1. บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

เลคติน (lectin) เป็นโปรตีนที่สามารถจับกับคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate binding protein) ซึ่งไม่ได้มาจากระบบภูมิคุ้มกัน (immune system) เนื่องจากไม่มีโครงสร้างที่เป็นอิมมูโนโกลบูลิน (immunoglobulin, Ig) เลคตินจับกับคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างบนผิวเซลล์ได้อย่างจำเพาะ เพราะเลคตินมีแหล่งจับ (binding site) มากกว่า 1 ตำแหน่ง จึงสามารถจับกับผิวเซลล์และทำให้เซลล์เกิดการเกาะกลุ่ม (agglutination) (Goldstein *et al.*, 1980) จึงมักเรียกเลคตินว่าแอกกลูตินิน (agglutinin) การจับของเลคตินกับน้ำตาลจะจับกันอย่างหลวม ๆ และแยกออกจากกันได้ เลคตินแต่ละชนิดสามารถจับจำเพาะกับผิวเซลล์แต่ละชนิดแตกต่างกันไปตามชนิดของน้ำตาลบนผิวเซลล์นั้น ๆ เลคตินจึงสามารถทำให้เซลล์หลายชนิดรวมทั้งเซลล์เม็ดเลือดแดงของสัตว์ชนิดต่าง ๆ เกาะกลุ่ม (hemagglutination) ได้ ในการตรวจหาและจำแนกชนิดของเลคตินจึงมักใช้เม็ดเลือดแดงเป็นเซลล์ตัวอย่างในการทดสอบความจำเพาะต่อชนิดของน้ำตาล

เลคตินเป็นโปรตีนที่พบได้ในสิ่งมีชีวิตทั่วไปทั้งในพืช สัตว์ สิ่งมีชีวิตชั้นต่ำและสิ่งมีชีวิตชั้นสูง การศึกษาเลคตินเกิดขึ้นแพร่หลายและมีการค้นพบชนิดเลคตินจำนวนมาก โดยทั่วไปเป็นการศึกษาโครงสร้างโมเลกุลและความจำเพาะต่อน้ำตาล เพื่อนำไปสู่บทบาททางชีวภาพและการนำเลคตินไปใช้ประโยชน์ต่อไป เลคตินมีบทบาททางชีวภาพสำคัญหลายประการ เลคตินในพืชเกี่ยวข้องกับการงอกของเมล็ดและการเติบโตของเซลล์พืช *(Pusztai, 1991; Utarabhand and Akkayanont, 1995)* และมีบทบาทต่อต้านจุลินทรีย์ (microorganism) ที่ก่อโรคในพืช เช่น เชื้อรา (fungi) หรือจากแมลงทำลายพืช เลคตินที่ผิวรากพืชวงศ์ถั่ว (Leguminoceae) มีบทบาทอยู่ร่วมกันกับแบคทีเรีย (bacteria) ไรโซเบียม (*Rhizobium*) เลคตินของแบคทีเรียจับกับคาร์โบไฮ

เดรตบนผิวเซลล์เจ้าบ้าน (host cell) และนำไปสู่การติดเชื้อ เลคตินในสัตว์มีกระดูกสันหลัง (vertebrate) มีบทบาทในการขนย้ายสารประกอบคาร์โบไฮเดรตระหว่างเซลล์ (Barondes, 1984) เลคตินบางชนิดถูกหลั่งเข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิตเพื่อกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันและป้องกันการติดเชื้อ (Sharon and Lis, 1995) สำหรับเลคตินของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง (invertebrate) มีส่วนร่วมในกระบวนการพัฒนาการเจริญของสัตว์จำพวกแมลง (Komato *et al.*,1980) เป็นปัจจัยร่วมในการย่อยสลายและความเป็นพิษของเซลล์ (Hatakeyama *et al.*, 1995; Armstrong *et al.*,1996) และเกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ เช่นทำหน้าที่เป็น sex pheromone ในโรติเฟอร์ (rotifer) (Snell and Nacionales, 1990) รวมทั้งทำหน้าที่ต่อต้านการติดเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio vulnificus* ของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus momodon*) (Ratanapo and Chulavatnatol, 1992) หรืออาจทำหน้าที่เป็นส่วนร่วมในระบบภูมิคุ้มกันในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง (Kelly *et al.*, 1992) เนื่องจากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังไม่สามารถพัฒนาระบบภูมิคุ้มกันที่มีความจำเพาะสูงอย่างแอนติบอดี (antibody) เหมือนในสัตว์มีกระดูกสันหลังได้

กุ้งแชบ๊วย (*Penaeus merguiensis*) เป็นกุ้งทะเลที่มีเนื้อมาก รสชาดดี มีตลาดรองรับมาก ราคาดีกว่ากุ้งทะเลชนิดอื่น ๆ ในแถบเอเชีย แต่การเลี้ยงเป็นอุตสาหกรรมยังได้ผลผลิตน้อย เนื่องจากเป็นกุ้งที่เลี้ยงยากเพราะเป็นกุ้งที่อ่อนแอง่ายไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมและคุณภาพของน้ำ ทำให้ไม่สามารถเลี้ยงให้ได้ขนาดที่ตลาดต้องการได้ โดยกุ้งมักประสบปัญหาตายก่อนได้ขนาดที่ต้องการ หรือค่อย ๆ ทยอยตายในบ่อโดยไม่ทราบสาเหตุ เนื่องจากปัจจุบันกุ้งกุลาดำซึ่งนิยมเลี้ยงเป็นอุตสาหกรรมได้ประสบปัญหาการขยายพื้นที่เลี้ยงได้น้อยลง และพื้นที่เลี้ยงเดิมมีสภาพเสื่อมโทรม รวมทั้งมีปัญหาสำคัญคือเกิดโรคระบาดที่ไม่สามารถควบคุมได้ ทำให้ต้องพักบ่อนาน เป็นเหตุให้ผลผลิตกุ้งกุลาดำมีไม่ต่อเนื่อง ราคาผันผวน และส่งผลให้ผลผลิตกุ้งกุลาดำของประเทศไทยลดน้อยลงมาก นอกจากนี้ต้นทุนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำยังสูงมาก และจากการที่การผลิตลูกกุ้งกุลาดำอาศัยแม่พันธุ์จากธรรมชาติซึ่งมีราคาสูงทำให้ลูกกุ้งมีราคาสูงตามไปด้วย กุ้งแชบ๊วยจึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของอุตสาหกรรมเลี้ยงกุ้ง เนื่องจากมีข้อได้เปรียบเรื่องต้นทุนการผลิตลูกกุ้ง เพราะกุ้งแชบ๊วยสามารถเจริญพันธุ์ได้รวดเร็ว และสามารถใช้พ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในบ่อดินในการผลิตลูกกุ้งได้ (สุพจน์ จึงแย้มปิ่น

และชัยรัตน์ พุ่มช่วย, 2543) หากสามารถเลี้ยงกุ้งแชบ๊วยให้ได้ขนาดที่ต้องการจะมีราคาสูงกว่ากุ้งกุลาดำที่มีขนาดเท่ากัน (เมธี วัฒนสิงห์, 2543) แต่การเลี้ยงกุ้งแชบ๊วยยังต้องการหลักวิชาการที่ต่างไปจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำหลายประการ เนื่องจากพฤติกรรมการกินอาหารและนิสัยการว่ายน้ำของกุ้งแชบ๊วยต่างจากกุ้งกุลาดำมาก นอกจากนี้กุ้งแชบ๊วยมักจะชะลอการเจริญเติบโตเร็วกว่ากุ้งกุลาดำเพราะถึงวัยเจริญพันธุ์ได้เร็วกว่า และเมื่อเริ่มมีการผสมพันธุ์กุ้งมักหยุดการเจริญเติบโต ปัจจุบันนักวิชาการและนักวิจัยจึงให้ความสนใจศึกษาและหาทางที่จะพัฒนาการเพาะฟักและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งแชบ๊วยให้ได้ผลดียิ่ง ๆ ขึ้น งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงมีจุดประสงค์ที่จะศึกษาสมบัติและบทบาทเบื้องต้นทางชีวภาพของเลคตินในกุ้งแชบ๊วย ซึ่งน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาทางวิชาการเพื่อการเลี้ยงกุ้งแชบ๊วยซึ่งเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อไป

การตรวจเอกสาร

1.1 ความหมายของเลคติน

เลคตินมีคำจำกัดความซึ่งเป็นที่ยอมรับของคณะกรรมการตั้งชื่อของ International Union of Biochemistry ที่เสนอโดย Goldstein และคณะ (1980) ว่าคือโปรตีนที่สามารถจับจำเพาะกับคาร์โบไฮเดรตหรือไกลโคโปรตีน (glycoprotein) เลคตินมีแหล่งจับจำเพาะกับน้ำตาลอย่างน้อย 2 ตำแหน่ง (Kocourek and Horejsi, 1981) สามารถจับกับน้ำตาลที่เป็นโครงสร้างของผิวเซลล์ทำให้เซลล์เกิดการเกาะกลุ่ม หรือตกตะกอน (precipitate) สารประกอบคาร์โบไฮเดรตได้ โดยจะจับกับน้ำตาลอย่างหลวม ๆ ด้วยพันธะที่ไม่ใช่พันธะโควาเลนท์ (non-covalent bond) และสามารถผันกลับได้เช่นเดียวกันกับการจับของเอนไซม์ (enzyme) กับสับสเทรท (substrate) และการจับของแอนติเจน (antigen) กับแอนติบอดี (Sharon, 1977) เลคตินไม่ได้เป็นเอนไซม์ แต่มีเอนไซม์บางชนิดแสดงสมบัติคล้ายเลคตินได้เมื่ออยู่ในภาวะที่อุณหภูมิและ pH ไม่เหมาะสม เลคตินไม่ได้มีโครงสร้างเป็นโปรตีนอิมมูโนโกลบูลิน เนื่องจากเลคตินเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในสิ่งมีชีวิตไม่ได้สร้างขึ้นจากการกระตุ้นจากสิ่งเร้าหรือสิ่งแปลกปลอม

ภายนอกร่างกาย เหมือนแอนติบอดี และเลคตินยังมีโครงสร้างต่าง ๆ กันทั้งในสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันและต่างชนิด แต่แอนติบอดีจะมีโครงสร้างที่เหมือน ๆ กัน

