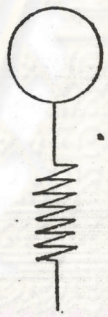
บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 คุณสมบัติของสารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิว (surfactant) เป็นสารประกอบอินทรีย์ (organic compound) ซึ่งโครงสร้างโมเลกุลของสารเหล่านี้ประกอบด้วย 2 ส่วน(สมโภชน์ อิ่มเอิบ,2528) ดังภาพที่ 2.1 คือ

1. ส่วนที่มีขั้วและละลายได้ในน้ำ เรียกว่า hydrophilic หรือ polar head
2. ส่วนที่ไม่มีขั้วและละลายได้ในน้ำมัน เรียกว่า hydrophobic tail



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิวแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ตามลักษณะโครงสร้างทางเคมี คือ

1. กลุ่มประจุลบ (anionic surfactants) เป็นพวกที่มีประจุลบอยู่ที่ส่วนของไฮโดรฟิลิก เช่น Branch alkyl benzene sulfonate (ABS หรือ BAS) และ Linear alkyl benzene sulfonate (LAS) เป็นต้น สารลดแรงตึงผิวกลุ่มนี้มีการนำมาใช้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีราคาถูกและมีประสิทธิภาพในการทำงานได้ดีกว่าสารลดแรงตึงผิวชนิดอื่น (ไมตรี ดวงสวัสดิ์,2526)และในงานซักล้างทำความสะอาด เหมาะในงานซักผ้าฝ้าย ผ้าไหม และผ้าขนสัตว์

2. กลุ่มประจุบวก (cathionic surfactants) เป็นพวกที่มีประจุบวกอยู่ที่ส่วนของไฮโดรฟิลิก เช่น Alkyl trimethyl ammonium halides เป็นต้น สารลดแรงตึงผิวกลุ่มนี้นิยมใช้กันน้อย โดยทั่วไปเหมาะสำหรับงานล้างและทำความสะอาดโลหะ เช่น เครื่องมือแพทย์ เป็นต้น

3. กลุ่มไม่มีประจุ (nonionic surfactants) เป็นพวกที่ไม่มีประจุอยู่ที่ส่วนของ

ไฮโดรฟิลิก แต่ก็สามารถดึงดูดกับน้ำ ทำให้ละลายน้ำได้ เช่น Alkyl phenol ethoxylate และ Alcohol ethoxylates เป็นต้น สารลดแรงตึงผิวกลุ่มนี้นิยมใช้ปานกลาง เหมาะสำหรับงานซักล้างผ้าใยสังเคราะห์ในโรงงานอุตสาหกรรมและใช้กับเครื่องล้างจานอัตโนมัติ

4. กลุ่มที่มีทั้งสองประจุ (amphoteric surfactants) เป็นพวกที่ละลายน้ำแล้วส่วนของไฮโดรฟิลิก อาจจะเป็นได้ทั้งประจุบวกหรือลบ ขึ้นอยู่กับความเป็นกรดด่างของสารละลาย เช่น Alkyl betain เป็นต้น สารลดแรงตึงผิวกลุ่มนี้มักใช้ทำเป็น liquid detergent

สรุปแล้ว สารลดแรงตึงผิวที่นำมาใช้ในผงซักฟอก ส่วนใหญ่ใช้สารจำพวก anionic surfactants ล้วน ๆ บางครั้งก็ใช้ผสมระหว่าง anionic และ nonionic surfactants สำหรับ cathionic และ amphoteric surfactants มีใช้แต่ไม่แพร่หลาย เพราะขอบเขตการใช้ค่อนข้างจำกัด (บุญฤทธิ์ มหามนตรี, 2527)

โดยทั่วไปผงซักฟอกและน้ำยาล้างถ้วยชามจะมีส่วนผสมของสารลดแรงตึงผิวประมาณ 12-30% โดยน้ำหนัก (รวยรื่น พึ่งสังวาลย์, 2525 และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2526) และสารลดแรงตึงผิวจะทำหน้าที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. ลดแรงตึงผิวและทำให้เกิดฟอง โดยทำให้ความอิสระของโมเลกุลของน้ำที่ผิวลดน้อยลงหรือพลังงานอิสระลดลง ซึ่งจะทำให้แรงตึงผิวลดลงด้วย มีผลทำให้คราบสกปรกถูกขจัดออกมาในน้ำได้ดีขึ้น

2. ทำให้สิ่งสกปรกและพื้นผิวเปียก โดยทำให้มุมสัมผัส (contact angle) ของหยดน้ำที่มีต่อพื้นผิวลดลง ถ้ามุมนี้ยิ่งเล็กลงมากเท่าไหร่ พื้นผิววัตถุก็เปียกมากขึ้นเท่านั้น

3. ดึงสิ่งสกปรกออกจากพื้นผิว โดยการลดแรงดึงดูดระหว่างสิ่งสกปรกและพื้นผิว ทำให้สิ่งสกปรกหลุดออกมาจากพื้นผิววัตถุได้

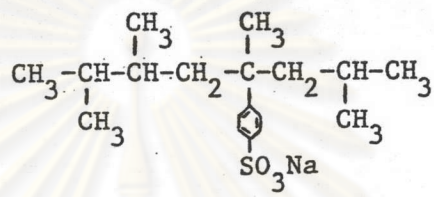
4. การแขวนลอยในน้ำ โดยการละลายน้ำมันหรือผลิตภัณฑ์จากน้ำมันปิโตรเลียมอื่น ๆ ที่มีโมเลกุลใหญ่ให้มีโมเลกุลเล็ก ๆ แล้วไปล้อมรอบหยดน้ำมันเล็ก ๆ แขวนลอยอยู่ในน้ำได้

5. การกระจายตัวและการป้องกันการกลับเข้าไปจับใหม่ ทำให้สิ่งสกปรกไม่รวมตัวกันและกลับไปจับบนพื้นผิวได้อีก เพราะว่าการที่สารลดแรงตึงผิวไปจับรอบ ๆ สิ่งสกปรกเล็ก ๆ และพื้นผิวจะเกิดชั้นบาง ๆ ของประจุไฟฟ้าหุ้มไว้ ทำให้เกิดการผลักกันระหว่างสิ่งสกปรกด้วยกันและสิ่งสกปรกกับพื้นผิว

6. การละลาย โดยสามารถละลายสารที่ละลายในน้ำมันที่มีโมเลกุลเล็ก ๆ ได้

2.2 การย่อยสลายทางชีวภาพของสารลดแรงตึงผิวในน้ำ

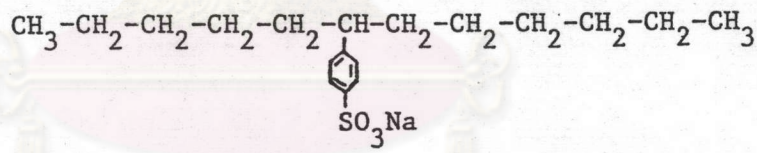
การสลายตัวทางชีวภาพ (biodegradation) หมายถึง การสลายตัวของสารเคมีโดยปฏิกิริยาทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิต(ผกา อุดมนิธิกุล,2527) สารเคมีในที่นี้หมายถึงสารลดแรงตึงผิวนั่นเอง ในอดีตก่อนปี ค.ศ. 1960 ผงซักฟอกหรือน้ำยาทำความสะอาดมักใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดที่มีสูตรโครงสร้างแบบมีกิ่ง เช่น Branch alkyl benzene sulfonate (ABS) ดังภาพที่ 2.2 เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำ แต่ต่อมาพบว่า ABS ถูกย่อยสลาย



Sodium p- propylenetetramer benzene sulfonate

ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างสารลดแรงตึงผิวชนิด ABS

ได้ยากในธรรมชาติ ทำให้เกิดการสะสมในธรรมชาติ จึงได้มีการเปลี่ยนแปลงสูตรโครงสร้างของสารลดแรงตึงผิวเป็นแบบโครงสร้างเส้นตรง เช่น Linear alkyl benzene sulfonate (LAS) ดังภาพที่ 2.3 ซึ่ง LAS สามารถถูกย่อยสลายได้ดีกว่า ABS สำหรับใน



