บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

หากจะกล่าวว่าคลอรีนเป็นหนึ่งในสารเคมีที่จำเป็นต่อชีวิตผู้คนในปัจจุบัน ก็คงจะไม่เกินความเป็นจริงนัก เพราะในวันหนึ่ง ๆ นั้นมนุษย์มีโอกาสที่จะต้องสัมผัสกับคลอรีนไม่ทางใดก็ทางหนึ่ง เช่น ในน้ำประปาหรือสระว่ายน้ำ แม้กระทั่งในน้ำยาฟอกผ้าขาวที่อาจมีส่วนผสมของคลอรีนอยู่ด้วย [1]

คลอรีน คือ สารเคมีชนิดหนึ่ง เมื่ออยู่ในสถานะแก๊สจะมีสีเหลืองเขียว แต่เมื่ออยู่ในสถานะของเหลวจะมีสีน้ำตาลเหลือง มีคุณสมบัติที่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยากับสารเคมีอื่นๆ เนื่องจากเป็นธาตุที่อยู่ในหมู่ของธาตุฮาโลเจน คลอรีนที่ใช้สำหรับฆ่าเชื้อโรคในน้ำมี 2 ชนิด คือชนิดผงและชนิดแก๊ส ซึ่งสารประกอบคลอรีนที่ใช้อยู่ในรูปของสารประกอบแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ โดยจะเป็นผงสีขาวมีสูตรทางเคมี $Ca(OCl)_2$ หรืออาจอยู่ในรูปของคลอรอกซ์ซึ่งเป็นน้ำยาฟอกสีหรือโซเดียมไฮโปคลอไรต์มีสูตรเป็น NaOCl [2]

คลอรีนเป็นสารออกซิไดซ์สามารถทำปฏิกิริยากับสารรีดิวซ์ทุกชนิดที่อยู่ในน้ำมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำค่อนข้างสูง นอกจากใช้กำจัดเชื้อจุลินทรีย์และพยาธิต่างๆ แล้วยังเป็นสารที่ช่วยกำจัดแพลงก์ตอนในน้ำและช่วยในการตกตะกอนอินทรีย์วัตถุรวมทั้งแพลงก์ตอนต่างๆ ที่ปะปนอยู่ในน้ำ คุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งคือ ช่วยในการออกซิไดซ์พวกโลหะและสารพิษต่างๆที่ละลายอยู่ในน้ำทำให้พิษลดน้อยลง แต่อย่างไรก็ตามคลอรีนจะทำปฏิกิริยากับสาร อื่น ๆ ด้วย จึงจำเป็นต้องเติมคลอรีนให้มีปริมาณพอเพียงที่จะต้องใช้คลอรีนตกค้างอยู่ด้วย คลอรีนตกค้างอาจจะอยู่ในรูปของคลอรีนอิสระ (Free residual chlorine) ซึ่งมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคได้ดี หรืออยู่ในรูปของคลอรีนรวมตัวหรือคลอรีนอิสระคงเหลือ (Combined residual chlorine) ซึ่งมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคได้น้อย

ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำคลอรีนมาเป็นสารเคมีที่ใช้ในการทำลายเชื้อโรค ในกระบวนการบำบัดน้ำ เช่น น้ำประปา น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำในสระว่ายน้ำ การล้างบ่อ โดยเฉพาะการผลิตอาหารในเชิงอุตสาหกรรมจะใช้คลอรีนฆ่าทำลายเชื้อโรคในบริเวณพื้นที่ต่างๆ ทั้งบริเวณพื้นผิวโต๊ะทำงาน บริเวณพื้น รวมทั้งการล้างวัสดุอุปกรณ์ หรือแช่ล้างอาหารดิบ เพื่อฆ่าเชื้อโรค ซึ่งสารประกอบคลอรีนที่นิยมใช้กันคือ โซเดียมไฮโปคลอไรต์ สำหรับความเข้มข้นของคลอรีนและระยะเวลาในการใช้ขึ้นกับประเภทของการใช้ เช่น การแช่ล้างผักจะใช้น้ำยาคลอรีนความเข้มข้น 50 ppm แช่นาน 30 นาที ถ้าล้างภาชนะอุปกรณ์จะใช้น้ำยาคลอรีนเข้มข้น 100 ppm นาน 2 นาที เป็นต้น

