1. บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

เลคติน (lectin) เป็นโปรตีนหรือไกลโคโปรตีน (glycoprotein) ที่จับกับคาร์โบไฮเดรตและสามารถทำให้เซลล์เกิดการเกาะกลุ่ม ซึ่งพบได้ในสิ่งมีชีวิตทั่วไป ในพืช เช่น ยางพารา (Wititsuwannakul *et al*., 1998) สัตว์มีกระดูกสันหลัง เช่น เลคตินจากไข่ปลาทูน่า (Jung *et al*., 2003) สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น เลคตินจากปู (Fragkiadakis and Stratakis, 1995) แบคทีเรีย เช่น เลคตินจาก *Agrobacterium.* (Kang *et al*.,1998) รา เช่น เลคตินจาก *Aleuria aurantia* (Kochibe and Furukawa, 1980) และไวรัส เลคตินที่พบในพืชทั่วไปจะพบที่เมล็ดซึ่งพืชที่พบเลคตินส่วนใหญ่พบในพืชตระกูลถั่ว (Leguminoseae) และพบในกลุ่มของธัญพืชตระกูล Garmineae แต่มีการศึกษาเลคตินในพืชตระกูลถั่วมากกว่าในพืชชนิดอื่น จึงมีการทำบริสุทธิ์และศึกษาสมบัติของเลคตินในพืชตระกูลถั่วอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเลคตินมีบทบาททางชีวภาพที่สำคัญหลายประการ บทบาทในการต่อต้านเชื้อโรคของพืช เช่น เลคตินจากเมล็ดของ *Talisia esculenta* จะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Fusarium oxysporum, Collectotrichum และ Saccharomyces cerevisiae* (Freire *et al*., 2002) การยึดแบคทีเรียไรโซเบียมของเลคตินที่ผิวของปมรากในพืชตระกูลถั่ว (Hamblin and Kent, 1973) และเลคตินของสัตว์มีกระดูกสันหลังบางชนิดถูกหลั่งเข้าสู่ระบบหมุนเวียนกระแสโลหิต เพื่อกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันและป้องกันการติดเชื้อ (Sharon and Lis, 1995) เนื่องจากเลคตินมีสมบัติในการจับจำเพาะกับน้ำตาลหรือคาร์โบไฮเดรต โดยตัวมันสามารถจับจำเพาะกับน้ำตาลบริเวณผิวเซลล์ได้มากกว่า 1 ตำแหน่ง ดังนั้นเลคตินจึงสามารถเหนี่ยวนำให้เซลล์เกิดการเกาะกลุ่มได้ เลคตินแต่ละชนิดจับจำเพาะกับผิวเซลล์แต่ละชนิดได้แตกต่างกัน จากสมบัติดังกล่าว เลคตินจึงถูกนำไปใช้ประโยชน์ในการวิจัยหลายสาขา ได้แก่ ชีวเคมี เซลล์วิทยา และวิทยาอิมมูน เช่น การใช้เลคตินในการแยกชนิดของเซลล์ตามความแตกต่างของน้ำตาลบนผิวเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปในกระบวนการต่าง ๆ เช่น การพัฒนาการเจริญเติบโตหรือการเปลี่ยนรูปแบบของเซลล์ (Oda *et al*., 1999; Sharon 1977) และได้มีการนำเลคตินไปใช้ในการแยกหมู่เลือดในธนาคารเลือด (Shanron and Lis, 1995) หรือการใช้เลคตินเป็นตัวนำยาหรือสารเคมี ซึ่งเลคตินบางชนิดมีความสามารถในการเข้าจับกับเซลล์ที่เจริญผิดปกติได้ จึงใช้เลคตินเป็นตัวนำยาหรือสารเคมีเข้าทำลายเซลล์ที่ผิดปกติ เช่น การใช้ Concanavalin A (Con A) ซึ่งเป็นเลคตินยึดติดกับยาต่อต้านเซลล์เนื้องอก พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ใน

หลอดทดลองได้ดีกว่าการใช้ยาอย่างเดียวโดยไม่มีเลคตินเป็นตัวนำยา (Kitao and Hattori, 1977) และ เลคตินจาก ground bean สามารถยับยั้ง HIV-1 transcriptase (Wong and NG, 2002)

การศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับการอุดตันของท่อน้ำยางในต้นยางพาราของคณะผู้วิจัย Pasitkul (2001) Rukseree (1998) และ Wititsuwannakul (1998) ได้พบว่ากระบวนการทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับการอุดตันของท่อน้ำยางในต้นยางพาราน่าจะเกิดขึ้นได้จากการประสานงานระหว่างการทำงานของกระบวนการหลัก 2 กระบวนการคือ กระบวนการที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการแตกของลูทอยด์ และกระบวนการที่ไม่ต้องอาศัยการทำงานของเอนไซม์ซึ่งโยงกับการเหนี่ยวนำที่ทำให้เกิดการเกาะกลุ่มระหว่างผนังของลูทอยด์ที่แตกแล้วกับอนุภาคยาง จากผลการศึกษาของ Pasitkul (2001) พบว่าในน้ำยางมี เลคตินชนิด hydrophobic ซึ่งเป็นเลคตินที่พบบนเมมเบรนของลูทอยด์และยังสามารถจับกับอนุภาคยางทำให้เกิดการเกาะกลุ่มของอนุภาคยางได้ ซึ่งจากงานวิจัยดังกล่าวทำให้ทราบถึงบทบาทของเลคตินในน้ำยางและกลไกของการอุดตันในท่อน้ำยางงานวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนซึ่งพบว่าที่บริเวณอุดตันที่ปลายท่อน้ำยางจะมีก้อนอุดตันที่ประกอบด้วยอนุภาคยางและผนังของอนุภาคลูทอยด์ที่แตกแล้วเกาะจับกันเป็นกลุ่มก้อน (Southorn, 1968)

ดังนั้นหลังจากการแตกของลูทอยด์จะทำให้เลคตินที่ฝังตัวอยู่ในบริเวณเมมเบรน ของลูทอยด์สามารถแสดงออกมาทำการเหนี่ยวนำให้เกิดการเกาะกลุ่มกับอนุภาคยาง การเกาะจับจำเพาะของเมมเบรนเลคตินกับอนุภาคยางนี้เกิดจากการที่ตัวรับ (receptor site) ของเลคตินสามารถจดจำกลุ่มของน้ำตาลซึ่งเป็นส่วนประกอบของไกลโคโปรตีนบนโปรตีนที่ผิวของอนุภาคยางทำให้เกิดการเกาะจำเพาะและรวมกันเป็นกลุ่มก้อนทำให้เกิดการอุดตันในท่อน้ำยางได้

ปรากฏการณ์การอุดตันของท่อน้ำยางโดยอาศัยเลคตินที่มาจากเมมเบรนเป็นตัวเหนี่ยวนำอนุภาคยางแขวนลอยในน้ำยางนี้นับว่าเป็นปรากฏการณ์ใหม่ที่พึ่งค้นพบในพืชที่ชี้ให้เห็นถึงหน้าที่ทางสรีระวิทยาของเลคตินที่มาจากเมมเบรนเพื่อให้พืชซึ่งไม่สามารถสร้างยางได้สามารถปิด (สมาน) บาดแผล นอกเหนือจากยางพาราแล้วปรากฏการณ์นี้น่าจะเกิดขึ้นได้กับพืชชนิดอื่นซึ่งไม่สามารถสร้างยางได้ด้วย จึงได้ทำการศึกษาหาเลคตินชนิด hydrophobic ในพืชล้มลุกตระกูลถั่ว (ถั่วฝักยาว)

การตรวจเอกสาร

1.1 การศึกษาเลคติน

การศึกษาเลคตินครั้งแรกโดย Stillmark (1888) ขณะที่เรียนปริญญาเอกที่ University of Dorpat in Estonia ได้ศึกษาสารพิษจากเมล็ดละหุ่ง (*Ricinus communis*) เป็นพืชในตระกูล *Euphorbiaceae* เรียกว่า ริซิน ซึ่งสามารถทำให้เม็ดเลือดแดงของคนและสัตว์เกาะกลุ่มได้ ต่อมายังพบเลคตินจากพืชชนิดอื่น เช่น อะบริน (abrin) จาก Jequirity seed (*Abrus precatorius*) (Lin *et al*.,1971) และเลคตินจากเมล็ด *Croton tiglium* จาก *Robinia pseudoacacia* (Stillmark, 1888)

เลคติน เป็นคำมาจากภาษาลาตินคือ “ Legere” หมายถึง เลือก (select or choose) ทั้งนี้เพราะเลคตินมีความสามารถจับกับเม็ดเลือดแดงแต่ละชนิดได้แตกต่างกัน เลคตินบางชนิดสามารถจับจำเพาะกับหมู่เลือด (blood group) ของคนได้ต่างกัน เลคตินถูกพบครั้งแรกในพืชจึงเรียกว่า ไฟโตฮีมแอคกลูตินิน (phytohemagglutinin) หรือ ฮีมแอก กลูตินิน (hemagglutinin) ดังนั้นเลคตินในตอนต้นจึงหมายถึง โปรตีนจากพืชที่สามารถทำให้เม็ดเลือดแดงของสัตว์ต่าง ๆ เกาะกลุ่มได้ ต่อมาได้มีการค้นพบเลคตินจากสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ อีก เช่น เลคตินจากไวรัส (virus) แบคทีเรีย (bacteria) และสัตว์ (Jensen *et al*., 1997) นอกจากนี้ยังพบว่าเลคตินยังมีความสามารถทำให้เซลล์ชนิดอื่น ๆ เกาะกลุ่มได้ด้วย เช่น ไฟโบรบลาสต์ (fibroblast) ลิมโฟไซท์ (lymphocyte) ตัวอสุจิ (spermatozoa) และเซลล์เนื้องอก (tumer cell) และจุลินทรีย์ต่าง ๆ เป็นต้น ดังนั้นความหมายของเลคตินจึงถูกขยายเป็นโปรตีนที่ได้จากพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ต่าง ๆ อาจอยู่ในรูปของสารละลายหรือส่วนประกอบของเมมเบรน (membrane) ซึ่งมีความสามารถจับจำเพาะกับน้ำตาลและทำให้เซลล์สามารถเกาะกลุ่มได้ (Sharon and Lis, 1972) แต่ก่อนเชื่อว่าเลคตินเป็นแอนติบอดี (antibody) ในพืช แต่จากการศึกษาพบว่า เลคตินเป็นโปรตีนที่อยู่ในสิ่งมีชีวิตซึ่งมีความจำเพาะกับโมเลกุลของน้ำตาลหรือคาร์โบไฮเดรต ส่วนสารแอนติบอดีเป็นโปรตีนที่ถูกกระตุ้นให้สร้างขึ้นโดยระบบภูมิคุ้มกัน (immune system) ในสัตว์ชั้นสูงเมื่อมีสิ่งแปลกปลอม เข้าสู่ร่างกายสิ่งแปลกปลอมจะกระตุ้นให้ระบบภูมิคุ้มกันสร้างแอนติบอดีขึ้นแอนติบอดีที่ถูกสร้างขึ้นจะมีความจำเพาะกับโมเลกุลของสิ่งแปลกปลอมนั้นซึ่งอาจจะเป็น กรดอะมิโน โปรตีน หรือ กรดนิวคลีอิก หรือคาร์โบไฮเดรต (Sharon, 1977) นอกจากนี้เลคตินไม่ได้ทำหน้าที่เป็น เอนไซม์ หรือ ฮอร์โมน เพียงแต่สามารถเกาะจับจำเพาะได้กับน้ำตาลเท่านั้น และการจับของเลคตินกับน้ำตาลจะจับกันอย่างหลวม ๆ สามารถแยกออกจากกันได้ และการเกาะกลุ่มของเลคตินกับน้ำตาล (glycoconjugate) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของไกลโคโปรตีน ถูกยับยั้งได้โดยน้ำตาลที่มีความจำเพาะกับเลคติน (Sharon, 1977; Barondes, 1988) ต่อมา Kocourek และ Horejsi (1981) ได้ขยายความใหม่ว่า

