

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 การย่อยสลายขวดพลาสติกที่ใช้แล้ว

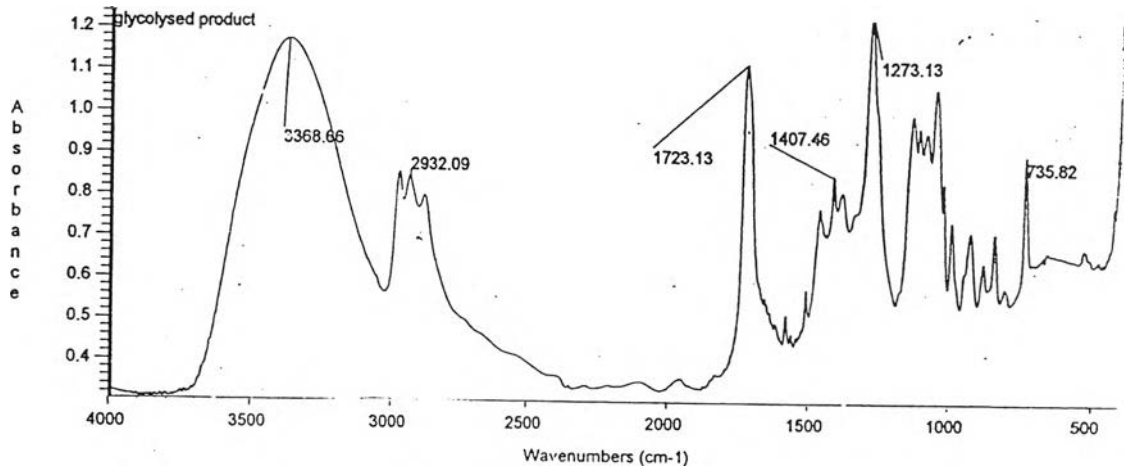
เมื่ออบขวดพลาสติกประเภทขวดบรรจุน้ำดื่มด้วยเครื่องอบหยาบแล้วนำมาผ่านกระบวนการไกลโคไลซิสด้วยโพรพิลีนไกลคอลในอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างขวดต่อโพรพิลีนไกลคอลเท่ากับ 37.5:62.5 โดยมีซิงก์อะซิเตตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือไกลโคไลซ์โพรดักส์ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวขุ่น สีเขียวอมฟ้า โดยสีดังกล่าวเกิดจากผงสีที่ใส่ในขวดน้ำดื่มเพื่อให้ขวดมีความใส ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ไกลโคไลซ์โพรดักส์ที่สังเคราะห์ได้จากการไกลโคไลซิสขวดพลาสติกที่ใช้แล้ว

เมื่อตรวจสอบโกลโคไลซ์โพรดักส์โดยใช้เทคนิค FT-IR Spectroscopy ได้ผลดังรูปที่ 4.2 ซึ่งพบหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญดังนี้

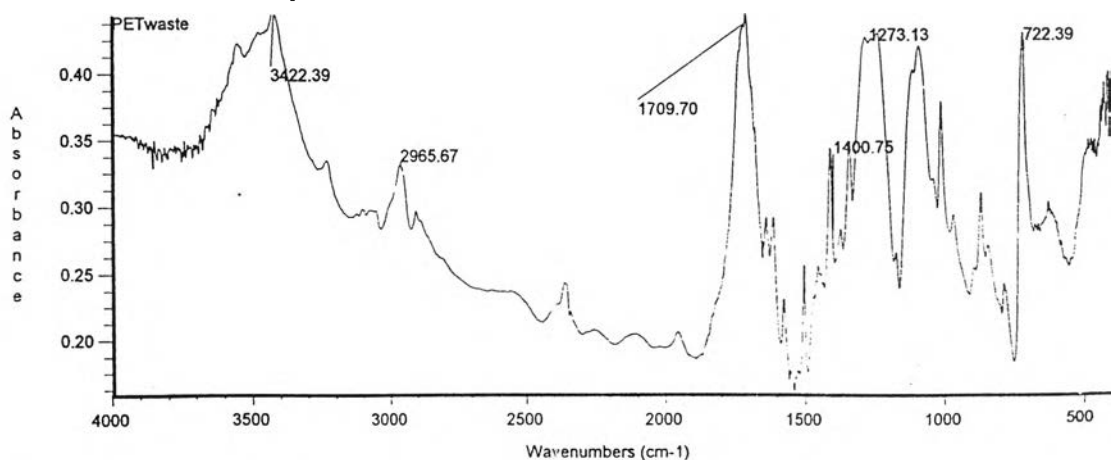
1. พบหมู่ไฮดรอกซิลที่พีก 3368.66 cm^{-1}
2. พบหมู่คาร์บอนิลที่พีก 1723.13 cm^{-1}
3. พบหมู่ C-O-C ที่พีก 1273.13 cm^{-1}



รูปที่ 4.2 กราฟ FT-IR Spectrum ของโกลโคไลซ์โพรดักส์

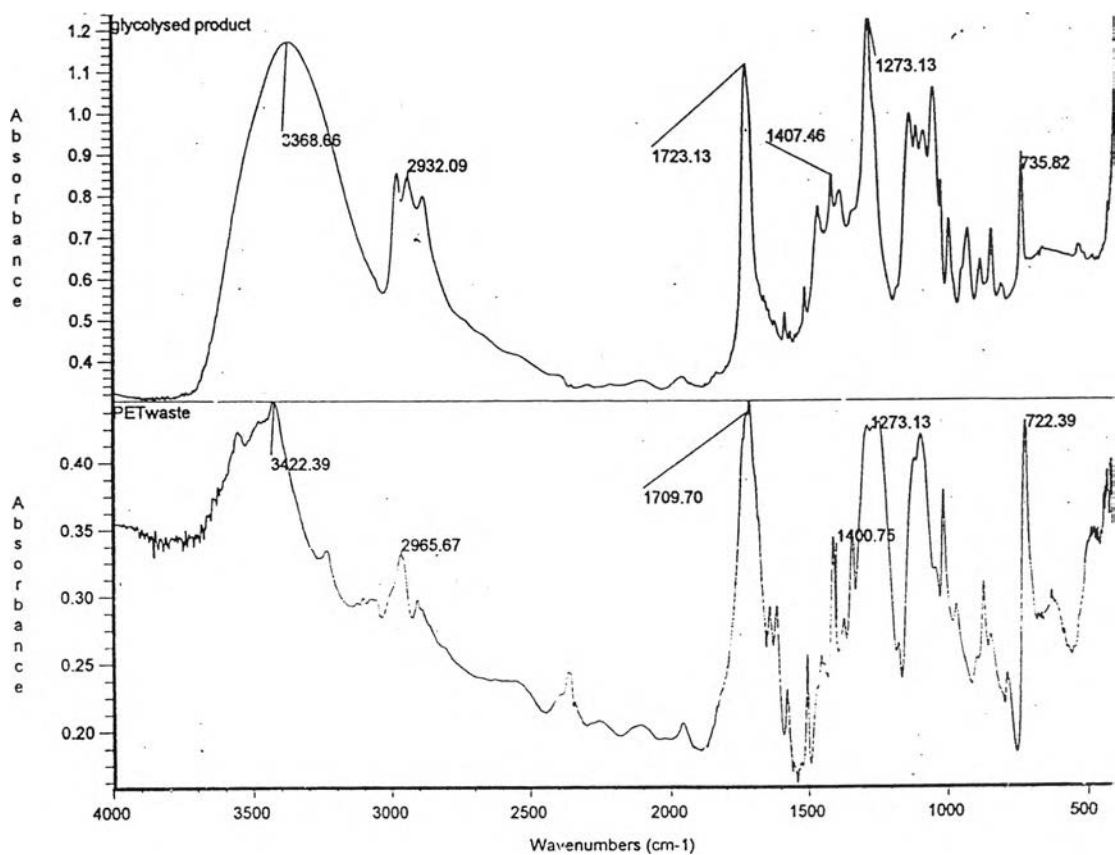
เมื่อนำพेटมาตรวจสอบด้วยเทคนิค FT-IR Spectroscopy ได้ผลดังรูปที่ 4.3 ซึ่งพบหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญดังนี้

1. พบหมู่ไฮดรอกซิลที่พีก 3422.39 cm^{-1}
2. พบหมู่คาร์บอนิลที่พีก 1709.70 cm^{-1}
3. พบหมู่ C-O-C ที่พีก 1273.13 cm^{-1}



