บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1 คุณสมบัติของคลอรีน

มนุษย์รู้จักนำคลอรีนมาใช้ประโยชน์นับตั้งแต่ ค.ศ. 1850 (Bass *et al.*, 1977) ในอุณหภูมิปกติคลอรีนจะมีภาวะเป็นก๊าซที่มีสีเขียวตองอ่อน มีความเป็นพิษอย่างรุนแรงต่อสิ่งมีชีวิต คลอรีนจะมีสภาพเป็นของเหลวเมื่ออยู่ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า - 15 °C ลงไป คลอรีนที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์มีดังต่อไปนี้ (กรรณิการ์, 2525; สมเกียรติ์, 2528)

1. ด้านสาธารณสุข
   - ใช้ฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา
   - ใช้ฆ่าเชื้อโรคในน้ำทิ้งชุมชนและโรงงาน
2. ด้านอุตสาหกรรม
   - ใช้ฟอกขัดสีในโรงงานกระดาษและโรงงานทอผ้า
   - ใช้ในระบบหล่อเย็น เพื่อลดหรือกำจัดสาหร่ายและแบคทีเรียที่ชับเมือกได้ หรือกำจัดและป้องกันไม่ให้เพรียงเจริญเติบโตในระบบหล่อเย็น
   - ใช้ทำความสะอาดในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ปลา กุ้ง และในอุตสาหกรรมแช่เย็น
3. ด้านอื่น ๆ
   - ใช้ฆ่าเชื้อโรคในสระว่ายน้ำ และป้องกันไม่ให้มีสาหร่ายเกิดขึ้น
   - ใช้ทำความสะอาดในด้านเกษตรกรรม เช่น ทำความสะอาดโคนมก่อนรีดนม
   - ใช้ฆ่าเชื้อโรคในบ่อปลาและเครื่องมือต่าง ๆ ในการประมง และใช้กำจัดสัตว์น้ำที่ต้องการในบ่อ Herwig *et al.* (1979) พบว่า คลอรีนสามารถกำจัดโปรโตซัว (protozoa) ที่เป็นปรสิตได้เป็นอย่างดี

การใช้คลอรีนนั้นนิยมใช้ใน 2 ลักษณะ คือ

- ใช้คลอรีนในสถานะที่เป็นก๊าซ (Cl_2)

- ใช้คลอรีนในสถานะที่เป็นของเหลวซึ่งอยู่ในรูป Hypochlorite โดยมีชื่อทางการค้าต่าง ๆ กัน เช่น Chlorine Blech, Clorox, Household Bleach Zonite เป็นต้น

2.2 ปฏิกริยาในน้ำของคลอรีน

คลอรีนเมื่อถูกเติมลงไปในน้ำ เพื่อจุดประสงค์ในการทำลายสิ่งมีชีวิตในน้ำ จะมีปฏิกริยาแตกตัวให้สารประกอบคลอรีนหลายตัว เพราะคลอรีนมีคุณสมบัติในการเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ดี ซึ่งจะมีประโยชน์ในด้านอื่น ดังนี้ (กรรณิการ์, 2525; Brungs, 1973)

1. เป็นตัวออกซิไดซ์ (oxidizing agent) สารอนินทรีย์ที่เป็นตัวทำให้น้ำมีสีและกลิ่น ได้แก่ เหล็ก (Fe^{+2}), แมงกานีส (Mn^{+2}) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

2. ทำลายสารอินทรีย์ (organic matter) ซึ่งทำให้เกิดสีและกลิ่นในน้ำ

3. เป็นตัวช่วยในการตกตะกอน ซึ่งพบว่าเมื่อเติมคลอรีนในน้ำจะทำให้เกิดการตกตะกอนดีขึ้น เนื่องจากปฏิกริยาของคลอรีนกับสารอินทรีย์ในน้ำ

4. เป็นการลด BOD (Biochemical Oxygen Demand) ของน้ำในอัตราส่วนคลอรีน 1 ส่วน ทำลาย BOD ได้ 2 ส่วน

คลอรีนที่ใช้เติมลงในน้ำมากที่สุด ได้แก่ สารประกอบคลอรีนพวก Hypochlorite เช่น แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ {$Ca(OCl)_2$} ซึ่งมีลักษณะเป็นผง และโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaClO) ซึ่งผลิตได้ในประเทศอยู่ในรูปสารละลาย โดยมีคลอรีนอิสระ (free chlorine) ประมาณ 10% และก๊าซคลอรีน (Cl_2) ซึ่งเป็นก๊าซเหลวบรรจุในถังเหล็กภายใต้ความกดดันสูง ซึ่งการใช้มีอันตรายมาก (มั่นสิน และไพพรรณ, 2524)

สารประกอบคลอรีนดังกล่าวเมื่อละลายน้ำจะเกิดปฏิกริยาได้ในรูปต่าง ๆ ดังนี้ (เฮเลน และบุษบา, 2525; วิทยา, 2525)

1. คลอรีนอิสระ (free chlorine) คือ คลอรีนที่มีอยู่ในน้ำในรูปของกรดไฮโปคลอรัส (HOCl), อนุมูลไฮโปคลอไรท์ (OCl^-) หรือก๊าซคลอรีน (Cl_2) ดังปฏิกริยาต่อไปนี้

$$Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HOCl + H^+ + Cl^-$$

ที่อุณหภูมิปกติ เมื่อเติมคลอรีนลงในน้ำปฏิกริยาจะเกิดขึ้นได้และ เสร็จสมบูรณ์ภายใน 2 - 3 วินาทีเท่านั้น แต่ถ้าสารละลายเจือจางและค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ต่ำ ปฏิกริยาจะเกิดค่อนไปทางขวา และมีคลอรีน (Cl_2) หลงเหลืออยู่ในปฏิกริยาเล็กน้อย

นอกจากนี้ HOCl ยังแตกตัวได้อีก ดังสมการ :

$$HOCl \rightleftharpoons H^+ + OCl^-$$

ซึ่งปฏิกริยานี้จะเกิดขึ้นได้เร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับค่า pH และอุณหภูมิ ถ้าค่า pH ต่ำจะเกิด HOCl ซึ่งความเป็นพิษสูงกว่า OCl^- (Floyd *et al.*, 1979)

นอกจากนี้ เมื่อใช้ $Ca(OCl)_2$ หรือ NaClO แทน Cl_2 เมื่อเติมลงไปในน้ำจะได้ปฏิกริยา ดังนี้

$$H_2O + Ca(OCl)_2 \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2OCl^- + H_2O$$

$$H_2O + NaOCl \rightleftharpoons Na^+ + OCl^- + H_2O$$

การเติมคลอรีนหรือสารพวก Hypochlorite ลงไปในน้ำ จะเกิดปฏิกริยาได้ปริมาณของ HOCl กับ OCl^- ในสารละลายแตกต่างกันไป หากค่า pH ในสารละลายต่างกันโดย Cl_2 มีแนวโน้มที่จะทำให้ค่า pH มีค่าลดลง ในขณะที่ Hypochlorite มีแนวโน้มที่จะทำให้ค่า pH มีค่าเพิ่มขึ้น (Zillich, 1972)

2. คลอรีนรวมตัว (combined chlorine) คือ คลอรีนที่อยู่ในรูปของสารประกอบที่รวมตัวกับสารประกอบอื่น ๆ เช่น แอมโมเนีย (NH_3) หรือสารอินทรีย์ไนโตรเจน (organic nitrogen) ซึ่งแอมโมเนียเมื่ออยู่ในน้ำจะอยู่ในลักษณะ ดังนี้

$$NH_4^+ \rightleftharpoons NH_3 + H^+$$

เมื่อเติมคลอรีน (Cl_2) หรือ Hypochlorite จะเกิดปฏิกริยาดังต่อไปนี้

$$NH_3 + HOCl \rightleftharpoons NH_2Cl + H_2O$$
Monochloramine

$$NH_2Cl + HOCl \rightleftharpoons NHCl_2 + H_2O$$
Dichloramine

$$NHCl_2 + HOCl \rightleftharpoons NCl_2 + H_2O$$
Trichloramine

Monochloramine และ Dichloramine จะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตมาก ปฏิกริยาที่เกิดจะขึ้นอยู่กับ pH, อุณหภูมิ, เวลา และอัตราส่วนระหว่าง Cl_2 กับ NH_3

3. คลอรีนตกค้าง (residual chlorine) คือ คลอรีนที่หลงเหลืออยู่ในน้ำภายหลังจากทำปฏิกริยาต่าง ๆ ในน้ำแล้ว เมื่อทำปฏิกริยากับสารอินทรีย์ต่าง ๆ ถ้าเหลืออยู่ในสภาพของคลอรีนอิสระก็เรียกว่า free chlorine residual ถ้าคลอรีนจำนวนนั้นรวมตัวกันอยู่เป็นรูปของสารประกอบไนโตรเจน ก็เรียกว่า combined chlorine residual

ปกติ free chlorine residual จะอยู่ในรูปของ HOCl มากกว่า OCl^- และจะมีความเป็นพิษสูงกว่า combined chlorine residual สำหรับพวกคลอรีนตกค้างนี้จะเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต ทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม จึงจำเป็นจะต้องควบคุมปริมาณคลอรีนตกค้างจากระบบหล่อเย็น

2.3 การใช้คลอรีนในระบบหล่อเย็น

เนื่องจากระบบน้ำหล่อเย็น (cooling system) แบบเปิด (open system) นั้นมีการสัมผัสโดยตรงระหว่างน้ำหมุนเวียนและอากาศ ทำให้น้ำได้รับสารปนเปื้อน (contaminant) ต่าง ๆ รวมทั้งจุลินทรีย์ในอากาศ จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตในน้ำได้ดีกว่าในอากาศ จึงปรากฏว่าส่วนต่าง ๆ ของระบบน้ำหล่อเย็นมีจุลินทรีย์เจริญเติบโตเกาะติดเป็นเมือกหรือฟิล์มอยู่ทั่วไป บางครั้งก็จะมีพวกเพรียงเกาะติดอยู่ด้วย ทำให้ความสามารถในการถ่ายทอดความร้อนของระบบหล่อเย็นลดลง จุลินทรีย์ที่พบอยู่ในระบบน้ำหล่อเย็น ได้แก่ แบคทีเรีย (bacteria), ฟันไจ (fungi) และสาหร่าย (algae) (วิทยา, 2525; มั่นสิน และไพพรรณ, 2524)

สาเหตุอีกประการหนึ่งที่ทำให้สิ่งมีชีวิตเติบโตอย่างรวดเร็ว คือ อุณหภูมิที่สูงขึ้นของน้ำในระบบหล่อเย็น Miller (1977) รายงานว่า ที่อุณหภูมิ 30°C จะมีสาหร่ายน้ำจืดในปริมาณมาก เช่น ไดอะตอม (diatom), สาหร่ายสีเขียว (green algae) และสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว (blue-green algae) แต่เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นเป็น 35°C จะมีเพียงสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวเท่านั้นที่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว

การกำจัดสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ๆ เหล่านี้ในระบบหล่อเย็นสามารถกำจัดได้ โดยใช้สารเคมีกำจัดโดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ และไม่ก่อความเสียหายแก่วัสดุก่อสร้าง สารเคมีเหล่านี้มีชื่อเรียกรวมกันว่า ไบโอไซด์ (biocide) biocide ที่นิยมใช้ในระบบหล่อเย็นมีดังนี้ (Bass and Heath, 1977; Hileman, 1982) ได้แก่ จุนสี ($CuSO_4$), โบรมีน (Br_2), โอโซน (O_3), คลอรีน (Cl_2) และอนุพันธ์ของคลอรีน เช่น คลอรามีน (chloramine) หรือคลอรีนไดไซด์ (ClO_2) แต่เนื่องจากสารเคมีเหล่านี้ตัวอื่นมีความเป็นพิษสูง สลายตัวได้ช้า ถูกสารอินทรีย์ดูดซับได้ง่าย และมีราคาแพง คลอรีนจึงเป็น biocide ที่นิยมใช้กันแพร่หลายที่สุด (ประมวล, 2523) เพราะมีราคาถูก มีพิษรุนแรงฆ่าได้ทันที แต่สลายตัวได้รวดเร็ว สะดวกในการใช้ หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดในรูปแบบต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.1 (มั่นสิน และไพพรรณ, 2524)

คลอรีนที่ใส่ลงไปในน้ำ จะทำปฏิกริยากับสารอินทรีย์ก่อน จากนั้นจึงจะออกฤทธิ์ต่อสิ่งมีชีวิต (กรรณิการ์, 2525; มั่นสิน และไพพรรณ, 2524; Brungs, 1973) ทำให้ต้องใช้คลอรีนมากขึ้น การเติมคลอรีนจึงต้องให้มีปริมาณคลอรีนอิสระ (free chlorine) ตกค้างอยู่บ้าง จึงจะทำลายสิ่งมีชีวิตภายในระบบน้ำหล่อเย็นได้ แต่คลอรีนตกค้างต้องมีปริมาณไม่มากเกินไปจนทำความเสียหายให้แก่สิ่งแวดล้อมและวัสดุก่อสร้าง เช่น เหล็ก หรือไม้ เพราะคลอรีนมีความสามารถกัดกร่อนโลหะได้อย่างรุนแรง ในสหรัฐอเมริกา EPA (U.S. Environmental Protection Agency) ได้กำหนดระดับคลอรีนตกค้างที่อนุญาตให้ปล่อยจากโรงไฟฟ้าได้สูงสุด 0.5 mg/L และมีความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอรีน 0.2 mg/L ได้ไม่เกิน 2 ชั่วโมงในแต่ละวัน ส่วนประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2513) ห้ามระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน เมื่อมีคลอรีนอิสระ (free chlorine) มากกว่า 1 mg/L ซึ่งในทางปฏิบัติมักยอมให้มีคลอรีนอิสระตกค้างได้ไม่เกิน 1 mg/L เช่นกัน หรือถ้ามีการเติมคลอรีนอย่างต่อเนื่อง ระดับคลอรีนตกค้าง (residual chlorine) ไม่ควรเกิน 0.3 - 0.3 mg/L แต่ในระบบน้ำหล่อเย็นขนาดใหญ่ การเติมคลอรีนอย่างต่อเนื่องจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงมาก จึงนิยมใช้

ตารางที่ 2.1 สารประกอบคลอรีนที่มีขายในท้องตลาด

คลอรีนเหลว	บริสุทธิ์	99.8%
คลอรีนผง (ปูนคลอรีนหรือผงแคลเซียมไฮโปคลอไรท์)	บริสุทธิ์	35%
น้ำยาฟอกขาว (แคลเซียมไฮโปคลอไรท์)	บริสุทธิ์	6%
โซเดียมไฮโปคลอไรท์	บริสุทธิ์	10%
กรดเกลือ	บริสุทธิ์	35%

การเติมคลอรีนเป็นระยะ Bass *et al.* (1977) รายงานว่า คลอรีนในระดับความเข้มข้น 0.5 ส่วนในล้านส่วน (ppm หรือ mg/L) จะถูกปล่อยเข้าไปในระบบน้ำหล่อเย็นครั้งละ 45 นาที วันละ 2 - 4 ครั้ง สาบารถกำจัดสาหร่ายและตะไคร่น้ำได้ นอกจากนี้ คลอรีนที่ระดับความเข้มข้น 0.5 - 1.0 ppm ที่ปล่อยเข้าไปในระบบน้ำหล่อเย็นครั้งละ 45 นาที วันละ 3 ครั้ง สามารถกำจัดสัตว์น้ำหรือพืชน้ำในระบบน้ำหล่อเย็นได้ (Bass and Heath, 1977) เนื่องจากคลอรีนเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตมาก และยังสามารถกัดกร่อนโลหะได้อย่างรุนแรง ประกอบกับจากการควบคุมอัตราการใช้คลอรีนโดยไม่ให้เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมกระทำได้ไม่ง่ายนัก ทำให้บางครั้งต้องใช้ biocide ที่มีความรุนแรงน้อยกว่าคลอรีน และไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมอื่นร่วมกับคลอรีน โดยการเติมคลอรีนจนมีคลอรีนอิสระตกค้าง 1 mg/L เป็นเวลา 3 - 7 วันต่อเดือน ตามด้วยการเติม biocide อย่างอ่อน (ที่ไม่ได้เป็น strong oxidizing agent) ในระยะเวลาที่เหลือของเดือน ซึ่งจะสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบน้ำหล่อเย็นขนาดใหญ่ได้ (มั่นสิน และไพพรรณ, 2524)

พวก biocide อย่างอ่อนนี้ ได้แก่

- สารประกอบ quaternary ammonium
- สารประกอบ organic sulfur
- สารประกอบทองแดง
- สารประกอบดีบุก
- สารประกอบ brominated organic
- สารประกอบ permanganate

การใช้พวก biocide อย่างอ่อนนี้มีจุดมุ่งหมายในการป้องกันการเกิดของจุลินทรีย์มากกว่าการทำลายจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นแล้ว เพราะมีอำนาจในการทำลายต่ำ ทำให้ไม่สามารถฆ่าจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในเมือกหรือในฟิล์มหนา ๆ ได้

โดยสรุปแล้ว การใช้ปริมาณของ biocide มีสองระดับตามจุดมุ่งหมายการใช้ คือ เพื่อฆ่า หรือป้องกัน

- ปริมาณของ biocide เพื่อฆ่าหรือทำลาย (sterilizing dose) หมายถึง ปริมาณที่สามารถฆ่าจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ภายใน 2 - 3 ชั่วโมง โดยการสัมผัสโดยตรงกับจุลินทรีย์

- ปริมาณของ biocide ที่ใช้เพื่อป้องกัน (inhibiting dose) หมายถึง ปริมาณที่ใช้ป้องกันมิให้จุลินทรีย์เกิดขึ้นอีกหลังจากถูกกำจัดจนหมดไปแล้ว

2.4 ความเป็นพิษของคลอรีนต่อสัตว์น้ำ

จากการศึกษาของ Grothe and Eaton (1975) และ Bass *et al.* (1977) ในปลา fathead minnows *(Pimephales promelas)*, blue gill *(Lepomis macrochirus)* และ rainbow trout *(Salmo gairdneri)* พบว่า คลอรีนจะเข้าทำลายเหงือก (gill) ของสัตว์ทดลอง โดยคลอรีนจะมีผลต่อ epithelium cell ของเหงือก โดยเอนไซม์ (enzyme) จะถูกยับยั้ง (inhibit) โดย sulfa-hydryl group (-SH) ของ amino acid ใน enzyme จะถูก oxidize ทันที ทำให้การทำงานของ enzyme ไม่สามารถกลับคืนสู่ปกติได้ (Zeitoun, 1977) ทำให้ epithelium cell เกิดการบวม (adema) ขรุขระ เสียรูปทรงปกติ (Bass *et al.*, 1977) และมีการเพิ่มจำนวนเซลล์ (hyperplasia) กับบางเซลล์ก็จะเกิดการตาย (necrotic) เหงือกจึงไม่สามารถทำหน้าที่ตามปกติได้เต็มที่ ทำให้เกิดการขาดแคลนออกซิเจน (hypoxia) ในปลา และมีอาการผิดปกติไป 3 ประการเมื่อได้รับคลอรีน

1. มีอาการทุรนทุราย (hyperactivity)
2. ว่ายขึ้นมางับฟองอากาศตามผิวน้ำ มีอาการเสียสมดุลย์ของร่างกาย
3. ระบบ metabolism ผิดปกติไป โดยคลอรีนจะไปยับยั้ง emzyme "triosephosphosic" dehydrogenase ที่ใช้ในการ oxidize กลูโคส (glucose)

ในการขาดแคลนออกซิเจน ปลาหรือสัตว์ทดลองจะพยายามเพิ่มอัตราการหายใจเพื่อนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกาย (oxygen uptake) มากกว่าระดับปกติ ทำให้กระแสเลือดหมุนเวียนอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะเป็นการนำคลอรีนเข้าสู่ร่างกายของสัตว์ทดลองได้มากและรวดเร็วขึ้นเช่นเดียวกัน

เมื่อคลอรีนแพร่เข้าสู่กระแสเลือดจะทำให้เกิดการทำลายผนังเซลล์ของเม็ดเลือดแดง โดยจะลด glutathione (GSH) ซึ่งเป็นตัวป้องกันการ oxidize ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) และไลโปโปรตีน (lipoprotein) ของผนังเซลล์ (cell membrane) (Bhagavan, 1974) ทำให้เม็ดเลือดแตก (hemolysis of erythrocyte) เกิดอาการ

เลือดจาง (anemia) เม็ดเลือดแดงนำออกซิเจนไปเลี้ยงร่างกายได้น้อย และพบว่า คลอรีนจะ oxidize ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ให้เป็นเม็ดฮีโมโกลบิน (methemoglobin) โดย oxidize เหล็กในฮีโมโกลบินจาก Fe^{2+} เป็น Fe^{3+} และเม็ดฮีโมโกลบินจะไม่สามารถรับออกซิเจนได้ ทำให้สัตว์น้ำเกิดอาการขาดออกซิเจนรุนแรงขึ้น (Grothe and Eaton, 1975; Booth *et al.*, 1981) นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณ hematocrit เพิ่มขึ้นมากผิดปกติ คาดว่ามาจากเซลล์เม็ดเลือดแดงที่แตก ซึ่งสิ่งเหล่านี้ทำให้เลือดของสัตว์ทดลองมีสีคล้ำ มีความข้นและหนืด ทำให้การไหลเวียนของเลือดเป็นไปอย่างช้ามาก และมีการอุดตันในเส้นเลือดบางแห่ง (Bass *et al.*, 1977) ซึ่งจะทำให้สัตว์ทดลองเกิดการ shock และตายเพราะขาดออกซิเจนในที่สุด

คลอรีนมีผลให้ระบบ homeostasis ในตับของร่างกายสูญเสียสมดุลย์ คลอรีนจะยับยั้งโปรตีนที่จะสร้าง fibrinogen (Booth *et al.*, 1981; Bass *et al.*, 1977) ซึ่งเป็นโปรตีนเริ่มแรกในตับ ทำให้โปรตีนจับกันเป็นก้อน และการสะสมไกลโคเจน (glycogen) ลดลง และเซลล์ตับจะมีการตายด้วย (necrotic hepatic cell)

ก่อนสัตว์ทดลองจะตายจะมีอาการทุรนทุราย มีอาการขาดออกซิเจนอย่างรุนแรง คล้ายสัตว์น้ำที่ได้รับโลหะหนัก เช่น ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม (ประมวล, 2523) หรือได้รับพิษจากก๊าซคาร์บอนโมโนออกไซด์ (CO) (Zeitoun, 1977) ทั้งที่ในน้ำมีปริมาณออกซิเจนเพียงพอที่สัตว์น้ำจะดำรงชีวิตได้อย่างปกติ ประกอบกับระบบ homeostatsis เสียสมดุลย์ไป ทำให้ประสาทส่วนกลางเสียการรับรู้เกี่ยวกับการทรงตัวและทิศทาง สัตว์ทดลองจึงมีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไป (Zeitoun, 1978; Booth *et al.*, 1981)

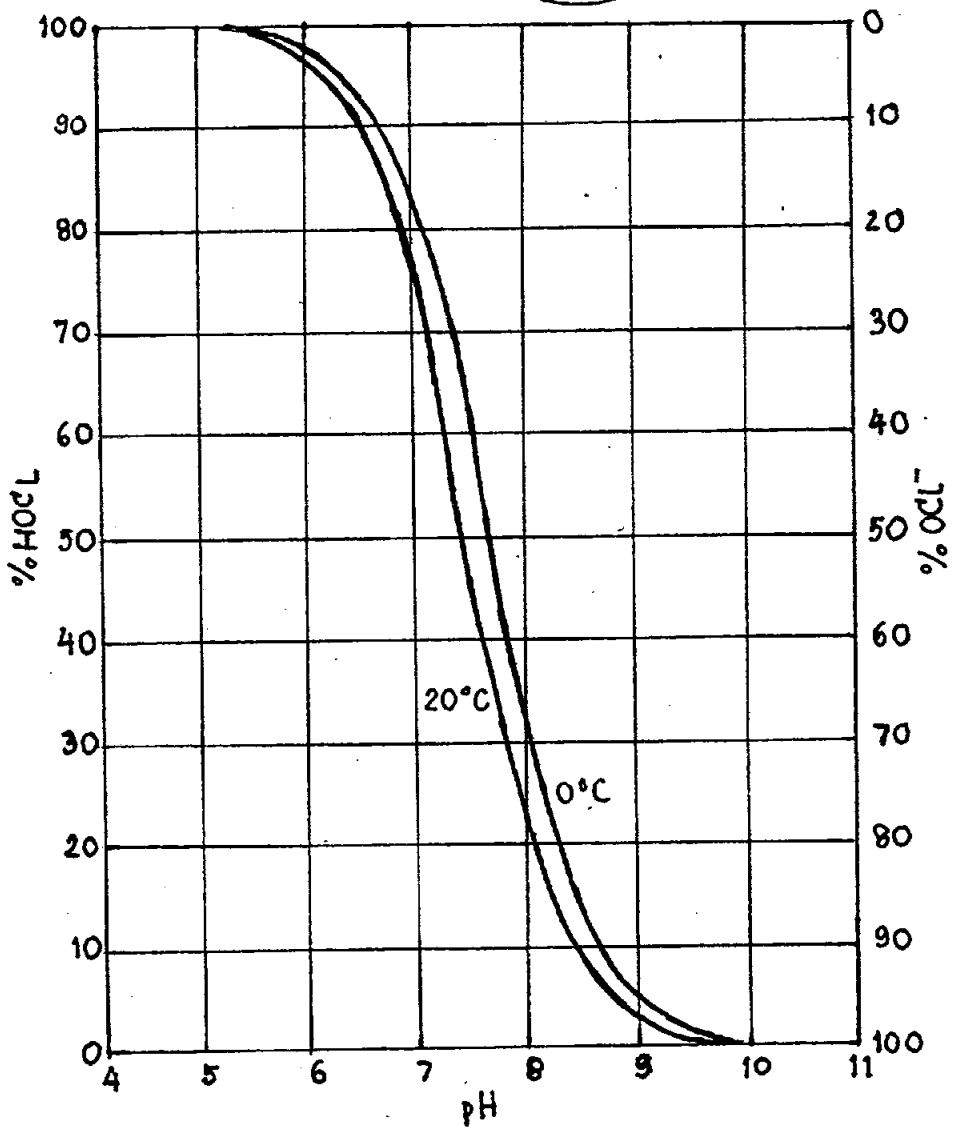
Brungs (1971) และ Zillich (1972) รายงาน ระดับความเป็นพิษของคลอรีนที่ระดับความเข้มข้นต่ำ ๆ คือ 0.058 mg/L TRC (Total Residual Chlorine) โดยพบว่ามีผลยับยั้งการวางไข่ของปลา และถ้าความเข้มข้นของคลอรีนลดลงมาอีก คือ 0.043 mg/L TRC จะยืดระยะเวลาของการวางไข่ออกไป ทำให้จำนวนครั้งของการวางไข่ในรอบปีลดลง และลดจำนวนไข่ต่อการวางไข่แต่ละครั้งลง นอกจากนี้ ความเข้มข้นของคลอรีนที่ระดับ 0.012 mg/L จะยับยั้งการสืบพันธุ์ของ Scud *(Gammarus pseudolimnaeus)* ได้ แต่ถ้าความเข้มข้นของคลอรีนต่ำกว่า 0.003 mg/L สิ่งมีชีวิตในน้ำก็จะสามารถสืบพันธุ์ได้ตามปกติ

Morgan and Prince (1977) ได้ทำการศึกษาความเป็นพิษของคลอรีนต่อไข่และตัวอ่อนของปลา 5 ชนิด ที่ Chesapeake Bay พบว่า ไข่เมื่อสัมผัสกับคลอรีนที่มีความเข้มข้นสูง ไข่จะไม่สามารถฟักเป็นตัวได้ เพราะผนังเซลล์ถูกทำลาย ผนังเซลล์ไข่บวมพอง และไม่สามารถฟักเป็นตัวได้ โดยการทดลองกับ white perch *(Morone americana)* ในความเข้มข้นของคลอรีนที่ 0.4 mg/L จะทำให้ไข่บวม และไม่สามารถฟักเป็นตัวได้ ส่วนที่ความเข้มข้น 0.2 - 0.3 mg/L ไข่สามารถพัฒนาจนเป็นเอ็มบริโอ (embryo) ได้เพียง 35 - 40% ของปริมาณไข่ทั้งหมด และยังพบว่า คลอรีนจะมีผลต่อขบวนการ metamorphosis คือ ตัวอ่อนที่ฟักออกมาจากไข่จะมีลักษณะผิดปกติ (aberration) เช่น ลำตัวยาว ผอม และมีขนาดเล็กผิดปกติ และถ้าความเข้มข้นของคลอรีนเพิ่มขึ้น การพัฒนา (development) ของตัวอ่อนจะหยุดชะงักลง Capuzzo (1979) ทำการศึกษาพบว่า พิษของคลอรีนสามารถชะงักการเจริญของ Lobsters *(Homarus americanus)* การชะงักการเจริญเติบโตของตัวอ่อนสัตว์น้ำ เนื่องจากต้องเพิ่มอัตราการหายใจมากขึ้นจากปกติ และระบบเมตาโบลิซึม (metabolism) ผิดปกติเนื่องจากพิษของคลอรีน ซึ่งมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางของสัตว์น้ำและระบบต่าง ๆ ในร่างกาย ทำให้ตัวอ่อนมีความอ่อนแอ ติดโรคได้ง่าย ทนการเปลี่ยนแปลงในสภาวะแวดล้อมไม่ได้ และทำให้ถูกพวกตัวห้ำ (predator) จับเป็นอาหารได้ง่าย (Anderson, 1974; Larson *et al.*, 1977; Zeitoun, 1977)

ประมวล (2523) ได้สรุปปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อความเป็นพิษของคลอรีนต่อสัตว์น้ำไว้ดังนี้

1. <u>สารเคมีที่ใช้ทดลอง</u>

สารเคมีที่ให้คลอรีนในน้ำแต่ละตัวนั้น เมื่อละลายน้ำจะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมไม่เหมือนกัน เช่น ก๊าซคลอรีน เมื่อละลายน้ำจะมีแนวโน้มทำให้ค่า pH ของน้ำลดลง และเมื่อใช้สารพวก hypochlorite {NaClO, $Ca(ClO)_2$} ค่า pH จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Merken, 1958) ซึ่งจะทำให้ความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำแตกต่างกัน เพราะค่า pH มีผลโดยตรงต่อสัดส่วนของรูปแบบของคลอรีน เช่น อัตราส่วนระหว่าง HOCl (Hypochlorous acid):OCl^- (Hypochlorite anion) ดังภาพที่ 2.1 โดยคลอรีนตกค้าง HOCl จะมีปริมาณมากในช่วง 3.4 ถึง 7.5 และจะมีความเป็นพิษสูงกว่า OCl^- ซึ่งจะมีปริมาณมากในช่วง pH ที่สูงกว่าขึ้นไป (Zillick, 1972; Brungs, 1973)



ภาพที่ 2.1 ผลของ pH ต่อการกระจายของ HOCl และ OCl^- ในน้ำ

2. อายุ เพศ และขนาดของสัตว์ทดลอง

ตามปกติสัตว์ทดลองที่มีขนาดเล็กและอายุน้อย จะมีความทนทานต่อสารเคมีที่ต่ำกว่าสัตว์ทดลองที่มีขนาดโตกว่าและมีอายุมากกว่าในสัตว์ชนิดเดียวกัน (Messuwanna, 1980; Stocker and Seager, 1976) โดยเฉพาะตัวอ่อนที่อยู่ในระยะ fry stage (Larson *et al.*, 1977) จากการทดลองกับปลา brook trout *(Salvelinus fontinalis)* ที่โตเต็มวัย พบว่า จะสามารถทนคลอรีนที่ระดับความเข้มข้น 1.0 mg/L TRC ได้ในระยะเวลาถึง 96 ชั่วโมง แต่ตัวอ่อนของ brook trout จะสามารถมีชีวิตอยู่ได้เพียง 48 ชั่วโมงเท่านั้น ที่ระดับความเข้มข้นของคลอรีนเพียง 0.6 mg/L TRC (Zeitoun, 1977; Morgan and Prince, 1977)

ในบางกรณีอาจพบว่า ไข่ปลาและตัวอ่อนที่ฟักออกมาจากไข่ใหม่ ๆ จะมีความทนทานต่อพิษของสารเคมีดีกว่าปลาวัยอ่อนที่มีขนาดใหญ่กว่าและอายุมากกว่า (Metelev *et al.*, 1983) ซึ่งจากการทดลองของ Morgan and Prince (1977) พบว่า ไข่ของสัตว์ทดลองจะมีความทนทานต่อพิษของคลอรีนได้สูงกว่าตัวอ่อน และความทนทานจะลดลงตามอายุของตัวอ่อน ซึ่งจากการทดลองหาค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมงของไข่อายุ 1 ชั่วโมงของ Spotted sea trout *(Cynoscion nebulosus)* เท่ากับ 0.21 mg/L TRC และค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมง ของตัวอ่อนที่ฟักออกจากไข่ได้ 1 ชั่วโมง เท่ากับ 0.17 mg/L TRC และค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมง ของตัวอ่อน Blue back herring *(Alosa aestivalis)* อายุ 1 วัน เท่ากับ 0.27 mg/L TRC ส่วน LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมง ของตัวอ่อนอายุ 2 วัน เท่ากับ 0.25 mg/L TRC ตามลำดับ ทั้งนี้ อาจเนื่องจากไข่และตัวอ่อนที่มีอายุน้อยยังมีระบบการหายใจไม่สมบูรณ์เพียงพอ ทำให้คลอรีนเข้าสู่ร่างกายได้ยากกว่าตัวอ่อนที่โตกว่า และมีระบบการหายใจที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า (Morgan and Prince, 1977; ประมวล, 2523)

ส่วนในเรื่องความแตกต่างของเพศที่มีต่อความเป็นพิษของคลอรีน ยังไม่มีการศึกษาให้ชัดเจนได้ว่า ความแตกต่างระหว่างเพศผู้และเพศเมีย เพศใดมีความไวหรือทนทานต่อพิษของคลอรีนมากกว่ากัน Metelv *et al.* (1983) รายงานว่า ปลาจะมีความทนทานต่อสารเคมีสูงสุดในระหว่างการวางไข่ แต่จะมีความอ่อนแอและไวต่อสารเคมีภายหลังการวางไข่ใหม่ ๆ

013309

3. คุณสมบัติของน้ำที่ใช้ทดลอง

คลอรีนมีความสามารถในการทำปฏิกริยากับสารต่าง ๆ ในน้ำได้อย่างกว้างขวาง ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เช่น ทำปฏิกริยากับแอมโมเนีย ให้สารพวกคลอรามีน หรือทำปฏิกริยากับฟีนอล (phenol) ก็จะได้สารพวกคลอโรฟีนอล (chlorophenol) หรือทำปฏิกริยากับไทโอไซยาเนต (thiocyanate, CNS^-) จะได้สารพวกไซยาโนเจนคลอไรด์ (cyanogen chloride)

ซึ่งเมื่อทำปฏิกริยาได้สารตัวใหม่นี้แล้ว จะทำให้ความเป็นพิษของคลอรีนเปลี่ยนไป โดยอาจจะมีความเป็นพิษสูงขึ้น (synergistic effect) หรือความเป็นพิษลดลง (antagonistic effect)

นอกจากนี้ ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ก็อาจมีผลต่อความเป็นพิษของคลอรีนด้วย เช่น ค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อละลายน้ำ แสดงว่าคลอรีนมีผลต่อความเป็นกรด (acidity) และความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำ

นอกจากนี้ ถ้าน้ำมีความเค็มเพิ่มขึ้น ความเป็นพิษของคลอรีนจะเพิ่มขึ้นด้วย (Hileman, 1982) ในขณะเดียวกันถ้าแคลเซียมในน้ำเพิ่มมากขึ้น ความเป็นพิษของคลอรีนจะลดลง (จารุวรรณ, 2525)

2.5 การศึกษาความเป็นพิษของคลอรีนต่อสัตว์น้ำ

การศึกษาวิจัยความเป็นพิษของคลอรีนต่อสัตว์น้ำ ได้มีผู้รายงานไว้ทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยตารางที่ 2.2 สรุปการศึกษาความเข้มข้นของคลอรีนการหลีกหนีของสัตว์น้ำ ตารางที่ 2.3 สรุปการศึกษาระดับความเข้มข้นของคลอรีนที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย และ ตารางที่ 2.4 สรุปการศึกษาพิษเฉียบพลันของคลอรีนในสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 2.2 สรุปผลการทดลองความเข้มข้นของคลอรีนที่ทำให้สัตว์น้ำหลีกหนี

ชื่อสัตว์ทดลอง	ความเข้มข้นของคลอรีน ที่ทำให้เกิดการอพยพ (mg/L TRC)	เอกสารอ้างอิง
Stripted Bass *(Morone saxatilis)*	0.16	Burton *et al.*, 1977
Rainbow Trout *(Salmo gairdneri)*	0.001	FAO, 1974
Brook Trout *(Salvelinus fontinalis)*	0.02	FAO, 1974
Brown Trout *(Salmo trutta)*	0.02	FAO, 1974
Smallmouth Bass *(Micropterus dolomieu)*	0.01	Bass *et al.*, 1977
(ปลาทุกชนิด) จะไม่พบชนิดใดเลย	0.37	Brungs, 1973

ตารางที่ 2.3 สรุปการศึกษาความเข้มข้นของคลอรีนที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย

ชื่อสัตว์ทดลอง	ความเข้มข้นของคลอรีน (mg/L TRC)	ระยะเวลาที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย (ชั่วโมง)	เอกสารอ้างอิง
Brook Trout *(Salvelinus fontinalis)*	0.35	9	Dandy (1972)
	0.08	18	Dandy (1972)
	0.04	24	Dandy (1972)
Rainbow Trout *(Salmo gairdneri)*	0.3	96	Bass *et al.* (1977)
Fingerling Rainbow Trout	0.25	(4 - 5)	Bass *et al.* (1977)
Pink Salmon *(Oncorhynchus gorbuscha)*	0.08	24	Stober and Hanson (1976)
	0.1	48	Stober and Hanson (1976)

ตารางที่ 2.3 สรุปการศึกษาความเข้มข้นของคลอรีนที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย

ชื่อสัตว์ทดลอง	ความเข้มข้นของคลอรีน (mg/L TRC)	ระยะเวลาที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย (ชั่วโมง)	เอกสารอ้างอิง
Coho Salmon *(Oncorhynchus tshawytscha)*	0.13	24	Stober and Hanson (1976)
	0.20	48	Stober and Hanson (1976)
Gold fish *(Carassius auratus)*	1.0	96	Pyle (1960)
White Sucker	1.0	1	Zeitoun (1977)
Salmonid fish	> 0.008	96	ประมวล (2523)
Coarse fish	> 0.008	96	ประมวล (2523)

ตารางที่ 2.4 สรุปผลการทดลองความเป็นพิษเฉียบพลัน (LC_{50}) ของคลอรีนต่อสัตว์น้ำ

สัตว์ทดลอง	ค่า LC_{50} ที่เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของคลอรีน (mg/L TRC)	เอกสารอ้างอิง
Rainbow Trout *(Salmo gairdneri)*	96	0.14 - 0.29	Brungs (1973)
Fathead minnow *(Pimephales promelas)*	96	0.05 - 0.16	Brungs (1973)
		0.08 - 0.19	Larson *et al.* (1977)
Golden Shiner *(Notemigonus crysoleucas)*	96	0.19	Brungs (1973)
Brown Trout *(Salmo trutta)*	10	0.02	Brungs (1973)
	44	0.01	Brungs (1973)
Yellow Perch	12	0.26	Brook and Seegert (1977)
(Perca flavescens)	1	0.88	Brook and Seegert (1977)

ตารางที่ 2.4 สรุปผลการทดลองความเป็นพิษเฉียบพลัน (LC_{50}) ของคลอรีนต่อสัตว์น้ำ

สัตว์ทดลอง	ค่า LC_{50} ที่เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของคลอรีน (mg/L TRC)	เอกสารอ้างอิง
White Perch Larva *(Salmo gairdneri)*	24	0.31	Morgan and Prince (1977)
White Perch Egg	76	0.27	
Juvenile Brook Trout *(Salvelinus fontinalis)*	96	0.01	Thatcher *et al.* (1976)
Smallmouth Bass *(Micropterus dolomieu)*	15	0.5	Brungs (1973)
Spotted Sea Bass *(Cynoseion nebulosus)*	24	0.14	Johnson *et al.* (1977)
	96	0.09	Johnson *et al.* (1977)
Bluegill *(Lepomis macrochirus)*	96	0.4 - 0.45	Bass and Heath (1977)

ตารางที่ 2.4 สรุปผลการทดลองความเป็นพิษเฉียบพลัน (LC_{50}) ของคลอรีนต่อสัตว์น้ำ

สัตว์ทดลอง	ค่า LC_{50} ที่เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของคลอรีน (mg/L TRC)	เอกสารอ้างอิง
Striped Bass Larva 70 h old *(Morone sexatilis)*	24	0.19	Burton *et al.* (1977)
Blue Back Herring Larva 1 day old *(Alosa aestivalis)*	48	0.24	Morgan and Prince (1977)
Blue Back Herring Larva 2 day old	48	0.25	Morgan and Prince (1977)
Atlantic Silverside Egg -2 h old *(Menidia menidia)*	48	0.30	Morgan and Prince (1977)
Tidewater Silverside Egg 2 h old *(Menidia beryllina)*	48	0.25	Morgan and Prince (1977)

ตารางที่ 2.4 สรุปผลการทดลองความเป็นพิษเฉียบพลัน (LC_{50}) ของคลอรีนต่อสัตว์น้ำ

สัตว์ทดลอง	ค่า LC_{50} ที่เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของคลอรีน (mg/L TRC)	เอกสารอ้างอิง
Gold fish Expose 3 H	24	0.71	Pyle (1962)
(Carassius auratus)			
Gold fish Expose 4 H	24	0.63	
Menhaden	96	0.062	Middaugh *et al.* (1977)
(Brevoortia tyrannus)			

2.6 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงความเป็นพิษของคลอรีน

เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น จะไปกระตุ้นกิจกรรม (activity) ของสัตว์น้ำให้เพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะไปเร่งการทำงานของเอนไซม์ (enzyme) ทำให้ขบวนการเมตาโบลิซึมต่าง ๆ (metabolism) เร่งความเร็วมากขึ้น และทำให้ขบวนการทางสรีรวิทยา (physiology) ต่าง ๆ เช่น หายใจ การว่ายน้ำ การหินอาหาร การขับถ่าย การเต้นของหัวใจ สูงขึ้น ทำให้ต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้นเพื่อขบวนการสันดาปอาหารให้เกิดพลังงานเพียงพอต่อกิจกรรมของสัตว์ แต่การที่อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นทำให้ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนลดลง กล่าวคือ จุดอิ่มตัวของออกซิเจนในน้ำจะมีประมาณ 12.8 ppm ที่ 5°C และลดลงเป็นลำดับเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เช่น ออกซิเจนในน้ำจะลดเหลือ 9.2 ppm ที่ 20°C และเหลือเพียง 7.2 ppm ที่ 35°C (เปี่ยมศักดิ์, 2525) ทำให้สัตว์น้ำเกิดการขาดออกซิเจน ซึ่งเมื่อได้รับคลอรีนเพิ่มขึ้นจะยิ่งทำให้การขาดออกซิเจนทวีความรุนแรงมากขึ้น เนื่องจากคลอรีนจะทำลายเหงือกและเม็ดเลือดแดง ความสามารถในการรับออกซิเจนจึงลดลง (ประมวล, 2523) อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้ความเป็นพิษของคลอรีนเพิ่ม (synergistic effect) ซึ่ง Hodson และ Sprague (1975) กล่าวว่า สัตว์ทดลองจะว่องไวต่อสารพิษและเชื้อโรคเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากการที่ออกซิเจนลดลง สัตว์ต้องหายใจเร็วขึ้น ทำให้น้ำผ่านเหงือกมากกว่าปกติ เป็นโอกาสให้สารพิษซึมผ่านเหงือกได้มากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าอุณหภูมิและคลอรีนเสริมความเป็นพิษกัน (synergistic effect) ดังตารางที่ 2.5 ที่แสดงถึงผลการทดลองความเป็นพิษเฉียบพลันของคลอรีนร่วมกับอุณหภูมิ ซึ่งได้มีผู้ทำการศึกษาไว้

ตารางที่ 2.5 สรุปรายงานความเป็นพิษเฉียบพลัน (LC_{50}) ของคลอรีน ที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ

สัตว์ทดลอง	อุณหภูมิ (°C)	ความเข้มข้นของคลอรีน (mg/L TRC)	การทดลอง	เอกสารอ้างอิง
Juvenile Oyster 7 days old	20	0.12	LC_{50} - 30 min	Capuzzo (1979)
(Crassostrea virginica)	26	0.07	LC_{50} - 30 min	Capuzzo (1979)
Coho Salmon	10	0.56	LC_{50} - 30 min	Seegert and Brook (1978)
(Oncorhynchus kisutch)	20	0.29	LC_{50} - 30 min	
Copepod				
(Limnocalanus macrurus)	5	1.54	LC_{50} - 30 min	Latimer *et al.* (1975)
	10	1.54	LC_{50} - 30 min	
(Cyclops bicuspidatusthomasi)	15	15.61	LC_{50} - 30 min	
	20	5.76	LC_{50} - 30 min	
Rainbow Trout	15	0.5	TL_{50} - 62 h	Bass *et al.* (1977)
(Salmo gairdneri)	32	0.5	TL_{50} - 20 h	
	10	0.99	LC_{50} - 30 min	Seegert and Brook (1978)

ตารางที่ 2.5 สรุปรายงานความเป็นพิษเฉียบพลัน (LC_{50}) ของคลอรีน ที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ

สัตว์ทดลอง	อุณหภูมิ (°C)	ความเข้มข้นของคลอรีน (mg/L TRC)	การทดลอง	เอกสารอ้างอิง
Rainbow Trout	15	0.94	LC_{50} - 30 min	Seegert and Brook (1978)
(Salmo gairdneri)	20	0.43	LC_{50} - 30 min	Seegert and Brook (1978)
Yellow Perch	10	8.0	LC_{50} - 30 min	Seegert and Brook (1978)
(Perca flavescens)	15	3.9	LC_{50} - 30 min	Seegert and Brook (1978)
	20	1.1	LC_{50} - 30 min	Seegert and Brook (1978)
	28	0.97	LC_{50} - 30 min	Seegert and Brook (1978)
	30	0.70	LC_{50} - 30 min	Seegert and Brook (1978)
Bluegill	25	0.54	LC_{50} - 48 h	Bass *et al.* (1971)
(Lepomis macrochirus)	32	0.47	LC_{50} - 48 h	
White Sea Bass	27	0.59	LC_{50} - 48 h	ประมวล (2523)
(Lates calcarifer)	32	0.50	LC_{50} - 48 h	
	37	0.29	LC_{50} - 48 h	

ตารางที่ 2.5 สรุปรายงานความเป็นพิษเฉียบพลัน (LC_{50}) ของคลอรีน ที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ

สัตว์ทดลอง	อุณหภูมิ (°C)	ความเข้มข้นของคลอรีน (mg/L TRC)	การทดลอง	เอกสารอ้างอิง
Giant Freshwater Prawn	27	0.24	LC_{50} - 48 h	ประมวล (2523)
(Macrobrachium rosenbergii)	32	0.23	LC_{50} - 48 h	
	37	0.13	LC_{50} - 48 h	
Coon Stripe Shrimp	10	0.30	LC_{50} - 96 h	Gibson *et al.* (1976)
(Pandalus danae)	15	0.21	LC_{50} - 96 h	Gibson *et al.* (1976)
	20	0.13	LC_{50} - 96 h	Gibson *et al.* (1976)

2.7 ชีวประวัติและชีววิทยาบางประการของสัตว์ทดลอง

1. กุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii* DE MAN)

มีชื่อสามัญว่า Giant freshwater prawn มีชื่อไทยว่า กุ้งก้ามกราม กุ้งหลวง หรือกุ้งนางก็เรียก มีการจัดจำแนกทางอนุกรมวิธาน ดังนี้

Phylum Arthropoda

Class Crustacea

Order Decapoda

Family Palaemoninae

Genus *Macrobrachium*

Species *rosenbergii*

กุ้งก้ามกรามเป็นกุ้งที่มีขนาดใหญ่ สามารถอาศัยอยู่ได้ทั้งน้ำจืดและน้ำกร่อย สามารถเจริญเติบโตจนมีขนาดความยาว 28 - 30 เซนติเมตร และมีน้ำหนักตัว 300 - 400 กรัม กุ้งก้ามกรามมีการแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในเขตอินโดแปซิฟิก ตามแหล่งน้ำจืดที่มีทางน้ำติดกับทะเล สำหรับประเทศไทย กุ้งก้ามกรามมีการแพร่กระจายอยู่เกือบทั่วทุกภาค ภาคกลางมีชุกชุมในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำบางปะกง ในท้องที่ของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ชัยนาท ปทุมธานี นนทบุรี สมุทรสงคราม สมุทรปราการ ราชบุรี สุพรรณบุรี เป็นต้น ส่วนทางภาคใต้มีชุกชุมที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ชุมพร นครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา

เมื่อถึงฤดูวางไข่ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม กุ้งตัวเมียจะเดินทางจากแหล่งน้ำจืดไปยังบริเวณปากแม่น้ำหรือปากทะเลสาบเพื่อวางไข่ ลูกกุ้งขณะที่ฟักออกจากไข่ใหม่ ๆ มีขนาดเล็ก ว่ายน้ำไม่แข็ง จะล่องลอยไปตามกระแสน้ำ หรือเคลื่อนที่ตามคลื่นลม ในสภาพเดียวกับแพลงค์ตอนสัตว์อื่น ๆ ส่วนหัวค่อนข้างใส ลำตัวเรียวเล็กไปทางหาง ขณะที่ลอยน้ำอยู่ ส่วนหัวจะอยู่ข้างล่าง ส่วนหางจะชี้ขึ้นข้างบน ชอบแสงสว่าง กินสัตว์ที่มีขนาดเล็กเป็นอาหาร ที่สำคัญได้แก่ ไรน้ำ ไข่ปลา ไข่หอย หนอนทะเล และแพลงค์ตอนขนาดเล็กทุกชนิด ลูกกุ้งจะใช้เวลาประมาณ 45 - 60 วัน กว่าจะเจริญเติบโตเป็นกุ้งวัยรุ่นขนาดตัว 1 - 2 เซนติเมตร สามารถว่ายน้ำในสภาพคว่ำตัวได้แล้ว มีอวัยวะครบถ้วนเหมือนพ่อแม่

ระยะนี้กุ้งจะหากินตามพื้นดิน เป็นพวกกินเนื้อ (carnivorous) และกินซากเน่าเปื่อย (scarvenger) และเดินทางกลับไปยังแหล่งน้ำจืดที่บรรพบุรุษเคยอาศัยอยู่ เพื่อเจริญเติบโตเป็นกุ้งใหญ่ต่อไป (บรรจง, 2521; จารุวรรณ, 2525)

2. ปลาตะเพียนขาว (*Puntius gonionotus* Bleeker)

มีชื่อสามัญว่า Barb, Thai silver fish, Pla tapian khao

มีชื่อภาษาไทยว่า ปลาตะเพียน ตะเพียนขาว ปลาตะเพียนทราย หรือปลาปึก

มีการจำแนกตามอนุกรมวิธาน ดังนี้

Phylum Chordata

Subphylum Vertebrata

Class Osteichthyes

Subclass Actinopterygii

Order Cyprinoidei

Suborder Cyprinoidei

Family Cyprinidae

Genus *Puntius*

Species *gonionotus*

ปลาตะเพียน เป็นปลามีเกล็ดใหญ่ ลำตัวสีเงิน ลำตัวกว้างแบนข้าง เมื่อโตเต็มที่มีขนาดยาวมากกว่า 325 มิลลิเมตร ปลาตะเพียนเป็นปลาที่ชอบอาศัยอยู่ตามแม่น้ำ ลำคลอง หนองบึง ที่มีกระแสน้ำอ่อน ๆ น้ำค่อนข้างใส ในประเทศไทยพบปลาตะเพียนขาวตามแม่น้ำตามจังหวัดต่าง ๆ ทั่วทุกภาคของประเทศ เช่น แม่น้ำเจ้าพระยา ป่าสัก ชี แม่ปิง แม่กลอง มูล บางปะกง และตาปี เป็นต้น ปลาตะเพียนขาวเป็นปลาที่กินพืชเป็นอาหาร (herbivorous) ปลาตะเพียนขาวในธรรมชาติ เมื่อเวลาวางไข่จะว่ายทวนน้ำไปวางไข่ต้นน้ำ และจะวางไข่ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงกรกฎาคม

3. ปลาดุกอุย (*Clarias macrocephalus* Gunther)

มีชื่อสามัญว่า Yellow walking catfish มีชื่อไทยว่า ปลาดุกอุย มีการจัดจำแนกทางอนุกรมวิธาน ดังนี้

Phylum Chordata

Subphylum Vetebrata

Class Pisce

Subclass Teleostomi

Order Nematognathi

Family Clariidae

Genus *Clarias*

Species *macrocephalus*

ปลาดุกอุย มีลักษณะเหมือนปลาดุกด้านที่นิยมเลี้ยงตามบ่อทั่วไป แต่ลักษณะสีของลำตัวมีสีเทาปนดำและสีเหลือง และก้านครีบแข็งของครีบอกต่างกัน พบอยู่ทั่วไปตามแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วทุกภาคของประเทศไทย กำลังเป็นที่นิยมเลี้ยงในหมู่เกษตรกร เพราะมีราคาสูงกว่าปลาดุกด้าน และตลาดมีความต้องการมากกว่ากำลังผลิตของเกษตรกร ปลาดุกเป็นปลาที่ทนต่อสภาวะแวดล้อมได้ และสามารถอยู่ในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำหรือมุดตัวอยู่ในโคลนได้เป็นเวลานาน เพราะมีอวัยวะพิเศษช่วยในการหายใจเรียกว่า arborescent organ ปลาดุกอุยเป็นปลาที่มีกิจกรรมสูง มันจะมีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา จะหากินทั้งตามพื้นดินและผิวน้ำ ปลาดุกอุยเป็นปลาที่กินเนื้อ (carnivorous) แต่บางครั้งมันก็กินซากพืชซากสัตว์ด้วย (scarvenger) ปลาดุกอุยเติบโตได้รวดเร็ว สืบพันธุ์ได้เกือบทั้งปี ยกเว้นในระยะที่มีอากาศหนาว ที่ทำให้อุณหภูมิของน้ำต่ำกว่าปกติ (โสภา, 2513)