และนอกจากนี้ยังใช้คลอรีนเป็นสารฆ่าเชื้อในโรงเพาะฟัก โดยใช้ฆ่าเชื้อโรคในน้ำที่จะนำมาเพาะฟักลูกกุ้งและใช้ทำความสะอาดวัสดุอุปกรณ์ และทำความสะอาดบ่อในโรงเพาะฟัก แต่การใช้คลอรีนจะต้องใช้อย่างระมัดระวัง เพราะหากยังมีคลอรีนหลงเหลืออยู่ในน้ำโอกาสที่จะเป็นอันตรายต่อกุ้งมีมาก (การใช้คลอรีนจะต้องเตรียมน้ำทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง จนกระทั่งคลอรีนสลายตัวหมดจึงจะสามารถนำน้ำนั้นมาใช้ได้) และคลอรีนยังก่อให้เกิดอาการระคายเคืองสูงจึงอาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ได้ [3]

คลอรีนเป็นสารฆ่าเชื้อที่มีความสามารถในการออกซิไดส์ซิง (Oxidizing) สูง จึงมีการนำมาใช้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียหรือการทำน้ำประปาเพราะมีราคาถูกกกว่าการบำบัดด้วยวิธีโอโซนและอัลตราไวโอเลต (UV) สำหรับขั้นตอนในการฆ่าเชื้อโรคจะเติมแก๊สคลอรีนหรือสารประกอบคลอรีน เช่น ไฮโปคลอไรต์ ซึ่งเรียกกระบวนการนี้คลอริเนชัน [4] กลไกทางเคมีเมื่อเติมคลอรีนลงไปในน้ำคือ เมื่อคลอรีนสัมผัสกับน้ำก็จะปล่อยกรดไฮโปคลอรัส (ซึ่งเรียกว่าคลอรีนอิสระ) ออกมา โดยกรดไฮโปคลอรัสนี่เองที่ทำหน้าที่เป็นสารฆ่าเชื้อโรค เช่น เชื้ออหิวาต์ ไทฟอยด์ และนอกจากนี้กรดไฮโปคลอรัสยังมีประโยชน์สำหรับลดบีโอดีของน้ำ ทำลายสารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดรสและกลิ่นในน้ำ ควบคุมสาหร่ายในเครื่องกำจัดน้ำเสีย ช่วยในการตกตะกอน และออกซิไดส์สารพวกเหล็ก แมงกานีส ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดสีและกลิ่นในน้ำ

คลอรีนอิสระเป็นสารที่ใช้ในการกำจัดเชื้อโรคในน้ำ ซึ่งการผลิตน้ำประปาในอเมริกาส่วนใหญ่ประมาณ 92 % นิยมใช้ คลอรีนอิสระในการฆ่าเชื้อโรค ในน้ำประปาทั่วไปจะมีค่า คลอรีนอิสระอยู่ในช่วง 0.2 – 4 ppm เมื่อน้ำประปาสัมผัสกับอากาศ คลอรีนอิสระจะระเหยอย่างรวดเร็ว แต่ภายในท่อส่งน้ำคลอรีนอิสระจะทำให้น้ำประปาปราศจากจุลินทรีย์ ภายหลังจากที่คลอรีนอิสระจับกับเชื้อโรคแล้วทำให้กลายเป็นโมโนคลอรามีน (Monochloramine) ซึ่งเป็นต้นเหตุของ “กลิ่นคลอรีน” ที่เรามักได้กลิ่นเมื่อว่ายน้ำในสระ ในโรงผลิตน้ำประปาบางส่วนจะฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนอิสระ แล้วตามด้วยแอมโมเนียมซัลเฟตเพื่อใช้ลดปริมาณการก่อตัวของ Trihalomethane (THM’s) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง [5]

ในขั้นตอนการผลิตน้ำประปาของประเทศไทยนั้นได้ใช้แก๊สคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำ ปริมาณการใช้จะอยู่ในระหว่าง 2.5 – 3.0 mg/L ขึ้นอยู่กับฤดูกาลและคุณภาพของน้ำดิบ โดยหน้าร้อนจะมีการเพิ่มปริมาณการใช้สูงกว่าปกติเล็กน้อยเพื่อป้องกันการเกิดโรคระบาดในระบบทางเดินอาหาร เช่น การเกิดอหิวาตกโรค เป็นต้น ปริมาณของคลอรีนที่ใส่ลงไปในน้ำประปานี้จะคงเหลืออยู่ในระบบเส้นท่อจ่ายน้ำไม่น้อยกว่า 0.2 mg/L ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก การกำจัดกลิ่นคลอรีนในน้ำประปานี้สามารถทำได้ง่ายๆ คือ รองน้ำประปาใส่ในภาชนะที่สะอาด และอย่าให้สิ่งสกปรกตกลงไป ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 20-30 นาที คลอรีนก็จะระเหยไปเอง [1]

ในกรณีของสระว่ายน้ำ โดยทั่วไปจะมีการใส่คลอรีนเพื่อเป็นการบำบัดน้ำในสระให้สะอาด คลอรีนสามารถควบคุมการเกิดสาหร่ายและแบคทีเรียได้ [6]

ประเภทของคลอรีนที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในสระว่ายน้ำทั่วไปนอกจากแก๊สคลอรีนแล้ว ยังมี โซเดียมไฮโปคลอไรต์, แคลเซียมไฮโปคลอไรต์, ลิเทียมไฮโปคลอไรต์และคลอริเนตเต็ดไอโซไซยานูเรต อีกด้วย กลไกในการเกิดปฏิกิริยาของสารเหล่านี้จะเกิดกรดไฮโปคลอรัสเช่นเดียวกับแก๊สคลอรีน ยกเว้นคลอริเนตเต็ดไอโซไซยานูเรตเมื่อสัมผัสกับน้ำจะให้กรดไซยานูริก ซึ่งจะเป็นตัวที่ปรับสภาพน้ำ เพื่อลดการสูญเสียคลอรีนอันเนื่องมาจากรังสีอัลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ ปริมาณของคลอรีนอิสระ ในสระว่ายน้ำควรอยู่ที่ประมาณ 1-3 mg/L (ตามมาตรฐาน National Spa and Pool Institute) [7, 8] ดังนั้นหลังจากที่ว่ายน้ำในสระว่ายน้ำ แล้วจึงควรรีบล้างตัวและสระผมเพื่อล้างคลอรีนออกทันที เพราะ ถ้าไม่ทำเช่นนี้จะมีผลต่อสภาพของผิวและเส้นผม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นผมหากไม่สระผมภายหลังจาก ว่ายน้ำบ่อย ๆ คลอรีนอาจจะไปทำลายโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเส้นผม ทำให้ผมขาด ความชุ่มชื้น แห้ง และไร้น้ำหนักได้ [9]

นอกจากการใช้คลอรีนเพื่อประโยชน์ในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำแล้วยังมีการใช้ประโยชน์เพื่อเป็น สารฟอกขาวได้อีกด้วย โดยจะใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์เป็นสารออกฤทธิ์ในน้ำยาฟอกผ้าขาว ซึ่งเมื่อ เทน้ำยาฟอกผ้าขาวผสมลงในน้ำก็จะเกิดกรดไฮโปคลอรัสเช่นเดียวกับการเกิดปฏิกิริยาของแก๊สคลอรีน ในน้ำ แต่ข้อควรระวังสำหรับการใช้สารฟอกขาวที่ทำมาจากคลอรีนเหล่านี้คือ อาจจะเกิดผลพลอยได้ จากกระบวนการผลิตและการแตกตัวของสารฟอกขาวได้เป็นสารออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine) ซึ่งมีความเป็นพิษสูง ดังนั้นอาจหลีกเลี่ยงอันตรายดังกล่าวโดยใช้สารฟอกขาวที่ทำจากไฮโดรเจนเปอร์ ออกไซด์แทน โดยเฉพาะไม่ควรใช้กับผ้าอ้อมและเสื้อผ้าเด็ก แต่ถ้าจำเป็นให้ใช้น้ำมะนาวผสมเกลือและ น้ำในการซักตากแดดแทนจะดีที่สุด [1]

จากการวิจัยพบว่า ถ้าใส่คลอรีนในปริมาณที่เหมาะสม คือใส่ประมาณ 2 ppm จะสามารถฆ่า เชื้อโรคในน้ำดื่มที่เรากักเก็บในภาชนะได้พอดี และไม่ทำอันตรายต่อผู้ที่นำน้ำนั้นไปดื่มด้วย แต่จะ พบว่า น้ำยังคงมีกลิ่นฉุนของคลอรีน ถ้าไม่ชอบกลิ่นนี้ก็สามารถทิ้งไว้ค้างให้ระเหยไปก่อนนำมาใช้และ ดื่มได้ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 คืน

ถ้าน้ำมีปริมาณคลอรีนอยู่เกินกว่า 4 mg/L จะเป็นอันตรายต่อปลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับลูกปลา สารคลอรีนนี้จะไปรบกวนระบบการแลก เปลี่ยนแร่ธาตุและออกซิเจนที่เหงือกของปลา ทำให้ปลามี อาการช็อก ดิ้นทุรนทุราย และตายในที่สุดโดยทั่วไปน้ำประปามีปริมาณคลอรีน 1 - 2 mg/L ดังนั้น ก่อนที่จะนำมาใช้เลี้ยงปลาจึงควรตั้งทิ้งไว้กลางแจ้งนานประมาณ 2 วัน และใส่แอร์ปั๊มด้วย เพื่อให้ คลอรีนระเหยออกไปเสียก่อนจะนำมาใช้ถ้ามีความจำเป็นต้องรีบใช้น้ำที่มีคลอรีน อาจใช้โซเดียมไทโอ

ซัลเฟต ซึ่งมีลักษณะเป็นผลึก ใส ๆ ใส่ลงในน้ำในอัตรา 3-5 g ต่อน้ำ 1,000 L ก่อนก็จะช่วยกำจัดคลอรีนได้ [10]

คลอรีนสามารถเข้าสู่ร่างกายเราได้ทั้งทางการหายใจ สัมผัสทางผิวหนังหรือเข้าตา และระบบทางเดินอาหาร อันตรายอย่างเฉียบพลันเมื่อได้รับคลอรีนโดยทางการหายใจเข้าไป คือ จะเกิดระคายเคืองต่อจมูก คอ และระบบหายใจส่วนบน คลอรีนในอากาศปริมาณ 0.2 ppm จะทำให้คันจมูก แต่ถ้าปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 1-1.3 ppm จะทำให้คอแห้ง ไอ หายใจลำบาก ปวดศีรษะ หากมากกว่า 30 ppmในอากาศ จะเกิดอาการเจ็บหน้าอกและอาเจียน และที่อันตรายมากที่สุดคือจะทำให้เกิดหลอดลมอักเสบปอดบวมและเสียชีวิตได้เมื่อได้รับมากกว่า 100 ppm

ในกรณีที่เข้าตาจะเกิดอาการเคืองตาอย่างรุนแรง แก๊สคลอรีนจะทำให้ปวดแสบปวดร้อนและน้ำตาไหล คลอรีนเหลวจะทำให้เนื้อเยื่อตาไหม้และอาจทำให้ตาบอดได้ ถ้าถูกผิวหนังจะเกิดอาการระคายเคือง แก๊สคลอรีนที่มีความเข้มข้นสูงจะทำให้ผิวหนังไหม้และเป็นตุ่มแดง ถ้าคลอรีนเหลวถูกผิวหนังจะทำให้ไหม้และเนื้อเยื่อตายได้ ส่วนในกรณีที่รับประทานคลอรีนเข้าไป คลอรีนเหลวจะทำให้ระบบทางเดินอาหารที่สัมผัสกับคลอรีนเจ็บปวดไหม้ จะเกิดอาการกระหายน้ำ ลำตัวเป็นตะคริวและคลื่นไส้ [1]

ดังที่กล่าวในตอนต้นว่ามนุษย์มีโอกาสได้สัมผัสกับคลอรีนแน่ๆ เพราะคลอรีนเป็นส่วนที่ใช้ในกระบวนการทำน้ำประปา สระว่ายน้ำ หรือการซักผ้า และจะเห็นว่าคลอรีนมีโทษอย่างมากมาย แต่ถ้าใช้คลอรีนในปริมาณที่เหมาะสมก็จะไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิต

อย่างไรก็ตามแม้ว่ากระบวนการคลอริเนชันจะมีผลดี แต่ก็ยังทำให้เกิดผลเสียได้ด้วยเหมือนกัน โดยจะทำให้เกิดสารพวกฟีนอลและสารอินทรีย์อื่นๆ ซึ่งสารประกอบเหล่านี้เกิดจากการเติมคลอรีนลงในน้ำที่มีสารประกอบเอมีนทำให้คลอรีนไปรวมกับสารประกอบเหล่านี้แล้วกลายเป็นสารที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตบางชนิด นอกจากนี้ยังทำให้เกิดสีและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในน้ำด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจวัดปริมาณของคลอรีนอิสระในการระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้มีค่าที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ก่อนที่จะนำมาใช้หรือก่อนที่จะปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลอง

การตรวจวัดหาปริมาณของคลอรีนอิสระสามารถทำได้หลายวิธี เช่น Starch iodine method (หรือ Iodometric method), Orthotolidine method, Orthotolidine – Arsenite method, Stabilized Neutral Orthotolidine (SNORT) method, Amperometric titration, DPD Ferrous titrimetric method, DPD Colorimetric method และ Syringaldazine (FACTS) method ซึ่งวิธีการวิเคราะห์เหล่านี้จะต้องมีการเก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และการวิเคราะห์ค่อนข้างยุ่งยาก นอกจากนี้ยังเสียค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์สูง เพราะต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีราคาแพง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาวิธีตรวจวัดคลอรีนอิสระขึ้นมาใหม่ โดยได้ศึกษาและผลิตหลอดตรวจวัดปริมาณคลอรีนอิสระ จากการนำเอาออโธโทลิดีนมาเคลือบบนผิวของซิลิกาเพื่อพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดใหม่ๆ และพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ให้มีความทันสมัยมากขึ้น ซึ่งหลอดตรวจวัดที่เตรียมขึ้นนี้จะมีขนาดเล็ก สามารถพกพาไปตรวจวัดได้ที่แหล่งน้ำได้โดยไม่ต้องยุ่งยากในการเก็บน้ำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ทำให้ประหยัดได้ทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เตรียมซิลิกาขึ้นเองจากแกลบข้าว เนื่องจากแกลบข้าวมีปริมาณซิลิกาถึง 15 % และนอกจากนี้แกลบข้าวยังเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากภาคการเกษตร สามารถหาได้ง่าย เพราะในประเทศไทยเป็นประเทศที่ปลูกข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักอยู่แล้ว

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อเตรียมอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณคลอรีนอิสระตกค้างที่มีขนาดเล็ก ใช้งานง่ายสะดวก รวดเร็ว และให้ผลน่าเชื่อถือได้

1.2.2 เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดปริมาณคลอรีนอิสระตกค้าง และลดการนำเข้าของหลอดตรวจวัดจากต่างประเทศ

1.2.3 เพื่อใช้เทคโนโลยีในการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดใหม่ๆ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 เตรียมซิลิกาจากแกลบข้าวด้วยวิธีการใช้เครื่องพ่นแห้ง (Spray Dryer) และวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของอนุภาคซิลิกาที่เตรียมขึ้น

1.3.2 ศึกษาการเคลือบสารเคมี (ออโธโทลิดีน) บนผิวซิลิกา และวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของอนุภาคซิลิกาที่ผ่านการเคลือบแล้ว

1.3.3 บรรจุซิลิกาที่ผ่านการเคลือบด้วยสารเคมีลงในหลอดแก้วปลายปิด

1.3.4 นำหลอดตรวจวัดที่เตรียมขึ้นมาทดสอบประสิทธิภาพด้วยสารละลายมาตรฐานแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ เพื่อระบุสเกลตามความเข้มข้น

1.3.5 นำหลอดตรวจวัดที่เตรียมขึ้นมาตรวจสอบความถูกต้องของวิธีพร้อมทั้งเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน

1.3.6 นำหลอดตรวจวัดที่เตรียมขึ้นมาทดสอบกับน้ำตัวอย่างพร้อมทั้งเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถเตรียมอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณคลอรีนอิสระตกค้างที่มีขนาดเล็ก ใช้งานง่าย สะดวก รวดเร็ว และให้ผลน่าเชื่อถือได้

1.4.2 สามารถลดค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดปริมาณคลอรีนอิสระตกค้าง และลดการนำเข้าของหลอดตรวจวัดจากต่างประเทศ และสามารถลดการเสียเปรียบดุลการค้าจากต่างประเทศ นอกจากนี้ยังผลิตขายต่างประเทศได้ด้วย

1.4.3 สามารถใช้เทคโนโลยีในการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดใหม่ๆ และพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ให้มีความทันสมัยมากขึ้น