รูปที่ 4.3 กราฟ FT-IR Spectrum ของพेट

เมื่อพิจารณากราฟ FT-IR Spectrum แบบ absorbance ของไกลโคไลซ์โพรดักส์ กับกราฟ FT-IR Spectrum แบบ absorbance ของพेटดังรูปที่ 4.4 พบว่าตำแหน่งของหมู่ไฮดรอกซิลมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยกราฟของไกลโคไลซ์โพรดักส์จะมีพีคของหมู่ไฮดรอกซิลเป็นพีคที่กว้าง ในขณะที่กราฟของพेटจะมีพีคของหมู่ไฮดรอกซิลเป็นพีคที่แคบกว่า ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ไกลโคไลซ์โพรดักส์นั้นเป็นโมเลกุลของพेटที่ถูกตัดออกเป็นโมเลกุลสายสั้นๆที่มีหมู่ไฮดรอกซิลที่ส่วนปลายของโมเลกุล จึงทำให้ ไกลโคไลซ์โพรดักส์นั้นพบหมู่ไฮดรอกซิลเพิ่มขึ้นพีคจึงกว้างขึ้น แสดงให้เห็นว่าพेटถูกย่อยสลายเป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็กลง



รูปที่ 4.4 FT-IR Spectra เปรียบเทียบระหว่างไกลโคไลซ์โพรดักส์กับขวดพेटที่ใช้แล้ว

สำหรับไกลโคไลซ์โพรดักส์ที่ได้สามารถนำไปใช้สังเคราะห์พอลิเอสเทอร์พอลิออลในขั้นต่อไป

4.2 การสังเคราะห์พอลิเอสเตอร์พอลิออลจากไกลโคไลซ์โพรดักต์

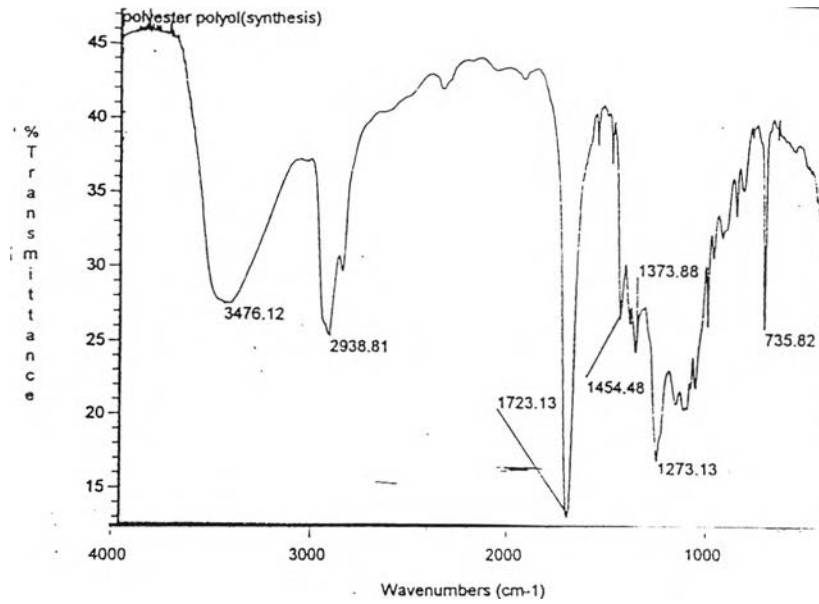
เมื่อนำไกลโคไลซ์โพรดักต์ที่ได้จากการย่อยสลายขวดเพตมาทำปฏิกิริยากับกรดอะดิพิก จะได้พอลิเอสเตอร์พอลิออลเป็นผลิตภัณฑ์โดยมีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืด สีน้ำตาลอ่อนอมเขียวดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 พอลิเอสเตอร์พอลิออลที่สังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักต์

เมื่อตรวจสอบพอลิเอสเตอร์พอลิออลที่ได้ด้วยเทคนิค FT-IR Spectroscopy ได้ผลดังรูปที่ 4.6 พบหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญดังนี้

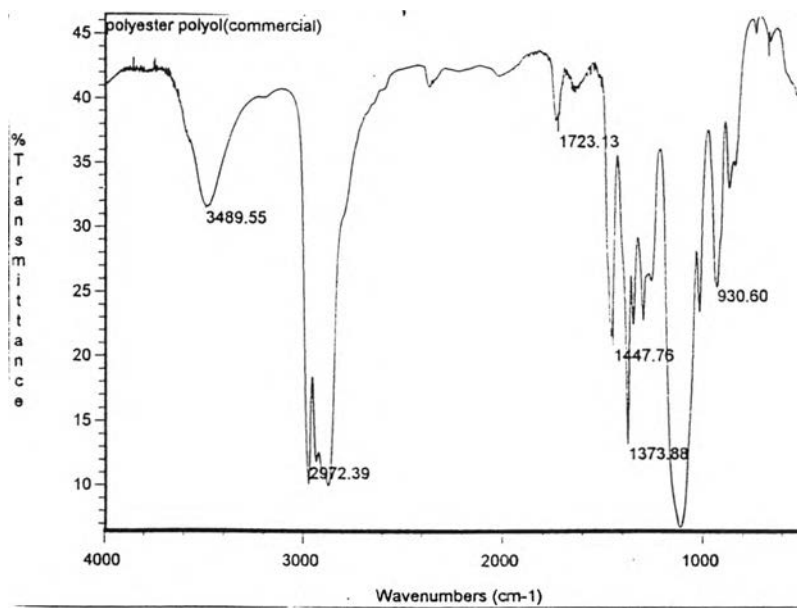
1. พบหมู่ไฮดรอกซิลของสารประกอบที่มี π bond ที่พีค 3476.12 cm^{-1}
2. พบหมู่คาร์บอนิลที่พีค 1723.13 cm^{-1}
3. พบหมู่ $\text{C}=\text{C}$ ที่พีค 1454.48 cm^{-1} และ $\text{C}-\text{H}$ ที่พีค 735.82 cm^{-1}



รูปที่ 4.6 FT-IR Spectrum ของพอลิเอสเทอร์พอลิออลที่สังเคราะห์ได้จากไกลโคไลซ์โพรดักส์

เมื่อนำพอลิเอสเทอร์พอลิออลที่ใช้ในทางการค้ามาตรวจสอบด้วยเทคนิค FT-IR Spectroscopy ดังรูปที่ 4.7 พบหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญดังนี้

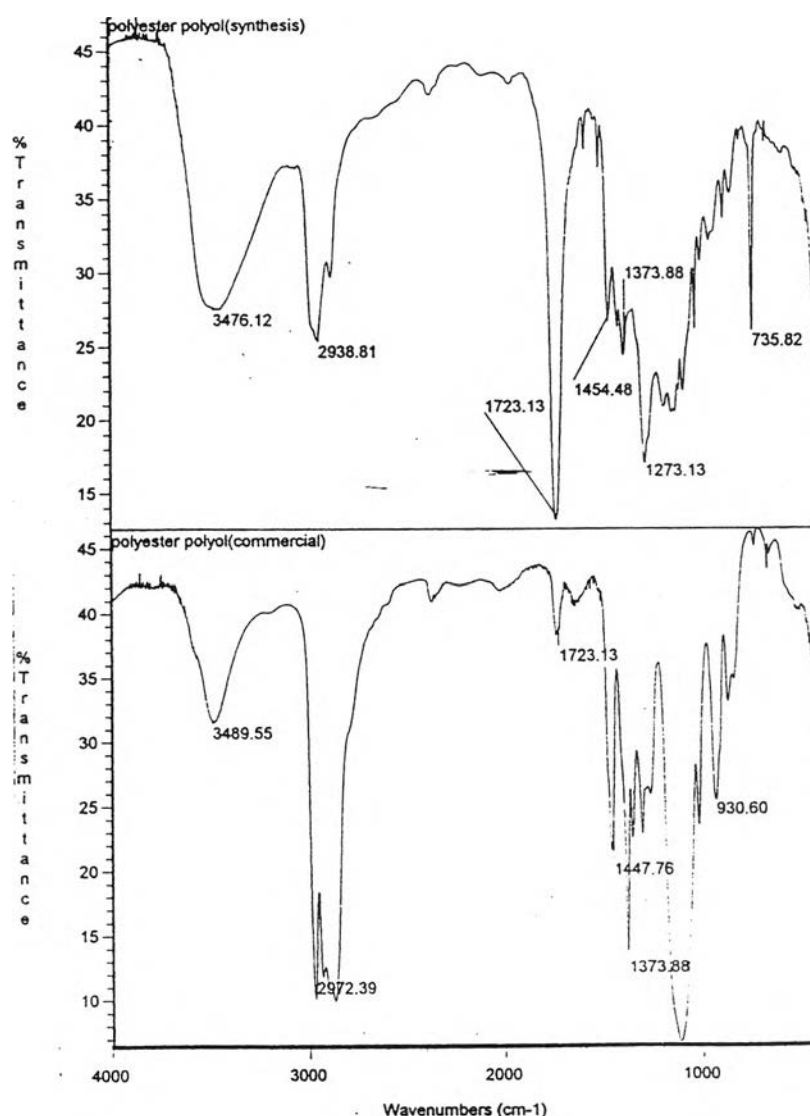
1. พบหมู่ไฮดรอกซิลของสารประกอบที่มี π bond ที่พีค 3489.55 cm^{-1}