Sodium p-dodecyl benzene sulfonate

ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างสารลดแรงตึงผิวชนิด LAS

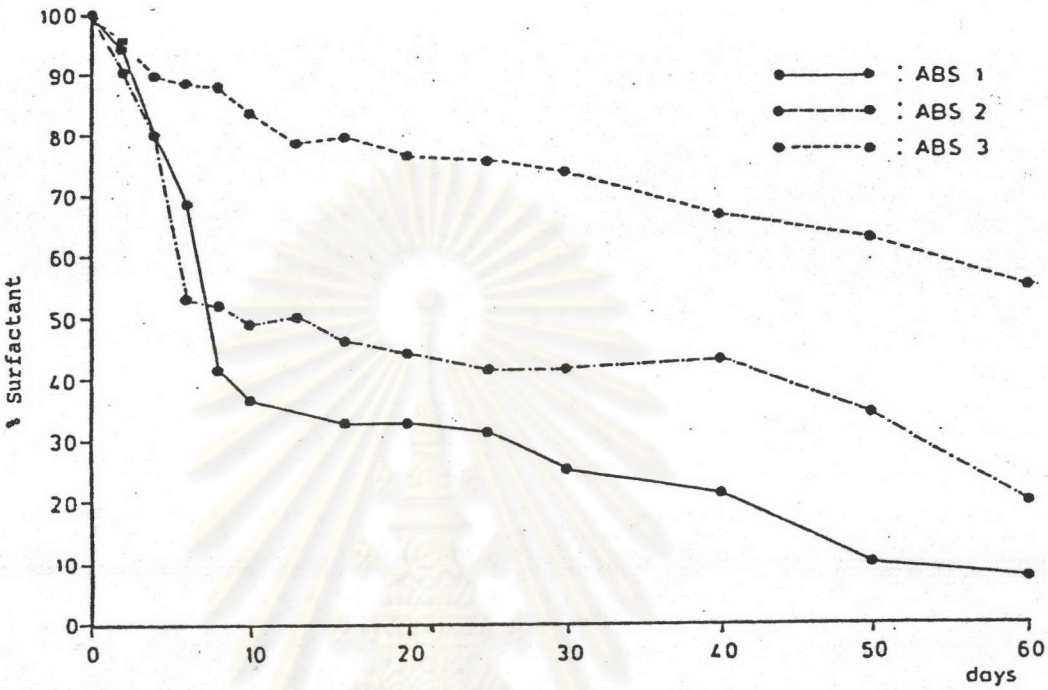
ประเทศไทย ปี พ.ศ. 2526 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณาแก้ไขปรับปรุงมาตรฐานผงซักฟอก(มอก. 78-2517) โดยกำหนดห้ามใช้สารลดแรงตึงผิวชนิด ABS ด้วยเหตุผลที่ว่าสาร ABS มีอัตราการย่อยสลายทางชีวภาพช้ามาก ทำให้ผงซักฟอกที่เหลือจากการใช้งานยังคงสภาพอยู่นาน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดภาวะมลพิษของแหล่งน้ำต่าง ๆ ได้ ปัจจุบันนี้กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนดให้โรงงานผลิตผงซักฟอกใช้สารลดแรงตึงผิวประเภทแอนไอออนิกที่มีโครงสร้างไมเลกุลอัลคิลเป็นเส้นตรง (LAS) ซึ่งสลายตัวได้เร็วกว่า ABS

การสลายตัวทางชีวภาพของสารลดแรงตึงผิวชนิด LAS แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนที่สำคัญคือ ขั้นต้นและขั้นสมบูรณ์ โดยการสลายตัวขั้นต้น จะทำให้สารลดแรงตึงผิวสูญเสียคุณสมบัติต่าง ๆ

เช่น การเป็นสารลดแรงตึงผิว การเป็นฟองและการทำปฏิกิริยากับ dye เป็นต้น ส่วนการสลายตัวขั้นสมบูรณ์ จุลินทรีย์จะย่อยสลายปลายกลุ่มอัลคิล เกิดปฏิกิริยา oxidation อะตอมของคาร์บอนจะหลุดออกทีละ 2 อะตอม เหลือปลายเป็นหมู่คาร์บอกซิล การย่อยสลายขั้นนี้จะเกิดอย่างต่อเนื่อง จำนวนคาร์บอนอะตอมจะลดลงเรื่อย ๆ จนเหลือติดอยู่กับ benzene ring 2-3 อะตอม หลังจากนั้น benzene ring จะถูกทำลาย ผลที่ได้สุดท้ายคือ คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและเกลือซัลเฟต (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2527) ส่วนปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้การสลายตัวทางชีวภาพเกิดขึ้นจนสมบูรณ์ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ ปริมาณอาหารของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ เวลาในการย่อยสลายและชนิดของสารลดแรงตึงผิว ซึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ ปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ หากแหล่งน้ำสกปรกมากจะมีปริมาณออกซิเจนละลายอยู่น้อย ไม่ว่าจะเป็นสารลดแรงตึงผิวชนิด ABS หรือ LAS ก็ไม่สามารถถูกย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ ดังนั้นหากเป็นสารลดแรงตึงผิวชนิด LAS ก็จะมีผลให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงยิ่งขึ้น เพราะว่าต้องใช้ออกซิเจนมากขึ้น ทำให้อัตราการสลายตัวทางชีวภาพช้าลง (ไชยยุทธ์ กลิ่นสุคนธ์, 2527) และ LAS จะเกิดการตกค้าง รวมทั้งสะสมในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้น

ในประเทศไทยมีการศึกษาถึงการสลายตัวทางชีวภาพของสารลดแรงตึงผิวโดย ผกา อุดมนิธิกุล (2527) ในสภาพน้ำตัวกลาง 3 ชนิด คือ น้ำสะอาดพอใช้ (แม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณพระสมุทรเจดีย์ ขณะน้ำขึ้น), น้ำเสีย (น้ำในคลองสามเสน) และน้ำกร่อย (แม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณพระสมุทรเจดีย์ ขณะน้ำลง) วิธีการทดลองใช้ Die-Away Tests ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้สารลดแรงตึงผิวอยู่ในตัวกลางที่จัดแยกไว้เป็นระบบและสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงของอัตราการสลายตัวทางชีวภาพของสารลดแรงตึงผิว ด้วยการวิเคราะห์เป็นระยะ ในการทดลองนี้ใช้เวลา 60 วัน สารลดแรงตึงผิวที่นำมาทดลองได้แก่ ABS และ LAS ได้ผลการทดลองดังนี้

สารลดแรงตึงผิวชนิด ABS (ภาพที่ 2.4) เปอร์เซ็นต์คงเหลือของ ABS ในน้ำตัวกลาง 3 ชนิดจะลดลงด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกัน โดย ABS ในน้ำตัวกลางจากบริเวณพระสมุทรเจดีย์ ขณะน้ำขึ้น (ABS_1) จะมีการสลายตัวเร็วที่สุด รองลงมาคือ ABS ในน้ำตัวกลางจากคลองสามเสน (ABS_2) ส่วน ABS ในน้ำตัวกลางจากบริเวณพระสมุทรเจดีย์ขณะน้ำลง (ABS_3) ซึ่งเป็นน้ำกร่อยจะมีการสลายตัวช้าที่สุด เมื่อทดลองครบ 60 วัน จะมี ABS_1, ABS_2 และ ABS_3 เหลืออยู่ 7.80%, 30.49% และ 54.75% ตามลำดับ