มีการค้นพบเลคตินครั้งแรกเริ่มจากการพบโปรตีนในเมล็ดละหุ่ง (castor bean) เรียกริซิน (ricin) ซึ่งสามารถจับกับเม็ดเลือดแดงของสัตว์ได้ ต่อมาได้มีการค้นพบโปรตีนจากพืชอีกหลายชนิดที่สามารถจับกับเม็ดเลือดแดงของสัตว์ชนิดต่าง ๆ ได้ การจับของโปรตีนเหล่านี้กับน้ำตาลที่ผิวเซลล์เม็ดเลือดแดงทำให้เกิดการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดงจึงถูกเรียกว่า hemagglutinin หรือ phytohemagglutinin (Kocourek, 1986)

ต่อมาจึงมีการค้นพบโปรตีนที่มีสมบัติเป็นสารแอกกลูตินินในสัตว์ จุลินทรีย์ และสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำต่าง ๆ หลายชนิด ในปี ค.ศ.1954 Boyd จึงให้คำจำกัดความของโปรตีนดังกล่าวว่าเลคติน ซึ่งแปลว่าเลือก (select) เนื่องจากเลคตินต่างชนิดกันจะเลือกจับจำเพาะกับเม็ดเลือดแดงของสัตว์ต่าง ๆ กัน และเลคตินบางชนิดยังเลือกจับจำเพาะกับเม็ดเลือดแดงของคนแต่ละหมู่เลือด (blood group) แตกต่างกันด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าเลคตินสามารถทำให้เซลล์อื่น ๆ นอกเหนือจากเซลล์เม็ดเลือดแดงเกาะกลุ่มได้เช่น เซลล์ไฟโบรบลาสต์ (fibroblast) ลิมโฟไซท์ (lymphocyte) เซลล์เนื้องอก (tumor cell) เซลล์มะเร็ง (cancer cell) ตัวอสุจิ (sperm) และจุลินทรีย์ (Sharon and Lis, 1972)

1.2 แหล่งที่พบเลคติน

พบเลคตินได้หลากหลายในสิ่งมีชีวิตหลายชนิด ทั้งใน พืช สัตว์มีกระดูกสันหลังและไม่มีกระดูกสันหลัง ในสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ เช่น รา สาหร่าย (algae) ยีสต์ (yeast) แบคทีเรีย หรือไวรัส (virus) เลคตินอาจอยู่ในรูปสารละลายหรือเป็นส่วนประกอบของเมมเบรน (membrane) (Barondes, 1986) เลคตินจากแหล่งต่าง ๆ มีน้ำหนักโมเลกุลและสมบัติแตกต่างกัน

1.2.1 เลคตินในพืช

เลคตินจากพืชมีการค้นพบและทำการศึกษามากที่สุด พบเลคตินได้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ราก ใบ ลำต้น เปลือก ยางและเมล็ดที่มีสมบัติไม่เหมือนกันโดยจะกระจายอยู่ในเนื้อเยื่อต่างชนิดในปริมาณมากน้อยต่างกัน (Peumans and Van Damme, 1995) พืชที่พบเลคตินมากที่สุดคือพืชวงศ์ถั่ว โดยเฉพาะในส่วนของ

เมล็ดซึ่งจะเก็บอยู่ในรูปของโปรตีนสะสม โดยพบมากในส่วนของใบเลี้ยง (cotyledon) (Pusztai, 1991) และมีปริมาณมากที่สุดในเมล็ดที่เจริญเต็มที่ และค่อย ๆ ลดลงเมื่อเมล็ดงอกเป็นต้นอ่อน (Toms and Western, 1971; Pusztai, 1991; Utarabhand and Akkayanont, 1995) การศึกษาเลคตินในพืชประกอบด้วยการสกัด การทำให้บริสุทธิ์ ศึกษาสมบัติและหน้าที่ทางชีวภาพ ตลอดจนการพยายามนำเลคตินบริสุทธิ์ไปใช้ประโยชน์ รายละเอียดของเลคตินในพืชได้ถูกเสนอไว้ในงานวิทยานิพนธ์ของ อุบล ตันสม (2541) และปฐม การัยภูมิ (2543) เลคตินจากพืชได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์และทางชีวภาพ ดังเช่น เลคตินจากถั่วลันเตา (garden pea, *Pisum sativum*) ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการแยกเซลล์ที-ลิมโฟไซท์ (T-lymphocyte) ออกจากเซลล์บี-ลิมโฟไซท์ (B-lymphocyte) (Whitehurst *et al.*, 1994) เลคตินจากเมล็ดฟักทอง (fluted pumpkin, *Telfairia occidentalis*) ออกฤทธิ์กระตุ้นเซลล์ที-ลิมโฟไซท์ได้ (Togun *et al.*, 1994) เลคตินจากเมล็ดขนุนสามารถกระตุ้นการเคลื่อนย้ายเม็ดเลือดขาวในเยื่อบุช่องท้องหนู (Santos *et al.*, 1994) เลคตินจากเมล็ดถั่วเหลือง (soybean, *Glycine max*) ที่พบทั้งในส่วนใบ ก้านใบ ลำต้น ใบเลี้ยงและเมล็ด ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือตรวจเชื้อ *Sphaerospora* spp. ที่ก่อโรคในปลาแซลมอน (salmon) และปลาเทราท์ (trout) ได้ (Mateo *et al.*, 1996) หรือเลคตินที่ได้จากถั่ว *Griffonia simplicifolia* ใช้ตรวจหาเชื้อโปรโตซัว (protozoa) PKK ซึ่งก่อให้เกิดโรค PKD (proliferative kidney disease) ในไตของปลาแซลมอนได้ (Hedrick *et al.*, 1992)

1.2.2 เลคตินในสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ

1.2.2.1 เลคตินในราและไลเคน

เลคตินที่แยกจากเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* สามารถทำให้เกิดการเกาะกลุ่มของแบคทีเรีย *Escherichia coli* ได้ (Inbar and Chet, 1994) พบเลคติน BBL ขนาดโมเลกุล 15,000 ดัลตัน (Dalton) ที่แยกได้จากส่วนไมซีเลียม (mycelium) ของรา *Beauveria bassiana* ที่สามารถเกาะกลุ่มเม็ดเลือดแดงกระต่ายได้โดยพบว่าเป็นไกลโคโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดไฮโดรโฟบิค (hydrophobic amino acid) จำนวนมากและไม่มีเมไธโอนีน (methionine) เป็นองค์ประกอบ โมเลกุลประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตที่เป็นกาแลคโตส (galactose, Gal) และแมนโนส (mannose, Man)

ประมาณ 12.6% มีค่า isoelectric pH (pI) เป็น 7.1 และเสถียรที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50 °ซ และที่ pH 6-11 เป็นเลคตินที่ไม่ต้องการไดวาเลนท์แคทไอออน (divalent cation) เช่น Ca^{2+}, Mn^{2+} หรือ Mg^{2+} ในการเกิดแอคทิวิที (activity) (Kossowska *et al.*, 1999) มีการศึกษาพบว่ายีนที่ควบคุมการสังเคราะห์เลคตินชนิด AOL ซึ่งเป็นเลคตินที่ละลายได้ดีในน้ำเกลือ (0.9% NaCl) ที่แยกได้จากรา *Arthobotrys oligospora* มีโครงสร้างคล้ายกับยีนที่ควบคุมการสังเคราะห์เลคติน ABL ที่แยกได้จากเห็ด *Agaricus bisposus* ถึง 46.3% และพบว่าเลคตินทั้งสองชนิดมีความจำเพาะต่อน้ำตาลคล้ายกัน (Rosen *et al.*, 1996) เลคตินจากเห็ด *Coprinus cinereus* มีโครงสร้างเป็นไดเมอร์ (dimer) พบมากที่สุดในระหว่างการสร้างสปอร์ (spore) (Cooper *et al.*, 1997) การศึกษาในไลเคน (lichen) 69 ชนิด พบว่ามี 43 ชนิดที่มีเลคตินเป็นองค์ประกอบและเป็นเลคตินที่สามารถเกาะกลุ่มเม็ดเลือดแดงสุนัขได้ดี และมีแอคทิวิทีต่าง ๆ กัน (Andrew *et al.*, 1992)

1.2.2.2 **เลคตินในแบคทีเรีย**

จากการศึกษาภาวะเริ่มต้นการติดเชื้อแบคทีเรียที่ผ่านมาพบว่าการเข้าสู่เซลล์เป้าหมายของแบคทีเรียก่อโรคจะเกิดจากความจำเพาะของผิวเซลล์นั้น ๆ เหมาะสมต่อการเข้าเกาะและเพิ่มจำนวน โดยแบคทีเรียจะอาศัยเลคตินที่อยู่บริเวณผิวเซลล์หรือที่อยู่บริเวณส่วนปลายหรือส่วนของ fimbrial filament เป็นสื่อกลางในการเข้าจับกับเซลล์เป้าหมาย (Mouricout, 1997) จากการแยกแบคทีเรียจากลำไส้ไก่หลายชนิด พบว่ามี 3 ชนิดที่มีเลคตินซึ่งถูกยับยั้งได้โดย 0.2 M แมนโนส ที่ทำให้เซลล์ยีสต์และเม็ดเลือดแดงไก่เกาะกลุ่มได้คือแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติค (lactic acid bacteria) ชนิด *Lactobacillus fermentum* และ *Lactobacillus animalis* (Gusils *et al.*, 1999)

1.2.2.3 **เลคตินในยีสต์**

เลคตินที่พบในยีสต์เป็นเลคตินที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อย และจับจำเพาะกับน้ำตาลแมนโนสและกาแลคโตส (Stratford and Carter, 1993) เลคตินจากผนังเซลล์ของ baker's yeast, *Saccharomyces cerevisiae* มีขนาดโมเลกุล 13,000 ดัลตัน ซึ่งใกล้เคียงกับเลคตินจาก brewer's yeast ที่มีขนาด 10,000 ดัลตัน (Straver *et al.*, 1994; Shankar and Umesh-Kumar, 1994)

1.2.2.4 เลคตินในสาหร่ายและแพลงก์ตอน

สาหร่ายสีแดง *Gracilaria verrucosa* มีเลคตินที่ประกอบด้วย sulphated proteoglycan (Kanoh *et al.*, 1992) ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของแพลงก์ตอน (plankton) *Chattonella antiqua* ที่เป็นสาเหตุของการเกิดเรดไทด์ (red tide plankton) และเลคตินที่สกัดจากน้ำมันจากกล้ามเนื้อของปลาทูน่า (tuna) นอกจากจะยับยั้งการเจริญของแพลงก์ตอนดังกล่าวแล้วยังสามารถทำลายเซลล์ *C. antiqua* ได้ด้วย (Tanabe *et al.*, 1993) ในการผสมพันธุ์ของโรติเฟอร์ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนสัตว์ พบว่าเลคตินบนผิวเซลล์ซึ่งเป็นไกลโคโปรตีนทำหน้าที่คล้ายฟีโรโมน (pheromone) ในการสื่อสัญญาณระหว่างโรติเฟอร์เพศผู้และเพศเมียให้เข้ามาผสมพันธุ์กัน (Snell and Nacionales, 1990)

1.2.2.5 เลคตินในโปรโตซัว

โปรโตซัวเช่น *Entamoeba histolytica* มีเลคตินบริเวณผิวเซลล์ที่เป็นตัวกลางในการชักนำให้เกิดการเจริญเป็นโคโลนี (colony) (Doson *et al.*, 1997; Tannich *et al.*, 1991) การตรวจหาการติดเชื้อของโปรโตซัว *Sphaerospora* spp. ในเนื้อเยื่อตับและไตของปลาอิตาเลียนบราวน์เทราท์ (Italian brown trout) และปลาแซลมอน (*Salmo trutta* L.) พบว่าโปรโตซัวชนิดนี้มีเลคตินที่ผิวเป็นตัวกลางในการชักนำการเข้าติดเชื้อในเซลล์เจ้าบ้าน (Mateo *et al.*, 1996) โปรโตซัวชนิด *Toxoplasma gondii* มีเลคตินบนผิวเซลล์ที่มีแหล่งจับจำเพาะกับโพลีแซคคาไรด์ที่มีซัลเฟต (sulphated polysaccharide) บนผิวเซลล์เจ้าบ้านได้อย่างจำเพาะ (Ortega-Barria and Boothroyd, 1999) เช่นเดียวกับโปรโตซัวที่ก่อโรคในคนอีก 3 ชนิดได้แก่ *Plasmodium falciparum* ที่ก่อให้เกิดโรคมาเลเรีย ซึ่งจะจับกับ chondroitin-4-sulphate บนผิวของเซลล์เม็ดเลือดแดง (Rogerson *et al.*, 1995) *E. histolytica* ที่ทำให้เกิดโรคลำไส้ใหญ่บวมในคน ใช้เลคตินขนาด 260,000 ดัลตัน ซึ่งจำเพาะต่อน้ำตาลกาแลคโตส และเอ็น-อะซิติลกาแลคโตซามีน (N-acetyl galactosamine, NAcGal) เข้าจับกับเซลล์เจ้าบ้าน (Tannich *et al.*, 1991; Cheng *et al.*, 1998) และโปรโตซัว *Giardia lamblia* ที่ทำให้เกิดเนื้องอกร้ายแรงในคน อาศัยเลคตินซึ่งจำเพาะต่อแมนโนส-6-ฟอสเฟต (mannose-6-phosphate) ในการจับกับเซลล์เจ้าบ้าน (Ward *et al.*, 1987)

1.2.2.6 **เลคตินในไฮดราและฟองน้ำ**

เลคตินในฟองน้ำ (sponge, *Holichondria akadai*) มีสองชนิดที่มีขนาดต่างกันและมีความจำเพาะกับน้ำตาลต่างชนิดกัน ได้แก่ HOL-I ที่มีขนาด 21,000 ดัลตัน จำเพาะกับน้ำตาลเอ็น-อะซิติลกลูโคซามีน (N-acetyl glucosamine, NAcGlc) และ HOL-II มีขนาด 42,000 ดัลตัน ที่จำเพาะกับน้ำตาลเอ็น-อะซิติลกาแลคโตซามีน (Kawagishi *et al.*, 1994) เลคตินที่แยกได้จากฟองน้ำทะเล *Desmapsama anchorata* มีสมบัติทำให้เกิดการกระตุ้นการแบ่งเซลล์เม็ดเลือดขาวในคนได้ (Atta *et al.*, 1990) เลคตินในไฮดรา (hydra, *Hydra vulgaris*) มีความจำเพาะกับน้ำตาลกาแลคโตสและเอ็น-อะซิติลกาแลคโตซามีน สามารถจับกับเมมเบรนของเม็ดเลือดแดงของสัตว์บางชนิดและทำให้เกิดเซลล์แตก (hemolysis) โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 30 °ซ สามารถเกิดได้ดีที่สุด และจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ pH ที่เหมาะในการทำให้เกิดการแตกของเม็ดเลือดแดงคือระหว่าง 7-10 และไม่สามารถทำให้เม็ดเลือดแดงแตกได้เมื่อ pH ต่ำกว่า 6.5 (Hatakeyama *et al.*, 1995)

1.2.3 **เลคตินในสัตว์**

มีการศึกษาเลคตินในสัตว์หลายชนิด ทั้งสัตว์ชั้นต่ำ สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์บกและสัตว์น้ำ ส่วนใหญ่เป็นสัตว์มีกระดูกสันหลัง เลคตินเหล่านี้มักประกอบด้วยหน่วยย่อย (subnuit) หลายหน่วย แต่ละหน่วยย่อยมีแหล่งจับกับคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนที่จดจำคาร์โบไฮเดรตเรียก CRD (carbohydrate recognition domain) โดยทั่วไปเลคตินในสัตว์ได้มีการจำแนกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ตามลักษณะของส่วน CRD คือเลคตินชนิด C (C-type lectin) เป็นกลุ่มที่ต้องการแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ในการเกิดปฏิกิริยาของ CRD (Sharon and Lis, 1995) ซึ่งพบว่ามีสมบัติจำเพาะคือต้องการตัวรับจำเพาะ (specific receptor) เป็นอะไซอะโลโกลโคโปรตีน (asialoglycoprotein) เกิดแอคทิวิทีได้ดีที่ pH สูงหรือภาวะที่เป็นเบส (base) มีพันธะไดซัลไฟด์ (disulphide bond) ในโครงสร้างโมเลกุล มีความจำเพาะกับน้ำตาลได้หลายชนิด และพบในส่วนของของเหลวนอกเซลล์ (extracellular fluid) มักพบเลคตินกลุ่มนี้ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เลคตินในสัตว์อีกกลุ่มหนึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ต้องการแคลเซียมไอออนในการเกิดปฏิกิริยาของ CRD แต่เกิดการจับกับสารประกอบคาร์โบไฮเดรตได้เมื่ออยู่ในภาวะที่มีหมู่ไธออล (thiol group) คือ

เลคตินชนิด S (S-type lectin) เนื่องจากเลคตินกลุ่มนี้อยู่ในรูปของสารละลายในของเหลวในเซลล์ (intracellular fluid) และของเหลวนอกเซลล์ มักจับจำเพาะกับน้ำตาลแลคโตส (lactose) และโอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) ที่มีหน่วยเบตา-กาแลคโตส (β-galactose) เป็นองค์ประกอบ เลคตินกลุ่มนี้มีหมู่ไธออลอิสระในโมเลกุล (Drickamer, 1988; Elola and Fink, 1996) มักพบเลคตินชนิด S ในสัตว์มีกระดูกสันหลังและอาจพบในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด เช่น เลคตินในฟองน้ำทะเล (*Geodia cydonium*) เลคตินในหนอนตัวกลม (*Caenorhabditis elegans*) และเลคตินในเพรียงหัวหอม (tunicate, *Clavelina picta*) ปัจจุบันเรียกเลคตินกลุ่มนี้ว่ากาเลคติน (galectin) การศึกษากาเลคตินในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม พบว่าโครงสร้างของลำดับกรดอะมิโนใน CRD มีความแตกต่างกันจึงแยกกาเลคตินได้เป็น 8 ชนิด เรียกว่า กาเลคติน 1-8 (Barondes *et al*., 1994)

1.2.3.1 เลคตินในสัตว์มีกระดูกสันหลัง

เลคตินในสัตว์มีกระดูกสันหลัง ส่วนใหญ่ศึกษาในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมากที่สุด พบทั้งชนิดที่ต้องการและไม่ต้องการไดวาเลนท์แคทไอออนในการจับกับคาร์โบไฮเดรต พบเลคตินทั้งในรูปของสารละลายและเลคตินที่เป็นส่วนประกอบของเมมเบรน มีความแตกต่างกันทั้งขนาดโมเลกุลและความจำเพาะต่อน้ำตาล และพบในสัตว์ต่างชนิดกัน นอกจากนี้ยังพบได้ในเนื้อเยื่อชนิดเดียวกันของสัตว์ต่างชนิด เช่น เลคตินจากเซลล์ตับหนูและจากเซลล์ตับคนมีลำดับกรดอะมิโนที่ปลายด้านอะมิโน (NH_2-terminal end) และปลายด้านคาร์บอกซิลิค (COOH-terminal end) คล้ายกัน (Baenziger and Maynard, 1980) เลคตินจากเซลล์ตับหนูมีความจำเพาะต่อน้ำตาลกาแลคโตสและเอ็น-อะซิติลกาแลคโตซามีน สามารถทำให้บริสุทธิ์ได้โดยวิธีแอฟฟินิทีโครมาโทกราฟี (affinity chromatography) ด้วยคอลัมน์ asialo-orosomucoid พบว่ามีน้ำหนักโมเลกุล 260,000 ดัลตัน ที่ประกอบด้วยหน่วยย่อยขนาด 48,000 ดัลตัน จำนวน 2 หน่วยย่อย และขนาด 40,000 ดัลตันอีก 4 หน่วยย่อย โดยพบว่ามีจำนวนกรดอะมิโนในสายโพลีเปปไทด์ (polypeptide) 283 หน่วย ปลายด้านอะมิโนประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดไฮโดรฟิลิค (hydrophilic amino acid) และปลายด้านคาร์บอกซิลิคมีไตรแซคคาไรด์ (trisaccharide) เป็นองค์ประกอบ (Kawasaki and Ashwell, 1976)

เลคตินจากปอดของหนูวัยเจริญพันธุ์และยังไม่เจริญพันธุ์พบว่ามี 3 ชนิดคือ RL-14.5, RL-18 และ RL-29 ซึ่งมีขนาด 14,500, 18,000 และ 29,000 ดัลตัน ตามลำดับ โดย RL-18 และ RL-29 พบมากในตับและในกล้ามเนื้อของหนูที่ยังไม่เจริญพันธุ์ ส่วน RL-14.5 พบมากในเนื้อเยื่อตับและกล้ามเนื้อของหนูวัยเจริญพันธุ์ (Cerra *et al.*, 1985)

เลคตินชนิด C อีกชนิดที่มีความสำคัญมากในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมคือคอลเลคติน (collectin) เป็นเลคตินที่พบในเนื้อเยื่อผนังปอดและในซีรัม (serum) ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มีลักษณะเด่นคือมีส่วนที่มีโครงสร้างคล้ายคอลลาเจน (collagen) อยู่ในโมเลกุล จึงเรียกอีกอย่างว่า collagen-like-lectin ปัจจุบันได้มีการจำแนกคอลเลคตินที่เป็นซีรัมโปรตีนเป็น 3 กลุ่มย่อยคือ mannan-binding protein (MBP) หรือ mannose-binding lectin (MBL), คอนกลูตินิน (conglutinin) และ collectin-43 (CL-43) และคอลเลคตินที่ถูกสังเคราะห์ในปอดเรียก surfactant protein (SP) อีก 2 ชนิดคือ SP-A และ SP-D

