

บทที่ 4

ผลการวิจัย

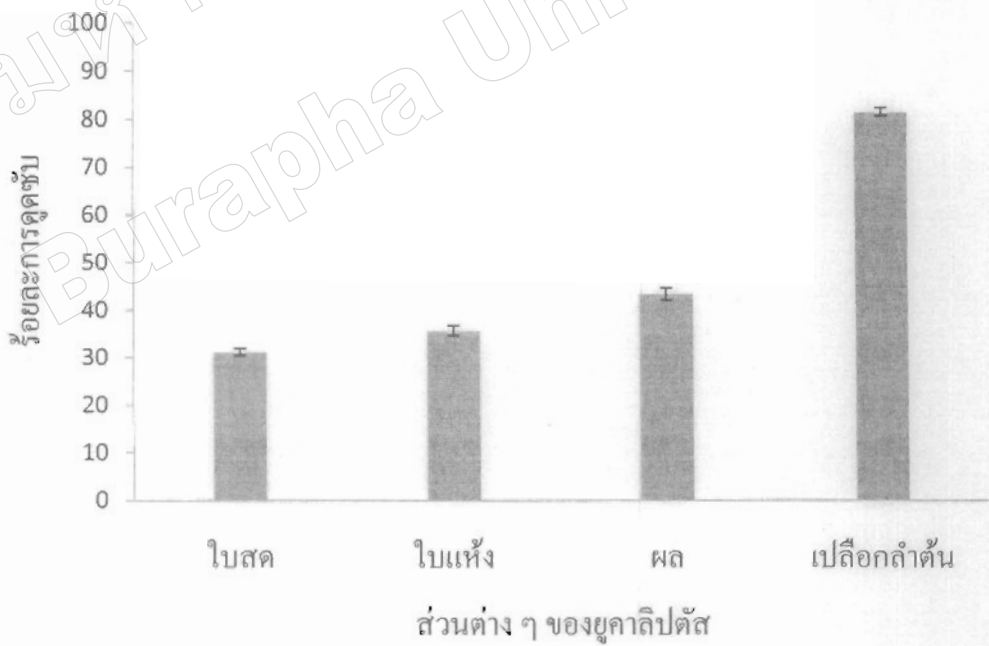
การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับทองแดง (II) ไอออนโดยใช้ส่วนต่าง ๆ ของต้นยูคาลิปตัส ได้แก่ ใบสด ใบแห้ง ผล และเปลือกของลำต้นยูคาลิปตัส เพื่อหาส่วนที่ดูดซับทองแดง (II) ไอออนได้ดีที่สุด จากนั้นทำการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ ได้แก่ พีเอช ระยะเวลาในการกวน ปริมาณตัวดูดซับ และการฟื้นฟูสภาพของตัวดูดซับหลังผ่านการใช้งานแล้ว แล้วนำสถานะที่เหมาะสมที่ได้ไปศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับทองแดง (II) ไอออนในน้ำเสียจากโรงงานรีดเหล็ก ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับทองแดง(II)ไอออนในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ส่วนต่าง ๆ ของต้นยูคาลิปตัส

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับทองแดง (II) ไอออนในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ส่วนต่าง ๆ ของต้นยูคาลิปตัส ได้แก่ ใบสด ใบแห้ง ผล และเปลือกของลำต้นยูคาลิปตัส โดยนำแต่ละส่วนมาล้างทำความสะอาด และตากให้แห้ง หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วบดให้เป็นผง อบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอนทศนิยม 2 ตำแหน่งมาประมาณอย่างละ 5 กรัม นำไปทดสอบการดูดซับทองแดง (II) ไอออน เข้มข้น 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการกวนสารละลายด้วยอัตราเร็ว 1000 รอบ/นาท เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองตัวดูดซับออกแล้วนำสารละลายที่ได้ไปวัดปริมาณทองแดง (II) ไอออนที่เหลือ พบว่าเปลือก ยูคาลิปตัสสามารถดูดซับทองแดง (II) ไอออนได้ดีที่สุด โดยมีค่าการดูดซับเท่ากับร้อยละ 81.50 ± 0.87 ดังตารางที่ 4-1 และภาพที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ร้อยละของการดูดซับทองแดง (II) ไอออนกับส่วนต่าง ๆ ของยูคาลิปตัส (n=3)