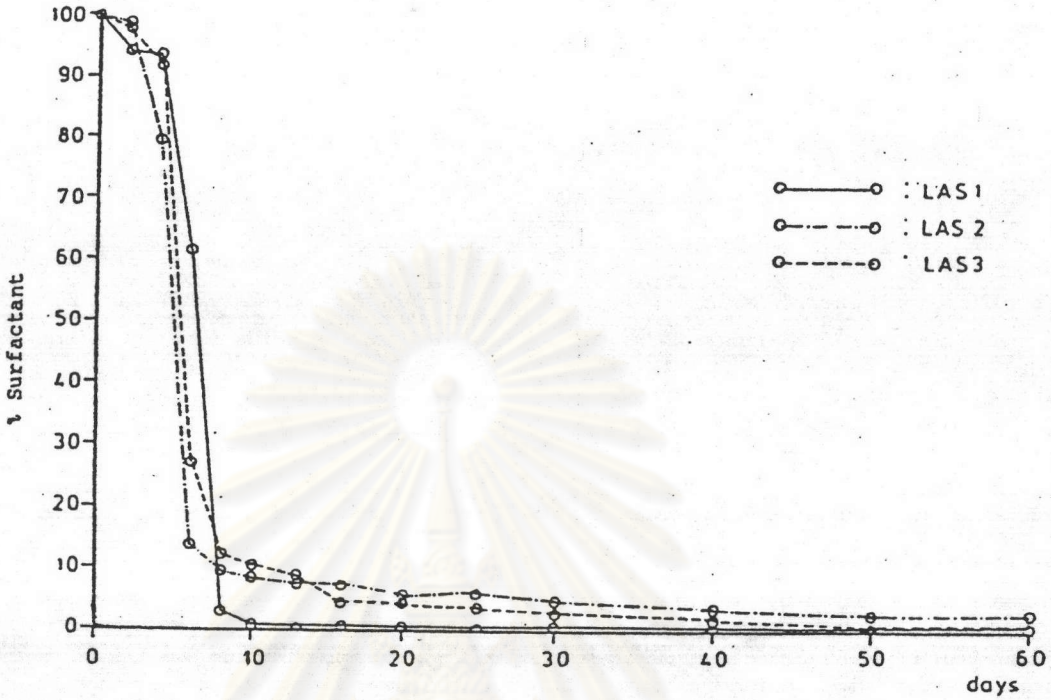
ภาพที่ 2.4 การสลายตัวทางชีวภาพของ ABS ในน้ำตัวกลาง 3 ชนิด ที่แตกต่างกัน ภายในระยะเวลา 60 วัน(ผกา อุดมนิธิกุล,2527)

ABS_1 : ABS ในน้ำตัวกลางจากบริเวณพระสมุทรเจดีย์(น้ำขึ้น)

ABS_2 : ABS ในน้ำตัวกลางจากคลองสามเสน

ABS_3 : ABS ในน้ำตัวกลางจากบริเวณพระสมุทรเจดีย์(น้ำลง)

สารลดแรงดึงผิวชนิด LAS (ภาพที่ 2.5)เปอร์เซ็นต์คงเหลือของ LAS ในน้ำตัวกลาง 3 ชนิด จะลดลงตามระยะเวลาด้วยอัตราเร็วที่ใกล้เคียงกัน ปริมาณที่ยังคงเหลืออยู่ของ LAS ในน้ำตัวกลางจากบริเวณพระสมุทรเจดีย์ขณะน้ำขึ้น (LAS_1) คลองสามเสน (LAS_2) และจากบริเวณพระสมุทรเจดีย์ขณะน้ำลง (LAS_3) เมื่อทดลองครบ 60 วัน จะเหลือเพียง 0.31%, 2.14%, และ 0.91% ตามลำดับ



ภาพที่ 2.5 การสลายตัวทางชีวภาพของ LAS ในน้ำตัวกลาง 3 ชนิด ที่แตกต่างกัน ภายในระยะเวลา 60 วัน (ผกา อุดมนิธิกุล, 2527)

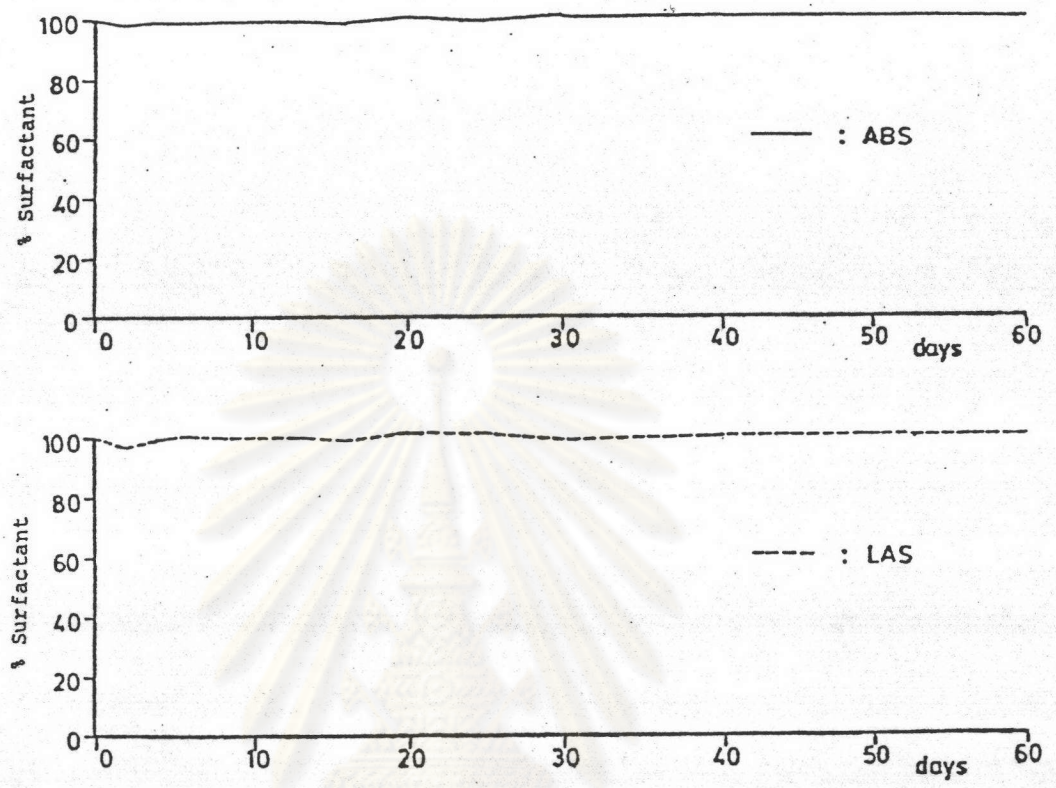
LAS_1 : LAS ในน้ำตัวกลางจากบริเวณพระสมุทรเจดีย์ (น้ำขึ้น)

LAS_2 : LAS ในน้ำตัวกลางจากคลองสามเสน

LAS_3 : LAS ในน้ำตัวกลางจากบริเวณพระสมุทรเจดีย์ (น้ำลง)

ส่วนผลการทดลองในกลุ่มควบคุม ซึ่งทำการทดลองเหมือนกลุ่มทดลองทุกอย่าง นอกจากน้ำตัวกลางที่ใช้ในการทดลองใช้น้ำกลั่นซึ่งนำไปอบฆ่าเชื้อก่อน ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 2.6 จะเห็นได้ว่า ไม่มีการลดลงของปริมาณ ABS และ LAS ตลอดระยะเวลาการทดลอง 60 วัน

ดังนั้น จากการทดลองของ ผกา อุดมนิธิกุล (2527) สรุปได้ว่า ลักษณะการสลายตัวของสารลดแรงตึงผิว มีลักษณะเหมือนกันทั้ง ABS และ LAS โดยจะลดลงตามระยะเวลา แต่ LAS จะลดลงเร็วกว่า ABS ในน้ำตัวกลางตามธรรมชาติ



ภาพที่ 2.6 การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์คงเหลือของ ABS และ LAS ในกลุ่มควบคุม ภายในระยะเวลา 60 วัน(ผกา อุดมนิธิกุล,2527)

2.3 ผลกระทบของสารลดแรงตึงผิวต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต

ผลต่อคุณสมบัติของน้ำบางประการ การตกค้างของสารลดแรงตึงผิวก่อให้เกิดปัญหาเรื่องฟอง ซึ่งจะไปขัดขวางการคมนาคมทางน้ำและทำให้เกิดทัศนียภาพที่ไม่สวยงาม (visual pollution) รวมทั้งจะไปลดความน่าใช้ของแหล่งน้ำ ลดพื้นที่ผิวของน้ำที่จะสัมผัสกับอากาศ ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง เป็นปัญหาต่อการหายใจของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในแหล่งน้ำ และไปขัดขวางขบวนการปรับสภาพของน้ำตามธรรมชาติ (self purification) นอกจากนี้ สารลดแรงตึงผิวยังก่อให้เกิดปัญหาในขบวนการกำจัดน้ำเสีย เพราะฟองที่เกิดขึ้นในระบบกำจัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ ทำให้ประสิทธิภาพในการเติมอากาศลดต่ำลง เป็นเหตุให้ประสิทธิภาพในการกำจัดของระบบลดต่ำลง(เลิศชัย เจริญธัญรักษ์,2528)

ผลต่อพืช การศึกษาผลของสารลดแรงตึงผิวต่อพืช มักศึกษาในพืชน้ำจำพวกสาหร่าย พบว่า สารลดแรงตึงผิวจะถูกดูดซึมเข้าไปในบริเวณของ cell membrane ทำให้เกิดปฏิกิริยาในส่วนของ hydrophobic ของสารลดแรงตึงผิวกับส่วนที่เป็น lipoidal ของ cell membrane มีผลให้ permeability ของ cell wall เพิ่มมากขึ้น หากใช้สารลดแรงตึงผิวความเข้มข้นสูง จะทำให้ส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในเซล เกิดการรั่วไหลออกสู่ภายนอก และอาจทำให้เซลตายได้ในที่สุด นอกจากนี้ ยังพบอีกว่าสารลดแรงตึงผิวจะทำให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายลดลง รวมทั้งมีผลต่อการสร้างคลอโรฟิล เอ และ บี ลดลงด้วย เซลสาหร่ายจะมีสีเขียวซีด คลอโรฟิลถูกทำลายและเกิดความผิดปกติในการสร้างโคโลนี(สุวนิตย์ จุลวัจน์, 2528)

ผลต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม มนุษย์ส่วนใหญ่จะได้รับสารลดแรงตึงผิวสองทางคือ ทางผิวหนัง และทางอาหาร สำหรับทางผิวหนัง ได้รับจากการซักเสื้อผ้า ล้างหรือทำความสะอาดภาชนะต่าง ๆ กนก บุญยะรัตเวช(2524) รายงานว่า สารลดแรงตึงผิวสามารถชะล้างเคลือบมันของผิว ทำให้ผิวแห้ง ถ้าใช้ในความเข้มข้นสูงจะเป็นอันตรายต่อผิวสัมผัสที่ใช้ในการซักฟอกและบริเวณที่เป็นแผลอยู่ก่อนแล้ว ส่วนทางอาหารได้มีการศึกษาทดลองเกี่ยวกับพิษสะสมของสารลดแรงตึงผิว ใช้คนเป็นอาสาสมัคร โดยให้คนที่มีลำไส้ปกติรับประทานอาหารที่มีสารลดแรงตึงผิวชนิดแอนไอออนิกและนอนไอออนิกเข้าไปเป็นเวลานาน ๆ โดยเฉลี่ยประมาณ 100-10,000 ครั้ง ในปริมาณ 1 มิลลิกรัมต่อวัน ผลปรากฏว่า ไม่พบอันตรายใด ๆ ทั้งสิ้น (เลิศชัย เจริญธัญรักษ์, 2528) ผลของสารลดแรงตึงผิวที่มีต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมชนิดอื่น ๆ การรายงานผลของพิษเฉียบพลัน จะออกมาในรูปของ LD_{50} (lethal dose 50%) ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวต่อน้ำหนักตัวของสัตว์ทดลองตายลงไปจำนวนครึ่งหนึ่งของทั้งหมด จากการศึกษาของ Oser and Morgareidge (1965) พบว่าค่า LD_{50} ของ LAS ในหนูทดลอง มีค่าเท่ากับ 650 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งค่า LD_{50} ของสารลดแรงตึงผิวจะมีช่วงต่าง ๆ กัน ขึ้นกับชนิดของสัตว์ทดลอง โครงสร้างทางเคมีของสารลดแรงตึงผิวและปัจจัยทางสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ในการศึกษาถึงพิษสะสมของสารลดแรงตึงผิวที่มีต่อหนูตะเภา โดยการพ่นสารลดแรงตึงผิวประเภทแอนไอออนิก ในลักษณะ aerosols ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้หนูได้รับเป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง ต่อวัน รวมทั้งสิ้น 6 วัน พบว่าไม่มีผลต่อหนูตะเภา แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้ระบบหายใจไม่ปกติ หากเพิ่มความเข้มข้นถึง 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีผลให้หนูตะเภาตายในที่สุด

ผลต่อปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ การศึกษาพิษของสารลดแรงตึงผิวต่อสัตว์น้ำ มีผู้ค้นคว้ามากพอสมควรในต่างประเทศ สำหรับในประเทศไทยมีการศึกษาน้อยมาก พิษของสารลดแรงตึงผิวที่มีต่อสัตว์น้ำ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ พิษเฉียบพลันและพิษสะสม พิษเฉียบพลัน คือ อันตรายต่อสัตว์น้ำในระยะเวลาสั้น ปกตินิยมรายงานค่าความเป็นพิษ ในรูปของมัธยฐานของความเข้มข้น (Median lethal concentration, LC_{50}) ของสารลดแรงตึงผิว ที่ทำให้สัตว์ทดลองตายในระยะเวลาที่กำหนดหรืออาจจะรายงานออกมาในรูปของระดับความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวที่ 50% ของสัตว์ทดลองที่สามารถมีชีวิตอยู่ได้โดยไม่มีการจำกัดระยะเวลา (Incipient lethal level, ILL) ลักษณะการทำอันตรายอย่างเฉียบพลันต่อสัตว์น้ำ พบว่าส่วนของเหงือกจะถูกทำลาย สารลดแรงตึงผิวจะรวมตัวกับโปรตีนที่บริเวณเหงือก ทำให้เนื้อเยื่อบริเวณเหงือกลอยตัวขึ้น การถ่ายเทออกซิเจนและการควบคุมปริมาณน้ำและแร่ธาตุภายในร่างกายผิดปกติไป Brown, Mitrovic and Stark (1968) ได้กล่าวถึง ผลของสารลดแรงตึงผิวที่มีต่อปลา พบว่า เหงือกปลาถูกทำลาย ทำให้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนออกซิเจนลดลง Swisher,O' Rourke and Tomlinson (1964) ศึกษาพิษของ LAS ต่อลูกปลา bluegill (Lepomis macrochirus) เมื่อปลาได้รับ LAS เข้าไปจะทำให้การเคลื่อนไหวช้าลง เสียการทรงตัวและมีเมือกออกจากเหงือกมากผิดปกติ Hokanson and Smith (1971) ศึกษาผลของ LAS ต่อปลา bluegill พบว่าค่า LC_{50} จะแตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของปลา โดยลูกปลาวัยอ่อนจะเป็นช่วงที่มีความอ่อนแอมากที่สุด Kimerle and Swisher (1977) พบว่า ความเป็นพิษของ LAS ต่อไรแดง (Daphnia magna) และปลา fathead minnow (Pimephales promelas) จะเพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนอะตอมคาร์บอนเพิ่มขึ้น สิทธิชัย บุตรน้ำเพ็ชร (2528) อ้างตาม Swedmarch, Chandler and Kidder (1971) ได้ทดลองใช้สารลดแรงตึงผิวประเภทแอนไอออนิกและนอนไอออนิกกับสัตว์พวก crustacean และหอยสองฝา พบว่า สัตว์ทั้งสองชนิดในระยะที่มีการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโต จะมีความต้านทานน้อยกว่าตัวโตเต็มวัย ความเป็นพิษจะรุนแรงขึ้น เมื่อความเข้มข้นและเวลาเพิ่มขึ้น และหอยสองฝามีความต้านทานต่อสารลดแรงตึงผิวน้อยกว่าพวก crustacean ส่วนพิษสะสม เป็นพิษที่ระดับความเข้มข้นต่ำในระยะเวลายาวนาน ซึ่งจะรายงานค่าของความพิษในรูปของความเข้มข้นซึ่งสัตว์น้ำอาศัยอยู่ได้โดยสังเกตไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ปรากฏว่า มีอันตรายที่มีนัยสำคัญต่อ productivity และการใช้ประโยชน์อื่น ๆ ของน้ำ (Maximum acceptable toxicant concentration, MATC หรือ No observed effect concentration,NOEC) จากการศึกษา พบว่า