จากการศึกษาความจำเพาะต่อน้ำตาลของคอลเลคตินพบว่าคอลเลคตินสามารถจับกับน้ำตาลที่มีปลายแบบไม่รีดิวซ์ (non reducing end) โดยพบว่า MBP และคอนกลูตินินจับได้ดีกับน้ำตาลแมนโนส เอ็น-อะซิติลกลูโคซามีน เอ็น-อะซิติลแมนโนซามีน (N-acetyl mannosamine, NAcMan) ฟูโคส (fucose) และ กลูโคส (glucose, Glc) ส่วน SP-A จับกับน้ำตาลกลูโคส กาแลคโตสและแลคโตส ในขณะที่ SP-D จะจับได้กับน้ำตาลมอลโตส (maltose, Mal) พบว่าคอนกลูตินินและ MBP สามารถจับกับน้ำตาลแมนโนสบนผิวของไวรัส HIV (human immunodeficiency virus) ที่ก่อให้เกิดโรคภูมิคุ้มกันบกพร่องได้ (Loveless *et al.*, 1995) และยังพบว่าคอลเลคตินสามารถจับกับน้ำตาลบนผิวของแบคทีเรียและทำให้แบคทีเรียเกิดการเกาะกลุ่มได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำตาลที่เป็นโครงสร้างของผิวเซลล์แบคทีเรียดังกล่าว (Reading *et al.*, 1997)

จากการศึกษาโครงสร้างของคอลเลคตินพบว่าเป็นโพลีเปปไทด์ที่มีขนาดโมเลกุล 30,000-40,000 ดัลตัน มีกรดอะมิโน 222-355 หน่วย ประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดซิสเตอีน (cysteine) เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นส่วนที่เหมือนกับคอลลาเจน โดยพบว่า CRD เป็นโพลีเปปไทด์ที่ขดม้วนเป็นก้อนกลมอยู่ด้านปลายคาร์บอกซิลิค

(Thiel *et al.*, 1995) ต่อมาได้มีการศึกษาแหล่งสังเคราะห์ของคอลเลคตินพบว่า MBP คอนกลูตินิน และ CL-43 ถูกสังเคราะห์ในตับและถูกหลั่งออกมาสู่ระบบหมุนเวียนโลหิตของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ส่วนชนิด SP-A และ SP-D ที่แยกได้จากผนังปอดถูกสังเคราะห์ในปอดโดยกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า alveolar และ clara cell แล้วถูกหลั่งออกมาสู่ช่องว่างอัลวีโอลาร์ (alveolar space) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ MBP ในซีรัมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดภายหลังจากถูกคลอดเป็นตัวอ่อน และมีระดับคงที่เมื่อร่างกายโตเต็มวัยและมีสภาพร่างกายที่แข็งแรง แต่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีการเจ็บป่วยหรืออ่อนแอ เมื่อติดตามระดับของ MBP ในซีรัมเป็นเวลานาน พบว่า MBP เป็นเลคตินที่ถูกสังเคราะห์เพิ่มได้โดยฉับพลันเมื่อร่างกายต้องการภูมิคุ้มกันจากภาวะติดเชื้อหรือบาดเจ็บ (Lu, 1997)

1.2.3.2 **เลคตินในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง**

เลคตินในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมักพบในฮีโมลิมฟ์ (hemolymph) เมือก (mucus) น้ำในโพรงลำตัว (caelomic fluid) และเมมเบรนของเซลล์ซึ่งทำหน้าที่กำจัดสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย โดยพบมากในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังกลุ่มอาร์โธรพอด (arthropod) และหอย (molluscа) เนื่องจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาเลคตินในฮีโมลิมฟ์ของกุ้งแชบ๊วยซึ่งเป็นสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลังและมีเปลือกแข็งหุ้มภายนอก จึงนำเสนอข้อมูลของเลคตินในสัตว์ทะเลกลุ่มนี้และกลุ่มที่ใกล้เคียงกัน อาทิเช่น หอย แมงดาทะเล ปูและกุ้ง เป็นต้น

ก. **เลคตินในกุ้ง**

พบเลคตินที่จำเพาะกับกรดไซอะลิค (sialic acid) จากฮีโมลิมฟ์ของกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 7% มีน้ำหนักโมเลกุล 19,000 ดัลตัน ประกอบด้วยสายโพลีเปปไทด์ขนาด 9,600 ดัลตัน ที่จับกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ (Vazquez *et al.*, 1993) เลคตินโมโนดิน (monodin) จากซีรัมของกุ้งกุลาดำจำเพาะกับกรดไซอะลิคและทำให้เม็ดเลือดแดงของคนหมู่ O เกาะกลุ่ม เป็นเลคตินที่ต้องการ Ca^{2+} มีขนาดโมเลกุล 420,000 ดัลตัน ประกอบด้วยหน่วยย่อยที่มีขนาด 27,000 ดัลตัน และทำให้แบคทีเรีย *Vibrio vulnificus* ที่ก่อโรคในกุ้ง

กุลาดำเกาะกลุ่มได้ (Ratanapo and Chulavatnatol, 1990; 1992) สำหรับกุ้งทะเลในสกุล (genus) *Penaeus* ได้มีการศึกษาบางชนิด (species) ดังแสดงในตารางที่ 1

ข. เลคตินในแมงดาทะเล

เลคตินจากแมงดาทะเล *Limulus polyphemus* เป็นลิโพโพลีแซคคาไรด์ (lipopolysaccharide, LPS) มีขนาด 27,000 ดัลตัน (Saito *et al.*, 1995) เลคตินที่แยกได้จากฮีโมลิมฟ์ของแมงดาทะเล *Tachypleus tridentatus* เกี่ยวข้องกับกลไกการป้องกันตนเอง (defense mechanism) ประกอบโปรตีนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วน PAP ที่สามารถจับกับโปรตีน A ของแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ได้ กับส่วน LBP ที่สามารถจับกับลิโพโพลีแซคคาไรด์ของแบคทีเรีย *E. coli* พบว่ามีขนาดโมเลกุล 40,000 ดัลตัน ทั้งส่วน PAP และ LBP ต่างมีลำดับกรดอะมิโนปลายด้านอะมิโนที่คล้ายกับ tachylectin-3 มากกว่า 50% (Chiou *et al.*, 2000) เลคตินชนิดนี้ยังจำเพาะต่อน้ำตาลเอ็น-อะซิติลกลูโคซามีนและเอ็น-อะซิติลกาแลคโตซามีน (Beisel *et al.*, 1999) ส่วนเลคตินที่แยกจากกรานูลใหญ่ (large granule) ของเม็ดเลือดของแมงดาทะเลชนิดเดียวกันนี้มีน้ำหนักโมเลกุล 27,000 ดัลตัน จำเพาะต่อน้ำตาลเอ็น-อะซิติลกลูโคซามีนและเอ็น-อะซิติลอัลโลแลคโตซามีน (N-acetyl allolactosa-mine) มี 3 ชนิดคือ L10a, L10b และ L10c เป็นโปรตีนขนาดเท่ากันและทุกชนิดสามารถทำให้เม็ดเลือดแดงของคนหมู่เลือด A เกาะกลุ่มได้ในภาวะที่ต้องการ Ca^{2+} เลคตินชนิด L10b มีแอคทิวิทีดีที่สุดและสามารถทำให้แบคทีเรียชนิด *Staphylococcus saprophyticus* เกาะกลุ่มได้ (Okino *et al.*, 1995)

ค. เลคตินในปู

เลคตินในฮีโมลิมฟ์ของปูม้า (blue crab, *Scylla serrata* เป็นเลคตินที่จำเพาะกับกรดเอ็น-อะซิติลนิวรามินิค (N-acetyl neuraminic acid, NAcNeu) และสามารถเร่งการทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายได้ (Mercy and Ravindranath, 1994) เลคตินที่สกัดจากไข่ที่มีเอมบริโอ (embryonated egg) ของปู *Emerita asiatica* เป็นไกลโคโปรตีนชนิดมิวซิน (mucin-type glycoprotein) ที่จับอยู่กับแคโรทีนอยด์ (carotenoid) เป็นเลคตินกลุ่มใหม่ที่อาจมีบทบาทเกี่ยวข้องในการนำไวเทลโลจีนิน (vitellogenin) เข้าสู่เซลล์ไข่ (Devaraj *et al.*,1995)

ตารางที่ 1 สมบัติของเลคตินในกุ้งสกุล *Penaeus* บางชนิด

Species	M.W. (dalton)	Subunit (dalton)	Divalent cation	Carbohydrate specificity	Biological activity	References
P. californiensis	175,000	41,000	Dependent	NAcGlc; NAcGal; NAcNeu; Bovine mucin; Fetuin; LPS	Bacterial agglutination (*V. parahemolyticus; V. fischeri; V. vulnificus*) Opsonin activity	Vargas-Albores *et al* ., 1993; Vargas-Albores,1995
P. indicus	181,000	84,000; 97,000	Independent	NAcGlc; NAcGal; NAcMan; NAcNeu; Bovine mucin; Fetuin; LPS	Not determined	Maheswari *et al* ., 1997; Jayasree, 2001
P. japonicus	330,000	33,000	Dependent	NAcGlc; NAcGal; NAcNeu; Ribose; Bovine mucin; Porcine mucin; Fetuin	Opsonin activity (serum)	Kondo *et al* ., 1992; 1998
P. longirostris	440,000	27,000	Dependent	Gal; NAcGal; NAcNeu; Bovine mucin; Fetuin	Bacterial agglutination (*P. aeruginosa; E. coli*)	Fragkiadakis and Stratakis, 1995
P. monodon	420,000	27,000	Dependent	NAcGlc; NAcGal; NAcMan; NAcNeu; Bovine mucin; Fetuin	Bacterial agglutination (*V. vulnificus*)	Ratanapo and Chulavatnatol, 1990; 1992
P. paulensis	153,000	31,000	Independent	NAcGlc; NAcGal; NAcNeu; Fetuin; LPS	Opsonin activity (serum)	Marques and Barracco, 2000
P. schmitti	153,000	31,000; 34,000	Partial dependent	NAcGlc; NAcGal; NAcNeu; Fetuin; LPS	Not determined	Marques and Barracco, 2000

ง. เลคตินในหอย

ในหอยสองฝา *Mytilus edulis* พบเลคติน 3 ชนิด คือ M_3, M_6 และ M_7 ที่จำเพาะกับอะไซอะโลฟีทูอิน (asialofetuin) ในภาวะที่มี Ca^{+2} โดยพบว่า M_6 และ M_7 ประกอบด้วยกรดอะมิโน 180 หน่วย และมีลำดับกรดอะมิโนที่คล้ายกัน 76% ส่วน M_3 ประกอบด้วยกรดอะมิโน 149 หน่วยและมีลำดับที่คล้ายกับ M_6 และ M_7 26% นอกจากนี้พบว่ากรดอะมิโน 50% ของปลายด้านคาร์บอกซิลิคของเลคตินทั้ง 3 ชนิดเหมือนกับลำดับกรดอะมิโนใน CRD ของเลคตินชนิด C (Takagi *et al.*, 1994) เลคตินจากฮีโมลิมฟ์ของหอยนางรม *Crassostrea gigas* และหอย horse-mussel (*Modiolus modiolus*) ทำให้เม็ดเลือดแดงของคนและสัตว์หลายชนิด รวมทั้งแบคทีเรียหลายชนิดเกาะกลุ่มได้ จัดเป็นเลคตินชนิด ซี–รีแอคทีฟโปรตีน (C-reactive protein) คือ สามารถจำเพาะได้กับน้ำตาลหลายชนิดและถูกสังเคราะห์เมื่อร่างกายอยู่ในภาวะที่อ่อนแอจากโรคหรือบาดแผล (Olafsen, 1994) เลคตินจากฮีโมลิมฟ์ของหอยมุก (pearl oyster, *Pinctada fucata martensii*) มีขนาดโมเลกุล 440,000 ดัลตัน ที่ประกอบด้วย 22 หน่วยย่อยขนาด 20,000 ดัลตัน จำเพาะกับน้ำตาลกาแลคโตสและเอ็น-อะซิติลกาแลคโตซามีน (Suzuki and Mori, 1989)

1.3 สมบัติของเลคตินจากสัตว์

เลคตินของสัตว์มีความแตกต่างกันทั้งความจำเพาะต่อชนิดน้ำตาล โครงสร้างโมเลกุล ความต้องการไอออน และสมบัติอื่น ๆ เนื่องจากงานวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเลคตินในฮีโมลิมฟ์ของกุ้งแชบ๊วย ซึ่งเป็นสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลังจึงเน้นกล่าวถึงสมบัติระดับโมเลกุลของเลคตินเฉพาะในสัตว์น้ำไม่มีกระดูกสันหลังเป็นหลัก

1.3.1 ความจำเพาะต่อน้ำตาล

เลคตินทั่วไปมีแหล่งจับกับน้ำตาลหรือคาร์โบไฮเดรตอย่างน้อย 2 ตำแหน่ง ความจำเพาะของเลคตินต่อน้ำตาลขึ้นอยู่กับแหล่งจับที่จำเพาะของเลคติน ในสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลังกลุ่มหอยและครัสเตเชียน (crustacean) พบว่าส่วนใหญ่มีความจำเพาะต่อน้ำตาลที่มีหมู่อะซิติลหรือไกลโคโปรตีนที่มีน้ำตาลเหล่านี้เป็นองค์ประกอบ ดังแสดงข้อมูลการศึกษาเลคตินของกุ้งบางชนิดไว้ในตารางที่ 1

1.3.2 การทำให้เลคตินบริสุทธิ์

เลคตินในสัตว์ทะเลส่วนใหญ่ถูกทำให้บริสุทธิ์ได้จากส่วนของฮีโมลิมฟ์ เมือก น้ำในโพรงลำตัว ไข่ที่มีเอมบริโอและเมมเบรนของเซลล์ที่ทำหน้าที่กำจัดสิ่งแปลกปลอม การทำให้บริสุทธิ์อาศัยสมบัติของเลคตินแต่ละชนิด การทำให้เลคติน L10 บริสุทธิ์จากกรานูลใหญ่ของฮีโมไซท์ (hemocyte) ของแมงดาทะเล *T. tridentatus* ทำโดยแยกกรานูลโดยวิธีเซนตริฟิวจ์ (centrifuge) แบบ sucrose density gradient และทำให้บริสุทธิ์ผ่าน 4 ขั้นตอนคือ ผ่านคอลัมน์ dextran sulphate-Sepharose CL-6B, CM-Sepharose CL-6B, Sephacryl S-200 และคอลัมน์ Mono-S พบว่าสามารถแยกเลคติน L10 ที่เป็นไอโซเลคติน (isolectin) ได้แก่ L10a, L10b และ L10c และพบว่า L10b เป็นเลคตินที่มีแอคทิวิทีในการเกาะกลุ่มเม็ดเลือดแดงของคนหมู่เลือด A ได้ดีที่สุด (Okino *et al.*, 1995) การทำให้เลคติน PSA บริสุทธิ์จากซีรัมปูเสฉวน (hermit, *Diogenes affinis*) พบว่าสามารถทำได้ในขั้นตอนเดียวโดยใช้คอลัมน์ N-acetyl glucosamine-Sepharose 6B ในภาวะที่มี Ca^{2+} (Murali *et al.*,1999) การทำให้เลคติน MrL บริสุทธิ์จากซีรัมกุ้งก้ามกรามทำได้ใน 2 ขั้นตอนคือ ใช้แอฟฟินิทีโครมาโทกราฟีด้วยคอลัมน์ stroma erythrocytes และโครมาโทกราฟีแบบแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange chromatography) พบว่าแยกได้เลคตินที่มีโครงสร้างคล้ายกับอิมมูโนโกลบูลินของคน (Zenteno *et al.*, 2000) การทำให้เลคตินโมโนดินบริสุทธิ์จากซีรัมกุ้งกุลาดำใช้ 3 ขั้นตอนคือ คอลัมน์ Fetuin-agarose และชะเลคตินออกจากคอลัมน์ด้วยบัฟเฟอร์ที่มีน้ำตาลเอ็น-อะซิติลกาแลคโตซามีน แล้วแยกต่อด้วยคอลัมน์ Superose 12 และ Mono-Q แบบ FPLC (fast protein liquid chromatography) ตามลำดับ (Ratanapo and Chulavatnatol, 1992)

1.3.3 โครงสร้างระดับโมเลกุลของเลคติน

เลคตินในสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลังที่มีการศึกษากันมากได้แก่ เลคตินในเพรียง ฟองน้ำทะเล หอย ปู กุ้ง และแมงดาทะเล มักไม่พบข้อมูลการศึกษาแหล่งจับคาร์โบไฮเดรต แต่จะมีข้อมูลของน้ำหนักโมเลกุล จำนวนหน่วยย่อย และความต้องการไอออน และในบางชนิดเท่านั้นที่มีการศึกษาจำนวนและชนิดของกรดอะมิโนเช่น เลคตินจากน้ำในโพรงลำตัวของเพรียงทะเล (*Botrylloides leachii*) แยกได้ 3 ชนิด ได้แก่

HA-I, HA-II และ LBP-III โดย HA-I มีขนาด 150,000 ดัลตัน ประกอบด้วยหน่วยย่อย ขนาด 28,000 ดัลตัน จำนวน 5-6 หน่วยย่อย HA-II มีขนาดโมเลกุล 63,000 ดัลตัน ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยขนาด 31,000-32,000 ดัลตัน ซึ่งแต่ละหน่วยย่อยใน HA-I และ HA-II จับกันด้วยพันธะที่ไม่ใช่โควาเลนท์ ส่วน LBP-III มีขนาดโมเลกุล 140,000 ดัลตัน ประกอบด้วยหน่วยย่อย ขนาด 28,000 และ 22,000 ดัลตัน ที่จับกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ (Schluter and Ey, 1989) เลคติน CEL-IV ที่แยกได้จากปลิงทะเล (sea cucumber) *Cucumaria echinata* พบว่ามีโครงสร้างโมเลกุลคล้ายกับเลคตินจากปลิงทะเลชนิดอื่น ๆ เช่น คล้ายกับเลคติน SJL-I จากปลิงทะเล *Stichopus japonicus* โดยมีกรดอะมิโนคล้ายกัน 40% และมีกรดอะมิโนคล้ายกับเลคติน echinodin จากหอยเม่นทะเล (sea urchin) ชนิด *Anthocidaris crassispina* ด้วยเช่นกัน (Hatakeyama *et al.*, 1995) เลคติน PSA จากปูเสฉวนมีน้ำหนักโมเลกุล 185,000 ดัลตัน ที่ประกอบด้วยหน่วยย่อยไม่เหมือนกันที่มีขนาดต่าง ๆ กัน 4 หน่วยย่อยคือ 51,000, 49,000, 42,000 และ 39,000 ดัลตัน โดยแต่ละหน่วยย่อยจับกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ (Murali *et al.*, 1999) เลคติน TL-P ที่แยกได้จากไข่ที่เป็นเอมบริโอของแมงดาทะเล *T. tridentatus* มีขนาดโมเลกุล 27,000 ดัลตัน มีลำดับกรดอะมิโนคล้ายกับเลคติน TL-1 ที่แยกได้จากฮีโมลิมฟ์ของแมงดาทะเลชนิดเดียวกัน โดยมีลำดับกรดอะมิโนเหมือนกัน 218 หน่วยใน 221 หน่วย แต่มีความจำเพาะต่อการเกาะกลุ่มเม็ดเลือดแดงและมีโครงสร้างที่ต่างกัน คือ TL-P เกาะกลุ่มเม็ดเลือดแดงของคนหมู่เลือด A ได้และเป็นไดเมอร์ แต่ TL-1 ไม่สามารถทำให้เม็ดเลือดแดงของคนหมู่เลือด A เกาะกลุ่ม และอยู่ในรูปโมโนเมอร์ (monomer) (Nagai *et al.*, 1999) เลคติน MrL ที่แยกจากซีรัมกุ้งก้ามกรามซึ่งจำเพาะกับกรดไซอะลิคประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยที่มีขนาดเท่ากัน หน่วยย่อยละ 9,500 ดัลตัน และมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบ 11% โดยน้ำหนัก ได้แก่ Gal:Man:NAcGlc:NAcGal:NAcNeu ด้วยอัตราส่วน 4:3:2:1:0.6 โพลีแซคคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบประกอบด้วยโซ่น้ำตาลชนิด N-glycosidic linkage แบบ $Man_3GlcNAc_{2.1}$ 57% และแบบ $Gal_{1,3}Man_3GlcNAc_{2.8}$ 24% และมีองค์ประกอบกรดอะมิโนคล้ายกับของฮอร์โมนไฮโปไกลซิมิค (hypoglycemic hormone) ในกุ้งก้ามกรามถึง 54% และคล้ายกับอิมมูโนโกลบูลิน κ และ λ ของคน 22% และ 27% ตามลำดับ จึงกล่าวได้ว่า