ส่วนของยูคาลิปตัส	ความเข้มข้นของทองแดง(II)ไอออน (มิลลิกรัมต่อลิตร)		เปอร์เซ็นต์การดูดซับ (%)
	ก่อนการดูดซับ	หลังการดูดซับ	
ใบสด	2.00	1.38±0.02	31.17±0.76
ใบแห้ง	2.00	1.29±0.02	35.67±1.04
ผล	2.00	1.13±0.03	43.33±1.26
เปลือกลำต้น	2.00	0.37±0.02	81.50±0.87



ภาพที่ 4-1 แสดงร้อยละของการดูดซับทองแดง (II) ไอออนกับส่วนต่าง ๆ ของยูคาลิปตัส (n=3)

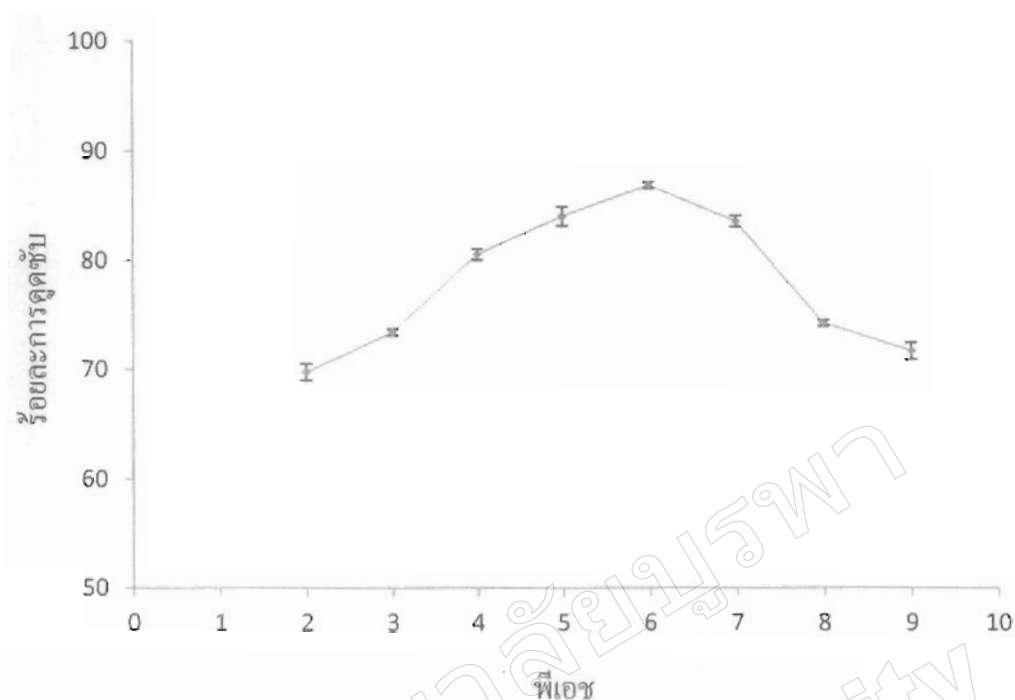
4.2 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ

4.2.1 ผลการศึกษาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับทองแดง (II) ไอออน

การศึกษาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับทองแดง (II) ไอออนโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ทองแดง (II) ไอออนที่มีความเข้มข้น 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปรับพีเอชให้มีค่า 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 โดยใช้ฟอสเฟตบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.20 โมลต่อลิตร ใส่เปลือกยูคาลิปตัสโดยชั่งน้ำหนักที่แน่นอนทศนิยม 2 ตำแหน่งมาประมาณ 5 กรัม คนสารละลายด้วยอัตราเร็ว 1000 รอบ/ นาที เป็นเวลา 30 นาที กรองเอาตัวดูดซับออก และนำสารละลายที่ได้ไปวัดปริมาณทองแดง (II) ไอออนที่เหลือพบว่าที่ค่าพีเอชมากกว่า 7 จะเกิดการตกตะกอนซึ่งสอดคล้องกับวัลย์รัตน์ จันทรวงศ์ (2549) และค่าพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับทองแดง (II) ไอออนเท่ากับ 6 มีค่าการดูดซับร้อยละ 86.83 ± 0.29 ดังตารางที่ 4-2 และภาพที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ร้อยละของการดูดซับทองแดง (II) ไอออนกับค่าพีเอช (n=3)

พีเอช	ความเข้มข้นของทองแดง (II) ไอออน (มิลลิกรัมต่อลิตร)		เปอร์เซ็นต์การดูดซับ (%)
	ก่อนการดูดซับ	หลังการดูดซับ	
2	2.00	0.61±0.02	69.67±0.76
3	2.00	0.53±0.01	73.33±0.29
4	2.00	0.39±0.01	80.50±0.50
5	2.00	0.32±0.02	84.00±0.87
6	2.00	0.26±0.01	86.83±0.29
7	2.00	0.33±0.01	83.50±0.50
8	2.00	0.52±0.01	74.17±0.29
9	2.00	0.57±0.02	71.67±0.76

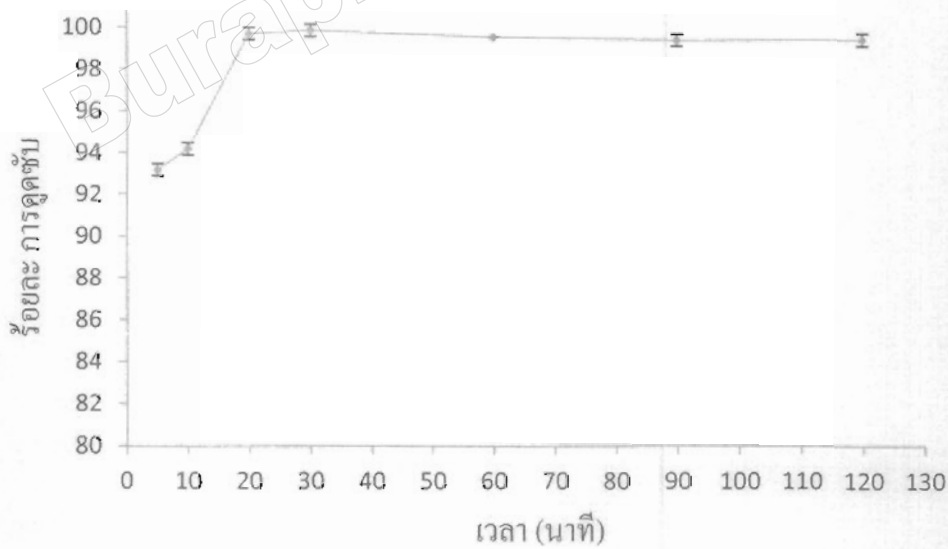


ภาพที่ 4-2 แสดงร้อยละการงอกของหลอดแดง (II) ไอออนกับค่าพีเอช ($n=3$)

4.2.2 ผลการศึกษาระยะเวลาในการคนที่เหมาะสมในการดูดซับทองแดง (II) ไอออน การศึกษาระยะเวลาในการคนที่เหมาะสมในการดูดซับทองแดง (II) ไอออนโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ทองแดง (II) ไอออนที่มีความเข้มข้น 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปรับพีเอชให้มีค่า 6 โดยใช้ฟอสเฟตบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.20 โมลต่อลิตร ใส่เปลือกยูคาลิปตัสโดยชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ทศนิยม 2 ตำแหน่งมาประมาณ 5 กรัม คนสารละลายด้วยอัตราเร็ว 1000 รอบ/ นาที เป็นเวลา 5, 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาทีตามลำดับ กรองเอาตัวดูดซับออก และนำสารละลายที่ได้ไปวัด ปริมาณทองแดง (II) ไอออนที่เหลือ พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับทองแดง (II) ไอออน เท่ากับ 20 นาที มีค่าการดูดซับร้อยละ 99.17 ± 0.29 ดังตารางที่ 4-3 และภาพที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ร้อยละของการดูดซับทองแดง (II) ไอออนกับระยะเวลาในการคน (n=3)

