

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การหาปริมาณเจล(gel content)

ปริมาณเจลหาได้จาก

ร้อยละของปริมาณเจล = น้ำหนักฟิล์มสุดท้ายx100/น้ำหนักฟิล์มเริ่มต้น
ได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ปริมาณความเป็นเจลของฟิล์มที่ฉายรังสีในปริมาณและสภาวะต่าง ๆ กัน

ปริมาณรังสี (kGy)	สภาวะในการฉายรังสี	น้ำหนักเริ่มต้น(g)	น้ำหนักสุดท้าย(g)	gel content (%)	% gel content (เฉลี่ย)
100	ก๊าซเฉื่อย	0.49159	0.30398	61.836	62.103
		0.50056	0.30715	61.361	
		0.49925	0.31266	62.626	
		0.49951	0.31274	62.609	
		0.50813	0.31545	62.081	
	สุญญากาศ	0.50207	0.32776	65.282	66.027
		0.50286	0.32967	65.559	
		0.49419	0.33412	67.610	
		0.50261	0.32393	64.450	
		0.49856	0.33521	67.236	
200	ก๊าซเฉื่อย	0.50760	0.38708	76.257	75.164
		0.49991	0.37557	75.128	
		0.50143	0.37344	74.475	
		0.50260	0.37186	73.987	
		0.49999	0.37986	75.974	

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

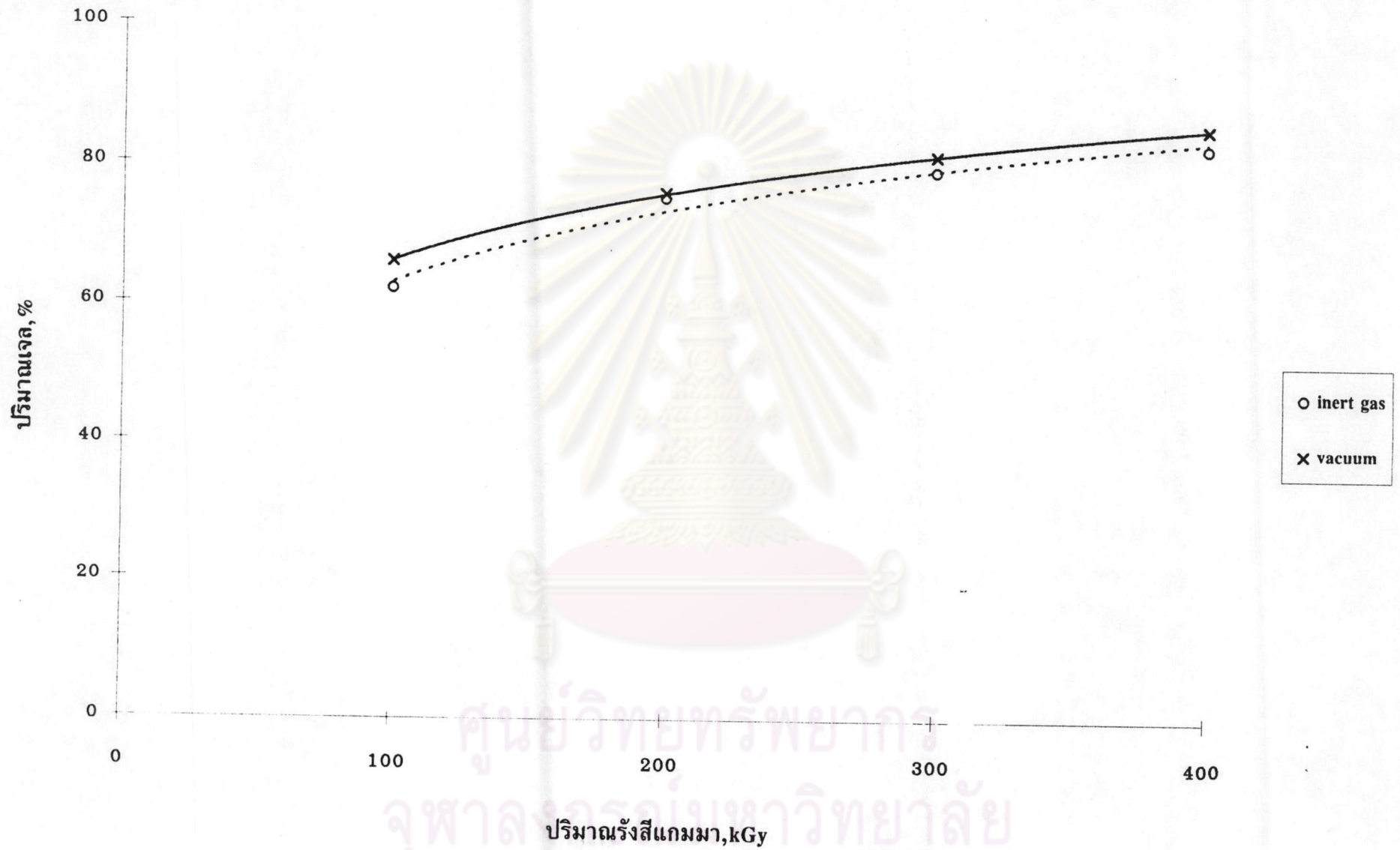
ปริมาณรังสี (kGy)	สถานะใน การฉายรังสี	น้ำหนัก เริ่มต้น(g)	น้ำหนัก สุดท้าย(g)	gel content (%)	% gel content (เฉลี่ย)
200	สุญญากาศ	0.49286	0.36726	74.516	75.929
		0.50102	0.37928	75.702	
		0.49938	0.37410	74.913	
		0.50787	0.39057	76.904	
		0.50319	0.39052	77.609	
300	ก๊าซเฉื่อย	0.50191	0.40010	79.715	79.225
		0.50018	0.40232	80.435	
		0.50134	0.39652	79.092	
		0.49780	0.38298	76.935	
		0.50078	0.40036	79.947	
	สุญญากาศ	0.50084	0.41608	83.076	81.436
		0.50128	0.39282	78.363	
		0.49946	0.41043	82.175	
		0.50259	0.41420	82.413	
		0.50014	0.40589	81.155	
400	ก๊าซเฉื่อย	0.49820	0.39997	80.283	82.673
		0.50254	0.41828	83.233	
		0.49968	0.41736	83.525	
		0.50060	0.42140	84.179	
		0.50020	0.41089	82.145	
	สุญญากาศ	0.50061	0.41608	83.115	85.425
		0.50021	0.42525	85.014	
		0.49954	0.43305	86.690	
		0.49997	0.42780	85.565	
		0.50097	0.43454	86.740	

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ปริมาณรังสี (kGy)	สถานะใน การฉายรังสี	น้ำหนัก เริ่มต้น(g)	น้ำหนัก สุดท้าย(g)	gel content (%)	% gel content (เฉลี่ย)
	ตัวอย่างฟิล์ม ที่ทำขึ้นเพื่อ การค้า	0.50218	0.37393	74.461	73.211
		0.50056	0.37083	74.083	
		0.50306	0.36993	73.536	
		0.50802	0.37367	73.554	
		0.49732	0.49732	70.421	

* ตัวอย่างฟิล์มทางการค้าได้มาจากท่อโพลีเอทิลีนหดตัวด้วยความร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 ปริมาณเจลของฟิล์มโพลิเอทิลีนที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่างๆ

4.2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนหดตัวได้ด้วยความร้อน
ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนหดตัวได้ด้วยความร้อน
หนา 75 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 200 kGy ในสุญญากาศ ความยาว
เริ่มต้นของฟิล์ม 3 เซนติเมตร

อุณหภูมิที่ใช้ ในการหด ($^{\circ}\text{C}$)	ความยาวฟิล์ม หลังการดึง (cm)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความยาวฟิล์ม หลังการหด (cm)
100	4.016	600	3.871
	4.792	600	4.112
	5.395	600	4.728
	6.601	600	6.006
	7.552	600	7.100
110	3.932	335	2.754
	4.946	~450	2.790
	5.570	~450	2.742
	6.735	~450	2.901
	7.611	~450	2.892
120	3.859	165	2.735
	4.864	160	2.819
	5.656	147	2.804
	6.737	155	2.832
	7.479	130	2.810
130	3.973	115	2.751
	4.856	131	2.751
	5.738	135	2.841
	6.494	128	2.788
	6.808	118	2.803

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

อุณหภูมิที่ใช้ ในการหด ($^{\circ}\text{C}$)	ความยาวฟิล์ม หลังการดึง (cm)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความยาวฟิล์ม หลังการหด (cm)
140	3.981	150	2.753
	4.850	95	2.762
	5.672	87	2.756
	6.616	95	2.816
	6.705	93	2.758
150	3.944	94	2.760
	4.843	82	2.764
	5.671	74	2.755
	6.538	90	2.867
	6.892	100	2.800
160	3.875	70	2.761
	4.865	72	2.762
	5.736	75	2.778
	6.458	67	2.738
	6.881	75	2.846

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การหาร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีน

ในที่นี้จะหาร้อยละการหด 3 แบบ ด้วยกันดังนี้

$$\%shr1 = (l_1 - l_2) \times 100 / l_1$$

$$\%shr2 = l_1 \times 100 / l_2$$

$$\%shr3 = l_2 \times 100 / l_0$$

$$E = \%shr3 / \%str$$

$$\%str = l_1 \times 100 / l_0$$

โดย $\%shr1$ = ร้อยละการหดแบบที่ 1

$\%shr2$ = ร้อยละการหดแบบที่ 2

$\%shr3$ = ร้อยละการหดแบบที่ 3

$\%str$ = ร้อยละการดึง

l_0 = ความยาวฟิล์มเริ่มต้น, เซนติเมตร = 3 เซนติเมตร

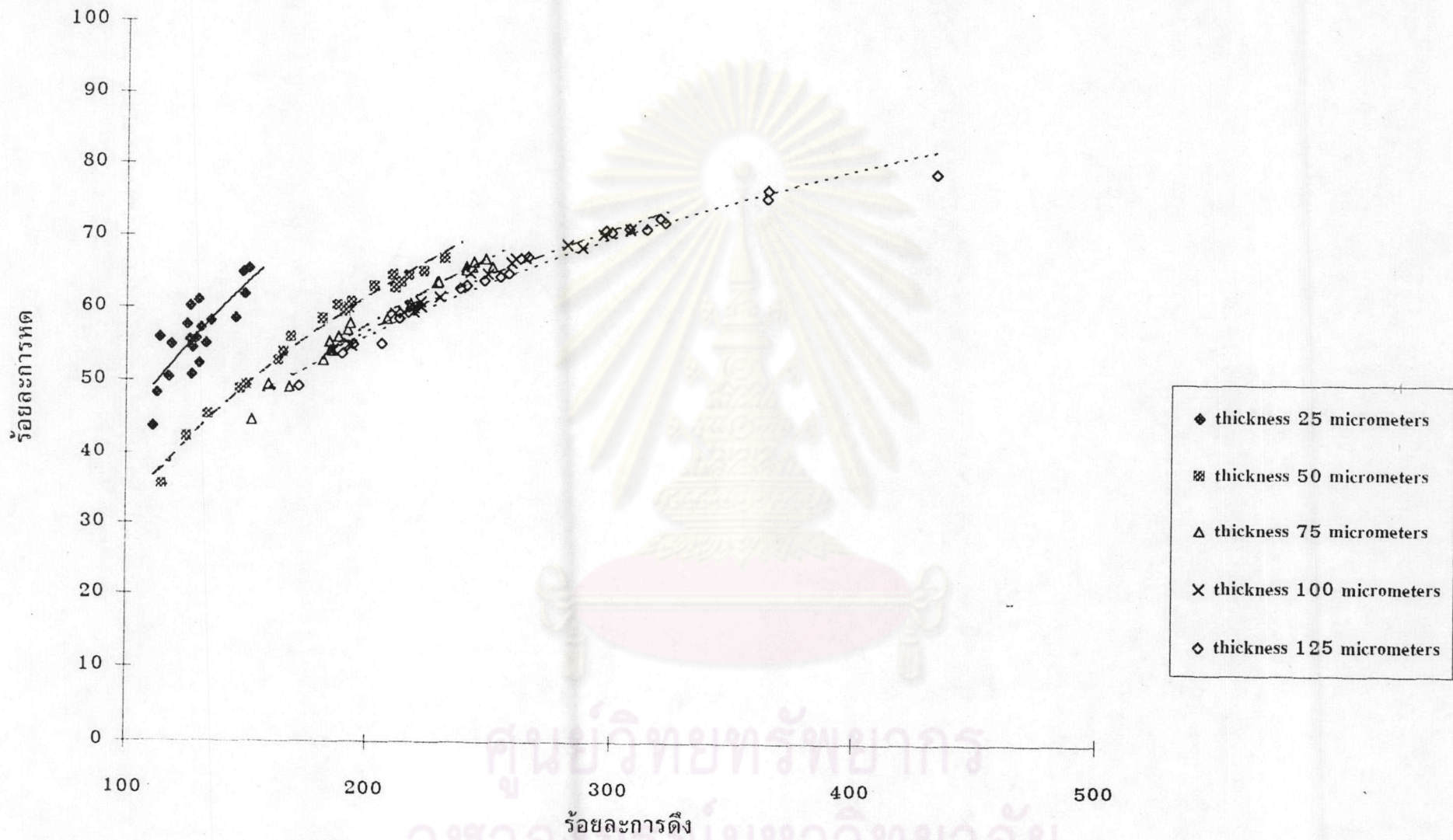
l_1 = ความยาวฟิล์มหลังการดึง, เซนติเมตร

l_2 = ความยาวฟิล์มหลังการหด, เซนติเมตร

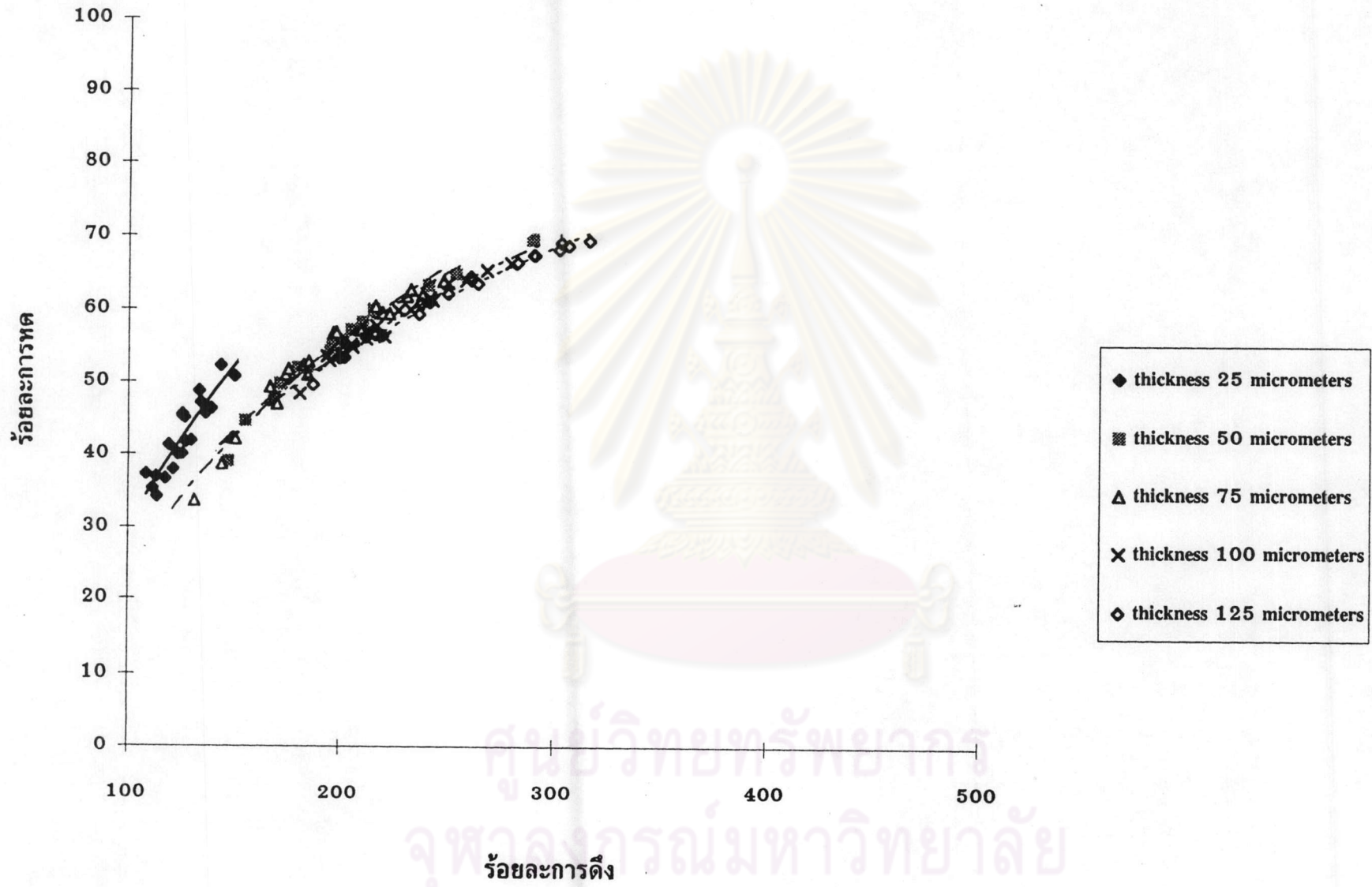
E = shrinking effect

ซึ่งผลที่ได้เป็นดังต่อไปนี้

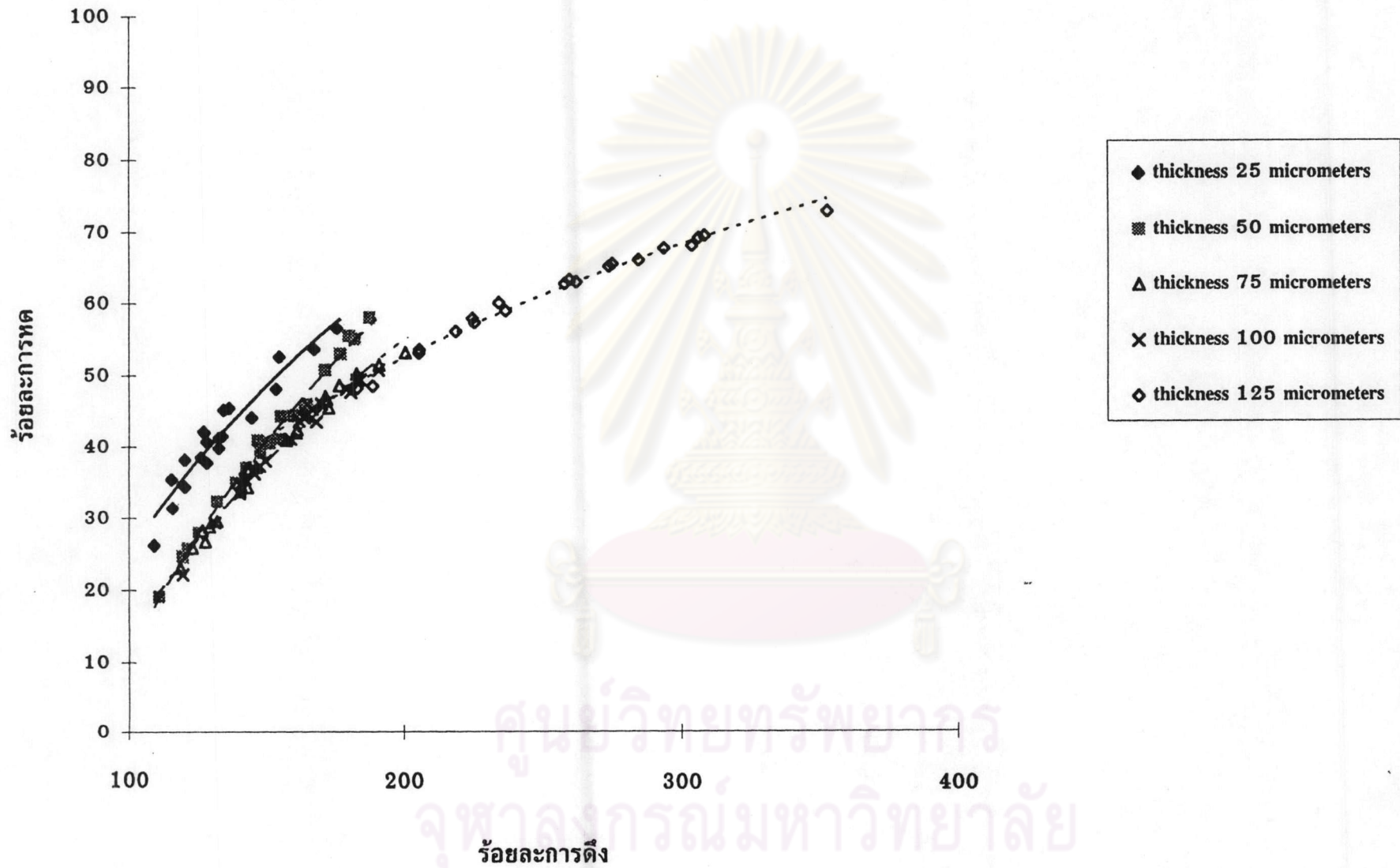
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



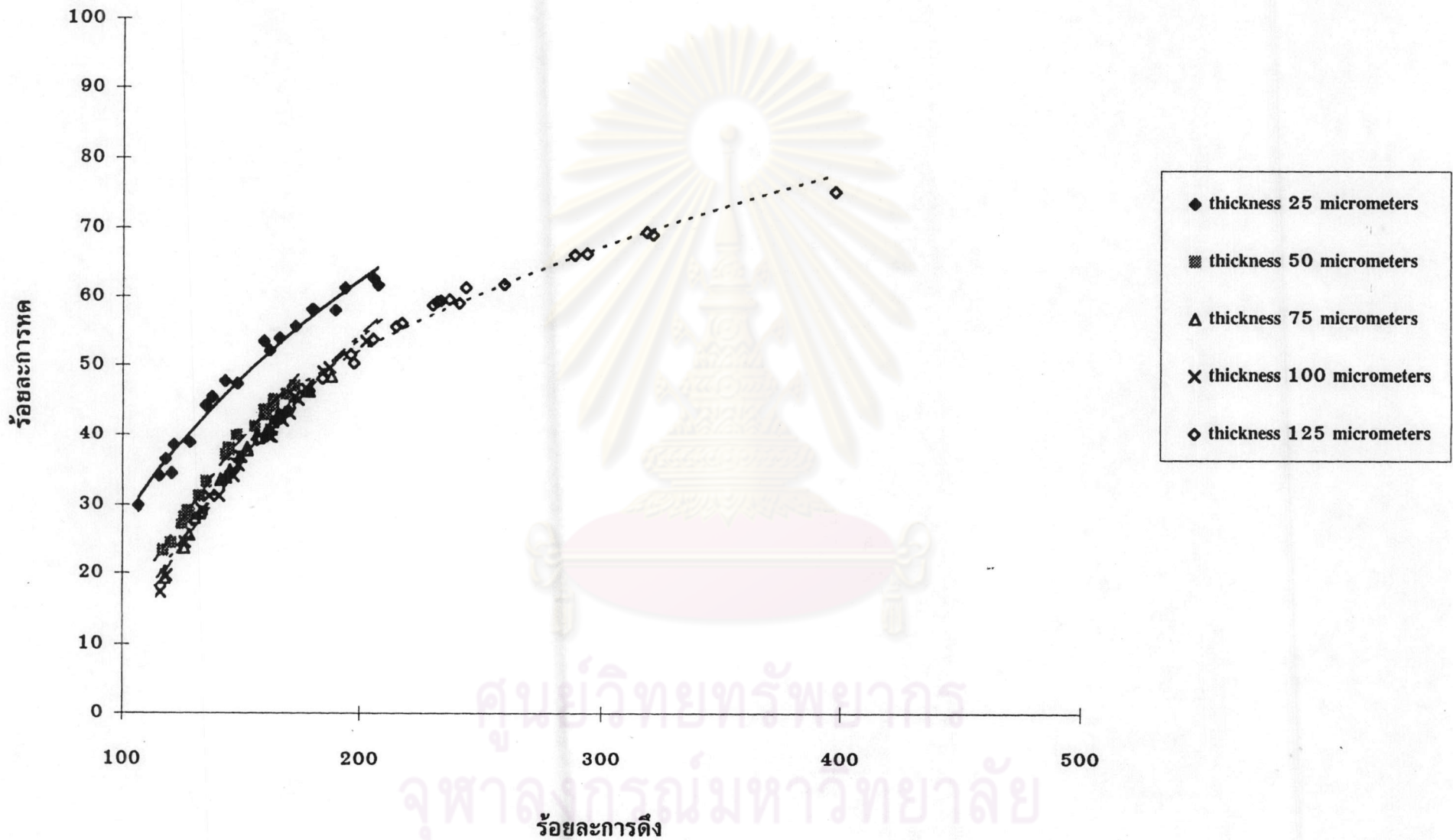
รูปที่ 4.2 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่ฉายรังสีแกมมา 100 kGy ในก๊าซเฉื่อย



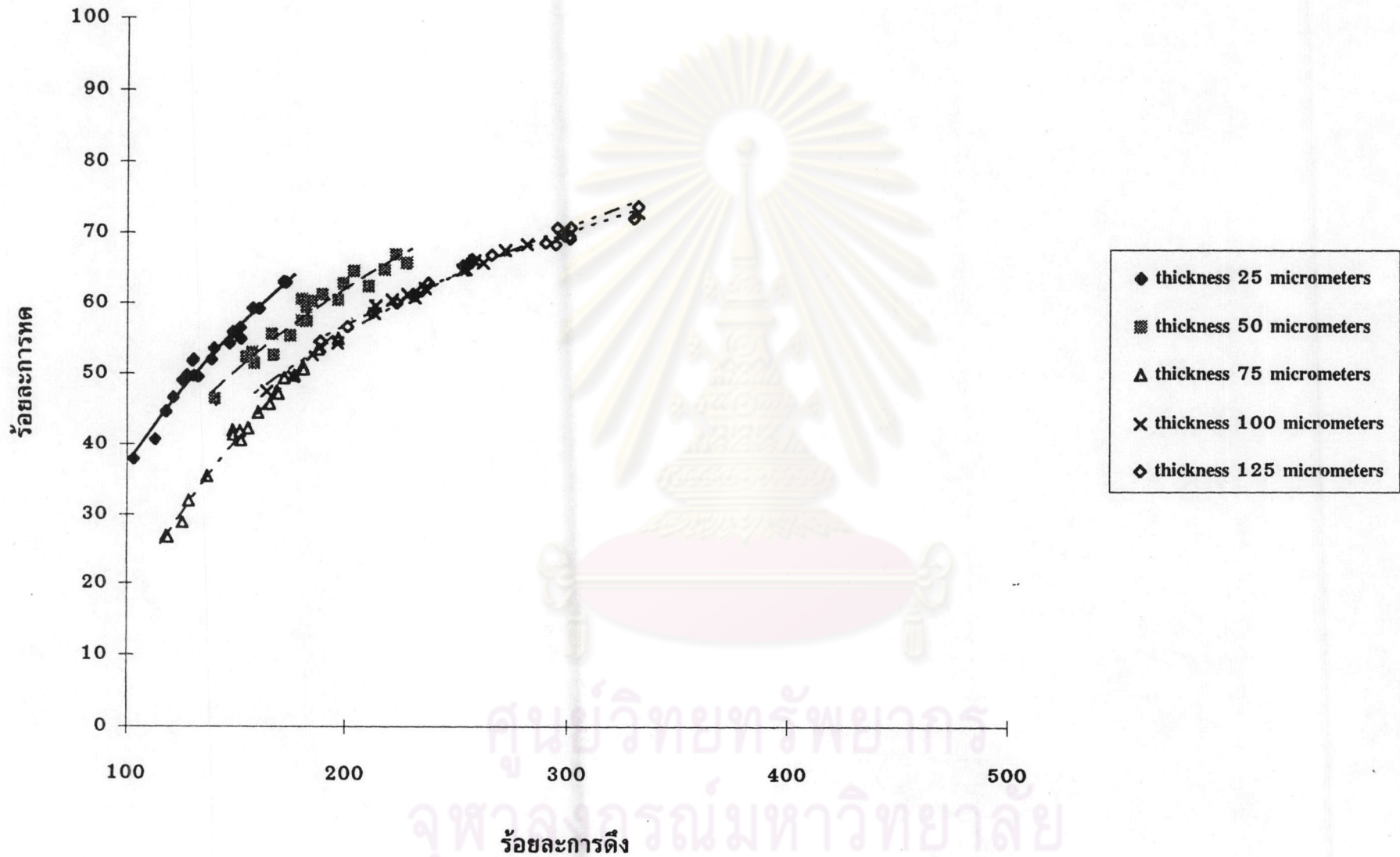
รูปที่ 4.3 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่ฉายรังสีแกมมา 200 kGy ในก๊าซเฉื่อย



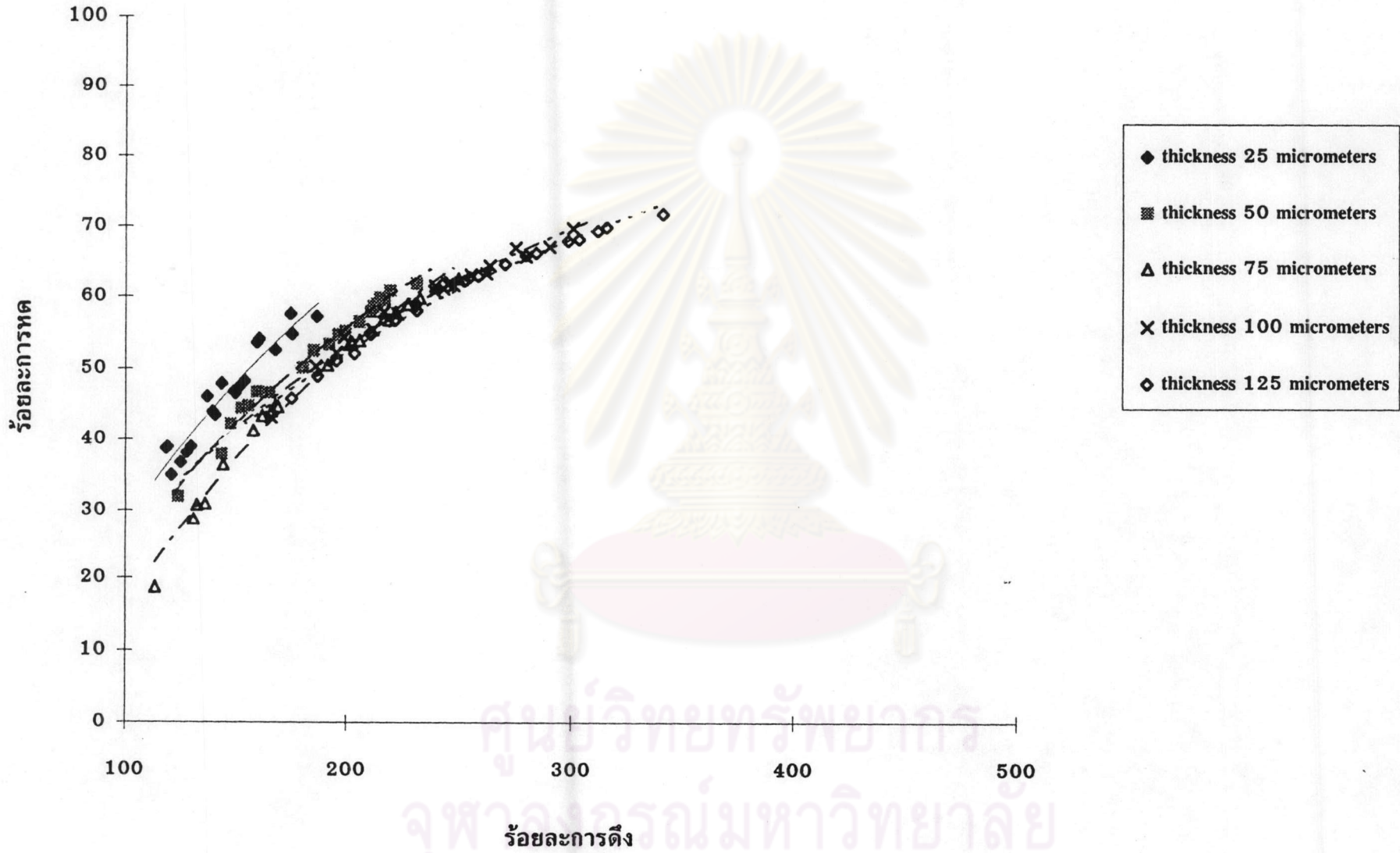
รูปที่ 4.4 การตึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่ฉายรังสีแกมมา 300 kGy ในก๊าซเฉื่อย



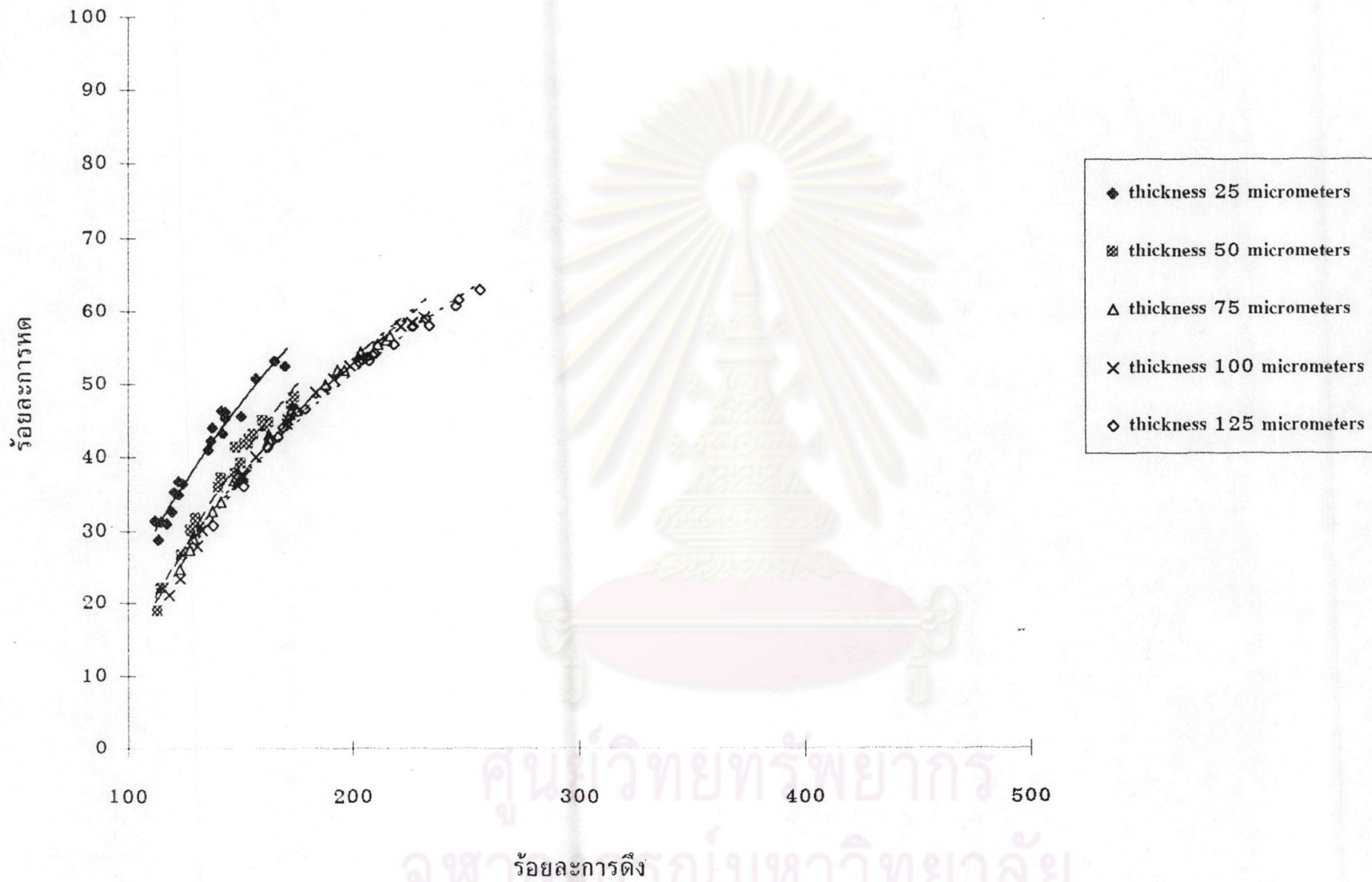
รูปที่ 4.5 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่ฉายรังสีแกมมา 400 kGy ในก๊าซเฉื่อย



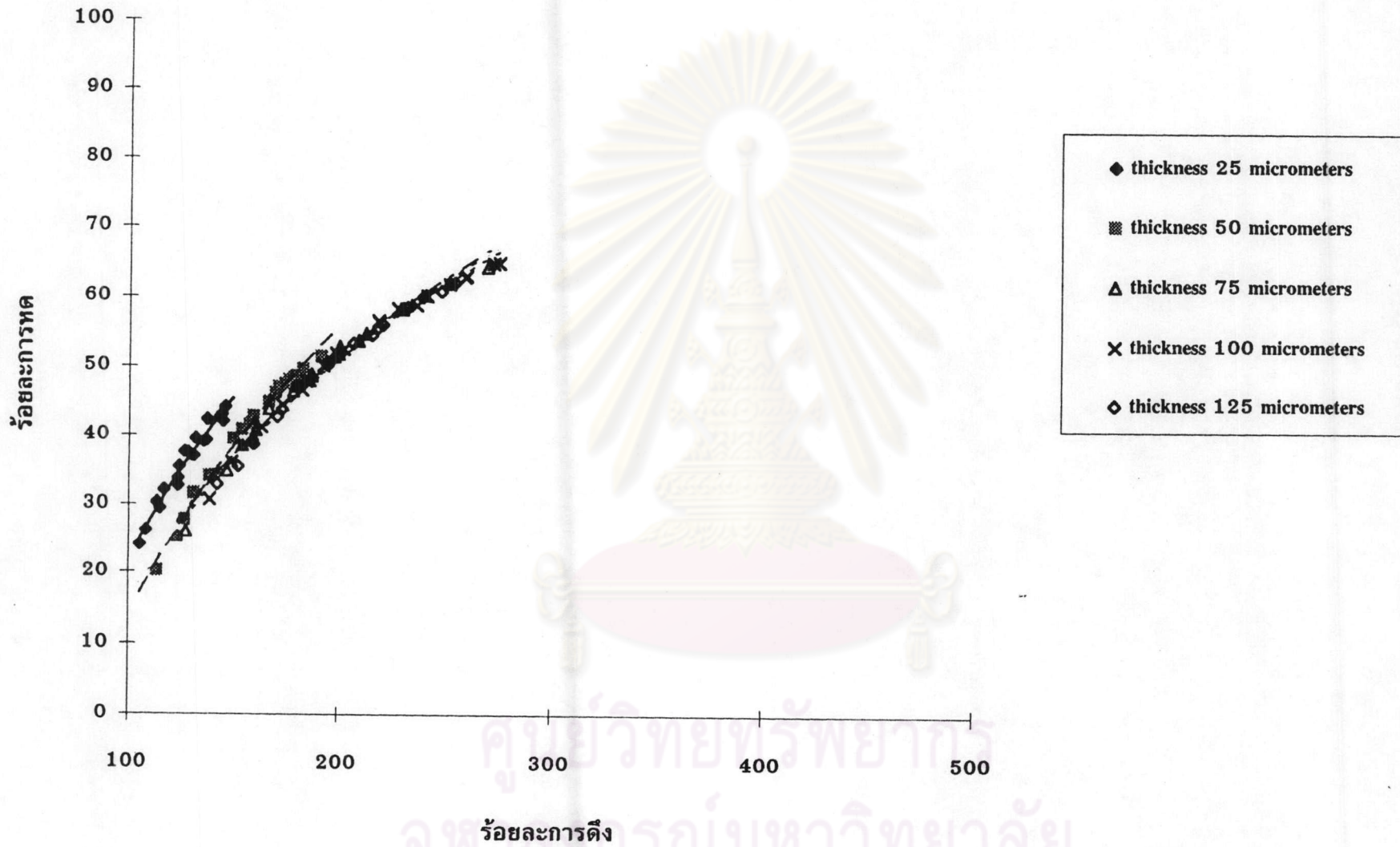
รูปที่ 4.6 การตั้งและการหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่ฉายรังสีแกมมา 100 kGy ในสุญญากาศ



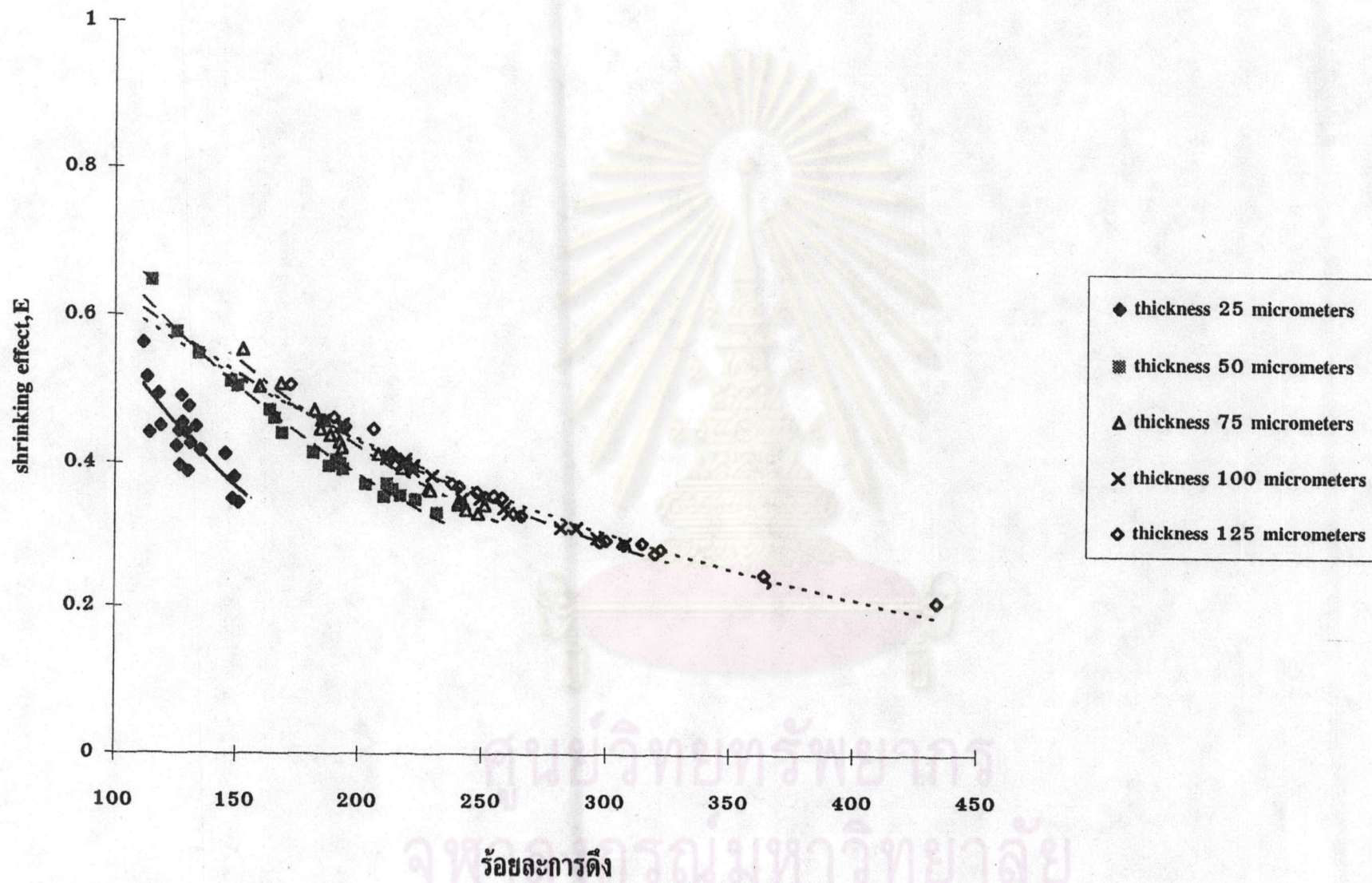
รูปที่ 4.7 การดิ่งและการหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่สั่นที่ฉายรังสีแกมมา 200 kGy ในสุญญากาศ



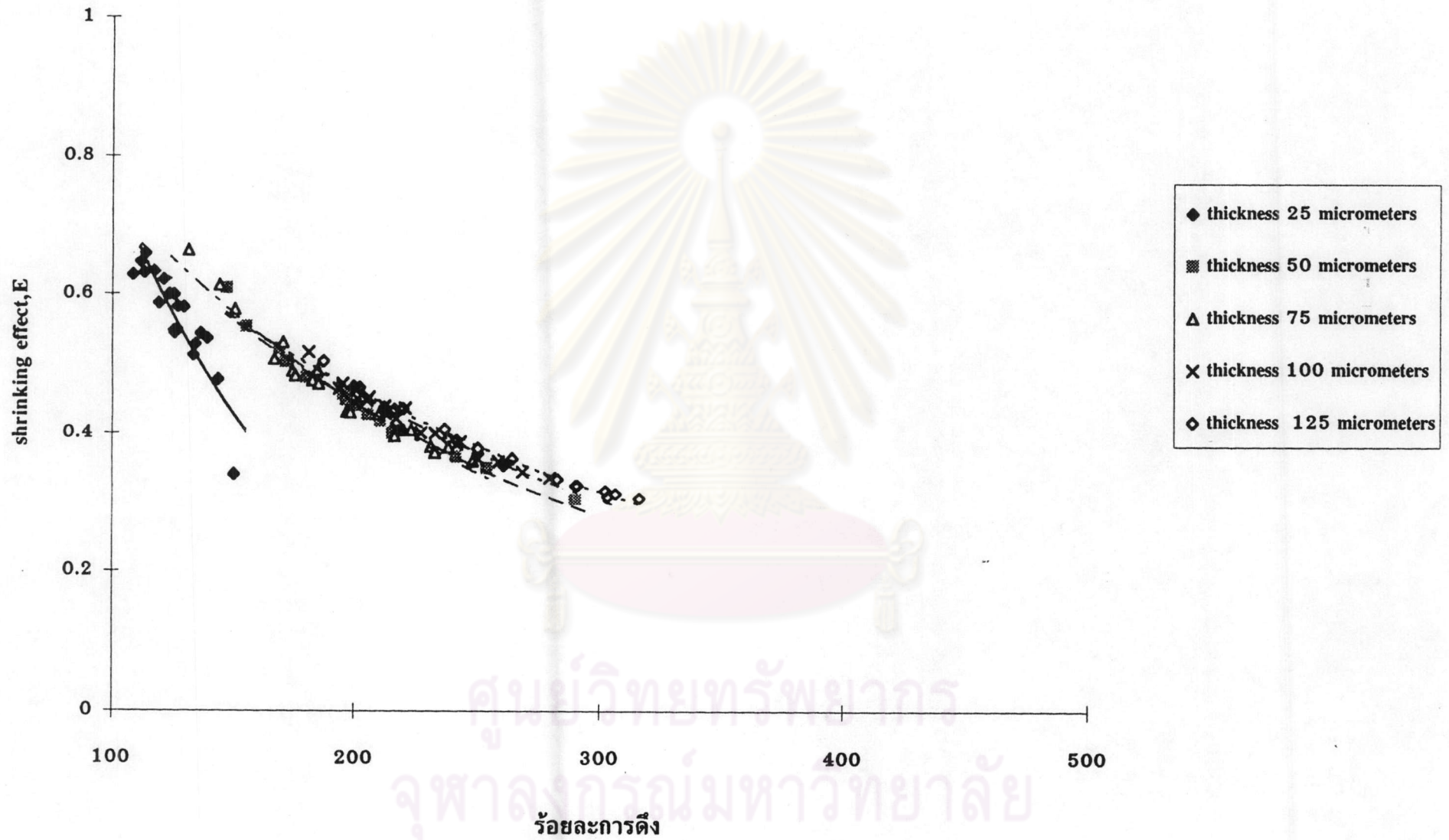
รูปที่ 4.8 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่ฉายรังสีแกมมา 300 kGy ในสุญญากาศ



รูปที่ 4.9 การตึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่ฉายรังสีแกมมา 400 kGy ในสุญญากาศ



รูปที่ 4.10 การดึงและ shrinking effect ของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่ฉายรังสีแกมมา 100 kGy ในก๊าซเฉื่อย

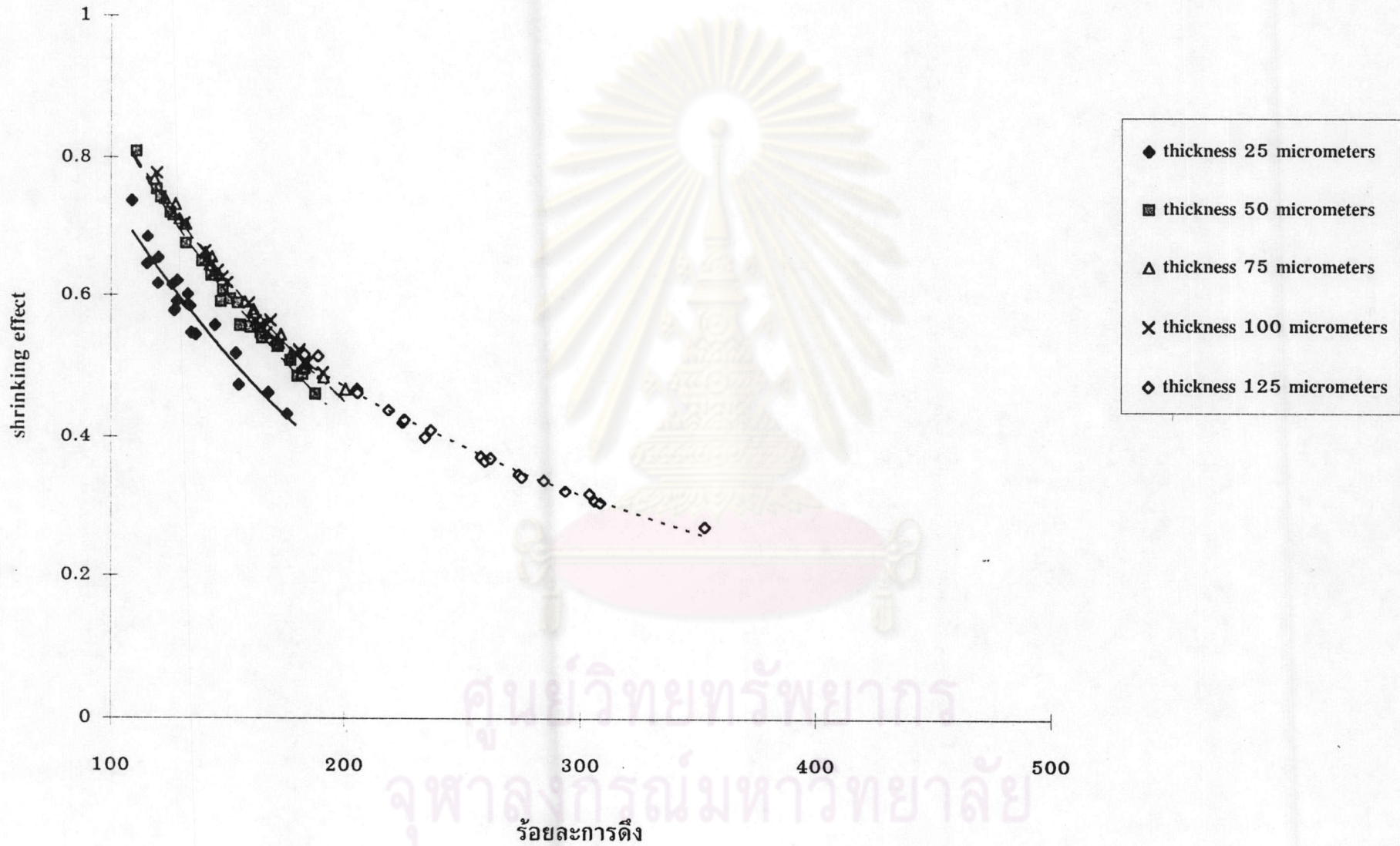


รูปที่ 4.11 การดึงและ shrinking effect ของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่ฉายรังสีแกมมา 200 kGy ในก๊าซเฉื่อย

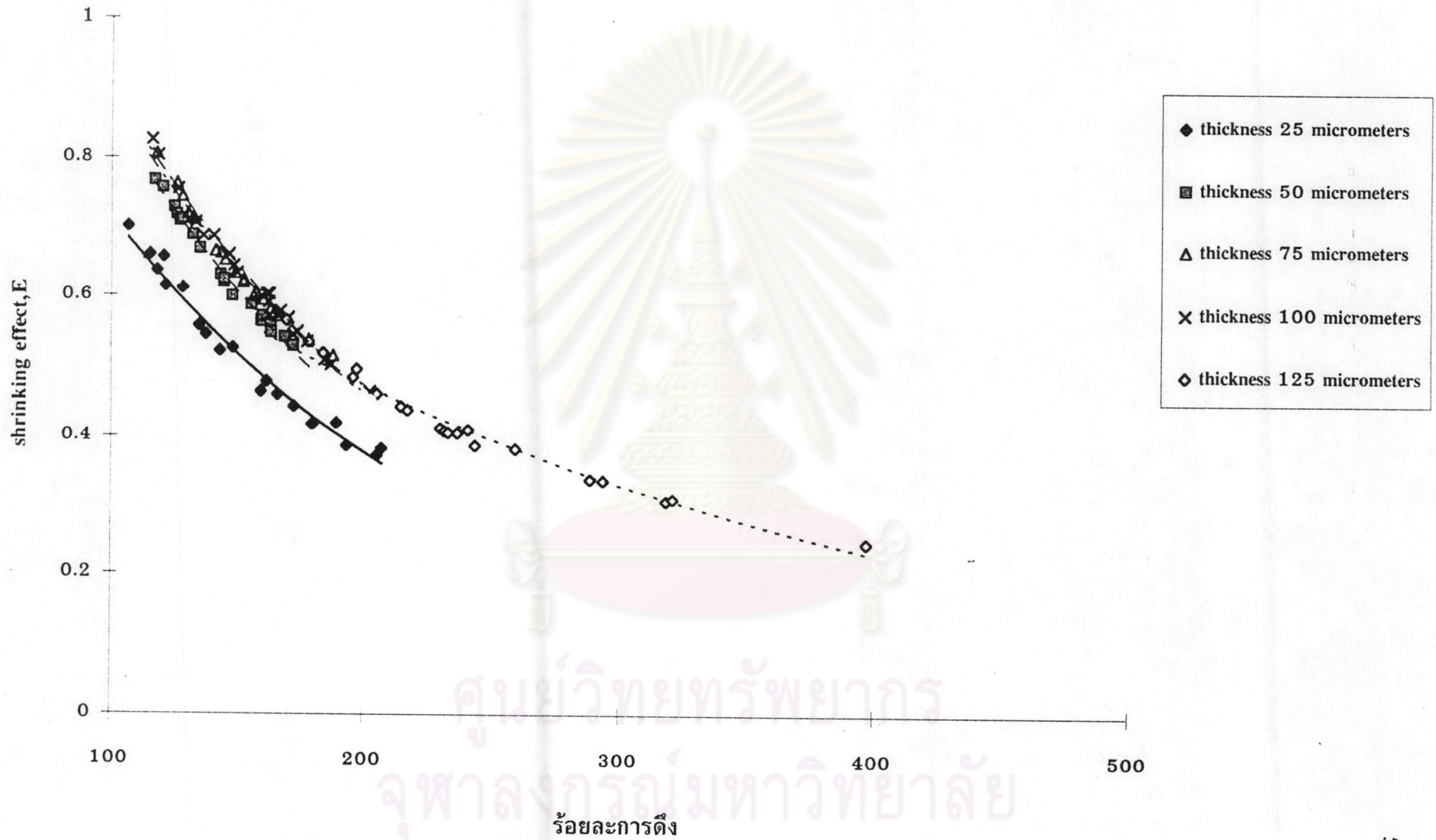
- 3.4 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการหาปริมาณเจล(gel content)
 - 3.4.1 ขวดก้นกลม(round bottom flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร
 - 3.4.2 เครื่องให้ความร้อน
 - 3.4.3 ท่อความเย็น(condenser)
 - 3.4.4 ตัวทำละลายไซลีน(xylene)
 - 3.4.5 เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ สามารถชั่งได้ละเอียดถึง 0.00001 กรัม



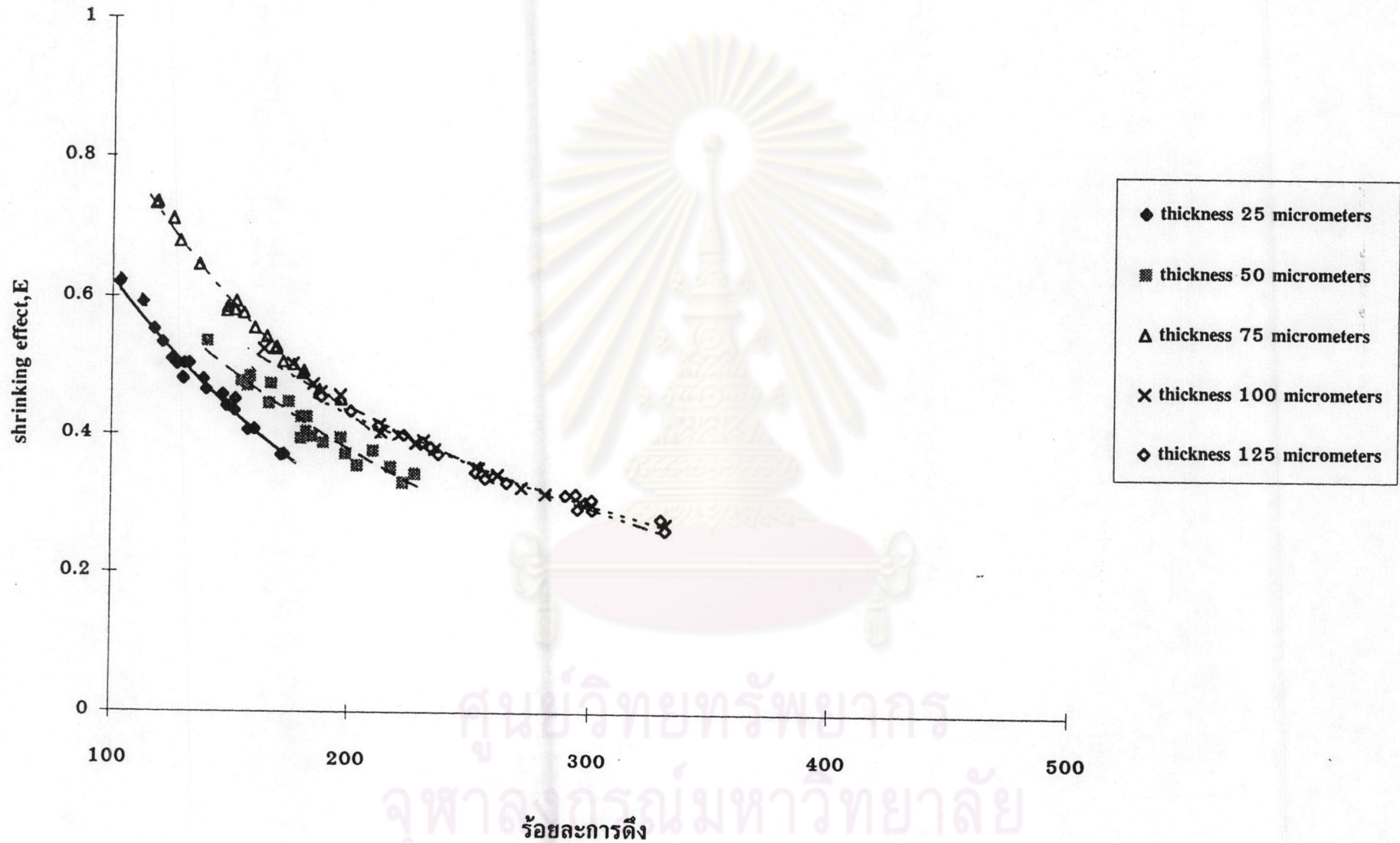
รูปที่ 3.6 ชุดอุปกรณ์สำหรับหาปริมาณเจล



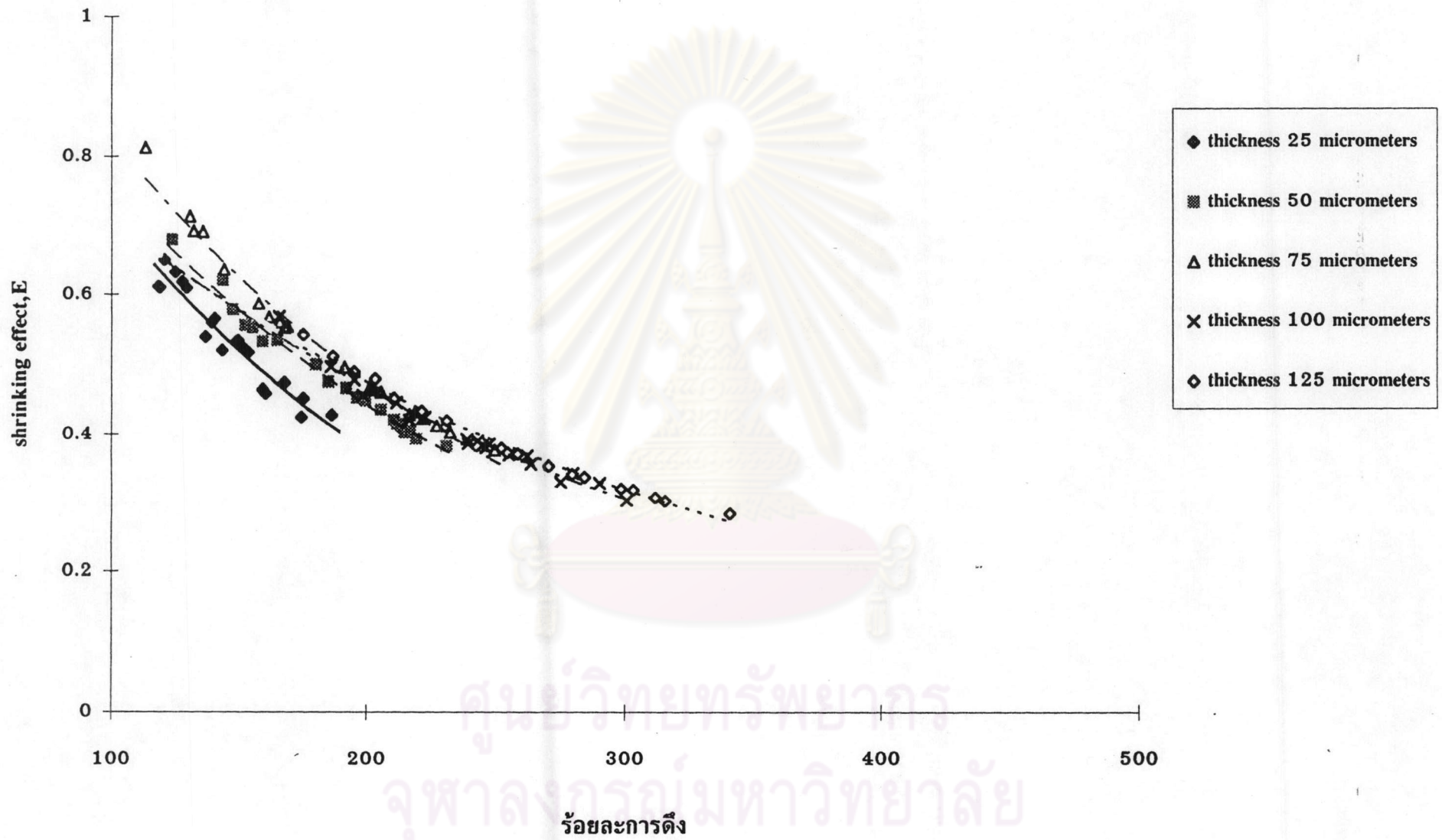
รูปที่ 4.12 การดึงและ shrinking effect ของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่ลึนที่ฉายรังสีแกมมา 300 kGy ในก๊าซเฉื่อย



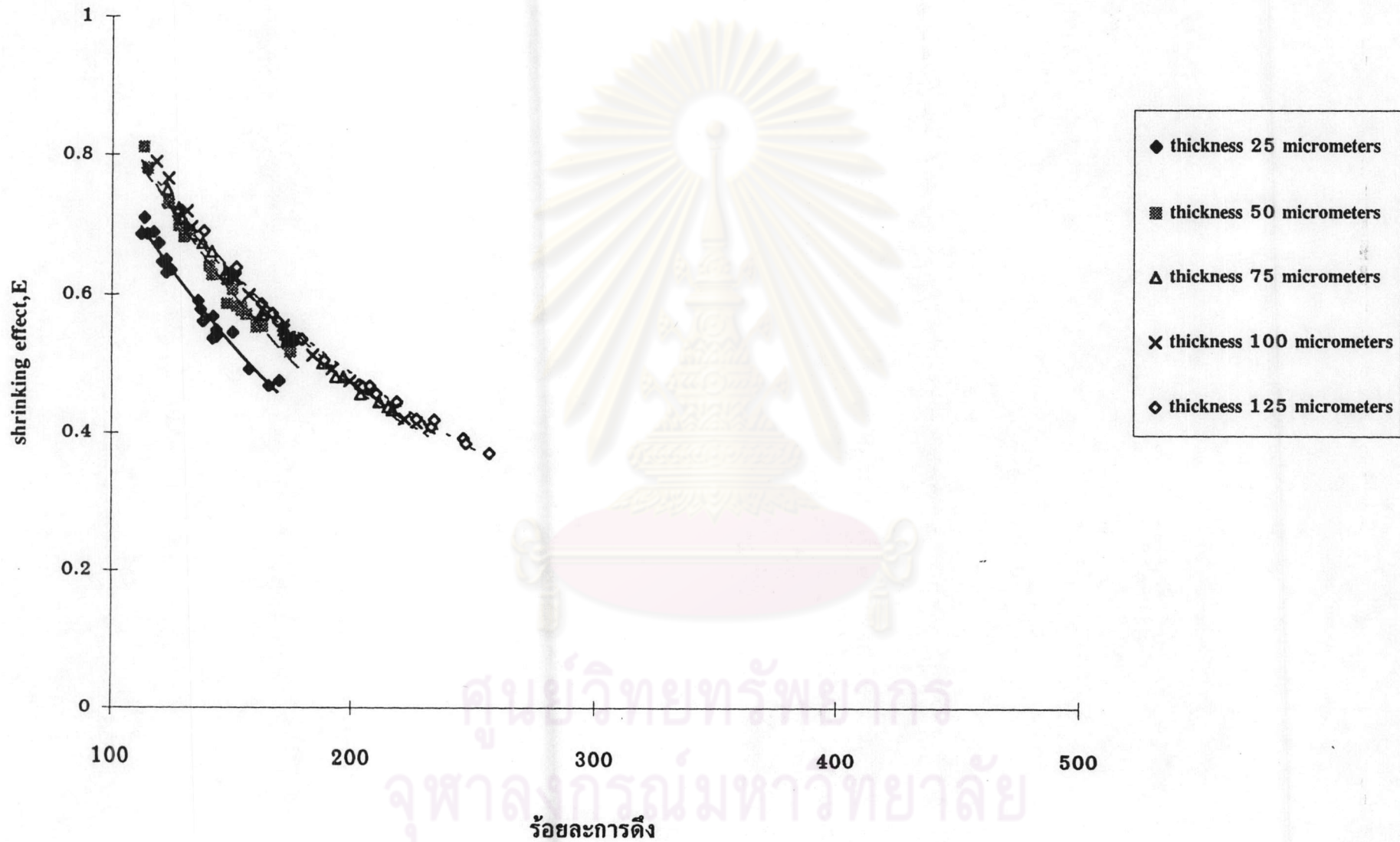
รูปที่ 4.13 การดึงและ shrinking effect ของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่ฉายรังสีแกมมา 400 kGy ในก๊าซเฉื่อย



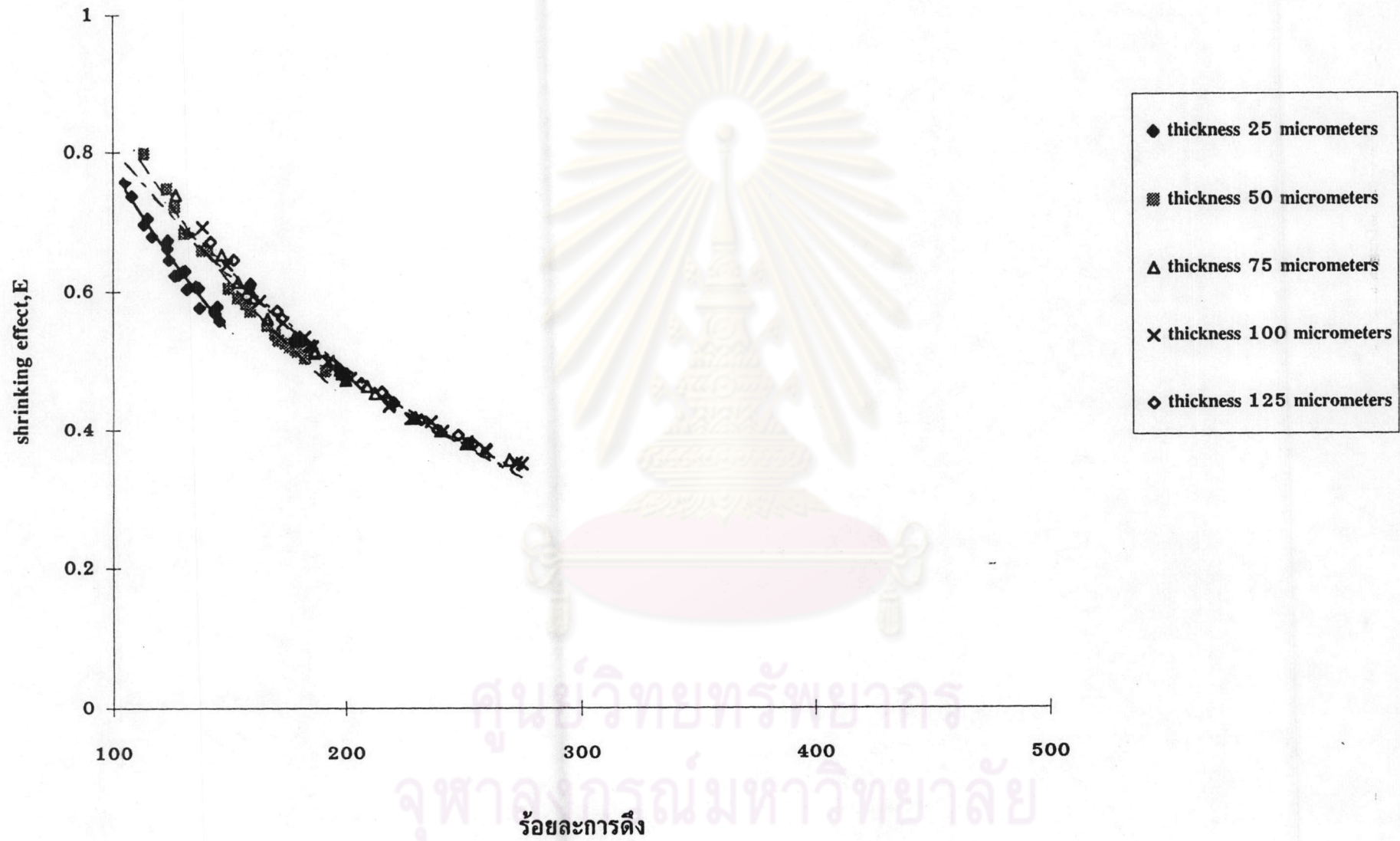
รูปที่ 4.14 การดึงและ shrinking effect ของฟิล์มโพลีเอทีดีนที่ฉายรังสีแกมมา 100 kGy ในสุญญากาศ



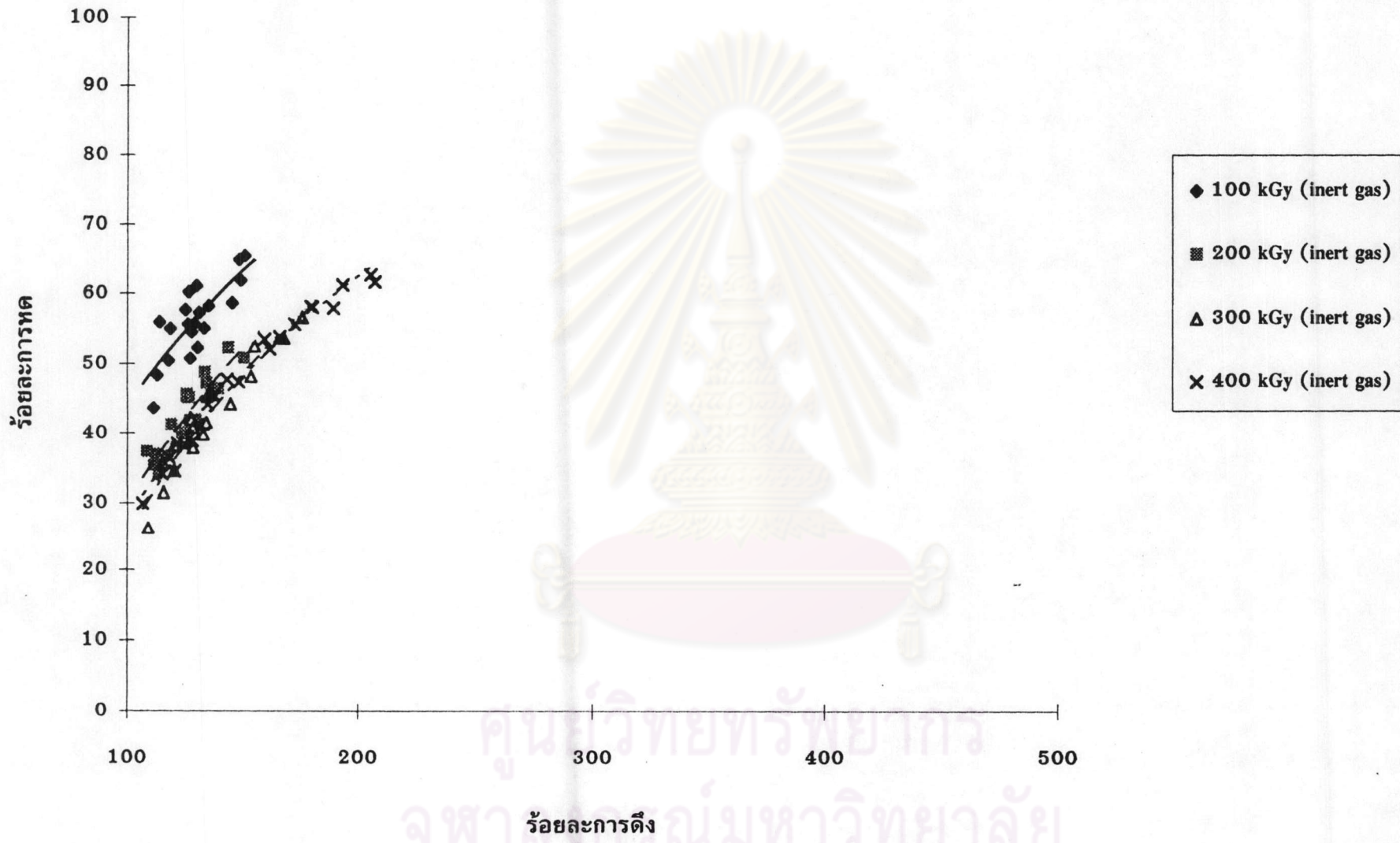
รูปที่ 4.15 การดึงและ shrinking effect ของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่ฉายรังสีแกมมา 200 kGy ในสุญญากาศ



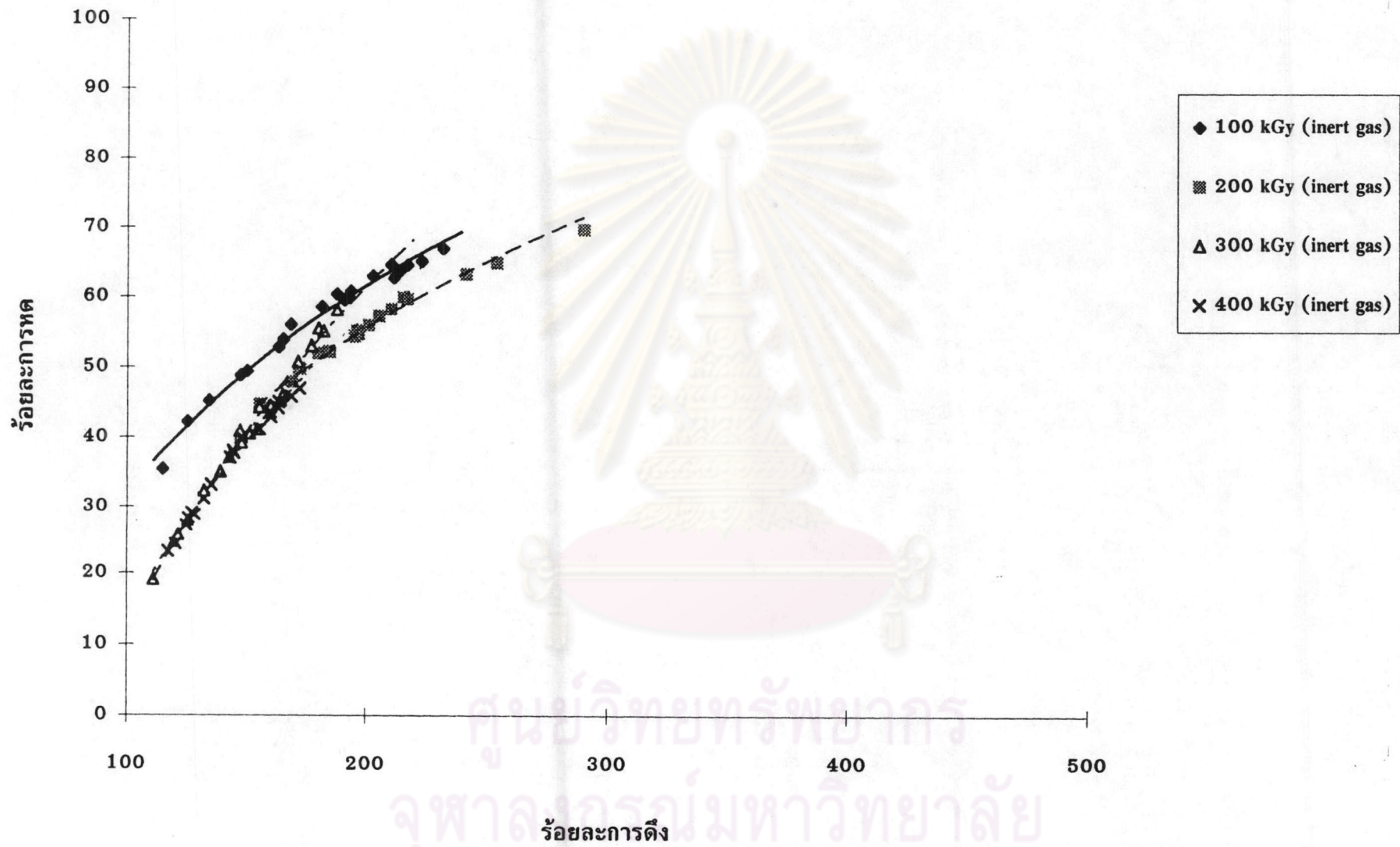
รูปที่ 4.16 การดึงและ shrinking effect ของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่สีนที่ฉายรังสีแกมมา 300 kGy ในสุญญากาศ



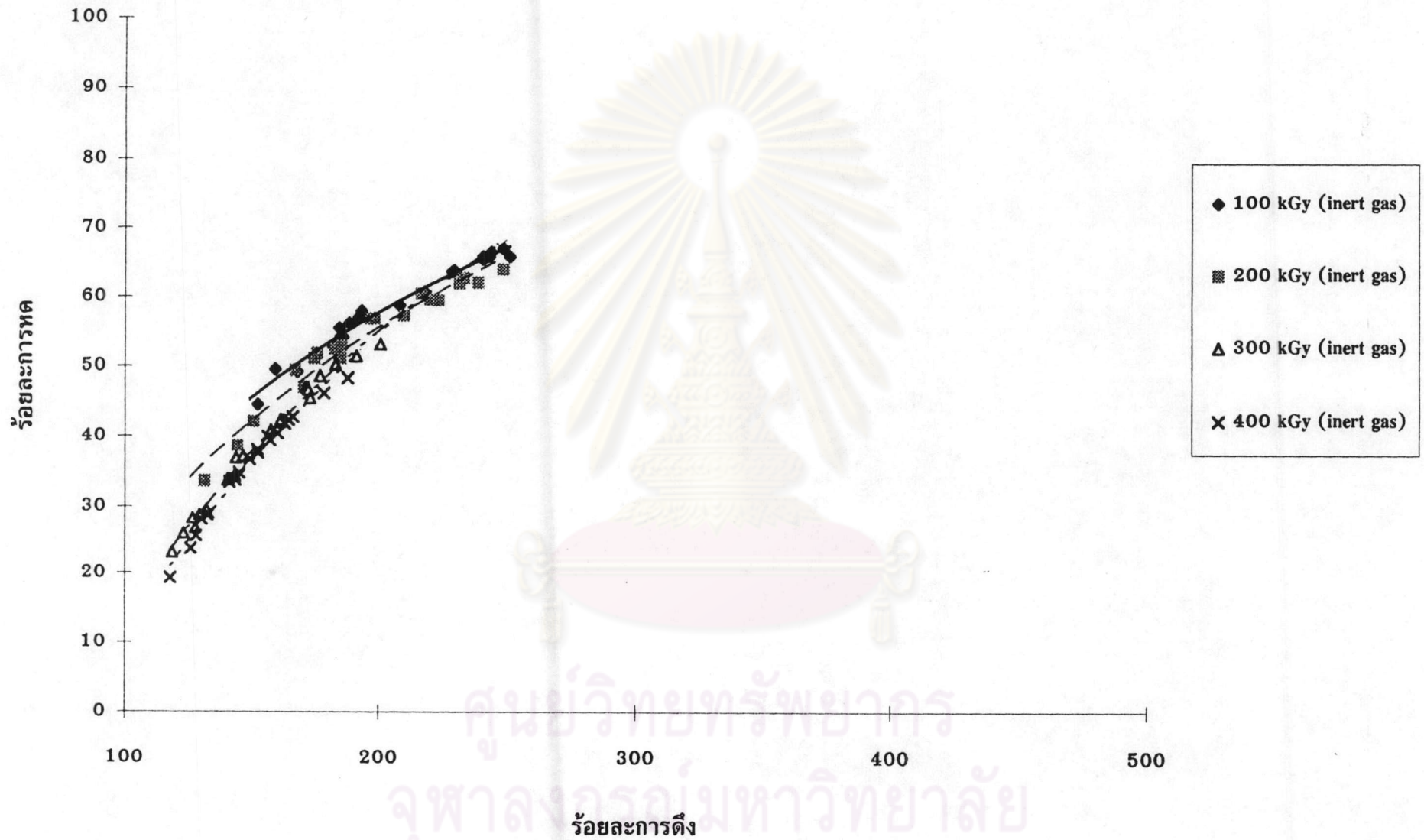
รูปที่ 4.17 การดึงและ shrinking effect ของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่ฉายรังสีแกมมา 400 kGy ในสุญญากาศ



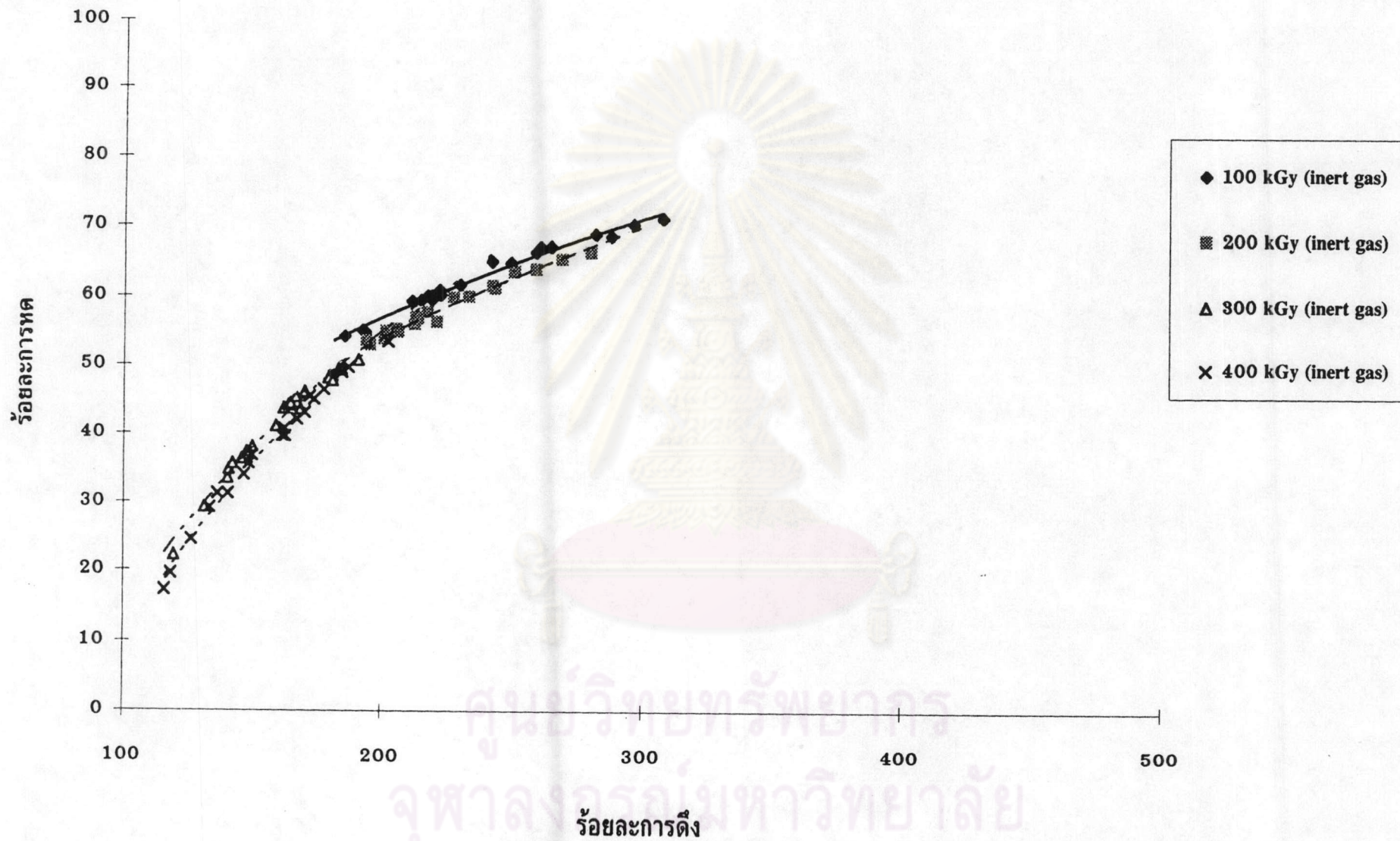
รูปที่ 4.18 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนหนา 25 ไมโครเมตร ที่ฉายรังสีแกมมา ปริมาณต่างๆ ในก๊าซเฉื่อย



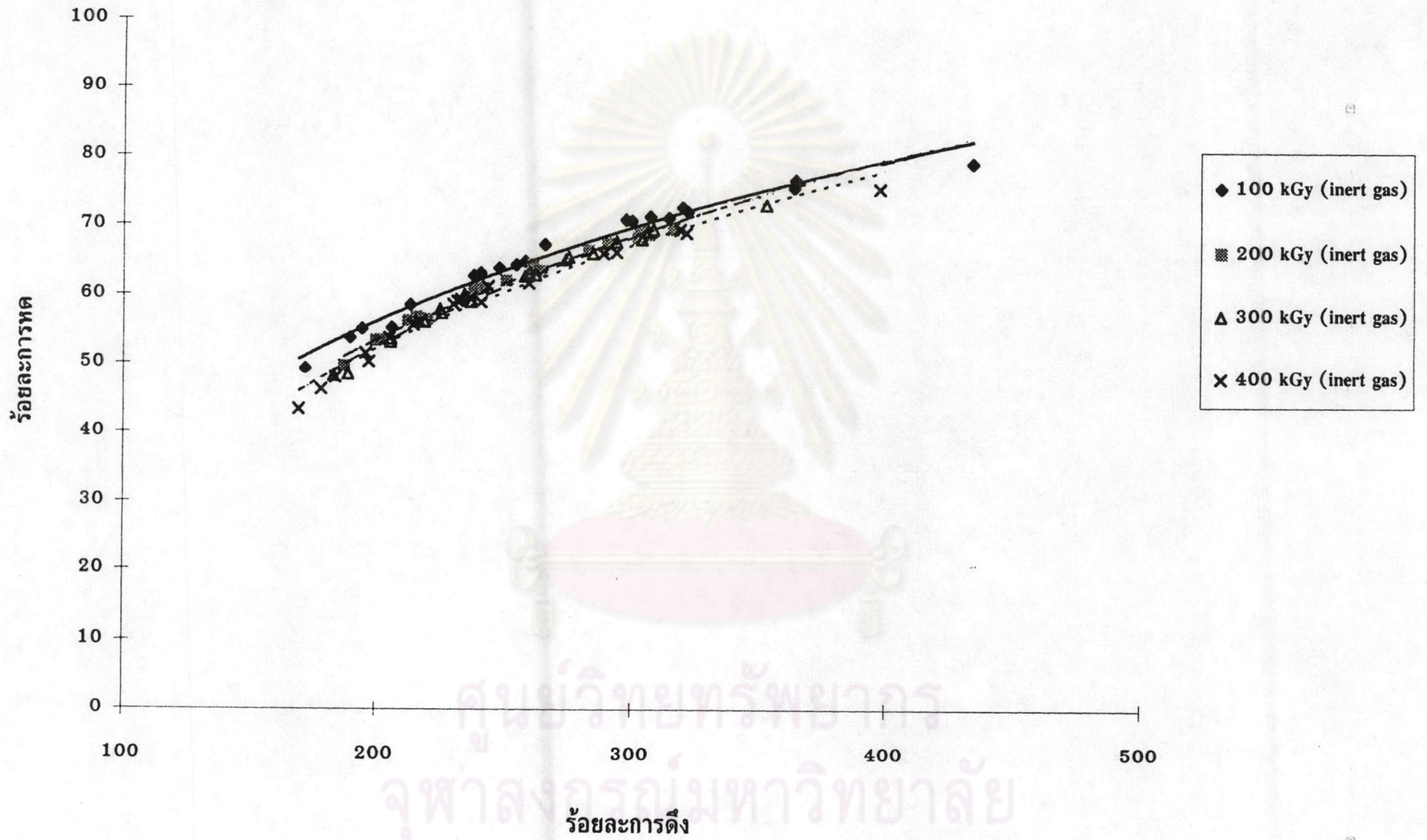
รูปที่ 4.19 การตั้งและการหดของฟิล์มโพลิเอทิลีนหนา 50 ไมโครเมตร ที่ฉายรังสีแกมมา ปริมาณต่างๆ ในก๊าซเฉื่อย



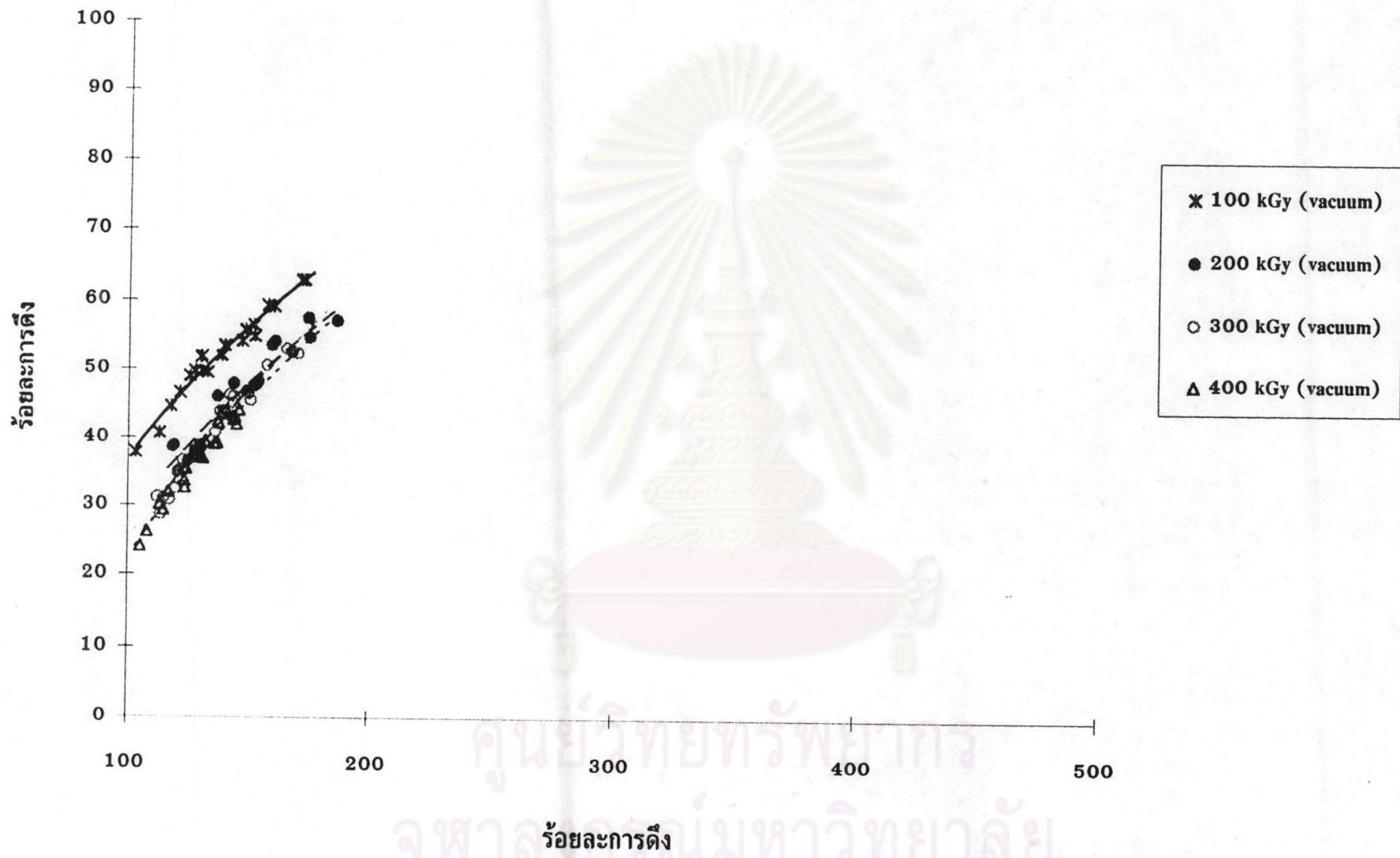
รูปที่ 4.20 การดึงและการเกิดของฟิล์มโพลีเอทีลีนหนา 75 ไมโครเมตร ที่ฉายรังสีแกมมา ปริมาณต่างๆ ในก๊าซเฉื่อย



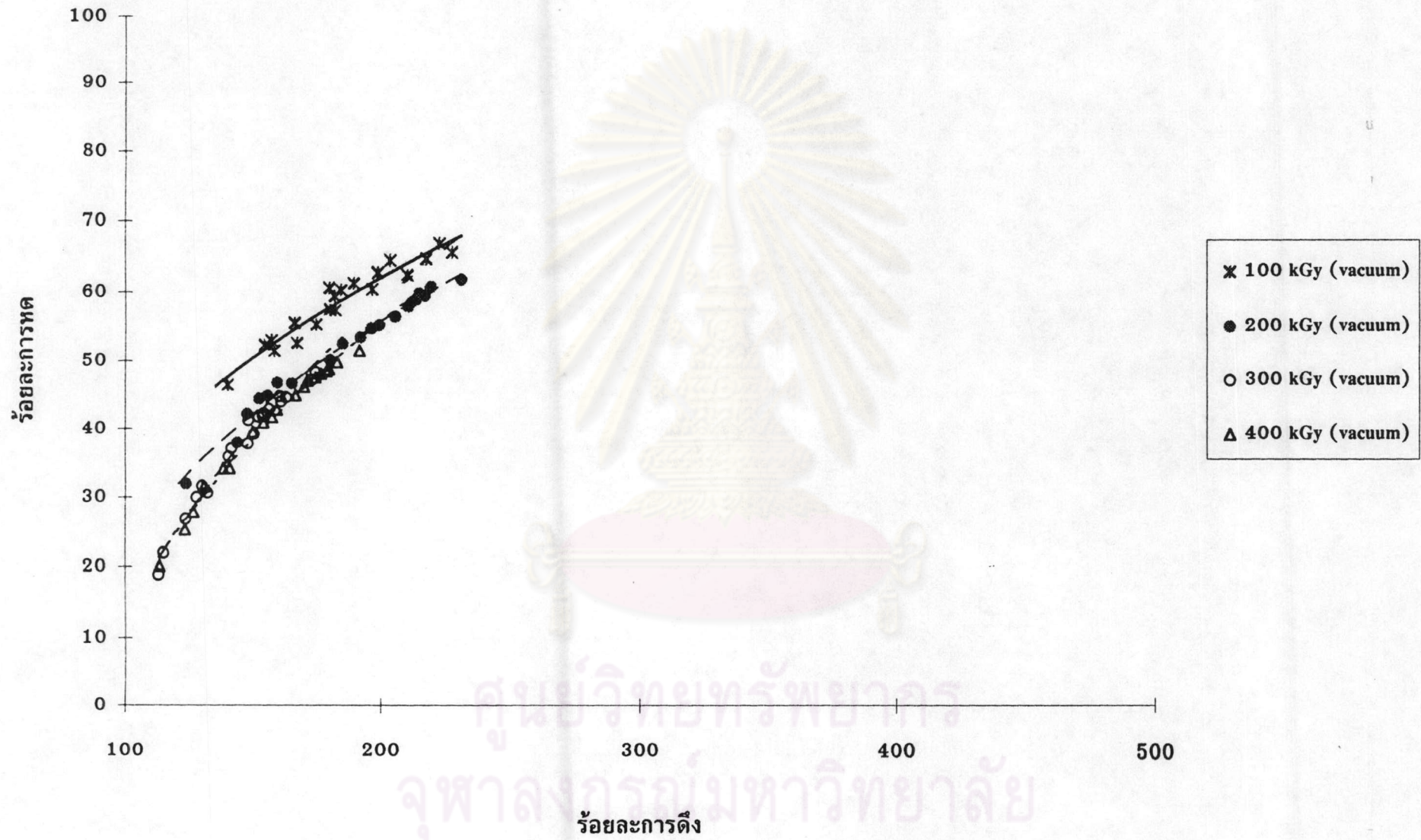
รูปที่ 4.21 การตั้งและการหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนหนา 100 ไมโครเมตร ที่ฉายรังสีแกมมา ปริมาณต่างๆ ในก๊าซเฉื่อย



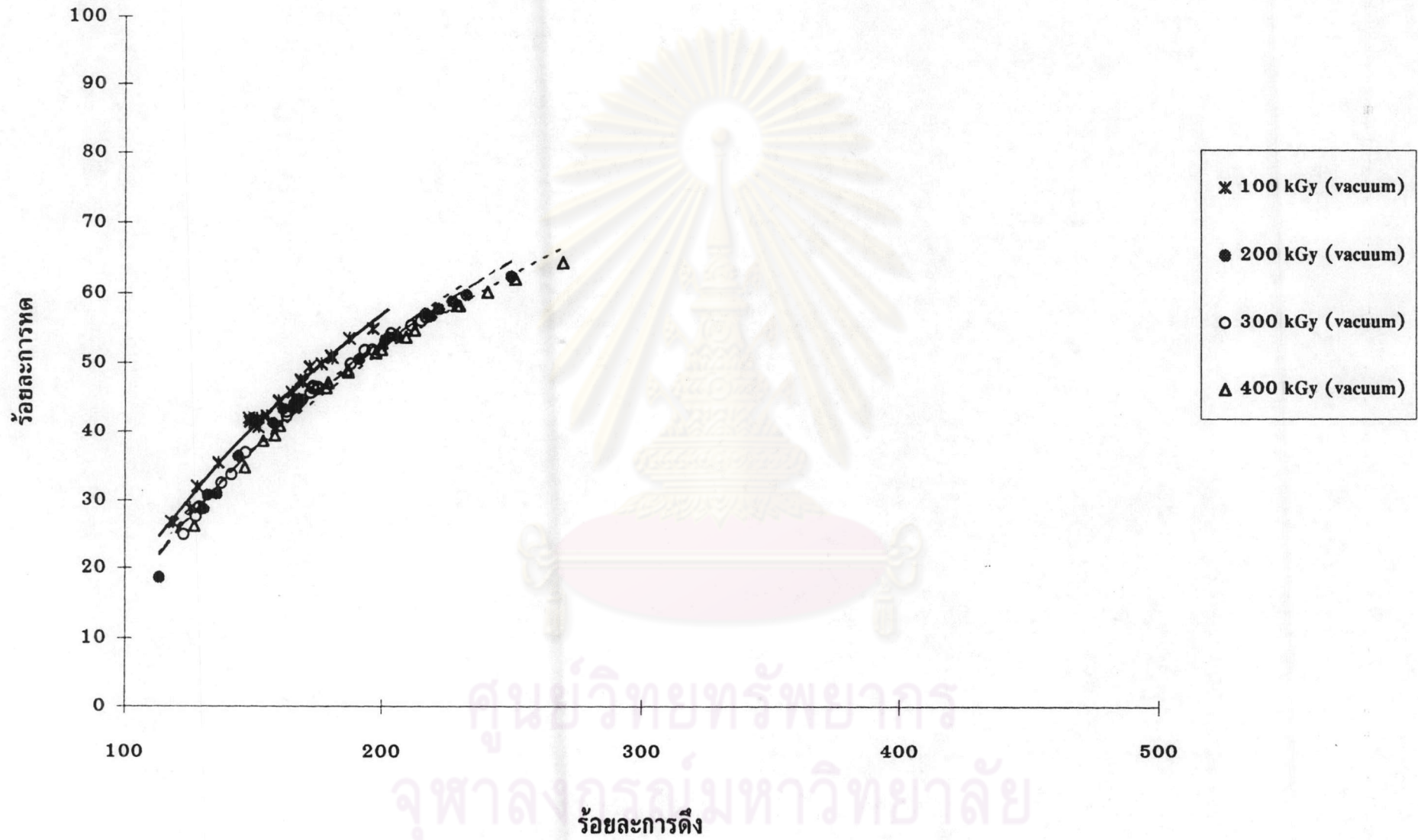
รูปที่ 4.22 การตั้งและการทหดของฟิล์มโพลิเอทีลีนหนา 125 ไมโครเมตร ที่ฉายรังสีแกมมา ปริมาณต่างๆ ในก๊าซเฉื่อย



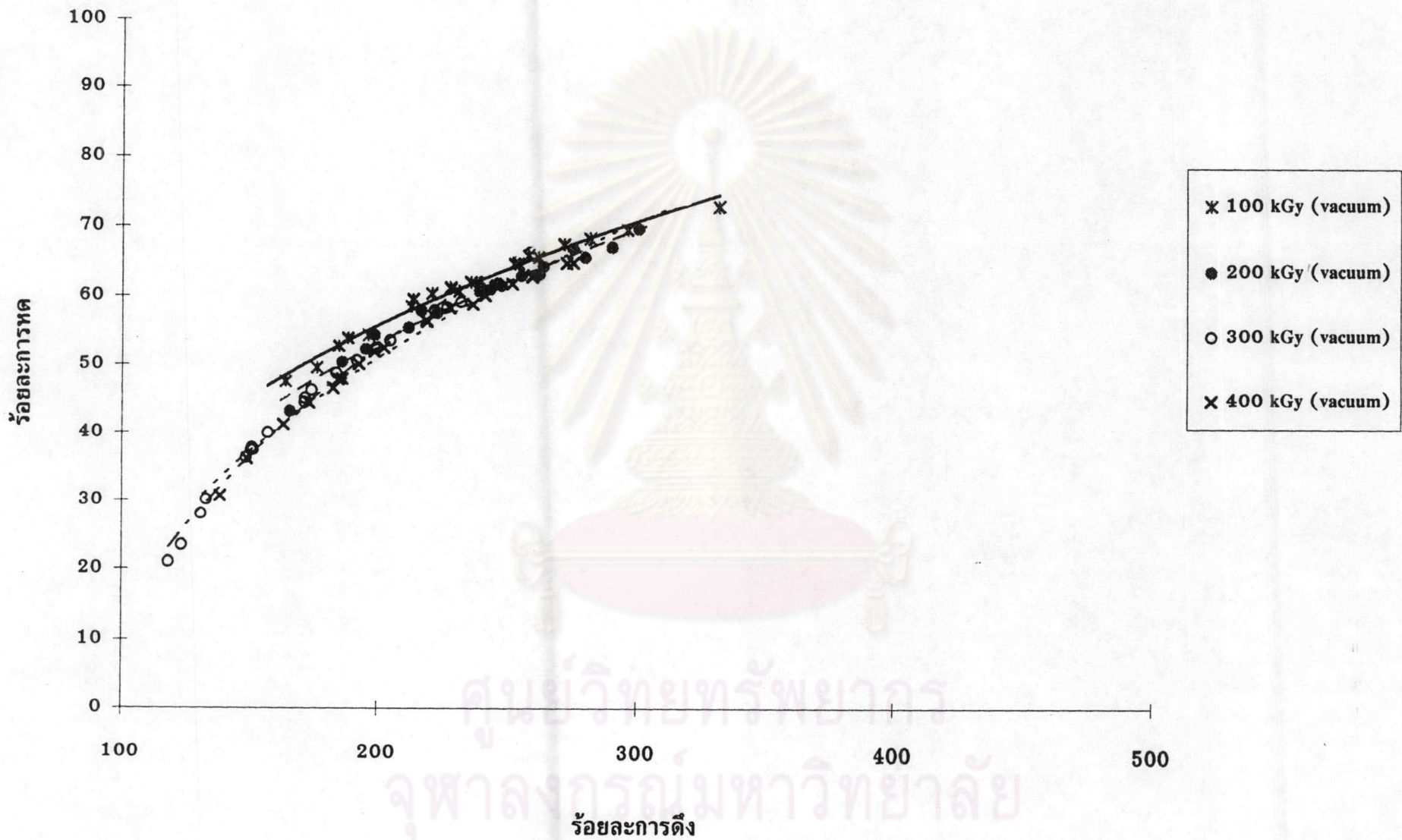
รูปที่ 4.23 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนหนา 25 ไมโครเมตร ที่ฉายรังสีแกมมา ปริมาณต่าง ๆ ในสุญญากาศ



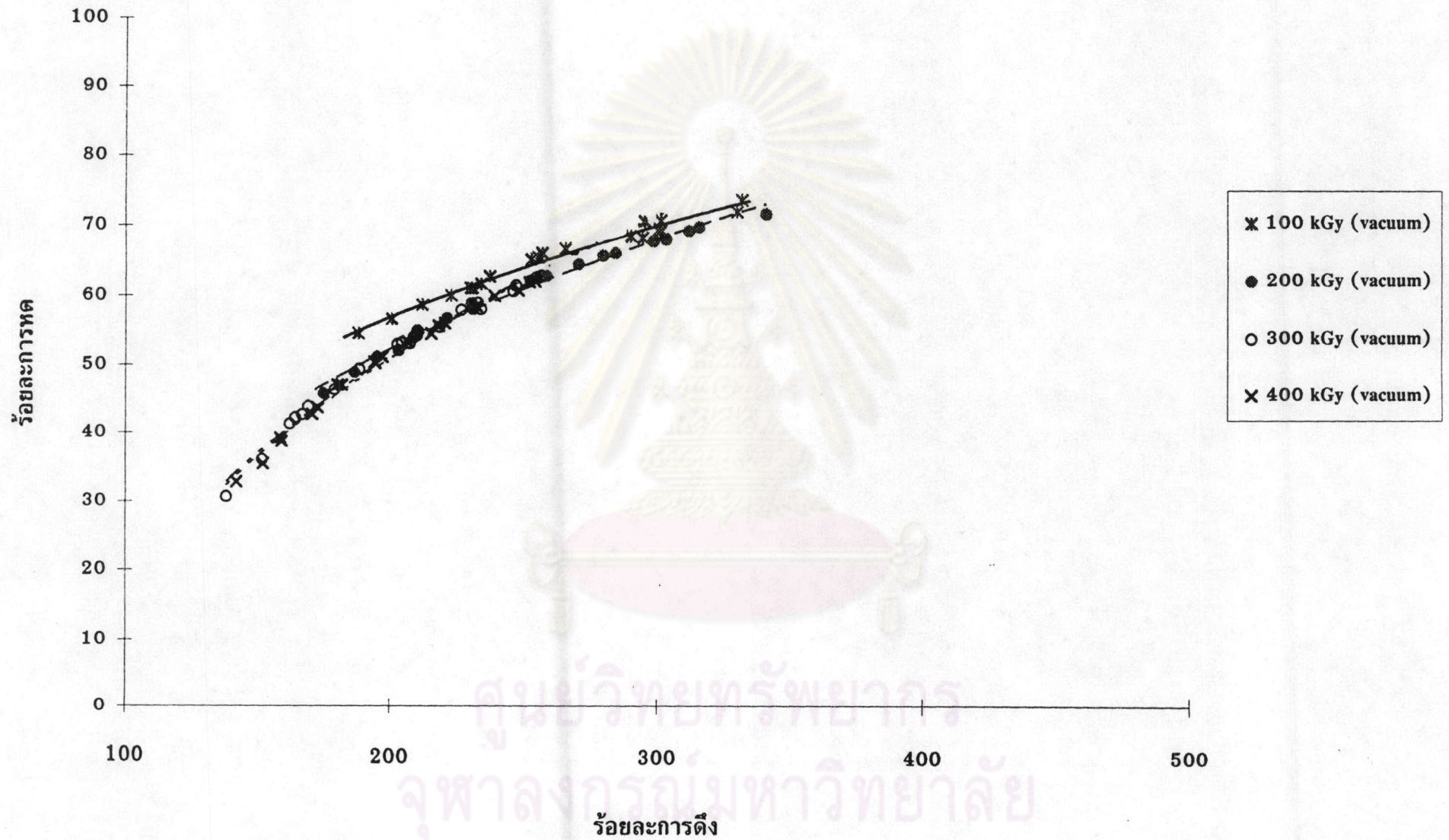
รูปที่ 4.24 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนหนา 50 ไมโครเมตร ที่ฉายรังสีแกมมา ปริมาณต่างๆ ในสุญญากาศ



รูปที่ 4.25 การตั้งและการหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนหนา 75 ไมโครเมตร ที่ฉายรังสีแกมมา ปริมาณต่างๆ ในสุญญากาศ



รูปที่ 4.26 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนหนา 100 ไมโครเมตร ที่ฉายรังสีแกมมา ปริมาณต่างๆ ในสุญญากาศ



รูปที่ 4.27 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนหนา 125 ไมโครเมตร ที่ฉายรังสีแกมมา ปริมาณต่างๆ ในสุญญากาศ

4.4 การทดสอบร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนหดตัวได้ด้วยความร้อนในแนวตั้งฉาก

ทดสอบโดยใช้ฟิล์มโพลีเอทิลีนหดตัวได้ด้วยความร้อนหนา 125 ไมโครเมตร ที่ฉายรังสีแกมมา 400 kGy ในสุญญากาศ ความยาวฟิล์มเริ่มต้น 3 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.3 การหดของฟิล์มโพลีเอทิลีนหดตัวได้ด้วยความร้อนในแนวตั้งฉาก

ความยาวฟิล์มหลังการดึง, เซนติเมตร	ความยาวฟิล์มหลังการหด, เซนติเมตร
4.824	2.918
5.513	2.948
5.913	2.908
7.338	2.963
7.433	2.909
7.639	2.919
7.913	2.917
8.170	2.929
8.276	2.936
9.420	2.963

4.5 การหาจุดหลอมเหลวของฟิล์มโพลีเอทิลีน

ทดสอบหาจุดหลอมเหลวของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ โดยใช้ Differential scanning calorimeter (DSC) ได้ผลดังตารางต่อไปนี้ (รูปแสดงผลการหาจุดหลอมเหลวของฟิล์มโพลีเอทิลีน อยู่ในภาคผนวก ข)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบจุดหลอมเหลวของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่ได้รับรังสีแกมมาในปริมาณต่างๆ

ปริมาณรังสีแกมมา, kGy	สถานะในการฉายรังสี	จุดหลอมเหลว, °C
0		109.6
100	ก๊าซเฉื่อย	108.8
	สุญญากาศ	107.5
200	ก๊าซเฉื่อย	107.2
	สุญญากาศ	104.7
300	ก๊าซเฉื่อย	106.6
	สุญญากาศ	104.0
400	ก๊าซเฉื่อย	106.0
	สุญญากาศ	102.5
ฟิล์มตัวอย่างทางการค้า		87.2

4.6 การทดสอบความต้านทานแรงดึงและ elongation at break ของฟิล์มโพลีเอทิลีนทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1311-2538 ได้ผลดังนี้ [2]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ความต้านทานแรงดึงและ elongation at break ของฟิล์มโพลีเอทีลีน

ปริมาณรังสี แกมมา(kGy)	แนวที่ใช้ ทดสอบ	ความต้านทาน แรงดึง (N/mm ²)	ความสามารถ ในการยืด(%)	เฉลี่ย
0	ขนาน	21.50	881.3	21.08 N/mm ²
		21.50	893.4	862.6 %
		20.25	813.0	
	ตั้งฉาก	19.54	1495	20.67 N/mm ²
		25.55	1066	1167.8 %
		16.92	942.4	
100 ก๊าซเฉื่อย	ขนาน	27.58	924.1	27.31 N/mm ²
		26.38	938.5	944.0 %
		27.97	969.5	
	ตั้งฉาก	28.23	834.9	27.81 N/mm ²
		27.85	867.3	864.0 %
		27.34	889.8	
100 สุญญากาศ	ขนาน	24.90	749.5	26.84 N/mm ²
		28.50	860.6	832.1 %
		27.13	886.2	
	ตั้งฉาก	27.20	755.6	26.97 N/mm ²
		26.49	764.2	761.3 %
		27.23	764.2	
200 ก๊าซเฉื่อย	ขนาน	28.21	789.7	28.26 N/mm ²
		28.99	745.0	757.3 %
		27.59	737.3	
	ตั้งฉาก	27.18	854.1	27.66 N/mm ²
		26.93	835.3	847.3 %
		28.86	852.5	
200 สุญญากาศ	ขนาน	32.37	775.8	30.80 N/mm ²
		32.19	783.7	770.9 %
		27.84	753.2	

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ปริมาณรังสี แกมมา(kGy)	แนวที่ใช้ ทดสอบ	ความต้านทาน แรงดึง (N/mm ²)	ความสามารถ ในการยืด(%)	เฉลี่ย
200 สูญญากาศ	ตั้งฉาก	26.21	722.7	26.79 N/mm ²
		27.31	701.9	686.7 %
		26.86	635.4	
300 ก๊าซเฉื่อย	ขนาน	28.19	642.7	28.19 N/mm ²
		26.80	682.2	686.2 %
		29.59	733.6	
	ตั้งฉาก	28.32	640.9	27.83 N/mm ²
		28.09	670.7	655.7 %
		27.09	655.5	
300 สูญญากาศ	ขนาน	28.07	618.9	26.96 N/mm ²
		26.61	633.5	630.7 %
		26.21	639.6	
	ตั้งฉาก	30.00	627.4	30.58 N/mm ²
		31.79	639.6	628.4 %
		29.96	618.3	
400 ก๊าซเฉื่อย	ขนาน	31.47	636.3	30.91 N/mm ²
		31.26	634.8	637.3 %
		30.01	640.9	
	ตั้งฉาก	24.44	723.9	23.43 N/mm ²
		21.62	676.3	692.4 %
		24.22	676.9	
400 สูญญากาศ	ขนาน	25.82	524.0	25.42 N/mm ²
		25.93	500.5	515.7 %
		24.51	522.5	
	ตั้งฉาก	28.16	521.2	29.11 N/mm ²
		30.81	564.0	537.1 %
		28.37	526.1	

4.7 การทดสอบความต้านทานแรงดึงและ elongation at break ของฟิล์มโพลีเอทิลีนหดตัวด้วยความร้อน

ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1311-2538 ได้ผลดังนี้ [2]

ตารางที่ 4.6 ความต้านทานแรงดึงและ elongation at break ของฟิล์มโพลีเอทิลีนหดตัวด้วยความร้อน

ปริมาณรังสี, kGy	ลักษณะฟิล์ม	ความต้านทาน แรงดึง, N/mm ²	ความสามารถ ในการยืด, %	เฉลี่ย
100 ก๊าซเฉื่อย	ดึง 100 %	19.80	272.2	21.81 N/mm ²
		23.03	344.2	300.7 %
		22.59	285.6	
	ดึง 200 %	21.52	96.44	23.15 N/mm ²
		25.22	80.57	111.9 %
		22.72	158.7	
	หดแล้ว	20.58	839.8	21.02 N/mm ²
		20.59	835.0	842.3 %
		21.89	852.1	
100 สุญญากาศ	ดึง 100 %	25.28	251.5	26.33 N/mm ²
		27.23	361.3	328.4 %
		26.48	372.3	
	ดึง 200 %	30.15	163.0	32.15 N/mm ²
		32.33	153.8	154.4 %
		33.97	146.5	
	หดแล้ว	22.85	849.6	21.26 N/mm ²
		21.57	816.7	838.3 %
		19.36	848.6	

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ปริมาณรังสี, kGy	ลักษณะฟิล์ม	ความต้านทาน แรงดึง, N/mm ²	ความสามารถ ในการยืด, %	เฉลี่ย
200 ก๊าซเฉื่อย	ดึง 100 %	20.49	299.1	22.86 N/mm ²
		23.94	371.1	331.0 %
		24.16	322.9	
	ดึง 200 %	32.53	302.7	32.80 N/mm ²
		32.64	282.0	252.5 %
		33.24	172.7	
	หดแล้ว	21.93	826.4	20.84 N/mm ²
		21.05	777.6	797.3 %
		19.55	788.0	
200 สุญญากาศ	ดึง 100 %	28.54	228.3	28.21 N/mm ²
		32.93	167.2	211.2 %
		23.16	238.0	
	ดึง 200 %	36.44	222.2	36.70 N/mm ²
		34.15	103.8	164.0 %
		39.50	166.0	
	หดแล้ว	25.15	731.2	26.65 N/mm ²
		26.66	784.9	753.0 %
		28.15	742.8	
300 ก๊าซเฉื่อย	ดึง 100 %	28.61	145.3	27.94 N/mm ²
		26.52	151.4	173.8 %
		28.68	224.6	
	ดึง 150 %	27.44	249.0	30.86 N/mm ²
		29.40	157.5	203.0 %
		35.75	202.6	
	หดแล้ว	22.81	718.4	22.98 N/mm ²
		22.72	717.8	718.0 %
		23.40	717.8	

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ปริมาณรังสี, kGy	ลักษณะฟิล์ม	ความต้านทาน แรงดึง, N/mm ²	ความสามารถ ในการยืด, %	เฉลี่ย
300 สูญญากาศ	ดึง 100 %	27.97	253.9	26.28 N/mm ²
		31.95	311.9	260.6 %
		18.91	216.1	
	ดึง 150 %	30.01	124.5	32.39 N/mm ²
		30.04	119.6	138.3 %
		37.13	170.9	
	หดแล้ว	27.73	653.1	24.67 N/mm ²
		24.63	634.8	634.8 %
		21.65	616.5	
400 ก๊าซเฉื่อย	ดึง 100 %	27.44	249.0	30.86 N/mm ²
		35.75	202.6	203.0 %
		29.40	157.5	
	หดแล้ว	31.04	667.7	28.84 N/mm ²
		26.53	640.3	651.5 %
		28.95	646.4	
400 สูญญากาศ	ดึง 100 %	32.74	158.7	32.48 N/mm ²
		26.70	174.6	173.4 %
		37.99	186.8	
	หดแล้ว	27.07	576.6	27.22 N/mm ²
		27.88	564.0	567.8 %
		26.70	571.9	