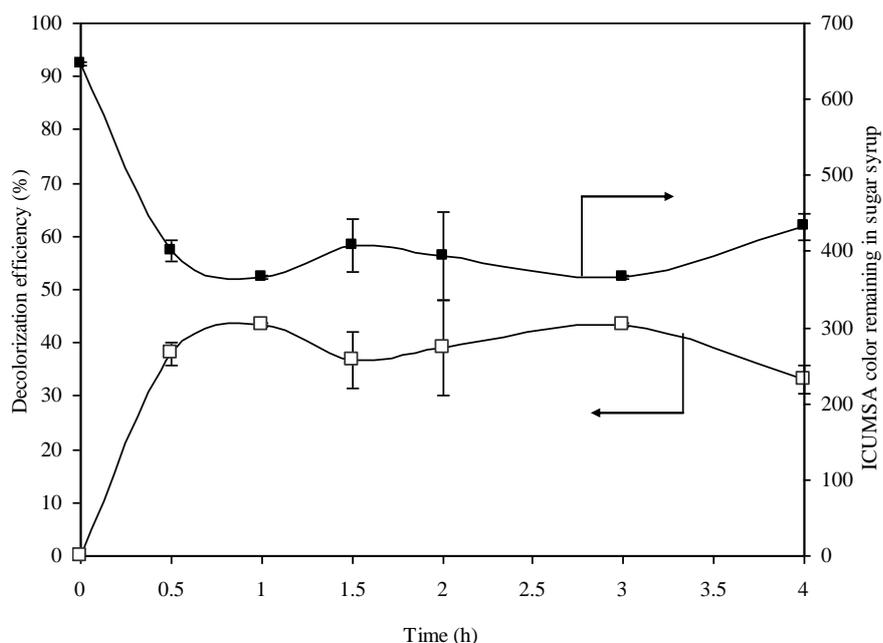


## บทที่ 4

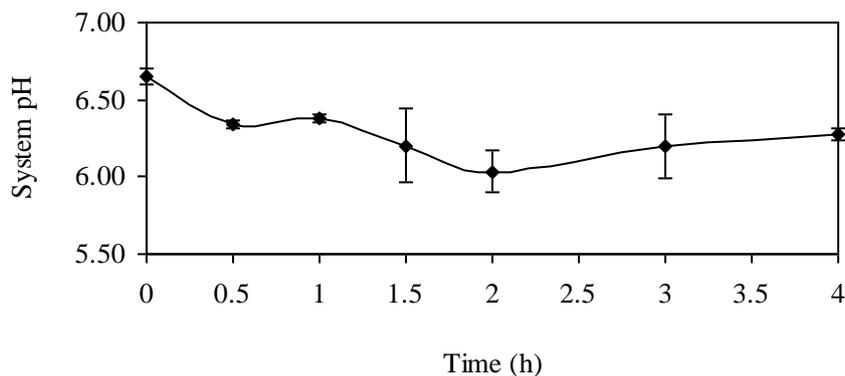
### ผลการทดลอง

#### 4.1 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดสีน้ำเชื่อม

การศึกษเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดสีน้ำเชื่อมทำการทดลองโดยใช้แรดดินที่บดและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรด pH 3.5 เป็นตัวดูดซับสีน้ำเชื่อมในระบบแบบกะหรือแบบครั้งคราว (batch) แสดงดังรูปที่ 4.1 พบว่าแนวโน้มการกำจัดสีน้ำเชื่อมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระยะเวลาจาก 0.5 ถึง 4 ชั่วโมง ระบบค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเชื่อมเมื่อใช้แรดดินที่บดและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรด pH 3.5 เป็นตัวดูดซับมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการดูดซับเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ทั้งนี้เนื่องจากแรดดินที่บดและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรด pH 3.5 มีคุณสมบัติเป็นกรด ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกระยะเวลาของระบบ 1 ชั่วโมงสำหรับการศึกษาประสิทธิภาพการศึกษาในขั้นต่อไป