ความเข้มข้นของทองแดง (II) ไอออน			
เวลาในการคน (นาที)	(มิลลิกรัมต่อลิตร)		เปอร์เซ็นต์การดูดซับ (%)
	ก่อนการดูดซับ	หลังการดูดซับ	
5	2.00	0.14±0.01	93.17±0.29
10	2.00	0.12±0.01	94.17±0.29
20	2.00	0.01±0.01	99.67±0.29
30	2.00	0.00±0.01	99.83±0.29
60	2.00	0.01±0.00	99.50±0.00
90	2.00	0.01±0.01	99.33±0.29
120	2.00	0.01±0.01	99.33±0.29

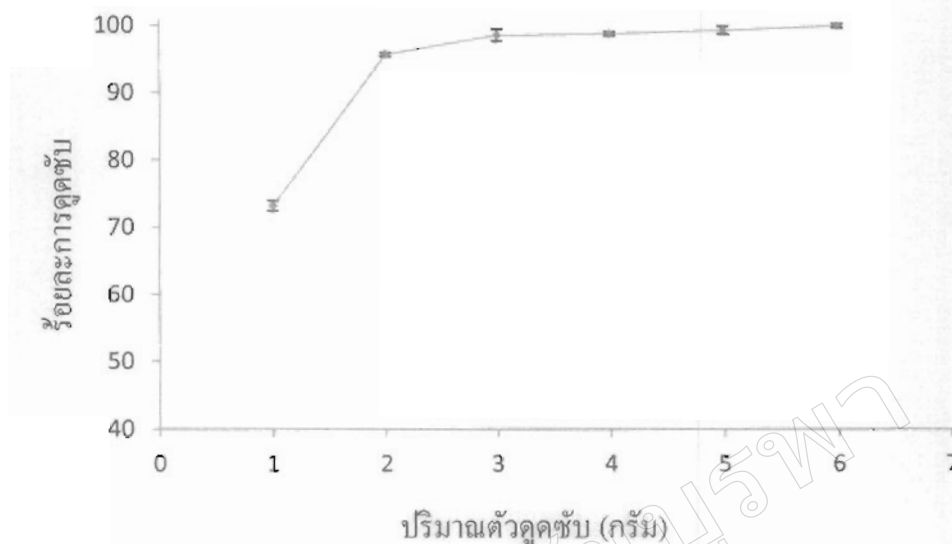


ภาพที่ 4-3 แสดงร้อยละของการดูดซับทองแดง (II) ไอออนกับระยะเวลาในการคน (n=3)

4.2.3 ผลการศึกษาปริมาณตัวดูดซับที่เหมาะสมในการดูดซับทองแดง (II) ไอออน การศึกษาปริมาณตัวดูดซับที่เหมาะสมในการดูดซับทองแดง (II) ไอออนโดยใช้น้ำ เสียดังเคราะห์ทองแดง (II) ไอออนที่มีความเข้มข้น 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปรับพีเอชให้มีค่า 6 โดยใช้ฟอสเฟตบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.20 โมลต่อลิตร ใส่เปลือกยูคาลิปตัสโดยชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ทศนิยม 2 ตำแหน่งมาประมาณ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 กรัมตามลำดับ คนสารละลายด้วยอัตราเร็ว 1000 รอบ/ นาที เป็นเวลา 20 นาที กรองเอาตัวดูดซับออก และนำสารละลายที่ได้ไปวัดปริมาณทองแดง (II) ไอออนที่เหลือ พบว่าปริมาณตัวดูดซับที่เหมาะสมในการดูดซับทองแดง (II) ไอออนเท่ากับ 3 กรัม มีค่าการดูดซับร้อยละ 98.50 ± 0.87 ดังตารางที่ 4-4 และภาพที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ร้อยละของการดูดซับทองแดง (II) ไอออนกับปริมาณของตัวดูดซับ (n=3)

ปริมาณตัวดูดซับ (กรัม)	ความเข้มข้นของทองแดง(II)ไอออน (มิลลิกรัมต่อลิตร)		เปอร์เซ็นต์การดูดซับ (%)
	ก่อนการดูดซับ	หลังการดูดซับ	
1	2.00	0.54±0.02	73.17±0.76
2	2.00	0.09±0.01	95.67±0.29
3	2.00	0.03±0.02	98.50±0.87
4	2.00	0.03±0.01	98.67±0.29
5	2.00	0.02±0.01	99.17±0.58
6	2.00	0.00±0.01	99.83±0.29



ภาพที่ 4-4 แสดงร้อยละของการดูดซับทองแดง (II) ไอออนกับปริมาณของตัวดูดซับ ($n=3$)

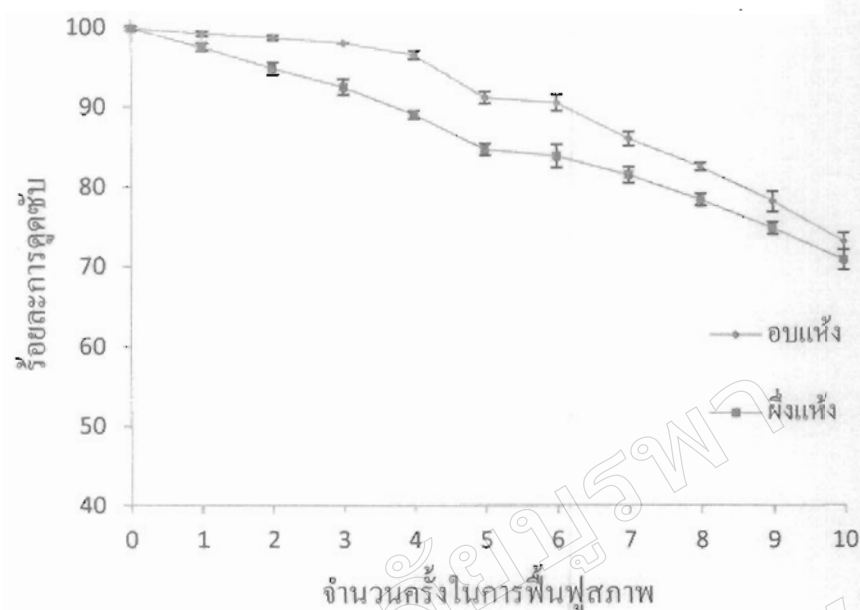
4.2.4 ผลการศึกษาการฟื้นฟูสภาพของเปลือกยูคาลิปตัสที่ผ่านการใช้งานแล้ว การศึกษาการฟื้นฟูสภาพของเปลือกยูคาลิปตัสที่ผ่านการใช้งานแล้ว โดยใช้เปลือกยูคาลิปตัสที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพ 3 กรัม โดยการแช่ลงในกรดไนตริกเข้มข้น 0.10 โมลต่อลิตร ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำกลั่นแล้วทำให้แห้งโดยวิธีการอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และวิธีการผึ่งลมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นใส่ลงในน้ำเสียสังเคราะห์ทองแดง (II) ไอออนที่มีความเข้มข้น 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปรับพีเอชให้มีค่า 6 โดยใช้สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.20 โมลต่อลิตร คนสารละลายด้วยอัตราเร็ว 1000 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที กรองเอาตัวดูดซับออก และนำสารละลายที่ได้ไปวัดปริมาณทองแดง (II) ไอออนที่เหลือจากนั้นนำตัวดูดซับไปฟื้นฟูสภาพซ้ำอีกจำนวน 9 ครั้ง พบว่าเปลือกยูคาลิปตัสที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพครั้งแรกมีประสิทธิภาพในการดูดซับ ร้อยละ 99.17 ± 0.29 โดยวิธีการอบและร้อยละ 97.50 ± 0.50 โดยวิธีการผึ่งลมและมีประสิทธิภาพลดลงตามจำนวนครั้งของการฟื้นฟูดังตารางที่ 4-5, 4-6 และภาพที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ร้อยละของการดูดซับทองแดง (II) ไอออนกับจำนวนครั้งในการฟื้นฟูสภาพโดย
วิธีการอบ (n=3)

