

## รายการอ้างอิง

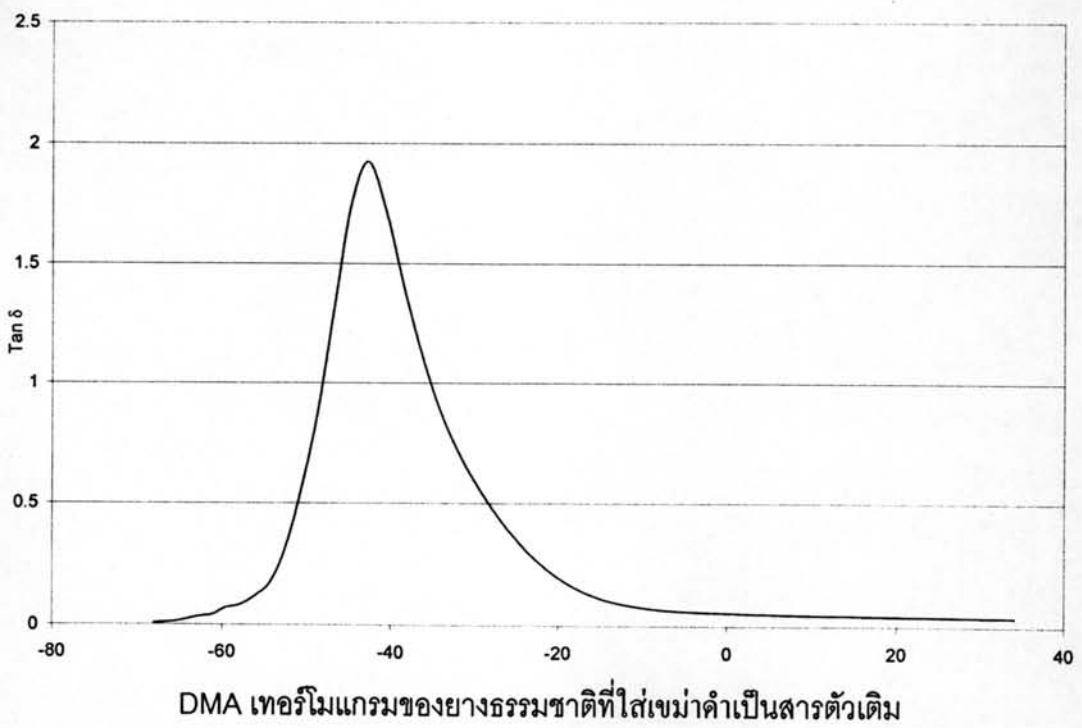
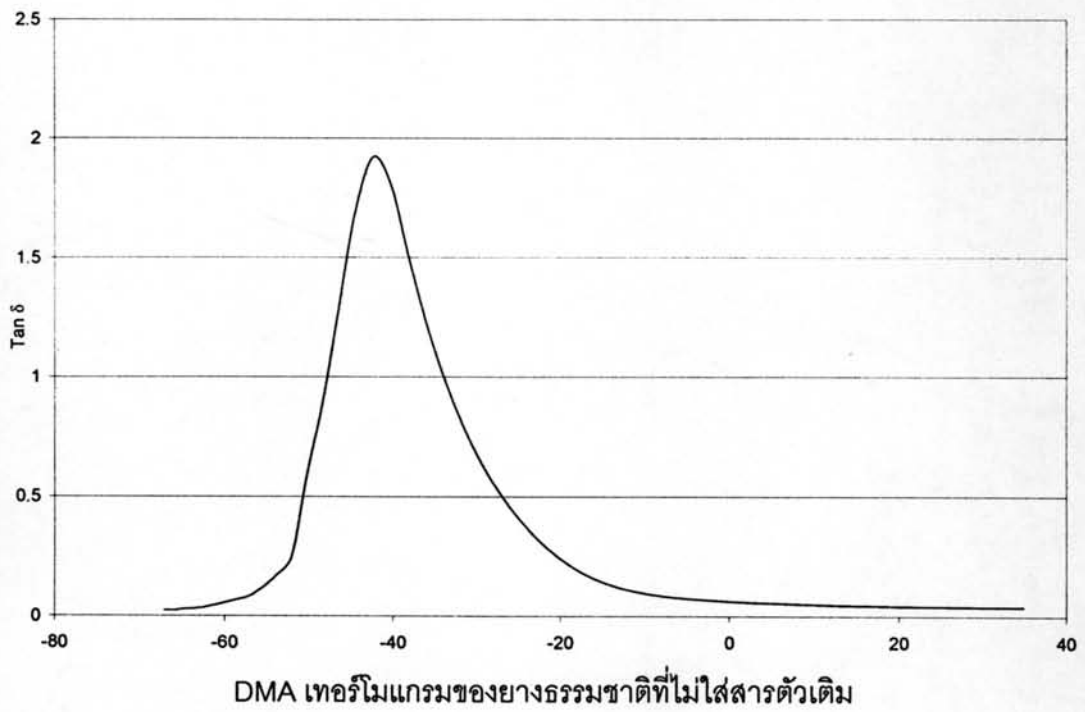
- [1] วราภรณ์ ขจรไชยกูล. น้ำยางธรรมชาติ. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร ปีที่ 2 ฉบับที่ 1, 2524 : 19-27.
- [2] วราภรณ์ ขจรไชยกูล. เทคโนโลยียาง. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2536.
- [3] ธานีรินทร์ เลปนานนท์. การทำน้ำยางข้น. ปีที่ 62 ฉบับที่ 1, 2532 : 23-30.
- [4] วราภรณ์ ขจรไชยกูล. น้ำยาง. เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตรวิชาการกระบวนการผลิตภัณฑ์ยาง สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2531.
- [5] พรพรรณ นิธิอุทัย. สารเคมีสำหรับยาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- [6] พลชิต บัวแก้ว. สารเคมีสำหรับน้ำยาง. เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตรวิชาการกระบวนการผลิตภัณฑ์ยาง สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2531.
- [7] วรพัทธ เจริญสะอาด. การขึ้นรูปน้ำยาง. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2532.
- [8] Gerard Kraus. Reinforcement of elastomer. Interscience, 1965.
- [9] Evans, C.W. Practical Rubber Compounding and Processing. London : Applied Science Publishers, 1981.
- [10] V.S. Vinod, Siby Varghese, Baby Kuriakose., Degradation behaviour of natural rubber-aluminium powder composites: effect of heat, ozone and high energy radiation. Polymer Degradation and Stability. 75 (2002) : 405-412.
- [11] Ralph K. Iler. The chemistry of silica. John Wiley & Sons, 1997.
- [12] M. Fu and B. Qu., Synergistic flame retardant mechanism of fumed silica in ethylene-vinylacetate/magnesium hydroxide blends. Polymer Degradation and Stability. 85 (2004) : 633-639.
- [13] โครงสร้างและชนิดของดินเหนียว.[ออนไลน์].แหล่งที่มา : <http://www.material.chula.ac.th/Radio45/April/radio4-2.html>. [2550]

