on inert+oil)

แสดงว่า ตัวทำละลายที่ใช้สามารถลดปริมาณลงได้ เพื่อเป็นการประหยัดทางด้านเศรษฐกิจ แต่เนื่องจากความแตกต่างน้อยมากให้ความสามารถในการสกัดเกือบเท่ากัน

5.4 การทำ sieve analysis ของเมล็ดยางพาราขนาดต่างกัน ดังตารางที่ 65

ผลปรากฏว่ามี

ขนาด 2-3 มม. ร้อยละ 60.80

ขนาด 1-2 มม. ร้อยละ 14.56

ขนาด < 1 มม. ร้อยละ 24.64

5.5 การทดลองสกัดน้ำมันเมล็ดยางพาราโดยวิธีแช่ เป็นเวลา 13 ชั่วโมง ดังตารางที่ 64

พบว่า

ขนาด < 1 มม. มีความสามารถในการสกัด ร้อยละ 15.32

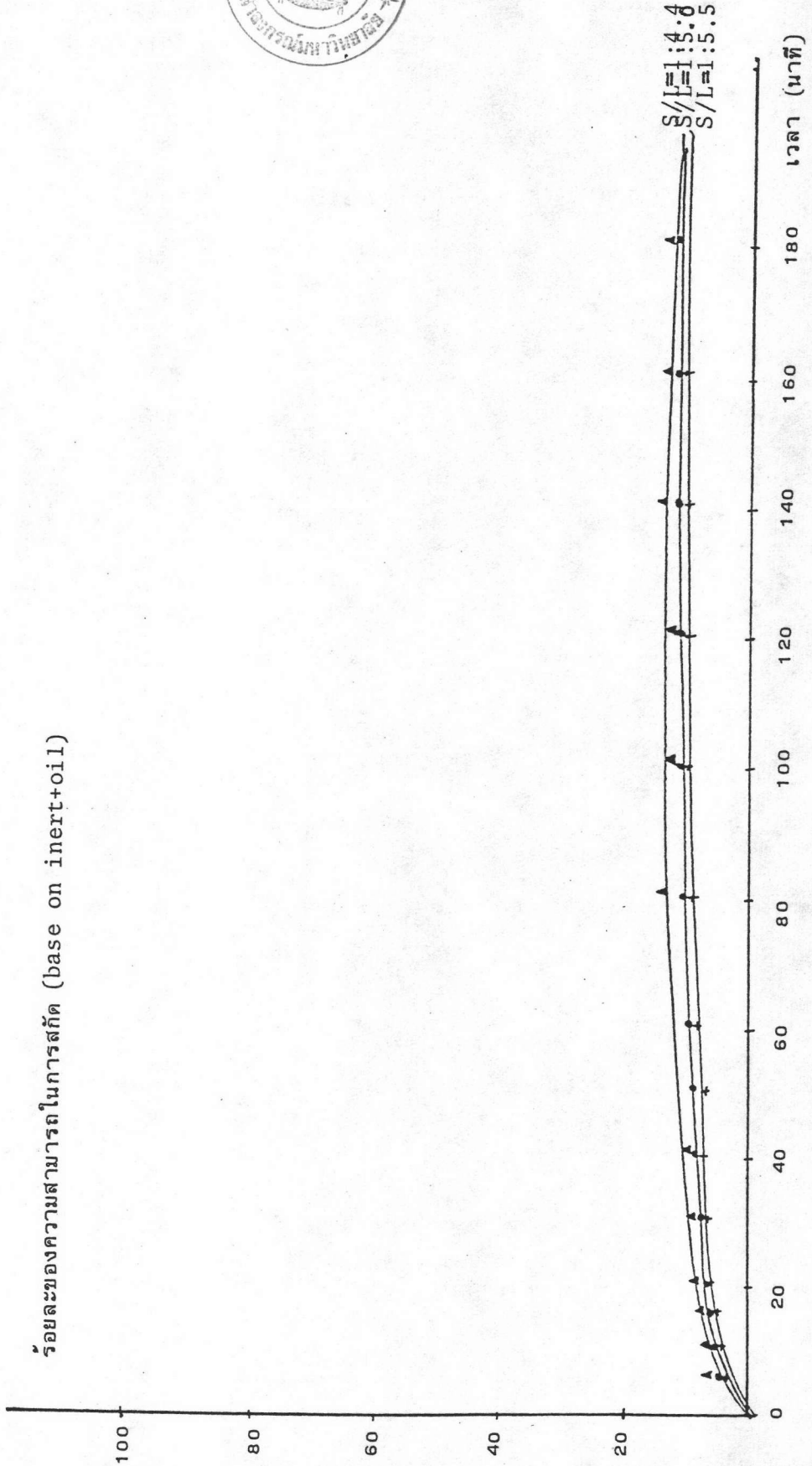
(% extraction base on inert+oil)

ขนาด 1-2 มม. มีความสามารถในการสกัด ร้อยละ 8.51

(% extraction base on inert+oil)



ร้อยละของความสามารถในการสกัด (base on inert+oil)



รูปที่ 29 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของความสามารถในการสกัดน้ำมัน (base on inert+oil) กับเวลา

โดยใช้ S/L ต่างกัน, ขนาด 2-3 มม., ความเร็ว 1135 รอบ/นาที

ขนาด 2-3 มม. มีความสามารถในการสกัดร้อยละ 5.27

(% extraction base on inert+oil)

5.6 การหาสมการทางคณิตศาสตร์ของน้ำมันที่สกัดได้ (Yield)

การวิเคราะห์สมการการแยกสกัดซึ่งเป็นฟังก์ชันกับเทอมต่าง ๆ ดังสมการที่ 7

แต่เนื่องจากในการวิจัยนี้ศึกษาเพียง Re และ S/L เท่านั้น จากสมการ ได้รูปแบบของความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{Yield} = K(\text{Re})^{B_1} (S/L)^{B_2}$$

$$\frac{C_f V}{xS} = K(\text{Re})^{B_1} (S/L)^{B_2}$$

Yield = $\frac{C_f V}{xS}$ หมายถึงประสิทธิภาพการสกัดคือเทอม $\frac{C_f V}{xS}$ จะบอกถึงปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ในถังกวน ส่วนเทอม xS เป็นเทอมของปริมาณน้ำมันทั้งหมดที่มีอยู่ในเมล็ดแต่ละขนาด

การคำนวณวางแผนผังการคำนวณที่ 1

ตารางที่ 4 แสดงค่าของ $\frac{C_f V}{xS}$ ที่ S/L ต่างกัน ของเมล็ดยางพาราขนาด < 1 มม.

S/L	Re = 1.4683×10^5 $\frac{C_f V}{xS}$	Re = 8.9597×10^4 $\frac{C_f V}{xS}$	Re = 5.5258×10^4 $\frac{C_f V}{xS}$
1/5.5	0.8987	0.8625	0.8405
1/5.0	0.8859	0.8522	0.8292
1/4.4	0.8366	0.8261	0.8251
1/3.0	0.8298	0.8195	0.8134

ตารางที่ 5 แสดงค่าของ $\frac{C_f V}{xS}$ ที่ S/L ต่างกันของเมล็ดยางพารา ขนาด 1-2 มม.

S/L	Re = 1.4683×10^5 $\frac{C_f V}{xS}$	Re = 8.9597×10^4 $\frac{C_f V}{xS}$	Re = 5.5288×10^4 $\frac{C_f V}{xS}$
1/5.5	0.8913	0.8094	0.7582
1/5.0	0.8147	0.7559	0.7261
1/4.4	0.8144	0.7400	0.7102
1/3.0	0.7307	0.7230	0.6601

ตารางที่ 6 แสดงค่าของ $\frac{C_f V}{xS}$ ที่ S/L ต่างกันของ เมล็ดยางพาราขนาด 2-3 มม.

S/L	Re = 1.4683×10^5 $\frac{C_f V}{xS}$	Re = 8.9597×10^4 $\frac{C_f V}{xS}$	Re = 5.5288×10^4 $\frac{C_f V}{xS}$
1/5.5	0.9664	0.9201	-
1/5.0	0.9214	0.8927	-
1/4.4	0.8963	0.8638	-
1/3.0	0.8836	0.8573	-

การหาค่า B_1

ที่ S/L เดียวกัน แต่ Re ต่างกัน

ขนาด < 1 มม.

S/L	B_1	r_1
1/5.5	0.0686	0.9922
1/5.0	0.0677	0.9957
1/4.4	0.0142	0.9055
1/3.0	0.0204	0.9905

$$B_1 = \frac{0.0686 + 0.0677 + 0.0204}{3} = 0.0522$$

ขนาด 1-2 มม.

1/5.5	0.1666	} $B_1 = 0.1592$	0.9946
1/5.0	0.1179		0.9863
1/4.4	0.1940		0.9999
1/3.0	0.1037		-

ขนาด 2-3 มม.

1/5.5	0.0994	} $B_1 = 0.0749$
1/5.0	0.0641	
1/4.4	0.0748	
1/3.0	0.0612	

จากการคำนวณค่า $K_{av < 1 \text{ มม.}}$ โดยใช้การแทนค่าโดยตรง

$$\frac{C_f V}{xS} = K (Re)^{0.0522} (S/L)^{-0.0491}$$

ได้ $K_{av < 1 \text{ มม.}} = 0.4324$

แต่จากการใช้ linear regression จะได้

$$\frac{C_f V}{xS} = 0.4534 (Re)^{0.0522} (S/L)^{-0.0491}$$

$$r = 81.68 \% \quad \text{ดังรูปที่ 30}$$

จากการคำนวณค่า $K_{av \text{ 1-2 มม.}}$ โดยใช้การแทนค่าโดยตรง

$$\frac{C_f V}{xS} = K (Re)^{0.1592} (S/L)^{-0.2166}$$

ได้ $K_{av \text{ 1-2 มม.}} = 0.0899$

แต่จากการใช้ linear regression จะได้

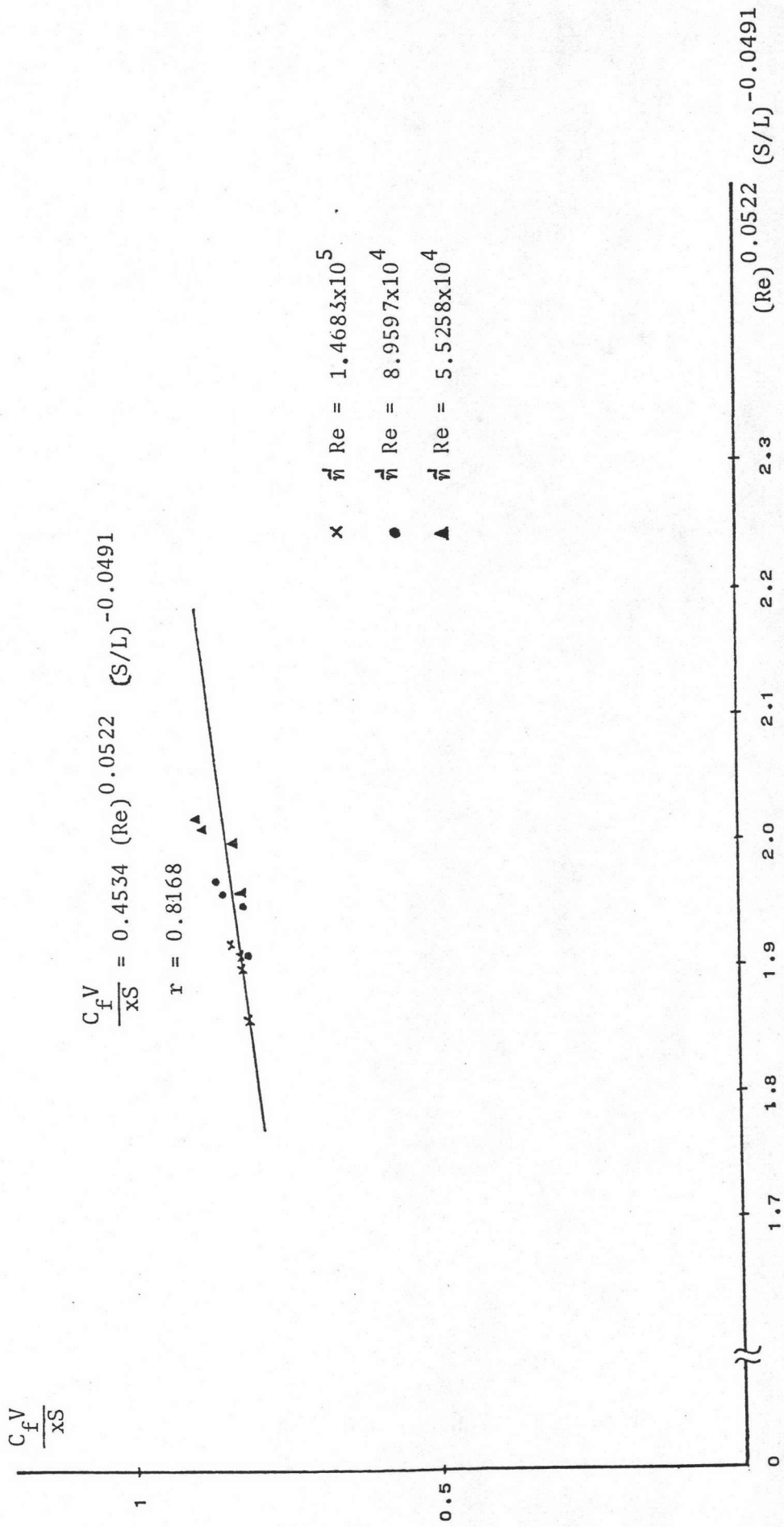
$$\frac{C_f V}{xS} = 0.0846 (Re)^{0.1592} (S/L)^{-0.2166}$$

$$r = 89.55 \% \quad \text{ดังรูปที่ 31}$$

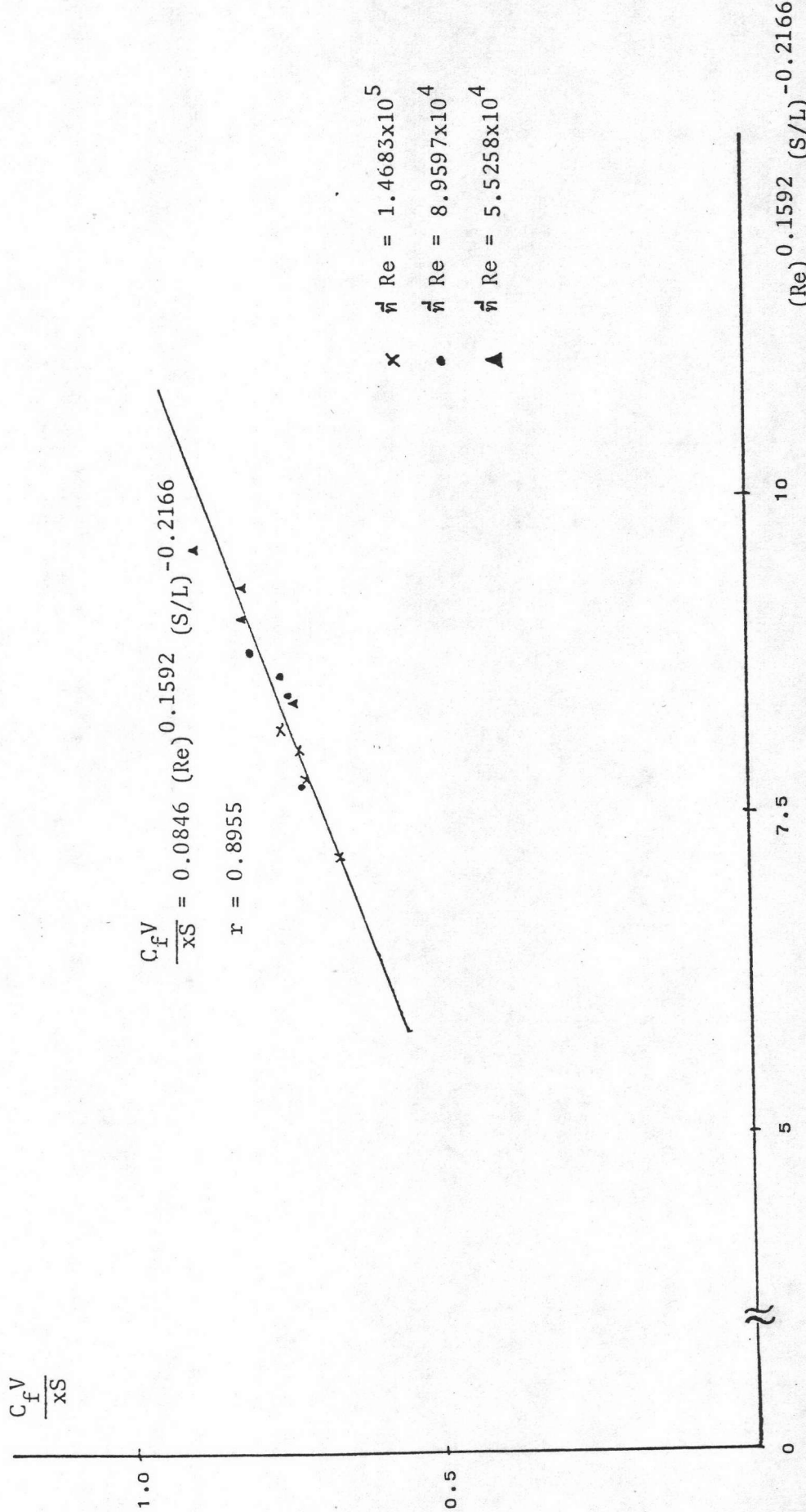
จากการคำนวณค่า $K_{av \text{ 2-3 มม.}}$ โดยใช้การแทนค่าโดยตรง

$$\frac{C_f V}{xS} = K (Re)^{0.0749} (S/L)^{-0.1152}$$

ได้ $K_{av \text{ 2-3 มม.}} = 0.3174$



รูปที่ 30 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{C_f V}{XS}$ กับ $(Re)^{-0.0522} (S/L)^{-0.0491}$, ขนาด < 1 มม.



รูปที่ 31 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{C_f V}{xS}$ กับ $(Re)^{0.1592} (S/L)^{-0.2166}$, ขนาด 1-2 มม.

แต่จากการใช้ linear regression ได้

$$\frac{C_f V}{xS} = 0.3223 (\text{Re})^{0.0749} (\text{S/L})^{-0.1152}$$

$$r = 88.47 \% \quad \text{ดังรูปที่ 32}$$

จากสมการการแยกสกัดน้ำมันของ เมล็ดยางพาราทั้งสามขนาดพบว่ามีความสัมพันธ์กับค่า ยกกำลังบวก และยิ่งขนาดใหญ่ขึ้นกำลังบวกมากขึ้น และความสัมพันธ์กับค่า S/L เป็นค่ายก กำลังลบ ถ้าขนาดใหญ่ขึ้นค่ายกกำลังลบมากขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบการการแยกสกัด (yield) ในแต่ละสมการซึ่งแยกขนาดเมล็ดยาง พารา (1) ค่า yield จะลดลงเมื่อใช้ตัวทำละลายน้อยลง (S/L มากขึ้น) ที่ความเร็ว เดียวกัน

(2) ค่า yield จะลดลงเมื่อใช้ S/L เดียวกัน แต่ความเร็วลดลง

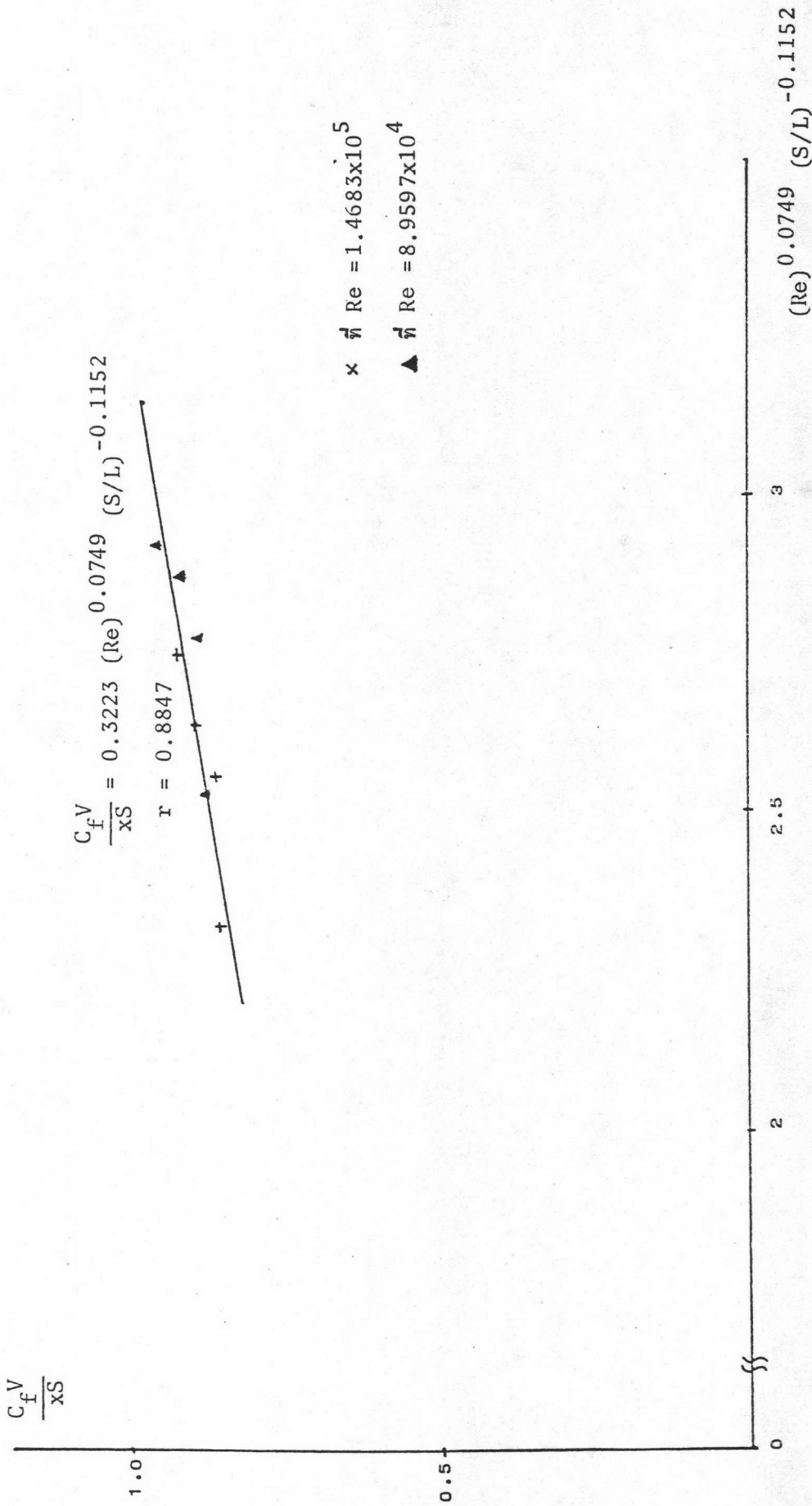
5.7 การหาสมการทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทมวล (mass transfer coefficient)

เพื่อศึกษาการถ่ายเทมวลของน้ำมันสู่ตัวทำละลาย สมการทางคณิตศาสตร์ของการ ถ่ายเทมวลของน้ำมันเป็นฟังก์ชันกับเทอมต่าง ๆ เช่นเดียวกับสมการการแยกสกัด แต่ในการ วิจัยจะศึกษาเพียง Re และ S/L เท่านั้น ดังนั้นจึงเขียนเป็นความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ช่วง 40 นาทีแรก; } \left(\frac{ka}{N^p}\right)_1 = M (\text{Re})^{B_3} (\text{S/L})^{B_4}$$

$$\text{ช่วง 50-180 นาที } \left(\frac{ka}{N^p}\right)_2 = P (\text{Re})^{B_5} (\text{S/L})^{B_6}$$

เหตุที่ต้องแบ่งสมการ mass transfer coefficient เป็น 2 ช่วง เนื่องจาก ช่วง 40 นาทีแรก กราฟมีความชันมาก หลังจาก 40 นาทีผ่านไปแล้วกราฟเริ่มคงที่ เป็นเพราะช่วงแรก เป็นการถ่ายเทมวลของน้ำมันจากผิววนอกของ เมล็ดยางพาราไปยังตัวทำละลาย จึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงมาก ส่วนช่วงหลังเป็นการถ่ายเทมวลของน้ำมันจากภายใน เมล็ดยาง



รูปที่ 32 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{C_f V}{xS}$ กับ $(Re)^{0.0749} (S/L)^{-0.1152}$, ขนาด 2-3 มม.

พาราสุฟิวเมิลด์ยงพาราและจากฟิวส์ตัวทำละลาย จึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

การนิยามเทอม mass transfer coefficient = $\frac{k_a p}{N}$ นั้นเป็นเทอม

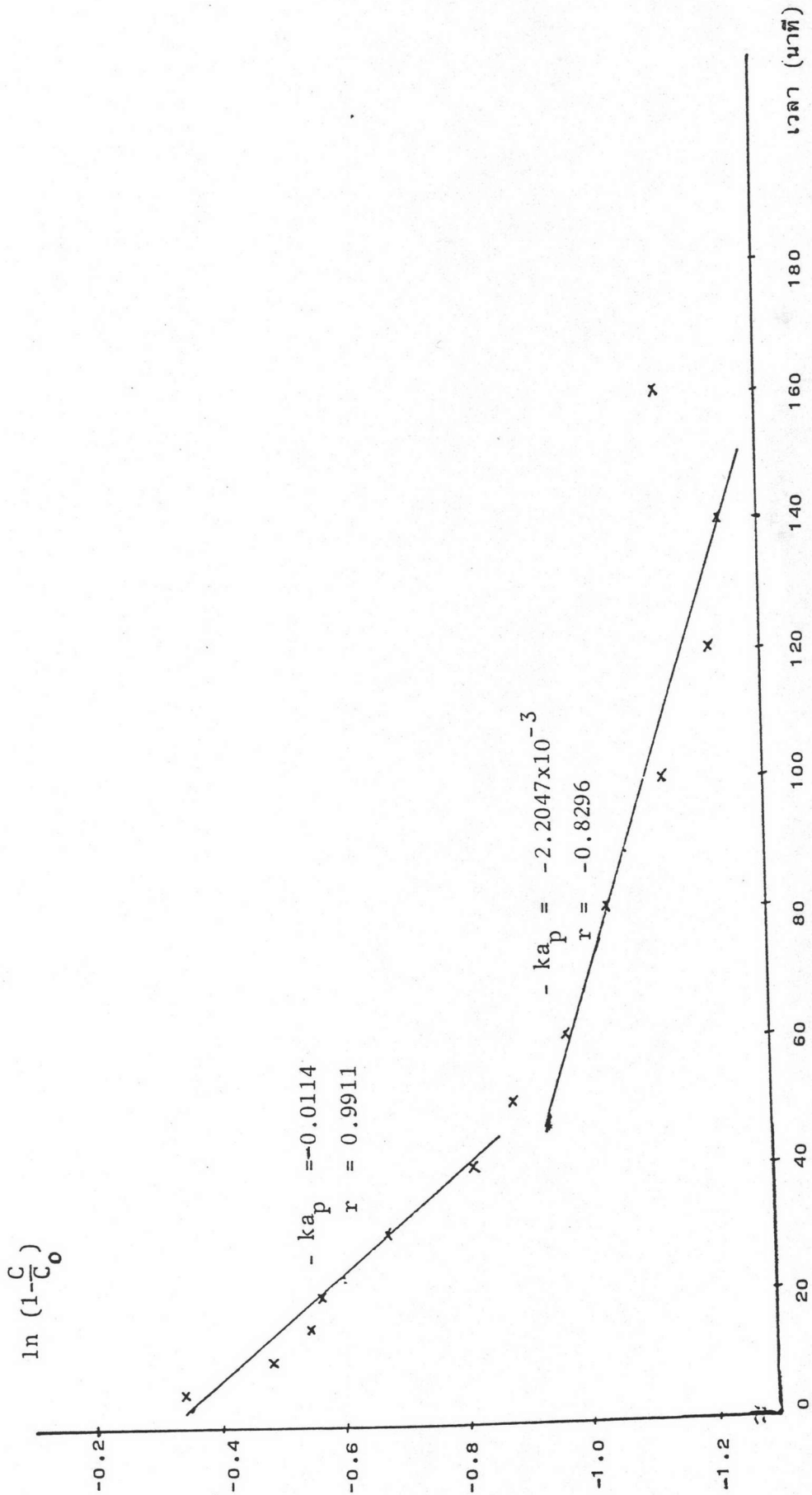
ไรหน่วยสำหรับค่า $-k_a p$ ได้จาก slope ของการ plot $\ln(1 - \frac{C}{C_0})$ กับเวลา ซึ่งค่า

C_0 เป็นค่าความเข้มข้นที่ฟิวส์สัมผัส จะเป็นค่าร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำมันต่อตัวทำละลาย

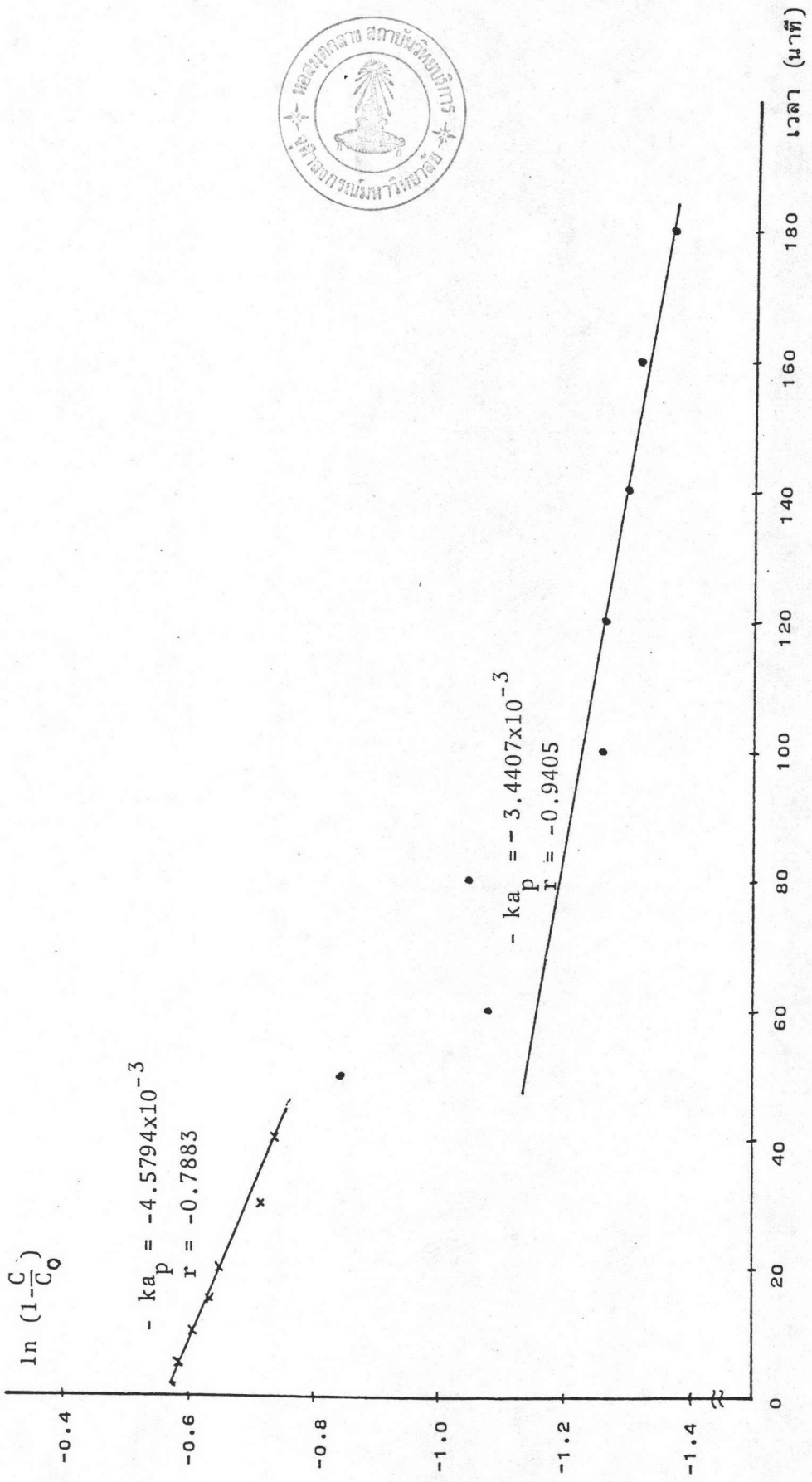
ที่สูงสุดของ เมิลด์ยงแต่ละขนาด และแต่ละความเร็ว ดังตารางที่ 69-100 ซึ่งเขียนเป็น

กราฟดังรูปที่ 33 และ 34

ดั่งแผนผังการคำนวณที่ 2



รูปที่ 33 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln \left(1 - \frac{C}{C_0} \right)$ กับเวลา, ขนาด 1-2 มม., $S/L=1:4.4$, ที่ความเร็ว 1860 รอบ/นาที



รูปที่ 34 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln (1-\frac{C}{C_0})$ กับเวลา, ขนาด ≤ 1 มม., $S/L = 1:4.4$, ที่ความเร็ว 1860 รอบ/นาที

ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(1 - \frac{C}{C_0})$ กับเวลาได้ค่า slope ดังนี้

ขนาด < 1 มม. ช่วง 40 นาทีแรก

S/L	Re = 1.4683x10 ⁵		Re = 8.9597x10 ⁴		Re = 5.5258x10 ⁴	
	(ka _p) ₁	$\frac{ka}{(-N)^p}$ ₁	(ka _p) ₁	$\frac{ka}{(-N)^p}$ ₁	(ka _p) ₁	$\frac{ka}{(-N)^p}$ ₁
1/5.5	1.2618x10 ⁻³	4.0703x10 ⁻⁵	6.3082x10 ⁻³	3.3347x10 ⁻⁴	1.2747x10 ⁻³	1.0926x10 ⁻⁴
1/5.0	3.0376x10 ⁻³	9.7986x10 ⁻⁵	4.8118x10 ⁻³	2.5437x10 ⁻⁴	1.5276x10 ⁻³	1.3094x10 ⁻⁴
1/4.4	4.5794x10 ⁻³	1.4772x10 ⁻⁴	7.8588x10 ⁻⁴	4.1545x10 ⁻⁵	3.8941x10 ⁻³	3.3378x10 ⁻⁴
1/3.0	0.0424	1.3678x10 ⁻³	7.5146x10 ⁻³	3.9725x10 ⁻⁴	4.9865x10 ⁻³	4.2742x10 ⁻⁴

