บทนำ

การเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ของประเทศไทยในปัจจุบันมีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย เพราะการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) มีปัญหามากมาย เช่น การระบาดของโรค การเจริญเติบโตช้า และอัตราการปล่อยที่น้อยทำให้ได้ผลผลิตไม่คุ้มทุน เมื่อเทียบกับการเลี้ยงกุ้งขาวจึงเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญแทนกุ้งกุลาดำและทำรายได้อย่างดีให้กับเกษตรกร ทำให้มีความสนใจและหันมาเลี้ยงกันมากขึ้น แต่ในทางกลับกันพื้นที่ที่เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งมีปริมาณลดน้อยลง เนื่องจากในอดีตการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีจำนวนมาก ทำให้พื้นที่บริเวณชายฝั่งถูกปรับเปลี่ยนมาเป็นบ่อเลี้ยงกุ้งกันมากขึ้น แต่เมื่อมีการระบาดของโรคเกิดขึ้นในบ่อเลี้ยงกุ้งแล้วปล่อยน้ำเหล่านั้นลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ก็จะทำให้เกิดการระบาดของโรคมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้การเลี้ยงกุ้งกุลาดำไม่ประสบความสำเร็จ จึงทำให้เกษตรกรหันมาเลี้ยงกุ้งขาวกันมากขึ้น จึงต้องมีการขยายพื้นที่เข้าไปในบริเวณน้ำจืด ซึ่งในการเลี้ยงแต่ละรุ่นจะปล่อยลูกกุ้งที่ความหนาแน่นสูงเพื่อที่จะให้ได้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ให้สูงมากที่สุด อย่างไรก็ตามการเลี้ยงกุ้งขาวมีความแตกต่างจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมากพอสมควร อีกทั้งเกษตรกรส่วนใหญ่มีการเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง ทำให้ต้องให้ความสำคัญการจัดการระหว่างการเลี้ยงเป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เนื่องจากกุ้งขาวมีพฤติกรรมที่มีการใช้พลังงานสูงกว่ากุ้งกุลาดำและมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว ทำให้กุ้งขาวมีการบริโภคออกซิเจนเพื่อนำไปใช้ในการดำรงชีวิตที่สูงมาก

Cu เป็นแร่ธาตุที่มีปริมาณต่ำมากในน้ำทะเล จึงทำให้กุ้งได้รับไม่เพียงพอต่อความต้องการเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการทางสรีรเคมีภายในร่างกายกุ้ง Cu ทำหน้าที่ในกระบวนการสร้างเซลล์เม็ดเลือด (haematopoiesis) โดยกุ้งต้องใช้ Cu เพื่อเป็นองค์ประกอบของฮีโมไซยานิน (haemocyanin) ซึ่งเป็นรงควัตถุที่เกี่ยวกับการหายใจ (respiratory pigment) ฮีโมไซยานิน ผลิตจาก midgut gland (Mangum, 1989) ทำหน้าที่หลักในการจับออกซิเจน (oxygen affinity) (Mangum, 1989) และลำเลียงออกซิเจน (Dallinger, 1977) ดังรายงานที่กล่าวว่าโปรตีนในเลือดกุ้งซึ่งเป็น macrocrustacean จะมีฮีโมไซยานิน เป็นส่วนประกอบถึง 80-95% (Claybook, 1983) และฮีโมไซยานินเป็นรงควัตถุที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงซึ่งประกอบด้วย Cu 0.17% carbohydrate น้อยกว่า 4% และมี lipid, polypeptide เพียงเล็กน้อยในโครงสร้างที่มีรูปแบบ hexamer ซึ่งมีประสิทธิภาพค่อนข้างสูงในการจับออกซิเจน นอกจากนี้ Cu ยังมีการใช้ในกิจกรรมของเอนไซม์ (enzyme activity) หลายชนิด เช่น lysyl oxidase, cytochrome c oxidase (CCO), ferroxidase, tyrosinase และ superoxide dismutase (SOD) (O'Dell, 1976) เมื่อกุ้งได้รับ Cu ในปริมาณที่เหมาะสมจะช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน (Immune enhancement) ในตัวกุ้งได้ เนื่องจากจะไปกระตุ้นการสร้างจำนวนเม็ดเลือดทั้งหมด (total haemocyte) ให้สูงขึ้น เพราะเม็ดเลือดของกุ้งส่วนหนึ่งจะช่วยในเรื่องของการกำจัดสิ่งแปลกปลอมในร่างกาย คล้ายคลึงกับการทำหน้าที่ของเม็ดเลือดขาวของสัตว์มีกระดูกสันหลัง (vertebrate leukocytes) และยังส่งผลให้เม็ดเลือดกุ้งมีการผลิต superoxide anion (O_2^-) ภายในเซลล์ให้สูงขึ้นด้วย (Lee and Shiau, 2002) ซึ่งเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ช่วยทำให้กุ้งมีโอกาสรอดตายสูงขึ้น เพราะขาดปัจจัยเสี่ยงของความเครียดที่เกิดขึ้นจากการขาดออกซิเจนแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง

จากเหตุผลที่กุ้งมีประสิทธิภาพการรับออกซิเจนได้ดีขึ้น จึงน่าส่งผลทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการย่อยอาหารและการลำเลียงสารอาหาร เพราะว่ากระบวนย่อยด้วย enzyme ต้องใช้ออกซิเจน เมื่อมีประสิทธิภาพในการลำเลียงออกซิเจนได้ดี ก็ย่อมส่งผลต่อกระบวนการนี้ จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (ลด

FCR) และเจริญเติบโตดีขึ้น เพราะสามารถจัดสรรพลังงานมาดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากกุ้งได้รับ Cu ในอาหารต่ำเกินความต้องการแล้วจะไปมีผลต่อการเจริญเติบโต (Lee & Shiau, 2002) เนื่องจาก Cu เป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อกระบวนการสร้างเนื้อเยื่อและเปลือก (soft and hard tissue mineralization) (Davis & Lawrence, 1997) ออกซิเจนที่ต่ำในร่างกายกุ้งยังส่งผลลบต่อการกินอาหาร (Feed ingestion) และการเจริญเติบโตของกุ้งน้ำจืดและทะเลหลายชนิด เช่น กุ้งก้ามกราม *Macrobrachium rosenbergii* (Llobera, 1983) กุ้ง *L. vannamei* และ กุ้ง *P. monodon* (Seidman and Lawrence, 1985) แต่ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการย่อยอาหารรวม ไขมัน และโปรตีน แต่น่าจะมีผลต่อการใช้กรดอะมิโนบางชนิดเพื่อเป็นแหล่งพลังงาน (Pouliot & de la Noue, 1989)

ออกซิเจนที่มากเพียงพอในร่างกายกุ้งนั้นยังส่งผลต่อความสำเร็จในการลอกคราบ (molting success) ของกุ้งอีกด้วยเนื่องจากช่วงระหว่างที่กุ้งก่อนลอกคราบ กำลังลอกคราบ และหลังลอกคราบนั้น กุ้งมีการใช้พลังงานอย่างมากในการควบคุมสมดุลเกลือแร่ และการสร้างแรงดันน้ำภายในร่างกาย (hydrostatic pressure) ช่วยก่อนลอกคราบ และต้องมีพลังงานมากในการปรับสมดุลเกลือแร่ภายหลังลอกคราบ ซึ่ง Mangum (1989) พบว่า Haemocyanin มีประสิทธิภาพต่ำสุดในการจับออกซิเจนหลังลอกคราบใหม่ ๆ จึงเป็นวิกฤติมากสำหรับการดำรงชีวิตของกุ้ง ซึ่งกุ้งต้องเผชิญอย่างต่อเนื่อง ซึ่งกิจกรรมทั้งหมดนี้ต้องใช้พลังงาน และใช้ออกซิเจนสูง ดังนั้นเมื่อกุ้งมีออกซิเจนในร่างกายมากพอ ส่งผลให้กุ้งมีโอกาสรอดตายมากขึ้นในขบวนการลอกคราบ รวมถึงการเจริญเติบโตด้วย อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการจับออกซิเจน (oxygen affinity) ของ Haemocyanin จะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อ 1) อุณหภูมิน้ำลดลง 2) มีปริมาณ Ca^{++}, Mg^{++} จาก CaCl, MgCl รวมถึงปริมาณ NaCl, KCl ในน้ำที่เพียงพอและเหมาะสม (Mangum, 1989) ขณะที่ pH และหรือ ความเค็มลดลงจะส่งผลลบต่อการจับออกซิเจนในเลือดด้วย (Truchot, 1973a, Mangum, 1989)

ดังนั้นจึงควรคำนึงถึงออกซิเจนในร่างกายกุ้ง ไม่ใช่สนใจประเด็นเพียงออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำเพียงอย่างเดียว เพราะการที่กุ้งจะมีออกซิเจนเพียงพอในระบบร่างกายนั้นไม่ใช่เพียงการเพิ่มออกซิเจนในน้ำ เพราะว่าเพิ่มออกซิเจนลงไปในน้ำมากเท่าใด แต่กุ้งยังมีข้อจำกัดในการรับก็ไม่เป็นผลดีต่อกุ้ง และที่สำคัญทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นอีก แต่ต้องกลับมาให้ความสำคัญว่าทำอย่างไรจะทำให้กุ้งสามารถสร้างกลไกการสร้างตัวรับออกซิเจนเข้าในร่างกายกุ้งคือ ฮีโมไซยานิน (Haemocyanin) ซึ่งทำให้กุ้งมีประสิทธิภาพในการรับและลำเลียงออกซิเจนไปใช้ในร่างกายได้อย่างมีประสิทธิผล จากการค้นคว้าเอกสารเบื้องต้นทั้งฐานข้อมูลสิทธิบัตรและงานวิจัยทั่วโลกพบว่าไม่มีงานวิจัยที่ใช้ธาตุทองแดงในรูปคีเลตในอาหารกุ้งทะเลหรือสัตว์น้ำชนิดอื่นแต่อย่างใด ซึ่งงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาระดับที่เหมาะสมในการเสริมทองแดงในรูปคีเลตที่ส่งผลดีต่อการเจริญเติบโต การรอดตาย ความถี่การลอกคราบ อัตราการแลกเนื้อ และความแตกต่างของขนาด กุ้งมีความทนทานต่อการขาดออกซิเจนมากขึ้น โดยไม่ส่งผลกระทบต่อระบบสรีระเคมีภายในร่างกายกุ้ง และสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อจะได้เกิดประโยชน์สูงสุดและคุ้มค่าในการใช้อาหารและพลังงาน ซึ่งนับเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตให้กับผู้เลี้ยงกุ้ง เป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับอุตสาหกรรมกุ้งไทยต่อไป