รูปที่ 4.7 กราฟ FT-IR Spectrum ของพอลิเอสเทอร์พอลิออลที่ใช้ในทางการค้า

เมื่อเปรียบเทียบ กราฟFT-IRของพอลิเอสเตอร์พอลิออลที่ได้จากการสังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์ กับกราฟFT-IRของพอลิออลที่ใช้ในทางการค้า ดังรูปที่ 4.8 พบว่ากราฟของพอลิเอสเตอร์พอลิออลที่ได้จากการสังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์พบพีคที่ 733.53 cm^{-1} ขึ้นพร้อมกับพีคที่ 1455.71 cm^{-1} ซึ่งพีคที่บริเวณดังกล่าวเป็นลักษณะเฉพาะของสารพวงเบนซีน ในขณะที่กราฟของพอลิเอสเตอร์พอลิออลที่ใช้ในทางการค้านั้นไม่พบพีคที่ $700-800 \text{ cm}^{-1}$ ขึ้น พร้อมกับพีคที่ $1400-1500 \text{ cm}^{-1}$ แสดงว่าพอลิออลที่ใช้ในทางการค้านั้นไม่มีสารพวงเบนซีน ในขณะที่พอลิเอสเตอร์พอลิออลที่ได้จากการสังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์จะมีสารพวงเบนซีนซึ่งได้มาจากโมเลกุล

ของเพต



รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบFT-IR Spectra ของพอลิเอสเตอร์พอลิออลที่สังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์กับพอลิออลทางการค้า

เมื่อนำพอลิเอสเทอร์พอลิออลที่สังเคราะห์ได้จากไกลโคไลซ์โพรดักส์มาหาค่าไฮดรอกซิลนัมเบอร์ (OH-number) ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าไฮดรอกซิลนัมเบอร์ของพอลิเอสเทอร์พอลิออลที่สังเคราะห์ได้จากไกลโคไลซ์โพรดักส์

ครั้งที่	ค่าไฮดรอกซิลนัมเบอร์
1	172.68
2	172.54
3	172.60
เฉลี่ย	172.61

สำหรับพอลิเอสเทอร์พอลิออลที่ได้สามารถนำไปสังเคราะห์โพลีเมอร์ในขั้นต่อไป

4.3 การสังเคราะห์โฟมพอลิยูรีเทนจากพอลิเอสเทอร์พอลิออล

เมื่อนำพอลิเอสเทอร์พอลิออลที่ได้จากการสังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์มาทำปฏิกิริยากับพอลิออลที่ใช้ในทางการค้า, พอลิเมอริก MDI พร้อมทั้งใส่น้ำและกรดฟีนิลฟอสฟอนิกตามอัตราส่วนต่างๆแล้วกวนอย่างรวดเร็ว พบว่าได้โฟมพอลิยูรีเทนดังรูปที่ 4.9, 4.10 และ 4.11 ซึ่งโฟมพอลิยูรีเทนที่ได้นั้นจะมีลักษณะทางกายภาพ อัตราเร็วของน้ำที่ไหลผ่าน โฟมพอลิยูรีเทน ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ลักษณะและอัตราการไหลของโฟมที่สังเคราะห์ได้

สูตรที่	ลักษณะทางกายภาพ	อัตราการเร็วของน้ำที่ไหลผ่าน โฟมพอลิยูรีเทน
1	เนื้อโฟมแน่น ค่อนข้างหยาบ และเหนียว	0.462 ซม./นาที่
2	เนื้อโฟมนุ่มพอสมควร มีโพรงอากาศพอสมควร	72 ซม./นาที่
3	เนื้อโฟมนุ่มกว่าสูตรที่ 2 มีโพรงอากาศมากพอสมควร	54 ซม./นาที่
4	เนื้อโฟมแข็งมาก	0.432 ซม./นาที่
5	เนื้อโฟมแน่นและค่อนข้างแข็ง	0.432 ซม./นาที่
6	เนื้อโฟมแน่น	0.432 ซม./นาที่
7	เนื้อโฟมแน่นแต่ยังนุ่มกว่าสูตรที่ 5 และ 6	1.8 ซม./นาที่

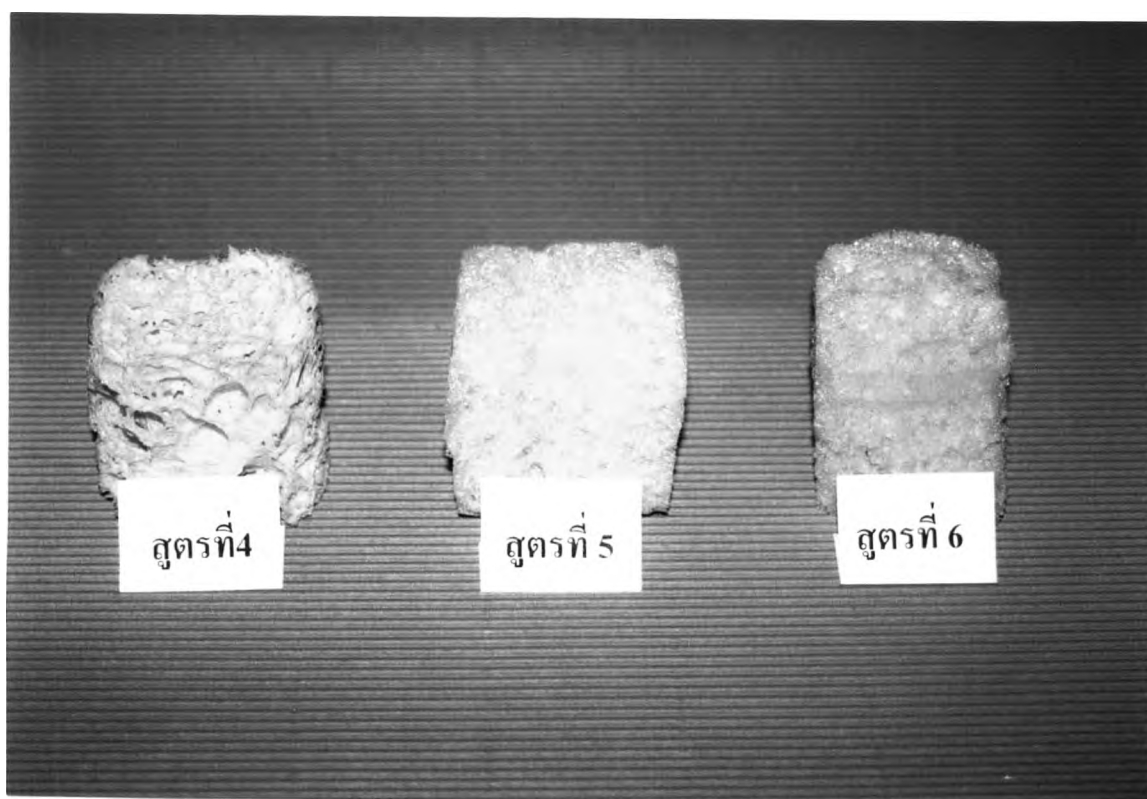
ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

สูตรที่	ลักษณะทางกายภาพ	อัตราเร็วของน้ำที่ไหลผ่านโคมพอลิยูรีเทน
8	เนื้อโพนุ่ม แต่มีอัตราการเกิดฟองอากาศที่ช้า	60 ซม./นาที

จากลักษณะที่ได้ของโคมพอลิยูรีเทนและอัตราการไหลผ่านของน้ำ พบว่าถ้าใช้เพียงแต่พอลิเอสเทอร์พอลิออลที่สังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์อย่างเดียวมาสังเคราะห์โคมพอลิยูรีเทนโคมที่ได้จะมีเนื้อแน่น ค่อนข้างหยาบ และเหนียว ซึ่งไม่เหมาะกับการแยกไอออนของโลหะหนักออกจากสารละลาย ในขณะที่โคมพอลิยูรีเทนที่สังเคราะห์ได้จากการผสมพอลิเอสเทอร์พอลิออลที่ได้จากไกลโคไลซ์โพรดักส์กับพอลิเอสเทอร์พอลิออลที่ใช้ในทางการค้า นั้นจะมีทั้งโคมที่แข็งและนุ่ม โดยโคมพอลิยูรีเทนสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 8 เป็นโคมที่ค่อนข้างนุ่ม และมีอัตราการไหลผ่านของน้ำที่ดี ในขณะที่โคมพอลิยูรีเทนสูตรที่ 1 สูตรที่ 4 สูตรที่ 5 สูตรที่ 6 และสูตรที่ 7 จะเป็นโคมที่แข็ง เนื้อแน่น และอัตราการไหลผ่านของน้ำต่ำ ดังนั้นโคมพอลิยูรีเทนที่เหมาะสมกับการแยกไอออนของโลหะออกจากน้ำเสียคือ สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 8



รูปที่ 4.9 โฟมพอลิยูรีเทนสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 และ สูตรที่ 3



