บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1. ลักษณะทางพันธุศาสตร์ของลูกเดือย

1.1 ลักษณะทั่วไป

ลูกเดือยเป็นธัญพืชชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาแปรรูปเป็นอาหาร ลูกเดือยจัดอยู่ในวงศ์ (family) Gramineae สกุล (genus) Coix มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Coixlacryma-jobi* ชื่อสามัญ Job's tears และมีชื่อทางการค้าเพื่อใช้ในการส่งออก คือ Thailand Pearl Barley ถิ่นกำเนิดของลูกเดือยในระยะแรกคาดว่าอยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แล้วแพร่ขยายไปปลูกทางตะวันตกโดยชาวอาหรับ ตั้งแต่ก่อนคริสตศักราช 1,500 ปี จนถึงปัจจุบันลูกเดือยได้มีการขยายแพร่พันธุ์ไปทั่วโลก ส่วนการนำเข้ามาปลูกในไทยนั้น พบว่า ได้มีการปลูกลูกเดือยเป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2503 ที่บริเวณเขตนิคมสร้างตนเองพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี และเขตนิคมสร้างตนเองลพบุรี จังหวัดลพบุรี ซึ่งต่อมาในปี พ.ศ. 2513 ได้มีการขยายการปลูกมากขึ้นที่จังหวัดชัยภูมิและเลย ปัจจุบันมีแหล่งปลูกเพิ่มมากขึ้นอีกทางภาคเหนือของประเทศ เช่น จังหวัดเชียงราย พะเยาและลำปาง (Vacharotayan *et al.*, 1982)

ลูกเดือยเป็นพืชจำพวกหญ้า ลำต้นตั้งตรง สูงประมาณ 1-1.5 เมตร ใบเป็นเส้นตรงพุ่งยาวออกมาประมาณ 30 เซนติเมตร กว้างประมาณ 1.5-3 เซนติเมตร เส้นกลางใบหนานูนออกมาทางด้านท้องใบ หลังใบมีสีเขียวเป็นมัน หนาประมาณ 1 มิลลิเมตร มีก้านใบด้านล่างหุ้มรอบข้อ ดอกออกเป็นช่อจากง่ามใบ ผลลูกเดือยมี 2 ลักษณะ คือ กลมหรือรี มีเปลือกนอกแข็งเป็นมัน ภายในมีเมล็ดกลมมน ด้านหนึ่งเป็นร่องตามยาว และมีแป้งมาก (ชัยโยและคณะ, 2524)

1.2 การแบ่งชนิดของลูกเดือย ลูกเดือยมีหลายชนิดแบ่งตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะการเพาะได้ดังนี้

1.2.1 แบ่งตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา ได้เป็น 4 ชนิด ได้แก่

1.2.1.1 *Coix lacryma-jobi* var. typica เมล็ดมีรูปร่างกลม รี คล้ายรูปไข่ เปลือกเมล็ดมีสีฟ้าอมขาว ผิวเมล็ดเรียบและแข็ง

1.2.1.2 *Coix lacryma-jobi* var. stenocarpa Stapf. เมล็ดมีรูปร่างกลม ยาว เปลือกเมล็ดมีสีฟ้าอมขาว

1.2.1.3 *Coix lacryma-jobi* var. monilifer Stapf. เมล็ดมีรูปร่างกลมแบน เปลือกมีสีขาวขุ่น เหมือนน้ำนม สีชมพู สีน้ำตาล สีดำ เมล็ดชนิดนี้ไม่นิยมรับประทาน แต่นำมาร้อยเป็นสร้อยคอ

1.2.1.4 *Coix lacryma-jobi* var. mayuen Stapf. เมล็ดมีลักษณะเป็นร่องตามแนวยาว เปลือกบางมาก สีขาวขุ่นถึงสีน้ำตาล เมล็ดชนิดนี้นิยมเพาะปลูกเพื่อนำมาบริโภค

1.2.2 แบ่งตามลักษณะการเพาะปลูกในประเทศไทย

1.2.2.1 ลูกเดือยพื้นเมือง (Native Job's Tears) หรือ เดือยหิน หรือเดือยลูกปัด ลูกเดือยชนิดนี้มีต้นขึ้นทั่วไปตามริมทุ่งหญ้า ริมนา และริมบ้าน ผลมีรูปร่างกลม ขนาดเล็ก ประมาณ 7×7 มิลลิเมตร เปลือกมีความเลื่อมมันและแข็งมาก นิยมใช้ทำเครื่องประดับ ภายในเมล็ดมีเนื้อของเมล็ดน้อยและแข็ง ใช้บริโภคไม่ได้ จึงไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ

1.2.2.2 ลูกเดือยเพาะปลูก (Cultivatived Job's Tears) เป็นลูกเดือยที่มีการเพาะปลูกกันมากทางภาคเหนือของประเทศไทย เพื่อรับประทานในท้องถิ่นเท่านั้น รูปร่างของผลลูกเดือยประเภทนี้มีลักษณะกลมใหญ่ประมาณ 10-12 มิลลิเมตร เปลือกมีสีน้ำตาลเทาและแข็ง แต่ไม่แข็งเท่ากับเดือยหิน เมล็ดที่นำมารับประทานจะเป็นเมล็ดอ่อนสีเขียว เนื้อในเมล็ดยังไม่แข็งมาก อาจจะต้มก่อนรับประทานหรือรับประทานสด โดยการใช้ฟันหน้าขบแล้วบีบให้แตก ชาวบ้านจึงเรียกว่า "เดือยขบ"

1.2.2.3 ลูกเดือยการค้า (Commercial Job's Tears) เป็นลูกเดือยที่ไม่ใช่พันธุ์พื้นเมืองของไทย แต่มีการปลูกทั่วไปในปริมาณมากพอที่จะขายเป็นการค้าได้ ผลของเมล็ดมีรูปร่างกลมและรี ขนาด 10-7 มิลลิเมตร เปลือกมีสีน้ำตาล จนถึงสีน้ำตาลเทา สามารถแบ่งปลูกลูกเดือยชนิดนี้ได้เป็น 2 ลักษณะตามรูปร่าง เมล็ดลำต้น และชนิดของสตาร์ชภายในเมล็ด คือ ลูกเดือยข้าวเหนียว (glutinous type) และลูกเดือยข้าวเจ้า (non-glutinous type) โดยลูกเดือยข้าวเหนียวจะมีเมล็ดลักษณะกลม สั้น ขนาดใหญ่กว่าลูกเดือยข้าวเจ้า และมีปริมาณอะไมโลเพกตินสูง ส่วนลูกเดือยข้าวเจ้า เมล็ดมีลักษณะค่อนข้างยาว เล็ก และมีปริมาณอะไมโลเพกตินต่ำ

2. ประโยชน์ของลูกเดือย

ลูกเดือยเป็นธัญพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จากรายงานของ Duke (1983) ที่ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของลูกเดือยระบุว่า ลูกเดือย 100 กรัม ให้พลังงาน 380 แคลอรี่ มีความชื้น 11.2 กรัม โปรตีน 15.4 กรัม ไขมัน 6.2 กรัม คาร์โบไฮเดรต 65.3 กรัม เถ้า 1.9 กรัม แคลเซียม 25 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 43.5 มิลลิกรัม และเหล็ก 5.0 มิลลิกรัม เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีกับธัญพืชอื่น ๆ จะเห็นได้ว่า คุณค่าทางโภชนาการของลูกเดือยมีมากเทียบเท่ากับธัญพืชชนิดอื่น ๆ ในหมวดเดียวกัน

(จิตธนา, 2539) ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยในส่วนของไขมันมีรายงานว่ากรดไขมันที่พบในลูกเดือยคือ กรดสเตียริก กรดปาล์มิติก กรดปาล์มิโตเลอิก กรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก และกรดลิโนเลนิก ในสัดส่วนดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2 (Sato and Miyata, 1975)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของลูกเดือยกับธัญพืชชนิดอื่นๆ
(กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)

ชนิดของธัญพืช	คาร์โบไฮเดรต	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า
ข้าวสาลี	74.1	16.0	2.9	1.8
ข้าวเจ้า	77.7	7.5	1.7	1.1
ข้าวบาร์เล่ย์	78.1	11.8	1.8	3.1
ข้าวโพด	80.2	11.1	4.9	1.7
ข้าวฟ่าง	79.7	12.4	3.6	1.7
ลูกเดือย	71.4	13.8	4.6	2.0

ที่มา : จิตธนา (2539)

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณและชนิดของกรดไขมันในลูกเดือยดิบ

ชนิดของกรดไขมัน	ร้อยละ
กรดสเตียริก	1.52
กรดปาล์มิติก	12.28
กรดปาล์มิโตเลอิก	0.38
กรดโอเลอิก	60.6
กรดลิโนเลอิก	24.38
กรดลิโนเลนิก	0.25

ที่มา : Sato และ Miyata (1975)

นอกจากลูกเดือยจะใช้ประโยชน์ในการเป็นอาหารแล้ว ยังมีการใช้ประโยชน์ในลักษณะอาหารเป็นยา (Nutracertical) อีกด้วย โดยในอดีตชาวจีนเชื่อว่าลูกเดือยมีสรรพคุณช่วยรักษาไข้หวัด โรคท้องร่วง และมะเร็ง ส่วนในตำราสมุนไพรพื้นบ้านไทย ลูกเดือยมีสรรพคุณบำรุงม้าม ปอด แก้ไข้

เหน็บชา ชักกระตุก วัณโรค และเมื่อนำไปหมักกับแอลกอฮอล์สามารถใช้ในการรักษาโรคข้ออักเสบได้ (พะยอม, 2521) นอกจากนี้น้ำมันจากลูกเดือยยังมีผลต่อการบีบตัวของมดลูกกระต่าย เพิ่มการดูดน้ำกลับที่ไต แก้อาการปัสสาวะมากและมีฤทธิ์ทำให้การหมุนเวียนเลือดที่ผิวหนังดีขึ้น ทำให้เส้นผมเจริญดีขึ้น และมีฤทธิ์แก้อาการอักเสบของผิวหนัง (ชัยโยและคณะ, 2524) รักษาโรคเนื้องอกในช่องท้อง มะเร็งในปอด แผลอักเสบตามง่ามนิ้ว โรคข้อต่ออักเสบ และระบบทางเดินปัสสาวะอักเสบ (Hartwell, 1971 อ้างโดย Duke, 1983)

จากรายงานและความเชื่อเหล่านี้ ปัจจุบันจึงมีงานวิจัยเกี่ยวกับลูกเดือยเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะการศึกษาคุณสมบัติในการเป็นอาหารที่รักษาโรคเกี่ยวกับมะเร็งและเนื้องอก เช่น Zhu *et al.* (1989) ทำการศึกษาสมบัติของกรดไขมันอิสระ ได้แก่ กรดโอเลอิก (oleic acid) กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) เมทิลโอลิเอต (methy oleate) และเมทิลลิโนลิเอต (methy linolcatc) ในการยับยั้งการเจริญของเนื้องอก การทดลองทำโดยนำกรดไขมันอิสระดังกล่าวมาทำให้เป็นอิมัลชั่น โดยผสมกับน้ำเกลือและ tween 80 และนำไปฉีดให้กับหนูทดลองที่ถูกปลูกถ่ายเซลล์เนื้องอก ชนิด carcinoma chrlich ปริมาณวันละ 100 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักหนู 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 3 วัน แล้ววัดอัตราการอยู่รอดของหนู ผลการทดลองพบว่ากรดไขมันอิสระดังกล่าวสามารถยืดระยะเวลาการรอดชีวิตของหนูทดลองได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากกรดไขมันอิสระดังกล่าวออกฤทธิ์เป็นพิษต่อเซลล์เนื้องอก และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในเซลล์โดยไม่ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์เป็นเซลล์มะเร็งต่อไปได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Numata *et al.* (1994) ที่ได้ทำการศึกษาการสกัดสารต้านการเจริญของเนื้องอก (anti-tumor) จากลูกเดือยแล้วนำมาแยกองค์ประกอบด้วยเครื่อง Infrared Spectrophotometer และ Gas Chromatography พบว่าสารที่สกัดได้ประกอบด้วยกรดไขมัน 4 ชนิดคือ กรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก กรดปาล์มิติก และกรดสเตียริก และทำการทดสอบฤทธิ์ในการต้านทานการเจริญของเนื้องอกโดยฉีดน้ำมันดิบที่สกัดด้วยอะซิโตนผสมกับน้ำเกลือและ Tween 80 ในหนูทดลองที่ถูกปลูกถ่ายเซลล์เนื้องอก ชนิด Sarcoma 180 พบว่าเมื่อฉีดน้ำมันดิบปริมาณ 372 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักหนู 1 กิโลกรัมต่อวัน จะมีผลทำให้หนูมีอัตราการรอดชีวิตได้นานกว่าหนูที่ถูกฉีดเฉพาะสารละลายน้ำเกลือผสม tween 80 ร้อยละ 313

งานวิจัยของ Li (1993) ให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกันจากการศึกษาผลของน้ำมันที่สกัดได้จากลูกเดือยในการยับยั้งการเจริญของเซลล์เนื้องอกชนิด leukemia P388 ในหนูทดลอง โดยทำการสกัดลูกเดือยผง ใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย ทำการสกัดคล้ายวิธีของ Numata *et al.* (1994) จนกระทั่งได้น้ำมันบริสุทธิ์ออกมา จากนั้นจึงนำไปฉีดในหนูทดลอง พบว่าเมื่อฉีดน้ำมันสกัดจากลูกเดือย 20 ไมโครลิตร ในหนูทดลองพบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์เนื้องอกได้ร้อยละ 15-30 ในขณะที่ Tokuda *et al.* (1990) รายงานว่าสารสกัดเมล็ดลูกเดือยด้วยเมทานอลสามารถยับยั้งการเจริญของเนื้องอกและคาดว่า alpha-monolinolein คือ activc compound ที่มีผลในการยับยั้งดังกล่าว สอดคล้องกับ Chang *et al.* (2003) ที่ระบุว่าสารสกัดจากลูกเดือยด้วยเมทานอลสามารถยับยั้งมะเร็งปอดโดยการเหนี่ยวนำให้เกิด apoptosis และระบุว่าหนูที่ได้รับอาหารที่มีลูกเดือยจะลดจำนวนของเนื้องอกที่ผิวของปอดได้

นอกจากนี้ สารสกัดจากลูกเดือยอาจมีคุณสมบัติการเป็น anti-HIV โดยมีการระบุในรายงานของ Zhuo (1998) ที่ทำการทดลองโดยนำลูกเดือยมาบดเป็นผง เติมในน้ำเกลือ แล้วนำไป centrifuge ที่ 10,000 รอบต่อนาที นาน 20 นาที แล้วนำส่วนใสเติมใน medium ให้มีความเข้มข้นร้อยละ 0, 5, 10, 20, 30 และ 50 จากนั้นนำอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ใส่ลงจานเพาะเชื้อ นำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที แล้วจึงถ่ายเชื้อ HIV (103TCD50) จำนวน 4 x 10^5 เซลล์ ที่อยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อปริมาตร 2 มิลลิลิตร ลงในทุกๆ จาน เมื่อผ่านไป 5 วัน จึงนำมานับจำนวนเซลล์ ผลการทดลองพบว่าที่ร้อยละ 50 ของสารสกัดที่เติม สามารถทำลายเชื้อไวรัสได้หมด นอกจากนี้ยังพบว่าที่ร้อยละ 20-40 สารสกัดที่เติม สามารถต้านทานไวรัสที่ทำให้เซลล์เนื้อเยื่อเกิดการขยายใหญ่ได้

คุณสมบัติอีกประการหนึ่งของลูกเดือยคือการลดปริมาณคอเลสเตอรอล (cholesterol) Huang *et al.* (2005) ได้ทดลองให้หนูกินอาหารที่มีน้ำมันลูกเดือยร้อยละ 5 และสาร cholesterol ร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า มีผลให้ LDL cholesterol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จาก 79.7 เป็น 53.9 mg/l ลดปริมาณ total cholesterol จาก 339.6 เป็น 206.2 mg/l ลดปริมาณ insulinจาก 92 เป็น 55 µg/l และลดปริมาณ leptin จาก 13.5 เป็น 5.8 pg/ml และสรุปว่าการกินน้ำมันลูกเดือยร้อยละ 5 จะสามารถลด leptin, adipose tissue และ LDL cholesterol ได้ และได้วิจารณ์ผลการทดลองว่าสารสกัดที่ละลายได้ในน้ำมันของเมล็ดลูกเดือย (*C. lachrymal-jobi*) มีส่วนประกอบของ phytosterol และ polyphenolic รวมทั้ง sitosterol, sitosterone, campersterol, coniferyl alcohol และ mayuenolide (Huang *et al.* (2005) อ้างจาก Chien, 1998; lin, 1999; Kuo *et al.*, 2001, 2002) phytosterol มีประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นของ plasma lipid และเพิ่มการหลั่ง bile acid ส่วนสารประกอบ polyphenolic ในพืชมีประสิทธิภาพในการลด oxidative stress และเพิ่มประสิทธิภาพของ insulin ดังนั้นในงานวิจัยจึงสนใจศึกษาความเป็นไปได้ที่น้ำมันจากลูกเดือยจะลด plasma chloresterol และยับยั้ง peroxidizing effect ระดับอวัยวะ

