เอกสารอ้างอิง

1. Waldron, R.W., H.F. McRae, and J.D. Madison, "The Effects of Various Monomers on Crosslinking Efficiency," Radiat. Phys. Chem., 25 (4-6), 843-849, 1985.
2. Salmon, W.A., and L.D. Loan, "Radiation Crosslinking of Poly (vinyl Chloride)," Journal of Applied Polymer Science, 16, 671-682, 1972.
3. Chapiro, A., Radiation Chemistry of Polymeric System, High Polymers Monographs on the Chemistry, Physics and Technology of High Polymeric Substance, vol. XV, pp. 62-63, pp. 175-183, p. 353, p. 360-369, pp. 585-587, Interscience Publishers, 1962.
4. Hayaswi, K., "Radiation-Induced Polymerization 1," Teaching Paper of the Faculty of engineering, Hokkaido University, Saporo Ogo Japan, 1970.
5. Danno, A., "Modification of Plastics by Crosslinking and Grafting," Report Paper of the Takasaki Radiation Chemistry Establishment, Japan Atomic Energy Research Institute, 1970.
6. Tabata, Y., "Radiation-Induced Polymerization 2," Teaching Paper of the Nuclear Engineer, Tokyo University, 1970.

7. Spinks, J.W.T., and R.J. Wood, An Introduction to Radiation Chemistry, p. 2, pp. 58-59, pp. 123-130, pp. 136-141 pp. 147-148, John Wiley and Sons, New York, 2 nd ed., 1976.

8. Sakurade, I., "Introduction to Radiation Chemistry," The Regional Training Course on Industrial Ratiation Processing, October-November, I.A.E.A., and J.A.E.R.I.-Takasaki, 1970.

9. Yu-Ming, L., Y.Q., Yang, Z.T., Ma, "Study on the Preirradiation Polymerization of Vinyl Monomers," Radiat. Phys. Chem., 30 (30), 215-219, 1987.

10. Herman, C., Introduction to Health Physics, pp. 60-128, Pergamon Press, New York, 2 nd ed., 1983.

11. Billmeyer, F.W., Texbook of Polymer Science, pp. 14-18, Wiley-Interscience, New York, 1971.

12. Murata, K., "Electron-Beam Curing (EBC) of Coatings" Group Training Course on Radiation Processing, 2-16 July, 1980.

13. Hara, K.O., "Prepolymers & Monomers for U.V. Curing - A Review," Annual Report, 1, The U.V. E.B. Surface Finiahing Research Association, Cray Valley Products Ltd., 1986, 10 ~ 1987, 9.

14. Larson, E.G., D.S. Spencer, T.E. Boettcher, M.A. Melbauer, and R.P. Skarjune, "Properties of Radiation Cured Coatings," Radiat. Phys. Chem., 30(1), 11-15, 1987.

15. Yigit F., and G. Olgun, "A Kinetic Investigation of Radiation Induced Bulk Polymerization of Acrylic Acid," Radiat. Phys. Chem., 33(2), 97-101, 1989.

16. Puig, J.R., "Radiation Curing of Natural Rubber Latex," Atomic Energy Review, 9(2), 373-397, 1971.

17. Flory, P.J., and J. Rehner, Jr., "Statistical Mechanics of Cross-Linked Polyer Networks," The Journal of Chemical Physics, 11 (11), 521-526, 1943.

18. พรพรรณ นิธิอุทัย, เคมีโพลีเมอร์ 1, หน้า 6-12, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2524.

19. Flory, P.J., "Statistical Mechanics of Swelling of Network Structures," The Journal of Chemical Physics, 18(1), 108-111, 1950.

20. ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์, เคมีโพลิเมอร์พื้นฐาน, หน้า 1-5, 196-200, 220, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2527.

21. Holman, D.R., "U.V and E.B Curing For mulation for Printing Inks," Coating and Paints Specialist writers and Practising U.V and E.B Chemists, Industrial Training Associates, London, 1984.

22. Dawson, R., and B.D. Porritt, Rubber Physical and Chemical Properties, p. 543, A Technical Hand Book Produced by the Co-operation of the Rubber Growers' Association, Inc. and The Research. Association of British Rubber Monufacturing 1935.