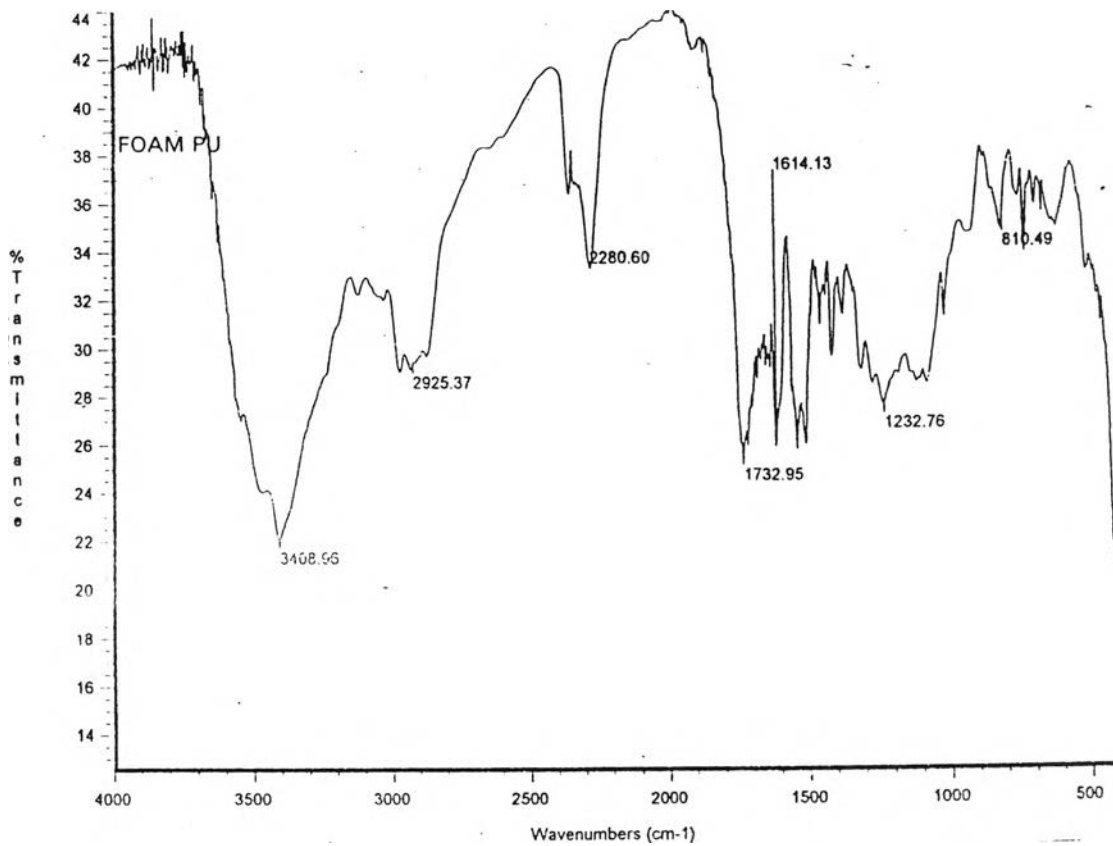
รูปที่ 4.10 โฟมพอลิยูรีเทนสูตรที่ 4 สูตรที่ 5 และ สูตรที่ 6



รูปที่ 4.11 โฟมพอลิยูรีเทนสูตรที่ 7 และ สูตรที่ 8

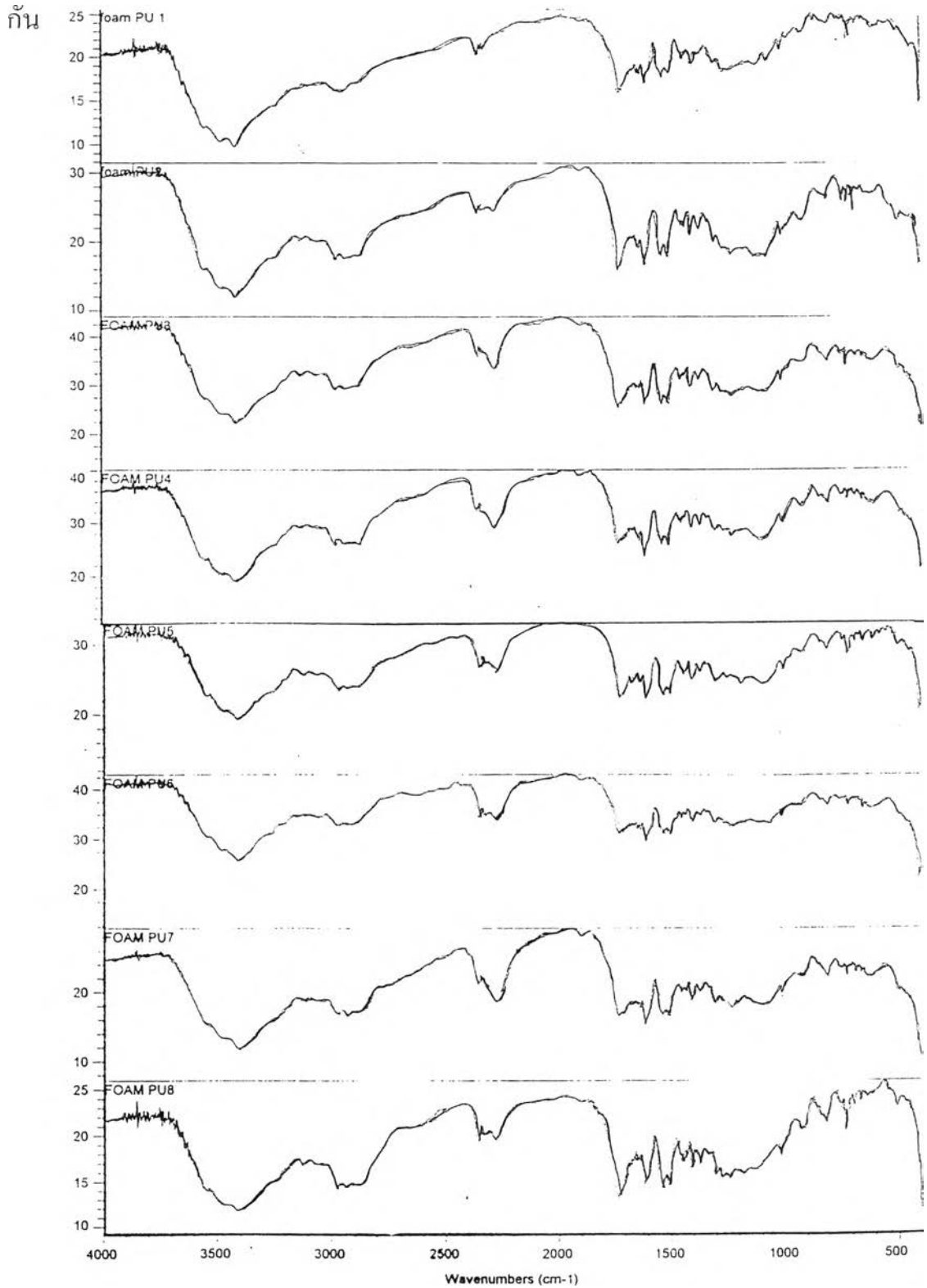
เมื่อนำโฟมพอลิยูรีเทนที่ได้มาตรวจสอบด้วยเทคนิค FT-IR Spectroscopy ได้ผลดังรูปที่ 4.12 พบหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญดังนี้

1. พบหมู่ N-H ที่พิกัด 3408.96 cm^{-1}
2. พบหมู่ -P-O-Ar. ที่พิกัด 1232.76 cm^{-1}



รูปที่ 4.12 FT-IR Spectrum ของโฟมพอลิยูรีเทนที่ใส่กรดฟีนิลฟอสฟอนิกสูตรที่ 3

เมื่อนำโฟมพอลิยูรีเทนทั้ง 8 สูตรมาตรวจสอบด้วยเทคนิค FT-IR Spectroscopy ได้ผลดังรูปที่ 4.13 จะพบว่าโฟมพอลิยูรีเทนทั้ง 8 สูตรมีพีคของหมู่ฟังก์ชันที่บริเวณเดียวกัน



