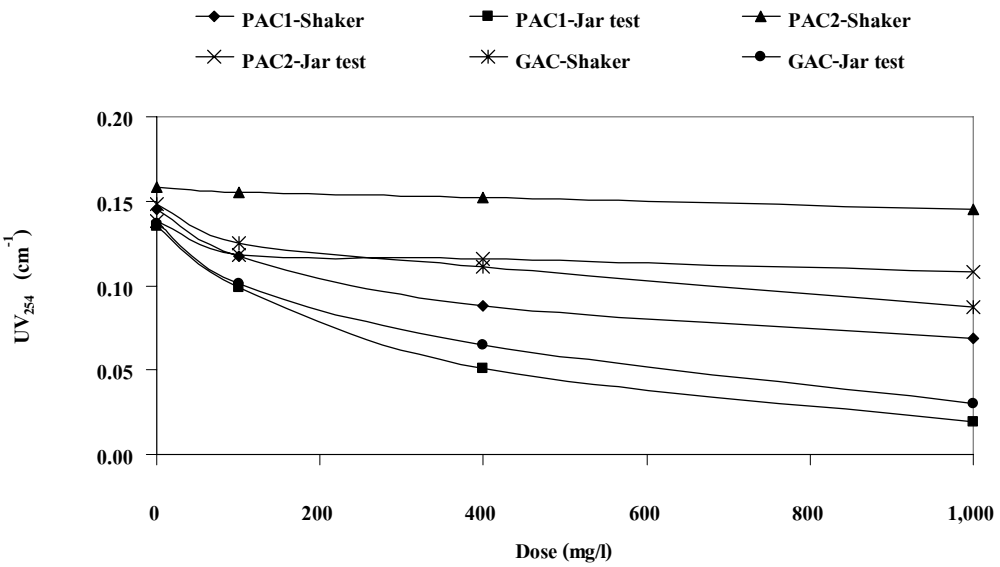
ผลการทดลองและวิจารณ์

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ธรรมชาติโดยระบบปรับคุณภาพน้ำแบบใช้ชั้นกรองเม็ดพลาสติก ชั้นกรองฟองน้ำ และกระบวนการดูดติดผิวด้วยถ่านกัมมันต์แบบเกร็ด ใช้น้ำเข้าระบบจากน้ำดิบของโรงงานผลิตน้ำบางเขน ซึ่งเป็นน้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยาโดยสูบน้ำดิบจากโรงสูบน้ำสำแล อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

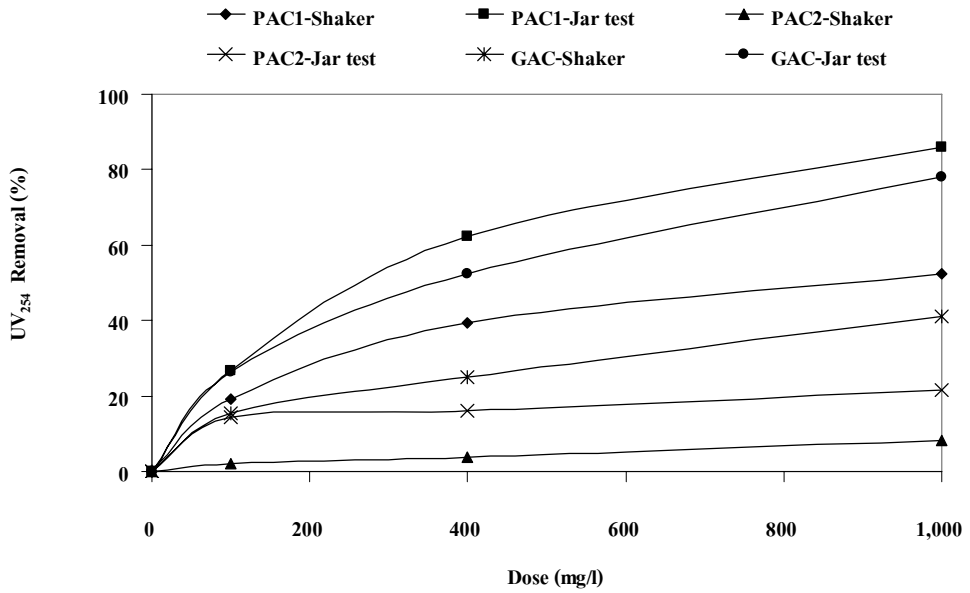
1. <u>การศึกษาเบื้องต้นเพื่อเปรียบเทียบการใช้เครื่อง Shaker และ Jar test</u>

ทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ เครื่องมือสำหรับการทดสอบคือ Shaker ทดสอบที่การเขย่าความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาทีและ Jar test ทดสอบที่ความเร็วของใบพัด 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที โดยความเร็วและเวลาที่ใช้อ้างอิงตามวิธีของโรงงานผลิตน้ำบางเขน การประปานครหลวง เพื่อทดสอบ PAC1 PAC2 และ GAC พิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ธรรมชาติ (NOM) ในรูป UV_{254}

จากการทดลองเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ PAC1 PAC2 และ GAC จาก 0 , 100 , 400 , 1000 มก./ล. ทดสอบด้วย Shaker และ Jar test พิจารณาที่ความเข้มข้นของถ่านกัมมันต์ 1000 มก./ล. เนื่องจากการลดลงของค่า UV_{254} มีค่ามากที่สุด จากการทดสอบด้วย Shaker พบว่า PAC1 ลดค่า UV_{254} ในน้ำดิบจาก 0.145 ซม.$^{-1}$ เหลือ 0.069 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเท่ากับ 52 เปอร์เซ็นต์ PAC2 ลดค่า UV_{254} ในน้ำดิบจาก 0.158 ซม.$^{-1}$ เหลือ 0.145 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเท่ากับ 8 เปอร์เซ็นต์ และ GAC ลดค่า UV_{254} ในน้ำดิบจาก 0.148 ซม.$^{-1}$ เหลือ 0.087 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเท่ากับ 41 เปอร์เซ็นต์ และจากการทดสอบด้วย Jar test พบว่า PAC1 ลดค่า UV_{254} ในน้ำดิบจาก 0.135 ซม.$^{-1}$ เหลือ 0.019 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเท่ากับ 86 เปอร์เซ็นต์ PAC2 ลดค่า UV_{254} ในน้ำดิบจาก 0.138 ซม.$^{-1}$ เหลือ 0.108 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด เท่ากับ 22 เปอร์เซ็นต์ และ GAC ลดค่า UV_{254} ในน้ำดิบจาก 0.137 ซม.$^{-1}$ เหลือ 0.030 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเท่ากับ 78 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 12 และ 13



ภาพที่ 12 UV_{254} จากการทดสอบด้วยเครื่อง Shaker และ Jar test



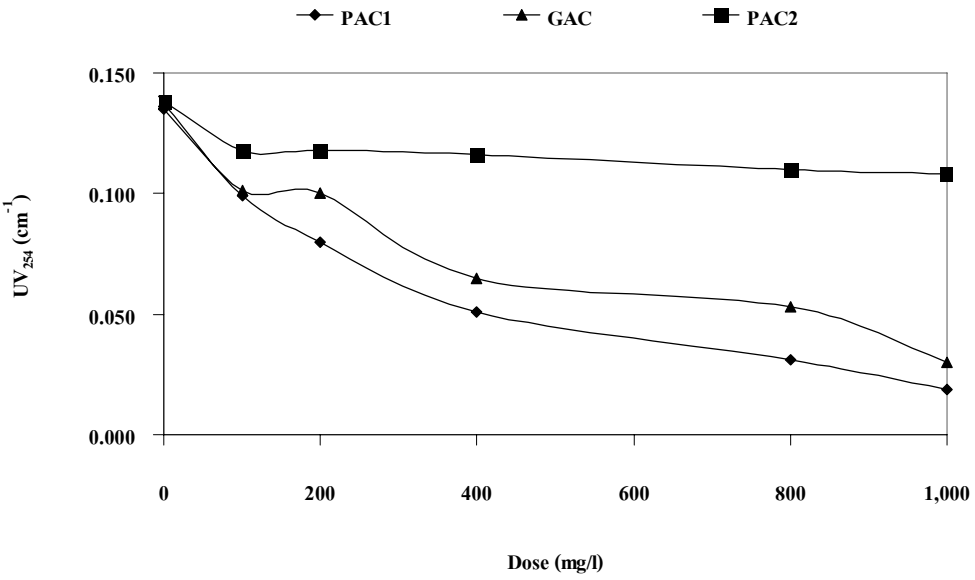
ภาพที่ 13 ประสิทธิภาพการกำจัด UV_{254} จากการทดสอบด้วยเครื่อง Shaker และ Jar test

จากการทดสอบ PAC1 PAC2 และ GAC พบว่าการใช้ Jar test มีประสิทธิภาพการกำจัด NOM ในรูป UV_{254} ดีกว่าการใช้ Shaker พิจารณาจากค่า UV_{254} ที่ลดลงมากกว่า แต่ PAC2 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงน้อยกว่าที่ทดสอบกับ PAC1 และ GAC และจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อความเข้มข้นของถ่านกัมมันต์ที่ใช้เพิ่มมากขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัด NOM มีค่าสูงขึ้น โดยค่า UV_{254} ลดลง เลือกใช้เครื่อง Jar test สำหรับการทดลองต่อไปเนื่องจากเป็นเครื่องมือที่มีพร้อมใช้งาน สามารถควบคุมการใช้งานได้ใกล้เคียงกับระบบการผลิตน้ำของการประปา และการลดลงของค่า UV_{254} ได้ผลดี

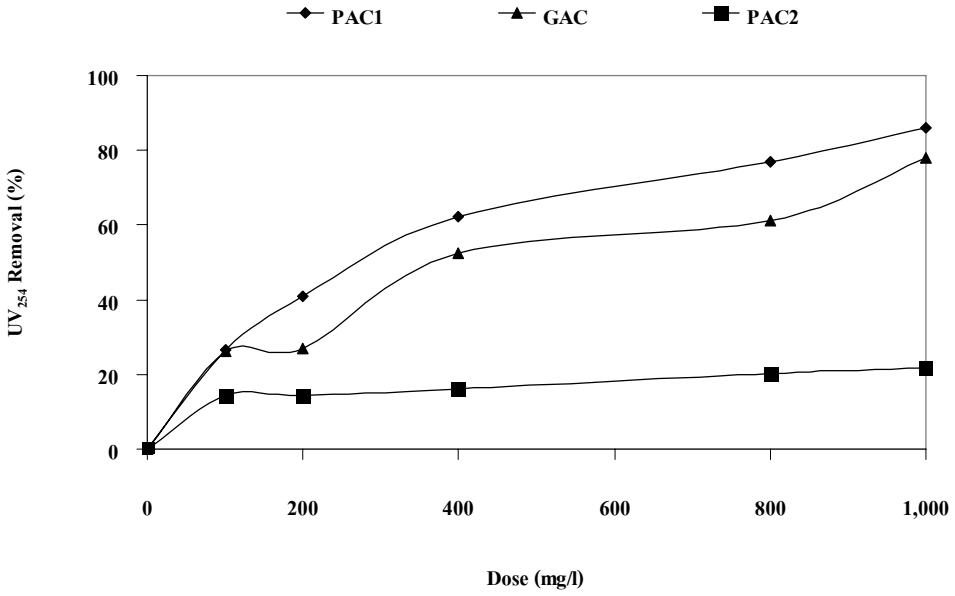
2. <u>การศึกษาระยะเวลาสัมผัสที่มีผลต่อการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์</u>

จากการทดลองโดยใช้ Jar test ความเร็วของใบพัด 100 รอบต่อนาที ระยะเวลาสัมผัส 15 นาที เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ PAC1 PAC2 และ GAC จาก 0 , 100 , 200 , 400 , 800 และ1000 มก./ล. พบว่าน้ำดิบมีค่า UV_{254} เฉลี่ย 0.137 ซม.$^{-1}$ และ TOC เฉลี่ย 8.9 มก./ล. ซึ่ง PAC1 สามารถลดค่า UV_{254} เหลือ 0.099 , 0.080 , 0.051 , 0.031 และ 0.019 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเท่ากับ 27 , 41 , 62 , 77 และ 86 เปอร์เซ็นต์ TOC ลดลงเหลือ 7.5 , 7.3 , 6.0 , 5.2 และ 4.6 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเท่ากับ 16 , 18 ,33 , 42 และ 48 เปอร์เซ็นต์ PAC2 สามารถลดค่า UV_{254} เหลือ 0.118 , 0.118 , 0.116 , 0.110 และ 0.108 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การกำจัดเท่ากับ 14 , 14 , 16 , 20 และ 22 เปอร์เซ็นต์ TOC ลดลงเหลือ 8.6 , 8.5 , 8.4 , 8.3 และ 8.3 มก./ล. คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การกำจัดเท่ากับ 3 , 4 , 6 , 7 และ 7 เปอร์เซ็นต์ และ GAC สามารถลดค่า UV_{254} เหลือ 0.101 , 0.100 , 0.065 , 0.053 และ 0.030 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเท่ากับ 26 , 27 , 53 , 61 และ 78 เปอร์เซ็นต์ TOC ลดลงเหลือ 8.2 , 8.1 , 7.4 , 6.2 และ 5.0 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเท่ากับ 8 , 9 , 17 , 30 และ 44 เปอร์เซ็นต์ และ ดังแสดงในภาพที่ 14 ถึง 17

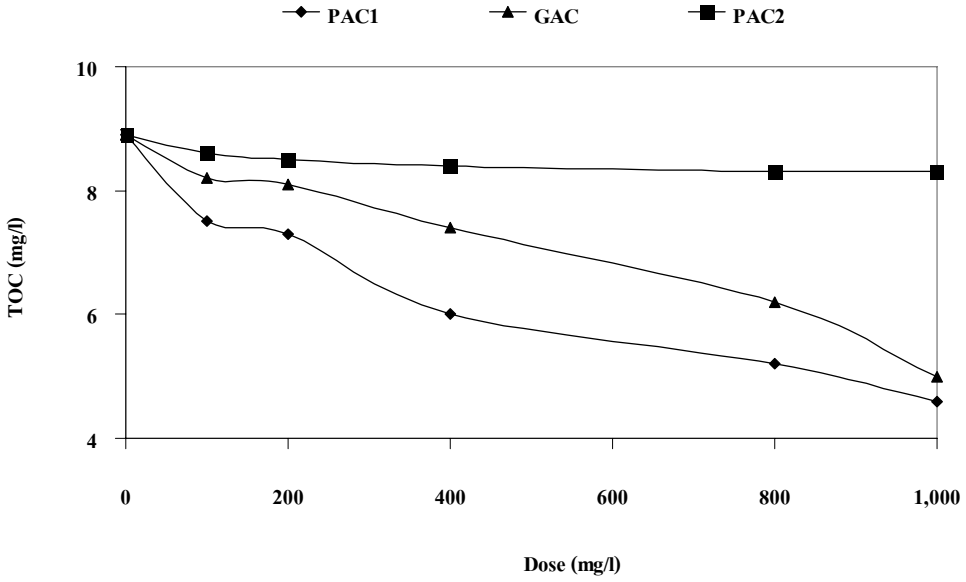
ประสิทธิภาพการกำจัด NOM พิจารณาในรูปของ UV_{254} และ TOC พบว่าเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น PAC1 และ GAC มีประสิทธิภาพการกำจัดที่ดีกว่า PAC2 ในการสังเคราะห์ ถ่านกัมมันต์เป็นการนำวัตถุดิบมาผ่านกระบวนการเผาในที่อับอากาศ และผ่านกระบวนการกระตุ้นทำให้พื้นที่ผิวภายในเพิ่มขึ้น กรณีชนิดของตัวกระตุ้นทางเคมีมักให้รูพรุนขนาดใหญ่ แต่กรณีเป็นชนิดตัวกระตุ้นทางกายภาพจะให้รูพรุนขนาดเล็ก เพราะฉะนั้นขั้นตอนการผลิต PAC2 อาจไม่เหมาะสมทำให้เกิดช่องว่างระหว่างผลึกน้อย ประสิทธิภาพการกำจัด NOM จึงต่ำกว่า PAC1 และ GAC



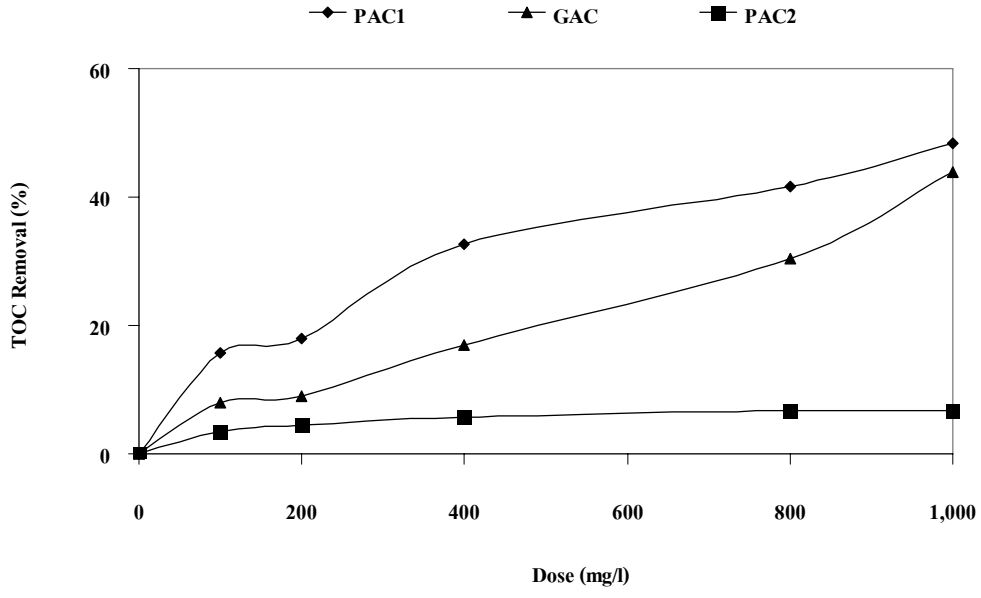
ภาพที่ 14 UV_{254} เมื่อใช้ถ่านกัมมันต์แบบต่าง ๆ ในการทำจาร์เทสต์



ภาพที่ 15 ประสิทธิภาพการกำจัด UV_{254} เมื่อใช้ถ่านกัมมันต์แบบต่าง ๆ ในการทำจาร์เทสต์



ภาพที่ 16 TOC เมื่อใช้ถ่านกัมมันต์แบบต่าง ๆ ในการทำจาร์เทสต์

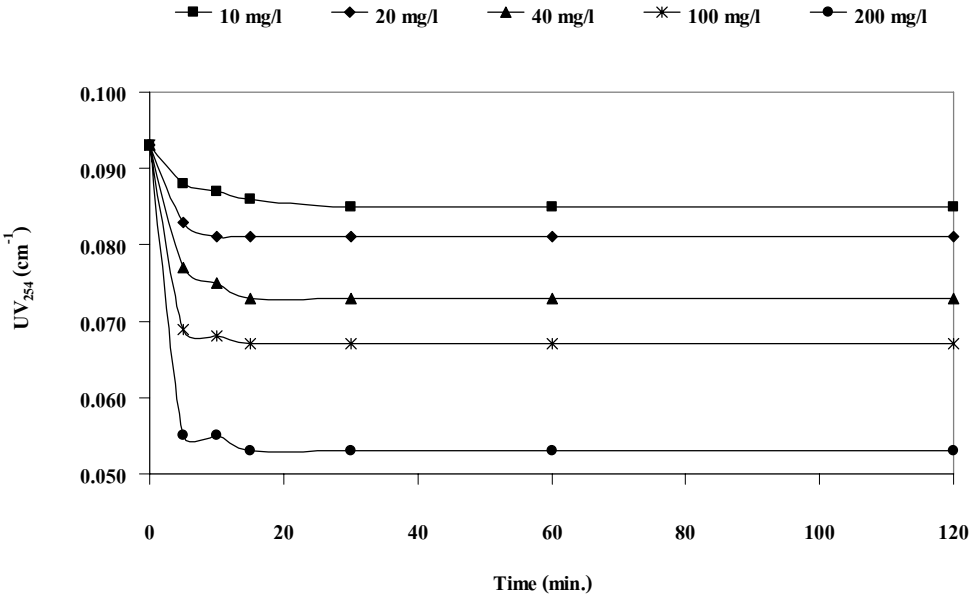


ภาพที่ 17 ประสิทธิภาพการกำจัด TOC เมื่อใช้ถ่านกัมมันต์แบบต่าง ๆ ในการทำจาร์เทสต์

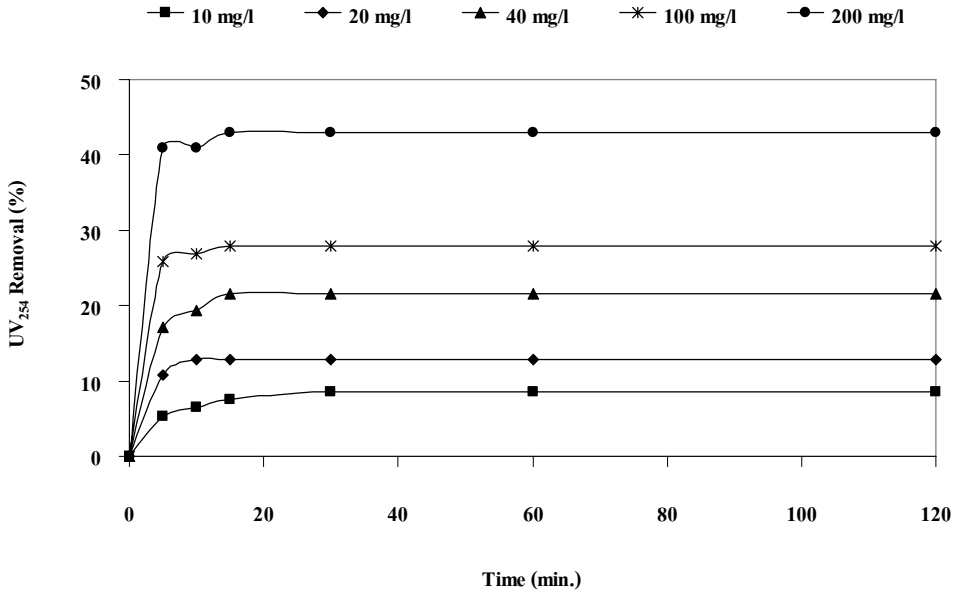
น้ำดิบที่ใช้ในการทดลองมีค่า UV_{254} 0.093 ซม.$^{-1}$ ทำการศึกษาการดูดติดผิวด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ระยะเวลาสัมผัส 5 , 10 , 15 , 30 , 60 และ 120 นาที โดยใช้ความเข้มข้น PAC1 และ GAC เท่ากับ 10 , 20 , 40 , 100 และ 200 มก./ล. พบว่าที่แต่ละความเข้มข้นของ PAC1ระยะเวลาสัมผัส 5 นาที UV_{254} ลดลงเหลือ 0.088 , 0.083 , 0.077 , 0.069 และ 0.055 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 5 , 11 , 17 , 26 และ 41 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 10 นาที UV_{254} ลดลงเหลือ 0.087 , 0.081 , 0.075 , 0.068 และ 0.055 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 6 , 13 , 19 , 27 และ 41 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 15 นาที UV_{254} ลดลงเหลือ 0.086 , 0.081 , 0.073 , 0.067 และ 0.053 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 8 , 13 , 22 , 28 และ 43 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 30 นาที , 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง มีค่า UV_{254} ลดลงเหลือ 0.085 , 0.081 , 0.073 , 0.067 และ 0.053 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 9 , 13 , 22 , 28 และ 43 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 18 และ 19 สำหรับ GAC แต่ละความเข้มข้นพบว่าระยะเวลาสัมผัส 5 นาที และ 10 นาที UV_{254} ลดลงเหลือ 0.090 , 0.089 , 0.083 , 0.068 และ 0.057 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 3 , 4 , 11 , 27 และ 39 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 15 นาที , 30 นาที , 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง UV_{254} ลดลงเหลือ 0.090 , 0.088 , 0.083 , 0.068 และ 0.057 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 3 , 5 , 11 , 27 และ 39 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 20 และ 21

หลังจากระยะเวลาสัมผัส 2 ชั่วโมง ตรวจวิเคราะห์น้ำดิบพบว่ามีความเข้มข้นของ TOC เท่ากับ 3.6 มก./ล. เมื่อใช้ความเข้มข้น PAC1 และ GAC เท่ากับ 10 , 20 , 40 , 100 และ 200 มก./ล. ส่งให้ผล TOC ลดลงเหลือ 2.9 , 2.5 , 2.3 , 1.6 และ 0.8 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 19 , 31 , 37 , 55 และ 77 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของ GAC นั้น TOC ลดลงเหลือ 3.4 , 3.0 , 2.7 , 1.9 และ 1.0 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 6 , 16 , 23 , 48 และ 71 เปอร์เซ็นต์

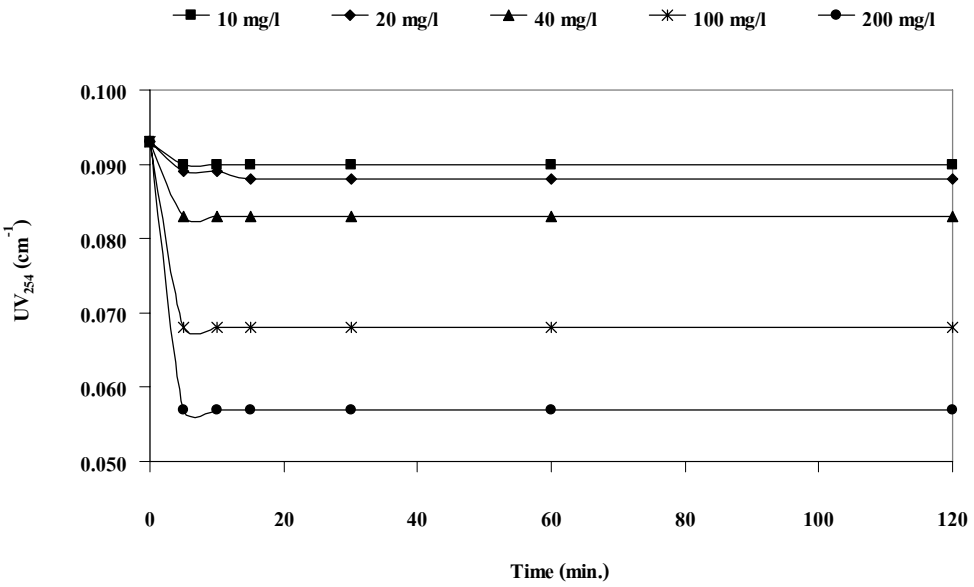
จากการทดสอบที่ความเข้มข้นถ่าน 10 , 20 , 40 , 100 และ 200 มก./ล.ระยะเวลาสัมผัส 5 , 10 , 15 , 30 , 60 และ 120 นาที พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์ความสามารถในการกำจัด NOM เพิ่มขึ้นพิจารณาจากค่า UV_{254} ที่ลดลง และประสิทธิภาพการกำจัดจะเกิดขึ้นที่เวลาสัมผัส 5 นาทีหลังจากนั้นประสิทธิภาพการกำจัดใกล้เคียงกัน ศึกษาต่อไปในกรณีเมื่อใช้ความเข้มข้นของถ่านกัมมันต์สูงขึ้นและระยะเวลาสัมผัสนานขึ้น



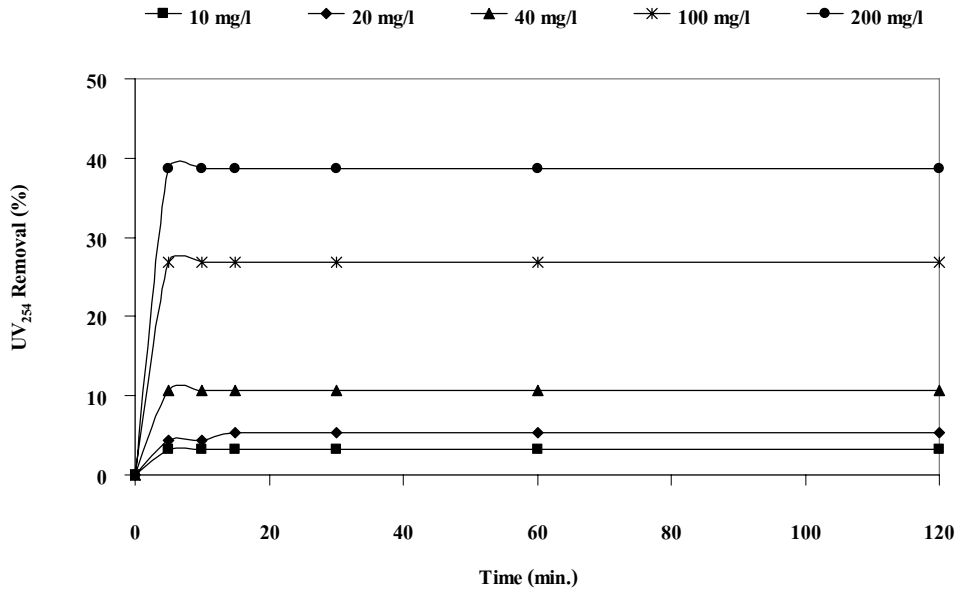
ภาพที่ 18 UV_{254} เมื่อใช้ PAC1 ในการทำจาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ



ภาพที่ 19 ประสิทธิภาพการกำจัด UV_{254} เมื่อใช้ PAC1 ในการทำจาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ



ภาพที่ 20 UV_{254} เมื่อใช้ GAC ในการทำจาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ



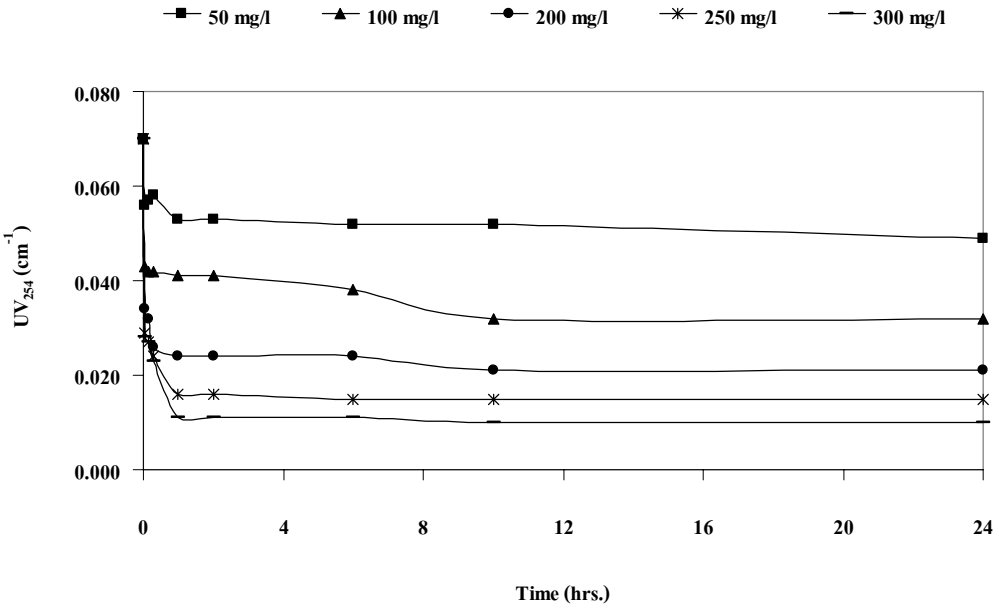
ภาพที่ 21 ประสิทธิภาพการกำจัด UV_{254} เมื่อใช้ GAC ในการทำจาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ

การทำ Jar test โดยใช้ความเร็วรอบของใบพัด 100 รอบต่อนาที ทดสอบ PAC1 ความเข้มข้น 50 , 100 , 200 , 250 , 300 มก./ล. พบว่าในน้ำดิบ UV_{254} 0.070 ซม.$^{-1}$ ที่แต่ละความเข้มข้นของ PAC1 ระยะเวลาสัมผัส 5 นาที UV_{254} ลดลงเหลือ 0.056 , 0.043 , 0.034 , 0.029 และ 0.028 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 20 , 39 , 51 , 59 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 15 นาที UV_{254} ลดลงเหลือ 0.057 , 0.042 , 0.032 , 0.027 และ 0.027 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 19 , 40 , 54 , 61 และ 61 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 30 นาที UV_{254} ลดลงเหลือ 0.058 , 0.042 , 0.026 , 0.024 และ 0.023 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 17 , 40 , 63 , 66 และ 67เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 1 และ 2 ชั่วโมง ค่า UV_{254} ลดลงเหลือ 0.053 , 0.041 , 0.024 , 0.016และ 0.011 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 24 , 41 , 66 , 77 และ 84 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 6 ชั่วโมง UV_{254} ลดลงเหลือ 0.052 , 0.038 , 0.024 , 0.015 และ 0.011 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 24 , 46 , 66 , 79 และ 84 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 10 ชั่วโมง UV_{254} ลดลงเหลือ 0.052 , 0.032 , 0.021 , 0.015 และ 0.010 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 26 , 54 , 70 , 79 และ 86 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง UV_{254} ลดลงเหลือ 0.049 , 0.032 , 0.021 , 0.015 และ 0.010 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 30 , 54 , 70 , 79 และ 86 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 22 และ 23 และในน้ำดิบ TOC 3 มก./ล. ระยะเวลาสัมผัส 5 และ 15 นาที TOC ลดลงเหลือ 2.0 , 1.3 , 0.9 , 0.7 และ 0.7 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 33 , 56 , 71 , 77 และ 77 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 30 นาที TOC ลดลงเหลือ 2.0 , 1.3 , 0.8 , 0.7 และ 0.7 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 33 , 56 , 73 , 77 และ 77 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 1 และ 2 ชั่วโมง TOC ลดลงเหลือ 1.9 , 1.3 , 0.8 , 0.5 และ 0.5 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 36 , 56 , 73 , 83 และ 83 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 6 ชั่วโมง TOC ลดลงเหลือ 1.9 , 1.2 , 0.8 , 0.5 และ 0.5 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 36 , 60 , 73 , 83 และ 83 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 10 ชั่วโมง TOC ลดลงเหลือ 1.9 , 0.9 , 0.8 , 0.5 และ 0.5 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 36 , 70 , 73 , 83 และ 83 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง TOC ลดลงเหลือ 1.7 , 0.9 , 0.8 , 0.5 และ 0.5 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 43 , 70 , 73 , 83 และ 83 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 24 และ 25

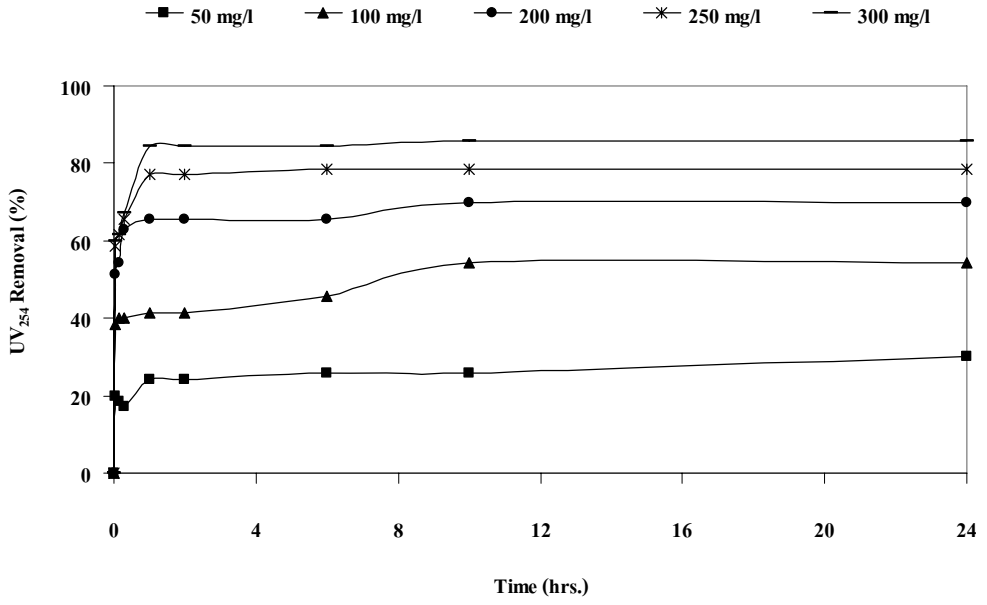
การทำ Jar test โดยใช้ GAC ความเข้มข้น 50 , 100 , 200 , 250 , 300 มก./ล. ซึ่งในน้ำดิบมีค่า UV_{254} 0.126 ซม.$^{-1}$ ที่แต่ละความเข้มข้นของ GAC พบว่าระยะเวลาสัมผัส 5 นาที UV_{254} ลดลงเหลือ 0.117 , 0.100 , 0.079 , 0.079 และ 0.070 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 7 , 21 , 37 , 37 และ 44 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 15 นาที UV_{254} ลดลงเหลือ 0.116 , 0.100 , 0.076 , 0.070 และ 0.066 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 8 , 21 , 40 , 44 และ 48 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส

30 นาที UV_{254} ลดลงเหลือ 0.115 , 0.100 , 0.054 , 0.064 และ 0.065 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 9 , 21 , 57 , 49 และ 48 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 1 ชั่วโมง UV_{254} ลดลงเหลือ 0.111 , 0.098 , 0.050 , 0.062 และ 0.063 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 12 , 22 , 60 , 51 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 10 ชั่วโมง UV_{254} ลดลงเหลือ 0.101 , 0.086 , 0.050 , 0.053 และ 0.048 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 20 , 32 , 60 , 58 และ 62 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง UV_{254} ลดลงเหลือ 0.095 , 0.077 , 0.049 , 0.045 และ 0.043 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 25 , 39 , 61 , 64 และ 66 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 48 ชั่วโมง UV_{254} ลดลงเหลือ 0.095 , 0.077 , 0.049 , 0.040 และ 0.039 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 25 , 39 , 61 , 68 และ 69 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 26 และ 27 และน้ำดิบมีค่า TOC 3.5 มก./ล. แต่ละความเข้มข้นของ GAC ที่ทดสอบพบว่าระยะเวลาสัมผัส 5 นาที TOC ลดลงเหลือ 2.8 , 2.2 , 0.9 , 0.9 และ 0.8 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 20 , 37 , 74 , 74 และ 77 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 15 นาที TOC ลดลงเหลือ 2.8 , 2.1 , 0.9 , 0.8 และ 0.7 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 20 , 40 , 74 , 77 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 30 นาที TOC ลดลงเหลือ 2.8 , 2.1 , 0.7 , 0.7 และ 0.7 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 20 , 40 , 80 , 80 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 1ชั่วโมง มีค่า TOC ลดลงเหลือ 2.7 , 2.0 , 0.7 , 0.7 และ 0.7 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 23 , 43 , 80 , 80 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 10 ชั่วโมง TOC ลดลงเหลือ 2.7 , 1.9 , 0.7 , 0.7 และ 0.6 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 23 , 46 , 80 , 80 และ 83 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง TOC ลดลงเหลือ 2.5 , 1.8 , 0.7 , 0.6 และ 0.6 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 29 , 49 , 80 , 83 และ 83 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาสัมผัส 48:00 ชั่วโมง TOC ลดลงเหลือ 2.5 , 1.8, 0.7 , 0.6 และ 0.5 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 29 , 49 , 80 , 83 และ 86 เปอร์เซ็นต์ดังแสดงในภาพที่ 28 และ 29

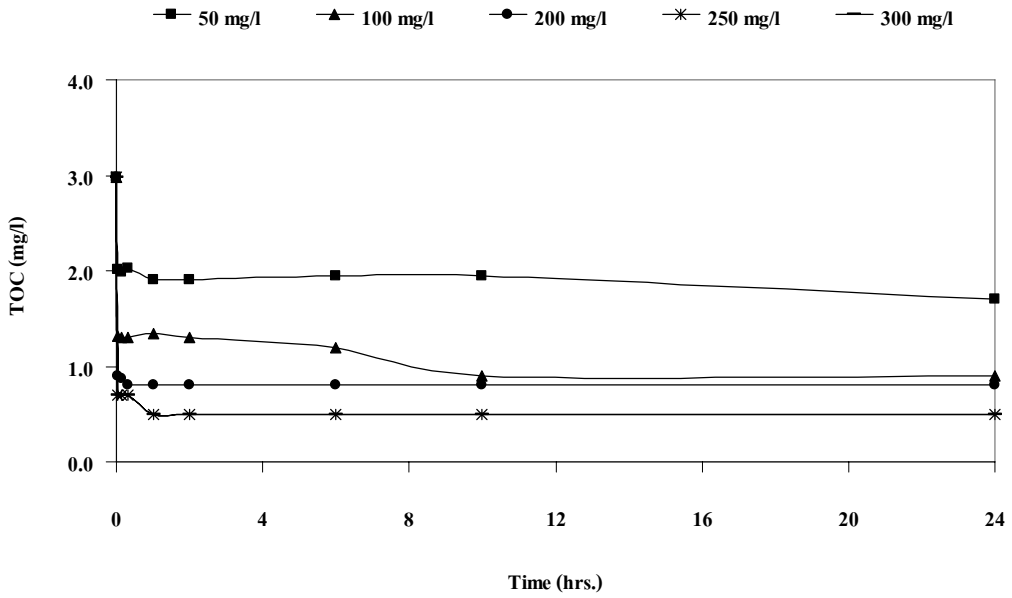
จากผลการศึกษาพบว่าน้ำดิบหลังจากระยะเวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง TOC มีค่าเท่ากับ 3.0 มก./ล. โดยใช้ความเข้มข้น PAC1 เท่ากับ 50 , 100 , 200 , 250 , 300 มก./ล. ส่งผลให้TOC ลดลงเหลือ 1.7 , 0.9 , 0.8 , 0.5 และ 0.5 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 43 , 70 , 73 , 83 และ 83 เปอร์เซ็นต์ และน้ำดิบหลังจากระยะเวลาสัมผัส 48 ชั่วโมง พบว่า TOC มีค่าเท่ากับ 3.5 มก./ล. เมื่อใช้ GAC ความเข้มข้นเท่ากับ 50 , 100 , 200 , 250 , 300 มก./ล. สามารถทำให้ TOC ลดลงเหลือ 2.5 , 1.8 , 0.7 , 0.6 และ 0.5 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 29 , 49 , 80 , 83 และ 86 เปอร์เซ็นต์



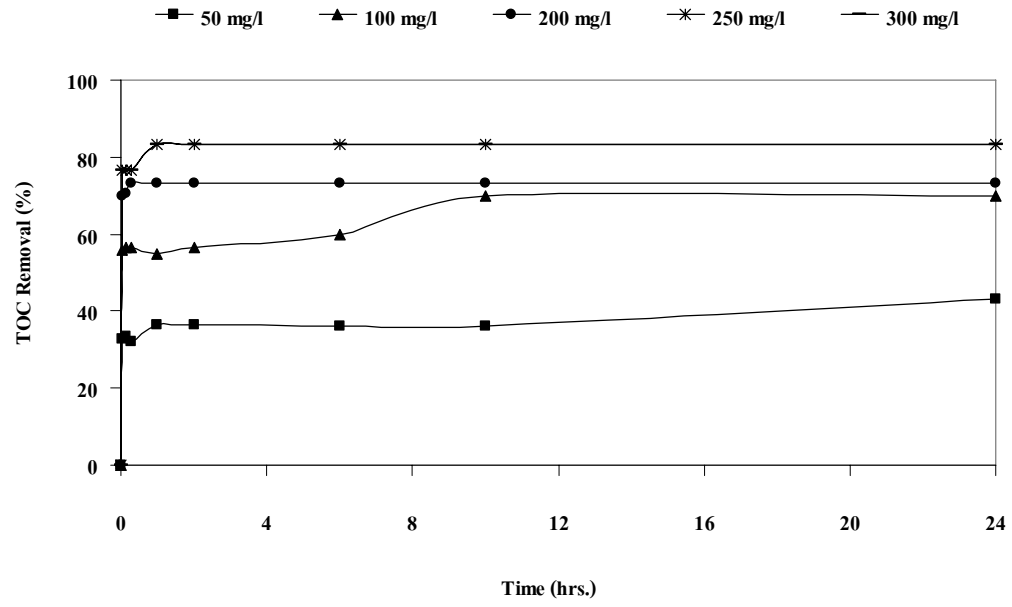
ภาพที่ 22 UV_{254} เมื่อใช้ PAC1 ในการทำจาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ



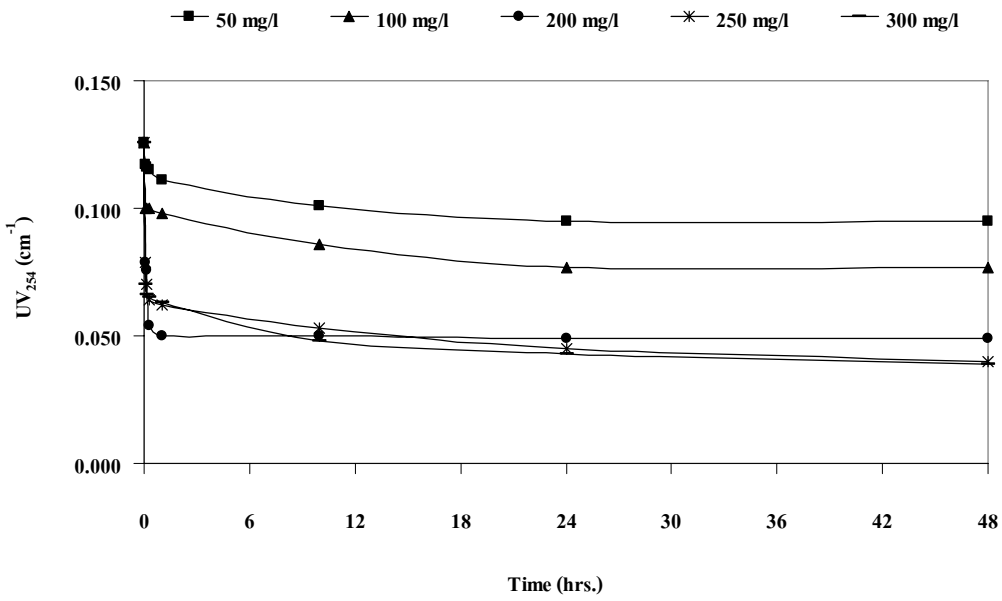
ภาพที่ 23 ประสิทธิภาพการกำจัด UV_{254} เมื่อใช้ PAC1 ในการทำจาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ



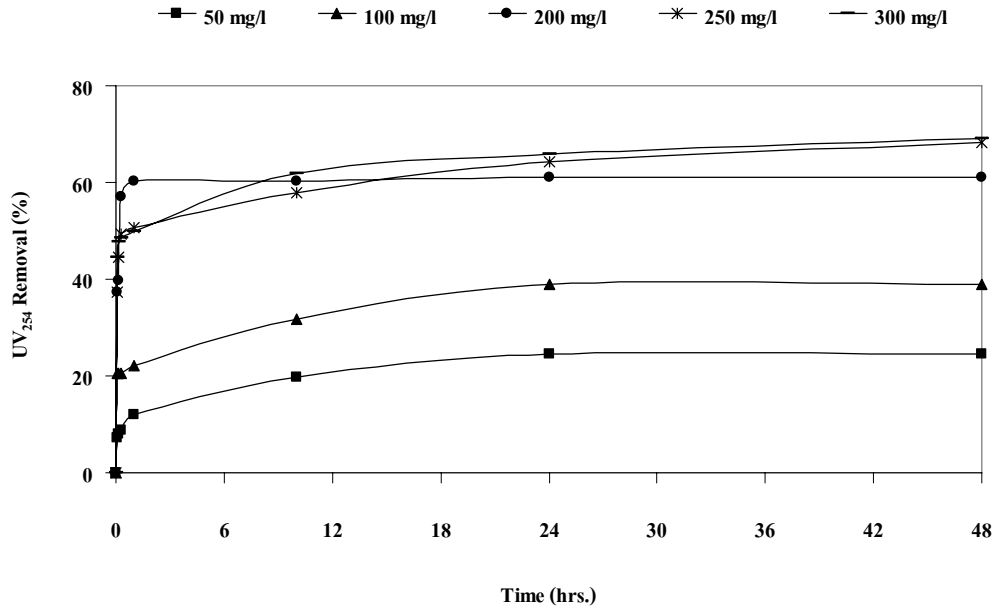
ภาพที่ 24 TOC เมื่อใช้ PAC1 ในการทำจาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ



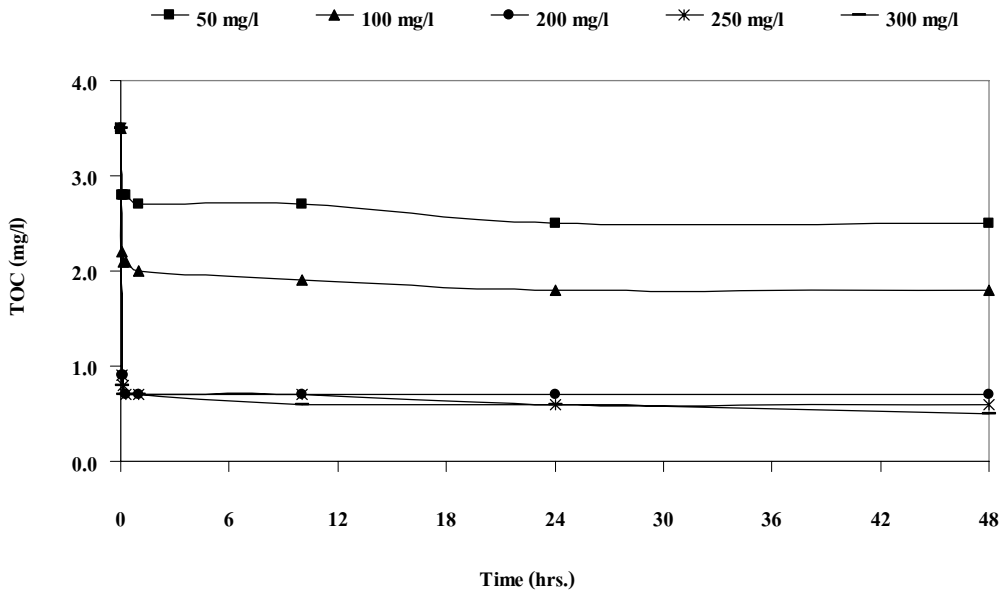
ภาพที่ 25 ประสิทธิภาพการกำจัด TOC เมื่อใช้ PAC1 ในการทำจาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ



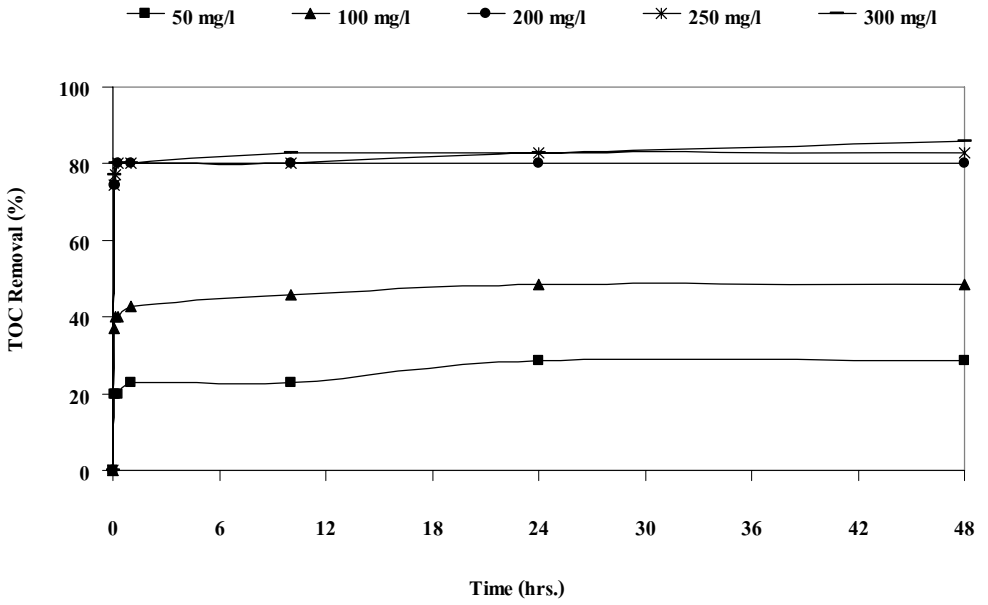
ภาพที่ 26 UV_{254} เมื่อใช้ GAC ในการทำจาร์เทสต์ ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ



ภาพที่ 27 ประสิทธิภาพการกำจัด UV_{254} เมื่อใช้ GAC ในการทำจาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ



ภาพที่ 28 TOC เมื่อใช้ GAC ในการทำจาร์เทสต์ ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ



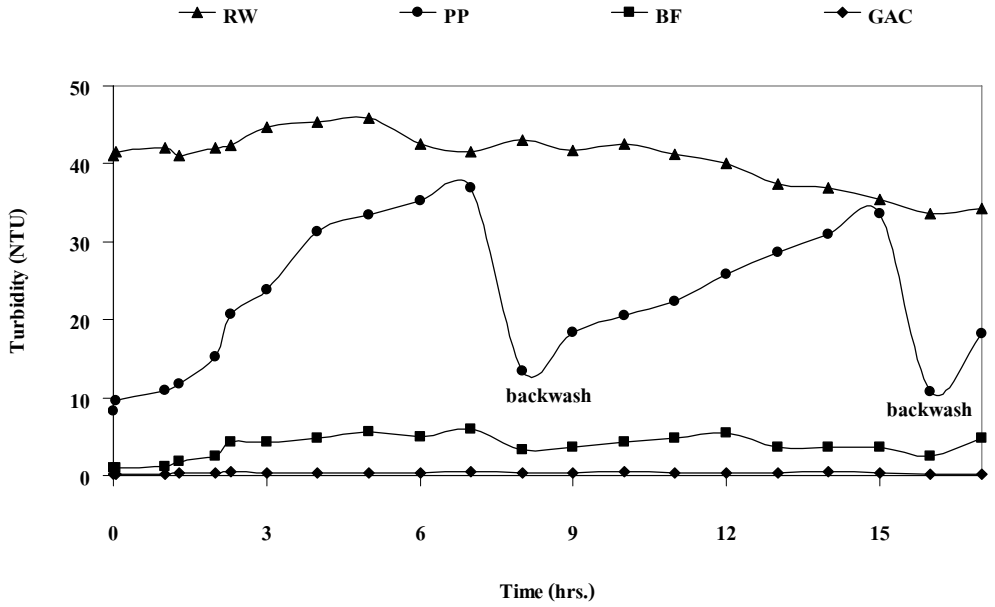
ภาพที่ 29 ประสิทธิภาพการกำจัด TOC เมื่อใช้ GAC ในการทำจาร์เทสต์ที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ

3. <u>การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัด NOM และ ความขุ่นของระบบ</u>

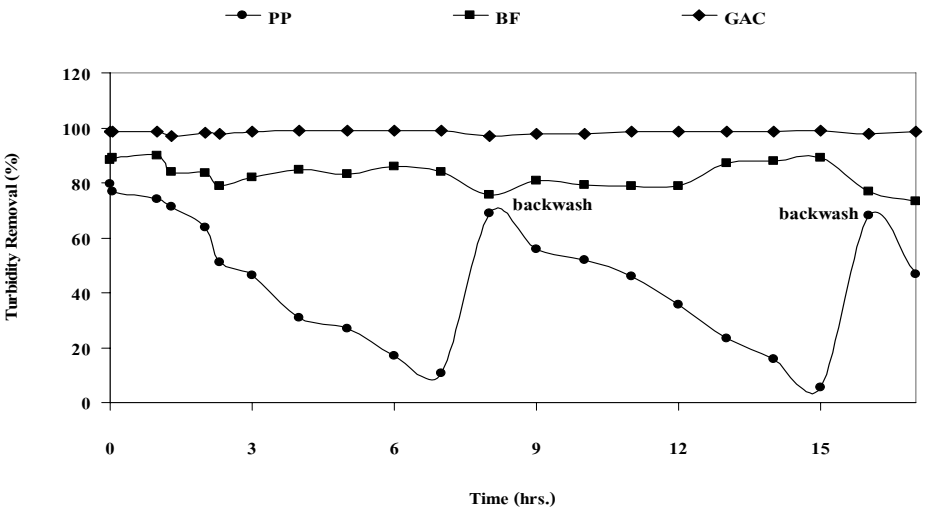
ระบบทดลองเป็นท่อพีวีซีกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22.5 เซนติเมตร จำนวน 4 คอลัมน์ แบ่งเป็นบรรจุ PP 2 คอลัมน์ GAC 1 คอลัมน์ BF 1 คอลัมน์ ตัวกลางแต่ละชนิดมีความสูง 1 เมตร อัตราการกรองผ่าน PP 11 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. BF 2.0 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. และ GAC 2.0 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม โคแอกกูแลนท์คือโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) ความเข้มข้น 8 มก./ล. (100% Jar test) ใช้น้ำดิบเดียวกับโรงงานผลิตน้ำบางเขน การประปานครหลวง ซึ่งเป็นน้ำผิวดินจากแม่น้ำเจ้าพระยา นำน้ำดิบกรองผ่าน PP จากนั้นแยกน้ำกรองผ่าน BF และ GAC เก็บตัวอย่างน้ำหลังผ่านระบบมาวิเคราะห์ ความขุ่น และ NOM ซึ่งใช้ค่า UV_{254} และ TOC เป็นตัวแทน เปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำดิบที่เข้าระบบ ระยะเวลาเดินระบบ 17 , 31 , 54 , 87 ชั่วโมง และเดินระบบระยะยาวตามสภาวะการทำงานเป็นระยะเวลา 4 เดือน เก็บตัวอย่างน้ำหลังผ่านระบบมาวิเคราะห์ ความขุ่น สี ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความนำไฟฟ้า ความเป็นด่าง และ NOM ในรูป UV_{254} และ TOC ระหว่างการทดสอบระบบทดลองทำความสะอาดชั้นกรองเม็ดพลาสติกเป็นระยะเนื่องจากชั้นกรองเกิดการอุดตันจนถึงการทะลุผ่าน (Breakthrough) ของกลุ่มเม็ดตะกอน ซึ่งวิธีการทำความสะอาดชั้นกรองเม็ดพลาสติกที่เหมาะสม คือการล้างชั้นกรองเม็ดพลาสติกลอยโดยใช้อากาศตามด้วยน้ำ จำนวน 2 ครั้ง ๆ ละ 5 นาที (สมศักดิ์, 2548)

เมื่อเดินระบบเป็นระยะเวลา 17 ชั่วโมงน้ำดิบความขุ่นเฉลี่ย 40.8 NTU UV_{254} เฉลี่ย 0.333 ซม.$^{-1}$ และTOC เฉลี่ย 6.88 มก./ล. เมื่อน้ำกรองผ่าน PP เหลือค่าความขุ่นเฉลี่ย 21.9 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 46 เปอร์เซ็นต์ UV_{254} เฉลี่ย 0.166 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 51 เปอร์เซ็นต์ และTOC เฉลี่ย 4.08 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 41 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นแยกน้ำส่วนหนึ่งกรองผ่าน BF เหลือค่าความขุ่นเฉลี่ย 3.67 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 83 เปอร์เซ็นต์ UV_{254} เฉลี่ย 0.064 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 58 เปอร์เซ็นต์ TOC เฉลี่ย 2.51 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดได้ 36 เปอร์เซ็นต์ อีกส่วนหนึ่งกรองผ่าน GAC เหลือค่าความขุ่นเฉลี่ย 0.325 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 98 เปอร์เซ็นต์ UV_{254} เฉลี่ย 0.001 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 99 เปอร์เซ็นต์ TOC เฉลี่ย 1.49 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 62 เปอร์เซ็นต์ดังแสดงในภาพที่ 30 ถึง 35 ที่ระยะเวลาเดินระบบ 31 ชั่วโมง น้ำดิบความขุ่นเฉลี่ย 36.2 NTU และUV_{254} เฉลี่ย 0.314 ซม.$^{-1}$ เมื่อน้ำกรองผ่าน PP เหลือค่าความขุ่นเฉลี่ย 19.6 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 45 เปอร์เซ็นต์ UV_{254} เฉลี่ย 0.163 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 48 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นแยกน้ำส่วนหนึ่งกรองผ่าน BF เหลือค่าความขุ่นเฉลี่ย

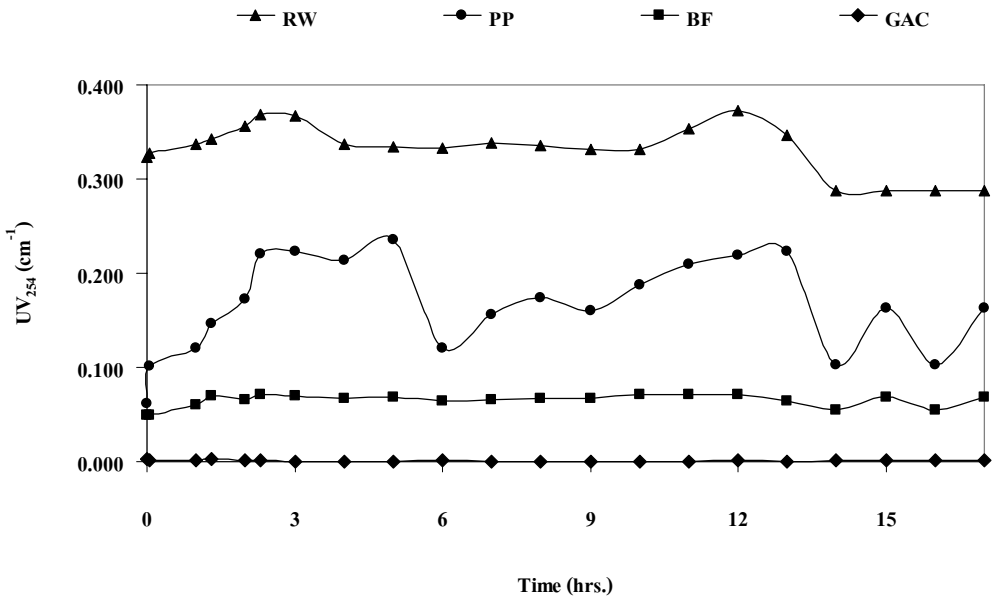
6.63 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 63 เปอร์เซ็นต์ UV_{254} เฉลี่ย 0.084 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 47 เปอร์เซ็นต์ อีกส่วนหนึ่งกรองผ่าน GAC เหลือค่าความขุ่นเฉลี่ย 0.254 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 98 เปอร์เซ็นต์ UV_{254} เฉลี่ย 0.001 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 99 เปอร์เซ็นต์ดังแสดงในภาพที่ 36 ถึง 39



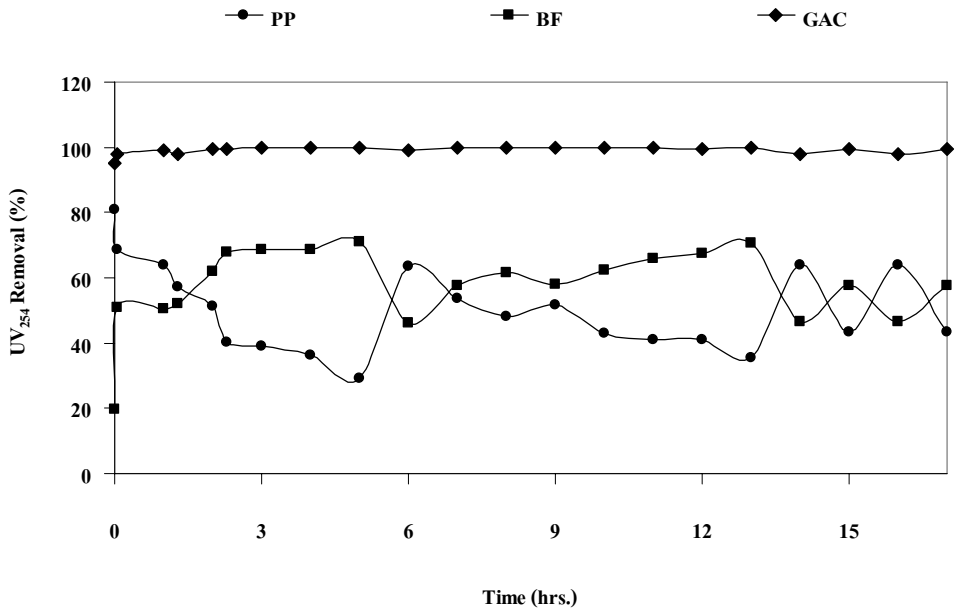
ภาพที่ 30 ความขุ่นที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 ชั่วโมง



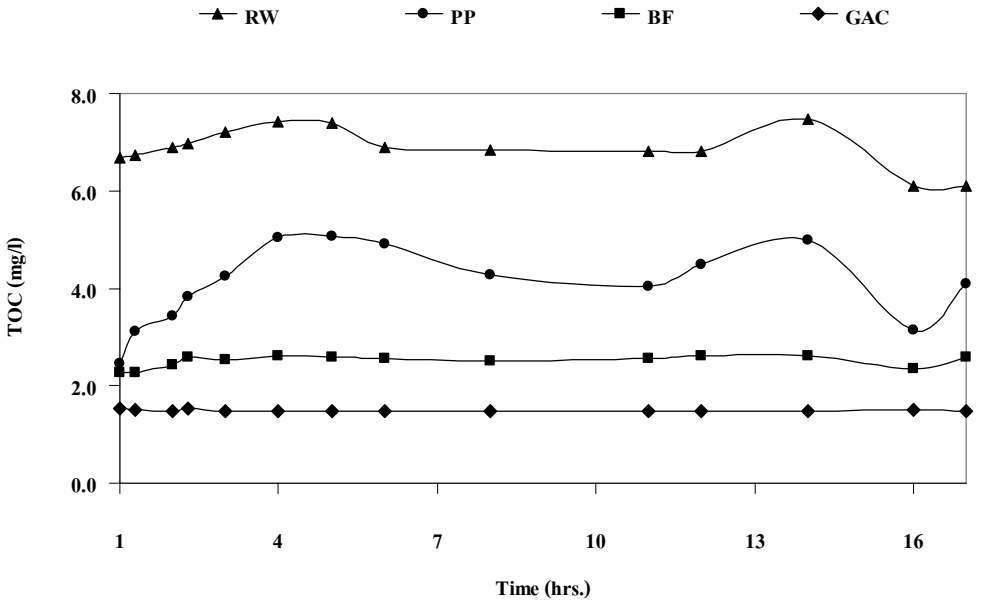
ภาพที่ 31 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 ชั่วโมง



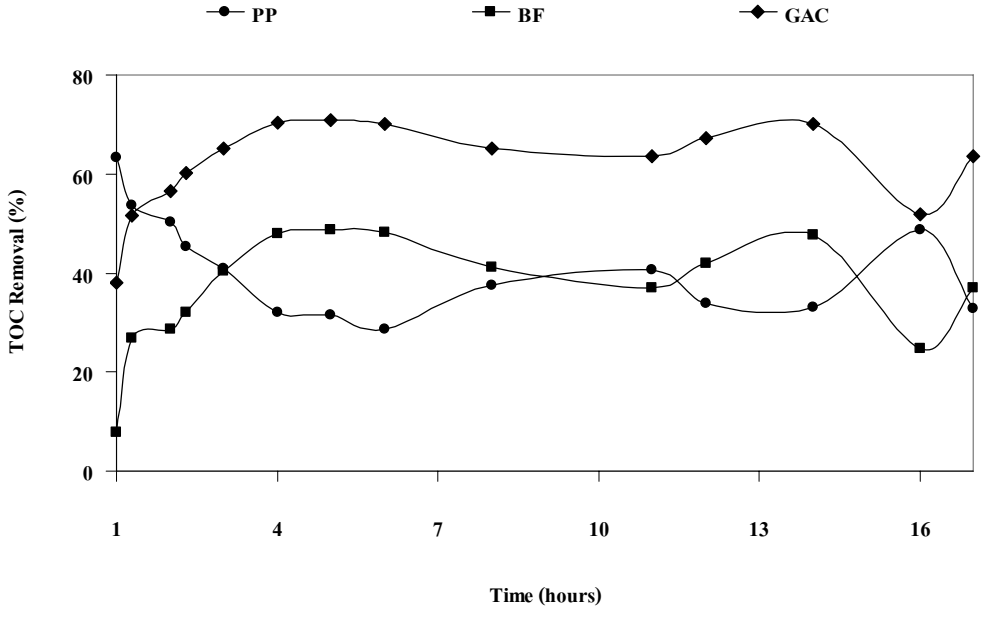
ภาพที่ 32 UV_{254} ที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 ชั่วโมง



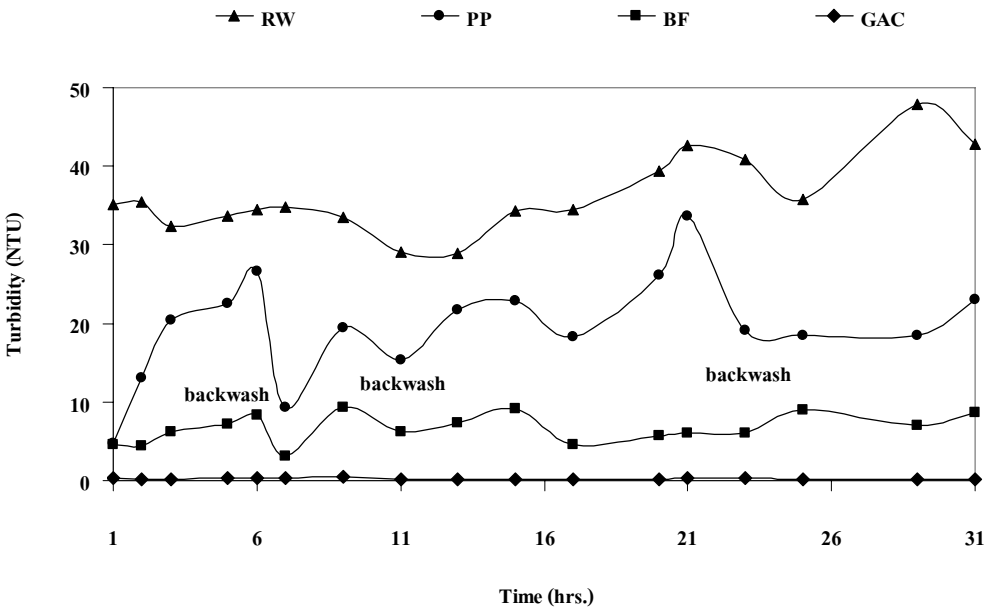
ภาพที่ 33 ประสิทธิภาพการกำจัด UV_{254} ที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 ชั่วโมง



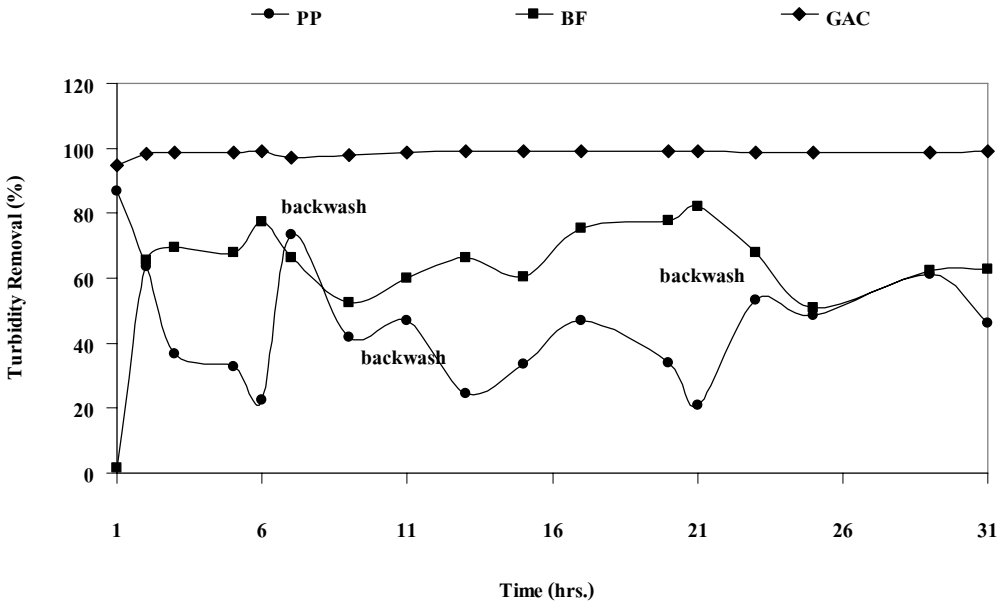
ภาพที่ 34 TOC ที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 ชั่วโมง



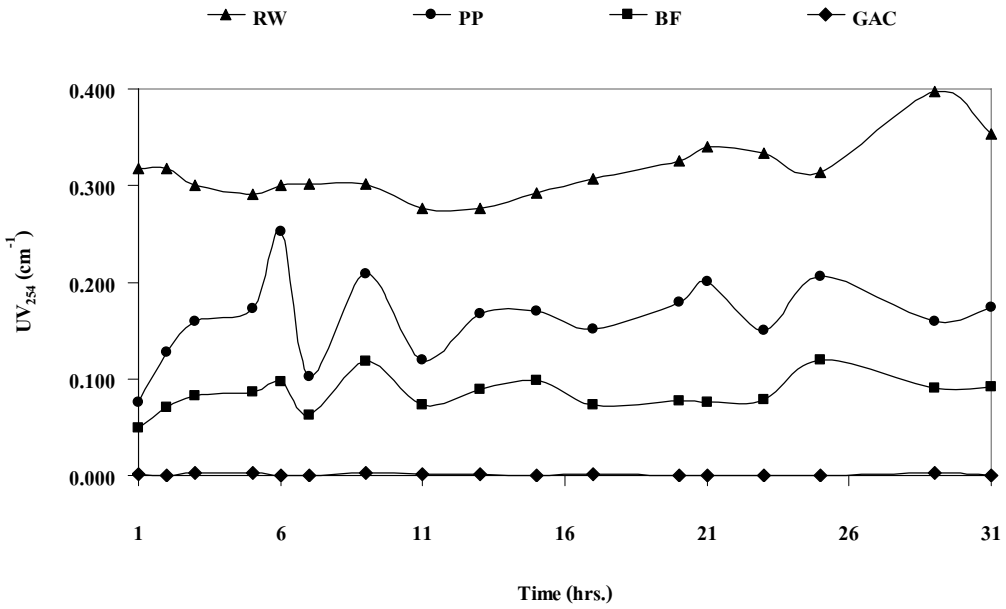
ภาพที่ 35 ประสิทธิภาพการกำจัด TOC ที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 ชั่วโมง



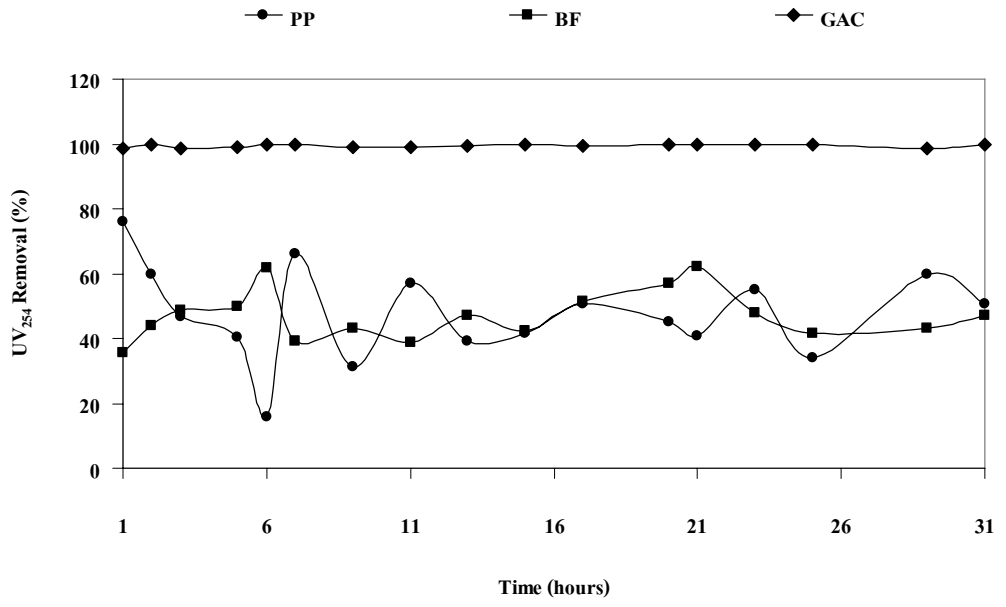
ภาพที่ 36 ความขุ่นที่ระยะเวลาเดินระบบ 31 ชั่วโมง



ภาพที่ 37 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะเวลาเดินระบบ 31 ชั่วโมง



ภาพที่ 38 UV_{254} ที่ระยะเวลาเดินระบบ 31 ชั่วโมง

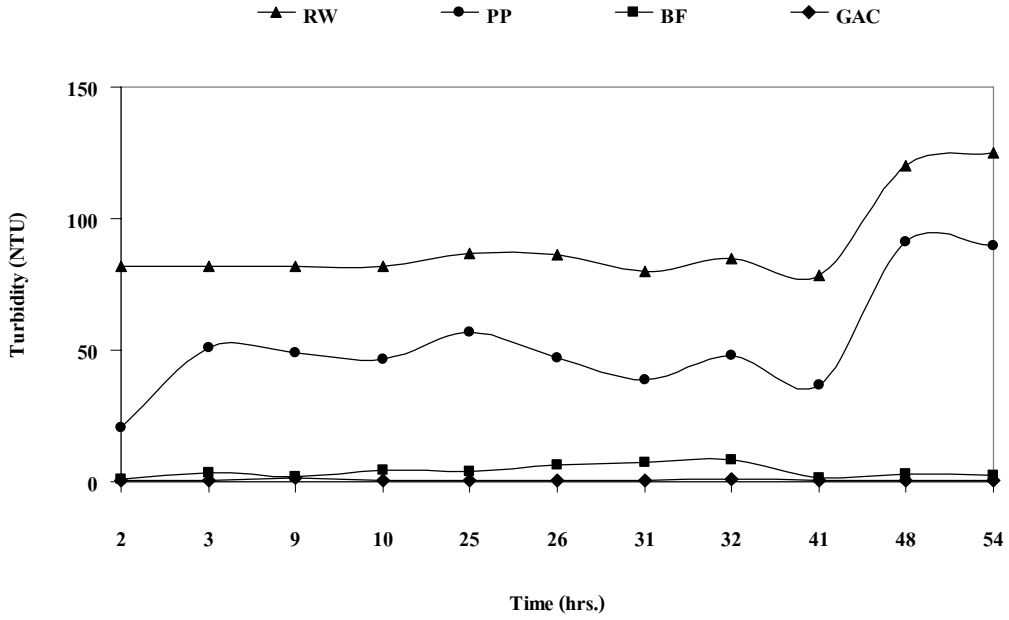


ภาพที่ 39 ประสิทธิภาพการกำจัด UV_{254} ที่ระยะเวลาเดินระบบ 31 ชั่วโมง

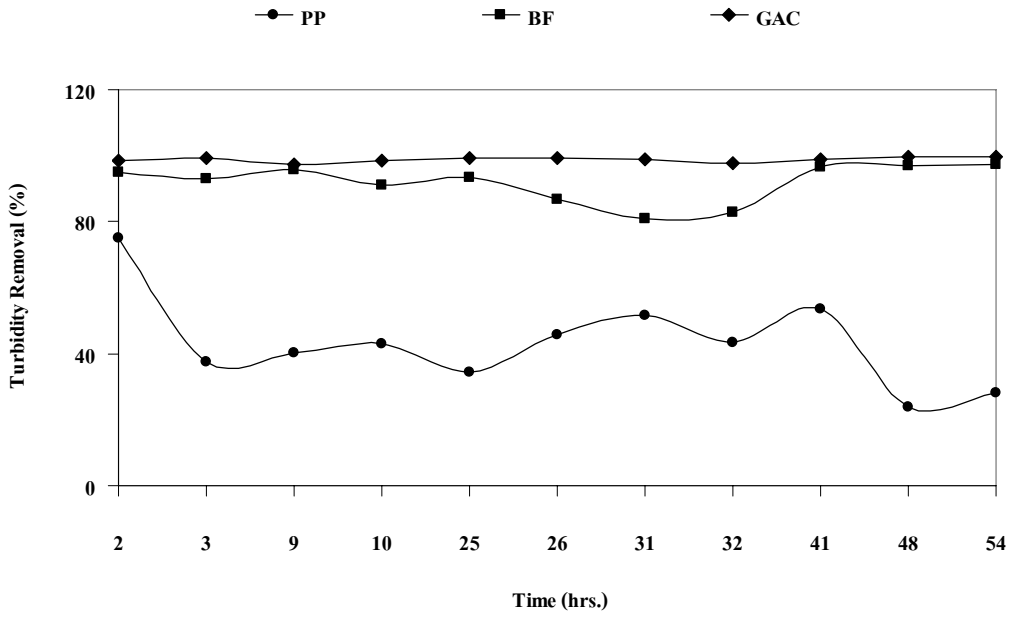
เมื่อเดินระบบเป็นระยะเวลา 54 ชั่วโมงน้ำดิบความขุ่นเฉลี่ย 89.9 NTU และUV_{254} เฉลี่ย 0.658 ซม.$^{-1}$ เมื่อน้ำกรองผ่าน PP เหลือค่าความขุ่นเฉลี่ย 52.32 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 43 เปอร์เซ็นต์ UV_{254} เฉลี่ย 0.331 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 50 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นแยกน้ำส่วนหนึ่งกรองผ่าน BF เหลือค่าความขุ่นเฉลี่ย 3.93 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 92 เปอร์เซ็นต์ UV_{254} เฉลี่ย 0.064 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 78 เปอร์เซ็นต์ อีกส่วนหนึ่งกรองผ่าน GAC เหลือค่าความขุ่นเฉลี่ย 0.558 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 99 เปอร์เซ็นต์ UV_{254} เฉลี่ย 0.002 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 99 เปอร์เซ็นต์ดังแสดงในภาพที่ 40 ถึง 43 ระยะเวลาเดินระบบ 87 ชั่วโมงน้ำดิบความขุ่นเฉลี่ย 37.2 NTU และUV_{254} เฉลี่ย 0.306 ซม.$^{-1}$ เมื่อน้ำกรองผ่าน PP เหลือค่าความขุ่นเฉลี่ย 15.39 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 58 เปอร์เซ็นต์ UV_{254} เฉลี่ย 0.139 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 55 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นแยกน้ำส่วนหนึ่งกรองผ่าน BF เหลือค่าความขุ่นเฉลี่ย 2.99 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 80 เปอร์เซ็นต์ UV_{254} เฉลี่ย 0.067 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 49 เปอร์เซ็นต์ อีกส่วนหนึ่งกรองผ่าน GAC เหลือค่าความขุ่นเฉลี่ย 0.246 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 98 เปอร์เซ็นต์ UV_{254} เฉลี่ย 0.001 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 99 เปอร์เซ็นต์ดังแสดงในภาพที่ 44 ถึง 47

จากการเดินระบบอย่างต่อเนื่องพบว่าน้ำดิบความขุ่นเฉลี่ย 44 NTU และ UV_{254} เฉลี่ย 0.358 ซม.$^{-1}$ กรองผ่าน PP เหลือค่าความขุ่นเฉลี่ย 22 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 51 เปอร์เซ็นต์ UV_{254} เฉลี่ย 0.174 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 52 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นส่วนหนึ่งกรองผ่าน BF เหลือค่าความขุ่นเฉลี่ย 4 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 79 เปอร์เซ็นต์ UV_{254} เฉลี่ย 0.069 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 54 เปอร์เซ็นต์ อีกส่วนหนึ่งกรองผ่าน GAC เหลือค่าความขุ่นเฉลี่ย 0.305 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 98 เปอร์เซ็นต์ UV_{254} เฉลี่ย 0.001 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 99 เปอร์เซ็นต์ การเดินระบบที่ต่อเนื่องพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของชั้นกรอง PP , BF , GAC คือ ร้อยละ 51 , 79 , 98 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัด NOM ในน้ำดิบของชั้นกรอง PP , BF , GAC ในรูป UV_{254} คือ ร้อยละ 52 , 54 , 99 ตามลำดับ การทำงานของ GAC ใช้การดูดซับเข้ารูพรุน ซึ่งเมื่อเริ่มการใช้งานรูพรุนยังไม่มีการปนเปื้อนทำให้มีประสิทธิภาพการกำจัด NOM ได้สูง เมื่อใช้งานผ่านไปรูพรุนเริ่มมีการอุดตันประสิทธิภาพการกำจัดจึงลดลงการใช้งาน GAC สิ้นสุดที่ประสิทธิภาพการกำจัด NOM ต่ำลงมากจนกระทั่งกำจัดไม่ได้ กรองไม่ลงเนื่องจากการอุดตันโดยสิ่งสกปรกในระหว่างชั้นกรองของ GAC ส่วนการทำงานของ Biofilm ใช้วิธีการจับและย่อยสลาย NOM โดยสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นอยู่ร่วมกันเป็นชั้น Biofilm บนตัวกลางฟองน้ำ เมื่อเริ่มเดินระบบชั้น Biofilm เกิดขึ้นน้อยมาก (หรือยังไม่มีเลย)

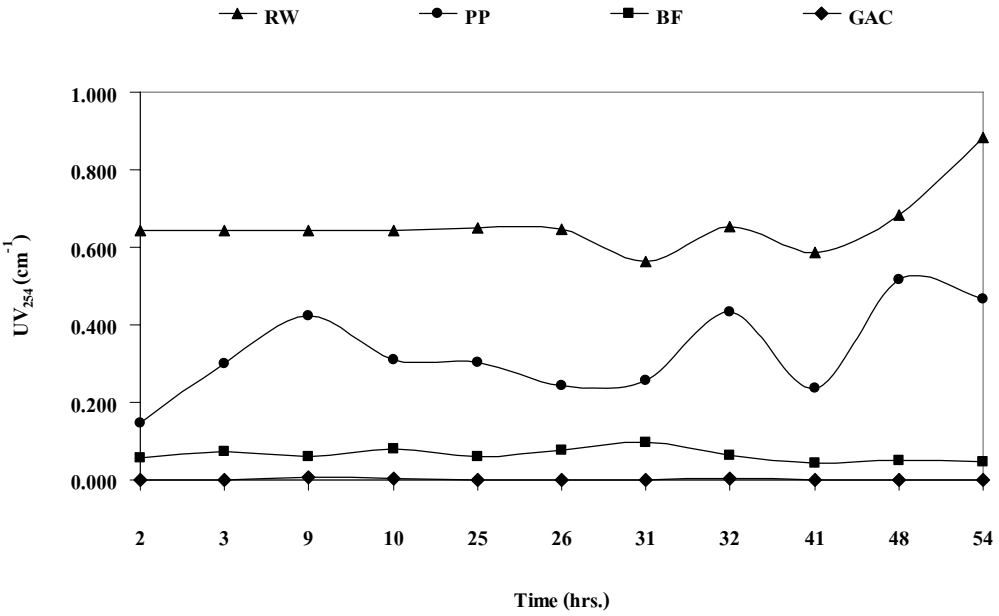
ประสิทธิภาพการกำจัด NOM จึงต่ำ แต่เมื่อเริ่มเดินระบบนานขึ้นมีการสะสมของชั้น Biofilm มากขึ้น เกิดการดูดซับและย่อยสลาย NOM มากขึ้นประสิทธิภาพการกำจัด NOM จึงสูงขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่า Biofilm เกิดการอุดตันในระยะยาวในขณะที่ประสิทธิภาพการกำจัด NOM ยังคงสูง



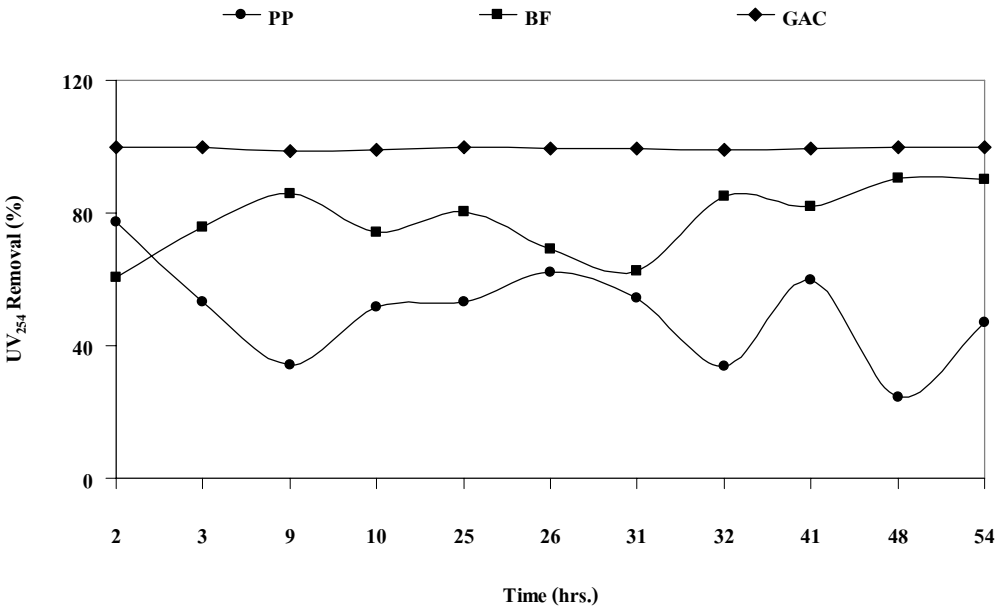
<u>ภาพที่ 40</u> ความขุ่นที่ระยะเวลาเดินระบบ 54 ชั่วโมง



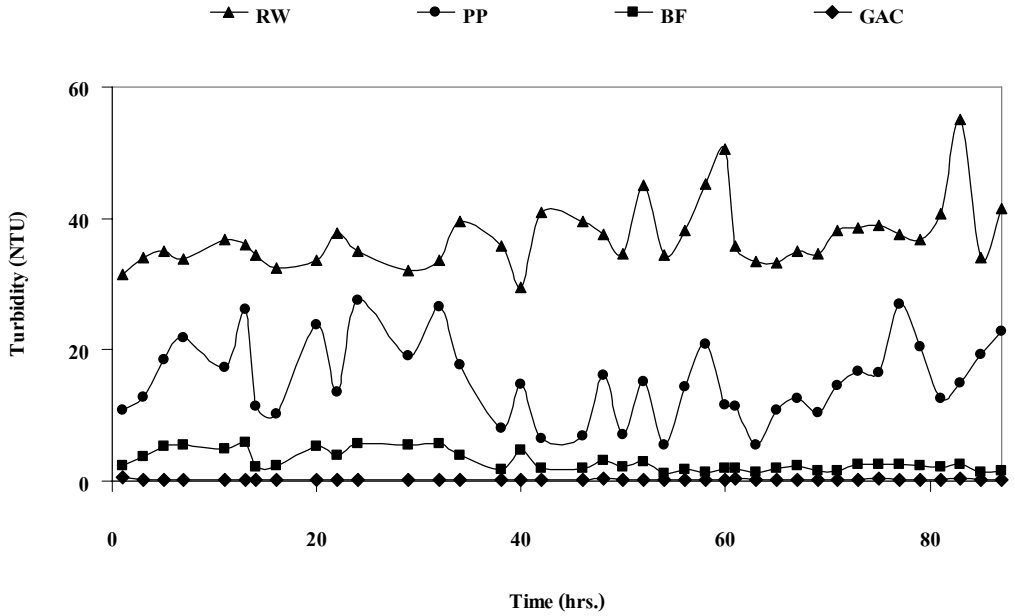
<u>ภาพที่ 41</u> ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะเวลาเดินระบบ 54 ชั่วโมง



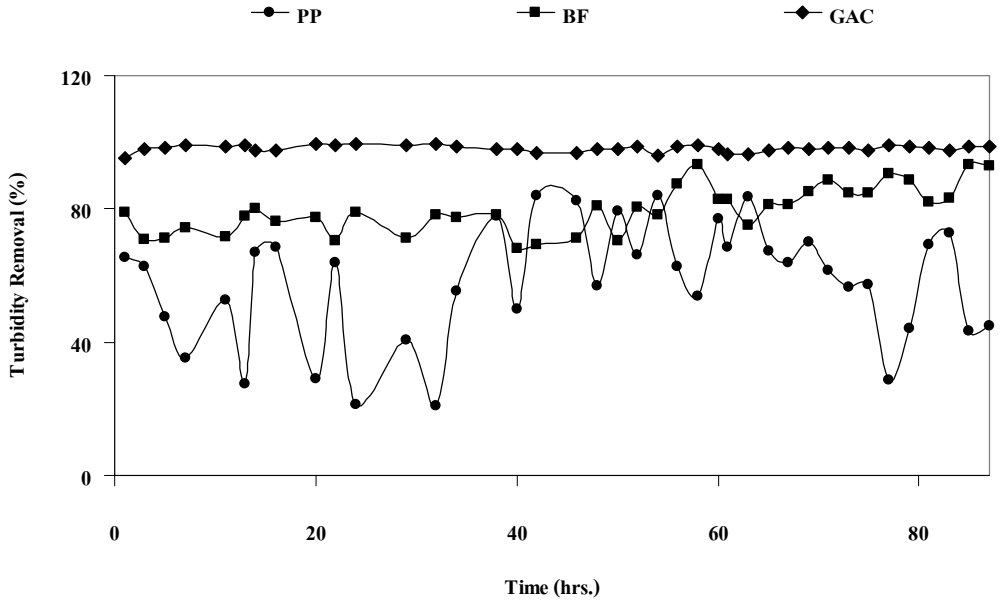
ภาพที่ 42 UV_{254} ที่ระยะเวลาเดินระบบ 54 ชั่วโมง



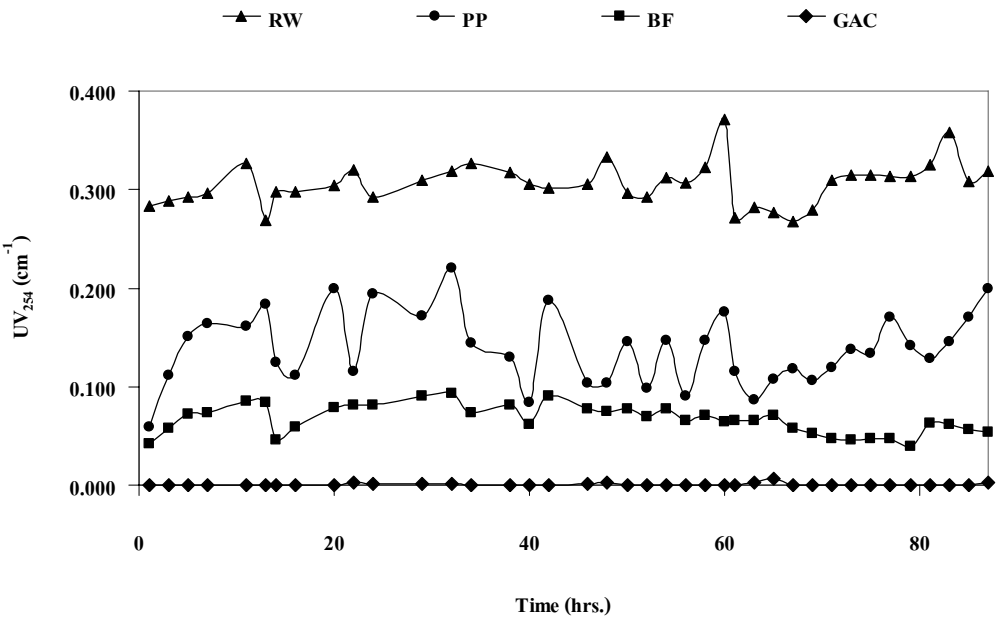
ภาพที่ 43 ประสิทธิภาพการกำจัด UV_{254} ที่ระยะเวลาเดินระบบ 54 ชั่วโมง



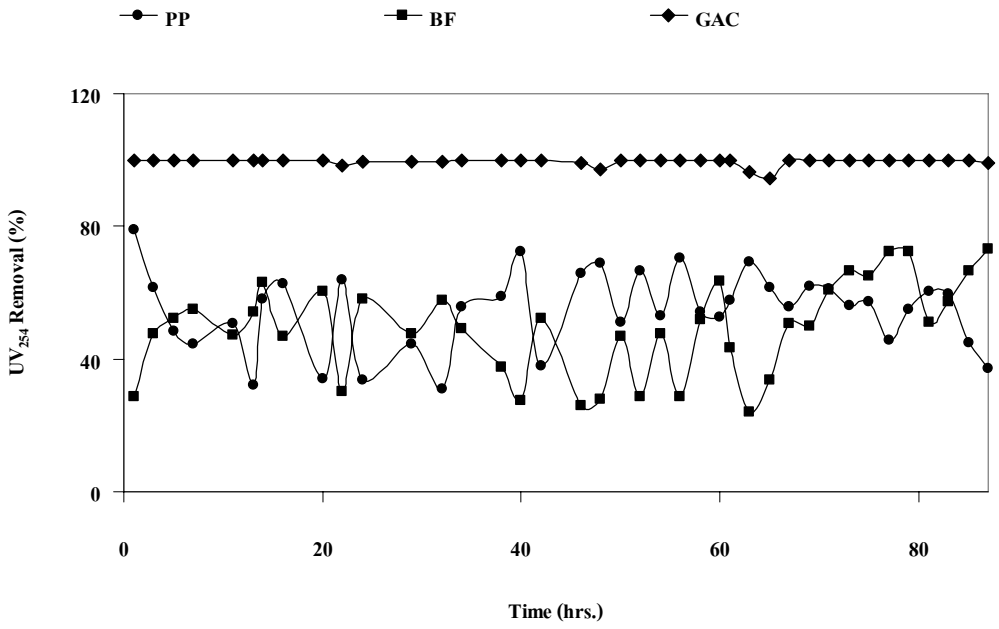
ภาพที่ 44 ความขุ่นที่ระยะเวลาเดินระบบ 87 ชั่วโมง



ภาพที่ 45 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะเวลาเดินระบบ 87 ชั่วโมง



ภาพที่ 46 UV_{254} ที่ระยะเวลาเดินระบบ 87 ชั่วโมง



ภาพที่ 47 ประสิทธิภาพการกำจัด UV_{254} ที่ระยะเวลาเดินระบบ 87 ชั่วโมง

จากการทดสอบระบบทดลองเป็นระยะเวลา 4 เดือน โดยเดินระบบต่อเนื่องเก็บตัวอย่างน้ำหลังผ่านระบบมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ได้แก่ ความขุ่น สี ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความนำไฟฟ้า ความเป็นด่าง และสารอินทรีย์ธรรมชาติในรูป UV_{254} เปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำดิบที่เข้าระบบ พบว่าน้ำดิบมีความขุ่นเฉลี่ย 38 NTU เมื่อน้ำกรองผ่าน PP เหลือค่าความขุ่นเฉลี่ย 19.2 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 48 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นแยกน้ำส่วนหนึ่งกรองผ่าน BF เหลือค่าความขุ่นเฉลี่ย 4.14 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 78 เปอร์เซ็นต์ อีกส่วนหนึ่งกรองผ่าน GAC เหลือค่าความขุ่นเฉลี่ย 0.270 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 98 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 48 และ 49 จากเปอร์เซ็นต์การกำจัดความขุ่นพบว่ามีค่าอยู่ในเกินที่ค่อนข้างสูงซึ่งเป็นการช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำให้มีอนุภาคแขวนลอยลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

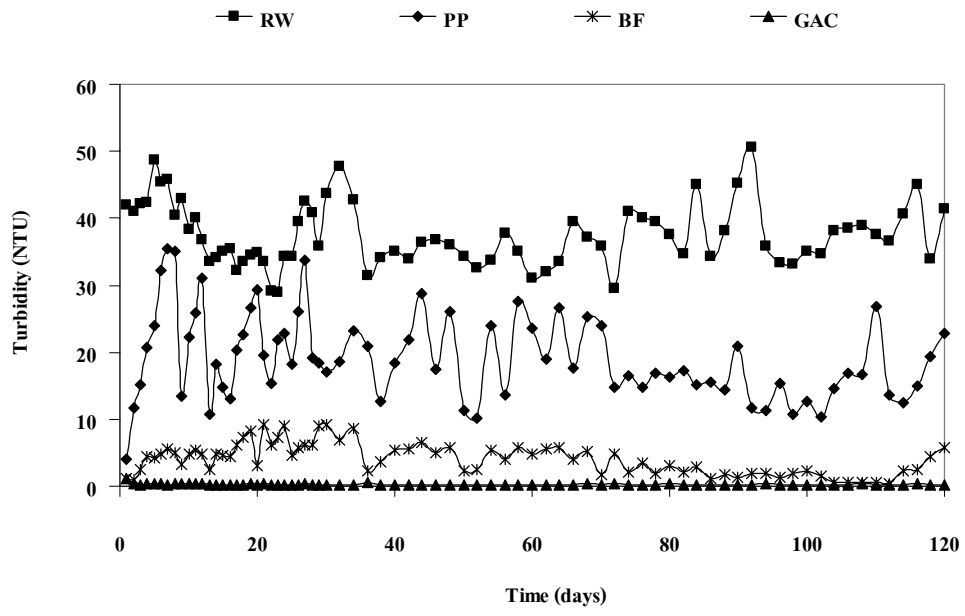
UV_{254} เป็นตัวแทนที่ดีมากในการวัดปริมาณ NOM ซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดสารไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethane Precursors, THMP) Eaton (1995) ได้สรุปผลจากการใช้ค่าการดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตของสารอินทรีย์ในน้ำ เพื่อใช้เป็นมาตรฐานซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์อย่างมากกับปริมาณสารอินทรีย์ละลายน้ำ สารตั้งต้นที่ทำให้เกิดไตรฮาโลมีเทน และสารที่ทำให้เกิดสาร DBPs ชนิดอื่น ๆ จากการทดลองพบว่า น้ำดิบมีค่า UV_{254} เฉลี่ย 0.314 ซม.$^{-1}$ กรองผ่าน PP เหลือค่า UV_{254} เฉลี่ย 0.153 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 51 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นแยกน้ำส่วนหนึ่งกรองผ่าน BF เหลือค่า UV_{254} เฉลี่ย 0.070 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 52 เปอร์เซ็นต์ อีกส่วนหนึ่งกรองผ่าน GAC เหลือค่า UV_{254} เฉลี่ย 0.001 ซม.$^{-1}$ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 99 เปอร์เซ็นต์ดังแสดงในภาพที่ 50 และ 51

น้ำดิบ TOC เฉลี่ย 7 มก./ล.และสีเฉลี่ย 84 มก./ล. กรองผ่าน PP เหลือค่า TOC เฉลี่ย 3 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 52 เปอร์เซ็นต์ ค่าสีเฉลี่ย 43 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 49 เปอร์เซ็นต์จากนั้นแยกน้ำส่วนหนึ่งกรองผ่าน BF เหลือค่า TOC เฉลี่ย 2 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 51 เปอร์เซ็นต์ ค่าสีเฉลี่ย 11.09 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 74 เปอร์เซ็นต์ อีกส่วนหนึ่งกรองผ่าน GAC เหลือค่า TOC เฉลี่ย 0.016 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดได้ 99 เปอร์เซ็นต์ ค่าสีเฉลี่ย 1.71 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 96 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 52 ถึง 55

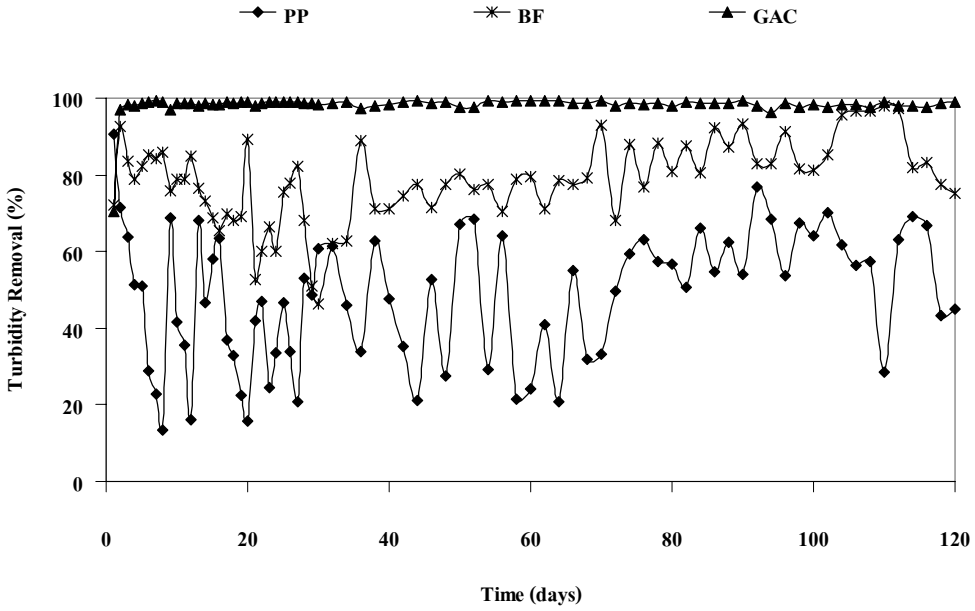
จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่น และ NOM ในน้ำดิบ (ตรวจวัดโดย UV_{254}) ของโรงงานผลิตน้ำบางเขน การประปานครหลวง พบว่า NOM ส่วนใหญ่ (75 เปอร์เซ็นต์) อยู่ในรูปของอนุภาคแขวนลอยในน้ำ ซึ่ง NOM ส่วนหนึ่งจะถูกกำจัดไปพร้อมกับการกำจัดความขุ่น

น้ำดิบมีค่าความเป็นด่างเฉลี่ย 92 มก./ล. ความนำไฟฟ้าเฉลี่ย 307 µS/cm ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 7.73 น้ำกรองผ่าน PP ค่าความเป็นด่างเฉลี่ย 81 มก./ล. ความนำไฟฟ้าเฉลี่ย 319 µS/cm ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 7.26 จากนั้นแยกน้ำกรองผ่าน BF ค่าความเป็นด่างเฉลี่ย 80 มก./ล. ความนำไฟฟ้าเฉลี่ย 320 µS/cm ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 7.23 และน้ำกรองผ่าน GAC ค่าความเป็นด่างเฉลี่ย 90 มก./ล. ความนำไฟฟ้าเฉลี่ย 326 µS/cm ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 7.82 ดังแสดงในภาพที่ 56 ถึง 58

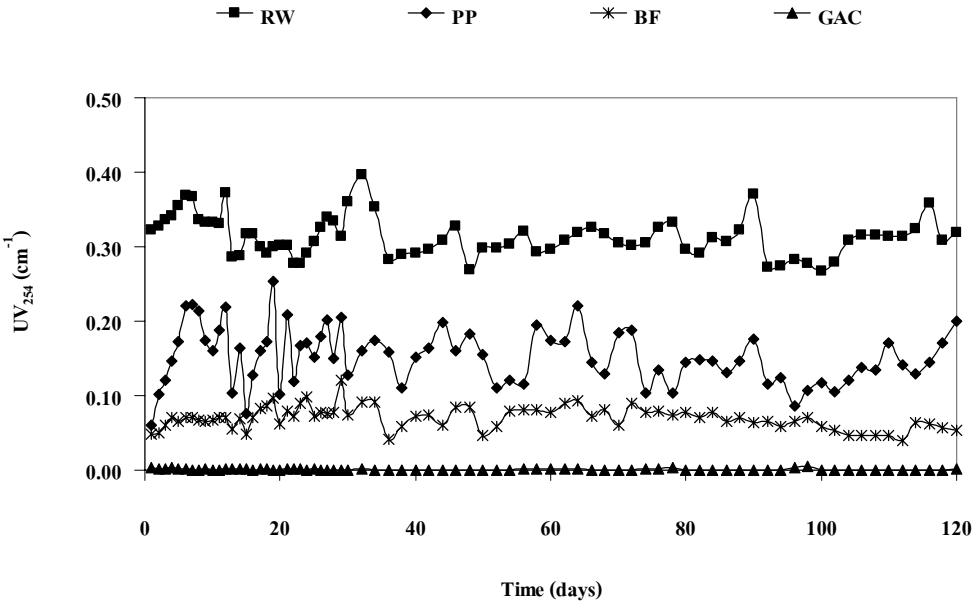
การเดินระบบที่ต่อเนื่องพบว่าประสิทธิภาพการกำจัด NOM ในน้ำดิบสูงสุดของชั้นกรอง PP , BF , GAC ในรูป UV_{254} คือ ร้อยละ 51 , 52 , 99 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุดของชั้นกรอง PP , BF , GAC คือ ร้อยละ 48 , 78 , 98 ตามลำดับ



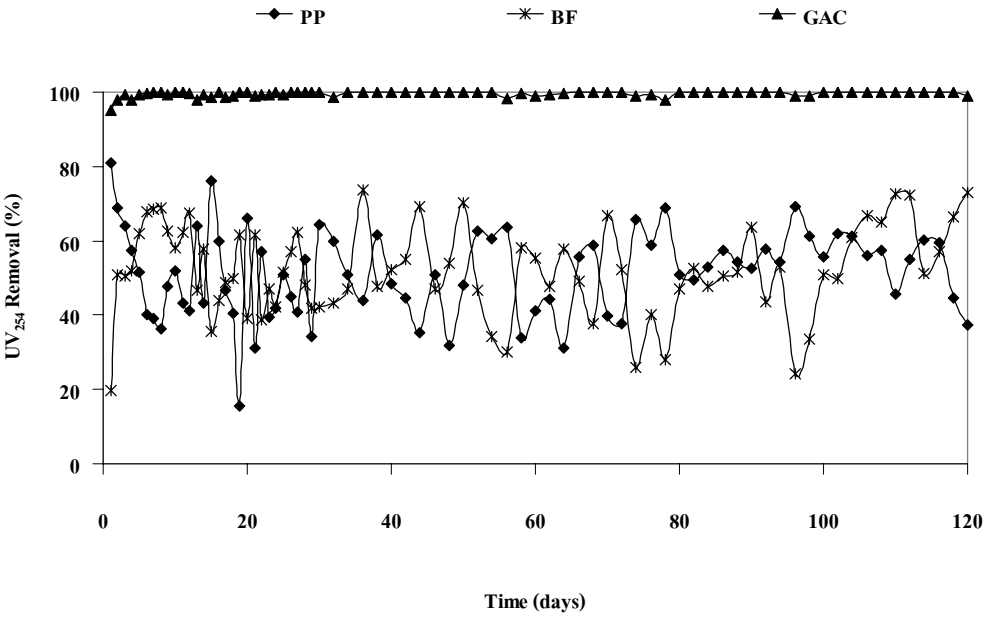
<u>ภาพที่ 48</u> ความขุ่นในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง



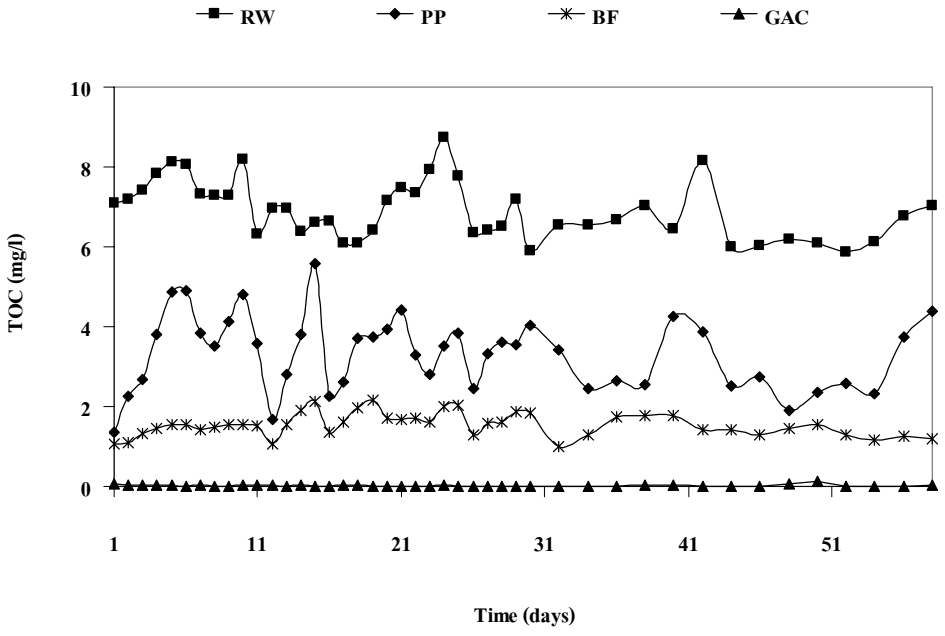
ภาพที่ 49 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง



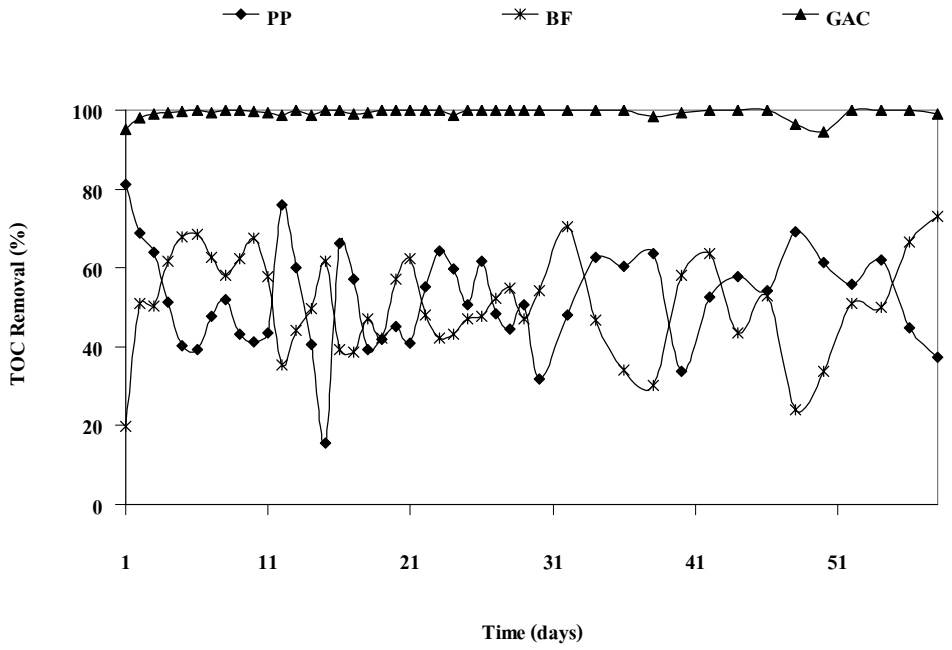
ภาพที่ 50 UV_{254} ในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง



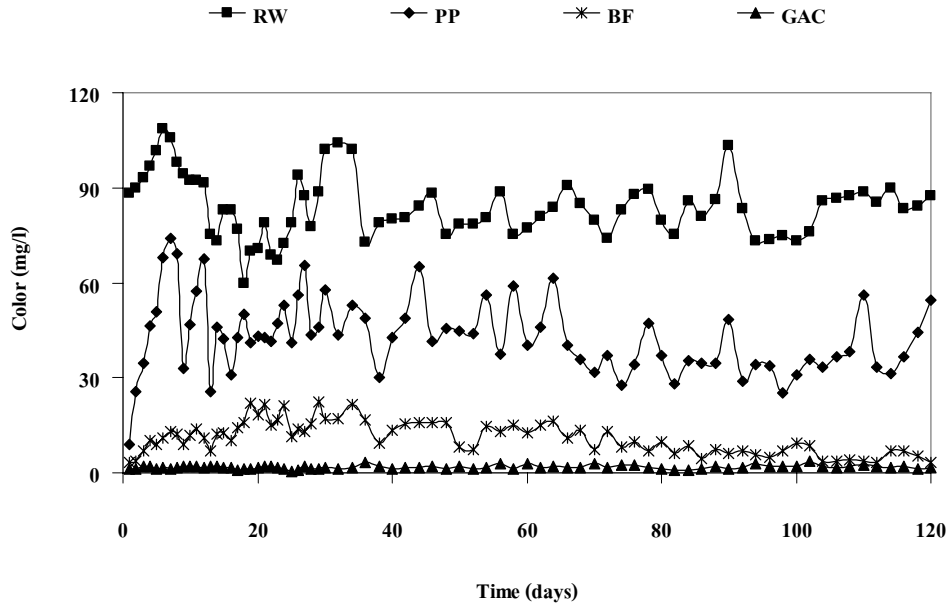
ภาพที่ 51 ประสิทธิภาพการกำจัด UV_{254} ในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง



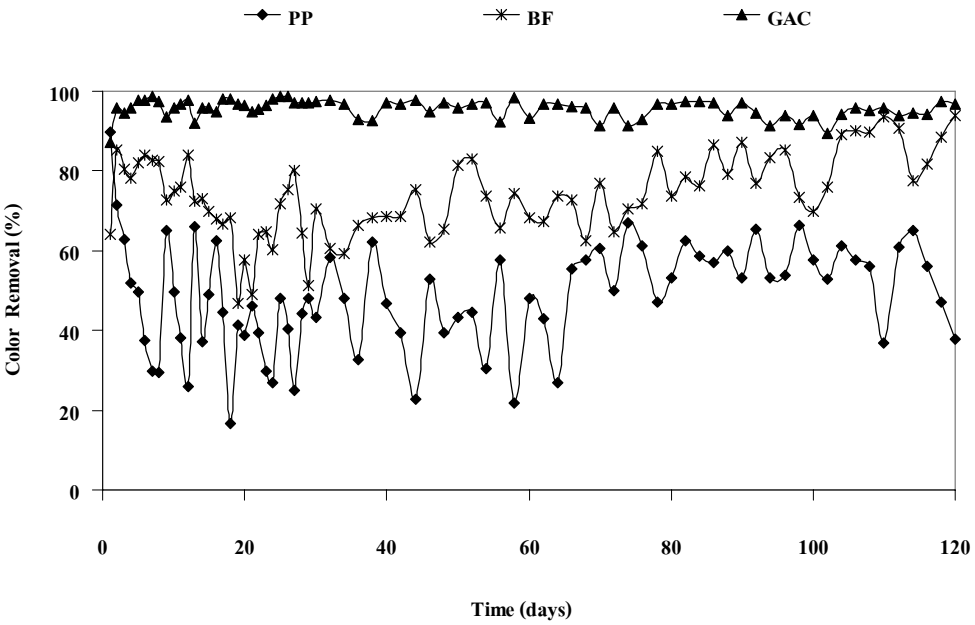
ภาพที่ 52 TOC ในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง



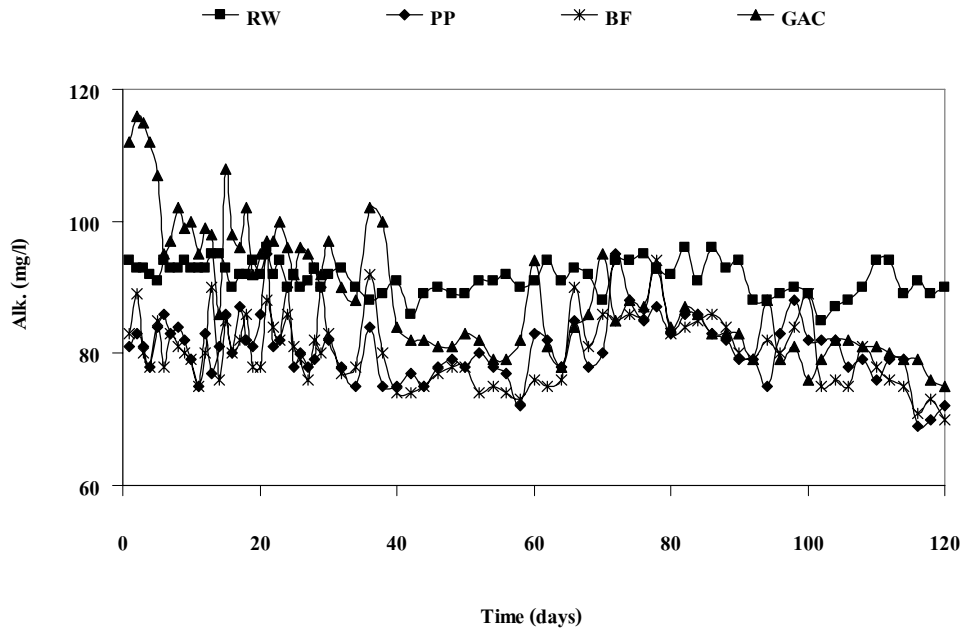
ภาพที่ 53 ประสิทธิภาพการกำจัด TOC ในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง



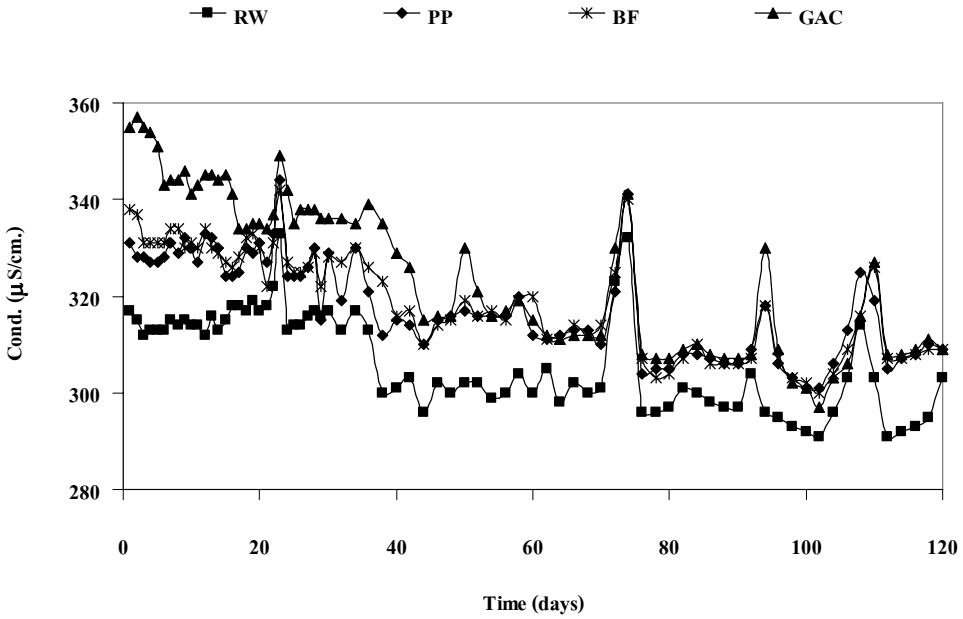
ภาพที่ 54 สีในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง



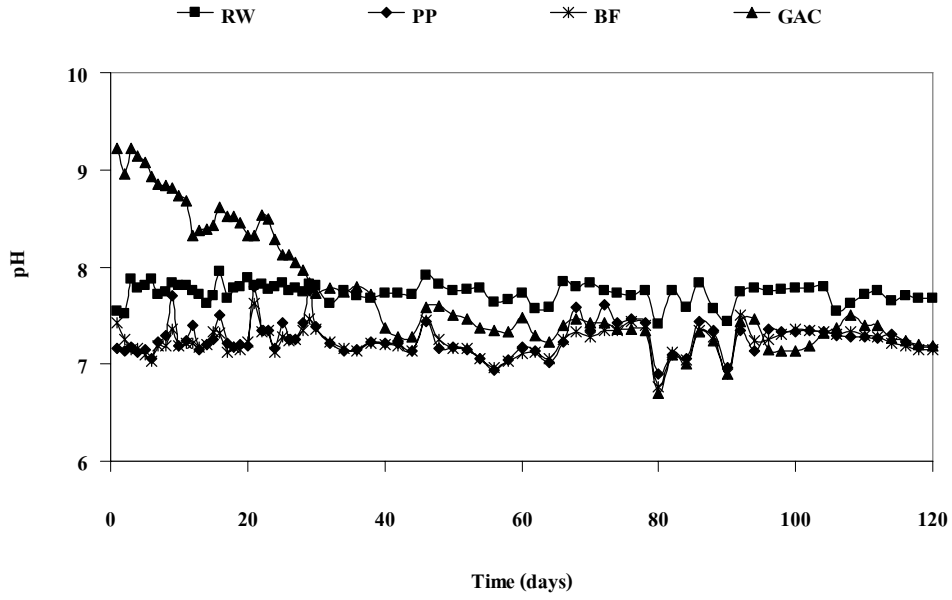
ภาพที่ 55 ประสิทธิภาพการกำจัดสีในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 56 ความเป็นด่างในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 57 ความนำไฟฟ้าในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง



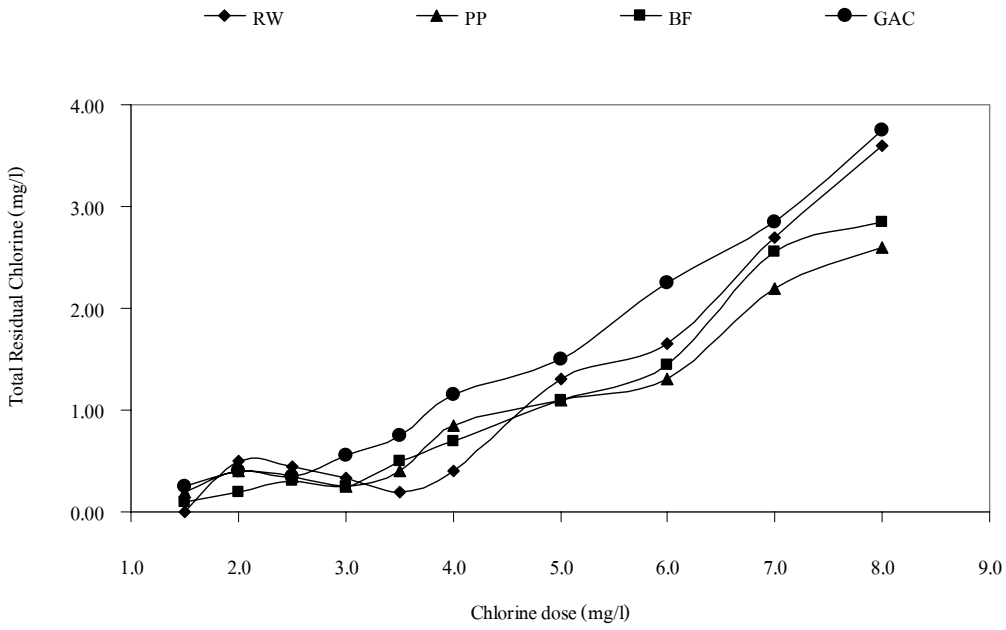
ภาพที่ 58 ความเป็นกรด-ด่างในการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง

4. <u>การทดลองหาความต้องการคลอรีนและสารไตรฮาโลมีเทนเปรียบเทียบระหว่างน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการกำจัด NOM</u>

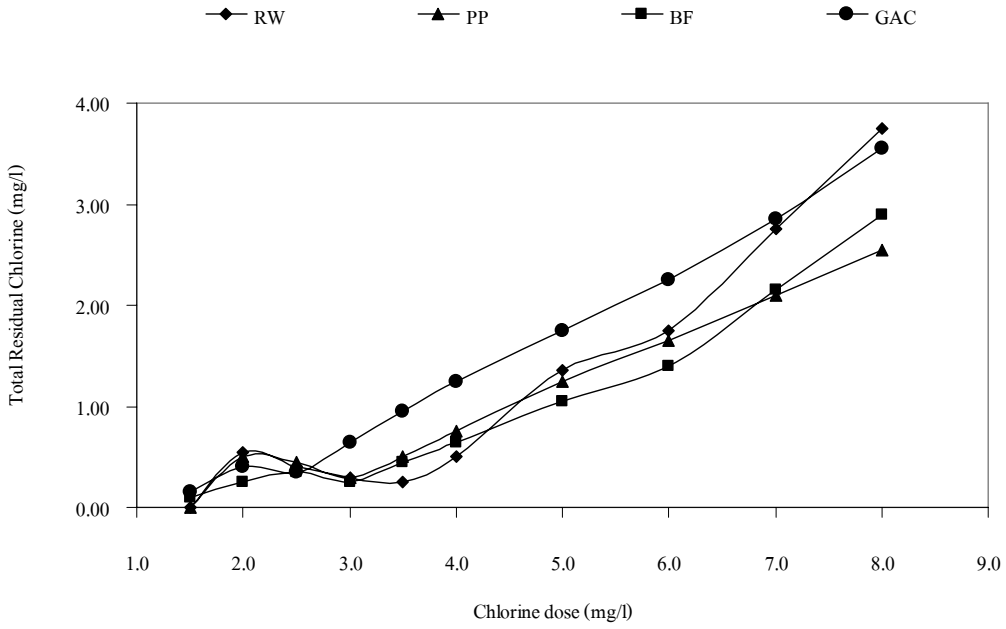
ทดสอบโดยนำน้ำที่ผ่านการกำจัด NOM จากการเดินระบบที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 , 31 , 54 และ 81 ชั่วโมงได้แก่ น้ำผ่านชั้นกรอง PP GAC และ BF เปรียบเทียบกับน้ำดิบ เติมโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ที่ความข้มข้น 1.5 , 2.0 , 2.5 , 3.0 , 4.0 , 5.0 , 6.0 , 7.0 และ 8.0 มก./ล. ตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 2 ชั่วโมง อ้างอิงจากระยะเวลาสัมผัสของโรงงานผลิตน้ำบางเขน เพื่อหาความต้องการคลอรีนของน้ำดิบ น้ำผ่านชั้นกรอง PP GAC และ BF หาสารไตรฮาโลมีเทนโดยนำน้ำที่ผ่านการกำจัด NOM จากการเดินระบบเปรียบเทียบกับน้ำดิบเติมโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น 2.0 , 2.5 , 3.0 , 3.5 , 4.0 และ 5.0 มก./ล. ตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาระยะเวลา 48 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเวลาสัมผัสที่น้ำประปาสามารถอยู่ในระบบท่อจ่ายน้ำประปาของการประปานครหลวงได้นานที่สุด หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์หาสารไตรฮาโลมีเทน

ระยะเวลาเดินระบบ 17 และ 31 ชั่วโมงความต้องการคลอรีนของน้ำดิบ 3.5 มก./ล. ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับโรงงานผลิตน้ำบางเขนในช่วงเวลาเดียวกัน ความต้องการคลอรีนของ PP และ BF 3.0 มก./ล.และความต้องการคลอรีนของ GAC 2.5 มก./ล. ระยะเวลาเดินระบบ 54 และ 87 ชั่วโมง ความต้องการคลอรีนของน้ำดิบ และPP 3.5 มก./ล. ความต้องการคลอรีนของ BF 3.0 มก./ล. และความต้องการคลอรีนของ GAC มีค่า 2.5 มก./ล.ดังแสดงในภาพที่ 59 ถึง 62 ความต้องการคลอรีนของน้ำผ่าน PP BF และ GAC มีค่าต่ำกว่าความต้องการคลอรีนของน้ำดิบ ทั้งนี้เป็นเพราะระบบที่ทำการทดลองสามารถกำจัด NOMได้ ซึ่งปริมาณ NOM มีผลต่อปริมาณคลอรีนที่ใช้

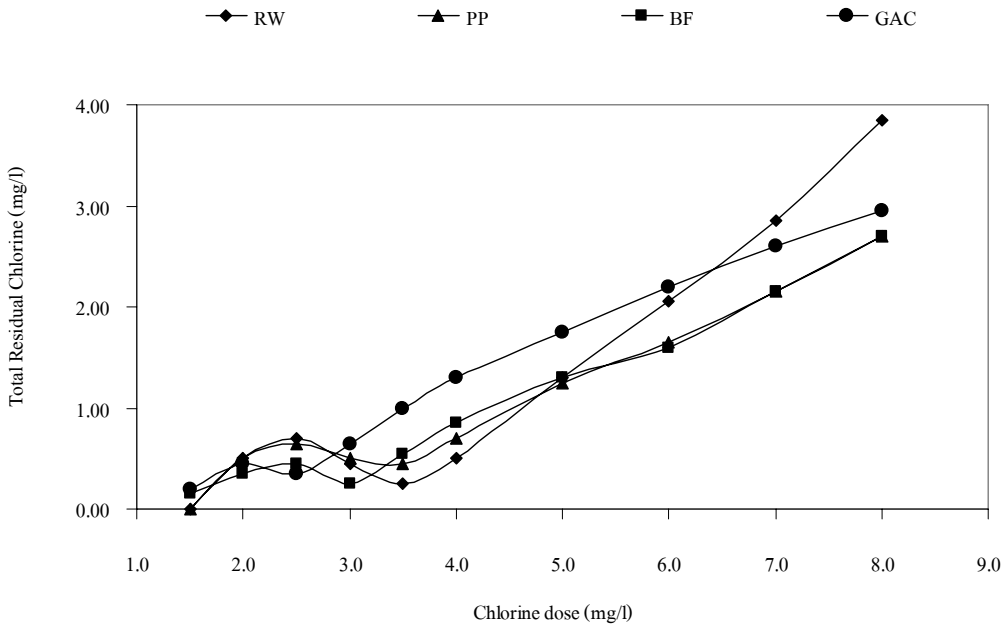
ความต้องการคลอรีนของน้ำเป็นค่าคลอรีนที่ต้องการเพื่อทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์หรือพวกสารลดออกซิเจนในน้ำ เมื่อคลอรีนที่เติมลงไปทำปฏิกิริยากับสารหล่านี้หมดเรียบร้อยก็จะเริ่มแสดงคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคทันที ความต้องการคลอรีนของน้ำเป็นผลต่างระหว่างปริมาณของคลอรีนที่เติมและปริมาณของ Free , Combined หรือ Total Chorine ที่เหลือภายหลังจากที่ทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยากับสารในน้ำในเวลาที่กำหนด ความต้องการคลอรีนของน้ำแต่ละชนิดจะต่างกัน



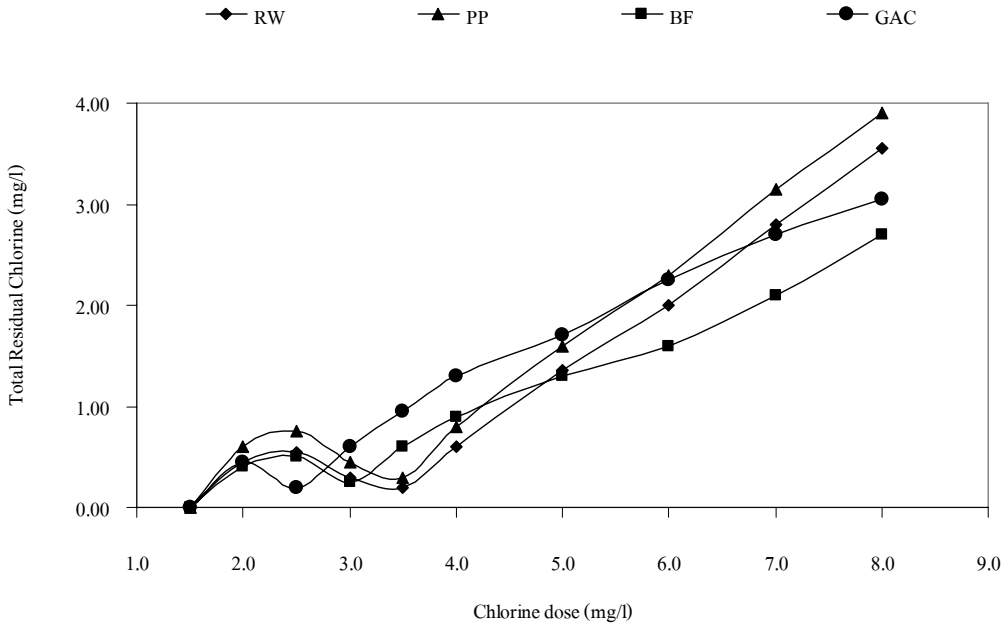
ภาพที่ 59 ความต้องการคลอรีนที่ระยะเวลาเดินระบบ 17 ชั่วโมง



ภาพที่ 60 ความต้องการคลอรีนที่ระยะเวลาเดินระบบ 31 ชั่วโมง



ภาพที่ 61 ความต้องการคลอรีนที่ระยะเวลาเดินระบบ 54 ชั่วโมง



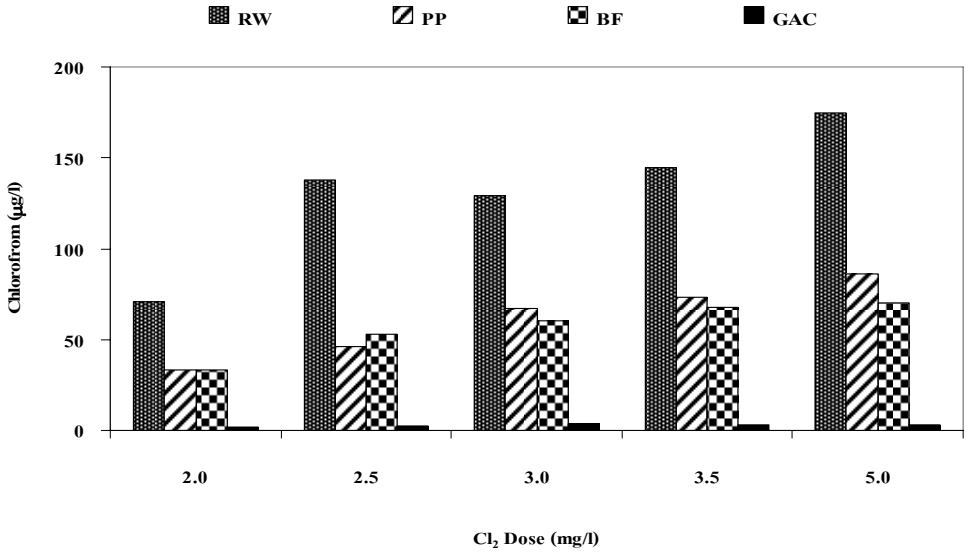
ภาพที่ 62 ความต้องการคลอรีนที่ระยะเวลาเดินระบบ 87 ชั่วโมง

สารไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes, THMs)) เป็นสารเคมีกลุ่มหนึ่งที่หลายหน่วยงานจากสถาบันนานาชาติระบุว่าเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogen) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างอินทรียสารและธาตุหมู่ 7 เช่น คลอรีน (Cl_2) โบรมีน (Br_2) โดยมีระยะเวลาสัมผัส pH และอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณไตรฮาโลมีเทนที่เกิดขึ้น โดยปัจจุบันระบบผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวงนั้นเลือกใช้คลอรีนเป็นสารเคมีในการฆ่าเชื้อโรค ตลอดจนใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำในขั้นตอนก่อนเข้าสู่ระบบผลิต (Pretreatment) ดังนั้นปฏิกิริยาเคมีระหว่างคลอรีนกับอินทรียสารในน้ำดิบย่อมนำไปสู่การเกิดสารไตรฮาโลมีเทนในน้ำประปาจากโรงงานผลิตน้ำของการประปานครหลวงด้วย ประกอบกับระบบเส้นท่อที่เป็นเครือข่ายครอบคลุมพื้นที่บริการ 1,515.1 ตร.กม. เป็นปัจจัยที่ส่งเสริมการเพิ่มปริมาณไตรฮาโลมีเทนในระบบเส้นท่อ

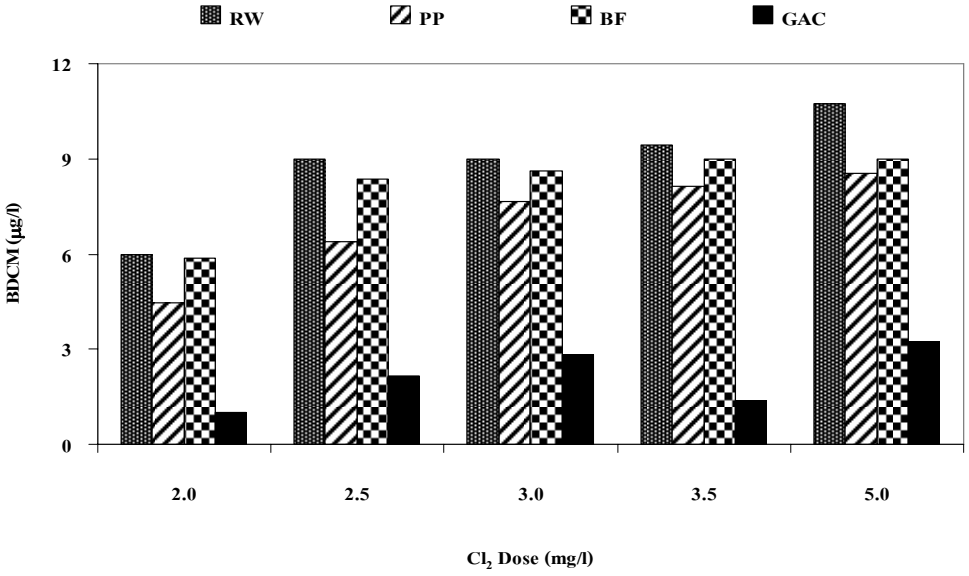
สารไตรฮาโลมีเทนในน้ำดิบ และน้ำผ่านการกำจัด NOM จากการเดินระบบ โดยเติมคลอรีนความเข้มข้น 2.0 , 2.5 , 3.0 , 3.5 และ 5 มก./ล. พบว่าที่แต่ละความเข้มข้นน้ำดิบมีค่าคลอโรฟอร์ม 71 , 138 , 129 , 145 และ 175 ไมโครกรัม/ลิตร BDCM 6 , 9 , 9 , 9 และ 11 ไมโครกรัม/ลิตร และDBCM 0.448 , 0.441 , 0.468 , 0.545 และ 0.542 ไมโครกรัม/ลิตร เมื่อผ่าน PP คลอโรฟอร์มลดลงเหลือ 33 , 46 , 67 , 73 และ 86 ไมโครกรัม/ลิตร BDCM ลดลงเหลือ 4 , 6 , 8 , 8 และ 9 ไมโครกรัม/ลิตร และDBCM ลดลงเหลือ 0.383 , 0.586 , 0.759 , 0.738 และ 0.704 ไมโครกรัม/ลิตร ผ่าน BF คลอโรฟอร์มลดลงเหลือ 33 , 53 , 60 , 68 และ 70 ไมโครกรัม/ลิตร BDCM ลดลงเหลือ 6 , 8 , 9 , 9 และ 9 ไมโครกรัม/ลิตร และDBCM ลดลงเหลือเท่ากับ 0.729 , 0.983 , 0.920 , 0.831 และ 0.834 ไมโครกรัม/ลิตร ผ่าน GAC คลอโรฟอร์มลดลงเหลือเท่ากับ 2 , 2 , 4 , 3 และ 3 ไมโครกรัม/ลิตร BDCM ลดลงเหลือ 1, 2, 3 , 1 และ 3 ไมโครกรัม/ลิตร และDBCM ลดลงเหลือเท่ากับ 0.632 , 0.396 , 0.990 , 0.636 และ 0.559 ไมโครกรัม/ลิตร ดังภาพที่ 63 ถึง 65 เมื่อพิจารณาสัดส่วนของสารที่รวมเป็นสารไตรฮาโลมีเทนทั้ง 4 ชนิดได้แก่ คลอโรฟอร์ม BDCM DBCM และโบรโมฟอร์ม จะสังเกตได้อย่างชัดเจนว่าสัดส่วนของคลอโรฟอร์มเป็นพารามิเตอร์ที่มีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับพารามิเตอร์อื่นของไตรฮาโลมีเทน โดยในทุกตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ไตรฮาโลมีเทนจะมีคลอโรฟอร์มมากกว่าร้อยละ 90 ของสัดส่วนทั้งหมดสาเหตุเพราะใช้คลอรีนจึงทำให้สารที่เกิดมากที่สุดเป็นคลอโรฟอร์ม

นอกจากนั้นการหาค่า THMs_ของน้ำดิบและน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นคลอรีน 2.0 , 2.5 , 3.0 , 3.5 และ 5 มก./ล. พบว่า sum of ratio THMs น้ำดิบมีค่าเท่ากับ 0.5 , 0.8 , 0.8 , 0.9 และ 1.1 ผ่าน PP มีค่าเท่ากับ 0.2 , 0.3 , 0.5 , 0.5 และ 0.6 ผ่าน BF มีค่าเท่ากับ 0.3 , 0.4 , 0.5 , 0.5 และ

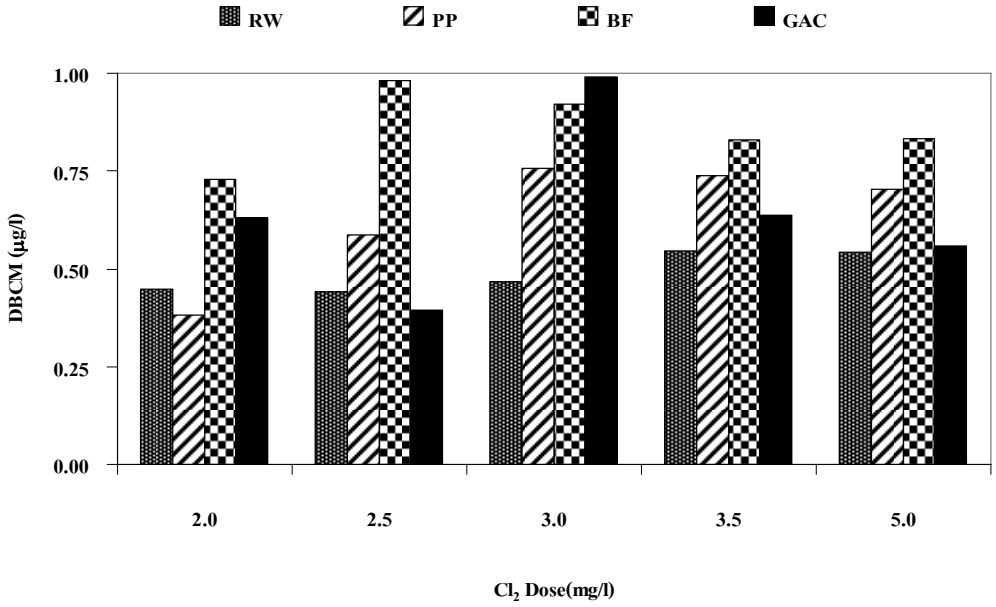
0.5 ผ่าน GAC มีค่าเท่ากับ 0.0 , 0.1 , 0.1 , 0.1 และ 0.1 จากการวิเคราะห์ค่า THMs พบว่าค่า THMs ของน้ำดิบมีค่าสูงกว่าค่า THMs ของน้ำผ่านระบบ แสดงว่า NOM ซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดไตรฮาโลมีเทนนั้นได้ถูกกำจัดออกจากระบบทดลองในทุกขั้นตอน



ภาพที่ 63 คลอโรฟอร์ม เมื่อเติมคลอรีนความเข้มข้นต่าง ๆ



ภาพที่ 64 BDCM เมื่อเติมคลอรีนความเข้มข้นต่าง ๆ



ภาพที่ 65 DBCM เมื่อเติมคลอรีนความเข้มข้นต่าง ๆ

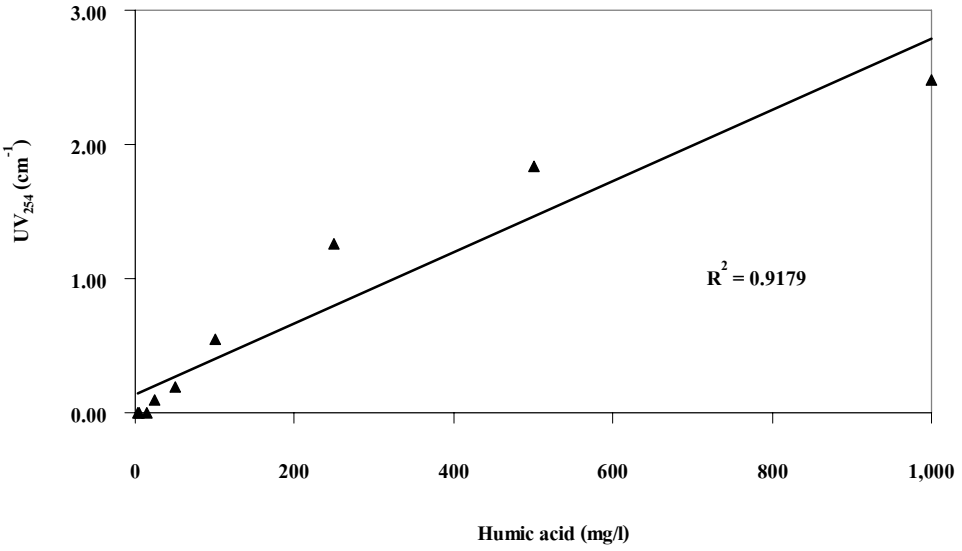
5. การศึกษาความสามารถในการดูดติดผิวที่เหลือของถ่านกัมมันต์หลังการทดลอง

การศึกษาความสามารถในการดูดติดผิวที่เหลืออยู่ของถ่านกัมมันต์หลังการทดลอง ศึกษาโดยนำถ่านกัมมันต์จากระบบทดลองที่ใช้งานอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 4 เดือน นำมาทดสอบการดูดติดผิวของกรดฮิวมิค เปรียบเทียบกับความสามารถในการดูดติดผิวของถ่านกัม-มันต์ใหม่

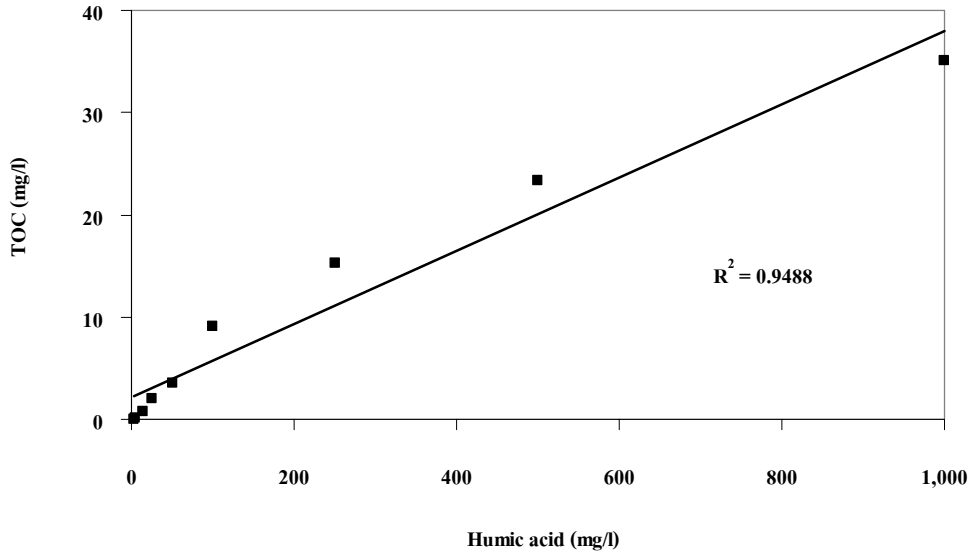
จากการศึกษาความสัมพันธ์ของกรดฮิวมิคกับ UV_{254} และ กรดฮิวมิคกับ TOC โดยใช้กรดฮิวมิคที่ความเข้มข้น 3 , 5 , 15 , 25 , 50 , 100 , 250 , 500 และ 1000 มก./ล. หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์หา UV_{254} และ TOC พบว่าที่แต่ละความเข้มข้น UV_{254} เท่ากับ 0.000 , 0.000 , 0.001 , 0.093 , 0.188 , 0.550 , 1.258 , 1.841 และ 2.476 ซม.$^{-1}$ TOC เท่ากับ 0.1 , 0.2 ,0.8 , 2.0 , 3.5 , 9.1 , 15.2 , 23.3 และ 35 มก./ล. เมื่อพิจารณาค่า Regression ความสัมพันธ์ระหว่างกรดฮิวมิคกับ UV_{254} และ กรดฮิวมิคกับ TOC มีค่าเท่ากับ 0.9179 และ 0.9488 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 1 แสดงว่ากรดฮิวมิคมีความสัมพันธ์กับ UV_{254} และ TOC ดังภาพที่ 66 และ 67

เมื่อศึกษาความสามารถในการดูดติดผิวที่เหลืออยู่ของถ่านกัมมันต์ที่ใช้แล้วจากระบบโดยเติมกรดฮิวมิคที่ความเข้มข้น 25 , 50 , 100 และ 250 มก./ล. จากนั้นเติมถ่านกัมมันต์จำนวน

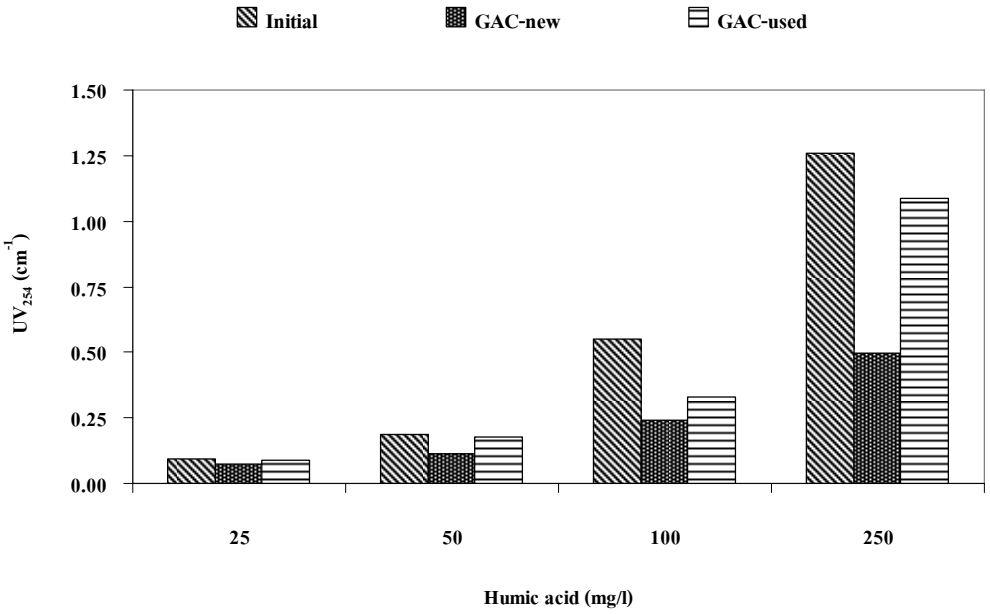
1 ก./ล. เปรียบเทียบระหว่างถ่านกัมมันต์ใหม่ (GAC-new) และถ่านกัมมันต์จากระบบทดลอง (GAC-used) โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ระดับความลึก 50 ซม. ของคอลัมน์ GAC นำมาเติมลงใน Jar test กวนที่ความเร็วของใบพัด 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นวิเคราะห์ UV_{254} และ TOC พบว่าที่ความเข้มข้นกรดฮิวมิค 25 มก./ล. เมื่อเติม GAC-new ค่า UV_{254} ลดลงเหลือ 0.070 ซม.$^{-1}$ TOC ลดลงเหลือ1.61 มก./ล. และเมื่อเติม GAC-used ค่า UV_{254} ลดลงเหลือ 0.092 ซม.$^{-1}$ แต่ TOC ไม่ลดลง ประสิทธิภาพการกำจัด UV_{254} ของ GAC-new 25 เปอร์เซ็นต์ และ GAC-used 1 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการกำจัด TOC ของ GAC-new 20 เปอร์เซ็นต์ และ GAC-used 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความเข้มข้นกรดฮิวมิค 50 มก./ล.เมื่อเติม GAC-new ค่า UV_{254} ลดลงเหลือ 0.112 ซม.$^{-1}$ TOC ลดลงเหลือ 2.28 มก./ล. เติม GAC-used ค่า UV_{254} ลดลงเหลือ 0.168 ซม.$^{-1}$ TOC ลดลงเหลือ 3.05 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัด UV_{254} ของ GAC-new 40 เปอร์เซ็นต์ และ GAC-used 11 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการกำจัด TOC ของ GAC-new 35 เปอร์เซ็นต์ และ GAC-used 13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความเข้มข้นกรดฮิวมิค 100 มก./ล. เมื่อเติม GAC-new ค่า UV_{254} ลดลงเหลือ 0.241 ซม.$^{-1}$ TOC ลดลงเหลือ 3.85 มก./ล. เติม GAC-used ค่า UV_{254} ลดลงเหลือ 0.428 ซม.$^{-1}$ TOC ลดลงเหลือ 7.24 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัด UV_{254} ของ GAC-new 56 เปอร์เซ็นต์ และ GAC-used 22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัด TOC ของ GAC-new 58 เปอร์เซ็นต์ และ GAC-used 21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความเข้มข้นกรดฮิวมิค 250 มก./ล. เมื่อเติม GAC-new ค่า UV_{254} ลดลงเหลือ 0.387 ซม.$^{-1}$ TOC ลดลงเหลือ 5.18 มก./ล. เติม GAC-used ค่า UV_{254} ลดลงเหลือ 0.886 ซม.$^{-1}$ TOC ลดลงเหลือ11.35 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัด UV_{254} ของ GAC-new 69 เปอร์เซ็นต์ และ GAC-used 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัด TOC ของ GAC-new 66 เปอร์เซ็นต์ และ GAC-used 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังภาพที่ 68 และ 69



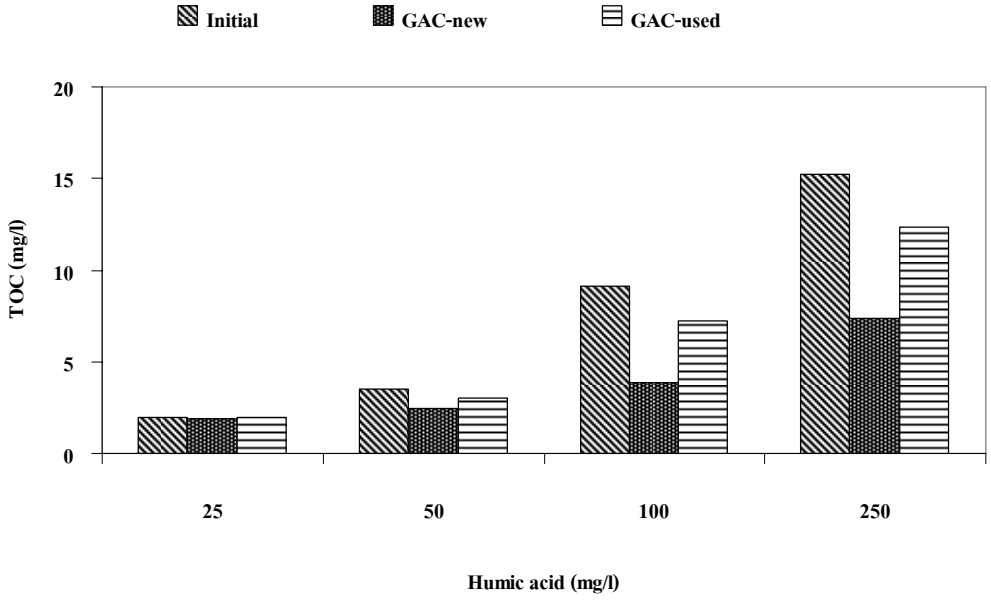
<u>ภาพที่ 66</u> ความสัมพันธ์ระหว่างกรดฮิวมิคกับ UV_{254} ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ



<u>ภาพที่ 67</u> ความสัมพันธ์ระหว่างกรดฮิวมิคกับ TOC ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ



ภาพที่ 68 UV_{254} ของกรดฮิวมิคตั้งต้น (Initial) UV_{254} ของกรดฮิวมิคภายหลังเติม ถ่านกัมมันต์ใหม่ (GAC-new) และ UV_{254} ของกรดฮิวมิคภายหลังเติมถ่านกัมมันต์เก่า (GAC-used)



ภาพที่ 69 TOC ของกรดฮิวมิคตั้งต้น (Initial) TOC ของกรดฮิวมิคภายหลังเติม ถ่านกัมมันต์ใหม่ (GAC-new) และ TOC ของกรดฮิวมิคภายหลังเติมถ่านกัมมันต์เก่า (GAC-used)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ถ่านกัมมันต์ใหม่ (GAC-new) 1 กรัม มีความสามารถในการดูดติดผิวกรดฮิวมิคได้เท่ากับ 0.39 , 1.22 , 5.27 และ 10.05 มก. TOC ที่ความเข้มข้นของกรดฮิวมิค 25 , 50 , 100 และ 250 มก./ล. ตามลำดับ ในขณะที่ถ่านกัมมันต์เก่า (GAC-used) มีความสามารถในการดูดติดผิวกรดฮิวมิคได้เท่ากับ 0 , 0.45 , 1.88 และ 3.95 มก. TOC ที่ความเข้มข้นของกรดฮิวมิค 25 , 50 , 100 และ 250 มก./ล. ตามลำดับ คิดเป็น 35.67-39.30 เปอร์เซ็นต์ของถ่านกัมมันต์ใหม่ แสดงว่าระหว่างการใช้งานระบบอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 4 เดือนความสามารถในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ลดลงคิดเป็น 60.70-64.33 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ TOC ที่ระบบสามารถกำจัดได้ตลอดระยะเวลา 4 เดือน ซึ่งน้ำดิบที่เข้าระบบมีค่า TOC เฉลี่ยเท่ากับ 6.927 มก./ล. (ตารางผนวกที่ 42) และประสิทธิภาพการกำจัดของ GAC เท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคิดเป็น TOC ที่กำจัดได้ 6.857 มก./ล. มีปริมาณน้ำเข้าระบบตลอด 4 เดือนเท่ากับ 229,820 ลิตร (1.33 ลิตรต่อนาที) คิดเป็น TOC ที่ถูกกำจัดรวม 1,576 กรัม ในขณะที่ถ่านกัมมันต์เก่ามีความสามารถในการดูดติดผิวกรดฮิวมิคในรูป TOC ลดลงสูงสุดเท่ากับ 10.05-3.95 = 6.1 มก./ก. คิดเป็น 152.5 กรัมต่อถ่านกัมมันต์ในระบบทดลอง (25 กิโลกรัม) หรือ 9.7 เปอร์เซ็นต์ของ TOC ที่ถูกกำจัดทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นว่า NOM ที่ถูกกำจัดในระบบทดลองส่วนใหญ่น่าจะถูกย่อยสลายทางชีวภาพหลังจากการดูดติดผิวบนถ่านกัมมันต์แล้ว