ปลาบางชนิดที่ได้รับสารลดแรงตึงผิวเข้าสู่ร่างกายเป็นระยะเวลานาน ที่ความเข้มข้นระดับหนึ่ง ซึ่งต่ำกว่าพิษเฉียบพลัน จะมีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อหนวด โดยส่วนปลายของต่อมรับความรู้สึก (taste bud) จะถูกทำลาย ทำให้การว่ายน้ำและการหาอาหารของปลาผิดปกติ. (Bardach, Fujiya and Holl,1965) นอกจากนี้ สารลดแรงตึงผิวยังทำให้ปลาลดความต้านทานต่อความเป็นพิษของสารพิษชนิดอื่น ๆ ที่มีอยู่ในน้ำ เช่น ยาปราบศัตรูพืช เป็นต้น (ไมตรี ดวงสวัสดิ์,2526)

จากการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันและพิษสะสมของสารลดแรงตึงผิวประเภทแอนอิออนิกและนอนอิออนิกที่มีต่อสัตว์น้ำ สรุปได้ดังตารางที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 ความเป็นพิษของสารลดแรงตึงผิวประเภทแอนอิออนิก ที่มีต่อปลาและสัตว์น้ำ

Anionic surfactant	สัตว์ทดลอง	ผลการทดลอง	เอกสารอ้างอิง
ABS	ปลาตะเพียนขาว (Puntius gonionotus)	96 ชม.LC_{50} 17.9 ppm.	Buapetch,1982
ABS	ปลา fathead minnow	96 ชม.LC_{50} 3.6-9.2 ppm.	Henderson,Pickering and Cohan,1959
AES	ไรแดง (Daphnia magna)	96 ชม.LC_{50} 1.17 ppm. NOEC 0.27 ppm.	Maki,1979
	ปลา fathead minnow	NOEC 0.10 ppm.	
LAS	ลูกปลา bluegill	96 ชม.LC_{50} 1.6-3.1 ppm. MATC 1.8 ppm.	Hokanson and Smith,1971
LAS	ปลา fathead minnow	96 ชม.LC_{50} 4.2 ppm.	Pickering and Thatcher,1970
LAS	ปลา American eel (Anguilla rostrata)	96 ชม.LC_{50} 2.0 ppm.	Rehwoldt,Lasko,Shaw and Wirhowski,1974
	ปลา Banded Killifish (Fundulus diaphanus)	96 ชม.LC_{50} 1.4 ppm.	
	ปลา Carp(Cyprinus carpio)	96 ชม.LC_{50} 1.5 ppm.	
	ปลา Pumpkinseed (Lepomis gibbosus)	96 ชม.LC_{50} 2.7 ppm.	
	ปลา Striped bass (Roccus saxatilis)	96 ชม.LC_{50} 5.1 ppm.	
	ปลา White perch (Roccus americanus)	96 ชม.LC_{50} 4.2 ppm.	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 ความเป็นพิษของสารลดแรงตึงผิวประเภทแอนไอออนิก ที่มีต่อปลาและสัตว์น้ำ (ต่อ)

Anionic surfactant	สัตว์ทดลอง	ผลการทดลอง	เอกสารอ้างอิง
LAS (C_{10-14})	ลูกปลา bluegill	96 ชม. LC_{50} 0.72 ppm.	Dolan and Hendricks,1976
	หอย (Gonobasis sp.)	24 ชม. LC_{50} 4.6 ppm.	
LAS (C_{10})	ไรแดง (Daphnia magna)	24 ชม. LC_{50} 53.1 ppm.	Kimerle and Swisher,1977
	ปลา fathead minnow	24 ชม. LC_{50} 48.0 ppm.	
LAS (C_{11})	ไรแดง (Daphnia magna)	24 ชม. LC_{50} 15.8 ppm.	
	ปลา fathead minnow	24 ชม. LC_{50} 17.0 ppm.	
LAS ($C_{11.2}$)	ปลา fathead minnow	96 ชม. LC_{50} 12.3 ppm.	Holman and Macek,1980
		NOEC 5.1-8.4 ppm.	
LAS (C_{12})	ไรแดง (Daphnia magna)	24 ชม. LC_{50} 10.7 ppm.	Kimerle and Swisher,1977
	ปลา fathead minnow	24 ชม. LC_{50} 4.7 ppm.	
LAS (C_{12})	ไรแดง (Daphnia magna)	24 ชม. IC_{50} 12.0 ppm.	Lundahl and Carbridenc,1978
ผลิตโดย Hüls	ปลา Phoxinus phoxinus	24 ชม. IC_{50} 6.0 ppm.	
LAS (C_{12})	ไรแดง (Daphnia magna)	24 ชม. IC_{50} 17.0 ppm.	
ผลิตโดย Shell	ปลา Phoxinus phoxinus	24 ชม. IC_{50} 6.4 ppm.	
LAS (C_{12})	ปลา Arctic Charr (Salvelinus alpinus)	24 ชม. LC_{50} $\simeq$ 5 ppm.	Olsén and Höglund,1985
LAS (C_{12})	ลูกปลา bluegill	96 ชม. LC_{50} 3 ppm.	Swisher et al.,1964

ตารางที่ 2.1 ความเป็นพิษของสารลดแรงตึงผิวประเภทแอนอิออนิก ที่มีต่อปลาและสัตว์น้ำ (ต่อ)

Anionic surfactant	สัตว์ทดลอง	ผลการทดลอง	เอกสารอ้างอิง
LAS (C_{13})	ไรแดง (Daphnia magna)	24 ชม.LC_{50} 2.7 ppm.	Kimerle and Swisher,1977
	ปลา fathead minnow	24 ชม.LC_{50} 1.7 ppm.	
LAS (C_{13})	ไรแดง (Daphnia magna)	96 ชม.LC_{50} 2.19 ppm.	Maki,1979
		NOEC 0.57 ppm.	
	ปลา fathead minnow	NOEC 0.15 ppm.	
LAS ($C_{13.3}$)	ปลา fathead minnow	96 ชม.LC_{50} 0.86 ppm.	Holman and Macek,1980
		NOEC 0.11-0.25 ppm.	
LAS (C_{14})	ไรแดง (Daphnia magna)	24 ชม.LC_{50} 1.2 ppm.	Kimerle and Swisher,1977
	ปลา fathead minnow	24 ชม.LC_{50} 0.6 ppm.	
LAS (C_{14})	ลูกปลา bluegill	96 ชม.LC_{50} 0.6 ppm.	Swisher et al.,1964
LAS ($C_{14.5}$)	ไรแดง (Daphnia magna)	48 ชม.LC_{50} 4.8 ppm.	Lewis,1983

หมายเหตุ ; IC_{50} : Median immobilization concentration

NOEC : No observed effect concentration

013860

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 ความเป็นพิษของสารลดแรงตึงผิวประเภทนอนอิออนิก ที่มีต่อปลาและสัตว์น้ำ

Nonionic surfactant	สัตว์ทดลอง	ผลการทดลอง	เอกสารอ้างอิง
AE (C_{10-12}, EO_6)	ลูกปลา bluegill	96 ชม.LC_{50} 6.4 ppm.	Macek and Krzeminski,1975
AE (C_{11-15}, EO_9)	ลูกปลา bluegill	96 ชม.LC_{50} 4.6 ppm.	
AE (C_{12-15}, EO_3)	ลูกปลา bluegill	96 ชม.LC_{50} 1.5 ppm.	
AE (C_{12-15}, EO_9)	ลูกปลา bluegill	96 ชม.LC_{50} 2.1 ppm.	
AE (C_{13}, EO_9)	ลูกปลา bluegill	96 ชม.LC_{50} 7.5 ppm.	
AE (C_{14-15}, EO_7)	ปลา fathead minnow	96 ชม.LC_{50} 1.2 ppm. (Carbon filtered water)	Maki,Rubin,Sykes and Shank,1979
		96 ชม.LC_{50} 1.38 ppm. (Stream water)	
		96 ชม.LC_{50} 2.48 ppm. (Secondary effluent)	
AE (C_{12-14}, EO_9)	ปลาทอง (Goldfish)	48 ชม.LC_{50} 5.1 ppm.	Sivak,Goyer,Perwak and Thayer,1982
AE (C_{12-15}, EO_9)	ปลาทอง	48 ชม.LC_{50} 1.4 ppm.	
AE (C_{12}, EO_9)	ปลาทอง	48 ชม.LC_{50} 1.9 ppm.	
AE (C_{14-15}, EO_7)	ปลา rainbow trout (Salmo gardneri)	7 วัน LC_{50} 1.5 ppm.	Turner,Abram,Brown and Painter,1985
AE (C_{14-15}, EO_{11})	ปลา rainbow trout	7 วัน LC_{50} 1.45 ppm.	

ตารางที่ 2.2 ความเป็นพิษของสารลดแรงตึงผิวประเภทนอนอิออนิก ที่มีต่อปลาและสัตว์น้ำ(ต่อ)

Nonionic surfactant	สัตว์ทดลอง	ผลการทดลอง	เอกสารอ้างอิง
APE (C_8, EO_{4-5})	ลูกปลา bluegill	96 ชม. LC_{50} 2.8-3.2 ppm.	Macek and Krzeminski,1975
APE (C_8, EO_{10})	ลูกปลา bluegill	96 ชม. LC_{50} 12.0 ppm.	
APE (C_8, EO_{30})	ลูกปลา bluegill	96 ชม. LC_{50} 531.0 ppm.	
APE (C_9, EO_4)	ลูกปลา bluegill	96 ชม. LC_{50} 1.3 ppm.	
APE (C_9, EO_5)	ลูกปลา bluegill	96 ชม. LC_{50} 2.4-2.8 ppm.	
APE (C_9, EO_9)	ลูกปลา bluegill	96 ชม. LC_{50} 7.6-7.9 ppm.	
APE (C_9, EO_{30})	ลูกปลา bluegill	96 ชม. LC_{50} > 1,000.0 ppm.	
APE (C_9, EO_{10})	ปลาทอง	48 ชม. LC_{50} 5.4 ppm.	Sivak et al.,1982
Polyoxyethylene ester	ปลา fathead minnow	96 ชม. LC_{50} 37.0 ppm.	Henderson et al.,1959
Polyoxyethylene ester (EO_{10})	ปลา salmon parr (Salmo salar L.)	96 ชม. LC_{50} 7.5 ppm.	Wildish,1974
Polyoxyethylene ester (EO_{14})	ปลา salmon parr	ILL > 22.5 ppm.	Wildish,1972
Polyoxyethylene ether (EO_4)	ปลา salmon parr	ILL > 2.5 ppm.	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 ความเป็นพิษของสารลดแรงตึงผิวประเภทนอนไอออนิก ที่มีต่อปลาและสัตว์น้ำ(ต่อ)

Nonionic surfactant	สัตว์ทดลอง	ผลการทดลอง	เอกสารอ้างอิง
Polyoxyethylene ether (EO_{10})	ปลา salmon parr	96 ชม. LC_{50} 3.5 ppm.	Wildish,1974
Polyoxyethylene ether (EO_{23})	ปลา salmon parr	ILL > 37.0 ppm.	Wildish,1972

หมายเหตุ ; ILL : Incipient lethal level

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 ชีวประวัติและชีววิทยาบางประการของไรแดง

ไรแดงเป็นสัตว์น้ำจืดขนาดเล็ก จำพวกแพลงตอนสัตว์และจัดอยู่ในพวก crustacean มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Moina macrocopa. Straus Edmonson (1966) และ Ward และ Whipple(1945) จัดให้ไรแดงอยู่ใน

Phylum Arthropoda

Class Crustacea

Subclass Branchiopoda (Phyllopods)

Order Cladocera (Water fleas)

Family Daphnidae

Genus Moina

Species Moina macrocopa.Straus

ลักษณะทั่ว ๆ ไป

ไรแดงมีขนาด 0.4-1.8 มิลลิเมตร เมื่อรวมกันมาก ๆ จะเห็นเป็นสีแดง เนื่องจากสารพวกฮีโมโกลบิน (haemoglobin) ซึ่งอยู่กระจัดกระจายทั่วร่างกาย จึงเรียกชื่อสามัญว่า ไรแดง สารฮีโมโกลบิน จะมีปริมาณมาก เมื่อน้ำในบริเวณนั้นมีออกซิเจนน้อย ถ้ามีออกซิเจนมาก ปริมาณของฮีโมโกลบินจะน้อย ดังนั้นในน้ำที่สะอาดจะพบว่าไรแดงมีสีน้ำตาลอ่อน ๆ แต่ในน้ำเน่าจะเห็นว่า ไรแดงมีสีแดงเข้มจัดมาก(บพิธ จารุพันธ์,2529) ตัวอ่อนของไรแดงที่ออกมาจาก brood chamber ของแม่ใหม่ ๆ มีขนาด 0.38-0.5 มิลลิเมตร ไรแดงจะมีส่วนหัวกว้าง มีตารวม (compound eye) ขนาดใหญ่ มีแอ่งที่ซอกคอ (cervical sinus) หนวดคู่แรกมีขนาดใหญ่ สั้น ไม่แบ่งเป็นปล้อง ตรงปลายมีขนเล็ก ๆ 5-6 เส้น ตรงกึ่งกลางหนวดมีขนรับความรู้สึก (sense hair) 1 เส้น หนวดคู่ที่ 2 มีขนาดใหญ่ ตรงปลายแบ่งเป็น 2 แขนง แต่ละแขนงมีจำนวนปล้องไม่เท่ากัน โดยแขนงแรกมี 3 ปล้องและแขนงที่ 2 แบ่งเป็น 4 ปล้อง ส่วนฝาด้านท้องมีหนามเล็ก ๆ ที่ post-abdomen มีหนามแหลม (spine) 9 อัน เรียงกันเป็นแถว หนามอันแรกที่อยู่ใกล้ฐานของ post abdominal spine มีขนาดใหญ่ ปลายแยกเป็น 2 แฉก เรียกว่า bident (สันทนา ดวงสวัสดิ์,2529)

ระบบทางเดินอาหาร

ไรแดงมีท่อทางเดินอาหาร ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

1. fore gut เป็นอวัยวะที่อยู่ต่อจากส่วนของปาก ซึ่งมีลักษณะค่อนข้างแข็ง เนื่องจากบุด้วยสารพวก คิวติเคิล

2. mid gut เป็นส่วนที่เริ่มโค้งขึ้นไปทางส่วนหัวและวกกลับลงมาทางส่วนอก บริเวณหัวจะมี caecum แยกออกมาจาก mid gut 1 คู่ ทำหน้าที่สร้างน้ำย่อย

3. hind gut เป็นท่อทางเดินอาหารตอนท้าย ซึ่งส่วนนี้จะแนบไปกับส่วนท้องที่พับงอขึ้น ปลายสุดจะเป็นทวารหนัก เมื่อมีการขยับส่วนท้อง ท่อทางเดินอาหารส่วนนี้ก็จะขยับตามไปด้วย

ระบบหมุนเวียน

ระบบหมุนเวียนประกอบด้วย อวัยวะที่สำคัญคือ หัวใจ ซึ่งเป็นถุงยาว ๆ อยู่ทางด้านหลังเหนือ brood chamber มี ostia อยู่ทางด้านข้าง 1 คู่ มี aorta สั้น ๆ นำเลือดออกจากหัวใจ หัวใจมีการเต้นเร็วมาก เมื่อหัวใจบีบตัวจะส่งเลือดไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งสามารถมองเห็นการเคลื่อนที่ของ blood corpuscle ได้อย่างชัดเจน ฮีโมโกลบินของไรแดงจะอยู่ในพลาสมา ไม่ได้อยู่ในเม็ดเลือด

ระบบประสาท

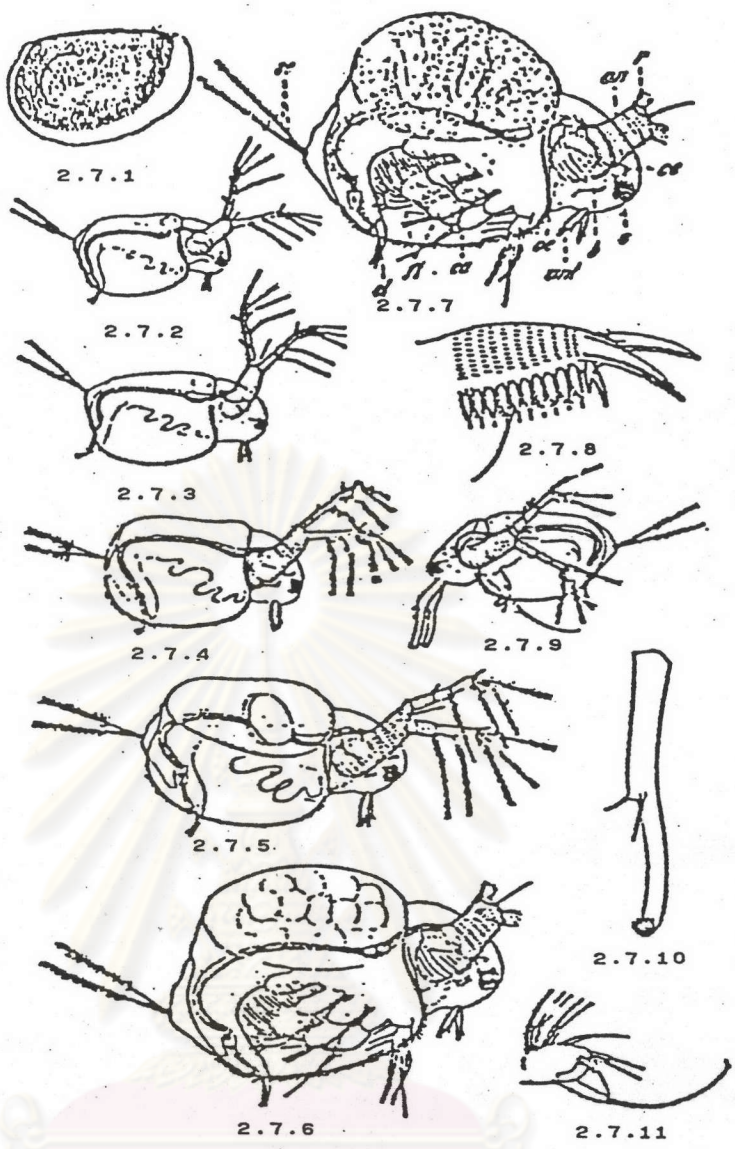
ระบบประสาทของไรแดงประกอบด้วย cerebral ganglia อยู่ใต้ตาและมี optic nurve ส่งไปยังตา นอกจากนี้ยังมีกลุ่มเซลรับความรู้สึก เรียกว่า nuchal organ อยู่ใต้ caecum ยังไม่ทราบหน้าที่แน่นอน ซึ่งเข้าใจว่า รับความรู้สึกเกี่ยวกับสารเคมี (chemoreceptor) (บพิธ จารุพันธ์, 2529)

ระบบสืบพันธุ์

จากการศึกษาของ Bellosillo (1957) สรุปถึงลักษณะของไรแดง (Moina macrocopa, Straus) ในมนิลา (ภาพที่ 2.7) ดังนี้

1. ตัวเมียที่แพร่พันธุ์ด้วยไข่ที่ไม่ต้องผสมพันธุ์กับตัวผู้ (parthenogenetic female, ภาพที่ 2.7.6 และ 2.7.7)

ตัวเต็มวัยจะมีขนาดยาว 0.9-1.8 มิลลิเมตร มีรังไข่เป็นถุงยาว ๆ 2 ถุง อยู่แนบกับลำไส้ส่วนกลาง มีท่อนำไข่สั้น ๆ เปิดเข้าสู่ brood chamber ซึ่งมีลักษณะ เป็นถุงยาวอยู่ในบริเวณช่องว่างระหว่างลำตัวกับ carapace เมื่อไข่เจริญเต็มที่แล้วก็จะเข้ามาอยู่ในถุงนี้ ไข่จะเจริญจนกระทั่งมีอวัยวะต่าง ๆ ครบถ้วนแล้วจึงจะหลุดออกไปทางด้านท้าย รังไข่จะแตกต่างจากลำไส้โดยจะเห็นเซลไข่มีนิวเคลียสชัดเจน



ภาพที่ 2.7 Moina macrocopa. Strauss (Bellosillo, 1957)

ภาพที่ 2.7.1 Ephippial case in lateral position, showing reticulation and two eggs ; about x 12

ภาพที่ 2.7.2 First nymphal stage ; about x 12

ภาพที่ 2.7.3 Second nymphal stage ; about x 12

ภาพที่ 2.7.4 Third nymphal stage ; about x 12

ภาพที่ 2.7.5 Adult sexual mother moina, showing an ephippial case and eggs in the egg pouch ; about x 12

ภาพที่ 2.7.6 Parthenogenetic mother moina bearing parthenogenetic eggs in the egg pouch ; about x 12

ภาพที่ 2.7.7 Parthenogenetic mother moina with young about to be extruded and showing se, setae ; cl, claw ; ft, feet ; ca, carapace ; oe, oesophagus ; ant, antennule ; b, brain ; e, eyes ; ce, asecum ; an antenna ; and r, ramus.

ภาพที่ 2.7.8 Postabdomen showing ten ciliated spines besides bident and a pair of claws with longitudinal laterally arranged rows of hairs ; about x 47.

ภาพที่ 2.7.9 Male moina ; about x 12

ภาพที่ 2.7.10 Antennule showing the number of hooks, and two sensory setae in the middle ; about x 47

ภาพที่ 2.7.11 First foot of a male ; about x 23

2. ตัวเมียที่แพร่พันธุ์ด้วยการผสมพันธุ์กับตัวผู้(sexual female, ภาพที่ 2.7.5)

ลักษณะตัวเต็มวัยจะคล้ายกับ parthenogenetic female แต่ฝาทางด้านหลังจะเปลี่ยนแปลงหนาขึ้นและกลายเป็นฝาสองฝาประกบกัน มีช่องว่างภายในบรรจุไข่ 2 ใบ ซึ่งเราเรียกไข่แบบนี้ว่า resting eggs และไข่จะสร้างเปลือกหุ้มตัวเรียกว่า ephipium อยู่ที่ช่องว่างด้านหลัง ซึ่งมีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดีมาก

3. ตัวผู้(male, ภาพที่ 2.7.9)

ตัวเต็มวัยมีขนาดเล็กกว่าตัวเมียและค่อนข้างเรียวยาว มีขนาด 0.5-0.7 มิลลิเมตร ไรแดงเพศผู้ขาคู่แรกมีลักษณะ งอเป็นตะขอ (hook) และหนวดคู่แรกมีขนาดเล็กยาวกว่าตัวเมีย ปลายหนวดมีขน ซึ่งมีตะขอเล็ก ๆ อยู่ประมาณ 5 เส้น (สันทนา ดวงสวัสดิ์,2529) เปลือกหุ้มตัวของไรแดงเพศผู้ จะค่อนข้างยาวรีและหุ้มตัวได้ไม่มิด ไรแดงเพศผู้มีอัณฑะอยู่บริเวณเดียวกับรังไข่ แต่จะมีท่อมาเปิดออกนอกตัวบริเวณปลายของส่วนท้อง

การสืบพันธุ์ของไรแดง แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (parthenogenesis หรือ asexual reproduction)

ไรแดงเพศเมียจะสร้างไข่ (parthenogenetic eggs) ใน brood chamber ซึ่งจะเจริญเติบโตและฟักเป็นตัวอ่อนได้โดยไม่ต้องผสมพันธุ์ ลูกไรแดงที่ออกมาจากการ parthenogenesis นี้ส่วนใหญ่เป็นเพศเมีย ในสภาพแวดล้อมปกติจะพบไรแดงเพศผู้โดยเฉลี่ยเพียง 5% ของจำนวนไรแดงทั้งหมด(ธนาภรณ์ จิตตปาลพงศ์,2526 อ้างตาม Pennak ,1953) ลูกที่ได้จากสืบพันธุ์แบบนี้จะมีคุณสมบัติทางพันธุกรรมเหมือนแม่ทุกประการ(นันทพันธ์ ชินะจิตร,2507)

2. การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ(male production หรือ sexual reproduction)

การสืบพันธุ์แบบนี้จะเกิดขึ้นในกรณีที่สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น มีไรแดงเกิดขึ้นหนาแน่นเกินไป ทำให้เกิดการสะสมของของเสียที่ปล่อยออกมามาก อาหารไม่เพียงพอหรืออุณหภูมิของน้ำที่ต่ำขนาด 14-17 องศาเซนเซียส จะมีผลทำให้ไรแดงเพศเมียสร้างไข่ชนิดที่เรียกว่า resting eggs ไข่ชนิดนี้จะต้องได้รับการผสมจากเชื้อตัวผู้ ลักษณะของ resting eggs จะมีขนาดใหญ่กว่า parthenogenetic eggs แต่มีจำนวนไข่น้อยกว่า คือมีเพียง 2 ใบ สีขาวขุ่น(สันทนา ดวงสวัสดิ์,2529) เมื่อวางไข่แล้วตัวแม่จะตายและไข่จะฟักตัว

เมื่อสภาพแวดล้อมที่ไรแดงอาศัยอยู่เหมาะสม

ที่อยู่อาศัย

ไรแดงชนิดนี้มีการกระจายอยู่ในบริเวณส่วนต่าง ๆ ของโลกทั่วไป โดยเฉพาะใน 3 ทวีป คือ ทวีปอเมริกาเหนือ ทวีปยุโรปและทวีปเอเชีย(Pennak, 1978) ไรแดงมักอยู่รวมกันเป็นกลุ่มตามแหล่งน้ำตื้น ๆ ที่งธรรมชาติและธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นน้ำนิ่ง เช่น แหล่งน้ำทิ้งจากครัวเรือน โรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท บ่อ บึง หนองน้ำ เป็นต้น (ธรรมนูญ ไรจนะบุรานนท์ และ ฉวีวรรณ อภิสิทธิ์ไพศาล,2523) น้ำที่พบไรแดงเกิดขึ้นหนาแน่น ส่วนมากจะมีสีเหลืองปน น้ำตาล คล้ายสีของน้ำต้มฟางหรือน้ำชาแก่ ไรแดงชอบอยู่ในน้ำที่ค่อนข้างเป็นด่างเล็กน้อย มีแร่ธาตุพอสมควร

อาหารและวิธีการกินอาหาร

อาหารของไรแดงโดยทั่ว ๆ ไป จะเป็นพวกสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อยู่ในน้ำ ได้แก่ แบคทีเรีย แพลงตอนพืช แพลงตอนสัตว์และอินทรียสารที่เน่าเปื่อย จากการศึกษาถึงอุปนิสัยการกินอาหารของไรแดง โดยการตรวจพบในทางเดินอาหาร พบว่า กินแบคทีเรียทั้งแบบแท่ง (bacillus) และแบบกลม (coccus) นอกจากนี้ยังพบพวก Euglena sp. และ Chlorella sp. อาหารที่พบในทางเดินอาหารนั้นขึ้นกับแหล่งน้ำที่ไรแดงอาศัยอยู่(สันทนา ดวงสวัสดิ์,2529) วิธีการกินอาหารของไรแดง เป็นการกินโดยการกรอง (filter feeder) โดยอาศัยระยางค์ มีขนโบกพัดน้ำเข้ามาในเปลือกและกรองอาหารที่ปนเข้ามากับน้ำ ส่งเข้าสู่ส่วนปาก(สุรินทร์ มัจฉาชีพ,2526)

องค์ประกอบอาหารในตัวไรแดง

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของไรแดง นอกจากน้ำซึ่งมีประมาณ 94% แล้ว ถ้านำน้ำหนักแห้งของไรแดงมาหาองค์ประกอบอาหาร จะพบว่ามีโปรตีน ประมาณ 74.095%, คาร์โบไฮเดรท ประมาณ 12.2525%, ไขมัน ประมาณ 10.1863% และเถ้า ประมาณ 3.4656% (สันทนา ดวงสวัสดิ์,2529)

การเพาะเลี้ยงไรแดง

การเพาะเลี้ยงไรแดง สามารถทำได้หลายวิธี โดยเลี้ยงในอาหารชนิดต่าง ๆ ดังนี้

1. การใช้กากถั่วเหลือง อรุณี สบณี(2528) ทดลองเลี้ยงไรแดง โดยใช้กากถั่วเหลือง พบว่า ไรแดงเจริญเติบโตดีที่สุด เมื่อเลี้ยงในกากถั่วเหลือง 400 กรัม ต่อน้ำ

10 ลิตร และเพื่อที่จะได้มีจำนวนไรแดงในปริมาณมาก ต้องเพาะเลี้ยงโดยใช้ถังเพาะอย่างน้อย ชุดละ 7 ถัง ทำการเพาะเลี้ยงไรแดงทุกวันติดต่อกันไป 7 วัน เมื่อทำการเพาะเลี้ยงไปได้ 4-5 วัน ซึ่งเป็นระยะที่ได้จำนวนไรแดงมากที่สุด จึงแยกไรแดงตัวที่แข็งแรงไปเลี้ยงในถังใหม่ และดำเนินการตามวิธีเดิมคือ ให้อาหารใหม่ก็จะได้ไรแดงในปริมาณที่สูงสุดใหม่

2. การใช้น้ำต้มฟาง ธรรมนูญ ไรจนะบุรานนท์ และ ฉวีวรรณ อภิสิทธิ์ไพศาล (2523) ทดลองเลี้ยงไรแดงในน้ำต้มฟางเปรียบเทียบกับในน้ำหมักถั่วผสมปุ๋ย พบว่า ไรแดงในน้ำต้มฟาง จะมีปริมาณสูงกว่าการเลี้ยงในน้ำหมักถั่วผสมปุ๋ย และปริมาณของไรแดงที่เลี้ยงในน้ำต้มฟางจะเพิ่มจำนวนมากที่สุดในวันที่ 4 จากนั้นจะค่อย ๆ ลดจำนวนลง

3. การใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ ปุ๋ยมูลสัตว์ที่นิยมนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงโดยทั่ว ๆ ไป ได้แก่ มูลไก่ มูลวัว และมูลสุกร จากการทดลองพบว่า การเพาะเลี้ยงไรแดงในถังซีเมนต์กลม โดยใช้มูลสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ดังที่กล่าวมาแล้ว ปรากฏว่า มูลไก่ ได้ผลดีที่สุด(สันทนา ดวงสวัสดิ์, 2529)

4. การใช้อาหารเม็ดสูตร สปช.2 วิรัดดา สีตะสิทธิ์ และ วิมล จันทรโรทัย (2525) ทดลองเพาะเลี้ยงไรแดงในบ่อซีเมนต์ โดยใช้อาหารเม็ดสูตร สปช.2 ซึ่งประกอบด้วย ปลาป่น 16% กากถั่วลิสงป่น 24% กากถั่วเหลืองป่น 14% รำ 30% ปลายข้าว 15% และ วิตามิน 1% พบว่าจะได้ไรแดงปริมาณสูงสุดในวันที่ 6-8 หลังจากการเพาะเลี้ยง

5. การใช้เลือดสัตว์ ผอบ ชนะภัย (2511) ทดลองเพาะเลี้ยงไรแดง โดยใช้เลือดสัตว์ผสมกับดินสวน พบว่า ไรแดงจะเพิ่มขึ้นมากใน 5 วันแรก หลังจากนั้นจะลดปริมาณลงเรื่อย ๆ ถ้าต้องการเลี้ยงไรแดงให้มีปริมาณมากและต่อเนื่อง ควรเติมอาหาร 3 วัน ต่อครั้ง และต้องตักไรแดงออกจากบ่อที่เลี้ยงทุกวัน เพราะเมื่อมีปริมาณไรแดงมากเกินไป ทำให้เกิดการตาย จะส่งผลทำให้น้ำที่เพาะเลี้ยงเกิดการเน่าเสียได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย