

การควบคุมการปลดปล่อยคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมคลอไรด์และ  
ไดคลอโรไฮโดรคาร์บอนแอสิดโดยโพลีเอทิลีนไกลคอล



ร.อ.หญิง นันทพร เกาสุวรรณ ร.น.

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-0808-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTROLLED RELEASE OF CHLORINE DIOXIDE FROM REACTION OF SODIUM  
CHLORITE AND DICHLOROISOCYANURIC ACID USING POLYETHYLENE GLYCOL



Lt. Nandaporn Thaosuwan R.T.N.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science in Environmental Science

Inter-department of Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic year 2001

ISBN 974-03-0808-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การควบคุมการปลดปล่อยคลอโรนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างไซเตียม  
คลอไรท์และไดคลอโรไอโซไซยานูริกแอซิดโดยใช้โพลีเอทิลีนไกลคอลล  
โดย ร.อ.หญิง นันทพร เกาสุวรรณ ร.น.  
สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม  
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม

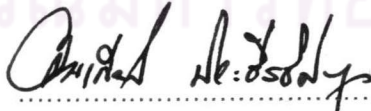
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กิระนันท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชิตน์ พัฒนผลไพบุลย์)

 ..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม)

 ..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรวิฑูรกุล)

 ..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมใจ เพ็งปรีชา)

นันทพร เกตุสุวรรณ : การควบคุมการปลดปล่อยก๊าซคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมคลอไรท์และไดคลอโรไอโซไซยานูริกแอซิดโดยใช้โพลีเอทิลีนไกลคอล (CONTROLLED RELEASE CHLORINE DIOXIDE FROM THE REACTION OF SODIUM CHLORITE AND CITRIC ACID USING POLYETHYLENE GLYCOL)

ได้ศึกษาการควบคุมการปลดปล่อยคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมคลอไรท์ และไดคลอโรไอโซไซยานูริกแอซิด (NaDCC) ที่เคลือบด้วยโพลีเอทิลีนไกลคอล โดยศึกษาสภาวะและสัดส่วนที่เหมาะสมรวมถึงระยะเวลาที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา

จากการศึกษาโดยการวิเคราะห์ปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในสารละลายบัฟเฟอร์กรดซิตริก-โซเดียมซิเตรท ที่ pH=3, 4, 5, 7 และ 8 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา คือที่ pH=3 ในเวลาไม่น้อยกว่า 30 นาที และสัดส่วนที่เหมาะสมของโซเดียมคลอไรท์ และไดคลอโรไอโซไซยานูริกแอซิด ที่จะทำให้มีปริมาณคลอรีนไดออกไซด์มีปริมาณอยู่ในช่วง 2-3 มิลลิกรัม/ลิตร ในปริมาตรทั้งหมด 1 ลิตร จะประกอบด้วย โซเดียมคลอไรท์ 0.01 กรัม ไดคลอโรไอโซไซยานูริกแอซิด 0.0025 กรัม กรดซิตริก 0.50 กรัม และโซเดียมซิเตรท 0.05 กรัม เคลือบสัดส่วนที่เหมาะสมที่ได้ด้วยโพลีเอทิลีนไกลคอล (PEG 6000) โดยวิธี Fluidized Bed Dryer Method Melt Granulation ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที บรรจุผลิตภัณฑ์ที่ได้ในซองอลูมิเนียมเคลือบพลาสติกและผนึกของให้สนิท ทดสอบปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ได้ในระยะเวลา 1, 3, 7, 14, 21, 28, 42, 56, 84 และ 120 วัน พบว่าสามารถควบคุมการปลดปล่อยคลอรีนไดออกไซด์ให้มีปริมาณอยู่ในช่วงที่กำหนดในระยะเวลาไม่มากกว่า 21 วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สหสาขา วิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต นิพนธ์ อินท...  
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา อ. น. น.  
ปีการศึกษา 2544 ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

##4289674020 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD : CHLORINE DIOXIDE / CONTROLLED RELEASE

NANDAPORN THAOSUWAN : CONTROLLED RELEASE CHLORINE  
DIOXIDE FROM THE REACTION OF SODIUM CHLORITE AND  
DICHLOROISOCYANURIC ACID USING POLYETHYLENE  
GLYCOL.THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. AMORN PETSOM, Ph.D.  
84 pp. ISBN 974-03-0808-2

Controlled release of Chlorine dioxide from the reaction of Sodium chlorite and Dichloroisicyanuric acid Sodium salt Dihydrate ( $\text{NaDCC} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) which was coated with polyethylene glycol (PEG 6000) was studied for suitable condition, appropriate proportion together with the proper time

The suitable conditions for the reaction, by analysing the amount of Chlorine dioxide in buffer of citric acid-sodium citrate solution was at  $\text{pH} = 3$  with a proper time less than 30 minutes . The appropriate proportion of Sodium chlorite and Dichloroisicyanuric acid Sodium salt Dihydrate ( $\text{NaDCC} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) for the reactoin which produced chlorine dioxide in the range of 2-3 ppm in total volume 1 litre is composed of Sodium chlorite 0.01 g. Dichloroisicyanuric acid ( $\text{NaDCC} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 0.0025 g. Citric acid 0.50 g. and Sodium citrate 0.05 g. Coating this appropriate proportion with polyethylene glycol (PEG 6000) by Fluidized Bed Dryer Method Melt Granulation at 60 degree Celsius for 5 minutes. Fill the product in laminated aluminum foil bag and seal with heat. Testing Chlorine dioxide from the product in 1, 3, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 84 and 120 days, found that this product is able to release Chlorine dioxide to gain the suitable requirement less than 21 days.

สหสาขา วิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่อนิติ *T. Nandaporn* .  
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา *Amorn Petsom*  
ปีการศึกษา 2544 ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือ และสนับสนุนจากผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งดูแล ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ให้คำปรึกษาอย่างมาก ภายในทุกๆด้าน ตลอดจนตรวจและแก้ไขรายละเอียดต่างๆในวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบุลย์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรนิติวรกุล และรองศาสตราจารย์ ดร.สมใจ เพ็งปรีชา ที่กรุณาสละเวลาเพื่อเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งในคำแนะนำ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์วาสนา ไตเลี้ยง และเจ้าหน้าที่จากสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ และความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการวิจัย สำหรับทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.พลกฤษณ์ แสงวนิช และอาจารย์ ดร. ธรรมบุญ หนูจักร ที่ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะ ในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และทบวงมหาวิทยาลัย ที่ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เคารพ และขอขอบคุณพี่ๆ น้องๆ และ เพื่อนๆ ที่ช่วยเหลือ สนับสนุน และเป็นกำลังใจเสมอมาจนกระทั่งสำเร็จการศึกษาครั้งนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ฅ
สารบัญรูป .....	ฉ
คำย่อ .....	ฐ
บทที่	
1. บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ .....	2
1.3 สมมติฐาน .....	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา .....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	2
2. การสำรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	3
2.1 การกำจัดเชื้อโรค .....	3
2.2 ปัจจัยที่ควบคุมการกำจัดเชื้อโรค .....	4
2.3 กลไกการทำงานของสารที่ใช้ในการกำจัดเชื้อโรค .....	6
2.4 วิธีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อโรค .....	6
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	17
3. วิธีดำเนินการวิจัย .....	21
3.1 รูปแบบและขั้นตอนการศึกษา .....	21
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย .....	23
3.3 สารเคมีที่ใช้ .....	24
3.5 วิธีการทดลอง .....	25

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. ผลการศึกษาวิจัยและวิจารณ์ .....	30
4.1 การเตรียมและวิเคราะห์ปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ .....	30
4.2 การศึกษาหาค่า pH ที่เหมาะสม .....	36
4.3 การศึกษาปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม .....	40
4.4 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสม .....	47
4.5 การศึกษาการควบคุมการปลดปล่อยคลอรีนไดออกไซด์ โดยใช้โพลีเอทิลีนไกลคอล .....	50
5. สรุปผลการวิจัย .....	56
รายการอ้างอิง .....	60
ภาคผนวก .....	63
ประวัติผู้เขียน .....	84

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบค่า %Available Chlorine ของสารประกอบคลอรีน ชนิดต่างๆ .....	11
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวิธีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อโรค .....	16
ตารางที่ 4.1 รีเอเจนต์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คลอรีนไดออกไซด์โดยใช้ Visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นต่างๆ .....	31
ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณคลอรีนไดออกไซด์และค่าเฉลี่ยของผลต่าง ระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของ blank และการดูดกลืน คลื่นแสงของสารละลายคลอรีนไดออกไซด์มาตรฐาน.....	34
ตารางที่ 4.3 แสดงผลของค่า pH ของสารละลายบัฟเฟอร์และระยะเวลา ของปฏิกิริยาต่อปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น .....	36
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นเมื่อ แปรเปลี่ยนปริมาณของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.01% และ สารละลาย NaDCC.2H <sub>2</sub> O 0.005% ในเวลา 30 นาที .....	40
ตารางที่ 4.5 แสดงผลของปริมาณสารละลาย NaDCC.2H <sub>2</sub> O 0.005% ต่อปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น โดยมีปริมาณของ สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.01% คงที่ .....	48
ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ประกอบ ด้วยกรดซัลฟูริก-โซเดียมซัลเฟต และกรดซัลฟูริก-โซเดียมคาร์บอเนต .....	53
ตารางที่ ฉ-1 แสดงผลการ Standardize สารละลาย Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	73
ตารางที่ ฉ-2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ โดยวิธี Iodometry ..	74
ตารางที่ ฉ-3 แสดงปริมาณคลอรีนไดออกไซด์และผลต่างระหว่างค่าการดูดกลืน คลื่นแสงของ blank และการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายคลอรีน ไดออกไซด์มาตรฐานที่ความยาวคลื่น 616 นาโนเมตร .....	75
ตารางที่ ฉ-4 แสดงผลต่างระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของ blank และ การดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายคลอรีนไดออกไซด์ในสารละลาย บัฟเฟอร์กรดซัลฟูริก-โซเดียมซัลเฟต ที่ pH ต่างๆ .....	76

## สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ข-5 แสดงปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในสารละลายบัฟเฟอร์ กรดซัลฟิวริก-โซเดียมซัลเฟต ที่ pH ต่างๆ .....	77
ตารางที่ ข-6 แสดงผลต่างระหว่างค่าการดูดกลืนคลีนแสงของ blank และการดูดกลืนคลีนแสงของสารละลายคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น เมื่อแปรเปลี่ยนปริมาณสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.01% และ สารละลาย NaDCC.2H <sub>2</sub> O 0.005% ในเวลา 30 นาที .....	78
ตารางที่ ข-7 แสดงปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นเมื่อเมื่อแปรเปลี่ยน ปริมาณสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.01% และสารละลาย NaDCC.2H <sub>2</sub> O 0.005% ในเวลา 30 นาที .....	79
ตารางที่ ข-8 แสดงผลต่างระหว่างค่าการดูดกลืนคลีนแสงของ blank และการดูดกลืนคลีนแสงของสารละลายคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น เมื่อแปรเปลี่ยนปริมาณสารละลาย NaDCC.2H <sub>2</sub> O 0.005% โดยมีปริมาณของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.01% คงที่ .....	80
ตารางที่ ข-9 แสดงปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นเมื่อเมื่อแปรเปลี่ยน ปริมาณสารละลาย NaDCC.2H <sub>2</sub> O 0.005% โดยมีปริมาณของ สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.01% คงที่ .....	81
ตารางที่ ข-10 แสดงผลต่างระหว่างค่าการดูดกลืนคลีนแสงของ blank และการดูดกลืนคลีนแสงของสารละลายคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น จากผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยโซเดียมซัลเฟต .....	82
ตารางที่ ข-11 แสดงผลต่างระหว่างค่าการดูดกลืนคลีนแสงของ blank และการดูดกลืนคลีนแสงของสารละลายคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น จากผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยโซเดียมคาร์บอเนต .....	82
ตารางที่ ข-12 แสดงปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์ ที่ประกอบด้วยโซเดียมซัลเฟต .....	83
ตารางที่ ข-13 แสดงปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์ ที่ประกอบด้วยโซเดียมคาร์บอเนต .....	83

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงทิศทางการสลายตัวของไอโซน	8
รูปที่ 2.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของกรดไฮโปคลอรัส และไฮโปคลอไรท์ อิออน เมื่อ pH เปลี่ยนแปลง	13
รูปที่ 2.3 แสดงความสามารถในการละลายของคลอรีนไดออกไซด์ในน้ำ	14
รูปที่ 3.1 Visible Spectrophotometer	23
รูปที่ 3.2 เครื่องฉีกของผลิตภัณฑ์สุญญากาศ	24
รูปที่ 3.3 เครื่อง Spray Dry	29
รูปที่ 4.1 อุปกรณ์ในการเตรียมสารละลายคลอรีนไดออกไซด์มาตรฐาน	30
รูปที่ 4.2 โครงสร้างของ Lissamine Green B	32
รูปที่ 4.3 สารละลายคลอรีนไดออกไซด์ที่มี Lissamine Green B เป็นรีเอเจนต์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ	33
รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอรีนไดออกไซด์และค่าเฉลี่ยของ ผลต่างระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของ blank และการดูดกลืนคลื่น แสงของสารละลายคลอรีนไดออกไซด์มาตรฐาน ที่ความยาวคลื่น 616 นาโนเมตร	35
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นใน สารละลายบัฟเฟอร์ค่าต่างๆ	37
รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นเมื่อ แปรเปลี่ยนปริมาณสารละลายไฮเดียมคลอไรด์ 0.01 % และ สารละลาย NaDCC.2H <sub>2</sub> O 0.005% ในเวลา 30 นาที	41
รูปที่ 4.7 โครงสร้างของ Dichloroisicyanuric acid (NaDCC)	45
รูปที่ 4.8 โครงสร้างของ Cyanuric acid (CA)	45
รูปที่ 4.9 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารละลาย NaDCC. 2H <sub>2</sub> O เมื่อ ปริมาณสารละลายไฮเดียมคลอไรด์คงที่	49
รูปที่ 4.10 ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในซองอูมิเนียมเคลือบพลาสติก	52

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.11 แสดงปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ประกอบ ด้วยกรดซัลฟิวริก-โซเดียมซัลเฟต และกรดซัลฟิวริก-โซเดียมคาร์บอเนต ...	54
รูปที่ ก-1 ชุดเตรียมก๊าซคลอรีนไดออกไซด์ .....	66



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## คำย่อ

THMs	ย่อจาก	Trihalomethanes
NaDCC.2H <sub>2</sub> O	ย่อจาก	Sodium dichloroisocyanuricacid Sodium Salt Dihydrate
DBP	ย่อจาก	Disinfection By Product
MCL	ย่อจาก	Maximum Contaminant Level
ppm	ย่อจาก	part per million



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย