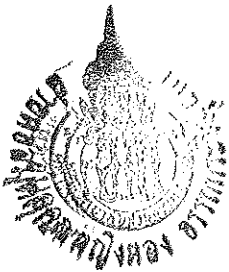


การสกัดโปรตีนออกจากเนื้อยางธรรมชาติ และการหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย

ของเนื้อยางธรรมชาติ โดยการวัดความหนืด และการกระจายแสง

Deproteinisation of Natural Rubber and Determination of its
Average Molecular Weight by Viscosity and Light Scattering Measurements



นายสุธี เทพูปัทมภ์

MR. SUTEE TEPUPATUMP

๗

| | | | |
|-------------|--------|-----------|------|
| เลขที่..... | ๑.๕๘๖๕ | ๕๗๓.๒๕๒๔ | ๓. ๒ |
| เลขที่..... | ๑.๖ | ๓.๑. ๒๕๓๖ | |

| | |
|----------------|--------|
| Order Key..... | ๑๓๑๙ |
| BIB Key..... | ๑๑๐๖๙๖ |

วิทยาลัยศึกษาศาสตร์มหาสารคาม สาขาเคมีศึกษา

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Chemical Studies

Prince of Songkla University

2524

รายนามคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(อาจารย์อุบลวรรณ อรัญวงค์กร)

ประธานกรรมการ

.....
(อาจารย์ ดร. สัมพันธ์ วงศ์นาวา)

กรรมการ

.....
(อาจารย์ ดร. สุรพงษ์ สุวจิตตานนท์)

กรรมการ

.....
(รองคณบดีอาจารย์ ดร. พิเชษฐ์ วิริยะจิตรา)

กรรมการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการ
ศึกษาตามหลักสูตรศึกษาค่าลัทธิมหาบัณฑิต สาขาเคมีศึกษา

.....
(รองคณบดีอาจารย์ ดร. พิเชษฐ์ วิริยะจิตรา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คำขอขอบคุณ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณอาจารย์ อุบลวรรณ อรัญวงค์กร ที่ได้แนะแนวทางในการศึกษา ให้คำปรึกษา และตรวจแก้ไขการเขียนวิทยานิพนธ์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี และผู้เขียนขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์ ดังต่อไปนี้ ที่กรุณาให้คำปรึกษา และแนะแนวทางปฏิบัติการทำงาน

- | | | |
|--|-------------|--|
| อาจารย์อุตล่ำหี | ศาสตราจารย์ | ภา ตรีวิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| อาจารย์ ดร.บุญธรรม นิธิภัย | | ภา ตรีวิชา วิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ เสนวนิชย์ | | ภา ตรีวิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| อาจารย์ ดร.กฤษฎา ลู่ชีวะ | | ภา ตรีวิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวรณย์ บัวเล็ก | | ภา ตรีวิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชิต โตสุโขวงศ์ | | ภา ตรีวิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล |

ผู้เขียนยังได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจาก นักวิชาการ เจ้าหน้าที่ และผู้เกี่ยวข้องของศูนย์วิจัยการยาง หาดใหญ่ สงขลา หลายท่าน ซึ่งได้อำนวยความสะดวก ในการเก็บตัวอย่างยางพารา เพื่อนำมาทำการวิจัย นอกจากนี้ ภา ตรีวิชาเคมี ภา ตรีวิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และภา ตรีวิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้กรุณาให้ใช้ สำรเคมี อุปกรณ์สำหรับการทดลอง และสถานที่ รวมทั้ง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งผู้เขียนในขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คงจะก่อให้เกิดประโยชน์ในการศึกษายื่นต่อไปอีก ไม่นานก็น้อย สำหรับผู้ที่สนใจทำงานวิจัยเกี่ยวกับยางพารา

สารสังเขป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษา การสกัดโปรตีนออกจากเนื้อยางธรรมชาติ (Deproteinisation of Natural Rubber, DPNR) เพื่อให้ได้เนื้อยางธรรมชาติ (Natural Rubber, NR) ที่มีโปรตีนอยู่น้อยที่สุด แล้วนำมาศึกษาหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยที่แท้จริง โดยการวัดความหนืด และหารวัดการกระจายแสง

การทดลองสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ เริ่มจากการนำน้ำยางสดของยางพาราพันธุ์ Khohong Rubber Station 138 (KRS 138) ไปปั่น (Centrifuge) ด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง (Ultracentrifuge, UC) ที่ความเร็ว 25,000 รอบต่อนาที ภายใต้อัตราความดัน 0-10 ไมโครเมตรของปรอทและอุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้ NR แยกออกมาอยู่ส่วนบนสุดของหลอด UC นำ NR ไปอบให้แห้ง แล้วหปปริมาณโปรตีน (ปริมาณร้อยละของไนโตรเจน) ที่แทรกอยู่ใน NR โดยวิธีการ Kjeldahl จากนั้น นำ NR ไปสกัดเอาโปรตีนออก (ทำ DPNR) ซึ่งในงานวิจัยนี้ ทำทั้งหมด 5 วิธีด้วยกัน คือ

- DPNR วิธีที่ 1 โดยตกตะกอนในเอทิลอัลกอฮอล์
- DPNR วิธีที่ 2 โดยสกัดด้วยเอทิลอีเทอร์
- DPNR วิธีที่ 3 โดยสกัดด้วยน้ำและตกตะกอนในเอทิลอัลกอฮอล์
- DPNR วิธีที่ 4 โดยสกัดด้วยโซเดียม ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7.2 และตกตะกอนในเอทิลอัลกอฮอล์
- DPNR วิธีที่ 5 ใช้ไนโตรเลียม สเปิร์ต (petroleum spirit)

นำ NR ที่ได้จากการทำ DPNR ทั้ง 5 วิธีนี้ มาเตรียมเป็นสารละลายในโทลูอีน แล้วนำไปวัดค่าความหนืด และหารกระจายแสง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย

จากการศึกษาครั้งนี้ สรุปได้ว่า น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของ NR จะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR ลดลง และน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของ NR ที่แท้จริง (เมื่อพิจารณาปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR สดลง และน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของ NR ที่แท้จริง (เมื่อพิจารณาปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR มีค่าเท่ากับศูนย์) มีค่าเท่ากับ $(1.14 \pm 0.07) \times 10^6$ (โดยการวัดความหนืด) และ $(1.25 \pm 0.03) \times 10^6$ (โดยการวัดการกระจายแสง)

28 24

SUMMARY

Deproteinised natural rubber is an improved form of natural rubber with very low nitrogen and ash contents. It was laboratorily prepared and used in this work for the determination of its average molecular weight by viscosity and light scattering measurements.

Fresh rubber latex, type Khohong Rubber Station 138 (KRS 138) was first centrifuged with ultracentrifuge (UC) at 25,000 rpm., under pressure 0-10 μ m of Hg and temperature 0-5°C for one hour. The top layer consisted mainly of rubber particles. It was dried and the protein-N content (% nitrogen) was determined by Kjeldahl analysis. Subsequently, the deproteinisation of natural rubber (DPNR) was carried out with 5 different methods as follows:

- DPNR 1 by precipitation from ethyl alcohol
- DPNR 2 by extraction with ethyl ether
- DPNR 3 by extraction with water and precipitation from
ethyl alcohol
- DPNR 4 by extraction with sodium phosphate buffer, pH
7.2 and precipitation from ethyl alcohol
- DPNR 5 by extraction with petroleum spirit

Various concentrations of natural rubber solutions were prepared in toluene for the viscosity and light scattering measurements. The data so obtained were interpreted to give the average molecular weight of NR.

It can be concluded from this work that the average molecular weight of NR is inversely proportional to the protein-N content in NR. The average molecular weight of NR (assuming zero % nitrogen in NR) from viscosity data is $(1.14 \pm 0.07) \times 10^6$ and from light scattering data is $(1.25 \pm 0.03) \times 10^6$

สารบัญ

| | หน้า |
|--|-------|
| คำขอบคุณ | ก |
| สารสังเขป (SUMMARY) | ข-ค |
| รายการตารางประกอบ | จ-ฉ |
| รายการรูปประกอบ..... | ช-ซ |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 ยางพารา | 1 |
| 1.2 พันธุ์ของยางพารา | 1 |
| 1.3 องค์ประกอบของน้ำยางสด | 1-3 |
| 1.4 โคมเลกุลของเนื้อยางธรรมชาติ | 3-4 |
| 1.5 การสกัดโปรตีนออกจากเนื้อยางธรรมชาติ (DPNR) | 4 |
| 1.6 การหาค่าหมักโคมเลกุลเฉลี่ยของเนื้อยางธรรมชาติ (NR) | 4 |
| 1.6.1 โดยวิธีการวัดความหนืด | 4-5 |
| 1.6.2 โดยวิธีการวัดการกระจายแสง | 5-8 |
| บทที่ 2 ภาคการทดลอง | |
| 2.1 การแยก NR ออกจากน้ำยางสด | 9 |
| 2.2 การทำ NR ให้แห้ง | 9-10 |
| 2.3 การหาปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR | 11-12 |
| 2.4 การสกัดโปรตีนออกจากเนื้อยางธรรมชาติ (DPNR) | |
| 2.4.1 DPNR วิธีที่ 1 | 13 |
| 2.4.2 DPNR วิธีที่ 2 | 14 |
| 2.4.3 DPNR วิธีที่ 3 | 14 |
| 2.4.4 DPNR วิธีที่ 4 | 14 |
| 2.4.5 DPNR วิธีที่ 5 | 14 |
| 2.5 การวัดความหนืด | 15 |

สารบัญตารางประกอบ

| ตารางที่ | คำอธิบายตารางประกอบ | หน้า |
|----------|---|------|
| 1 | ปทานุกรมพินิจไม้ของยางพารา | 1 |
| 2 | ส่วนประกอบของน้ำยางสด | 2 |
| 3 | ไดอะแกรมแสดงองค์ประกอบของน้ำยางสด | 3 |
| 4 | แสดงปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR ภายหลังจาก DPNR ทั้ง 5 วิธี | 21 |
| 5 | แสดงการวัด Flow time และการคำนวณหาค่า η_{sp}/C ของสารละลาย NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 1 | 23 |
| 6 | แสดงการวัด Flow time และการคำนวณหาค่า η_{sp}/C ของสารละลาย NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 2 | 25 |
| 7 | แสดงการวัด Flow time และการคำนวณหาค่า η_{sp}/C ของสารละลาย NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 3 | 27 |
| 8 | แสดงการวัด Flow time และการคำนวณหาค่า η_{sp}/C ของสารละลาย NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 4 | 29 |
| 9 | แสดงการวัด Flow time และการคำนวณหาค่า η_{sp}/C ของสารละลาย NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 5 | 31 |
| 10 | แสดง $[\eta]$ และ \bar{M}_v ของสารละลาย NR ที่ได้จากการทำ DPNR แต่ละวิธี | 34 |
| 11 | แสดงการวัด d_1, d_2 และการคำนวณหา Δn ของสารละลาย NR ในโทลูอีน | 35 |
| 12 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณร้อยละของไนโตรเจน กับ $\frac{dn}{dc}$ | 37 |
| 13 | แสดงการเปรียบเทียบค่า $\frac{dn}{dc}$ เมื่อทราบค่าปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR | 39 |
| 14 | แสดงค่า transmittance ของ neutral filters | 40 |
| 15 | แสดงการวัดการกระจายแสง และการคำนวณหาค่า $\frac{HC}{T}$ ของสารละลาย NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 1 | 42 |
| 16 | แสดงการวัดการกระจายแสง และการคำนวณหาค่า $\frac{HC}{T}$ ของสารละลาย NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 2 | 44 |

| ตารางที่ | คำอธิบายตารางประกอบ | หน้า |
|----------|--|------|
| 17 | แสดงการวัดการกระจายแสงและการคำนวณหาค่า $\frac{HC}{T}$ ของสารละลาย NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 3 | 46 |
| 18 | แสดงการวัดการกระจายแสงและการคำนวณหาค่า $\frac{HC}{T}$ ของสารละลาย NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 4 | 48 |
| 19 | แสดงการวัดการกระจายแสงและการคำนวณหาค่า $\frac{HC}{T}$ ของสารละลาย NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 5 | 50 |
| 20 | แสดง $\frac{HC}{T}$ และ \bar{M}_v ของสารละลาย NR ที่ได้จากการทำ DPNR แต่ละวิธี | 52 |
| 21 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $[\eta]$ กับปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR | 55 |
| 22 | แสดงน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย \bar{M}_v ของ NR | 61 |
| 23 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{T}_{c=0}$ กับ ปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR | 63 |
| 24 | แสดงน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย \bar{M}_v ของ NR | 69 |
| 25 | แสดงผลการทดลองสรูป ของ NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 1 | 71 |
| 26 | แสดงผลการทดลองสรูปของ NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 2 | 72 |
| 27 | แสดงผลการทดลองสรูปของ NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 3 | 73 |
| 28 | แสดงผลการทดลองสรูปของ NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 4 | 74 |
| 29 | แสดงผลการทดลองสรูปของ NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 5 | 75 |

สำรบัญรูปประกอบ

| รูปที่ | คำอธิบายรูปประกอบ | หน้า |
|--------|---|----------|
| 1 | แสดงการกระจายของแสง เมื่อแสง ตกกระทบอนุภาค | 6 |
| 2 | แสดงอุปกรณ์ที่กำเนิด นี้อย่าง ธรรมชาติให้แห้ง | 10 |
| 3 | Markam Still apparatus | 12 |
| 4 | แสดงส่วนประกอบของน้ำยางสด | 20 |
| 5 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR กับจำนวนครั้ง DPNR ทั้ง 5 วิธี | 22 |
| 6 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/C กับ C ของ NR ที่ได้จาก DPNR วิธีที่ 1 | 24 |
| 7 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/C กับ C ของ NR ที่ได้จาก DPNR วิธีที่ 2 | 26 |
| 8 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/C กับ C ของ NR ที่ได้จาก DPNR วิธีที่ 3 | 28 |
| 9 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/C กับ C ของ NR ที่ได้จาก DPNR วิธีที่ 4 | 30 |
| 10 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/C กับ C ของ NR ที่ได้จาก DPNR วิธีที่ 5 | 32 |
| 11 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Δn กับ C | |
| 12 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{dn}{dc}$ กับปริมาณร้อยละของไนโตรเจน (ใช้เป็นกราฟมาตรฐาน) | 36 38 |
| 13 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{T}$ กับ C ของ NR ที่ได้จาก DPNR วิธีที่ 1 | 43 |
| 14 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{T}$ กับ C ของ NR ที่ได้จาก DPNR วิธีที่ 2 | 45 |
| 15 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{T}$ กับ C ของ NR ที่ได้จาก DPNR วิธีที่ 3 | 47 |
| 16 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{T}$ กับ C ของ NR ที่ได้จาก DPNR วิธีที่ 4 | 49 |

| รูปที่ | คำอธิบายรูปประกอบ | หน้า |
|--------|---|------|
| 17 | กราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{T}$ กับ C ของ NR ที่ได้จาก DNR วิธีที่ 5 | 51 |
| 18 | กราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง $[n]$ กับปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR ที่ได้จาก DNR วิธีที่ 1 | 56 |
| 19 | กราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง $[n]$ กับปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR ที่ได้จาก DNR วิธีที่ 2 | 57 |
| 20 | กราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง $[n]$ กับปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR ที่ได้จาก DNR วิธีที่ 3 | 58 |
| 21 | กราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง $[n]$ กับปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR ที่ได้จาก DNR วิธีที่ 4 | 59 |
| 22 | กราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{T, C=0}$ กับปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR ที่ได้จาก DNR วิธีที่ 5 | 60 |
| 23 | กราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{T, C=0}$ กับปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR ที่ได้จาก DNR วิธีที่ 1 | 64 |
| 24 | กราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{T, C=0}$ กับปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR ที่ได้จาก DNR วิธีที่ 2 | 65 |
| 25 | กราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{T, C=0}$ กับปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR ที่ได้จาก DNR วิธีที่ 3 | 66 |
| 26 | กราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{T, C=0}$ กับปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR ที่ได้จาก DNR วิธีที่ 4 | 67 |
| 27 | กราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{T, C=0}$ กับปริมาณ ร้อยละของไนโตรเจน ใน NR ที่ได้จาก DNR วิธีที่ 5 | 68 |

บทที่ 1

1. บทนำ

1.1 ยางพารา (Phara Rubber)

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของ 14 จังหวัดภาคใต้ และ 3 จังหวัดภาคตะวันออกของประเทศไทย ปัจจุบันประเทศไทยสามารถผลิตยางพาราสั่ง เป็นสินค้าออกได้มากเป็นอันดับ 3 ของโลก¹ รองจากประเทศมาเลเซีย และอินโดนีเซีย โดยมีพื้นที่สำหรับการเพาะปลูกยางพาราประมาณ 8 ล้านไร่ และพันธุ์ยางพาราที่ใช้ปลูกมีหลายพันธุ์ เช่น Tjir 1, BP 86, KRS 13, KRS 21, RRIM 600 และ TG 1 เป็นต้น สำหรับในการทาวีสัยของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ใช้ยางพาราพันธุ์ KRS 138 ซึ่งเป็นยางพาราพันธุ์ใหม่ของศูนย์วิจัยการยางหาดใหญ่ ที่อยู่ในโครงการส่งเสริมการปลูกยางพาราทดแทนพื้นที่ในเมือง ต่อไปในอนาคต

1.2 พันธุ์ของยางพารา² (Yaang paaraa)

ยางพาราที่ใช้ปลูกในประเทศไทยขณะนี้ ทางพฤกษศาสตร์ได้จัดปทานุกรมพันธุ์ไม้ไว้ดังนี้

| | |
|----------------|---------------|
| Division | Spermatophyta |
| Sub - Division | Pteropsida |
| Class | Angrosprem |
| Order | Euphorbiales |
| Family | Euphorbiaceae |
| Genus | Hevea |
| Species | Brasiliensis |

ตารางที่ 1 ปทานุกรมพันธุ์ไม้ของยางพารา

1.3 องค์ประกอบของน้ำยางพารา³

น้ำยางสด (Fresh Latex) ที่กรีตจากต้นยางพารามีสีขาวหรือสีครีม อยู่ในสภาพ

ลักษณะสารแขวนลอย (suspension) มีความหนาแน่นระหว่าง 0.975-0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร มีค่า pH ตั้งแต่ 6.5 - 7.0 น้ายางสดประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

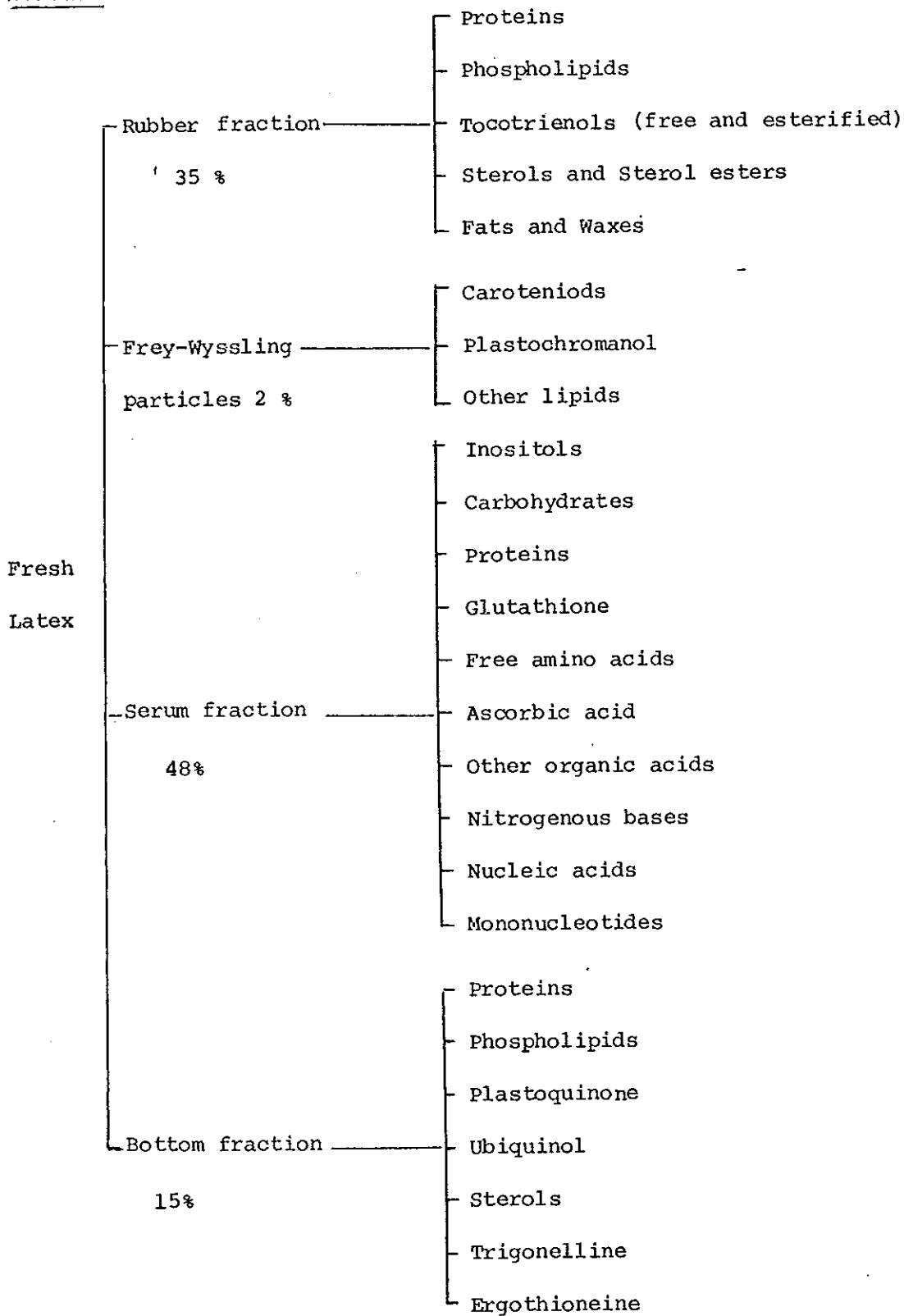
| ส่วนประกอบ | % โดยน้ำหนัก |
|-----------------------------------|--------------|
| สารที่เป็นของแข็งทั้งหมด | 36 |
| เนื้อยางแห้ง (Natural Rubber, NR) | 33 |
| สารสกัดพวกโปรตีน (Proteins) | 1-1.3 |
| สารสกัดพวกเรซิน (Resin) | 1-2.5 |
| เถ้า (Ash) | สูงถึง 1 |
| น้ำตาล | 1 |
| น้ำในปริมาณรวมแล้วเป็น | 100 |

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของน้ายางสด

ส่วนประกอบของน้ายางสดเหล่านี้ สามารถทำให้แยกออกจากกันได้ โดยใช้เครื่องปั่นความเร็วสูง^{4,5,6} (Ultracentrifuge, UC) ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังตารางที่ 3

ในส่วนของเนื้อยางธรรมชาติ (NR) มีโปรตีนที่สำคัญได้แก่อัลฟา - โกลบูลิน (α - globulin) และฮีพิน (Hevein) ซึ่งโปรตีนทั้งสองชนิดนี้ เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่⁷ มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยประมาณ 200,000 และ 10,000 ตามลำดับ ดังนั้นในการศึกษา เพื่อหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของ NR จึงจำเป็นต้องสกัดโปรตีนออกจากส่วนของ NR เสียก่อน เพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของ NR ที่แท้จริง

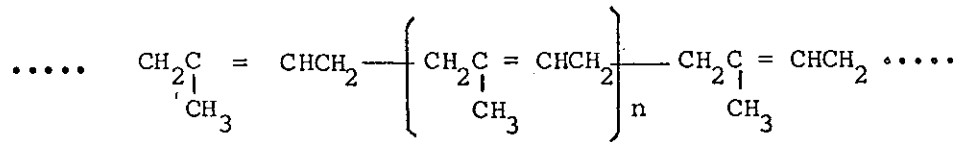
ตารางที่ 3 โดอะแกรมแสดงองค์ประกอบของน้ำยางสด



1.4 โมเลกุลของเนื้อยางธรรมชาติ⁸

โมเลกุลของ NR เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ (Macromolecule) ซึ่งประกอบด้วย

หน่วยของ isoprene หลาย ๆ หน่วย รวมเป็น polyisoprene ซึ่งอยู่ในรูปของ Cis - isomer ทั้งหมด



n มีค่าตั้งแต่ 5,000 - 45,000⁹

1.5: การสกัดโปรตีนออกจากเนื้อยางธรรมชาติ^{10,11,12}

(Deproteinisation of Natural Rubber, DPNR)

ได้มีการใช้เอนไซม์ Superase^{13,14} ซึ่งสามารถทำให้ปริมาณไนโตรเจนใน NR ลดลงเหลือเพียง 0.2% และจากการแยกส่วนของ NR ด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง^{4,5,6} พบว่ามีปริมาณของไนโตรเจนเหลืออยู่เพียง 0.3 - 0.5%

เนื่องจากว่า NR ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ที่เป็น non-polar ส่วนโปรตีนสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็น polar¹⁵ ดังนั้นถ้าเพิ่มความเป็น polar ในตัวทำละลายอินทรีย์ก็จะสามารถละลายโปรตีนออกจาก NR ได้ดียิ่งขึ้น ทำให้ปริมาณไนโตรเจนใน NR ลดลง การหาหน้าหักโมเลกุลเฉลี่ยของ NR จะมีค่าใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น

1.6: การหาหน้าหักโมเลกุลเฉลี่ยของเนื้อยางธรรมชาติในตัวทำละลาย

1.6.1: การวัดความหนืด (Viscosity measurement)

ความหนืด (Intrinsic Viscosity $[\eta]$) เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของสารในตัวทำละลายชนิดหนึ่ง และที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ ซึ่งค่าความหนืดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับ Viscosity-average molecular-weight, (\bar{M}_v) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการของ Mark-Hovwink-Staudinger¹⁶

$$[\eta] = K\bar{M}^a \dots\dots 1$$

ค่าคงที่ของ K และ a จะมีค่าเฉพาะ ในตัวทำละลายและที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ เท่านั้น ซึ่งได้มาจากการทดลองโดยการเปรียบเทียบค่าความหนืดของสารตัวอย่างกับหน้าหักโมเลกุลเฉลี่ยของสารตัวอย่างนั้นที่หาโดยใช้ Absolute method¹⁷ วิธีใดวิธีหนึ่ง เช่น การวัดโดยวิธี

Osmometry จะได้ Number average molecular weight, (\bar{M}_n) หรือโดยวิธี Light scattering measurement จะได้ Weight average molecular weight (\bar{M}_w) ซึ่งทำให้ล้มการของ Mark-Hovwink-Staudinger สำหรับ NR ใน โทลูอินที่ 25 องศาเซลเซียส^{18, 19} เป็นดังนี้

$$[\eta] = 50.2 \times 10^{-5} M^{0.667} \dots 2$$

การคำนวณ

η_r

= Viscosity ratio

$$= t/t_0$$

t_0

= Flow time ของ โทลูอิน (69.91 s)

t

= Flow time ของสารละลาย NR ในโทลูอิน

η_{sp}

= Specific Viscosity

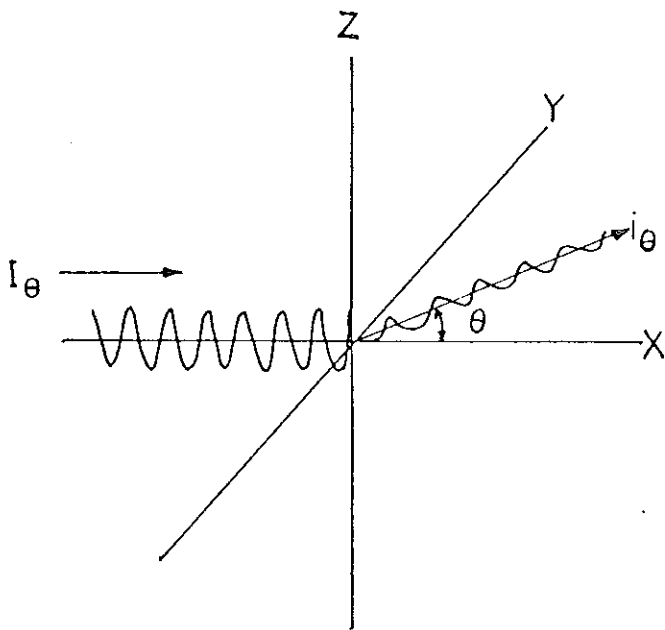
$$= \eta_r - 1$$

โดยการวัด η_{sp}/C ที่ค่าความเข้มข้นของสารละลาย, C (กรัมต่อ 100 ซม.³) ต่าง ๆ ค่าลากต่อเส้นกราฟ (η_{sp}/C vs. C) ไปที่ค่า C เท่ากับศูนย์จะได้ค่า intrinsic viscosity

$$[\eta] = [\eta_{sp}/C]_{C=0}$$

1.6.2 การวัดการกระจายแสง (Light scattering measurement)

เมื่อแสงตกกระทบบนอนุภาคจะทำให้เกิดการกระจายแสงขึ้นดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงการกระจายแสงเมื่อแสงตกกระทบบนอนุภาค

ในทำนองเดียวกัน เมื่อแสงตกกระทบบนอนุภาคในสารละลาย ก็เกิดการกระจายแสงขึ้น และแสงที่กระจายออกมามี สามารถวัดได้โดยใช้ Light Scattering Photometer ทำให้ทราบค่า turbidity (τ) ของอนุภาคในสารละลาย ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ weight average molecular weight (\bar{M}_w) ของอนุภาคตามสมการของ Debye^{20, 21}

$$\frac{HC}{\tau} = \frac{1}{\bar{M}_w} + 2BC \quad \dots\dots 3$$

ที่ความยาวคลื่น 546 nm

$$H = 6.18 \times 10^5 \times n^2 \times \left[\frac{dn}{dc} \right]^2 \quad \dots\dots 4$$

$$\tau = 1.27 \times n^2 \times \left[aF \left(\frac{D_s}{D_w} \right) \right] \quad \dots\dots 5$$

เมื่อ H, B = ค่าคงที่

C = ความเข้มข้นของสารละลาย NR ในโทลูอีน

\bar{M}_w = weight average molecular weight

n = ดัชนีหักเหของสารละลาย NR

$\frac{dn}{dc}$ = specific refractive index increment

a = ค่าคงที่ของ working standard

$$= F_4 (D_w/D_o)$$

เมื่อ F_4 = ค่า transmittance ของ neutral filter No. 4

D_w = ความเข้มของแสงที่ผ่าน working standard

กับ neutral filter No. 1, 2 และ 3 ที่มุม 0°

D_o = ความเข้มของแสงที่ผ่าน opal reference standard

กับ neutral filter No. 1, 2, 3 และ 4 ที่มุม 0°

F = ค่า transmittance ของ neutral filter

$\frac{D_s}{D_w}$ = อัตราการกระจายแสง

D_s = ความเข้มของแสงที่กระจายออกมา เมื่อแสงกระทบอนุภาคใน
สารละลายที่มุม 90°

D_w = ความเข้มของแสงที่ผ่านสารละลาย, working standard
และ neutral filter ที่มุม 0°

บทที่ 2

2. ภาคการทดลอง

2.1 การแยกเนื้อยางธรรมชาติ (NR) ออกจากน้ำยางสด

เครื่องมือ

- * เครื่องปั่นความเร็วสูง (Ultracentrifuge, UC) Beckmann Model 65 -L กับ Rotor type Ti 50.2

สารที่ใช้

น้ำยางสด (Fresh Latex) ของยางพาราพันธุ์ Khohong Rubber Station 138 (KRS 138) ของศูนย์วิจัยการยางขนาดใหญ่ แปลงที่ 2 อายุ 15 ปี, ลำต้นตั้งตรงวัดโดยรอบเฉลี่ย 25 นิ้ว, แข็งแรง, ความต้านทานโรคสูง, ให้น้ำยางมาก, ระบบกรีด $s/2 d/2^{22}$ เริ่มกรีดเวลาประมาณ 06.00 นาฬิกา เก็บเวลาประมาณ 09.00 นาฬิกา ของวันที่ 1 - 13 กรกฎาคม พุทธศักราช 2524

วิธีการ

การใช้เครื่องปั่นความเร็วสูง ดำเนินการตามคู่มือการใช้เครื่อง²³ นำน้ำยางสด มาขึ้นที่ความเร็ว 25,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ภายใต้ความดัน 1 - 10 ไมโครเมตร ของปรอท และอุณหภูมิ 0 - 5 องศาเซลเซียส⁶

2.2 การทำเนื้อยางธรรมชาติให้แห้ง

เครื่องมือ

เครื่องอบแห้ง (Abderhalden drying apparatus)

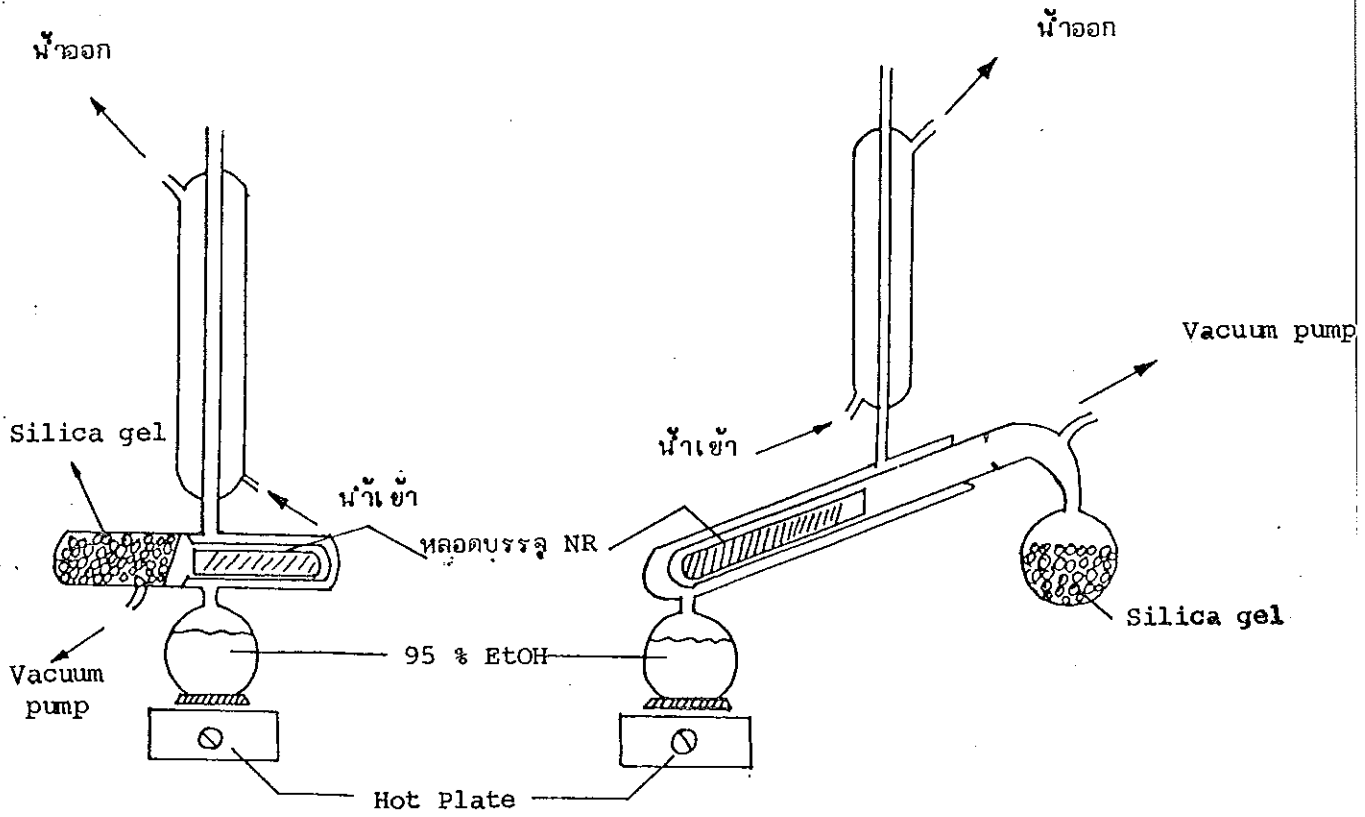
สารที่ใช้

- ซิลิกา เจล (Silica gel)
- เอทิลแอลกอฮอล์ 95%

วิธีการ

อบซิลิกา เจล ให้แห้ง บรรจุ NR ที่ได้จากการทดลองที่ 2.1 ลงในหลอดแล้วนำไปใส่ในเครื่องอบแห้ง ดังรูปที่ 2 ทำให้ภายในหลอดเครื่องอบแห้งเป็นสุญญากาศ ด้วย vacuum pump และให้ความร้อนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บ NR ที่อบแห้งไว้ใน desiccator

* เครื่องมือนี้ของภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



(ก)

(ข) **

รูปที่ 2.1 แสดงอุปกรณ์ที่ทาเนื้ออย่างธรรมชาติให้แห้ง

(ก) Abderhalden drying apparatus

(ข) อุปกรณ์ที่ออกแบบดัดแปลงขึ้นใหม่

**ดัดแปลงเพื่อความเหมาะสม สร้างที่ห้องเป่าแก้ว ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2.3 การหาปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR²⁴

เครื่องมือ

- Markam Still apparatus ดังรูปที่ 3

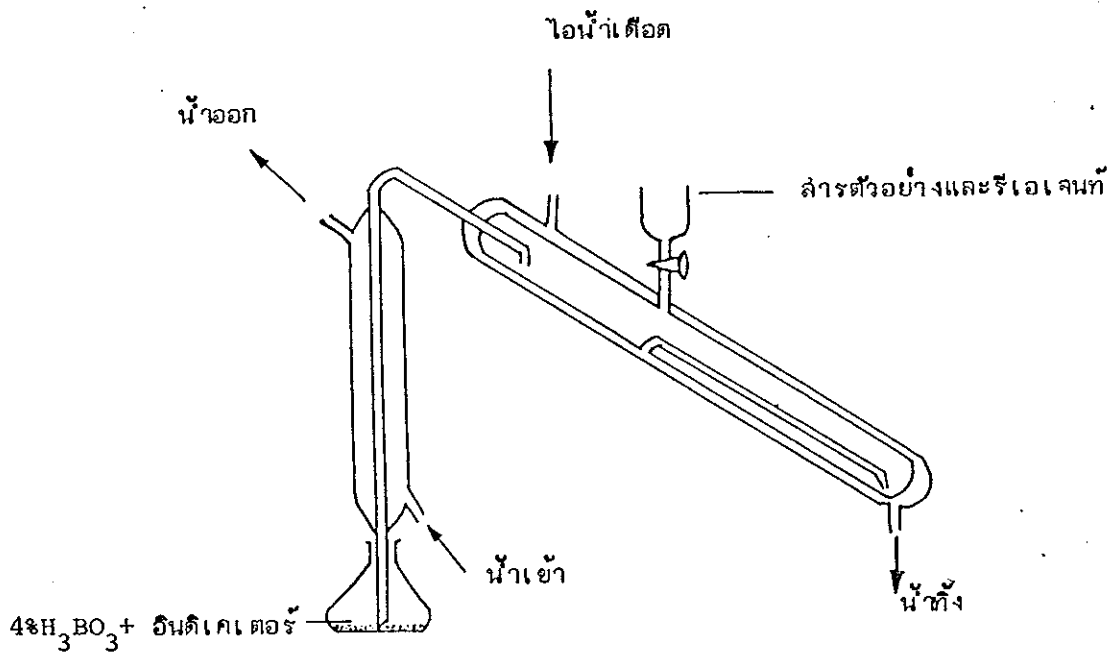
สารที่ใช้

- กรดซัลฟูริกเข้มข้น (AR)
- กระดาษกรอง (Fischer filter paper Cat No. 9 - 790 - 4E)
- ของผสมคตะโลติก ซึ่งประกอบด้วย โฟแทลล์เซียมซัลเฟต (AR) 1 ส่วน ต่อ คอปเปอร์ (II) ซัลเฟตไร้น้ำ (AR) 10 ส่วน (โดยน้ำหนัก)
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50% (น้ำหนักต่อปริมาตร) โดยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (IR) 50 กรัม ละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตร
- สารละลายกรดบอริก 4% (น้ำหนักต่อปริมาตร) โดยโซเดียมกรดบอริก (AR) 4 กรัม ละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตร
- สารละลายกรดเกลือ ความเข้มข้น 0.01 N (ทำให้เป็นสารละลายมาตรฐานโดยไทเทรตกับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต) โดยใช้กรดเกลือ (AR)
- อินดิเคเตอร์ 0.2% (น้ำหนักต่อปริมาตร) โดยโซเดียมเมทิลเรด (IR) 0.2 กรัม ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ 95% 100 มิลลิลิตร

วิธีการ

ซึ่ง NR ที่ได้จากการทดลอง 2.2 หน้า 1 กรัม รวมกับของผสมคตะโลติก 12 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรองใส่ลงในขวด Kjeldahl ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 30 มิลลิลิตร ให้ความร้อนประมาณ 2 ชั่วโมงจนได้สารละลายมีสีเขียวใส ทำให้สีจางโดยการเติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร ใช้เป็น stock solution

แบ่ง stock solution มาจำนวน 10 มิลลิลิตร เทลงในหลอดของ Markam Still apparatus เติมด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50% จำนวน 10 มิลลิลิตร ผ่านไอน้ำเดือด เข้าไปตลอดเวลา ตักจับก๊าซแอมโมเนียที่เกิดขึ้นด้วยสารละลายกรดบอริก 4% จำนวน 7 มิลลิลิตร ซึ่ง มีเมทิลเรด 0.2% จำนวน 2 - 3 หยด เป็นอินดิเคเตอร์ ไทเทรตกลับด้วยสารละลายกรดเกลือ ความเข้มข้น 0.01 N



รูปที่ 3 Markam Still apparatus**

2.4 การสกัดโปรตีนออกจากเนื้อยางธรรมชาติ

(Deproteinisation of Natural Rubber, DPNR)

ในการศึกษา DPNR สำหรับการท้าวีสัยนี้ มีด้วยกัน 5 วิธี ซึ่งในแต่ละวิธีทำ DPNR 9 ครั้ง เพื่อพยายามสกัดโปรตีนออกจากเนื้อยางธรรมชาติให้ได้มากที่สุด และในแต่ละครั้งภายหลังจาก DPNR จะต้องนำ NR ไปอบให้แห้ง แล้วแบ่ง NR ส่วนหนึ่งไปทำการหาปริมาณไนโตรเจน รวมทั้งนำไปวัดค่าความหนืด และการกระจายแสง เพื่อหาค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของ NR

เครื่องมือ

- magnetic stirrer, magnetic bar
- soxhlet extractor, thimble
- separating funnel
- Abderhalden drying apparatus

สารที่ใช้

- โทลูอีน (AR) ซึ่งผ่านการกลั่นมาแล้ว 1 ครั้ง
- เอทิลแอลกอฮอล์ 95% ซึ่งผ่านการกลั่นมาแล้ว 1 ครั้ง
- เอทิลอีเทอร์ (IR)
- โซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7.2
- ซีโรสเลียมลัปรีด (จุดเดือดประมาณ 40 - 60 องศาเซลเซียส)
- น้ำกลั่น

DPNR วิธีที่ 1 ด้วยการตกตะกอนในเอทิลแอลกอฮอล์ 95%²⁵

วิธีการ

ตัด NR ที่แห้งให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำมาเตรียมเป็นสารละลายด้วยโทลูอีนให้มีความเข้มข้น 3% (น้ำหนักต่อปริมาตร) คนให้เป็นสารละลายเนื้อเดียวกันโดยใช้ magnetic stirrer และ magnetic bar ตลอด 24 ชั่วโมง นำไปตกตะกอนในเอทิลแอลกอฮอล์ 95% ในอัตราส่วนสารละลาย NR : เอทิลแอลกอฮอล์ เท่ากับ 3 : 5 โดยปริมาตร อบ NR ที่ได้ให้แห้งด้วย Abderhalden drying apparatus

DPNR วิธีที่ 2 สกัดด้วย ethyl ether²⁶

วิธีการ

นำ NR ที่อบแห้งมาส่วนหนึ่ง ตัดให้เป็นชิ้นเล็ก บรรจุลงใน thimble ใส่ลงใน Soxhlet extractor ปรับอุณหภูมิให้อัตราการดูดกลับของเอทิลอีเทอร์ เท่ากับ 5 นาทีต่อครั้ง ทำการทดลองเช่นนี้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วอบ NR ที่ได้ให้แห้งด้วย Abderhalden drying apparatus

DPNR วิธีที่ 3 สกัดด้วยน้ำและตกตะกอนในเอทิลอัลกอฮอล์ 95%²⁷

วิธีการ

ตัด NR ที่อบแห้งให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำมาเตรียมเป็นสารละลายด้วยโทลูอีน ให้มีความเข้มข้น 3% (น้ำหนักต่อปริมาตร) คนให้เป็นสารละลายเนื้อเดียวกัน โดยใช้ magnetic stirrer และ magnetic bar ตลอด 24 ชั่วโมง เติสารละลาย NR ลงในกรวยแยกเติมด้วยน้ำกลั่น โดยใช้สารละลาย NR : น้ำกลั่น เท่ากับ 1 : 3 โดยปริมาตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นออกจากกัน แยกส่วนที่เป็นน้ำทิ้งไป นำส่วนของสารละลาย NR ไปตกตะกอนในเอทิลอัลกอฮอล์ 95% โดยใช้สารละลาย NR : เอทิลอัลกอฮอล์ เท่ากับ 3 : 5 โดยปริมาตร นำ NR ที่ได้ไปอบให้แห้งด้วย Abderhalden apparatus

DPNR วิธีที่ 4 สกัดด้วยโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (Sodium phosphate buffer, SPB) pH

7.2 แล้วตกตะกอนในเอทิลอัลกอฮอล์ 95%

วิธีการ

การทดลองวิธีนี้ ทำการทดลองทำนองเดียวกันกับ DPNR วิธีที่ 3 แต่ใช้ SPB pH 7.2

แทนน้ำกลั่น

DPNR วิธีที่ 5 สกัดด้วยไปีโตรเลียมลึกลับ (b.p. 40 - 60 °C)²⁴

วิธีการ

การทดลองวิธีนี้ ทำการทดลองทำนองเดียวกันกับ DPNR วิธีที่ 2 แต่ใช้ไปีโตรเลียมลึกลับ

แทนเอทิลอีเทอร์

หมายเหตุ DPNR ทั้ง 5 วิธี เมื่อได้ NR ที่อบแห้งแล้ว นำ NR ที่ได้มาทำ DPNR

ซ้ำต่อไปอีก ซึ่งในการทดลองนี้ได้ทำทั้งหมด 9 ครั้ง

2.5 การวัดความหนืด

เครื่องมือ

- Ubbelohde Viscometer (Technico, Nominal constant = 0.01 cS/s Astm D.445, 1732)
- Yamato Uni-Thermo Bath Viscosity, Model BR-61, Yamato Scientific Co., Ltd. Japan
- sintered glass filter No. 3606, M และ F

สารที่ใช้

- NR ที่อบแห้งของ DPNR ทั้ง 5 ชนิด (45 ตัวอย่าง)
- โทลูอีน (AR)

วิธีการ

การเตรียมสารละลาย NR

ชั่ง NR ที่อบแห้งประมาณ 1.00 กรัม ละลายในโทลูอีน 100 มิลลิลิตร แบ่งสารละลาย NR นี้ มาเตรียมสารละลาย NR ที่มีความเข้มข้น 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 และ 0.25 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร กรองแต่ละสารละลาย NR 2 ครั้งด้วย sintered glass filter No. 3606, M และ F

การวัดค่าความหนืด

การใช้ Yamato Uni-Thermo Bath Viscosity Model BR-61 ดำเนินการตามคู่มือการใช้เครื่อง²⁸ ปรับอุณหภูมิของน้ำให้คงที่ ที่ 25 องศาเซลเซียส ทำการวัด Flow time ของโทลูอีน (t_0) และของสารละลาย NR (t) ที่เตรียมไว้แต่ละตัวอย่าง ทำการวัดซ้ำ 12 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 5, 6, 7, 8 และ 9

2.6 การวัดดัชนีหักเห

2.6.1 การวัดดัชนีหักเห, n

เครื่องมือ

- Abbe Refractometer, Baush and Lomb Incorporated, Rochester, N.Y., U.S.A.
- หลอดกัวเปิดแสงจากไอโซเต็ม

สารที่ใช้

จากการทดลองที่ 2.5 นำสารละลาย NR มาเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้น 1.0×10^{-3} , 2.0×10^{-3} , 4.0×10^{-3} และ 5.0×10^{-3} กรัมต่อมิลลิลิตร

วิธีการ

การใช้ Abbe Refractometer ดำเนินการตามคู่มือการใช้เครื่อง²⁹ วัดค่าดัชนีหักเหของโทลูอีน (n_D) และสารละลาย NR (n) ที่เตรียมไว้แต่ละตัวอย่าง

2.6.2 การหาค่า Specific Refractive index Increment, $\left(\frac{dn}{dc}\right)$

เครื่องมือ

- *** - Brice Phoenix Differential Refractometer Model BR-2000V, Phoenix Precision Instrument Company.

สารที่ใช้

- NR ที่อบแห้งของ DPNR วิธีที่ 2
- เกลือแกง (AR) 1.1240 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

วิธีการ

การเตรียมสารละลาย NR

ชั่ง NR ที่อบแห้งมาประมาณ 1.00 กรัม ละลายในโทลูอีน 100 มิลลิลิตร แล้วนำสารละลายที่ได้ ไปเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้น 1.0×10^{-4} , 2.0×10^{-4} , 3.0×10^{-4} ,

*** เครื่องมือเป็นของภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

4.0×10^{-4} และ 5.0×10^{-4} กรัมต่อมิลลิลิตร กรองแต่ละสารละลาย NR 2 ครั้ง ด้วย glass sintered filter No. 3606 M และ F

การวัดค่า $\frac{dn}{dc}$

การใช้ Brice Phoenix Differential Refractometer ดำเนินการตามการใช้เครื่องมือ³⁰ โดยมีตะเกียงปรอทเป็นแหล่งกำเนิดแสง ใช้ความยาวคลื่นที่ 546 nm. ค่าความแตกต่างของดัชนีหักเหของสารละลาย และตัวทำละลาย (Δn) หาได้จากสมการ

$$\begin{aligned} \Delta n &= K \Delta d \\ \text{เมื่อ } \Delta d &= (d_2 - d_1) - (d'_2 - d'_1) \\ d_2 &= \text{ค่าที่อ่านได้ที่มุม } 0^\circ \text{ ของสารละลาย} \\ d_1 &= \text{ค่าที่อ่านได้ที่มุม } 180^\circ \text{ ของสารละลาย} \\ d'_2 &= \text{ค่าที่อ่านได้ที่มุม } 0^\circ \text{ ของตัวทำละลาย} \\ d'_1 &= \text{ค่าที่อ่านได้ที่มุม } 180^\circ \text{ ของตัวทำละลาย} \\ K &= \text{Calibration constant} \\ &= 1.211 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง Δn กับ ความเข้มข้น, (C) จะได้ความชันของกราฟเป็นค่า $\frac{dn}{dc}$

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{dn}{dc}$ กับ ปริมาตรร้อยละของไนโตรเจน (%N) ใน NR ใช้เป็นกราฟมาตรฐานในการหาค่า $\frac{dn}{dc}$ เมื่อทราบค่า ปริมาตรร้อยละของไนโตรเจนใน NR ดังรูปที่ 12

หมายเหตุ การทดลองนี้ทำเพียงครั้งเดียว

2.7 การวัดการกระจายแสง

เครื่องมือ

- Light Scattering Duophotometer, Model 6200 คู่กับ Photometer Indicator Ratio, Model 5500, C.N. Wood mfg, Co., Newtown, PA. 18940, U.S.A.
- Cylindrical light scattering cell

สารที่ใช้

- สารละลาย NR ที่เตรียมได้จากการทดลอง 2.6.1

วิธีการ

การใช้ Light Scattering Duophotometer, Model 6200 และ Photometer Indicator Ratio, Model 5500 ดำเนินการตามคู่มือการใช้เครื่อง^{31, 32}

การวัดอัตราการกระจายแสง (Scattering ratio, $\frac{D_s}{D_w}$) สามารถวัดได้จากความเข้มของแสงที่กระจายที่มุม 90° ของสารละลาย NR (D_s) กับความเข้มของแสงที่ผ่านสารละลาย NR ที่มุม 0° (D_w) ดังตารางที่ 15, 16, 17, 18 และ 19

บทที่ 3

3. ผลและบทวิจารณ์

3.1 ผลการทดลอง

3.1.1 การแยก NR ออกจากน้ำยางสด

เมื่อนำน้ำยางสดไปปั่น ด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง⁶ น้ำยางสดจะถูกแยกออกเป็นลว่น ๆ

ดังรูปที่ 4

การทดลองแยก NR ออกจากน้ำยางสดจะได้ NR ประมาณ 1 ใน 3 ของน้ำยางสด ซึ่ง NR ที่ได้ จะไม่เป็นสารเนื้อเดียวกัน พบว่าส่วนบนสุดของ NR มีปริมาณ โปรตีน, (ปริมาณร้อยละ ของไนโตรเจน) น้อยที่สุดประมาณ 0.15 - 0.20% และส่วนของ NR ที่อยู่ติดกับ Serum fraction และ Frey Wyssling particle จะมีปริมาณโปรตีนสูงสุด คือประมาณ 0.3 - 0.5% ดังนั้นก่อน ที่จะนำ NR ไปทำการ DPNR จึงละลาย NR ในโทลูอีนเสียก่อน แล้วจึงนำไปตกตะกอนในเอทิล-อัลกอฮอล์ 95% NR ที่ได้ถือว่าเป็นสารเนื้อเดียวกัน

3.1.2 การหาปริมาณโปรตีน ภายหลัง DPNR

ในการทำ DPNR ทั้ง 5 วิธี ซึ่งในแต่ละวิธีทำ DPNR ต่อไปอีก 9 ครั้ง เมื่อทำการอบ NR ให้แห้งแล้ว นำไปหาปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl ได้ผลดังตารางที่ 4

การคำนวณปริมาณร้อยละของไนโตรเจน (%N)³³

$$\%N = \frac{(V_1 - V_2) \times 2.5 \times 0.01}{wt. of sample}$$

V_1 = ปริมาณ (ซม.)³ ของกรดเกลือ 0.01N ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ sample

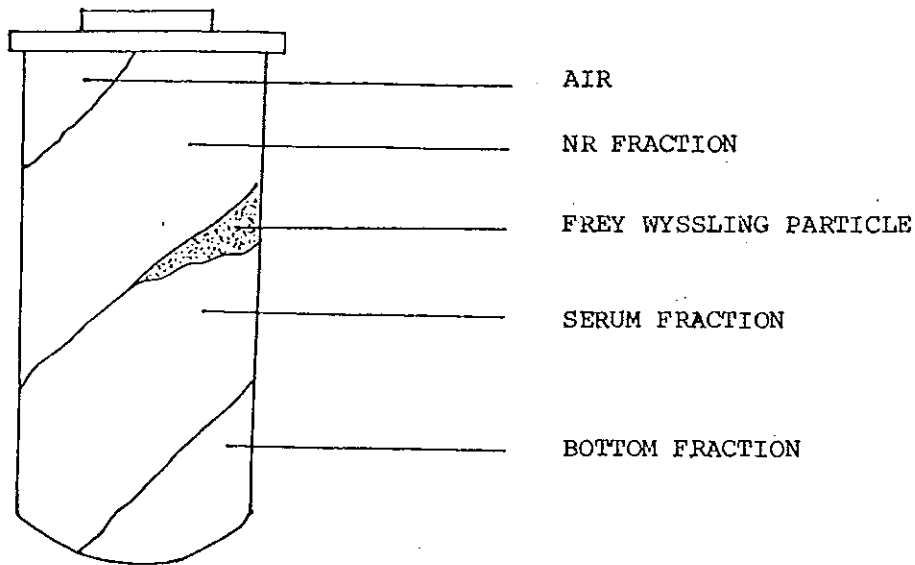
V_2 = ปริมาณ (ซม.)³ ของกรดเกลือ 0.01N ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ blank

3.1.3 ผลการวัดหาค่าความหนืด, $[\eta]$

จากการวัด Flow time ของสารละลาย NR (t) ในหัวข้อ 2.5 ซึ่งสามารถคำนวณหาค่า η_{sp}/C ได้ดังตารางที่ 5, 6, 7, 8 และ 9 และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/C กับ C เมื่อลากเส้นกราฟออกไปตัดแกน η_{sp}/C ที่ $c=0$ จะได้ $[\eta]$ ดังรูปที่ 6, 7, 8, 9 และ 10

จากการลากเส้นกราฟไปตัดแกน η_{sp}/C ซึ่งทำให้ได้ค่า $[\eta]$ นำไปคำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย (\bar{M}_v) จากสมการ

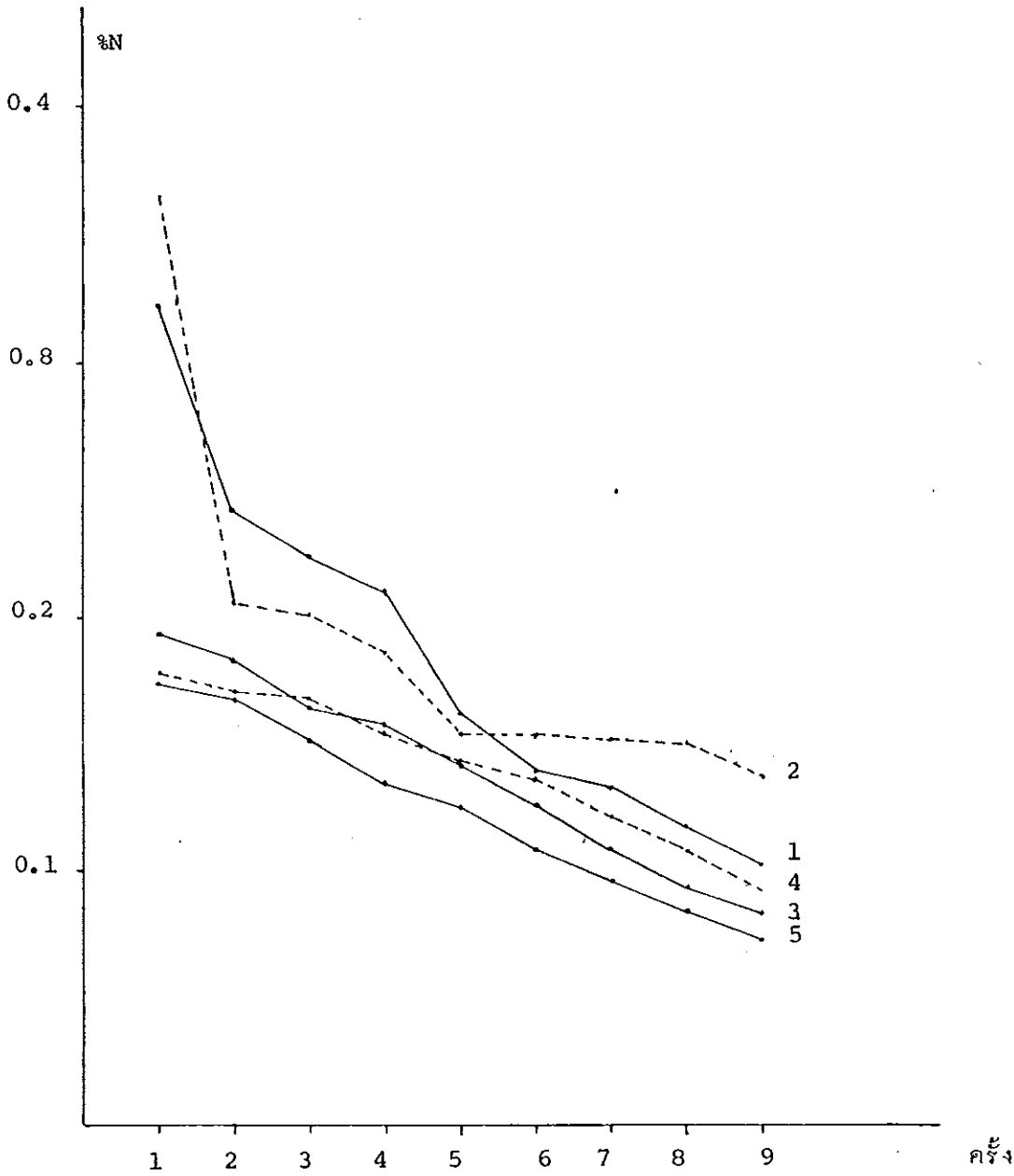
GENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKHA UNIVERSITY



รูปที่ 4 แสดงส่วนประกอบของน้ำยางสด จากการปั่นด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง

| ครั้งที่ DPNR | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | %N | %N | %N | %N | %N | %N | %N | %N | %N |
| ครั้งที่ 1 | 0.322 | 0.242 | 0.224 | 0.210 | 0.162 | 0.140 | 0.133 | 0.118 | 0.102 |
| ครั้งที่ 2 | 0.364 | 0.206 | 0.201 | 0.186 | 0.154 | 0.154 | 0.152 | 0.150 | 0.137 |
| ครั้งที่ 3 | 0.193 | 0.183 | 0.164 | 0.158 | 0.141 | 0.126 | 0.108 | 0.093 | 0.083 |
| ครั้งที่ 4 | 0.178 | 0.171 | 0.169 | 0.154 | 0.143 | 0.136 | 0.121 | 0.108 | 0.093 |
| ครั้งที่ 5 | 0.174 | 0.168 | 0.151 | 0.134 | 0.125 | 0.108 | 0.096 | 0.084 | 0.073 |

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR ภายหลัง DPNR ทั้ง 5 ปี



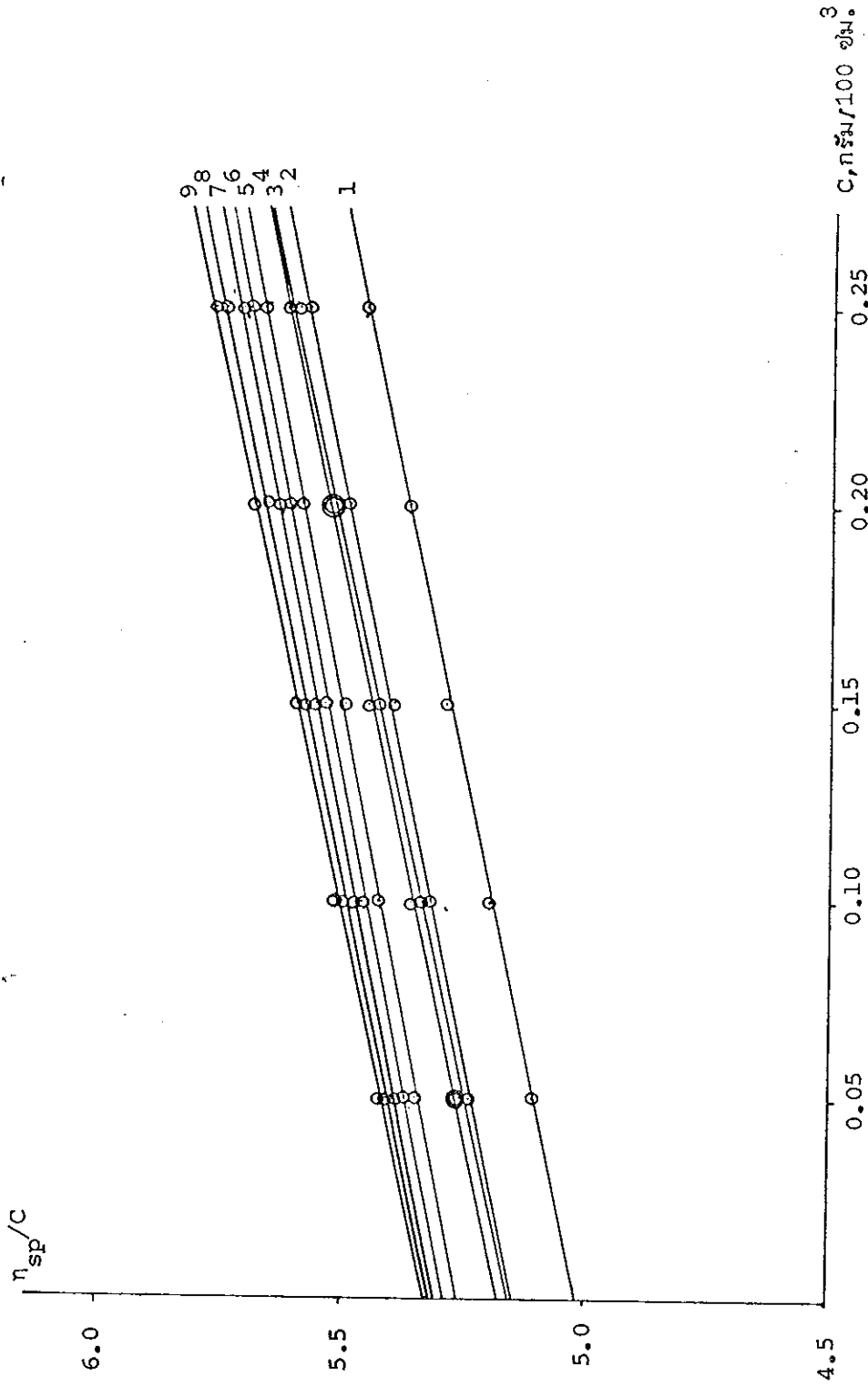
รูปที่ 5. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณร้อยละของไนโตรเจน กับ จำนวนครั้ง DPNR ทั้ง 5 ปี

| ครั้งที่ | ค่าที่วัดและ คำนวณได้ | ความเข้มข้น (C), กรัม/100 ซม ³ | | | | |
|----------|--------------------------|---|--------|--------|--------|--------|
| | | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 |
| 1 | t, s | 87.77 | 106.26 | 125.38 | 144.99 | 165.34 |
| | η_{sp}/C | 5.11 | 5.20 | 5.29 | 5.37 | 5.46 |
| 2 | t, s | 88.23 | 107.10 | 126.54 | 147.67 | 167.43 |
| | η_{sp}/C | 5.24 | 5.32 | 5.40 | 5.49 | 5.58 |
| 3 | t, s | 88.30 | 107.24 | 126.85 | 147.09 | 167.78 |
| | η_{sp}/C | 5.26 | 5.34 | 5.43 | 5.52 | 5.60 |
| 4 | t, s | 88.33 | 107.38 | 127.06 | 147.23 | 168.13 |
| | η_{sp}/C | 5.27 | 5.36 | 5.45 | 5.53 | 5.62 |
| 5 | t, s | 88.61 | 107.87 | 127.59 | 148.07 | 169.00 |
| | η_{sp}/C | 5.35 | 5.43 | 5.50 | 5.59 | 5.67 |
| 6 | t, s | 88.68 | 108.08 | 128.00 | 148.49 | 169.53 |
| | η_{sp}/C | 5.37 | 5.46 | 5.54 | 5.62 | 5.70 |
| 7 | t, s | 88.75 | 108.15 | 128.22 | 148.77 | 169.88 |
| | η_{sp}/C | 5.39 | 5.47 | 5.56 | 5.64 | 5.72 |
| 8 | t, s | 88.82 | 108.36 | 128.42 | 149.04 | 170.40 |
| | η_{sp}/C | 5.41 | 5.50 | 5.58 | 5.66 | 5.75 |
| 9 | t, s | 88.86 | 108.43 | 128.63 | 149.47 | 170.76 |
| | η_{sp}/C | 5.42 | 5.51 | 5.60 | 5.69 | 5.77 |

ตารางที่ 5 แสดงการวัด Flow time และคำนวณหา η_{sp}/C ของสารละลาย

NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 1

$$t_o = 69.91 \text{ s}$$



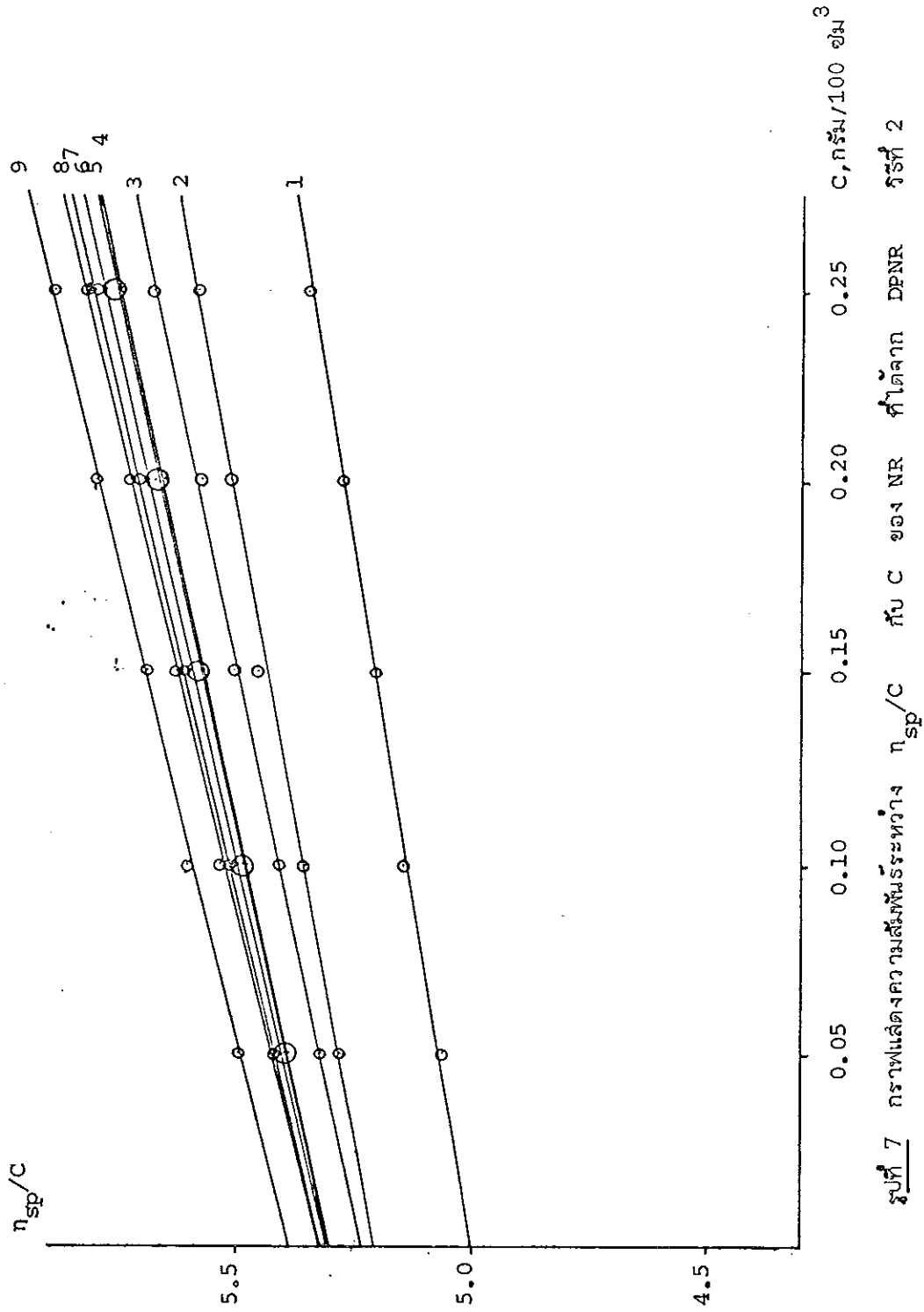
รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/C กับ C ของ NR ที่ได้จาก DPNR วัสดุที่ 1

C , กรัม/100 กรัม³

| ครั้งที่ | ค่าที่วัดและ คำนวณได้ | ความเข้มข้น (C) , กรัม / 100 ซม ³ | | | | |
|----------|--------------------------|--|--------|--------|--------|--------|
| | | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 |
| 1 | t, s | 87.60 | 105.84 | 124.44 | 143.60 | 163.24 |
| | η_{sp}/C | 5.06 | 5.14 | 5.20 | 5.27 | 5.34 |
| 2 | t, s | 88.36 | 107.30 | 127.06 | 146.95 | 167.48 |
| | η_{sp}/C | 5.28 | 5.35 | 5.45 | 5.51 | 5.58 |
| 3 | t, s | 88.50 | 107.73 | 127.48 | 147.78 | 169.00 |
| | η_{sp}/C | 5.32 | 5.41 | 5.49 | 5.57 | 5.67 |
| 4 | t, s | 88.75 | 108.22 | 128.20 | 149.32 | 170.23 |
| | η_{sp}/C | 5.39 | 5.48 | 5.56 | 5.68 | 5.74 |
| 5 | t, s | 88.78 | 108.30 | 128.32 | 148.77 | 170.58 |
| | η_{sp}/C | 5.40 | 5.49 | 5.57 | 5.64 | 5.76 |
| 6 | t, s | 88.78 | 108.30 | 128.53 | 149.32 | 170.75 |
| | η_{sp}/C | 5.40 | 5.49 | 5.59 | 5.68 | 5.77 |
| 7 | t, s | 88.82 | 108.43 | 128.74 | 149.60 | 171.28 |
| | η_{sp}/C | 5.41 | 5.51 | 5.61 | 5.70 | 5.80 |
| 8 | t, s | 88.85 | 108.57 | 128.95 | 149.88 | 171.45 |
| | η_{sp}/C | 5.42 | 5.53 | 5.63 | 5.72 | 5.81 |
| 9 | t, s | 88.10 | 109.05 | 129.47 | 150.86 | 172.50 |
| | η_{sp}/C | 5.49 | 5.60 | 5.68 | 5.79 | 5.87 |

ตารางที่ 6 แสดงการวัด Flow time และการคำนวณหาค่า η_{sp}/C ของ
สารละลาย NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 2

$$t_o = 69.91 \text{ s}$$

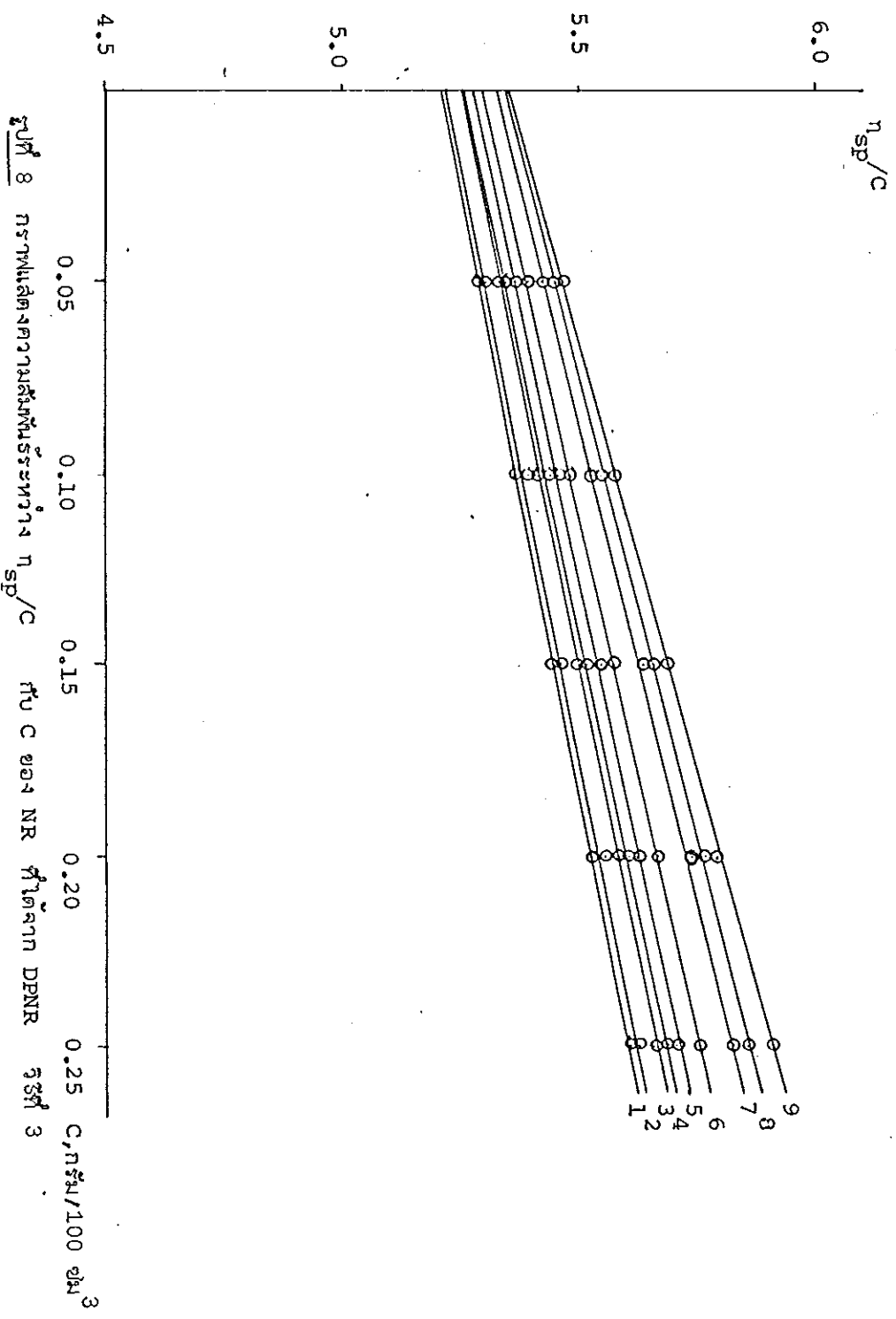


รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/C กับ C ของ NR ที่ได้จาก DENR สูตรที่ 2

| ครั้งที่ | ค่าที่วัดและ คำนวณได้ | ความเข้มข้น (C) , กรัม /100 ซม ³ | | | | |
|----------|--------------------------|---|--------|--------|--------|--------|
| | | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 |
| 1 | t, s | 88.44 | 107.38 | 126.96 | 147.10 | 167.78 |
| | η_{sp}/C | 5.30 | 5.36 | 5.44 | 5.52 | 5.60 |
| 2 | t, s | 88.44 | 107.60 | 127.16 | 147.51 | 168.13 |
| | η_{sp}/C | 5.30 | 5.39 | 5.46 | 5.55 | 5.62 |
| 3 | t, s | 88.54 | 107.73 | 127.58 | 147.93 | 168.65 |
| | η_{sp}/C | 5.33 | 5.41 | 5.50 | 5.58 | 5.65 |
| 4 | t, s | 88.58 | 107.94 | 127.70 | 148.20 | 169.18 |
| | η_{sp}/C | 5.34 | 5.44 | 5.51 | 5.60 | 5.68 |
| 5 | t, s | 88.65 | 108.00 | 128.00 | 148.49 | 169.53 |
| | η_{sp}/C | 5.36 | 5.45 | 5.54 | 5.62 | 5.70 |
| 6 | t, s | 88.75 | 108.22 | 128.20 | 149.05 | 170.40 |
| | η_{sp}/C | 5.39 | 5.48 | 5.56 | 5.66 | 5.75 |
| 7 | t, s | 88.85 | 108.50 | 128.95 | 150.05 | 171.63 |
| | η_{sp}/C | 5.42 | 5.52 | 5.63 | 5.73 | 5.82 |
| 8 | t, s | 88.96 | 108.64 | 129.16 | 150.45 | 172.15 |
| | η_{sp}/C | 5.45 | 5.54 | 5.65 | 5.76 | 5.85 |
| 9 | t, s | 89.00 | 108.85 | 129.47 | 150.58 | 172.85 |
| | η_{sp}/C | 5.46 | 5.57 | 5.68 | 5.77 | 5.89 |

ตารางที่ 7 แสดงการวัด Flow time และการคำนวณหาค่า η_{sp}/C จากสารละลาย NR ของการทำ DPNR วิธีที่ 3

$$t_o = 69.91 \text{ s}$$

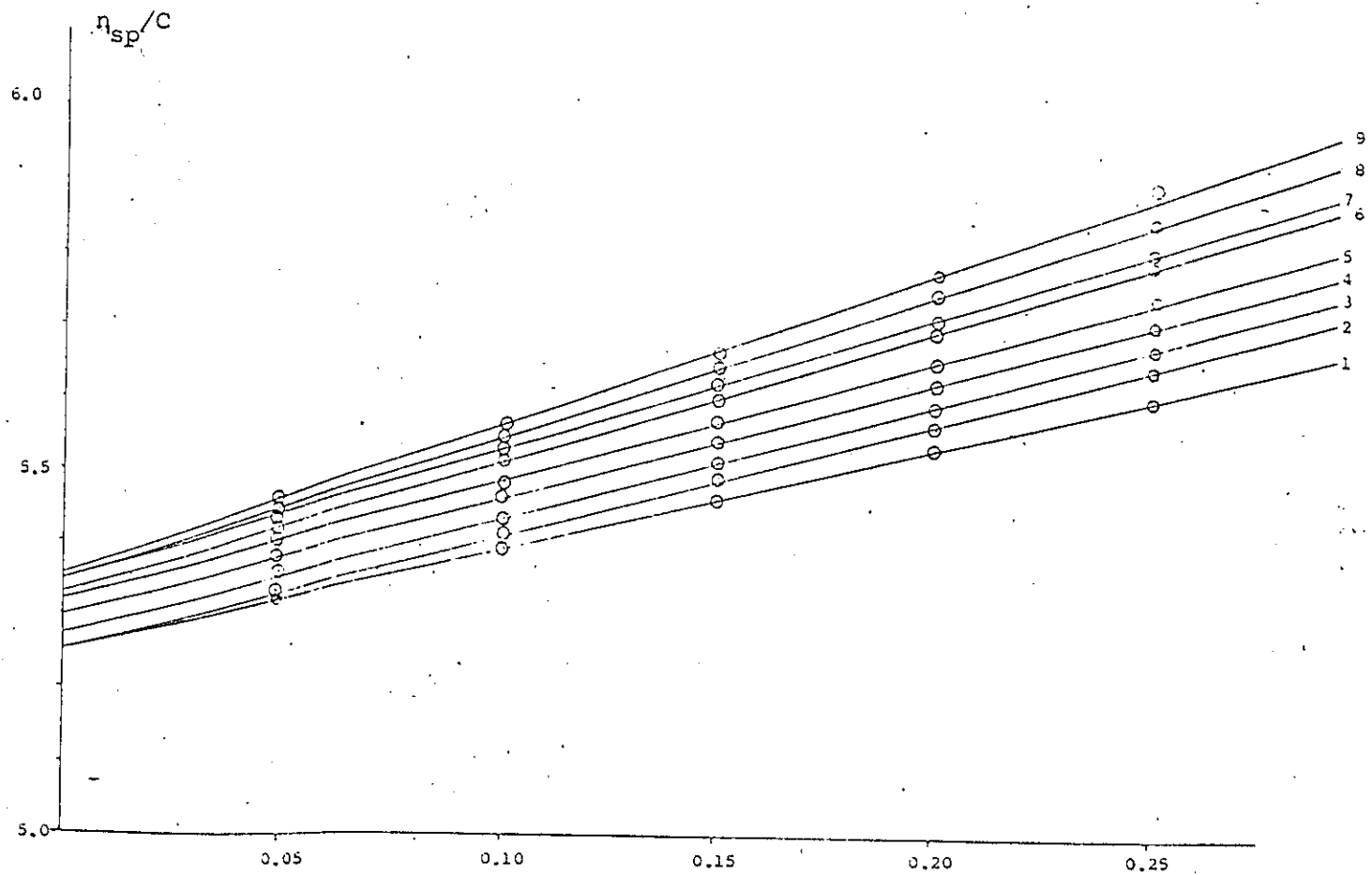


รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/c กับ C ของ NR ที่ได้จาก DPNR วัสดุ 3

| ครั้งที่ | ค่าที่วัดและ คำนวณได้ | ความเข้มข้น (C), กรัม/100 ซม. ³ | | | | |
|----------|--------------------------|--|--------|--------|--------|--------|
| | | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 |
| 1 | t, s | 88.50 | 107.60 | 127.17 | 147.23 | 167.78 |
| | η_{sp}/C | 5.32 | 5.39 | 5.46 | 5.53 | 5.60 |
| 2 | t, s | 88.54 | 107.73 | 127.48 | 147.65 | 168.48 |
| | η_{sp}/C | 5.33 | 5.41 | 5.49 | 5.56 | 5.64 |
| 3 | t, s | 88.65 | 107.87 | 127.69 | 148.07 | 169.00 |
| | η_{sp}/C | 5.36 | 5.43 | 5.51 | 5.59 | 5.67 |
| 4 | t, s | 88.72 | 108.08 | 128.00 | 148.49 | 169.53 |
| | η_{sp}/C | 5.38 | 5.46 | 5.54 | 5.62 | 5.70 |
| 5 | t, s | 88.79 | 108.22 | 128.32 | 148.91 | 171.23 |
| | η_{sp}/C | 5.43 | 5.48 | 5.57 | 5.65 | 5.74 |
| 6 | t, s | 88.86 | 108.43 | 128.63 | 149.47 | 170.93 |
| | η_{sp}/C | 5.42 | 5.51 | 5.60 | 5.69 | 5.78 |
| 7 | t, s | 88.89 | 108.57 | 128.84 | 149.75 | 171.28 |
| | η_{sp}/C | 5.43 | 5.53 | 5.62 | 5.71 | 5.80 |
| 8 | t, s | 88.92 | 108.64 | 129.05 | 150.17 | 171.98 |
| | η_{sp}/C | 5.44 | 5.54 | 5.64 | 5.74 | 5.84 |
| 9 | t, s | 89.00 | 108.78 | 129.26 | 150.59 | 172.78 |
| | η_{sp}/C | 5.46 | 5.56 | 5.66 | 5.77 | 5.89 |

ตารางที่ 8 แสดงการวัด Flow time และการคำนวณหาค่า η_{sp}/C ของสารละลาย NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 4

$$t_o = 69.91 \text{ s}$$

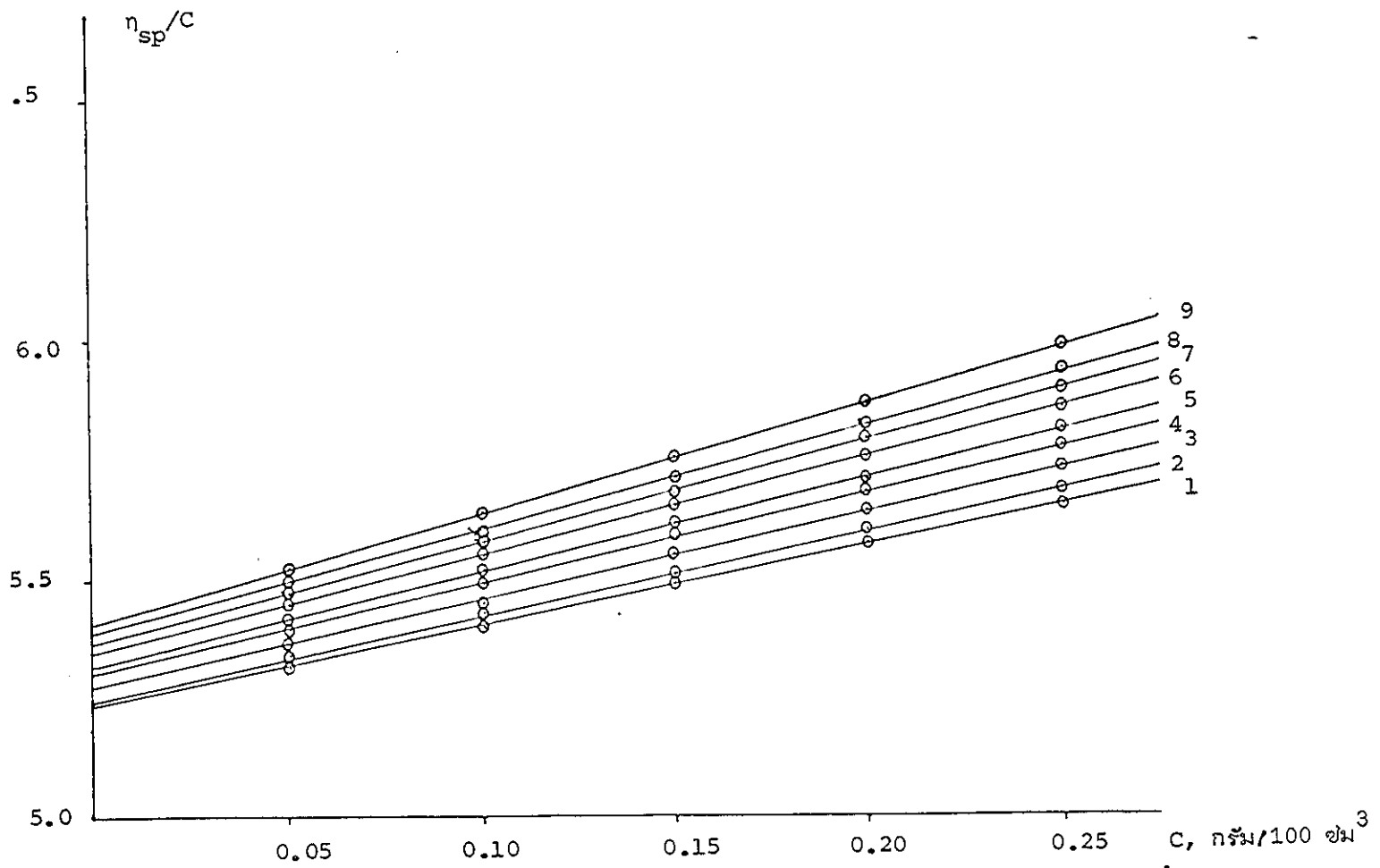


รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/C กับ C ของ NR ที่ได้จาก DPNR วิธีที่ 4 C , กรัม/100 ซม.³

| ครั้งที่ | ค่าที่วัดและ คำนวณได้ | ความเข้มข้น (C) กรัม/100 ซม ³ | | | | |
|----------|--------------------------|--|--------|--------|--------|--------|
| | | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 |
| 1 | t, s | 88.50 | 107.66 | 127.38 | 147.79 | 168.65 |
| | η_{sp}/C | 5.32 | 5.40 | 5.48 | 5.57 | 5.65 |
| 2 | t, s | 88.58 | 107.87 | 127.69 | 148.20 | 169.18 |
| | η_{sp}/C | 5.34 | 5.43 | 5.51 | 5.60 | 5.68 |
| 3 | t, s | 88.68 | 108.00 | 127.59 | 148.77 | 170.05 |
| | η_{sp}/C | 5.37 | 5.45 | 5.50 | 5.64 | 5.73 |
| 4 | t, s | 88.78 | 108.29 | 128.53 | 149.33 | 170.75 |
| | η_{sp}/C | 5.40 | 5.49 | 5.59 | 5.68 | 5.77 |
| 5 | t, s | 88.85 | 108.50 | 128.84 | 149.60 | 171.45 |
| | η_{sp}/C | 5.42 | 5.52 | 5.62 | 5.70 | 5.81 |
| 6 | t, s | 88.96 | 108.71 | 129.16 | 150.30 | 172.15 |
| | η_{sp}/C | 5.45 | 5.55 | 5.65 | 5.75 | 5.85 |
| 7 | t, s | 89.00 | 108.92 | 129.37 | 150.86 | 172.85 |
| | η_{sp}/C | 5.46 | 5.58 | 5.67 | 5.79 | 5.89 |
| 8 | t, s | 89.14 | 109.05 | 129.79 | 151.28 | 173.55 |
| | η_{sp}/C | 5.50 | 5.60 | 5.71 | 5.82 | 5.93 |
| 9 | t, s | 89.24 | 109.34 | 130.20 | 151.85 | 174.40 |
| | η_{sp}/C | 5.53 | 5.64 | 5.5 | 5.86 | 5.98 |

ตารางที่ 9 แสดงการวัด Flow time และการคำนวณหาค่า η_{sp}/C ของสารละลาย NR จากการทำ DPNR วันที่ 5

$$t_0 = 69.91 \text{ s}$$



รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง n_{sp}/C กับ C ของ NR ที่ได้จาก DPNR วิธีที่ 5

$$[\eta] = 50.2 \times 10^{-10} \bar{M}_v^{0.776}$$

ได้ดังตารางที่ 10

3.1.4 ก. ผลการวัดดัชนีหักเห, n

โทลูอีน (AR) $n_o = 1.4942$

สารละลาย NR ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ $n = 1.4948$

ข. ผลการวัดหาค่า $\frac{dn}{dc}$

จากสมการ

$$\Delta n = K \Delta d$$

น้ำกลั่นที่มุม 0° , $d'_2 = 7.188$

น้ำกลั่นที่มุม 180° , $d'_1 = 6.948$

สารละลายไซโตยมคอลลอยด์ที่มุม 0° , $d_2 = 7.829$

สารละลายไซโตยมคอลลอยด์ที่มุม 180° , $d_1 = 5.974$

จะได้ $\Delta d = (d_2 - d_1) - (d'_2 - d'_1)$

$$= 1.615$$

จากคู่มือ³³ $\Delta n = 1.956 \times 10^{-3}$

$$K = 1.211 \times 10^{-3}$$

จากการวัด $(d'_2 - d'_1)$ ของโทลูอีน = $6.573 - 6.323$

$$= 0.250$$

ผลการวัด d_2 และ d_1 ของสารละลาย NR ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และการคำนวณ

Δn ได้ผลดังตารางที่ 11 ซึ่งเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Δn กับ C เพื่อหาความชัน

$\left(\frac{dn}{dc}\right)$ ได้ดังรูปที่ 11

จากการศึกษา พบว่าเมื่อปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR มีค่าลดลง ค่า $\frac{dn}{dc}$

ที่วัดได้จะมีค่าลดลงด้วย และสามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{dn}{dc}$ กับปริมาณร้อยละ

ของไนโตรเจนใน NR จากตารางที่ 12 ได้ดังรูปที่ 12

จากการเปรียบเทียบค่า $\frac{dn}{dc}$ เมื่อทราบค่าปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR (จาก

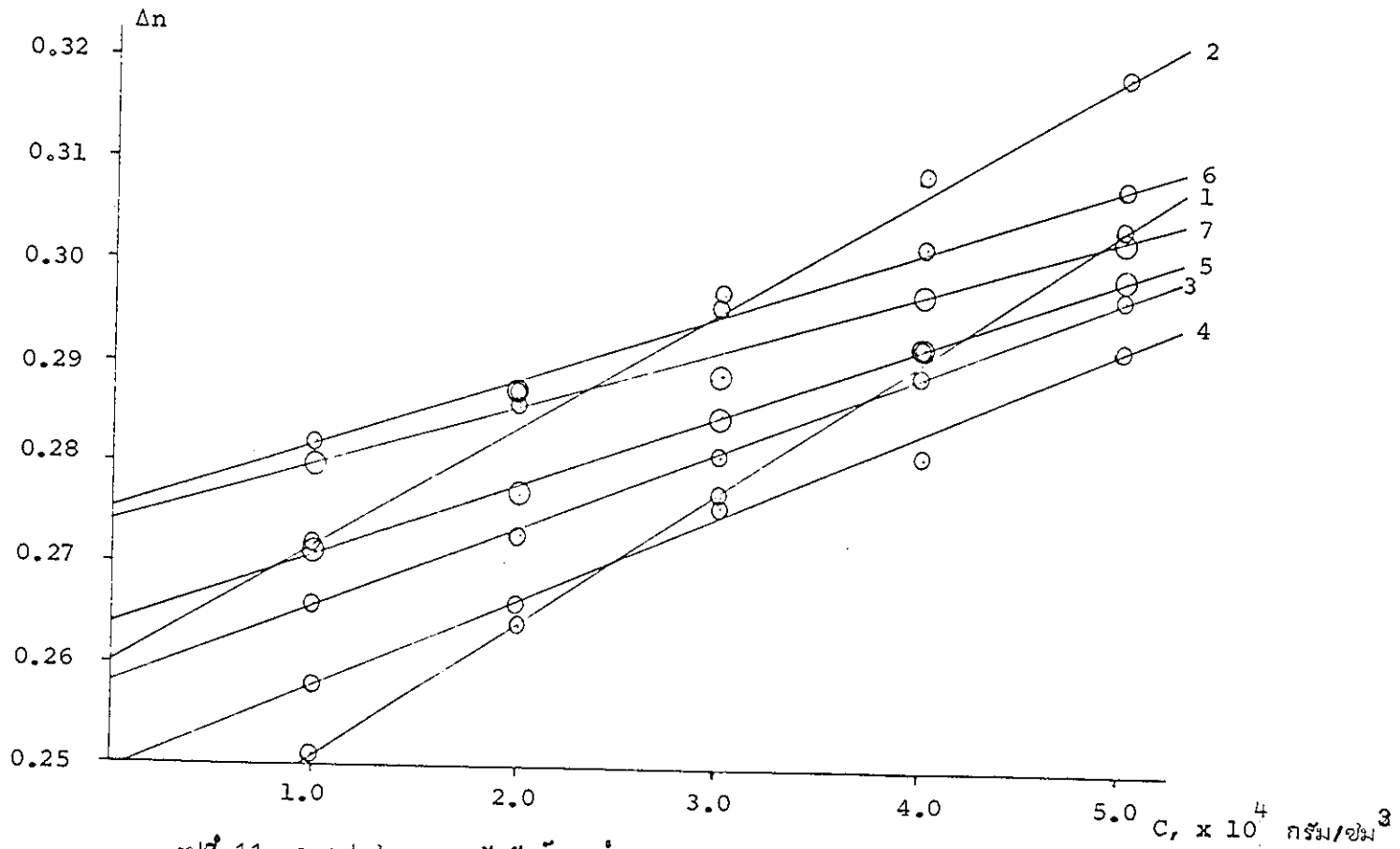
ตารางที่ 4) จะให้ผลดังตารางที่ 13 ซึ่งจะนำไปใช้ในการคำนวณดังกล่าวแล้ว ในหัวข้อ 1.6.2

| DPNR ครั้งที่ | ครั้งที่ 1 | | ครั้งที่ 2 | | ครั้งที่ 3 | | ครั้งที่ 4 | | ครั้งที่ 5 | |
|------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|
| | $[\eta]$ | $\bar{M}_v \times 10^{-6}$ | $[\eta]$ | $\bar{M}_v \times 10^{-6}$ | $[\eta]$ | $\bar{M}_v \times 10^{-6}$ | $[\eta]$ | $\bar{M}_v \times 10^{-6}$ | $[\eta]$ | $\bar{M}_v \times 10^{-6}$ |
| 1 | 5.02 | 0.993 | 5.00 | 0.987 | 5.21 | 1.050 | 2.25 | 1.062 | 5.23 | 1.056 |
| 2 | 5.15 | 1.031 | 5.21 | 1.050 | 5.22 | 1.053 | 5.26 | 1.065 | 5.25 | 1.062 |
| 3 | 5.16 | 1.035 | 5.24 | 1.059 | 5.25 | 1.062 | 5.28 | 1.071 | 5.26 | 1.065 |
| 4 | 5.18 | 1.041 | 5.30 | 1.077 | 5.26 | 1.065 | 5.30 | 1.077 | 5.30 | 1.077 |
| 5 | 5.26 | 1.065 | 5.31 | 1.080 | 5.28 | 1.071 | 5.31 | 1.080 | 5.33 | 1.086 |
| 6 | 5.29 | 1.074 | 5.31 | 1.080 | 5.30 | 1.077 | 5.32 | 1.096 | 5.34 | 1.090 |
| 7 | 5.31 | 1.080 | 5.32 | 1.083 | 5.33 | 1.087 | 5.335 | 1.088 | 5.35 | 1.093 |
| 8 | 5.32 | 1.083 | 5.33 | 1.087 | 5.35 | 1.093 | 5.34 | 1.090 | 5.40 | 1.108 |
| 9 | 5.33 | 1.087 | 5.39 | 1.105 | 5.36 | 1.096 | 5.36 | 1.096 | 5.42 | 1.114 |

ตารางที่ 10 แสดง $[\eta]$ และ \bar{M}_v ของสารละลาย NR ที่ได้จากการทำ DPNR แต่ละวิธี

| %N | ค่าที่วัดและ คำนวณได้ | ความเข้มข้น (C) x 10 ⁴ กรัม/ ลิ. ³ | | | | |
|-------|--------------------------|--|-------|-------|-------|-------|
| | | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 |
| 0.333 | d ₂ | 6.839 | 6.843 | 6.847 | 6.851 | 6.855 |
| | d ₁ | 6.382 | 6.375 | 6.368 | 6.360 | 6.345 |
| | Δ n | 0.251 | 0.264 | 0.277 | 0.292 | 0.304 |
| 0.260 | d ₂ | 6.838 | 6.848 | 6.850 | 6.856 | 6.864 |
| | d ₁ | 6.363 | 6.362 | 6.355 | 6.351 | 6.350 |
| | Δ n | 0.272 | 0.286 | 0.297 | 0.309 | 0.319 |
| 0.195 | d ₂ | 6.814 | 6.818 | 6.822 | 6.825 | 6.830 |
| | d ₁ | 6.344 | 6.343 | 6.340 | 6.336 | 6.335 |
| | Δ n | 0.266 | 0.273 | 0.281 | 0.289 | 0.297 |
| 0.185 | d ₂ | 6.836 | 6.841 | 6.846 | 6.850 | 6.851 |
| | d ₁ | 6.373 | 6.371 | 6.368 | 6.368 | 6.360 |
| | Δ n | 0.258 | 0.266 | 0.276 | 0.281 | 0.292 |
| 0.165 | d ₂ | 6.814 | 6.818 | 6.822 | 6.827 | 6.832 |
| | d ₁ | 6.340 | 6.339 | 6.337 | 6.336 | 6.335 |
| | Δ n | 0.271 | 0.277 | 0.285 | 0.292 | 0.299 |
| 0.150 | d ₂ | 6.846 | 6.849 | 6.850 | 6.851 | 6.851 |
| | d ₁ | 6.363 | 6.362 | 6.356 | 6.352 | 6.347 |
| | Δ n | 0.282 | 0.287 | 0.296 | 0.302 | 0.308 |
| 0.92 | d ₂ | 6.841 | 6.842 | 6.843 | 6.848 | 6.852 |
| | d ₁ | 6.360 | 6.355 | 6.354 | 6.353 | 6.352 |
| | Δ n | 0.280 | 0.287 | 0.289 | 0.297 | 0.303 |

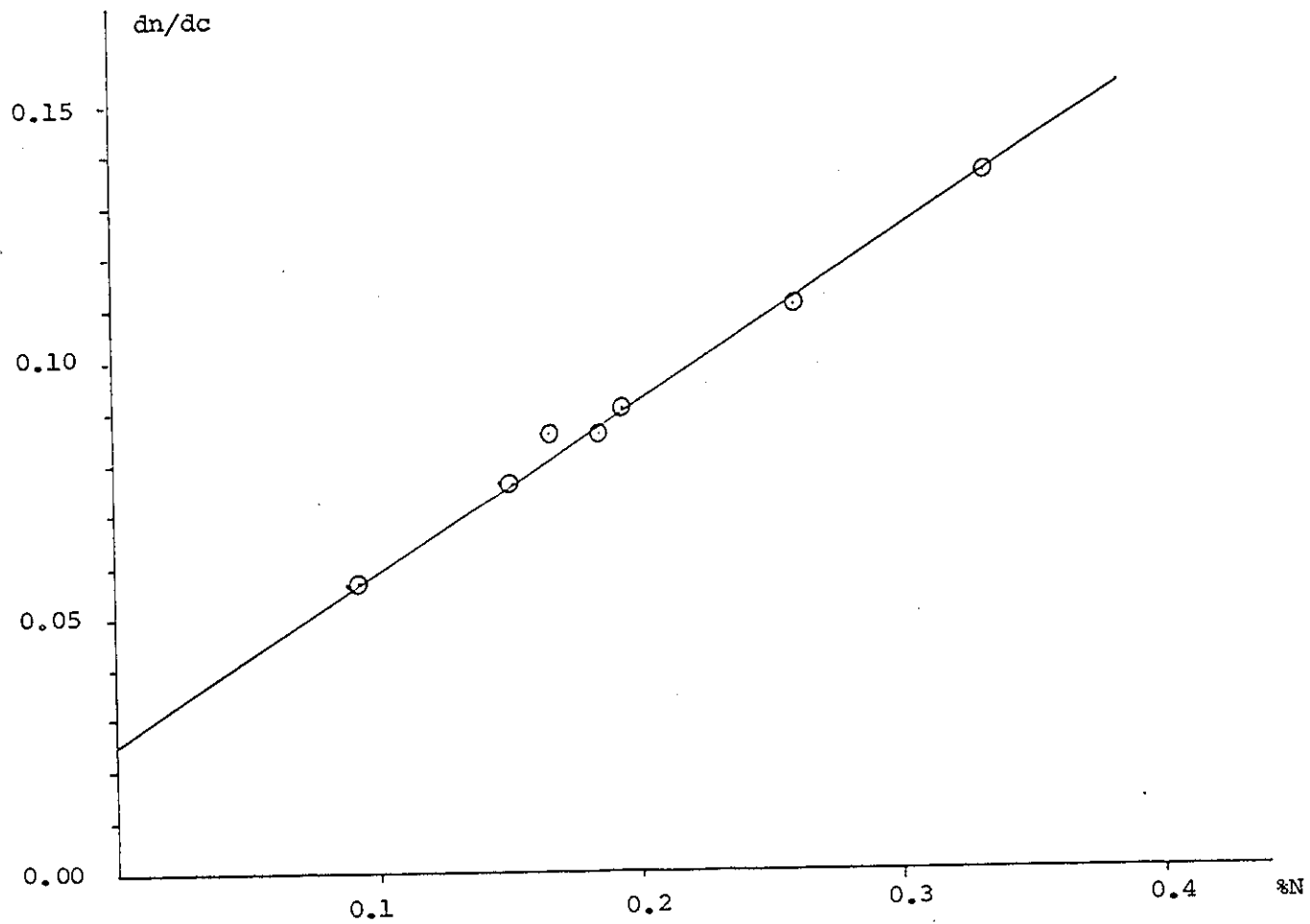
ตารางที่ 11 แสดงการวัด d₁, d₂ และการคำนวณ Δn ของสารละลาย NR



รูปที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Δn กับ C

| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| dn/dc | 0.130 | 0.110 | 0.090 | 0.085 | 0.080 | 0.075 | 0.056 |
| %N | 0.333 | 0.260 | 0.195 | 0.185 | 0.165 | 0.150 | 0.092 |

ตารางที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ร้อยละของไนโตรเจนใน NR กับ $\frac{dn}{dc}$



รูปที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{dn}{dc}$ กับ ปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR
 หมายเหตุ : ให้เป็นกราฟมาตรฐาน

| DPNR ครั้งที่ | วิธี 1 | | วิธี 2 | | วิธี 3 | | วิธี 4 | | วิธี 5 | |
|------------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|
| | % N | $\frac{dn}{dc}$ | % N | $\frac{dn}{dc}$ | % N | $\frac{dn}{dc}$ | % N | $\frac{dn}{dc}$ | % N | $\frac{dn}{dc}$ |
| 1 | 0.322 | 0.135 | 0.364 | 0.146 | 0.193 | 0.089 | 0.178 | 0.084 | 0.174 | 0.088 |
| 2 | 0.242 | 0.105 | 0.206 | 0.1094 | 0.183 | 0.086 | 0.171 | 0.082 | 0.163 | 0.081 |
| 3 | 0.224 | 0.099 | 0.201 | 0.092 | 0.164 | 0.079 | 0.163 | 0.079 | 0.151 | 0.076 |
| 4 | 0.210 | 0.095 | 0.186 | 0.087 | 0.158 | 0.078 | 0.154 | 0.076 | 0.134 | 0.070 |
| 5 | 0.162 | 0.079 | 0.154 | 0.077 | 0.141 | 0.077 | 0.143 | 0.073 | 0.125 | 0.067 |
| 6 | 0.140 | 0.071 | 0.154 | 0.077 | 0.126 | 0.066 | 0.136 | 0.070 | 0.103 | 0.061 |
| 7 | 0.133 | 0.069 | 0.152 | 0.076 | 0.108 | 0.061 | 0.121 | 0.065 | 0.098 | 0.007 |
| 8 | 0.118 | 0.064 | 0.150 | 0.075 | 0.093 | 0.056 | 0.108 | 0.061 | 0.084 | 0.053 |
| 9 | 0.102 | 0.059 | 0.137 | 0.070 | 0.083 | 0.053 | 0.093 | 0.056 | 0.073 | 0.049 |

ตารางที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบค่า $\frac{dn}{dc}$ เมื่อทราบค่า ปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR

3.1.5 การวัดการกระจายแสง

จากการ calibrate เครื่องมือโดยวัดค่า transmittance ของ neutral filters ที่ความยาวคลื่น 546 nm. และอุณหภูมิ 25°C ได้ผล ดังตารางที่ 14

| Filter No. | ค่า transmittance ที่กำหนดให้ | ค่า transmittance ที่วัดได้ |
|------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 0.491 | 0.489 |
| 2 | 0.252 | 0.243 |
| 3 | 0.150 | 0.154 |
| 4 | 0.0609 | 0.062 |
| 1,2 | 0.1237 | 0.119 |
| 1,3 | 0.0737 | 0.072 |
| 2,3 | 0.0376 | 0.034 |
| 1,2,3 | 0.0186 | 0.016 |
| 1,4 | 0.0299 | 0.029 |
| 2,4 | 0.0153 | 0.013 |
| 1,2,4 | 0.00751 | 0.007 |
| 3,4 | 0.00914 | 0.008 |
| 2,3,4 | 0.00230 | 0.002 |
| 1,2,3,4 | 0.00129 | 0.001 |

ตารางที่ 14 แสดงค่า Transmittance ของ neutral filters

ผลการ Calibrate เครื่องมือเพื่อหาค่า Working Standard (a) ที่ความยาวคลื่น 546 nm.
อุณหภูมิ 25°C จะได้

$$a = 0.0920$$

ผลการวัดค่าเฉลี่ย Scattering ratio ผ่าน neutral tilter $F_s[D_s/D_w]$

เพื่อคำนวณหาค่า $\frac{HC}{\tau}$ จากสมการที่ 5 และ 8 ได้ผลดังตารางที่ 15,16,17,18 และ

19 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง $\frac{HC}{\tau}$ กับ C และลากเส้นกราฟไปตัดแกน $\frac{HC}{\tau}$ ที่

ให้ได้ค่า $\frac{HC}{\tau}$ ดังรูปที่ 13,14,15,16 และ 17

$$\text{หาค่า } \frac{HC}{\tau} \text{ ไปคำนวณหาค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย } (\bar{M}_w) \\ c=0$$

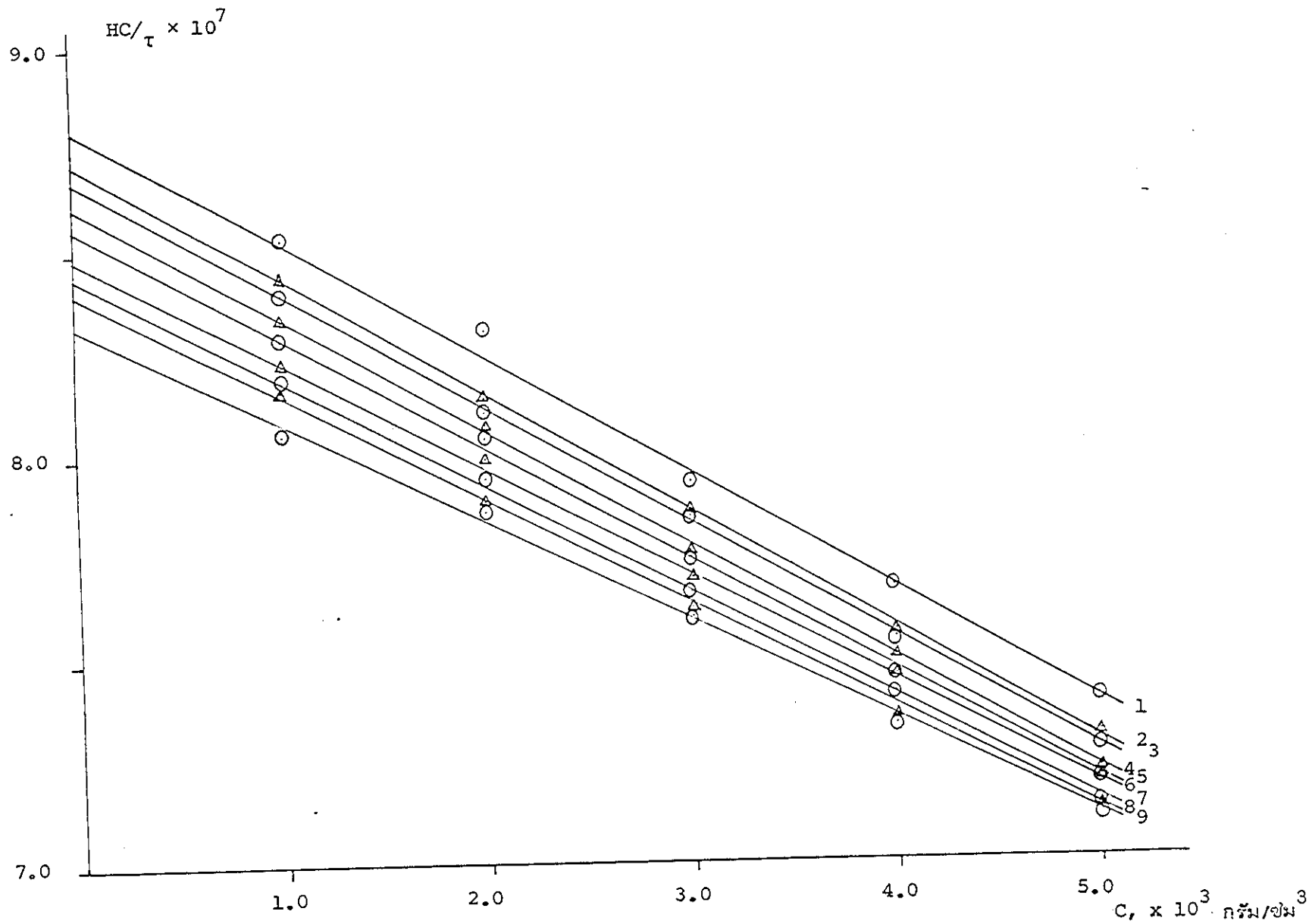
จากสมการ

$$\frac{HC}{\tau} \quad c = 0 \quad = \frac{1}{M_w}$$

ได้ผลดังตารางที่ 20

| ครั้งที่ | ค่าที่วัดและ คำนวณได้ | ความเข้มข้น (C) x 10 ³ กรัม/ชม ³ | | | | |
|----------|--------------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|
| | | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 |
| 1 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{S}{D}$ | 0.0113 | 0.0232 | 0.0364 | 0.0502 | 0.0651 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.52 | 8.30 | 7.93 | 7.67 | 7.39 |
| 2 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{S}{D}$ | 0.0069 | 0.0143 | 0.0222 | 0.0308 | 0.0398 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.43 | 8.14 | 7.86 | 7.56 | 7.30 |
| 3 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{S}{D}$ | 0.0062 | 0.0128 | 0.0198 | 0.0275 | 0.0356 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.39 | 8.10 | 7.85 | 7.54 | 7.28 |
| 4 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{S}{D}$ | 0.0057 | 0.0118 | 0.0184 | 0.0254 | 0.0330 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.33 | 8.07 | 7.76 | 7.50 | 7.21 |
| 5 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{S}{D}$ | 0.0040 | 0.0082 | 0.0127 | 0.0176 | 0.0228 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.28 | 8.04 | 7.75 | 7.45 | 7.19 |
| 6 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{S}{D}$ | 0.0032 | 0.0066 | 0.0103 | 0.0142 | 0.0184 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.22 | 7.99 | 7.70 | 7.45 | 7.19 |
| 7 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{S}{D}$ | 0.0031 | 0.0064 | 0.0099 | 0.0137 | 0.0178 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.18 | 7.94 | 7.66 | 7.41 | 7.13 |
| 8 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{S}{D}$ | 0.0027 | 0.0055 | 0.0085 | 0.0118 | 0.0152 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.17 | 7.89 | 7.62 | 7.35 | 7.13 |
| 9 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{S}{D}$ | 0.0023 | 0.0047 | 0.0073 | 0.0101 | 0.0130 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.05 | 7.86 | 7.60 | 7.33 | 7.12 |

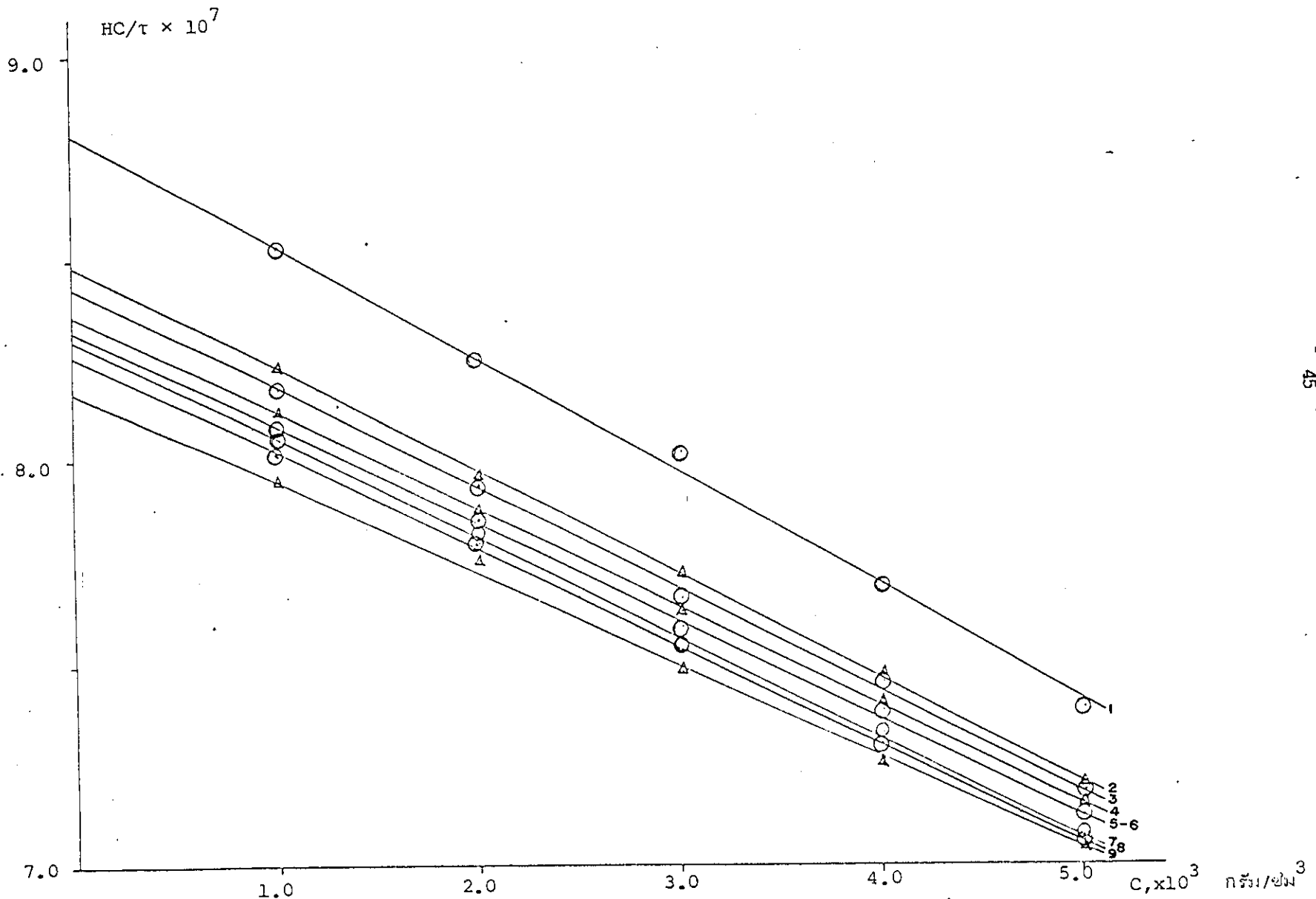
ตารางที่ 15 แสดงการวัดการกระจายแสงและการคำนวณหาค่า $\frac{HC}{T}$ ของสารละลาย NR จาก
การทำ DPNR วิธีที่ 1



รูปที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง $\frac{HC}{\tau}$ กับ C ของ NR ที่ได้จาก DPNR วิธีที่ 1.

| ครั้งที่ | ค่าที่วัดและ คำนวณได้ | ความเข้มข้น (C) x 10 ³ กรัม/ชม. ³ | | | | |
|----------|--|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 |
| 1 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{s}{\tau}$ $\frac{HC}{\tau} \times 10^7$ | 0.0132 8.53 | 0.0273 8.25 | 0.0422 8.02 | 0.0585 7.69 | 0.0761 7.39 |
| 2 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{s}{\tau}$ $\frac{HC}{\tau} \times 10^7$ | 0.0057 8.23 | 0.0117 7.96 | 0.0181 7.71 | 0.0249 7.48 | 0.0323 7.20 |
| 3 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{s}{\tau}$ $\frac{HC}{\tau} \times 10^7$ | 0.0055 8.18 | 0.0113 7.96 | 0.0176 7.66 | 0.0241 7.46 | 0.0313 7.18 |
| 4 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{s}{\tau}$ $\frac{HC}{\tau} \times 10^7$ | 0.0050 8.12 | 0.0102 7.88 | 0.0158 7.63 | 0.0217 7.41 | 0.0281 7.15 |
| 5 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{s}{\tau}$ $\frac{HC}{\tau} \times 10^7$ | 0.0039 8.09 | 0.0079 7.86 | 0.0123 7.59 | 0.0169 7.39 | 0.0219 7.12 |
| 6 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{s}{\tau}$ $\frac{HC}{\tau} \times 10^7$ | 0.0039 8.10 | 0.0080 7.84 | 0.0123 7.61 | 0.0170 7.34 | 0.0220 7.09 |
| 7 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{s}{\tau}$ $\frac{HC}{\tau} \times 10^7$ | 0.0038 8.06 | 0.0078 7.83 | 0.0122 7.54 | 0.0167 7.35 | 0.0217 7.07 |
| 8 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{s}{\tau}$ $\frac{HC}{\tau} \times 10^7$ | 0.0037 8.01 | 0.0076 7.80 | 0.0118 7.53 | 0.0162 7.31 | 0.0209 7.06 |
| 9 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{s}{\tau}$ $\frac{HC}{\tau} \times 10^7$ | 0.0033 7.95 | 0.0067 7.75 | 0.0104 7.48 | 0.0143 7.25 | 0.0184 7.04 |

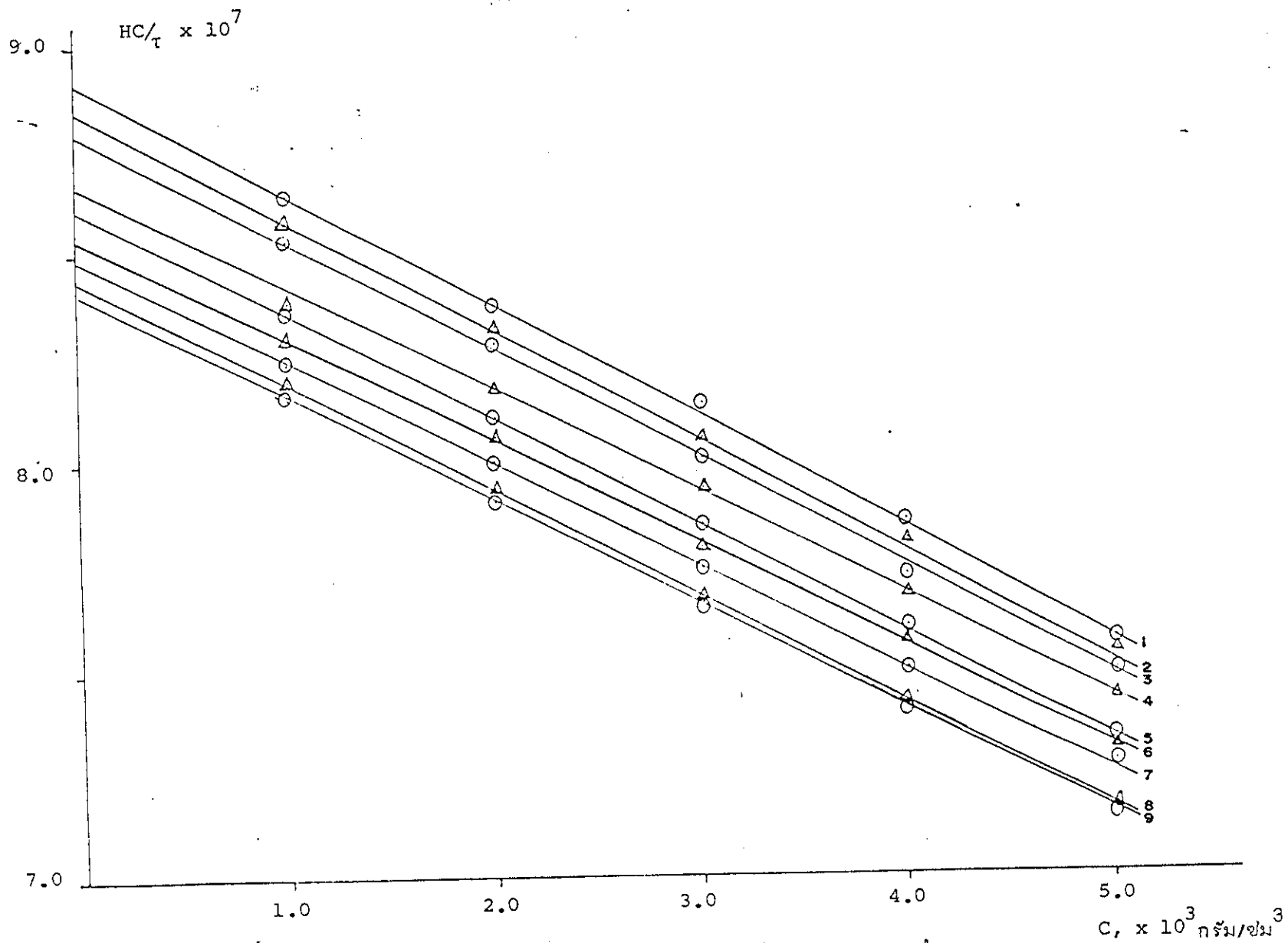
ตารางที่ 16 แสดงการวัดการกระจายแสงและการคำนวณหาค่า $\frac{HC}{\tau}$ ของสารละลาย NR จาก
การทํา DPNR วันที่ 2



รูปที่ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{\tau}$ กับ C ของ NR ที่ได้จาก DPNR รหัสที่ 2

| ครั้งที่ | ค่าที่วัดและ คำนวณได้ | ความเข้มข้น (C) x 10 ³ กรัม/ชม ³ | | | | |
|----------|------------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|
| | | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 |
| 1 | $F \times \frac{D}{D} \frac{s}{w}$ | 0.0049 | 0.0100 | 0.0155 | 0.0214 | 0.0277 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.64 | 8.37 | 8.13 | 7.85 | 7.57 |
| 2 | $F \times \frac{D}{D} \frac{s}{w}$ | 0.0046 | 0.0094 | 0.0146 | 0.0201 | 0.0260 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.57 | 8.37 | 8.05 | 7.80 | 7.54 |
| 3 | $F \times \frac{D}{D} \frac{s}{w}$ | 0.0039 | 0.0080 | 0.0124 | 0.0171 | 0.0220 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.53 | 8.28 | 8.00 | 7.72 | 7.49 |
| 4 | $F \times \frac{D}{D} \frac{s}{w}$ | 0.0038 | 0.0079 | 0.0122 | 0.0168 | 0.0217 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.38 | 8.17 | 7.17 | 7.68 | 7.43 |
| 5 | $F \times \frac{D}{D} \frac{s}{w}$ | 0.0038 | 0.0077 | 0.0120 | 0.0165 | 0.0214 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.35 | 8.10 | 7.84 | 7.60 | 7.33 |
| 6 | $F \times \frac{D}{D} \frac{s}{w}$ | 0.0028 | 0.0057 | 0.0089 | 0.0122 | 0.0158 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.20 | 8.05 | 7.79 | 7.57 | 7.31 |
| 7 | $F \times \frac{D}{D} \frac{s}{w}$ | 0.0024 | 0.0049 | 0.0076 | 0.0105 | 0.0135 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.23 | 8.00 | 7.74 | 7.50 | 7.27 |
| 8 | $F \times \frac{D}{D} \frac{s}{w}$ | 0.0020 | 0.0042 | 0.0065 | 0.0089 | 0.0116 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.19 | 7.93 | 7.67 | 7.42 | 7.16 |
| 9 | $F \times \frac{D}{D} \frac{s}{w}$ | 0.0018 | 0.0038 | 0.0058 | 0.0080 | 0.0104 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.15 | 7.90 | 7.66 | 7.41 | 7.15 |

ตารางที่ 17 แสดงการวัดการกระจายแสง และการคำนวณหาค่า $\frac{HC}{T}$ ของสารละลาย NR จาก
การทำ DPNR วิธีที่ 3

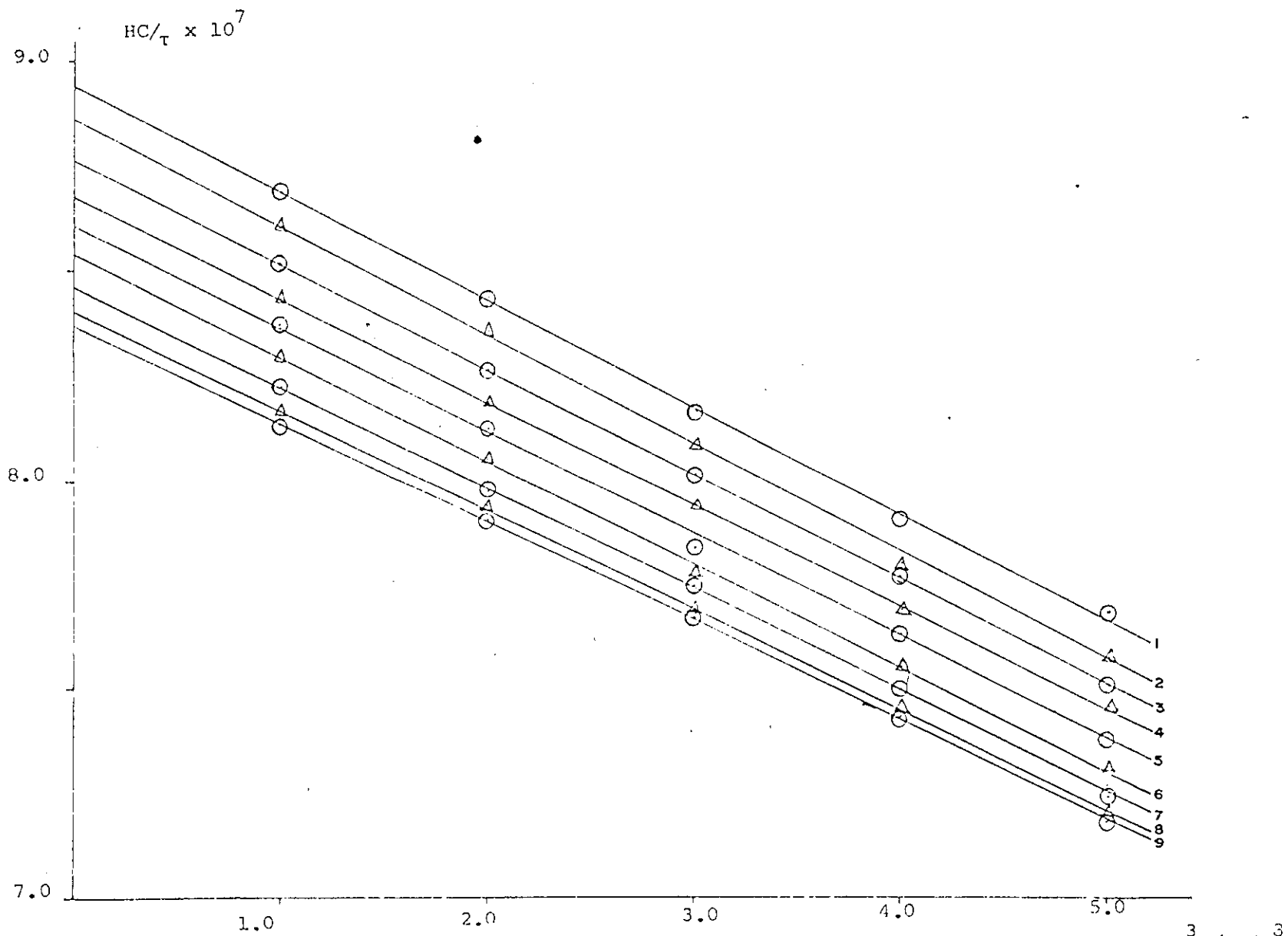


รูปที่ 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{\tau}$ กับ C ของ NR ที่ได้จาก DFNR วิธีที่ 3

| ครั้งที่ | ค่าที่วัดและ คำนวณได้ | ความเข้มข้น (C) x 10 ³ กรัม/ชม ³ | | | | |
|----------|------------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|
| | | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 |
| 1 | $F \times \frac{D}{D} \frac{S}{W}$ | 0.0043 | 0.0089 | 0.0137 | 0.0189 | 0.0243 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.67 | 8.43 | 8.16 | 7.90 | 7.68 |
| 2 | $F \times \frac{D}{D} \frac{S}{W}$ | 0.0041 | 0.0085 | 0.0132 | 0.0183 | 0.0235 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.60 | 8.35 | 8.08 | 7.79 | 7.57 |
| 3 | $F \times \frac{D}{D} \frac{S}{W}$ | 0.0039 | 0.0080 | 0.0124 | 0.0170 | 0.0220 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.51 | 8.26 | 8.01 | 7.77 | 7.50 |
| 4 | $F \times \frac{D}{D} \frac{S}{W}$ | 0.0036 | 0.0075 | 0.0116 | 0.0159 | 0.0205 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.43 | 8.18 | 7.93 | 7.68 | 7.45 |
| 5 | $F \times \frac{D}{D} \frac{S}{W}$ | 0.0034 | 0.0069 | 0.0108 | 0.0148 | 0.0191 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.36 | 8.12 | 7.83 | 7.62 | 7.38 |
| 6 | $F \times \frac{D}{D} \frac{S}{W}$ | 0.0031 | 0.0064 | 0.0100 | 0.0138 | 0.0177 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.29 | 8.05 | 7.77 | 7.54 | 7.31 |
| 7 | $F \times \frac{D}{D} \frac{S}{W}$ | 0.0027 | 0.0056 | 0.0087 | 0.0120 | 0.0154 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.22 | 7.97 | 7.74 | 7.50 | 7.24 |
| 8 | $F \times \frac{D}{D} \frac{S}{W}$ | 0.0024 | 0.0050 | 0.0077 | 0.0106 | 0.0137 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.16 | 7.93 | 7.68 | 7.45 | 7.20 |
| 9 | $F \times \frac{D}{D} \frac{S}{W}$ | 0.0020 | 0.0042 | 0.0065 | 0.0089 | 0.0115 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.13 | 7.90 | 7.67 | 7.43 | 7.18 |

ตารางที่ 18 แสดงการวัดการกระจายแสงและการคำนวณค่า $\frac{HC}{T}$ ของลาร์ละลาย NR

จากการทำ DPNR วิธีที่ 4

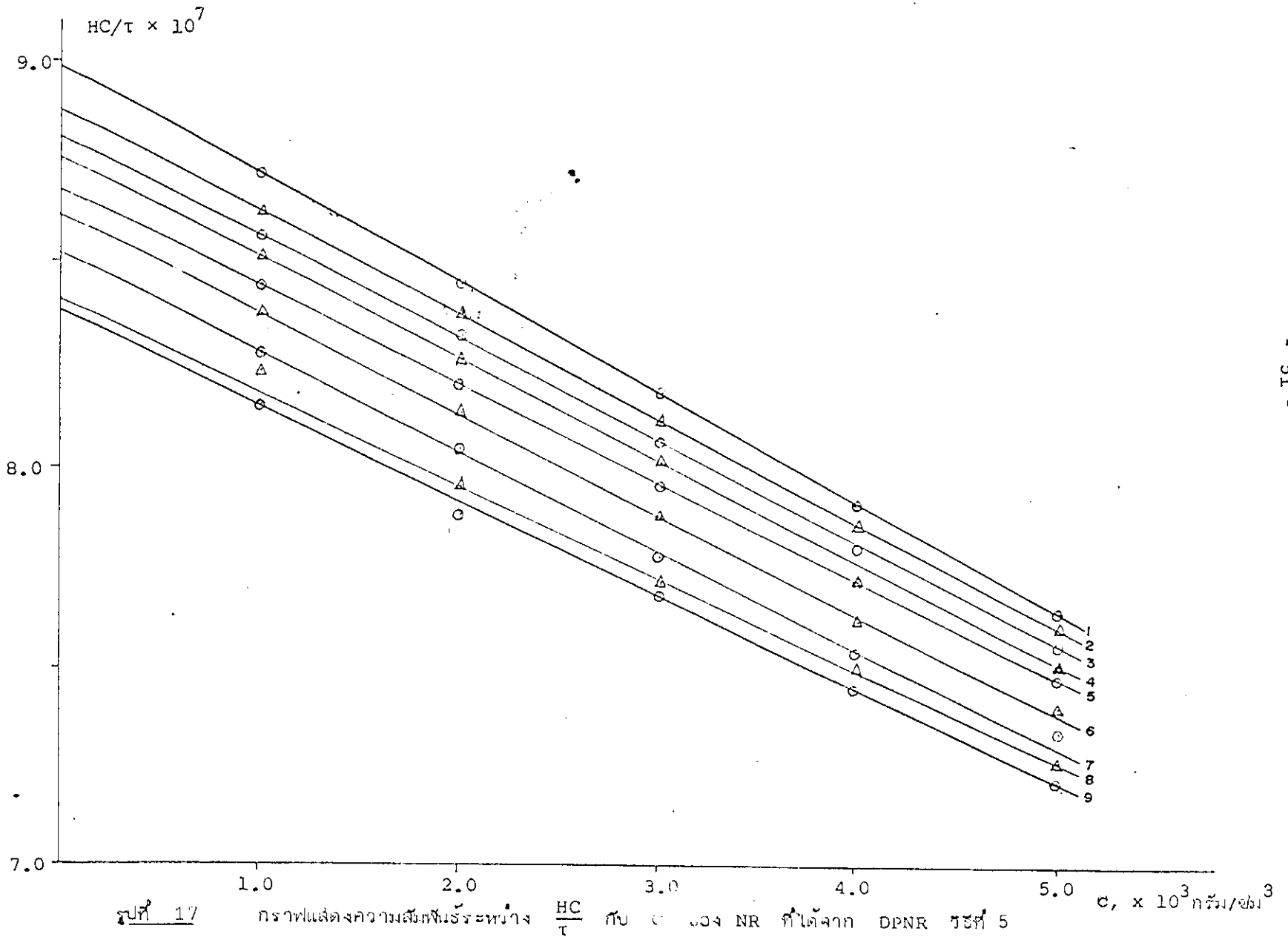


รูปที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{\tau}$ กับ C ของ NR ที่ได้จาก DPNR วิธีที่ 4

| ครั้งที่ | ค่าที่วัดและ คำนวณได้ | ความเข้มข้น (C) x 10 ³ กรัม/ชม ³ | | | | |
|----------|--------------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|
| | | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 |
| 1 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{S}{D}$ | 0.0047 | 0.0097 | 0.0150 | 0.0207 | 0.0268 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.72 | 8.47 | 8.18 | 7.91 | 7.64 |
| 2 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{S}{D}$ | 0.0040 | 0.0083 | 0.0128 | 0.0177 | 0.0228 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.62 | 8.37 | 8.11 | 8.85 | 7.60 |
| 3 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{S}{D}$ | 0.0036 | 0.0073 | 0.0114 | 0.0157 | 0.0202 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.56 | 8.32 | 8.06 | 7.80 | 7.56 |
| 4 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{S}{D}$ | 0.0031 | 0.0063 | 0.0097 | 0.0134 | 0.0173 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.51 | 8.26 | 8.01 | 7.72 | 7.51 |
| 5 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{S}{D}$ | 0.0028 | 0.0058 | 0.0090 | 0.0123 | 0.0159 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.44 | 8.20 | 7.95 | 7.72 | 7.47 |
| 6 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{S}{D}$ | 0.0024 | 0.0048 | 0.0075 | 0.0103 | 0.0133 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.37 | 8.13 | 7.88 | 7.62 | 7.40 |
| 7 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{S}{D}$ | 0.0022 | 0.0045 | 0.0070 | 0.0010 | 0.0124 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.28 | 8.04 | 7.77 | 7.54 | 7.34 |
| 8 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{S}{D}$ | 0.0018 | 0.0037 | 0.0058 | 0.0079 | 0.0102 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.23 | 7.95 | 7.71 | 7.50 | 7.26 |
| 9 | $F \times \frac{D}{D_w} \frac{S}{D}$ | 0.0016 | 0.0032 | 0.0050 | 0.0068 | 0.0088 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | 8.15 | 7.88 | 7.68 | 7.45 | 7.21 |

ตารางที่ 19 แสดงการวัดการกระจายแสงและการคำนวณหาค่า $\frac{HC}{T}$ ของสารละลาย NR จาก

การทาบ DPNR วิธีที่ 5



| DPR | วิธี 1 | | วิธี 2 | | วิธี 3 | | วิธี 4 | | วิธี 5 | |
|-----|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | $\bar{M}_w \times 10^6$ | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | $\bar{M}_w \times 10^6$ | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | $\bar{M}_w \times 10^6$ | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | $\bar{M}_w \times 10^6$ | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | $\bar{M}_w \times 10^7$ |
| 1 | 8.80 | 1.136 | 8.81 | 1.135 | 8.91 | 1.122 | 8.94 | 1.119 | 8.99 | 1.112 |
| 2 | 8.72 | 1.147 | 8.49 | 1.178 | 8.85 | 1.130 | 8.86 | 1.129 | 8.88 | 1.126 |
| 3 | 8.68 | 1.152 | 8.44 | 1.185 | 8.79 | 1.138 | 8.76 | 1.142 | 8.81 | 1.135 |
| 4 | 8.61 | 1.161 | 8.37 | 1.195 | 8.69 | 1.151 | 8.67 | 1.153 | 8.76 | 1.142 |
| 5 | 8.56 | 1.168 | 8.33 | 1.201 | 8.61 | 1.161 | 8.61 | 1.161 | 8.68 | 1.152 |
| 6 | 8.49 | 1.178 | 8.33 | 1.201 | 8.54 | 1.171 | 8.54 | 1.171 | 8.62 | 1.160 |
| 7 | 8.44 | 1.185 | 8.31 | 1.203 | 8.49 | 1.178 | 8.46 | 1.182 | 8.52 | 1.174 |
| 8 | 8.40 | 1.191 | 8.27 | 1.209 | 8.44 | 1.185 | 8.40 | 1.191 | 8.41 | 1.189 |
| 9 | 8.33 | 1.200 | 8.18 | 1.223 | 8.41 | 1.189 | 8.37 | 1.195 | 8.38 | 1.193 |

ตารางที่ 20 แสดง $\frac{HC}{T}$ และ \bar{M}_w ของสารละลาย NR ที่ได้จากการทำ DPR แต่ละวิธี

3.2 บทวิจารณ์

3.2.1 การแยก NR ออกจากน้ำยางสด

NR ที่แยกได้จากน้ำยางสด โดยใช้เครื่องปั่นความเร็วสูง (UC) นั้น ปรากฏว่าไม่เป็นสารเนื้อเดียวกัน ซึ่งจากการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (ปริมาณร้อยละของไนโตรเจน) ในส่วนต่างของ NR ได้ผล ดังนี้

ส่วนที่ 1 NR ที่อยู่ติดฝาของหลอด UC มี ปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ประมาณ 0.20 - 0.25%

ส่วนที่ 2 NR ที่อยู่ติดกับ Serum fraction และ Frey Wyssling particle มีปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ประมาณ 0.3 - 0.5%

ดังนั้นก่อนทำ DPNR ทั้ง 5 วิธี จึงจำเป็นต้องทำให้ NR เป็นสารเนื้อเดียวกันเสียก่อน โดยการละลาย NR ในโทลูอีน และตกตะกอน ในเอทิลอัลกอฮอล์ 95% อบให้แห้ง แล้วจึงนำไปทำ DPNR แต่ละวิธี

3.1.2 เปรียบเทียบผลของ DPNR ทั้ง 5 วิธี

เมื่อทำ DPNR แต่ละวิธีแล้ว อบ NR ที่ได้ให้แห้ง จากนั้นจึงนำไปหาปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR ปรากฏว่าสำหรับแต่ละวิธีนั้น เมื่อทำ DPNR ครั้งสุดท้าย (ครั้งที่ 9) แล้วหาปริมาณร้อยละของไนโตรเจนที่เหลืออยู่ใน NR จะได้ผลดังนี้ 0.102% , 0.137% , 0.083% , 0.093% และ 0.073% ตามลำดับ

ซึ่งจะเห็นได้ว่า DPNR วิธีที่ 3, 4 และ 5 จะเป็นวิธีที่สามารถลดปริมาณโปรตีนใน NR ได้ดีกว่า 2 วิธี แรก แต่วิธีที่ 3 จะเป็นวิธีที่ประหยัดที่สุด และส่วนวิธีที่ 5 จะเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็ว

3.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด $[\eta]$ กับปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR

จากตารางที่ 21 เมื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด $[\eta]$ ของสารละลาย NR ในโทลูอีน กับ ปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR โดยใช้หลักทางสถิติ ในหัวข้อ สหสัมพันธ์เส้นตรง³⁴ จะได้กราฟเส้นตรงดังรูปที่ 18, 19, 20, 21 และ 22 ซึ่งเมื่อต่อเส้นกราฟออกไปตัดแกน $[\eta]$ จะได้ค่าของ $[\eta]$ ของ NR ที่แท้จริง ทั้งนี้เนื่องจากว่า $[\eta]$ ที่วัดได้ เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จาก $[\eta]$ ของ NR ($[\eta]_{NR}$) และ $[\eta]$ ของโปรตีน ($[\eta]_N$) ดังสมการ

$$[\eta] = \frac{[\eta]_{NR} + [\eta]_N}{100}$$

เมื่อปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR มีค่าเท่ากับศูนย์ ($[\eta]_N = 0$) $[\eta]$ จะเป็นค่าของ $[\eta]_{NR}$ เพียงอย่างเดียว นำค่า $[\eta]_{NR}$ มาหาค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย (\bar{M}_v) จากสมการ

$$[\eta] = 50.2 \times 10^{-5} \bar{M}_v^{0.667}$$

จะได้ผลดังตารางที่ 22

ค่าเฉลี่ยของ $[\eta]_{NR}$ ที่ได้จาก DPNR ทั้ง 5 วัช จะมีค่าเท่ากับ 5.51 ± 0.08 และค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย (\bar{M}_v) ของ NR จะมีค่าเท่ากับ $(1.14 \pm 0.07) \times 10^6$

การที่ $[\eta]$ มีค่าเพิ่มขึ้น ขณะที่ %N ใน NR มีค่าลดลงนั้นแสดงว่า โปรตีนที่อยู่ใน NR จะมีผลทำให้สารละลาย NR มีความหนืดน้อยลง ดังนั้นจะมีผลทำให้ \bar{M}_v มีค่าน้อยลงด้วย

3.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{dn}{dc}$ กับปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR

เนื่องจากค่าความแตกต่างของดัชนีหักเห ของสารละลาย NR ในโทลูอีน กับตัวทำละลาย ($n - n_0$) มีค่าน้อยมาก และไม่สามารถวัดได้จากเครื่อง Refractometer ธรรมดา จึงจำเป็นต้องใช้เครื่อง Differential Refractometer วัด ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง Δn กับ C เป็นกราฟเส้นตรงที่มีความชันเป็นค่า $\frac{dn}{dc}$ และสามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{dn}{dc}$ กับ ปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR ได้ดังรูปที่ 12 ซึ่งใช้เป็นกราฟมาตรฐานในการหาค่า $\frac{dn}{dc}$ เมื่อทราบปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR ของสารละลาย NR อื่น ๆ ซึ่ง

$\frac{dn}{dc}$ นั้นเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่ใช้ในการคำนวณหาค่า H

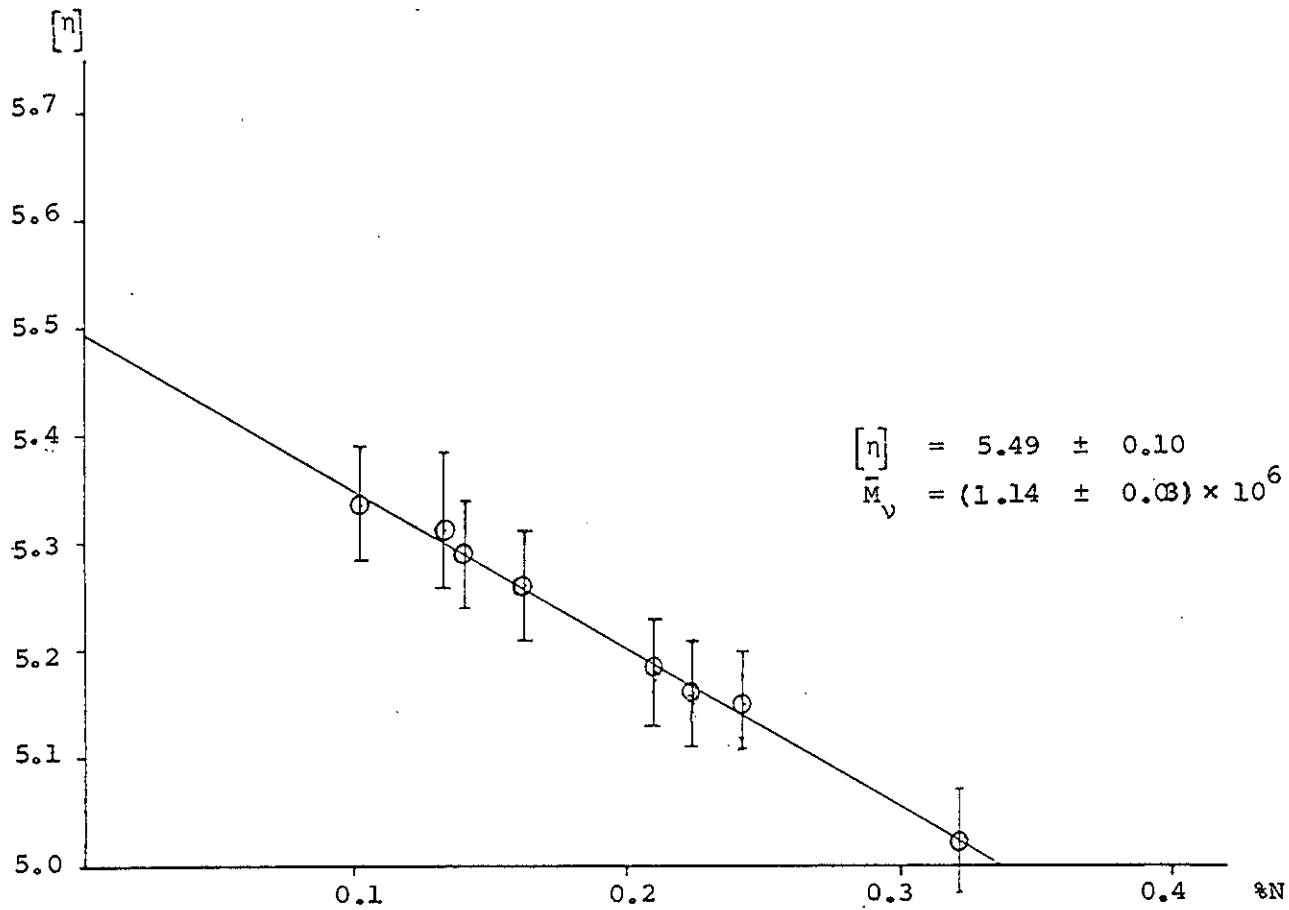
$$\text{เมื่อ } H = 6.18 \times 10^{-5} \times n^2 \left(\frac{dn}{dc}\right)^2$$

$$\text{และ } \frac{HC}{T} = \frac{1}{\bar{M}_w} + 2 BC$$

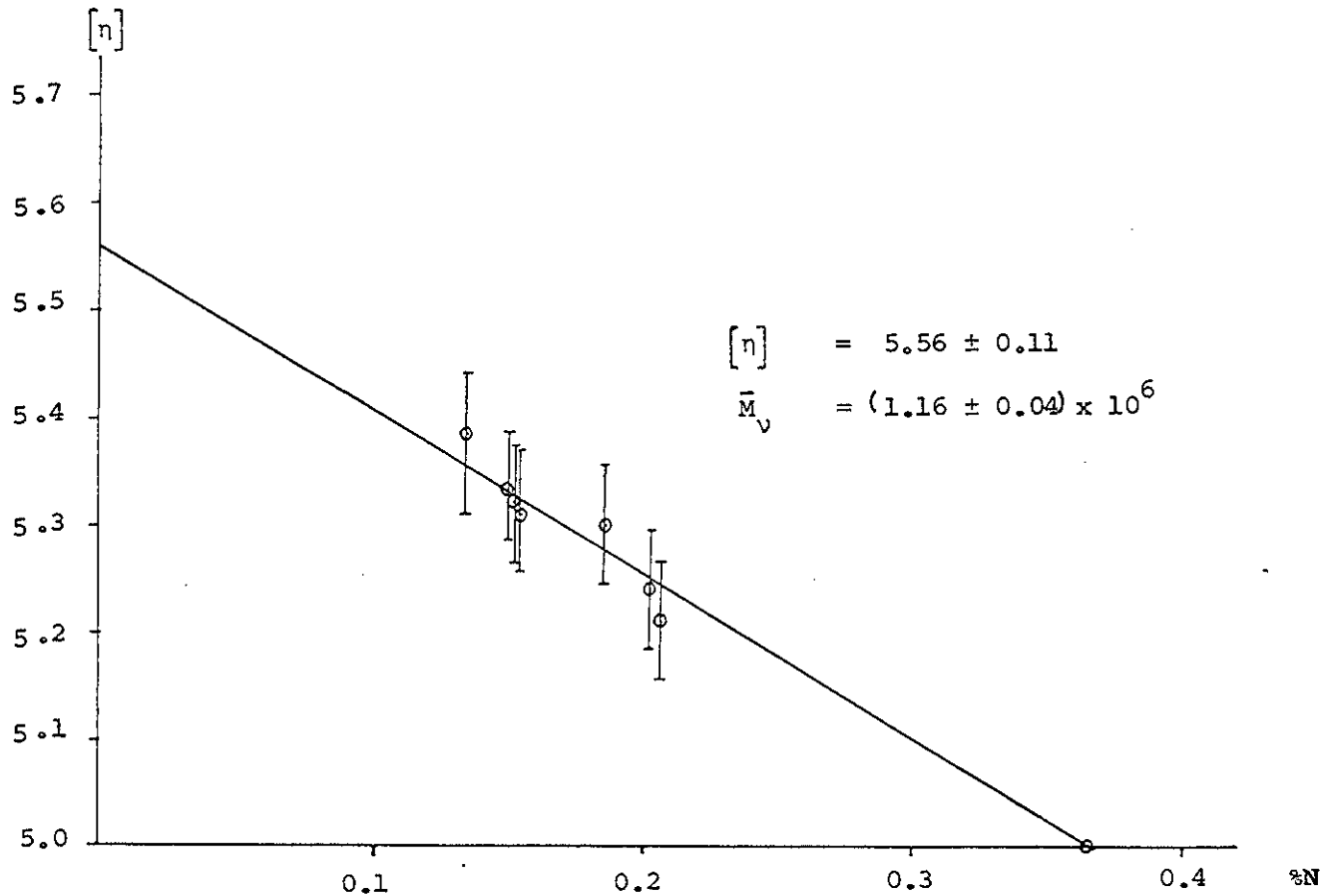
ดังนั้นจะเห็นได้ว่า $\left(\frac{dn}{dc}\right)^2$ มีผลโดยตรงต่อค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย (\bar{M}_w)

| DPNR | ข้อความ | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 4 | ครั้งที่ 5 | ครั้งที่ 6 | ครั้งที่ 7 | ครั้งที่ 8 | ครั้งที่ 9 |
|-----------|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| วิธีที่ 1 | % N | 0.322 | 0.242 | 0.224 | 0.210 | 0.162 | 0.140 | 0.133 | 0.118 | 0.102 |
| | [η] | 5.02 | 5.15 | 5.16 | 5.18 | 5.26 | 5.29 | 5.31 | 5.32 | 5.33 |
| วิธีที่ 2 | % N | 0.364 | 0.206 | 0.201 | 0.186 | 0.154 | 0.154 | 0.152 | 0.150 | 0.137 |
| | [η] | 5.00 | 5.21 | 5.24 | 5.30 | 5.31 | 5.31 | 5.32 | 5.33 | 5.39 |
| วิธีที่ 3 | % N | 0.193 | 0.183 | 0.164 | 0.158 | 0.141 | 0.126 | 0.108 | 0.093 | 0.083 |
| | [η] | 5.21 | 5.22 | 5.25 | 5.26 | 5.28 | 5.30 | 5.33 | 5.35 | 5.36 |
| วิธีที่ 4 | % N | 0.178 | 0.171 | 0.163 | 0.154 | 0.143 | 0.136 | 0.121 | 0.108 | 0.093 |
| | [η] | 5.25 | 5.26 | 5.28 | 5.30 | 5.31 | 5.32 | 5.335 | 5.34 | 5.36 |
| วิธีที่ 5 | % N | 0.174 | 0.168 | 0.151 | 0.134 | 0.125 | 0.108 | 0.096 | 0.084 | 0.073 |
| | [η] | 5.23 | 5.25 | 5.26 | 5.30 | 5.33 | 5.34 | 5.35 | 5.40 | 5.42 |

ตารางที่ 21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง [η] กับ ปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR

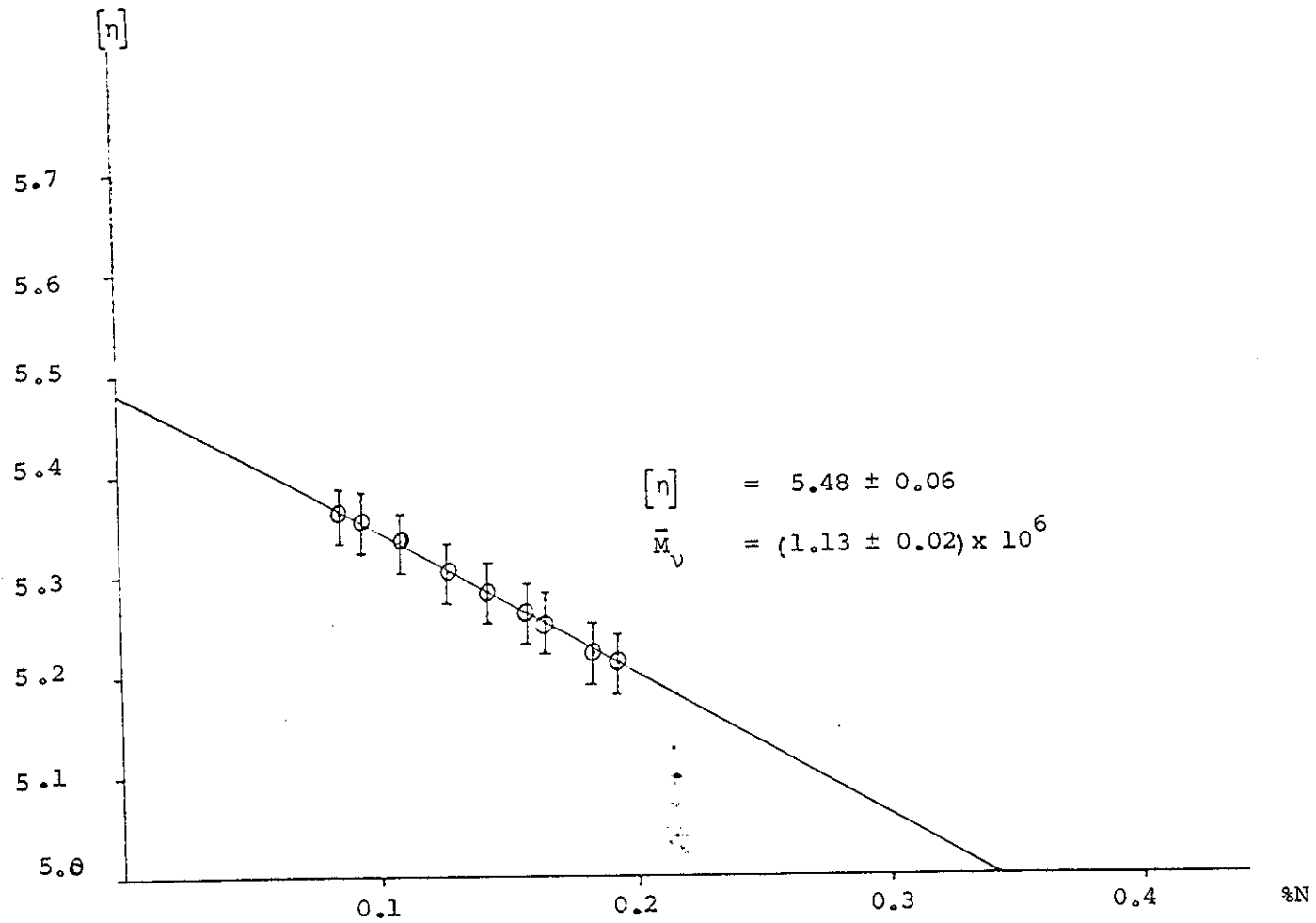


รูปที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $[\eta]$ กับ ปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR ที่ได้จาก DPNR รหัสที่ 1

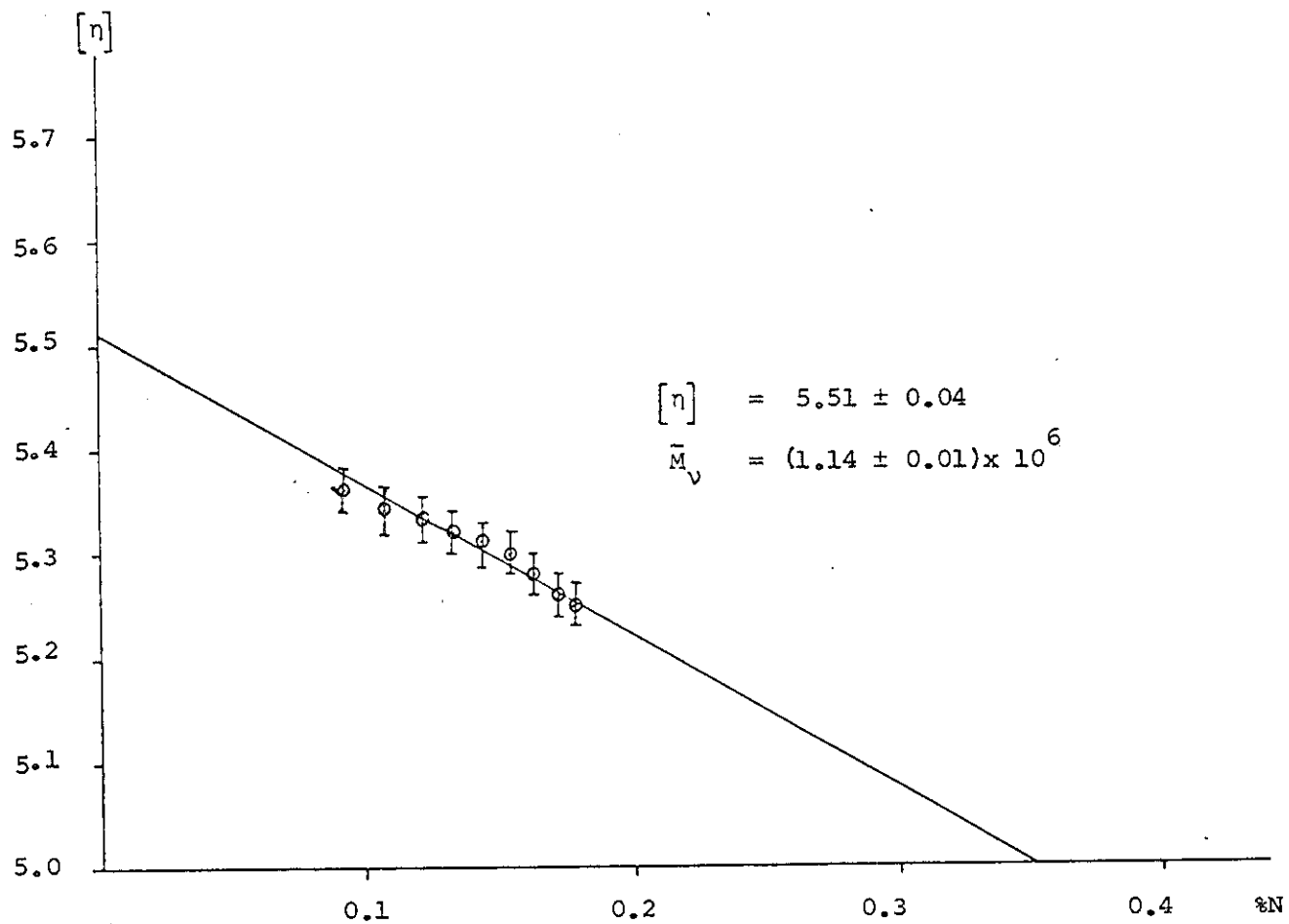


รูปที่ 19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $[\eta]$ กับ ปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR

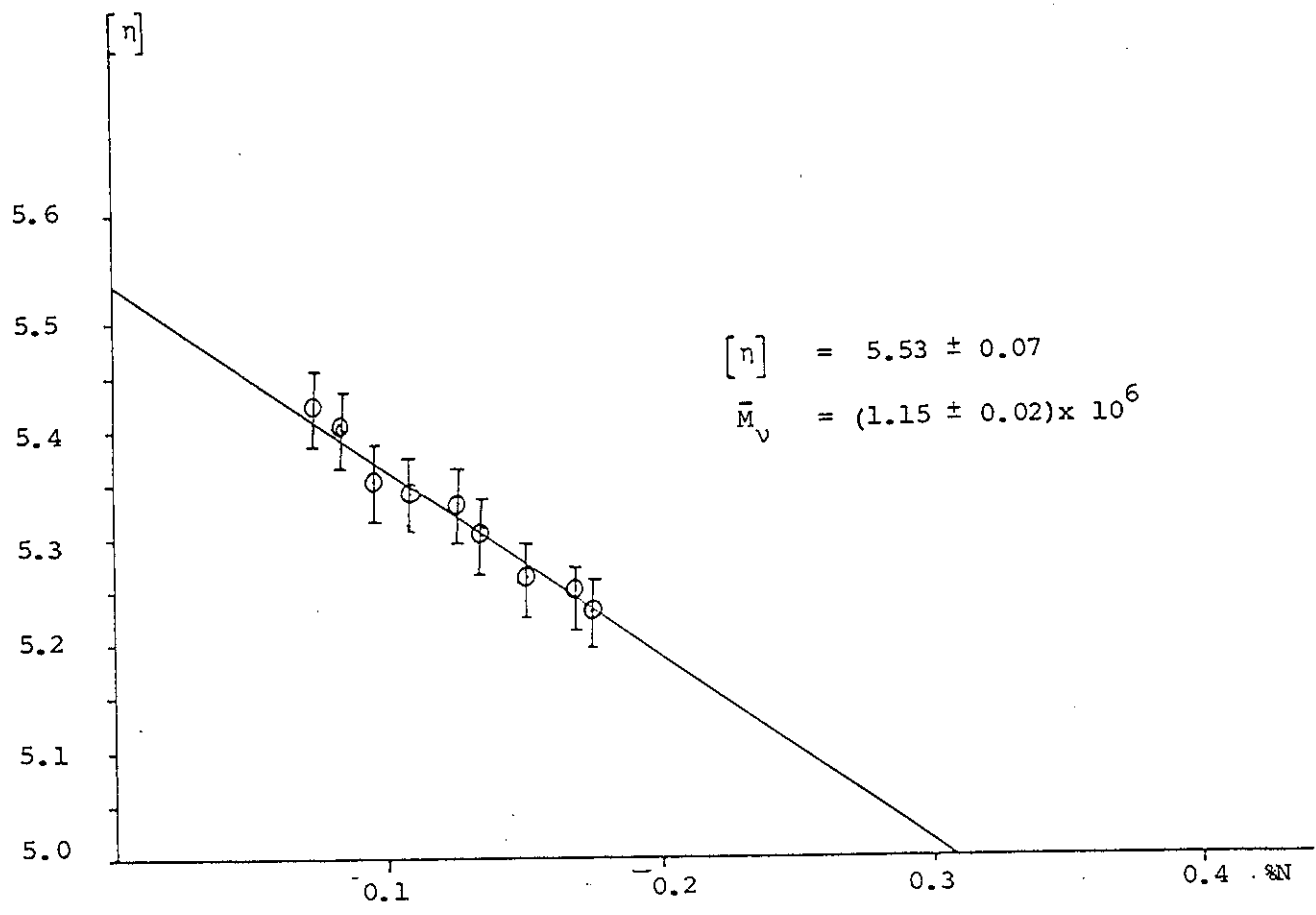
ที่ได้จาก DPNR รหัสที่ 2



รูปที่ 20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $[\eta]$ กับ ปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR
 ที่ได้จาก DPNR รหัสที่ 3



รูปที่ 21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $[\eta]$ กับ ปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR
 ที่ได้จาก DPNR รหัสที่ 4



รูปที่ 22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $[\eta]$ กับ ปริมาตรร้อยละของไนโตรเบน ใน NR
 ที่ได้จาก DPNR รหัส 5

| DPNR รหัส | $[\eta]_{NR}$ | $\bar{M}_v \times 10^{-6}$ |
|-----------|-----------------|----------------------------|
| 1 | 5.49 ± 0.10 | 1.14 ± 0.03 |
| 2 | 5.56 ± 0.11 | 1.16 ± 0.04 |
| 3 | 5.48 ± 0.06 | 1.13 ± 0.02 |
| 4 | 5.51 ± 0.04 | 1.14 ± 0.01 |
| 5 | 5.53 ± 0.07 | 1.15 ± 0.02 |

ตารางที่ 22 แสดงน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย (\bar{M}_v) ของ NR

3.2.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{\tau_{c=0}}$ กับ %N ใน NR

เนื่องจาก $\frac{HC}{\tau_{c=0}} = \frac{1}{\bar{M}_w}$
 และ $\tau = 0.2611 \times F \times \frac{D_s}{D_w}$

ซึ่ง $F \times \frac{D_s}{D_w}$ คือผลคูณระหว่างค่า transmittance ของ neutral filters กับ Scattering ratio จากผลการทดลองพบว่าเมื่อ ปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR มีค่ามาก ค่าของ $F \times \frac{D_s}{D_w}$ ที่วัดได้จะมีค่าน้อย ซึ่งทำให้เทอมของ $\frac{HC}{\tau_{c=0}}$ มีค่ามาก และเมื่อปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR มีค่าน้อย จะทำให้ $\frac{HC}{\tau_{c=0}}$ มีค่าน้อยด้วย

ดังนั้น ปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ $\frac{HC}{\tau_{c=0}}$ ดังตารางที่ 23 และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{\tau_{c=0}}$ กับปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR โดยใช้หลักทางสถิติ ในหัวข้อสัมพันธ์เส้นตรง³⁴ จะได้กราฟเส้นตรง ดังรูปที่ 23, 24, 25, 26 และ 27 เมื่อต่อเส้นกราฟออกไปตัดแกน $\frac{HC}{\tau_{c=0}}$ จะได้ค่า $\frac{HC}{\tau_{c=0}}$ ที่มีค่าปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR เท่ากับศูนย์ ($\frac{HC}{\tau_{c=0}}, \%N=0$) ซึ่งเป็นค่าของ NR ที่แท้จริง นำค่า $\frac{HC}{\tau_{c=0}}, \%N=0$ มาคำนวณหาค่า น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยจากสมการ $\frac{HC}{\tau_{c=0}}, \%N=0 = \frac{1}{\bar{M}_w}$

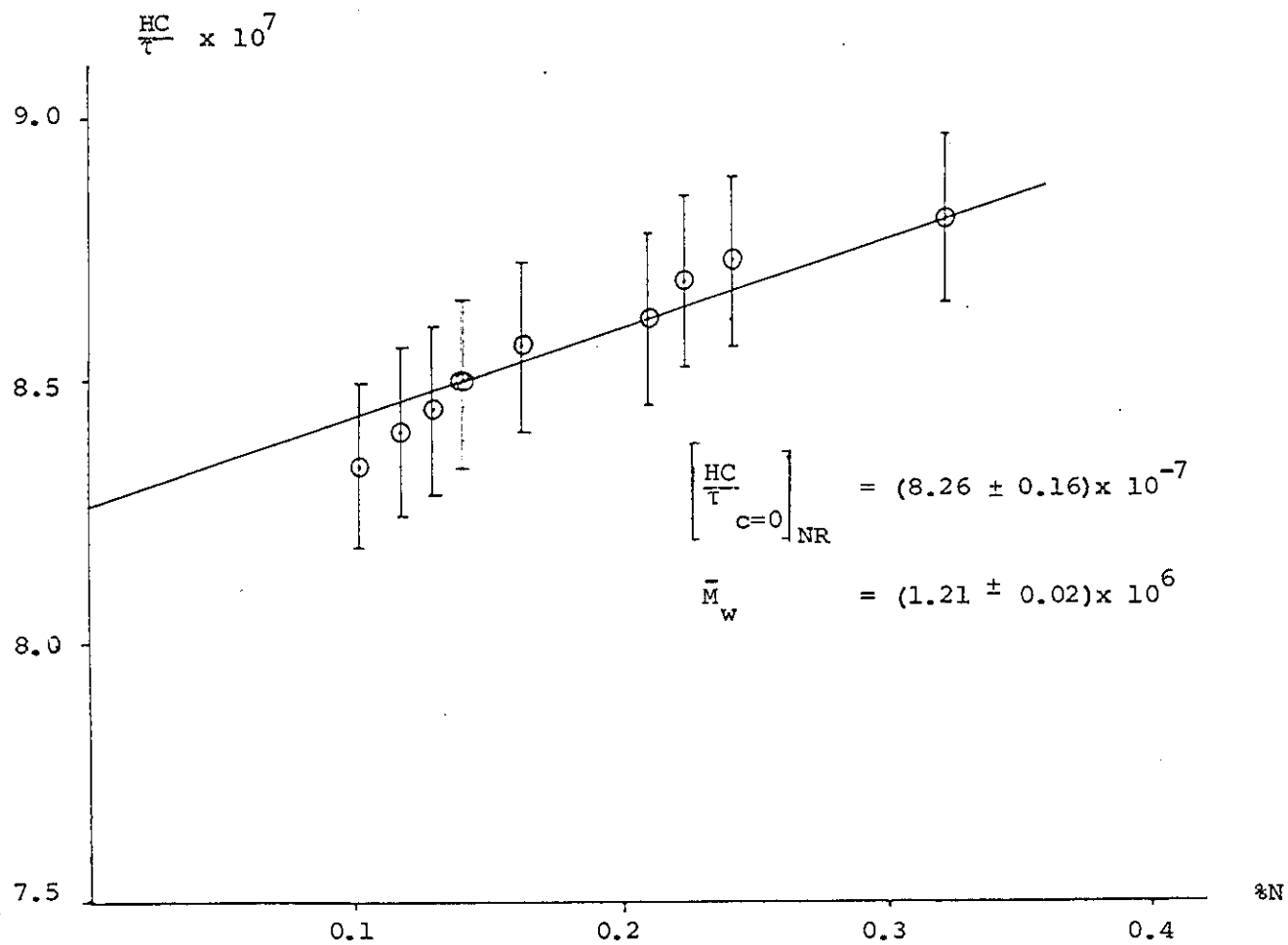
จะได้ผลดังตารางที่ 24

ค่าเฉลี่ยของ $\frac{HC}{\tau_{c=0}}, \%N=0$ ที่ได้จาก DPNR ทั้ง 5 วิธี มีค่าเท่ากับ $(8.03 \pm 0.18) \times 10^{-7}$ และค่าของ \bar{M}_w ของ NR มีค่าเท่ากับ $(1.25 \pm 0.03) \times 10^6$

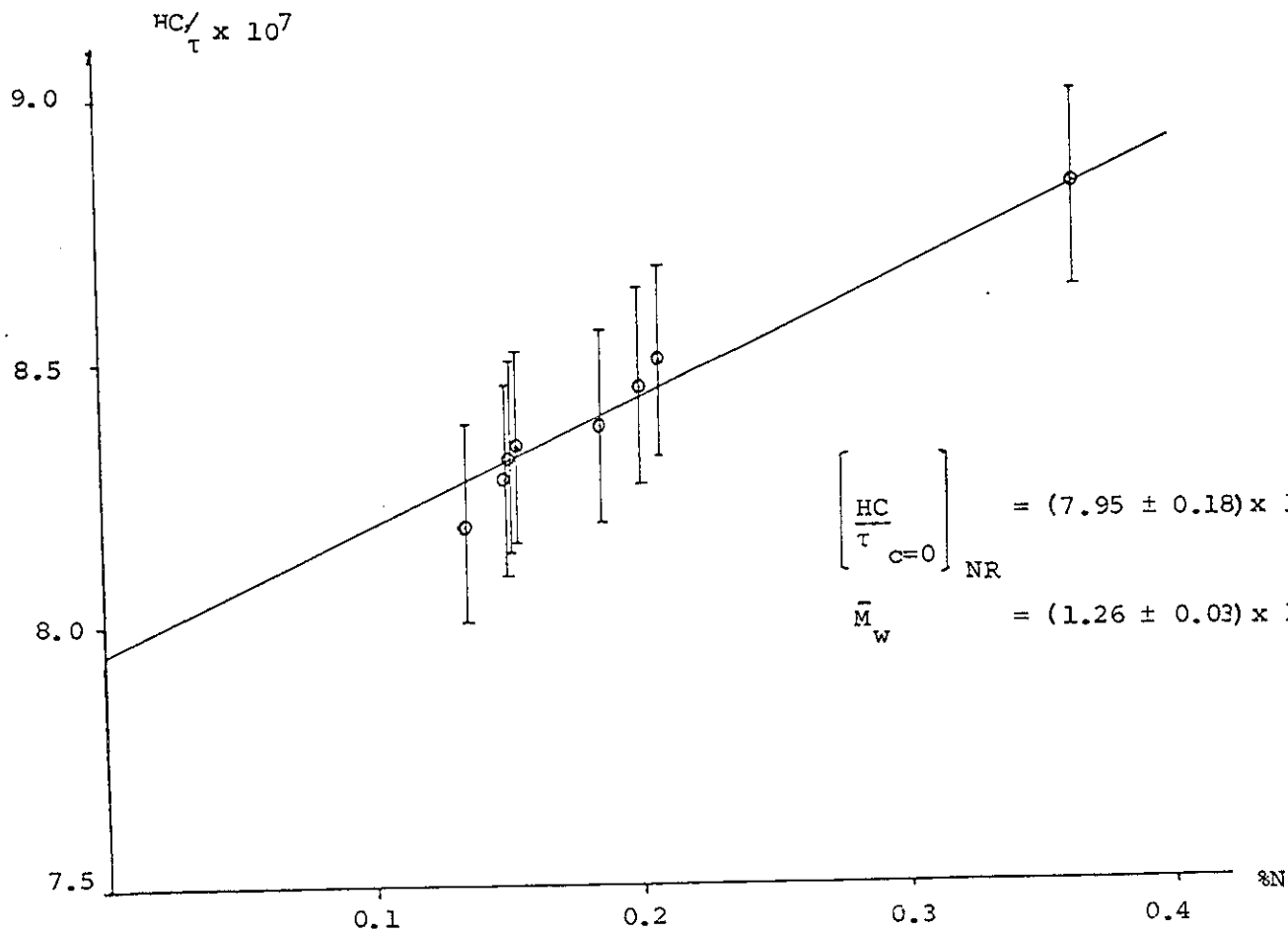
การที่ τ มีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR มีค่าลดลง แสดงว่าโปรตีนใน NR มีผลต่อการวัดความเข้มของการกระจายแสงด้วย โดยทำให้ $F \times \frac{D_s}{D_w}$ ที่วัดได้มีค่าน้อยลง ซึ่งถ้าทราบลักษณะการยึดเกาะระหว่างโมเลกุลของโปรตีนกับโมเลกุลของ NR แล้ว จะทำให้สามารถอธิบายผลการทดลองนี้ได้ดียิ่งขึ้น

| DPNR | ข้อความ | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 4 | ครั้งที่ 5 | ครั้งที่ 6 | ครั้งที่ 7 | ครั้งที่ 8 | ครั้งที่ 9 |
|-----------|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| วิธีที่ 1 | % N | 0.322 | 0.242 | 0.224 | 0.210 | 0.162 | 0.140 | 0.133 | 0.118 | 0.102 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ C=0 | 8.80 | 8.72 | 8.68 | 8.61 | 8.56 | 8.49 | 8.44 | 8.40 | 8.33 |
| วิธีที่ 2 | % N | 0.364 | 0.206 | 0.201 | 0.186 | 0.154 | 0.154 | 0.152 | 0.150 | 0.137 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ C=0 | 8.81 | 8.49 | 8.44 | 8.37 | 8.33 | 8.33 | 8.31 | 8.27 | 8.18 |
| วิธีที่ 3 | % N | 0.193 | 0.183 | 0.164 | 0.158 | 0.141 | 0.126 | 0.108 | 0.093 | 0.083 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ C=0 | 8.91 | 8.85 | 8.79 | 8.69 | 8.61 | 8.54 | 8.49 | 8.44 | 8.41 |
| วิธีที่ 4 | % N | 0.178 | 0.171 | 0.163 | 0.154 | 0.143 | 0.136 | 0.121 | 0.108 | 0.093 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ C=0 | 8.94 | 8.86 | 8.76 | 8.67 | 8.61 | 8.54 | 8.46 | 8.40 | 8.37 |
| วิธีที่ 5 | % N | 0.174 | 0.168 | 0.151 | 0.134 | 0.125 | 0.108 | 0.096 | 0.084 | 0.073 |
| | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ C=0 | 8.99 | 8.88 | 8.81 | 8.76 | 8.68 | 8.62 | 8.52 | 8.41 | 8.38 |

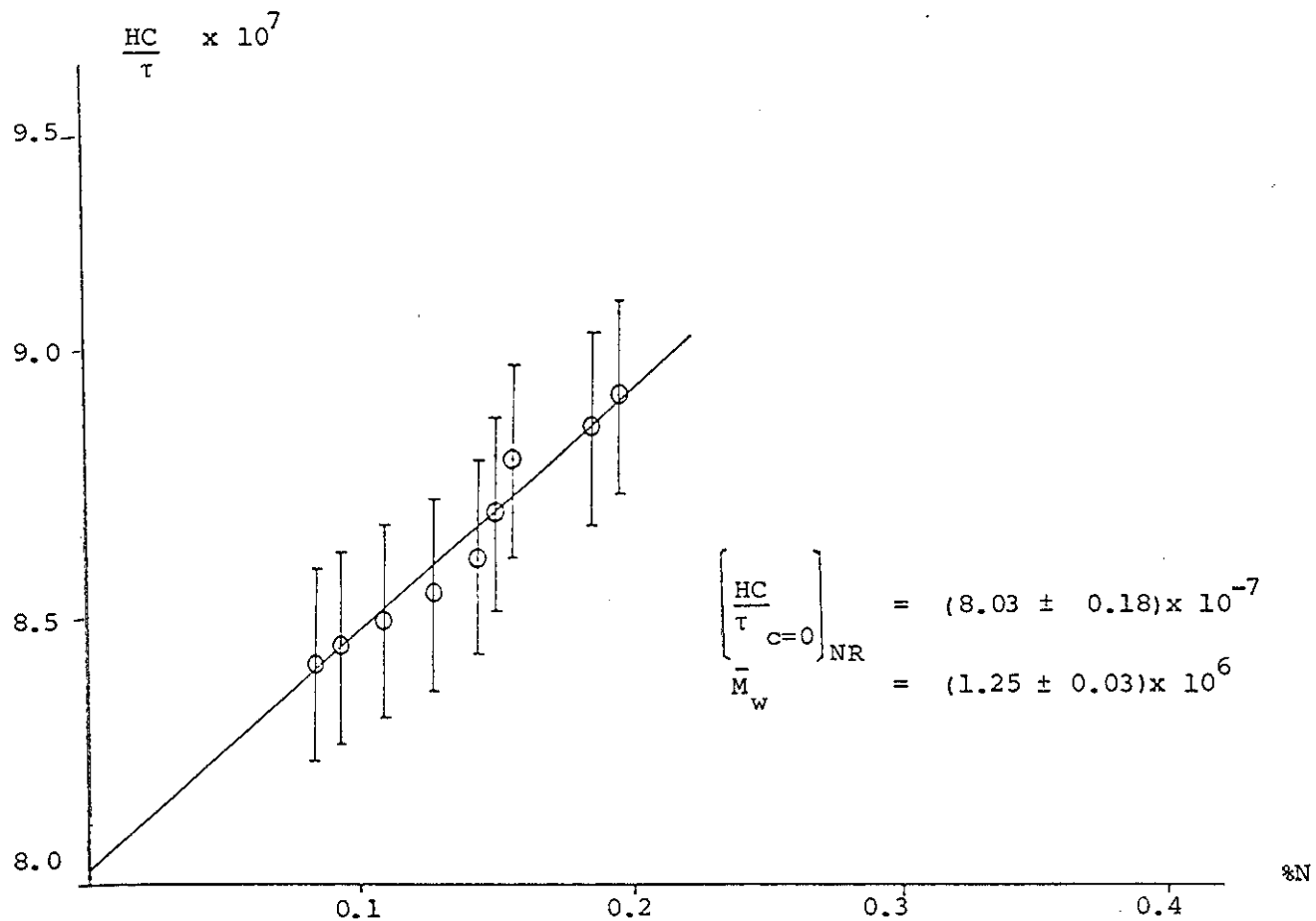
ตารางที่ 23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{T}$ กับ ปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR



รูปที่ 23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{T}$ กับ ปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR
 ที่ได้จาก DPNR วิธีที่ 1

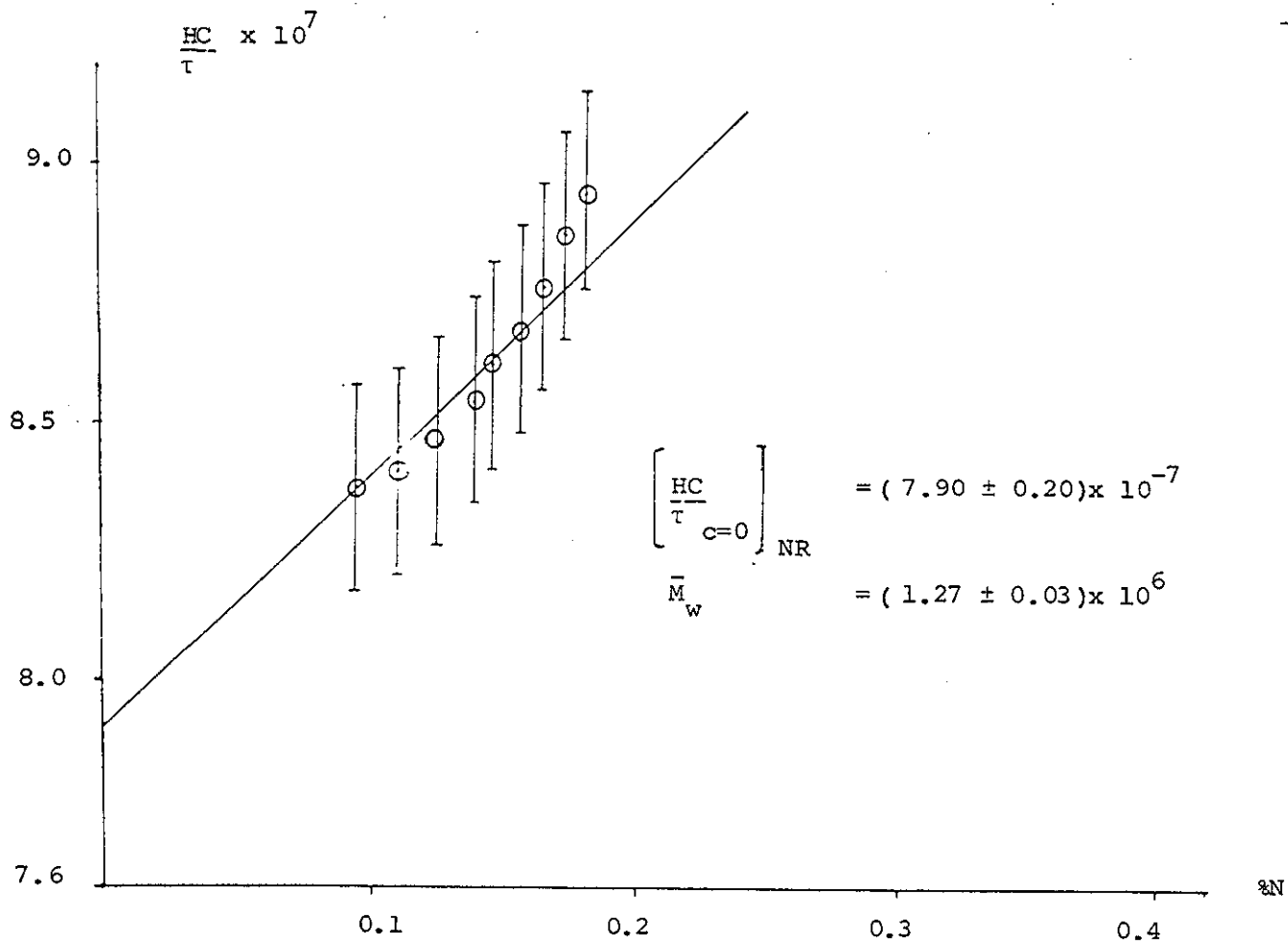


รูปที่ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{\tau}_{c=0}$ กับ ปริมาณร้อยละของไนโตรเจนใน NR

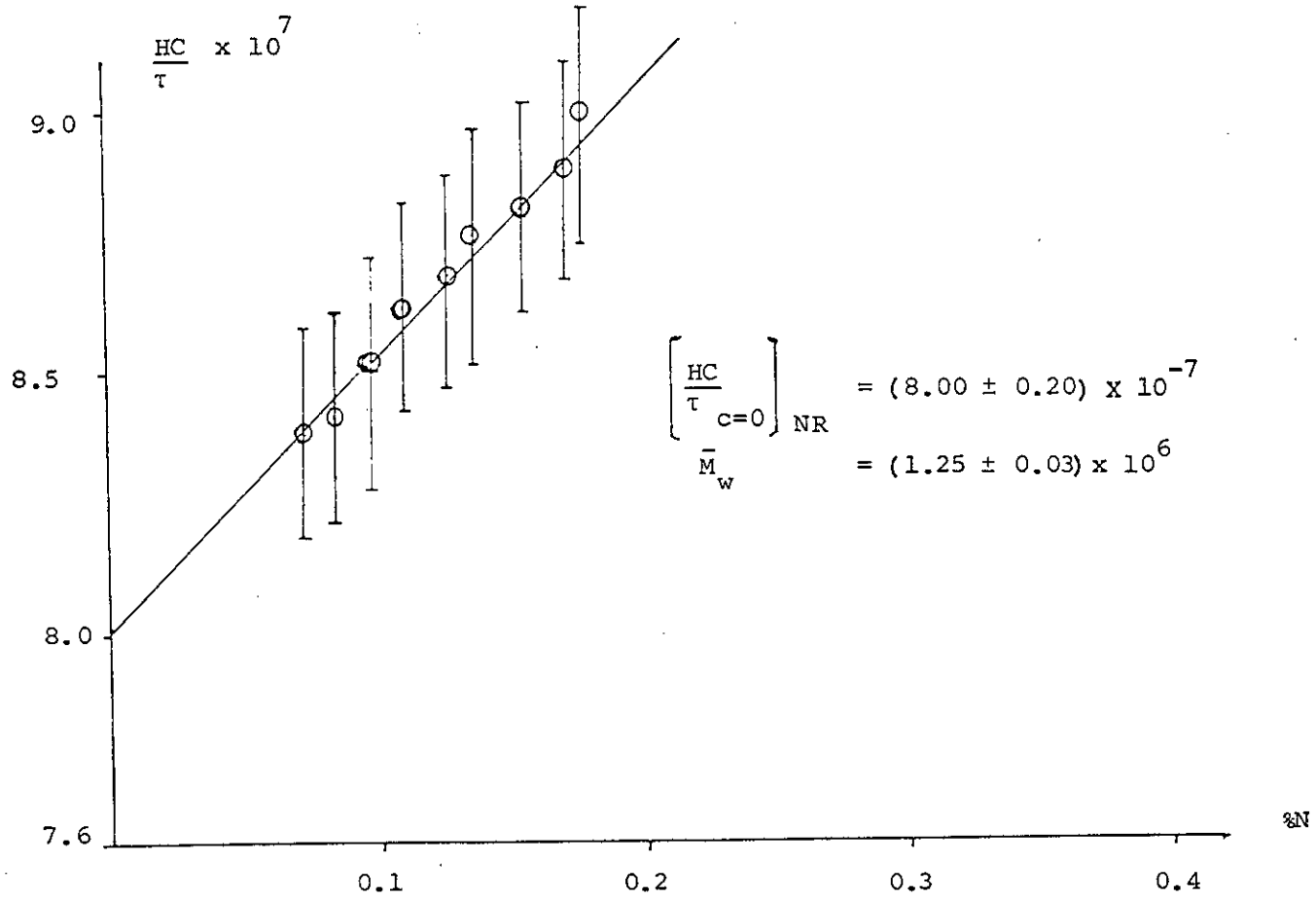


รูปที่ 25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{\tau}$ กับ ปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR

ที่ได้จาก DPNR วัสดุที่ 3



รูปที่ 26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{\tau}$ กับ ปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR
 ที่ได้จาก DPNR วัสดุที่ 4



รูปที่ 27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{HC}{\tau}_{c=0}$ กับ ปริมาณร้อยละของไนโตรเจน ใน NR
 ที่ได้จาก DPNR วิธีที่ 5

| DPNR วิธี | $\left[\begin{array}{c} \text{HC} \\ \text{T} \\ \text{CWO} \end{array} \right] \times 10^7$ NR | $\bar{M}_w \times 10^{-6}$ |
|-----------|--|----------------------------|
| 1 | 8.26 ± 0.16 | 1.21 ± 0.02 |
| 2 | 7.59 ± 0.18 | 1.26 ± 0.03 |
| 3 | 8.03 ± 0.18 | 1.25 ± 0.03 |
| 4 | 7.90 ± 0.20 | 1.27 ± 0.03 |
| 5 | 8.00 ± 0.20 | 1.25 ± 0.03 |

ตารางที่ 24 แสดงน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย (\bar{M}_w) ของ NR

3.3 บทสรุป

จากผลการทดลองแยก NR ออกจากน้ำยางสด ด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง (UC)

ที่ความเร็ว 25,000 รอบต่อนาที ภายใต้ความดัน 1 - 10 ไมโครเมตรของปรอท และอุณหภูมิ 0 - 5 องศาเซลเซียสได้ NR ที่ยังมีโปรตีนปะปนอยู่ เนื่องจาก NR ที่ได้ยังไม่เป็นสารเนื้อเดียวกัน ดังนั้นก่อนทำการทดลองต่อไป จึงจำเป็นต้องนำ NR ไปละลายในโทลูอีน และตกตะกอนในเอทิลแอลกอฮอล์ 95% แล้วอบให้แห้งเสียก่อน จึงเริ่มทำการสกัดโปรตีนออกจาก NR (DPNR) ต่อจากนั้นจึงนำไปศึกษาเพื่อหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย โดยการวัดความหนืด จะได้ \bar{M}_v และโดยการวัดการกระจายแสงจะได้ \bar{M}_w ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังตารางที่ 25, 26, 27, 28 และ 29

จะเห็นได้ว่าการทำ DPNR ทั้ง 5 วิธี ให้ผลในการวัด เพื่อหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย ไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งจากการวัดความหนืด และการกระจายแสงให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย ดังนี้คือ $(1.14 \pm 0.07) \times 10^6$ และ $(1.25 \pm 0.03) \times 10^6$ ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้สมการ $[\eta] = 50.2 \times 10^{-5} \bar{M}^{0.667}$ ของ W.C.Cater¹⁸ และ W.H. Beattie¹⁹ เพื่อหาค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย (\bar{M}_v) ของ NR จะให้ค่าที่อยู่ในช่วงเดียวกันกับการหาค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย (\bar{M}_w) โดยการวัดการกระจายแสง

| ครั้งที่ | % N | $[\eta]$ | $\bar{M}_v \times 10^6$ | $\frac{HC}{\tau} \times 10^7$ | $\bar{M}_w \times 10^6$ |
|----------|--------|----------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1 | 0.322 | 5.02 | 0.993 | 8.80 | 1.136 |
| 2 | 0.1242 | 5.15 | 1.031 | 8.72 | 1.147 |
| 3 | 0.224 | 5.16 | 1.035 | 8.68 | 1.152 |
| 4 | 0.201 | 5.18 | 1.041 | 8.61 | 1.161 |
| 5 | 0.162 | 5.26 | 1.065 | 8.56 | 1.168 |
| 6 | 0.140 | 5.29 | 1.074 | 8.49 | 1.178 |
| 7 | 0.138 | 5.31 | 1.080 | 8.44 | 1.185 |
| 8 | 0.118 | 5.32 | 1.083 | 8.40 | 1.191 |
| 9 | 0.102 | 5.33 | 1.087 | 8.33 | 1.200 |

ตารางที่ 25 แสดงผลการทดลองสรุปของ NR จากการทำ DPNR วัชที่ 1

| ครั้งที่ | % N | $[\eta]$ | $\bar{M}_v \times 10^{-6}$ | $\frac{HC}{T} \times 10^7$ | $\bar{M}_w \times 10^{-6}$ |
|----------|-------|----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | 0.364 | 5.00 | 0.987 | 8.81 | 1.135 |
| 2 | 0.206 | 5.21 | 1.050 | 8.49 | 1.178 |
| 3 | 0.201 | 5.24 | 1.059 | 8.44 | 1.185 |
| 4 | 0.186 | 5.30 | 1.077 | 8.37 | 1.195 |
| 5 | 0.154 | 5.31 | 1.080 | 8.33 | 1.201 |
| 6 | 0.154 | 5.31 | 1.080 | 8.33 | 1.201 |
| 7 | 0.152 | 5.32 | 1.083 | 8.31 | 1.203 |
| 8 | 0.150 | 5.33 | 1.087 | 8.27 | 1.209 |
| 9 | 0.137 | 5.39 | 1.105 | 8.18 | 1.223 |

ตารางที่ 26 แสดงผลการทดลองลึรูปของ NR จากการทำ DPNR วิธีที่ 2

| พหุ องศา | % N | $[\eta]$ | $\bar{M}_v \times 10^{-6}$ | $\frac{HC}{\tau} \times 10^7$ | $\bar{M}_w \times 10^{-6}$ |
|-------------|-------|----------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 1 | 0.193 | 5.21 | 1.050 | 8.91 | 1.122 |
| 2 | 0.183 | 5.22 | 1.053 | 8.85 | 1.130 |
| 3 | 0.164 | 5.25 | 1.062 | 8.79 | 1.138 |
| 4 | 0.158 | 5.26 | 1.065 | 8.69 | 1.151 |
| 5 | 0.141 | 5.28 | 1.071 | 8.61 | 1.161 |
| 6 | 0.126 | 5.30 | 1.077 | 8.54 | 1.171 |
| 7 | 0.108 | 5.33 | 1.087 | 8.49 | 1.178 |
| 8 | 0.093 | 5.35 | 1.093 | 8.44 | 1.185 |
| 9 | 0.083 | 5.36 | 1.096 | 8.41 | 1.189 |

ตารางที่ 27 แสดงผลการทดลองสรุปของNR จากการทำ DPNR วิธีที่ 3

| ลำดับที่ | % N. | $[\eta]$ | $\bar{M}_v \times 10^{-6}$ | $\frac{HC}{\tau} \times 10^7$ | $\bar{M}_w \times 10^{-6}$ |
|----------|-------|----------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 1 | 0.178 | 5.25 | 1.062 | 8.94 | 1.119 |
| 2 | 0.171 | 5.26 | 1.065 | 8.86 | 1.129 |
| 3 | 0.169 | 5.28 | 1.071 | 8.76 | 1.142 |
| 4 | 0.154 | 5.30 | 1.077 | 8.67 | 1.153 |
| 5 | 0.143 | 5.31 | 1.080 | 8.61 | 1.161 |
| 6 | 0.136 | 5.32 | 1.086 | 8.54 | 1.171 |
| 7 | 0.121 | 5.335 | 1.088 | 8.46 | 1.182 |
| 8 | 0.108 | 5.34 | 1.090 | 8.40 | 1.191 |
| 9 | 0.093 | 5.36 | 1.096 | 8.37 | 1.195 |

ตารางที่ 28 แสดงผลการทดลองลู่ของ NR จากการทำให้ DPNR T57 4

| ครั้งที่ | % N | $[\eta]$ | $\bar{M}_v \times 10^{-6}$ | $\frac{HC}{\tau} \times 10^7$ | $\bar{M}_w \times 10^{-6}$ |
|----------|-------|----------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 1 | 0.174 | 5.23 | 1.056 | 8.99 | 1.112 |
| 2 | 0.168 | 5.25 | 1.062 | 8.88 | 1.126 |
| 3 | 0.151 | 5.26 | 1.065 | 8.81 | 1.135 |
| 4 | 0.134 | 5.30 | 1.077 | 8.76 | 1.142 |
| 5 | 0.125 | 5.33 | 1.086 | 8.68 | 1.152 |
| 6 | 0.108 | 5.34 | 1.090 | 8.62 | 1.160 |
| 7 | 0.096 | 5.35 | 1.093 | 8.52 | 1.174 |
| 8 | 0.084 | 5.40 | 1.108 | 8.41 | 1.189 |
| 9 | 0.073 | 5.42 | 1.114 | 8.38 | 1.193 |

ตารางที่ 29 แสดงผลการทดลองลู่ของ NR จากการทำ DPNRครั้งที่ 5

เอกสารอ้างอิง

1. C. Pattanakul, A. Tantivit and S.J.C. Langlosis,
J. Rubber Research Center Hat Yai, 59, 1 (1975)
2. T. Smitinand, "Thai Plant Names (Botanical Names-Varnacular
Names)", Bangkok, p 177 (1980)
3. ว. ชลชีพกุล ว. บงพารา, 1, 19 (1413)
4. AS.Cook and B.C. Sekhar, *J. Rubb. Res. Inst. Malaya*, 14, 163
(1953)
5. G.F.J. Moir, *Nature*, 184, 1626 (1959)
6. B.L.Archer, B.G. Audley, G.P. McSweeney and Tan Chee Hong, *J.Rubb.
Res. Inst. Malaya*, 21 (4), 560 (1969)
7. S.J.Tata, *J. Rubb. Res. Inst. Malaya*, 28 (2), 77 (1980)
8. T.A. Geissman, "Principles of Organic Chemistry Modern Asia Editions ",
Japan, p.727 (1965)
9. L. Mullins and W.F. Watson, *J.Appl. Poly. Sci.*, 1 (2), 245 (1959)
10. M. Nadarajah, *J.Rubb. Res. Inst. Sri Lanka*, 50, 134 (1973)
11. C.K.John, *J.Rubb. Res. Inst. Sri Lanka*, 54, 610 (1977)
12. P.A.J. Yapa and W.A. Lionel, *J.Rubb. Res. Inst. Sri Lanka*, 56,
34 (1979)
13. P.S. Chin, W.P. Chang, C.M. Lanu and K.S. Pong, " Proceedings of
RRIM Planters' Conference ",Malasia 251 (1974)
14. W.P. Chang, C.M. Lau and J. Nambiar, "Proceedings. of RRIM.
Planters' Conference ",Malasia, 295 (1977)
15. R.T. Morrison and R.N. Boyd, "Organic Chemistry", 2nd., New Delhi,
1098 (1969)
16. P.J. Flory, "Principle of Polymer Chemistry ",Cornell Univ, N.Y.,
310 (1953)

17. R. Houwink, *J. Prakt. Chem.*, 157, 15 (1940)
18. W.C. Cater, R.L. Scott and M. Magat, *J. Am. Chem. Soc.*, 68, 1480 (1946)
19. W.H. Beattie and C. Booth, *J. Appl. Poly. Sci.*, 7, 507 (1963)
20. P. Debye, *J. Appl. Phys.*, 15, 338 (1944)
21. P. Debye, *J. Phys. and Coll. Chem.*, 51, 18 (1947)
22. ร. เพ็ชร สัจจาร, "ยางพารา", สำนักงานส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 10 (2513)
23. Ultracentrifuge, "Operating Manual Model 65-L," Beckmann Instruments, Inc., U.S.A.
24. B.L. Archer, *Biochem. J.*, 75, 236 (1960)
25. S. Nair, *J. Rubb. Res. Inst. Malaya.*, 22 (1), 135 (1969)
26. W.J.S. Nuanton, "The Applied Science of Rubber", Great Britain, 67, 874, (1961)
27. A. Rossi-Fanelli, E. Antonini and A. Caputo, *Advan. Protein Chem.*, 19, 73 (1964)
28. Yamato Uni-Thermo Bath Viscosity, "Operating Manual Model BR 61", Yamato Scientific Co, Ltd. Japan.
29. Abbe Refractometer, "Operating Manual Cat. No. 33.45.58", Bausch and Lomb Incorporated, Rochester, N.Y., U.S.A.
30. Brice Phoenix Differential Refractometer, "Operating Manual Model BP - 2000 V", Phoenix Precision Instrument Co., Philadelphia, Penna, U.S.A.
31. Light Scattering Duophotometer, "Operating Manual Model 6200", C.N. Wood, mfg. Co., U.S.A.
32. Photometer Indicator Ratio, "Operating Manual Model 5550", C.N. Wood, mfg. Co., U.S.A.
33. S. Vannee, "M.Sc. Thesis", Mahidol University, 36 (1980)

34. เอกชัย ชัยประเสริฐศิริ, " การวิเคราะห์ สหสัมพันธ์ และการถดถอย ",
กรุงเทพมหานคร, 6 (2520)