เลคติน MrL จากซีรัมกุ้งก้ามกรามมีโครงสร้างโมเลกุลที่คล้ายกับอิมมูโนโกลบูลินของคน (Zenteno *et al.*, 2000) ตารางที่ 1 ได้แสดงข้อมูลการศึกษาเลคตินในกุ้งทะเลสกุล *Penaeus* หลายชนิด พบว่ามีความแตกต่างกันทั้งน้ำหนักโมเลกุล ขนาดและจำนวนหน่วยย่อย

1.3.4 ความต้องการไอออน

เลคตินหลายชนิดต้องการไดวาเลนท์แคทไอออน เช่น Ca^{2+}, Mn^{2+} และ Mg^{2+} ช่วยในการจับกับคาร์โบไฮเดรต ไอออนเหล่านี้จะจับกับหมู่โซ่ข้าง (side chain) ของกรดอะมิโนที่แหล่งจับ ส่งผลทำให้เลคตินจับกับคาร์โบไฮเดรตได้ดีขึ้น (Sharon and Lis, 1995) บางครั้งไดวาเลนท์แคทไอออนเป็นองค์ประกอบของโมเลกุลเลคติน เมื่อกำจัดไอออนนี้ออกจากโมเลกุลจะทำให้สูญเสียแอคทิวิที (Agrawal and Goldstein, 1968) การจับของเลคตินกับไดวาเลนท์แคทไอออนช่วยทำให้โครงรูป (conformation) ของโมเลกุลและแหล่งจับกับน้ำตาลของเลคตินเสถียร (Becker *et al.*, 1975) เลคตินของสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลังหลายชนิดต้องการ Ca^{2+} ในการจับกับคาร์โบไฮเดรต อาทิเช่น เลคตินในสัตว์กลุ่ม echinoderm ปลิงทะเลเช่น *C. echinata* และ *Stichopus japonicus* หอยเม่นทะเล เช่น *A. crossispina* (Hatakeyama *et al*, 1995) เลคตินจากแมงดาทะเล *T. tridentatus* (Okino *et al.*, 1995; Nagai *et al.*, 1999) และ *L. polyphymus* ต้องการ Ca^{2+} ในการจับกับคาร์โบไฮเดรตและถูกยับยั้งการเกาะกลุ่มเซลล์ได้ด้วย EDTA (ethylenediaminetetra-acetic acid) (Robey and liu, 1981) เลคตินจากฮีโมลิมฟ์ของกุ้งและปูส่วนใหญ่ต้องการไดวาเลนท์แคทไอออน เช่น เลคติน PAS จากปูเสฉวน เลคตินจากกุ้ง *Penaeus japonicus, Penaeus californiensis, P. monodon, Penaeus longirostris* และเลคตินจากกุ้งก้ามกราม เป็นต้น (Marques and Barracco, 2000; Murali *et al.*, 1999) แต่มีเลคติน ของกุ้งบางชนิดที่ไม่ต้องการไดวาเลนท์แคทไอออน เช่นเลคตินจากซีรัมของกุ้ง *Penaeus indicus* และ *Penaeus paulensis* เป็นต้น (Marques and Barracco, 2000; Vazques *et al.*, 1993)

1.4 บทบาททางชีวภาพของเลคติน

1.4.1 บทบาทของเลคตินในสัตว์

เลคตินในสัตว์แต่ละชนิดมีความหลากหลายของโครงสร้าง โดยพบว่าอาจมีทั้งเลคตินที่เป็นส่วนของเมมเบรนหรือเมมเบรนเลคติน (integral membrane lectin) และเลคตินที่อยู่ในรูปสารละลาย (soluble lectin) ในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมักพบเลคตินอยู่ในของเหลวในเซลล์และของเหลวนอกเซลล์ ส่วนในสัตว์มีกระดูกสันหลังจะพบทั้งแบบที่เป็นส่วนของเมมเบรนและแบบที่เป็นสารละลาย เลคตินในสัตว์แต่ละชนิดมีบทบาททางชีวภาพที่ต่างกันไป โดยมากมักมีบทบาทเกี่ยวข้องกับระบบสืบพันธุ์ (reproductive system) และระบบกลไกการป้องกันตัวเอง

1.4.1.1 บทบาทของเลคตินในสัตว์มีกระดูกสันหลัง

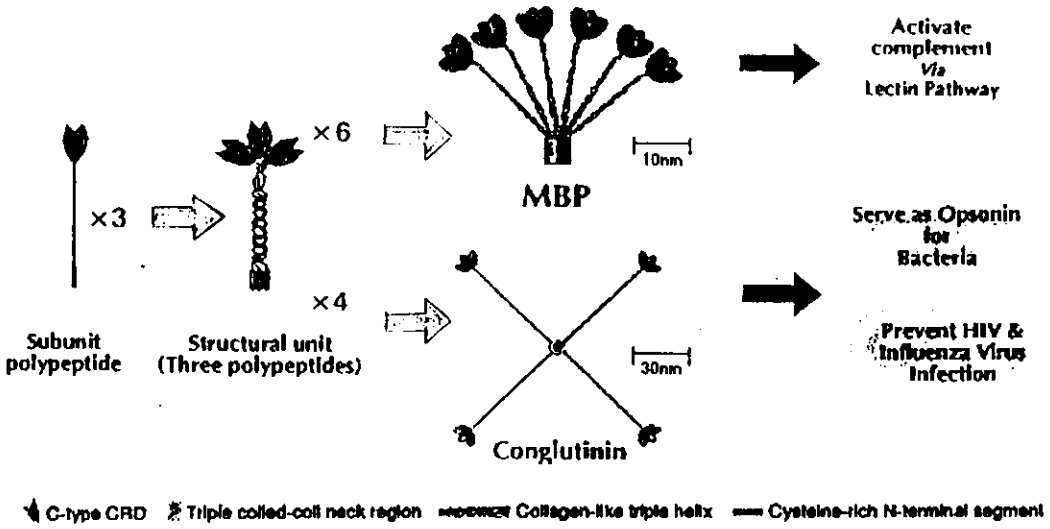
เลคตินกลุ่มที่มีบทบาทสำคัญในสัตว์มีกระดูกสันหลังได้แก่ คอลเลคติน ซึ่งมีบทบาทเป็นสารออปโซนิน (opsonin) ที่สามารถจดจำและจับกับคาร์โบไฮเดรตที่เป็นตัวรับจำเพาะบนผิวเซลล์แปลกปลอมที่ไม่ใช่เซลล์เจ้าบ้านได้ เช่น เซลล์จุลินทรีย์ต่าง ๆ ทั้งแบคทีเรีย รา ยีสต์ พาราไซท์ (parasite) โปรโตซัวและไวรัส เป็นต้น การจับจำเพาะดังกล่าวนำไปสู่กระบวนการกำจัดเซลล์แปลกปลอม โดยใช้แหล่งจับบนเซลล์ส่วนที่เหลือจับกับตัวรับจำเพาะบนผิวเซลล์เม็ดเลือดขาวซึ่งทำหน้าที่ทำลายเซลล์แปลกปลอม (phagocytic cell receptor) โดยอาศัยส่วนที่คล้ายคอลลาเจนในโมเลกุลเลคตินจับกับตัวรับจำเพาะของเม็ดเลือดขาวที่เรียกว่าตัวรับ C1q หรือจับกับตัวรับจำเพาะของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซท์ (monocyte) และบนผิวเซลล์อัลวีโอลาร์มาโครฟาจ (alveolar macrophage) ที่ผนังปอดซึ่งเรียกว่าตัวรับ SP-A การเกิดฟาโกไซโทซิส (phagocytosis) ของเซลล์โมโนไซท์และอัลวีโอลาร์มาโครฟาจบริเวณผนังปอดหนูต่อแบคทีเรียชนิด *Streptococcus* กลุ่ม B บ่งชี้ว่าคอลเลคตินมีบทบาทในการเป็นตัวช่วยในกระบวนการป้องกันตัวเองของหนูต่อการติดเชื้อในปอดได้ (Kawasaki *et al.*, 1994)

คอลเลคตินชนิด MBP เป็นเลคตินที่พบในเนื้อเยื่อและซีรัมของคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมหลายชนิด (Ryley *et al.*, 1991) MBP มีโมเลกุลที่ประกอบ

ด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนได้แก่ ส่วนปลายด้านอะมิโนที่ประกอบด้วยซิสเตอีนเป็นส่วนใหญ่ ส่วนของโมเลกุลที่คล้ายกับคอลลาเจนและมีปลายด้านคาร์บอกซิลิคที่มีน้ำตาลต่อเชื่อมอยู่ พบว่า MBP สามารถจับได้ดีกับน้ำตาลแมนโนส ทั้ง native-MBP และ recombinant-MBP แสดงสมบัติเป็นออปโซนินในซีรัมได้ โดยจะช่วยเป็นตัวกลางให้เกิดการจับกลุ่มของเซลล์แปลกปลอมและนำเซลล์แปลกปลอมเข้าจับกับตัวรับจำเพาะที่ผิวเซลล์เม็ดเลือดขาวทำให้เกิดการทำลายเซลล์แปลกปลอมโดยกระบวนการฟาโกไซโทซิสได้อย่างรวดเร็วและดียิ่งขึ้น โดยเชื้อก่อโรคทางเดินอาหารสกุล *Samonella* หลายชนิดถูกกำจัดได้ด้วยวิธีนี้ (Kuhlman *et al.*, 1989) จากการศึกษาความเข้มข้นของ MBP ในซีรัมของคนพบว่ามีความแตกต่างในแต่ละช่วงอายุ MBP ในซีรัมทารกตั้งแต่ในครรภ์พบว่าเพิ่มสูงขึ้นตามอายุครรภ์ โดยไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศหญิงและเพศชายและมีความเข้มข้นสูงสุดภายหลังคลอดได้ 1 เดือน และคงที่ไปจนถึง 5 เดือน จากนั้นลดลงจนต่ำสุดเมื่ออายุประมาณ 12 ปี และคงที่ไปเช่นนั้น (Aittoniemi *et al.*, 1996)

กลไกอีกแบบหนึ่งของการทำงานของ MBP ในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันภายในของสัตว์มีกระดูกสันหลัง จะทำงานผ่านกระบวนการที่เรียกวิถีเลคติน (lectin pathway) โดย MBP จับกับคาร์โบไฮเดรตบนผิวเซลล์จุลินทรีย์แต่ละเซลล์ให้เกิดการเกาะกลุ่มและใช้แหล่งจับที่เหลือไปจับกับตัวรับจำเพาะที่เรียกว่า Clr2Cls2 ของเอนไซม์โปรทีเอสเชิงซ้อน (protease complex enzyme) ได้เช่นเดียวกับการจับกับตัวรับ C1q ของผิวเซลล์เม็ดเลือดขาว จากนั้นกระตุ้นให้เกิดการย่อยทำลายเซลล์แปลกปลอม จากการศึกษาโครงสร้างของตัวรับ C1q และ Clr2Cls2 พบว่ามีความคล้ายคลึงกันมาก (Ikeda *et al.*, 1987) โครงสร้างและบทบาททางชีวภาพของคอลเลคตินในสัตว์มีกระดูกสันหลังได้แสดงในรูปที่ 1

Central Library
Prince of Songkla University



รูปที่ 1 โครงสร้างและบทบาททางชีวภาพของคอลเลคติน (MBP และคอนกลูตินิน)
(Sharon and Lis, 1995; Holmskov *et al.*, 1994)

1.4.1.2 บทบาทของเลคตินในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

บทบาทและหน้าที่ทางชีวภาพของเลคตินในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังยังมีการศึกษาน้อยมาก ส่วนใหญ่มีรายงานการศึกษาในสัตว์ทะเล โดยแยกบทบาททางชีวภาพของเลคตินในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังออกได้เป็น 2 ด้าน คือ บทบาทที่ไม่เกี่ยวข้องและเกี่ยวข้องกับกลไกการป้องกันตัวเอง

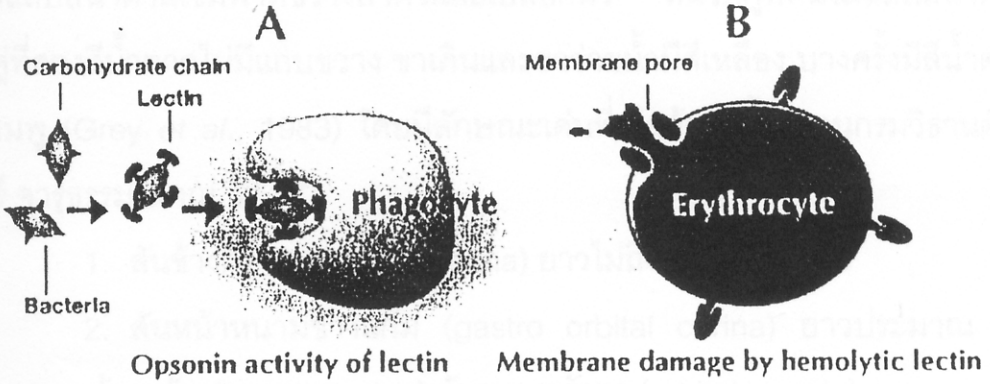
ก. บทบาทที่ไม่เกี่ยวข้องกับกลไกการป้องกันตัวเอง

เลคตินในแมงดาทะเล (*L. polyphemus*) มีบทบาทช่วยชักนำในการเข้าผสมกันของไข่และตัวอสุจิ (Barnum and Brawn, 1983) เลคตินในโรติเฟอร์ (*Brachionus plicatilis*) ทำหน้าที่ชักนำให้เกิดการผสมพันธุ์แบบอาศัยเพศ โดยพบว่าถ้าบ่มโรติเฟอร์กับน้ำตาลที่จำเพาะต่อเลคตินที่ผิวเซลล์ของโรติเฟอร์ มีผลทำให้โรติเฟอร์เพศผู้และเพศเมียไม่ผสมพันธุ์กัน (Snell and Nacionales, 1990) เลคตินในเพรียง (acorn barnacle, *Megabalanus rosa*) มีความสัมพันธ์กับพัฒนาการเจริญพันธุ์ของรังไข่ โดยพบระดับเลคตินในน้ำในโพรงลำตัวเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับพัฒนาการเจริญพันธุ์ของรังไข่และมีปริมาณสูงสุดในฤดูที่เพรียงมีไข่แก่ (Muramoto *et al.*, 1991)

ข. บทบาทที่เกี่ยวข้องกับกลไกการป้องกันตัวเอง

บทบาทหนึ่งที่เป็นไปได้ของเลคตินในสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลังคือ ทำหน้าที่เกี่ยวข้องในกลไกการป้องกันตัวเองซึ่งเหมือนกับอิมมูโนโกลบูลินในสัตว์มีกระดูกสันหลัง เลคตินมีบทบาทสำคัญในการต่อต้านการเกิดโรคโดยแบคทีเรียหรือศัตรูที่มาจากธรรมชาติ โดยอาศัยความเป็นพิษของเลคตินเอง เช่น เลคตินที่เป็นพิษ (venom) ในหนาม (spine) ของหอยเม่นทะเล (*Toxopheustes pileolus*) (Seike *et al.*, 1992) มีรายงานว่าเมื่อเลคตินจับกับเซลล์แปลกปลอมกระตุ้นให้มีการจับของเซลล์ฟาโกไซท์ในกระบวนการออปโซไนซ์ (opsonization) เพื่อทำลายเซลล์แปลกปลอม (รูปที่ 2A) หรือมีการสังเคราะห์เลคตินเพิ่มขึ้นจึงพบระดับเลคตินในน้ำในโพรงลำตัวหรือในฮีโมลิมฟ์เพิ่มขึ้นหลังการฉีดด้วยสารแปลกปลอม จากการฉีดเม็ดเลือดแดงของคนและกระต่ายให้เป็นเซลล์แปลกปลอมเข้าสู่โพรงลำตัวของปูม้า (*S. serrata*) โดยเคลือบเม็ดเลือดแดงเหล่านั้นด้วยเลคตินที่สกัดจากปูม้าเทียบกับการฉีดด้วยเม็ดเลือดแดงที่ไม่เคลือบเลคติน จากนั้นตรวจหาปริมาณฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ในฮีโมลิมฟ์ของปูม้าภายหลังการฉีด พบว่าเม็ดเลือดแดงที่เคลือบด้วยเลคตินจะถูกทำลายได้เร็วกว่าและระยะเวลาของการทำลายฮีโมโกลบินมีความสัมพันธ์กับปริมาณเลคตินในฮีโมลิมฟ์ภายหลังการฉีดโดยปริมาณเลคตินในฮีโมลิมฟ์ของปูม้าที่ฉีดด้วยเม็ดเลือดแดงที่เคลือบด้วยเลคตินจะมีค่าสูงกว่าในปูม้าที่ฉีดด้วยเม็ดเลือดแดงที่ไม่เคลือบเลคติน (Mercy and Ravindranath, 1994) นอกจากนี้พบว่าเลคตินที่จำเพาะกับกรดไซอะลิคจากแมงดาทะเลและเลคตินที่จำเพาะกับน้ำตาลกาแลคโตสจากปลิงทะเล (*C. echinata*) สามารถทำลายเมมเบรนและทำให้เม็ดเลือดแดงของคนและกระต่ายแตกได้ โดยเมื่อเลคตินจับกับคาร์โบไฮเดรตบนผิวของเซลล์เม็ดเลือดแดงทำให้เมมเบรนเกิดรูพรุน (pore) และทำให้เซลล์แตก (รูปที่ 2B) (Hatakeyama *et al.*, 1995) กล่าวได้ว่าการทำลายเซลล์แปลกปลอมจะขึ้นกับชนิดของเซลล์แปลกปลอมและปริมาณของเลคตินในฮีโมลิมฟ์ของสัตว์เจ้าบ้าน ซึ่งเป็นตัวชักนำให้เกิดการกำจัดเซลล์แปลกปลอมได้ดีและเร็วขึ้น เลคตินโมโนดินในฮีโมลิมฟ์ของกุ้งกุลาดำสามารถทำให้แบคทีเรียก่อโรคกุ้ง *V. vulnificus* เกาะกลุ่มได้และมีระดับเพิ่มขึ้นในฮีโมลิมฟ์ของกุ้งที่มีการติดโรคนี้ (Ratanapo and Chulavatnatol, 1992) ยังพบสมบัติ การเกาะกลุ่ม

แบคทีเรียก่อโรคได้จากเลคตินชนิดอื่นเช่น จากแมงดาทะเล (Robey and Liu, 1981) ปูม้า (Cassells *et al.*, 1986) หอยนางรม (Hardy *et al.*, 1977) เป็นต้น



รูปที่ 2 การจับของเลคตินกับเซลล์แปลกปลอมกระตุ้นกระบวนการ opsonization และ phagocytosis (A) และ hemolysis (B) (Hatakeyama *et al.*, 1995)

1.5 กุ้งแชบ๊วย

กุ้งแชบ๊วยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Penaeus merguiensis* de Man ชื่อสามัญคือ banana prawn หรือ white prawn และชื่อภาษาไทย คือกุ้งหางแดง กุ้งขาว กุ้งหางดอก (บุญศรี จารุธรรมโสภณ, 2537) โดยมีลำดับอนุกรมวิธานรายงานไว้ดังนี้ Phylum Arthropoda, Superclass Crustacea, Order Decapoda, Suborder Dendrobranchiae, Superfamily Penaeoidea, Family Penaeidae (Grey *et al.*, 1983)

1.5.1 ลักษณะทั่วไป

กุ้งแชบ๊วยเป็นกุ้งทะเลที่มีขนาดปานกลาง ตัวโตเต็มวัยมีลำตัวยาว 10-15 เซนติเมตร ขนาดใหญ่สุดอาจยาวถึง 25 เซนติเมตร น้ำหนักตัวประมาณ 50-400 กรัม ลักษณะลำตัวมีสีขาวครีมปนเหลืองมีจุดสีน้ำตาล เขียวแก่และเขียวอ่อนกระจายอยู่

ประปราย เปลือกหุ้มลำตัวเรียบเป็นมันลักษณะเปลือกบาง เนื้อมาก มีเปลือกหัวหรือกรีสวนบนเป็นรูปสามเหลี่ยมมีฟันทั้งด้านบนและด้านล่าง โดยฟันกรีด้านบนมีประมาณ 7-8 ซี่ ด้านล่าง 5-6 ซี่ เปลือกคลุมหัวมีร่องตามยาวและร่องตามขวาง มีแพนหาง ด้านข้างของหางไม่มีหนาม ลักษณะทั่วไปที่แตกต่างจากกุ้งกุลาดำ กุลาลาย และกุ้งลายเสือคือไม่มีแถบสีน้ำตาลเข้มพาดขวางลำตัวและเปลือกหัว หนวดคู่ที่หนึ่งมีแถบสีน้ำตาล หนวดคู่ที่สองสีน้ำตาลไม่มีแถบขวาง ขาเดินและขาว่ายน้ำมีสีเหลือง บางครั้งมีสีน้ำตาลหรือสีชมพู (Grey *et al.*, 1983) โดยมีลักษณะเด่นที่เป็นข้อบ่งชี้ทางอนุกรมวิธานดังนี้ (บุญศรี จารุธรรมโสภณ, 2537)

