พอลิเมอร์ผสมของแป้งมันสำปะหลังและยางธรรมชาติเพื่อเป็นโฟมกันกระแทก

นางสาวปิยวรรณ สุรัญชนาจิรสกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ หลักสูตรปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543
ISBN 974-346-593-6
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I20034192

CASSAVA STARCH-NATURAL RUBBER BLENDS AS SHOCK ABSORBING FOAM

Ms. Piyawan Surunchanajirasakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Petrochemistry and Polymer Science

Program of Petrochemistry and Polymer Science

Faculty of Science, Chulalongkorn University

Acadamic Year 2000

ISBN 974-346-593-6

Thesis Title	Cassava Starch-Natural Rubber Blends as Shock Absorbing Foam
By	Ms. Piyawan Surunchanajirasakul
Department	Petrochemistry and Polymer Science
Thesis Advisor	Professor Suda Kiatkhamjornwong, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Pienpak Tasakorn, Ph.D.

Accepted by Faculty of Science, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

.....Dean of Faculty of Science

(Associate Professor Wanchai Phothiphichitr, Ph.D.)

Thesis Committee

.....Chairman

(Professor Pattarapan Prasassarakich, Ph.D.)

.....Thesis Advisor

(Professor Suda Kiatkamjornwong, Ph.D.)

.....Thesis Co-advisor

(Pienpak Tasakorn, Ph.D.)

.....Member

(Associate Professor Wimonrat Trakarnpruk, Ph.D.)

.....Member

(Wannee Chinsirikul, Ph.D.)

ปิยวรรณ สุรัญชนาจิรสกุล : พอลิเมอร์ผสมของแป้งมันสำปะหลังและยางธรรมชาติเป็นโฟมกันกระแทก(CASSAVA STARCH-NATURAL RUBBER BLENDS AS SHOCK ABSORBING FOAM) อ. ที่ปรึกษา : ศ.ดร. สุดา เกียรติกำจรวงศ์, อ. ที่ปรึกษาร่วม : อ. ดร. เพียรพรรค ทัศคร, 84 หน้า. ISBN 974-346-593-6.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีการขึ้นรูปพอลิเมอร์ผสมของแป้งมันสำปะหลังกับน้ำและแป้งมันสำปะหลังกับยางธรรมชาติเป็นโฟม โดยใช้วิธีการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดแบบ สภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปจะใช้อุณหภูมิในช่วง 130 – 180 องศาเซลเซียส และความดัน 50-110 $kg_f\ cm^{-2}$ เวลา 2 นาที สำหรับการขึ้นรูปโฟมจากแป้งมันสำปะหลังและน้ำ พบว่าปริมาณน้ำในช่วงร้อยละ 150-200 ของน้ำหนักแห้งของแป้งมันสำปะหลังทำให้สามารถขึ้นรูปได้ดี และได้โฟมที่มีรูพรุนแบบปิดค่อนข้างสม่ำเสมอ การผสมแป้งกับยางธรรมชาติที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียสนั้นจำเป็นต้องมีการเติมสารลดแรงตึงผิวแบบไม่มีประจุ (nonidet P40) เข้าไปในของผสมด้วยเพื่อช่วยให้ยางมีความเสถียรและไม่จับตัวเป็นก้อนในระหว่างขั้นตอนการผสม พบว่าปริมาณที่เหมาะสมของ nonidet P40 เป็นร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักน้ำยาง โฟมจากพอลิเมอร์ผสมของแป้งมันสำปะหลังและยางธรรมชาติมีค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดและค่ามอดูลัสมากกว่าโฟมจากแป้งเพียงอย่างเดียว และความแข็งแรงของโฟมที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณยางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องมาจากยางธรรมชาติมีความยืดหยุ่นสูงได้ช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับแป้ง ปริมาณยางธรรมชาติที่สามารถผสมกับแป้งมันสำปะหลังได้อยู่ในช่วงร้อยละ 10-50 ของน้ำหนักแห้งของแป้งมันสำปะหลัง และเมื่อมีการเติมสารเบนโซอิลเพอร์ออกไซด์ปริมาณร้อยละ 2-5 โดยน้ำหนักน้ำยางเข้าไปในของผสม ได้โฟมที่มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น เพราะโมเลกุลของยางเกิดการวัลคาไนซ์ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลของการเติมสารแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณร้อยละ 5-30 ของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลังลงไปในของผสมด้วย ซึ่งพบว่าโฟมที่ได้มีค่าความแข็งแรงต่อแรงอัดและค่ามอดูลัสเพิ่มขึ้นตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เติมเข้าไปเมื่อมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตสูงกว่าร้อยละ 5 แต่ขณะเดียวกันโฟมนั้นก็มีความแข็งเปราะเพิ่มขึ้นด้วย

ภาควิชา - ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา ปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2543 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

C417323 : MAJOR PETROCHEMISTRY AND POLYMER SCIENCE

KEY WORD: CASSAVA STARCH / NATURAL RUBBER / SHOCK ABSORBING FOAM

PIYAWAN SURUNCHANAJIRASAKUL : CASSAVA STARCH-NATURAL RUBBER BLENDS AS SHOCK ABSORBING FOAM. THESIS ADVISOR : PROF. SUDA KIATKAMJORNWONG, THESIS CO-ADVISOR : PIENPAK TASAKORN, Ph.D. 84 pp. ISBN 974-346-593-6.

The foaming process of the mixtures of cassava starch-water and cassava starch-natural rubber latex blends was carried out by compression molding. The appropriate condition to produce an expanded-foam is as follows: a temperature within a range of 130-150°C, 50-110 kgf cm^{-2} pressure and the 2 min molding time. For the foam from the cassava starch and water it was found that the level of water in the range of 150-200% by weight of the dry starch could give a good condition of foaming. The resulting foamed material has a uniform closed cell structure. Considering the blending of cassava starch-natural rubber, the natural rubber could not be dispersed in the gelatinized starch when blending at the temperature 70°C. To stabilize and prevent the coagulation of natural rubber in the blending process, Nonidet P40, a non-ionic surfactant, was used. The suitable amount of Nonidet P40 was 1.5% by weight of natural rubber latex. The compressive strength and the storage modulus of the foam obtained increased with increasing natural rubber content due to the high elasticity of the natural rubber and its promotion of more elasticity to the foams. When 2-5% of benzoyl peroxide by weight of natural rubber is added to the rubber latex, the compressive strength of the foam are further increased due to the vulcanization of the rubber. Furthermore, addition of 5-30% calcium carbonate by weight of the dry starch of the blends are also study. It was found that the compressive strength and storage modulus of the foams increased with increasing content of calcium carbonate when its content was higher than 5%. Likewise, the hardness and brittleness of the foams also increased.

ภาควิชา - ลายมือชื่อนิสิต Piyawan Surunchan

สาขาวิชา ปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Suda Kiatkamjorn

ปีการศึกษา 2543 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม P

ACKNOWLEDGMENTS

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

During the time that it has taken to complete this thesis, many people have assisted throughout this study. The author always appreciate their understanding and helpful advise. She would like to extend her sincerest thanks to the following people:

Professor Dr.Suda Kiatkamjornwong, her advisor, for her valuable guidance and encouragement during the research work and reviewing the thesis. Her kindness will always be remembered. Dr Pienpak Tasakorn, her co-advisor, Professor Dr. Pattarapan Prasassarakich, Assistant Professor Dr. Wimonrat Trakarnpruk, and Dr. Wannee Chinsirikul, for their helpful suggestions in the completion of this thesis.

In addition, she wishes to thank National Metal and Material Technology Center (MTEC) for supporting various instruments and raw materials throughout this research work. Special thank is extended to Chulalongkorn University and Mahidol University for library facilities.

Finally, she would like to express her gratitude to her family for encouragement and moral supports. Many thanks should go to her best friends, especially Ms. Chaveewan Rakdee, and everyone, whose names are not mentioned here, who contribute suggestions and supports during the course of research.

CONTENTS

PAGE

ABSTRACT (IN THAI) iv

ABSTRACT (IN ENGLISH) v

ACKNOWLEDGMENTS vi

CONTENTS vii

LIST OF TABLES xi

LIST OF FIGURES xii

ABBREVIATIONS xiv

CHAPTER I INTRODUCTION

1.1 Introduction 1

1.2 Objective 2

1.3 Scope of the Research 2

CHAPTER II THEORECTICAL BACKGROUND

2.1 General Consideration of Starch 5

2.1.1 Starch Properties 7

2.1.2 Starch-Plastic Composite 8

2.2 Natural Rubber (NR) Latex 9

2.2.1 Stabilisation of NR Latex 10

2.2.2 Destabilisation of NR Latex 10

2.2.2.1 Gelation by Acids 11

2.2.2.2 Gelation by Salts 11

2.3 Stability of Natural Rubber Latex Dispersion in the Blend....11

2.3.1 Theory of Stability of Lyophobic Colloids....12

2.3.2 Adsorption of Surfactant on Spherical Colloids....14

2.3.3 Adsorption of Non-ionic Surfactant on Natural Rubber Latex Particle....15

2.4 Peroxide Vulcanisation....17

2.4.1 Characteristics of Peroxide Vulcanisation....17

2.5 Blending Process....18

2.6 Plastic Foam....19

2.6.1 Methods of Foaming....20

2.6.2 Properties of Foam....21

2.7 Literature Reviews....21

CHAPTER III EXPERIMENTAL

3.1 Materials....27

3.2 Instruments....27

3.3 Characterisation of Raw Materials....28

3.3.1 Starch Powder....28

3.3.1.1 Thermal Property Measurement....29

3.3.1.2 Particle Size Measurement....29

3.3.2 Natural Rubber (NR) Latex....29

3.3.2.1 Total Solid Content (%TSC)....30

3.3.2.2 Dry Rubber Content (%DRC)....30

3.3.2.3 Particle Size Measurement....31

3.4 Blending Studies....31

3.4.1 Foam from Starch and Water....32

3.4.2 Preparation of NR Dispersed in the Gelatinized Starch....33

3.4.3 Preparation of Starch and Natural Rubber Blended....33

3.4.4 Peroxide Curing of Natural Rubber Latex....34

3.5 Dispersion of natural rubber latex in gelatinized starch....35

3.5.1 Polarizing Microscope....35

3.6 Preparation of the Expanded-Foam Material....36

3.7 Morphology of Expanded-Foam Materials....36

3.7.1 Scanning Electron Microscope (SEM) Measurement....36

3.7.2 Reflected Light Microscope....36

3.8 Mechanical Properties of Expanded-Foam Materials....37

3.8.1 Determination of Compressive strength....37

3.8.2 Dynamic Mechanical Analysis (DMA)....37

3.9 Effect of Calcium Carbonate....38

CHAPTER IV RESULTS AND DISCUSSION

4.1 Starch Powder Analysis....39

4.2 General Characteristics of Natural Rubber Latex....41

4.3 Foam from Starch and Water....42

4.3.1 Foaming Process of Starch and Water....42

4.3.2 Cell Structure of Foam from Starch and Water....45

4.4 Stability of NR Latex Dispersed in the Gelatinized Starch....51

4.5 Effec of NR Content on the Blending and Foaming Process....53

4.6 Phase Morphology of the Blend....53

4.7 Morphology of the Foams.....56

4.8 Compressive Strength of the Foams.....59

4.9 Dynamic Mechanical Properties of the Foams.....63

4.9.1 Effect of NR.....64

4.9.2 Effect of Benzoyl Peroxide.....65

4.10 Effect of Calcium Carbonate.....69

CHAPTER V CONCLUTION AND SUGGESTION

5.1 Conclusion.....74

5.2 Suggestion for Further Work.....76

REFERENCES.....77

APPENDICES.....80

APPENDIX A.....81

APPENDIX B.....83

VITA.....84

LIST OF TABLES

TABLES **PAGE**

3.1 Formulation of starch and water....32

3.2 Effect of the amount of non-ionic surfactant on the blend of starch and NR...33

3.3 Formulation of starch and natural rubber latex....34

3.4 Formulation for varies amount of benzoyl peroxide in the mixture....35

4.1 Solid contents of NR latex used in this study....41

4.2 The compositions and the characteristics of the foams....48

4.3 Effect of the amount of Nonidet P40 used for dispersing NR latex in the gelatinized starch....52

4.4 Compressive strength of the foams....61

4.5 The percentage increase in compressive strength of the foams with varies NR content....62

4.6 The percentage increase in compressive strength of the foams with varies benzoyl peroxide content....62

4.7 The storage moduli (E′), loss moduli (E″), T_g, and tan δ of starch/NR foams .66

4.8 Compressive strength of the starch/NR foams with and without calcium carbonate....71

4.9 The storage moduli(E′), loss moduli(E″), T_g, and tan δ of starch/NR foams with and without calcium carbonate....71

4.10 The percentage increase in compressive strength of the foams with varies $CaCO_3$ content....73

LIST OF FIGURES

FIGURES **PAGE**

2.1 Components of normal cornstarch.....6

2.2 Potential energy of interaction as a function of distance between two spherical particles.....13

2.3 Potential energy curves of interaction against distance for interaction between two spherical particles adsorbed with non-ionic surfactant: (a) witout potential energy for repulsion and (b) with potential energy of repulsion.....16

2.4 The simple representation of structure of peroxide vulcanisated.....17

2.5 Classification of polymer blends.....19

3.1 Diagram of apparatus used for the blend preparation.....31

4.1 TGA thermogram of the starch powder.....39

4.2 Particle size distribution of the starch powder in water.....40

4.3 Particle size distribution of concentrated NR latex used in this study.....42

4.4 Photograph of gelatinized starch observed under plane polarized light at 20x magnification.....45

4.5 Morphology of the foamed showed closed and open cell.....46

4.6 Appearance of the starch foam with increasing the water content.....49

4.7 The cell structure of the foam from starch and water in various water content.....50

4.8 A proposed model of starch and NR blend: (a) homogeneous, and (b) heterogeneous appearance.....52

4.9 Photograph of starch granules from the starch powder observed under a plane polarized light at a 20x magnification....54

4.10 Optical photographs (a) gelatinized starch, and (b) gelatinized starch/NR blend observed under a plane of the polarized light microscope at 20x magnification....55

4.11 Scanning electron micrograph of cross sections of foams at 20x magnification: (a) starch; (b) NR 10%; (c) NR 20%; (d) NR 30%; (e) NR 40%; (f) NR 50%....57

4.12 Scanning electron micrograph of cross sections of (a) starch and, (b) Starch/NR 30%; at 75x magnification....58

4.13 Compressive strength of the starch/NR foams without Benzoyl Peroxide....60

4.14 Compressive strength of the starch/NR foams with Benzoyl Peroxide....61

4.15 The storage moduli of the starch and starch/NR foams....67

4.16 Tan δ and T_g of the starch and starch/NR foams....67

4.17 The storage moduli of the starch/NR foams with various concentrations of benzoyl peroxide....68

4.18 Tan δ and T_g of the starch/NR foams with various concentrations of benzoyl peroxide....68

4.19 Storage modulus, Tan δ and T_g of the NR latex....69

4.20 The storage moduli of the starch/NR foams: (a) 0% $CaCO_3$; (b) 5% $CaCO_3$; (c) 15% $CaCO_3$; (d) 30% $CaCO_3$....72

4.21 Tan δ and T_g of the starch/NR foams: (a) 0% $CaCO_3$; (b) 5% $CaCO_3$, (c) 15% $CaCO_3$; (d) 30% $CaCO_3$....72

4.22 Scanning electron micrographs of cross sections of starch/NR/CaCO3 foams: (a) : (a) 0% $CaCO_3$; (b) 5% $CaCO_3$; (c) 15% $CaCO_3$; (d) 30% $CaCO_3$ at 50x magnification..... 73

ABBREVIATIONS

NR	Natural rubber
S	Starch
W	Water
T_g	glass transition temperature
SEM	Scanning electron microscopy
DMA	Dynamic mechnical analysis
G′	storage modulas
G″	loss modulus
Tan δ	loss tangent