

## รายการอ้างอิง

1. อำนวย ลากเกษมสุข. สมบัติเชิงกลของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ผสมพอลิคาร์บอนเนต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
2. Edward S. Wilks. Industrial Polymer Handbook Products , Processes, Application. Weinheim: Wiley-VCH, 2001.
3. Kirk-Otthmer. Encyclopedia of Chemical Technology. New York: John Wiley & Sons, 1982.
4. W. Schnable Polymer Degradation Principles and Practical Applications. New York: Hanser, 1981.
5. Sybil P. Parker. McGraw-Hill Encyclopedia of Chemistry. McGraw-Hill, New York, 1993.
6. G.J.L. Griffin. Chemistry and Technology of Biodegradable Polymers. Blackie, London (1994): 48-55.
7. M. Okada, S. Ito, K. Aoi and M. Atsumi, Spontaneous Hydrolytic Degradability of Copolyesters Having Tetrahydropyran Rings in Their Backbones. Journal of Applied Polymer Science 51 (1994): 1035-1043.
8. P. Gatenholm, J. Kubat and A. Mathiasson, Biodegradable Natural Composites I. Processing and Properties. Journal of Applied Polymer Science 45 (1992): 1667-1677.
9. H. Feil, Biodegradable plastics from vegetable raw materials. Agro Food Industry Hi-Tech 6 (1995): 25-32.
10. C. Gourson et al. Valorization of Maize Bran to Obtain Biodegradable Plastic Films. Journal of Applied Polymer Science 74 (1999): 3040-3045.
11. G. Chauvelon et al. Preliminary Study of Formation of Films from Cellulose-Enriched Agricultural By-Products. Journal of Applied Polymer Science 68 (1998): 331-337.
12. R. L. Shogren et al. Polymer Compatibility and Biodegradation of Starch-Poly(ethylene-co-acrylic acid) – Polyethylene Blends. Journal of Applied Polymer Science 44 (1992): 1971-1978.

13. A. C. Albertson, C. Barenstedt and S. Karlsson. Degradation of Enhanced Environmentally Degradable Polyethylene in Biological Aqueous Media. Journal of Applied Polymer Science 51 (1994): 1097-1105.
14. S.M. Goheen and R.P. Wool. Degradation of Polyethylene-Starch Blends in Soil. Journal of Applied Polymer Science 42 (1991): 2691-2701.
15. กล้าณรงค์ และ เกื้อกุล. เทคโนโลยีของแป้ง. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.
16. Mark, Bikales, Overberger and Menges, Encyclopedia of Polymer Science and Engineering. New York: John Wiley & Sons, 1985.
17. Prinos, J. and et al. Preparation and Characterization of LDPE/Starch Blends Containing Ethylene/Vinyl Acetate Copolymer as Compatibilizer. Polymer Engineering and Science 38 (1998): 954-964.
18. Jacob John and Mrinal Bhattacharya. Properties of reactively blended soy protein and Modified polyesters. Polymer International 48 (1999): 1165-1172.
19. Zainuddin, A. Sudradjat and M.T. Razzak. Polyblend CPP and Bionolle with PP-g-MAH as compatibilizer : I. Compatibilizer. Journal of Applied Polymer Science 72 (1999): 1277-1282.
20. D. Bikiaris et al. LDPE/plasticized starch blends containing PE-g-MA copolymer as compatibilizer. Polymer Degradation and Stability 59 (1998): 187-291.
21. Shogren et al. Polymer Compatibility and Biodegradation of Starch-EVA-Polyethylene Blends. Journal of Applied Polymer Science 44 (1992): 1971-1978.
22. D. Bikiaris et al. Mechanical Properties and Biodegradability of LDPE Blends with Fatty Acid Esters of Amylose and Starch. Journal of Applied Polymer Science 71 (1999): 1089-1100.
23. D. H. Morton Jones. Polymer Processing. London: Chapman & Hall, 1989.
24. Lapidot, Y., Rappoport, S. and Wolman, Y. Use of esters of N-Hydroxysuccinimide in the synthesis of N-acrylamine acids. Journal of Lipid Research 8 (1967): 142-145.
25. Ofer Toledano and Shlomo Magdassi. Formation of Surface Active Gelatin by Covalent Attachment of Hydrophobic Chains. Journal of Colloid and Interfaces Science 193 (1997): 172-177.

26. เสาวรจณ์ ช่วยจุลจิตร. *Polymer Science*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
27. Aht-Ong, D. *Effect of Moisture on the State of Stress and Dimensional Stability of Photographic Gelatin-Latex Coating*. Ph.D. Dissertation, University of Massachusetts, Amherst, MA (1999).
28. [www.dupont.com/couping agent/fusabond](http://www.dupont.com/couping agent/fusabond).



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ก

ข้อมูลดิบการทดสอบสมบัติความทนแรงดึงของฟิล์มพลาสติก LLDPE ผสมเจลาติน ปริมาณต่างๆ ทั้งที่มีการเติมและไม่เติมสารช่วยผสม

ตารางที่ 1 ค่าความทนแรงดึงของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความทนแรงดึง (MPa)						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	11.79	12.05	12.82	13.09	13.96	12.74	0.86
95/5/0	10.16	10.59	10.61	10.94	10.94	10.65	0.32
95/5/5	10.74	11.31	11.1	10.21	11.03	10.88	0.43
95/5/10	10.66	11.45	12.23	12.38	12.56	11.86	0.79
95/5/15	10.09	10.2	9.95	9.84	9.57	9.93	0.24
90/10/0	7.598	7.68	8.29	8.51	8.98	8.21	0.58
90/10/5	8.01	8.03	8.17	8.39	8.51	8.22	0.22
90/10/10	8.28	8.88	9.27	9.71	9.87	9.2	0.64
90/10/15	8.66	8.17	7.99	7.51	7.77	8.02	0.43
85/15/0	3.54	3.97	5.28	5.89	6.49	5.04	1.25
85/15/5	5.89	6.08	5.36	5.49	5.83	5.73	0.29
85/15/10	6.22	5.5	5.71	5.83	5.99	5.85	0.27
85/15/15	4.86	5.56	5.56	5.84	6.08	5.58	0.46
80/20/0	1.77	2.73	3.54	3.22	3.84	3.02	0.81
80/20/5	4.05	4.16	5.34	5.75	5.79	5.02	0.85
80/20/10	4.98	5.63	5.65	5.69	6.15	5.62	0.42
80/20/15	3.37	3.56	3.77	4.72	4.76	4.04	0.66

ตารางที่ 2 ค่าความสามารถในการยึดดึงที่จุดขาดของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความสามารถในการยึดดึงที่จุดขาด (%)						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	820.6	815.6	821.1	837.1	837.3	826.34	10.14
95/5/0	725.1	742.2	749.3	754.9	755.5	745.4	12.55
95/5/5	615.9	652.9	653.3	654.6	664.5	648.24	18.69
95/5/10	612.3	623.7	630.5	637.6	724.2	645.66	44.88
95/5/15	531	542.5	568.5	591.7	606.8	568.1	31.96
90/10/0	569.9	613	646	652.3	657.9	627.82	36.77
90/10/5	532.1	535.5	574.8	589	690.2	584.32	64.09
90/10/10	569.9	594.9	643.5	665.7	665.7	627.94	43.57
90/10/15	477.9	506.2	546.6	561.6	589.4	536.34	44.39
85/15/0	378.6	380.1	412	451.5	470.1	418.46	41.41
85/15/5	148.2	218.1	260	266.2	288	236.1	55.27
85/15/10	103.1	150.5	161	188.8	213.8	163.44	41.81
85/15/15	139.2	156.8	159.4	168.9	171.3	159.12	12.71
80/20/0	153.8	191.9	223.8	227.9	230	205.48	32.76
80/20/5	131.6	151.4	157.7	162.3	168.1	154.22	14.05
80/20/10	125.5	125.6	128.9	135.8	144.6	132.08	8.15
80/20/15	110.8	119.6	120	130.3	115.3	119.2	7.24

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (MPa)						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	176	156.4	174.1	175.9	180.2	172.52	9.29
95/5/0	199.7	199.3	187	187.8	189.4	192.64	6.32
95/5/5	199.7	199.3	188.2	201.2	197.6	197.2	5.19
95/5/10	205.5	210.1	210.6	202.1	204.8	206.62	3.64
95/5/15	213.4	216.2	219.9	220.5	215	217	3.09
90/10/0	205.5	202.6	201.2	210.1	212.8	206.44	4.92
90/10/5	213.7	218.1	209.5	205.4	210.9	211.52	7.74
90/10/10	215.5	217.4	222.3	212.4	219.6	217.44	3.79
90/10/15	220.2	221.1	219.8	219	222.5	220.52	1.34
85/15/0	217.5	219.5	223.4	219.6	225.8	221.16	3.36
85/15/5	225.6	226.6	224.1	228.2	230.1	226.92	2.32
85/15/10	250.5	229.9	234.2	236.1	241.7	238.48	7.94
85/15/15	245.4	247.1	249.5	242.2	241.2	245.08	3.43
80/20/0	249.5	254.5	256.3	243.9	247.4	250.32	5.09
80/20/5	255.6	256.9	260.1	259.9	263.3	259.16	3.01
80/20/10	261.8	273.5	272.2	265.5	270.9	268.78	4.95
80/20/15	282.3	283.3	279.9	270.1	280.7	279.26	5.29

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ข

ข้อมูลดิบน้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ของฟิล์มพลาสติกผสมเจลาตินปริมาณต่างๆ ทั้งที่เติมและไม่เติมสารช่วยผสม ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้ activated sludge

ตารางที่ 4 น้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้ activated sludge ที่ระยะเวลา 1 สัปดาห์

LLDPE/ เจลาติน/PE-g-MA	น้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ที่ระยะเวลา 1 สัปดาห์						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	0.19	0.21	0.21	0.26	0.26	0.23	0.03
95/5/0	1.42	1.47	1.87	1.91	1.99	1.73	0.26
95/5/5	1.49	1.55	1.65	1.58	1.61	1.57	0.06
95/5/10	1.56	1.38	1.39	1.35	1.41	1.42	0.08
95/5/15	1.13	1.09	1.07	1.3	1.11	1.14	0.1
90/10/0	3.69	3.45	3.51	3.52	3.67	3.57	0.11
90/10/5	3.32	3.4	3.5	3.41	3.36	3.39	0.07
90/10/10	3.28	3.31	3.21	3.19	3.25	3.25	0.05
90/10/15	3.05	3.12	3.15	3.01	3.2	3.11	0.08
85/15/0	6.63	6.95	7.02	6.55	6.48	6.73	0.24
85/15/5	6.55	6.5	6.4	6.49	6.45	6.48	0.06
85/15/10	6.31	6.34	6.49	6.23	6.39	6.35	0.09
85/15/15	6.02	6.15	6.24	6.3	6.19	6.18	0.1
80/20/0	8.94	8.7	8.77	9.47	8.56	8.89	0.35
80/20/5	8.54	8.8	8.61	8.48	8.42	8.57	0.15
80/20/10	8.34	8.26	8.29	8.31	8.4	8.32	0.05
80/20/15	8.12	8.04	8.01	7.98	8.23	8.08	0.1



ตารางที่ 5 น้ำหนักที่สูญหายไป (%) ของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้ activated sludge ที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์

LLDPE/ เจลาติน/PE-g-MA	น้ำหนักที่สูญหายไป (%) ที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	0.17	0.19	0.23	0.24	0.25	0.21	0.03
95/5/0	1.89	1.91	2.13	2.18	2.32	2.08	0.18
95/5/5	1.99	1.85	1.89	1.9	2.05	1.94	0.08
95/5/10	1.81	1.75	1.92	1.8	1.94	1.84	0.08
95/5/15	1.77	1.7	1.69	1.75	1.8	1.74	0.05
90/10/0	4.99	4	5.03	5.04	4.68	4.75	0.44
90/10/5	4.65	4.79	4.59	4.23	4.16	4.48	0.27
90/10/10	4.53	4.09	4.21	4.14	4.18	4.23	0.17
90/10/15	4.2	3.97	3.91	4.22	4.13	4.09	0.14
85/15/0	6.96	8.17	7.65	7.61	7.63	7.6	0.43
85/15/5	7.51	7.45	7.41	7.34	7.51	7.44	0.07
85/15/10	7.28	7.31	7.15	7.26	7.32	7.26	0.07
85/15/15	6.95	6.92	7.01	7.24	7.18	7.06	0.14
80/20/0	10.49	10.22	10.2	9.99	9.5	10.08	0.36
80/20/5	10.05	9.84	9.76	9.88	9.97	9.9	0.11
80/20/10	9.84	9.71	9.62	9.73	9.58	9.69	0.1
80/20/15	9.66	9.41	9.56	9.49	9.76	9.58	0.14

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 น้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้ activated sludge ที่ระยะเวลา 3 สัปดาห์

LLDPE/ เจลาติน/PE-g-MA	น้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ที่ระยะเวลา 3 สัปดาห์						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	0.16	0.19	0.22	0.24	0.26	0.21	0.04
95/5/0	2.04	1.74	1.83	2.2	2.54	2.07	0.32
95/5/5	1.98	1.94	1.88	1.79	1.95	1.91	0.08
95/5/10	1.74	1.7	1.81	1.86	1.91	1.8	0.08
95/5/15	1.79	1.65	1.61	1.58	1.68	1.66	0.08
90/10/0	5	5.11	4.89	4.88	5.15	5.01	0.12
90/10/5	4.95	4.83	4.97	4.75	4.98	4.9	0.1
90/10/10	4.87	4.76	4.62	4.66	4.72	4.73	0.09
90/10/15	4.56	4.44	4.73	4.58	4.48	4.56	0.11
85/15/0	7.63	7.73	7.91	8.59	8.47	8.07	0.44
85/15/5	8.12	8.04	7.55	7.6	7.86	7.83	0.25
85/15/10	7.71	7.68	7.59	7.85	7.61	7.69	0.1
85/15/15	7.51	7.44	7.38	7.59	7.48	7.48	0.08
80/20/0	11.16	10.99	11.62	10.65	11.24	11.13	0.35
80/20/5	10.98	10.75	10.89	10.84	10.8	10.85	0.09
80/20/10	10.77	10.82	10.64	10.67	10.79	10.74	0.08
80/20/15	10.62	10.58	10.71	10.64	10.55	10.62	0.06

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 น้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้ activated sludge ที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์

LLDPE/ เจลาติน/PE-g-MA	น้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	0.18	0.19	0.19	0.2	0.2	0.19	0.008
95/5/0	1.87	1.96	2.7	2.38	2.46	2.27	0.34
95/5/5	1.78	1.79	1.8	1.98	2.15	1.9	0.16
95/5/10	1.73	1.79	1.86	1.9	2.09	1.87	0.14
95/5/15	1.72	1.73	1.74	1.79	2.06	1.81	0.14
90/10/0	5.13	5.29	5.61	4.86	5.53	5.28	0.3
90/10/5	4.73	4.78	4.8	5	5.04	4.87	0.14
90/10/10	3.92	4.37	4.41	4.44	4.85	4.4	0.33
90/10/15	3.87	3.92	4.03	4.78	4.28	4.18	0.37
85/15/0	7.99	7.88	8.23	8.21	8.6	8.18	0.27
85/15/5	7.33	7.02	7.23	7.41	8.06	7.41	0.39
85/15/10	7.42	7.04	7.46	7.56	7.01	7.3	0.25
85/15/15	6.33	6.12	5.91	5.5	5.02	5.78	0.52
80/20/0	11.35	11.45	11.23	11.55	11.64	11.44	0.16
80/20/5	10.81	11.41	11.17	11.52	10.73	11.13	0.35
80/20/10	10.89	11.16	11.38	10.94	10.5	10.97	0.33
80/20/15	9.58	10.07	10.25	10.63	8.22	9.75	0.93

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ค

ข้อมูลดิบน้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ของฟิล์มพลาสติกผสมเจลาตินปริมาณต่างๆ ทั้งที่เติมและไม่เติมสารช่วยผสม ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์

ตารางที่ 8 น้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	น้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	0	0.0001	0.0002	0.0005	0.0006	0.00028	0.0003
95/5/0	1.07	1.08	1.11	1.2	1.26	1.14	0.08
95/5/5	1.03	1.05	1.12	1.01	1.11	1.06	0.05
95/5/10	1.04	0.96	1.07	1.01	1.08	1.03	0.05
95/5/15	0.94	0.99	1.02	0.84	0.97	0.95	0.07
90/10/0	2.99	2.98	3.03	2.95	2.97	2.98	0.03
90/10/5	2.84	2.76	2.91	2.73	2.88	2.82	0.08
90/10/10	2.56	2.77	2.81	2.9	2.66	2.74	0.13
90/10/15	2.63	2.51	2.55	2.47	2.67	2.57	0.08
85/15/0	4.67	4.73	4.96	4.62	4.71	4.74	0.13
85/15/5	4.59	4.63	4.72	4.88	4.5	4.66	0.14
85/15/10	4.51	4.48	4.44	4.35	4.46	4.45	0.06
85/15/15	4.41	4.3	4.28	4.33	4.21	4.31	0.07
80/20/0	7.84	7.21	7.48	7.77	7.54	7.57	0.25
80/20/5	7.35	7.46	7.36	7.39	7.28	7.37	0.07
80/20/10	7.23	7.34	7.24	7.31	7.22	7.27	0.05
80/20/15	7.11	7.21	7.16	7.07	7.25	7.16	0.07

ตารางที่ 9 น้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	น้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	0	0	0	0.0006	0.0006	0.0002	0.0003
95/5/0	1.26	1.25	1.37	1.51	1.27	1.33	0.11
95/5/5	1.22	1.15	1.17	1.21	1.26	1.2	0.04
95/5/10	1.13	1.06	1.02	1.17	1.21	1.12	0.08
95/5/15	1.04	1.01	1.1	0.97	1.05	1.03	0.05
90/10/0	3.28	2.91	3.5	2.63	3.21	3.11	0.34
90/10/5	2.92	2.86	2.99	3.08	3.1	2.99	0.11
90/10/10	2.78	2.86	2.93	2.97	2.75	2.86	0.09
90/10/15	2.55	2.37	2.61	2.72	2.76	2.6	0.15
85/15/0	4.89	4.86	4.64	4.81	4.84	4.81	0.09
85/15/5	4.67	4.82	4.71	4.77	4.62	4.72	0.08
85/15/10	4.56	4.44	4.59	4.48	4.57	4.53	0.06
85/15/15	4.31	4.42	4.49	4.33	4.29	4.37	0.08
80/20/0	8.36	8.23	8.41	9.15	8.23	8.48	0.38
80/20/5	8.23	8.34	8.16	8.21	8.34	8.26	0.08
80/20/10	8.11	8.13	8.24	8.16	8.2	8.17	0.05
80/20/15	8.08	8.01	8.13	7.82	8.15	8.04	0.13

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 น้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	น้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	0.0002	0.0009	0.001	0.001	0	0.0006	0.0005
95/5/0	2.24	2.27	1.56	1.88	2.27	2.04	0.32
95/5/5	1.93	1.86	1.97	1.91	1.64	1.86	0.13
95/5/10	1.77	1.62	1.58	1.92	1.66	1.71	0.14
95/5/15	1.55	1.48	1.52	1.61	1.5	1.53	0.05
90/10/0	3.11	3.28	3.87	3.59	3.18	3.41	0.32
90/10/5	3.21	3.33	3.41	3.18	3.27	3.28	0.09
90/10/10	3.31	3.16	3.24	3.11	3.17	3.19	0.08
90/10/15	3.06	3.01	3.12	3.14	3.04	3.07	0.05
85/15/0	5.14	5.25	4.87	5.2	5.11	5.11	0.15
85/15/5	5.03	5.15	4.78	5.06	4.99	5	0.14
85/15/10	4.87	4.68	4.93	4.77	4.82	4.81	0.09
85/15/15	4.75	4.62	4.6	4.55	4.66	4.64	0.08
80/20/0	9.88	9.69	8.98	9.83	9.29	9.53	0.38
80/20/5	9.33	9.52	9.47	9.35	9.38	9.41	0.08
80/20/10	9.25	9.14	9.32	9.11	9.2	9.2	0.08
80/20/15	9.1	9.08	9.02	9.12	9.22	9.11	0.07

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 น้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	น้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	0	0	0.0003	0.0004	0.0013	0.0004	0.0005
95/5/0	2.66	2.27	1.86	1.99	2.02	2.16	0.32
95/5/5	1.88	2.11	2.34	1.72	2.12	2.03	0.24
95/5/10	1.97	1.75	1.86	1.92	1.81	1.86	0.09
95/5/15	1.88	1.74	1.68	1.7	1.62	1.72	0.09
90/10/0	3.94	4.24	4.05	4.31	4.12	4.13	0.15
90/10/5	4.08	4.12	3.82	3.71	3.77	3.9	0.19
90/10/10	3.87	3.65	3.49	3.99	4.01	3.8	0.23
90/10/15	3.77	3.4	3.58	3.75	3.69	3.64	0.15
85/15/0	5.3	5.42	5.31	5.88	5.48	5.48	0.24
85/15/5	5.51	5.24	5.33	5.14	5.16	5.28	0.15
85/15/10	5.13	5.21	5.11	5.19	5.2	5.17	0.04
85/15/15	5.09	5.01	4.96	4.85	5.12	5.01	0.11
80/20/0	9.84	10.15	10.52	9.97	9.89	10.07	0.27
80/20/5	10.04	9.82	9.88	9.73	9.94	9.88	0.12
80/20/10	10.02	9.7	9.61	9.68	9.77	9.76	0.16
80/20/15	9.63	9.58	9.6	9.55	9.69	9.61	0.05

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 น้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	น้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	0	0.001	0.0012	0.0015	0.0019	0.00011	0.0007
95/5/0	2.4	2.93	2.11	2.02	2.52	2.39	0.36
95/5/5	2.21	2.14	2.17	2.11	2.15	2.16	0.04
95/5/10	2.05	2.08	2.1	1.92	2.13	2.06	0.08
95/5/15	1.99	1.83	1.79	1.92	1.86	1.88	0.08
90/10/0	4.39	4.12	4.31	4.56	4.72	4.42	0.23
90/10/5	4.23	4.16	4.29	4.19	4.25	4.22	0.05
90/10/10	4.16	4.11	4.18	4.22	4.23	4.18	0.05
90/10/15	4.06	4.12	4.02	3.96	4.24	4.08	0.11
85/15/0	6.15	6.4	6.05	5.69	6.25	6.11	0.27
85/15/5	6.08	6.06	5.96	5.85	5.58	5.91	0.2
85/15/10	5.57	5.78	5.62	5.77	5.94	5.74	0.15
85/15/15	5.62	5.51	5.48	5.63	5.48	5.54	0.08
80/20/0	11.1	10.19	10.18	10	10.74	10.44	0.46
80/20/5	10.23	10.29	10.17	10.11	10.36	10.23	0.09
80/20/10	10.06	10.15	10.07	10.22	10.09	10.12	0.07
80/20/15	9.68	9.75	10.06	10.04	10.11	9.93	0.19

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 13 น้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	น้ำหนักที่สูญเสียไป (%) ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
100/0/0	0	0.0001	0.0001	0.0008	0.0012	0.0004	0.0005
95/5/0	2.55	2.28	2.55	2.3	2.91	2.52	0.25
95/5/5	1.65	1.48	1.42	2.14	2.95	1.93	0.64
95/5/10	1.57	1.55	1.85	2.29	2.15	1.88	0.33
95/5/15	1.53	1.33	1.56	2.18	2.41	1.8	0.46
90/10/0	4.82	5.06	4.81	4.89	5.39	5	0.24
90/10/5	3.73	4.84	4.85	3.89	5.09	4.48	0.62
90/10/10	3.81	3.64	5.37	3.99	4.31	4.22	0.68
90/10/15	3.52	3.59	4.29	3.88	3.45	3.75	0.35
85/15/0	7.68	7.6	7.84	8.09	7.24	7.69	0.31
85/15/5	7.4	8.01	7.5	7.14	6.87	7.38	0.43
85/15/10	6.12	7.06	7.68	6.27	5.72	6.57	0.79
85/15/15	5.59	5.87	5.77	6.03	6.25	5.9	0.25
80/20/0	11.79	12.56	11.25	11.33	11.55	11.7	0.53
80/20/5	11	11.16	11.86	11.01	11.02	11.21	0.37
80/20/10	10.37	10.73	10.19	11.01	11.45	10.75	0.5
80/20/15	8.4	9.41	11.32	8.86	9.47	9.49	1.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ง

ข้อมูลคุณสมบัติความทนแรงดึงของฟิล์มพลาสติกผสมเจลาตินปริมาณต่างๆ ทั้งที่เติมและไม่เติมสารช่วยผสมภายหลังจากย่อยสลายด้วยวิธีการใช้ activated sludge

ตารางที่ 14 ค่าความทนแรงดึงของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากย่อยสลายด้วยวิธีการใช้ activated sludge ที่ระยะเวลา 1 สัปดาห์

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความทนแรงดึง (MPa) ที่ระยะเวลา 1 สัปดาห์						ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
	1	2	3	4	5			
100/0/0	11.75	11.63	12.88	13.56	13.89	12.74	1.03	
95/5/0	9.42	9.47	9.49	9.54	9.67	9.52	0.09	
95/5/5	10.12	10.03	10.55	10.13	10.21	10.21	0.2	
95/5/10	11.12	11.34	11.22	11.09	11.16	11.18	0.09	
95/5/15	9.15	9.02	9.28	9.41	9.26	9.22	0.15	
90/10/0	7.02	7.04	7.17	7.25	7.32	7.16	0.13	
90/10/5	7.41	8.16	7.21	7.36	7.58	7.54	0.37	
90/10/10	7.57	8.36	8.24	7.66	7.56	7.88	0.39	
90/10/15	7.15	5.13	7.08	6.22	5.99	6.31	0.84	
85/15/0	3.22	3.35	3.39	3.44	3.65	3.41	0.16	
85/15/5	5.55	5.61	5.48	5.26	5.31	5.44	0.15	
85/15/10	5.46	5.71	5.59	5.62	5.34	5.54	0.15	
85/15/15	5.31	5.24	5.19	5.07	5.11	5.18	0.09	
80/20/0	3.11	3.126	3.145	3.217	3.387	3.19	0.11	
80/20/5	4.96	4.55	4.63	4.15	4.28	4.51	0.32	
80/20/10	5.31	5.26	5.29	5.07	5.01	5.19	0.14	
80/20/15	4.01	3.95	3.58	3.67	3.88	3.82	0.18	

ตารางที่ 15 ค่าความทนแรงดึงของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธี  
การใช้ activated sludge ที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความทนแรงดึง (MPa) ที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	12.54	12.56	12.84	12.96	13.05	12.79	0.23
95/5/0	9.13	9.14	9.23	9.25	9.3	9.21	0.07
95/5/5	9.84	9.68	9.72	9.84	9.77	9.77	0.07
95/5/10	10.06	10.11	10.93	10.58	10.75	10.48	0.38
95/5/15	8.31	8.2	8.13	8.08	8.01	8.15	0.12
90/10/0	6.19	6.21	6.24	6.24	6.66	6.31	0.19
90/10/5	6.12	5.37	5.34	5.97	6.19	5.79	0.41
90/10/10	6.08	5.69	6.33	5.96	6.23	6.06	0.25
90/10/15	6.19	6.03	5	5.05	5.11	5.48	0.58
85/15/0	3.1	3.1	3.29	3.34	3.58	3.28	0.19
85/15/5	5.21	5.14	5.07	5.01	4.85	5.06	0.14
85/15/10	5.3	5.17	5.04	5.06	4.96	5.11	0.13
85/15/15	4.82	4.77	4.62	4.53	4.71	4.69	0.12
80/20/0	2.67	2.69	2.74	2.86	2.89	2.77	0.09
80/20/5	4.41	4.28	4.1	4.03	3.87	4.14	0.21
80/20/10	5.03	4.82	4.71	4.63	4.46	4.73	0.21
80/20/15	3.51	3.33	3.32	3.16	3.24	3.31	0.13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 16 ค่าความทนแรงดึงของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้ activated sludge ที่ระยะเวลา 3 สัปดาห์

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความทนแรงดึง (MPa) ที่ระยะเวลา 3 สัปดาห์						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	12.03	12.33	12.41	13.52	13.66	12.79	0.75
95/5/0	7.66	7.72	7.82	8.35	8.34	7.98	0.34
95/5/5	8.25	7.58	8.31	7.46	8.14	7.95	0.39
95/5/10	8.71	8.65	9.08	8.45	9.16	8.81	0.3
95/5/15	7.74	7.62	7.46	8.05	7.11	7.59	0.35
90/10/0	3.37	3.42	3.44	3.53	3.73	3.49	0.14
90/10/5	4.23	4.08	4.12	4.17	3.59	4.04	0.26
90/10/10	4.3	5.15	4.37	4.96	4.73	4.7	0.37
90/10/15	4.88	4.7	3.97	3.39	3.37	4.06	0.71
85/15/0	3.01	3.02	3.08	3.12	3.26	3.09	0.1
85/15/5	4.36	4.25	4.19	4.63	4.71	4.43	0.23
85/15/10	4.87	4.62	4.55	4.31	4.09	4.49	0.29
85/15/15	4.09	4.11	3.58	3.64	4.03	3.89	0.26
80/20/0	1.65	1.7	1.77	1.8	1.89	1.76	0.09
80/20/5	3.65	3.32	3.41	3.75	3.16	3.46	0.24
80/20/10	4.32	4.06	4.15	3.85	3.72	4.02	0.24
80/20/15	2.88	3.12	2.95	2.71	3.03	2.94	0.16

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 17 ค่าความทนแรงดึงของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้ activated sludge ที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความทนแรงดึง (MPa) ที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	12.47	12.65	12.74	13.18	13.72	12.95	0.5
95/5/0	5.56	5.58	6.35	6.4	6.09	5.99	0.41
95/5/5	6.65	6.32	6.41	6.11	6.71	6.44	0.25
95/5/10	7.05	7.13	6.58	6.43	6.91	6.82	0.3
95/5/15	6.34	6.22	6.15	6.09	6.38	6.24	0.12
90/10/0	2.76	2.88	2.96	2.96	2.98	2.91	0.09
90/10/5	2.24	2.31	3.2	3.1	2.65	2.7	0.44
90/10/10	3.33	3.14	2.76	2.62	2.68	2.91	0.31
90/10/15	1.67	3.18	2.92	2.04	2.27	2.42	0.62
85/15/0	2.49	2.51	2.53	2.59	2.6	2.54	0.05
85/15/5	3.31	3.06	3.17	2.98	3.04	3.11	0.13
85/15/10	3.39	3.24	3.16	3.27	2.85	3.18	0.2
85/15/15	2.65	3.52	3.44	3.31	3.06	3.19	0.35
80/20/0	1.002	1.085	1.093	1.113	1.536	1.17	0.21
80/20/5	2.62	2.41	2.03	2.15	2.24	2.29	0.23
80/20/10	3.32	3.12	3.05	3.17	2.19	2.97	0.45
80/20/15	2.21	1.97	2.34	2.28	2.3	2.22	0.15

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 18 ค่าความสามารถในการยึดติดที่จุดขาดของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจาก  
ย่อยด้วยวิธีการใช้ activated sludge ที่ระยะเวลา 1 สัปดาห์

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความสามารถในการยึดติด (%) ที่ระยะเวลา 1 สัปดาห์						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	811.2	811.6	815.7	820.5	834.7	818.74	9.68
95/5/0	580.2	586.7	587.3	591.7	599.8	589.14	7.23
95/5/5	553.1	524.3	511.6	568.1	576.6	546.74	27.95
95/5/10	521.2	533.9	509.8	511.1	506.4	516.48	11.19
95/5/15	501.4	496.3	485.5	472.2	497.4	490.56	11.83
90/10/0	532	540.4	546.6	552.3	594.9	553.24	24.47
90/10/5	484.44	530.52	459.6	507.3	467.41	489.85	29.18
90/10/10	485.6	498.6	437.7	524.6	536	496.5	38.5
90/10/15	505.1	375.65	392.62	493.37	492.1	451.77	62.23
85/15/0	111.1	141.9	150.2	177.5	196.8	155.5	33.06
85/15/5	123.4	126.9	115.8	114.4	121.5	120.4	5.23
85/15/10	110.3	110.5	114.4	106.6	109.5	110.26	2.79
85/15/15	103.2	126.4	118.6	111.5	114.9	114.92	8.57
80/20/0	140.1	147.3	149.2	150.5	187.5	154.92	18.65
80/20/5	132.2	105.7	106.5	113.2	128.6	117.24	12.42
80/20/10	124.4	112.3	122.3	110.9	106.8	115.34	7.62
80/20/15	95.5	94.2	86.3	101.1	103.5	96.12	6.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 19 ค่าความสามารถในการยึดติดที่จุดขาดของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจาก  
ย่อยด้วยวิธีการใช้ activated sludge ที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความสามารถในการยึดติด (%) ที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	819.8	821.5	825.4	826	837.5	826.04	6.91
95/5/0	530.2	531	535	539.4	540.1	535.14	4.59
95/5/5	503.5	512.2	498.5	482.2	475.5	494.38	15.18
95/5/10	456.6	472.3	438.5	444.6	431.1	448.62	16.2
95/5/15	395.5	412.2	388.6	405.5	409.7	402.3	9.96
90/10/0	477.9	506.2	511.6	520	527.6	508.66	19.02
90/10/5	358.4	367.8	315.96	318.4	332.25	338.56	23.48
90/10/10	312.6	304.2	294.5	375.5	308.6	319.08	32.25
90/10/15	364.5	238.7	332.4	319.9	288.34	308.77	47.73
85/15/0	93.67	100.6	112.5	125.1	138	113.97	17.98
85/15/5	100.4	84.5	96.6	93.5	71.5	89.3	11.55
85/15/10	99.7	94.1	91.1	82.3	64.2	86.28	13.85
85/15/15	88.4	71.1	63.5	96.9	83.2	80.62	13.37
80/20/0	100.5	101.9	115.5	116.7	120.95	111.11	9.28
80/20/5	65.3	77.5	78.8	85.1	99.4	81.22	12.43
80/20/10	73.5	72.1	64.4	68.5	66.3	68.96	3.82
80/20/15	88.2	72.3	62.9	60.1	71.2	70.94	10.97

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 20 ค่าความสามารถในการยึดติดที่จุดขาดของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจาก  
ย่อยด้วยวิธีการใช้ activated sludge ที่ระยะเวลา 3 สัปดาห์

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความสามารถในการยึดติด (%) ที่ระยะเวลา 3 สัปดาห์						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	819	822.9	824.1	824.6	830.5	824.22	4.14
95/5/0	450.2	470.1	472.7	498.4	516.9	481.66	26.1
95/5/5	403.5	398.7	411.2	415.5	419.8	409.74	8.62
95/5/10	365.5	345.2	334.7	389.5	377.6	362.5	22.57
95/5/15	332.1	358.5	356.6	349.9	378.7	355.16	16.78
90/10/0	221.1	234.5	237.7	245.7	245.21	236.84	10.03
90/10/5	258.8	230.6	256.11	141.4	245.21	226.42	48.8
90/10/10	217.1	203.9	209.9	198.75	256.92	217.31	23.17
90/10/15	188	209	165.1	164.9	215.2	188.44	23.65
85/15/0	70.5	71.05	84.58	89.71	90.8	81.33	9.91
85/15/5	70.1	71.4	66.5	69.2	81.1	71.66	5.57
85/15/10	72.1	62.4	66.9	58.7	55.3	63.08	6.63
85/15/15	55.8	54.2	56.7	69.4	62.2	59.66	6.22
80/20/0	50.8	52.3	54.4	55.6	60.1	54.64	3.57
80/20/5	50.1	52.3	55.8	61.1	48.3	53.52	5.07
80/20/10	63.9	52.1	48.7	44.3	59.9	53.78	8.03
80/20/15	59.5	42.2	41.1	76.7	59.6	55.82	14.71

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 21 ค่าความสามารถในการยึดติดที่จุดขาดของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจาก  
ย่อยด้วยวิธีการใช้ activated sludge ที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความสามารถในการยึดติด (%) ที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	813.5	817.3	818.2	819.7	835.4	820.82	8.46
95/5/0	117.1	125.3	134.8	150.5	199.2	145.38	32.54
95/5/5	302.2	313.5	311.7	398.5	385.5	342.28	45.82
95/5/10	334.1	310.1	289.5	277.6	282.2	298.7	23.37
95/5/15	236.6	356.7	305.5	303.1	265.5	293.48	45.42
90/10/0	111.2	125	129.8	130.7	134.6	126.26	9.08
90/10/5	104.2	118.46	126.59	130.9	138.26	123.63	13.03
90/10/10	94.97	115.4	124.1	173.45	96.73	120.93	31.85
90/10/15	130.65	120.77	100.9	101.4	138.8	118.5	17.08
85/15/0	56.22	60	60.8	70.5	55.4	60.58	6.01
85/15/5	63.3	55.1	58.8	51.5	60.5	57.84	4.62
85/15/10	42.1	44.6	48.5	37.2	43.4	43.16	4.1
85/15/15	40.1	32.5	38.8	40.5	48.7	40.12	5.77
80/20/0	45.36	49.99	50.87	51.43	52.1	49.95	2.67
80/20/5	30.2	33.5	41.5	42.2	43.6	38.2	5.96
80/20/10	26.7	30.8	32.2	31.5	39.5	32.14	4.63
80/20/15	20.7	23.5	25.5	24.3	36.8	26.16	6.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 22 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากย่อยด้วยวิธีการใช้ activated sludge ที่ระยะเวลา 1 สัปดาห์

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (MPa) ที่ระยะเวลา 1 สัปดาห์						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	155.3	170.2	175.4	177.8	180.6	171.86	10.01
95/5/0	189.9	185.2	180.1	176.7	176.7	181.72	5.74
95/5/5	190.5	185.6	188.5	192.4	191.1	189.62	2.65
95/5/10	200.5	201.3	199.6	196.9	182.2	196.1	7.94
95/5/15	215.1	202.3	205.7	205.5	211.1	207.94	5.09
90/10/0	201.9	203.1	200.1	197.2	185.5	197.56	7.09
90/10/5	193.6	186.9	181.3	185.4	179.7	185.38	5.44
90/10/10	193	185.6	189.9	188.3	190.4	189.44	2.73
90/10/15	182.6	188.1	190	198.3	192.5	190.3	5.76
85/15/0	211.41	201.3	209.4	207.77	211.12	208.2	4.12
85/15/5	213.3	206.5	207.1	218.9	211.3	211.42	5.05
85/15/10	222.4	204.5	211.1	221.3	218	215.46	7.54
85/15/15	223.5	236	241.1	221.5	229.4	230.3	8.27
80/20/0	235.55	231.23	222.74	228.1	239.1	231.34	6.37
80/20/5	231.1	224.4	212.2	215	228	222.14	8.2
80/20/10	231.1	234.2	241.5	246.1	222.4	235.06	9.22
80/20/15	259.7	245.1	244.9	235.5	236.7	244.38	9.66

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 23 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยด้วยวิธีกรำใช้ activated sludge ที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) ที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	180.5	181.9	150.5	185.2	178.2	175.26	14.07
95/5/0	169	173.8	189.3	185.2	165.4	176.54	10.32
95/5/5	150.5	145.8	165.9	169.8	187.4	163.88	16.56
95/5/10	185.5	176.6	182.1	188.7	174.2	181.42	6.03
95/5/15	199.5	186.6	174.3	192.2	198.7	190.26	10.35
90/10/0	186.2	183.5	181.1	176.3	181.5	181.72	3.64
90/10/5	172.5	164	170.1	167.3	175.5	169.88	4.46
90/10/10	178.9	188.2	175.1	163.1	177.6	176.58	9.02
90/10/15	188.8	174	178.22	171.3	189.5	180.36	8.39
85/15/0	189.14	181.11	186.3	177.11	192.82	185.29	6.26
85/15/5	207.5	204.1	211.1	205.4	206.4	206.9	2.66
85/15/10	216.6	208.5	204.1	198.7	196.5	204.88	8.05
85/15/15	224.1	220.1	206.5	204.3	202	211.4	9.99
80/20/0	219.41	225.75	216.81	214.3	211.24	217.5	5.51
80/20/5	201.1	198.5	186.3	188.7	175.6	190.04	10.22
80/20/10	206.5	201.4	222.5	185.4	162.1	195.58	22.92
80/20/15	198.7	199.5	185.6	174.2	152.3	182.06	19.62

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 24 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยด้วยวิธีการใช้ activated sludge ที่ระยะเวลา 3 สัปดาห์

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (Mpa) ที่ระยะเวลา 3 สัปดาห์						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	182.3	184.1	177.9	168.7	160.2	174.64	10.03
95/5/0	172.4	179.4	165.4	175	170.1	172.46	5.24
95/5/5	123.4	122.1	106.9	114.5	112.2	115.82	6.91
95/5/10	120.5	123.4	108.8	118.5	119.6	118.16	5.53
95/5/15	115.2	113.1	108.4	109.1	118.7	112.9	4.29
90/10/0	172.2	161.5	175.8	164.5	170.7	168.94	5.82
90/10/5	185.5	172.2	161.1	152.4	132.1	160.66	20.21
90/10/10	179.5	152.4	162.1	152.2	150.3	159.3	12.19
90/10/15	174.5	166.9	169.5	162.1	184.5	171.5	8.53
85/15/0	178.99	173.81	176.98	177.1	181.12	177.6	2.71
85/15/5	180.2	175.5	174.2	162.2	165.8	171.58	7.38
85/15/10	169.9	168.3	152.1	176.9	181.5	169.74	11.21
85/15/15	175.6	182.2	183.5	165.4	166.7	174.68	8.44
80/20/0	200.81	209.1	198.2	201.23	204.95	202.85	4.24
80/20/5	150.4	163.3	172.1	142.5	133.9	152.44	15.42
80/20/10	163.9	152.7	184.5	188.6	177.3	173.4	14.9
80/20/15	156.6	142.2	161.1	152.9	114.5	145.46	18.66

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 25 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากย่อยด้วยวิธีการใช้ activated sludge ที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) ที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	155.68	164.3	170.5	180.1	188.1	167.65	12.77
95/5/0	172	170.6	174.3	171.1	165.3	170.66	3.31
95/5/5	102.2	119.6	111.5	106.2	119.3	111.76	7.75
95/5/10	115.1	116.3	102.5	109.8	126.1	113.96	8.7
95/5/15	75.2	76.3	79.5	78.3	71.4	76.14	3.13
90/10/0	166.2	169.9	150.3	161.4	153.3	160.22	8.32
90/10/5	120	121.2	122.5	119.4	114.5	119.52	3.05
90/10/10	125	124.4	122.1	118.6	125.3	123.08	2.8
90/10/15	135	136.7	129.8	134.1	139.1	134.94	3.45
85/15/0	150.11	155.53	154.21	165	148	154.57	6.57
85/15/5	152.2	142.3	162.1	160.1	158.2	154.98	7.99
85/15/10	160.1	152.4	150.1	148.3	153.3	152.84	4.51
85/15/15	160.9	171.1	152.1	146.6	149.9	156.12	9.91
80/20/0	185.53	181.63	182.71	170.95	174.22	179.01	6.14
80/20/5	141.4	123.8	122.1	132.9	145.5	133.14	10.37
80/20/10	135.6	142	145.5	136.6	139.5	139.84	4.04
80/20/15	141.3	136.6	149.9	145.1	135.5	141.68	5.98

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก จ

ข้อมูลคุณสมบัติความทนแรงดึงของฟิล์มพลาสติกผสมเจลาตินปริมาณต่างๆ ทั้งที่เดิมและไม่เติมสารช่วยผสมภายหลังการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์

ตารางที่ 26 ค่าความทนแรงดึงของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความทนแรงดึง (MPa) ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	11.83	12.03	12.98	13.5	13.9	12.84	0.9
95/5/0	8.14	8.28	8.92	9.66	9.75	8.95	0.75
95/5/5	10.71	10.52	10.35	10.06	10.23	10.37	0.25
95/5/10	11.12	11.2	10.67	10.84	11.03	10.97	0.22
95/5/15	9.11	9.06	9.09	9.26	9.18	9.14	0.08
90/10/0	7.41	7.98	8.08	8.11	7.49	7.81	0.33
90/10/5	7.65	7.82	7.77	7.71	7.86	7.76	0.08
90/10/10	8.45	8.81	8.63	8.76	8.55	8.64	0.14
90/10/15	7.42	7.51	7.33	7.28	7.31	7.37	0.09
85/15/0	3.67	3.91	4.52	5.01	5.12	4.45	0.64
85/15/5	5.55	5.13	5.08	5.16	5.14	5.21	0.19
85/15/10	5.16	5.46	5.22	5.24	5.29	5.27	0.11
85/15/15	5.03	4.76	4.82	4.79	4.92	4.86	0.11
80/20/0	1.357	2.874	3.179	2.823	3.132	2.67	0.75
80/20/5	4.53	4.41	4.32	4.45	4.65	4.47	0.12
80/20/10	5.06	5.11	5.24	5.08	4.82	5.06	0.15
80/20/15	3.77	3.81	3.69	3.75	3.88	3.78	0.07

ตารางที่ 27 ค่าความทนแรงดึงของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธี  
การใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความทนแรงดึง (MPa) ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	11.55	12.59	12.64	12.8	13.05	12.526	0.574308
95/5/0	7.95	8.14	8.17	8.17	8.59	8.2	0.23
95/5/5	10.13	10.16	10.08	10.15	9.76	10.05	0.16
95/5/10	10.55	10.32	10.12	10.17	10.25	10.28	0.17
95/5/15	8.74	8.56	8.64	8.95	8.77	8.73	0.15
90/10/0	7.01	7.1	7.19	7.37	7.75	7.28	0.29
90/10/5	7.05	7.14	7.16	7.21	6.88	7.08	0.13
90/10/10	8.03	8.11	7.99	8.14	8.07	8.06	0.06
90/10/15	6.59	6.63	6.72	6.81	6.95	6.74	0.14
85/15/0	3.73	4.23	4.29	4.47	4.62	4.26	0.33
85/15/5	4.96	4.55	4.7	4.85	4.66	4.74	0.16
85/15/10	4.82	4.88	4.97	4.67	4.92	4.85	0.11
85/15/15	4.06	4.09	4.11	3.94	4.13	4.06	0.07
80/20/0	2.56	2.97	2.11	2.78	2.46	2.57	0.32
80/20/5	4.01	3.95	3.9	3.87	3.84	3.91	0.06
80/20/10	4.56	4.48	4.71	4.65	4.69	4.62	0.09
80/20/15	3.06	3.12	3.31	3.15	3.07	3.14	0.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 28 ค่าความทนแรงดึงของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความทนแรงดึง (MPa) ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง						ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
	1	2	3	4	5			
100/0/0	11.79	12.05	12.65	12.97	13.15	12.52	0.58	
95/5/0	7.41	7.49	7.66	7.66	7.76	7.59	0.14	
95/5/5	9.82	9.46	9.58	9.55	9.36	9.55	0.17	
95/5/10	9.64	9.85	9.95	9.63	9.82	9.78	0.14	
95/5/15	8.03	8.05	8.18	8.14	8.01	8.08	0.07	
90/10/0	5.76	5.85	5.91	6.16	7.11	6.16	0.55	
90/10/5	6.71	6.65	6.55	6.51	6.42	6.57	0.11	
90/10/10	7.88	7.45	7.62	7.46	7.59	7.6	0.17	
90/10/15	6.05	6.12	6.09	6.16	6.11	6.11	0.04	
85/15/0	3.58	3.66	3.73	3.82	4.09	3.77	0.19	
85/15/5	4.01	4.14	4.19	4.23	4.08	4.13	0.08	
85/15/10	4.15	4.26	4.41	4.13	4.21	4.23	0.11	
85/15/15	3.65	3.81	3.88	3.75	3.72	3.76	0.08	
80/20/0	2.07	1.79	1.95	2.19	2.02	2	0.14	
80/20/5	3.01	3.06	3.38	3.25	3.15	3.17	0.14	
80/20/10	4.3	4.27	4.21	4.08	4.09	4.19	0.1	
80/20/15	2.65	2.98	2.85	2.88	2.79	2.83	0.12	



ตารางที่ 29 ค่าความทนแรงดึงของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความทนแรงดึง (MPa) ที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง						ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
	1	2	3	4	5			
100/0/0	11.79	12.82	12.84	13.08	13.09	12.72	0.53	
95/5/0	6.06	6.59	6.94	9.95	7.02	7.31	1.52	
95/5/5	9.09	8.75	8.84	8.81	9.02	8.9	0.14	
95/5/10	9.07	9.14	9.12	9.03	8.76	9.02	0.15	
95/5/15	7.46	7.71	7.52	7.55	7.43	7.53	0.11	
90/10/0	5.12	5.59	5.67	5.69	5.91	5.59	0.29	
90/10/5	6.02	5.98	5.87	5.74	5.67	5.85	0.15	
90/10/10	7.12	7.06	6.75	6.68	6.66	6.85	0.21	
90/10/15	5.66	5.75	5.34	5.42	5.38	5.51	0.18	
85/15/0	3.32	3.33	3.51	3.51	4.02	3.54	0.28	
85/15/5	3.65	3.54	3.32	3.16	3.31	3.39	0.19	
85/15/10	3.66	3.45	3.35	3.72	3.85	3.61	0.2	
85/15/15	3.31	3.09	3.02	3.14	3.11	3.13	0.11	
80/20/0	1.78	1.77	2	2.05	2	1.92	0.13	
80/20/5	2.88	2.75	2.65	2.91	2.46	2.73	0.18	
80/20/10	3.62	3.66	3.74	3.46	3.68	3.632	0.1	
80/20/15	2.02	2.13	2.25	2.38	2.21	2.198	0.13	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 30 ค่าความทนแรงดึงของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากย่อยสลายด้วยวิธี  
การใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความทนแรงดึง (MPa) ที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	11.88	12.05	12.45	13.01	13.96	12.67	0.84
95/5/0	5.78	5.98	6.01	6.25	6.33	6.07	0.22
95/5/5	7.52	7.35	7.26	7.29	7.18	7.32	0.12
95/5/10	8.15	8.34	8.55	8.11	8.25	8.28	0.17
95/5/15	6.44	6.28	6.31	6.35	6.6	6.39	0.12
90/10/0	4.52	4.88	5	5.18	5.29	4.97	0.29
90/10/5	5.01	5.05	5.16	4.85	4.88	4.99	0.12
90/10/10	6.23	5.72	5.69	6.05	6.09	5.95	0.23
90/10/15	4.87	4.89	4.68	4.59	4.73	4.75	0.12
85/15/0	2.84	2.95	3.27	3.55	3.76	3.27	0.38
85/15/5	2.65	3.04	2.99	2.54	2.66	2.77	0.22
85/15/10	3.01	2.96	2.98	2.77	2.65	2.87	0.15
85/15/15	2.45	2.34	2.28	2.21	2.22	2.3	0.09
80/20/0	2.11	1.93	1.99	1.582	1.65	1.85	0.22
80/20/5	2.35	2.09	2.06	2.45	2.11	2.21	0.17
80/20/10	3.31	3.05	3.07	2.68	2.79	2.98	0.24
80/20/15	1.95	1.77	1.65	2	1.76	1.82	0.14

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 31 ค่าความทนแรงดึงของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธี  
การใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความทนแรงดึง (MPa) ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	11.75	12.58	12.63	13.08	13.85	12.77	0.76
95/5/0	4.82	4.91	5.44	5.74	5.94	5.37	0.49
95/5/5	6.03	6.14	6.25	6.02	6.18	6.12	0.09
95/5/10	7.25	7.16	6.99	7.05	7.03	7.09	0.11
95/5/15	5.68	5.71	5.55	5.45	5.34	5.54	0.15
90/10/0	2.35	2.84	2.89	3.94	3.96	3.19	0.71
90/10/5	4.05	4.11	4.13	4.08	4.19	4.11	0.05
90/10/10	4.88	4.85	4.71	4.99	4.26	4.73	0.28
90/10/15	4.16	4.08	4.09	4.1	3.54	3.99	0.25
85/15/0	2.11	2.2	2.59	3.13	3.21	2.64	0.51
85/15/5	2.27	2.29	2.08	2.01	1.68	2.06	0.24
85/15/10	2.16	1.85	1.75	1.69	2.03	1.89	0.19
85/15/15	1.55	1.74	1.65	1.72	1.97	1.72	0.15
80/20/0	1.22	1.27	1.23	1.12	0.96	1.16	0.12
80/20/5	1.65	1.66	1.53	1.49	1.44	1.55	0.09
80/20/10	2.06	1.58	1.67	1.99	1.85	1.83	0.2
80/20/15	1.5	1.41	1.23	1.22	1.17	1.31	0.14

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 32 ค่าความสามารถในการยึดดึงที่จุดขาดของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความสามารถในการยึดดึง (%) ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	837	830.8	821.2	829	809	825.4	10.76
95/5/0	567.7	679.8	621.5	562.4	584.1	603.1	48.71
95/5/5	564	551.3	542.2	489.9	564.7	542.42	30.81
95/5/10	521.2	513.1	510.9	508.1	505.5	511.76	6.01
95/5/15	501.3	485.5	475.6	445.1	449.3	471.36	23.92
90/10/0	589.5	583	512	588.5	604.6	575.52	36.4
90/10/5	498.7	499.6	491.3	526.8	532.2	509.72	18.44
90/10/10	456.5	477.7	472.3	452.1	445.1	460.74	13.77
90/10/15	451.1	442.3	419.8	426.5	438.8	435.7	12.52
85/15/0	392.1	407.4	396.6	360.6	434.1	398.16	26.58
85/15/5	212.3	209.9	205.7	185.5	188.3	200.34	12.53
85/15/10	158.7	155.2	142.2	119.8	135.7	142.32	15.69
85/15/15	125.5	122.4	109.9	110.7	111.5	116	7.36
80/20/0	200.7	166.3	163.4	205.5	204.6	188.1	21.32
80/20/5	123.5	112.7	106.6	118.8	124.1	117.14	7.45
80/20/10	115.5	121.1	108.4	103.5	107.5	111.2	7.02
80/20/15	101.1	95.5	86.7	88.9	75.3	89.5	9.75

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 33 ค่าความสามารถในการยึดติดที่จุดขาดของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจาก  
ย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความสามารถในการยึดติด (%) ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	810	815.5	799	825.5	817	813.4	9.78
95/5/0	507.7	490.1	547.4	508.5	466.5	504.04	29.65
95/5/5	501.1	510.6	485.5	477.1	496.2	494.1	13.12
95/5/10	456.5	487.1	493.2	467.3	448.4	470.5	19.27
95/5/15	412.2	406.8	413.5	410.3	426.8	413.92	7.62
90/10/0	470	482.3	420.1	450.9	488.1	462.28	27.54
90/10/5	453.3	455.1	425.6	439.9	444.2	443.62	11.87
90/10/10	414.3	421.1	416.5	437.2	439.9	425.8	11.93
90/10/15	396.6	385.5	377.9	401.1	412	394.62	13.32
85/15/0	331.6	319.6	347.6	350.1	324.2	334.62	13.71
85/15/5	156.5	148.8	144.6	175.5	168.3	158.74	13.01
85/15/10	123.4	116.6	132.2	118.7	103.5	118.88	10.48
85/15/15	109.9	86.6	72.4	75.1	78.5	84.5	15.16
80/20/0	190	152.2	190.1	153.5	198.4	176.84	22.16
80/20/5	98.5	71.1	63.5	66.9	58.9	71.78	15.59
80/20/10	56.8	64.1	63.4	78.5	79.3	68.42	9.98
80/20/15	56.1	41.1	66.9	71.2	70.5	61.16	12.73

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 34 ค่าความสามารถในการยึดดึงที่จุดขาดของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความสามารถในการยึดดึง (%) ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	818.1	830.3	813	810.1	840	822.3	12.55
95/5/0	429.7	346.3	408.3	408.7	410.9	400.78	31.72
95/5/5	465.5	382.2	377.1	441.6	426.9	418.66	38.22
95/5/10	412.3	409.9	414.5	385.6	388.2	402.1	14.01
95/5/15	355.2	345.1	336.9	352.4	346.8	347.28	7.1
90/10/0	267.1	371.2	396.6	386	244.5	333.08	71.56
90/10/5	410.5	396.8	365.5	347.2	358.8	375.76	26.73
90/10/10	365.4	325.9	372.5	364.1	366.4	358.86	18.7
90/10/15	303.5	310.6	320.8	326.5	339.1	320.1	13.85
85/15/0	307.1	291.7	264.9	235.5	253.7	270.58	28.84
85/15/5	105.5	112.3	110.9	98.7	96.5	104.78	7.07
85/15/10	78.5	71.6	94.3	83.3	74.5	80.44	8.91
85/15/15	56.9	71.2	63.2	43.1	52.2	57.32	10.67
80/20/0	150.8	163.9	152.2	157.6	172.8	159.46	9.06
80/20/5	50.1	49.8	40.3	39.7	52.1	46.4	5.91
80/20/10	50.9	35.4	44.3	48.7	36.5	43.16	7.01
80/20/15	34.4	52.2	49.9	46.5	32.1	43.02	9.18

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 35 ค่าความสามารถในการยึดติดที่จุดขาดของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจาก  
ย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความสามารถในการยึดติด (%) ที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	833.3	834.6	811.2	812	832.7	824.76	12.03
95/5/0	376.5	374.5	345.3	348.3	339.9	356.9	17.25
95/5/5	363.5	345.1	338.7	364.9	342.5	350.94	12.32
95/5/10	365.5	369.7	346.2	344.1	335.5	352.2	14.69
95/5/15	331.9	310.6	308.5	301.3	313.7	313.2	11.41
90/10/0	241.4	214.8	267.4	226.8	223.3	234.74	20.63
90/10/5	301.6	338.4	312.6	309.9	310.2	314.54	13.97
90/10/10	298.7	268.4	253.9	286.1	287.3	278.88	17.67
90/10/15	281.5	241.6	245.9	234.5	229.7	246.64	20.46
85/15/0	204.1	231	215.3	177	233.3	212.14	22.98
85/15/5	88.4	74.3	77.1	62.5	59.4	72.34	11.71
85/15/10	34.9	54.5	46.2	48.9	55.1	47.92	8.18
85/15/15	35.9	31.1	45.6	44.8	26.9	36.86	8.25
80/20/0	167.9	154.4	126.3	161.4	124.1	146.82	20.32
80/20/5	30.9	29.5	22.4	44.9	39.8	33.5	8.88
80/20/10	31.25	22.3	21.7	33.8	34.5	28.71	6.24
80/20/15	25.51	21.34	34.6	39.7	28.15	29.86	7.31

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 36 ค่าความสามารถในการยึดติดที่จุดขาดของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจาก  
ย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความสามารถในการยึดติด (%) ที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	837.7	831.3	820	835	821.2	829.04	8.04
95/5/0	224.1	342	285.1	270.5	309.8	286.3	44.08
95/5/5	297.5	246.3	266.1	280.4	285.7	275.2	19.7
95/5/10	301.6	258.7	269.9	244.5	281.5	271.24	21.8
95/5/15	256.8	246.7	244.1	263.5	238.5	249.92	10.07
90/10/0	160.7	198	161.4	181.1	187.1	177.66	16.33
90/10/5	153.1	221.6	223.8	257.9	136.5	198.58	51.49
90/10/10	156.2	212.6	155.5	210.9	114.3	169.9	41.81
90/10/15	142.2	165.4	166.5	132.5	134.1	148.14	16.67
85/15/0	114.7	182.5	141.8	133.5	134.3	141.36	25.07
85/15/5	52.4	66.5	51.3	50.9	41.8	52.58	8.86
85/15/10	32.5	36.9	25.5	22.1	26.9	28.78	5.88
85/15/15	22.1	23.8	16.7	15.5	24.3	20.48	4.1
80/20/0	108.8	103.9	112.6	115.1	92.55	106.59	8.91
80/20/5	22.7	20.6	18.9	15.1	22.6	19.98	3.14
80/20/10	21.5	22.3	14.6	20.5	20.1	19.8	3.03
80/20/15	13.6	20.5	18.8	16.6	21.9	18.28	3.27

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 37 ค่าความสามารถในการยึดติดที่จุดขาดของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจาก  
ย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่าความสามารถในการยึดติด (%) ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	835.3	818.6	827	815.5	808.1	820.9	10.52
95/5/0	234	145.5	150.6	142.1	173.6	169.16	38.27
95/5/5	150.3	142.2	156.6	139.4	145.5	146.8	6.81
95/5/10	123.5	156.6	136.9	145.5	138.7	140.24	12.13
95/5/15	132.2	126.5	122.4	116.5	119.8	123.48	6.09
90/10/0	90.68	116.3	72.35	103.4	115.2	99.586	18.43
90/10/5	90.6	88.5	84.3	76.9	82.1	84.48	5.4
90/10/10	79.5	85.1	88.9	71.3	69.5	78.86	8.43
90/10/15	66.9	65.5	58.8	55.2	46.9	58.66	8.13
85/15/0	103.7	82.98	45.03	129.4	98.61	91.944	31.09
85/15/5	33.5	52.1	46.7	45.5	38.1	43.18	7.36
85/15/10	22.1	31.2	26.7	25.8	21.1	25.38	4.02
85/15/15	19.5	20.5	20.9	25.4	23.3	21.92	2.39
80/20/0	47.17	50.36	91	66.62	72.92	65.614	17.83
80/20/5	18.8	20.1	19.5	19.9	26.4	20.94	3.09
80/20/10	21.5	25.5	29.6	28.3	15.6	24.1	5.67
80/20/15	17.5	19.8	25.4	22.1	23.6	21.68	3.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 38 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วย  
วิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	169.4	160	175.9	172.1	179.2	171.32	7.34
95/5/0	191.1	190.6	185.4	190.2	188.6	189.18	2.31
95/5/5	190.3	195.1	185.5	181.1	187.5	187.9	5.24
95/5/10	196.5	185.2	199.6	188.1	190.9	192.06	5.92
95/5/15	209.1	201.5	199.8	185.6	205.5	200.3	8.97
90/10/0	198.3	199.75	202.6	199.46	191.9	198.4	3.96
90/10/5	200.5	199.6	187.3	208.8	215.5	202.34	10.63
90/10/10	214.6	208.5	205.1	186.5	209.4	204.82	10.79
90/10/15	216.7	211.5	213.6	201.3	202.5	209.12	6.85
85/15/0	218.7	217.9	215.8	222.2	213.4	217.6	3.29
85/15/5	216.5	221.3	219.9	220.6	218.1	219.28	1.95
85/15/10	230.5	226.9	225.8	228.1	229.9	228.24	1.97
85/15/15	231.5	236.9	225.1	233.8	239.4	233.34	5.49
80/20/0	245.5	241	239.9	246.1	240.8	242.66	2.9
80/20/5	246.5	243.1	242.1	245.8	244	244.3	1.83
80/20/10	256.5	255.9	249.1	246.7	253.2	252.28	4.27
80/20/15	268.8	269.6	261.1	266.3	265.2	266.2	3.36

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 39 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	170.5	174.1	171.2	173.3	165.4	170.9	3.41
95/5/0	180.5	183	179.6	182.1	179.5	180.94	1.55
95/5/5	182.2	180.1	175.8	181.3	187.2	181.32	4.1
95/5/10	185.9	179.4	186.5	187.2	189.6	185.72	3.8
95/5/15	195.6	192.3	186.4	190.2	188.6	190.62	3.52
90/10/0	188.2	191.7	173.3	185.3	195.9	186.88	8.56
90/10/5	199.5	189.7	188.2	185.1	196.7	191.84	6.03
90/10/10	196.7	193.4	195.5	188.1	199.3	194.6	4.21
90/10/15	196.7	198.2	196.1	192.5	191.6	195.02	2.83
85/15/0	215.6	201.4	199.12	219.4	214.7	210.04	9.13
85/15/5	210.1	214.4	211.3	212.6	208.7	211.42	2.2
85/15/10	220.1	219.6	217.5	214.3	215.9	217.48	2.44
85/15/15	223.6	221.5	220.9	218.4	222.6	221.4	1.97
80/20/0	240.2	238.8	235.6	234.7	239.1	237.68	2.38
80/20/5	239.8	237.5	240	240.4	238.5	239.24	1.21
80/20/10	249.8	245.1	244.3	238.9	241.1	243.84	4.16
80/20/15	251.9	252.7	254.1	256.2	255.9	254.16	1.89

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 40 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วย  
วิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	170.3	169.5	171.5	168	170	169.86	1.27
95/5/0	171.1	170.9	171.9	173.2	170.4	171.5	1.09
95/5/5	172.3	175.5	178.1	169.4	175.2	174.1	3.33
95/5/10	179.1	178.2	177.3	175.4	172.6	176.52	2.58
95/5/15	183.4	182.9	186.4	181.4	180.6	182.94	2.23
90/10/0	180.12	172	178	179.7	181.4	178.244	3.69
90/10/5	181.6	180.5	176.1	185.3	180.9	180.88	3.28
90/10/10	182.6	188.4	186.2	188.1	183.5	185.76	2.63
90/10/15	188.7	185.6	184.9	186.1	185.4	186.14	1.49
85/15/0	205.9	206.6	207.1	203.2	210.9	206.74	2.77
85/15/5	208.7	205.6	209.1	210.3	208.9	208.52	1.74
85/15/10	210.9	212.4	208.7	209.6	213.4	211	1.93
85/15/15	215.6	217.7	213.9	219.5	216.7	216.68	2.11
80/20/0	235.1	234	233.6	226.7	229.8	231.84	3.49
80/20/5	231.6	230.1	234.5	233.9	232	232.42	1.78
80/20/10	239.8	237.6	234.9	235.1	239.4	237.36	2.31
80/20/15	245.9	248.1	244.3	246.2	249.1	246.72	1.89

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 41 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วย  
วิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (MPa) ที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	165.8	164.4	172.2	179.1	163.2	168.94	6.65
95/5/0	168.8	165.4	167.7	160.2	171.2	166.66	4.17
95/5/5	169.8	168.4	170.2	171	166.2	169.12	1.88
95/5/10	170.1	172.3	170.2	168.9	168.2	169.94	1.56
95/5/15	176.9	177.3	178.1	177.5	173.2	176.6	1.94
90/10/0	165.2	173.3	159.1	169.1	166.4	166.62	5.22
90/10/5	172.3	171.5	170.6	173.3	174.1	172.36	1.39
90/10/10	173.4	175.6	178.1	177.6	178	176.54	2.02
90/10/15	175.8	179.3	176.5	181.2	174.6	177.48	2.7
85/15/0	202.6	203.3	201	205.7	200.9	202.7	1.96
85/15/5	201.5	196.5	203.3	205.9	202.9	202.02	3.47
85/15/10	205.9	208.6	209.1	201.6	203.8	205.8	3.17
85/15/15	210.4	211.6	208.5	204.3	207.1	208.38	2.86
80/20/0	229.5	228.7	221.2	224.4	220.7	224.9	4.09
80/20/5	224.8	227.1	225.5	228.3	226.7	226.48	1.37
80/20/10	230.1	229.5	231.5	228.7	230.3	230.02	1.03
80/20/15	239.4	235.6	237.8	240.4	237.7	238.18	1.83

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 42 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วย  
วิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (MPa) ที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	155.2	164.5	167.7	165.2	178.1	166.14	8.19
95/5/0	160.5	161.4	160.6	159.3	157.1	159.78	1.67
95/5/5	160.5	161.2	163.1	160.5	162.2	161.5	1.13
95/5/10	162.3	163.1	162	159.8	163.4	162.12	1.41
95/5/15	170.9	171.1	169.1	168.3	166.5	169.18	1.91
90/10/0	160.7	165.3	162.1	164.4	159.3	162.36	2.49
90/10/5	165.2	166.1	163.4	162.1	165.3	164.42	1.63
90/10/10	170.3	171.1	168.4	169.5	170.1	169.88	1.01
90/10/15	172.5	173.1	169.9	169.1	171.3	171.18	1.68
85/15/0	200	198.8	195.5	196.1	199.2	197.92	1.99
85/15/5	196.5	199.2	198.1	200.1	196.5	198.08	1.61
85/15/10	199.1	198.6	201.2	197.7	195.2	198.36	2.18
85/15/15	199.3	196.1	200.5	203.1	199.4	199.68	2.52
80/20/0	220.4	219.8	217.5	218.8	214.5	218.2	2.34
80/20/5	220.4	221.3	219.6	222.3	215.6	219.84	2.57
80/20/10	220.6	228.4	225.1	223.4	226.1	224.72	2.92
80/20/15	226.5	227.1	225.4	226.9	228.1	226.8	0.97

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 43 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ภายหลังจากการย่อยสลายด้วย  
วิธีการใช้เอนไซม์ ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง

LLDPE/เจลาติน/PE-g-MA	ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
100/0/0	158.2	159.9	161.1	165.2	163.3	161.54	2.76
95/5/0	150.5	156.3	151.2	149.8	144.9	150.54	4.06
95/5/5	151.3	152.2	155.9	151.1	153.6	152.82	1.98
95/5/10	155.6	154.8	153.4	157.3	151.2	154.46	2.3
95/5/15	160.5	161.2	158.7	158.6	159.1	159.62	1.16
90/10/0	152.2	148.9	158.1	155	154.6	153.76	3.43
90/10/5	156.5	155.1	152.3	157.1	158.2	155.84	2.27
90/10/10	160.2	165.4	162.1	163.4	164.7	163.16	2.08
90/10/15	160.3	165.4	166.5	167.1	165.5	164.96	2.69
85/15/0	195	194.4	191.3	193.6	198.4	194.54	2.57
85/15/5	188.6	193.2	195.1	196.5	193.3	193.34	2.98
85/15/10	195.5	191.3	191.4	196.9	188.1	192.64	3.54
85/15/15	195.4	196.4	193.2	195.7	192.1	194.56	1.82
80/20/0	200.5	209.7	215.5	207.3	204.4	207.48	5.64
80/20/5	210.5	213.6	212.4	210.1	209.8	211.28	1.64
80/20/10	218.7	214.5	215.6	213.1	217.9	215.96	2.32
80/20/15	220.1	221.3	219.5	218.3	215.3	218.9	2.28

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว นัชชาพร ประภารัตน์ เกิดวันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2520 สำเร็จการศึกษา  
ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาพอลิเมอร์และสิ่งทอ จากภาควิชาวัสดุศาสตร์  
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2541 หลังจากนั้นจึงเข้าศึกษาต่อใน  
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชา  
วัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อภาคต้นปีการศึกษา 2542 และ  
สำเร็จการศึกษาในภาคต้นปีการศึกษา 2544



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย