สารเคมีเป็นพิษที่ปนเปื้อนจากขยะและสิ่งแวดล้อมในเม็ดพลาสติกรีไซคลิ่ง

นางสาววิชุดา มณีรัตน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์โพลิเมอร์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2539

ISBN 974-633-630-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17012223

TOXIC CHEMICAL CONTAMINATION FROM WASTE AND ENVIRONMENT ON RECYCLED RESIN

Miss Wichuda Maneerat

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Program of Polymer Science
Graduate School
Chulalongkorn University
1996

ISBN 974-633-630-4

Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University

Thesis Title	Toxic Chemical Contamination from Waste and Environment on Recycled Resin
By	Miss Wichuda Maneerat
Department	Polymer Science
Thesis Advisor	Associate Professor Kroekchai Sukanjanajtee, Ph.D.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree.

Santi Thoongsuwan
..... Dean of Graduate School

(Associate Professor Santi Thoongsuwan, Ph. D.)

Thesis committee

..... Chairman

(Associate Professor Supawan Tantayanon, Ph.D.)

K. Sukanjanajtee
..... Thesis Advisor

(Associate Professor Kroekchai Sukanjanajtee, Ph.D.)

Nuanphun Chantarasiri
..... Member

(Nuanphun Chantarasiri, Ph.D.)

Wimonrat Trakarnpruk
..... Member

(Assistant Professor Wimonrat TrakarnPruk, Ph.D.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

วิชุดา มณีรัตน์ : สารเคมีเป็นพิษที่ปนเปื้อนจากขยะและสิ่งแวดล้อม ในเม็ดพลาสติกรีไซคลิ่ง (TOXIC CHEMICAL CONTAMINATION FROM WASTE AND ENVIRONMENT ON RECYCLED RESIN) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.เกริกชัย สุกาญจนัจที, 148 หน้า.
ISBN 974-633-630-4

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้างที่มีได้ในพลาสติก อันได้แก่ ตะกั่ว, แคดเมียม, ปรอท, สไตรีนโมโนเมอร์ คือ 250 ส่วนในล้านส่วน, 100 ส่วนในล้านส่วน, 100 ส่วนในล้านส่วน, และ 1000 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ ปริมาณของตะกั่ว และ แคดเมียม สามารถหาได้โดยใช้วิธี“ ทำเถ้าแบบแห้ง” และวัดโดยเครื่องอะตอมมิก แอบซอร์ปชัน สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ปริมาณของปรอทสามารถหาได้โดยใช้วิธี“ ออกซิเดชันแบบเปียก” และ วัดด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชัน สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ส่วนปริมาณของสไตรีน โมโนเมอร์ จะใช้เครื่องก๊าซโครมาโตรกราฟี

สำหรับงานวิจัยนี้ พลาสติกรีไซคลิ่ง ที่ทำการตรวจสอบคือ โพลิเอทธิลีน, โพลิสไตรีน, และโพลิโพรพิลีน ปริมาณของตะกั่วโดยเฉลี่ยในโพลิเอทธิลีน คือ 143.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, โพลิสไตรีน คือ 6.38 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, โพลิโพรพิลีน คือ 158.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณของแคดเมียมโดยเฉลี่ยในโพลิเอทธิลีน คือ 55.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม,โพลิสไตรีน คือ 16.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, โพลิโพรพิลีน คือ76.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณของปรอทโดยเฉลี่ยในโพลิเอทธิลีน คือ 311.03 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม โพลิสไตรีน คือ 416.50 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมและโพลิโพรพิลีน คือ 606.36 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับสไตรีนโมโนเมอร์นั้นเป็นสารปนเปื้อนที่มีเฉพาะในโพลิสไตรีนเท่านั้น โดยมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 850.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ต้นศาสตร์ – โพลิเมอร์ ลายมือชื่อนิสิต วิชุดา มณีรัตน์
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์โพลิเมอร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา ๒๕๓๘ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C685228 : MAJOR POLYMER SCIENCE
KEY WORD: POLYETHYLENE/ POLYPROPYLENE/ POLYSTYRENE/ RECYCLED PLASTICS/ TRACE ELEMENT

WICHUDA MANEERAT : TOXIC CHEMICAL CONTAMINATION FROM WASTE AND ENVIRONMENT ON RECYCLED RESIN, THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. KROEKCHAI SUKANJANAJTEE, Ph.D. 148 pp. ISBN 974-633-630-4

The maximum allowable amounts of toxic contaminants as lead, cadmium, mercury, and styrene monomer in plastics are 250 ppm, 100 ppm, 100 ppm, and 1000 ppm, respectively. Lead and cadmium content were measured by "Dry Ashing Method" and detected subsequently by flame of atomic absorption spectrometer. Mercury content was measured by "Wet Oxidation Method" and detected subsequently by cold vapor technique atomic absorption spectrometer. Styrene monomer was measured quantitatively by gas chromatography.

In this research, recycled plastics of which contaminants being analyzed are polyethylene, polystyrene, and polypropylene. The average lead content of polyethylene, polystyrene, and polypropylene are 143.15 ppm, 6.38 ppm, and 158.14 ppm, respectively. The average cadmium content of polyethylene, polystyrene, and polypropylene are 55.0 ppm, 16.50 ppm, and 76.18 ppm, respectively. The average mercury content of polyethylene, polystyrene, and polypropylene are 311.03 ppm, 416.50 ppm, and 606.36 ppm, respectively. The average styrene monomer content of polystyrene is 850.63 ppm.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เคมีเทคนิค - โพลิเมอร์ ลายมือชื่อนิสิต วิชภา มณีธาน

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์โพลิเมอร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ACKNOWNLEDGEMENT

I wish to express gratitude to my advisor, Associate Professor Kroekchai Sukanjanajtee for his precious advice, valuable criticism and generous encouragement throughout the course of this research. Especial gratitudes are offered to Associate Professor Supawan Tantayanon, and Dr. Nuanphun Chantarasiri for their help and suggestion.

The special thanks are due to the plastic product fabricators, plastic waste processing factories and waste dealers for their data and samples.

Finally, I would like to express my greatest application to my family for their support throughout the course.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS

PAGE

ABSTRACT(IN THAI).....iv

ABSTRACT(IN ENGLISH).....v

ACKNOWNLEDGEMENT.....vi

CONTENTS.....vii

LIST OF TABLES.....x

LIST OF FIGURES.....xii

ABBREVIATION.....xvii

CHAPTER

I. INTRODUCTION.....1

-Statement of Problem.....1

-Purpose of the Research.....4

-Scope of the Research.....4

II. PLASTICS RECYCLING.....5

-Plastics Recycling Industry.....5

-Types of Plastic Waste.....5

-Types of Plastic Now Recycled.....6

-Local Plastics Recycling Industry.....13

-Structure of Local Plastic Recycling Industry.....13

-Processing of Plastic Waste.....16

-Composition of Local Plastic Waste.....21

III. RESEARCH METHODOLOGY.....23

-Specifying of Contaminants.....23

-Additive.....24

-Colorants.....25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS(continued)

PAGE

-Thermal Degradation Products....26
-Closure Filling....27
-Air Pollution....28
-Carbon Monoxide....29
-Nitrogen Dioxide....30
-Sulfur Dioxide....30
-Particulates....31
-Lead....31
-Toxic Waste Contaminants....32
-Municipal Waste....32
-Experimental....36
-Chemicals....36
-Glasswares....36
-Apparatus....37
-Procedure....37
-Determination of Lead in Packaging Plastics....37
-Determination of Cadmium in Packaging Plastics....39
-Determination of Mercury in Packaging Plastics....41
-Determination of Residual Styrene Monomer in Polystyrene....45
IV. RESULTS AND DISCUSSION....48
-Sample Collection....48
-Safety Limits....48
-Quantity of Contaminants....53

CONTENTS(continued)

PAGE

-Quantity of Lead.....53

-Quantity of Cadmium.....61

-Quantity of Mercury.....68

-Quantity of Styrene Monomer.....74

V. CONCLUSION.....89

REFFERENCES.....90

APPENDIX A.....93

APPENDIX B.....101

APPENDIX C.....107

APPENDIX D.....112

VITA.....148

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LISTS OF TABLES

TABLE PAGE

1.1 Historical and projected use of plastics in selected product categories in packaging....3

2.1 Various codes of recycled plastic product....11

2.2 Plastics used in packaging, 1989....12

2.3 Plastics Packaging by Volume....13

2.4 The composition of plastic waste fiom On-Nooch and Nong-Khaem....21

2.5 Percentage of various plastic waste from waste dealers and grinders....22

3.1 Average National Ambient Air Quality of Bangkok in 1983....29

3.2 Typical municipal refuse....33

3.3 Composition of municipal refuse in Bangkok....35

4.1 Virgin resin's code number, source, description and date of collection....49

4.2 Recycled plastic pellet's code number, source, description and date of collection....50

4.3 Ground waste plastic's code number, source, description and date of collection....52

4.4 Safety limits of contaminants for packaging plastics....53

4.5 Quantity of lead in virgin resins....54

4.6 Quantity of lead in recycled plastic pellets....55

4.7 Quantity of lead in ground waste plastics....56

4.8 Quantity of cadmium in virgin resins....61

4.9 Quantity of cadmium in recycled plastic pellets....62

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES(continued)

TABLE PAGE

4.10 Quantity of cadmium in ground waste pellets....63

4.11 Quantity of mercury in virgin resins....68

4.12 Quantity mercury in recycled plastic pellets....69

4.13 Quantity of mercury in ground waste plastics....70

4.14 Content of styrene monomer in polystyrene....77

4.15 Styrene monomer content in recycled polystyrene pellets....83

4.16 Styrene monomer content in ground waste polystyrene....87

A.1 Lead content of virgin resin....98

A.2 Lead content of recycled plastics....99

A.3 Lead content of ground waste plastics....100

B.1 Cadmium content of virgin resin....104

B.2 Cadmium content in recycled plastics....105

B.3 Cadmium content in ground waste plastics....106

C.1 Mercury content of virgin resin....109

C.2 Mercury content of recycled resin....110

C.3 Mercury content of ground waste plastics....111

D.1 Styrene monomer content obtained from calibration graph for virgin resins, recycled plastics, and ground waste plastics....146

D.2 Styrene monomer content (mg/kg) of polystyrene....147

LIST OF FIGURES

FIGURE PAGE

1.1 Resin usage by product type....2

1.2 Resin usage in packaging application....2

2.1 Structure of local plastic recycling industry....15

2.2 Processing of plastic waste....17

2.3 Granulator....19

2.4 The cross-section of rotor blade and stator blade....20

2.5 Pelletizing machine....20

3.1 Typical contaminant sources in virgin plastics....23

3.2 Typical sources of contaminants in secondary pellets....24

3.3 Digestion equipment....43

4.1 TGA chromatogram of PS 18-001 for lead analysis....57

4.2 Comparation of amount of lead between recycled polyethylenes and ground waste polyethylenes....58

4.3 Comparation of amount of lead between recycled polystyrenes and ground waste polystyrenes....59

4.4 Comparation of amount of lead between recycled polypylenes and ground waste polypropylenes....60

4.5 TGA chromatogram of PS 18-001 for cadmium analysis....64

4.6 Comparation of cadmium content between recycled polyethylenes and ground waste polyethylenes....65

4.7 Comparation of cadmium content between recycled polystyrenes and ground waste polystyrenes....66

4.8 Comparation of cadmium content between recycled polypropylenes and ground waste polypropylenes....67

LIST OF FIGURES(continued)

FIGURE PAGE

4.9 Comparation of mercury content between recycled polyethylenes and ground waste polyethylenes....71
4.10 Comparation of mercury content between recycled polystyrenes and ground waste polystyrenes....72
4.11 Comparation of mercury content between recycled polypropylenes and ground waste polypropylenes....73
4.12 GC chromatogram of virgin resin (PS 111-001)....75
4.13 GC chromatogram of virgin resin (PS 111-002)....76
4.14 GC chromatogram of recycled polystyrene (PS 18-001)....78
4.15 GC chromatogram of recycled polystyrene (PS 11-001)....79
4.16 GC chromatogram of recycled polystyrene (PS 11-002)....80
4.17 GC chromatogram of recycled polystyrene (PS 16-001)....81
4.18 GC chromatogram of recycled polystyrene (PS 21-001)....82
4.19 GC chromatogram of ground waste polystyrene (PS 18-101)....84
4.20 GC chromatogram of ground waste polystyrene (PS 11-102)....85
4.21 GC chromatogram of ground waste polystyrene (PS 16-101)....86
4.22 Comparation styrene monomer content between recycled polystyrene and ground waste polystyrene....88
A.1 The calibration curve of PE 17-001, PE 17-101, PP 16-001, PP 16-101, PP 17-001, PP 17-101, PP 17-002, PP 17-102, PS 18-001, and PS 18-101....93
A.2 The calibration curve of PE 14-001, PE 13-001, PE 13-101, PE 13-002, PE 13-102, PP 17-003, and PP 17-103 94
A.3 The calibration curve of PE 17-002, PE 17-102, PE 22-001, PE 22-101, PE 14-002, PE 14-003, PE 35-001, PP 16-002, PP 15-001, PP25-001, PS 11-002, PS 16-001, PS 16-101, PS 111-001, and PS 111-002....95

LIST OF FIGURES (continued)

FIGURE PAGE

A.4 The calibration curve of PE 11-001, PE 11-101, PE 43-001, PE 63-001, PE 23-001,PE 53-001,PE 33-001,PP 13-001, PP 11-002,PS 11-102,and PS 11-101.....96

B.1 The calibration curve of PE 17-001, PE 17-101, PE 13-001, PE 13-101, PE 17-002, PE 17-102, PS 18-001, PS 18-101, PS 11-001, PP 16-001, PP 16-101, PP 17-001, PP 17-101, PP 17-002, and PP 17-102.....101

B.2 The calibration curve of PE 14-001, PE 11-001, PE 11-101, PE 14-002, PE 14-003, PE 12-001, PE 35-001, PE 63-001, PE 53-001, PE 33-001, PS 11-002, PS 11-102, PS 16-001, PS 16-101, and PS 21-001.....102

B.3 The calibration curve of PE 22-001, PE 22-101, PE 14-003, PE 63-001, PE 23-001, PE 13-002, PE 13-102, PS 111-001, PS 111-002, PP 17-003, PP 17-103, PP 16-002, PP 16-102, PP 15-001. PP 13-001.and PP 25-001.....103

C.1 The calibration curve of PE 13-001, PE 13-101, PE 22-001,L PE 22-101, PE 11-001, PE 11-101, PE 14-002, PE 14-003, PE 12-001, PE 35-001, PE 43-001, PE 63-001, PE 23-001, PE 13-002, PE 13-102, PP 15-001, PP 13-001, PP 25-001, PP17-002, PS 11-002, PS 11-102, PS 21-001, and PS11-001.....107

C.2 The calibration curve of PE 17-001, PE 17-101, PE 17-002, PE 17-102, PE 53-001, PE 33-001, PP 16-001, PP 16-101, PP 17-001, PP 17-101, PP 17-003, PP 17-103, PP 16-002, PP 16-102, PS 18-001, PS 18-101, PS 16-001, PS 16-101, PS 111-001, and PS 111-002.....108

D.1 GC chromatogram of PS 111-001 (1).....114

D.2 GC chromatogram of PS 111-001 (2).....115

D.3 GC chromatogram of PS 111-001 (3).....116

D.4 GC chromatogram of PS 111-002 (1).....117

D.5 GC chromatogram of PS 111-002 (2).....118

LIST OF FIGURES (continued)

FIGURE PAGE

D.6 GC chromatogram of PS 111-002 (3).....119
D.7 GC chromatogram of PS 18-001 (1).....120
D.8 GC chromatogram of PS 18-001 (2).....121
D.9 GC chromatogram of PS 18-001 (3).....122
D.10 GC chromatogram of PS 11-002 (1).....123
D.11 GC chromatogram of PS 11-002 (2).....124
D.12 GC chromatogram of PS 11-002 (3).....125
D.13 GC chromatogram of PS 16-001 (1).....126
D.14 GC chromatogram of PS 16-001 (2).....127
D.15 GC chromatogram of PS 16-001 (3).....128
D.16 GC chromatogram of PS 11-001 (1).....129
D.17 GC chromatogram of PS 11-001 (2).....130
D.18 GC chromatogram of PS 11-001 (3).....131
D.19 GC chromatogram of PS 21-001 (1).....132
D.20 GC chromatogram of PS 21-001 (2).....133
D.21 GC chromatogram of PS 21-001 (3).....134
D.22 GC chromatogram of PS 18-101 (1).....135
D.23 GC chromatogram of PS 18-101 (2).....136
D.24 GC chromatogram of PS 18-101 (3).....137
D.25 GC chromatogram of PS 11-102 (1).....138
D.26 GC chromatogram of PS 11-102 (2).....139
D.27 GC chromatogram of PS 11-102 (3).....140
D.28 GC chromatogram of PS 16-101 (1).....141
D.29 GC chromatogram of PS 16-101 (2).....142

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES (continued)

FIGURE PAGE

D.30 GC chromatogram of PS 16-101 (3).....143

D.31 The calibration curve for PS 111-001, PS 111-002, PS 11-002, PS 11-001, PS 21-001, and PS 11-102.....144

D.32 The calibration curve for PS 18-001, PS 16-001, PS 18-101, and PS 16-101.....145

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ABBREVIATIONS

g	=	gram
kg	=	kilogram
mg	=	milligram
L	=	litre
nm	=	nanometer
ppb	=	part per billion
ppm	=	part per million
min	=	minute
mA	=	milliampaire
sec	=	second
°C	=	degree of celcius

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย