ซาปอนิน : สารธรรมชาติกำจัดหอยเชอรี่

ดร.จรรยา ชัยเจริญพงศ์ *

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศแถบเอเชียซึ่งมีระบบชีวิตความเป็นอยู่ที่มีข้าวเป็นอาหารหลัก สำหรับประเทศไทยข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญทั้งการบริโภคภายในประเทศและการส่งออกไปขายในตลาดโลก ปัจจุบันเกษตรกรชาวนาไทยประสบปัญหาเรื่องต้นทุนการผลิตที่สูง สืบเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยเคมีและยากำจัดศัตรูพืชซึ่งมีราคาสูง เนื่องจากนำเข้ามาจากต่างประเทศ ในขณะที่ราคาผลผลิตตกต่ำ ตลอดจนปัญหาสุขภาพของชาวนาที่เกิดจากการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดโรคและศัตรูข้าว รวมทั้งปัญหาสารพิษตกค้างที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย ศัตรูที่สำคัญของต้นข้าว คือ หอยเชอรี่ การระบาดของหอยเชอรี่ในนาข้าวสร้างปัญหาและความเสียหายให้กับเกษตรกรชาวนาไทยเป็นอย่างมาก

* อาจารย์ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

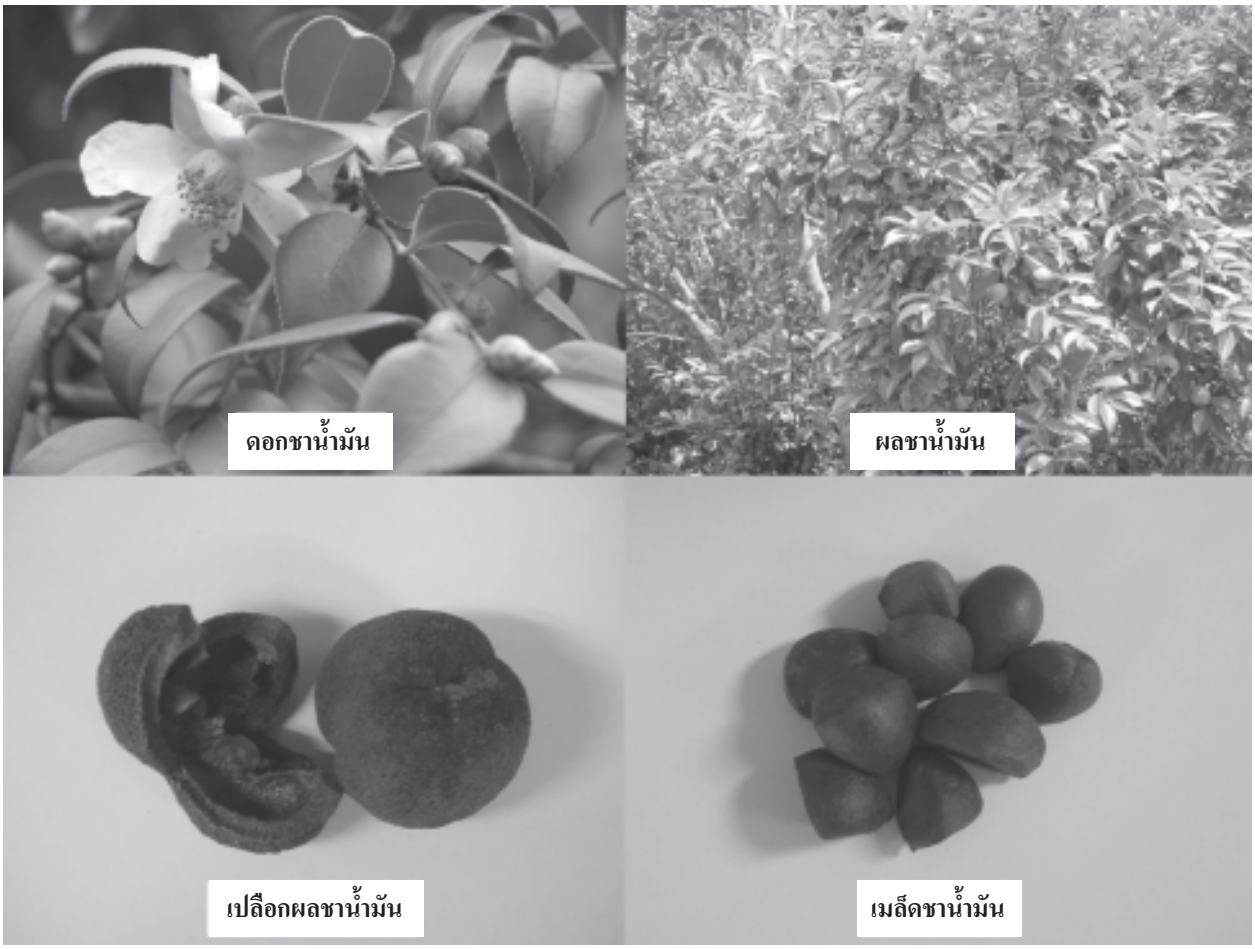
หอยเชอรี่

หอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata* Lamarck; golden apple snail) (รูปที่ 1) เป็นหอยน้ำจืดชนิดฝาเดียว มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ มีชื่อเรียกอื่นหลายชื่อ เช่น หอยเป๋าฮื้อน้ำจืด หอยโข่งอเมริกาใต้ เป็นต้น เริ่มแรกผู้นำเข้าหอยเชอรี่มาจากต่างประเทศมีวัตถุประสงค์เพื่อเลี้ยงประดับตู้ปลาและขายเป็นอาหารส่งออก แต่ต่อมาประสบปัญหาด้านการตลาด และเนื่องจากหอยเชอรี่ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในไทยได้เป็นอย่างดี ทำให้แพร่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วและแพร่กระจายสู่แหล่งน้ำธรรมชาติยากแก่การควบคุมและกำจัด ก่อความเสียหายให้กับพืชน้ำชนิดต่างๆ รวมทั้งต้นข้าวในนาข้าว หอยเชอรี่เริ่มระบาดในประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2526 และยังแพร่ระบาดในประเทศแถบเอเชียอีกด้วย (Halwart, 1994) หอยเชอรี่แพร่พันธุ์โดยการวางไข่เป็นกลุ่มจำนวนมากบนกิ่งไม้เหนือน้ำ สามารถวางไข่ได้ทั้งปี ไข่ใช้เวลาฟัก 7–12 วัน หอยเชอรี่มีอายุขัย 2–3 ปี สามารถฝังตัวอยู่ในสภาพแห้งแล้งได้นานถึง 11 เดือนโดยไม่ตาย การกำจัดหอยเชอรี่ในนาข้าวทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ตาข่ายกั้นขวางทางน้ำเข้า–ออกเพื่อดักจับไม่ให้หอยเชอรี่เข้านาข้าว การปล่อยเป็ดเข้านาเพื่อกินหอย การเก็บกำจัดตัวหอยด้วยมือ ซึ่งวิธีเหล่านี้ยุ่งยาก ไม่สะดวกและเสียเวลา ชาวนานิยมใช้สารเคมีปราบศัตรูพืชฉีดพ่นเพื่อฆ่าหอยเชอรี่ ทั้งสารเคมีกำจัดแมลง (insecticide) เช่น เอนโดซัลแฟน (endosulfan) และอะบาเม็กติน (abamectin) สารเคมีกำจัดปลา (piscicide) เช่น นิโคลซาไมด์ (niclosamide) และสารเคมีกำจัดหอย (molluscicide) เช่น เมทัลดีไฮด์ (methaldehyde) ซึ่งทำให้สัตว์ทุกชนิดในนาข้าวตาย ส่งผลให้สมดุลของระบบนิเวศน์เสียไป เกิดสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม (Calumpang *et al*., 1995) และเกิดอันตรายต่อเกษตรกรผู้ใช้ตั้งแต่อาการระคายเคืองผิวหนังและตา คลื่นไส้อาเจียน หายใจลำบาก กล้ามเนื้อหดเกร็ง ชัก หมดสติ และระบบหัวใจล้มเหลว เป็นต้น

รูปที่ 1 ลักษณะของไข่และตัวเต็มวัยของหอยเชอรี่

ชาน้ำมัน

ชาน้ำมัน (*Camellia oleifera* Abel.; tea oil) (รูปที่ 2) เป็นไม้พุ่มมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชียตะวันออก จัดอยู่ในวงศ์ Theaceae ชาน้ำมันเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีการจัดเรียงใบแบบสลับ ใบรูปไข่ ขอบใบหยัก ปลายใบแหลม ใบยาว 13–17 เซนติเมตร และกว้าง 2–4 เซนติเมตร ดอกสีขาว มีกลิ่นหอมอ่อนๆ ทั้งเกสรตัวผู้และตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน กลีบดอกมี 5–10 กลีบ ขนาดดอกเมื่อบานมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5–6 เซนติเมตร ผลทรงกลมขนาด 2–4 เซนติเมตร ด้านในมีเมล็ด 2–5 เมล็ดอยู่ภายในช่องแคปซูล ขนาด 1.5–2.0 เซนติเมตร เปลือกลำต้นมีสีน้ำตาล ชาน้ำมันออกดอกในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน และมีผลแก่ในเดือนกันยายน ชาชนิดนี้นิยมปลูกกันมากในสาธารณรัฐประชาชนจีน ชาวจีนปลูกเพื่อนำน้ำมันจากเมล็ดมาใช้ในการบริโภค เป็นยารักษาโรคและส่วนประกอบในเครื่องสำอาง (Jiangsu New Medical College, 1977) น้ำมันชาเป็นน้ำมันพืชที่มีคุณภาพดี เนื่องจากมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง โดยเฉพาะกรดโอเลอิก (oleic acid, C18:1) และยังมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ วิตามินเอ วิตามินบี วิตามินดี และวิตามินอีสูง (Liu *et al*., 1979) นอกจากนี้ส่วนอื่นของต้นชาน้ำมัน เช่น ดอกตูม กากเมล็ดชา ยังพบสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และต้านการอักเสบอีกด้วย (Chaicharoenpong and Petsom, 2011)



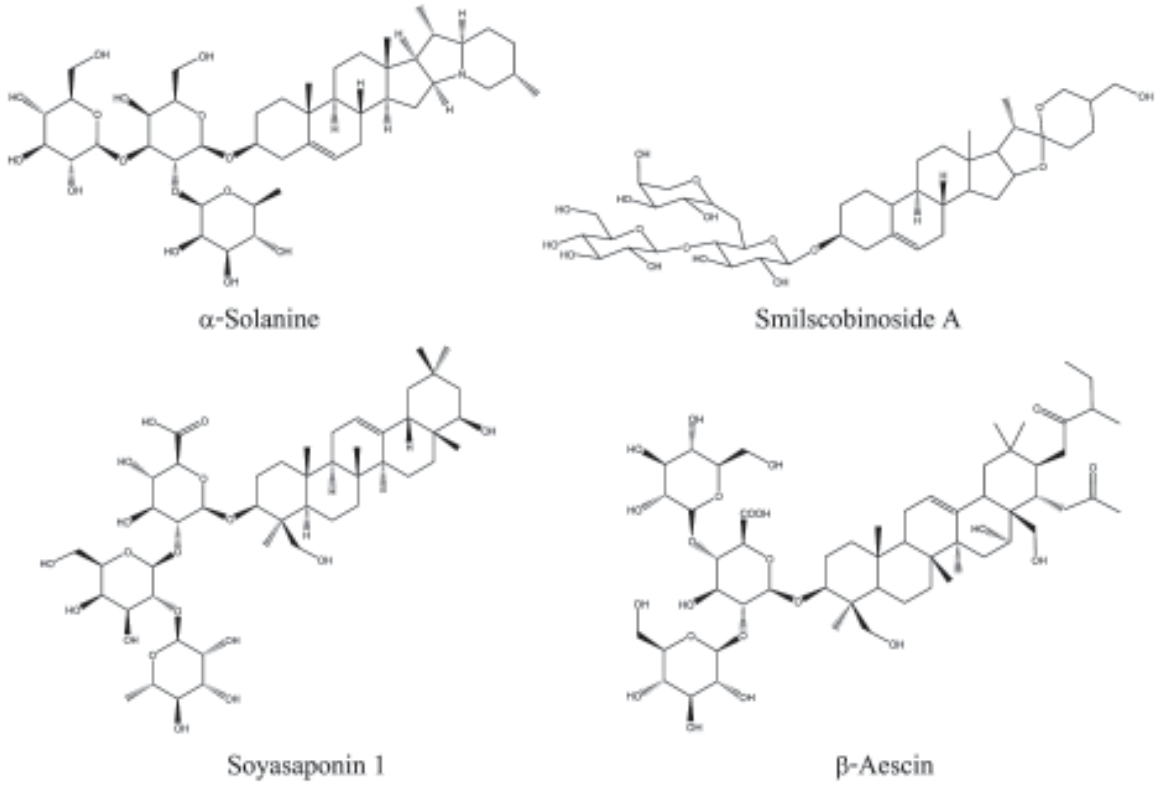
รูปที่ 2 ลักษณะของดอก ผล เปลือกผล และเมล็ดของชาน้ำมัน

กากเมล็ดชาหลังจากบีบน้ำมันออกแล้วนิยมนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ ปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืช สารกำจัดแมลง และสารฆ่าหอย ประเทศไทยนิยมใช้กากเมล็ดชาในการกำจัดปลาและหอยที่ไม่พึงประสงค์ในบ่อเลี้ยงกุ้ง บ่อเลี้ยงปลา และนาข้าว เนื่องจากกากเมล็ดชามีสารซาปอนิน (saponin) ที่มีความเป็นพิษต่อหอยและสัตว์ที่ใช้เหงือกในการหายใจ โดยมีกลไกเริ่มจากการจับตัวของสารซาปอนินกับเยื่อหุ้มเซลล์ของเหงือก ทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนสารเข้า-ออกเซลล์เพิ่มมากขึ้น หลังจากนั้นเกิดการเสียสมดุลย์ของสารอิเล็กโทรไลต์ ทำให้สัตว์เสียชีวิตในเวลาต่อมา (Hostettmann and Marston, 2005)

สารซาปอนิน

สารซาปอนินเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติกลุ่มไกลโคไซด์ (glycosides) พบในพืชชั้นสูงเกือบทุกชนิด และในสัตว์ทะเลเฉพาะไฟลัม Echinodermata ชั้น Holothuroidea (ปลิงทะเล) และชั้น Asteroidea (ปลาดาว) (Mcllroy, 1951; Riguera, 1997) คำว่า "ซาปอนิน" (saponin) มาจากภาษาละติน คือ "ซาปอ" (sapo) ซึ่งหมายถึงสบู่ (soap) ลักษณะเฉพาะของสารซาปอนินคือเป็นสารลดแรงตึงผิวและเกิดฟองเมื่อเขย่าในน้ำ โครงสร้างของโมเลกุลซาปอนินประกอบด้วยสองส่วน คือ ส่วนซาปอจีนิน (sapogenin) หรือเรียกว่า อะไกลโคน (aglycone) ได้แก่ ไตรเทอพีน (triterpene) สเตอรอยด์ (steroid) และสเตอรอยด์อัลคาลอยด์ (steroid alkaloid) และส่วนที่สองคือส่วนน้ำตาล (sugar) เรียกว่า ไกลโคน (glycone) ประกอบด้วยน้ำตาลหนึ่งหมู่หรือมากกว่าก็ได้ ได้แก่ ดี-กลูโคส (*D*-glucose) ดี-กาแลคโตส (*D*-galactose) ดี-กรดกลูคูโรนิก (*D*-glucuronic acid) ดี-กรดกาแลคตูโรนิก (*D*-galacturonic acid) แอล-แรมโนส (*L*-rhamnose) แอล-อาราบิโนส (*L*-arabinose) ดี-ไซโลส (*D*-xylose) และ ดี-ฟรักโตส (*D*-fructose) ซาปอนินที่พบในสัตว์ทะเลมีน้ำตาลพิเศษที่ต่างไป คือ ดี-ควิโนโวส (*D*-quinovose) กรณีที่ซาปอนินมีน้ำตาลหนึ่งโมเลกุล เรียกว่ามอนอเดสมอซิดิกซาปอนิน (monodesmosidic saponin) กรณีที่มีน้ำตาลสองโมเลกุล เรียกว่าไบเดสมอซิดิกซาปอนิน (bidesmosidic saponin) และน้ำตาลสามโมเลกุล เรียกว่าไทรเดสมอซิดิกซาปอนิน (tridesmosidic saponin) โมเลกุลของน้ำตาลนั้นต่อกับส่วนอะไกลโคนที่ตำแหน่ง C-3 C-26 หรือ C-28 ขึ้นอยู่กับชนิดของซาปอนิน ซาปอนินแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรก คือ สเตอรอยด์ซาปอนิน (steroidal saponin) ประกอบด้วยโครงสร้างคาร์บอน 27 ตัวอยู่ในส่วนอะไกลโคนต่อกันเป็นวงแหวน 5-6 วง และต่ออยู่กับหมู่น้ำตาล ส่วนมากพบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ตัวอย่างเช่น สาร a-solanine ในมันฝรั่ง (*Solanum tuberosum*) (Friedman and McDonald, 1999) สาร smilscobinoside A ในเหง้าและรากของ *Smilax scobinicaulis* (Zhang *et al*., 2012) (รูปที่ 3) กลุ่มที่สอง คือ ไทรเทอพีนอยด์ซาปอนิน (triterpenoid saponin) ประกอบด้วยโครงสร้างคาร์บอน 30 ตัวอยู่ในส่วนอะไกลโคนต่อกันเป็นวงแหวน 5 วง และต่ออยู่กับหมู่น้ำตาล ส่วนมากพบในพืชใบเลี้ยงคู่ ตัวอย่างเช่น สาร soyasaponin 1 ในถั่วเหลือง (Takahashi *et al*., 2008) สาร b-aescin ในเมล็ดของเกาลัดม้าซึ่งนำมาใช้เป็นยาลดการอักเสบ (anti-inflammatory drug) (Sirtori, 2001) (รูปที่ 3)

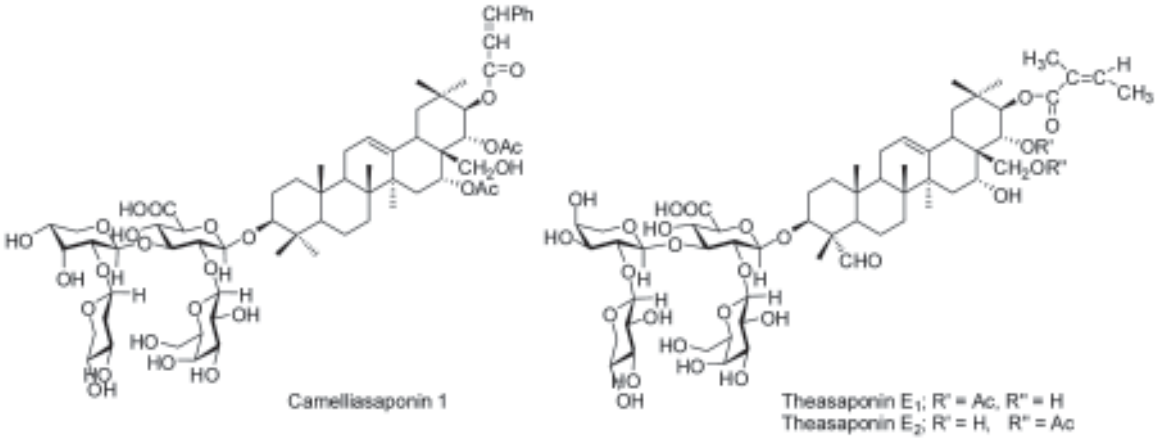
สารซาปอนินมีสมบัติที่แตกต่างกันไปตามส่วนต่างๆ ของพืชที่พบ ในพืชชนิดเดียวกันพบว่ามีชนิดและปริมาณของสารซาปอนินที่แตกต่างกันตามอายุของพืช แหล่งปลูกและสภาพภูมิอากาศ พืชแต่ละชนิดมีสารซาปอนินเชิงซ้อนผสมรวมกันอยู่ พืชสร้างสารซาปอนินขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่ป้องกันต้นพืชเองจากจุลินทรีย์และเชื้อราชนิดต่างๆ จากการทดลองทางวิทยาศาสตร์พบว่าสารซาปอนินมีฤทธิ์ทางชีวภาพมากมาย เช่น ฤทธิ์ทำให้เม็ดเลือดแดงแตก ฤทธิ์ฆ่าปลา ฤทธิ์ฆ่าหอย ฤทธิ์ยับยั้งราและยีสต์ ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียและจุลชีพ ฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็งและเนื้องอก ฤทธิ์ยับยั้งปรสิต ฤทธิ์ยับยั้งไวรัส ฤทธิ์ต้านการอักเสบ เป็นต้น (Price *et al*., 1987; Hostettmann and Marston, 2005) แม้สารซาปอนินจะเป็นพิษต่อสัตว์เลือดเย็น แต่กับสัตว์เลือดอุ่นแล้วสารซาปอนินมีพิษน้อยมากหากสัตว์เหล่านั้นได้รับสารกลุ่มนี้ทางปาก เนื่องจากสารซาปอนินไม่ถูกดูดซึมระหว่างอยู่ในระบบทางเดินอาหาร แต่จะถูกย่อยสลายเป็นซาปอจินินโดยเอนไซม์แล้วถูกขับออกมาทางอุจจาระ ในทางตรงกันข้ามสารซาปอนินมีความเป็นพิษสูงถ้าถูกฉีดเข้าในร่างกาย เนื่องจากทำให้เกิดการแตกตัวของเม็ดเลือดแดง (haemolysis) (Francis *et al*., 2002) นอกจากนี้สารซาปอนินยังสามารถสลายตัวได้เองในธรรมชาติ จึงไม่ตกค้างในสิ่งแวดล้อมและไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 3 โครงสร้างของสารสเตอรอยด์ซาปอนินและไทรเทอพีนอยด์ซาปอนิน

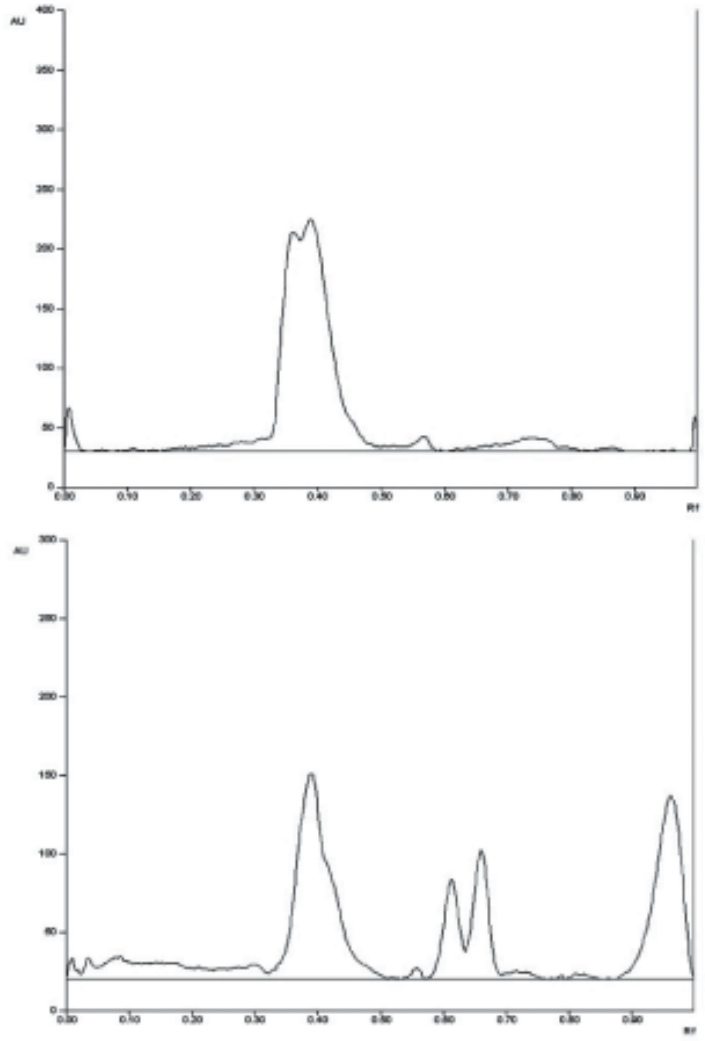
สารซาปอนินในกากเมล็ดชาที่ออกฤทธิ์ฆ่าหอยเชอรี่