การฟื้นฟู ครั้งที่	น้ำหนัก ตัวดูดซับ (กรัม)	ความเข้มข้นของทองแดง (II) ไอออน (มิลลิกรัมต่อลิตร)		เปอร์เซ็นต์การดูดซับ (%)
		ก่อนการดูดซับ	หลังการดูดซับ	
ก่อนฟื้นฟู	3.01	2.00	0.00±0.01	99.83±0.29
1	3.16	2.00	0.02±0.01	99.17±0.29
2	2.99	2.00	0.03±0.01	98.67±0.29
3	2.88	2.00	0.04±0.00	98.00±0.00
4	2.77	2.00	0.07±0.01	96.50±0.50
5	2.64	2.00	0.18±0.02	91.17±0.76
6	2.60	2.00	0.19±0.02	90.50±1.00
7	2.54	2.00	0.28±0.02	86.00±0.87
8	2.46	2.00	0.35±0.01	82.50±0.50
9	2.42	2.00	0.44±0.03	78.17±1.26
10	2.37	2.00	0.54±0.02	73.17±1.04

ตารางที่ 4-6 ร้อยละของการดูดซับทองแดง (II) ไอออนกับจำนวนครั้งในการฟื้นฟูสภาพโดยวิธีการฝังลม (n=3)

การฟื้นฟูครั้งที่	น้ำหนักตัวดูดซับ (กรัม)	ความเข้มข้นของทองแดง (II) ไอออน (มิลลิกรัมต่อลิตร)		เปอร์เซ็นต์การดูดซับ (%)
		ก่อนการดูดซับ	หลังการดูดซับ	
ก่อนฟื้นฟู	3.01	2.00	0.00±0.01	99.83±0.29
1	4.83	2.00	0.05±0.01	97.50±0.50
2	4.42	2.00	0.10±0.02	94.83±0.76
3	4.21	2.00	0.15±0.02	92.50±1.00
4	3.98	2.00	0.22±0.01	89.00±0.50
5	3.53	2.00	0.31±0.02	84.67±0.76
6	3.44	2.00	0.32±0.03	83.83±1.44
7	3.35	2.00	0.37±0.02	81.50±1.00
8	3.25	2.00	0.43±0.02	78.33±0.76
9	3.15	2.00	0.50±0.02	74.83±0.76
10	2.96	2.00	0.58±0.03	70.83±1.26



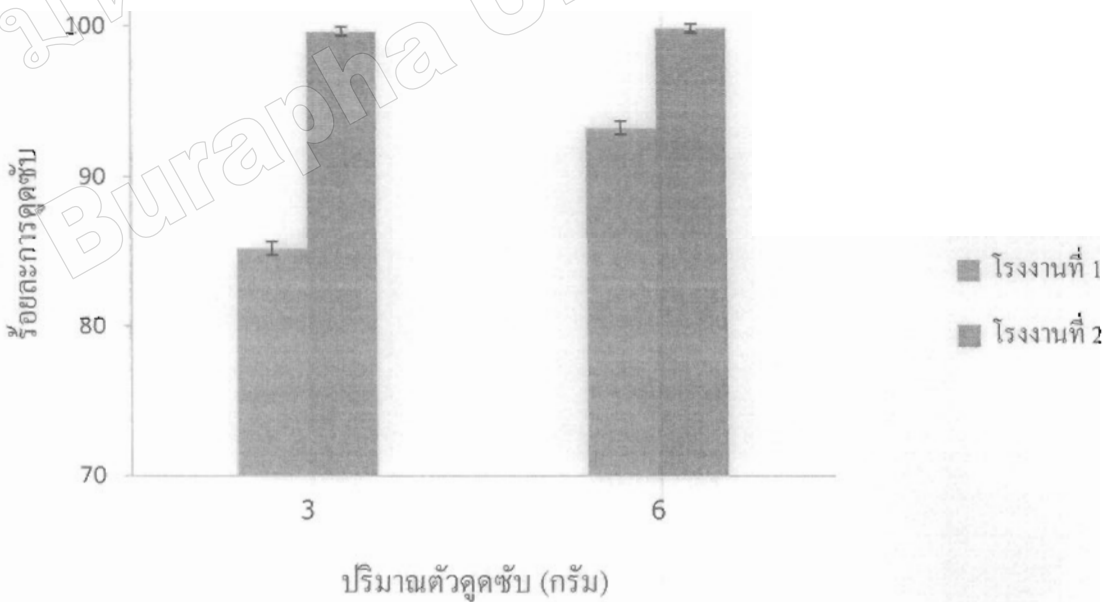
ภาพที่ 4-5 แสดงร้อยละของการดูดซับทองแดง (II) ไอออนกับจำนวนครั้งในการฟื้นฟูสภาพโดยวิธีการอบแห้งวิธีการผึ่งลม (n=3)

4.2.5 ผลการดูดซับทองแดง (II) ไอออนในน้ำเสียจากโรงงานรีดเหล็ก

การศึกษาผลการดูดซับทองแดง (II) ไอออนในน้ำเสียจากโรงงานรีดเหล็กโดยใช้ น้ำเสียจากโรงงานรีดเหล็กทั้งสองโรงงานมาปรับ pH ให้มีค่าเท่ากับ 6 โดยใช้ฟอสเฟตเบสฟอสเฟตเข้มข้น 0.20 โมลต่อลิตร วัดปริมาณทองแดง (II) ไอออน และนำน้ำเสียที่ปรับ pH แล้วมา 50 มิลลิลิตร ใส่เปลือกยูคาลิปตัส 3 กรัม และ 6 กรัมตามลำดับ ลงในน้ำเสียจากทั้งสองโรงงาน คนสารละลายด้วย อัตราเร็ว 1000 รอบ/ นาที เป็นเวลา 20 นาที กรองเอาตัวดูดซับออก และนำสารละลายที่ได้ไปวัด ปริมาณทองแดง (II) ไอออนที่เหลือ พบว่าโรงงานที่ 1 และ โรงงานที่ 2 มีทองแดง (II) ไอออนเจือปนอยู่ 2.24 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 1.93 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยหลังการดูดซับด้วยเปลือก ยูคาลิปตัสในสภาวะที่เหมาะสม พบว่าเมื่อใช้เปลือกยูคาลิปตัส 3 กรัม ดูดซับทองแดง (II) ไอออน ในน้ำเสียจากโรงงานรีดเหล็ก โรงงานที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 82.27 ± 0.45 และ 99.65 ± 0.30 ตามลำดับ และเมื่อใช้เปลือกยูคาลิปตัส 6 กรัม ดูดซับทองแดง (II) ไอออนในน้ำเสียจากโรงงานรีด เหล็ก โรงงานที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับร้อยละ 93.30 ± 0.45 และ 99.83 ± 0.30 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4-7 และภาพที่ 4-6

ตารางที่ 4-7 ร้อยละของการดูดซับทองแดง (II) ไอออนในโรงงานแต่ละแห่งที่ปริมาณตัวดูดซับต่างกัน (n=3)

โรงงานที่	ปริมาณตัวดูดซับ (กรัม)	ความเข้มข้นของทองแดง (II) ไอออน (มิลลิกรัมต่อลิตร)		เปอร์เซ็นต์ การดูดซับ (%)
		ก่อนการดูดซับ	หลังการดูดซับ	
1	3	2.24	0.33±0.01	85.27±0.45
	6	2.24	0.15±0.01	93.30±0.45
2	3	1.93	0.01±0.01	99.65±0.30
	6	1.93	0.00±0.01	99.83±0.30



ภาพที่ 4-6 แสดงร้อยละของการดูดซับทองแดง (II) ไอออนในโรงงานแต่ละแห่งที่ปริมาณตัวดูดซับต่างกัน (n=3)