เลคติน คือ โปรตีนที่สามารถทำให้เซลล์เกาะกลุ่ม (agglutinate) หรือทำให้สารคาร์โบไฮเดรตตกตะกอนได้ (precipitate) เนื่องจากโมเลกุลของเลคตินมีบริเวณจับจำเพาะ (binding site) ที่ทำให้เซลล์เกาะกลุ่ม โดยจับกับน้ำตาลได้อย่างน้อย 2 ตำแหน่ง เลคตินไม่ได้มาจากระบบภูมิคุ้มกันและไม่ได้เป็นเอนไซม์ หรือ ฮอร์โมน

Goldstein และคณะ (1980) ได้ให้คำนิยามของเลคตินว่า เลคติน คือ โปรตีนหรือไกลโคโปรตีนที่ไม่ได้มาจากระบบภูมิคุ้มกันซึ่งจับกับคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate binding protein) สามารถทำให้เซลล์เกิดการเกาะกลุ่มหรือทำให้สารประกอบคาร์โบไฮเดรตตกตะกอนได้โดยได้รับการรับรองจากคณะกรรมการการตั้งชื่อของ International Union of Biochemistry

1.2 แหล่งที่พบเลคติน

เลคตินพบได้ทั่วไปทั้งในพืช สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและมีกระดูกสันหลัง รวมทั้งสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นดังได้กล่าวแล้วข้างต้น ซึ่งเลคตินถูกค้นพบครั้งแรกในพืชและนำไปสู่การพบ เลคตินในแหล่งอื่น แต่มีการศึกษาสมบัติของเลคตินในพืชมากกว่าแหล่งอื่น (Linener *et al*., 1986) เลคตินในแต่ละแหล่งก็จะมีสมบัติที่แตกต่างกัน และจากการศึกษาเลคตินในพืช พบว่าในพืชตระกูลถั่วเป็นพืชที่มีการศึกษากันมากโดยเฉพาะในเมล็ด (Sharon and Lis, 1972) และพบเลคตินปริมาณมากในส่วนของใบเลี้ยง (cotyledon) ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อสำหรับเก็บอาหารไว้ใช้ขณะมีการงอกของเมล็ด นอกจากพบเลคตินในส่วนของใบเลี้ยงแล้วยังพบเลคตินในส่วนของเอมบริโอ (embryo) และเปลือกหุ้มเมล็ดแต่จะพบเลคตินปริมาณน้อยในส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ด (Pueppke *et al*., 1978) และจากการศึกษาของ Howard และคณะ (1972) พบว่าเลคตินจากถั่วแขกจะพบเฉพาะเมล็ดที่เจริญเต็มที่แล้วเท่านั้น

1.2.1 พืชใบเลี้ยงคู่

ในพืชใบเลี้ยงคู่ส่วนใหญ่จะทำการศึกษาเลคตินในพืชตระกูลถั่ว โดยจะพบเลคตินปริมาณมากที่สุดในเมล็ด เลคตินจะถูกสะสมในรูปของโปรตีนสะสม (Pusztai, 1991) และพบเลคตินส่วนใหญ่ในส่วนของใบเลี้ยง (Van Driessche, 1988) จากการศึกษาการกระจายของเลคตินในถั่วลิสง (*Arachis hypogaea)* พบเลคตินมากกว่า 90% อยู่ที่ใบเลี้ยง และเลคตินส่วนที่เหลือจะพบในส่วนที่อยู่ใต้ใบเลี้ยง (hypocotyledon) ลำต้น ใบ และพบเลคตินปริมาณน้อยที่รากอ่อน (Pueppke, 1979) นอกจากนี้ Pueppke และคณะ (1978) ได้ศึกษาการกระจายตัวของเลคตินในถั่วเหลือง พบในส่วนของใบเลี้ยงมีปริมาณของเลคตินมากที่สุด และจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อถั่วเหลืองโตเป็นต้นกล้าที่มีอายุประมาณ 16-18 วัน จะไม่พบแอคติวิตีของเลคติน Castresana และคณะ (1987) ได้ทำการศึกษาการกระจายตัวของเลคตินจากถั่วแดงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต

พบเลคตินปริมาณมากในช่วงระยะพักตัวของเมล็ด ใบเลี้ยงและ ใบคู่แรก (primary leave) และพบเลคตินปริมาณน้อยมากในช่วงของใบที่มีลักษณะประกอบด้วย 3 ใบย่อยในหนึ่งก้านใบ (trifoliated leave) และ ในฝัก (pod) เมื่อศึกษาการกระจายตัวของเลคตินในถั่วพลูพบเลคตินปริมาณน้อยในส่วนของลำต้นและราก (Meimeth *et al.,* 1982)

พืชตระกูล Solanaceae ได้แก่ มะเขือเทศ (*Lycopericon esculentum*) มันฝรั่ง (*Solanom tuberosum*) และลำโพง (*Datura stramonium*) พบเลคตินจากมันฝรั่งมีน้ำหนักโมเลกุลรวม 100,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันคือ 50,000 ดาลตัน (Allen *et al*., 1978; Owens and Northcote,1980) และจากการศึกษาของ Leach และคณะ (1983) พบว่าเลคตินจากมันฝรั่งสามารถทำให้แบคทีเรียเกิดการเกาะกลุ่มได้ เลคตินจากลำโพงมีน้ำหนักโมเลกุลรวม 85,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกันคือ 40,000 ดาลตัน และ 45,000 ดาลตัน (Kilpatrick and Yeoman, 1978) ส่วนเลคตินจากมะเขือเทศจะพบแอคติวิตีของ เลคตินมากในส่วนของน้ำมะเขือเทศ และพบแอคติวิตีของเลคตินเพียงเล็กน้อยในส่วนของ เมล็ด ใบ ลำต้น และผิวของเขือเทศ (Kilpatrick, 1980) ซึ่งเลคตินของพืชตระกูลนี้จะมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบประมาณ 50% ของน้ำหนัก และเลคตินจากมะเขือเทศ มันฝรั่ง และลำโพง มีความจำเพาะต่อน้ำตาล N-acetylglucosamine เหมือนกัน (Kilpatrick,1980; Kilpatrick and Yeoman, 1978)

พืชตระกูล Cucurbitaceae ได้แก่ ฟักทอง (*Cucurbita maxima*) แฟง *(Cucurbita pepo*) แตงกวา (*Cucumis satiVSA*) และ เมลอน (*Cucumis melo*) การสกัดและทำบริสุทธิ์เลคตินส่วนใหญ่จะสกัดเลคตินจากส่วนของเหลวที่อยู่ในท่ออาหาร (phloem exudates) เนื่องจากพบแอคติวิตีของเลคตินปริมาณมาก แต่จะไม่พบแอคติวิตีของเลคตินในส่วนของเมล็ดและในต้นกล้าที่มีอายุ 5 วัน (Sabnis and Hart, 1978) Togun และคณะ (1994) ทำการศึกษาเลคตินจากฟักทอง *Telfairia occidentalis* พบเลคตินมีน้ำหนักโมเลกุลรวม 180,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 6 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันคือ 30,000 ดาลตัน และเลคตินสามารถกระตุ้นการแบ่งตัวของเซลล์ T-lymphocyte ได้ นอกจากนี้ยังพบแอคติวิตีของเลคตินจากแตงกวา เมลอน และแฟง (Allen, 1979)

พืชตระกูล Euphorbeaceae ได้แก่ ยางพารา, ละหุ่ง, มันสำปะหลัง จากการศึกษาเลคตินในเปลือกของต้นยางพารา พบเลคตินมีน้ำหนักโมเลกุลรวม 14,000 ดาลตัน (Wititsuwannakul *et al.,* 1998) เลคตินจากน้ำยางพบเลคตินมีน้ำหนักโมเลกุล 412,000 ดาลตัน

ประกอบด้วย 24 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันคือ 17,000 ดาลตัน และแอคติวิตีของเลคตินไม่สามารถยับยั้งด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวได้ (Pasitkul, 2001)

1.2.2 พืชใบเลี้ยงเดี่ยว

เลคตินที่พบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวส่วนใหญ่พบในกลุ่มธัญพืช ได้แก่ พืชในตระกูล Graminaceae เช่น ข้าวสาลี (wheat Germ) บาร์เลย์ (barley) ไรย์ (rye) ข้าว (rice) ข้าวโอ๊ต (oat) และ เพิร์ล มิลเลต (pearl millet) Peaumans และคณะ (1982) ได้ทำการศึกษาเลคตินจากบาร์เลย์ และไรย์ โดยสกัดเลคตินจากส่วนของเอมบริโอ พบเลคตินมีน้ำหนักโมเลกุลรวมเท่ากันคือ 36,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากัน คือ 18,000 ดาลตัน จากการศึกษาของ Allen และ Neuberger (1972) พบเลคตินจากข้าวสาลี มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 36,000 ดาลตัน ส่วนเลคตินจากเมล็ดข้าว พบเลคตินมีน้ำหนักโมเลกุลรวม 36,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันคือ 18,000 ดาลตัน (Poola, 1986) และจากศึกษาการกระจายตัวของ เลคตินในพืชตระกูลนี้ พบเลคตินปริมาณมากในส่วนของเอมบริโอ หมวกราก (root cap หรือ coleorhiza) รากแรกที่จะแทงจากเมล็ดแล้วงอกต่อไปเป็นราก (radicle coleoptile) และในรากอ่อน (primary root) แต่จะไม่พบเลคตินใน ข้าวโอ๊ต และเพิร์ลมิลเลต (Mishkind *et al.,* 1983)

พืชตระกูล Liliaceae เช่น ว่านหางจระเข้พบเลคตินประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกันคือ 18,000 และ 24,000 ดาลตัน ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 12% และ 18% ตามลำดับ และเลคตินมีความสามารถในการกระตุ้นการแบ่งตัวของลิมโฟไซต์ (Suzuki *et al.,* 1979)

พืชตระกูล Araceae พบเลคตินส่วนใหญ่ในส่วนหัวของพืช (tubers) เช่น *Arisaema consanguineum* Schott (ACA), *Arisaema curvatum* Kunth (ACmA), *Sauromatum guttatum* Schott (SGA) และ *Gonatanthus pumilus* Schott (GPA) จากการศึกษาพบเลคตินจาก ACA, AcmA และ SGA มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 49,000 ดาลตันประกอบด้วย 4 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันคือ 13,000 ดาลตัน และเลคตินจาก GPA มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 43,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 4 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันคือ 13,000 ดาลตัน และจากการศึกษาคาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบของเลคติน พบว่าเลคตินจาก ACA, ACmA, GPA และ SGA ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 0.71, 1.58, 4.10 และ 0.47% ตามลำดับ และแอคติวิตีของเลคตินสามารถยับยั้งได้ด้วย asialofetuin เท่านั้น สมบัติในการเกาะกลุ่มเม็ดเลือดแดงพบว่าเลคตินจาก ACA, ACmA, GPA และ SGA สามารถทำให้เม็ดเลือดแดงของกระต่าย หนู แพะ

และ แกะ เกิดการเกาะกลุ่มได้ ยกเว้นเลคตินจาก SGA ที่ไม่สามารถทำให้เม็ดเลือดแดงของแพะเกิดการเกาะกลุ่มได้ และเลคตินทั้ง 4 ชนิด ไม่สามารถทำให้เม็ดเลือดแดงของคนเกาะกลุ่มได้ (Shangary *et al*., 1995)

พืชตระกูล Amaryllidaceae และ Alliacae พบเลคตินในพืชกลุ่มนี้จะจับจำเพาะกับน้ำตาลแมนโนส และมีองค์ประกอบของกรดอะมิโนและลักษณะโครงสร้างของโมเลกุลที่คล้ายกัน และพบเลคตินมีลักษณะประกอบไปด้วยหน่วยโปรตีนย่อย 2 หน่วยหรือ 4 หน่วย ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลรวม 25,000 ดาลตัน และ 50,000 ดาลตัน ตามลำดับ และหน่วยย่อยมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 11,500-14,000 ดาลตัน และเลคตินที่มีลักษณะประกอบด้วยหน่วยโปรตีนย่อย 2 หน่วย ได้แก่ *Narcissus* cvs, *Leucojum aestivum, Leucojum vernum, Clivia miniata, Allium sativum*, *Allium moly, Allium ursinum* และ *Allium vineale* ส่วนเลคตินที่มีลักษณะประกอบด้วยหน่วยโปรตีนย่อย 4 หน่วย ได้แก่ *Gunlanthus nivalis, Hippeastrum hybr., Allium cepa* และ *Allium porrum* (Van Damme *et al*., 1991)

1.2.3 พืชชั้นต่ำ

เลคตินที่พบในพืชชั้นต่ำ เช่น เห็ด รา เลคตินที่พบส่วนใหญ่ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยขึ้นไป มีจำนวนหน่วยย่อยที่แตกต่างกัน ซึ่งหน่วยย่อยของเลคตินอาจจะมีน้ำหนักโมเลกุลที่เท่ากันหรือแตกต่างกัน ตัวอย่างของเลคตินที่มีน้ำหนักโมเลกุลของหน่วยย่อยเท่ากัน เช่น เลคตินจากเห็ด *Hygrophorus hypothejus* มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 68,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 4 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุล 17,000 ดาลตัน (Vaeu *et al.,* 1999) เลคตินจากเห็ด *Mycoleptodonoid aitchisonii* มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 64,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 4 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุล 16,000 ดาลตัน (Kawagishi *et al.,* 2001) เลคตินจากเห็ด *Phaeolepiota aurea* มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 64,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 4 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุล 16,000 ดาลตัน (Kawagishi *et al.,* 1996) ตัวอย่างของเลคตินที่มีหน่วยย่อยแตกต่างกันเช่น เลคตินจากเห็ด *Hercium erinaceum* มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 54,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุล 15,000 ดาลตัน และ 16,000 ดาลตัน (Kawagishi *et al.,* 1994)

1.2.4 สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

เลคตินที่พบส่วนใหญ่อยู่ในสัตว์ไฟลัมอาร์โธรพอด (arthropod) ได้แก่ กุ้ง (Cominetti *et al*., 2002) ปู (Umetsu *et al*., 1991) และในไฟลัมมอลลัส (mollusk) ได้แก่ หอย (Bulgakov *et al*., 2004) ซึ่งจะพบเลคตินได้ในส่วนของฮีโมลิมฟ์ เช่น เลคตินจากซีรัมของกุ้ง *Penaeus indicus* มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 181,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุล 84,000 และ 97,000 ดาลตัน (Maheswari *et al*., 1997) เลคตินจากซีรัมของกุ้งกุลาดำมีน้ำหนักโมเลกุล

รวม 420,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 16 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุล 27,000 ดาลตัน มีความจำเพาะกับกรดไซอะลิค และสามารถเหนี่ยวนำเม็ดเลือดแดงของคนหมู่ O และแบคทีเรีย *Vibrio vulnificus* ให้เกิดเกาะกลุ่มได้ (Ratanapo and Chulavatnatol, 1990) และจากการศึกษาของ Fragkiadakis และ Stratakis (1995) พบว่าเลคตินจากฮีโมลิมฟ์ของกุ้ง *Parapenaeus longirostris* สามารถเหนี่ยวนำแบคทีเรีย *Pseudomonas aeruginosa* และ *Escherichia coli* ให้เกิดการเกาะกลุ่มได้ Suzuki และ Katsuyoshi (1989) ได้ทำการศึกษาเลคตินจากฮีโมลิมฟ์ของหอยนางรม *Pinctada fucata martensii* พบว่าเลคตินมีน้ำหนักโมเลกุลรวม 440,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 22 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันคือ 20,000 ดาลตัน เลคตินจากหอย *Belamyia bengalensis* มีน้ำหนักโมเลกุลรวมและหน่วยย่อย 33,000 ดาลตัน ซึ่งเลคตินสามารถกระตุ้นการแบ่งตัวของเซลล์ T-lymphocyte ได้ (Banerjee *et al*., 2003) เลคตินจากฮีโมลิมฟ์ของแมงดาทะเล *Limulus polyphemus* มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 170,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 24 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุล 70,000 ดาลตัน โดยเลคตินมีจำเพาะกับน้ำตาล N-acetylhexosamine (Tsuboi *et al*., 1996)

1.2.5 สัตว์มีกระดูกสันหลัง

เลคตินในสัตว์มีกระดูกสันหลังพบในรูปของเลคตินที่เป็นสารละลาย ได้แก่ เลคตินจากปลาทูน่า *Katsuwonus pelamis* จากการศึกษาของ Jung และคณะ (2003) พบเลคตินมีน้ำหนักโมเลกุลรวม 140,000 ดาลตันประกอบด้วย 4 หน่วยย่อยที่มี น้ำหนักโมเลกุล 35,000 ดาลตัน มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบ 14% ของน้ำหนัก สามารถเหนี่ยวนำการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดงของคนหมู่ A ได้ มีความจำเพาะกับ น้ำตาลกาแลคโตสและอนุพันธ์ของน้ำตาลกาแลคโตส จากการศึกษาของ Holmskov และคณะ (1994) พบคอลเลคติน (collectin) ซึ่งเป็นเลคตินที่พบในนกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยพบคอลเลคตินจาก 2 แหล่งคือ คอลเลคตินที่พบในซีรัมมี 3 ประเภทได้แก่ mannose binding protein (MBP) คอลกลูตินิน และ CL-43 ซึ่งถูกสังเคราะห์จากตับ โดยพบครั้งแรกในตับกระต่าย และต่อมาพบในตับหนู และคอลเลคตินที่พบที่ผิวเนื้อเยื่อของปอดพบคอลเลคติน 2 ชนิดคือ SP-A, SP-B ซึ่งจะถูกสังเคราะห์ที่เซลล์ถุงลมของปอด จากการศึกษาน้ำหนักโมเลกุลพบว่า MBP มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 28,000 ดาลตัน และ SP-A น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 28,000-36,000 ดาลตัน โดยคอลเลคตินเป็นเลคตินที่มีโครงสร้างคล้ายคอลลาเจน ประกอบอยู่ในโมเลกุล (Holmskov *et al*., 1994)

จากการศึกษาเลคตินจากสัตว์พบว่าเลคตินประกอบด้วยหลายหน่วยย่อย แต่ละหน่วยย่อยมีบริเวณที่สามารถจับกับจำเพาะกับคาร์โบไฮเดรตคือ CRD (carbohydrate

recognition domain) โดยสามารถแบ่งเลคตินจากการเปรียบเทียบการเรียงตัวของกรดอะมิโนที่พบใน CRD ได้ 4 กลุ่มคือ เลคตินชนิด C (C-type lectin) เลคตินชนิด S (S-type lectin) เลคตินชนิด P (P-type lectin) และเพนตราซิน (pentraxins) (Sharon, 1993; Drickamer and Taylor, 1993)

เลคตินชนิด C (C-type, calcium-dependent)

เลคตินชนิดนี้ส่วนใหญ่จะพบในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังพบในส่วนของ ซีรัม(serum) เมทริกซ์นอกเซลล์ (extracellular matrix) และในส่วนของเมมเบรน แต่ยังสามารถพบในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหลายชนิดเช่น แมลง (*Sarcophaga peregrina*) (Takahashi *et al.,* 1985) เม่นทะเล (*Anthocidaris crassispin)* (Giga *et al.,* 1987) เพรียง (*Megabalanu rosa)* (Muramoto and Kamiya, 1990) และปลิงทะเล (*Stichopus japonicus*) (Himeshima *et al., 1994*) นอกจากยังพบได้ในสัตว์ชั้นต่ำเช่น พบในพิษงู (venom proteins) (Hirabayashi *et al.,* 1991; Usami *et al.,* 1993; Tekeya *et al.,*1992) และยังพบในปลาซึ่งทำหน้าที่เป็นโปรตีนต้านการแข็งตัว (antifreeze proteins) (Ewart *et al.,*1992; Ewart and Fletcher, 1993) เลคตินของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีน้ำหนักโมเลกุลหลายขนาดจาก 15,000 ดาลตัน (Suzuki *et al.,* 1990) จนถึง 165,000 ดาลตัน (Stahl,1992) เลคตินชนิด C มีความจำเพาะกับน้ำตาลหลายชนิดและต้องการ Ca^{2+} ช่วยในการจับกับคาร์โบไฮเดรต

เลคตินชนิด S (S-type, thiol-dependent)

เลคตินชนิด S หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า กาแลคตินเป็นโปรตีนที่มีขนาดเล็ก และเป็นโปรตีนที่มีความจำเพาะเป็นพิเศษกับน้ำตาลแลคโตซามีน และเบตา-กาแลคโตไซด์อื่นๆ (Hirabayashi and Kasai, 1993; Drickamer and Taylor, 1993; Barondes *et al.,* 1994) กาแลคตินเป็นโปรตีนที่สามารถละลายได้ในน้ำและไม่ต้องการ Ca^{2+} ช่วยในการจับกับคาร์โบไฮเดรต กาแลคตินแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ กาแลคติน 1, กาแลคติน 3 และ กาแลคติน 4 ตามลำดับ (Arason, 1996) แหล่งที่พบกาแลคตินสามารถพบได้ใน ฟองน้ำ (sponge), หนอนตัวกลม (nematodes), กบ (Xenopus*)* ไก่ และตับคน (Hirabayashi *et al*., 1992; Pfeifer *et al*., 1993; Hirabayashi and Kasai, 1993)

เลคตินชนิด P (P-type lectin)

เลคตินชนิด P มี 2 ชนิดคือ cation-dependent mannose 6-phosphate receptor (CD-MRP) และ insulin-like growth factor II/mannose 6-phosphate receptor (IGF-II/MRP) ซึ่ง เลคตินทั้งสองชนิดเป็นโปรตีนที่อยู่ในภายในเมมเบรน (intracellular transmembrane proteins) โดยเลคตินชนิด P มีความสำคัญต่อ lysosome คือ lysosomal enzyme ที่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่จะมีน้ำตาล mannose 6-phosphate เป็น signal ที่มีความจำเพาะกับ CD-MRP ในการขนส่งไปยัง endosome โดยเมื่อมีการสร้าง lysosomal enzyme ขึ้นมาแล้ว lysosomal enzyme จะถูก glycosylated ด้วยน้ำตาล mannose 6-phosphate ซึ่งเป็น signal ที่มีความจำเพาะกับ CD-MRP ใน tran-Golgi network (TGN) จากนั้น lysosomal enzyme ที่จับอยู่กับ CD-MRP จะถูกส่งไปยัง endosome compartments และในระยะ late endosome ซึ่งมีสภาวะเป็นกรด CD-MRP จะหลุดออกจาก lysosomal enzyme และกลับไปยัง TGN จากนั้น lysosomal enzyme จะรวมตัวกันและเกิดเป็น lysosomes ส่วน IGF-II/MRP จะทำหน้าที่ในการจับกับ peptide hormone ที่ไม่ถูก glycosylated เพื่อนำไปทำลายใน lysosome (Dahms and Hancock, 2002)

เพนตราซิน (Pentraxins)

เพนตราซินพบได้ใน ปลาเทร้าท์ และ กบ (*Xenopus*) (Nguyen *et al.,* 1986a, b; VSAta *et.al*.,1994) เพนตราซินมีบทบาทในการป้องกันตัวคือ เพนตราซินสามารถจับกับน้ำตาลบนผิวเซลล์ของแบคทีเรียโดยอาศัย Ca^{2+} ในการช่วยจับกับน้ำตาลบนผิวเซลล์ และจะพบเพนตราซินในซีรัมเมื่อเกิดการติดเชื้อ (Kolb-Bachofen, 1991; Tennent and Pepys, 1994)

1.2.6 จุลินทรีย์

จากการศึกษาของ Gusils และคณะ (1999) พบเลคตินจากแบคทีเรียในลำไส้ของไก่ โดยเลคตินสามารถทำให้เซลล์ยีสต์และเม็ดเลือดแดงของไก่เกิดการเกาะกลุ่ม และเลคตินนี้ถูกยับยั้งได้โดย 0.2 M แมนโนส พบเลคตินที่ผนังเซลล์ของ baker yeast, *Saccharomyces cerevisiae* มีน้ำหนักโมเลกุล 13,000 ดาลตัน มีความจำเพาะกับน้ำตาลแมนโนสและกาแลคโตส (Shankar and Umesh-kumar, 1994; Stratford and Carter, 1993) และมีขนาดใกล้เคียงกับเลคตินจาก brewer yeast ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 10,000 ดาลตัน (Straver *et al*., 1994) ส่วนเลคตินที่แยกได้จากไมซีเลียม (mycelium) ของรา *Beauveria bassiana* โมเลกุลประกอบด้วยน้ำตาลกาแลคโตส (galactose) และแมนโนส สามารถเสถียรอยู่ได้ที่ pH 6-11 ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50 °ซ (Kossowska *et al*., 1999)

1.3 การสกัดและการทำบริสุทธิ์เลคติน

1.3.1 เลคตินชนิดละลายน้ำได้ (soluble lectin)

เลคตินสามารถสกัดได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ลำต้น ใบ เปลือก ราก และน้ำยาง โดยอาศัยเทคนิคทางชีวเคมี เช่น การแยกโดยวิธีการตกตะกอนด้วยเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต หรือ ตกตะกอนด้วยอะซิโตนที่ความอิ่มตัวต่าง ๆ กัน หรือการทำบริสุทธิ์โดยอาศัยเทคนิคทางโครมาโทกราฟฟีชนิดต่าง ๆ ตามความเหมาะสม เช่น การทำบริสุทธิ์โปรตีนโดยอาศัยความแตกต่างของน้ำหนักโมเลกุล (gel filtration chromatography) การแยกโดยอาศัยการแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange chromatography) หรือแยกโดยอาศัยความสามารถในการจับจำเพาะของเลคตินกับน้ำตาลหรือคาร์โบไฮเดรต (affinity chromatography) หรือการทำบริสุทธิ์เลคตินโดยวิธี FPLC (fast protein liquid chromatography) เช่น การทำบริสุทธิ์เลคตินจากเห็ด (*Mycoleptodonoides aitchisoni*) โดยใช้โครมาโทกราฟฟีแบบจำเพาะ และ โครมาโทกราฟฟีที่อาศัยความแตกต่างของน้ำหนักโมเลกุลชนิด Superose 12HR10/30 FPLC system (Kawagishi *et al.,* 2001) แต่โดยทั่วไปจะใช้วิธีต่างร่วมกัน เช่น การทำบริสุทธิ์ เลคตินจาก Great Northern bean (*Phaseolus vulgaris* L.) ทำบริสุทธิ์โดยตกตะกอนด้วยเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต จากนั้นทำบริสุทธิ์โดยอาศัยการแลกเปลี่ยนประจุ และอาศัยความแตกต่างของน้ำหนักโมเลกุล (Kamemura *et al*., 1993) การทำบริสุทธิ์เลคตินจากปลา blue gourami, *Trichogaster trichopterus* (Pallus) ทำบริสุทธิ์โดยตกตะกอนด้วยเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต แล้วทำบริสุทธิ์เลคตินต่อโดยผ่านคอลัมน์แบบจำเพาะ (N-acetyl-D-galactosamine) และคอลัมน์ที่อาศัยความแตกต่างของน้ำหนักโมเลกุลโดยผ่านคอลัมน์ Bio-gel P-100 (Fock *et al.,* 2000) การทำบริสุทธิ์เลคตินจากมะเขือเทศโดย ตกตะกอนด้วยเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต จากนั้นทำบริสุทธิ์เลคตินต่อด้วยคอลัมน์แบบจำเพาะ (fetuin-Sepharose) (Owens and Northcote, 1980) การทำบริสุทธิ์เลคตินจากหอยกาบ Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) โดยผ่านเลคตินด้วยคอลัมน์แบบจำเพาะ (mucin-sepharose) จากนั้นทำบริสุทธิ์เลคตินต่อโดยอาศัยการแลกเปลี่ยนประจุ (DEAE-Toyoperl) และอาศัยความแตกต่างของน้ำหนักโมเลกุล (Bulgakov *et al.,* 2004) การทำบริสุทธิ์เลคตินจากหอย *Limax flavus* ทำบริสุทธิ์โดยตกตะกอนด้วยเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต จากนั้นทำบริสุทธิ์เลคตินต่อด้วยคอลัมน์แบบจำเพาะ (mucin Sepharose 4B) (Miller *et al*., 1982)

1.3.2 **เลคตินชนิดที่ไม่ละลายน้ำ** (membrane lectin)

จากการศึกษาเลคตินชนิดไม่ละลายน้ำส่วนใหญ่ศึกษาในเนื้อเยื่อจากตับสัตว์ ดังนั้นในการสกัดเลคตินจึงมีความจำเป็นต้องอาศัยสาร detergent เพื่อช่วยในการละลายเลคตินที่ติดแน่นอยู่กับเมมเบรนออกมา ซึ่ง detergent ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปได้แก่ Triton X-100 (polyethylene glycolbase) พบว่าเลคตินชนิดไม่ละลายน้ำต้องการไดวาเลนท์แคทไอออนเช่น

Ca^{2+} ช่วยในการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง ตัวอย่างเลคตินที่ไม่ละลายน้ำ เช่น เลคตินจากตับคนมีน้ำหนักโมเลกุล 41,000 ดาลตัน และมีความจำเพาะกับน้ำตาลแมนโนส (Baenziger and Maynard, 1980) เลคตินจากกระต่ายประกอบด้วย 2 หน่วยย่อย ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 48,000 และ 40,000 ดาลตันตามลำดับ มีความจำเพาะกับน้ำตาลแมนโนส (Kawasaki and Ashwell, 1976) เลคตินจากตับหนูมีน้ำหนักโมเลกุลรวม 194,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 6 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันคือ 32,000 ดาลตัน มีความจำเพาะกับน้ำตาล N-acetylmanosamine มากที่สุด รองลงมาคือ N-acetylglucosamine และ mannose ตามลำดับ (Mizuno *et al.,* 1981) เลคตินชนิดไม่ละลายน้ำจากพืช เช่น เลคตินจากน้ำยางพารามีน้ำหนักโมเลกุลรวม 420,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 24 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันคือ 17,000 ดาลตัน (Pasitkul, 2001)

1.4 สมบัติทางชีวภาพของเลคติน

1.4.1 การเหนี่ยวนำให้เซลล์เกาะกลุ่ม

การศึกษาเลคตินส่วนใหญ่โดยติดตามความสามารถในการทำให้เซลล์เกิดการเกาะกลุ่ม ซึ่งเซลล์เกิดการเกาะกลุ่มโดยมีเลคตินเป็นเสมือนตัวเชื่อมระหว่างเซลล์โดยอาศัยสมบัติการจดจำหรือจับจำเพาะกับน้ำตาลบนผิวเซลล์ และเลคตินเองมีบริเวณที่สามารถจดจำหรือจับได้มากกว่า 1 ตำแหน่ง มีเซลล์หลายชนิดที่สามารถเกาะกลุ่มโดยการเหนี่ยวนำของเลคตินเช่น เซลล์เม็ดเลือดแดง ลิมโฟไซต์ ไฟโบรบลาส และ อสุจิ แต่ส่วนใหญ่จะใช้เซลล์เม็ดเลือดแดงในการติดตามแอคติวิตีของเลคติน การที่เลคตินสามารถทำให้เซลล์เกิดการเกาะกลุ่มได้ขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ ปัจจัยภายใน ได้แก่ สมบัติของเลคตินเอง (จำนวนบริเวณที่สามารถจับจำเพาะกับน้ำตาลและขนาดของโมเลกุลของเลคติน) และสมบัติของผิวเซลล์ (จำนวนแหล่งจับของน้ำตาล) และปัจจัยภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ ความเข้มข้นของเซลล์

เลคตินบางชนิดไม่สามารถทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงเกิดการเกาะกลุ่มได้แต่ถ้าหากใช้เอนไซม์ทริปซิน (trypsin) หรือเอนไซม์นิวรามิเดส (nuramidase) ย่อยที่ผิวเซลล์ของเม็ดเลือดแดงจะสามารถทำให้เม็ดเลือดแดงสามารถเกิดการเกาะกลุ่มได้ เช่น เลคตินจาก Con A สามารถทำให้เม็ดเลือดแดงเกิดเกาะกลุ่มได้เมื่อย่อยผนังเซลล์ของเม็ดเลือดแดงด้วยเอนไซม์ทริปซิน หรือเลคตินจากถั่วลิสงไม่ทำให้เม็ดเลือดแดงปกติเกาะกลุ่มแต่เมื่อย่อยด้วยเอนไซม์นิวรามิเดส พบว่ามีการเกาะกลุ่มเกิดขึ้น (Lis and Sharon, 1977) เช่นเดียวกับเลคตินจาก *Cicer arietium* ไม่สามารถทำให้เม็ดเลือดแดงของสัตว์บางชนิดและของคนเกิดการเกาะกลุ่ม แต่เมื่อย่อยผิวเซลล์ของเม็ดเลือดแดงด้วยเอนไซม์ทริปซินแล้วพบว่าเม็ดเลือดแดงสามารถเกิดการเกาะกลุ่ม (Korberg

et al., 1983) เลคตินจากเมล็ด *Sarothamnus welwitschii* และจาก *Phaseolus limensis* (lima bean) สามารถทำให้เม็ดเลือดแดงของคนหมู่ A เกิดการเกาะกลุ่มได้ภายหลังจากผิวเซลล์ของเม็ดเลือดแดงถูกย่อยด้วยเอนไซม์ทริปซินแล้ว (Sampietro and Vattuone, 1994; Gould and Scheinberg, 1970) ผลจากการย่อยของเอนไซม์ที่ผิวของเม็ดเลือดแดงทำให้เลคตินสามารถทำให้เม็ดเลือดแดงเกาะกลุ่มได้นั้น อาจเนื่องมาจากเอนไซม์จะเข้าไปย่อยไกลโคโปรตีนหรือไกลโคลิปิด ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเยื่อเซลล์นั้นเป็นการเพิ่มจำนวนตำแหน่งจับบนผิวเซลล์ให้กับเลคตินทำให้เซลล์นั้นสามารถเกิดการเกาะกลุ่มได้ดีขึ้น (Lis and Sharon, 1977)

1.4.2 การกระตุ้นการแบ่งเซลล์ของลิมโฟไซต์

เลคตินสามารถกระตุ้นลิมโฟไซต์ให้เกิดการแบ่งตัว และเพิ่มขนาดได้ โดยเลคตินจะเข้าจับกับคาร์โบไฮเดรตที่บริเวณผิวเซลล์ จากนั้นจะมีการส่งผ่านสัญญาณเข้าไปในเซลล์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์โดยเฉพาะที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ (membrane) คือ จะเพิ่มการผ่านเข้า-ออกของสาร (permeability) เช่น กลูโคส กรดอะมิโน และไอออนต่าง ๆ เช่น Ca^{2+}, K^{+} จากนั้นจะเร่งอัตราการสร้างและสลายฟอสโฟลิปิด (phospholipid) ของเยื่อหุ้มเซลล์ หลังจากนั้นประมาณ 10-12 ชั่วโมงจะมีการเพิ่มการสังเคราะห์ RNA เพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนและเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์สุดท้ายจะเริ่มการสังเคราะห์ DNA และเกิดการแบ่งเซลล์ (mitosis) ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 48 ชั่วโมง

1.4.3 เลคตินกับความเป็นพิษ

เลคตินหลายชนิด เช่น Con A เลคตินจากข้าวสาลี เลคตินจาก *Phaseolus vulgaris* (PHA) และ เลคตินจาก *Robinia pseudoacacia* มีความเป็นพิษกับเซลล์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แต่จะมีความเป็นพิษน้อยกว่าเลคตินชนิด ริซินจาก castor beans (*R. communis*) และอะบรินจาก jequirity seed (*A. precatorius*) ประมาณ 1,000-2,000 เท่า (Liener *et al*., 1986) โดยทั่วไปแล้วเลคตินที่มีความเป็นพิษจะเลือกจับกับเซลล์ที่ผิดปกติมากกว่าเซลล์ปกติ (Stirp *et al*., 1978) ดังนั้นจึงได้มีความพยายามใช้เลคตินในการยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง รวมทั้งการใช้เลคตินเป็นตัวนำยาที่ใช้รักษาโรคมะเร็ง

เลคตินริซิน และอะบริน ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยคือ α และ β ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ ซึ่งหน่วยย่อย β เป็นบริเวณที่เกาะจับคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate binding site) และหน่วยย่อย α จะเกี่ยวข้องกับกระบวนกลไกการออกฤทธิ์การยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน โดยหน่วยย่อย β จะจับกับน้ำตาล galactose หรือ N-acetylgalactosamine บนผิวเซลล์ และหน่วยย่อย α จะยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนภายในเซลล์ (Liener *et al.,* 1986)

1.4.4 เลคตินกับความต้องการไอออนของโลหะ

เลคตินบางชนิดเป็นเมทัลโลโปรตีน (metalloprotein) คือ โปรตีนที่มีไอออนของโลหะเป็นองค์ประกอบเช่น เลคตินชนิด Con A พบว่ามี Ca^{2+} ,Mg^{2+} ,Mn^{2+} และ Zn^{2+} เป็นองค์ประกอบ 1.82, 2.18, 0.21 และ 0.12 กรัมต่อมิลลิกรัมโปรตีนตามลำดับ เลคตินจากเมล็ดสะตอมี Fe^{2+}, Cu^{2+} และ Zn^{2+} ประมาณ 0.03 โมลต่อโมลของเลคติน และมี Mg^{2+} 0.06 โมลต่อโมลของเลคติน (Suvachittanont and Peutpaiboon, 1992) และเลคตินจาก *Lathyrus tingitanus* มี Ca^{2+}, Mn^{2+}และ Zn^{2+} เป็น 0.3, 0.2 และ 0.5 อะตอมต่อโมล ตามลำดับ (Rouge and Charbert, 1983) เลคตินหลายชนิดต้องการไอออนของโลหะในรูปของไดวาเลนท์แคทไอออน เช่น Ca^{2+}, Mg^{2+} และ Mn^{2+} เพื่อช่วยในการเกาะกลุ่มกับคาร์โบไฮเดรตได้ดีขึ้น เช่น เลคตินจากเมล็ด *Erythrina speciosa* ต้องการ Ca^{2+} และ Mn^{2+} (Konozy *et al.,* 2002) เลคตินจากหอย *Ruditapes philippinarum* และจากแมลง *Extatosoma tiaratum* ต้องการ Ca^{2+} ช่วยในการเกาะกลุ่ม (Bulgakov *et al.,* 2004; Richards *et al*., 1988) และเลคตินจากเมล็ดเหรียงต้องการ Ca^{2+}, Mg^{2+} และ Mn^{2+} ช่วยในการเหนี่ยวนำการเกาะกลุ่มของเซลล์เม็ดเลือดแดง (Utarabhand and Akkayanont, 1995) แต่เลคตินถั่วเหลืองและถั่วพร้าไม่ต้องการ Ca^{2+}และ Mn^{2+} เพื่อช่วยในการเกาะกลุ่ม (Sharon and Lis, 1972; Beeley, 1985)

1.4.5 เลคตินกับความจำเพาะต่อน้ำตาลชนิดต่าง ๆ

น้ำตาลแมนโนส/น้ำตาลกลูโคส

เลคตินที่มีความจำเพาะต่อน้ำตาลแมนโนส/น้ำตาลกลูโคสพบได้ในพืชตระกูลถั่ว ซึ่งโครงสร้างโมเลกุลของเลคตินในกลุ่มนี้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ เลคตินที่ประกอบด้วย 4 หน่วยย่อย และเลคตินที่ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อย ตัวอย่างเลคตินประกอบด้วย 4 หน่วยย่อยได้แก่ ConA แต่ละหน่วยย่อยจะมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันคือ 26,000 ดาลตัน (Edmundson *et al*., 1971) ตัวอย่างของเลคตินประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยได้แก่ Tangier Pea เป็นเลคตินที่สกัดได้จากเมล็ดของ *Lathyrus tingitanus* หน่วยย่อยของเลคตินประกอบด้วยสาย α, β มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันคือ 50,000 ดาลตัน กรดอะมิโนทางด้านปลาย N คือ วาลีนและทีโอนีน มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ 0.25% (Rouge and Charbert, 1983) เลคตินจาก *Pisum sativum* (pae) มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 49,000 ดาลตันประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกันคือ 7,000 ดาลตัน และ 17,000 ดาลตัน (Trowbridge, 1974) เลคตินจากรากถั่วลิสงมีน้ำหนักโมเลกุลรวม 66,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 2หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันคือ 33,000 ดาลตัน (Kalsi *et al.,* 2003)

น้ำตาลเอนอะซิทิลกลูโคซามีน

เลคตินที่มีความจำเพาะต่อน้ำตาลเอนอะซิติลกลูโคซามีนจะพบในพืชตระกูล Gramineae เช่น ข้าวสาลี, ข้าวบาร์เลย์, ไรย์ และข้าว ซึ่งสามารถทำเลคตินดังกล่าวให้บริสุทธิ์ได้โดยใช้คอลัมน์แบบจำเพาะคือ N-acetylglucosamine ตัวอย่างเช่น การสกัดและทำบริสุทธิ์เลคตินจากไรย์และข้าวบาร์เลย์จากส่วนของเอมบริโอโดย Peumans และคณะ 1982)

น้ำตาลเอนอะซิทิลกาแลคโตซามีน หรือ กาแลคโตส

เลคตินที่มีความจำเพาะต่อน้ำตาลเอนอะซิทิลกาแลคโตซามีน/กาแลค โตส เช่น เลคตินจาก *Dolichos biflorus* มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 110,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 4 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุล 27,000 ดาลตัน 2 หน่วยย่อย และมีน้ำหนักโมเลกุล 27,300 ดาลตัน อีก 2 หน่วยย่อย (Carter and Etzler, 1975a,b) เลคตินถั่วเหลืองมีน้ำหนักโมเลกุลรวม 120,000 ดาลตันประกอบด้วย 4 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันคือ 30,000 ดาลตัน และมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ 7% ของน้ำหนัก ที่ประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนส และน้ำตาลเอ็นอะซิติลกลูโคซามีน (Lotan *et al.,*1974, 1975c) เลคตินจาก *Erythrina indica* มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 58,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกันคือ 30,000 ดาลตันและ 33,000 ดาลตัน มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ 9.5% (Konozy *et al.,* 2002) เลคตินจาก *Erythrina speciosa* มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 58,000 ดาลตันประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันคือ 27,600 ดาลตัน (Konozy *et al.,* 2002)

น้ำตาลฟูโคส

เลคตินที่มีความจำเพาะต่อน้ำตาลฟูโคสได้แก่ เลคตินจาก *Lotus tetragonolobus* (Asparagus pea) หลังจากทำบริสุทธิ์พบเลคติน 3 ชนิดคือ เลคติน A, B, C ซึ่งเลคติน A มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 120,000 ดาลตันประกอบด้วย 4 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันคือ 27,800 ดาลตัน และมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ 8% เลคติน B มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 58,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลคือ 27,00 ดาลตัน มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ 4% และเลคติน C มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 117,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 4 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันคือ 27,800 ดาลตัน และมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ 8% (Bloch and Burger 1974) เลคตินจากราบนเปลือกส้ม (orange peel fungus) มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 72,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันคือ 36,00 ดาลตัน (Kochibe and Furukawax, 1980)

น้ำตาลไซอะลิก แอซิด

เลคตินในกลุ่มที่มีความจำเพาะกับน้ำตาล Sialic acid ส่วนใหญ่จะพบในสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น แมงดาทะเล (horseshoe crab) กุ้งมังกร (lobster) และ เพรียง (tunicalase)

ซึ่งเลคตินในกลุ่มนี้จะมีน้ำหนักโมเลกุลขนาดใหญ่และมีหลายหน่วยย่อยเช่น เลคตินจากแมงดาทะเล มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 420,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 16 หน่วยย่อย หน่วยย่อยแบ่งเป็น 2 กลุ่มที่มีน้ำหนักโมเลกุล 27,000 ดาลตัน และ 28,000 ดาลตัน (Bishayee and Dorai, 1980) มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ 5.8% เลคตินจากหอยทาก *Limax flavus* มีน้ำหนักโมเลกุลรวม 44,000 ดาลตัน ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันคือ 22,000 ดาลตัน (Miller *et al*., 1982)

1.5 บทบาททางชีวภาพของเลคติน

เลคตินที่พบในพืชมีข้อสมมุติฐานมากมายที่เกี่ยวกับบทบาททางชีวภาพของเลคติน เช่น บทบาทในการยึดตัวของผนังเซลล์ การจับจำเพาะของน้ำตาลบนผิวเซลล์ ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ (cell-cell interaction) และบทบาทในการคุ้มกันตัว เสมือนเป็นระบบภูมิคุ้มกันของพืช (immune system)

1.5.1 บทบาทของเลคตินในพืช

บทบาทในกลไกการคุ้มกัน

เนื่องจากพืชไม่มีระบบภูมิคุ้มกัน ในคนหรือสัตว์ดังนั้นเมื่อมีเชื้อโรคบุกรุกพืชจึงต้องมีกลไกการคุ้มกันตัวเองโดยการต้านทาน (resistance mechanism) ด้วยวิธีสร้างโปรตีนต้านเชื้อที่มาบุกรุกจำพวก PR-protein (pathogenesis-related protein) ซึ่งได้แก่ ไคติเนส (chitinase) กลูคาเนส (glucanase) (Linthost, 1991) โปรตีเอส (protease) (Ryan, 1990) โปรตีนต่อต่านเชื้อรา (antifungal protein) โปรตีนยับยั้งการทำงานของ แอลฟาอะไมเลส (α-amylase-inhibitor) ไธโอนิน (thionin) และโปรตีนยับยั้งการทำงานของไรโบโซม (ribosome-inactivating protein) เป็นต้น

เนื่องจากเลคตินสามารถทำให้จุลินทรีย์หลายชนิดเกิดการเกาะกลุ่ม ดังนั้นเลคตินน่าจะมีบทบาทในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในเนื้อเยื่อพืชอาทิเช่น เลคตินในเมล็ดที่กำลังงอก พบว่ามีหน้าที่ป้องกันเนื้อเยื่อรากไม่ให้ถูกบุกรุกโดยแบคทีเรียในดิน (Ayouba *et al*., 1994) และจากการทดลองของ Jones (1964) พบเลคตินจากเมล็ดพืชตระกูลถั่วสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่อยู่บนเปลือกหุ้มเมล็ดได้และเลคตินยังช่วยป้องกันเชื้อราขณะงอกและในระยะต้นกล้า (Mirelman *et al*., 1975) เลคตินในกลุ่มธัญพืช พบว่ามีสะสมมากในเนื้อเยื่อ เอมบริโอของเมล็ดและจับจำเพาะกับน้ำตาล N-acetylneuramic acid (NANA) หรือไคตินซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของ N-acetylglucosamine โดยจะยับยั้งการเจริญของเชื้อโรคที่มีไคตินเป็นองค์ประกอบ (Chrispeels and Raikhel, 1991) เลคตินจากข้าวสาลี จากหัวของมันฝรั่ง ถั่วลิสง และจาก osage orange (Murdock *et al*., 1990) มีสมบัติยับยั้งการพัฒนาการของตัวอ่อน (larvae) ของ

cow weevil เลคตินจากข้าวบาร์เลย์ หรือจาก *P. vulgaris* (PHA) สามารถลดการแพร่กระจายของโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส โดยสามารถตกตะกอน mosaic virus (Partridge *et al*., 1976) เลคตินจากข้าวและ stinging nettle (*Urica dioica*; UDA) สามารถจับจำเพาะกับไคตินที่อินทีกูเมนท์ (integument) ของตัวอ่อนของ cowpea weevil ซึ่งทำให้สามารถยับยั้งการเติบโตของตัวอ่อนได้ (Huesing *et al*., 1991) เลคตินจากจมูกข้าวสาลีซึ่งจับจำเพาะกับไคตินที่ สามารถไปยับยั้งการสังเคราะห์ไคตินของผนังเซลล์ของเชื้อรา *Trichoderma viride* ทำให้สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ (spore) และการเจริญของไฮฟา (hypha) ของเชื้อราชนิดนี้ (Mirelman *et al*., 1975; Mishkind *et al*., 1983) จากการศึกษาของ Barkai-Golan และคณะ (1978) พบว่าเลคตินจากเมล็ดถั่วเหลือง ถั่วลิสง สามารถจับกับสปอร์และ ไฮฟาของเชื้อรา *Penicillium* และ *Aspergillis* โดยจะรบกวนการเจริญของสปอร์และไฮฟา นอกจากนี้เลคตินจากถั่วเหลืองยังสามารถยับยั้งการเจริญของไมซีเลียม (mycelial) ของเชื้อรา *Tophthora megasporma* ได้ เลคตินจาก stinging nettle ยังสามารถออกฤทธิ์ร่วมกับเอนไซม์ไคติเนสในการย่อยสลายไคตินที่ผนังเซลล์ของเชื้อรา *Botrytis cinerea*, *Trichoderma hamatum* และ *Phycomyces blakesleeanus* ทำให้สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราเหล่านี้ได้ (Broekaert *et al*., 1989)

บทบาทในการงอกของเมล็ดและการยืดตัวของผนังเซลล์

การทดลองของ Keegstra และคณะ (1973) พบว่าเลคตินเป็นองค์ประกอบอยู่ในผนังเซลล์พืช โดยทำหน้าที่คล้ายกาวยึดจับผนังเซลล์โดยอาศัยพันธะนอน-โควาเลนต์ (non-covalent bond) ซึ่งพบว่าเลคตินมีความเกี่ยวข้องกับฮอร์โมนออกซิน (auxin) เพราะฮอร์โมน ออกซินในพืชปล่อยไฮโดรเจนไอออน ออกมาทำให้ผนังเซลล์มีสภาวะเป็นกรด และทำให้เลคตินจับกับผนังเซลล์ได้น้อยลง ส่งผลให้ผนังเซลล์อ่อนตัวยืดยาวออกได้ในขณะที่มีการเจริญเติบโต

เลคตินมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการงอกของเมล็ดพืชโดยเป็นโปรตีนสะสมอาหาร พบว่าพืชตระกูลถั่วจะมีเลคตินสะสมมากในส่วนของใบเลี้ยงจากนั้นลดลงและหายไปเมื่อเมล็ดงอก (Pusztai, 1991) และพบว่าเลคตินที่เปลือกของ black locust (*Robinia pseudoacacia*) จะมีการสะสมไว้มากในฤดูใบไม้ร่วงแล้วหายไปในช่วงฤดูใบไม้ผลิ (Tazaki and Yoshida, 1992; Yoshida *et al*., 1994)

บทบาทในการอยู่ร่วมกันระหว่างแบคทีเรียกับรากพืชตระกูล ถั่ว

แบคทีเรียที่อยู่ในตระกูล Rhizobiace*a* (Rhizobium, Brady Rhizobium, Mesor Rhizobium) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่อยู่ในดินสามารถตรึงไนโตรเจนที่ปมรากของพืชตระกลูถั่วซึ่งมีการ

อยู่ร่วมกันแบบซิมไบโอซีส (symbiosis) การที่เลคติน ของพืชตระกูลถั่วบางชนิดสามารถจับกับแบคทีเรียได้ เนื่องจากมีเลคตินทำหน้าที่คล้ายกับเป็นสะพานเชื่อมระหว่างรากของพืชกับผิวของแบคทีเรีย (Rudiger, 1984) แบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับรากพืช แต่ละชนิดจะมีความจำเพาะที่แตกต่างกันเช่น เลคตินของถั่วเหลืองสามารถจับกับแบคทีเรียไรโซเบียม (*Rhizobium japonicum*) สามารถทำให้เกิดปมรากได้แต่จะไม่จับกับแบคทีเรียสายพันธุ์อื่น (Hamblin and Kent, 1973)

1.5.2 บทบาทของเลคตินในสัตว์

เลคตินในสัตว์มีบทบาทหน้าที่เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นภูมิคุ้มกันโดยไม่เกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกัน เช่น คอลเลคตินที่มีบทบาทในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันโดยจับกับคาร์โบไฮเดรตบนผิวเซลล์ของจุลินทรีย์ต่าง ๆ เช่น แบคทีเรีย รา เป็นต้น แล้วกำจัดโดยกระตุ้นระบบคอมพลีเมนท์หรือนำไปกำจัดโดยฟาโกไซโตซีส และพบว่าปริมาณของ MBP จะมีระดับสูงขึ้นเมื่อมีการติดเชื้อโดยที่ MBP จะจับกับน้ำตาลแมนโมสที่ผิวของโปรตีนซึ่งยึดติดกับเอนไซม์โปรตีเอสเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนแล้วส่งผลกระตุ้นระบบคอมพลีเมนท์ให้ทำงาน

กาแลคตินมีความสำคัญในการควบคุมขั้นตอนการพัฒนาอวัยวะต่างๆ และมีความสัมพันธ์กับการตรวจวินิจฉัยโรคมะเร็งที่อวัยวะต่าง ๆ เช่น พบความสัมพันธ์ของกาเลคติน 3 ที่แสดงออกมาในเซลล์มะเร็งชนิด เมลาโนมาจะไม่พบกาเลคติน 3 ที่เซลล์ปกติของเนื้อเยื่อไทรอยด์ หรือ จะไม่พบกาเลคติน 1 ในเซลล์ปกติของเซลล์ Prostate และ bladder (Danguy *et al*., 2002)

ซีเลคตินเป็นโปรตีนที่ฝังตัวอยู่ที่เมมเบรนพบที่ผิวของเซลล์เม็ดเลือดขาว มีบทบาทสำคัญต่อเซลล์เม็ดเลือดขาวในการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่มีการอักเสบและการเคลื่อนที่ไปยังต่อมน้ำเหลือง (Lasky, 1992) เมื่อมีสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกายซีเลคตินบนเซลล์เม็ดเลือดขาวจะจับกับคาร์โบไฮเดรตที่มีส่วนของฟูโคสและ NANA ของเซลล์บุหลอดเลือดแล้วเซลล์เม็ดเลือดขาวจะแทรกผ่านเซลล์บุหลอดเลือดแล้วไปยังบริเวณที่มีการอักเสบ โดยซีเลคติน มี 3 ชนิดคือ ซีเลคตินชนิด L, E และ P ซีเลคตินชนิด L พบได้บนผิวเซลล์เม็ดเลือดขาวมีบทบาทในการนำเม็ดเลือดขาวไปยังต่อมน้ำเหลืองทั่วร่างกาย ส่วนซีเลคตินชนิด E และ P พบที่เซลล์บุหลอดเลือดโดยเมื่อได้รับการกระตุ้นจากสารที่ทำให้เกิดการอักเสบเช่น cytokine ซีเลคตินดังกล่าวจะช่วยให้เม็ดเลือดขาวผ่านผนังบุหลอดเลือดแล้วเคลื่อนที่ไปยังที่มีการอักเสบและทำหน้าที่ต่อต้านการติดเชื้อ

1.6 การนำเลคตินไปใช้ประโยชน์

ได้มีการศึกษาเลคตินอย่างกว้างขวางจากอดีตจนถึงปัจจุบันทั้งในด้านของการทำบริสุทธิ์และการศึกษาคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ของเลคติน เพราะเลคตินสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาหน้าที่และโครงสร้างของไกลโคคอนจูเกต เนื่องจากเลคตินมีคุณสมบัติเด่นในการจับจำเพาะ

กับคาร์โบไฮเดรตบนผิวเซลล์จึงนำเลคตินไปใช้จำแนกชนิดของเซลล์ตามความแตกต่างของน้ำตาลบนผิวเซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามลำดับขั้นของการพัฒนาเช่น การเจริญของเซลล์หรือการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของน้ำตาลบนเซลล์ (Oda *et al.*, 1999)

1.6.1 การใช้เลคตินในการแยกชนิดเซลล์

เลคตินสามารถนำไปใช้ในการแยกความแตกต่างของเซลล์ชนิดต่าง ๆ ได้โดยอาศัยความแตกต่างของคาร์โบไฮเดรตบนผิวเซลล์ที่แตกต่างกันซึ่งสามารถแยกได้ทั้งเซลล์ของพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ โดยอาศัยสมบัติการจับจำเพาะของเลคตินกับน้ำตาลบนผิวเซลล์ ทำให้ทราบถึงโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตที่อยู่บนผิวเซลล์ได้ด้วย เช่น เลคตินจากถั่วเหลืองสามารถใช้แยกความแตกต่างของ *Bacillus mycoides* กับ *Bacillus authocis* ได้

ตารางที่ 1 สมบัติของเลคตินกับการนำไปใช้ประโยชน์

Property	Application
Binding of sugar	Studies of specific combining site on protein
Toxicity in animal	Studies of nutritional value of animal foodstuffs
Agglutination of malignant cell	Investigation of architecture of cell surface and its change upon transformation
Specific for human blood group	Blood typing; structural studies of blood group substance; Identification of new blood types; diagonist of secretors
Introduction of mitosis in lymphocyte	Studies of chromosomal constitution of cell and detection of chromosome abnormalities
Precipitation of polysaccharides and glycoproteins	Isolation, purification and structural studies of carbohydrate-containing polymers; model for antigen-antibody reactions

ที่มา : Sharon and Lis, 1972

1.6.2 การใช้เลคตินตรวจสอบหมู่เลือด

เนื่องจากเลคตินแต่ละชนิดมีความสามารถจับจำเพาะต่อน้ำตาลที่อยู่บนผิวเซลล์ได้แตกต่างกันจึงได้นำคุณสมบัติข้อนี้มาใช้ในการจำแนกชนิดของหมู่เลือด A, B, O, M และ N ในธนาคารเลือด (Sharon and Lis, 1972) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 หมู่เลือดกับความจำเพาะต่อชนิดของเลคติน

Blood group agglutinated	Origin of lectin
A	*Phaseolus limensis*
	Vicia cracca
	Crotalaria aegyptiaca
A+B	*Sophora japonica*
	Calpurina aurea
H	*Cytisus sessilifolius*
	Laburnum alpinum
	Lotus tetragonolobus
	Ulex europeus
M	*Iris amara*
N	*Vicia graminea*
	Bauhinia purpurea

ที่มา : Sharon and Lis, 1972

1.6.3 การใช้เลคตินเป็นตัวนำยาหรือสารเคมี

เนื่องจากสมบัติของเลคตินแต่ละชนิดมีความจำเพาะต่อไกลโคโปรตีน หรือไกลโคลิปิดที่ผนังเซลล์ต่างกันเช่น เลคตินชนิด ConA จะจำเพาะกับน้ำตาลกลูโคสหรือแมนโนสที่อยู่ในรูปของ α และจะไม่จำเพาะในรูปของ β หรือเลคตินจาก *P. vulgaris* มีความจำเพาะกับน้ำตาลที่มีลักษณะ β-16 branch oligosaccharide (Hammarstrom *et al.,* 1982; Cummings and Kornfeld,1982) จากสมบัติการจับจำเพาะนี้จึงได้มีการประยุกต์ใช้เลคตินทั้งในการศึกษาความแตกต่างของเซลล์ปกติ (non malignant) กับเซลล์มะเร็ง (malignant) ใช้เลคตินเป็น probe ในการนำตัวยาไปยังเซลล์เป้าหมาย หรือใช้เลคตินที่มีความเป็นพิษไปทำลายเซลล์ที่ผิดปกติ (cytotoxic) เช่น เลคตินชนิดอะบรินมาจาก Jequrity bean *(A. precatorius*) (Gabius, 1987; Bonfiles *et.al.,* 1992)

1.7 ชีววิทยาของพืชที่นำมาศึกษา

1.7.1 ถั่วฝักยาว

ถั่วฝักยาวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna susquipedalis* ชื่อสามัญคือ Chinese peas, long bean หรือ yard long bean และชื่อภาษาไทยคือถั่วฝักยาว โดยจัดอยู่ในตระกูล Fabaceae อยู่ในสกุล *Vigna* ชนิด *Vigna susquipedalis* ถั่วฝักยาวเป็นพืชตระกูลถั่วมีลำต้นเป็นเถาเลื้อย ไม่มีมือจับ การเลื้อยของเถามีทิศทางทวนเข็มนาฬิกา การเจริญเติบโตเป็นแบบเลื้อย (indeterminate growth) ต้องการสิ่งค้ำจุน เริ่มออกดอกเมื่อมีอายุประมาณ 6-7 สัปดาห์หลังปลูก ดอกจะออกจากลำต้นกลางและแขนงด้านล่างก่อน ผลผลิตที่เก็บได้ในครั้งแรก ๆ จะน้อย ผลผลิตจะมากเมื่อเก็บครั้งที่ 3-5 (ขวัญจิตร และวัลลภ, 2539) การปลูกถั่วฝักยาวโดยการทำค้าง จะให้ผลผลิตสูง ถั่วฝักยาวเป็นผักที่ปลูกง่าย โตเร็ว ปลูกได้ตลอดปี แต่ระยะที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤศจิกายน ปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศ และเจริญเติบโตได้ในดินทุกชนิด แต่ปลูกได้ดีในดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำได้ดี สภาพความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 5.5-6.0 เป็นพืชที่ต้องการแสงแดดตลอดวัน ชอบอากาศค่อนข้างร้อนและฝนไม่ตกชุก เจริญเติบโตในช่วงอุณหภูมิ 15-35 °ซ แต่ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 16-24 °ซ แหล่งปลูกถั่วฝักยาวที่สำคัญได้แก่ ปทุมธานี นครปฐม ราชบุรี อ่างทอง สระบุรี นครนายก ถิ่นกำเหนิดอยู่ในจีนและอินเดีย

ถั่วฝักยาวมีใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ช่วยลดคลอเลสเตอรอลในเลือด นอกจากนี้ถั่วฝักยาวยังมีวิตามินซี ช่วยให้ร่างกายดูดซึมธาตุเหล็กได้ดี กากใยอาหารในถั่วฝักยาว มีอยู่ 2 ชนิด คือ ชนิดที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber) จะช่วยเพิ่มปริมาณอาหาร ทำให้อิ่มเร็ว เพิ่มกากอาหาร ช่วยให้ขับถ่ายได้คล่อง อีกชนิดหนึ่งคือ ชนิดที่ละลายน้ำ (soluble fiber) กากใยอาหารชนิดนี้จะทำ

ปฏิกิริยากับกรดในกระเพาะ สารจำพวกเจลาตินที่เคลือบอยู่ที่กระเพาะทำให้รู้สึกอิ่มเร็ว อิ่มนาน และช่วยลดคลอเลสเตอรอลได้ เพราะว่าจะไปจับกับกรดน้ำดี เมื่อน้ำดีไม่พอใช้ในร่างกายก็ต้องสร้างขึ้นมาใหม่ ซึ่งการใช้น้ำดีต้องใช้คลอเลสเตอรอลเป็นวัตถุดิบ ทำให้ช่วยลดคลอเลสเตอรอล และพบว่าในถั่วฝักยาวมีกากใยอาหารประเภทนี้มากที่สุด คุณค่าทางโภชนาการของถั่วฝักยาว 100 กรัม ให้พลังงาน 33 กิโลแคลอรี ให้โปรตีน 2.6 กรัม ไขมัน 0.5 กรัม คาร์โบไฮเดรท 4.5 กรัม แคลเซียม 43 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 50 มิลลิกรัม และให้วิตามินซี 14 มิลลิกรัม (เมฆ จันทน์ประยูร, 2541)

1.7.2 ชีววิทยาของพืชที่ให้น้ำยาง

พืชที่สามารถให้น้ำยางมีมากกว่า 2000 ชนิดจาก 7 ตระกูล (Archer *et al*., 1973) คือ Apocynaceae เช่น ลีลาวดี, บานบุรี, รำเพย, ยี่โถ, แพงพวยฝรั่ง เป็นต้น Asteraceae เช่น ดาวเรือง, ดาวกระจาย, รักเร่, ทานตะวัน, เบญจมาศ Asclepiadaceae เช่น ต้นรัก, นมตำเรีย, ขจร Euphorbiaceae เช่น ยางพารา, ละหุ่ง, มันสำปะหลัง Loranthaceae เช่น กาฝาก Moraceae เช่น ยางอินเดีย และ Sapotaceae เช่น พิกุล แต่ปัจจุบันมีเพียงยางพาราซึ่งให้น้ำยางที่มีสมบัติเหมาะสมในการใช้งาน เพราะยางพารามีความทนทาน ความยืดหยุ่นและมีการขึ้นรูปได้ดี ดังนั้นจึงนิยมใช้ยางพาราอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมถุงมือยาง ถุงยางอนามัย และยางรถยนต์ และยังพบว่าพืชส่วนใหญ่ที่สามารถให้น้ำยางจะไม่พบแมลงศัตรูพืช ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ได้นำน้ำยางจาก ต้นยางอินเดีย ยางพารา ดอกรัก ลีลาวดี และโป๊ยเซียน มาศึกษาการเกาะกลุ่มอนุภาคยางโดยการเหนี่ยวนำของเลคติน

ยางอินเดีย

ยางอินเดียมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ficus elastica* Roxb. ex Hornem. จัดอยู่ในตระกูล Moraceae มีชื่อสามัญว่า Indian Rubber Tree และชื่ออื่น ๆ เช่น ยางลบ (ภาคกลาง) ยางอินเดียเป็นต้นไม้สูง 10-15 เมตร มีรากอากาศจากลำต้นและกิ่งใบ ใบมีลักษณะเป็นใบเดี่ยว ออกเวียนสลับ เมื่อยังอ่อน เส้นกลางใบและก้านใบมีสีแดง ใบเป็นรูปรีหรือเกือบเป็นรูปไข่กลับ กว้าง 4-7.5 เซนติเมตร ยาว 10-15 เซนติเมตร ปลายแหลมเรียว โคนสอบ ดอกของยางอินเดียมีขนาดเล็ก เกิดภายในฐานรองดอก ที่มีรูปร่างยาวรีคล้ายผล ออกเป็นคู่ข้างกิ่ง ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียไม่มี ขยายพันธุ์โดยวิธี ตอนหรือปักชำกิ่ง ผลมีลักษณะกลมรี กว้าง 0.8-0.9 เซนติเมตร ยาว 0.9-1.2 เซนติเมตร เมื่อสุกมีสีเหลือง ยางอินเดียมีถิ่นกำเนิดในอินเดียและภูมิภาคมาเลเซีย ประโยชน์ ใช้น้ำยางทำยางมาก่อน

โป๊ยเซียน

โป๊ยเซียนมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Euphorbia mili* DesMoulin จัดอยู่ในตระกูล Euphorbiaceae มีชื่อสามัญว่า Crown of Tharns ชื่อพื้นเมืองเช่น โป๊ยเซียน, ระวิงระไว, พระเจ้ารอบโลก, ว่านเข็มพระอาทิตย์ (เชียงใหม่), ไม้รับแขก (ภาคกลาง), ว่านมุมเมือง (แม่ฮ่องสอน) ประโยชน์ ปลูกเป็นไม้ประดับ

ลีลาวดี

ลีลาวดีมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Plumeria rubra* Linn.จัดอยู่ในตระกูล Apocynaceae มีชื่อสามัญว่า Nosegay Frangipani, Temple Tree, West Indian, Red Jasmine และมีชื่ออื่นๆ เช่น ลีลาวดีขาว ลีลาวดีแดง (ภาคกลาง) จำปาลาว (ภาคเหนือ) จำปาขอม (จีน ภาคใต้) จำปาขาว (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) เป็นไม้พุ่ม สูง 3-4 เมตร ทุกส่วนมียางสีขาว ใบมีลักษณะเป็นใบเดี่ยว ออกเวียนสลับถี่บริเวณปลายกิ่ง รูปใบหอกหรือใบหอกกลับ กว้าง 5-10 เซนติเมตร ยาว 12-30 เซนติเมตร ปลายและโคนแหลม ดอกมีหลายสีตั้งแต่สีขาว สีส้ม ชมพูเข้ม จนถึงแดงเข้ม กลางดอกมีสีเหลือง หรือมีแถบสีเหลือง ด้านนอกมักมีสีชมพู มีกลิ่นหอม ออกเป็นช่อตามซอกใบใกล้ปลายกิ่ง กลีบดอกโคนเชื่อมกันเป็นหลอด ปลายแยกเป็น 5 กลีบ ซ้อนเหลื่อมกัน ปลายกลีบแหลมหรือมีติ่งแหลม เมื่อบานเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร เกสรตัวผู้ 5 อัน สั้น ออกดอกตลอดปี ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด หรือปักชำกิ่ง ส่วนผลมีลักษณะเป็นฝักคู่ รูปร่างยาวรี กว้าง 2-3 เซนติเมตร ยาวประมาณ 25 เซนติเมตร เมล็ดแบนมีปีก และมีจำนวนมาก ลีลาวดีมีถิ่นกำเนิดในอเมริกากลาง

ดอกรัก

ดอกรักมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Calotropis gigantea* (Linn.) R.Br.ex Ait. จัดอยู่ในตระกูล Asclepiadaceae มีชื่อสามัญว่า Crown Flower, Giant Indian Milkweed, Gigantic Swallow-wort และมีชื่ออื่น ๆ เช่น ดอกรัก รักดอก รักร้อยมาลัย (ภาคกลาง) ปอเถื่อน ป่าเถื่อน (ภาคเหนือ) รักเขา (เพชรบูรณ์) ดอกรักเป็นไม้พุ่ม ขนาดเล็ก สูง 1.5-3 เมตร ทุกส่วนมีน้ำยางขาวเหมือนน้ำนม ตามกิ่งมีขน ใบมีลักษณะเป็นใบเดี่ยว ออกตรงข้าม เป็นรูปรีแกมขอบขนาน ปลายแหลม โคนเว้า กว้าง 6-8 เซนติเมตร ยาว 10-14 เซนติเมตร เนื้อใบหนา ใต้ใบมีขนนุ่ม ก้านสั้น ดอก สีขาวหรือสีม่วง ออกเป็นช่อตามซอกใบหรือปลายกิ่ง กลีบเลี้ยง 5 กลีบ สีเทาเงิน หรือสีม่วง กลีบดอก 5 กลีบ โคนเชื่อมติดกัน เมื่อบานเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 เซนติเมตร มีรยางค์เป็นสันคล้ายมงกุฎ 5 สัน เกสรตัวผู้ 5 อัน ผลเป็นฝักคู่ กว้าง 3-4 เซนติเมตร ยาว 6-8 เซนติเมตร เมื่อแก่แตกได้ เมล็ดแบนสีน้ำตาลจำนวนมากมีขนสีขาวเป็นกระจุกอยู่ที่ปลายด้านหนึ่งออกดอกตลอดปี ขยายพันธุ์ โดยใช้เมล็ด ปักชำกิ่ง มีมีถิ่นกำเนิดในเอเชียกลางและอินเดีย ประโยชน์ของดอกรักใช้

เปลือกรากรักษาบิดทำให้อาเจียน ขับเหงื่อ ยางมีฤทธิ์เป็นยาถ่ายอย่างแรง ถ้าถูกผิวหนังทำให้ระคายเคือง สารสำคัญ ยางสีขาว มีสารพวก bitter principle เช่น calotropin

ย่านขน

ย่านขนมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Argyreia capitiformis* (Poir.) ooststr. จัดอยู่ในวงศ์ Apocynaceae ชื่ออื่น ๆ จิงจ้อหลวง ฝนแสนห่า เป็นไม้เลื้อย มีขนตามลำต้นและใบ

Viana susquipedalis

Ficus elastica Roxb

Euphorbia mili

Plumeria rubra Linn

Calotropis gigantea

Argyreia capitiformis

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อหาปริมาณเลคตินในถั่วฝักยาว
2. เพื่อทำบริสุทธิ์เลคตินจากถั่วฝักยาว
3. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของเลคตินต่อ อุณหภูมิ และ ความเป็นกรด-ด่าง
4. เพื่อหาความจำเพาะของเลคตินที่มีต่อน้ำตาลชนิดต่าง ๆ และอนุภาคยาง