3. การนำลูกเดือยไปใช้ประโยชน์

3.1 ใช้เป็นอาหาร

ลูกเดือยเป็นธัญพืชที่สำคัญสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น การใช้เป็นอาหารมนุษย์ในรูปอาหารสด ขนมหวานและเครื่องดื่ม นอกจากนั้นยังนำไปทำเป็นอาหารสัตว์ ยารักษาโรค และเครื่องประดับ

Vacharotayan *et al.* (1982) ได้รายงานการบริโภคลูกเดือยว่าส่วนใหญ่นิยมบริโภคในรูปของหวาน และผสมในน้ำนมถั่วเหลืองและเต้าทึง ชาวญี่ปุ่นนิยมนำลูกเดือยทั้งเปลือกไปคั่วสำหรับชงดื่มแทนน้ำชาเพื่อให้ความสดชื่น หรือปรุงเป็นซุปลูกเดือย เช่นเดียวกับซุปข้าวบาร์เลย์ของชาวยุโรป ขณะที่ชาวจีนใช้ลูกเดือยที่สีเปลือกออกและขัดมัน ปรุงเป็นซุป น้ำนมถั่วเหลืองและเต้าทึง พรรณนา (2526) ได้ดัดแปลงนำลูกเดือยมาเป็นส่วนประกอบของอาหาร โดยได้ทดลองนำลูกเดือยมาบดเป็นแป้งและนำไปเป็นส่วนผสมในการทำคุกกี้ โดยการนำลูกเดือยไปแช่น้ำนาน 3 ชั่วโมง ให้ความร้อนจนกระทั่งเกิด

ลักษณะเป็นเจล นำไปบดด้วยเครื่องบดแบบแห้ง ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh พบว่าได้แป้งลูกเดือยที่มีการดูดซับน้ำได้ดีเมื่อนำไปทำคุกกี้ได้คุกกี้ที่เนื้อสัมผัสไม่มีลักษณะคล้ายทรายแต่มีลักษณะค่อนข้างแข็งกระด้าง

ทัศนีย์และอรอนงค์ (2531) ได้ทดลองทำผลิตภัณฑ์ลูกเดือย 3 ชนิดคือ น้ำลูกเดือย ขนมผิงลูกเดือย และขนมชุบงาลูกเดือย พบว่าการทำน้ำลูกเดือยโดยการนำลูกเดือยที่ผ่านการขัดมันแล้วมาแช่น้ำนาน 6 ชั่วโมง ล้างให้สะอาด เติมน้ำในสัดส่วนต่างๆกัน คือ ลูกเดือย:น้ำ อัตราส่วน 1:10, 1:15, 1:20 และ 1:25 ตีปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้านาน 4 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น นำส่วนที่เป็นน้ำมาเติมน้ำตาลทราย ต้มให้เดือดที่อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส ผลที่ได้ คือ ลักษณะโดยทั่วไปของน้ำลูกเดือยทั้ง 4 สูตร มีลักษณะคล้ายกันคือ มีสีขาวขุ่น มีกลิ่นของลูกเดือย และมีความหนืดแตกต่างกันตามปริมาณของลูกเดือยที่ใช้ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า น้ำลูกเดือยอัตราส่วน ลูกเดือย:น้ำ เท่ากับ 1:15 เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด สูตรที่มีการใช้ลูกเดือยมากกว่านี้จะมีความหนืดสูงเนื่องจากปริมาณสตาร์ชสูงขึ้น amylopectin ในสตาร์ชของลูกเดือยจะอุ้มน้ำในส่วนผสมและเกิดการพองตัวเมื่อได้รับความร้อน ทำให้มีความหนืดสูง อย่างไรก็ตาม สตาร์ชเหล่านี้สามารถพยุงตัวได้โดยไม่ตกตะกอนและมีความคงตัวดีไม่เกิดการแยกชั้นเมื่อตั้งให้เย็น

การศึกษาขนมผิงลูกเดือยพบว่า สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือสูตรที่มีการใช้แป้งลูกเดือย:แป้งมัน เท่ากับ 20:80 ผงฟู 1.5 กรัม น้ำตาลทราย 90 กรัม กะทิ 100 กรัม ไข่ 100 กรัม เนยขาว 10 กรัม และโกโก้ 1 กรัม อบในเตาอบที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ส่วนการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชุบงาลูกเดือย พบว่า สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือสูตรที่มีการใช้ลูกเดือย:แป้งสาลี เท่ากับ 80:20 ผงฟู 2 กรัม น้ำตาลทราย 60 กรัม เกลือ 1 กรัม ไข่ 50 กรัม และเนยสด 10 กรัม ทอดในน้ำมันอุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที

3.2 งานวิจัยด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกเดือย

ส่วนใหญ่เป็นการแปรสภาพลูกเดือยให้เป็นแป้งก่อน แล้วจึงนำไปเป็นส่วนผสมในการทำขนมหรือผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ จึงควรมีการส่งเสริมให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกเดือยทั้งเมล็ดด้วยเพื่อเป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคมากขึ้น ลูกเดือยฉาบแก้วเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจและสามารถดัดแปลงวิธีการทำจากผลิตภัณฑ์ถั่วเคลือบน้ำตาลซึ่ง วัฒนา (2534) ได้เสนอกรรมวิธีการผลิตถั่วเคลือบน้ำตาล ดังนี้

1. การเคลือบน้ำตาลแบบระยะเดียว โดยใช้ถั่วลิสงและถั่วเหลืองอย่างละ 100 กรัม น้ำตาลทรายขาว 60 กรัม และน้ำ ½ ถ้วยตวง ใส่ส่วนผสมในกระทะ ตั้งไฟอ่อนๆและคนให้น้ำตาลละลาย พอน้ำตาลเกือบแห้งให้ใช้ไม้พายคนแรงๆจนน้ำตาลเคลือบติดถั่วโดยทั่วและแห้งดี คั่วต่ออีก 5 นาที เทใส่ถาด เกลี่ยให้กระจาย

2. การเคลือบน้ำตาลแบบสองระยะ โดยใช้ถั่วลิสง ถั่วเหลือง และถั่วขาวอย่างละ 100 กรัม น้ำตาลทรายขาว 60 กรัม เกลือ ¼ ช้อนชา น้ำ ½ ถ้วยตวง และงาขาว 1 ช้อนโต๊ะ วิธีการทำจะใส่ถั่ว น้ำตาลและน้ำลงในกระทะตั้งไฟอ่อนๆ คนพอน้ำตาลละลาย พอน้ำตาลจวนจะแห้งใช้ไม้พายคนแรงๆจน

น้ำตาลติดถั่ว โรยเกลือป่น คนให้เข้ากัน เร่งไฟให้แรงจนน้ำตาลละลายอีกครั้ง โรยงาแล้วคนให้ทั่ว เทใส่ถาดและเกลี่ยให้กระจาย

3. การเคลือบน้ำตาลแบบกรอบ โดยใช้ถั่วลิสง และถั่วขาวอย่างละ 100 กรัม น้ำตาลทรายขาว 30 กรัม น้ำ ¼ ถ้วยตวงและเกลือ 1/16 ช้อนชา วิธีการมีการแช่ถั่วในน้ำร้อนนาน 3 ชั่วโมง นำไปคั่วในกระทะจนกรอบด้วยไฟปานกลางแล้วตักขึ้น ต่อจากนั้นนำน้ำกับน้ำตาลเคี่ยวจนเป็นยาง ใส่เกลือคนพอละลาย ใส่ถั่วลงฉาบให้น้ำตาลจับเม็ดถั่วจนทั่ว แล้วเทใส่ถาด เกลี่ยให้กระจาย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของชาแช่และชาชงสมุนไพรเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ได้รับความสนใจในปัจจุบัน ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้เป็นสารละลายเจือจางที่ประกอบด้วยสารสำคัญหรือสารออกฤทธิ์ที่ได้จากการชงละลายจากผงสมุนไพร ดังนั้นการเตรียมผลิตภัณฑ์จะใช้การแช่สมุนไพรในน้ำร้อนหรือน้ำเย็นเป็นเวลานานตั้งแต่ 5 นาทีถึง 2 ชั่วโมง ขนาดของผงสมุนไพร อุณหภูมิที่ใช้ และระยะเวลาของการแช่จะขึ้นกับธรรมชาติของสมุนไพรและชนิดหรือประเภทของสารสำคัญที่ต้องการสกัด

การเตรียมผลิตภัณฑ์ชาแช่ และชาชงสมุนไพร (ทวีศักดิ์, 2536)

1. การทำแห้ง (Drying) เป็นการขจัดของเหลวออกจากสารที่ต้องการ โดยการใช้ความร้อน การทำแห้งจะช่วยคงคุณภาพสมุนไพร ลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ และช่วยให้การลดขนาดง่ายกว่าพืชสด วิธีที่นิยมในการทำแห้งคือการใช้แสงอาทิตย์ และการอบในตู้อบ

2. การลดขนาดสมุนไพร การลดขนาดจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวให้ตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าไปละลายสารสำคัญที่อยู่ในเนื้อเยื่อภายในได้มากขึ้น ขนาดที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับชนิดของสมุนไพรและความสามารถของตัวทำละลายที่จะสามารถแทรกเข้าสู่เนื้อเยื่อภายใน การลดขนาดจะเกิดจากการบด (crushing) การอัด (impact) และการเสียดสี (grinding) การลดขนาดให้ละเอียด ใช้เวลานาน และการเกิดความร้อนเนื่องจากการเสียดสี อาจเป็นสาเหตุของการสูญเสียสารสำคัญหากสารนั้นไม่ทนต่อความร้อน หรือสารหอมระเหยบางชนิดอาจสูญเสียไป

3. การผสม (blending or mixing) เป็นการผสมผงสมุนไพรที่ลดขนาดแล้วให้เข้ากัน หลักการขั้นพื้นฐานของการผสม คือ ตัวยาทุกชนิดจะต้องลดขนาดให้เท่าๆกัน หรือเกือบเท่ากันก่อนจะชั่งหรือผสม ความแตกต่างของขนาดตัวยาจะสามารถชักนำให้เกิดการแยกกันได้

4. การสกัด (extraction) เป็นการดึงหรือชะส่วนที่ละลายออกจากส่วนที่ไม่ละลายซึ่งอาจเป็นของแข็งหรือของเหลวก็ได้ ด้วยการใช้ตัวสกัดที่เป็นของเหลวที่เหมาะสม ความสามารถของการสกัดจะขึ้นอยู่กับอัตราการซึมผ่าน (rate of diffusion) ของส่วนที่ละลายผ่านชั้นสัมผัสของของเหลวที่ทำหน้าที่เป็นตัวสกัด (extraction) กับสารตั้งต้นที่จะสกัด

4. กรดไขมันและการสกัดไขมัน

กรดไขมันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในลิปิดเกือบทุกชนิด ตามปกติจะไม่ค่อยพบกรดไขมันอิสระในธรรมชาติ แต่จะพบอยู่ในสภาพเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของลิปิด กรดไขมันเป็นอนุพันธ์ของ

ลิปิดเพราะเกิดจากการสลายตัวของลิปิด เช่น ต้มลิปิดพวกกลีเซอไรด์ด้วยด่างหรือกรด หรือย่อยด้วยเอนไซม์ไลเปสจะได้กรดไขมัน กรดไขมันทั้งหมดมีมากกว่า 70 ชนิดในเซลล์ต่างๆ กรดไขมันประกอบด้วยคาร์บอนเป็นโซ่ยาวเกาะกันเป็นโซ่ตรง มีหมู่ –COOH ที่ปลาย มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 3 อะตอมจนถึงมากกว่า 20 อะตอม แต่กรดไขมันพวกที่พบมากที่สุดมีจำนวนคาร์บอน 16-18 อะตอม กรดไขมันอาจมีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม

การแบ่งชนิดของกรดไขมันตามสมบัติทางเคมีและการใช้ประโยชน์ แบ่งได้ดังนี้ (กุลยา, 2533)

1. แบ่งตามสมบัติทางเคมี คือ แบ่งตามจำนวนไฮโดรเจนในโมเลกุล ได้ 2 ชนิดคือ

1.1 กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids) มีสูตรเป็น $C_nH_{2n}O_2$ เป็นกรดไขมันที่โมเลกุลของมันมีอะตอมของคาร์บอนรวมกับสารอื่นอยู่แล้วไม่สามารถรับไฮโดรเจนหรือฮาโลเจน (halogen) ได้อีกแล้ว จึงไม่เหม็นหืน (rancidity) ง่าย ได้แก่ ไขมันจากสัตว์ กรดไขมันชนิดนี้มีคาร์บอนตั้งแต่ 4 ถึง 24 อะตอม ยิ่งมีจำนวนคาร์บอนอะตอมมากเท่าไร จุดหลอมตัว (melting point) ของไขมันก็ยิ่งสูงขึ้นมากเท่านั้น กรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโมเลกุลของกลีเซอร์ไรด์ และอยู่ในสภาพที่เป็นของแข็ง จึงเรียกว่า “ไขมัน” ได้แก่ ไขมันจากสัตว์เลือดอุ่นต่าง ๆ เช่น ไขวัว ไขควาย ไขแพะ มันหมู และมันไก่

1.2 กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids) มีสูตรเป็น $C_nH_{2n-2}O_2$ (พันธะคู่) หรือ $C_nH_{2n-4}O_2$ (พันธะสาม) เป็นกรดไขมันที่ในโมเลกุลมีบอนด์คู่ที่จะรวมกับพวกฮาโลเจนได้อีก กรดไขมันชนิดนี้มีคาร์บอน 16-20 อะตอม ตามปกติเมื่อมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบของไขมันนั้นมาก จะทำให้จุดหลอมเหลวของไขมันนั้นต่ำลง ฉะนั้นจึงมักอยู่ในสภาพของเหลวและเรียกว่า “น้ำมัน” (oil) มักพบในไขมันสัตว์เลือดเย็นและของพืช เช่น น้ำมันปลา น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันละหุ่ง

2. แบ่งตามประโยชน์ที่ให้ แบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

2.1 กรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential fatty acids = EFA) หมายถึงกรดไขมันที่จำเป็นต้องมีในอาหาร เนื่องจากเป็นกรดไขมันที่ร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นหรือสังเคราะห์เองได้หรือแม้สังเคราะห์เองได้ก็มีปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ได้แก่ กรดไขมันไม่อิ่มตัว (poly-unsaturated fatty acids) บางตัว ส่วนมากมีในน้ำมันพืช เช่น กรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก กรดลิโนเลนิก กรดอะราชิโดนิก เป็นต้น กรดไขมันเหล่านี้มีส่วนส่งเสริมสุขภาพ ช่วยสร้างความเจริญเติบโตในเด็ก ช่วยให้ผิวพรรณงดงาม และช่วยลดระดับโคเลสเตอรอล จึงช่วยป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือดแข็งตัว

2.1 กรดไขมันที่ไม่จำเป็นต่อร่างกาย (non-essential fatty acids = NFA) เป็นกรดไขมันที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์เองได้ พบอยู่ในอาหารไขมันทั่วๆ ไป โดยเฉพาะไขมันจากสัตว์ ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acids) เป็นส่วนใหญ่

ตารางที่ 3 แสดงชนิดของกรดไขมันที่อิ่มตัวและไม่อิ่มตัวบางชนิด

กรดไขมัน	สูตรโมเลกุล	แหล่งที่พบ
กรดไขมันอิ่มตัว		
กรดบิวทีริก	C_3H_7COOH	เนย
กรดคาโพรอิก	$C_5H_{11}COOH$	เนย, ไขมันปาล์ม, น้ำมันมะพร้าว
กรดคาไพลิก	$C_7H_{15}COOH$	เนย, ไขมันปาล์ม, น้ำมันมะพร้าว
กรดคาพริก	$C_9H_{19}COOH$	เนย, น้ำมันมะพร้าว
กรดลอริก	$C_{11}H_{23}COOH$	ไขปลาวาฬ, น้ำมันมะพร้าว
กรดไมริสติก	$C_{13}H_{35}COOH$	ลูกจันทน์เทศ, น้ำมันมะพร้าว
กรดปาล์มิติก	$C_{15}H_{35}COOH$	ไขมันสัตว์และพืช
กรดสเตียริก	$C_{17}H_{35}COOH$	ไขมันสัตว์และพืช
กรดอะราชิดิก	$C_{19}H_{39}COOH$	น้ำมันถั่วลิสง
กรดไขมันไม่อิ่มตัว		
กรดโอเลอิก	$C_{17}H_{35}COOH$	ไขมันสัตว์และพืช
กรดลิโนเลอิก	$C_{17}H_{31}COOH$	น้ำมันลินสีด, น้ำมันเมล็ดฝ้าย
กรดลิโนเลนิก	$C_{17}H_{29}COOH$	น้ำมันลินสีด
กรดอะราชิโดนิก	$C_{19}H_{31}COOH$	ไขมันสัตว์

ที่มา : กุลยา (2533)

วิธีการสกัดน้ำมัน

การสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดธัญพืชโดยทั่วไปสามารถทำได้หลายวิธี เช่น (ชาคริตและคณะ, 2540)

1. การบีบด้วยเครื่องอัด (expeller method) เช่น ไฮดรอลิกเพรส หรือการบีบแบบเกลียวอัด (screw press) วิธีนี้จะทำให้มีน้ำมันเหลืออยู่ในเมล็ดปริมาณมาก

2. การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) เป็นการถ่ายโอนตัวละลายออกจากของแข็ง ซึ่งปกติอยู่ในรูปของอนุภาค (particle) ไปสู่ของเหลวที่สัมผัสกัน โดยของเหลวนี้จะเรียกว่าเฟสสกัด (extract phase) พารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายโอนมวลตัวละลายเช่น

2.1 สัมประสิทธิ์การกระจายสมดุลตัวละลาย (solute equilibrium distribution coefficient) ซึ่งเป็นค่าสัดส่วนของความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่อยู่ในเฟสสกัด ต่อความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่อยู่ในเฟสของแข็งในสภาวะสมดุล ความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่อยู่ในเฟสสกัดและความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่อยู่ในเฟสของแข็งจะเท่ากัน แต่เมื่อปริมาณของตัวทำละลายไม่เพียงพอต่อการละลายตัวถูกละลายทั้งหมดที่มีอยู่สมดุลจะพิจารณาว่าเป็นสภาวะที่ความเข้มข้นของตัวถูกละลายไม่มีการเปลี่ยนแปลง

อีกต่อไปในทั้งสองเฟสไม่ว่าจะมีการสัมผัสที่นานขึ้นก็ตาม อย่างไรก็ตาม เพื่อให้สมดุลเกิดขึ้นจำเป็นต้องให้เฟสของแข็งและตัวทำละลายได้สัมผัสกันเป็นเวลาที่นานพอ (รุ่งนภา, 2541)

2.2 อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด โดยทั่วไปกระบวนการละลายจะกระทำที่อุณหภูมิสูงเท่าที่จะเป็นไปได้ เนื่องจากที่อุณหภูมิสูง ทำให้การละลายของตัวทำละลายเกิดขึ้นได้ดีกว่า จึงทำให้ความเข้มข้นของตัวละลายในส่วนที่สกัดได้สูงขึ้น อัตราการละลายจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากความหนืดของของเหลวลดลง และการแพร่ของตัวละลายและตัวทำละลายสูงกว่าค่าที่อุณหภูมิต่ำ ในการสกัดเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันในห้องปฏิบัติการโดยทั่วไป มักนิยมใช้วิธีการซอกเลต (soxhlet) โดยอาศัยตัวทำละลายและใช้อุณหภูมิสูงในการสกัด อย่างไรก็ตามในการสกัดผลิตภัณฑ์ธรรมชาติบางชนิดไม่สามารถทำที่อุณหภูมิสูงได้ เนื่องจากจะทำให้มีสารที่ไม่ต้องการออกมามากเกินไป และเกิดการเสียสภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งอาจทำให้สูญเสียตัวทำละลายมากเกินไป ดังนั้นจึงต้องอาศัยการพิจารณาความเหมาะสมในหลาย ๆ ประการในการเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสม

2.3 สภาพการแพร่ (diffusivity) ของตัวละลายผ่านเฟสของแข็งและเฟสสกัด ในการสกัดตัวทำละลายจะต้องแพร่เข้าไปในของแข็งเพื่อละลายตัวถูกละลายออกมา และตัวถูกละลายก็ต้องแพร่ออกมาจากของแข็งที่อิ่มตัวด้วยตัวทำละลายไปยังเฟสของตัวทำละลาย อัตราการแพร่หาได้จากระยะเวลาที่ให้สมดุลเกิดขึ้นระหว่างเฟสทั้งสอง ซึ่งเวลาที่ต้องการสำหรับกระบวนการแพร่เพื่อให้ถึงสมดุลเป็นสัดส่วนกลับกับกำลังสองของระยะทางการแพร่ ดังนั้นในการสกัดด้วยตัวทำละลาย ยิ่งอนุภาคมีขนาดเล็กระยะเวลา (residence time) ของการสกัดยิ่งสั้น

2.4 ขนาดอนุภาคของแข็ง ขนาดของอนุภาคมีบทบาทสำคัญมากในกระบวนการละลาย การใช้อนุภาคขนาดเล็ก จะเพิ่มอัตราการถ่ายโอนการแพร่ของตัวละลายจากของแข็งสู่เฟสสกัด

2.5 แฟกเตอร์สตริปปิง (stripping factor) คือ สัดส่วนของเฟสสกัดและเฟสของแข็งที่ใช้ในการสกัด จะต้องมีสัดส่วนที่เหมาะสม หากมีเฟสของแข็งมากเกินไป จะทำให้เกิดการละลายได้ไม่ทั่วถึง

2.6 วิธีการสัมผัสของของแข็ง-ของเหลว วิธีการสัมผัสของของแข็ง-ของเหลว จำแนกได้ 2 ชนิด คือ การสัมผัสแบบเบดนิ่ง (fixed-bed contacting) ซึ่งอนุภาคของแข็งจะอยู่กับที่ กับวิธีการสัมผัสแบบกระจาย

สำหรับการสัมผัสแบบเบดนิ่ง ตัวทำละลายจะสัมผัสกับของแข็งใน 3 ลักษณะต่าง ๆ กันคือ

2.6.1. การซึมผ่านจากการฉีดพ่น (spray percolation) ตัวทำละลายจะถูกฉีดพ่นบนของแข็งและปล่อยให้ของเหลวระบายออกอย่างต่อเนื่อง วิธีนี้อาจใช้การหยด (trickling) แทนได้

2.6.2. การแช่ (full immersion) ของแข็งจะจมอยู่ในของเหลว โดยตัวทำละลายที่ใช้อาจนำมาดำเนินการแบบกะหรือเป็นการไหลแบบต่อเนื่อง

2.6.3. การระบายของเหลวออกเป็นระยะ (intermittent drainage) เกี่ยวข้องกับการระบายตัวทำละลายออกจากของแข็งเป็นระยะ

สำหรับวิธีการสัมผัสแบบกระจายนั้น มักจะมีผลจากการเขย่าหรือการกวนที่เหมาะสม ส่วนการแยกตัวทำละลายและตัวละลายออกจากกันนั้น อาจใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น การทำให้ใส (clearification) การระเหย (evaporation) และการกลั่น (distillation)

2.7 การเลือกตัวทำละลาย (solvent selection) คุณสมบัติของตัวทำละลายเช่น จุดเดือด ความหนาแน่น และความหนืด มีผลต่อความเหมาะสม และความสามารถในการเลือกจับตัวละลายหรือสภาพการเลือก (selectivity) เพื่อให้การสกัดตัวละลายที่ต้องการให้ได้บริบูรณ์และคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ ปริมาณและอัตราของตัวทำละลายต่อตัวละลายที่ต้องการ รวมทั้งสิ่งเจือปนอื่น ๆ ในของแข็งมีอิทธิพลอย่างมากต่อขนาดและชนิดของเครื่องสกัดตัวทำละลายที่ใช้ควรมีความเหมาะสมในการละลายหรือสภาพการเลือกสูง ราคาถูก ไม่เป็นพิษ และใช้ประโยชน์ได้ทันที

การสกัดกรดไขมันจากลูกเดือย

Numata *et al.* (1994) ทำการศึกษาการสกัดสารต้านการเจริญของเนื้องอกจากลูกเดือย โดยทำการสกัดลูกเดือยผงแบบแช่ในตัวทำละลาย โดยตัวทำละลายที่ใช้คือ อะซิโตน ให้ความร้อนจนถึงจุดเดือด ใช้เวลาสกัดนาน 5 นาที ทำการกรองเอาส่วนที่เป็นกากลูกเดือยออก และเมื่อระเหยตัวทำละลายออก จะได้ของเหลวลักษณะคล้ายน้ำมัน และเมื่อนำของเหลวดังกล่าว ไปผ่านกระบวนการ alkaline method จะได้ของเหลวที่มีลักษณะคล้ายน้ำมันสีเหลืองอ่อนเมื่อนำสารสกัดดังกล่าวไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ กรดไขมันอิสระ 4 ชนิด คือ กรดสเตียริก กรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก และกรดปาล์มิติก เป็นส่วนใหญ่

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน

ปัจจุบันมีการนำเทคนิคทางแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography, GC) มาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณและองค์ประกอบของสารบางประเภทที่เป็นแก๊สหรือของเหลวที่สามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปสารที่ระเหยได้ และการใช้เทคนิคทางแก๊สโครมาโทกราฟีจะให้ความสะดวกในการวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความแม่นยำและเที่ยงตรงสูง

แก๊สโครมาโทกราฟีเป็นเทคนิคที่ใช้แยกสารผสมที่สามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของแก๊สได้ที่อุณหภูมิหนึ่ง (ไม่เกิน 250 องศาเซลเซียส) ถ้าสารใดเปลี่ยนให้เป็นสภานะแก๊สได้ยาก ก็อาจใช้เทคนิคอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น อาศัยปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนให้เป็นอนุพันธ์ของสารนั้นหรืออาจใช้หลักการแยกสลายด้วยความร้อน (pyrolysis) เมื่อสารถูกเปลี่ยนให้อยู่ในสถานะแก๊สแล้ว ก็จะมีการผ่าน สารตัวอย่างเข้าไปยังคอลัมน์ที่บรรจุสารที่เป็นเฟสอยู่กับที่ (stationary phase) ลักษณะของสารที่เป็นเฟสอยู่กับที่ จะต้องเป็นตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับองค์ประกอบที่ต้องการวิเคราะห์เช่น มีโพลาริตี้เหมือนกับสารตัวอย่าง การแยกสารผสมอาศัยการเคลื่อนที่ของเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) หรือ แก๊สตัวพา (carrier

gas) สารผสมจะเกิดการแยกออกจากกันได้โดยพิจารณาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของสารตัวอย่าง (Willett, 1988)