

## รายการอ้างอิง

1. วิชาการเกษตร, กรม. สถาบันวิจัยยาง. ข้อมูลวิชาการยางพารา 2545. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2545.
2. รัตน์ เพชรจันทร์ ยางพารา. เอกสารการนิเทศการศึกษา. ฉบับที่ 264. กรุงเทพมหานคร: หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู, 2527.
3. พิชัย สราญรมย์. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับยางพารา. จันทบุรี: วิทยาลัยรำไพพรรณี, 2527.
4. เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี. ยางธรรมชาติเบื้องต้น. ปัตตานี: ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2540.
5. เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร. เทคโนโลยีของยาง. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
6. Nagdi, K. Rubber as a engineering material: guideline of users. Munich: Hanser, 1993.
7. เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี. การผลิตยางธรรมชาติ. ปัตตานี: ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2543.
8. จริยา บุญญวัฒน์. ยางธรรมชาติ. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544. (อัดสำเนา)
9. Robert, A. D. Natural rubber science and technology. Oxford: Oxford University Press, 1988.
10. พงศธร คูสกุล. การผลิตยางโปรตีนต่ำในระดับขยายส่วน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.
11. วรรณงาม วีระผาสุก. ผลของภาวะการผสมต่อความหนืดมูนิของยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
12. Subramaniam, A. Molecular weight and other properties of natural rubber: a study of clonal variations. International Rubber Conference (1975): 1-25.
13. Bristow, G. M. The mooney viscosity of raw natural rubber. Journal of Natural Rubber Research 5(3) (1990): 182-198.

14. Tillekeratne, L. M. K., Nugawela, A., Jayasuriya, M., Weeraman, S., Siriwardena, T. A. S. Utilization of Sunlight for Drying of Rubber. Journal of Natural Rubber Research 10(2) (1995): 77-81.
15. ASTM Standard, D 1278-91a. Standard Test Method for Rubber from Natural Sources Chemical Analysis. U.S.A., 1991.
16. ASTM Standard, D3533-90. Standard Method of Testing Rubber-Nitrogen Content. U.S.A., 1990.
17. ASTM Standard, D3194-84. Standard Method of Testing Rubber from Natural Sources Plasticity Retention Index (PRI). U.S.A., 1984.
18. ISO Standard, D 2007-1981. Rubber-Unvulcanized Determination of Plasticity-Rapid Plastimeter Method. (n.p.), 1981
19. บุญธรรม นิธิอุทัย. คู่มือปฏิบัติการเทคโนโลยียาง. ฉบับที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2531.
20. ASTM Standard, D 3517-84. Standard Test Method for Rubber from Natural Sources-color. U.S.A., 1984.
21. ASTM Standard, D1646-94. Standard Test Method for Rubber-Viscosity, Stress-Relaxation and Pre-vulcanization Characteristics (Mooney Viscometer). U.S.A., 1994.
22. ISO Standard, R 289-1963. Determination of Viscosity of Natural and Synthetic Rubber by The Shearing Disc Viscometer. (n.p.), 1963.
23. ASTM Standard, D412. Standard Test Method for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Rubbers and Thermoplastic Elastomers-Tension. U.S.A., 1992.
24. ASTM Standard, D3536. Molecular Weight Averages and Molecular Weight Distribution by Liquid Exclusion Chromatography (GEL Permeation Chromatography-GPC). U.S.A., 1991
25. Indian rubber institute. Rubber engineering. New Delhi: Mcgraw-Hill, 2000.
26. Yapa, P. A. J. Enzyme deproteinization of Hevea latex. I. Preparation and properties of DPNR and viscosity stabilized DPNR Journal of Rubber Research Institute 54 (1977): 509-519.

27. Silvabalasunderam, J., Nadarajah, M. Factor affecting the plasticity retention index. International Rubber Conference (1965):13-28.
28. Chang, W. P., Lau, C. M., Nambiar Deproteinised natural rubber from field latex. Proceeding of the rubber research institute of Malaysia planter's conference. Kuala Lumpur: Rrim Publisher, 1978.
29. Yip, E. Clonal characterization of latex and rubber properties. Journal of Rubber Research Institute 5 (1990): 52-80.
30. Nair, S. Dependence of balk viscosities (Mooney and Wallace) on Molecular parameters of natural rubber. Journal of Rubber Research Institute 23 (1970): 76.
31. Nadarajah, M., Karunaratne, S. W. Some observation on the non-rubber constituents of Hevea latex : part 1. RRIM Bulletin. 6: 29-33.
32. Perera, M. C. S., Siriwardena, T. A. S. Effect of moisture on the processability and physical properties of natural rubber latex. Journal of Rubber Research Institute 64 (1985): 1-6.



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ก

## สมบัติของน้ำยางธรรมชาติชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ

น้ำยางธรรมชาติชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำที่ใช้ในการทดลองได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท ไทยรับเบอร์แอนด์เลเท็กซ์ จำกัด มีสมบัติดังนี้

ตารางที่ ก สมบัติของน้ำยางธรรมชาติชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ

Properties	Test Results
Total Solids Content, %	61.59
Dry Rubber Content, %	60.08
Non Rubber Solids, %	1.51
Ammonia Content (on Total Weight), %	0.29
Ammonia Content (on Water Phase), %	0.76
pH Value	10.05
KOH Number	0.6580
Volatile Fatty Acid Number (V.F.A.)	0.0343
Mechanical Stability Time @ 55% TS, sec	870
Specific Gravity at 25 °C	0.946
Magnesium Content (on Solids), ppm	22
Chemical Stability Test (CST), ml	2.1
Viscosity (55% TS, Spindle no.1, 60 rpm), cps	64.1

REMARK : Free from pentachlorophenol.

## ภาคผนวก ข

## ข้อมูลการทดลอง

## 1. สมบัติเบื้องต้นของน้ำยางสด

ตารางที่ ข1 ปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางสด (DRC)

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
น้ำหนักน้ำยาง	9.5378	9.6823	9.0871	
น้ำหนักยางแห้ง	3.7213	3.8157	3.5846	
DRC	39.02	39.41	39.45	39.29

## 2. เวลาการผลิตยางแผ่น

ตาราง ข2 เวลาโดยประมาณที่ยางจับตัวเป็นแผ่นและสามารถลอกตากได้ (วัน)

ปริมาณน้ำยางชั้น	NR	CV-NR	NR-P	CV-NR-P
0	5	5	5	5
10	5	5	5	5
20	5	5	5	5
30	5	5	5	5
40	4	4	4	4
50	4	4	4	4
60	4	4	4	4
70	4	4	4	4
80	3	3	3	3
90	3	3	3	3
100	3	3	3	3

## 2. สมบัติทางกายภาพของตัวอย่างยางดิบ

ตารางที่ ข3 สมบัติทางกายภาพของยางดิบ NR และตัวอย่างควบคุมที่อัตราส่วนน้ำยางชั้นต่างๆ

สมบัติ	ตัวอย่างควบคุม	ตัวอย่าง NR				
	(NR0)	NR20	NR40	NR60	NR80	NR100
ปริมาณไนโตรเจน (%)	0.455	0.438	0.468	0.446	0.438	0.429
ปริมาณสิ่งสกปรก (%)	0.0523	0.0569	0.0627	0.06	0.0814	0.0985
ปริมาณเถ้า (%)	0.571	0.856	0.894	0.765	0.852	0.975
ปริมาณสิ่งระเหย (%)	0.781	0.793	0.745	0.829	0.769	0.817
P <sub>ov</sub>	28.8	32.7	35.5	36.3	37.1	38.7
PRI	40.6	42.2	42.9	44.8	45.5	48.0
ความหนืดมูนิ	75.91	78.87	77.41	80.50	82.45	82.52
สี	9	10	10	11	9	12

ตารางที่ ข4 สมบัติทางกายภาพของยางดิบ CV-NR และตัวอย่างควบคุมที่อัตราส่วนน้ำยางชั้นต่างๆ

สมบัติ	ตัวอย่างควบคุม	ตัวอย่าง CV-NR				
	(CV-NR0)	CV-NR20	CV-NR40	CV-NR60	CV-NR80	CV-NR100
ปริมาณไนโตรเจน (%)	0.471	0.421	0.455	0.465	0.425	0.451
ปริมาณสิ่งสกปรก (%)	0.0547	0.0671	0.0676	0.0688	0.088	0.1021
ปริมาณเถ้า (%)	0.53	0.652	0.888	0.753	0.629	0.971
ปริมาณสิ่งระเหย (%)	0.788	0.829	0.76	0.755	0.78	0.747
P <sub>o</sub>	29.0	33.8	35.4	37.0	37.7	38.0
PRI	40.4	40.1	39.6	44.0	44.9	48.8
ความหนืดมูนิ	70.21	72.52	74.65	75.15	74.24	75.84
สี	10	11	10	10	12	10

ตารางที่ ข5 สมบัติทางกายภาพของยางดิบ NR-P และตัวอย่างควบคุมที่อัตราส่วนน้ำยางชั้นต่างๆ

สมบัติ	ตัวอย่างควบคุม	ตัวอย่าง NR-P0				
	(NR-P0)	NR-P20	NR-P40	NR-P60	NR-P80	NR-P100
ปริมาณไนโตรเจน (%)	0.426	0.423	0.412	0.494	0.48	0.41
ปริมาณสิ่งสกปรก (%)	0.0533	0.0615	0.0615	0.0574	0.0852	0.1152
ปริมาณเถ้า (%)	0.574	0.683	0.626	0.678	0.72	0.884
ปริมาณสิ่งระเหย (%)	0.84	0.803	0.859	0.822	0.854	0.8771
Po	30.2	34.0	36.9	39.1	39.6	38.9
PRI	44.6	52.5	57.5	48.3	49.6	51.2
ความหนืดมูนิ	74.18	75.75	76.40	78.00	78.47	79.45
สี	9	10	10	10	10	12

ตารางที่ ข6 สมบัติทางกายภาพของยางดิบ CV-NR-P และตัวอย่างควบคุมที่อัตราส่วนน้ำยางชั้นต่างๆ

สมบัติ	ตัวอย่างควบคุม	ตัวอย่าง CV-NR-P				
	(CV-NR-P0)	CV-NR-P20	CV-NR-P40	CV-NR-P60	CV-NR-P80	CV-NR-P100
ปริมาณไนโตรเจน (%)	0.437	0.455	0.425	0.465	0.449	0.462
ปริมาณสิ่งสกปรก (%)	0.0533	0.0516	0.0712	0.0923	0.0841	0.1171
ปริมาณเถ้า (%)	0.52	0.752	0.745	0.773	0.79	0.946
ปริมาณสิ่งระเหย (%)	0.776	0.743	0.743	0.834	0.809	0.809
Po	29.7	33.8	34.6	36.7	36.7	38.4
PRI	43.2	40.6	39.1	39.5	45.7	45.1
ความหนืดมูนิ	69.28	71.32	73.85	73.21	74.15	76.98
สี	10	11	10	10	12	10



### 3. ค่าความหนืดมูนิและอัตราการเพิ่มความหนืดมูนิ

ตารางที่ ๗7 ความหนืดมูนิของตัวอย่างยาง NR หลังการเก็บ

ตัวอย่าง	ปริมาณน้ำยางชั้น (phr)	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4	เดือนที่ 5
NR 0	0	75.91	78.52	82.64	87.93	94.41
NR 10	10	76.55	80.33	84.97	90.21	95.4
NR 20	20	78.87	84.58	89.67	96.23	97.35
NR 30	30	77.83	83.47	88.8	93.15	98.41
NR 40	40	77.41	82.67	89.47	94.75	98.11
NR 50	50	79.11	83.91	88.14	94.37	98.04
NR 60	60	80.50	85.14	87.33	91.66	96.82
NR 70	70	80.22	84.25	87.87	91.15	94.83
NR 80	80	82.45	83.52	87.05	88.76	92.11
NR 90	90	83.16	84.91	86.14	87.67	89.7
NR 100	100	82.52	83.11	84.26	85.93	89.23

ตารางที่ ๗8 ความหนืดมูนิของตัวอย่างยาง CV-NR หลังการเก็บ

ตัวอย่าง	ปริมาณน้ำยางชั้น (phr)	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4	เดือนที่ 5
CV-NR 0	0	70.21	75.15	79.85	81.25	83.54
CV-NR 10	10	70.55	76.21	78.62	81.63	83.6
CV-NR 20	20	72.52	75.49	77.21	82.11	83.34
CV-NR 30	30	72.89	75.86	77.87	81.55	82.52
CV-NR 40	40	74.65	76.87	78.76	83.87	84.53
CV-NR 50	50	73.32	76.51	79.52	83.8	84.67
CV-NR 60	60	75.15	77.51	79.24	82.51	84.4
CV-NR 70	70	76.4	77.62	78.24	81.87	82.03
CV-NR 80	80	74.24	76.23	78.15	78.91	79.3
CV-NR 90	90	76.28	77.69	78.25	80.84	80.98
CV-NR 100	100	75.84	76.15	77.19	78.39	78.48

ตารางที่ ๙ ความเหนียวของตัวอย่างยาง NR-P หลังการเก็บ

ตัวอย่าง	ปริมาณน้ำยางชั้น (phr)	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4	เดือนที่ 5
NR-P 0	0	74.18	76.96	81.42	85.98	90.12
NR-P 10	10	74.25	78.39	81.67	86.73	91.31
NR-P 20	20	75.75	80.16	83.31	89.08	91.64
NR-P 30	30	74.98	79.79	83.21	87.26	91.88
NR-P 40	40	76.40	79.89	83.99	89.22	92.35
NR-P 50	50	76.09	80.33	83.70	89.00	91.23
NR-P 60	60	78.00	81.45	83.16	87.00	90.61
NR-P 70	70	78.38	81.06	82.93	86.42	89.43
NR-P 80	80	78.47	80.00	82.47	83.75	86.7
NR-P 90	90	79.69	81.42	82.07	84.17	86.34
NR-P 100	100	79.45	79.75	80.60	82.08	85.85

ตารางที่ ๑๐ ความเหนียวของตัวอย่างยาง CV-NR-P หลังการเก็บ

ตัวอย่าง	ปริมาณน้ำยางชั้น (phr)	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4	เดือนที่ 5
CV-NR-P 0	0	69.28	74.68	80.01	83.11	85.25
CV-NR-P 10	10	71.66	75.28	77.72	81.86	84.87
CV-NR-P 20	20	71.32	74.75	76.5	80.74	83.17
CV-NR-P 30	30	72.75	75.18	77.22	80.24	82.41
CV-NR-P 40	40	73.85	75.93	77.85	82.3	84.16
CV-NR-P 50	50	73.59	75.94	78.98	82.6	84.67
CV-NR-P 60	60	73.21	76.86	78.62	81.23	84.32
CV-NR-P 70	70	74.2	77.16	77.81	80.78	82.14
CV-NR-P 80	80	74.15	75.78	77.73	77.83	79.42
CV-NR-P 90	90	76.72	77.29	77.88	79.81	81.15
CV-NR-P 100	100	76.98	77.01	77.02	77.3	78.59

#### 4. สมบัติของยางที่ผ่านกระบวนการคงรูป

ตารางที่ ข11 สมบัติของยาง NR ที่ผ่านกระบวนการคงรูปและตัวอย่างควบคุมที่อัตราส่วนน้ำยาง  
ชั้นต่างๆ

สมบัติ	ตัวอย่างควบคุม	ตัวอย่าง NR				
	(NR0)	NR20	NR40	NR60	NR80	NR100
ความต้านทานแรงดึง (Mpa)	3.258	3.319	3.400	3.501	3.744	4.010
ความยืดเมื่อขาด (%)	157.3	202.1	191.5	214.8	186.6	220.5

ตารางที่ ข12 สมบัติของยาง CV-NR P ที่ผ่านกระบวนการคงรูปและตัวอย่างควบคุมที่อัตราส่วน  
น้ำยางชั้นต่างๆ

สมบัติ	ตัวอย่างควบคุม	ตัวอย่าง CV-NR				
	(CV-NR-P0)	CV-NR-P20	CV-NR-P40	CV-NR-P60	CV-NR-P80	CV-NR-P100
ความต้านทานแรงดึง (Mpa)	3.264	3.337	3.458	3.671	3.938	4.257
ความยืดเมื่อขาด (%)	156.7	209.7	193.9	195.0	215.4	231.0

#### 5. มวลโมเลกุลและมวลโมเลกุลเฉลี่ยของตัวอย่างยาง

ตารางที่ ข13 มวลโมเลกุลเฉลี่ยตามจำนวน(Mn) มวลโมเลกุลเฉลี่ยตามน้ำหนัก(Mw) การกระจาย  
ตัวของมวลโมเลกุลของยาง NR และ CV-NR-P ที่ปริมาณน้ำยางชั้นต่างๆ

อัตราส่วน น้ำยางชั้น phr	NR			CV-NR-P		
	Mw x 10 <sup>-5</sup>	Mn x 10 <sup>-5</sup>	Mw/Mn	Mw x 10 <sup>-5</sup>	Mn x 10 <sup>-5</sup>	Mw/Mn
0	4.97	1.81	2.75	4.89	2.04	2.40
20	5.13	2.10	2.44	5.10	2.04	2.49
40	5.88	2.52	2.33	6.96	2.62	2.66
60	6.63	2.74	2.42	7.90	2.57	3.07
80	7.17	2.63	2.72	8.82	2.74	3.21
100	8.51	3.00	2.84	9.47	3.38	2.80

## ภาคผนวก ค

## การคำนวณ

## การเตรียมน้ำยางผสม

สูตรการคำนวณการเตรียมน้ำยาง

$$\text{น้ำหนักยางแห้ง} = \text{น้ำหนักน้ำยาง} \times \text{ปริมาณเนื้อยางแห้ง (\%DRC)}$$

ตัวอย่างการคำนวณ การผลิตตัวอย่างยางแห้ง น้ำหนัก 500 กรัม เตรียมจากน้ำยางชั้น

ผสมน้ำยางสดในอัตราส่วน น้ำยางชั้น 20 phr ต่อ น้ำยางสด 80 phr เป็นดังนี้

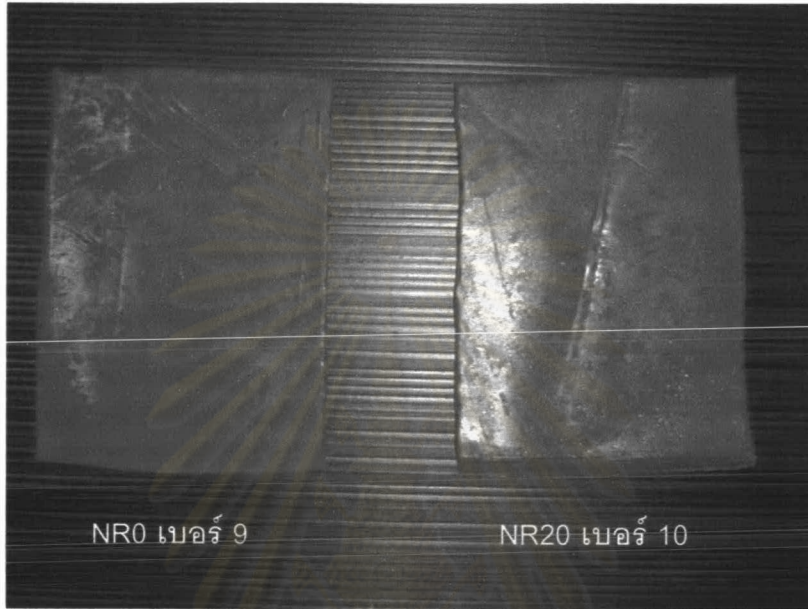
น้ำหนักยางแห้งที่ต้องการ			500	กรัม
น้ำหนักยางแห้งจากน้ำยางชั้น	$500 \times 0.20$	=	100	กรัม
ดังนั้น ใช้น้ำยางชั้น (60%DRC)	$100 / 0.60$	=	<u>166.7</u>	กรัม
น้ำหนักยางแห้งจากน้ำยางสด	$500 \times 0.8$	=	400	กรัม
ดังนั้น ใช้น้ำยางสด (39%DRC)	$400 / 0.39$	=	<u>1025.6</u>	กรัม

น้ำหนักน้ำยางผสมทั้งสองชนิดเป็นดังนี้ :

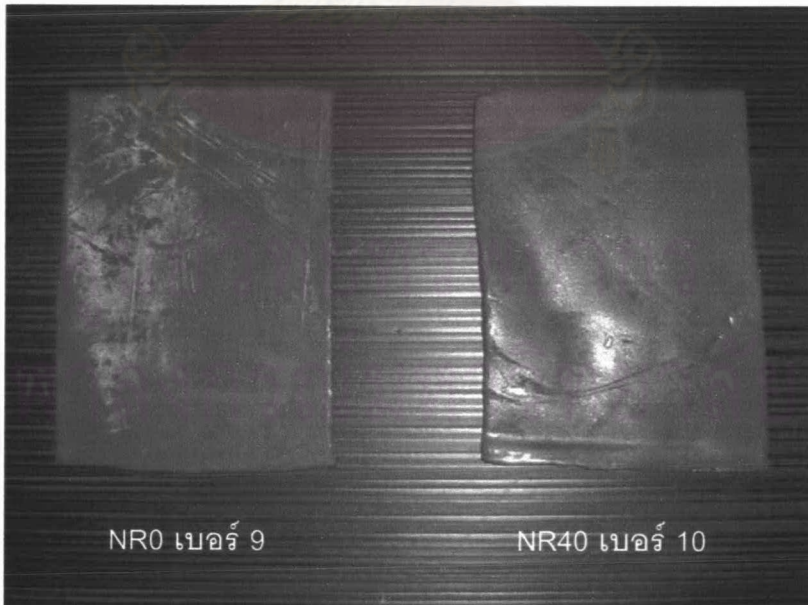
น้ำยางชั้น (phr)	น้ำยางสด (phr)	น้ำหนักน้ำยางชั้น(กรัม)	น้ำหนักน้ำยางสด(กรัม)	รวม(กรัม)
0	100	0	1282.1	1282.1
20	80	166.7	1025.6	1192.3
40	60	333.3	769.2	1102.6
60	40	500.0	512.8	1012.8
80	20	666.7	256.4	923.1
100	0	833.3	0	833.3

ภาคผนวก ง

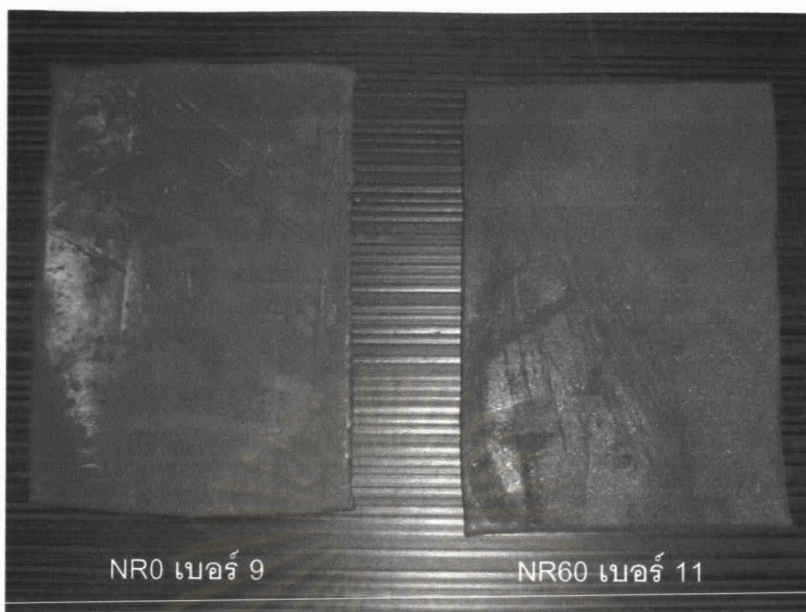
รูปตัวอย่างยาง



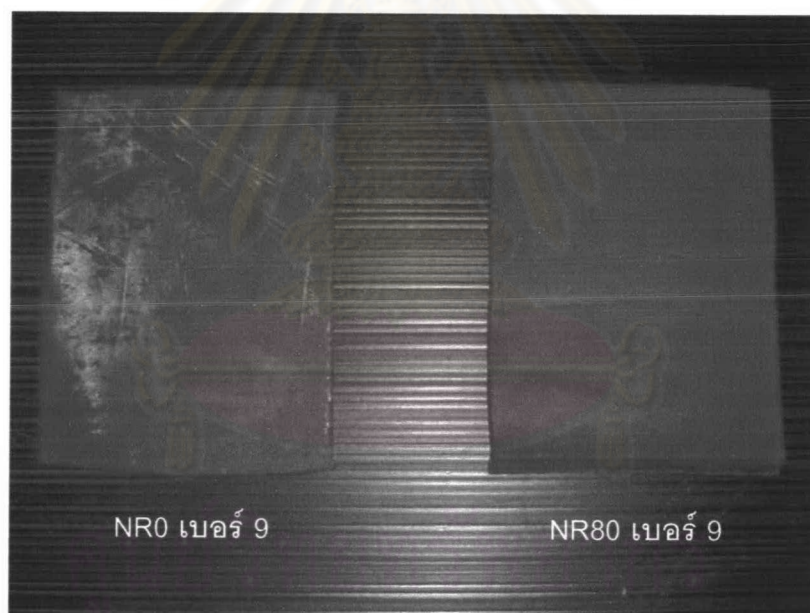
(ก)



(ข)

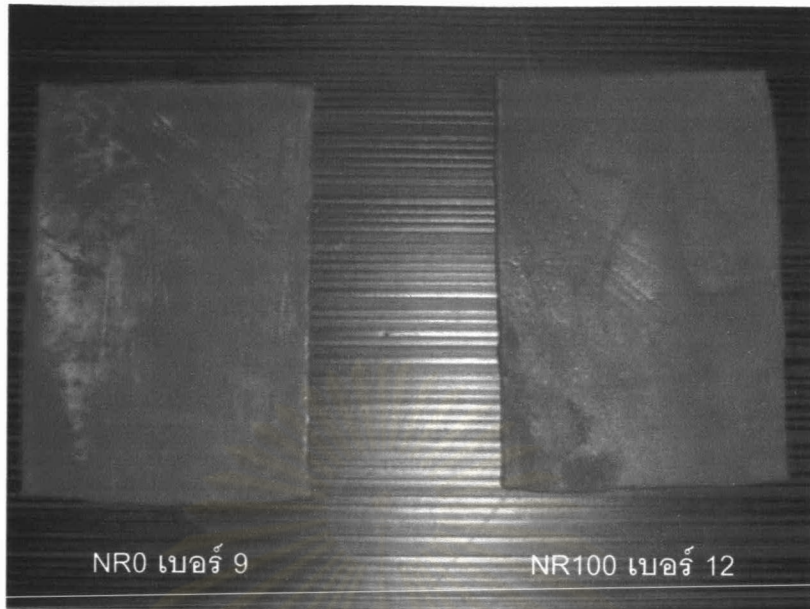


(ค)

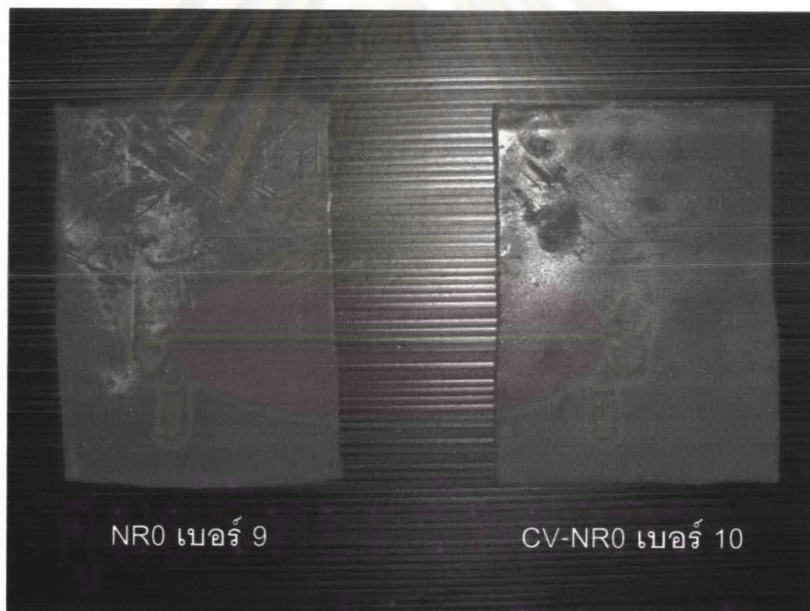


(ง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

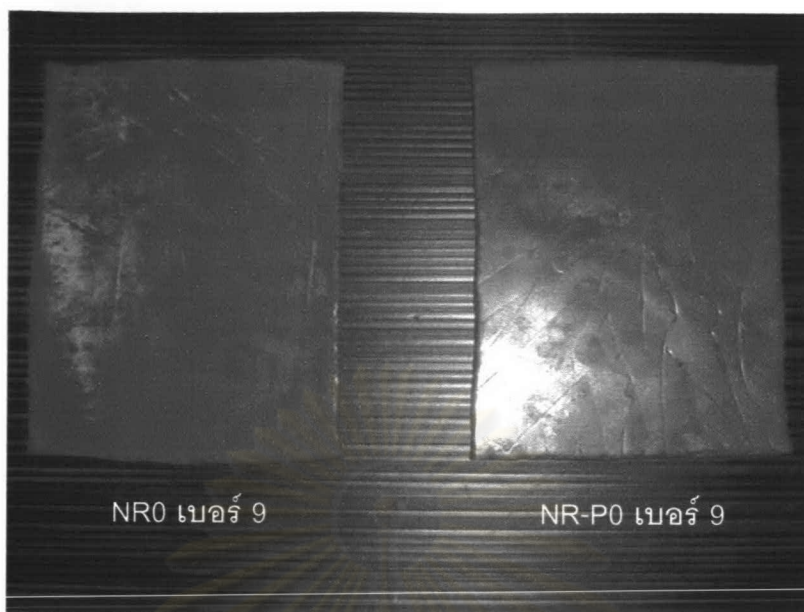


(จ)

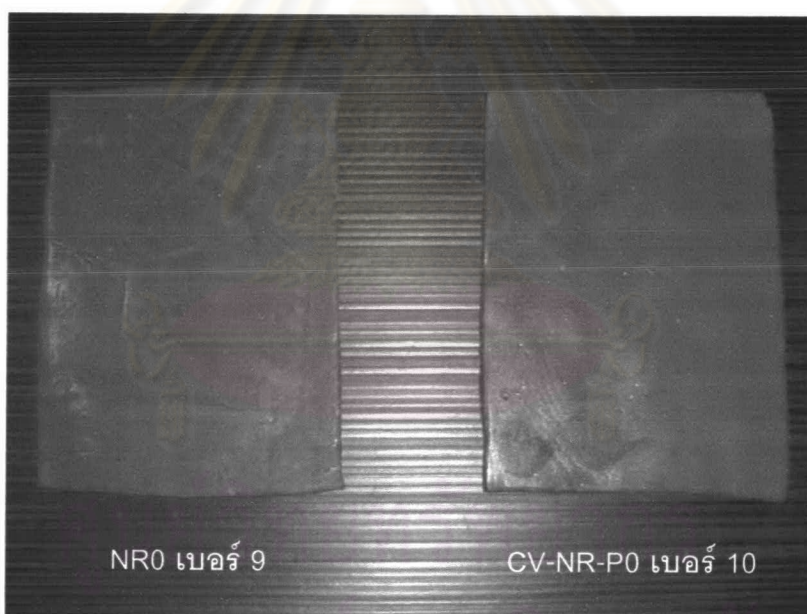


(ข)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(๙)



(๑๐)

รูปที่ ๙ สีมาตรฐานโลวิบอนด์ (Lovibond) ของตัวอย่างยางต่างๆเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

(ก) ตัวอย่างยาง NR20

(ข) ตัวอย่างยาง NR40

(ค) ตัวอย่างยาง NR60

(ง) ตัวอย่างยาง NR80

(จ) ตัวอย่างยาง NR100

(ฉ) ตัวอย่างยาง CV-NR0

(ช) ตัวอย่างยาง NR-P0

(ซ) ตัวอย่างยาง CV-NR-P0



## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอภิรักษ์ รินเที่ยง เกิดเมื่อวันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ. 2523 ที่จังหวัดเชียงราย สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีวิศวกรรม ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2543 และเข้าศึกษาต่อหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2544



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย