

บทที่ ๕

ผลการทดลองและการวิจารณ์



๕.๑ การวิเคราะห์หาปริมาณสารคลอรีนที่มีอยู่ในผงซักทำความสะอาดเครื่องสุขภัณฑ์

ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารคลอรีนในผงซักทำความสะอาดที่มีขายทั่วไปในท้องตลาดจำนวน ๖ ตัวอย่าง ผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ ๕.๑ จะเห็นได้ว่าผงซักที่มีขายตามท้องตลาดมีปริมาณคลอรีนน้อยมาก ยังไม่เข้ามาตรฐานที่อุตสาหกรรมได้กำหนดไว้ ซึ่งผงซักที่ได้มาตรฐานจะต้องมีปริมาณคลอรีนไม่น้อยกว่าร้อยละ ๐.๑๕ ของน้ำหนักผงซัก (อุตสาหกรรม, กระทรง. ๒๕๒๐) แต่จากตัวอย่างผงซักทำความสะอาดที่เก็บมานั้นมีปริมาณคลอรีนสูงสุดเพียงร้อยละ ๐.๐๖ โดยน้ำหนักและค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ ๐.๐๒ โดยน้ำหนัก แต่ในการวิจัยนี้จะถือปริมาณคลอรีนที่มีอยู่ในผงซักที่ได้มาตรฐานอุตสาหกรรมเป็นหลักในการวิจัย

๕.๒ การวิเคราะห์หาปริมาณการใช้ผงซักทำความสะอาดเครื่องสุขภัณฑ์

ได้ทำการวิเคราะห์หาโดยการชั่งน้ำหนักผงซักทำความสะอาดแล้ว จำผงซักดังกล่าวนี้ให้คนงานจำนวน ๖ คน ทำความสะอาดห้องน้ำสาธารณะสุขภูมิภาค ซึ่งมีขนาด ๓.๕ ตารางเมตร จำนวน ๔ ห้อง และกองอนามัยสิ่งแวดล้อมขนาด ๒.๕๕ ตารางเมตร จำนวน ๒ ห้อง ในห้องน้ำแต่ละห้องมีโถส้วม ๑ ที่นั่ง และมีอ่างล้างมือ ๑ ที่ เมื่อทำความสะอาดเสร็จแล้ว จึงนำผงซักที่เหลือมาชั่งน้ำหนักที่ใช้ไปแต่ละครั้ง ได้แสดงไว้ในตารางที่ ๕.๒ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้ผงซักทำความสะอาดครั้งหนึ่ง ๆ ประมาณ ๑๔.๗๔ กรัม/ตารางเมตร แต่สำหรับบ้านพักอาศัยครอบครัวที่มีขนาดปานกลางมีสมาชิกภายในครอบครัวประมาณ ๕ - ๗ คน อาศัยอยู่ในบ้านที่มี ๓ ห้องนอน และสมมุติให้มี ๓ ห้องน้ำส้วม เนื้อที่ห้องน้ำส้วมโดยทั่วไปแล้วมีขนาด ๒.๕๒ ตารางเมตรต่อห้องน้ำ เนื้อที่ห้องน้ำทั้งหมด ๗.๕๖ ตารางเมตร คิดแล้วบ้านแต่ละหลังถ้าทำความสะอาดห้องน้ำส้วมทุกวัน จะ

ตารางที่ ๕.๑ แสดงปริมาณคลอรีนที่มีอยู่ในผงซักฟอกซึ่งมีขายในท้องตลาด

ชื่อผงซักฟอก	คลอรีนโดย น้ำหนัก	หมายเหตุ
1. Panto	.00177	การวิเคราะห์ วิเคราะห์ ตามASTMD:202264 Standard methods of Sampling and chemical analysis of chlorine con- taining bleaches.
2. President	0	
3. Foaming	.02659	
4. Jim	.06	
5. Job	0	
6. Vim	0.00865	
เฉลี่ย	.01620	
เฉลี่ย (ไม่รวมผงซักฟอกเบอร์ ๒,๕)	.02431	

ตาราง ๔.๒ แสดงการใช้ปริมาณผงซักในการซักห้องน้ำแต่ละครั้ง

ลำดับที่	พ.ท.(ตรม)	น.น.ของผงซักที่ใช้ (กรัม)	กรัม/ตรม.
1	2.85	50	17.54
2	3.5	70	20.0
3	2.85	60	21.05
4	3.5	100	28.57
5	2.85	40	14.04
6	2.85	50	17.54
	ค่าเฉลี่ย		19.79

ใช้ผงซักทำความสะอาดเฉลี่ยประมาณวันละ ๑๕๐ กรัม หากครอบครัวขนาดสมาชิก ๕ - ๗ คนนี้ ใช้ระบบกำจัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge จะต้องใช้ถังเติมอากาศขนาด ๐.๔๒๖ ลูกบาศก์เมตร (Matsushita Electric Work, Ltd., 1976.) ฉะนั้นน้ำหนักผงซักที่เข้าสู่ส่วนอัดอากาศ ๐.๓๕๒ กรัม/ลิตร/วัน ในผงซักมีคลอรีนประมาณร้อยละ ๐.๑๔ โดยน้ำหนัก (อุตสาหกรรม, กระทรวง. ๒๕๒๐) ซึ่งจะคิดเป็นคลอรีนเข้าสู่ส่วนอัดอากาศได้เท่ากับ ๐.๕๒๔ มก./ลิตร/วัน

๕.๓ ผลการทดลองความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน (Acute Toxicity)

เป็นที่น่าสังเกตว่า เมื่อเติมคลอรีนลงในระบบกำจัดแบบ Activated Sludge แบบเฉียบพลันทันที ไม่ว่าจะปริมาณความเข้มข้นเท่าใดก็ตาม จะเกิดฟองขึ้น (ดูรูป ๕.๑) และถ้าปริมาณคลอรีนมากจะเกิดฟองมาก และระยะเวลาตามไปด้วย ซึ่งการเกิดฟองนี้จะนานถึง ๒ ชั่วโมง ถ้าเติมคลอรีนเทียบให้ได้ความเข้มข้นในถังเติมอากาศเท่ากับ ๒๐๐ มก./ลิตร และเกิดฟองน้อยรวมทั้งสลายตัวเร็วขึ้น เมื่อเติมปริมาณคลอรีนน้อยลงเป็นลำดับ ตะกอนในถังเติมอากาศจะเปลี่ยนเป็นสีขาวขุ่น ดังแสดงไว้ในรูป ๕.๒ อันอาจจะเป็นผลจากการฟอกสีของคลอรีนด้วยก็ได้ ส่วนทางด้านประสิทธิภาพของระบบกำจัดจะเปลี่ยนแปลงดังต่อไปนี้

๕.๓.๑ การทดลองหาประสิทธิภาพของระบบกำจัดแบบ Activated Sludge ในการกำจัดน้ำเสียที่รีเคาระห์ออกมาในรูปของ ซีไอดี ได้ผลดังนี้คือ การเติมคลอรีนลงในระบบ Activated Sludge ให้ได้ความเข้มข้นของคลอรีนในถังเติมอากาศเท่ากับ ๕ มก./ลิตร จะมีผลต่อการลดประสิทธิภาพ ซีไอดี เพียงเล็กน้อย (ดูรูปที่ ๕.๓) และจะเพิ่มความรุนแรงขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งความเข้มข้นคลอรีนเท่ากับ ๘๐ มก./ลิตร หลังจากความเข้มข้นดังกล่าวจนถึงปริมาณ ๒๐๐ มก./ลิตร ความรุนแรงจะเพิ่มขึ้นไม่มากนัก

๕.๓.๒ การทดลองหาประสิทธิภาพของระบบกำจัดแบบ Activated Sludge ในการกำจัดน้ำเสียที่รีเคาระห์ออกมาในรูปของ ซีไอดี ได้ผลคล้ายกับการกำจัด ซีไอดี กล่าวคือ เมื่อเติมคลอรีนลงในระบบ Activated Sludge จนได้ปริมาณเข้มข้นของคลอรีนในถังเติมอากาศ ๕ มก./ลิตร จะมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด ซีไอดี เล็กน้อย และจะเพิ่มความรุนแรงขึ้นตาม

ลำดับ ันกระทั่ง เมื่อเติมคลอรีนถึงประมาณ ๘๐ มก./ลิตร และ เมื่อเติมปริมาณคลอรีนเพิ่มขึ้นมากกว่านี้จนถึง ๒๐๐ มก./ลิตร ความรุนแรงจะ เพิ่มขึ้นกว่าการเติมปริมาณคลอรีน ๘๐ มก./ลิตร ไม่มากนัก ดังแสดงไว้ในรูปที่ ๕.๔

๕.๓.๓ จากการทดลองประสิทธิภาพในการกำจัดโคลิฟอร์มแบคทีเรีย พบว่าเมื่อเติมคลอรีนลงไปในถังเติมอากาศของระบบ Activated Sludge และวิเคราะห์หาจำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียสูงสุดที่ยังคงเหลืออยู่โดยวิธี Multiple tube ค่าอ่านเป็น MPN/100 ml แล้วจะ ได้ผลดังนี้ การเติมคลอรีนจนได้ปริมาณความเข้มข้น ๕ มก./ลิตร จะทำให้จำนวนโคลิฟอร์มลดลงอย่างรวดเร็ว จนเวลาที่ ๒๐ จะมีค่า M.P.N. ได้ต่ำกว่า ๒.๒ และจะกลับฟื้นตัวเพิ่มขึ้นอีกในเวลาต่อมา (ดูรูปที่ ๕.๔ เมื่อเติมคลอรีนลงไปมากขึ้น การฟื้นตัวของโคลิฟอร์มแบคทีเรียจะช้าตามไปด้วย คือ เมื่อเติมคลอรีนลงไปเพิ่มขึ้นเป็น ๒๐, ๔๐ มก./ลิตร การฟื้นตัวหรือการเพิ่มจำนวนของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เริ่มมีขึ้นที่นาที่ที่ ๓๐ และ ๔๐ ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณคลอรีนขึ้นเป็น ๘๐ - ๒๐๐ มก./ลิตร การเพิ่มจำนวนของโคลิฟอร์มจะช้าลงมา ต้องใช้ระยะเวลาในการฟื้นตัว

แต่ถึงอย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาผ่านไป ๑๒ ชั่วโมง แล้วปรากฏว่าจำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นไปอีก ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณคลอรีนได้ลดลงแล้ว จึงทำให้จุลินทรีย์สามารถปรับตัวจะเจริญโดยการเพิ่มจำนวนขึ้น (ดูภาคผนวก)

๕.๓.๔ การทดลองหาประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อเติมคลอรีนลงในระบบ Activated Sludge และวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ที่ยังคงเหลืออยู่โดยวิธี Standard Plate Count (.โคโลนี/มิลลิลิตร) ได้ผลกระทบบ้าง เช่นเดียวกับการหาจำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียโดยวิธี MPN แต่ไม่เด่นชัดมากนัก คือเมื่อเติมคลอรีนปริมาณ ๕ มก./ลิตร จะทำให้จำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ลดลงถึงนาที่ที่ ๒๐ แล้วจำนวนจุลินทรีย์จะเริ่มเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณคลอรีนขึ้น จุลินทรีย์จะเพิ่มจำนวนโคโลนีหรือฟื้นตัวช้าลง เมื่อเติมปริมาณคลอรีนจนได้ความเข้มข้นในถังเติมอากาศมากถึง ๑๖๐ และ ๒๐๐ มก./ลิตร จุลินทรีย์จะถูกฆ่าตายหมดจนอ่านค่าไม่ได้

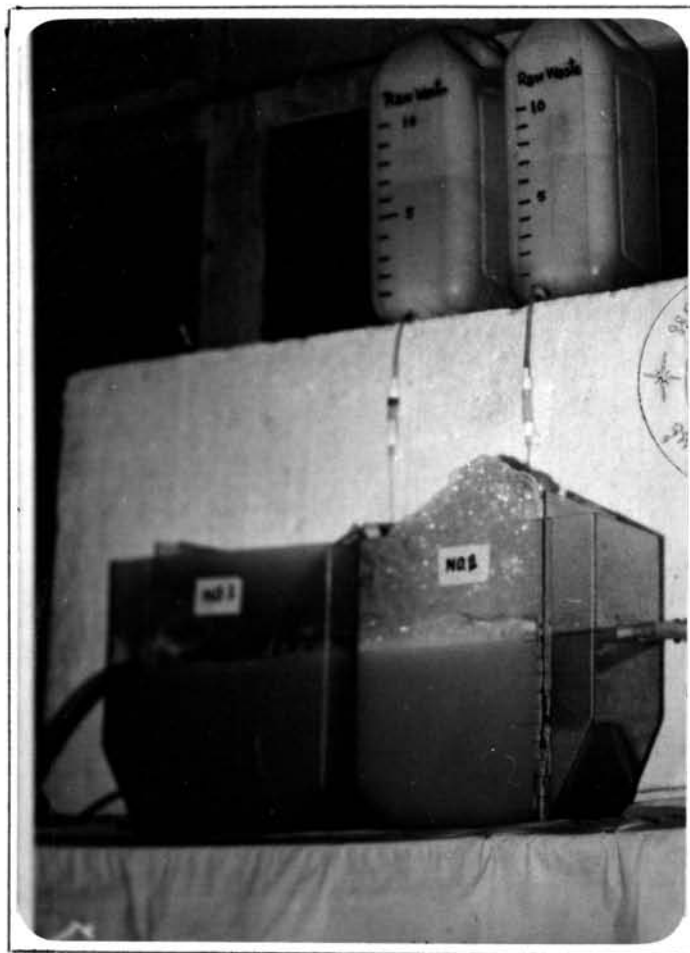
ดังแสดงในรูปที่ ๕.๖ เมื่อเติมคลอรีนสูงขึ้น ๒๐๐ มก./ลิตร การเพิ่มของจุลินทรีย์จะเกิดขึ้นได้
 ในช่วงเวลาที่ ๑๒ แต่ประสิทธิภาพการกำจัดจะลดลงเหลือเพียง ๖๐.๗ เปอร์เซ็นต์ ซีไอดี และ ๗๐.๔
 เปอร์เซ็นต์ บีไอดี ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ไม่สามารถทำการย่อยสลายอินทรีย์ได้เต็มที่ แต่ประ-
 สิทธิภาพการกำจัดดังที่ปรากฏนั้น อาจเกิดจากการเติมคลอรีนได้ เพราะคลอรีนสามารถลด
 บีไอดี ได้ด้วยขบวนการ Oxidation คือคลอรีนอิสระ (free chlorine residual)
 ๑ มก./ลิตร สามารถลด บีไอดี ได้ประมาณ ๒ มก./ลิตร (WPCF, 1970 M.O.P. 11)

๕.๔ ผลการทดลองความเป็นพิษแบบสะสม (chronic toxicity)

เมื่อทำการเพาะเชื้อในระบบ Activated Sludge และเติมน้ำเสียโดยวิธีต่อเนื่อง
 จนได้อัตรารส่วน Food/Mass เท่ากับ ๐.๒ แล้วพบว่าจะได้ประสิทธิภาพการกำจัดเป็น ๔๕
 เปอร์เซ็นต์ บีไอดี ๔๕ เปอร์เซ็นต์ ซีไอดี และเมื่อสามารถจัดระบบให้คงที่ (Steady State)
 แล้ว ได้เริ่มเติมคลอรีนแบบต่อเนื่องโดยเริ่มจากการเติมคลอรีนให้ได้ความเข้มข้นในถังเติมอากาศ
 เท่ากับ ๑๐ มก./ลิตร พบว่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด บีไอดี ซีไอดี เล็กน้อยดังแสดงไว้
 ในรูปที่ ๕.๗, ๕.๘ และผลต่อประสิทธิภาพการทำลายจุลินทรีย์ก็ไม่มากนัก (รูป ๕.๙, ๕.๑๐)
 เมื่อเพิ่มปริมาณคลอรีนเป็น ๒๐ มก./ลิตร หรือมากกว่า คลอรีนจะมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด
 บีไอดี ซีไอดี และประสิทธิภาพการทำลายจุลินทรีย์มากขึ้น โดยเฉพาะในวันแรกที่ได้เริ่มเปลี่ยน
 ความเข้มข้นของคลอรีน แต่สังเกตได้ว่าจะมีการปรับตัวเองของจุลินทรีย์ขึ้นอย่างรวดเร็วในวัน
 ต่อ ๆ มา และประสิทธิภาพการกำจัดก็จะกลับดีขึ้นด้วย ผลกระทบนี้จะเป็นทำนองเดียวกันจน
 กระทั่งเมื่อเติมปริมาณคลอรีนถึง ๑๐๐ มก./ลิตร ประสิทธิภาพการกำจัดจึงจะลดลงและไม่เพิ่ม
 กลับขึ้นอีกเลย แม้จะเติมติดต่อกันจนถึง ๔ วัน แสดงว่าจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศนี้สามารถดำรง
 ชีวิตในภาวะที่มีคลอรีนได้ อาจจะโดยการซ่อนตัวในกลุ่ม floc และทำการย่อยสลายอินทรีย์
 ภายในกลุ่ม floc นี้เท่านั้น แต่การปรับตัวนี้จะทำได้โดยมีขอบเขตจำกัด (ความเข้มข้นคลอรีนต้อง
 น้อยกว่า ๑๐๐ มก./ลิตร) ถ้าเกินขีดจำกัดนี้แล้วจะไม่สามารถปรับตัวได้อีกต่อไป

๔.๕ การศึกษาถึงผลของคลอรีนในผิวดินที่มีต่อระบบกำจัด ฝังในเรื่องความเป็นพิษแ
 เขียบพลัน และความเป็นพิษแบบสะสม มีข้อควรตระหนักว่าในการทดลองครั้งนี้ ได้ใช้ปริมาณคลอรีน
 สูงกว่าปริมาณที่ใช้ในงานจริงมาก กล่าวคือ ปริมาณผงชดที่ใช้ในการทำความสะอาดระดับปกติ
 จะลงสู่ระบบกำจัดแบบ Activated Sludge ถือเป็นความเข้มข้นคลอรีนแล้วจะได้เพียงแค
 ประมาณ ๐.๕๒๘ มก./ลิตร/วัน ในขณะที่ปริมาณความเข้มข้นขั้นต่ำของคลอรีน ในการศึกษาครั้ง
 นี้มากถึง ๕ มก./ลิตร ซึ่งมากกว่าการใช้ในระดับปกติเกือบถึง ๑๐ เท่าตัว แต่ที่ความเข้มข้น
 ของคลอรีนระดับนี้ ก็ไม่มีผลกระทบต่อระบบกำจัดแบบ Activated Sludge จนเด่นชัดนัก ฉะนั้น
 ในการใช้ผงชดทำความสะอาด จึงไม่น่าจะมีปัญหาต่อระบบกำจัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge
 ในชุมชน โรงแรม สำนักงาน หรือที่ทำการที่ใช้ระบบกำจัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge
 แต่เป็นที่น่าสงสัยว่าในการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำที่ผ่านการกำจัด (Effluent) ก่อน
 ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะอาจจะต้องเติมปริมาณคลอรีนเพิ่มมากกว่าปกติ คือปรกติน้ำที่ผ่านการ
 กำจัดแบบ Activated Sludge ปกติจะเติมคลอรีนประมาณ ๒ - ๔ มก./ลิตร แต่ในการ
 นี้จะต้องใช้ปริมาณคลอรีนมากกว่านี้ ทั้งนี้เพราะ เชื้อจุลินทรีย์จะมีความ เคยชินกับสารคลอรีนแล้ว
 ในการทำลาย เชื้อจุลินทรีย์จึงต้องเติมปริมาณคลอรีนมากกว่าที่กำหนดไว้

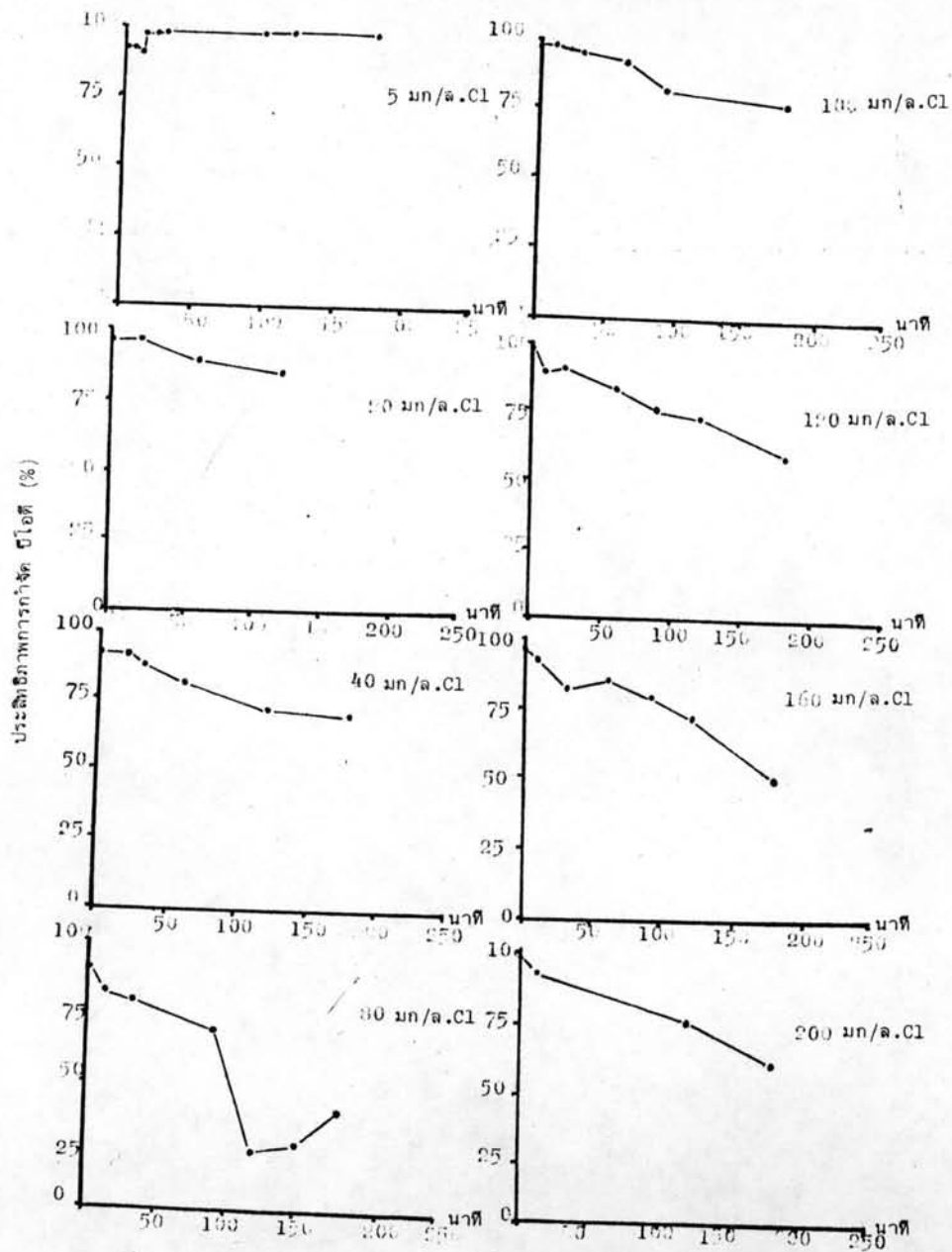
อนึ่ง ในระบบกำจัดที่ทดลองนี้ได้รักษ pH ให้อยู่ระหว่าง ๖.๘ - ๗.๔ ตลอดเวลา
 ดังนั้นผลกระทบจากคลอรีนที่มีต่อระบบกำจัดจะต้องตีความในภาวะการที่ pH นี้เท่านั้น ถ้า pH
 ลดต่ำกว่านี้ ผลกระทบอาจจะมากขึ้น ด้วยคลอรีนจะกลายสภาพไปอยู่ในรูปของ HOCl มากขึ้น
 ซึ่งมีความสามารถในการฆ่าจุลินทรีย์มากกว่าในรูปของ OCl^- อย่างไรก็ตามตามปกติแล้วการ
 กำจัดน้ำเสียมักจะคุมให้ได้ pH ประมาณ ๗ อยู่แล้ว ดังนั้นผลการวิจัยนี้ก็ไม่น่าจะนำไปใช้ได้กับการ
 สรุปที่ว่า ผงชดจะไม่มีผลเสียต่อระบบกำจัดถ้าใช้งานตามปกติ



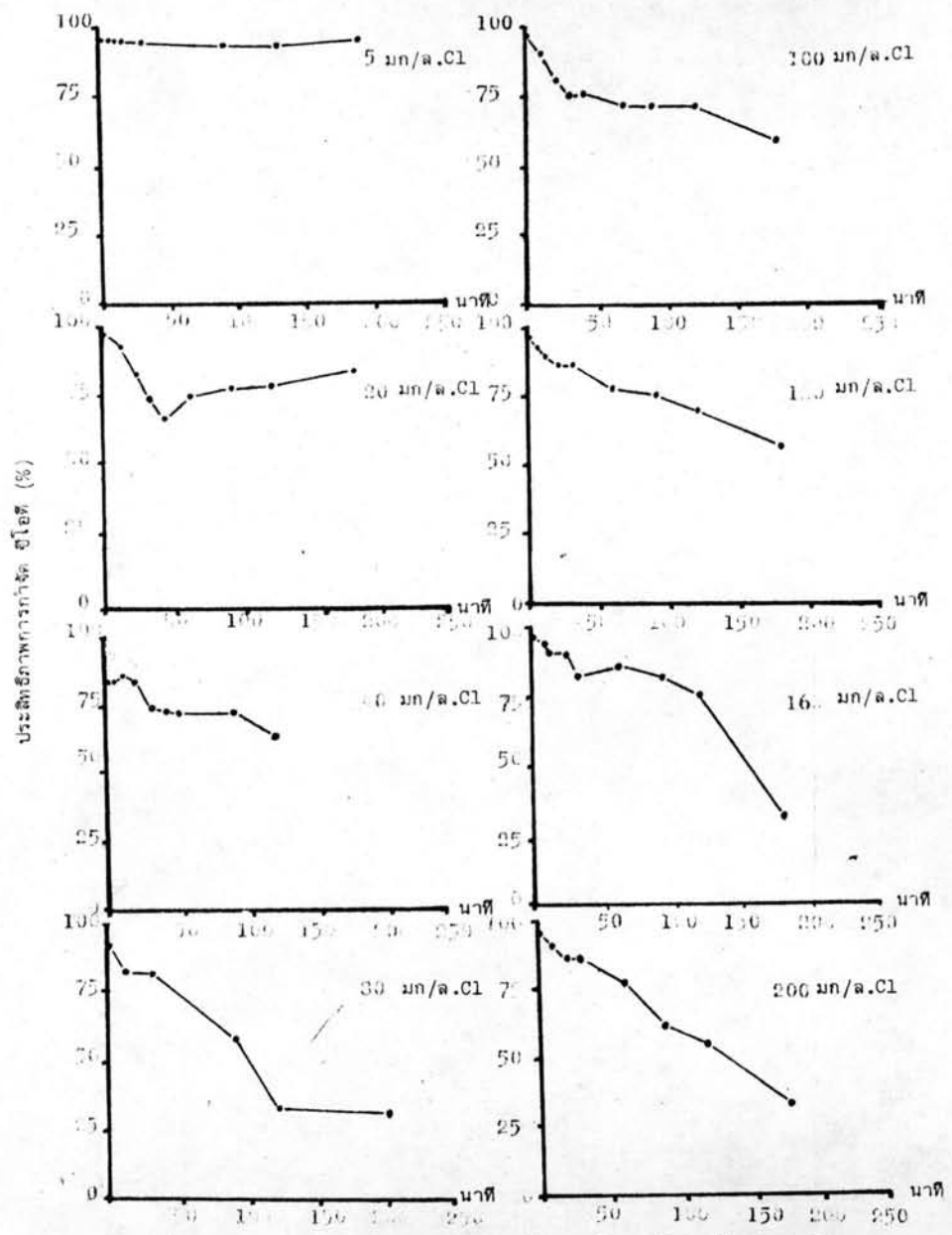
รูปที่ ๕.๑ เครื่องมือการทดลองหาความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน (Acute Toxicity) ของคลอรีนที่มีต่อระบบกำจัดแบบ Activated Sludge ถัง No.I เป็นถัง control ถัง No.II เป็นถังดำเนินการทดลอง



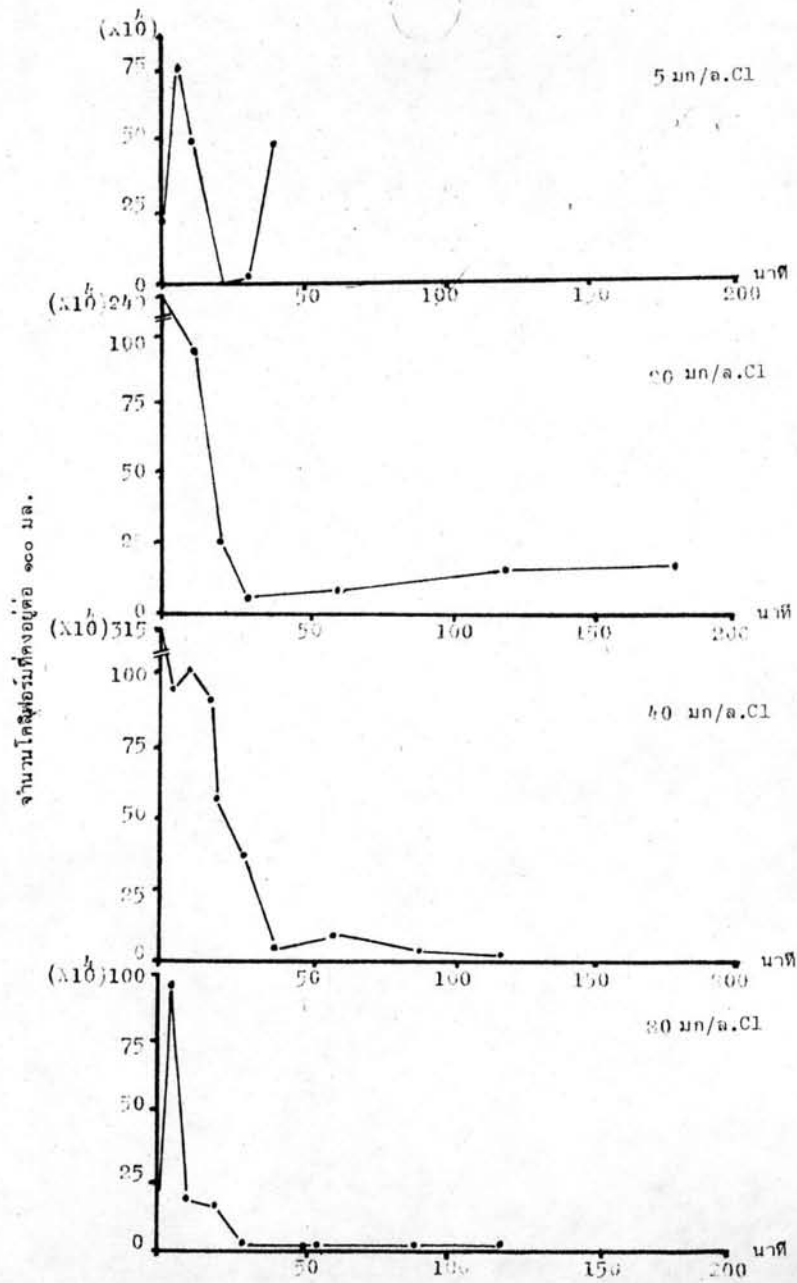
รูปที่ ๕.๒ เครื่องมือการทดลองหาความเป็นพิษแบบสะสม (Chronic Toxicity) ของคลอรีน ที่มีต่อระบบกำจัดแบบ Activated Sludge ตั้งแต่ No.I เป็นถึง Control ถึง No.II เป็นถึงดำเนินการทดลอง



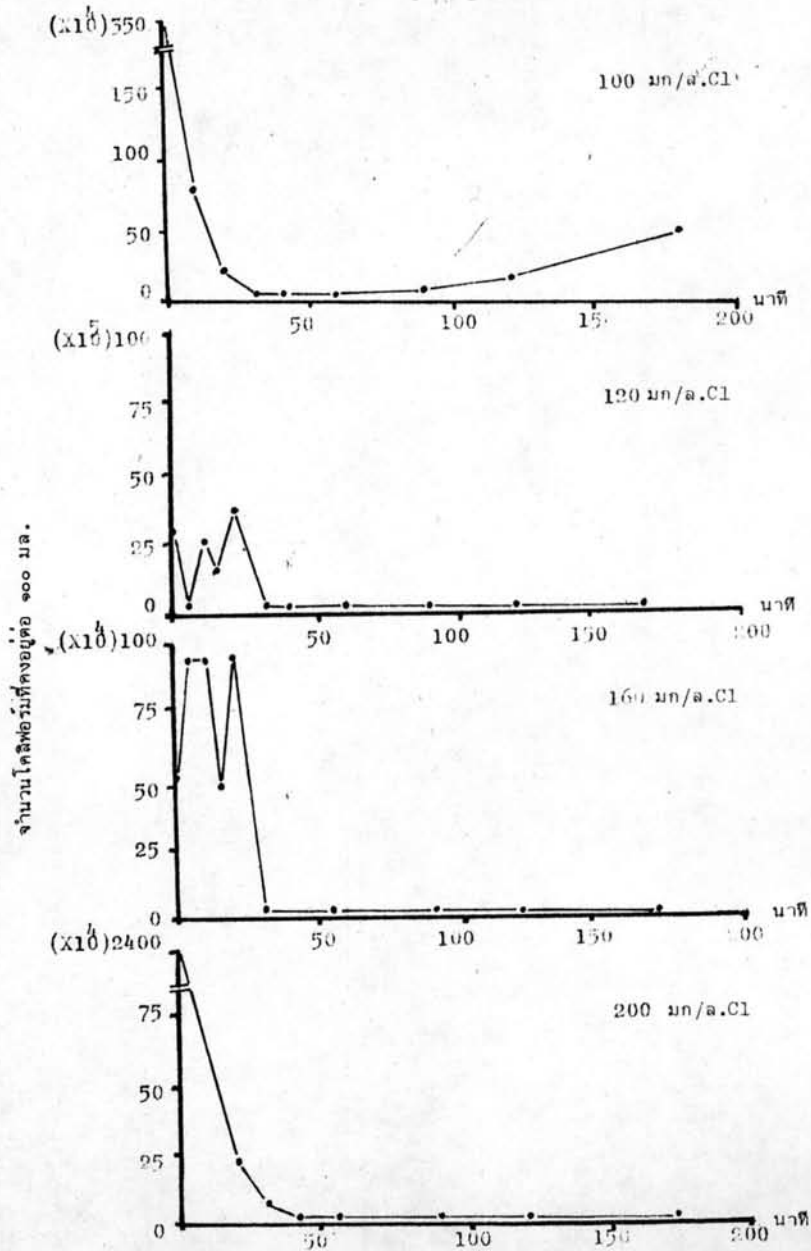
รูปที่ ๕.๓ แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัด คลอโรฟิลล์ a เมื่อเติมคลอรีนแบบเฉียบพลันในปริมาณต่างกัน



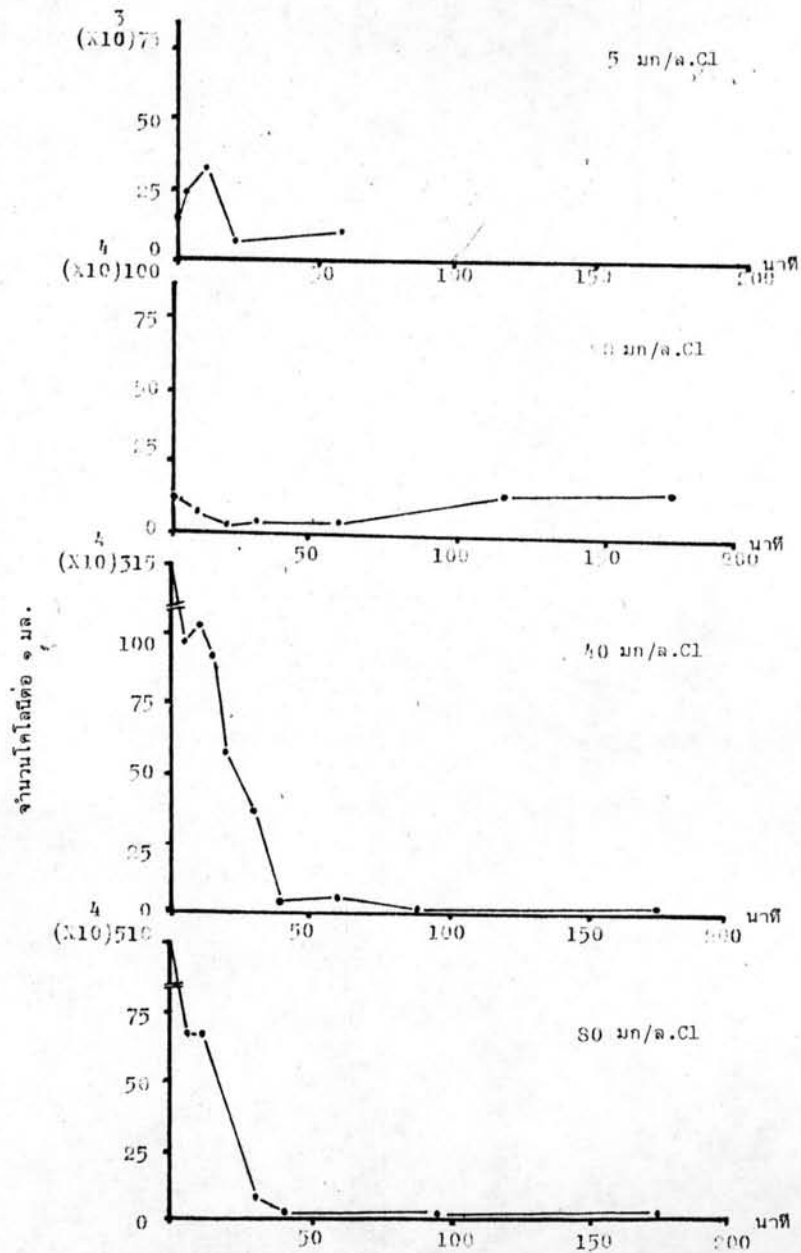
รูปที่ ๔.๔ แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกักคลอโรฟิลล์ เมื่อเติมคลอโรฟิลล์แบบเฉียบพลันในปริมาณต่างกัน



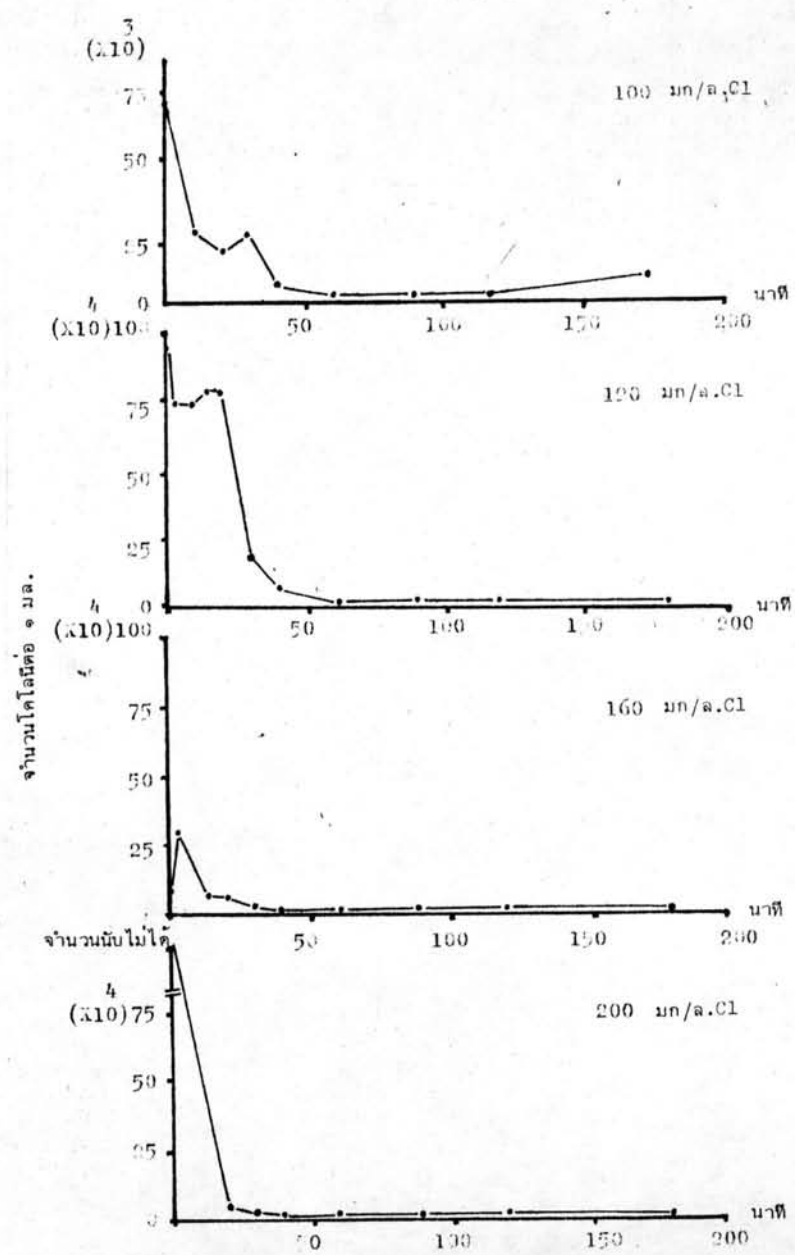
รูปที่ ๔.๔ แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดแบคทีเรีย โดยวัด MPN เป็นคราชนี่ เมื่อเติมคลอรีนแบบเฉียบพลันในปริมาณต่างกัน



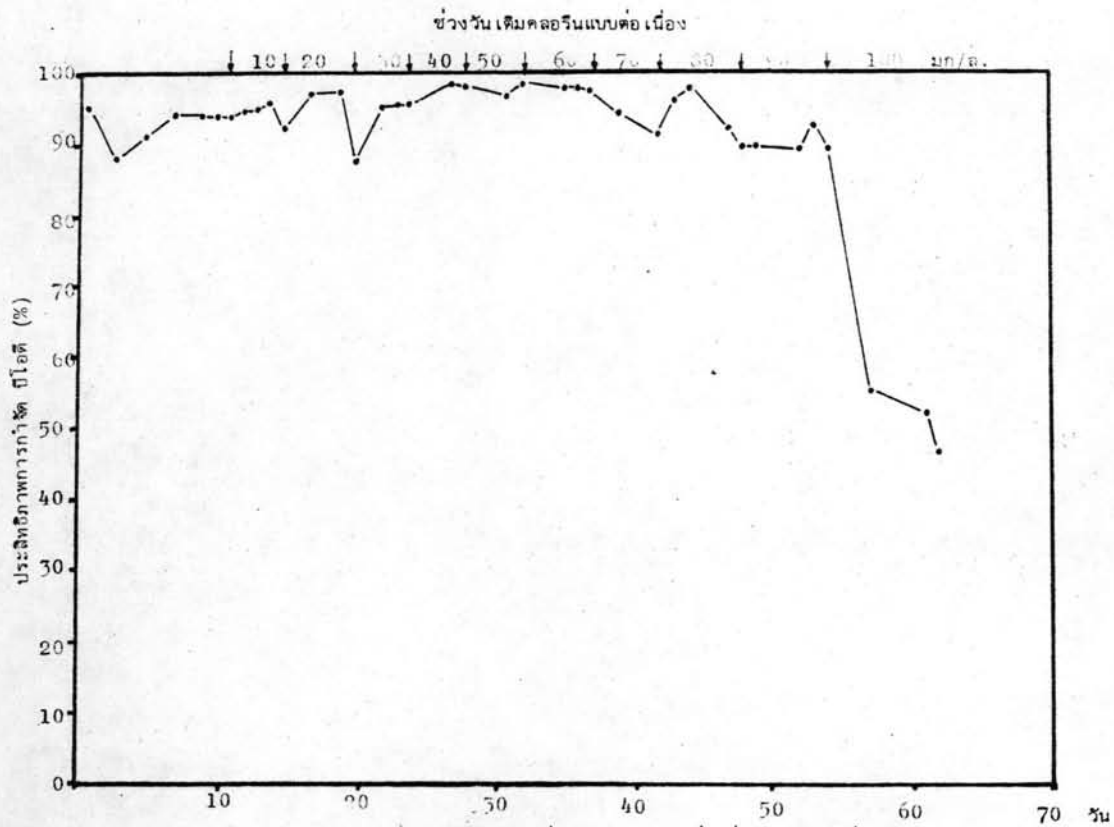
รูปที่ ๕.๕ (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรีย
โดยวัด MPN เป็นคราซี เมื่อเติมคลอรีนแบบเฉียบพลันในปริมาณต่างกัน

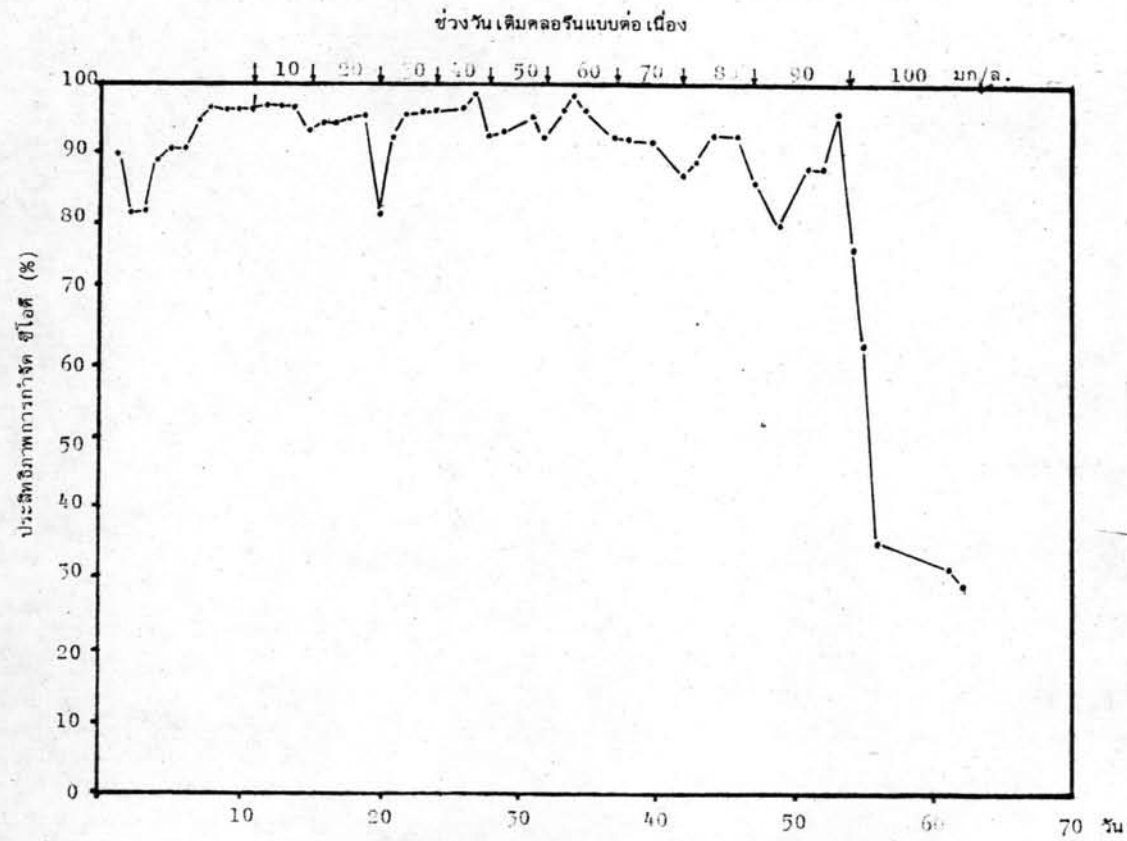


รูปที่ ๔.๖ แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรีย โดยใช้ PLATE COUNT เป็นครวชน เมื่อเติมคลอรีนแบบเฉยบพลันในปริมาณต่างกัน

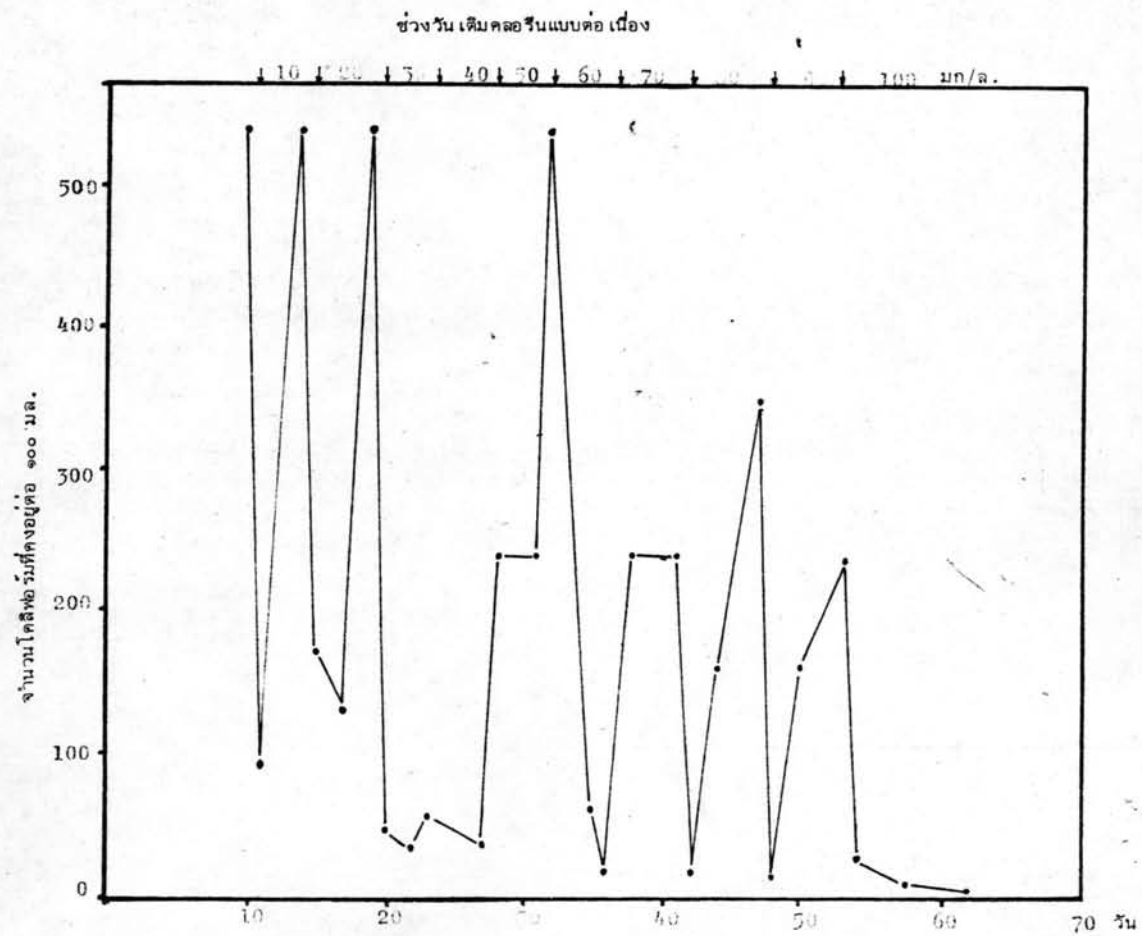


รูปที่ ๔.๖ (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรีย โดยใช้ PLATE COUNT เป็นตัววัด เมื่อเติมคลอรีนแบบเฉียบพลันในปริมาณต่างกัน

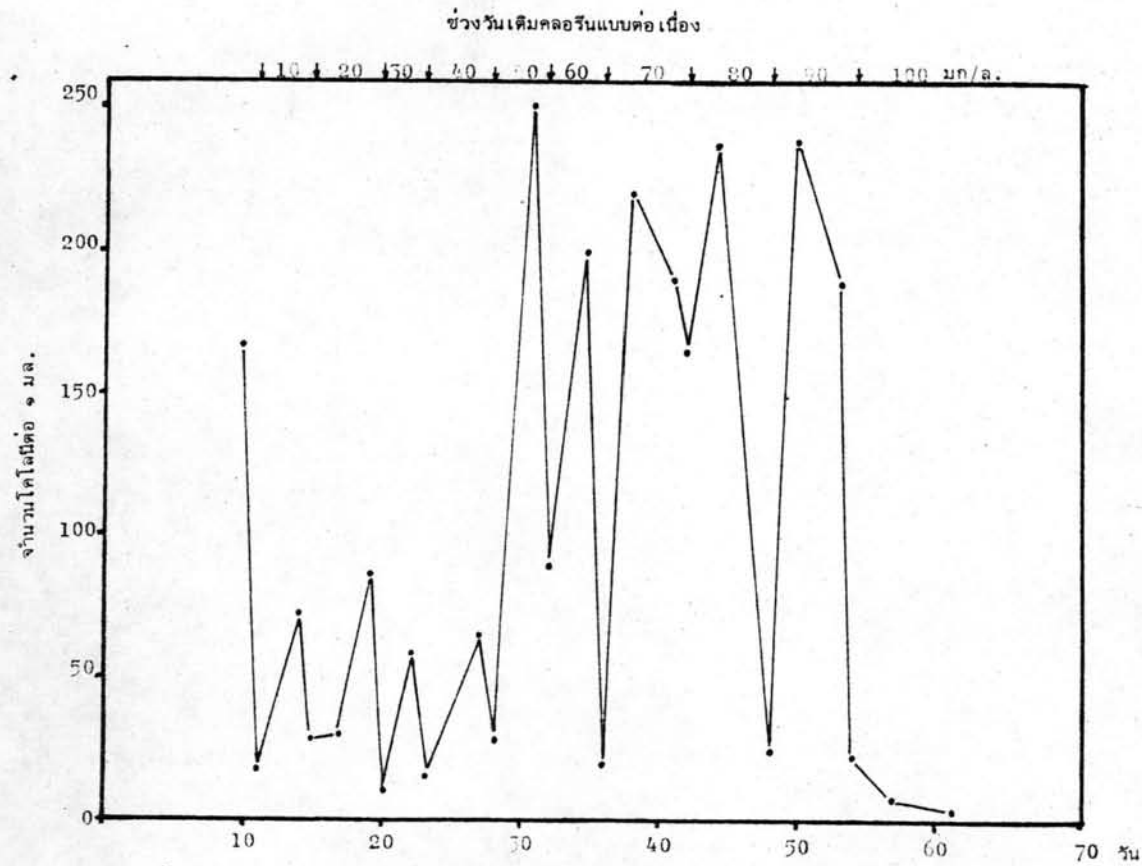




รูปที่ ๕.๔ แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด ซีไอที เมื่อเติมคลอรีนแบบต่อเนื่องในปริมาณต่างกัน



รูปที่ ๔.๔ แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรียโดยใช้ IPR เป็นครรชน เมื่อเติบโต รีนแบบต่อ เนื่องใน ปริมาณต่างกัน



รูปที่ ๔.๑๐ แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรีย โดยใช้ PLATE COUNT เป็นตราชนิ เมื่อเติมคลอรีนแบบต่อเนื่องในปริมาณต่างกัน