รูปที่ 4.13 FT-IR Spectra ของโฟมพอลิยูรีเทนทั้ง 8 สูตร

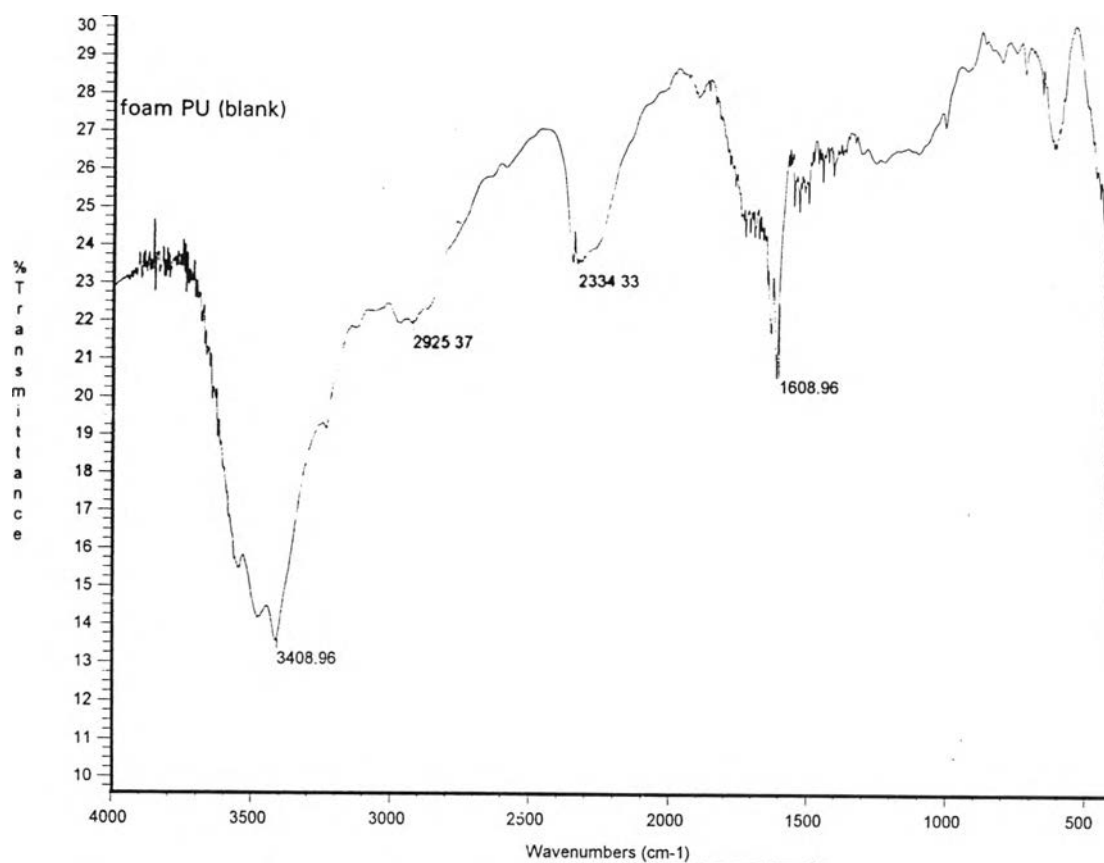
เมื่อสังเคราะห์โฟมพอลิยูรีเทนที่ไม่ได้ใส่กรดฟีนิลฟอสฟอนิกแล้วนำไปเปรียบเทียบกับโฟมพอลิยูรีเทนที่ใส่กรดฟีนิลฟอสฟอนิกสูตรที่ 3 จะได้ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 โฟมพอลิยูรีเทนที่ไม่ได้ใส่กรดฟีนิลฟอสฟอนิกกับโฟมพอลิยูรีเทนที่ใส่กรดฟีนิลฟอสฟอนิก

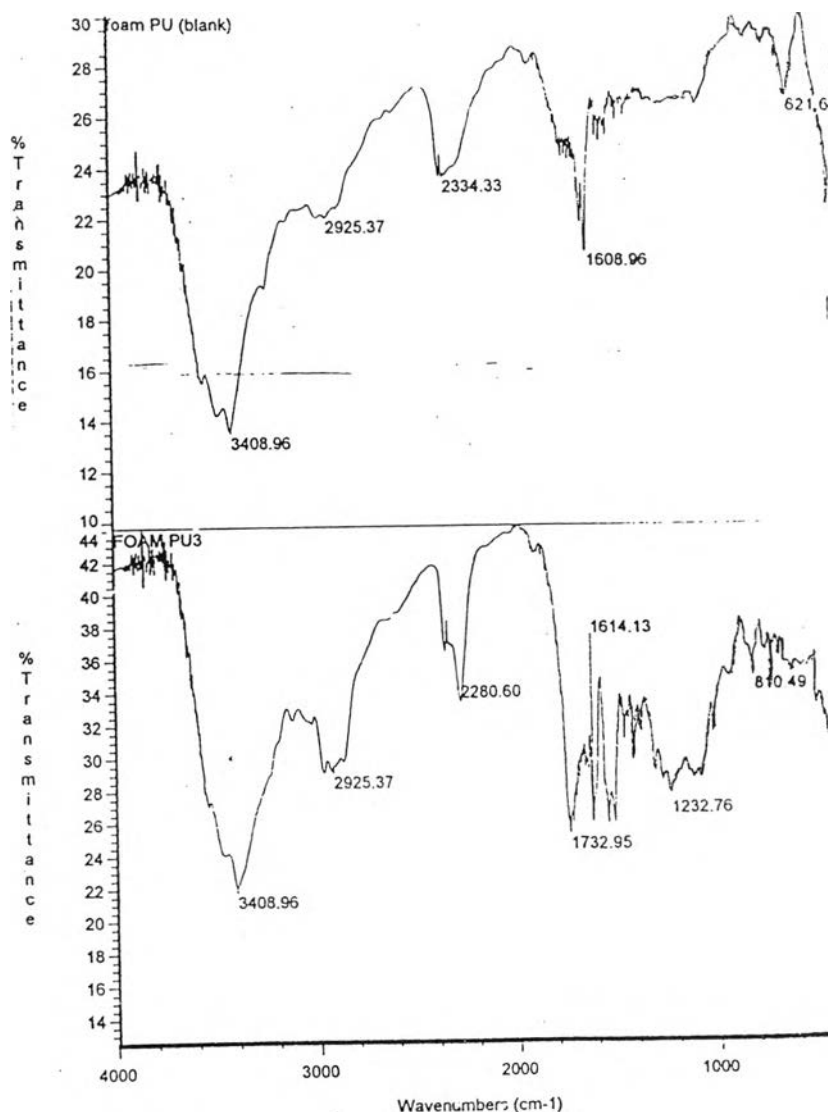
เมื่อนำโฟมพอลิยูรีเทนที่ไม่ได้ใส่กรดฟีนิลฟอสฟอนิกมาตรวจสอบด้วยเทคนิค FT-IR Spectroscopy ได้ผลดังรูปที่ 4.15 พบหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญดังนี้

1. พบหมู่ N-H ที่พีค 3408.96 cm^{-1}



รูปที่ 4.15 FT-IR Spectrum ของโฟมพอลิยูรีเทนที่ไม่ได้ใส่กรดฟีนิลฟอสฟอนิก

เมื่อนำ FT-IR Spectrum ของโฟมพอลิยูรีเทนที่ใส่กรดฟีนิลฟอสฟอนิกมาเปรียบเทียบกับกราฟ FT-IR Spectrum ของโฟมพอลิยูรีเทนที่ไม่ได้ใส่กรดฟีนิลฟอสฟอนิก ดังรูปที่ 4.16 จะพบว่า FT-IR Spectrum ของโฟมพอลิยูรีเทนที่ใส่กรดฟีนิลฟอสฟอนิก จะมีพีคที่ 1232.76 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคของพันธะ P-O-Ar. ในขณะที่ FT-IR Spectrum ของโฟมพอลิยูรีเทนที่ไม่ได้ใส่กรดฟีนิลฟอสฟอนิกนั้นจะไม่มีพีคที่บริเวณนี้



รูปที่ 4.16 การเปรียบเทียบระหว่าง FT-IR Spectrum ของโฟมพอลิยูรีเทนที่ใส่กรดฟีนิลฟอสฟอนิก กับ FT-IR Spectrum ของโฟมพอลิยูรีเทนที่ไม่ได้ใส่กรดฟีนิลฟอสฟอนิก

สำหรับโพลีเอทิลีนที่สังเคราะห์ได้จะนำไปใช้ในการแยกไอออนของโลหะหนักออกจากรน้ำเสีย

4.4 การหาโพลีเอทิลีนที่เหมาะสมในการแยกไอออนของโลหะออกจากสารละลาย

เมื่อนำโพลีเอทิลีนที่สังเคราะห์จากพอลิเอสเตอร์พอลิออลที่ได้จากไกลโคไลซ์โพรดักส์สูตรที่ 2 , 3 และ 8 มาบรรจุเป็นคอลัมน์แล้วนำสารละลายที่มีไอออนของโลหะมาผ่านโพลีเอทิลีน จากนั้นทิ้งไว้ 15 ชม. ได้ผลเปอร์เซ็นต์การดูดซึมไอออนของโลหะออกจากสารละลาย ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมตะกั่วออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเอทิลีนที่สังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์

โพลีเอทิลีน	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	เฉลี่ย
สูตรที่ 2	3.33	3.39	3.51	3.41
สูตรที่ 3	5.08	5.66	5.35	5.36
สูตรที่ 8	3.45	3.57	3.63	3.55