ขนาด < 1 มม. ช่วง 50-180 นาที

S/L	Re = 1.4683x10 ⁵		Re = 8.9597x10 ⁴		Re = 5.5258x10 ⁴	
	(ka _p) ₂	$\frac{ka}{(-N)^p}$ ₂	(ka _p) ₂	$\frac{ka}{(-N)^p}$ ₂	(ka _p) ₂	$\frac{ka}{(-N)^p}$ ₂
1/5.5	9.7105x10 ⁻⁵	3.1324x10 ⁻⁶	9.7485x10 ⁻⁵	5.1534x10 ⁻⁶	2.0431x10 ⁻⁴	1.7512x10 ⁻⁵
1/5.0	1.1613x10 ⁻³	3.7461x10 ⁻⁵	2.0951x10 ⁻³	1.1075x10 ⁻⁴	1.3153x10 ⁻³	1.1274x10 ⁻⁴
1/4.4	3.4407x10 ⁻³	1.1099x10 ⁻⁴	9.8320x10 ⁻⁴	5.1976x10 ⁻⁵	7.2023x10 ⁻⁴	6.1734x10 ⁻⁵
1/3.0	5.0504x10 ⁻³	1.6292x10 ⁻⁴	0.0135	7.1364x10 ⁻⁴	0.0129	1.1057x10 ⁻³

ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(1 - \frac{C}{C_0})$ กับเวลาจะได้ค่า slope ดังนี้

ขนาด 1-2 มม. ช่วง 40 นาทีแรก

S/L	Re = 1.4683x10 ⁵		Re = 8.9597x10 ⁴		Re = 5.5258x10 ⁴	
	(ka _p) ₁	$\frac{ka}{(-N)^p}$ ₁	(ka _p) ₁	$\frac{ka}{(-N)^p}$ ₁	(ka _p) ₁	$\frac{ka}{(-N)^p}$ ₁
1/5.5	5.3441x10 ⁻³	1.7239x10 ⁻⁴	1.5212x10 ⁻³	8.0418x10 ⁻⁵	3.8706x10 ⁻³	3.3176x10 ⁻⁴
1/5.0	5.0312x10 ⁻³	1.6229x10 ⁻⁴	3.7459x10 ⁻³	1.9802x10 ⁻⁴	8.2124x10 ⁻³	7.0392x10 ⁻⁴
1/4.4	0.0114	3.6774x10 ⁻⁴	2.9188x10 ⁻³	1.5430x10 ⁻⁴	5.3229x10 ⁻³	4.5625x10 ⁻⁴
1/3.0	0.0208	6.7098x10 ⁻⁴	0.0125	6.6078x10 ⁻⁴	0.0193	1.6543x10 ⁻³

ขนาด 1-2 มม. ช่วง 50-180 นาที

S/L	Re = 1.4683x10 ⁵		Re = 8.9597x10 ⁴		Re = 5.5258x10 ⁴	
	(ka _p) ₂	$\frac{ka}{(-N)^p}$ ₂	(ka _p) ₂	$\frac{ka}{(-N)^p}$ ₂	(ka _p) ₂	$\frac{ka}{(-N)^p}$ ₂
1/5.5	1.6433x10 ⁻³	5.3009x10 ⁻⁵	1.4351x10 ⁻³	7.5864x10 ⁻⁵	1.1713x10 ⁻³	1.0040x10 ⁻⁴
1/5.0	2.6680x10 ⁻³	8.6064x10 ⁻⁵	3.5612x10 ⁻³	1.8826x10 ⁻⁴	1.2382x10 ⁻⁴	1.0613x10 ⁻⁵
1/4.4	2.2047x10 ⁻³	7.1118x10 ⁻⁵	2.3520x10 ⁻³	1.2433x10 ⁻⁴	2.6477x10 ⁻³	2.2694x10 ⁻⁴
1/3.0	0.0135	4.3549x10 ⁻⁴	0.0202	1.0678x10 ⁻³	0.0235	2.0143x10 ⁻³

ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(1 - \frac{C}{C_0})$ กับเวลา จะได้ค่า slope ดังนี้

ขนาด 2-3 มม. ช่วง 40 นาทีแรก

S/L	Re = 1.4683x10 ⁵		Re = 8.9597x10 ⁴	
	(ka _p) ₁	$\frac{ka}{(-N)^p}$ ₁	(ka _p) ₁	$\frac{ka}{(-N)^p}$ ₁
1/5.5	5.9582x10 ⁻³	1.9220x10 ⁻⁴	4.9459x10 ⁻³	2.6146x10 ⁻⁴
1/5.0	1.7688x10 ⁻³	5.7058x10 ⁻⁵	6.5918x10 ⁻³	3.4847x10 ⁻⁴
1/4.4	7.1271x10 ⁻³	2.2991x10 ⁻⁴	0.0101	5.3392x10 ⁻⁴
1/3.0	5.6306x10 ⁻³	1.8163x10 ⁻⁴	0.0191	1.0097x10 ⁻³

ขนาด 2-3 มม. ช่วง 50-180 นาที

S/L	Re = 1.4683x10 ⁵		Re = 8.9597x10 ⁴	
	(ka _p) ₂	$\frac{ka}{(-N)^p}$ ₂	(ka _p) ₂	$\frac{ka}{(-N)^p}$ ₂
1/5.5	1.0895x10 ⁻³	3.5145x10 ⁻⁵	1.4355x10 ⁻³	7.5888x10 ⁻⁵
1/5.0	2.8557x10 ⁻³	9.2118x10 ⁻⁵	2.6738x10 ⁻³	1.4135x10 ⁻⁴
1/4.4	2.1980x10 ⁻³	7.0902x10 ⁻⁵	3.0844x10 ⁻³	1.6305x10 ⁻⁴
1/3.0	1.1442x10 ⁻³	3.6910x10 ⁻⁵	0.0130	6.8724x10 ⁻⁴

การหาค่า B_3 โดยใช้ power regression ที่ S/L เดียวกัน แต่ Re

กัน

ขนาด < 1 มม.

S/L	B_3	r_3
1/5.5	-1.0223	-0.4747
1/5.0	-0.3026	-0.3024
1/4.4	-0.8217	-0.3824
1/3.0	1.1951	0.8418

ค่า r_3 น้อยมากจึงใช้ trial and error ใช้ค่า -1.9500

ขนาด 1-2 มม.

1/5.5	-0.6618	-0.4559
1/5.0	-1.4974 → B_3	-0.9193
1/4.4	-0.2134	-0.1817
1/3.0	-0.9199	-0.8554

ขนาด 2-3 มม.

1/5.5	-0.6230 → B_3	-
1/5.0	-3.6633	-
1/4.4	-1.7058	-
1/3.0	-3.4729	-

จากการคำนวณค่า $M_{av < 1 \text{ มม.}}$ โดยใช้

$$\left(\frac{ka}{N^p}\right)_1 = M (\text{Re})^{-1.9500} (\text{S/L})^{5.6457}$$

$$\text{ได้ } M_{av < 1 \text{ มม.}} = 8.7463 \times 10^9$$

แต่จากการใช้ linear regression ได้

$$\left(\frac{ka}{N^p}\right)_1 = 2.7075 \times 10^8 (\text{Re})^{-1.9500} (\text{S/L})^{5.6457}$$

$$r = 24.65 \% \text{ ดังรูปที่ 35}$$

จากการคำนวณค่า $P_{av < 1 \text{ มม.}}$ โดยใช้

$$\left(\frac{ka}{N^p}\right)_2 = P (\text{Re})^{-1.8609} (\text{S/L})^{6.1655}$$

$$\text{ได้ } P_{av < 1 \text{ มม.}} = 1.3914 \times 10^8$$

แต่จากการใช้ linear regression ได้

$$\left(\frac{ka}{N^p}\right)_2 = 6.6867 \times 10^8 (\text{Re})^{-1.8609} (\text{S/L})^{6.1655}$$

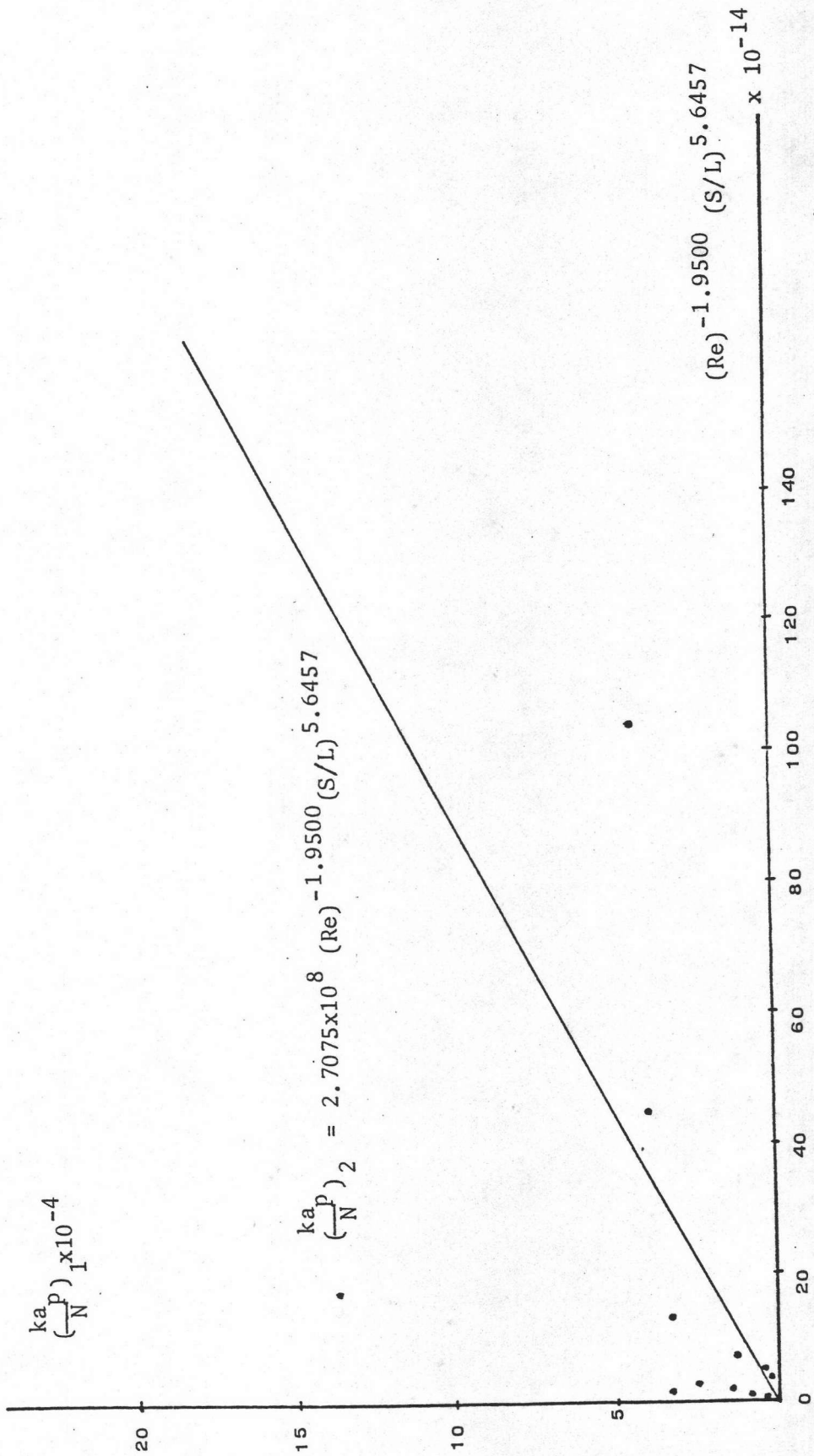
$$r = 97.09 \% \text{ ดังรูปที่ 36}$$

จากการคำนวณค่า $M_{av 1-2 \text{ มม.}}$ โดยใช้

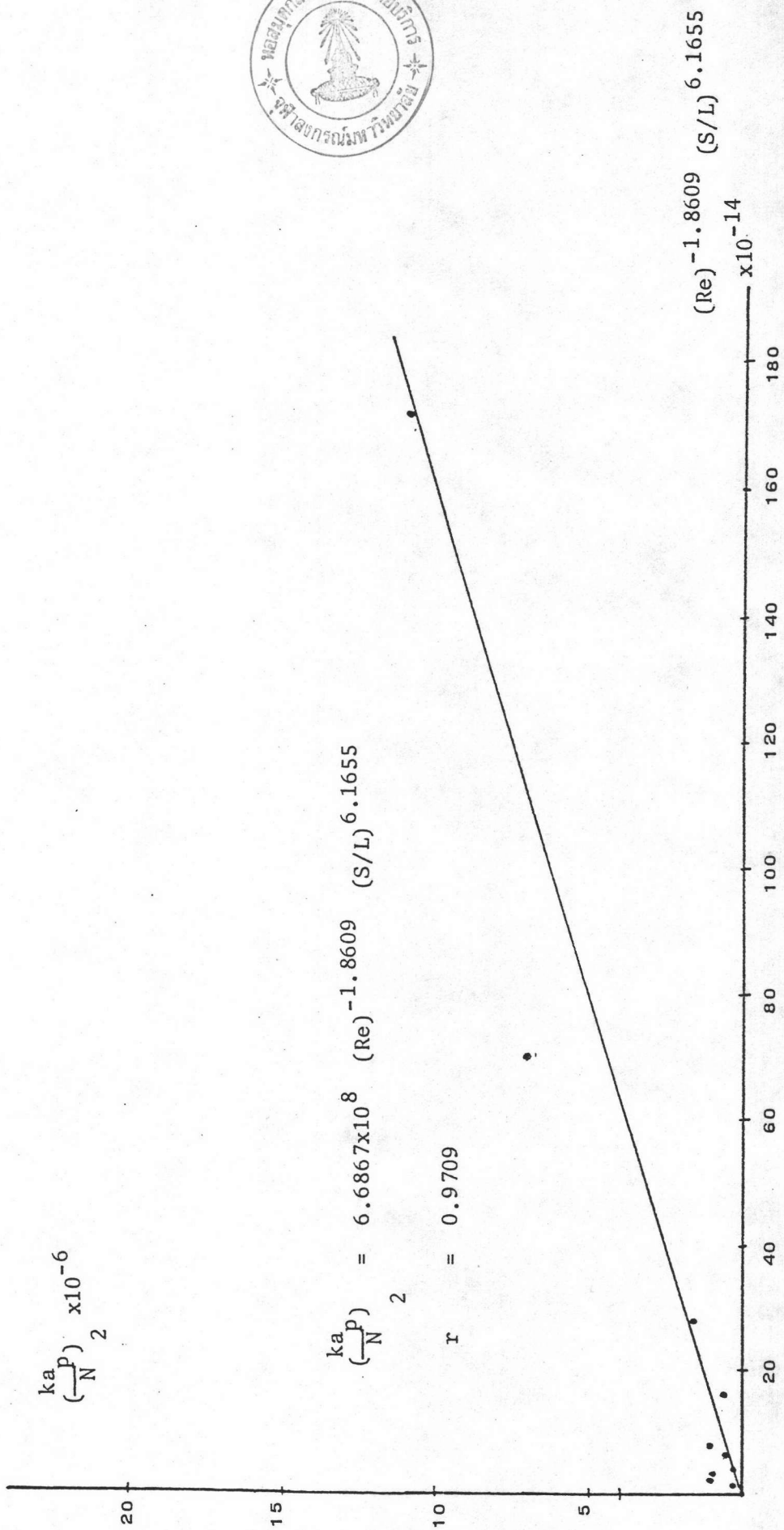
$$\left(\frac{ka}{N^p}\right)_1 = M (\text{Re})^{-1.4974} (\text{S/L})^{2.5274}$$

$$\text{ได้ } M_{av 1-2 \text{ มม.}} = 4.1038 \times 10^5$$

แต่จากการใช้ linear regression ได้



รูปที่ 35 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\left(\frac{k_a}{N^p}\right)_2$ กับ $(Re)^{-1.9500} (S/L) 5.6457$, ขนาด < 1 มม. ช่วง 40 นาทีแรก



รูปที่ 36 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{k_a}{(N^2)}$ กับ $(Re)^{-1.8609} (S/L)^{6.1655}$, ขนาด ≤ 1 มม., ช่วง 50-180 นาที

$$\left(\frac{ka}{N}\right)_1^p = 3.1084 \times 10^5 (Re)^{-1.4974} (S/L)^{2.5274}$$

$$r = 93.40 \% \text{ ดังรูปที่ 37}$$

จากการคำนวณค่า P_{av} 1-2 มม. โดยใช้

$$\left(\frac{ka}{N}\right)_2^p = P (Re)^{-1.1364} (S/L)^{3.7756}$$

$$\text{ได้ } P_{av} \text{ 1-2 มม.} = 2.0396 \times 10^4$$

แต่จากการใช้ linear regression ได้

$$\left(\frac{ka}{N}\right)_2^p = 3.1686 \times 10^4 (Re)^{-1.1364} (S/L)^{3.7756}$$

$$r = 98.46 \% \text{ ดังรูปที่ 38}$$

จากการคำนวณค่า M_{av} 2-3 มม. โดยใช้

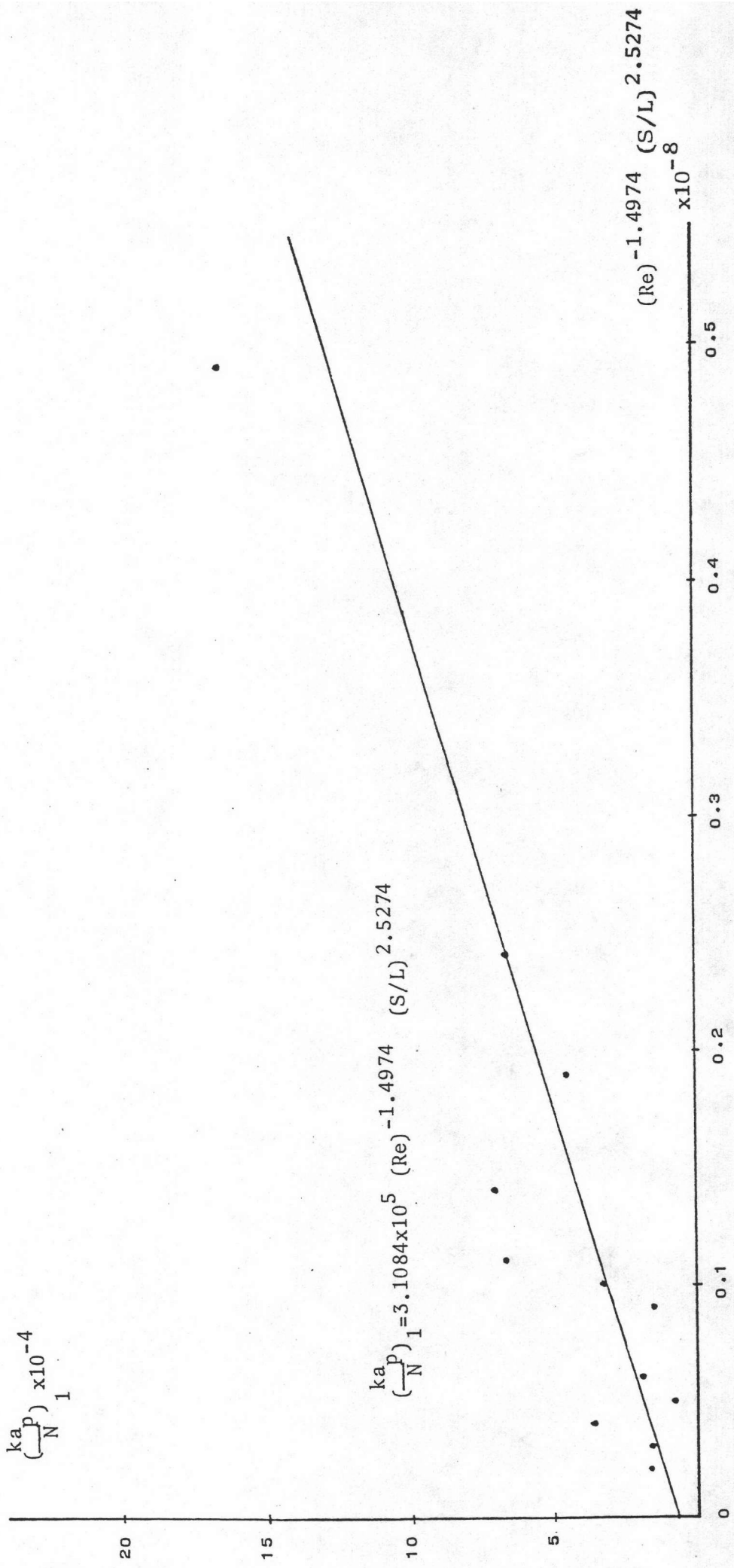
$$\left(\frac{ka}{N}\right)_1^p = M (Re)^{-1.1644} (S/L)^{2.1906}$$

$$\text{ได้ } M_{av} \text{ 2-3 มม.} = 5.9261 \times 10^3$$

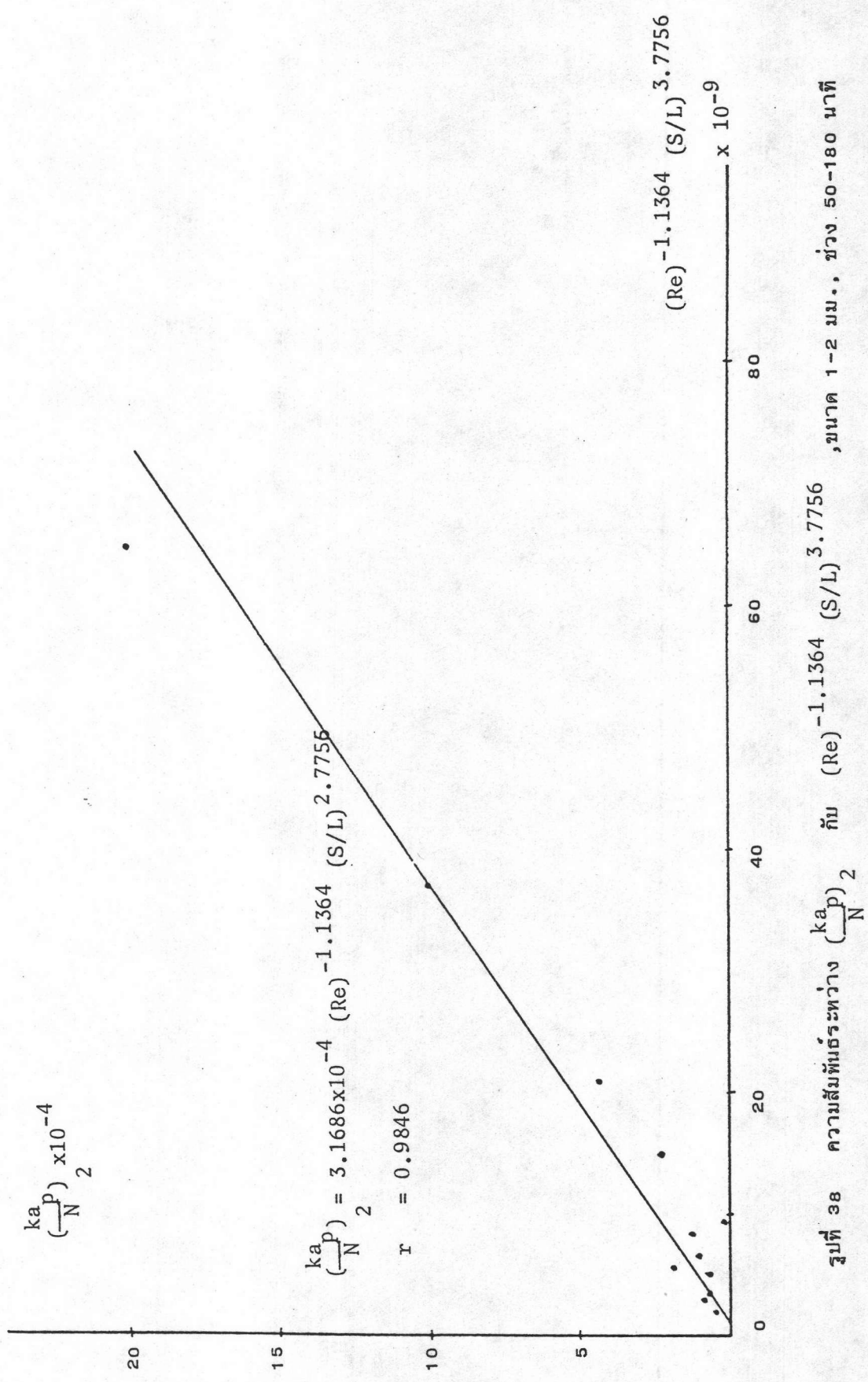
แต่จากการใช้ linear regression ได้

$$\left(\frac{ka}{N}\right)_1^p = 6.8676 \times 10^3 (Re)^{-1.1644} (S/L)^{2.1906}$$

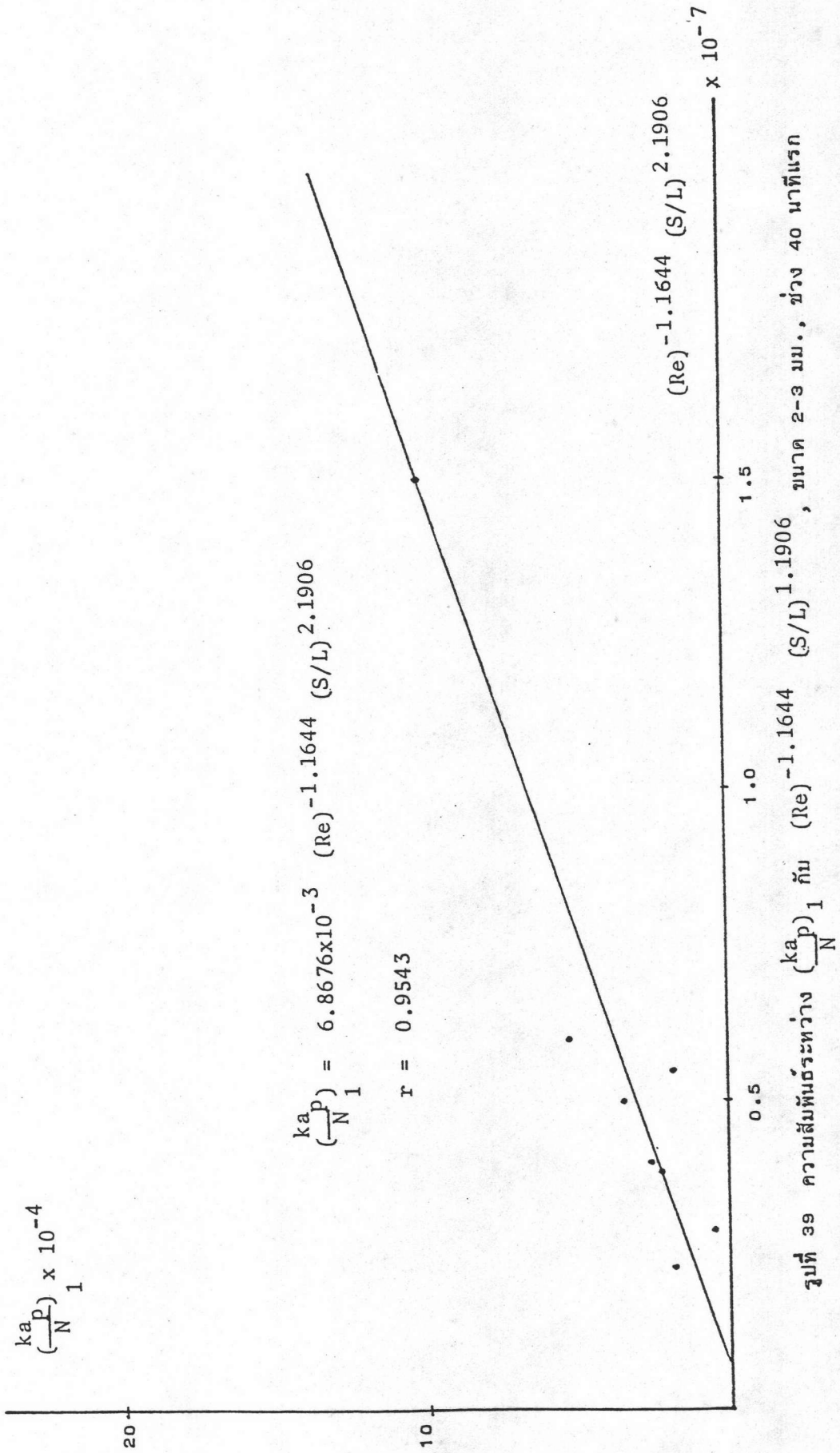
$$r = 95.43 \% \text{ ดังรูปที่ 39}$$



รูปที่ 37 ความสัมพันธ์ระหว่าง $(\frac{ka}{N})_1$ กับ $(Re)^{-1.4974} (S/L)^{2.5274}$, ขนาด 1-2 มม. , ช่วง 40 นาทีแรก



รูปที่ 38 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\left(\frac{k_a}{N^2}\right)^2$ กับ $(Re)^{-1.1364} (S/L)^{3.7756}$, ขนาด 1-2 มม., ช่วง 50-180 นาที



รูปที่ 39 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\left(\frac{ka_p}{N}\right)_1$ กับ $(Re)^{-1.1644} (S/L)^{2.1906}$, ขนาด 2-3 มม., ช่วง 40 นาทีแรก

จากการคำนวณค่า P_{av} 2-3 มม. โดยใช้

$$\left(\frac{ka}{N}\right)_2 = P (Re)^{-0.8668} (S/L)^{3.4979}$$

ได้ P_{av} 2-3 มม. = 5.2481×10^2

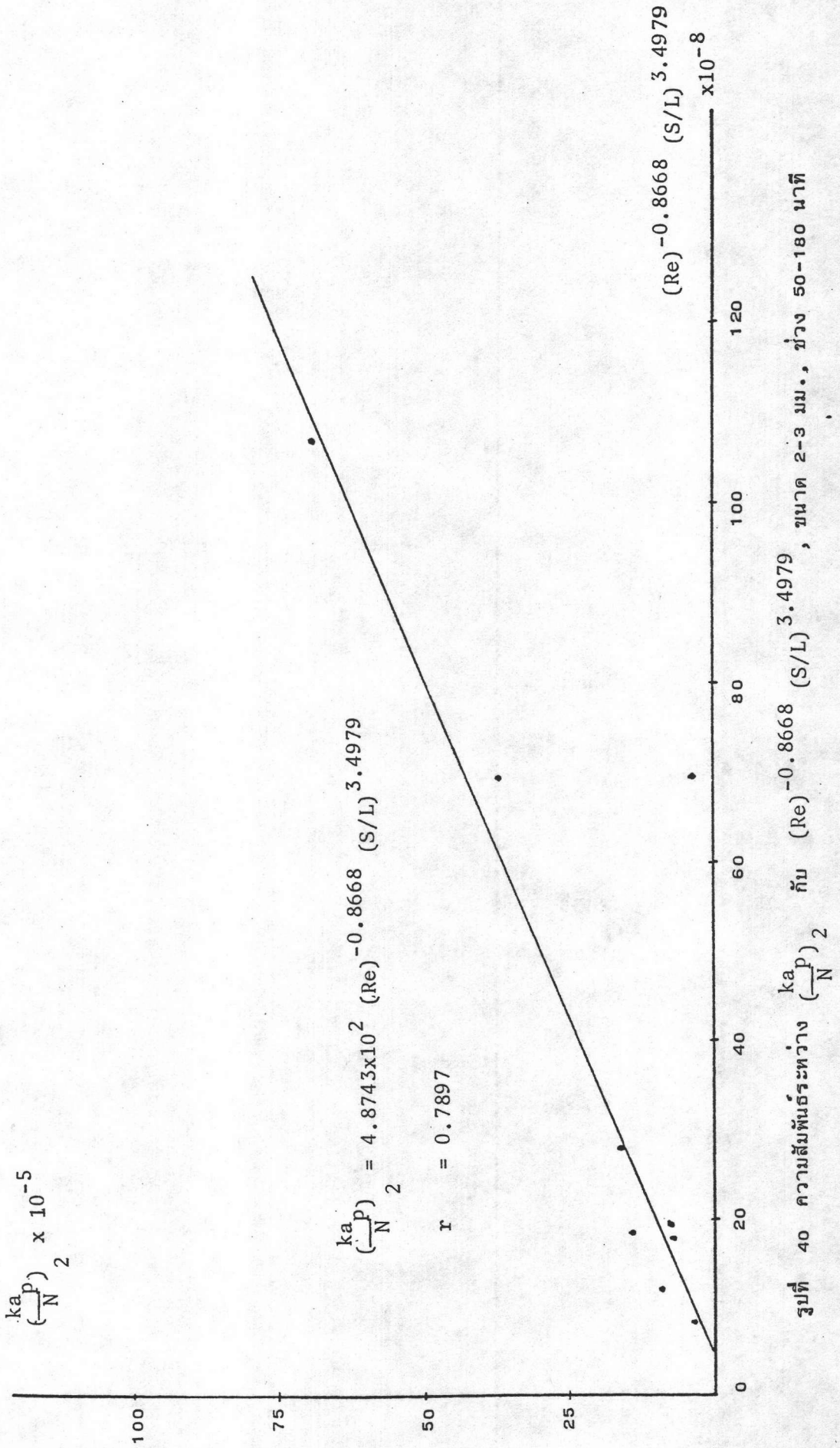
แต่จากการใช้ linear regression ได้

$$\left(\frac{ka}{N}\right)_2 = 4.8743 \times 10^2 (Re)^{-0.8668} (S/L)^{3.4979}$$

$$r = 78.97 \% \quad \text{ดังรูปที่ 40}$$

จากสมการทั้ง 6 สมการ ซึ่งเป็นของขนาดเมล็ดค่างพารา สามขนาด ซึ่งแต่ละขนาด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการถ่ายเทมวลช่วงแรกกับช่วงหลัง พบว่า

1. การถ่ายเทมวลช่วงแรกจะมากกว่าช่วงหลัง ที่ความเร็วเดียวกันและ S/L เดียวกัน
2. การถ่ายเทมวลช่วงแรกจะมากกว่าช่วงหลัง ที่ความเร็วเดียวกัน และ S/L ต่างกัน
3. ไม่ว่าจะเป็นการถ่ายเทมวลช่วงแรกหรือช่วงหลัง พบว่า เมื่อความเร็วสูง ที่ S/L ต่างกัน จะให้การถ่ายเทมวลมากกว่าที่ความเร็วรอบใบพัดค่า
4. ไม่ว่าจะเป็นการถ่ายเทมวลช่วงแรกหรือช่วงหลัง ที่ความเร็วเดียวกันใช้ตัว ทำละลายมาก (S/L น้อยลง) จะให้การถ่ายเทมวลเกือบเท่ากัน



รูปที่ 40 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\left(\frac{ka}{N^2}\right)$ กับ $(Re)^{-0.8668} (S/L)^{3.4979}$, ขนาด 2-3 มม., ช่วง 50-180 นาที