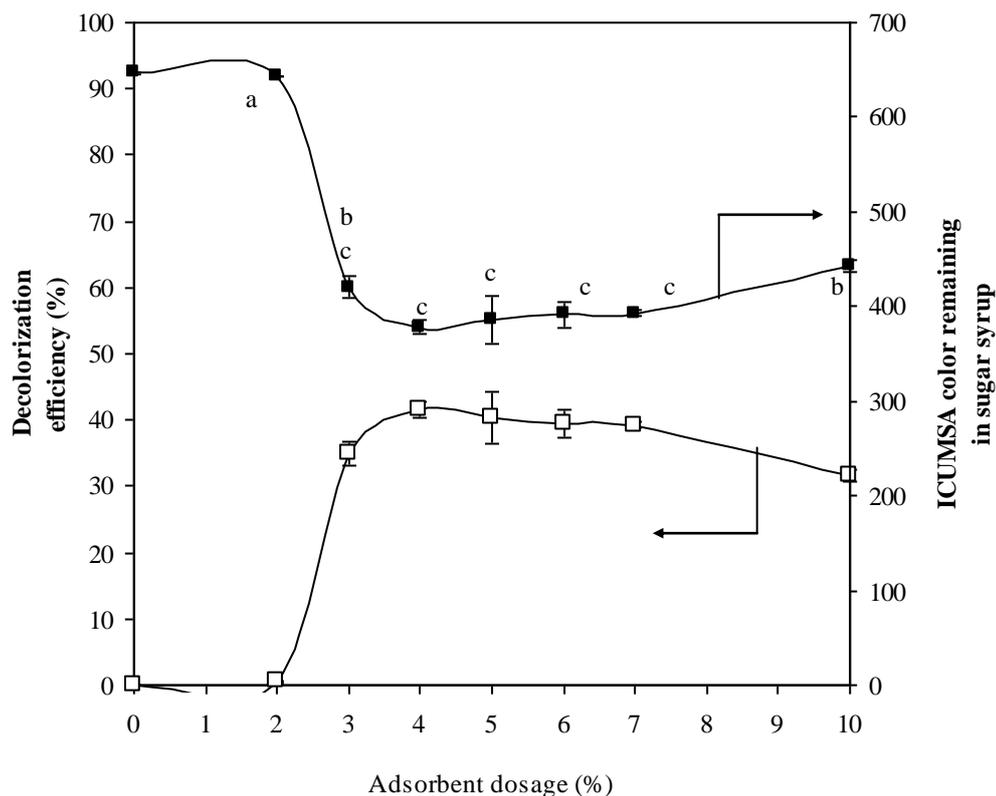
รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำเชื่อมโดยแรดดินที่บดและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรด pH 3.5 น้ำหนักร้อยละ 5 ที่ระยะเวลาของระบบที่แตกต่างกัน



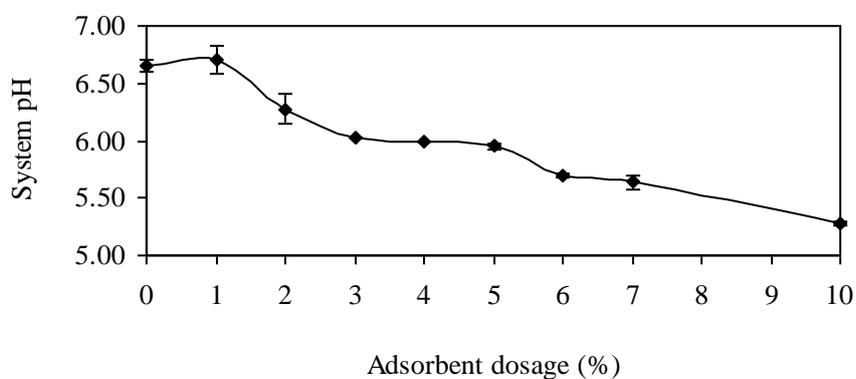
รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบการกำจัดสีน้ำเชื่อมโดยแร่ดินที่บดและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรด pH 3.5 น้ำหนักร้อยละ 5 ที่ระยะเวลาของระบบที่แตกต่างกัน

#### 4.2 ศึกษาปริมาณตัวดูดซับที่เหมาะสมในการกำจัดสีน้ำเชื่อม

ผลการศึกษ ปริมาณตัวดูดซับที่เหมาะสมในการกำจัดสีน้ำเชื่อมโดยแร่ดินที่บดและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรด pH 3.5 ในระบบแบบกะและระยะเวลาของระบบ 1 ชั่วโมงแสดงในรูปที่ 4.3 ร้อยละของประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำเชื่อมเพิ่มขึ้นจาก 40 เป็น 65 จนกระทั่งคงที่เมื่อเพิ่มปริมาณของตัวดูดซับจากร้อยละ 1 ไปถึง 10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำเชื่อมปริมาณของตัวดูดซับจากร้อยละ 3 ไปถึง 10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกปริมาณตัวดูดซับน้ำหนักร้อยละ 3 สำหรับการศึกษาขั้นต่อไป ระบบค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเชื่อมดังแสดงในรูปที่ 4.4 ลดลงตามลำดับเมื่อระยะเวลาการดูดซับเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดสีน้ำเชื่อม



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำเชื่อม โดยแร้ดินที่บดและผ่านการปรุงคุณภาพด้วยกรด pH 3.5 ที่ปริมาณตัวดูดซับที่แตกต่างกัน

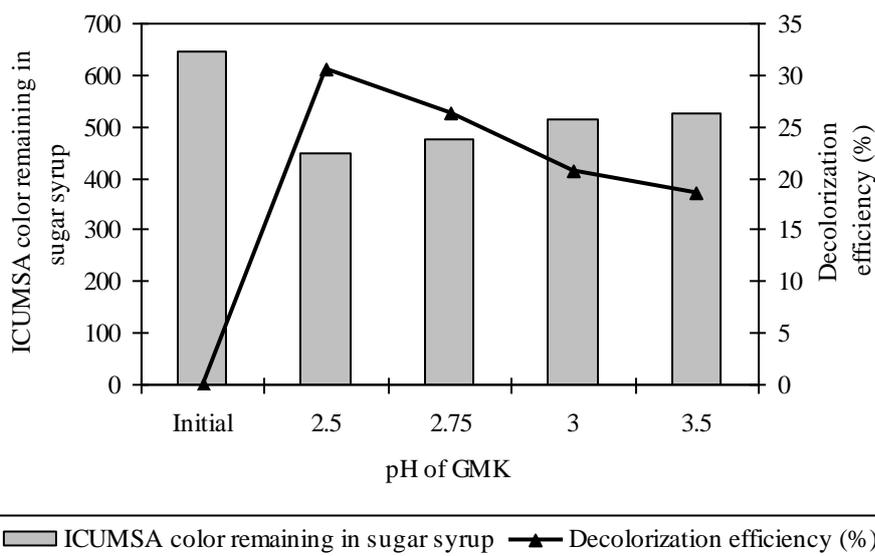


รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบการกำจัดสีน้ำเชื่อม โดยแร้ดินที่บดและผ่านการปรุงคุณภาพด้วยกรด pH 3.5 น้ำหนักร้อยละ 5 ที่ปริมาณตัวดูดซับที่แตกต่างกัน

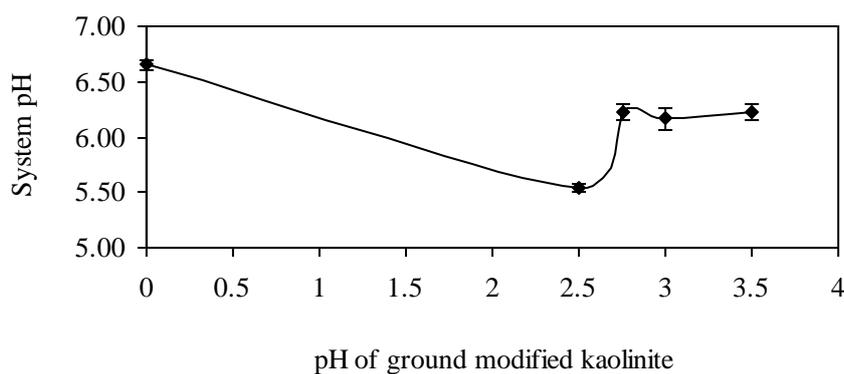
#### 4.3 ศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวดูดซับเหมาะสมในการกำจัดสีน้ำเชื่อม

ผลการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของแร้ดินที่บดและผ่านการปรุงคุณภาพด้วยกรดแสดงในรูปที่ 4.5 พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำเชื่อมเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวดูดซับต่ำลงแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวดูดซับมีค่าต่ำแสดงว่าพื้นผิวของแร้ดินที่บดและผ่านการปรุงคุณภาพด้วยกรดจะเป็นประจุบวกซึ่งช่วยดูดซับโมเลกุลของสีในน้ำเชื่อม

โดยโมเลกุลเหล่านี้มีหมู่คาร์บอกซิลอยู่ในโครงสร้างทำให้มีสมบัติเป็นประจุลบ (Ahmedna และคณะ 2000a; Ahmedna และคณะ 2000b; Migo และคณะ 1997; Royle และคณะ 1998) จากรูปที่ 4.6 ระบบค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเชื่อมลดลง โดยเฉพาะเมื่อใช้แร่ดินที่บดและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรด pH 2.5 เนื่องจากแร่ดินที่บดและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดมีลักษณะเป็นกรดสูงจึงเป็นผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเชื่อมลดลง



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำเชื่อมโดยแร่ดินที่บดและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวดูดซับที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบการกำจัดสีน้ำเชื่อมโดยแร่ดินที่บดและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวดูดซับที่แตกต่างกัน

#### 4.4 ศึกษาการคายการดูดซับ

ผลการศึกษาการคายการดูดซับพบว่าสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.5 โมลาร์มีประสิทธิภาพในการชะสีน้ำเชื่อมออกจากแร่ดินที่บดและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดอย่างสมบูรณ์ (ตารางที่ 4.1) น้ำกลั่นและเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 มีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 10 โครงสร้างของโซเดียมไฮดรอกไซด์นั้นประกอบขึ้นด้วยประจุของโซเดียมซึ่งเป็นประจุบวกและประจุของไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นประจุลบจึงสามารถอธิบายการดูดซับระหว่างน้ำเชื่อมและแร่ดินที่บดและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดว่าเกี่ยวข้องกับการดูดซับแบบใช้ประจุ

ตารางที่ 4.1 ประสิทธิภาพในการคายการดูดซับของสารสีในน้ำเชื่อมจากสีที่ถูกดูดซับอยู่บนแร่ดินที่บดและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรด

ตัวอย่างที่	สารที่ใช้ชะสี	ประสิทธิภาพการคายการดูดซับ (%)
1	0.5M NaOH	100 ± 2.45
2	95% ethanol	11.31 ± 3.77
3	0.5M NaCl	9.69 ± 0.27
4	น้ำกลั่น	9.41 ± 3.14

#### 4.5 ศึกษาประสิทธิภาพของแร่ดินตัวอย่างที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์

ตารางที่ 4.2 และ 4.3 แสดงประสิทธิภาพของแร่ดินตั้งต้นและแร่ดินที่บดและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดหลังจากปรับปรุงพื้นผิวโดยการเติมหมู่โซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ ) พบว่าวิธีปรับปรุงพื้นผิวโดยการเติมหมู่โซเดียมไอออนไม่เป็นผลดีต่อแร่ดินที่บดและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดและยังทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำเชื่อมลดลงด้วย แร่ดินตั้งต้นมีประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำเชื่อมสูงกว่าแร่ดินที่บดและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรด ส่วนแร่ดินตั้งต้น-เติมหมู่โซเดียมไอออนมีประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำเชื่อมสูงกว่าแร่ดินตั้งต้นเล็กน้อย

แร่ดินตั้งต้นมีพื้นที่ผิวทั้งหมด 13.14 ตารางเมตรต่อกรัม และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของรูพรุน 19.69 นาโนเมตร เมื่อนำแร่ดินตั้งต้นมาปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 18 ทำให้พื้นที่ผิวทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น 46 ตารางเมตรต่อกรัม แต่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของรูพรุนเล็กลงเป็น 8.301 นาโนเมตร ส่วนแร่ดินที่บดและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 18 ทำให้พื้นที่ผิวทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงถึง 243.55 ตารางเมตรต่อกรัม แต่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของรูพรุนเล็กลงเป็น 7.029 นาโนเมตร กระบวนการปรับปรุงคุณภาพแร่ดินตั้งต้นไปเป็นแร่ดินที่บดและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดทำให้พื้นที่ผิวของตัวดูดซับเพิ่มมากขึ้นแต่ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำเชื่อมได้ เนื่องจากรูพรุนขนาดเล็กของแร่ดินตัวอย่างที่ปรับปรุงคุณภาพทำให้ไม่เหมาะสมต่อการดูดซับสีซึ่งมีขนาดโมเลกุลใหญ่และอาจเกิดการอุดตันทำให้การดูดซับสีสิ้นสุดลง

(Pendyal และคณะ 1999) รุพุนขนาดใหญ่และขนาดกลางช่วยดูดซับสีซึ่งมีโมเลกุลขนาดใหญ่ได้ดี ในขณะที่สารที่มีขนาดโมเลกุลเล็กจะถูกดูดซับในรุพุนขนาดเล็ก (Ahmedna และคณะ 2000b)

ตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำเชื่อมโดยแร่ดินตัวอย่างที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว

ตัวดูดซับ (ปริมาณ)	ค่าสี (ICUMSA) (ตั้งต้น = 646)	pH (ตั้งต้น = 6.5)	ประสิทธิภาพ การกำจัดสี (%)
แร่ดินที่บดและผ่านการปรับปรุง คุณภาพด้วยกรด pH 3.5 (3%)	420.43 ± 11.68	6.02 ± 0.00	34.99 ± 1.81
แร่ดินที่บดและผ่านการปรับปรุง คุณภาพด้วยกรด pH 3.5 (10%)	442.33 ± 5.84	5.28 ± 0.02	31.60 ± 0.90
แร่ดินตัวอย่างที่ปรับปรุงคุณภาพด้วย เกลือโซเดียมคลอไรด์ (3%)	504.37 ± 3.65	6.13 ± 0.18	22.01 ± 0.56
แร่ดินตัวอย่างที่ปรับปรุงคุณภาพด้วย เกลือโซเดียมคลอไรด์ (10%)	416.78 ± 28.47	5.55 ± 0.05	35.55 ± 4.40

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำเชื่อมโดยแร่ดินตัวอย่างที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว

ตัวดูดซับและปริมาณ	ค่าสี (ICUMSA) (ตั้งต้น = 414)	pH (ตั้งต้น = 3.8)	ประสิทธิภาพ การกำจัดสี (%)
แร่ดินตั้งต้น 3% (รอบที่ 1)	362.41 ± 2.02	3.80 ± 0.00	12.54 ± 0.49
แร่ดินตั้งต้น 3% (รอบที่ 2)	346.21 ± 0.67	3.86 ± 0.00	4.47 ± 0.35
แร่ดินตั้งต้น 5%	344.19 ± 2.70	3.86 ± 0.00	16.94 ± 0.65
แร่ดินตั้งต้น 10%	381.30 ± 3.37	3.67 ± 0.00	7.98 ± 0.81
แร่ดินตั้งต้น-เดิมหมู่โซเดียม ไอออน 3% (รอบที่ 1)	357.68 ± 9.45	3.79 ± 0.02	13.68 ± 2.28
แร่ดินตั้งต้น-เดิมหมู่โซเดียม ไอออน 3% (รอบที่ 2)	329.34 ± 10.80	3.83 ± 0.01	7.94 ± 0.59
แร่ดินที่บดและผ่านการปรุง คุณภาพด้วยกรด pH 3.5 3% (รอบที่ 1)	396.83 ± 1.35	3.82 ± 0.00	4.23 ± 0.33
แร่ดินที่บดและผ่านการปรุง คุณภาพด้วยกรด pH 3.5 3% (รอบที่ 2)	394.80 ± 2.02	3.90 ± 0.00	0.51 ± 0.17
แร่ดินที่บดและผ่านการปรุง คุณภาพด้วยกรด pH 3.5 5%	371.18 ± 2.70	3.88 ± 0.02	10.42 ± 0.65