1. สันข้างกรี (androstral carina) ยาวไม่ถึงฟันกรีซี่สุดท้าย

2. สันหน้าหนามข้างแก้ม (gastro orbital carina) ยาวประมาณ 1/3 ระหว่างหนามข้างแก้ม (hepatic spine) กับขอบหลังตา (orbital margin)

3. maxilliped คู่ที่ 3 ของเพศผู้ปล้องสุดท้าย (dactylus) ยาวประมาณครึ่งหนึ่งของปล้องถัดลงมา (propodus)

4. กลุ่มขนตรงปลายปล้อง propodus ยาวประมาณครึ่งหนึ่งของปล้องสุดท้าย

5. แผ่นบนของอวัยวะเพศเมีย (anterior plate of thelycum) เป็นรูปครึ่งวงกลม มีติ่งเนื้อ (fleshy) เห็นชัดเจน

6. ขอบด้านข้างของแผ่นล่าง (margin of lateral plates or seminal receptacle) โค้ง

1.5.2 ลักษณะที่อยู่อาศัยและการแพร่กระจาย

พบมากบริเวณน้ำตื้นหรือปากอ่าวหรือปากแม่น้ำที่น้ำค่อนข้างขุ่น บางครั้งจะพบอยู่รวมกันเป็นจำนวนมาก สามารถจับได้ด้วยประมงอวนลากหรือโป๊ะอวน พบลูกกุ้งระยะ post larva และ juvenile ได้ทั่วไปตามชายฝั่งทะเล ตรงที่มีพื้นดินเลนหรือพื้นดินโคลนปนทราย โดยอาศัยอยู่ได้ตั้งแต่ชายฝั่งจนถึงทะเลลึก พบได้ทั้งในทะเลและเขตน้ำกร่อยที่มีความเค็มระหว่าง 10-36 ppt pH ที่เหมาะสมประมาณ 7.8-8.5 อุณหภูมิ 25-32 °ซ ตัวโตเต็มวัยจะวางไข่ในทะเลที่ความลึกประมาณ 10 เมตรขึ้นไป จากการสำรวจพบการแพร่กระจายของกุ้งชนิดนี้อยู่ในเขตอินโดแปซิฟิกฝั่งตะวันตก (West-

Indopacific coast) ตั้งแต่อ่าวเปอร์เซีย ชายฝั่งทะเลปากีสถาน อินเดีย มาเลเซีย ไทย ตอนใต้ของจีน อินโดนีเซีย ปาปัวนิวกินี ฟิลิปปินส์ และออสเตรเลีย (วิวัฒนชัย พรหมสาขา ณ สกลนคร และสมพร โล่สวัสดิ์กุล, 2532)

1.5.3 **การสืบพันธุ์และการวางไข่**

จากการเลี้ยงในบ่อดินกุ้งเพศผู้สามารถสร้างน้ำเชื้อได้เมื่อมีอายุ 136 วันขึ้นไป โดยกุ้งเพศผู้สร้างน้ำเชื้อและปล่อยเข้าเก็บที่บริเวณหน้าอกในส่วนของทีไลกัม (thelycum) ของกุ้งเพศเมีย เมื่อเพศเมียมีไข่แก่จะปล่อยไข่ออกมาผสมกับน้ำเชื้อเพศผู้และฟักเป็นตัว เจริญเติบโตภายนอกตัวกุ้ง กุ้งแชบ๊วยเจริญพันธุ์ จะมีขนาดความยาวตั้งแต่ 14.5 เซนติเมตรขึ้นไป (สุพจน์ จึงแย้มปิ่น และชัยรัตน์ พุ่มช่วย, 2543) กุ้งสามารถผสมพันธุ์วางไข่ได้ตลอดทั้งปี เดือนที่พบกุ้งระยะที่มีไข่แก่ตามธรรมชาติมากที่สุดได้แก่ เดือนมกราคม มิถุนายน กันยายน และธันวาคม (เมธี วัฒนสิงห์, 2543)

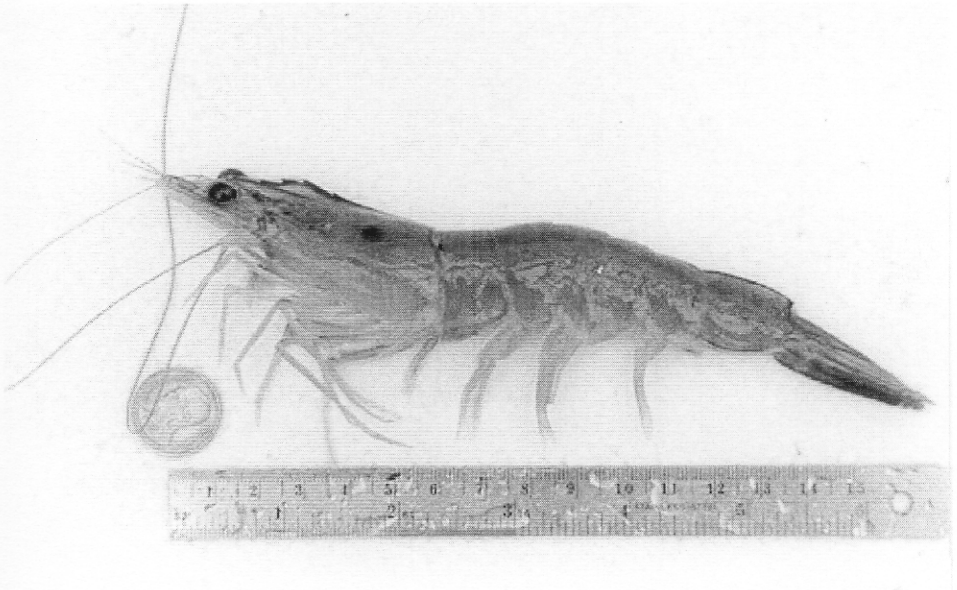
1.5.4 **ลักษณะการกินอาหารและพฤติกรรม**

กุ้งแชบ๊วยมีนิสัยการกินอาหารแบบกัดแทะ โดยจับชิ้นอาหารและว่ายน้ำกัดกินไปเรื่อย ๆ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่แตกต่างจากกุ้งกุลาดำที่จับอาหารและหยุดกัดกินอาหารนิ่งอยู่กับที่ กุ้งแชบ๊วยปราดเปรียวและว่ายน้ำอยู่ตลอดเวลาแม้แต่เวลาที่กินอาหาร อาหารธรรมชาติของกุ้งแชบ๊วยได้แก่ ตัวอ่อนสัตว์น้ำ แมลงน้ำ ซากพืช ซากสัตว์ สาหร่ายชนิดต่าง ๆ หอย ปลา ลูกกุ้ง พืชน้ำ (เมธี วัฒนสิงห์, 2543)

1.5.5 **ประวัติและการพัฒนาการเพาะเลี้ยง**

เป็นกุ้งชนิดแรกที่พบว่ามีการเลี้ยงมาเป็นเวลานาน โดยเลี้ยงแบบธรรมชาติหรือที่เรียกว่า "วังกุ้ง" โดยเกษตรกรจะนำน้ำทะเลเข้าบ่อและปิดบ่อเลี้ยงไว้ อาศัยลูกกุ้งที่มากับน้ำทะเล กุ้งจะเจริญเติบโตจากการอาศัยอาหารธรรมชาติและการให้อาหารเสริมในบางโอกาส เมื่อกุ้งมีขนาดที่มีราคาก็จะจับขาย ต่อมาพบว่าลูกกุ้งที่ได้จากธรรมชาติลดน้อยลงทำให้ผลผลิตไม่คุ้มค่าจึงมีการเลี้ยงน้อยลงมาก แต่สำหรับประเทศไทย กรมประมงได้พยายามนำแม่พันธุ์กุ้งจากธรรมชาติมากระตุ้นให้วางไข่และผลิตลูกกุ้งปล่อยเสริมในธรรมชาติเพื่อเพิ่มปริมาณกุ้งแชบ๊วยในธรรมชาติ ต่อมาเมื่อมีการพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลแบบหนาแน่น (intensive farm) ได้มีความพยายามเลี้ยงกุ้งชนิดนี้เช่นกัน แต่ไม่ประสบความสำเร็จเนื่องจากกุ้งมีความอ่อนแอต่อการเปลี่ยนแปลง

คุณภาพของน้ำและสภาพแวดล้อม มักจะทยอยตายและหายไปจากบ่อก่อนจะมีขนาดที่ขายได้ การเลี้ยงกุ้งชนิดนี้จึงเงียบหายไป ประกอบกับได้มีการพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลชนิดอื่น ๆ ด้วย พบว่ากุ้งกุลาดำสามารถเลี้ยงได้ง่ายกว่า ขนาดตัวโตกว่า และมีปัญหาในการเลี้ยงน้อยกว่าสามารถเพิ่มผลผลิตได้อย่างต่อเนื่อง และขยายตลาดได้ทั่วโลกจนประเทศไทยสามารถเป็นประเทศที่ผลิตและส่งออกกุ้งกุลาดำได้สูงที่สุดในโลกยาวนานติดต่อกันหลายปี สำหรับประวัติการทดลองเพาะฟักกุ้งแชบ๊วยในประเทศไทยมีมากว่า 25 ปี และปัจจุบันเมื่อพบว่าการเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้ขยายตัวสูงสุด แต่ประสบปัญหาหลายประการโดยเฉพาะปัญหาโรคระบาด จึงเป็นจุดที่เริ่มมีการหันมาให้ความสนใจการเพาะฟักและการเลี้ยงกุ้งแชบ๊วยกันอีกครั้ง (สุพจน์ จึงแย้มปิ่น และชัยรัตน์ พุ่มช่วย, 2543)



รูปที่ 3 **กุ้งแชบ๊วย** (*Penaeus merguiensis* de Man)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมบัติของเลคตินในฮีโมลิมฟ์ของกุ้งแชบ๊วย
2. เพื่อทำให้เลคตินบริสุทธิ์จากซีรัมของกุ้งแชบ๊วย
3. เพื่อศึกษาสมบัติทางชีวเคมีของเลคตินบริสุทธิ์
4. เพื่อศึกษาบทบาททางชีวภาพเบื้องต้นของซีรัมเลคติน