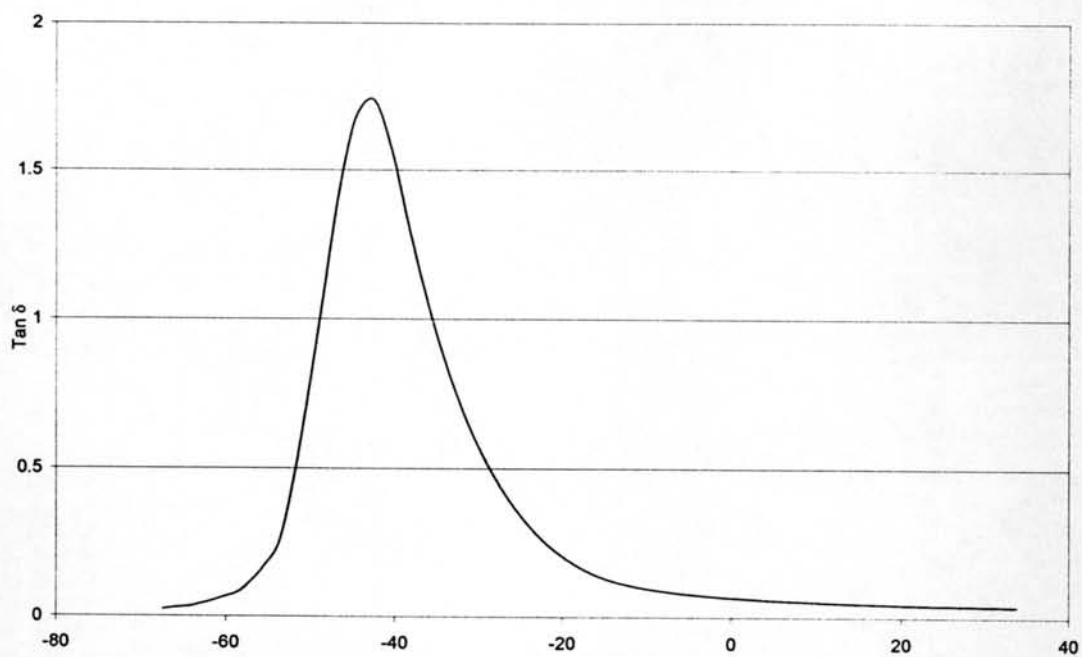
- [14] Andrea Szep, Andras Szabo, Nikoletta Toth, Peter Anna, Gyorgy Marosi., Role of montmorillonite in flame retardancy of ethylene vinyl acetate copolymer. Polymer Degradation and Stability. 91 (2006) : 593-599.
- [15] A.R. Horrocks and D. Price . Fire retardant materials. Cambridge England , p.37-51.
- [16] A. Castrovinci , G. Camino , C. Drevelle , S. Duquesne ,C. Magniez and M. Vouters ., Ammonium polyphosphate–aluminum trihydroxide antagonism in fire retarded butadiene–styrene block copolymer. European Polymer Journal. 41 (2005) : 2023–2033.
- [17] Xingui Zhang, Fen Guo, Jianfeng Chen, Guoquan Wang, Hui Liu., Investigation of interfacial modification for flame retardant ethylene vinyl acetate copolymer/alumina trihydrate nanocomposites. Polymer Degradation and Stability. 87 (2005) : 411-418.
- [18] Sonia Marli Bohrz Nachtigall, Maximiliano Miotto, Elisangela Edila Schneider, Raquel Santos Mauler, Maria Madalena Camargo Forte., Macromolecular coupling agents for flame retardant materials. European Polymer Journal. 42 (2006) : 990–999.
- [19] F. Carpentier, S. Bourbigot, M. L. Bras, R. Delobel and M. Foulon., Charring of fire retarded ethylene vinyl acetate copolymer – magnesium hydroxide / zinc borate formulations. Polymer Degradation and Stability. 69 (2000) : 83-92.
- [20] S.A. Ahmad Ramazani, Arash Rahimi, Massoud Frounchi, Saeed Radman ., Investigation of flame retardency and physical–mechanical properties of zinc borate and aluminum hydroxide propylene composites. Materials and Design. xxx (2007) : xxx–xxx.
- [21] L. Yu, W. Wang and W. Xiao., The effect of decabromodiphenyl oxide and antimony trioxide on the flame retardation of ethylene-propylene-diene copolymer/ polypropylene blends. Polymer Degradation and Stability. 86 (2004) : 69-73.
- [22] M.T. Ramesan., Thermogravimetric analysis, flammability and oil resistance properties in natural rubber and dichlorocarbene modified styrene butadiene rubber blends. Reactive & Functional Polymers. 59 (2004) : 267–274.

- [23] A.R. Horrocks, B.K. Kandola, P.J. Davies, S. Zhang and S.A. Padbury., Developments in flame retardant textiles - a review. Polymer Degradation and Stability. 88 (2005) : 3-12.
- [24] Lei Song , Yuan Hu , Zhihua Lin , Shanyong Xuan , Shaofeng Wang , Zuyao Chen and Weicheng Fan., Preparation and properties of halogen-free flame-retarded polyamide 6/organoclay nanocomposite. Polymer Degradation and Stability. 86 (2004) : 535-540.
- [25] A.R.R. Menon, C.K.S. Pillai and G.B. Nando., Modification of natural rubber with phosphatic plasticizers: a comparison of phosphorylated cashew nut shell liquid prepolymer with 2-ethyl hexyl diphenyl phosphate. European Polymer Journal. 34 (1998) : 923-929.
- [26] Siby Varghese, J. Karger-Kocsis., Natural rubber-based nanocomposites by latex compounding with layered silicates. Polymer. 44 (2003) : 4921–4927.
- [27] Zheng Peng, Ling Xue Kong, Si-Dong Li, Yin Chen, Mao Fang Huang., Self-assembled natural rubber/silica nanocomposites: Its preparation and characterization. Composites Science and Technology. xxx (2007) : xxx–xxx.
- [28] L.C.S. de Oliveira, E.J. de Arruda, S.P. Favaro, R.B. da Costa, P.S. Goncalves, A.E. Job., Evaluation of thermal behavior of latex membranes from genetically improved rubber tree (*Hevea brasiliensis*). Thermochimica Acta. 445 (2006) : 27–31.
- [29] N. Rattanasoma, T. Saowaparkc, C. Deeprasertkul., Reinforcement of natural rubber with silica/carbon black hybrid filler Material Properties Reinforcement of natural rubber with silica/carbon black hybrid filler. Polymer Testing. 26 (2007):369–377.
- [30] V. Arrighi, I.J. McEwen, H. Qian, M.B. Serrano Prieto., The glass transition and interfacial layer in styrene-butadiene rubber containing silica nanofiller. Polymer. 44 (2003) : 6259–6266.
- [31] S. S. Hamza., Effect of Aging and Carbon Black on the Mechanical Properties of EPDM. Rubber Polymer Testing. 17 (1998) : 131–137.

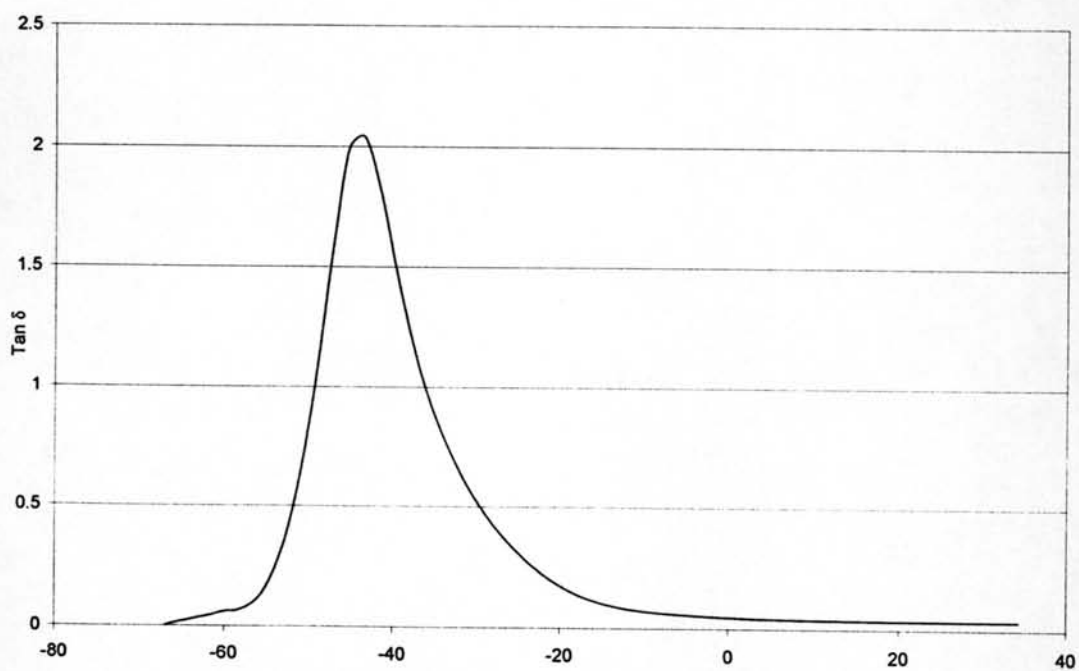
ภาคผนวก

ง.3.2 กลุ่มที่มีอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ 3 phr เป็นองค์ประกอบ



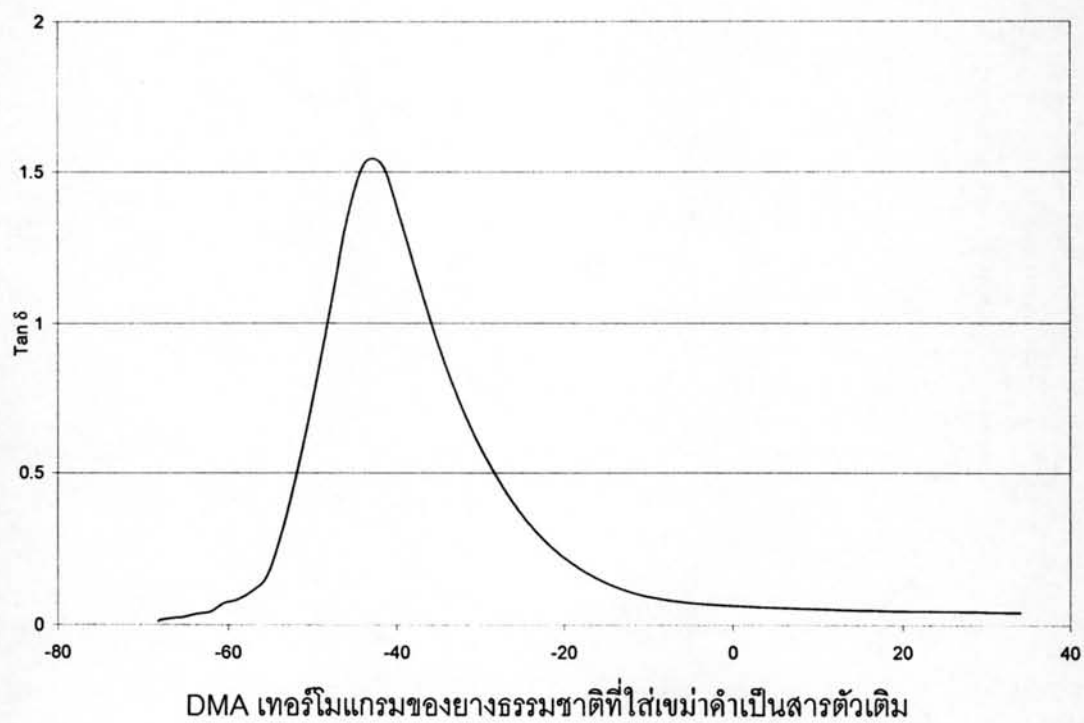
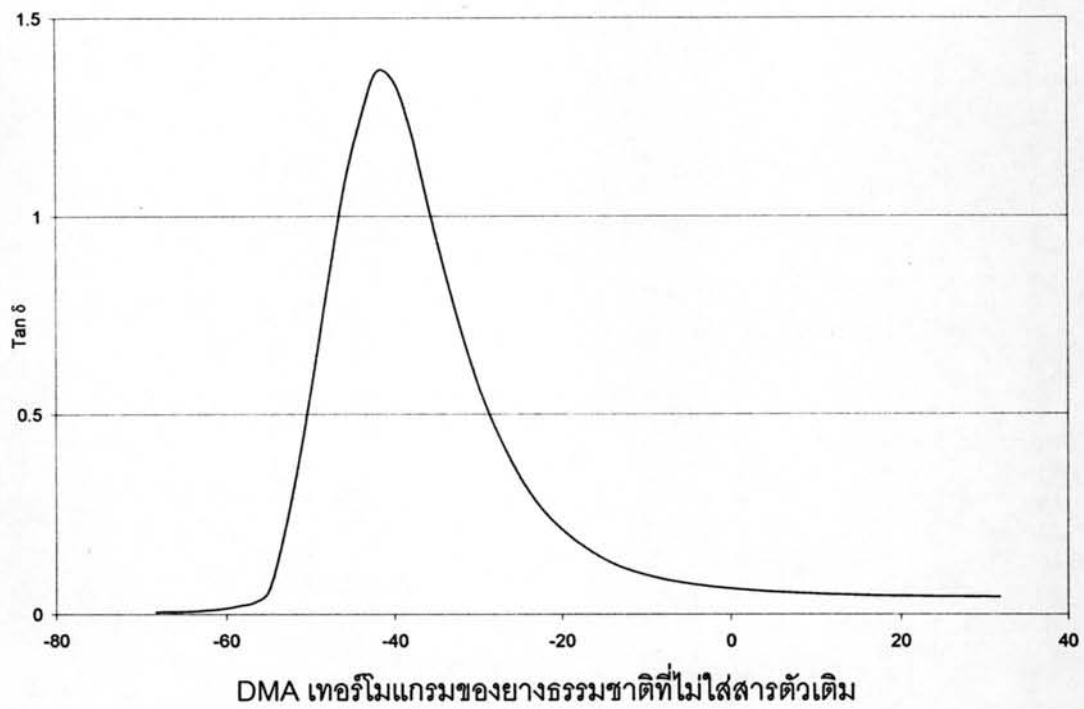


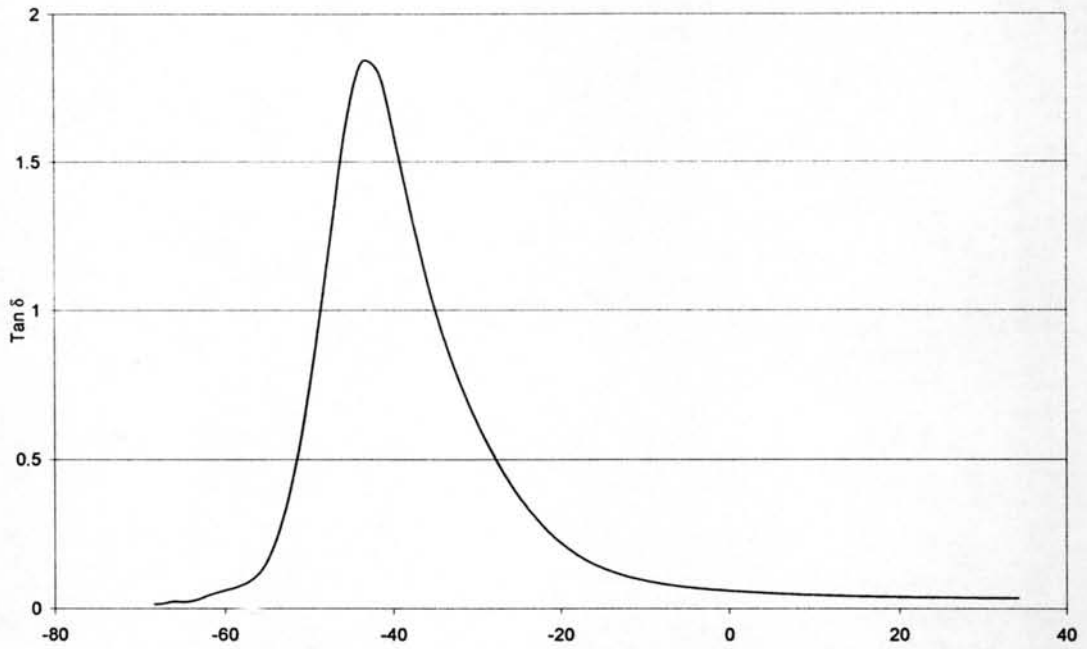
DMA เทอร์โมแกรมของยางธรรมชาติที่ใส่มอนอเมอร์อีทิลไกลไนด์เป็นสารตัวเติม



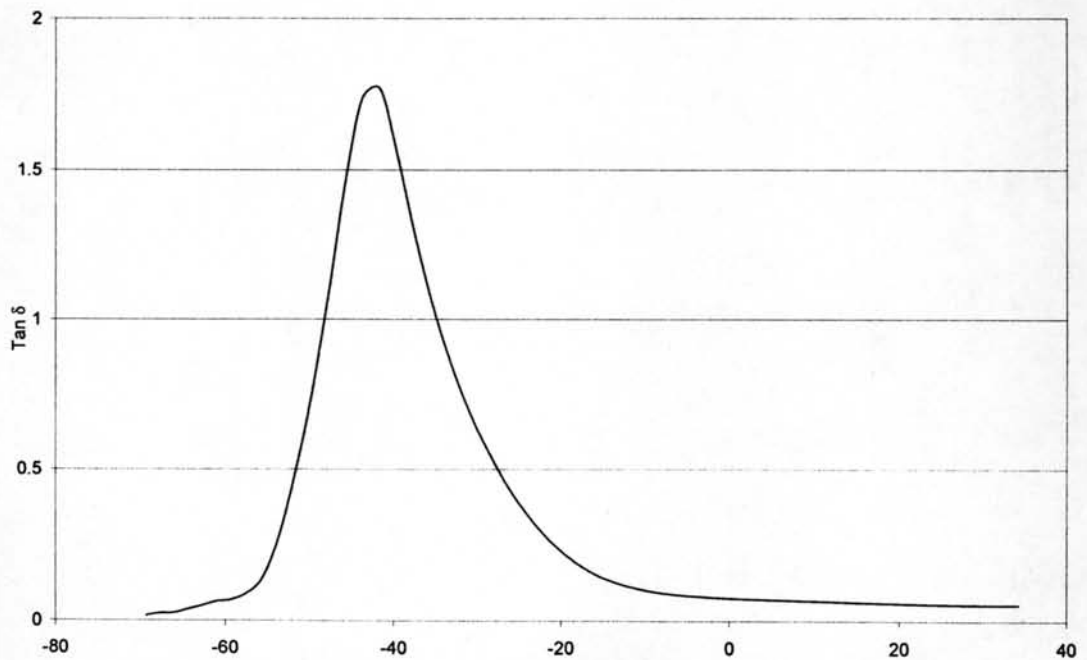
DMA เทอร์โมแกรมของยางธรรมชาติที่ใส่ซิลิกาเป็นสารตัวเติม

### ง.3.3 กลุ่มที่มีซิงก์บอเรต 3 phr เป็นองค์ประกอบ





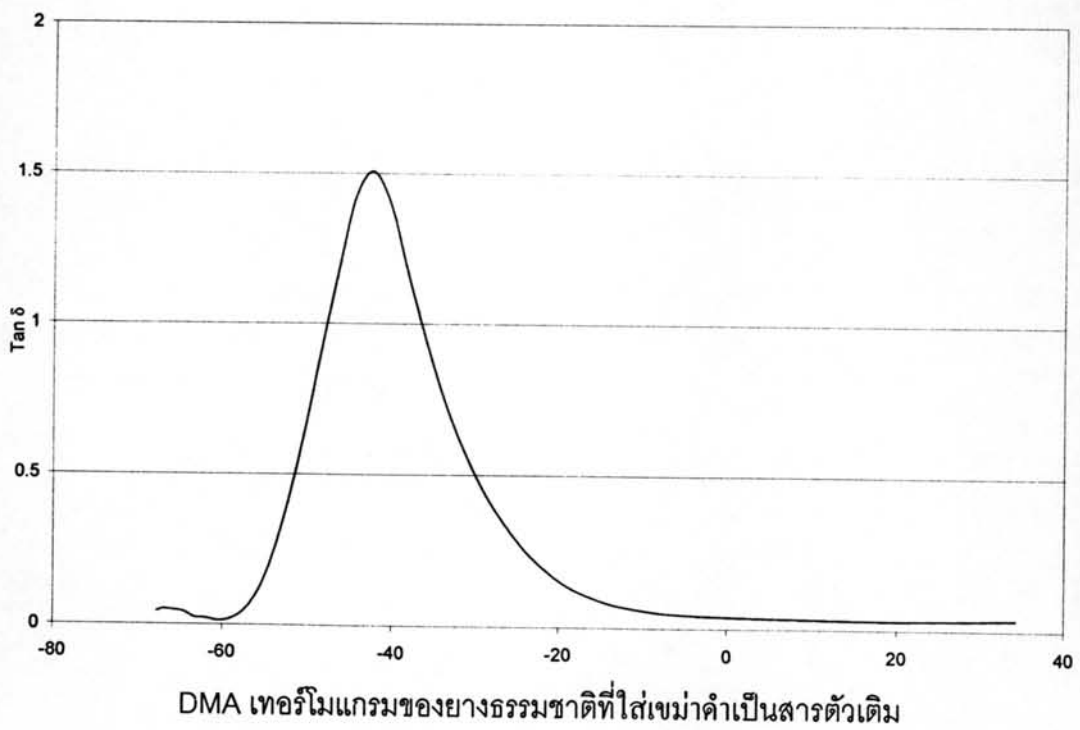
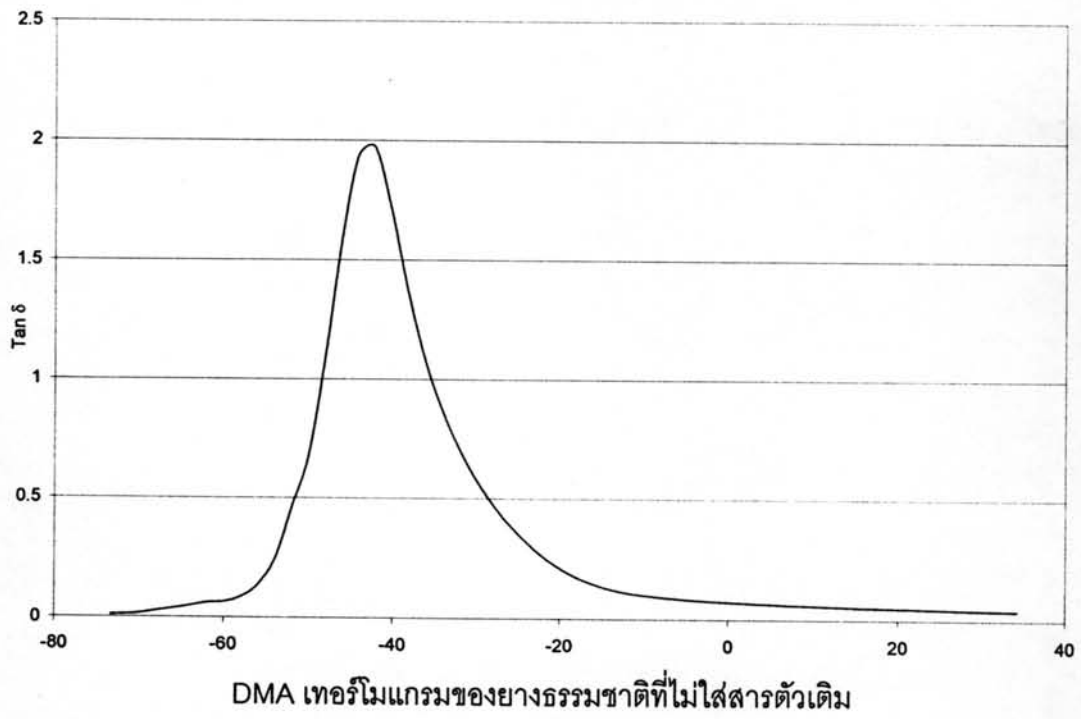
DMA เทอร์โมแกรมของยางธรรมชาติที่ใส่มอนอเมอร์ไอโซโบลีนเป็นสารตัวเติม

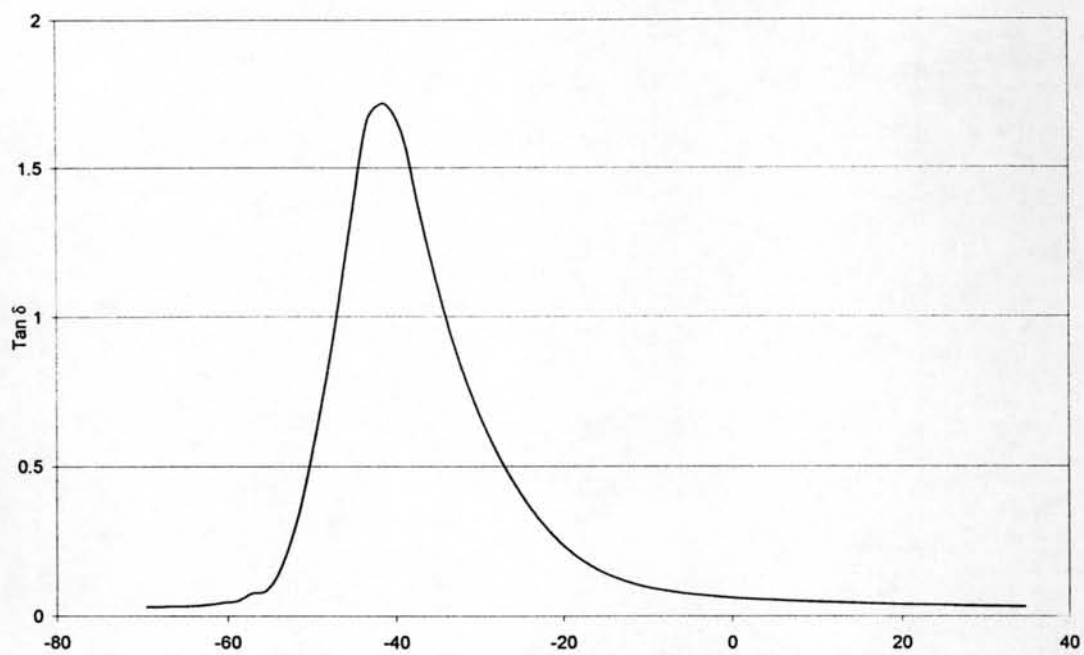


DMA เทอร์โมแกรมของยางธรรมชาติที่ใส่ซิลิกาเป็นสารตัวเติม

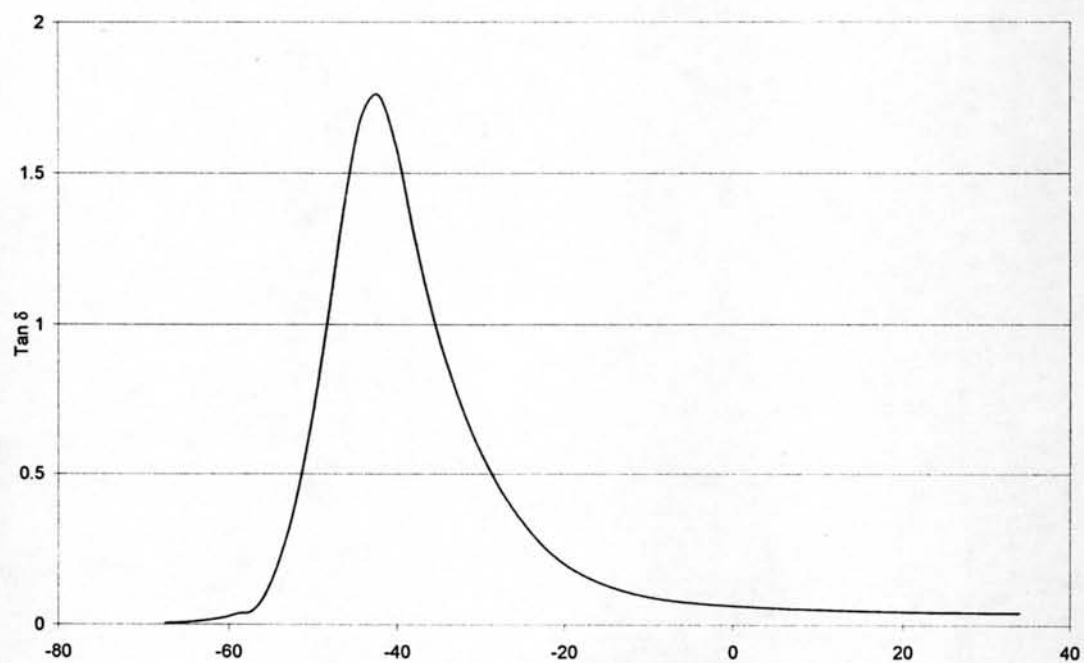


ง.3.4 กลุ่มที่มีอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ 7 phr เป็นองค์ประกอบ



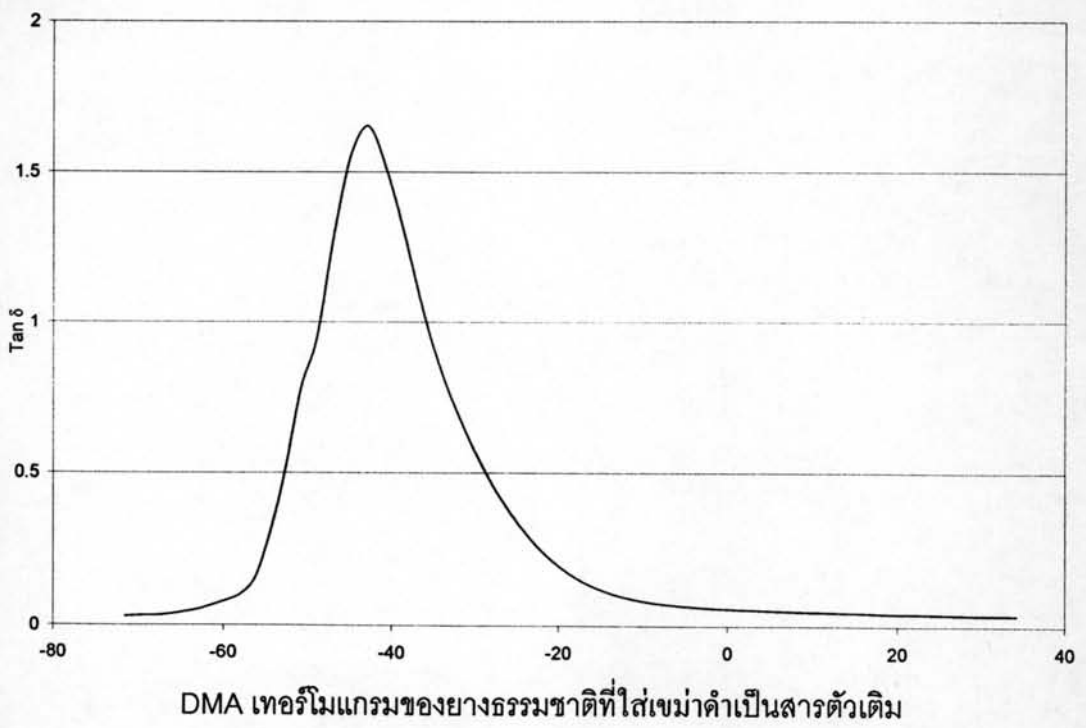
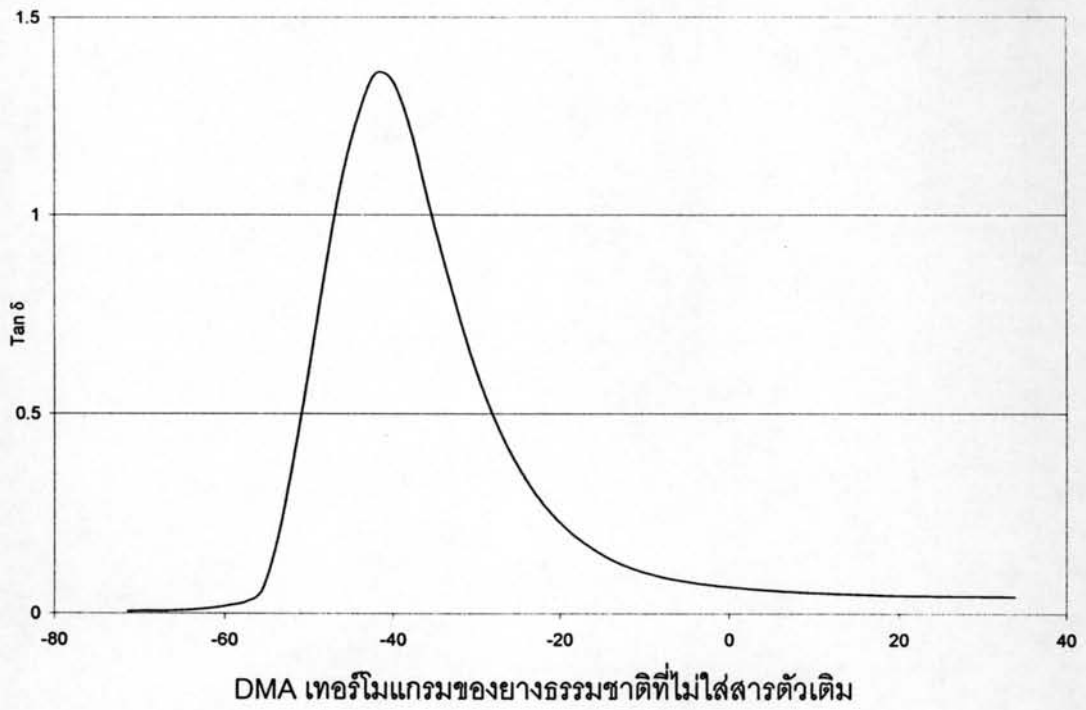


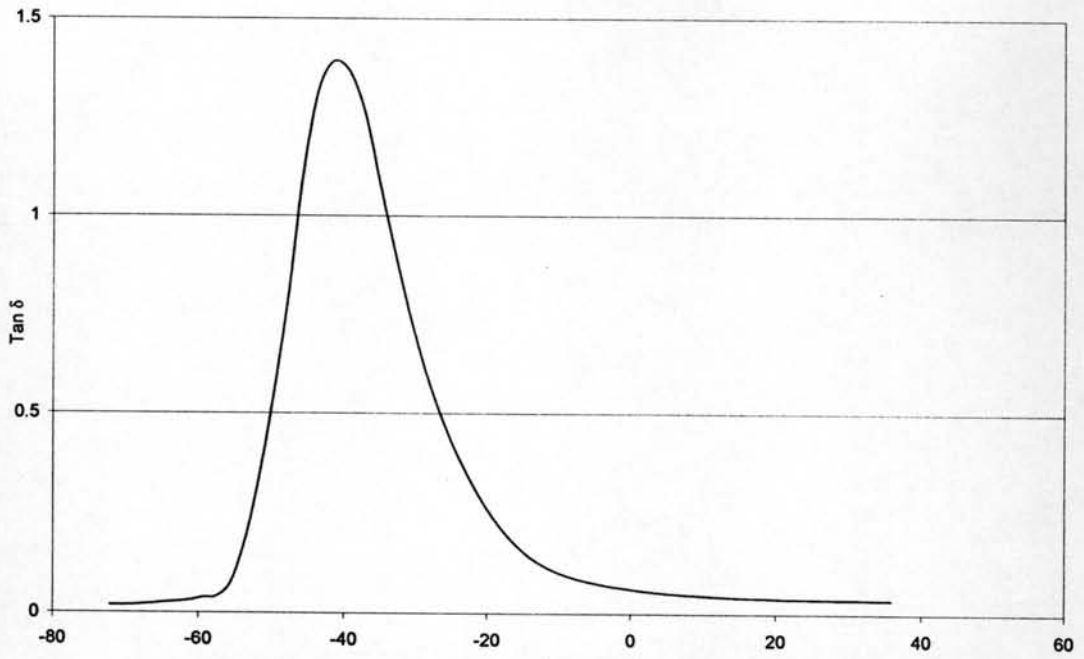
DMA เทอร์โมแกรมของยางธรรมชาติที่ใส่มอนคัมอริลโกลีนต์เป็นสารตัวเติม



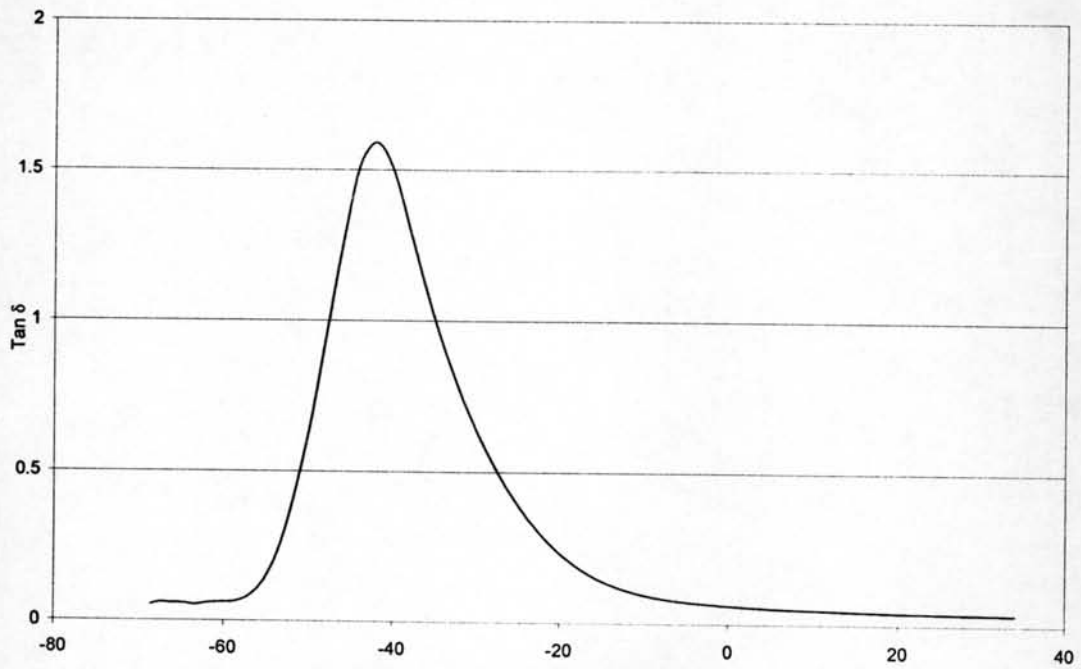
DMA เทอร์โมแกรมของยางธรรมชาติที่ใส่ซิลิกาเป็นสารตัวเติม

ง.3.5 กลุ่มที่มีซิงก์บอเรต 7 phr เป็นองค์ประกอบ





DMA เทอร์โมแกรมของยางธรรมชาติที่ใส่มอนอเมอร์อีโกลีนเป็นสารตัวเติม



DMA เทอร์โมแกรมของยางธรรมชาติที่ใส่ซิงค์ออกไซด์เป็นสารตัวเติม

## ภาคผนวก จ

## จ.1 ความต้านแรงดึงของชิ้นงานยางธรรมชาติที่ไม่ใช้และใช้สารเติมแต่งหน่วงไฟ

## จ.1.1 ก่อนการบ่มเร่ง

| ตัวอย่าง | ชั้นที่ 1 | ชั้นที่ 2 | ชั้นที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | SD     |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| B        | 25.92     | 25.58     | 25.70     | 25.73     | 0.1724 |
| A3       | 26.10     | 26.73     | 26.04     | 26.29     | 0.3822 |
| Z3       | 29.63     | 28.59     | 28.87     | 29.03     | 0.5381 |
| C        | 29.67     | 27.46     | 26.13     | 27.75     | 1.7881 |
| M        | 26.12     | 26.32     | 26.35     | 26.26     | 0.1250 |
| S        | 28.71     | 26.61     | 27.01     | 27.44     | 1.1150 |
| A7       | 24.60     | 25.07     | 23.23     | 24.30     | 0.9560 |
| Z7       | 24.74     | 24.92     | 24.44     | 24.70     | 0.2425 |
| A3C      | 29.43     | 29.56     | 31.08     | 30.02     | 0.9174 |
| A3M      | 25.46     | 24.94     | 25.79     | 25.40     | 0.4285 |
| A3S      | 27.84     | 27.94     | 29.46     | 28.41     | 0.9078 |
| Z3C      | 28.63     | 27.97     | 27.54     | 28.05     | 0.5490 |
| Z3M      | 24.09     | 24.47     | 24.16     | 24.24     | 0.2022 |
| Z3S      | 25.04     | 26.38     | 25.46     | 25.63     | 0.6854 |
| A7C      | 28.28     | 28.21     | 29.20     | 28.56     | 0.5525 |
| A7M      | 23.48     | 22.39     | 23.88     | 23.25     | 0.7712 |
| A7S      | 26.18     | 26.34     | 26.67     | 26.40     | 0.2499 |
| Z7C      | 25.03     | 23.63     | 25.77     | 24.81     | 1.0870 |
| Z7M      | 21.36     | 21.71     | 20.68     | 21.25     | 0.5237 |
| Z7S      | 22.67     | 24.28     | 22.42     | 23.12     | 1.0095 |

## จ.1.2 หลังการบ่มเร่ง

| ตัวอย่าง | ชั้นที่ 1 | ชั้นที่ 2 | ชั้นที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | SD     |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| B        | 19.07     | 19.52     | 20.41     | 19.67     | 0.6819 |
| A3       | 21.68     | 21.91     | 21.65     | 21.75     | 0.1422 |
| Z3       | 23.86     | 23.95     | 24.39     | 24.07     | 0.2836 |
| C        | 22.78     | 23.10     | 20.59     | 22.16     | 1.3662 |
| M        | 22.02     | 21.64     | 21.29     | 21.65     | 0.3651 |
| S        | 20.35     | 20.22     | 20.74     | 20.44     | 0.2706 |
| A7       | 18.20     | 17.02     | 17.70     | 17.64     | 0.5923 |
| Z7       | 17.27     | 18.34     | 17.91     | 17.84     | 0.5384 |
| A3C      | 23.11     | 24.99     | 23.70     | 23.93     | 0.9615 |
| A3M      | 19.23     | 19.87     | 20.35     | 19.82     | 0.5619 |
| A3S      | 24.26     | 23.76     | 25.43     | 24.48     | 0.8571 |
| Z3C      | 21.51     | 22.04     | 21.15     | 21.57     | 0.4477 |
| Z3M      | 20.87     | 17.45     | 20.82     | 19.71     | 1.9603 |
| Z3S      | 18.28     | 18.20     | 19.04     | 18.51     | 0.4636 |
| A7C      | 23.71     | 25.87     | 28.24     | 25.94     | 2.2658 |
| A7M      | 19.41     | 19.35     | 19.21     | 19.32     | 0.1026 |
| A7S      | 19.86     | 21.45     | 20.31     | 20.54     | 0.8196 |
| Z7C      | 21.17     | 22.49     | 21.67     | 21.78     | 0.6664 |
| Z7M      | 13.45     | 14.05     | 14.44     | 13.98     | 0.4987 |
| Z7S      | 17.45     | 17.27     | 15.65     | 16.79     | 0.9914 |

## จ.2 ระยะยึดที่จุดขาดของชั้นงานยางธรรมชาติที่ไม่ใช้และใช้สารเติมแต่งหน่วงไฟ

### จ.2.1 ก่อนการบ่มเร่ง

| ตัวอย่าง | ชั้นที่ 1 | ชั้นที่ 2 | ชั้นที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | SD      |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| B        | 832.6     | 829.6     | 835.7     | 832.6     | 3.0501  |
| A3       | 789.3     | 793.0     | 804.6     | 795.6     | 7.9827  |
| Z3       | 789.3     | 751.5     | 707.6     | 749.5     | 40.8880 |
| C        | 760.0     | 724.0     | 714.9     | 733.0     | 23.8496 |
| M        | 716.7     | 747.8     | 714.9     | 726.5     | 18.4971 |
| S        | 788.7     | 727.1     | 773.5     | 763.1     | 32.0899 |
| A7       | 736.9     | 744.2     | 727.1     | 736.1     | 8.5804  |
| Z7       | 750.3     | 744.2     | 621.0     | 705.2     | 72.9542 |
| A3C      | 733.8     | 760.0     | 744.2     | 746.0     | 13.1924 |
| A3M      | 717.3     | 732.0     | 753.3     | 734.2     | 18.1006 |
| A3S      | 805.8     | 772.8     | 750.3     | 776.3     | 27.9151 |
| Z3C      | 724.0     | 756.4     | 766.7     | 749.0     | 22.2828 |
| Z3M      | 779.6     | 767.4     | 759.4     | 768.8     | 10.1725 |
| Z3S      | 798.5     | 798.5     | 804.6     | 800.5     | 3.5218  |
| A7C      | 695.4     | 615.5     | 790.5     | 700.5     | 87.6099 |
| A7M      | 745.4     | 744.8     | 749.1     | 746.4     | 2.3288  |
| A7S      | 722.8     | 771.0     | 711.2     | 735.0     | 31.7118 |
| Z7C      | 730.8     | 718.6     | 725.9     | 725.1     | 6.1392  |
| Z7M      | 791.1     | 725.3     | 771.6     | 762.7     | 33.7974 |
| Z7S      | 709.4     | 727.1     | 720.4     | 719.0     | 8.9366  |

## จ.2.2 หลังการบ่มเร่ง

| ตัวอย่าง | ชั้นที่ 1 | ชั้นที่ 2 | ชั้นที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | SD       |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| B        | 781.4     | 810.7     | 775.3     | 789.1     | 18.9247  |
| A3       | 586.8     | 604.5     | 595.9     | 595.7     | 8.8512   |
| Z3       | 632.5     | 539.2     | 594.7     | 588.8     | 46.9289  |
| C        | 561.8     | 585.6     | 583.8     | 577.1     | 13.2519  |
| M        | 625.2     | 656.3     | 597.8     | 626.4     | 29.2695  |
| S        | 597.2     | 594.7     | 608.8     | 600.2     | 7.5235   |
| A7       | 537.4     | 531.9     | 538.6     | 535.9     | 3.5726   |
| Z7       | 624.6     | 635.6     | 655.1     | 638.4     | 15.4461  |
| A3C      | 568.5     | 588.6     | 588.0     | 581.7     | 11.4355  |
| A3M      | 577.0     | 586.8     | 582.5     | 582.1     | 4.9122   |
| A3S      | 687.6     | 611.2     | 627.1     | 641.9     | 40.3113  |
| Z3C      | 624.6     | 636.8     | 752.1     | 671.2     | 70.3553  |
| Z3M      | 581.3     | 598.4     | 637.4     | 605.7     | 28.7536  |
| Z3S      | 764.3     | 520.3     | 754.5     | 679.7     | 138.1314 |
| A7C      | 624.5     | 602.0     | 608.1     | 611.5     | 11.6363  |
| A7M      | 600.2     | 591.1     | 644.1     | 611.8     | 28.3402  |
| A7S      | 627.7     | 655.1     | 622.8     | 635.2     | 17.4072  |
| Z7C      | 596.6     | 610.0     | 585.6     | 597.4     | 12.2197  |
| Z7M      | 630.1     | 545.9     | 611.8     | 595.9     | 44.2857  |
| Z7S      | 581.3     | 564.8     | 578.3     | 574.8     | 8.7892   |



### จ.3 มอดูลัสที่ระยะยึด 300%ของชิ้นงานยางธรรมชาติที่ไม่ใช้และใช้สารเติมแต่งหน่วงไฟ

#### จ.3.1 ก่อนการบ่มเร่ง

| ตัวอย่าง | ชั้นที่ 1 | ชั้นที่ 2 | ชั้นที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | SD     |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| B        | 1.378     | 1.409     | 1.302     | 1.363     | 0.0551 |
| A3       | 1.653     | 1.582     | 1.695     | 1.643     | 0.0571 |
| Z3       | 1.978     | 1.821     | 1.821     | 1.873     | 0.0906 |
| C        | 2.028     | 2.089     | 1.995     | 2.037     | 0.0477 |
| M        | 1.907     | 1.880     | 2.035     | 1.941     | 0.0828 |
| S        | 2.102     | 1.877     | 2.075     | 2.018     | 0.1229 |
| A7       | 2.304     | 2.301     | 2.299     | 2.301     | 0.0025 |
| Z7       | 2.331     | 2.087     | 2.108     | 2.175     | 0.1352 |
| A3C      | 2.361     | 2.339     | 2.510     | 2.403     | 0.0930 |
| A3M      | 2.218     | 2.196     | 2.118     | 2.177     | 0.0525 |
| A3S      | 1.988     | 2.041     | 2.047     | 2.025     | 0.0325 |
| Z3C      | 2.674     | 2.448     | 2.428     | 2.517     | 0.1366 |
| Z3M      | 2.021     | 2.202     | 2.348     | 2.190     | 0.1638 |
| Z3S      | 1.726     | 1.804     | 1.769     | 1.766     | 0.0391 |
| A7C      | 2.695     | 2.425     | 2.136     | 2.419     | 0.2796 |
| A7M      | 2.667     | 2.454     | 2.458     | 2.526     | 0.1218 |
| A7S      | 2.432     | 2.268     | 2.614     | 2.438     | 0.1731 |
| Z7C      | 2.834     | 3.073     | 3.081     | 2.996     | 0.1404 |
| Z7M      | 2.152     | 2.326     | 2.357     | 2.278     | 0.1105 |
| Z7S      | 2.511     | 2.636     | 2.721     | 2.623     | 0.1056 |

## จ.3.2 หลังการบ่มเร่ง

| ตัวอย่าง | ชั้นที่ 1 | ชั้นที่ 2 | ชั้นที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | SD     |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| B        | 1.526     | 1.479     | 1.416     | 1.474     | 0.0552 |
| A3       | 2.507     | 2.514     | 2.456     | 2.492     | 0.0317 |
| Z3       | 2.586     | 2.632     | 2.800     | 2.673     | 0.1126 |
| C        | 3.160     | 2.960     | 3.111     | 3.077     | 0.1042 |
| M        | 2.428     | 2.365     | 2.618     | 2.470     | 0.1317 |
| S        | 2.605     | 2.605     | 2.392     | 2.534     | 0.1230 |
| A7       | 3.676     | 3.393     | 3.056     | 3.375     | 0.3104 |
| Z7       | 2.032     | 2.769     | 2.283     | 2.361     | 0.3747 |
| A3C      | 3.078     | 3.020     | 3.141     | 3.080     | 0.0605 |
| A3M      | 2.693     | 2.829     | 3.041     | 2.854     | 0.1754 |
| A3S      | 2.309     | 2.972     | 2.905     | 2.729     | 0.3650 |
| Z3C      | 3.104     | 3.375     | 2.063     | 2.847     | 0.6926 |
| Z3M      | 3.083     | 3.008     | 2.018     | 2.703     | 0.5944 |
| Z3S      | 2.295     | 2.868     | 2.912     | 2.692     | 0.3442 |
| A7C      | 3.196     | 3.544     | 4.317     | 3.686     | 0.5738 |
| A7M      | 3.660     | 3.925     | 2.912     | 3.499     | 0.5253 |
| A7S      | 3.299     | 2.726     | 3.192     | 3.072     | 0.3047 |
| Z7C      | 3.593     | 3.229     | 3.494     | 3.439     | 0.1882 |
| Z7M      | 3.287     | 4.049     | 3.368     | 3.568     | 0.4185 |
| Z7S      | 3.586     | 3.603     | 3.539     | 3.576     | 0.0332 |

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายชัยณัฐ เจตน์จรวงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2525 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์ จากภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2548 หลังจากนั้น เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อภาคปลายในปีการศึกษา 2548 และสำเร็จการศึกษาในภาคต้นของปีการศึกษา 2550 รวมระยะเวลาในการศึกษา 2 ปี