สารซาปอนินในกากเมล็ดชาที่ออกฤทธิ์ฆ่าหอยเชอรี่คือ สาร Camelliasaponin 1 สาร Theasaponin E_1 และ สาร Theasaponin E_2 ซึ่งโครงสร้างของสารทั้งสามชนิดแสดงในรูปที่ 4 สารเหล่านี้สกัดได้ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์เมทานอล และเมื่อนำสารสกัดหยาบเมทานอลมาแยกตามความมีขั้วโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์คลอโรฟอร์ม บิวทานอล และน้ำ พบว่าสารซาปอนินทั้งสามชนิดอยู่ในชั้นของบิวทานอล ซึ่งมีฤทธิ์ฆ่าหอยเชอรี่ดีที่สุดในกลุ่มที่แยกได้ ด้วยค่า LC_{50} เท่ากับ 0.66 ppm ต่อหอยเชอรี่ขนาด 3.5–5.0 เซนติเมตร สารเหล่านี้ถูกแยกด้วยเทคนิค High performance liquid chromatography (HPLC) โดยใช้คอลัมน์ C_{18} และเฟสเคลื่อนที่คือสารละลายผสม 40% เมทานอลในสารละลาย 0.1% กรดแอซิติกในน้ำ และพิสูจน์ทราบโครงสร้างด้วยเทคนิคแมสสเปคโตรสโคปี (Mass spectroscopy) (สุพรรษา กิจประยูร, 2548)



รูปที่ 4 โครงสร้างของสาร Camelliasaponin 1 สาร Theasaponin E_1 และสาร Theasaponin E_2

การวิเคราะห์ปริมาณของสารซาปอนินในกากเมล็ดชาเป็นตัวกำหนดคุณภาพของกากเมล็ดชา เนื่องจากปริมาณสารซาปอนินเปลี่ยนแปลงตามสายพันธุ์ของชาน้ำมัน แหล่งปลูก และฤดูกาล ผู้เขียนได้นำเทคนิคโครมาโทกราฟีชนิดแผ่นบาง HPTLC (High performance thin layer chromatography) มาใช้ตรวจวัดปริมาณสารซาปอนินในกากเมล็ดชา (Chaicharoenpong and Petsom, 2009) โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์เมทานอลสกัดสารซาปอนินจากกากเมล็ดชา และนำสารสกัดนั้นมาแยกด้วยแผ่น HPTLC ปริมาณสารซาปอนินในกากเมล็ดชาคำนวณจากการเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีกของโครมาโทแกรมของสารซาปอนินมาตรฐานที่ค่า R_f เท่ากับ 0.40 (รูปที่ 5)



ก) สารมาตรฐานซาปอนิน ข) ตัวอย่างกากเมล็ดชา

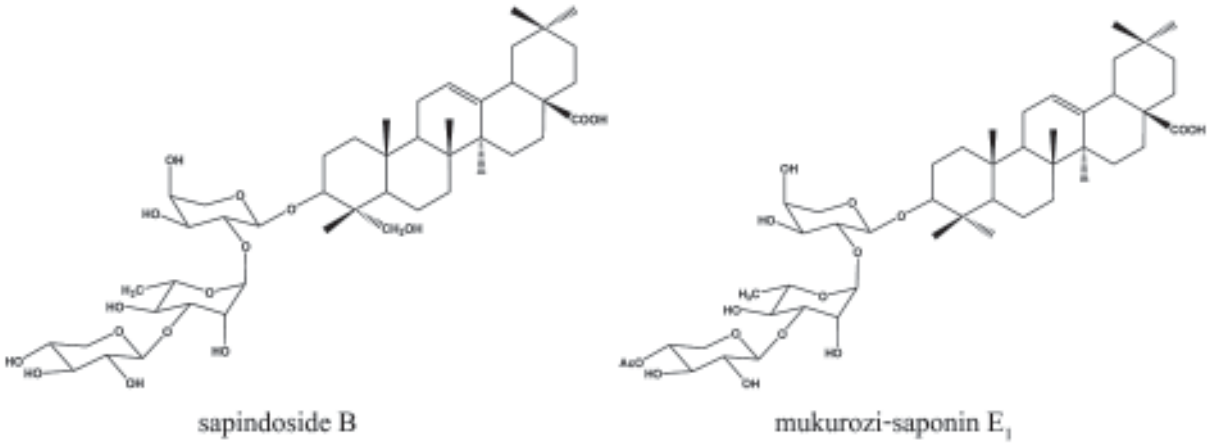
รูปที่ 5 สเปกตรัม HPTLC ของ ก) สารมาตรฐานซาปอนิน และ ข) ตัวอย่างกากเมล็ดชา ในระบบเฟสเคลื่อนที่ตัวทำละลายผสมของเอทิลแอซิเตต เมทานอล และน้ำ

นอกจากนี้ได้ทดสอบประสิทธิภาพของกากเมล็ดชาในการกำจัดหอยเชอรี่ในนาข้าวด้วย โดยเปรียบเทียบกับสารเคมีนิโคลซาไมด์ (50 กรัมต่อไร่) โดยแปรปริมาณกากเมล็ดชา 3 ระดับ คือ 2, 2.5 และ 3 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่ากากเมล็ดชาทั้งสามระดับสามารถกำจัดหอยเชอรี่ได้ 100% ของแปลงนาที่ทดสอบเหมือนกับแปลงนาที่ใช้นิโคลซาไมด์ และน้ำหนักของข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวได้จากแปลงนาที่ทดสอบด้วยกากเมล็ดชาทั้งสามระดับอยู่ในช่วง 910–1,180 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณใกล้เคียงกับแปลงนาที่ทดสอบด้วยนิโคลซาไมด์ที่เก็บเกี่ยวได้ 1,130–1,150 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งแตกต่างจากแปลงนาเปรียบเทียบที่ไม่ได้ใช้สารใดเลย เก็บเกี่ยวข้าวเปลือกได้ 620–750 กิโลกรัมต่อไร่

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ของกากเมล็ดชาสำหรับใช้ในการเกษตรมีวางจำหน่ายในท้องตลาดหลายรูปแบบทั้งชนิดน้ำ ชนิดผง และชนิดอัดแท่ง ซึ่งมีปริมาณสารซาปอนินแตกต่างกัน โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 10–13% อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์กากเมล็ดชาเหล่านี้นำเข้ามาจากสาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันเมล็ดชา แม้ปัจจุบันมูลนิธิชัยพัฒนาและมูลนิธิแม่ฟ้าหลวงได้ดำเนินการปลูกชาน้ำมันในประเทศไทย แต่ผลผลิตกากเมล็ดชายังไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้งาน จากสถิติข้อมูลการนำเข้าของกรมศุลกากร ประเทศไทยต้องนำเข้ากากเมล็ดชาจากสาธารณรัฐประชาชนจีนถึงปีละ 20,000 ตัน คิดเป็นจำนวนเงินปีละไม่ต่ำกว่า 200 ล้านบาท

สารซาปอนินในพืชที่ออกฤทธิ์ฆ่าหอยเชอรี่

นอกจากพืชตระกูลชา (Camellia) แล้ว ยังพบสารซาปอนินในพืชหลายชนิดที่มีฤทธิ์ในการฆ่าหอยเชอรี่ นักวิจัยไทยได้ทดสอบความสามารถในการฆ่าหอยเชอรี่ของพืชหลายชนิด เช่น ประคำดีควาย ลำโพง มะขาม เทียนหยด มะไฟนกคุ่ม สะเดา โล่ติ๊น เป็นต้น (ชมพูนุช จรรยาเพศและคณะ, 2539, 2553; ทัศนีย์วรรณ ฝ่ายสูน, 2549; นันทิยา โพธิ์สวัสดิ์, 2543) พบว่าพืชเหล่านี้สามารถกำจัดหอยเชอรี่ได้ โดยที่ผลประคำดีควายมีความสามารถในการกำจัดหอยเชอรี่ได้ดีที่สุดในกลุ่มพืชที่ทดสอบและมีประสิทธิภาพไม่ด้อยไปกว่ากากเมล็ดชา สารซาปอนินในผลประคำดีควายที่ออกฤทธิ์ฆ่าหอยเชอรี่คือ สาร sapindoside B และ สาร mukurozi–saponin E_1 (รูปที่ 6) ซึ่งแสดงความเป็นพิษต่อหอยเชอรี่ด้วยค่า LC_{50} 4.34 และ 4.28 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ทัศนีย์วรรณ ฝ่ายสูน, 2549)



รูปที่ 6 โครงสร้างของสาร Sapindoside B และสาร Mukurozi–saponin E_1ของผลประคำดีควาย

บทสรุป

สารซาปอนินในกากเมล็ดชาและผลประคำดีควายมีฤทธิ์ฆ่าหอยเชอรี่ในนาข้าวได้ดี แต่ต้นชาไม่ใช่ต้นไม้ประจำถิ่นในประเทศไทย เกษตรกรซื้อผลิตภัณฑ์กากเมล็ดชาที่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศเพื่อใช้ในการกำจัดหอยเชอรี่ และประคำดีควายเป็นพืชที่ไม่นิยมปลูกกัน ส่งผลให้ไม่สามารถซื้อหาปริมาณมากได้ตามท้องตลาดเพื่อนำมาใช้งานได้ หากชาวนาปลูกต้นประคำดีควายในไร่นาและเก็บผลมาใช้ในการกำจัดหอยเชอรี่จะช่วยลดปริมาณการซื้อสารเคมีกำจัดศัตรูต้นข้าว ช่วยให้ต้นทุนการผลิตลดลง ลดปริมาณการใช้และสัมผัสสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้ชาวนามีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น การนำผลิตภัณฑ์ธรรมชาติมาใช้งานด้านเกษตรกรรม ทั้งเป็นสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรที่ได้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและมีกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดปริมาณการนำเข้าสารเคมีจากต่างประเทศ จึงเป็นประโยชน์ต่อการเกษตรของไทย เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีและเป็นการดำเนินตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ส่งผลให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ชมพูนุช จรรยาเพศ ปราสาททอง พรหมเกิด สมเกียรติ กล้าแข็ง ปิยาณี หนูกาฬ และดาราพร รินทะรักษ์ (2553) เปรียบเทียบประสิทธิภาพสารสกัดประคำดีควาย ลำโพงและมะขามกับหอยเชอรี่ รายงานการวิจัย กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, หน้า 626-638.

ชมพูนุช จรรยาเพศ ศิริพร ซึงสนธิพร และทักษิณ อาชวาคม (2539) ทดสอบสารสกัดจากพืชในการป้องกันกำจัดหอยเชอรี่และผลกระทบต่อสัตว์น้ำ รายงานการวิจัย กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, หน้า 264-265.

ทัศนีย์วรรณ ฝ่ายสูน (2549) ฤทธิ์ฆ่าหอยเชอรี่ของสารซาปอนินจากผลมะคำดีควาย วิทยานิพนธ์ปริญญาเภสัชศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเภสัชเวท บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นันทิยา โพธิ์สวัสดิ์ (2543) การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากกากชาและโล่ติ๊นในการกำจัดหอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีบริหารสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

สุพรรษา กิจประยูร (2548) ฤทธิ์ฆ่าหอยเชอรี่ *Pomacea canaliculata* Lamarck. ของซาปอนินจากเมล็ดชา *Camellia oleifera* Abel. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Calumpang, S.M.F., Medina M.J.B., Tejada A.W. and Medina J.R. (1995). Environmental impact of two molluscicidal: nicosamide and metaldehyde in a rice paddy ecosystem. *Bull Environ. Contam. Toxicol.* 55 (4), 494-501.

Chaicharoenpong C. and Petsom A. (2009). Quantitative thin layer chromatographic analysis of the saponins in tea seed meal. *Phytochem. Anal.* 20, 253-255.

Chaicharoenpong C. and Petsom A. (2011). Use of tea (*Camellia oleifera* Abel.) seeds in human health. In Preedy, V.R., Watson, R.R. and Patel, V.B. Nuts and seeds in health and disease prevention. 1st ed. Academic Press, Inc Publishers, London, 1115-1122.

Francis G., Kerem, Z., Makkar, H.P.S. and Becker, K. (2002). The biological action of saponins in animal systems. *Br. J. Nutr.* 88, 587-605.

Friedman, M. and McDonald, G.M. (1999). Postharvest changes in glycoalkaloid content of potatoes. *Adv. Exp. Med. Bio.* 459, 121-143.

Halwart, M. (1994). The golden apple snail *Pomacea canaliculata* in Asian rice farming systems: Present impact and future threat. *Int. J. Pest Manag.* 40 (2), 199-206.

Hostettmann, K. and Marston, A. (2005). Saponins. Chemistry and pharmacology of natural products. Cambridge University Press: Cambridge; 1-121, 252-261.

Jiangsu New Medical College. (1977). Dictionary on Chinese traditional herb. 2nd ed. People Press, Shanghai, 1054.

Liu, T.Y., Lee, J.T. ad Sun, C.T. (1979). The tea seed composition, oil characteristics, and the correlation between its maturity and oil content. *Food Sci.* 6, 109-113.

Mcllroy, R.J. (1951). The plant glycosides. Edward Arnold: London.

Price, K.R., Johnson, I.T. and Fenwick, G.R. (1987). The chemistry and biological significance of saponins in foods and feeding stuffs. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 26 (1), 27-135.

Riguera, R. (1997). Isolating bioactive compounds from marine organisms. *J. Mar. Biotechnol.* 5, 187-193.

Sirtori C.R. (2001). Aescin: pharmacology, pharmacokinetics and therapeutic profile. *Pharmacol. Res.* 44 (3), 183-193.

Takahashi, S., Hori, K., Hiwatashi, K., Gotoh, T. and Yamada, S. (2008). Isolation of human renin inhibitor from soybean: soyasaponin I is the novel human renin inhibitor in soybean. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 72 (12), 3232-3236.

Zhang, C.L., Gao, J.M. and Zhu, W. (2012). Steroidal saponins from the rhizomes and roots of *Smilax scobinicaulis*. *Phytochem. Lett.* 5 (1), 49-52.