STUDY ON MECHANICAL PROPERTIES OF STARCH-BASED HDPE BLENDS

Ms. Sawitree Petchuay

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma
and Case Western Reserve University
1998

ISBN 974-638-481-3

T161513X

Thesis Title	:	Study on Mechanical Properties of Starch-Based HDPE Blends
By	:	Ms. Sawitree Petchuay
Program	:	Polymer Science
Thesis Advisors	:	Assoc. Prof. David C. Martin Dr. Ratana Rujiravanit Mr. John W. Ellis

---

Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science.

..... Director of the College
(Prof. Somchai Osuwan)

Thesis Committee

.....
(Assoc. Prof. David C. Martin)

.....
(Dr. Ratana Rujiravanit)

.....
(Mr. John W. Ellis)

.....
(Assoc. Prof. Anuvat Sirivat)

ABTRACT

962010 : POLYMER SCIENCE PROGRAM

KEY WORDS : Mechanical Properties / Starch / HDPE

Sawitree Petchuay : Study on Mechanical Properties of Starch-Based HDPE Blends. Thesis Advisors : Assoc. Prof David C. Martin, Dr. Ratana Rujiravanit, and Mr. John W. Ellis, 54 pp. ISBN 974-638-481-3

Mechanical properties of starch/high-density polyethylene (HDPE) blends have been studied. Two types of starch, tapioca starch and rice starch, were used for the blends. The starch contents were varied from 0-40% by weight. Tensile properties, flexural properties and impact properties were investigated as functions of starch type and content. The results indicate that the mechanical properties of tapioca starch-based HDPE blends are superior to those of rice starch-based HDPE blends at high starch loadings. With increasing starch content the elongation, tensile strength and flexural strength of both types of polymer blends decreased whereas modulus increased due to the inherent stiffness of the starch. The impact strength of tapioca starch-based HDPE blends increased with increasing starch content while for rice starch-based HDPE blends the impact strength decreased with increasing starch content.

บทคัดย่อ

สาวิตรี เพชรช่วย : การศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงกับแป้ง (Study on Mechanical Properties of Starch-Based HDPE Blends) อ.ที่ปรึกษา : รศ. ดร. เดวิด ซี มาร์ติน (Assoc. Prof. David C. Martin) ดร. รัตนา รุจิรวนิช และ มร. จอห์น ดับบลิว เอลลิส (Mr. John W. Ellis) 54 หน้า
ISBN 974-638-481-3

งานวิจัยนี้ศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) กับแป้ง แป้งที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ แป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า โดยใช้ปริมาณ 0-40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก สมบัติเชิงกลที่ศึกษา ได้แก่ สมบัติการทนต่อแรงดึง แรงกด และแรงกระทบ จากการศึกษาพบว่า พอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงกับแป้งมันสำปะหลังมีความสมบัติเชิงกลที่ดีกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงกับแป้งข้าวเจ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะที่มีปริมาณแป้งสูง ๆ และจากการศึกษาบทบาทของแป้งที่มีต่อสมบัติเชิงกลพบว่า การยืดตัว การทนต่อแรงดึง และการทนต่อแรงกด ของพอลิเมอร์ผสมทั้ง 2 ชนิดมีค่าลดลงเมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น ในขณะที่มอดูลัส (modulus) มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณแป้งที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้จากการศึกษาสมบัติการทนต่อแรงกระทบของพอลิเมอร์ผสมทั้ง 2 ชนิดพบว่า การทนต่อแรงกระทบของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงกับแป้งมันสำปะหลังมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น แต่การทนต่อแรงกระทบของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงกับแป้งข้าวเจ้ามีค่าลดลง

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, where she has gained invaluable knowledge in Polymer Science program and for their kindness in providing her with a two-year scholarship which enabled her to persue her master degree. She also gratefully acknowledges the Siam Modified Starch Co., Ltd. for providing starch used in this work.

She greatly appreciates the help of her research advisor, Assoc. Prof. David C. Martin who originated this thesis. She is deeply indebted to Assoc. Prof. Kanchana Trakulcoo, Dr. Ratana Rujiravanit and Mr. John W. Ellis who not only provided intensive counseling, constructive criticism, suggestion and proof-reading of this manuscript, but also motivated her to complete her thesis work.

She would like to sincerely thank all the staff of the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University for their assistance and in helping her to use the research facilities.

Finally, acknowledgment is gratefully made to her family, for their love, understanding, encouragement and advice.

TABLE OF CONTENTS

		PAGE
	Title Page	i
	Abstract	iii
	Acknowledgements	v
	List of Tables	viii
	List of Figures	ix
CHAPTER		
I	**INTRODUCTION**	
	1.1 High Density Polyethylene	2
	1.2 Starch	3
	1.3 Mechanical Properties	5
	1.3.1 Tensile Properties	5
	1.3.2 Flexural Properties	7
	1.3.3 Impact Strength	10
	1.4 Literature Survey	14
	1.5 Objectives	17
II	**EXPERIMENTAL SECTION**	
	2.1 Materials	18
	2.1.1 Starch	18
	2.2.2 High density polyethylene	18
	2.2.3 Natural Rubber	19
	2.2.4 Zinc Stearate	19
	2.2.5 Calcium Oxide	19

CHAPTER PAGE

2.2 Experimental Procedure 19
2.2.1 Masterbatch Preparation 19
2.2.2 Sample Preparation 21
2.3 Mechanical Testing 22
2.3.1 Tensile Testing 23
2.3.2 Flexural Testing 24
2.3.3 Izod Impact Testing 25
2.4 Scanning Electron Microscope 25

III RESULTS AND DISCUSSION
3.1 Tensile Testing 28
3.1.1 Tensile Strength at Yield 28
3.1.2 Percent Strain at Yield 29
3.1.3 Tensile Modulus 32
3.2 Flexural Testing 33
3.2.1 Flexural Strength at Yield 33
3.2.2 Flexural Modulus 34
3.3 Izod Impact Testing 35

IV CONCLUSIONS 39

REFERENCES 40

APPENDIX 42

CURRICULUM VITAE 54

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
2.1	Properties of tapioca starch and rice starch	18
2.2	Processing conditions of the starch masterbatch	20
2.3	Processing conditions of the zinc stearate masterbatch	21
2.4	Processing conditions of the starch-based HDPE blends	22

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
1.1	The chemical structure of starch components	4
1.2	Typical stress-strain curve for a ductile polymer	6
1.3	Stages in cold drawing of a test specimen	7
1.4	Types of flexural testing	8
1.5	Effect of load on test bar in 3-point bending	9
1.6	The stresses present in a test specimen during a 3-point bending	9
1.7	The deflection (D) of the test specimen under load P	10
1.8	Notched Izod impact test (ASTM D256)	12
1.9	Impact strength as a function of the radius of the tip of the notch for different polymers	13
2.1	The diagram of a tensile test, showing the dumbbell-shaped specimen (Type I, ASTM D638) clamped in the jaws of an Instron tester	23
2.2	3-point bending for flexural testing	24
3.1	Scanning electron micrograph of tapioca starch	26
3.2	Scanning electron micrograph of rice starch	26
3.3	Scanning electron micrograph of tapioca starch-based HDPE blend containing 10% starch content	27
3.4	Scanning electron micrograph of rice starch-based HDPE blend containing 10% starch content	27
3.5	Tensile strength at yield of starch-based HDPE blends	28

FIGURE **PAGE**

3.6	Percent strain at yield of starch-based HDPE blends	30
3.7	Scanning electron micrographs of rice starch-based HDPE blends containing 10% starch content and 40% starch content	31
3.8	Tensile modulus of starch-based HDPE blends	32
3.9	Flexural strength at yield of starch-based HDPE blends	34
3.10	Flexural modulus of starch-based HDPE blends	35
3.11	Impact strength of starch-based HDPE blends	36
3.12	The effect of fillers on impact strength	37
3.13	The effect of agglomeration on impact strength	38