

Thesis Title	Preparation of Thermoplastic Mask from Polymer Blends of Polybutylene Succinate and Ethylene Vinyl Acetate for Radiotherapy Application
Thesis Credits	12
Candidate	Mr. Nuttapon Chuenkaek
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Jindarat Pimsamarn
Program	Master of Engineering
Field of Study	Chemical Engineering
Department	Chemical Engineering
Faculty	Engineering
Academic Year	2014

Abstract

The objective of this thesis was to study the appropriate ratio of polymer blend of polybutylene succinate (PBS) and ethylene vinyl acetate (EVA) for radiotherapy application. A commercial thermoplastic mask was analyzed by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). The results indicated that the polymers being used are polyester and polyethylene. The tensile strength, Young's modulus, and percentage elongation at break of the commercial thermoplastic mask were 17.35 MPa, 170.87 MPa, and 387.51, respectively. The polymers used for preparing the thermoplastic mask in this study were polybutylene succinate and ethylene vinyl acetate. The PBS content was varied from 30 to 90 percent weight. The polymer blends of PBS and EVA with various compositions were prepared by mixing on a laboratory-scale twin screw extruder, and molded by injection molding machine. The tensile strength and modulus of the samples were measured by the Universal testing machine. From the results, the tensile strength and Young's modulus of the blends increased with the PBS content. It was found that the appropriate ratio of PBS and EVA component was 70/30 which can be used for preparing the thermoplastic mask. The tensile strength, Young's modulus, and percentage elongation at break of 70/30 of the blends were 19.28 MPa, 179.26 MPa, and 236.59, respectively. It was also found that 10 phr of triacetin added as a plasticizer into the blends was the optimum content for obtaining the good value at the percentage elongation at break. Moreover, the irradiation of 7000 cGy had no effects on the mechanical and chemical properties of the PBS and EVA blends.

Keywords: Head and neck cancer / Polybutylene succinate (PBS) / Radiotherapy / Thermoplastic mask

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเตรียมหน้ากากเทอร์โมพลาสติกจากพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิบิว- ทิลีนซัคซิเนตกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตทสำหรับการใช้งานทางรังสีรักษา
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นายณัฐพล ชื่นแขก
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.จินดารัตน์ พิมพ์สมาน
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (PBS) กับเอทิลีนไวนิลอะซิเตท (EVA) เพื่อเตรียมหน้ากากเทอร์โมพลาสติกสำหรับนำมาประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ด้านรังสีรักษา จากการวิเคราะห์หน้ากากเทอร์โมพลาสติกที่ทางโรงพยาบาลใช้ใน ปัจจุบันโดยใช้เทคนิค FTIR พบว่าพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเตรียมหน้ากากเทอร์โมพลาสติกคือ สารในกลุ่มพอลิเอสเตอร์และพอลิเอทิลีน โดยพบว่าแผ่นหน้ากากเทอร์โมพลาสติกที่ใช้ในโรงพยาบาลในปัจจุบันมีค่าความต้านทานแรงดึง ค่ายังมอดูลัส และค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด เท่ากับ 17.35 MPa, 170.87 MPa และ 387.51 ตามลำดับ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PBS กับ EVA ที่อัตราส่วนต่างๆ ตั้งแต่ 30-90 เปอร์เซ็นต์ โดยพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดจะถูกผสมให้เข้ากัน ด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ และถูกฉีดขึ้นรูปด้วยเครื่องฉีดพลาสติก แล้วนำชิ้นงานมาทดสอบสมบัติเชิงกลด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Testing Machine) จากผลการวิจัยพบว่าที่อัตราส่วน PBS/EVA เท่ากับ 70/30 พอลิเมอร์ผสมมีค่าความต้านทานแรงดึง ค่ายังมอดูลัส และค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด เท่ากับ 19.28 MPa, 179.26 MPa และ 236.59 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณไตรอะซิทีน (triacetin) ที่ความเข้มข้น 10 phr มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด เท่ากับ 291.65 ซึ่งใกล้เคียงกับแผ่นหน้ากากเทอร์โมพลาสติกที่ใช้ในโรงพยาบาลในปัจจุบัน และจากการทดสอบความทนทานต่อรังสีด้วยเครื่องเร่งอนุภาค พบว่าไม่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตทที่ปริมาณรังสีเท่ากับ 7000 cGy

คำสำคัญ: พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต / มะเร็งศีรษะและลำคอ / รังสีรักษา / หน้ากากเทอร์โมพลาสติก

ACKNOWLEDGEMENTS

I am greatly indebted to many people, directly, who helps me to see through the successful completion of my work. I sincerely thank Asst. Prof. Dr. Jindarat Pimsamarn for her invaluable advice and her patience throughout my learning process. I thank her not only for giving me important lessons in conducting research, but upholding the research ethic that is so important for one's first step in research. There are few words to express the impact she had on my learning. I would like to thank Asst. Prof. Dr. Panchan Sricharoon and Dr. Saiwan Nawalertpanya, who are members of the committee for giving valuable comments and ideas for improving this research work. I'm thankful to Dr. Puangpen Tangboonduangjit in Division of Radiation and Oncology, Department of Radiology, Faculty of Medicine, Ramathibodi hospital, for providing my research work with the thermoplastic mask support and guidance, and for sharing invaluable ideas and results. I'm thankful to the Department of Chemistry, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang for providing the plastic injection molding machine. I'm thankful to the Star Asia (Far East) Co., Ltd. For providing my research works with triacetin (as a plasticizer) support and guidance. And I also would like to thank Assoc. Prof. Dr. Jatuphorn Wootthikanokkhan and Assoc. Prof. Ekachai Wimolmala in the School of Energy, Environment and Materials, KMUTT, for providing my research work with the polymer laboratory support and guidance, and for sharing invaluable ideas.

Unforgettably, thanks to ChE friends for their kind help and other department graduate students who gave me learning experience. I would like to share this moment of accomplishment with all of my friends who were with my through all the good and difficult times. Finally, I thank and seek blessings from my parents to whom I dedicate my first piece of research work.

CONTENTS

	PAGE
ENGLISH ABSTRACT	ii
THAI ABSTRACT	iii
ACKNOWLEDGEMENTS	iv
CONTENTS	vi
LIST OF TABLES	viii
LIST OF FIGURES	x
LIST OF SYMBOLS	xii
LIST OF ABBREVIATIONS	xiii
CHAPTER	
1. INTRODUCTION	1
1.1 Background	1
1.2 Research Objectives	2
1.3 Scope of Work	2
1.4 Expected Result	2
2. THEORY AND LITERATURE REVIEW	3
2.1 Literature Review	3
2.2 Theories	7
2.2.1 Thermoplastic Mask	7
2.2.2 Thermoplastic Mask Instruction	8
2.2.3 Thermoplastic	8
2.2.4 Polybutylene Succinate	10
2.2.5 Ethylene Vinyl Acetate	11
2.2.6 Polymer Blends	11
2.2.7 Polymer Additives	12

CONTENTS (Cont.)

	PAGE
2.2.8 Radiation Chemistry of Polymer	12
2.2.9 Processing of Polymers	15
2.2.10 Mechanical Properties Analysis	17
2.2.11 Thermal Properties Analysis	18
2.2.12 Polymer Morphology Analysis	19
2.2.13 Composition Analysis via FTIR	20
3. METHODOLOGY AND EXPERIMENTAL	21
3.1 Chemicals	21
3.2 Equipment	21
3.3 Experiment Procedures	27
3.3.1 Analysis of the Commercial Thermoplastic Mask	27
3.3.2 Finding the Appropriate Ratio between PBS-EVA	27
3.3.3 Studying Effect of Plasticizer on the Polymer Blends of PBS-EVA	29
3.3.4 Studying Effect of Irradiation on the Polymer Blends of PBS-EVA	31
4. RESULTS AND DISCUSSION	32
4.1 Analysis of the Commercial Thermoplastic Mask	32
4.2 Finding the Appropriate Ratio between PBS-EVA	35
4.3 Effect of Plasticizer on the Polymer Blends of PBS-EVA	40
4.4 Effect of Irradiation on the Polymer Blends of PBS-EVA	43
5. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS	47
5.1 Conclusions	47
5.2 Recommendations	47

CONTENTS (Cont.)

	PAGE
REFERENCES	48
APPENDIX	50
A Chemical Characterization	50
B Tensile test	57
C DSC Results	61
CURRICULUM VITAE	122

LIST OF TABLES

TABLE	PAGE
4.1 FTIR spectroscopy transmittance bands of thermoplastic mask	33
4.2 Compositions of PBS-EVA blends	35
4.3 Results of thermal analysis of PBS-EVA blends via DSC	38
A1 PBS Properties	51
A2 PBS Processing Parameters	51
A3 EVA Properties	53
A4 EVA Molded Properties	53
A5 Triacetin Typical Properties	54
A6 CIVCO Thermoplastic	55
B1 Tensile test of PBS-EVA blends at 100/0 blend composition	58
B2 Tensile test of PBS-EVA blends at 90/10 blend composition	58
B3 Tensile test of PBS-EVA blends at 80/20 blend composition	58
B4 Tensile test of PBS-EVA blends at 70/30 blend composition	58
B5 Tensile test of PBS-EVA blends at 50/50 blend composition	59
B6 Tensile test of PBS-EVA blends at 30/70 blend composition	59
B7 Tensile test of PBS-EVA blends at 0/100 blend composition	59
B8 Tensile test of 70/30 blend composition with 5 phr of triacetin	59
B9 Tensile test of 70/30 blend composition with 7 phr of triacetin	60
B10 Tensile test of 70/30 blend composition with 10 phr of triacetin	60
B11 Tensile test after irradiation	60
C1 DSC data of CIVCO thermoplastic mask	62
C2 DSC data of Klarity thermoplastic mask	72
C3 DSC data of polybutylene succinate	82

LIST OF TABLES (Cont.)

TABLE	PAGE
C4DSC data of ethylene vinyl acetate	92
C5 DSC data of the 70/30 of PBS/EVA blends	102
C6 DSC data of the 50/50 of PBS/EVA blends	112

LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
2.1 Radiotherapy mask	6
2.2 Structure of polybutylene succinate	8
2.3 Reactant monomer preparation from fermentation process	9
2.4 Structure of ethylene vinyl acetate	10
2.5 Schematic diagram of plastic extruder machine	14
2.6 Schematic diagram of plastic injection molding machine	15
2.7 Infrared spectroscopy correlation chart	19
3.1 Twin screw extruder at P-Prof, KMUTT	20
3.2 Injection molding Machine at KMITL	21
3.3 Plastic pelletizer at P-Prof, KMUTT	21
3.4 High speed mixer at P-Prof, KMUTT	22
3.5 Universal testing machine at KMUTT	22
3.6 Differential Scanning Calorimeter at KMUTT	23
3.7 Scanning Electron Microscope at KMUTT	23
3.8 Fourier Transform Infrared Spectroscopy at KMUTT	24
3.9 Linear Accelerator X-ray at Ramathibodi hospital	24
3.10 Controlled temperature oven at P-Prof, KMUTT	25
3.11 Process flowchart of the finding the appropriate ratio of the polymer blends of PBS/EVA	27
3.12 Process flowchart of the studying effect of plasticizer (triacetin) on the polymer blend of PBS/EVA	29
3.13 Process flowchart of the studying effect of radiotherapy on the polymer blend of PBS/EVA	30
4.1 FTIR spectrum of the commercial thermoplastic mask I	31
4.2 FTIR spectrum of the commercial thermoplastic mask II	32
4.3 DSC thermograms of the commercial thermoplastic masks	33
4.4 ASTM D638 type IV specimens of PBS-EVA blends	34
4.5 Tensile strength of PBS-EVA blends	35
4.6 Young's modulus of PBS-EVA blends	35
4.7 Percentage elongation at break of PBS-EVA blends	36
4.8 DSC thermograms of various PBS-EVA compositions	37
4.9 Morphology of PBS-EVA blends at various compositions	38
4.10 Tensile strength of PBS-EVA blends with various content of triacetin	39
4.11 Young's modulus of PBS-EVA blends with various content of triacetin	40
4.12 Percentage elongation at break of PBS-EVA blends with various content of triacetin	40
4.13 Morphology of PBS-EVA blends with 10 phr of triacetin	42
4.14 Specimens of PBS-EVA blends after irradiation	42
4.15 Tensile strength of PBS-EVA blends before and after irradiation	43

LIST OF FIGURES (Cont.)

FIGURE	PAGE
4.16 Young's modulus of PBS-EVA blends before and after irradiation	44
4.17 Percentage elongation at break of PBS-EVA blends before and after irradiation	44
4.18 FTIR spectrum of PBS-EVA blend before irradiation	45
4.19 FTIR spectrum of PBS-EVA blend after irradiation	45

LIST OF SYMBOLS

$T_{c, \text{onset}}$ = crystallization onset temperature

T_g = glass transition temperature

T_m = melting temperature

LIST OF ABBREVIATIONS

DSC	=	Differential Scanning Calorimeter
EVA	=	Ethylene vinyl acetate
FTIR	=	Fourier Transform Infrared
HDPE	=	High density polyethylene
PBS	=	Polybutylene succinate
PC	=	Polycarbonate
PCL	=	Polycaprolactone
PLA	=	Polylactic acid
PVC	=	Polyvinyl chloride
SEM	=	Scanning Electron Microscope
TGA	=	Thermogravimetric analyzer