จากตารางที่ 4.3 จะพบว่าโพลีเอทิลีนสูตรที่ 3 สามารถดูดซึมตะกั่วออกจากสารละลายได้มากที่สุด ในขณะที่โพลีเอทิลีนสูตรที่ 2 และ สูตรที่ 8 มีความสามารถในการดูดซึมตะกั่วออกจากสารละลายที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากการที่โพลีเอทิลีนในสูตรที่ 2 และสูตรที่ 8 นั้นมีอัตราเร็วของน้ำที่ไหลผ่านโพลีเอทิลีนเร็วกว่าโพลีเอทิลีนในสูตรที่ 3 ซึ่งอาจทำให้มีเวลาในการเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนของโพลีเอทิลีนในสูตรที่ 2 และสูตรที่ 8 เกิดได้น้อยกว่าโพลีเอทิลีนในสูตรที่ 3 การแลกเปลี่ยนไอออนจึงทำได้น้อยกว่า ดังนั้นโพลีเอทิลีนในสูตรที่ 3 จึงน่าจะเหมาะสมที่จะใช้ในการแยกไอออนของโลหะออกจากสารละลายมากกว่าโพลีเอทิลีนสูตรที่ 2 และสูตรที่ 8

4.5 การแยกไอออนของโลหะออกจากน้ำเสียโดยใช้โพลีเมอร์รีเทน

เมื่อนำโพลีเมอร์รีเทนที่สังเคราะห์จากพอลิเอสเทอร์พอลิโออลที่ได้จากไกลโคไลซ์โพรดักส์ มาบรรจุเป็นคอลัมน์แล้วนำสารละลายที่มีไอออนของโลหะมาผ่านโพลีเมอร์รีเทนซึ่งสารละลายนั้นจะถูกปรับค่าความเป็นกรดต่างให้มีตั้งแต่ 1-5 ด้วยกรดอะซิติกเข้มข้น กรดไนตริก 1.0 M กรดไฮโดรคลอริก 1.0 M และกรดซัลฟูริก 1.0M จากนั้นทิ้งไว้ 15 ชม. ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

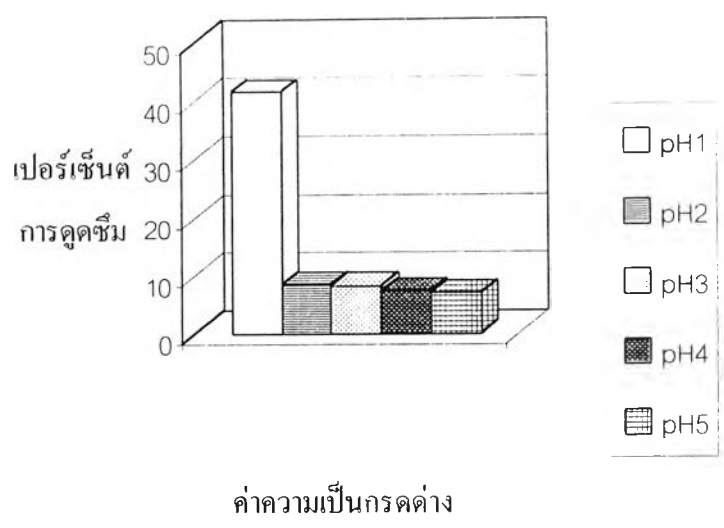
ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมตะกั่วออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเมอร์รีเทน เมื่อใช้กรดอะซิติกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง

	ชุดที่1	ชุดที่2	ชุดที่3	เฉลี่ย
pH1	42.15	40.28	42.39	41.61
pH2	8.56	8.17	8.75	8.49
pH3	8.16	8.35	8.16	8.22
pH4	7.79	7.42	7.24	7.48
pH5	7.05	7.48	6.86	7.13

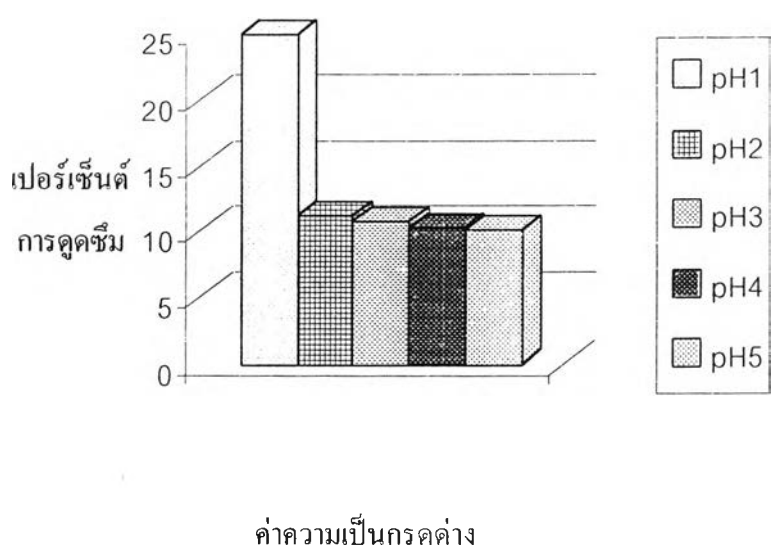
ตารางที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมทองแดงออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเมอร์รีเทน เมื่อใช้กรดอะซิติกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง

	ชุดที่1	ชุดที่2	ชุดที่3	เฉลี่ย
pH1	24.80	25.59	24.41	24.93
pH2	10.88	11.57	11.11	11.19
pH3	10.70	10.48	10.92	10.70
pH4	10.04	10.48	10.26	10.26
pH5	10.26	9.83	10.43	10.19

จากตารางที่ 4.4 และ 4.5 สามารถนำมาเขียนแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมกับค่าความเป็นกรดต่าง ดังรูปที่ 4.17 และ 4.18 ตามลำดับ



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกตะกั่วออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเมอร์



รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกทองแดงออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเมอร์

เมื่อทำการผ่านสารละลายที่มีไอออนของโลหะหนักและใช้กรดอะซิติกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่างลงในคอลัมน์ที่มีโพลีเมอร์บรรจุอยู่แล้วทิ้งไว้ 15 ชม. ปรากฏว่าที่ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 1 สามารถแยกไอออนของโลหะได้มากที่สุดทั้งตะกั่วและทองแดง ดังนั้นจึงนำสารละลายของไอออนของโลหะทั้งสองที่ปรับค่าความเป็นกรดต่างด้วยกรดอะซิติกให้มีค่าเท่ากับ 1 มาผ่านคอลัมน์ที่มีโพลีเมอร์บรรจุอยู่

แล้วทิ้งไว้ 5 10 15 และ 20 ชั่วโมง ได้ผลเปอร์เซ็นต์การดูดซึมไอออนของโลหะทั้งสองออกจากสารละลายดังตารางที่ 4.6 และ 4.7

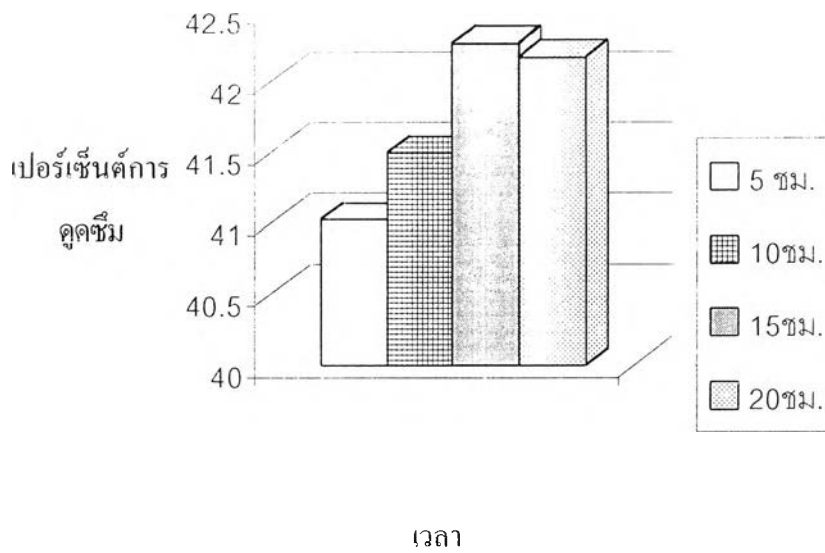
ตารางที่ 4.6 เปอร์เซนต์การดูดซึมตะกั่วออกจากสารละลายที่ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 1 โดยใช้โฟมพอลิยูรีเทน เมื่อใช้กรดอะซิติกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง

	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	เฉลี่ย
5 ชม.	40.94	41.41	40.71	41.02
10 ชม.	41.41	41.88	40.18	41.49
15 ชม.	42.59	42.35	41.88	42.27
20 ชม.	42.12	41.88	42.35	42.17

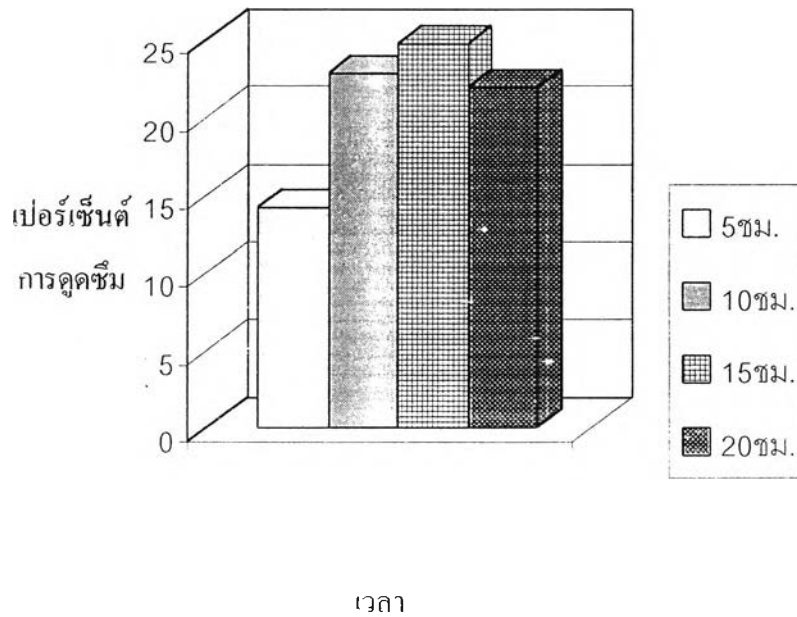
ตารางที่ 4.7 เปอร์เซนต์การดูดซึมทองแดงออกจากสารละลายที่ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 1 โดยใช้โฟมพอลิยูรีเทน เมื่อใช้กรดอะซิติกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง

	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	เฉลี่ย
5 ชม.	14.57	13.39	14.96	14.31
10 ชม.	22.83	22.44	23.23	22.83
15 ชม.	24.80	25.20	24.41	24.80
20 ชม.	21.26	22.44	22.05	21.92

จากตารางที่ 4.6 และ 4.7 สามารถนำมาเขียนแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้กับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมได้ดังรูปที่ 4.19 และ 4.20 ตามลำดับ



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกตะกั่วออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเมอร์เทิน



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกทองแดงออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเมอร์เทิน

จากรูปที่ 4.19 และ 4.20 เมื่อพิจารณาถึงเวลาที่ใช้ในการแยกไอออนของตะกั่ว และทองแดงออกจากสารละลายพบว่า ที่เวลา 5 ,10 ,15 และ 20 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมไอออนของโลหะออกจากสารละลายที่ใกล้เคียงกัน แม้ว่าที่เวลา 15 ชั่วโมงจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมไอออนของโลหะที่มากกว่าเล็กน้อย ทั้งสำหรับตะกั่วและทองแดง

เมื่อทำการทดลองในลักษณะเดียวกันแต่ใช้กรดไนตริก 1.0 M เป็นตัวปรับค่าความเป็นกรด่าง และทิ้งไว้เป็นเวลา 15 ชั่วโมงได้ผลดังตารางต่อไปนี้

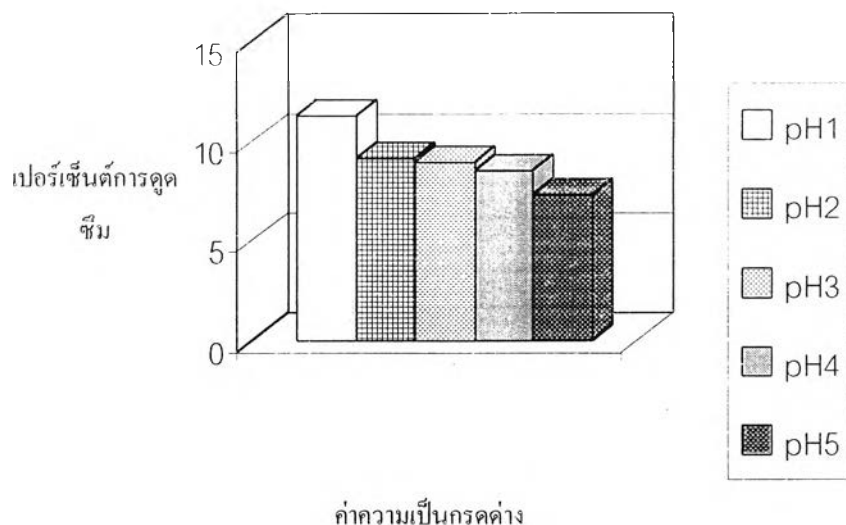
ตารางที่ 4.8 เปอร์เซนต์การดูดซึมตะกั่วออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเมอร์ลิทเทิน เมื่อใช้กรดไนตริก1.0 M เป็นตัวปรับค่าความเป็นกรด่าง

	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	เฉลี่ย
pH 1	11.76	12.12	10.60	11.49
pH 2	8.81	9.15	9.30	9.09
pH3	8.37	8.33	7.95	8.22
pH 4	8.09	8.19	7.87	8.03
pH 5	7.80	7.91	7.53	7.75

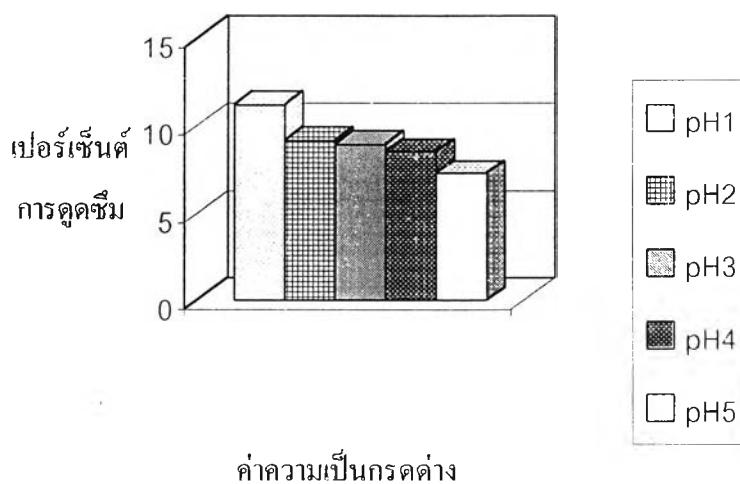
ตารางที่ 4.9 เปอร์เซนต์การดูดซึมทองแดงออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเมอร์ลิทเทิน เมื่อใช้กรดไนตริก1.0 M เป็นตัวปรับค่าความเป็นกรด่าง

	ชุดที่1	ชุดที่2	ชุดที่3	เฉลี่ย
pH1	10.68	11.88	11.76	11.27
pH2	9.09	9.16	9.20	9.15
pH3	8.81	9.04	8.96	8.94
pH4	8.81	8.43	8.36	8.53
pH5	7.29	6.99	7.60	7.29

จากตารางที่ 4.8 และ 4.9 สามารถสามารถนำมาเขียนแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด่างกับเปอร์เซนต์การดูดซึมได้ดังรูปที่ 4.21 และ 4.22 ตามลำดับ



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกตะกั่วออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเมอร์พอลิยูรีเทน เมื่อใช้กรดไนตริกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกทองแดงออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเมอร์พอลิยูรีเทน เมื่อใช้กรดไนตริกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง

เมื่อทำการทดลองในลักษณะเดียวกันแต่ใช้กรดไฮโดรคลอริก 1.0 M เป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง และทิ้งไว้ 15 ชั่วโมงได้ผลดังตารางต่อไปนี้

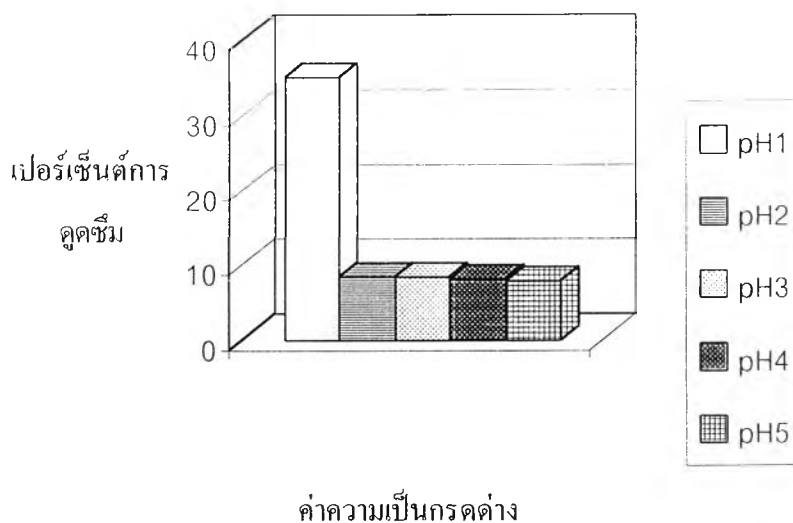
ตารางที่ 4.10 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมตะกั่วออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเมอร์เพน เมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริก 1.0 M เป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง

	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	เฉลี่ย
pH 1	35.96	34.51	34.21	34.89
pH 2	8.25	8.38	8.23	8.29
pH 3	8.17	8.15	8.28	8.20
pH 4	8.33	7.99	7.96	8.09
pH 5	7.85	7.67	7.64	7.72

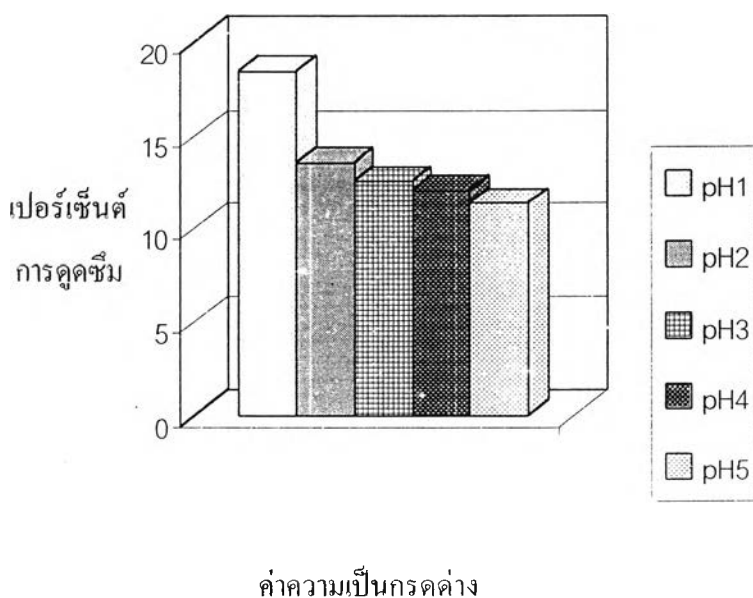
ตารางที่ 4.11 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมทองแดงออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเมอร์เพน เมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริก 1.0 M เป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง

	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	เฉลี่ย
pH1	18.13	18.85	18.37	18.45
pH2	13.11	13.53	14.05	13.56
pH3	12.46	12.65	12.54	12.55
pH4	11.85	12.05	12.24	12.05
pH5	11.85	11.14	11.04	11.34

จากตารางที่ 4.10 และ 4.11 สามารถนำมาเขียนแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมได้ดังรูปที่ 4.23 และ 4.24 ตามลำดับ



รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกตะกั่วออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเมอร์ไธน เมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง



รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกทองแดงออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเมอร์ไธน เมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง

เมื่อทำการทดลองในลักษณะเดียวกันแต่ใช้กรดซัลฟูริก 1.0 M เป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง และทิ้งไว้ 15 ชั่วโมง ได้ผลดังตารางต่อไปนี้

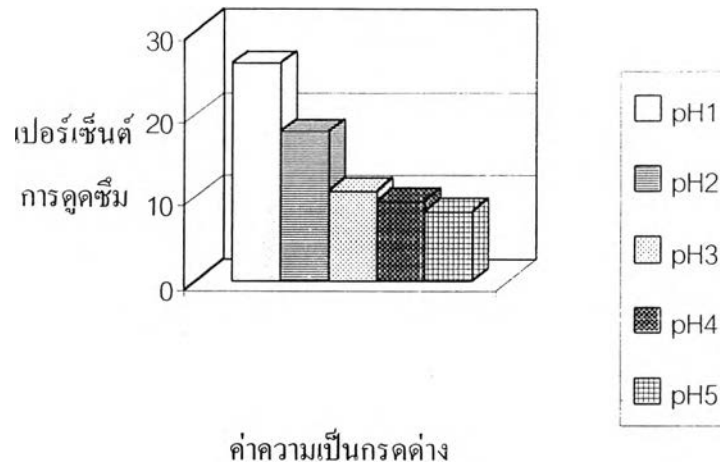
ตารางที่ 4.12 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมตะกั่วออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเมอร์ลิทเทิน เมื่อใช้กรดซัลฟูริก 1.0 M เป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง

	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	เฉลี่ย
pH 1	27.27	26.09	25.00	26.12
pH 2	17.24	17.86	18.52	17.87
pH 3	10.71	10.17	11.32	10.73
pH 4	8.93	10.17	9.43	9.51
pH 5	8.93	8.47	7.55	8.32

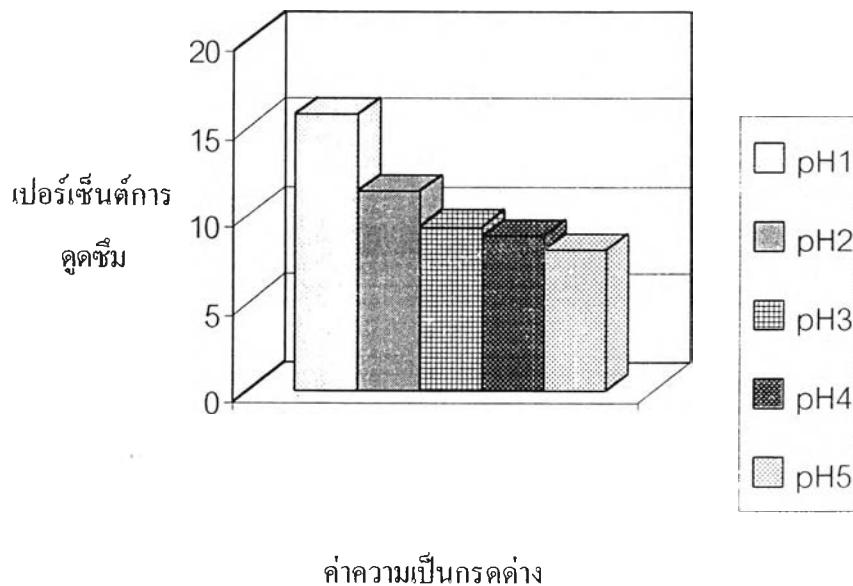
ตารางที่ 4.13 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมทองแดงออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเมอร์ลิทเทิน เมื่อใช้กรดซัลฟูริก 1.0 M เป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง

	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	เฉลี่ย
pH 1	16.00	15.27	15.84	15.70
pH 2	11.51	11.29	11.20	11.33
pH 3	9.27	9.33	9.51	9.37
pH 4	8.61	8.67	9.18	8.82
pH 5	7.95	8.00	8.19	8.05

จากตารางที่ 4.12 และ 4.13 สามารถนำมาเขียนแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมได้ดังรูปที่ 4.25 และ 4.26 ตามลำดับ



รูปที่4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกตะกั่วออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเมอร์พอลิยูรีเทน เมื่อใช้กรดซัลฟูริกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง



รูปที่4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกทองแดงออกจากสารละลายโดยใช้โพลีเมอร์พอลิยูรีเทน เมื่อใช้กรดซัลฟูริกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง

จากผลการทดลองจะเห็นว่ากรดทั้ง 4 ชนิดมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การดูดซึมไอออนของโลหะหนักออกจากสารละลายไปในทิศทางเดียวกัน และเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมไอออนของโลหะหนักออกจากสารละลายในภาวะที่ไม่มีการใช้กรดปรับค่าความเป็นกรดต่าง กับในภาวะที่มีการใช้กรดปรับค่าความเป็นกรดต่าง จากตารางที่ 4.4 - 4.13 จะพบว่าเมื่อมีการใช้กรดปรับค่าความเป็นกรดต่างนั้นจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมไอออนของโลหะหนักออกจากสารละลายมากกว่าเมื่อไม่มีการใช้กรดปรับค่าความเป็นกรดต่าง โดยยิ่งใช้กรดมากยิ่งขึ้นเปอร์เซ็นต์การดูดซึมไอออนของโลหะหนักออกจากสารละลายมาก การที่ผลการทดลองเป็นเช่นนั้น อาจจะเนื่องมาจากกรดที่ใช้ในการปรับค่าความเป็นกรดต่างนั้นสามารถจับตัวกับกรดฟีนิลฟอสฟอนิกเกิดเป็นสารที่ทำการแลกเปลี่ยนไอออนได้ดีขึ้น หรือกรดที่ใช้ในการปรับค่าความเป็นกรดต่างจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนไอออนของกรดฟีนิลฟอสฟอนิกให้ดีขึ้น หรือกรดที่ใช้ในการปรับค่าความเป็นกรดต่างนั้นอาจจับตัวกับไอออนของโลหะหนักเกิดการตกตะกอนได้ และตะกอนเหล่านั้นอาจถูกแยกออกจากสารละลายด้วยโพรพอลิยูรีเทนอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งทั้งหมดนี้น่าจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การดูดซึมไอออนของโลหะหนักออกจากสารละลายเพิ่มขึ้นจากเมื่อไม่มีการใช้กรดปรับค่าความเป็นกรดต่าง

ปริมาณของกรดที่ใช้นั้นก็อาจจะส่งผลต่อผลการทดลองด้วยเช่นกัน กล่าวคือเมื่อใช้กรดในปริมาณที่มาก เช่นที่ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 1 และ 2 ก็อาจจะเกิดการตกตะกอนมาก ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การดูดซึมไอออนของโลหะหนักออกจากสารละลายมากขึ้น ในขณะที่ที่ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 3 4 และ 5 มีการใช้ปริมาณกรดเพื่อปรับค่าความเป็นกรดต่างในปริมาณที่น้อยและใกล้เคียงกัน ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมไอออนของโลหะหนักออกจากสารละลายจึงมากกว่าเมื่อไม่ได้ใช้กรดในการปรับค่าความเป็นกรดต่างไม่มากนัก และมีค่าที่ใกล้เคียงกัน