23. Kirk-othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, vol. XV, pp. 382-384, A Wiley Interscience Publication John Wiley and Sons, New York, 1981.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. การคำนวณหาปริมาณเจลและการบวมตามสมการดังนี้ (1)

$$\% \text{ gel} = \frac{W_2 \times 100}{W_1}$$

$$\% \text{ swell} = \frac{W_3 \times 100}{W_2}$$

W_1 = น้ำหนักของตัวอย่างสารก่อนการสกัด

W_2 = น้ำหนักของตัวอย่างภายหลังการทำให้แห้งที่ 130 องศาเซลเซียส

W_3 = น้ำหนักของตัวอย่างหลังการสกัด

2. วิธีการหา crosslinking density หาจาก swelling ratio (22)

$$\text{swelling ratio (V)} = \frac{(W_2 - W_1)\, R^*}{W_1 \times L}$$

W_1 = น้ำหนักของตัวอย่างสารก่อนแช่ toluene

W_2 = น้ำหนักของตัวอย่างหลังการแช่ใน toluene นำมาซับด้วยกระดาษกรองให้แห้ง

R = ความหนาแน่นของสารตัวอย่าง

L = ความหนาแน่นของ toluene = 0.87 g/cm^3

หมายเหตุ : R^* ได้ส่งหาความหนาแน่นที่กรมวิทยาศาสตร์บริการและได้ความหนาแน่นระหว่าง

MMA : PVC (9 : 1) ได้ความหนาแน่น 1.21 g/cm^3

MMA : PVC (9.5 : 0.5) ได้ความหนาแน่น 1.20 g/cm^3

Acrylic acid : n-BA (10 : 0.1) ได้ความหนาแน่น 1.40 gm/cm^3

ที่อุณหภูมิ 27 °C

3. Crosslinking density $V_o = KV^{-5/3}$

$K^* = 4.7 \times 10^{20}$ for benzene - natural rubber

V = swelling ratio

* K เท่ากับ 4.7×10^{20} เป็นค่าคงที่สำหรับยางธรรมชาติกับเบนซีน แต่นำเอาค่า K มาใช้สำหรับสารตัวอย่างที่ทดลองครั้งนี้เป็นการปรับเทียบเท่านั้น

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงผลการทดลอง

ตารางที่ 1-ข ความสัมพันธ์ระหว่างสารตัวอย่าง ปริมาณรังสีแกมมาที่ได้รับ ปริมาณเจล (%) การบวม (%)

สารตัวอย่าง	อัตราการรับรังสี (kGy/hr)	ปริมาณรังสี (kGy)	ปริมาณเจล (%)	การบวม (%)
1. MMA : PVC	4.27	8.54	76.2	205
(volume : weight)		12.81	77.1	193
9.5 : 0.5		17.08	77.9	175
		21.35	82.3	160
		25.62	87.6	152
		29.89	87.5	155
9 : 1	4.27	8.54	75.8	210
		12.81	76	192
		17.08	77.2	169
		25.62	89.6	147
		29.89	89.4	149
2. MMA : CCl_4	4.27	8.54	80.1	185
(volume : volume)		12.81	82.5	181
10 : 0.1		17.08	82.7	156
		21.35	82.8	156
		25.62	82.1	150

ตารางที่ 1-ข (ต่อ)

สารตัวอย่าง	อัตราการรับรังสี (kGy/hr)	ปริมาณรังสี (kGy)	ปริมาณเจล (%)	การบวม (%)
3. MMA : 2EHA : n-BA	4.27	8.54	75.2	205
(volume : volume		12.81	76.5	185
: volume)		21.35	81.4	149
10 : 0.1 : 0.1		25.82	85.7	146
4. MMA : 2EHA	4.27	8.54	76.3	190
(volume : volume)		12.81	82.7	178
10 : 0.1		17.08	85.5	177
		21.35	88.7	176
5. MMA : n-BA	4.27	8.54	75.1	202
10 : 0.1		12.81	78.2	189
		17.08	87.9	175
		21.35	87.6	176
		25.62	87	174
6. MMA : PVC : CCl_4	4.27	8.54	76.8	187
(volume : weight		12.81	77.1	179
: volume)		17.08	77.1	178
9.5 : 0.5 : 0.1		21.35	81.4	167
		25.62	87.3	148

ตารางที่ 1-ข (ต่อ)

สารตัวอย่าง	อัตราการรับรังสี (kGy/hr)	ปริมาณรังสี (kGy)	ปริมาณเจล (%)	การบวม (%)
9 : 1 : 0.1	4.27	8.54	75.9	198
		12.81	78.1	191
		17.08	78.5	190
		21.35	87.7	169
		25.62	87.6	149
7. MMA	4.27	12.81	76.3	203
		17.08	77.8	194
		21.35	77.1	195
		25.62	76.5	182
8. Acrylic acid	4.5	4.5	72.5	255
		9	99.1	237
		13.5	99.2	232
		18	99.6	230
		22.5	99.6	230
		27	100.1	207
Acrylic acid : CCl_4	3.6	3.6	89.1	264
(volume : volume)		7.2	96.2	246
10 : 0.05		10.8	98.2	235
		14.4	97.2	235
		18	98.4	232
		21.6	98.3	248

ตารางที่ 1-ข (ต่อ)

สารตัวอย่าง	อัตราการรับรังสี (kGy/hr)	ปริมาณรังสี (kGy)	ปริมาณเจล (%)	การบวม (%)
Acrylic acid: CCl_4	3.2	3.2	63.1	254
(volume : volume)	3.6	7.8	70.7	250
(10 : 0.1)		11.7	87.9	245
		15.6	91.1	240
		19.5	92.5	238
		23.4	98.9	225
10 : 0.15	3.6	3.6	81.4	270
		7.2	95.1	252
		10.8	95.5	240
		14.4	96.5	236
		18	97.2	215
		21.6	97.6	210
10 : 0.5	3.6	3.6	83.1	295
		7.2	87.8	262
		10.8	93.1	251
		14.4	93.2	250
		18	94.4	238
		21.6	94.1	246
9. Acrylic acid : n-BA	3.02	3.02	87	288
(volume : volume)		6.04	101.1	259
10 : 0.1		9.06	101.1	258

ตารางที่ 1-ข (ต่อ)

สารตัวอย่าง	อัตราการรับรังสี (kGy/hr)	ปริมาณรังสี (kGy)	ปริมาณเจล (%)	การบวม (%)
		12.08	102.3	250
		15.1	102.2	249
		18.12	102.1	245
10 : 0.5	3.02	3.02	89.1	278
		6.04	100	266
		9.06	104.1	255
		12.08	104.1	254
		15.1	104.7	239
		18.12	104.3	252
10. Acrylic acid : PVC	3.2	3.2	83.6	275
(volume : weight)		6.4	95.6	255
9 : 1		9.6	99.1	250
		12.8	99.1	249
		16	99.6	225
		19.2	99.7	224
9.5 : 0.5	3.2	3.2	84.1	252
		6.4	98.2	237
		9.6	98.5	236
		12.8	101.1	235
		16	101.1	235
		19.2	101.8	225

ตารางที่ 2-ข ความสัมพันธ์ระหว่างสารตัวอย่าง ปริมาณรังสีแกมมาที่ได้รับ ความต้านแรงดึง การยืดตัว ความแข็ง อัตราส่วนการบวม ความหนาแน่นของการเกิดครอสลิงก์ (ทดลองชุดละ 3 ตัวอย่าง)

สารตัวอย่าง	อัตราการรับรังสี (kGy/hr)	ปริมาณรังสี (kGy)	ความต้านแรงดึง (kgf/mm^2)	การยืดตัว (%)	ความแข็ง (HRH)	อัตราส่วนการบวม	*ความหนาแน่นของการเกิดครอสลิงก์ (arbitrary unit)
MMA : PVC	4.27	8.54	4.68 ± 0.18	3.25 ± 0.14	35.78 ± 1.15	1.50 ± 0.01	$2.38 \times 10^{20} \pm 0.03$
(volume : weight)		12.81	5.11 ± 0.20	3.19 ± 0.19	44.1 ± 1.22	1.36 ± 0.03	$2.80 \times 10^{20} \pm 0.09$
9 : 1		17.08	5.42 ± 0.19	3.01 ± 0.11	45.38 ± 1.70	1.22 ± 0.03	$3.35 \times 10^{20} \pm 0.14$
		21.35	5.78 ± 0.17	2.95 ± 0.12	47.86 ± 0.93	0.88 ± 0.01	$5.80 \times 10^{20} \pm 0.98$
		25.62	6.03 ± 0.21	2.88 ± 0.15	48.95 ± 1.84	0.642 ± 0.01	$9.81 \times 10^{20} \pm 0.08$
		29.89	5.53 ± 0.19	2.72 ± 0.21	47.21 ± 1.25	0.77 ± 0.02	$7.26 \times 10^{20} \pm 0.27$

* ใช้ค่า $K = 4.7 \times 10^{20}$ (ของยางธรรมชาติ-เบนซีน)

ตารางที่ 2-ข (ต่อ)

สารตัวอย่าง	อัตราการรับรังสี (kGy/hr)	ปริมาณรังสี (kGy)	ความต้านแรงดึง (kgf/mm^2)	การยืดตัว (%)	ความแข็ง (HRM)	อัตราส่วนการบวม	ความหนาแน่นของการเกิดครอสลิงก์ (arbitrary unit)
MMA : PVC	4.27	8.54	4.56 ± 0.74	3.32 ± 0.12	38.83 ± 0.99	1.61 ± 00.1	$2.13 \times 10^{20} \pm 0.02$
(volume : weight)		12.81	4.88 ± 0.92	3.16 ± 0.25	40.34 ± 1.51	1.47 ± 0.01	$2.43 \times 10^{20} \pm 0.07$
9.5 : 0.5		17.08	5.37 ± 0.19	2.95 ± 0.43	49.56 ± 1.31	1.40 ± 0.01	$2.66 \times 10^{20} \pm 0.03$
		21.35	5.64 ± 0.28	2.73 ± 0.15	50.72 ± 1.81	0.91 ± 0.02	$5.40 \times 10^{20} \pm 0.22$
		25.62	5.66 ± 0.13	2.68 ± 0.29	50.92 ± 1.35	2.77 ± 0.01	$7.33 \times 10^{20} \pm 0.06$
		29.89	5.51 ± 0.24	2.54 ± 0.77	49.23 ± 0.85	0.82 ± 0.02	$6.01 \times 10^{20} \pm 0.06$

ตารางที่ 2-ข (ต่อ)

สารตัวอย่าง	อัตราการรับรังสี (kGy/hr)	ปริมาณรังสี (kGy)	ความต้านแรงดึง (kgf/mm^2)	ความแข็ง (HRH)	อัตราส่วนการบวม	ความหนาแน่นของการเกิดครอสลิงก์ (arbitrary unit)
Acrylic acid : n-BA	4.12	4.12	1.09 ± 0.51	16.12 ± 1.25	0.89 ± 0.01	5.86×10^{20} ± 0.19
(volume : volume)		8.24	1.71 ± 0.48	25.74 ± 0.15	0.47 ± 0.01	1.57×10^{21} ± 0.02
10 : 0.1		12.36	1.54 ± 0.53	22.07 ± 1.00	0.48 ± 0.02	1.55×10^{21} ± 0.02
		16.48	1.37 ± 0.71	22.01 ± 0.78	0.49 ± 0.01	1.53×10^{21} + 0.01
		20.06	1.21 ± 0.92	22.01 ± 0.19	2.49 ± 0.01	1.53×10^{21} ± 0.02
		24.72	1.02 ± 0.67	22.00 ± 0.93	0.49 ± 0.01	1.53×10^{21} ± 0.03

ประวัติผู้เขียน

นางมาลี กลิ่นกุหลาบ ได้รับปริญญาการศึกษาบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร และได้รับประกาศนียบัตรบัณฑิต สาขานิวเคลียร์เทคโนโลยี จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2525 และได้เข้าศึกษาต่อที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2530 ปัจจุบันรับราชการที่ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทย์ศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล