

การศึกษาพัฒนาการทางสัณฐานวิทยาและชีวเคมีของผลชาน้ำมันดอกขาว



ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชสวน

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2562

การศึกษาพัฒนาการทางสัณฐานวิทยาและชีวเคมีของผลชาน้ำมันดอกขาว



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชสวน

สำนักบริหารและพัฒนาระบบราชการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การศึกษาพัฒนาการทางสัณฐานวิทยาและชีวเคมีของผลขนาน้ำมันดอกขาว

สุณิสา สัมมา

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชสวน

พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันต์ ละอองศรี)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร เจริญประเสริฐ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ สาครวาสี)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนุช เจริญกิจ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)

รักษาการแทนรองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

| | |
|----------------------|---|
| ชื่อเรื่อง | การศึกษาพัฒนาการทางสัณฐานวิทยาและชีวเคมีของผลชาน้ำมันดอกขาว |
| ชื่อผู้เขียน | นางสาวสุณิสา สัมมา |
| ชื่อปริญญา | วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน |
| อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก | รองศาสตราจารย์ ดร.สันต์ ละอองศรี |

บทคัดย่อ

การศึกษาพัฒนาการทางสัณฐานวิทยาและชีวเคมีของผลชาน้ำมันดอกขาว มีความสำคัญเนื่องจากสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิต การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาที่เกิดขึ้นในระหว่างการพัฒนาผลชาน้ำมันดอกขาวที่ติดผลในช่วงเวลาที่ต่างกัน (เดือนกันยายน คือช่วงต้นฤดูและเดือนมกราคมคือช่วงในฤดู) บนพื้นที่แปลงปลูกชาน้ำมันบ้านปุณะ อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย เก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาทุก 1 เดือน ตั้งแต่อายุ 1 - 10 เดือน (หลังจากดอกบาน) ผลการศึกษา พบว่า พัฒนาการทางสัณฐานวิทยาของผลชาน้ำมันที่ติดผลทั้งสองฤดูมีลักษณะการเจริญเติบโตที่คล้ายกันคือ มีรูปแบบการเจริญเติบโตเป็น single sigmoid curve การเจริญของผลชาน้ำมันตั้งแต่ติดผลจนถึงผลแก่เก็บเกี่ยวใช้เวลา 10 เดือน รูปทรงของผลเป็นแบบกลมแบน (Oblate) มีการเจริญของความกว้างผลมากกว่าความยาวผล สีผลจัดอยู่ในกลุ่ม Yellow green group ในช่วงแรกสีของผลเป็นสีเขียวเข้มและค่อยๆอ่อนลงเมื่อมีอายุผลมากขึ้น สีของเมล็ดมีสีขาวถึงขาวครีมตั้งแต่อายุผล 1 - 5 เดือน และมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำตั้งแต่เดือนที่ 7 - 10 การเจริญของผลในช่วงแรกมีลักษณะคล้ายกันและเมื่อผลในฤดูมีอายุผลตั้งแต่ 5 เดือนขึ้นไปจะมีน้ำหนัก ความกว้าง และความยาว เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งพบว่าผลที่ติดต้นฤดูมีการเจริญเติบโตของผลน้อยกว่าผลที่ติดในฤดูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษาระยะที่เมล็ดเริ่มมีการสะสมแป้งและน้ำมันภายในเมล็ด เมื่ออายุผลชาน้ำมัน 3 - 5 เดือน ไม่พบการสะสมแป้งและน้ำมันในเนื้อเมล็ด เมื่อผลชาน้ำมันมีอายุ 6 เดือน พบว่าเมล็ดชาน้ำมันเริ่มมีการสะสมแป้งและน้ำมันซึ่งมีการสะสมมากขึ้นจนกระทั่งมีปริมาณมากที่สุดเมื่อผลชาน้ำมันมีอายุ 10 เดือน การประเมินความแตกต่างจากพื้นที่การติดสี การสะสมแป้งและน้ำมันภายในเมล็ดของทั้งสองฤดูมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมล็ดที่ติดผลต้นฤดูมีการสะสมเม็ดแป้งในเดือนที่ 6, 8 และ 9 มากกว่าเมล็ดที่ติดในฤดูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง แต่พบว่า เมล็ดที่ติดผลในฤดูมีการสะสมเม็ดแป้งในเดือนที่ 7 และ 10 มากกว่าเมล็ดที่ติดต้นฤดูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การสะสมหยดน้ำมันของเมล็ดชาน้ำมันที่ติดผลต้นฤดูมีการสะสมหยดน้ำมันมากกว่าเมล็ดที่ติดในฤดูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษาการเปลี่ยนแปลง

ความชื้นของเมล็ดขนาน้ำมันทั้งสองฤดูมีปริมาณลดลงเมื่อเมล็ดมีอายุมากขึ้นจนกระทั่งถึงการเก็บเกี่ยว ปริมาณน้ำมันที่ช่วงเก็บเกี่ยว (อายุ 10 เดือน) ของเมล็ดชาทั้งสองฤดูมีปริมาณคือ ต้นฤดูร้อยละ 38.15 ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับในฤดูร้อยละ 36.00 นอกจากนี้ชนิดกรดไขมันของ เมล็ดขนาน้ำมันที่พบมี 4 ชนิดคือ กรดไขมันไม่อิ่มตัวพบในปริมาณสูงประมาณร้อยละ 85.54 - 87.41 ประกอบด้วย กรดโอเลอิกร้อยละ 84.86 - 86.74 และกรดอีโคซีโนอิกร้อยละ 0.51 - 0.81 กรดไขมัน อิ่มตัวพบในปริมาณต่ำ ซึ่งกรดไขมันที่พบนี้ประกอบไปด้วย กรดปาล์มิติกและกรดสเตียริกพบระหว่าง ร้อยละ 12.81 - 14.71

คำสำคัญ : ผลขนาน้ำมัน พัฒนาการ สันฐานวิทยา ชีวเคมี



| | |
|---------------------------------------|---|
| Title | STUDY ON MORPHOLOGICAL DEVELOPMENT AND BIOCHEMISTRY OF OIL-TEA FRUITS (<i>Camellia oleifera</i> Abel.) |
| Author | Miss Sunisa Samma |
| Degree | Master of Science in Horticulture |
| Advisory Committee Chairperson | Associate Professor Dr. Sanh La-onsri |

ABSTRACT

A study on morphological development and biochemistry of oil - tea fruits (*Camellia oleifera* Abel.) is important because it can be used as basic information to increase the quantity and quality yield. Morphological change that occurred during oil-tea fruits development during which fruits set of oil - tea is a wide range (September was the early season and January was the real season) was studied at oil - tea Plantation Banpuna, Mae Fah Luang District, Chiang Rai Province. Data was collected of morphological changed oil - tea fruits every month since the period of 1th - 10th months (after full bloom). The results found that the tea - oil fruit both seasons showed the same morphological development with single sigmoid curve of growth pattern. Growth of oil-tea fruits from fruiting to harvesting takes 10th months. The shape of fruit is oblate, the growth of fruit width was greater than fruit length. Skin color of fruit was in the Yellow green group. In the beginning, the color of the fruits were dark green and gradually lightens as the fruit ages. The color of the seeds were white to creamy white from the age of 1th - 5th months and dark brown to black from the 7th - 10th month. The growth of the fruit in the first phase was similar and when the fruit on season after the period of 5 months, the weight, width and length increased rapidly. The fruit in the early season had less growth than the fruit on season with significant differences. The study of period during which the seeds began to accumulate starch and oil within the seeds. At the period of oil - tea fruits in 3th - 5th months there was no accumulation of starch and oil in the seeds. The oil - tea fruits after the period at 6th months, seeds began to accumulate starch and oil

did increase continuously. The highest amount was observed when the oil - tea fruits aged 10 months. Assessing the differences from the staining area. The accumulation of starch and oil in the seeds of both seasons were statistically significant. Seeds of the early season had more starch accumulation in the 6th, 8th and 9th months than the on season. But it was found that the fruit seeds of on season had more starch accumulation in the 7th and 10th months than the seeds of the early season which were statistically significant. The accumulation of oil drop in oil-tea seeds from the fruit of the early season was statistically more than the on season. The study showed changes in moisture in tea seed oil in both seasons were reduced with increasing seed age until harvesting. The oil content at harvest (10 months old) of both seasons were 38.15% in the early season, and 36.00% in the on season. In addition, fatty acid types of tea seed oil were found in 4 types, unsaturated fatty acids were found in a high quantity of about 85.54 - 87.41% consisting of 84.86 - 86.74% oleic acid and 0.51 - 0.81% eicosenoic acid. Saturated fatty acids were approximately 12.81 - 14.71% found in low quantities, consisting of palmitic acid and stearic acid.

Keywords : oil-tea fruit; development; morphology; biochemistry

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากได้รับความกรุณาชี้แนะและช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. สันต์ ละอองศรี อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ ดร. สุรีย์พร เจริญประเสริฐ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริวัฒน์ สาครวาสี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องมาโดยตลอด ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จลุล่วง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ โครงการศึกษาและพัฒนาการปลูกขาน้ำมัน มุลินธิชัยพัฒนา พื้นที่แปลงปลูกบ้านปูนะ และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเข้าไปทำงานวิจัย และอำนวยความสะดวกต่างๆ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวและบุคคลรอบข้างซึ่งเป็นที่รักยิ่ง ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจมาโดยตลอดจนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

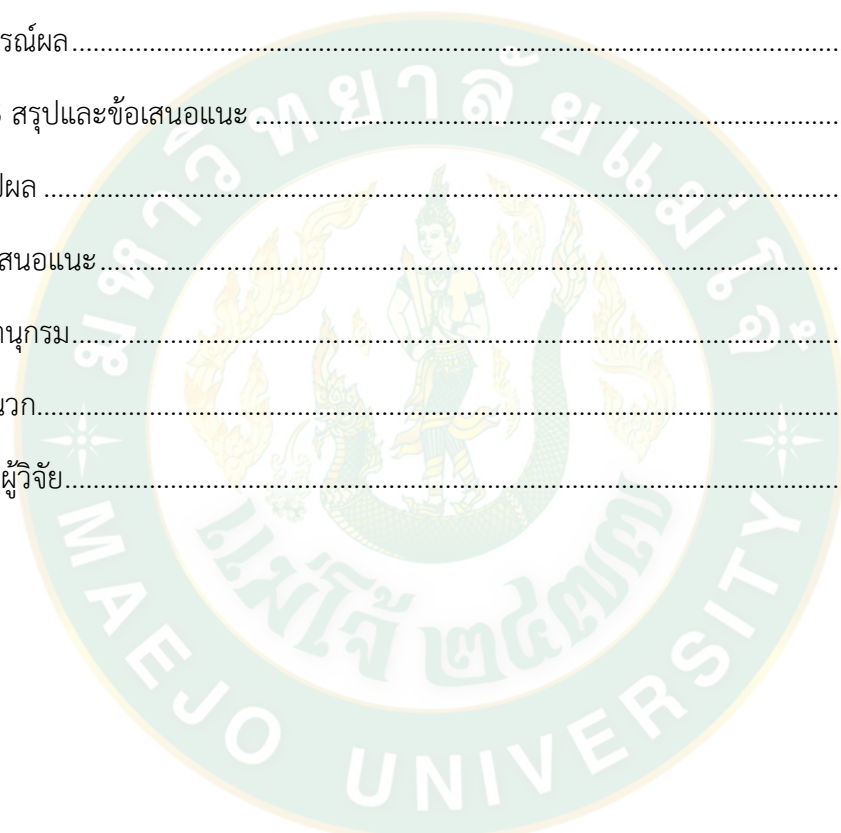
สุณิสา สัมมา



สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ค |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ช |
| สารบัญ..... | ซ |
| สารบัญตาราง..... | ญ |
| สารบัญภาพ..... | ฎ |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| ความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... | 2 |
| ขอบเขตของการศึกษา..... | 2 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 2 |
| บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร..... | 3 |
| สกุลชา..... | 3 |
| ชาน้ำมัน..... | 4 |
| การติดผลและการพัฒนาของเมล็ดชาน้ำมัน..... | 6 |
| ลิพิด (lipid)..... | 9 |
| ปัจจัยที่ส่งผลต่อพัฒนาการของผลและการผลิตน้ำมัน..... | 15 |
| ธาตุอาหารที่มีผลต่อการผลิตน้ำมัน..... | 19 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน..... | 20 |
| 1. สถานที่ทำการทดลอง..... | 20 |
| 2. ช่วงฤดูการ..... | 20 |

| | |
|---|----|
| 3. วิธีการทดลอง..... | 20 |
| บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ | 25 |
| ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาการพัฒนาทางสัณฐานวิทยาของผลชาน้ำมันดอกขาว | 25 |
| ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาระยะที่เมล็ดเริ่มมีการสะสมแป้งและน้ำมัน | 36 |
| ผลการทดลองที่ 3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความชื้น ปริมาณร้อยละของน้ำมันและกรด ไขมันในเมล็ดชาน้ำมัน | 41 |
| วิจารณ์ผล | 44 |
| บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ | 53 |
| สรุปผล | 53 |
| ข้อเสนอแนะ | 55 |
| บรรณานุกรม..... | 56 |
| ภาคผนวก..... | 61 |
| ประวัติผู้วิจัย..... | 93 |



สารบัญตาราง

| | หน้า |
|--|------|
| ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการของผลชาน้ำมัน..... | 27 |
| ตารางที่ 2 การสะสมเม็ดแป้งและหยดน้ำมันในเมล็ดชาน้ำมันที่ติดผลในช่วงต้นฤดูและในฤดู ตั้งแต่.... อายุ 6 - 10 เดือน | 38 |
| ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของชนิดกรดไขมันในเมล็ดชาน้ำมันที่ติดผลในช่วงต้นฤดูและในฤดู ตั้งแต่ อายุ 8 - 10 เดือน | 43 |



สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ซึ่พลักษณะของดอกชา [*C. sinensis* (L.) O. Kuntze] ในศรีลังกาแบ่งออกเป็นสามช่วงในหนึ่งปี

7

ภาพที่ 2 เมล็ดที่เกิดจากการผสมตัวเอง (self – pollination, SP) และเมล็ดที่เกิดจากการผสมข้าม (cross – pollination, CP) (A คือผลชาน้ำมันแก่ B, C คือเมล็ดชาน้ำมันที่ผสมตัวเองและ ผสมข้าม D คือเมล็ดแห้งที่เกิดจากการผสมตัวเอง) ตัวย่อ : cpf = CP fruit, cps = CP seed, spf = SP fruit, sps = SP seed, sss = self-sterile seed.

8

ภาพที่ 3 การพัฒนาของผลและเมล็ดที่ได้รับการผสมที่แตกต่างกันในช่วงต้น ของชา [*C. sinensis* (L.) O. Kuntze] ในศรีลังกา a ผลที่มีอายุ (i) 2, (ii) 4, (iii) 8, (iv) 10, (v) 12 และ (vi) 13 สัปดาห์ หลังจากการผสมเกสร b ภาพตัดขวางส่วนของ (i) ออวูล, (ii) รังไข่ของดอกหลังจาก ดอกบานเต็มที่ (S3), (iii) ออวูล 3 วันหลังจากการผสมเกสร (iv) รังไข่ 1 เดือนหลังผสมเกสร และ (v) รังไข่ 3 เดือน หลังผสมเกสร

9

ภาพที่ 4 วิธีการสังเคราะห์กรดไขมันในเมล็ดชาน้ำมัน

14

ภาพที่ 5 การพัฒนารูปร่าง สีผลและสีเมล็ดของผลชาน้ำมันทั้งสองฤดู A ต้นฤดู และ B ในฤดู อายุ 1 – 10 เดือน

26

ภาพที่ 6 แสดงน้ำหนักผลชาน้ำมันที่ติดผลต้นฤดูและในฤดู ทุกระยะ 1 เดือน แถบคลาดเคลื่อนแสดง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 9)

28

ภาพที่ 7 แสดงความกว้างและความยาวผลขนาน้ำมันที่ติดผลต้นฤดูและในฤดู ทุกระยะ 1 เดือน แถบคลาดเคลื่อนแสดงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($n = 9$)

29

ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยกับการเจริญของน้ำหนักผลขนาน้ำมันที่ติดผลในฤดู

30

ภาพที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยกับการเจริญของความกว้างผลขนาน้ำมันที่ติดผลในฤดู

31

ภาพที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับการเจริญของความกว้างผลขนาน้ำมันที่ติดผลต้นฤดู

32

ภาพที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับการเจริญของความกว้างผลขนาน้ำมันที่ติดผลในฤดู

33

ภาพที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยกับการเจริญของความยาวผลขนาน้ำมันที่ติดผลในฤดู

34

ภาพที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับการเจริญของความยาวผลขนาน้ำมันที่ติดผลต้นฤดู

35

ภาพที่ 14 แสดงลักษณะการพัฒนาของเมล็ดขนาน้ำมัน 14A อายุ 1 เดือน 14B อายุ 2 เดือน 14C - D

อายุ 3 เดือน แสดงการเจริญของเมล็ดที่มีขนาดใหญ่เพิ่มขึ้น (14C) และเมล็ดที่มี การแห้ง (14D)

36

ภาพที่ 15 แสดงภาพตัดขวางของเมล็ดขนาน้ำมัน 15A ลักษณะเมล็ดภายในผล 15B เปลือกหุ้มเมล็ด 15C - D เนื้อเมล็ดขนาน้ำมัน

37

ภาพที่ 16 แสดงภาพตัดขวางของเมล็ดขนาน้ำมัน 16A แสดงเนื้อเมล็ดในระยะเวลา 5 เดือน 16B ไขมันและแป้งในอายุ 7 เดือน

3

7

ภาพที่ 17 แสดงภาพตัดขวางของเมล็ดขนาน้ำมันที่ติดผลช่วงต้นฤดู (ตัวพิมพ์เล็ก) และในฤดู (ตัวพิมพ์ใหญ่) a - d และ A - D อายุ 3 - 6 เดือน ตามลำดับ

39

ภาพที่ 18 แสดงภาพตัดขวางของเมล็ดขนาน้ำมันที่ติดผลช่วงต้นฤดู (ตัวพิมพ์เล็ก) และในฤดู (ตัวพิมพ์ใหญ่) e - h และ E - H อายุ 7 - 10 เดือน ตามลำดับ

40

ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของเมล็ดขนาน้ำมันที่ติดผลในช่วงต้นฤดูและในฤดูตั้งแต่ อายุ 6 - 10 เดือน แลบลาดเคลื่อนแสดงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($n = 9$)

41

ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำมันของเมล็ดขนาน้ำมันที่ติดผลในช่วงต้นฤดูและในฤดูตั้งแต่อายุ 6 - 10 เดือน แลบลาดเคลื่อนแสดงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($n = 3$)



บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ชาบน้ำมัน (*Camellia oleifera* Abel.) จัดอยู่ในวงศ์ Theaceae มีถิ่นกำเนิดมาจาก สาธารณรัฐประชาชนจีนและมีการกระจายอยู่ใน 14 จังหวัดทางตอนใต้ของจีน เช่น มณฑลกวางสี หูหนาน และเจียงซี แต่พบอยู่น้อยในภาคเหนือของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีการผลิตน้ำมันชา ราว 200,000 ตันต่อปี จึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับเศรษฐกิจภาคใต้ของจีน (Ma *et al.*, 2011) ซึ่งมีการ บริโภคน้ำมันชามาอย่างยาวนาน ชาบน้ำมัน (*C. oleifera* oil) เป็นพืชที่ให้น้ำมันที่มีคุณภาพสูง จัดเป็น หนึ่งในสี่พืชน้ำมันที่มีชื่อเสียง (น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะกอก น้ำมันมะพร้าว) มีชื่อเรียกว่า " น้ำมันมะกอกแห่งโลกตะวันออก " เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำมันชาคล้ายกันกับน้ำมันมะกอกมาก อุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว กรดโอเลอิก (oleic acid) กรดไลโนเลอิก (linoleic acid) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว และสารประกอบอื่น ๆ ประมาณร้อยละ 77 ที่สามารถลดความเสี่ยงของโรคมะเร็งได้ (Chen *et al.*, 2009)

ชาบน้ำมันได้รับการนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยในโครงการศึกษาและพัฒนาการปลูกชา น้ำมันโดยมูลนิธิชัยพัฒนา มีจุดประสงค์เพื่อแก้ปัญหาป่าเสื่อมโทรม ป้องกันการถูกกัดเซาะพังทลายของหน้าดินและเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร (ศูนย์วิจัยและพัฒนาชาบน้ำมันและพืชน้ำมัน, 2560) เนื่องจากชาบน้ำมันที่ปลูกในประเทศไทยมีการติดผลในช่วงที่กว้าง คือ เดือนกันยายนถึงมกราคม ทำให้ช่วงเวลาที่ให้ผลผลิตนั้นมีความกระจายของผลผลิตหลายระยะ โดยทำให้ช่วงเก็บเกี่ยวของผลผลิตมีระยะผลแก่เก็บเกี่ยวไม่สม่ำเสมอ ประกอบกับเกษตรกรใช้เวลาในช่วงนี้ปลูกพืชอื่น จึงทำให้เกษตรกรไม่ให้ความสำคัญกับผลผลิตในช่วงที่มีการติดผลน้อย

การศึกษาพัฒนาการทางสัณฐานวิทยาและชีวเคมีของผลชาบน้ำมันในแต่ละระยะมีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากความรู้ดังกล่าวจะได้ถูกนำมาใช้วางแผนและทำนายการพัฒนาของผลและเมล็ดชาบน้ำมัน ทั้งการเพิ่มด้านปริมาณและคุณภาพของผลผลิต หรือปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งข้อมูลพัฒนาการทางสัณฐานวิทยาและชีวเคมีของชาบน้ำมันที่นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยมาจากสาธารณรัฐประชาชนจีนนั้นยังไม่มีหลักฐานการศึกษาที่แน่ชัดเกี่ยวกับการพัฒนาผล ดังนั้นการทดลองนี้จึงต้องการศึกษาพัฒนาการทางสัณฐานวิทยาและชีวเคมีของผลชาบน้ำมันดอกขาวเพื่อนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์สำหรับการพัฒนาเพื่อเพิ่มผลิตน้ำมันชาและรายได้ของเกษตรกรจากเมล็ดชาบน้ำมันดอกขาวต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการพัฒนาทางสัณฐานวิทยาของผลชาน้ำมันดอกขาว ระยะที่เมล็ดเริ่มมีการสะสมแป้งและน้ำมัน และการเปลี่ยนแปลงของความชื้น ปริมาณร้อยละและกรดไขมันในเมล็ดชาน้ำมันที่มีระยะการพัฒนาของผลในช่วงต้นฤดูและในฤดูการติดผลที่แตกต่างกัน (เดือนกันยายน และมกราคม)

ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาการเจริญและพัฒนาการของผลชาน้ำมันที่มีการติดผลในช่วงที่ต่างกัน (ต้นฤดูช่วงเดือนกันยายน และในฤดูช่วงเดือนมกราคม) โดยศึกษาพัฒนาการทางสัณฐานวิทยา ระยะเวลาที่เริ่มสะสมแป้งและน้ำมัน การเปลี่ยนแปลงความชื้น ปริมาณร้อยละของน้ำมันและกรดไขมัน ในผลและเมล็ดชาน้ำมันดอกขาว ในบริเวณแปลงปลูกชาน้ำมันบ้านปุนะ อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย ในช่วงต้นเดือนกันยายน พ.ศ. 2560 ถึง ช่วงต้นเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ดัชนีบ่งชี้การเก็บเกี่ยว เพื่อให้ได้ระยะที่มีปริมาณน้ำมันสูงสุด
2. ดัชนีบ่งชี้ระยะเวลาที่เริ่มมีการสะสมน้ำมัน เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการศึกษาแนวทางการบำรุงให้ได้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น
3. ดัชนีบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกรดไขมันและปริมาณร้อยละของน้ำมัน เพื่อให้ได้ระยะที่มีคุณภาพน้ำมันดีที่สุด

บทที่ 2 ตรวจเอกสาร

สกุลชา

สกุล *Camellia* ประกอบด้วยไม้พุ่มและไม้ยืนต้นซึ่งเป็นสกุลที่ใหญ่ที่สุดในวงศ์ Theaceae สกุลนี้ได้รับการตั้งชื่อโดย Linnaeus เพื่อเป็นเกียรติแก่ ผู้เผยแพร่ศาสนาคริสต์ G. J. Kamel ซึ่งเป็นคนแรกที่แนะนำให้ปลูกกุหลาบญี่ปุ่นในยุโรป ในปี พ.ศ. 1735 (Mondal, 2011)

ถิ่นกำเนิด ของสกุล *Camellia* อยู่ในเอเชียตะวันออก ประกอบด้วยไม้ยืนต้นเขียวชอุ่มมากกว่า 200 ชนิด (species) (Yang *et al.*, 2016) ศูนย์กลางแหล่งกำเนิดของสกุล *Camellia* อยู่ทางตอนใต้และทางตะวันตกเฉียงใต้ของสาธารณรัฐประชาชนจีน ตั้งอยู่ในมณฑลยูนนาน กวางสี และ กวางตุ้ง ทอดตัวไปตามแนวเขตร้อนที่มีเส้นแวง 85 องศาตะวันตก ($^{\circ}W$) และ 150 องศาตะวันออก ($^{\circ}E$) และเส้นรุ้ง 37 องศาเหนือ ($^{\circ}N$) และ 10 องศาใต้ ($^{\circ}S$) แต่มีการกระจายตัวภายในพื้นที่นี้ไม่สม่ำเสมอ โดยร้อยละ (% - เปอร์เซ็นต์) 90 ของชนิด *Camellia* มีถิ่นกำเนิดมาจากทางใต้และตะวันออกเฉียงใต้ของจีน แม้ว่าบางชนิด เช่น *C. japonica* และ *C. lanceolata* อาจกล่าวได้ว่ามีถิ่นกำเนิดในญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ รวมทั้งอินโดนีเซีย ตามลำดับ (Mondal, 2011)

ในภาคตะวันออก พืชในสกุล *Camellia* ถูกแพร่กระจายไปในแต่ละประเทศโดยพระสงฆ์ โดยเริ่มขึ้นในยุโรปเมื่อประมาณ 300 ปีที่แล้ว ในครั้งแรกมีการปลูก *Camellia* เป็นไม้ประดับ โดยนำมาทางทะเลจากตะวันออก *Camellia* เหล่านี้เจริญรุ่งเรืองทั่วยุโรปจากอังกฤษไปฝรั่งเศส เบลเยียมและอิตาลี และจากโปรตุเกสไปสเปน และถูกนำไปปลูกในสหรัฐอเมริกาช่วงต้นศตวรรษที่สิบแปด และในประเทศออสเตรเลียช่วงศตวรรษที่สิบเก้า โดยประเทศอังกฤษ (Mondal, 2011)

ความสำคัญทางเศรษฐกิจของสกุล *Camellia* พืชในสกุล *Camellia* บางชนิดมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง โดยเฉพาะ *C. sinensis*, *C. japonica* และ *C. oleifera* ในส่วนของ *C. sinensis* มีการปลูกในเชิงการค้าเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากอยู่ในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนสำหรับทำเป็นผลิตภัณฑ์ชา ใบอ่อนถูกนำมาใช้เพื่อเตรียมชา ชาชนิดนี้ถือเป็นกระดูกสันหลังทางเศรษฐกิจของประเทศในเอเชียได้หลายประเทศ ได้แก่ อินเดีย จีน ญี่ปุ่น เกาหลี ศรีลังกา อินโดนีเซีย ออสเตรเลียเวียดนาม และประเทศในแอฟริกา เช่น มาลาวี เคนยา เป็นต้น ในสายพันธุ์ป่ามูลค่าเศรษฐกิจของ *C. japonica* มีอันดับสูงที่สุดเนื่องจากมีดอกที่สวยงามมากจนปัจจุบันมีมากกว่า 3,000 สายพันธุ์ทั่วโลก *C. japonica* ถูกปลูกในเขตเมืองหนาวเป็นไม้ประดับและพืชน้ำมัน มีประวัติความเป็นมาอย่างยาวนานในการใช้เป็น

เครื่องสำอางแบบดั้งเดิมในญี่ปุ่นเพื่อปกป้องผิวและเส้นผม (Yang et al., 2016) *Camellia* ชนิดพันธุ์ป่าอื่น ๆ ที่มีมูลค่าเป็นไม้ประดับ ได้แก่ *C. reticulata*, *C. sasanqua* และ *C. saluensis* พันธุ์ป่าบางชนิด เช่น *C. chekiangolomy*, *C. semiserrata* และ *C. oleifera* ที่ปลูกในจีนเพื่อผลิตน้ำมันที่ใช้ในการปรุงอาหารและในใบมีคุณค่าทางเภสัชกรรม ซึ่งมีสารหลายชนิดที่ใช้ในอุตสาหกรรมยา ได้แก่ xanthine, theophylline, theobromine, adenine, theanine และ oleic acid (Mondal, 2011)

ชาน้ำมัน

ชาน้ำมัน ถูกจัดให้อยู่ในสกุล *Camellia* มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *C. oleifera* Abel. มีชื่อสามัญหลายชื่อ ได้แก่ Tea - oil *camellia*, Tea - oil tree หรือ Oil - tea *camellia* เป็นไม้พุ่มสีเขียวหรือไม้ยืนต้นขนาดเล็ก สามารถเจริญเติบโตบนพื้นที่แห้งแล้งได้โดยไม่ต้องใส่ปุ๋ย เริ่มให้ผลหลังจากการปลูก 8 ปีและยังคงให้ผลผลิตสูงเป็นเวลา 80 ปี เมล็ดชาน้ำมันส่วนใหญ่ใช้สำหรับการผลิตน้ำมันเพื่อการบริโภคในประเทศจีน (Yang et al., 2016)

ความสำคัญและประโยชน์

น้ำมันชามีองค์ประกอบทางเคมีที่คล้ายกันกับน้ำมันมะกอกมาก มีปริมาณ oleic acid และ linoleic acid สูง มีไขมันอิ่มตัวต่ำ จึงได้รับฉายาว่า "Eastern Olive Oil" น้ำมันชาไม่ได้มีเพียงไว้สำหรับการปรุงอาหาร แต่ยังสามารถใช้เป็นส่วนประกอบในยาจีนโบราณ และในเครื่องสำอางด้วย ในยาสมุนไพรจีนถือว่าเป็นอาหารเสริมที่ดีซึ่งเป็นประโยชน์ต่อระบบย่อยอาหาร ช่วยลดไขมัน (cholesterol) ในเลือด ควบคุมระบบประสาทและเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน ถูกนำมาใช้เป็นยาสำหรับแผลไหม้และเป็นผลิตภัณฑ์ทาผิวสำหรับทารกแรกเกิดในบางแห่งในประเทศจีน การวิจัยยาสมัยใหม่ยืนยันว่า น้ำมันชาสามารถลดปริมาณไขมันในเลือด เพิ่มความต้านทานต่อความเครียด ออกซิเดชัน ปกป้องตับต่อความเป็นพิษของคาร์บอนเตตระคลอไรด์ และอื่น ๆ น้ำมันชาได้รับการแนะนำโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติว่าเป็นน้ำมันพืชที่มีคุณภาพสูงและดีต่อสุขภาพเนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการและสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่เสียคุณภาพ (Yang et al., 2016)

ประโยชน์ของชาน้ำมัน อ้างโดย (ศราวุธ, 2555)

1. บริโภค อุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว ประกอบด้วย oleic acid และ linoleic acid คล้ายน้ำมันมะกอก มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวและสารประกอบอื่น ๆ ประมาณร้อยละ 77 ที่

สามารถลดความเสี่ยงของโรคมะเร็ง มีอุณหภูมิเกิดเป็นควันสูงถึง 252 °ซ (องศาเซลเซียส) จึงนำไปประกอบอาหารที่ใช้ความร้อนสูงได้

2. การทำเครื่องสำอาง ใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องสำอาง ใช้เป็นเป็นส่วนผสมของเหลวในการผลิตเครื่องสำอาง เช่น ครีมทาผิว ลิปสติก ครีมบำรุงผม ครีมกันแดด และอื่น ๆ

3. สรรพคุณทางยา ใช้เป็นยารักษาโรคกระเพาะและยารักษาบาดแผลที่เกิดจากไฟไหม้ มีส่วนช่วยลดระดับไขมันในเลือดได้ จึงช่วยป้องกันโรคหลอดเลือดตีบตันและป้องกันการอักเสบของเนื้อเยื่อ

4. เป็นไม้ประดับ มีทรงพุ่มที่สวยงามและใบที่แน่นทึบ มีดอกหลากสี ตั้งแต่สีขาวถึงสีชมพู ออกดอกในช่วงฤดูหนาว มีการบานของดอกคาบเกี่ยวกัน นิยมปลูกประดับเป็นไม้กระถาง หรือเป็นแนวรั้ว

5. เป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสบู่ เนยเทียม น้ำมันใส่ผม และอื่น ๆ

6. ใช้เป็นสารกำจัดศัตรูพืช สารสกัดจากเปลือกผลพบสารประกอบที่มีประโยชน์ เช่น ซาโปนิน แทนนิน และเพนโตซาน ใช้ในการกำจัดศัตรูพืช กำจัดหอยเชอรี่ในนาข้าว เปลี้ยกระโดดสีน้ำตาล หนอนกัดกินใบ เปลี้ยไฟฝ้าย เปลี้ยหอย ดั่งกว้าง และหอยทาก

การกระจายตัว

ชาน้ำมันมีการกระจายตัวในประเทศจีนเป็นส่วนใหญ่และมีการกระจายตัวน้อยมาก ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ญี่ปุ่นและประเทศอื่น ๆ ในจีนมีต้น *C. oleifera* Abel. ประมาณ 4 ล้านเฮกตาร์ในพื้นที่ป่า แพร่กระจายใน 14 จังหวัดทั่วแม่น้ำแยงซีและพื้นที่ได้แม่น้ำแยงซี ส่วนใหญ่อยู่ที่มณฑลหูหนาน เจียงซี และมณฑลกุ้ยโจว หน่วยงานรัฐบาลจึงมีการตั้งนโยบายเพื่อสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมน้ำมันชา เพื่อพยายามสร้างพื้นที่สีเขียว เพิ่มรายได้ของเกษตรกร และลดการพึ่งพาน้ำมันนำเข้าของจีน ปัจจุบันจีนมีการผลิตน้ำมันชาประมาณปีละ 0.26 ล้านตัน และคาดว่าจะมีปริมาณเกินกว่า 2.5 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2563 ซึ่งเป็นประมาณร้อยละ 15 ถึง 25 ของการบริโภคน้ำมันในประเทศจีน (Yang *et al.*, 2016)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของชาน้ำมัน อ้างโดย (ศราวุธ, 2555)

ราก เป็นพืชที่มีระบบรากแก้ว ในระยะต้นอ่อน การเจริญพัฒนาของรากมีมากกว่าการเจริญเติบโตของส่วนที่อยู่เหนือดิน ในขณะที่ต้นแก่ การเจริญเติบโตของส่วนที่อยู่เหนือดินมากกว่าการเจริญเติบโตของราก

ลำต้น เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กหรือไม้พุ่ม มีหลายลำต้น ทรงพุ่มกลมหรือรูปไข่ กิ่งอ่อนมีขนขึ้นปกคลุม โดยทั่วไปต้นชาน้ำมันสูง 3 - 4 ม. (เมตร) แต่สามารถสูงได้ถึง 8 ม.

ใบ เป็นใบเดี่ยว จัดเรียงตัวแบบสลับ แผ่นใบคล้ายหนังสีเขียวถึงเขียวเข้ม เป็นมันวาว ขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อย ใบมีรูปร่างเป็นวงรีหรือรูปไข่กลับ เส้นใบแบบร่างแหขนนก ใบยาวประมาณ 2.54 - 7.62 ซม. (เซนติเมตร) และกว้างประมาณ 3.81 ซม.

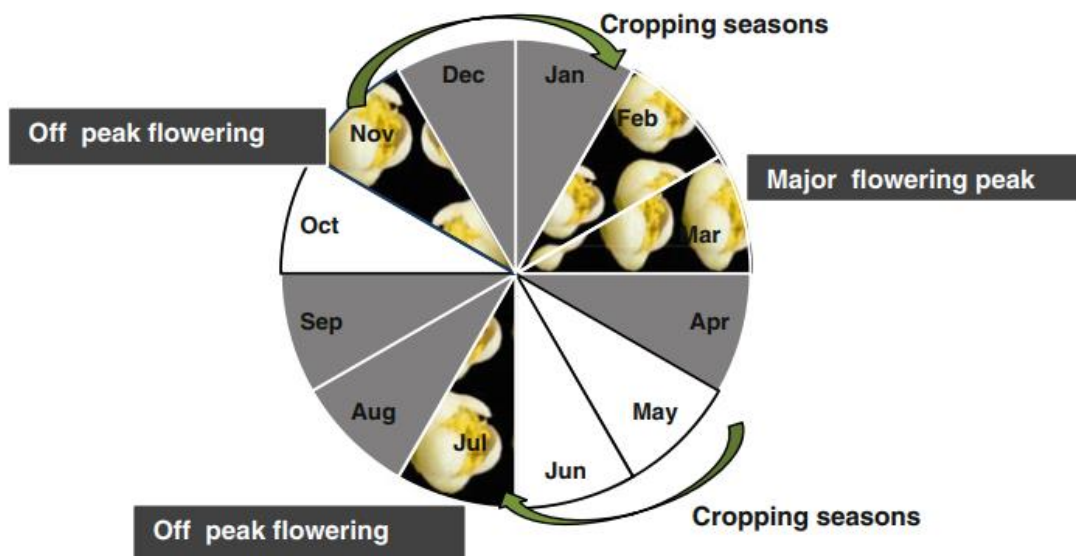
ดอก เป็นดอกเดี่ยว สีขาว มีกลิ่นหอม ไม่มีก้านดอก ออกตรงบริเวณซอกใบ กลีบดอกสีขาวมี 5-7 กลีบ เกสรเพศผู้มีจำนวนมาก จัดเรียงเป็นวงล้อมรอบเกสรเพศเมีย 2 - 4 ชั้น เกสรเพศเมียมี 3 - 5 ห้อง (carpel) ยอดเกสรเพศเมีย (stigma) แยกออกเป็น 3 - 5 แฉก โดยทั่วไปดอกบานในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม แต่มีความแปรปรวนของช่วงเวลาการบานของดอก

ผล เป็นผลแห้งชนิดแตกได้ (loculicidal capsule) รูปทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 - 5 ซม. เปลือกผลแห้งและแข็ง เมื่อแก่จะแตกออกจากบริเวณปลายผลเป็นแฉก 3 - 4 ส่วน แต่ละส่วนมีเมล็ด 1 - 5 เมล็ด

การติดผลและการพัฒนาของเมล็ดชาน้ำมัน

Ariyarathna *et al.* (2011) พบว่า ดอกตูมของชา [*C. sinensis* (L.) O. Kuntze] พบเห็นในศรีลังกาได้ตลอดทั้งปี ไม่ว่าจะเป็นดอกที่เกิดจากความแปรปรวนของจีโนไทป์และช่วงเวลาการออกดอกสามช่วง โดยเริ่มมีการออกดอกมากในช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงปลายเดือนมีนาคมหรือต้นเดือนเมษายน และมีการออกดอกน้อยสองฤดูกาลคือ ในช่วงเดือนกรกฎาคมและพฤศจิกายน โดยทั่วไปฤดูกาลที่มีความหนาแน่นของดอกต่ำตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์และเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม สภาพภูมิอากาศในช่วงระยะเวลาออกดอกเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการออกดอก การผสมเกสร และผลผลิตในปีต่อไปในชาน้ำมัน การวิจัยดำเนินการในจังหวัด Zhejiang ในปี พ.ศ. 2521 - 2527 ผลการศึกษาพบว่าการช่วยผสมเกสรเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยที่ 5.0 °ซ ขึ้นไป มีแดดจัดและไม่มีน้ำค้างแข็งสามารถทำให้เกิดการติดผลและการผสมเกสรตามธรรมชาติจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่ออุณหภูมิ 8.0 °ซ ขึ้นไป ซึ่งมีแมลงช่วยผสมเกสร ฝนและน้ำค้างแข็งเป็นปัจจัยหลักของสภาพภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝนมีผลต่อการออกดอกและการผสมเกสร (Zeng & Li, 2010)

การติดผลของชาน้ำมัน มีช่วงการติดผลที่กว้างเป็นระยะเวลา 2 - 4 เดือนทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ Xianglin XLC15 มีช่วงดอกบานตั้งแต่ปลายเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนธันวาคม ในขณะที่สายพันธุ์ Xianglin XLJ14 มีดอกบานตั้งแต่ปลายเดือนตุลาคมถึงปลายเดือนพฤศจิกายน (Liao *et al.*, 2014)



ภาพที่ 1 ซีพลักษณ์ของดอกชา [*C. sinensis* (L.) O. Kuntze] ในศรีลังกาแบ่งออกเป็นสามช่วงในหนึ่งปี

ที่มา : Ariyaratna *et al.*, 2011

หลังจากการติดผลจึงเข้าสู่การพัฒนาผลในช่วงแรก การแทงหรือการพัฒนาของอวูล (ovules) เกิดขึ้นในรังไข่หลังจากได้รับการผสม โดยเกิดขึ้นอย่างมากในช่วงระยะเวลาเริ่มต้น 15 - 20 DAP (day after pollination) ดังนั้น ขั้นตอนที่สำคัญของการพัฒนาต้นอ่อนในซาวาจเกิดขึ้นพร้อมกันภายใน 15 - 20 DAP (Ariyaratna *et al.*, 2011) จากการศึกษาของ Liao *et al.* (2014) พบว่าการแทงของอวูลที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการผสมตัวเอง (self - pollination) โดยเกิดขึ้นในระหว่างการสร้างเมล็ด โดยเฉพาะอย่างยิ่งก่อนระยะที่จะพัฒนาคัพภะ (embryo) ซึ่งการติดเมล็ดหลังจากผสมตัวเองมีอัตราต่ำกว่าผสมข้าม (cross - pollination) แต่ขนาดของเมล็ดที่ผสมตัวเองมีแนวโน้มที่จะมีขนาดใหญ่กว่าเมล็ดที่ผสมข้าม โดยปริมาณของละอองเรณูมีผลต่อการติดผลและจำนวนเมล็ดทำให้ ผลที่ผสมข้ามมีจำนวนเมล็ดมากกว่าทำให้เมล็ดมีขนาดเล็กกว่าในผลที่ผสมตัวเองมีการถ่ายละอองเรณูโดยอาศัยแมลงเป็นพาหะ (entomophilous) เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการติดเมล็ด การใช้ผึ้งช่วยผสมเกสรได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ช่วงระยะที่ชาน้ำมันออกดอกเป็นช่วงที่มีอากาศหนาวเย็น จึงมักไม่ค่อยออกมาช่วยผสม จึงทำให้มีการผสมข้ามต่ำ ผลการวิจัยพบว่าละอองเรณูของดอกเดียวกันสามารถงอกบนยอดเกสรเพศเมียได้ แต่ร้อยละของการเจาะรังไข่ของดอกที่ผสมตัวเองต่ำกว่าดอกที่ผสมข้ามและพบว่าการผสมตัวเองไม่ติดในภายหลัง (late - acting self - incompatibility) และเกิดการแทงก่อนเจริญเป็นต้นอ่อน (Liao *et al.*, 2014)

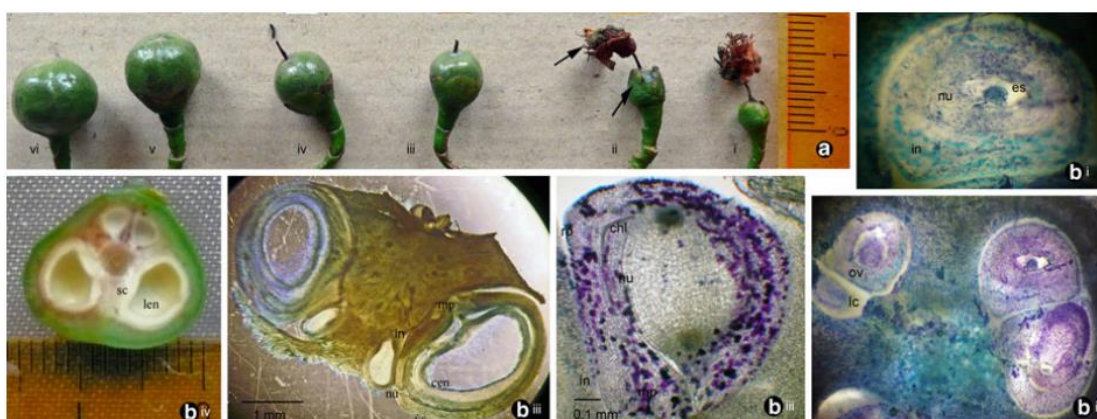


ภาพที่ 2 เมล็ดที่เกิดจากการผสมตัวเอง (self – pollination, SP) และเมล็ดที่เกิดจากการผสมข้าม (cross – pollination, CP) (A คือผลชาน้ำมันแก่ B, C คือเมล็ดชาน้ำมันที่ผสมตัวเองและผสมข้าม D คือเมล็ดแห้งที่เกิดจากการผสมตัวเอง) ตัวย่อ : cpf = CP fruit, cps = CP seed, spf = SP fruit, sps = SP seed, sss = self-sterile seed.

ที่มา : Liao *et al.*, 2014

จากการศึกษาการพัฒนาของผลและเมล็ดที่ได้รับการผสมที่แตกต่างกันในช่วงต้นของชา (*C. sinensis* (L.) O. Kuntze) ในศรีลังกา พบว่าเมื่อเมล็ดได้รับการผสมมีอายุ 4 สัปดาห์ เกิดการสลายตัวของเนื้อเยื่อนิวเคลลัส (nucellus) ค่อย ๆ เกิดขึ้นที่ปลาย micropyle (บริเวณช่องเปิดปลายเนื้อเยื่อหุ้มนิวเคลลัส) โดยหายไปอย่างสมบูรณ์เมื่อมีอายุได้ 8 สัปดาห์ และการเจริญของเอนโดสเปิร์มที่มีการแบ่งนิวเคลียสและมีการสร้างผนังเซลล์เกิดขึ้นทันที (cellular endosperm) ในจุดอ่อน่อนมีการปฏิสนธิและเกิดการขยายตัว เมื่อมีอายุผลได้ 12 สัปดาห์ พบเปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat (testa และ tegmen)) และเอนโดสเปิร์มเหลว (liquid endosperm) และเมื่อมีอายุ 16 สัปดาห์พบการสร้างใบเลี้ยง โดยทั่วไปมีเพียงหนึ่งอวูลเท่านั้นที่พัฒนาเป็นเมล็ดในแต่ละ carpel หรือ locule (Ariyaratna *et al.*, 2011) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของขนาด สี รูปร่างของผลและเมล็ดชาน้ำมันดอกขาว (*C. oleifera* Abel.) ระหว่างการเจริญและพัฒนาในระยะต่าง ๆ กันของศราวูธ (2555) พบว่า เมื่อชาน้ำมันติดผลมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผล รังไข่มีสีเขียวอ่อน

และมีขนขึ้นปกคลุมอย่างหนาแน่น จากนั้นสีผลค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้น แต่เมื่อมีอายุผล 90 วัน (หลังดอกบาน) สีผลค่อย ๆ จางลงและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเทาเมื่อผลแก่ เริ่มมีการสร้างเมล็ด เนื้อในเมื่อมีอายุผลได้ 120 วัน เปลือกหุ้มเมล็ดมีสีขาว ไม่แข็งแต่ค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงทั่วทั้งเมล็ดภายในเวลา 180 วัน หลังจากนั้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำและแข็งตัวเต็มที่เมื่อเมล็ดแก่ เนื้อในมีสีเหลืองครีมเมื่อมีอายุผลได้ 300 วัน ชาน้ำมันดอกขาที่ศึกษาที่บ้านโป่ง มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มีการเจริญเติบโตเป็นแบบ simple sigmoid curve ซึ่งมีลักษณะการพัฒนาผลอย่างต่อเนื่องจนถึง 210 วัน (เดือนที่ 7) จากนั้นมีการเจริญเติบโตของผลคงที่จนกระทั่งผลแก่



ภาพที่ 3 การพัฒนาของผลและเมล็ดที่ได้รับการผสมที่แตกต่างกันในช่วงต้น ของชา [*C. sinensis* (L.) O. Kuntze] ในศรีลังกา a ผลที่มีอายุ (i) 2, (ii) 4, (iii) 8, (iv) 10, (v) 12 และ (vi) 13 สัปดาห์หลังจากการผสมเกสร b ภาพตัดขวางส่วนของ (i) ออวูล, (ii) รังไข่ของดอกหลังจากดอกบานเต็มที่ (S3), (iii) ออวูล 3 วันหลังจากการผสมเกสร (iv) รังไข่ 1 เดือนหลังผสมเกสร และ (v) รังไข่ 3 เดือนหลังผสมเกสร

ที่มา : Ariyaratna *et al.*, 2011

ลิพิด (lipid)

ลิพิด เป็น กรดไขมันและอนุพันธ์รวมถึงสารอื่น ๆ ที่ทำหน้าที่คล้ายคลึงกับกรดไขมันและอนุพันธ์ลิพิดเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญทางชีวเคมีของเมมเบรน มีผลต่อกระบวนการควบคุมของน้ำและเกลือแร่ การสืบพันธุ์ การนำอาหารไปใช้ ตลอดจนการลำเลียง สารอาหาร ลิพิดแบ่งออกได้หลายประเภท ส่วนใหญ่ประกอบด้วยองค์ประกอบที่เรียกว่า “กรดไขมัน (fatty acid)” บทบาทและความสำคัญของลิพิด 1. เป็นโครงสร้างของเนื้อเยื่อหุ้มเซลล์และอวัยวะเซลล์ 2. เป็นสารอาหารที่ให้พลังงานมากที่สุด 3. เป็นสารให้ความอบอุ่นและช่วยป้องกันอวัยวะต่าง ๆ ภายในร่างกาย และเป็นฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อน 4. เป็นตัวเคลือบหรือฉาบผิวสิ่งมีชีวิต เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำหรือป้องกันไม่ให้น้ำเข้าภายในและยังมีผลป้องกันการติดเชื้อด้วย 5. เป็นแหล่งของสารอาหารที่

สำคัญบางอย่างได้แก่ วิตามินที่ละลายในไขมัน (vitamin A, D, E, K) รวมทั้งฮอร์โมนและกรดไขมัน
6. เป็นส่วนประกอบผนังเซลล์ของแบคทีเรียและพืชชั้นสูง รวมทั้งผิวหนังและระบบประสาทของสัตว์
มีกระดูกสันหลัง และเป็นองค์ประกอบของปีกและลำตัวแมลง (พิทักษ์, 2552)

การจำแนกชนิดของลิพิด

1. ชนิดของลิพิดจำแนกตามโครงสร้างทางเคมีสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1.1 Simple lipid เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ 1. ไขมัน (fat) เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน 3 โมเลกุล กับกลีเซอรอล 1 โมเลกุล เรียกว่า “ไตรกลีเซอรอล หรือ ไตรเอซิลกลีเซอรอล” 2. แวกซ์ (wax) เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเพียงหมู่เดียว (monohydric alcohol) และมีน้ำหนักโมเลกุลสูง

1.2 Compound lipid เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์และมีสารอื่นรวมอยู่ด้วย ได้แก่ 1. ฟอสโฟลิพิด (Phospholipid) เป็นกลุ่มลิพิดที่มีโมเลกุลประกอบด้วยกรดไขมัน แอลกอฮอล์ กรดฟอสฟอริก เบสที่มีไนโตรเจน และอาจมีสารประกอบอื่น ๆ 2. ไกลโคลิพิด (Glycolipid) เป็นกลุ่มลิพิดที่มีโมเลกุลประกอบด้วยกรดไขมัน คาร์โบไฮเดรต เบสที่มีไนโตรเจน แต่ไม่มีกรดฟอสฟอริก
3. ลิพิดเชิงประกอบอื่น ๆ ได้แก่ ไลโปโปรตีน และอะมิโนลิค

1.3 Derived lipid เป็นสารประกอบที่ได้จากลิพิด 2 กลุ่มแรก ซึ่งได้แก่ กรดไขมัน กลีเซอรอล โมโนกลีเซอไรด์ สเตอรอยด์ ไขมันในเลือด วิตามินที่ละลายในไขมัน แคโรทีนอยด์ (carotenoid) พรอสตาแกลนดิน (prostaglandin) เทอร์ปีน (terpenes) ควิโนน (quinone) และคีโตนบอดี้ส์ (ketone bodies)

2. ชนิดของลิพิดจำแนกตามหน้าที่ในสิ่งมีชีวิต สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

2.1 ลิพิดที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมพลังงาน พบได้ตามเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทั้งของพืชและสัตว์ เป็นแหล่งสะสมพลังงานให้แก่เซลล์

2.2 ลิพิดที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง ได้แก่ ฟอสโฟลิพิด และ ไขมันในเลือด ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเนื้อเยื่อต่าง ๆ ในร่างกาย และเนื้อเยื่อสมอง ชนิดกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของลิพิด มีความสำคัญต่อชนิดของเนื้อเยื่ออย่างมีความจำเพาะเจาะจง

กรดไขมัน (Fatty acid)

กรดไขมันจัดเป็นกรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) ที่มีหมู่ $-COOH$ หมู่เดียวที่ต่อกับไฮโดรคาร์บอนสายยาวเป็นเส้นตรง กรดไขมันมักมีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นจำนวนคู่ ระหว่าง 4 - 24 อะตอม และพบในรูปกรดไขมันอิสระเล็กน้อย โดยส่วนใหญ่พบในรูปที่ละลายในไขมัน (Saponifiable lipid) (ศุภศิษฐ์, 2541) พืชหลายชนิดสะสมไขมันไว้ในเมล็ด บางชนิดสะสมไขมันและ

น้ำมันไว้ในผล และใช้ในระยะเวลาที่เมล็ดกำลังงอก ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ต้องการพลังงานสูง เช่น งานทางตะวัน ชาน้ำมัน ลูกเนย เป็นต้น

ลิพิดเป็นไขมัน (fat) ที่อยู่ในสถานะของแข็งเมื่ออยู่ในอุณหภูมิห้องปกติ ส่วนน้ำมัน (oil) อยู่ในสถานะของเหลวเนื่องจากกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบมีพันธะคู่อยู่เป็นจำนวนมาก หรือเรียกกรดไขมันเหล่านี้ว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยชนิดและปริมาณจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช (ภาคภูมิ, 2550) ไขมันมีส่วนประกอบของกรดไขมัน มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจน จับเรียงกันในลักษณะต่าง ๆ จำแนกได้เป็น 2 กลุ่มด้วยกัน คือ

1. กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) เป็นไขมันที่มีโครงสร้างคาร์บอนจับเรียงกันครบร่างกายสามารถสร้างตัวเอง เป็นกรดไขมันที่มีโซ่คาร์บอนสายสั้นและยาวและไม่มีพันธะคู่ (double bond) จึงทำให้มีจุดหลอมเหลวสูง (กรดไขมันอิ่มตัวที่มีโซ่คาร์บอนยาวบางชนิดอาจมีจุดหลอมเหลวมากกว่า 60 °ซ) ดังนั้นกรดไขมันชนิดนี้จึงแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง และกรดอะซิติก (Acetic) เป็นต้นกำเนิดของการสังเคราะห์กรดไขมันอิ่มตัวโดยขบวนการ Elongation คือ การเพิ่มจำนวนคาร์บอนเข้าไปครั้งละ 2 อะตอม น้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่มากอยู่ในสภาพที่เป็นไขและมีสภาพแข็งตัวเมื่ออุณหภูมิต่ำ หรือในฤดูหนาว เช่น น้ำมันหมู น้ำมันวัว เป็นต้น กรดไขมันอิ่มตัวที่พบเป็นองค์ประกอบในน้ำมันทั่วไป เช่น กรดไมริสติก (Myristic acid, C14: 0) กรดปาล์มิติก (Palmitic acid, C16: 0) และกรดสเตียริก (Stearic acid, C18: 0)

2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) เป็นไขมันที่มีโครงสร้างเป็นธาตุคาร์บอนยังสามารถจับกับธาตุไฮโดรเจนได้ ร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ เป็นกรดไขมันที่มีโซ่คาร์บอนยาว (16 – 22 อะตอม) และมีพันธะคู่ตั้งแต่ 1 - 6 กรดไขมันกลุ่มนี้มีจุดหลอมเหลวต่ำ โดยจุดหลอมเหลวของกรดไขมันแต่ละชนิด ขึ้นอยู่กับจำนวนคาร์บอนอะตอม จำนวนพันธะคู่ โมเลกุลและตำแหน่งของพันธะคู่โดยทั่วไปกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ในสภาพที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง และบางชนิดยังเป็นของเหลวที่จุดเยือกแข็ง เช่น กรดไลโนเลนิก (Linolenic acid, C18: 3n3) มีจุดหลอมเหลวที่ - 11 °ซ ในขณะที่กรดไขมันอีพืเอ (Eicosapentaenoic acid, C20: 5n3) มีโซ่คาร์บอนโมเลกุลยาวถึง 20 โมเลกุล มีพันธะคู่ 5 คู่ จึงทำให้กรดไขมันชนิดนี้มีจุดหลอมเหลวต่ำคือ - 54 °ซ เป็นต้น กรดไขมันไม่อิ่มตัวพบเป็นองค์ประกอบอยู่มากในน้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์น้ำ

กรดไขมันไม่อิ่มตัว สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

2.1 กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่มีโซ่คาร์บอนเชื่อมกันในสายด้วยพันธะคู่เพียง 1 ตำแหน่ง พบได้ในไขมันแทบทุกชนิด และพบมากมี 2 ชนิด คือ กรดปาล์มิตอเลอิก (Palmitoleic acid, C16: 1n7) และกรดโอเลอิก (Oleic acid, C18: 1n9)

2.2 กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่โซ่คาร์บอนเชื่อมกันในสายด้วยพันธะคู่ตั้งแต่ 2 ตำแหน่งขึ้นไป นอกจากนี้กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 20 คาร์บอนอะตอมขึ้นไป และมีจำนวนพันธะคู่มากกว่า 2 ตำแหน่งขึ้นไป เรียกรวมกรดไขมันกลุ่มนี้ว่า “Highly unsaturated fatty acid” โดยทั่วไปใช้เรียกรวมกรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า 3 เช่น กรดไขมันโอโคซะไตรอินอิก (C20: 3n3), กรดไขมันโอโคซะไตรอินอิก (C20: 4n3), กรดไขมันอีพีเอ (C20: 5n3) และกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n3) หรือกลุ่มโอเมก้า 6 กรดไขมันในกลุ่มนี้มีจุดหลอมเหลวต่ำ และจุดหลอมเหลวของกรดไขมันแต่ละชนิดจะขึ้นกับจำนวนของคาร์บอน จำนวนพันธะคู่ และตำแหน่งของพันธะคู่ (พิทักษ์, 2552)

การสังเคราะห์กรดไขมัน

อาหารที่เป็นแหล่งของธาตุคาร์บอนที่เคลื่อนย้ายเข้ามาสะสมในเมล็ด ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของน้ำตาลซูโครสซึ่งได้มาจากการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยผ่านทางท่ออาหารผ่านเนื้อเยื่อในเมล็ดที่บริเวณ funiculus - chalazal region แล้วส่งต่อไปยังบริเวณ nucellar projection เข้าสู่ชั้นของ aleurone layer และ endosperm ตามลำดับ เมื่อซูโครสผ่านเข้าสู่เนื้อเยื่อพิเศษนี้แล้ว จะถูกเอ็นไซม์ invertase ย่อยสลายเป็นกลูโคสและฟรุคโตส ซึ่งเมื่อถูกเคลื่อนย้ายเข้าสู่ endosperm จะรวมกันเป็นซูโครสอีกครั้งหนึ่ง เรียกว่าเกิด resynthesis ซูโครสนี้เป็นต้นกำเนิดของคาร์โบไฮเดรตและไขมันที่สะสมในเมล็ด (ลิลลี่, 2546)

กระบวนการสังเคราะห์กรดไขมันเกิดในพลาสติด (plastid) โดยมีสาร acetyl CoA เป็นสารตั้งต้น จากนั้น จึงมีกระบวนการเติมคาร์บอนครั้งละ 2 หน่วย โดยเอ็นไซม์หลายชนิดที่ทำงานร่วมกัน อาจเรียกเอ็นไซม์เหล่านี้รวมกันว่า fatty acid synthase ซึ่งในระหว่างการสังเคราะห์กรดไขมันมีโปรตีนชนิดหนึ่งคือ acyl carrier protein (ACP) ทำหน้าที่จับกับ malonyl - CoA ได้เป็น acyl - ACP ซึ่งเป็นหน่วยที่รับคาร์บอนครั้งละ 2 หน่วย มีผลให้สายของกรดไขมันมีจำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้น และโปรตีนนี้จะหลุดออกไปเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการสังเคราะห์กรดไขมัน (ภาคภูมิ, 2550)

การสลายตัวของไขมัน

ไขมันแต่ละชนิดสลายตัวได้ในระหว่างการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ไขมันที่สะสมจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะช่วงในการเสื่อมสลายของผลผลิต ในกรณีที่มีเมล็ดงอก หรือหายใจ โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ ชนิดของพืช ดังนั้น การปรับสภาวะแวดล้อมเพื่อชะลอการงอกและลดอัตราการหายใจของผลผลิตสามารถช่วยชะลอการสลายตัวของไขมันได้ (วันเพ็ญ, 2548) ไขมันที่สะสมมักอยู่ในรูป triacylglycerol ในพืช ขั้นตอนแรกของการสลายตัว คือ การไฮโดรไลซ์เอซิล (acyl) หรือกรดไขมันออกจากโมเลกุลของ Triglycerides โดยปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอ็นไซม์ acyl hydrolase กรดไขมันอิสระที่หลุดตัวออกมาถูกเปลี่ยนเป็น

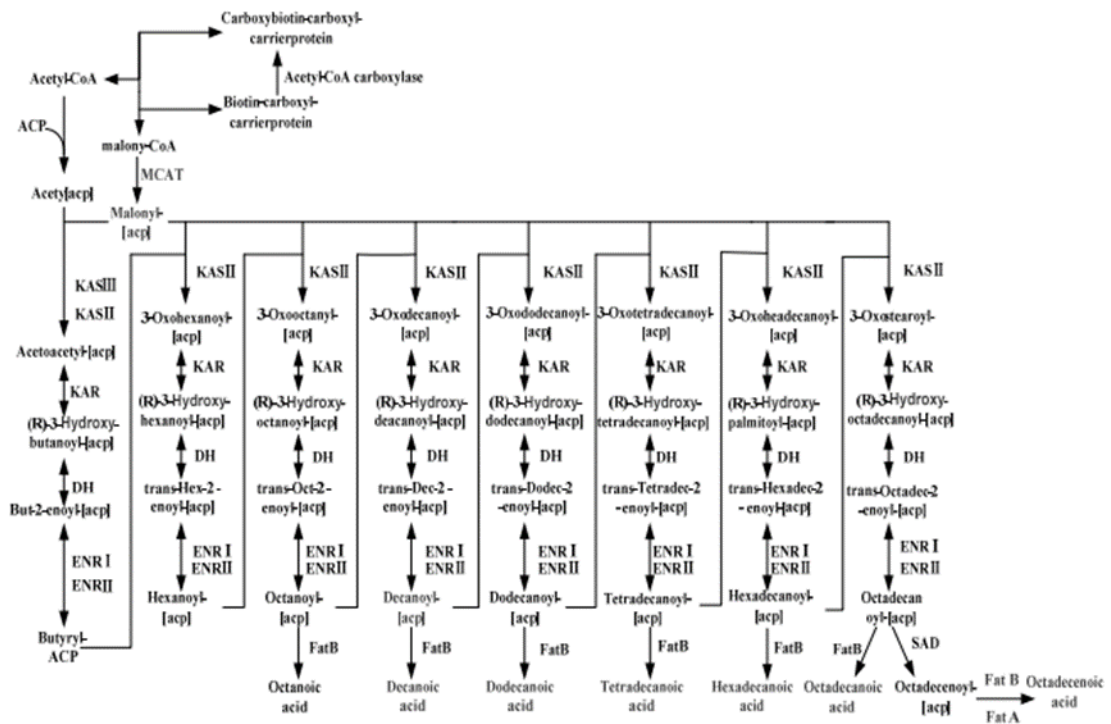
acetate และเข้าสู่กระบวนการหายใจหรือ acetate อาจเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลซูโครสแล้วเคลื่อนที่ไปในต้นพืชซึ่งพบในเมล็ดพืชหลายชนิดที่กำลังงอก (दनय, 2556)

กรดไขมันอิสระอาจถูกย่อยสลายได้ด้วยกลไกหลายชนิดในพืช กลไกที่พบมาก คือ กระบวนการสลายกรดไขมัน (β - oxidation) ทำให้ได้ acetyl CoA ซึ่งเป็นสารประกอบที่เก็บพลังงานไว้ในรูปแบบพันธะไทโอเอสเทอร์ (thioester bond) พลังงานดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนไปเป็น adenodine triphosphate (ATP) โดยผ่านทางวัฏจักรไตรคาร์บอกซิลิกแอซิด (tricarboxylic acid cycle) หรือ acetyl CoA อาจเข้าสู่วัฏจักรไกลออกซีเลต (glyoxylate cycle) ได้สารประกอบคาร์บอนที่นำไปสังเคราะห์สารอื่นต่อไป มักเกิดกับเมล็ดที่มีไขมันมากและกำลังงอก กระบวนการสลายกรดไขมันเกิดขึ้นทั้งไซโทซอล (cytosol) และไกลออกซีโซม (glyoxysome) ในเซลล์ของเมล็ดที่มีไขมันหลายชนิด (दनय, 2556)

การย่อยไขมัน มีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องคือ lipase เกิดเป็นสารกลีเซอรอล (glycerol) และกรดไขมันอิสระ โดยกลีเซอรอลจะถูก phosphorylate ในกระบวนการ glycolysis และ citric acid cycle ส่วนกรดไขมันอิสระทำปฏิกิริยากับ CoASH ใน glyoxysome แล้วถูกออกซิไดซ์เป็น acetyl CoA เข้าสู่ glyoxylate cycle ได้เป็นน้ำตาลซูโครสกับคาร์บอนไดออกไซด์ (ลิลลี, 2546)

กรดไขมันในน้ำมันเมล็ดชา

องค์ประกอบของกรดไขมัน น้ำมันชามีประโยชน์มากกว่าน้ำมันคาโนลา น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดดอกคำฝอย และน้ำมันหมู จากงานวิจัยในอดีต ที่มีการศึกษาชนิดของกรดไขมันจากเมล็ดชาน้ำมัน พบว่า ประกอบไปด้วยกรดโอเลอิก 67.7 - 76.7% กรดไขมันไม่อิ่มตัว 82 - 84% กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว 68 - 77% และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน 7 - 14% จากการศึกษาของ Ma *et al.* (2011) แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำมันในเมล็ดของชาน้ำมันสายพันธุ์ LCDG, YAYC และ CR3 คือร้อยละ 42.8 - 46.1 ตามลำดับ โดยองค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันชา มีปริมาณ oleic acid มากที่สุด ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ แสดงให้เห็นว่าน้ำมันชา มีกรดโอเลอิกไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากมาย จึงคล้ายกับน้ำมันมะกอก ใช้เป็นน้ำสลัดและเป็นน้ำมันสำหรับการปรุงอาหารในประเทศแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ดังนั้น น้ำมันชาจึงเป็นน้ำมันกินเพื่อสุขภาพที่ดี และมีผลในการลดความเสี่ยงของโรคมะเร็งได้อีกด้วย (Ma *et al.*, 2011)



ภาพที่ 4 วิธีการสังเคราะห์กรดไขมันในเมล็ดขนาน้ำมัน

ที่มา : Huang, Tan *et al.*, 2013

Huang, Tan *et al.* (2013) ศึกษาการแสดงออกที่หลากหลายนิกายของเอนไซม์ ACCase ที่เร่งการสังเคราะห์ทางชีวภาพของกรดไขมัน เห็นได้ชัดว่า ACCase เป็นเอนไซม์เป้าหมายสำคัญสำหรับการควบคุมยีนของปริมาณน้ำมันในน้ำมันเมล็ดชา ในขณะที่เดียวกัน MCAT, KAS, KAR, DH และ ENR สังเคราะห์กรดไขมัน FAS และพอลิเมอไรเซชันอย่างต่อเนื่อง เช่น การเริ่มต้น การโหลด การควบแน่น การลดการคายน้ำและปฏิกิริยารีดักชันขั้นที่สองจะสมบูรณ์ โดยใช้ malonyl-ACP เป็นสารตั้งต้น ยีนทั้งหมดเหล่านี้มีการแสดงออกในเส้นทางสังเคราะห์ทั้งหมดของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดชา แสดงให้เห็นว่าเป็นยีนสำคัญของเอนไซม์สำหรับการสังเคราะห์กรดไขมัน ในกระบวนการนี้ MCAT เร่งสร้าง malonyl-ACP เพื่อเป็นตัวให้ไฮโดรคาร์บอนในกระบวนการสังเคราะห์ของกรดไขมันที่ถูกเตรียมไว้ ดังนั้น MCAT จึงเป็นยีนสำคัญของเอนไซม์สำหรับการสังเคราะห์กรดไขมัน KASII ซึ่งกำหนดอัตราส่วนของกรดไขมัน 16 - คาร์บอนและกรดไขมัน 18 - คาร์บอนเป็นเอนไซม์สำคัญในการเร่งปฏิกิริยากรดปาล์มิติก (palmitic acid) ไปเป็นกรดสเตียริก (stearic acid) การเพิ่มการแสดงออกของ KAS II สามารถยับยั้งการทำงานของ palmitoyl thioesterase และเพิ่มปริมาณของ stearyl ACP เพื่อให้ปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสามารถเพิ่มขึ้นได้ ข้อเสนอแนะนี้พิสูจน์โดยงานวิจัยของ KAS II ของ Bleibaum และทีมงาน เกี่ยวกับเมล็ดขนาน้ำมัน ในกระบวนการ

สังเคราะห์กรดไขมันกรดปาล์มติก และกรดสเตียริกถูกสร้างขึ้นหลังจากการพอลิเมอไรเซชัน 7 รอบ และจากนั้น stearoyl ถูกไฮโดรจีเนตในรูปกรดโอเลอิก (oleic acid) ผ่าน SAD ดังนั้น SAD จึงเป็นตัวกำหนดอัตราส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยตรง การเพิ่มประสิทธิภาพการแสดงออกของ SAD สามารถเร่งการเปลี่ยนแปลงกรดไขมันอิ่มตัวไปเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ในกระบวนการสังเคราะห์กรดไขมันของน้ำมันเมล็ดชานี้ในขั้นตอนสุดท้ายกรดไขมันหลุดออกจาก ACP เพื่อสร้างกรดโอเลอิกภายใต้การเร่งปฏิกิริยาของ FAT (ประกอบด้วย fatty acyl - ACP thioesterase A (FatA) และ fatty acyl-ACP thioesterase B (FatB)) FatA มีกิจกรรมสูงถึง 18: 1 - ACP ซึ่งกำหนดความสามารถในการส่งออก 18: 1 จากภายในพีชไปยัง plastid ภายนอก การแสดงออกของ FatB ที่มากเกินไปในช่วงเวลาสูงสุดของการสังเคราะห์น้ำมันเป็นสิ่งที่ดีต่อการสังเคราะห์มวลของกรดไขมันไม่อิ่มตัว

ปัจจัยที่ส่งผลต่อพัฒนาการของผลและการผลิตน้ำมัน

การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณน้ำฝน เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช การศึกษาของ Huang, Ahrends *et al.* (2013) ได้แสดงให้เห็นว่ามีปัจจัยหลายประการที่ส่งผลต่อการติดผลและน้ำมันจากเมล็ดชา เช่น สิ่งแวดล้อม การคัดเลือกต้นหรือพันธุ์กับลักษณะการติดผลและการเลือกพื้นที่ปลูกที่เหมาะสม ปัจจัยเหล่านี้สามารถเพิ่มการผลิตน้ำมันจากเมล็ดชาได้ เนื่องจากความสัมพันธ์ของขนาด kernel และน้ำหนักเมล็ดสูงขึ้นตามน้ำหนักผลทำให้สามารถผลิตน้ำมันจากเมล็ดชาได้เพิ่มขึ้นด้วย การปรับปรุงทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น คุณภาพดินมีผลต่อการผลิตน้ำมันในเมล็ด แต่ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตน้ำมันในเมล็ดมากกว่าคุณภาพดินคือ อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน

1. อุณหภูมิ อุณหภูมิของดินและของบรรยากาศ มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช อุณหภูมิเป็นตัวควบคุมขบวนการสร้างและสลาย (metabolism) ในพืช เช่น การผลิตแป้ง การให้พลังงานแก่พืช การสร้างสารประกอบและขบวนการอื่น ๆ ในพืช กล่าวคือ แต่ละขบวนการจะเกิดขึ้นได้ดีต้องมีอุณหภูมิที่พอเหมาะอยู่ระหว่าง 15 – 40 °ซ ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป ขบวนการสร้างและสลายต่าง ๆ เกิดได้ช้า มีผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลงด้วย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา , 2548) การศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินไปในพืช ทำให้พลังงานในเนื้อเยื่อพืชเกิดสถานะเสียสมดุล ทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นกว่าระดับ ปกติ 10 - 15 °ซ สามารถทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของพืช เนื่องจากการเกิดสถานะเนื้อเยื่อตาย (necrosis) หรือภาวะเครียดจากอุณหภูมิ (temperature stress) และยังส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์จึงมีผลต่อการงอกของเมล็ด น้ำหนักมวลชีวภาพและการสร้างสารอาหารในเมล็ด (ภาคภูมิ, 2550) นอกจากนี้ในสภาพอุณหภูมิสูงเกินไปพืชจะถูกเร่งกระบวนการดูดธาตุอาหารมากขึ้น เพราะอัตราการหายใจเพิ่ม

มากขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินระดับ 40 °ซ อัตราการดูดธาตุอาหารจะลดลง ส่งผลต่อการทำลายเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการดูดธาตุอาหารเช่นกัน (ชวนพิศ, 2544) อุณหภูมิของบรรยากาศและของดินมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนากระบวนการตรึงไนโตรเจน คุณภาพของเมล็ด ปริมาณโปรตีน และน้ำมัน และการเข้าทำลายของโรคและแมลง ในการเปรียบเทียบอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการสังเคราะห์ไขมันในเมล็ด พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อการสังเคราะห์ไขมัน เช่น เมล็ดคาโนล่า (*Brassica napus*) ที่ได้จากการปลูกในแคนาดา มีปริมาณน้ำมันเพียง 43.5% ในปี ค.ศ. 2012 เป็นปีที่มีอากาศร้อนกว่าปกติหลายองศา จึงมีปริมาณน้ำมันที่น้อยกว่าในช่วง 5 ปีก่อนที่ผ่านมา (ค.ศ. 2007 - 2011) ที่มีปริมาณเฉลี่ยถึงร้อยละ 44.4 (Singer *et al.*, 2016)

การศึกษาช่วงอุณหภูมิที่กว้างขึ้นต่อปริมาณน้ำมัน พบว่า อุณหภูมิกลางคืนมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำมันในระหว่างขั้นตอนการพัฒนาเมล็ดในภายหลัง อุณหภูมิที่สูงลดผลผลิตของเมล็ด เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของละอองเกสรลดลง ช่วงที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดส่งผลให้ปริมาณน้ำมันและระดับการอิ่มตัวของกรดไขมันลดลงอย่างต่อเนื่อง พบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกรดไขมันโดยมีการปรับเปลี่ยนสัดส่วนของกรดโอเลอิก C18: 1 (oleic acid), กรดไลโนเลอิก C18: 2 (linoleic acid) และ กรดไลโลเลอิก C18: 3 (linolenic acid) ในเมล็ด (Singer *et al.*, 2016) จากการศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย พบว่าตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยและความแปรปรวนของอุณหภูมิเฉลี่ยส่งผลกระทบต่อผลผลิตปาล์มน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ปัจจัยด้านพื้นที่เก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนและตัวแปรการพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตร ส่งผลกระทบต่อผลผลิตปาล์มน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศมีผลกระทบต่อผลผลิตปาล์มน้ำมัน โดยเฉพาะอุณหภูมิเฉลี่ยที่มีแนวโน้มสูงขึ้นส่งผลให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันมีปริมาณลดลง (จรรย์วรรณ และคณะ, 2562)

2. ภัยแล้ง ความเครียดจากภัยแล้งเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลทำให้พืชมีผลผลิตลดลง โดยระดับความเสียหายนั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลา ความรุนแรง ควบคู่กับปัจจัยสภาวะแวดล้อมอื่น ๆ ที่พืชได้รับ เช่น อุณหภูมิและความเค็ม (Pereira *et al.*, 2016) การขาดน้ำโดยทั่วไปมีผลกระทบต่อกระบวนการสร้างและสลาย (anabolism และ catabolism) การเจริญเติบโตของพืช การพัฒนาและผลผลิตเมล็ด โดยส่งผลให้มีการลดลงของปริมาณน้ำมันในเมล็ด และน้ำหนักเมล็ดในข่าหลายสายพันธุ์ เช่นเดียวกับ ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณน้ำมันในเมล็ด โดยการลดลงของปริมาณน้ำมันในเมล็ดมีแนวโน้มที่จะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนภายใต้สภาวะเดียวกัน เนื่องจากอัตราการตอบสนองที่แตกต่างกันและระยะเวลาในการสะสมองค์ประกอบภายในเมล็ดเมื่อน้ำเป็นปัจจัยที่มีจำกัด ประกอบกับการสะสมโปรตีนได้รับผลกระทบน้อยที่สุด การขาดความชื้นในดินที่เพียงพอใน

ระหว่างการติดเมล็ดส่งผลให้การติดเมล็ดและผลผลิตลดลง ในช่วงที่เมล็ดสะสมอาหารส่งผลให้ขนาดของเมล็ดลดลง และส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำมันและองค์ประกอบกรดไขมันในเมล็ด โดยทั่วไป เช่นเดียวกับกรณีความเครียดจากอุณหภูมิสูง พืชน้ำมันจำนวนมากแสดงปริมาณกรดโอเลอิกและกรดไขมันอิ่มตัวที่เพิ่มขึ้น ขณะที่กรดไลโนเลอิกมีปริมาณลดลงในสภาวะขาดน้ำ ในช่วงที่เมล็ดมีการสะสมในระยะเวลาที่สั้นลงอาจทำให้มีการเร่งการพัฒนาของต้นอ่อน ซึ่งมีผลกระทบต่อกิจกรรมของเอนไซม์สังเคราะห์ไขมันต่าง ๆ การขาดน้ำต่อไปเรื่อยๆ ลดความสามารถในการดูดซึมน้ำจากคาร์บอนไดออกไซด์ของเนื่องจากปากใบปิด และทำให้การดูดซึมน้ำตาลของต้นอ่อนเกิดขึ้นได้ช้า ซึ่งมีผลต่อองค์ประกอบของเมล็ดพืชน้ำมัน (Singer *et al.*, 2016)

ในระดับเซลล์ภัยแล้งมักนำไปสู่ผลกระทบร้ายแรงในกระบวนการสร้างและสลายของพืช มีการกระทำโดยตรงในการขนส่งอิเล็กตรอน (electron transport) และ ฟอสโฟรีเลชัน (phosphorylation) และคาร์บอกซิเลชัน (carboxylation) ในไทลาคอยด์ (thylakoid) การซึมผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) และการสังเคราะห์สารละลาย (solute synthesis) เพิ่มขึ้นในพืชที่เกิดความเครียดจากน้ำซึ่งนำไปสู่การทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้การสังเคราะห์ต่างๆ ลดลง แต่พืชมีกลไกสำหรับการปรับตัวต่อการขาดน้ำ เช่น การควบคุมการเปิดปิดของปากใบและการปรับกระบวนการแพร่ (osmotic pressure) สะท้อนให้เห็นการปรับตัวของพืชต่อความเครียดที่ได้รับเพื่อความอยู่รอดเมื่อได้รับภัยแล้ง ดังนั้น การทำความเข้าใจการตอบสนองต่อความเครียดของพืชจึงเป็นความรู้ที่จำเป็นสำหรับการศึกษาและพัฒนาสายพันธุ์พืชใหม่ที่สามารถทนทานต่อความเครียดได้ (Pereira *et al.*, 2016)

3. ความเค็ม ความเค็มของดิน เป็นข้อจำกัดที่สำคัญของการผลิตพืชทั่วโลก ที่ดินประมาณร้อยละ 6 ของโลกและประมาณร้อยละ 20 ของที่ดินในเขตชลประทานได้รับผลกระทบจากความเค็มที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่แห้งแล้ง และพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลซึ่งมีระดับน้ำใต้ดินสูงจึงเป็นเหตุให้ได้รับผลกระทบมากขึ้น จากการเพิ่มขึ้นของแสงอาทิตย์ อุณหภูมิ และความเค็มที่รุนแรง จึงเป็นปัจจัยหลักที่จำกัดปริมาณผลผลิตของมะกอก (*Olea europaea* L.) ที่มีความอดทนต่อความเครียดความเค็มในระดับปานกลางที่มีการเพาะปลูกในวงกว้างในภูมิภาคเมดิเตอร์เรเนียน การรับโซเดียม (Na - Sodium) ในปริมาณที่สูงเป็นเวลานานทำให้ปริมาณผลผลิตของมะกอกลดลง (Rossi *et al.*, 2016) ส่งผลให้เกิดการลดลงของปริมาณน้ำมัน การลดลงนี้ยังเกิดขึ้นในพืชที่ค่อนข้างทนเค็มด้วย เช่น คำฝอยและทานตะวัน โดยอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตเมล็ดมากกว่าปริมาณน้ำมันในเมล็ด นอกจากนี้ ยังมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญใน C18: 1 และลดลงใน C18: 2 และ / หรือ C18: 3 จึงได้มีการตั้งข้อสังเกตภายใต้ความเครียดจากความเค็มว่าผลกระทบนี้อาจขึ้นอยู่กับ สายพันธุ์ ความเครียดออกซิเดชันที่ทำให้เกิดความเสียหาย ดีเอ็นเอ ตัวรับยั้งเอนไซม์ และ กระบวนการออกซิเดชันของไขมัน (lipid peroxidation) นอกจากนี้เกลือที่เข้มข้นสูงทำให้เกิด

พืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื่องจากการสะสมของไอออนโซเดียม (Na^+) และไอออนคลอไรด์ (Cl^-) ภายในเซลล์ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อกิจกรรมของเอนไซม์ภายในวิธีการสังเคราะห์ไขมัน (Singer *et al.*, 2016)

4. สภาพแสงและบรรยากาศ แสงเป็นปัจจัยที่ให้พลังงานแก่พืชเพื่อใช้ในขบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งเป็นขบวนการที่ก่อให้เกิดแป้งและน้ำตาล นอกจากนี้ แสงยังมีบทบาทสำคัญในขบวนการต่าง ๆ ในพืชอีกหลายอย่าง เช่น การสังเคราะห์โปรตีน การคายน้ำ การควบคุมทิศทางการเจริญเติบโตของพืช ฯลฯ พืชแต่ละชนิดมีความต้องการแสงสำหรับการเจริญเติบโตในปริมาณมากน้อยแตกต่างกันตามแต่ชนิดของพืช แต่อย่างไรก็ตาม พืชส่วนใหญ่เป็นพวกที่ต้องการแสงมากในการเจริญเติบโต ปริมาณแสงที่พืชได้รับนั้น นอกจากจะมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชแล้ว ยังมีผลต่อการออกดอกของพืชหลายชนิด การพัฒนาเมล็ดต้องใช้พลังงานที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงจากเนื้อเยื่อของต้นแม่ในการส่งเสริมกระบวนการสร้างและสลาย (metabolism) เพื่อสังเคราะห์น้ำมันในเมล็ด โดยพบว่า ความเครียดจากแสงและอุณหภูมิมีผลกระทบต่อการจัดเก็บการสังเคราะห์น้ำมัน ซึ่งยังไม่ค่อยมีใครทราบกลไกที่แสงอาจมีผลต่อการสังเคราะห์น้ำมันในเมล็ด การเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยการเพิ่มความเข้มข้นของแสงอาจกระตุ้นให้เกิดการสะสมของไขมัน (Singer *et al.*, 2016)

5. น้ำ นับว่ามีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก ทำหน้าที่ละลายธาตุอาหารพืช ลำเลียงธาตุอาหารพืช ควบคุมอุณหภูมิของต้นพืช เป็นต้น ดังนั้น พืชขาดน้ำไม่ได้ ถ้าพืชขาดน้ำจะแสดงอาการเหี่ยวเฉา ขบวนการต่างๆ เกิดได้ช้า การเจริญเติบโตหยุดชะงัก และอาจตายในที่สุด

6. ธาตุอาหารในดิน ระดับที่เหมาะสมของธาตุอาหารในดินสามารถเพิ่มปริมาณน้ำมันในเมล็ดได้ ซึ่งธาตุอาหารส่วนมากที่พืชได้รับมาจากการย่อยสลายของซากพืชในดิน แต่การใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มแร่ธาตุ เช่น กำมะถัน (S) และแมงกานีส (Mn) มีความจำเป็น โดยส่งผลให้ผลผลิต มีคุณภาพ และปริมาณน้ำมันเพิ่มมากขึ้นในพืชบางชนิด ในทางตรงกันข้าม การให้ปุ๋ยมากเกินไป สามารถส่งผลกระทบต่อผลผลิตได้ (Singer *et al.*, 2016)

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้พืชคาโนลา (*Brassica napus*) ส่งผลให้มีผลผลิตเมล็ดสูง โปรตีนในเมล็ด ผลผลิตเมล็ด และปริมาณน้ำมันเพิ่มมากขึ้น การเพิ่มจำนวนของเมล็ดทำให้ผลผลิตน้ำมันเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม อาจมีอัตราการใช้นิโตรเจนสูงสุดที่ทำให้เป็นประโยชน์ต่อปริมาณของเมล็ด เนื่องจากการได้มีการสังเกตเห็นการลดลงของผลผลิตของเมล็ดในสภาพการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงมาก อัตราการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นมากขึ้นเรื่อยๆ ยังลดสัดส่วนของ C18: 1 เพิ่มสัดส่วนของกรดไขมัน C18: 2, C18: 3 และ C20: 1 ซึ่งไม่เป็นที่พึงประสงค์ต่อคุณภาพของน้ำมัน การใส่ปุ๋ย

ไนโตรเจนอาจเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการเพิ่มปริมาณของผลผลิตและคุณภาพของน้ำมัน แต่ควรใช้ในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อประโยชน์สูงสุด (Singer *et al.*, 2016)

ธาตุอาหารที่มีผลต่อการผลิตน้ำมัน

แมกนีเซียม (Mg) มีสะสมอยู่มากในเมล็ดพืช โดยเฉพาะเมล็ดพืชที่มีน้ำมัน เนื่องจากแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด (จิราภรณ์, 2557) ทำให้พืชสามารถใช้พลังงานแสงเพื่อผลิตแป้งและน้ำตาลในการเจริญเติบโต ปริมาณแมกนีเซียมในคลอโรฟิลล์มีร้อยละ 15 - 20 แมกนีเซียมช่วยเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ในพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับพลังงานในกระบวนการสร้างเมแทบอลิซึมต่างๆ นอกจากนี้แมกนีเซียมยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างกรดไขมันด้วย จึงทำให้แมกนีเซียมมีความสำคัญอย่างมากต่อการเพิ่มผลผลิตน้ำมันของปาล์มน้ำมัน (ธีระพงศ์, 2547)

กำมะถัน (S) เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของโปรตีน กรดอะมิโน และวิตามินบางชนิด และมีผลทางอ้อมต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และการแบ่งเซลล์ของพืช ทำให้พืชมีสีเขียวเข้ม มีกระบวนการสร้างและสลายของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน ให้เป็นไปอย่างปกติ ช่วยสร้างเมล็ดและเพิ่มปริมาณน้ำมันให้แก่พืช เมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยกำมะถันในอัตราที่เพิ่มขึ้น มีผลให้ปริมาณผลผลิต โปรตีน และร้อยละของน้ำมันเพิ่มขึ้น (จิราภรณ์, 2557)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

1. สถานที่ทำการทดลอง

ชาน้ำมันที่ใช้คือชาน้ำมันชนิดดอกขาว (*C. oleifera* Abel.) พื้นที่แปลงปลูกบ้านปูนะ อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย (พิกัด เส้นรุ้ง 20 องศา 18 ลิปดา 21 ฟลิปดา เหนือ เส้นแวง 99 องศา 41 ลิปดา 30 ฟลิปดา ตะวันออก ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 980 เมตร) แบ่งการทดลอง เป็น 3 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 การศึกษาการพัฒนาทางสัณฐานวิทยาของผลชาน้ำมัน การทดลองที่ 2 การศึกษาระยะเวลาที่เมล็ดเริ่มมีการสะสมแป้งและน้ำมัน การทดลองที่ 3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความชื้น ปริมาณร้อยละและกรดไขมันในเมล็ดชาน้ำมัน

2. ช่วงฤดูกาล

ดำเนินการทดลองเปรียบเทียบการเจริญเติบโตในระหว่างช่วงการติดผลในช่วงเวลาที่ต่างกัน โดยกำหนดผลที่มีการติดในช่วงเดือนกันยายนเป็นผลที่ติดต้นฤดู (early season) และกำหนดผลที่มีการติดในช่วงเดือนมกราคมเป็นผลที่ติดในฤดู (on season)

3. วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาการพัฒนาทางสัณฐานวิทยาของผลชาน้ำมัน
วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. เวอร์เนียคาลิเปอร์ ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น 500 – 196 - 20
2. เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR - 10
3. เครื่องชั่งทศนิยมสองตำแหน่ง ยี่ห้อ ADAM รุ่น HCB Series
4. กล้องถ่ายรูปดิจิทัล
5. ป้ายติดผล
6. ดินสอ

วิธีการดำเนินงานวิจัย

สุ่มเลือกต้นชาน้ำมันที่มีการติดผล 2 ช่วงคือช่วงต้นฤดูและช่วงในฤดูจากพื้นที่แปลงปลูกชาน้ำมันบ้านปูนะ อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย ติดป้ายที่ดอกเมื่อดอกบาน จำนวน 10 ต้นต่อช่วงการติดผล ต้นละ 300 - 400 ดอก เพื่อศึกษาอายุของผลตั้งแต่ดอกบาน (day after full bloom)

สุ่มเก็บผลครั้งละ 3 ผลต่อต้น จำนวน 10 ต้น ต่อเดือน จากนั้นนำผลมาเก็บข้อมูลเพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของผลในแต่ละเดือนโดยดูจากค่าต่าง ๆ เพื่อศึกษาตัวบ่งชี้ดัชนีการเก็บเกี่ยว ข้อมูลที่ทำการบันทึกมีดังนี้คือ รูปร่างผล สีผลและเมล็ด ความกว้างผล (เส้นผ่านศูนย์กลาง)

(ชม.) ความยาวผล (สูง) (ชม.) น้ำหนักผล บันทึกค่าที่ได้ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ความแตกต่างทางสถิติ (t - test) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science version 16.0 (SPSS) จากนั้นนำข้อมูลการเจริญเติบโต (น้ำหนัก ความกว้าง และความยาว) ของผลที่ติดช่วงต้นฤดูและในฤดูมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย และปริมาณน้ำฝน โดยใช้วิธีหาความสัมพันธ์ (correlation) และวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (linear regression) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

การทดลองที่ 2 การศึกษาระยะที่เมล็ดเริ่มมีการสะสมแป้งและน้ำมัน

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. เครื่องตัดเนื้อเยื่อพืชแบบตัดสด (Rotary Microtome)
2. คีมคีบ พู่กัน แผ่นสไลด์ กระจกปิดสไลด์ งานแก้วเพาะเชื้อ
3. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง
4. Sudan IV saturated solution (ethanol 70%)
5. Iodine solution 1% (บริษัทแกมมาโต้ (ประเทศไทย) จำกัด)

วิธีการดำเนินงานวิจัย

สุ่มเลือกต้นที่มีการติดผล 2 ช่วงคือช่วงต้นฤดูและช่วงในฤดูจากพื้นที่แปลงปลูกขาน้ำมันบ้านปูนะ อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย ติดป้ายที่ดอกเมื่อดอกบาน เพื่อศึกษาอายุของผลตั้งแต่ดอกบาน จากนั้นสุ่มเก็บผลในทุกระยะ 1 เดือน แล้วนำมาตัดเนื้อเยื่อในเมล็ดศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อศึกษาระยะที่เมล็ดเริ่มมีการสะสมแป้งและน้ำมัน โดยนำเมล็ดขาน้ำมันมาผ่าตามขวางด้วยเครื่องตัดเนื้อเยื่อพืชแบบตัดสด ทำการย้อมสีเซลล์ โดยแช่ใน Sudan IV เป็นเวลา 10 นาที (ประศาสตร์, 2537) แล้วล้างด้วย ethanol 50% ทันทที นำเนื้อเยื่อที่ไว้วางลงบนแผ่นสไลด์ จากนั้นหยด Iodine จำนวน 1 หยด ปิดกระจกปิดสไลด์ ชับน้ำส่วนเกินออก นำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง บันทึกภาพเนื้อเมล็ด (kernel) ผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงเพื่อดูระยะที่เมล็ดเริ่มมีการสะสมแป้งและน้ำมันและบันทึกผล วิเคราะห์ภาพที่ได้ด้วยโปรแกรม ImageJ ซึ่งเป็นโปรแกรมการวิเคราะห์ภาพถ่ายในการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อประเมินคำนวณหาพื้นที่และปริมาณพิกซ์เซล (pixel) ของเม็ดแป้งและหยดน้ำมัน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ความแตกต่างทางสถิติ (t - test) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

การทดลองที่ 3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความชื้น ปริมาณร้อยละของน้ำมันและกรดไขมันในเมล็ดขนาน้ำมัน

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. เครื่องชั่งทศนิยมสองตำแหน่ง ยี่ห้อ ADAM รุ่น PGW 4502i
2. ตู้อบความร้อน ยี่ห้อ JEIOTECH รุ่น OF - 21E (150L)
3. เตาหลุมให้ความร้อน (Heating mantle)
4. ขวดก้นกลม (round bottom flask)
5. Glass Soxhlet Extractor
6. โกร่งบดยา
7. สายยางให้น้ำผ่าน 2 เส้น
8. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) Analogous Ultrasonic Units T 700/H
9. กระดาษกรอง
10. ถ้วยอลูมิเนียม
11. กระดาษทดสอบความเป็นกรด-ด่าง
12. หลอดหยด
13. เครื่อง GC - MS (Asilent 6890GC ต่อกับ Agilent Technologies 5973)
14. น้ำ
15. Sodium sulfate, anhydrous (Na_2SO_4 , anh.) 0.25 กรัม (RCI - Labscan)
16. Methanol (MeOH) (RCI - Labscan)
17. Sodium hydroxide (NaOH) ความเข้มข้น 10% (RCI - Labscan)
18. Sulfuric acid (H_2SO_4) ความเข้มข้น 10% และ 100% (RCI - Labscan)
19. Hexanes (RCI - Labscan)

วิธีการดำเนินงานวิจัย

สุ่มเลือกต้นที่มีการติดผล 2 ช่วงคือช่วงต้นฤดูและช่วงในฤดูจากพื้นที่แปลงปลูกขนาน้ำมันบ้านปูนะ อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย ติดป้ายที่ติดดอกเมื่อดอกบาน เพื่อศึกษาอายุของผลตั้งแต่ดอกบาน โดยเริ่มมีการศึกษาตั้งแต่เดือนที่เริ่มสังเกตเห็นเมล็ดน้ำมัน วัดปริมาณความชื้น ปริมาณร้อยละของน้ำมันในเมล็ดที่มีการเปลี่ยนแปลงไปในทุก 1 เดือน โดยเริ่มเมื่อผลขนาน้ำมันเริ่มมีการสะสมน้ำมัน และศึกษาปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิดเมื่อผลขนาน้ำมันมีอายุ 8 - 10 เดือน

1. การหาปริมาณความชื้นของเมล็ด (สุปรียา และวิไลศรี, 2559)

อบถ้วยอลูมิเนียมในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 ± 2 °ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกมาตั้งพักไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งเมล็ด 10 กรัม ใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียม อบที่อุณหภูมิ 103 ± 2 °ซ เป็น

เวลา 30 นาที จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่แล้วนำออกมาตั้งพักไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก จำนวน 5 กรัม นำข้อมูลที่ได้ไปหาความชื้น (%) ตามสูตร

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100$$

W = น้ำหนักตัวอย่าง

W₁ = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียม

W₂ = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบและน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียม

2. การสกัดหาปริมาณน้ำมันด้วยวิธีการ Soxhlet extraction (ศราวุธ, 2555)

นำเมล็ดจำนวน 10 เมล็ดนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 55 °ซ เป็นเวลา 18 ชั่วโมง แยกเปลือกบดในโกร่งบดยา นำเนื้อเมล็ดที่ได้และขวดก้นกลมไปซังที่เครื่องซังทศนิยมสองตำแหน่ง จดบันทึกน้ำหนัก จากนั้นเท hexane 250 มล. (มิลลิลิตร) ลงในขวดก้นกลม บนเตาหลุม ตั้งความร้อนที่ 60 °ซ ตั้ง Glass Soxhlet Extractor บนขวดก้นกลม ต่อสายยางให้น้ำไหลผ่าน ใส่เนื้อเมล็ดลงในกระดาศกรองแล้วใส่ลงใน Glass Soxhlet Extractor สกัดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำสารละลายที่ได้ไประเหย Hexane ออกในตู้อบลมร้อน รอให้อุณหภูมิปกติ นำขวดก้นกลมที่มีน้ำมันไปซัง จดบันทึก แล้วคำนวณตามสูตร ดังนี้

$$\% \text{ น้ำมัน} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำมันที่สกัดได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างแห้งที่ใช้ (กรัม)}} \times 100$$

3. การทำน้ำมันให้อยู่ในรูปเมทิลเอสเทอร์เพื่อหาปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิด (ธีรพงษ์ และคณะ, 2555)

ชั่งน้ำมันเมล็ดชาน้ำมันที่ได้ 1 กรัม ใส่ในขวด แล้วเติม methanol 1 มล. พักทิ้งไว้ จากนั้นเติม sodium hydroxide ความเข้มข้น 10% 1 มล. และ methanol 1 มล. ลงในขวดที่ 2 นำ sodium hydroxide ความเข้มข้น 10% 1 มล. และ methanol 1 มล. ไปต้มที่อุณหภูมิ 62 °ซ เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเทลงในขวดน้ำมันที่เติม methanol ที่พักไว้แล้วเขย่าให้เข้ากัน นำขวดน้ำมันไปต้มเป็นเวลา 30 นาที และนำออกมาเขย่าทุก ๆ 5 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอัลคาไลไฮโดรไลซิส **ข้อสังเกต** เมื่อทำการเขย่าจะต้องไม่มีชั้นน้ำมัน จะต้องเกิดเป็นสบู่ให้หมด เมื่อเกิดเป็นสบู่แล้ว ทำการเติม sulfuric acid ความเข้มข้น 10% ประมาณ 80 หยด ของหลอดหยด แล้วใช้กระดาศทดสอบความเป็นกรด - ด่าง สีน้ำเงินแต่โดยให้เปลี่ยนสีจาก น้ำเงินเป็นแดง จากนั้นกรดไขมันต่าง ๆ ในน้ำมันจะแยกชั้นอยู่ ชั้นบน แล้วเติม hexane 2 มล. แล้วดูชั้นกรดไขมันด้านบนลงในขวดใหม่ จากนั้นเติม methanol 2 มล. และ หยด sulfuric acid ความเข้มข้น 100% 5 หยด นำไปต้ม 15 นาที ซึ่งสารละลายจะขุ่น แล้วทำการเติม hexane ประมาณ 2 มล. เขย่า วางให้แยกชั้น เติมน้ำ 3 มล. เขย่า ปล่อยให้แยกชั้นดูชั้นบนมาหลอดใหม่และเติมน้ำอีก 3 มล. เขย่า ปล่อยให้แยกชั้น ดูมา

ใส่หลอดใหม่อีกครั้ง เติม sodium sulfate, anhydrous 0.25 กรัม จำนวน 1 ซ้อน เทใส่ขวดวัดปริมาตร นำไปต้มเพื่อระเหย hexane เป็นเวลา 15 นาที ชั่งน้ำหนัก เทใส่ขวดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ - 20 °ซ จากนั้นเติม hexane ให้ถึง 5 มล. เพื่อวิเคราะห์เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน โดย GC-MS โดยวิธีการ GC-MS (1 ไมโครลิตร อุณหภูมิ 220 °ซ split mode 150: 1) โดยใช้ column HP-5 MS Agilent (0.25 mm × 30 m × 0.25 μ m) อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 1 มิลลิลิตร/นาที เป็นเวลา 30 นาที หาชนิดและปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิด โดยเทียบกับ retention time และ mass spectra ของตัวอย่างและสารมาตรฐาน fatty acid methyl esters (Aldrich, England) คำนวณปริมาณกรดไขมันในหน่วยกรัมต่อ 100 กรัม (%w/w)

บันทึกและคำนวณหาความชื้นของเมล็ด ปริมาณร้อยละของน้ำมัน ตั้งแต่เริ่มพบการสะสมน้ำมันและปริมาณของกรดไขมันแต่ละชนิดในแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนที่ 8 - 10 เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือนจนกระทั่งเก็บเกี่ยว จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ความแตกต่างทางสถิติ (t - test) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS



บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์

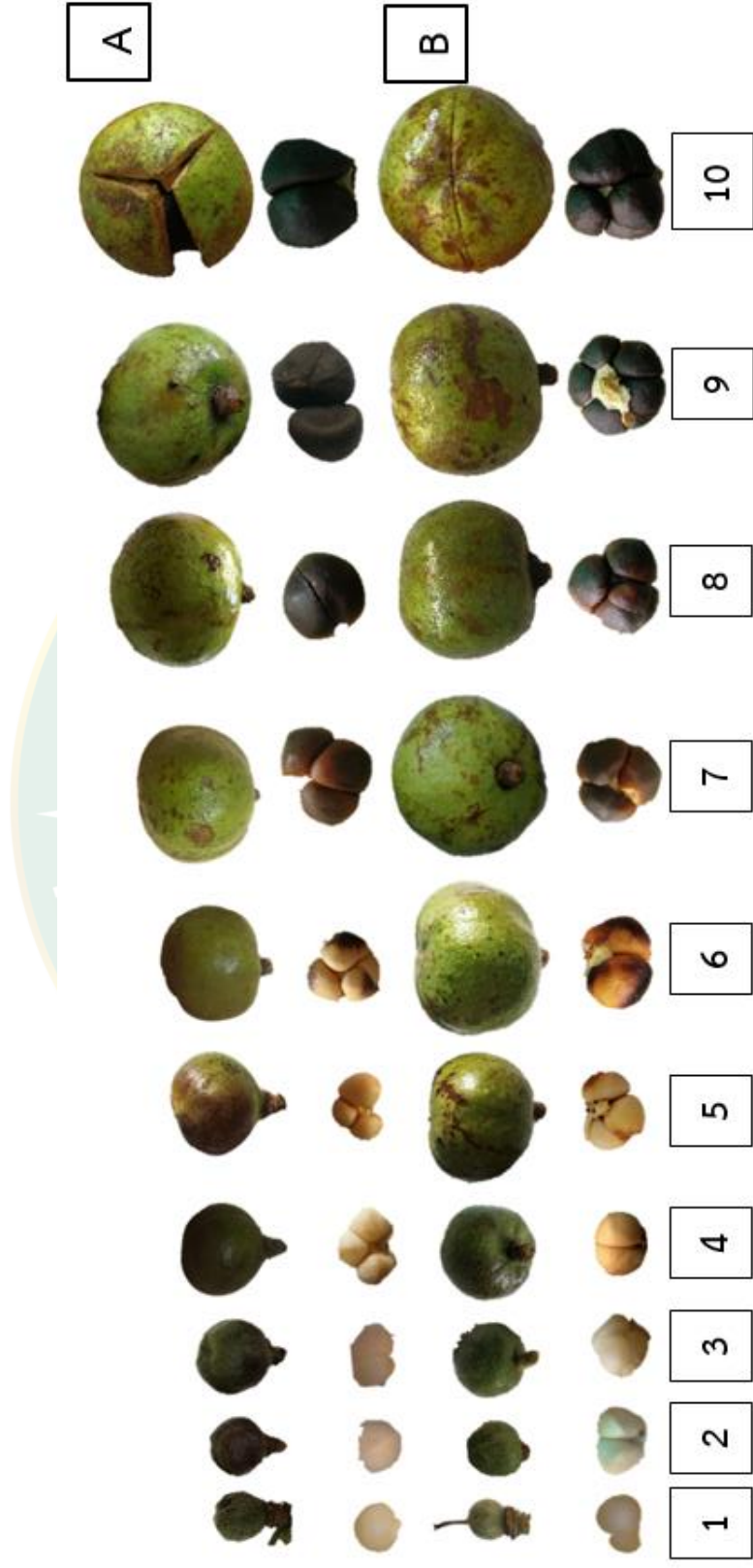
ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาการพัฒนาทางสัณฐานวิทยาของผลชาน้ำมันดอกขาว

ศึกษาพัฒนาการทางสัณฐานวิทยาของผลชาน้ำมันที่ติดผลในช่วงที่ต่างกันคือ ช่วงต้นฤดูและในฤดู บนพื้นที่แปลงปลูกชาน้ำมันบ้านปุนะ อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย ผลการศึกษาดังนี้

1.1 พัฒนาการทางสัณฐานวิทยาของผลชาน้ำมัน

ผลชาน้ำมันจัดเป็นผลเดี่ยว (Simple fruit) เป็นผลที่เกิดจากดอกเดี่ยว ซึ่งมีรังไข่อันเดียว (Simple pistil) รังไข่มีหลายห้อง (Carpel) ผลชาน้ำมันจัดอยู่ในกลุ่มผลแห้งแข็งที่แก่แล้วแตก (Dehiscent dry fruit) เมื่อแก่จัดเต็มที่แล้ว เนื้อของผลจะแห้งแตกแยกจากกัน เป็นผลแห้งที่เกิดจากรังไข่ที่มีห้องภายในตั้งแต่ 2 carpel ขึ้นไป (capsule) มีลักษณะการแตกของผลเป็นลักษณะ ผลแตกตามแนวกึ่งกลางของ carpel (loculicidal capsule)

การพัฒนาของผลชาน้ำมัน มีรูปแบบการเจริญเติบโตไปในทิศทางเดียวกัน คือแบบ simple sigmoid curve (ภาพที่ 6) การพัฒนาทางสัณฐานวิทยาของผลชาน้ำมันที่ติดผลต่างกันทั้งสองช่วงซึ่งมีสภาพภูมิอากาศในระหว่างการพัฒนาของผลที่ต่างกัน พบว่ารูปแบบการพัฒนาทางสัณฐานวิทยาไม่มีความแตกต่างกัน ผลที่ติดในสองฤดูในช่วงอายุผล 1 และ 2 เดือน มีรูปร่างผลแบบ Spheriod มีลักษณะคล้ายรูปทรงกลม แต่มีความยาวด้านยาวมากกว่าด้านกว้าง คล้ายกับรูปไข่วางนอน มีขนอ่อนสีขาวขึ้นปกคลุมหนาแน่นและพบก้านเกสรเพศเมียสีน้ำตาลติดอยู่บริเวณก้นผล เมื่อเริ่มมีอายุได้ 3 เดือนจึงมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นแบบ Oblate ลักษณะทรงคล้ายทรงกลมแบนข้าง ก้านเกสรเพศเมียสีน้ำตาลร่วงหลุดจากก้นผล ขนอ่อนสีขาวค่อยๆ ลดจำนวนลงไปจนถึงกระทั่งช่วงเก็บเกี่ยว ผลของชาน้ำมันมีการเจริญเติบโตคล้ายกันในช่วงเดือนที่ 1 - 5 หลังจากนั้นจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งถึงเดือนที่ 10 สีเปลือกอยู่ในช่วงกลุ่ม Yellow green group ในช่วงแรกสีของผลเป็นสีเขียวเข้มและอ่อนลงเมื่อมีอายุผลเพิ่มขึ้น สีของเมล็ดอยู่ในกลุ่ม Yellow white group เมล็ดมีสีขาวถึงขาวครีมตั้งแต่อายุผล 1 - 5 เดือน หลังจากนั้นจึงมีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นจนถึงดำเข้มตั้งแต่เดือนที่ 7 - 10 จัดอยู่ในกลุ่มสี Brown group โดยชาน้ำมันเป็นผลแห้งชนิดแตกได้ (loculicidal capsule) เมื่อมีอายุผลได้ 10 เดือน มีรอยปริแตกตามก้นผล (ภาพที่ 5)



อายุ (เดือน)

ภาพที่ 5 การพัฒนารูปร่าง สีผลและสีเมล็ดของผลขาน้ำมันทั้งสองฤดู A ต้นฤดู และ B ในฤดู อายุ 1 – 10 เดือน

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการของผลชาνάมัน

| Season | Months | Morphological characteristics | | | | | | |
|--------|--------|-------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|
| | | after fullbloom | Shape of fruit | Colour of fruit | Colour of seed | Weight of fruit (g) | Diameter of fruit (mm) | Length of fruit (mm) |
| Early | 1 | | Spheriod | MYG | GW | 1.28* | 13.07* | 11.46* |
| | On | 1 | Spheriod | MOG and MYG | GW | 0.75 | 10.75 | 10.00 |
| Early | 2 | | Spheriod | SYG and MYG | PYG | 1.61 | 14.33 | 13.02 |
| | On | 2 | Spheriod | MOG and MYG | PYG | 2.11 | 15.03 | 14.43 |
| Early | 3 | | Oblate | SYG and MYG | PY | 5.16 | 21.38 | 16.15 |
| | On | 3 | Oblate | MOG and SYG | PY | 4.49 | 20.72 | 16.72 |
| Early | 4 | | Oblate | SYG | PY and YW | 7.67 | 24.89 | 20.71 |
| | On | 4 | Oblate | MOG | PY and YW | 7.74 | 24.76 | 21.52 |
| Early | 5 | | Oblate | SYG | PY and LOY | 9.49 | 27.01 | 24.14 |
| | On | 5 | Oblate | SYG | PY and LOY | 21.31** | 36.67** | 31.02** |
| Early | 6 | | Oblate | SYG | PYGRB | 14.14 | 31.01 | 27.98 |
| | On | 6 | Oblate | SYG | PYGRB | 34.59** | 42.07** | 34.92** |
| Early | 7 | | Oblate | SYG | DGRB | 20.06 | 35.63 | 30.98 |
| | On | 7 | Oblate | SYG | DGRB | 34.71** | 42.57** | 35.77** |
| Early | 8 | | Oblate | SYG | DGYB | 28.62 | 40.28 | 32.86 |
| | On | 8 | Oblate | SYG | DGRB | 36.77** | 42.61 | 38.19** |
| Early | 9 | | Oblate | SYG | DGYB | 37.56 | 43.43 | 38.04 |
| | On | 9 | Oblate | SYG | DGYB | 44.23** | 45.32 | 38.83 |
| Early | 10 | | Oblate | SYG | DGYB | 38.01 | 43.59 | 38.35 |
| | On | 10 | Oblate | SYG | DGYB | 45.89** | 49.84** | 39.96 |
| S.E. ± | | - | - | - | 0.50 | 0.70 | 0.65 | |

Notation : Mean with in the column with difference between the two seasons

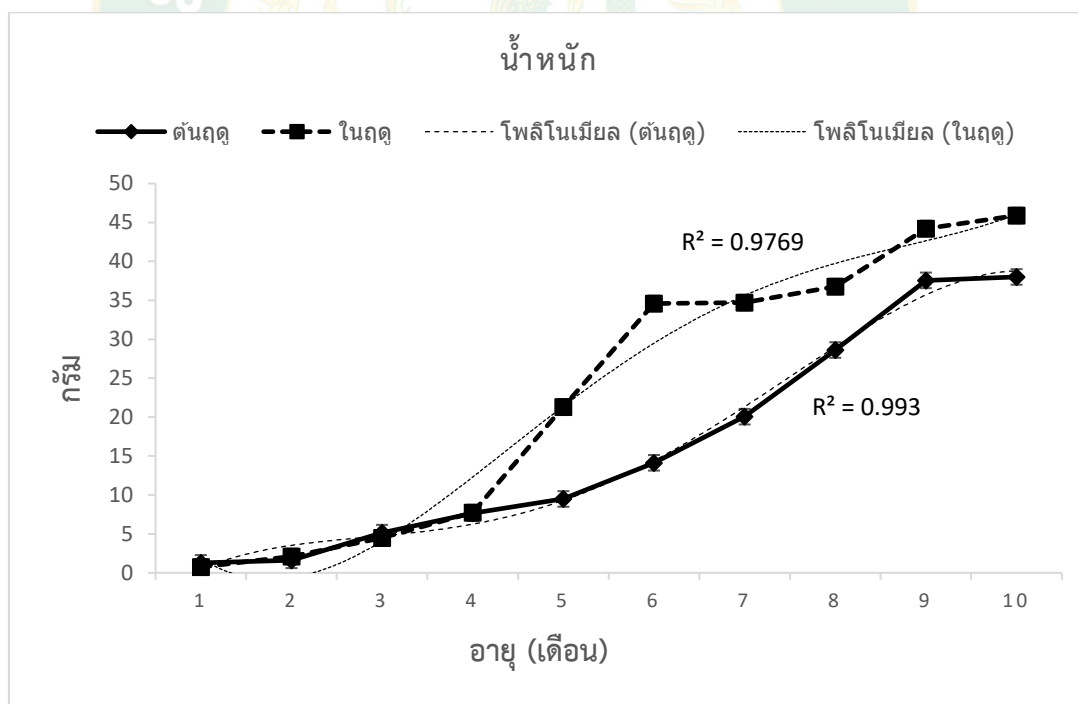
***significant at p <0.05 and <0.01' respectively.

Abbreviation of color names : Moderate yellow green (MYG), Moderate olive green (MOG), Strong yellow green (SYG), Greenish white (GW), Pale yellow green (PYG), Pale yellow (PY), Yellowish white (YW), Light orange yellow (LOY), Pale yellow with Greyish reddish brown (PYGRB), Dark greyish reddish brown (DGRB) and Dark greyish yellowish brown (DGYB).

จากการศึกษาการเจริญของผลชาน้ำมันที่ติดผลต่างฤดูกัน พบว่ามีความแตกต่างกันในช่วงแรก (อายุ 1 เดือน) คือ ผลที่ติดต้นฤดูมีการเจริญทางด้านน้ำหนัก ความกว้างผลและความยาวผลเร็วกว่า จากนั้นจึงมีความแตกต่างกันในช่วงหลัง (อายุ 5 เดือนขึ้นไป) อีกครั้งคือผลที่ติดในฤดูมีการเจริญตามที่กล่าวไว้ข้างต้นรวดเร็วกว่าผลที่ติดต้นฤดูจนกระทั่งถึงอายุเก็บเกี่ยว ข้อมูลแสดงการเจริญเติบโตดังตารางที่ 1

1.1.1 น้ำหนักของผล

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผลชาน้ำมันจากน้ำหนักผลที่ติดผลต้นฤดูและผลที่ติดในฤดูทุกหนึ่งเดือน (ตารางที่ 1) พบว่ามีความแตกต่างกันในสองช่วงคือในช่วงเดือนที่ 1 ผลชาน้ำมันที่ติดต้นฤดูมีน้ำหนักมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับผลที่ติดในฤดูซึ่งมีน้ำหนักเท่ากับ 1.28 กรัม เมื่อผลชาน้ำมันเจริญเข้าสู่ช่วงเดือนที่ 2 - 4 นั้นพบว่า น้ำหนักผลทั้งสองฤดูไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อผลมีอายุตั้งแต่ช่วงเดือนที่ 5 - 10 ผลของชาน้ำมันที่ติดผลในฤดูจะมีน้ำหนักมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.05$) กับผลที่ติดต้นฤดู ซึ่งมีน้ำหนักเท่ากับ 21.31, 34.59, 34.71, 36.77, 44.23 และ 45.89 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 1)



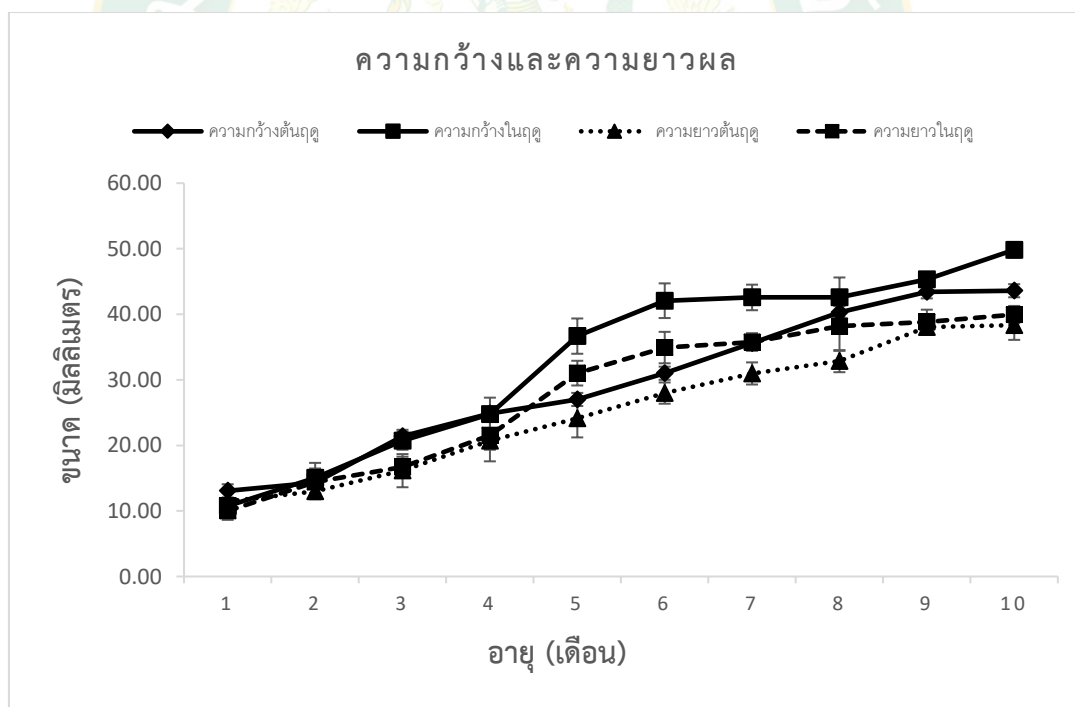
ภาพที่ 6 แสดงน้ำหนักผลชาน้ำมันที่ติดผลต้นฤดูและในฤดู ทุกกระยะ 1 เดือน แถบคลาดเคลื่อนแสดงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($n = 9$)

1.1.2 ความกว้างผล

การเจริญเติบโตของผลจากความกว้างผล พบว่าในเดือนที่ 1 ผลชาน้ำมันที่ติดต้นฤดูมีความกว้างผลมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับผลที่ติดในฤดู ซึ่งเท่ากับ 13.07 มิลลิเมตร และตั้งแต่ช่วงเดือนที่ 5, 6, 7 และ 10 ผลของชาน้ำมันที่ติดผลในฤดูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผลมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับผลที่ติดต้นฤดู (ภาพที่ 7) ซึ่งเท่ากับ 36.67, 42.07, 42.57 และ 49.84 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

1.1.3 ความยาวผล

การเจริญด้านความยาวผล พบว่าในเดือนที่ 1 ผลชาน้ำมันที่ติดต้นฤดูมีความยาวผลมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับผลที่ติดในฤดู ซึ่งเท่ากับ 11.46 มิลลิเมตร และตั้งแต่ช่วงเดือนที่ 5 - 8 ผลของชาน้ำมันที่ติดผลในฤดูมีความยาวผลมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับผลที่ติดต้นฤดู (ภาพที่ 7) ซึ่งเท่ากับ 31.02, 34.92, 35.77 และ 38.19 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 7 แสดงความกว้างและความยาวผลชาน้ำมันที่ติดผลต้นฤดูและในฤดู ทุกระยะ 1 เดือน แถบคลาดเคลื่อนแสดงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($n = 9$)

1.2 ความสัมพันธ์ของสภาพภูมิอากาศกับการพัฒนาผลชาน้ำมันที่ติดผลในช่วงเวลาที่ต่างกัน

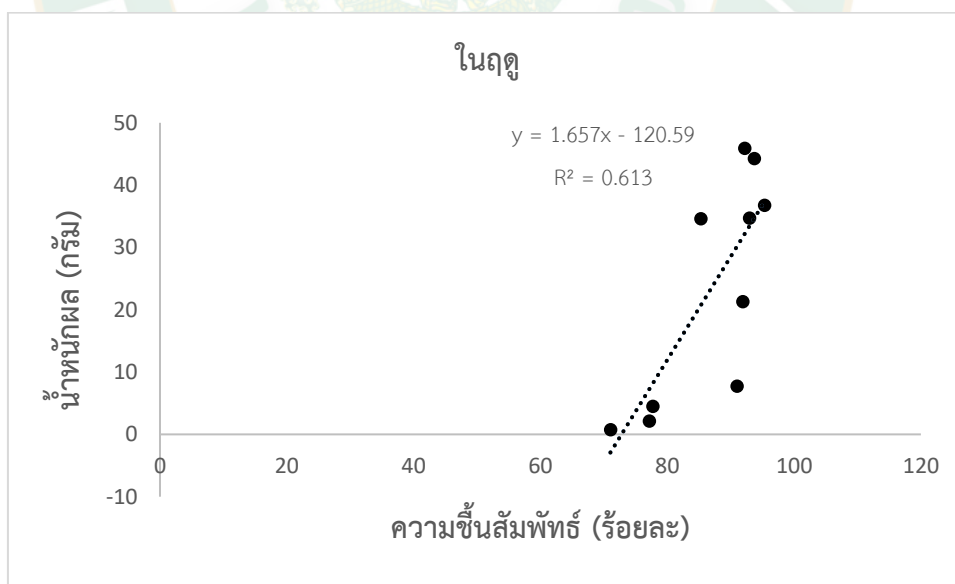
1.2.1 น้ำหนักผล

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย และปริมาณน้ำฝน กับการเจริญของน้ำหนักผลชาน้ำมันที่ติดผลในช่วงต้นฤดูและในฤดู พบว่า น้ำหนักผลในฤดูกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยมีค่าสหสัมพันธ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง (ตารางภาคผนวกที่ 19) คือน้ำหนักผลในฤดูแปรผันตามความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเพิ่มขึ้น มีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 8) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.783 ($p < 0.01$) จากการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี linear regression ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยมีอิทธิพลต่อการเจริญของน้ำหนักผลในฤดู จากค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยคงที่ (b_0) = (- 120.59) และมีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยของความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (b_1) = 1.657 สมการความถดถอยเชิงเส้นความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยกับการเจริญของน้ำหนักผลในฤดูคือ

$$\text{ในฤดู } y = 1.657x - 120.59$$

$$R^2 = 0.613$$

แสดงว่าเมื่อความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1% ทำให้มีการเจริญของน้ำหนักผลที่ติดในฤดูเพิ่มขึ้น 1.66 กรัม ที่มีความเป็นไปได้ 61.32%



ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยกับการเจริญของน้ำหนักผลชาน้ำมันที่ติดผลในฤดู

1.2.2 ความกว้างผล

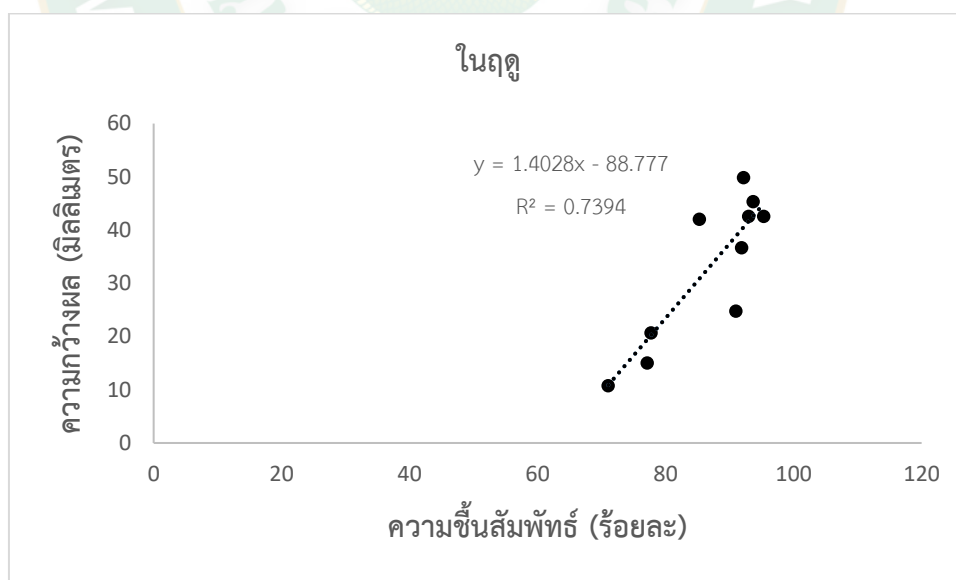
จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศกับการเจริญของความกว้างผลขนาน้ำมันที่ติดผลช่วงต้นฤดูและในฤดู พบว่า ความกว้างผลในฤดูมีค่าสหสัมพันธ์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่งกับความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ย (ตารางภาคผนวกที่ 21) ความกว้างผลต้นฤดูและในฤดูมีค่าสหสัมพันธ์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณน้ำฝน (ตารางภาคผนวกที่ 25 และ 27 ตามลำดับ)

ความกว้างผลในฤดูแปรผันตามความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ย ความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นมีการเจริญของความกว้างผลในฤดูเพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 9) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.860 ($p < 0.01$) ความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ยมีอิทธิพลต่อการเจริญของความกว้างผลในฤดู จากค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยคงที่ (b_0) = (- 88.777) และมีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยของความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ย (b_1) = 1.403 สมการความถดถอยเชิงเส้นความสัมพันธ์ระหว่างความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ยกับการเจริญของความกว้างผลในฤดูคือ

$$\text{ในฤดู } y = 1.403x - 88.777$$

$$R^2 = 0.739$$

แสดงว่าเมื่อความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1% ทำให้มีการเจริญของความกว้างผลในฤดูเพิ่มขึ้น 1.403 มม. ตามลำดับ ที่มีความเป็นไปได้ 73.94%



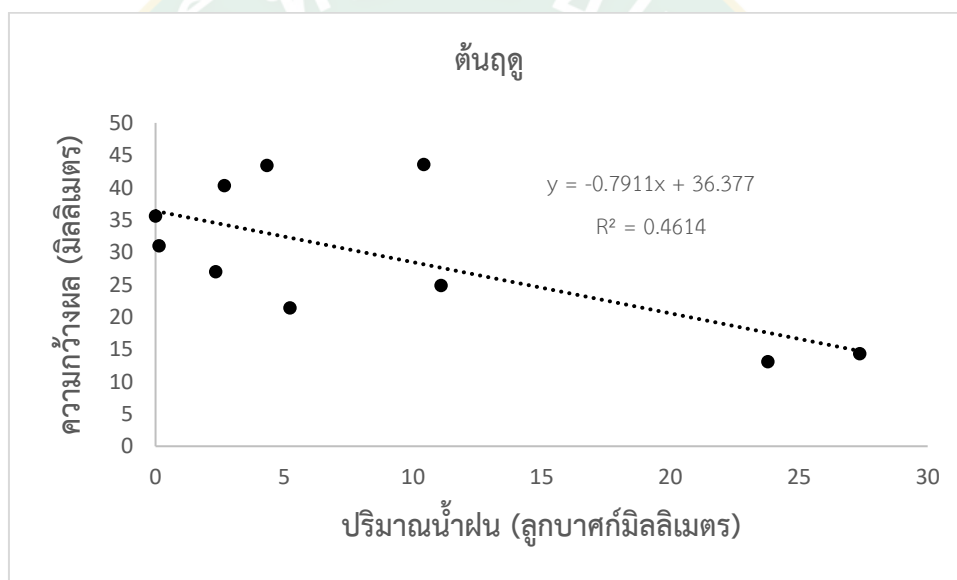
ภาพที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ของความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ยกับการเจริญของความกว้างผลขนาน้ำมันที่ติดผลในฤดู

ความกว้างผลต้นฤดูแปรผกผันกับปริมาณน้ำฝน เมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นมีการเจริญของความกว้างผลต้นฤดูลดลง (ภาพที่ 10) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.679 ($p < 0.05$) ปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อการเจริญของความกว้างผลต้นฤดู จากค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยคงที่ (b_0) = 36.377 และมีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยของปริมาณน้ำฝน (b_1) = (-0.791) สมการความถดถอยเชิงเส้นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับการเจริญของความกว้างผลต้นฤดูคือ

$$\text{ต้นฤดู } y = -0.791x + 36.377$$

$$R^2 = 0.461$$

แสดงว่าเมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น 1% ทำให้มีการเจริญของความกว้างผลที่ติดต้นฤดูลดลง 0.791 กรัม ที่มีความเป็นไปได้ 46.14%



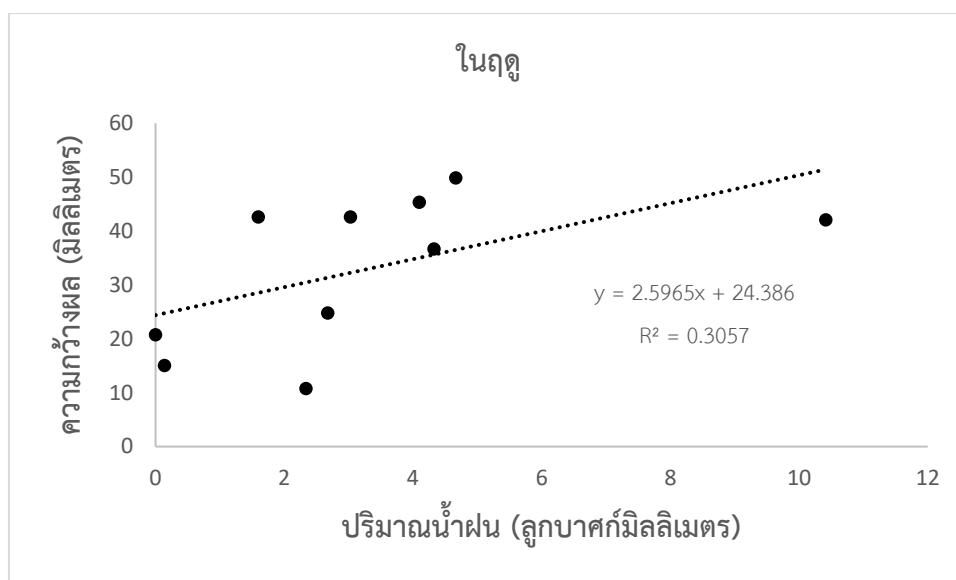
ภาพที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับการเจริญของความกว้างผลชาบน้ำมันที่ติดผลต้นฤดู

ความกว้างผลในฤดูแปรผันตามปริมาณน้ำฝน เมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นมีการเจริญของความกว้างผลในฤดูเพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 11) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.553 ($p < 0.05$) ปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อการเจริญของความกว้างผลในฤดู จากค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยคงที่ (b_0) = 2.597 และมีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยของปริมาณน้ำฝน (b_1) = 24.386 สมการความถดถอยเชิงเส้นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับการเจริญของความกว้างผลในฤดูคือ

$$\text{ในฤดู } y = 2.597x + 24.386$$

$$R^2 = 0.306$$

แสดงว่าเมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น 1% ทำให้มีการเจริญของความกว้างผลที่ติดในฤดูเพิ่มขึ้น 2.597 กรัม ที่มีความเป็นไปได้ 30.57%



ภาพที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับการเจริญของความกว้างผลชาน้ำมันที่ติดผลในฤดู

1.2.3 ความยาวผล

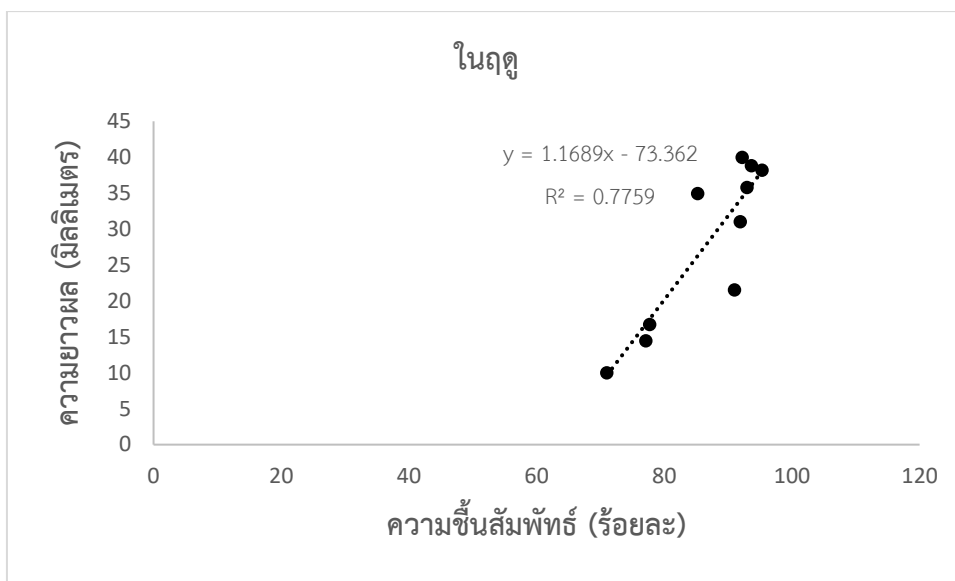
จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศกับการเจริญของความยาวผลชาน้ำมันที่ติดผลในช่วงต้นฤดูและในฤดู พบว่า ความยาวผลในฤดูมีค่าสหสัมพันธ์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (ตารางภาคผนวกที่ 23) ความยาวผลต้นฤดูมีค่าสหสัมพันธ์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณน้ำฝน (ตารางภาคผนวกที่ 29)

ความยาวผลในฤดูแปรผันตามความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย โดยเมื่อความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นมีการเจริญของความยาวผลในฤดูเพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 12) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.880 ($p < 0.01$) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยมีอิทธิพลต่อการเจริญของความยาวผลในฤดู จากค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยคงที่ (b_0) = (-73.362) และมีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยของความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (b_1) = 1.169 สมการความถดถอยเชิงเส้นความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยกับการเจริญของความยาวผลในฤดูคือ

$$\text{ในฤดู } y = 1.169x - 73.362$$

$$R^2 = 0.776$$

แสดงว่าเมื่อความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1% ทำให้มีการเจริญของความยาวผลในฤดูเพิ่มขึ้น 1.169% ที่มีความเป็นไปได้ 77.59%



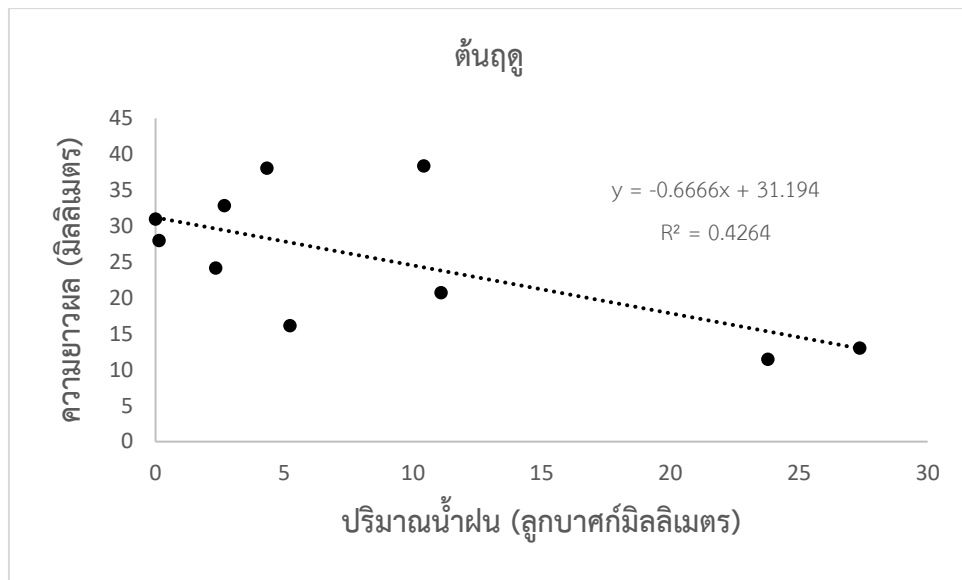
ภาพที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยกับการเจริญของความยาวผลชาน้ำมันที่ติดผลในฤดู

ความยาวผลต้นฤดูแปรผกผันกับปริมาณน้ำฝน โดยเมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นมีการเจริญของความยาวผลต้นฤดูลดลง (ภาพที่ 13) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ -0.653 ($p < 0.05$) ปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อการเจริญของความยาวผลต้นฤดู จากค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยคงที่ (b_0) = 31.194 และมีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยของปริมาณน้ำฝน (b_1) = -0.667 สมการความถดถอยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับการเจริญของความยาวผลต้นฤดูคือ

$$\text{ต้นฤดู } y = -0.667x + 31.194$$

$$R^2 = 0.426$$

แสดงว่าเมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น 1% ทำให้มีการเจริญของความยาวผลต้นฤดูลดลง 0.667% ตามลำดับ ที่มีความเป็นไปได้ 42.64%



ภาพที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับการเจริญของความยาวผลชาน้ำมันที่ติดผลต้นฤดู



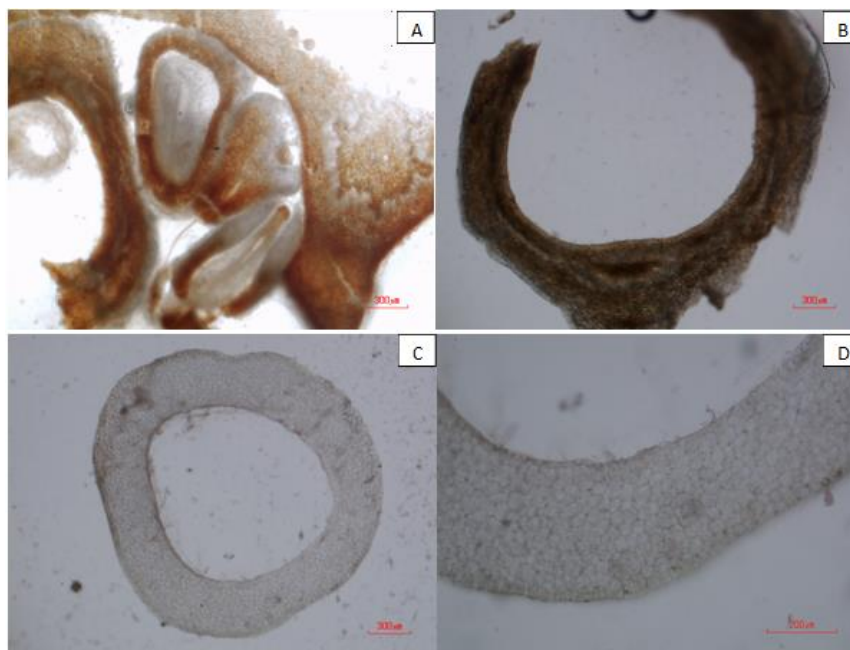
ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาระยะที่เมล็ดเริ่มมีการสะสมแป้งและน้ำมัน

สุ่มเก็บผลในทุกระยะ 1 เดือน ตัดเนื้อเยื่อในเมล็ดขาน้ำมันตามขวางด้วยเครื่องตัดเนื้อเยื่อพืชแบบตัดสด จากนั้นทำการย้อมสีเซลล์ โดย Sudan IV และ Iodine นำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง บันทึกภาพเนื้อเมล็ด (kernel) ผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงเพื่อดูระยะที่เมล็ดเริ่มมีการสะสมแป้งและน้ำมัน ผลการศึกษาดังนี้

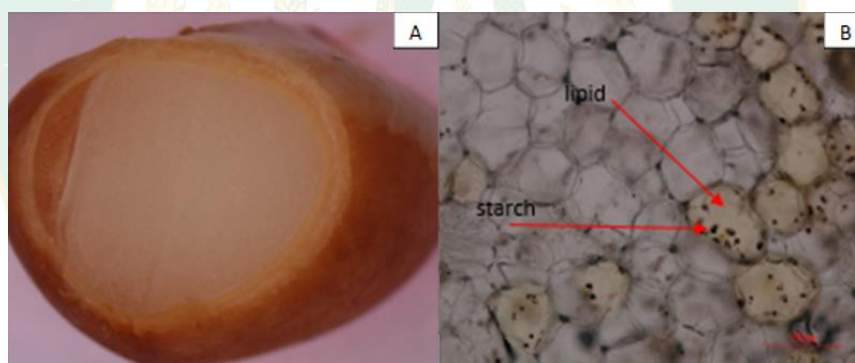
การศึกษากการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ในเมล็ดขาน้ำมันที่ติดผลในช่วงฤดูที่ต่างกัน การพัฒนาของเมล็ดขาน้ำมันของผลต้นฤดูและในฤดูพบว่า เมื่อผลมีอายุ 1 เดือน เมล็ดจะเริ่มเป็นเมล็ดสีขาวใส (ภาพที่ 14A) และเปลี่ยนเป็นสีขาวขุ่นในเดือนที่ 2 (ภาพที่ 14B) เมื่อถึงเดือนที่ 2 เริ่มพบว่าการแทงของเมล็ด และมีการพัฒนาของเมล็ดเป็นเมล็ดใหญ่กับเมล็ดลีบเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในเดือนที่ 3 (ภาพที่ 14C - D) ลักษณะของเนื้อเมล็ดและเปลือกหุ้มเมล็ด (ภาพที่ 15A - B) ลักษณะภายในเมล็ดนั้นยังคงเป็นวุ้นเหลวบริเวณกลางเมล็ด (liquid endosperm) มีการพัฒนาเนื้อเมล็ดจากภายนอกสู่ภายใน (ภาพที่ 15C - D) เมื่อเมล็ดขาน้ำมันอายุ 5 เดือน แสดงเนื้อเมล็ดสีขาวขุ่นเต็มเมล็ด (solid endosperm) (ภาพที่ 16A) ภาพที่ 16B แสดงลักษณะการติดสีย้อมแป้งไขมันและแป้งในอายุ 7 เดือน โดยเม็ดแป้งติดสีดำจาก Iodine และหยดน้ำมันติดสีเหลืองจาก Sudan IV



ภาพที่ 14 แสดงลักษณะการพัฒนาของเมล็ดขาน้ำมัน 14A อายุ 1 เดือน 14B อายุ 2 เดือน 14C - D อายุ 3 เดือน แสดงการเจริญของเมล็ดที่มีขนาดใหญ่เพิ่มขึ้น (14C) และเมล็ดที่มีการแทง (14D)



ภาพที่ 15 แสดงภาพตัดขวางของเมล็ดชาน้ำมัน 15A ลักษณะเมล็ดภายในผล 15B เปลือกหุ้มเมล็ด 15C - D เนื้อเมล็ดชาน้ำมัน



ภาพที่ 16 แสดงภาพตัดขวางของเมล็ดชาน้ำมัน 16A แสดงเนื้อเมล็ดในระยะเวลา 5 เดือน 16B ไขมันและแป้งในอายุ 7 เดือน

จากภาพตัดขวางเนื้อเมล็ดชาน้ำมันที่ติดผลช่วงต้นฤดูและในฤดู (ภาพที่ 17 และ 18) แสดงภาพเซลล์เนื้อเยื่อภายในเมล็ด ภาพที่ 17 แสดงภาพตัดขวางของเมล็ดชาน้ำมันที่ติดผลช่วงต้นฤดู (ตัวพิมพ์เล็ก) และในฤดู (ตัวพิมพ์ใหญ่) a - d และ A - D อายุ 3 - 6 เดือน ตามลำดับ และภาพที่ 18 แสดงภาพตัดขวางของเมล็ดชาน้ำมันที่ติดผลช่วงต้นฤดู (ตัวพิมพ์เล็ก) และในฤดู (ตัวพิมพ์ใหญ่) e - h และ E - H อายุ 7 - 10 เดือน ตามลำดับ จากภาพ 17 ที่อายุผลชาน้ำมัน 3 - 5 เดือน ไม่พบการสะสมแป้งและไขมันในเนื้อเมล็ด จากภาพ 17 d และ D ภาพตัดขวางเนื้อเยื่อผลชาน้ำมันที่มีอายุ 6

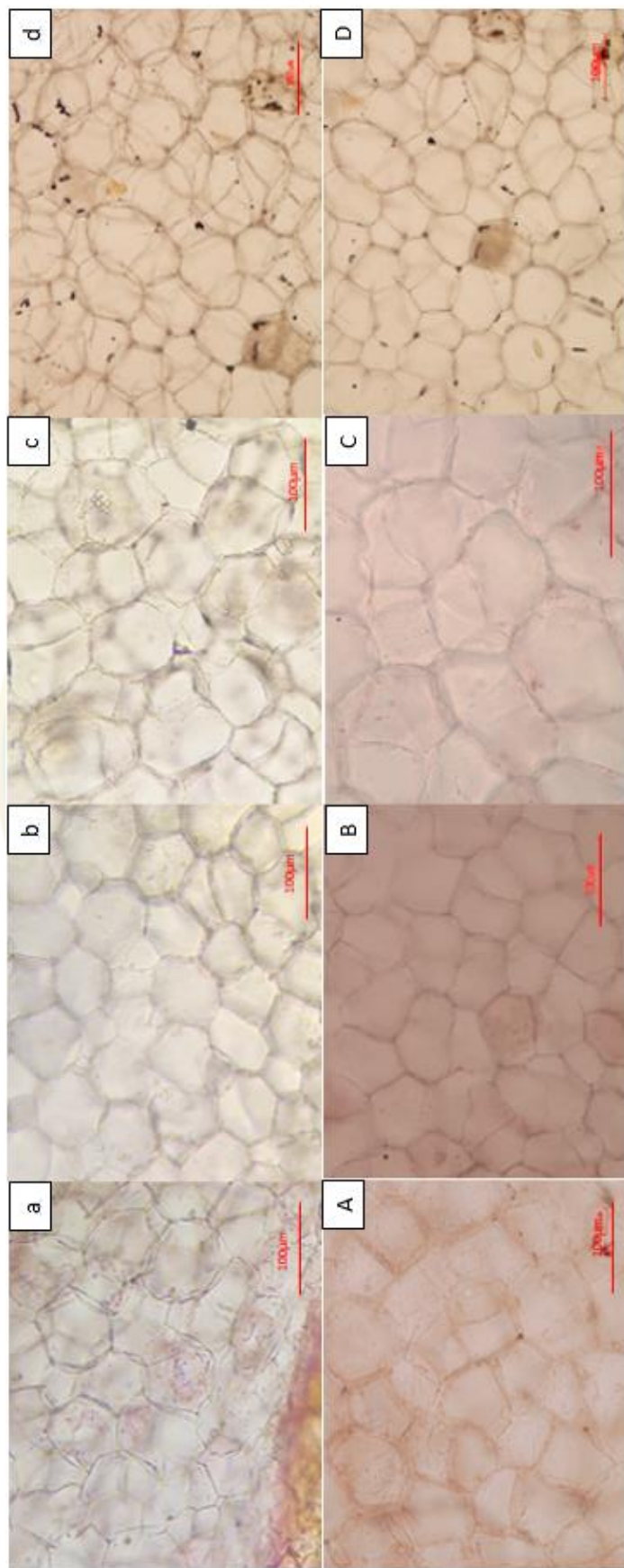
เดือน แสดงให้เห็นว่าเมล็ดขาน้ำมันเริ่มมีการสะสมแป้งและน้ำมัน และมีการสะสมแป้งและน้ำมันมากขึ้น (ภาพที่ 18) จนกระทั่งมีปริมาณมากที่สุดเมื่อผลขาน้ำมันมีอายุ 10 เดือน

จากการประเมินความแตกต่างจากพื้นที่การติดสี การสะสมแป้งและน้ำมันภายในเมล็ดของทั้งสองฤดูมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) เมล็ดที่ติดผลต้นฤดูมีการสะสมเม็ดแป้งในเดือนที่ 6, 8 และ 9 มากกว่าเมล็ดที่ติดในฤดูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง คิดพื้นที่ติดสีต่อพื้นที่ (pixel) เป็นปริมาณร้อยละ 0.57, 14.54 และ 44.34 ตามลำดับ แต่พบว่า เมล็ดที่ติดผลในฤดูมีการสะสมเม็ดแป้งในเดือนที่ 7 และ 10 มากกว่าเมล็ดที่ติดต้นฤดูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่งและมีนัยสำคัญทางสถิติเป็นปริมาณร้อยละ 5.16 และ 57.99 ตามลำดับ การสะสมหยดน้ำมันของผลขาน้ำมันที่ติดผลทั้งสองช่วง เมล็ดของขาน้ำมันที่ติดผลต้นฤดูมีการสะสมหยดน้ำมันมากกว่าเมล็ดที่ติดในฤดูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนที่ 6, 7, 10 และมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่งในเดือนที่ 9 คิดเป็นปริมาณร้อยละ 6.35, 38.25, 94.36 และ 91.78 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

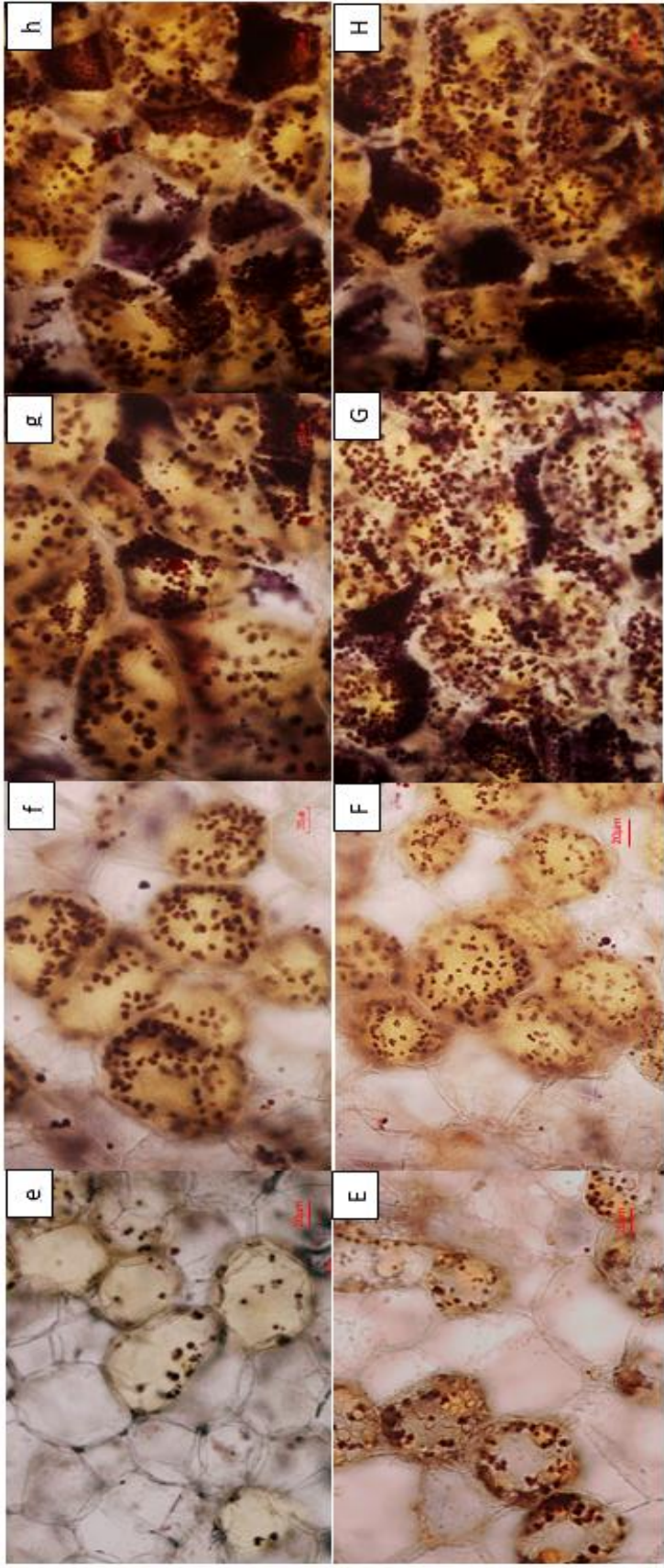
ตารางที่ 2 การสะสมเม็ดแป้งและหยดน้ำมันในเมล็ดขาน้ำมันที่ติดผลในช่วงต้นฤดูและในฤดู ตั้งแต่ อายุ 6 - 10 เดือน

| ฤดูกาล | อายุ (เดือน) | ปริมาณเซลล์/พื้นที่ | | | |
|--------|-----------------|---------------------------|------------|----------------------------|-------------|
| | | ปริมาณเม็ดแป้ง (pixel) | % เม็ดแป้ง | ปริมาณหยดน้ำมัน (pixel) | % หยดน้ำมัน |
| ต้นฤดู | 6 | 1,802.48 | 0.57** | 20,090.77 | 6.35* |
| ในฤดู | 6 | 1,502.06 | 0.48 | 15,168.21 | 4.80 |
| ต้นฤดู | 7 | 14,293.32 | 4.52 | 120,955.68 | 38.25* |
| ในฤดู | 7 | 16,325.06 | 5.16** | 98,524.86 | 31.16 |
| ต้นฤดู | 8 | 45,994.78 | 14.54** | 170,181.22 | 53.82 |
| ในฤดู | 8 | 40,713.84 | 12.88 | 162,391.56 | 51.35 |
| ต้นฤดู | 9 | 140,220.05 | 44.34** | 290,240.93 | 91.78** |
| ในฤดู | 9 | 132,157.92 | 41.79 | 261,327.51 | 82.64 |
| ต้นฤดู | 10 | 180,864.32 | 57.20 | 298,399.51 | 94.36* |
| ในฤดู | 10 | 183,378.30 | 57.99* | 294,836.72 | 93.24 |

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีความแตกต่างระหว่างสองฤดูกาล *** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ (n=3)



ภาพที่ 17 แสดงภาพตัดขวางของเมล็ดขาน้ำเงินที่ติดผลในช่วงต้นฤดู (ตัวพิมพ์เล็ก) และในฤดู (ตัวพิมพ์ใหญ่) a - d และ A - D อายุ 3 - 6 เดือน ตามลำดับ



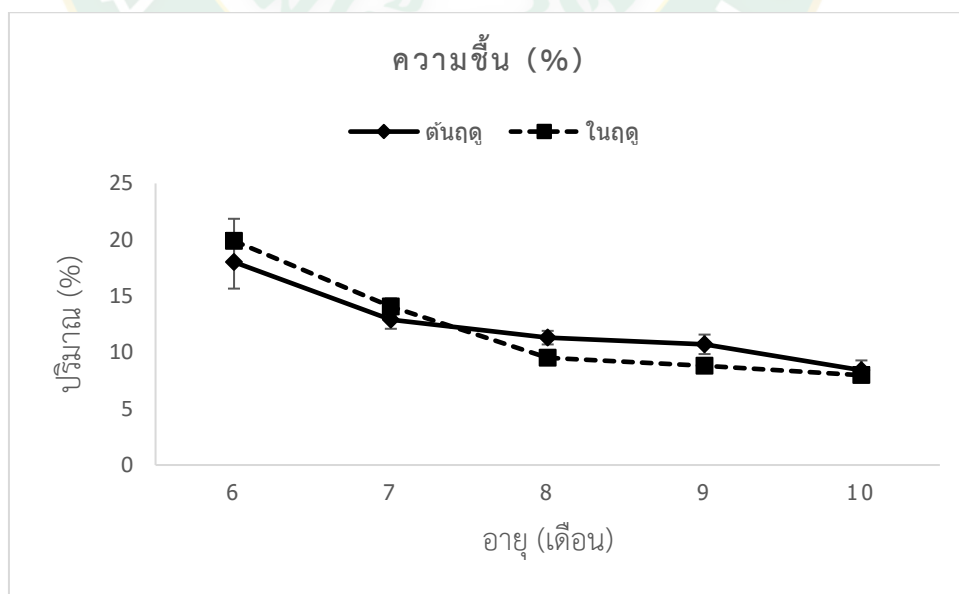
ภาพที่ 18 แสดงภาพตัดขวางของเมล็ดขาน้ำมันที่ติดผลช่วงต้นฤดู (ตัวพิมพ์เล็ก) และในฤดู (ตัวพิมพ์ใหญ่) e - h และ E - H อายุ 7 - 10 เดือน ตามลำดับ

ผลการทดลองที่ 3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความชื้น ปริมาณร้อยละของน้ำมันและกรดไขมันในเมล็ดชาน้ำมัน

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความชื้น ปริมาณร้อยละของน้ำมันและกรดไขมันในเมล็ดชาน้ำมัน โดยเริ่มมีการศึกษาตั้งแต่เดือนที่เริ่มสังเกตเห็นหยดน้ำมัน ทำการวัดปริมาณความชื้น ปริมาณร้อยละของน้ำมันในเมล็ดที่มีการเปลี่ยนแปลงไปในทุก 1 เดือน โดยเริ่มเมื่อผลชาน้ำมันเริ่มมีการสะสมน้ำมัน และศึกษาปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิดเมื่อผลชาน้ำมันมีอายุ 8 - 10 เดือน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือนจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ผลการศึกษาดังนี้

3.1 ปริมาณความชื้น

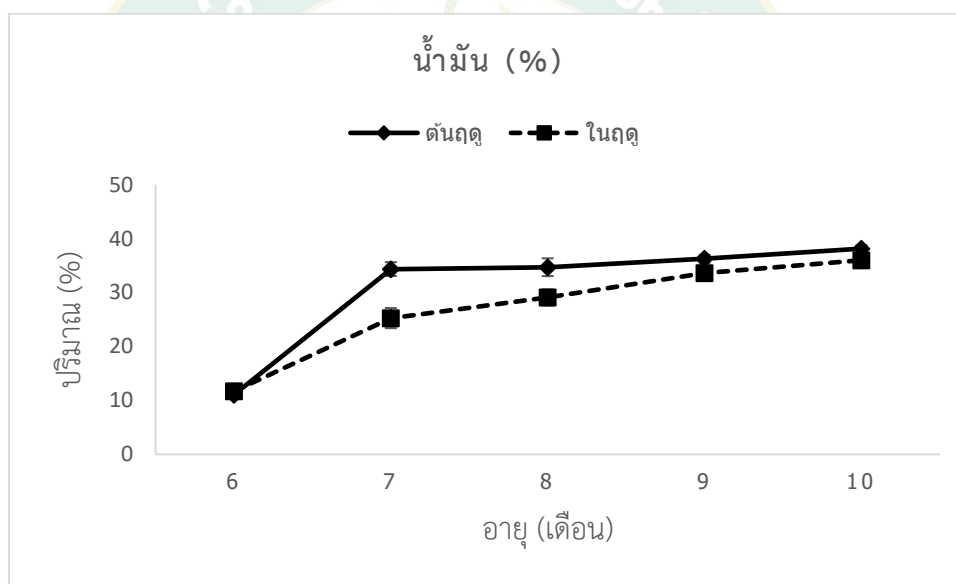
ผลการศึกษาปริมาณความชื้นของเมล็ดชาน้ำมันของทั้งสองฤดู ตั้งแต่เมล็ดชามีอายุ 6 - 10 เดือน พบว่า เมล็ดชาน้ำมันทั้งสองฤดูมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ เมล็ดมีความชื้นลดลงเมื่อมีอายุผลเพิ่มมากขึ้น เมล็ดที่ติดผลทั้งสองช่วงมีความแตกต่างกันทางสถิติในเดือนที่ 7 โดยเมล็ดของผลที่ติดในฤดูมีความชื้นร้อยละ 14.06 ± 0.74 ซึ่งสูงกว่าช่วงต้นฤดู และเมื่อเมล็ดมีอายุ 8 - 9 เดือน จะมีความชื้นร้อยละแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง โดยผลที่ติดต้นฤดูมีความชื้นร้อยละ 11.31 ± 0.60 และ 10.72 ± 0.86 ซึ่งมากกว่าผลที่ติดในฤดูที่มีอายุ 8 - 9 เดือน ตามลำดับ เมื่อผลมีอายุ 6 - 8 เดือน จะมีความชื้นสูงมากที่สุดและค่อย ๆ ลดลงตามลำดับ (เมล็ดชามีสีน้ำตาลปนเหลือง) จากนั้นจึงมีความชื้นคงที่จนกระทั่งถึงเดือนที่ 10 (เมล็ดชามีสีน้ำตาลเข้มและดำ) ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของเมล็ดชาน้ำมันที่ติดผลในช่วงต้นฤดูและในฤดูตั้งแต่ อายุ 6 - 10 เดือน แถบคลาดเคลื่อนแสดงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 9)

3.2 ปริมาณน้ำมัน

การศึกษาปริมาณน้ำมันของเมล็ดชาน้ำมันพบว่า เมล็ดชาน้ำมันที่ติดช่วงต้นฤดูและในฤดูอายุ 6 - 10 เดือน มีปริมาณน้ำมันเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเดือนที่ 6 - 7 จากนั้นจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และมีปริมาณร้อยละของน้ำมันเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเมล็ดชาน้ำมันมีอายุ 10 เดือน โดยพบว่า ปริมาณร้อยละน้ำมันของเมล็ดที่ติดต้นฤดูมีปริมาณมากกว่าของเมล็ดที่ติดในฤดูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเริ่มตั้งแต่เมล็ดมีอายุ 7 เดือน จากนั้นก็ยังคงมีปริมาณร้อยละของน้ำมันมากกว่าผลที่ติดในฤดูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติไปจนถึงช่วงเก็บเกี่ยวอายุ 10 เดือน คือช่วงต้นฤดูมีปริมาณร้อยละ 34.35 ± 1.28 , 34.70 ± 1.65 , 36.27 ± 0.73 , 38.15 ± 0.65 ช่วงในฤดูมีปริมาณร้อยละ 25.27 ± 1.86 , 29.10 ± 1.50 , 33.60 ± 0.79 และ 36.00 ± 0.85 ตามลำดับ (ภาพที่ 20) โดยปริมาณน้ำมันในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสูงสุดของเมล็ดชาทั้งสองฤดูมีค่าที่ร้อยละ 38.15 และ 36.00



ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำมันของเมล็ดชาน้ำมันที่ติดผลในช่วงต้นฤดูและในฤดูตั้งแต่อายุ 6 - 10 เดือน แถบคลาดเคลื่อนแสดงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($n = 3$)

3.3 ปริมาณร้อยละของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดชา

จากการตรวจสอบ กรดไขมันที่พบในน้ำมันชาที่ติดผลต้นฤดูและในฤดูตั้งแต่มีอายุผล 8 - 10 เดือน พบว่า กรดไขมันของทั้งสองฤดูที่ได้รับการประเมิน 4 ชนิด จัดเป็นกรดไขมันอิ่มตัว 2 ชนิดซึ่งในแต่ละชนิดมีปริมาณที่ใกล้เคียงกันคือ กรดปาล์มิติก (C16: 0) พบว่า มีปริมาณที่แตกต่างกันในช่วงเดือนที่ 8 ซึ่งปริมาณของกรดปาล์มิติกของน้ำมันเมล็ดชาที่ติดในฤดู (ร้อยละ 11.84) มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำมันที่ติดช่วงต้นฤดู (ร้อยละ 9.82) และปริมาณกรดสเตียริก (C18: 0) ในน้ำมันเมล็ดชาทั้งสองฤดูไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และกรดไขมันไม่อิ่มตัว 2 ชนิดคือ กรดโอเลอิก

(C18: 1) พบว่า มีปริมาณแตกต่างกันในช่วงเดือนที่ 10 ปริมาณของกรดโอเลอิกของน้ำมันเมล็ดชาที่ติดผลในฤดูมีปริมาณ (ร้อยละ 85.93) มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับน้ำมันเมล็ดชาที่ติดในช่วงต้นฤดู (ร้อยละ 84.86) และปริมาณกรดอีโคซีโนอิก (C20:1w9) ในน้ำมันเมล็ดชาทั้งสองฤดูไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของชนิดกรดไขมันในเมล็ดชาน้ำมันที่ติดผลในช่วงต้นฤดูและในฤดู ตั้งแต่ อายุ 8 - 10 เดือน

| ฤดูกาล | อายุ (เดือน) | ชนิดของกรดไขมัน | | | | | |
|--------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|----------------------------------|
| | | C16: 0 (%) | C18: 0 (%) | C18: 1w9 (%) | C20: 1w9 (%) | Saturated fatty acid (%) | Unsaturated fatty acid (%) |
| ต้นฤดู | 8 | 9.82 | 2.99 | 86.74 | 0.67 | 12.81 | 87.41 |
| ในฤดู | 8 | 11.84* | 2.87 | 85.75 | 0.51 | 14.71 | 86.26 |
| ต้นฤดู | 9 | 10.24 | 3.03 | 86.50 | 0.70 | 13.27 | 87.20 |
| ในฤดู | 9 | 10.24 | 3.25 | 85.71 | 0.81 | 13.49 | 86.52 |
| ต้นฤดู | 10 | 11.50 | 2.96 | 84.86 | 0.68 | 14.46 | 85.54 |
| ในฤดู | 10 | 10.38 | 3.12 | 85.93* | 0.57 | 13.50 | 86.50 |

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีความแตกต่างระหว่างสองฤดูกาล * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

วิจารณ์ผล

การทดลองที่ 1 การศึกษาการพัฒนาทางสัณฐานวิทยาของผลชาน้ำมัน

การศึกษาพัฒนาการทางสัณฐานวิทยาของผลชาน้ำมันในแต่ละระยะมีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาของผลและอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศได้ถูกนำมาใช้วางแผนและทำนายการพัฒนาของผลและเมล็ดชาน้ำมัน ทั้งการเพิ่มด้านปริมาณและคุณภาพของผลผลิต หรือปรับปรุงพันธุ์ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการทางชีวภาพในพืชที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ มีความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เกิดจากสภาพภูมิอากาศ การศึกษาซีพลักษณะของพืชที่เพาะปลูกนี้มีประโยชน์กับการทำการเกษตร เพื่อกำหนดเวลาที่เหมาะสมในการใช้สารเคมีทางการเกษตร (ปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืช และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช) การตัดแต่งกิ่ง เทคนิคการผสมเกสร การขยายพันธุ์ และการเลือกช่วงที่ดีที่สุดในการเก็บเกี่ยวผลผลิต (Vela *et al.*, 2013)

ชาน้ำมันเริ่มมีการออกดอกในช่วงเดือนตุลาคมของแต่ละปี จากนั้นจะทยอยออกดอกจนกระทั่งถึงเดือนกุมภาพันธ์ของปีถัดมา ผลสุกเริ่มตั้งแต่ในเดือนกุมภาพันธ์และจนถึงปลายเดือนตุลาคม (Gao *et al.*, 2015) Ariyaratna *et al.* (2011) พบว่า ในประเทศศรีลังกาดอกตูมของชา [*C. sinensis* (L.) O. Kuntze] สามารถพบเห็นได้ตลอดทั้งปี โดยสภาพภูมิอากาศในช่วงระยะเวลาออกดอกเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการออกดอกผสมเกสรและผลผลิตในปีต่อไปในชา น้ำมัน เนื่องจากชาน้ำมันที่ทำการศึกษาในบริเวณพื้นที่แปลงปลูกบ้านปูนะ (Puna plantation) มีการออกดอกติดผลเป็น 2 ช่วงได้แก่ ช่วงต้นฤดู (เดือนกันยายน) มีการออกดอกติดผลน้อยและ ช่วงในฤดู (เดือนมกราคม) มีการออกดอกติดผลมาก สอดคล้องกับรายงานของ อนินท์ และคณะ (2556) ได้รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในปลายฤดูฝนและฤดูหนาวมีผลกระทบต่อผลผลิตโดยรวมของไม้ผลในภาคตะวันออกเฉียงใต้ทางสถิติ เนื่องจากในช่วงฤดูหนาวเป็นช่วงเวลาที่เหมาะแก่การแตกใบอ่อนของไม้ผลหลายชนิด การที่มีฝนตกเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูกลนี้ทำให้พืชที่กำลังแตกใบอ่อน มีอาการดอกร่วง สลัดผลทิ้ง ไม่แทงช่อดอก ผลผลิตจึงลดลงหรือผลผลิตที่ออกมาไม่ได้คุณภาพ ผลผลิตการผลิตโดยรวมจึงลดลง โดยพบว่า ช่วงเดือนกันยายนมีปริมาณน้ำฝนมากถึง 23.80 ลูกบาศก์มิลลิเมตร (มม^3) และปริมาณน้ำฝนที่พบในช่วงเดือนมกราคมมีเพียง 2.34 มม^3 (ตารางภาคผนวกที่ 18) จึงอาจเป็นข้ออธิบายถึงปริมาณการติดผลและผลผลิตรวมที่น้อยกว่าได้ ชาน้ำมันถือว่าเป็นพืชที่มีระยะเวลาการพัฒนาผลยาวนานถึง 10 เดือน จากช่วงของการพัฒนาผลนั้น ทำให้ผลชาน้ำมันที่ติดผลในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกันได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศ

ต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการพัฒนาทางสัณฐานวิทยาของผลชาน้ำมัน ได้แก่ ความกว้าง ความยาว และ น้ำหนักผล เป็นต้น

จากการศึกษาพัฒนาการทางสัณฐานวิทยาของผลชาน้ำมันที่ติดผลในช่วงที่ต่างกันพบว่ามีลักษณะการเจริญเติบโตที่คล้ายกัน คือ มีรูปแบบการเจริญเติบโตเป็น single sigmoid curve (ลิลลี่, 2546) การเจริญแบบนี้มีลักษณะเป็นการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องมีการแบ่งการเติบโตเป็น 3 ระยะ คือ ระยะ I มีอัตราการเติบโตต่ำ ระยะ II ผลมีอัตราการเจริญอย่างมาก อันเนื่องมาจากการเพิ่มจำนวนเซลล์มีอัตราการเติบโตสูงสุด หลังจากนั้นเข้าสู่ระยะ III อัตราการเจริญจะลดลง ช่วงนี้การเจริญจะเป็นไปในทางพัฒนาการด้านขนาดเซลล์ให้ใหญ่ขึ้น มีอัตราการเติบโตต่ำสุด (สังคม, 2547) ซึ่งสอดคล้องกับงานของ ศรีวรุศ, (2555) รายงานว่า หลังจากที่ยอดชานเต็มที่มีการผสมเกสร กลีบดอกและเกสรเพศผู้ร่วง เริ่มมีการติดผล การเจริญเติบโตของผลชาน้ำมันเป็นแบบ simple sigmoid curve โดยรูปร่างของผลเป็นแบบกลมแบน (oblate) มีการเจริญของเส้นผ่านศูนย์กลางผลมากกว่าด้านความยาวผล สีของผลจะอยู่ในกลุ่ม Yellow green group ในช่วงแรกสีของผลจะเป็นสีเขียวเข้มและอ่อนลงเมื่อมีอายุผลเพิ่มขึ้น สีของเมล็ดอยู่ในกลุ่ม Yellow white group เมล็ดมีสีขาวถึงขาวครีมตั้งแต่อายุผล 1 - 5 เดือน หลังจากนั้นจึงมีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นจนถึงดำเข้มตั้งแต่เดือนที่ 7 - 10 จัดอยู่ในกลุ่มสี Brown group โดยชาน้ำมันเป็นผลแห้งชนิดแตกได้ (loculicidal capsule) เมื่อมีอายุผลได้ 10 เดือนจึงสังเกตได้ว่ามีรอยปริแตกตามก้นผล

น้ำหนักผลชาน้ำมันมีการเจริญช่วงแรกที่คล้ายกันและเมื่อผลในฤดูมีอายุผลตั้งแต่ 5 เดือนขึ้นไปมีน้ำหนัก ความกว้าง และความยาวผลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ สันท์ (2535) ผลชามีการเจริญเติบโตช้ามากในช่วง 5 เดือนแรก น้ำหนักสดค่อนข้างคงที่ จากเดือนที่ 6 ถึงเดือนที่ 11 ผลชาเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น เมื่อเข้าสู่เดือนที่ 12 ผลชาแก่เต็มที่ สำหรับการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วนี้สืบเนื่องมาจากในช่วงนี้เนื้อในของเมล็ดชาน้ำมันเริ่มมีการสะสมแป้งและน้ำมันจึงทำให้มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และพบว่าผลต้นฤดูมีการเจริญที่น้อยกว่าผลที่ติดในฤดู ซึ่งอาจคาดได้ว่าการเจริญของผลในช่วงกลางอยู่ในฤดูฝน จึงทำให้ผลชาได้รับปริมาณน้ำฝนที่เพียงพอและเจริญเติบโตได้ดียิ่งกว่าผลที่ติดต้นฤดู จากรายงานของ Pereira *et al.* (2016) ได้พบว่าการขาดน้ำโดยทั่วไปมีผลกระทบต่อกระบวนการสร้างและสลาย (anabolism และ catabolism) การเจริญเติบโตของพืช การพัฒนา และผลผลิตเมล็ด โดยส่งผลให้มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณน้ำมันในเมล็ด และน้ำหนักเมล็ดในชาหลายสายพันธุ์

การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในระยะยาว กรมอุตุนิยมวิทยาได้แบ่งฤดูกาลออกเป็น 3 ฤดู คือ ฤดูหนาวเริ่มต้นในเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ ฤดูร้อนเริ่มต้นตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม และฤดูฝนซึ่งแบ่งย่อยออกเป็น ต้นฤดูฝนเริ่มต้นในเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม และ ปลายฤดูฝนเริ่มต้นในเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557) ความสัมพันธ์ของสภาพภูมิอากาศกับการ

พัฒนาของผลชาน้ำมันที่ติดผลในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศในส่วนของอุณหภูมิเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนกับการเจริญของผลในด้านน้ำหนักผล ความกว้างผล และความยาวผล พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเจริญของผลชาน้ำมัน (ภาพที่ 8 - 10) ซึ่งไม่เป็นไปตาม จรีวรรณ และคณะ (2562) รายงานการศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย พบว่าตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยและความแปรปรวนของอุณหภูมิเฉลี่ยส่งผลกระทบต่อผลผลิตปาล์มน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ปัจจัยด้านพื้นที่เก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนและตัวแปรการพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตรส่งผลกระทบต่อผลผลิตปาล์มน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศมีผลกระทบต่อผลผลิตปาล์มน้ำมัน โดยเฉพาะอุณหภูมิเฉลี่ยที่มีแนวโน้มสูงขึ้นส่งผลให้ผลผลิตมีปริมาณลดลง ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยมีอิทธิพลต่อน้ำหนักของผล โดยเมื่อความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นมีน้ำหนักผลเพิ่มมากขึ้น

การเจริญเติบโตของผลชาน้ำมันทางด้านความกว้างผลและความยาวผล มีขนาดแปรผันในทางบวกกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยและปริมาณน้ำฝน โดยเมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มมากขึ้นจะมีการเจริญของผลในด้านความกว้างและความยาวเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการจัดการในแปลงปลูกเพื่อผลผลิตที่ดี ควรมีการพัฒนากระบวนการให้น้ำเพื่อลดความเสี่ยงในกรณีที่ พืชขาดน้ำ ในช่วงของการเจริญเติบโตทำให้มีการสร้างสารยับยั้งการเจริญเติบโตขึ้นมาเพื่อควบคุมให้ปากใบปิดและสภาวะขาดน้ำอยู่ในขั้นรุนแรงทำให้ใบและผลร่วงเพื่อลดพื้นที่ในการคายน้ำ ดังนั้น ถ้ามีการขาดน้ำเกิดขึ้นในช่วงที่ผลกำลังเจริญเติบโตทำให้ปริมาณสารยับยั้งการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้น และทำให้ผลไม่ขยายขนาด สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป ลมแรงจัด มีผลกระทบต่อขยายขนาดของผลเช่นกัน นอกจากนี้ ในสภาพดังกล่าวยังมีผลลดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้พืชสร้างอาหารได้น้อยลงจึงเกิดการแก่งแย่งอาหารกันระหว่างส่วนต่างๆ ของพืช จนกระทั่งผลไม่อาจขยายขนาดได้อย่างปกติ ส่วนในปลายฤดูฝน ปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลานี้เสมือนเป็นการทำให้เกิดฤดูฝนที่ยาวนานขึ้นสารอาหารในดินถูกชะล้างมากขึ้น ทำให้น้ำท่วมขังในพื้นที่เพาะปลูกเกิดโรคอันเนื่องมาจากเชื้อราได้ง่ายซึ่งช่วงปลายฤดูฝนเป็นช่วงที่พืชผลทางการเกษตรโดยส่วนใหญ่พร้อมสำหรับการเก็บเกี่ยว การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนจึงทำให้ผลผลิตที่ออกมาไม่ได้คุณภาพ ผลิตภาพการผลิตโดยรวมจึงลดลง (อนินท์ และคณะ, 2556) นอกจากนี้ Ruan & Mopper (2017) รายงานถึงอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมสำหรับ *C. oleifera* มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 19.0 – 21.0 °ซ และปริมาณน้ำฝนสูงกว่า 1,000 มม³. (Wen et al., 2018) อย่างไรก็ตาม การจัดการต้นไม้ที่ไม่เหมาะสมและโครงสร้างต้นไม้ที่ไม่ดีนำไปสู่ผลผลิตต่ำและคุณภาพผลไม้ลดลง ซึ่งเป็นการจำกัดการพัฒนาของผล *C. oleifera* การตัดแต่งกิ่ง (Chen et al., 2007)

เป็นวิธีปฏิบัติทั่วไปที่ใช้ในการเพิ่มผลผลิตและปรับปรุงคุณภาพผล แม้ว่าจะมีการสนับสนุนอย่างจริงจังจากหลายหน่วยงานแต่ปัจจุบันพืชชาน้ำมันยังมีผลผลิตไม่สม่ำเสมอ พบปัญหาหลายประการ เช่น การติดผลที่ไม่สม่ำเสมอ รวมถึงเกิดปัญหาแมลงศัตรูพืชและเชื้อโรคเกิดกับต้นชา โดยหลายหน่วยงานกำลังเร่งพัฒนาและแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้เกิดการผลิตที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น คาดว่าในอนาคตจะสามารถพัฒนาการบวนการผลิต เพาะปลูกรวมถึงการคัดเลือกและพัฒนาสายพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยได้ดียิ่งขึ้น (ศูนย์วิจัยและพัฒนาชาน้ำมันและพืชน้ำมัน, 2560)

การทดลองที่ 2 การศึกษาระยะที่เมล็ดเริ่มมีการสะสมแป้งและน้ำมัน

จากการศึกษาระยะที่เมล็ดเริ่มมีการสะสมแป้งและน้ำมันในเมล็ดชาน้ำมันที่ติดผลในช่วงฤดูที่ต่างกัน จากรายงานของ ลิลลี่ (2546) การเจริญเติบโตและพัฒนาของเมล็ด ในระยะแรกเป็นการเจริญเติบโตและแบ่งเซลล์ของคัพภะ (development of the embryo) เป็นระยะที่คัพภะมีการแบ่งเซลล์อย่างรวดเร็ว เริ่มต้นจากการปฏิสนธิจนถึงสิ้นสุดการแบ่งเซลล์ การพัฒนาของเมล็ดชาน้ำมันของผลต้นฤดูและในฤดูเมื่อผลมีอายุ 1 เดือน เมล็ดจะเริ่มเป็นเมล็ดสีขาวใส (ภาพที่ 14A) และค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีขุ่นในเดือนที่ 2 (ภาพที่ 14B) สอดคล้องกับ สังคม (2547) เมื่อรังไข่ได้รับการผสมส่วนต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลง ไข่อ่อนจะพัฒนาไปเป็นเมล็ดซึ่งข้างในจะมีคัพภะ (embryo) และมีเอนโดสเปิร์ม (endosperm) อยู่ ผนังรังไข่จะเจริญไปเป็นเปลือกผล (pericarp) รังไข่ (ovary) และฐานรองดอก (receptacle) จะเริ่มขยายตัวพองออก จากนั้นเมล็ดที่กำลังเจริญเติบโต จะสร้างฮอร์โมนออกมาเพื่อการเจริญและพัฒนาของผล ผนังรังไข่มีการแบ่งเซลล์ ผลที่กำลังเจริญมีเปลือกหนาขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Ariyaratna *et al.* (2011) ที่ศึกษาการพัฒนาของผลและเมล็ดที่ได้รับการผสมที่แตกต่างในช่วงต้นของชา *C. sinensis* (L.) O. Kuntze ในศรีลังกา พบว่าเมื่อเมล็ดได้รับการผสมมีอายุ 4 สัปดาห์ จะเกิดการสลายตัวของเนื้อเยื่อนิวเคลลัส (Nucellus) ค่อย ๆ เกิดขึ้นที่ปลาย micropyle เมื่อมีอายุได้ 8 สัปดาห์ จะมีการขยายขนาดของเซลล์ เมื่อผลชาน้ำมันมีอายุ 2 เดือน เริ่มพบว่าการแทงของเมล็ด Gao *et al.* (2017) รายงานถึงความแตกต่างของการพัฒนาอวูลในรังไข่ของ *C. oleifera* สาเหตุที่เกิดการแทงสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภทคือ 1) ไข่มีเซลล์ที่แบ่งแยกได้ไม่เพียงพอ 2) โครงสร้างของไข่ไม่สมบูรณ์สมบูรณ์เกิดจากเนื้อเยื่อรวมกลุ่มกัน 3) เนื้อเยื่อไม่เพียงพอ ประกอบด้วยเซลล์ผนังอวูลเท่านั้น และ 4) ภายในผนังอวูลไม่มีช่องทางให้ micropyle ที่มีการพัฒนาไข่ที่ไม่สมบูรณ์และสร้างไข่ที่ผิดปกติเข้าไปได้ เมื่อผลมีอายุ 120 วันหลังการผสมเกสร (DAP) พบความแตกต่างของขนาดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างไข่ที่อุดมสมบูรณ์และแทง อวูลที่แทงหยุดการเจริญเติบโตที่ 180 DAP ในระยะการสุกแก่ของผลเมล็ดที่แทงยังคงติดอยู่กับรก ผลชาน้ำมันที่ทำการศึกษามีการพัฒนาของเมล็ดเป็นเมล็ดใหญ่กับเมล็ดลิบเพิ่มขึ้น

อย่งเห็นได้ชัดในเดือนที่ 3 (ภาพที่ 14C - D) ขนาดที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดของเมล็ดใหญ่เกิดจาก
 เมล็ดที่กำลังพัฒนาเซลล์มีการขยายขนาดอย่างรวดเร็ว เมื่อเซลล์มีจำนวนมากขึ้นและมีการขยาย
 ขนาดจะส่งผลให้รังไข่มีขนาดใหญ่ขึ้น (สังคม, 2547) การพัฒนาของเมล็ดในช่วงอายุ 3 เดือน (ภาพที่
 15A - B) พบเปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat หรือ testa) ซึ่งเป็นส่วนประกอบชั้นนอกสุดของเมล็ด
 เปลี่ยนแปลงมาจากผนังอวูล (integument) เนื้อในเมล็ดมีการเจริญเติบโตโดยลักษณะภายในเมล็ด
 นั้นยังคงเป็นวุ้นเหลวบริเวณกลางเมล็ด (liquid endosperm) มีการพัฒนาเนื้อเมล็ดจากภายนอกสู่
 ภายใน (ภาพที่ 15C - D) สอดคล้องกับ Ariyarathna *et al.* (2011) รายงานว่า เมื่อผลชา [*C.
 sinensis* (L.) O. Kuntze] มีอายุได้ 12 สัปดาห์ จะพบ seed coat และ liquid endosperm เมล็ด
 ชาน้ำมันอายุ 5 เดือน แสดงเนื้อเมล็ดสีขาวขุ่นเต็มเมล็ด (solid endosperm) จากภาพตัดขวางของ
 ผลชาน้ำมันที่ติดผลในช่วงต้นฤดูและในฤดูที่มีอายุ 3 - 5 เดือน ไม่พบการสะสมแป้งและน้ำมันในเนื้อ
 เมล็ด และพบว่าเมื่อผลชาน้ำมันมีอายุ 6 เดือน ภาพตัดขวางเนื้อเยื่อแสดงให้เห็นว่าเมล็ดชาน้ำมันเริ่ม
 มีการสะสมแป้งและน้ำมัน (ภาพ 17 d - D) จากการประเมินความแตกต่างจากพื้นที่การติดสี การ
 สะสมแป้งและน้ำมันภายในเมล็ดของทั้งสองฤดูมีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 2) เมล็ดที่ติดผลต้นฤดูมี
 การสะสมเม็ดแป้งในเดือนที่ 6, 8 และ 9 มากกว่าเมล็ดที่ติดในฤดู แต่พบว่า เมล็ดที่ติดผลในฤดูมีการ
 สะสมเม็ดแป้งในเดือนที่ 7 และ 10 มากกว่าเมล็ดที่ติดต้นฤดู การสะสมหยดน้ำมันของผลชาน้ำมันที่
 ติดผลทั้งสองช่วง เมล็ดของชาน้ำมันที่ติดผลต้นฤดูมีการสะสมหยดน้ำมันมากกว่าเมล็ดที่ติดในฤดูใน
 เดือนที่ 6, 7, 9 และ 10 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำมันของเมล็ดที่ติดผลต้นฤดูที่มีปริมาณมากกว่า
 เมล็ดที่ติดผลในฤดู (ตารางที่ 3) มีการสะสมแป้งและน้ำมันมากขึ้นเรื่อยๆ เป็นไปได้ว่าเมื่อผลชาน้ำมัน
 เริ่มมีอายุเข้าสู่เดือนที่ 6 จะเริ่มเข้าสู่ระยะการสะสมอาหาร (food reserve accumulation) ซึ่งเป็น
 ระยะที่มีการสะสมอาหารในส่วนสะสมอาหาร ซึ่งได้แก่ ใบเลี้ยง และเอนโดสเปิร์ม เมล็ดมีการเพิ่ม
 น้ำหนักอย่างรวดเร็วจนถึงจุดสูงสุด ซึ่งเรียกว่า จุดแก่ทางสรีรวิทยา หรือ physiological maturity
 อาหารที่เป็นแหล่งของธาตุคาร์บอนที่เคลื่อนย้ายเข้ามาสะสมในเมล็ด ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของน้ำตาล
 ซูโครส ซึ่งได้มาจากการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยผ่านทางท่ออาหาร เมื่อซูโครสผ่านเข้าสู่เนื้อเยื่อพิเศษนี้
 แล้ว จะถูกเอนไซม์ invertase ย่อยสลายกลายเป็นกลูโคสและฟรุคโตส ซึ่งเมื่อถูกเคลื่อนย้ายเข้าสู่เอน
 ดอสเปิร์มอีกครั้งหนึ่งเรียกว่า resynthesis ซูโครสนี้เป็นต้นกำเนิดของคาร์โบไฮเดรตและไขมันที่สะสม
 ในเมล็ด (ลิลลี่, 2546) จากนั้นจะเข้าสู่ระยะเมล็ดแก่ (ripening stage) เป็นระยะที่เมล็ดสิ้นสุดการ
 สะสมอาหาร เมล็ดอาจมีน้ำหนักแห้งคงที่หรือลดลงเพียงเล็กน้อย และมีการคายน้ำอย่างรวดเร็ว ซึ่ง
 ผลชาน้ำมันมีการสะสมแป้งและน้ำมันมากขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีปริมาณมากที่สุดเมื่อผลชาน้ำมันมี
 อายุ 10 เดือน

การทดลองที่ 3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความชื้น ปริมาณร้อยละของน้ำมันและกรดไขมัน ในเมล็ดชาน้ำมัน

การศึกษาถึงองค์ประกอบกรดไขมันในน้ำมัน เพื่อเป็นการตรวจสอบให้ทราบถึงคุณภาพของ น้ำมันเมล็ดชา และมีส่วนช่วยในการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ชาน้ำมันที่ให้ผลผลิตและคุณภาพน้ำมันสูง

3.1 ปริมาณความชื้น

ความชื้นของเมล็ด (seed moisture) คือ น้ำที่อยู่อย่างอิสระในเมล็ดพืชอาจอยู่ในช่องว่าง หรือเคลือบโมเลกุลของสาร และส่วนต่าง ๆ ในเมล็ดพันธุ์โดยไม่รวมกับน้ำที่เป็นองค์ประกอบทางเคมี ในเมล็ด (นภาพร และพีระยศ, 2561) การศึกษาปริมาณความชื้นในเมล็ดของผลชาน้ำมันของทั้งสองฤดู ตั้งแต่ผลชาน้ำมันมีอายุ 6 - 10 เดือน พบว่า เมล็ดชาน้ำมันทั้งสองฤดูมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน โดยมีปริมาณความชื้นลดลงเมื่อมีอายุผลเพิ่มมากขึ้น เมล็ดที่พัฒนาขึ้นมาจากผลในทั้งสองช่วงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนที่ 7 โดยเมล็ดของผลที่ติดในฤดูมีปริมาณความชื้นมากกว่าผลที่ติดในช่วงต้นฤดู และเมื่อเมล็ดมีอายุ 8 - 9 เดือน มีปริมาณร้อยละของความชื้นแตกต่างกันระหว่างผลที่ติดต้นฤดูมีปริมาณความชื้นมากกว่าผลที่ติดในฤดู เมื่อผลมีอายุ 6 - 8 เดือน มีปริมาณความชื้นสูงมากที่สุดและค่อย ๆ ลดลง ตามลำดับ สังเกตได้จากเมล็ดชามีสีน้ำตาลปนเหลือง จากนั้นจึงมีปริมาณความชื้นคงที่จนกระทั่งถึงเดือนที่ 10 มีสีของเมล็ดชาเป็นสีน้ำตาลเข้มและดำ เช่นเดียวกับการทดลองของ สุปรียา และวิไลศรี (2559) พบว่าเมล็ดชาที่มีสีแตกต่างกันมีปริมาณความชื้นที่ไม่เหมือนกัน ปริมาณความชื้นในเมล็ดชาที่มีสีน้ำตาลปนเหลืองมีความชื้นร้อยละ 3.99 และ 4.72 ขณะที่เมล็ดชาน้ำมันสีดำจะมีปริมาณความชื้นร้อยละต่ำที่สุด 2.58

3.2 ปริมาณน้ำมัน

จากการศึกษาปริมาณน้ำมันของ *C. oleifera* ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่โดดเด่นสำหรับการผลิต น้ำมันชา เมื่อนำเมล็ดชาน้ำมันมาอบที่อุณหภูมิ 70 °ซ เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำเมล็ดชาที่ได้มาสกัดน้ำมันด้วยเฮกเซน ปริมาณน้ำมันที่ได้จะได้รับการคำนวณค่าเป็นปริมาณน้ำมันร้อยละของเมล็ดชาน้ำมันพบว่า เมล็ดชาน้ำมันที่ติดช่วงต้นฤดูและในฤดูอายุ 6 - 10 เดือน มีปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเดือนที่ 6 - 7 จากนั้นมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ และมีปริมาณร้อยละของน้ำมันเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเมล็ดชาน้ำมันมีอายุ 10 เดือน โดยปริมาณน้ำมันของเมล็ดที่ติดต้นฤดูมีปริมาณมากกว่าของเมล็ดที่ติดในฤดูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เริ่มตั้งแต่เมล็ดมีอายุ 7 เดือน จากนั้นยังคงมีปริมาณของน้ำมันมากกว่าผลที่ติดในฤดูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติไปจนถึงช่วงเก็บเกี่ยวอายุ 10 เดือน โดยปริมาณน้ำมันในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสูงสุดของเมล็ดชาทั้งสองฤดูมีค่าที่ร้อยละ 38.15 และ 36.00 ซึ่งสูงกว่ารายงานของ สุปรียา และวิไลศรี (2559) (ร้อยละ 22.77) และรายงาน

ของ ศรารุช (2555) (ร้อยละ 29.80) และเนื่องจากน้ำมันเมล็ดชาที่ติดผลต้นฤดูมีปริมาณมากกว่า น้ำมันเมล็ดชาที่ติดผลในฤดูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอาจมีสาเหตุมาจากเมล็ดที่ติดในฤดูอยู่ในช่วงที่มี ฝนยาวนานกว่า อาจได้รับแสงในปริมาณที่น้อยกว่าเมล็ดที่ติดต้นฤดู โดยรายงานก่อนหน้านี้ของ Singer *et al.* (2016) พบว่าแสงมีผลต่อการสังเคราะห์น้ำมันในเมล็ดและการเพิ่มประสิทธิภาพการ สังเคราะห์ด้วยแสงโดยการเพิ่มความเข้มข้นของแสงอาจกระตุ้นให้เกิดการสะสมของไขมัน การ ศึกษาวิจัยในปาล์มน้ำมันพบว่า ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมต่าง ๆ มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำมันปาล์ม โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลในการจำกัดผลผลิตของปาล์มน้ำมันมากที่สุดคือ ปริมาณและการกระจายของ น้ำฝน (ธีระ และคณะ, 2546) ฤดูกาล สภาพภูมิอากาศ และปริมาณน้ำฝน มีผลกระทบต่อปริมาณ น้ำมันในผลปาล์มเช่นเดียวกัน สอดคล้องกับรายงานของ Wang *et al.* (2008) ที่พบว่าเมื่อพื้นที่ปลูก ชา น้ำมันแตกต่างกัน ปริมาณน้ำมันของเมล็ดแห้งช่วงจากร้อยละ 13.7 ถึง 42.84 ซึ่งมีความแตกต่าง กันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเติบโตในพื้นที่ภาคเหนือมีปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเติบโตใน พื้นที่สูงและมีความแตกต่างบางอย่างระหว่างสายพันธุ์ งานวิจัยของ Ma *et al.* (2011) แสดงให้เห็น ว่าปริมาณน้ำมันในเมล็ดของชา น้ำมันสายพันธุ์ LCDG YAYC และ CR3 คือ ร้อยละ 42.8 - 46.1 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณนั้นขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ อย่างไรก็ตาม ชา น้ำมันยังมีสายพันธุ์อื่น ๆ ที่ให้ผลผลิต น้ำมันสูงและมีการปลูกเพื่อการผลิตน้ำมันมาเป็นเวลาหลายปี คือ *C. chekiangoleosa*, *C. meiocarpa*, *C. reticulata*, *C. vietnamensis*, *C. yuhsiensis* ฯลฯ จากชา น้ำมัน 238 ชนิดที่มีการ รายงานไว้ *Camellia* ครึ่งหนึ่งสามารถปลูกเพื่อการผลิตน้ำมันได้ การผสมพันธุ์ตามธรรมชาติและ การกลายพันธุ์ทำให้เกิดการจัดหมวดหมู่ใหม่จำนวนมาก ชา น้ำมันจึงมีความหลากหลายมาก (Stack & Ruter, 2006) ทั้งนี้ สายพันธุ์ที่หลากหลายยังมีระดับการแสดงออกของยีนที่ไม่เท่ากัน โดยผลผลิต ของเมล็ดและผลผลิตน้ำมันมีความสัมพันธ์อย่างมากกับระดับการแสดงออกของยีน CorbcL ที่ระดับ $P < 0.001$ และการแสดงออกของยีน Co - rbcS มีความสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำมันที่ระดับ $P < 0.01$ อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิมีความสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำมันและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ที่ระดับ $P < 0.001$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ซึ่งให้เห็นว่ายีน Co - rbcS และ Co - rbcL อาจ เป็นตัวบ่งชี้ระดับโมเลกุลสำหรับการคัดเลือกสายพันธุ์น้ำมันที่ให้ผลผลิตสูงในระยะแรก เมื่อใช้ร่วมกับ การวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การระบุต้นของสายพันธุ์การผลิตน้ำมันที่มีศักยภาพสูงช่วยลด เวลาในการผสมพันธุ์พืชและเพิ่มประสิทธิภาพการผสมพันธุ์ (Chen *et al.*, 2015) จากการศึกษาของ Li *et al.* (1992) ที่ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำมันของชา น้ำมัน พบว่า ผลผลิตและ ปริมาณน้ำมันของผลสดมีปัจจัยสำคัญสองประการที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำมันของชา น้ำมัน (*C. oleifera*) ผลผลิตของแต่ละต้นแตกต่างกันไปตามชนิดของผล เวลาของการออกดอกรวมทั้งสีของผล โดยชนิดของผลที่มีขนาดใหญ่ ผลสีแดงสีม่วง ผลสีแดง ออกดอกก่อนมากกว่าชนิดผลที่มีขนาดเล็ก ผล สีเขียว การออกดอกเร็วดีสำหรับผลทะวาย (ผลไม้ที่ออกผลไม่ตรงตามฤดูกาล) กว่า การออกดอกช้า

และออกดอกเร็วกว่ากำหนด ในทางภาคเหนือ มีสภาพภูมิอากาศในระหว่างช่วงที่มีการออกดอกเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อผลผลิต ดังนั้นจึงแนะนำว่าควรให้ความสนใจมากขึ้นกับการเลือกสายพันธุ์ และต้นที่มีลักษณะของการออกดอกเร็ว ผลใหญ่และปริมาณน้ำมันสูงในผลสด

3.3 ปริมาณร้อยละของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดชา

องค์ประกอบของกรดไขมันที่เป็นตัววัดที่สำคัญของคุณภาพน้ำมัน ในน้ำมันที่ประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงบ่งบอกถึงคุณภาพน้ำมันที่ดี ในรายงานของ Yang *et al.* (2016) แสดงให้เห็นข้อมูลกรดไขมันในปริมาณที่คล้ายคลึงกันของน้ำมันมะกอกและน้ำมันเมล็ดชา ประกอบไปด้วย กรดโอเลอิก (C18: 1w9) ลิโนเลอิก (C18: 2w9) ปาล์มมิติก (C16: 0) และ สเตียริก (C18: 0) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงกรดไขมันของผลชาที่ติดผลในช่วงฤดูที่ต่างกัน กรดไขมันที่พบในน้ำมันชาที่ติดผลต้นฤดูและในฤดูตั้งแต่มีอายุผล 8 - 10 เดือน โดยวิเคราะห์กรดไขมันของทั้งสองฤดูมีทั้งหมด 4 ชนิด จัดเป็นกรดไขมันอิ่มตัว 2 ชนิด ซึ่งในแต่ละชนิดมีปริมาณที่ใกล้เคียงกันคือ กรดปาล์มมิติก (C16: 0) มีปริมาณที่แตกต่างกันในช่วงเดือนที่ 8 ของน้ำมันเมล็ดชาที่ติดในฤดู (ร้อยละ 11.84) มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำมันในเมล็ดที่ติดช่วงต้นฤดู (9.82) และกรดสเตียริก (C18: 0) มีปริมาณร้อยละกรดสเตียริกของน้ำมันเมล็ดชาที่ติดทั้งสองฤดูไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และกรดไขมันไม่อิ่มตัว 2 ชนิดคือ กรดโอเลอิก (C18: 1) มีปริมาณแตกต่างกันในช่วงเดือนที่ 10 ของน้ำมันเมล็ดชาที่ติดผลในฤดูมีปริมาณ (ร้อยละ 85.93) มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำมันเมล็ดชาที่ติดในช่วงต้นฤดู (ร้อยละ 84.86) และกรดอีโคซีโนอิก (C20: 1w9) มีปริมาณร้อยละของกรดอีโคซีโนอิกในน้ำมันเมล็ดชาทั้งสองฤดูไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อาจมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมบางประการ จากการศึกษาของ Singer *et al.* (2016) พบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกรดไขมันโดยมีการปรับเปลี่ยนสัดส่วนของ C18: 1 (oleic acid), C18: 2 (linoleic acid) และ C18: 3 (linolenic acid) ในเมล็ด โดยองค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันชา มีปริมาณ oleic acid มากที่สุด ซึ่งปริมาณนั้นขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ด้วย (Ma *et al.*, 2011) Wang *et al.* (2008) ศึกษาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำมันและองค์ประกอบของกรดไขมันเมล็ดและความสัมพันธ์ระหว่างภูมิภาคการปลูกที่แตกต่างกับสายพันธุ์ของ *C. oleifera* 44 สายพันธุ์ พบว่า กรดไขมันของน้ำมัน *C. oleifera* ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดโอเลอิก ลิโนเลอิก และปาล์มมิติก แต่มีความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์และยังพบว่าในสายพันธุ์เดียวกัน พื้นที่ปลูกที่แตกต่างกัน ปริมาณของกรดไม่อิ่มตัวอยู่ในช่วงจากร้อยละ 87.15 ถึง 92.17 ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 89.45 ปริมาณของกรดโอเลอิกอยู่ในช่วงร้อยละ 77.91 ถึง 88.88 ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 83.58 ปริมาณของกรดลิโนเลอิกอยู่ในช่วงจากร้อยละ 2.22 ถึง 10.36 ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 5.87 ปริมาณของกรดปาล์มมิติกอยู่ระหว่างร้อยละ 5.78 ถึง 10.80

ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 7.67 พื้นที่ปลูกและสายพันธุ์จึงมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณของแต่ละองค์ประกอบของกรดไขมัน อย่างไรก็ตาม ผลรวมของปริมาณของกรดโอเลอิกและกรดไลโนเลอิกค่อนข้างคงที่ Gabriel *et al.* (2004) ได้ศึกษาอิทธิพลของเวลาเก็บเกี่ยวและช่วงปีการเก็บเกี่ยว ผลผลิตต่อองค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันมะกอกบริสุทธิ์สายพันธุ์ Picual พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบของกรดไขมันแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อกรดไขมันอิ่มตัวสูงขึ้นคือ ช่วงปีการเก็บเกี่ยวผลผลิต กรดไขมันที่ได้รับอิทธิพลจากช่วงปีการเก็บเกี่ยวผลผลิต อุณหภูมิ และการได้รับปริมาณน้ำฝนในระหว่างการสังเคราะห์น้ำมัน และฤดูร้อน ตามลำดับ คือกรดปาล์มติก และกรดโอเลอิก ส่วนช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยวและระยะการสุกของผลที่เพิ่มขึ้นนั้นส่งผลกระทบต่อปริมาณกรดปาล์มติก สเตียริก ไลโนเลอิก และไลโนเลนิกมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาอื่น FBA (Fructose - 1, 6 - biphosphate aldolase) และตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างการแสดงออกของยีน FBA และปริมาณน้ำมันในการพัฒนาเมล็ดของต้นชาน้ำมัน มีการค้นพบยีน CoFBA ที่ควบคุมการพัฒนาในเมล็ด *C. oleifera* ระดับ CoFBA และ CoSAD mRNA มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำมันในขณะที่ระดับการแสดงออกของยีน CoFAD2 มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบของกรดไขมันในเมล็ดชาน้ำมัน ดังนั้น ยีน CoFBA และ CoSAD อาจเป็นปัจจัยสำคัญสองประการในการพิจารณาผลผลิตน้ำมันชา จึงชี้ให้เห็นว่าในอนาคตอาจสามารถปรับปรุงผลผลิตน้ำมันชาได้ด้วยการเพิ่มแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์น้ำมัน (Zeng *et al.*, 2014)

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผล

1. การศึกษาการพัฒนาทางสัณฐานวิทยาของผลชาน้ำมัน

การศึกษาพัฒนาการทางสัณฐานวิทยาของผลชาน้ำมันที่ติดผลในช่วงเวลาการพัฒนาของผลที่ต่างกัน มีลักษณะการเจริญเติบโตที่คล้ายกัน คือ มีรูปแบบการเจริญเติบโตเป็นแบบ single sigmoid curve การเจริญของผลชาน้ำมันตั้งแต่ติดผลจนถึงผลแก่เก็บเกี่ยวใช้เวลา 10 เดือน โดยรูปร่างของผลเป็นแบบกลมแบน (Oblate) มีการเจริญของเส้นผ่านศูนย์กลางผลมากกว่าด้านความยาวผล สีผลเป็นสีเขียวจัดอยู่ในกลุ่ม Yellow green group ในช่วงแรกสีของผลเป็นสีเขียวเข้มและอ่อนลงเมื่อมีอายุผลเพิ่มขึ้น สีของเมล็ดอยู่ในกลุ่ม Yellow white group เมล็ดมีสีขาวยิ่งขาวครีมตั้งแต่อายุผล 1 - 5 เดือน หลังจากนั้นจึงมีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นจนถึงดำเข้มตั้งแต่เดือนที่ 7 - 10 น้ำหนักผลของผลที่มีการติดในทั้งสองฤดูมีการเจริญช่วงแรกที่คล้ายกันและเมื่อผลในฤดูมีอายุผลตั้งแต่ 5 เดือนขึ้นไปมีน้ำหนัก เส้นผ่านศูนย์กลาง และความยาว เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และพบว่าผลที่ติดต้นฤดูมีการเจริญเติบโตทั้งในด้านขนาดและน้ำหนักของผลน้อยกว่าผลที่ติดในฤดู ผลที่ติดต้นฤดูมีการเจริญของผลช่วงกลางอยู่ในฤดูฝน จึงทำให้ผลชาได้รับปริมาณน้ำฝนที่เพียงพอจึงมีคุณภาพทางด้านขนาด น้ำหนักผลและเจริญเติบโตได้ดียิ่งกว่าผลที่ติดต้นฤดู

2. การศึกษาระยะที่เมล็ดเริ่มมีการสะสมแป้งและน้ำมัน

การศึกษาระยะที่เมล็ดเริ่มมีการสะสมแป้งและน้ำมันในเมล็ดชาน้ำมันที่ติดผลในช่วงฤดูที่ต่างกัน ตั้งแต่การพัฒนาของเมล็ดชาน้ำมันมีอายุ 1 เดือน เมล็ดเริ่มเป็นเมล็ดสีขาวใส และเปลี่ยนเป็นสีขาวขุ่นในเดือนที่ 2 เมื่อถึงเดือนที่ 2 เริ่มพบว่ามีแก๊สของเมล็ด และมีการพัฒนาของเมล็ดเป็นเมล็ดใหญ่กับแก๊สเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในเดือนที่ 3 โดยลักษณะภายในเมล็ดเป็นแอนโดสเปิร์มเหลวบริเวณกลางเมล็ด มีการพัฒนาเนื้อเมล็ดจากภายนอกสู่ภายใน จากภาพตัดขวางเนื้อเมล็ดชาน้ำมันที่ติดผลช่วงต้นฤดูและในฤดู พบว่าจากการศึกษาความแตกต่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ การสะสมแป้งและน้ำมันภายในเมล็ด เมื่ออายุผลชาน้ำมัน 3 - 5 เดือน ไม่พบการสะสมแป้งและน้ำมันในเนื้อเมล็ด ภาพตัดขวางเนื้อเยื่อผลชาน้ำมันที่มีอายุ 6 เดือน แสดงให้เห็นว่าเมล็ดชาน้ำมันเริ่มมีการสะสมแป้งและน้ำมัน และมีการสะสมแป้งและน้ำมันมากขึ้น จนกระทั่งมีปริมาณมากที่สุดเมื่อผลชาน้ำมันมีอายุ 10 เดือน จากการประเมินความแตกต่างจากพื้นที่การติดสี การสะสมแป้งและน้ำมันภายในเมล็ดของทั้งสองฤดูมีความแตกต่างกัน เมล็ดที่ติดผลต้นฤดูมีการสะสมแป้งและแป้งในเดือนที่ 6, 8 และ 9 มากกว่า

เมล็ดที่ติดในฤดู คิดพื้นที่ติดสีต่อพื้นที่เป็นปริมาณร้อยละ 0.57, 14.54 และ 44.34 ตามลำดับ แต่พบว่า เมล็ดที่ติดผลในฤดูมีการสะสมเม็ดแป้งในเดือนที่ 7 และ 10 มากกว่าเมล็ดที่ติดต้นฤดูปริมาณร้อยละ 5.16 และ 57.99 ตามลำดับ การสะสมหยดน้ำมันของผลชาน้ำมันที่ติดผลทั้งสองช่วง เมล็ดของชาน้ำมันที่ติดผลต้นฤดูมีการสะสมหยดน้ำมันมากกว่าเมล็ดที่ติดในฤดูในเดือนที่ 6, 7, 9, 10 คิดเป็นปริมาณร้อยละ 6.35, 38.25, 91.78 และ 94.36 ตามลำดับ

3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความชื้น ปริมาณร้อยละของน้ำมันและกรดไขมันในเมล็ดชาน้ำมัน

การเปลี่ยนแปลงความชื้น ปริมาณน้ำมันและกรดไขมันในเมล็ดชาน้ำมันที่ติดผลในช่วงฤดูที่ต่างกัน พบว่า ความชื้นของเมล็ดชาน้ำมันทั้งสองฤดูจะมีปริมาณลดลงเมื่อเมล็ดมีอายุมากขึ้น จนกระทั่งถึงการเก็บเกี่ยว ปริมาณน้ำมันที่ช่วงเก็บเกี่ยวอายุ 10 เดือน ของเมล็ดชาที่ติดผลต้นฤดูและในฤดูมีปริมาณร้อยละ 38.15 และ 36.00 ตามลำดับ โดยต้นฤดูมีปริมาณมากกว่าในฤดูซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ ชนิดกรดไขมันของเมล็ดชาน้ำมันในทั้งสองฤดูที่วิเคราะห์มี 4 ชนิดคือ กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีอยู่ในปริมาณสูงประมาณร้อยละ 85.54 - 87.41 ประกอบไปด้วย กรดโอเลอิกร้อยละ 84.86 - 86.74 และกรดอีโคซีโนอิกร้อยละ 0.51 - 0.81 กรดไขมันอิ่มตัวพบในปริมาณต่ำ ประกอบไปด้วย กรดปาล์มิติกและกรดสเตียริกประมาณร้อยละ 12.81 - 14.71

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาของผลชาวน้ำมันดอกขาที่มีระยะติดผลในช่วงต้นฤดู
ของเดือนกันยายนและในฤดูของเดือนมกราคม ในปี พ.ศ. 2560 – พ.ศ. 2561 จึงควรมีการทดลองซ้ำ
และศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อม ปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ
ความชื้น ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น ที่ส่งผลต่อการเจริญและพัฒนาผลชาวน้ำมัน เพื่อเป็นข้อมูลที่เป็น
ประโยชน์ในการทำนายปริมาณและคุณภาพของผลผลิตรวมถึงศึกษาช่วงการติดผล การร่วงของผล
และการป้องกันและดูแลผลผลิตต่อไปในอนาคต นอกจากนี้ควรมีการศึกษาเพื่อจัดแนวทางการ
ปฏิบัติที่เหมาะสม เช่น การจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์น้ำมันเพื่อประสิทธิภาพใน
การเพิ่มปริมาณน้ำมัน การให้น้ำที่เพียงพอในช่วงการพัฒนาผลเพื่อลดการร่วงของผลชาวน้ำมันทำ
ให้ผลผลิตมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งการจัดการผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมมีส่วนช่วยใน
การรักษาคุณภาพของผลผลิตชาวน้ำมันให้ยังคงมีประสิทธิภาพที่ดีและมีคุณภาพ เพื่อผลิตภัณฑ์ที่มี
ประโยชน์มากที่สุดต่อผู้บริโภค



บรรณานุกรม

- กรมอุตุวิทยวิทยา. 2557. **การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ**. ความรู้อุตุนิยมวิทยา, [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=86> (20 พฤษภาคม 2562).
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จรีวรรณ จันทรคง, เกศสุตา สิทธิสันติกุล, นิโรจน์ สิ้นณรงค์ และกฤตวิทย์ อัจฉริยะพานิชกุล. 2562. **ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย**. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, ฉบับที่ 11(1), หน้า 54 - 66.
- จิราภรณ์ อินทสาร. 2557. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่: ดีพรีนท์.
- ชวนพิศ แดงสวัสดิ์. 2544. **สรีรวิทยาของพืช**. กรุงเทพมหานคร: ธนัชการพิมพ์และสำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา.
- दनัย บุญเกียรติ. 2556. **สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตผลพืชสวน**. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.
- ธีรพงษ์ เทพภรณ์, กาญจนา พลอยศรี และอนัญญา เอกพันธ์. 2555. **องค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อเมล็ดข้าวสาลีของไทย**. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ฉบับที่ 40(4), หน้า 1225 - 1235.
- ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ และวรรณ เลี้ยววาริณ. 2546. **คู่มือปาล์มน้ำมันและการจัดการสวน**. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา. 72 หน้า.
- ธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2547. **บทบาทของแมกนีเซียมในการเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมัน**. จดหมายข่าวปาล์มน้ำมัน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ฉบับที่ 5(3).
- นภาพร เวชกามา และพีระยศ แข็งขัน. 2561. **การปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ด้วยเทคนิค Seed priming**. วารสารเกษตรพระวรุณ, ฉบับที่ 15(1), หน้า 17-30.
- ประศาสตร์ เกื้อมณี. 2537. **ไมโครเทคนิคทางพืช**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิทักษ์ สูดอนันต์. 2552. **ชีวเคมีทั่วไป**. ชลบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยบูรพา.

- ภาคภูมิ พระประเสริฐ. 2550. **สรีรวิทยาของพืช**. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.
- ลิลลี่ กาวีดิ๊ะ. 2546. **การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานและพัฒนาการของพืช**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วันเพ็ญ ภูติจันทร์. 2548. **สรีรวิทยาทั่วไป**. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.
- ศราวุธ พานทอง. 2555. **การศึกษาชีววิทยาของดอก การพัฒนาของผล และองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดชา น้ำมันดอกชา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- ศุภศิษฐ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์. 2541. **ชีวเคมีพื้นฐาน**. กรุงเทพมหานคร: พิมพ์ท็อป.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาชา น้ำมันและพืชน้ำมัน. 2560. **เส้นทางของน้ำมันเมล็ดชา**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.teaoilcenter.org/index.php/general-information> (18 กุมภาพันธ์ 2562).
- สังคม เตชะวงศ์เสถียร. 2547. **สรีรวิทยาของพืชสวน**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 173 หน้า.
- สัมพันธ์ ละอองศรี. 2535. **ชา**. เชียงใหม่: โครงการหลวงวิจัยฯ สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.
- สุปรียา สุขเกษม และวิไลศรี ลิ้มปวยอ. 2559. **การศึกษาคุณภาพเมล็ดชา น้ำมัน (*Camellia oleifera*) และน้ำมันเมล็ดชา**. Thai agricultural research journal, ฉบับที่ 34(3), หน้า 270 - 285.
- อนินท์ จิรพัทธ์พงศกร, วลีรัตน์ สุพรรณชาติ และสุวรรณา ประณีตวตกุล. 2556. **ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศที่มีต่อผลผลิตภาพการผลิตโดยรวมภาคการเกษตรในภาคตะวันออกของไทย**. วารสารเกษตรศาสตร์ (สังคม), ฉบับที่ 34, หน้า 399 - 412.
- Ariyaratna, H., Gunasekare, M., Kottawa-Arachchige, J., Paskarathavan, R., Ranaweera, K., Ratnayake, M. & Kumara, J. 2011. **Morpho - physiological and phenological attributes of reproductive biology of tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) in Sri Lanka**. Euphytica, 181(2), 203 - 215.
- Chen, J. - H., Liao, B. - C., Jong, T. - T. & Chang, C.- M. J. 2009. **Extraction and purification of flavanone glycosides and kaemferol glycosides from defatted *Camellia oleifera* seeds by salting - out using hydrophilic isopropanol**. Separation and purification technology, 67(1), 31 - 37.
- Chen, Y. - z., Yang, X. - h., Xiang - nan, W., Peng, S. - f., He, J. - h. & Wang, D. - b. 2007. **Trial on tree pruning in *Camellia oleifera* L.** Nonwood forest research, 25(2), 39 - 41.
- Chen, Y., Wang, B., Chen, J., Wang, X., Wang, R., Peng, S., Chen, L., Ma, L. & Luo, J.

2015. **Identification of Rubisco rbcL and rbcS in *Camellia oleifera* and their potential as molecular markers for selection of high tea oil cultivars.** *Frontiers in plant science*, 6(189).
- Gabriel, B., Carmen, d. R., Sebastián, S. & Leopoldo, M. 2004. **Influence of harvest date and crop yield on the fatty acid composition of virgin olive oils from cv. Picual.** *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(11), 3434 - 3440.
- Gao, C., Yang, R. & Yuan, D. 2017. **Characteristics of developmental differences between fertile and aborted ovules in *Camellia oleifera*.** *Journal of the american society for horticultural science*, 142(5), 330 - 336.
- Gao, C., Yuan, D., Wang, B., Yang, Y., Liu, D. & Han, Z. 2015. **A cytological study of anther and pollen development in *Camellia oleifera*.** *Genetics and molecular research*, 14(3), 8755 - 8765.
- Huang, J., Ahrends, A., He, J., Gui, H., Xu, J. & Mortimer, P. 2013. **An evaluation of the factors influencing seed oil production in *Camellia reticulata* L. plants.** *Industrial crops and products*, 50(797 - 802).
- Huang, L., Tan, X., Long, H. & Jiang, N. 2013. **An analysis and research on biosynthesis pathway and gene regulation of fatty acid of *Camellia oleifera* seeds.** *Journal of chemical and pharmaceutical research*, 5(12), 1252 - 1257.
- Li, Z., Shi, G. & Wu, D. 1992. **Influencing factors on oil content of oiltea *camellia*.** *Economic forest researches*, 1992(1).
- Liao, T., Yuan, D. Y., Zou, F., Gao, C., Yang, Y., Zhang, L. & Tan, X. F. 2014. **Self-sterility in *Camellia oleifera* may be due to the prezygotic late-acting self-incompatibility.** *Plos one*, 9(6), e99639.
- Ma, J., Ye, H., Rui, Y., Chen, G. & Zhang, N. 2011. **Fatty acid composition of *Camellia oleifera* oil.** *Journal of consumer protection and food safety*, 6(1), 9 - 12.
- Mondal, T. K. 2011. ***Camellia*.** *Wild crop relatives: genomic and breeding resources* (pp. 15 - 39): Springer.
- Pereira, d. L., Albuquerque, J. W., Melo Filho, M. B. P. A., Mansur Custódio Nogueira, R. J., Liziane Maria, d. L. & Roseane Cavalcanti, S. 2016. **Assessment of drought tolerance of peanut cultivars based on physiological and yield traits in a**

- semiarid environment.** *Agricultural water management*, 166(70 - 76).
- Rossi, L., Borghi, M., Francini, A., Lin, X., Xie, D.-Y. & Sebastiani, L. 2016. **Salt stress induces differential regulation of the phenylpropanoid pathway in *Olea europaea* cultivars Frantoio (salt - tolerant) and Leccino (salt - sensitive).** *Journal of plant physiology*, 204(8 - 15).
- Ruan, C. & Mopper, S. 2017. **High-crown grafting to increase low yields in *Camellia oleifera*.** *The journal of horticultural science and biotechnology*, 92(4), 439 - 444.
- Singer, S. D., Zou, J. & Weselake, R. J. 2016. **Abiotic factors influence plant storage lipid accumulation and composition.** *Plant science*, 243(1 - 9).
- Stack, L. & Ruter, J. 2006. **Tea oil *Camellia* - eastern "olive" for the world.** *Acta horticulturae*. 769, ISHS.
- Vela, P., Salinero, C. & Sainz, M. 2013. **Phenological growth stages of *Camellia japonica*.** *Annals of applied biology*, 162(2), 182 - 190.
- Wang, X., Chen, Y., Wu, L., Liu, R., Yang, X., Wang, R. & Yu, K. 2008. **Oil content and fatty acid composition of *Camellia oleifera* seed.** *Journal of central south university of forestry & technology*, 28(3), 11 - 17.
- Wen, Y., Su, S. c., Ma, L. y., Yang, S. y., Wang, Y. w. & Wang, X. n. 2018. **Effects of canopy microclimate on fruit yield and quality of *Camellia oleifera*.** *Scientia horticulturae*, 235(132 - 141).
- Yang, C., Liu, X., Chen, Z., Lin, Y. & Wang, S. 2016. **Comparison of oil content and fatty acid profile of ten new *Camellia oleifera* cultivars.** *Journal of lipids*, (6).
- Zeng, Y. & Li, Z. 2010. **Effects of the climate during flowering period on post-flowering fruit setting in *Camellia oleifera*.** *Journal of zhejiang forestry college*, 27(3), 323 - 328.
- Zeng, Y., Tan, X., Zhang, L., Jiang, N. & Cao, H. 2014. **Identification and expression of fructose-1, 6-bisphosphate aldolase genes and their relations to oil content in developing seeds of tea oil tree (*Camellia oleifera*).** *Plos one*, 9(9), e107422.





ภาคผนวก

1. การศึกษาการพัฒนาทางสัณฐานวิทยาของผลขนาน้ำมันดอกขาว

1.1.1 ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักผลที่ติดต้นฤดูและในฤดู

ตารางภาคผนวกที่ 1. ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักผลที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 1

Independent Samples Test

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|--------|-------------|--|------|------------------------------|--------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| weight | assumed | 4.568 | .048 | 2.731 | 16 | .015 | .53333 | .19530 |
| | not assumed | | | 2.731 | 11.046 | .019 | .53333 | .19530 |

ตารางภาคผนวกที่ 2. ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักผลที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 5

Independent Samples Test

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|--------|-------------|--|------|------------------------------|--------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| weight | assumed | 1.386 | .256 | -23.317 | 16 | .000 | -11.81556 | .50674 |
| | not assumed | | | -23.317 | 13.676 | .000 | -11.81556 | .50674 |

ตารางภาคผนวกที่ 3. ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักผลที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 6

Independent Samples Test

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|--------|-------------|--|------|------------------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| weight | assumed | 8.595 | .010 | -28.956 | 16 | .000 | -20.45889 | .70655 |
| | not assumed | | | -28.956 | 9.233 | .000 | -20.45889 | .70655 |

ตารางภาคผนวกที่ 4. ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักผลที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 7

| Independent Samples Test | | | | | | | |
|--------------------------|--|------|------------------------------|--------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| weight assumed | 3.906 | .066 | -14.747 | 16 | .000 | -14.65000 | .99340 |
| not assumed | | | -14.747 | 11.277 | .000 | -14.65000 | .99340 |

ตารางภาคผนวกที่ 5. ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักผลที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 8

| Independent Samples Test | | | | | | | |
|--------------------------|--|------|------------------------------|--------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| weight assumed | 3.995 | .063 | -11.256 | 16 | .000 | -8.15333 | .72436 |
| not assumed | | | -11.256 | 12.836 | .000 | -8.15333 | .72436 |

ตารางภาคผนวกที่ 6. ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักผลที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 9

| Independent Samples Test | | | | | | | |
|--------------------------|--|------|------------------------------|--------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| weight assumed | .278 | .605 | -6.839 | 16 | .000 | -6.66222 | .97417 |
| not assumed | | | -6.839 | 14.177 | .000 | -6.66222 | .97417 |

ตารางภาคผนวกที่ 7. ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักผลที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 10

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|----------------|--|------|------------------------------|--------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| weight assumed | .052 | .823 | -11.162 | 16 | .000 | -7.88889 | .70679 |
| not assumed | | | -11.162 | 14.142 | .000 | -7.88889 | .70679 |

1.1.2 ความแตกต่างระหว่างความกว้างผลที่ติดต้นฤดูและในฤดู

ตารางภาคผนวกที่ 8. ความแตกต่างระหว่างความกว้างผลที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 1

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|---------------|--|------|------------------------------|--------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| width assumed | 3.569 | .077 | 2.647 | 16 | .018 | 2.32222 | .87730 |
| not assumed | | | 2.647 | 12.089 | .021 | 2.32222 | .87730 |

ตารางภาคผนวกที่ 9. ความแตกต่างระหว่างความกว้างผลที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 5

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|---------------|--|------|------------------------------|--------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| width assumed | 1.389 | .256 | -9.140 | 16 | .000 | -9.66222 | 1.05713 |
| not assumed | | | -9.140 | 13.403 | .000 | -9.66222 | 1.05713 |

ตารางภาคผนวกที่ 10. ความแตกต่างระหว่างความกว้างผลที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 6

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|---------------|--|------|------------------------------|--------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| width assumed | 3.373 | .085 | -11.655 | 16 | .000 | -11.05889 | .94887 |
| not assumed | | | -11.655 | 10.474 | .000 | -11.05889 | .94887 |

ตารางภาคผนวกที่ 11. ความแตกต่างระหว่างความกว้างผลที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 7

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|---------------|--|------|------------------------------|--------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| width assumed | 1.173 | .295 | -5.813 | 16 | .000 | -6.94444 | 1.19472 |
| not assumed | | | -5.813 | 13.728 | .000 | -6.94444 | 1.19472 |

ตารางภาคผนวกที่ 12. ความแตกต่างระหว่างความกว้างผลที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 10

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|---------------|--|------|------------------------------|--------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| width assumed | .128 | .725 | -11.793 | 16 | .000 | -6.24333 | .52941 |
| not assumed | | | -11.793 | 15.701 | .000 | -6.24333 | .52941 |

1.1.3 ความแตกต่างระหว่างความยาวผลที่ติดต้นฤดูและในฤดู

ตารางภาคผนวกที่ 13. ความแตกต่างระหว่างความยาวผลที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 1

Independent Samples Test

| | Levene's Test for | | t-test for Equality of Means | | | | |
|----------------|-----------------------|------|------------------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| | Equality of Variances | | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| | F | Sig. | | | | | |
| length assumed | .065 | .802 | 2.326 | 16 | .033 | 1.46111 | .62810 |
| not assumed | | | 2.326 | 15.985 | .033 | 1.46111 | .62810 |

ตารางภาคผนวกที่ 14. ความแตกต่างระหว่างความยาวผลที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 5

Independent Samples Test

| | Levene's Test for | | t-test for Equality of Means | | | | |
|----------------|-----------------------|------|------------------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| | Equality of Variances | | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| | F | Sig. | | | | | |
| length assumed | 1.300 | .271 | -5.939 | 16 | .000 | -6.88111 | 1.15861 |
| not assumed | | | -5.939 | 13.681 | .000 | -6.88111 | 1.15861 |

ตารางภาคผนวกที่ 15. ความแตกต่างระหว่างความยาวผลที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 6

Independent Samples Test

| | Levene's Test for | | t-test for Equality of Means | | | | |
|----------------|-----------------------|------|------------------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| | Equality of Variances | | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| | F | Sig. | | | | | |
| length assumed | 2.330 | .146 | -7.192 | 16 | .000 | -6.94222 | .96525 |
| not assumed | | | -7.192 | 14.038 | .000 | -6.94222 | .96525 |

ตารางภาคผนวกที่ 16. ความแตกต่างระหว่างความยาวผลที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 7

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|----------------|--|------|------------------------------|--------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| length assumed | 1.042 | .322 | -6.662 | 16 | .000 | -4.79667 | .72004 |
| not assumed | | | -6.662 | 15.249 | .000 | -4.79667 | .72004 |

ตารางภาคผนวกที่ 17. ความแตกต่างระหว่างความยาวผลที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 8

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|----------------|--|------|------------------------------|--------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| length assumed | 6.177 | .024 | -3.873 | 16 | .001 | -5.33778 | 1.37805 |
| not assumed | | | -3.873 | 11.075 | .003 | -5.33778 | 1.37805 |

1.2 ความสัมพันธ์ของสภาพภูมิอากาศกับการพัฒนาผลชาน้ำมันที่ติดผลในช่วงเวลาที่ต่างกัน

ตารางภาคผนวกที่ 18. แสดงรายงานสภาพอากาศตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ.2560 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ.2561 (ข้อมูลจากโครงการศึกษาและพัฒนาการปลูกชาน้ำมันโดยมูลนิธิชัยพัฒนา พื้นที่แปลงปลูกชาน้ำมันบ้านปูนะ ตำบลเทอดไท อำเภอมะปายหลวง จังหวัดเชียงราย)

| สภาพภูมิอากาศระหว่างการพัฒนาผลชาน้ำมันทั้งสองฤดู | | | |
|--|---------------|----------------------------|--------------------------------|
| เดือน | อุณหภูมิ (°ซ) | ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%) | ปริมาณน้ำฝน (มม ³) |
| กันยายน | 28.57 | 88.56 | 23.80 |
| ตุลาคม | 27.59 | 83.40 | 27.37 |
| พฤศจิกายน | 26.25 | 86.27 | 5.23 |
| ธันวาคม | 20.62 | 83.44 | 11.10 |
| มกราคม | 21.23 | 71.03 | 2.34 |
| กุมภาพันธ์ | 31.28 | 77.15 | 0.14 |
| มีนาคม | 25.80 | 77.74 | 0.00 |
| เมษายน | 26.57 | 91.00 | 2.68 |
| พฤษภาคม | 26.95 | 91.90 | 4.33 |
| มิถุนายน | 30.56 | 85.27 | 10.42 |
| กรกฎาคม | 24.83 | 92.98 | 1.60 |
| สิงหาคม | 23.65 | 95.35 | 3.03 |
| กันยายน | 23.41 | 93.70 | 4.10 |
| ตุลาคม | 22.44 | 92.21 | 4.67 |
| ค่าเฉลี่ย | 25.70 | 86.43 | 7.20 |

หมายเหตุ : ค่าที่ได้คือค่าเฉลี่ยของแต่ละเดือน

1.2.1 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 19. แสดงค่าสถิติทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักผลกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของผลที่ติดในฤดู

| | | humidity in percentage | weight in grams |
|------------------------|---------------------|------------------------|-----------------|
| humidity in percentage | Pearson Correlation | 1 | .783** |
| | Sig. (2-tailed) | | .007 |
| | N | 10 | 10 |
| weight in grams | Pearson Correlation | .783** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .007 | |
| | N | 10 | 10 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ตารางภาคผนวกที่ 20. แสดงการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญของน้ำหนักผลกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของผลที่ติดในฤดู

| | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|------------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| Model | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | -120.580 | 40.569 | | -2.972 | .018 |
| | humidity in percentage | 1.657 | .465 | .783 | 3.561 | .007 |

a. Dependent Variable: weight in grams

ตารางภาคผนวกที่ 21. แสดงค่าสถิติทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างผลกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของผลที่ติดในฤดู

| | | humidity in percentage | width in millimeters |
|------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|
| humidity in percentage | Pearson Correlation | 1 | .860** |
| | Sig. (2-tailed) | | .001 |
| | N | 10 | 10 |
| width in millimeters | Pearson Correlation | .860** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .001 | |
| | N | 10 | 10 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ตารางภาคผนวกที่ 22. แสดงการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญของความกว้างผลกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของผลที่ติดในฤดู

| | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|------------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| Model | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | -88.785 | 25.683 | | -3.457 | .009 |
| | humidity in percentage | 1.403 | .294 | .860 | 4.764 | .001 |

a. Dependent Variable: width in millimeters

ตารางภาคผนวกที่ 23. แสดงค่าสถิติทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความยาวผลกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของผลที่ติดในฤดู

| | | humidity in percentage | length in millimeters |
|------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|
| humidity in percentage | Pearson Correlation | 1 | .881** |
| | Sig. (2-tailed) | | .001 |
| | N | 10 | 10 |
| length in millimeters | Pearson Correlation | .881** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .001 | |
| | N | 10 | 10 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ตารางภาคผนวกที่ 24. แสดงการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญของความยาวผลกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของผลที่ติดช่วงในฤดู

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized | t | Sig. |
|-------|------------------------|-----------------------------|------------|--------------|--------|------|
| | | B | Std. Error | Coefficients | | |
| 1 | (Constant) | -73.355 | 19.373 | | -3.787 | .005 |
| | humidity in percentage | 1.169 | .222 | .881 | 5.262 | .001 |

a. Dependent Variable: length in millimeters

1.2.2 ปริมาณน้ำฝน

ตารางภาคผนวกที่ 25. แสดงค่าสถิติทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างผลกับปริมาณน้ำฝนของผลที่ติดต้นฤดู

| | | rainfall in mm | width in millimeters |
|----------------------|---------------------|----------------|----------------------|
| rainfall in mm | Pearson Correlation | 1 | -.679* |
| | Sig. (2-tailed) | | .031 |
| | N | 10 | 10 |
| width in millimeters | Pearson Correlation | -.679* | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .031 | |
| | N | 10 | 10 |

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ตารางภาคผนวกที่ 26. แสดงการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญของความกว้างผลกับปริมาณน้ำฝนของผลที่ติดในช่วงต้นฤดู

| | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|----------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| Model | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | 36.377 | 3.830 | | 9.499 | .000 |
| | rainfall in mm | -.791 | .302 | -.679 | -2.618 | .031 |

a. Dependent Variable: width in millimeters

ตารางภาคผนวกที่ 27. แสดงค่าสถิติทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างผลกับปริมาณน้ำฝนของผลที่ติดในฤดู

| Correlations | | | |
|----------------------|---------------------|----------------|----------------------|
| | | rainfall in mm | width in millimeters |
| rainfall in mm | Pearson Correlation | 1 | .553 |
| | Sig. (2-tailed) | | .097 |
| | N | 10 | 10 |
| width in millimeters | Pearson Correlation | .553 | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .097 | |
| | N | 10 | 10 |

ตารางภาคผนวกที่ 28. แสดงการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญของความกว้างผลกับปริมาณน้ำฝนของผลที่ติดช่วงในฤดู

| Coefficients^a | | | | | | |
|---------------------------------|----------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | | |
| | | B | Std. Error | Beta | t | Sig. |
| 1 | (Constant) | 24.385 | 6.037 | | 4.039 | .004 |
| | rainfall in mm | 2.597 | 1.384 | .553 | 1.877 | .097 |

a. Dependent Variable: width in millimeters

ตารางภาคผนวกที่ 29. แสดงค่าสถิติทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความยาวผลกับปริมาณน้ำฝนของผลที่ติดต้นฤดู

| | | rainfall in mm | lenght in millimeters |
|-----------------------|---------------------|----------------|-----------------------|
| rainfall in mm | Pearson Correlation | 1 | -.653* |
| | Sig. (2-tailed) | | .041 |
| | N | 10 | 10 |
| lenght in millimeters | Pearson Correlation | -.653* | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .041 | |
| | N | 10 | 10 |

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ตารางภาคผนวกที่ 30. แสดงการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญของความยาวผลกับปริมาณน้ำฝนของผลที่ติดในช่วงต้นฤดู

| | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|----------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| Model | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | 31.195 | 3.465 | | 9.003 | .000 |
| | rainfall in mm | -.667 | .273 | -.653 | -2.438 | .041 |

a. Dependent Variable: lenght in millimeters

2. การศึกษาระยะที่เมล็ดเริ่มมีการสะสมแป้งและน้ำมัน

2.1 ประเมินการสะสมเม็ดแป้งระหว่างผลที่ติดต้นฤดูและในฤดู

ตารางภาคผนวกที่ 31 ประเมินการสะสมเม็ดแป้งระหว่างผลที่ติดต้นฤดูและในฤดู อายุ 6 เดือน

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|----------------|--|------|------------------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| Season assumed | .203 | .676 | 4.670 | 4 | .010 | .08667 | .01856 |
| not assumed | | | 4.670 | 3.806 | .011 | .08667 | .01856 |

ตารางภาคผนวกที่ 32 ประเมินการสะสมเม็ดแป้งระหว่างผลที่ติดต้นฤดูและในฤดู อายุ 7 เดือน

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|----------------|--|------|------------------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| Season assumed | 1.985 | .232 | -6.336 | 4 | .003 | -.64333 | .10154 |
| not assumed | | | -6.336 | 2.280 | .017 | -.64333 | .10154 |

ตารางภาคผนวกที่ 33 ประเมินการสะสมเม็ดแป้งระหว่างผลที่ติดต้นฤดูและในฤดู อายุ 8 เดือน

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|----------------|--|------|------------------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| Season assumed | 3.152 | .150 | 27.543 | 4 | .000 | 1.65000 | .05991 |
| not assumed | | | 27.543 | 2.249 | .001 | 1.65000 | .05991 |

ตารางภาคผนวกที่ 34 ประเมินการสะสมเม็ดแป้งระหว่างผลที่ติดต้นฤดูและในฤดู อายุ 9 เดือน

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|----------------|--|------|------------------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| Season assumed | 1.022 | .369 | 6.364 | 4 | .003 | 2.58667 | .40646 |
| not assumed | | | 6.364 | 2.738 | .010 | 2.58667 | .40646 |

ตารางภาคผนวกที่ 35 ประเมินการสะสมเม็ดแป้งระหว่างผลที่ติดต้นฤดูและในฤดู อายุ 10 เดือน

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|----------------|--|------|------------------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| Season assumed | 2.872 | .165 | -3.489 | 4 | .025 | -.79333 | .22740 |
| not assumed | | | -3.489 | 2.080 | .069 | -.79333 | .22740 |

2.2 ประเมินการสะสมหยดน้ำมันระหว่างผลที่ติดต้นฤดูและในฤดู

ตารางภาคผนวกที่ 36 ประเมินการสะสมหยดน้ำมันระหว่างผลที่ติดต้นฤดูและในฤดู อายุ 6 เดือน

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|----------------|--|------|------------------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| Season assumed | 1.118 | .350 | 3.683 | 4 | .021 | 1.55667 | .42272 |
| not assumed | | | 3.683 | 2.747 | .040 | 1.55667 | .42272 |

ตารางภาคผนวกที่ 37 ประเมินการสะสมหยดน้ำมันระหว่างผลที่ติดต้นฤดูและในฤดู อายุ 7 เดือน

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|----------------|--|------|------------------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| Season assumed | .235 | .653 | 2.891 | 4 | .045 | 7.09333 | 2.45349 |
| not assumed | | | 2.891 | 3.608 | .050 | 7.09333 | 2.45349 |

ตารางภาคผนวกที่ 38 ประเมินการสะสมหยดน้ำมันระหว่างผลที่ติดต้นฤดูและในฤดู อายุ 9 เดือน

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|----------------|--|------|------------------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| Season assumed | 2.300 | .204 | 8.094 | 4 | .001 | 9.14333 | 1.12971 |
| not assumed | | | 8.094 | 2.198 | .011 | 9.14333 | 1.12971 |

ตารางภาคผนวกที่ 39 ประเมินการสะสมหยดน้ำมันระหว่างผลที่ติดต้นฤดูและในฤดู อายุ 10 เดือน

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|----------------|--|------|------------------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| Season assumed | 3.151 | .151 | 3.998 | 4 | .016 | 1.12667 | .28182 |
| not assumed | | | 3.998 | 2.052 | .055 | 1.12667 | .28182 |

3. การเปลี่ยนแปลงของความชื้น ปริมาณร้อยละของน้ำมันและกรดไขมันในเมล็ดขนาน้ำมัน

3.1 การเปลี่ยนแปลงของความชื้น

ตารางภาคผนวกที่ 40 ความแตกต่างระหว่างความชื้นของเมล็ดที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 7

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|------------------|--|------|------------------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| Moisture assumed | .137 | .721 | -2.387 | 8 | .044 | -1.16400 | .48765 |
| not assumed | | | -2.387 | 7.964 | .044 | -1.16400 | .48765 |

ตารางภาคผนวกที่ 41 ความแตกต่างระหว่างความชื้นของเมล็ดที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 8

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|------------------|--|------|------------------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| Moisture assumed | .485 | .506 | 4.930 | 8 | .001 | 1.78000 | .36107 |
| not assumed | | | 4.930 | 7.897 | .001 | 1.78000 | .36107 |

ตารางภาคผนวกที่ 42 ความแตกต่างระหว่างความชื้นของเมล็ดที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 9

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|------------------|--|------|------------------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| Moisture assumed | 3.045 | .119 | 4.416 | 8 | .002 | 1.91600 | .43390 |
| not assumed | | | 4.416 | 5.944 | .005 | 1.91600 | .43390 |

3.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณร้อยละของน้ำมัน

ตารางภาคผนวกที่ 43 ความแตกต่างระหว่างน้ำมันในเมล็ดที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 7

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|-------------|--|------|------------------------------|-------|----------|------------|------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- | Mean | Std. Error |
| | | | | | tailed) | Difference | Difference |
| Oil assumed | .318 | .603 | 6.965 | 4 | .002 | 9.08667 | 1.30459 |
| not assumed | | | 6.965 | 3.549 | .003 | 9.08667 | 1.30459 |

ตารางภาคผนวกที่ 44 ความแตกต่างระหว่างน้ำมันในเมล็ดที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 8

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|-------------|--|------|------------------------------|-------|----------|------------|------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- | Mean | Std. Error |
| | | | | | tailed) | Difference | Difference |
| Oil assumed | .199 | .679 | 4.346 | 4 | .012 | 5.60000 | 1.28841 |
| not assumed | | | 4.346 | 3.963 | .012 | 5.60000 | 1.28841 |

ตารางภาคผนวกที่ 45 ความแตกต่างระหว่างน้ำมันในเมล็ดที่ติดต้นฤดูและในฤดูเดือนที่ 9

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|-------------|--|------|------------------------------|-------|----------|------------|------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- | Mean | Std. Error |
| | | | | | tailed) | Difference | Difference |
| Oil assumed | .144 | .724 | 4.288 | 4 | .013 | 2.67000 | .62260 |
| not assumed | | | 4.288 | 3.972 | .013 | 2.67000 | .62260 |

ตารางภาคผนวกที่ 46 ความแตกต่างระหว่างน้ำมันในเมล็ดที่ติดต้นถั่วและในถั่วเดือนที่ 10

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|-------------|--|------|------------------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| Oil assumed | .252 | .642 | 3.469 | 4 | .026 | 2.15000 | .61981 |
| not assumed | | | 3.469 | 3.734 | .029 | 2.15000 | .61981 |

3.3.1 ความแตกต่างระหว่างกรดไขมันในน้ำมันของเมล็ดที่ติดต้นถั่วและในถั่ว

ตารางภาคผนวกที่ 47 ความแตกต่างระหว่างกรดไขมันในน้ำมันของเมล็ดที่ติดต้นถั่วและในถั่วเดือนที่ 8 Palmitic acid

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|------------------|--|------|------------------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| Palmitic assumed | 1.974 | .233 | -4.390 | 4 | .012 | -2.01333 | .45861 |
| not assumed | | | -4.390 | 3.092 | .021 | -2.01333 | .45861 |

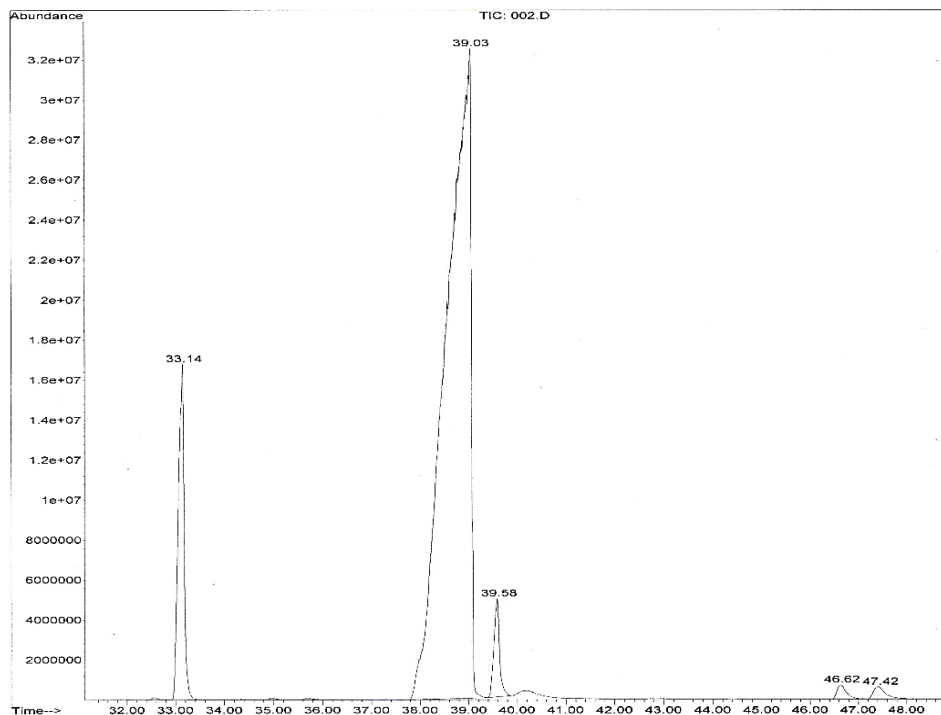
ตารางภาคผนวกที่ 48 ความแตกต่างระหว่างกรดไขมันในน้ำมันของเมล็ดที่ติดต้นถั่วและในถั่วเดือนที่ 10 Oleic acid

Independent Samples Test

| | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | |
|---------------|--|------|------------------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2- tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| Oleic assumed | 2.299 | .204 | -4.457 | 4 | .011 | -1.07667 | .24157 |
| not assumed | | | -4.457 | 2.841 | .024 | -1.07667 | .24157 |

3.3.2 การเปลี่ยนแปลงกรดไขมันในเมล็ดขาน้ำมันที่ติดผลต้นฤดูและในฤดู
 ภาคผนวกที่ 49 แสดงค่ากรดไขมันในน้ำมันของผลที่ติดต้นฤดู อายุ 8 เดือน

Acquired : 10 Jan 2019 22:51 using AcqMethod FATTY_SCAN.M
 Instrument : Instrument #1
 Sample Name: M8-2off
 Misc Info :
 Vial Number: 2



Sample : M8-2off
 Misc :
 ALS Vial : 2 Sample Multiplier: 1

Integration Parameters: AUTOINT1.E
 Integrator: ChemStation

Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\PRAPATSORN\PRAPATSORN.M
 Title :

Signal : TIC

| peak # | R.T. min | first scan | max scan | last scan | PK TY | peak height | corr. area | corr. % max. | % of total |
|--------|----------|------------|----------|-----------|-------|-------------|-------------|--------------|------------|
| 1 | 33.137 | 7048 | 7108 | 7214 | BB 2 | 16347762 | 1390004731 | 12.13% | 10.336% |
| 2 | 39.028 | 8199 | 8501 | 8584 | BV 5 | 31818962 | 11462643834 | 100.00% | 85.234% |
| 3 | 39.582 | 8584 | 8632 | 8704 | PV 2 | 4866098 | 395874936 | 3.45% | 2.944% |
| 4 | 46.618 | 10245 | 10296 | 10418 | BB 9 | 710985 | 95529631 | 0.83% | 0.710% |
| 5 | 47.422 | 10421 | 10486 | 10637 | BB 9 | 600259 | 104337012 | 0.91% | 0.776% |

Sum of corrected areas: 13448390144

Sample : M8-2off
 Misc :
 ALS Vial : 2 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST02.L Minimum Quality: 0

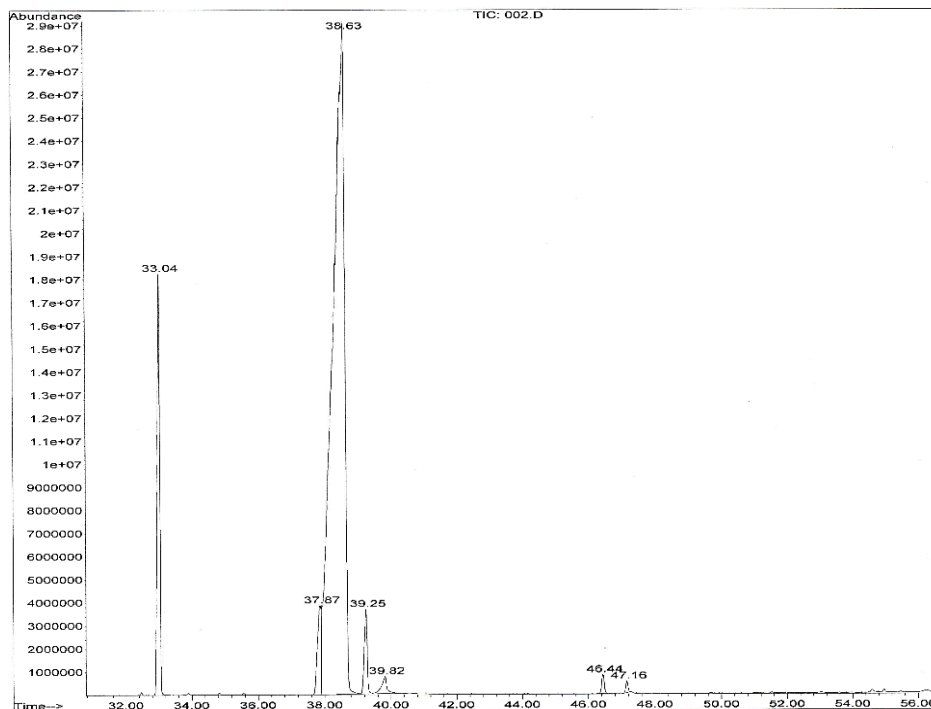
Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: Chemstation Integrator - AUTOINT1.E

| Pk# | RT | Area% | Library/ID | Ref# | CAS# | Qual |
|-----|-------|-------|--|--------|-------------|------|
| 1 | 33.14 | 10.34 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | Hexadecanoic acid, methyl ester | 100704 | 000112-39-0 | 98 |
| | | | Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester | 100727 | 005129-60-2 | 95 |
| | | | Hexadecanoic acid, methyl ester | 100707 | 000112-39-0 | 94 |
| 2 | 39.03 | 85.23 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- | 115457 | 001937-62-8 | 99 |
| | | | 12-Octadecenoic acid, methyl ester | 115442 | 056554-46-2 | 99 |
| | | | 11-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)- | 115462 | 001937-63-9 | 99 |
| 3 | 39.58 | 2.94 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | Octadecanoic acid, methyl ester | 116666 | 000112-61-8 | 99 |
| | | | Octadecanoic acid, methyl ester | 116665 | 000112-61-8 | 99 |
| | | | Octadecanoic acid, methyl ester | 116664 | 000112-61-8 | 99 |
| 4 | 46.62 | 0.71 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 11-Eicosenoic acid, methyl ester | 129957 | 003946-08-5 | 95 |
| | | | Cyclopentadecanone, 2-hydroxy- | 82445 | 004727-18-8 | 58 |
| | | | 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester | 115452 | 000112-62-9 | 47 |
| 5 | 47.42 | 0.78 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester | 115454 | 000112-62-9 | 90 |
| | | | Oxiraneoctanoic acid, 3-octyl-, methyl ester, cis- | 123967 | 002566-91-8 | 43 |
| | | | 11-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)- | 115462 | 001937-63-9 | 38 |



ภาคผนวกที่ 50 แสดงค่ากรดไขมันในน้ำมันของผลที่ติดในฤดู อายุ 8 เดือน

Acquired : 8 Jan 2019 23:19 using AcqMethod FATTY SCAN.M
 Instrument : Instrument #1
 Sample Name: M8-3
 Misc Info :
 Vial Number: 2



Sample : M8-3
 Misc :
 ALS Vial : 2 Sample Multiplier: 1

Integration Parameters: AUTOINT1.E
 Integrator: ChemStation

Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\PRAPATSORN\PRAPATSORN.M
 Title :

Signal : TIC

| peak # | R.T. min | first scan | max scan | last scan | PK TY | peak height | corr. area | corr. % max. | % of total |
|--------|----------|------------|----------|-----------|-------|-------------|------------|--------------|------------|
| 1 | 33.040 | 7037 | 7085 | 7152 | BB 2 | 18221924 | 987959020 | 13.60% | 11.079% |
| 2 | 37.874 | 8163 | 8228 | 8234 | BV 10 | 3858486 | 287707514 | 3.96% | 3.226% |
| 3 | 38.635 | 8234 | 8408 | 8509 | VV 4 | 29065629 | 7264486860 | 100.00% | 81.461% |
| 4 | 39.248 | 8509 | 8553 | 8599 | VV 3 | 3658939 | 225939137 | 3.11% | 2.534% |
| 5 | 39.823 | 8599 | 8689 | 8795 | VB 7 | 743221 | 83833352 | 1.15% | 0.940% |
| 6 | 46.437 | 10220 | 10253 | 10290 | BB 8 | 824876 | 44476764 | 0.61% | 0.499% |
| 7 | 47.160 | 10387 | 10424 | 10448 | BV 5 | 511207 | 23388689 | 0.32% | 0.262% |

Sum of corrected areas: 8917791337

Sample : M8-3
 Misc :
 ALS Vial : 2 Sample Multiplier: 1

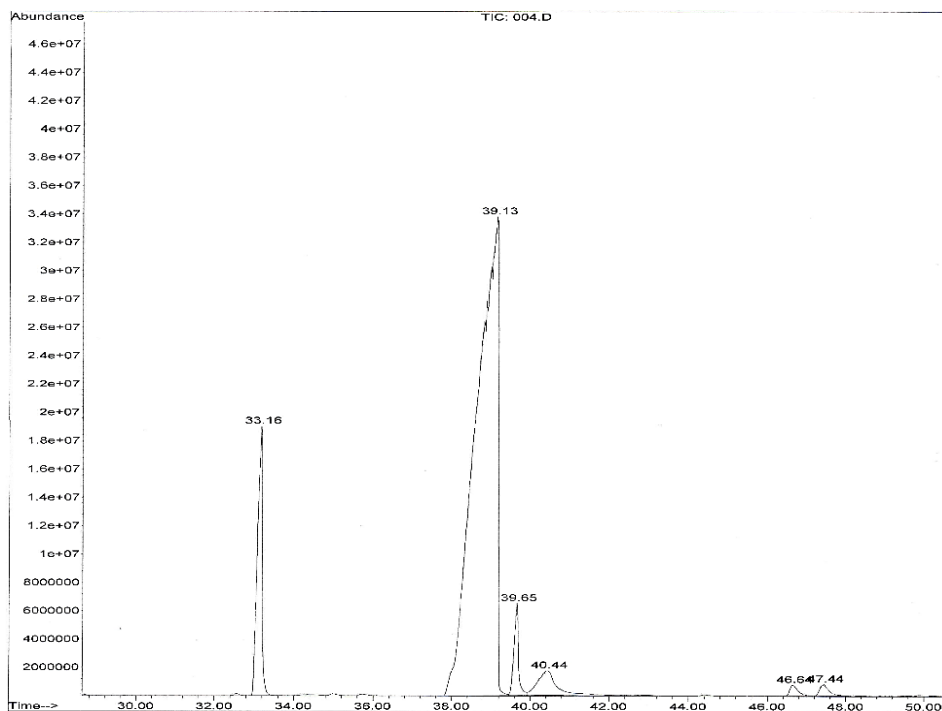
Search Libraries: C:\Database\NIST02.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: Chemstation Integrator - AUTOINT1.E

| Pk# | RT | Area% | Library/ID | Ref# | CAS# | Qual |
|-----|-------|-------|--|--------|-------------|------|
| 1 | 33.04 | 11.08 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | Hexadecanoic acid, methyl ester | 100704 | 000112-39-0 | 98 |
| | | | Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester | 100727 | 005129-60-2 | 96 |
| | | | Hexadecanoic acid, methyl ester | 100708 | 000112-39-0 | 96 |
| 2 | 37.87 | 3.23 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 10,13-Octadecadienoic acid, methyl ester | 114381 | 056554-62-2 | 99 |
| | | | 9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester | 114387 | 000112-63-0 | 99 |
| | | | 9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester | 114386 | 000112-63-0 | 99 |
| 3 | 38.63 | 81.46 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- | 115457 | 001937-62-8 | 99 |
| | | | 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester | 115454 | 000112-62-9 | 99 |
| | | | 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- | 115459 | 001937-62-8 | 99 |
| 4 | 39.25 | 2.53 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | Octadecanoic acid, methyl ester | 116666 | 000112-61-8 | 99 |
| | | | Octadecanoic acid, methyl ester | 116665 | 000112-61-8 | 98 |
| | | | Octadecanoic acid, methyl ester | 116657 | 000112-61-8 | 98 |
| 5 | 39.82 | 0.94 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 9-Octadecenoic acid, (E)- | 107527 | 000112-79-8 | 99 |
| | | | 6-Octadecenoic acid, (Z)- | 107523 | 000593-39-5 | 99 |
| | | | 9-Octadecenoic acid, (E)- | 107524 | 000112-79-8 | 97 |
| 6 | 46.44 | 0.50 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 11-Eicosenoic acid, methyl ester | 129957 | 003946-08-5 | 99 |
| | | | Cyclopentadecanone, 2-hydroxy- | 82445 | 004727-18-8 | 52 |
| | | | Cyclopropanoic acid, 2-hexyl-, methyl ester | 107579 | 010152-61-1 | 38 |
| 7 | 47.16 | 0.26 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- | 115459 | 001937-62-8 | 90 |
| | | | 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester | 115454 | 000112-62-9 | 90 |
| | | | 11-Octadecenoic acid, methyl ester | 115447 | 052380-33-3 | 90 |

ภาคผนวกที่ 51 แสดงค่ากรดไขมันในน้ำมันของผลที่ติดต้นฤดู อายุ 9 เดือน

Acquired : 11 Jan 2019 1:01 using AcqMethod FATTY SCAN.M
 Instrument : Instrument #1
 Sample Name : M9-loff
 Misc: Info :
 Vial Number: 4



Sample : M9-loff
 Misc :
 ALS Vial : 4 Sample Multiplier: 1

Integration Parameters: AUTOINT1.E
 Integrator: ChemStation

Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\PRAPATSORN\PRAPATSORN.M
 Title :

Signal : TIC

| peak # | R.T. min | first scan | max scan | last scan | PK TY | peak height | corr. area | corr. % max. | % of total |
|--------|----------|------------|----------|-----------|-------|-------------|-------------|--------------|------------|
| 1 | 33.159 | 7054 | 7113 | 7227 | BB 2 | 19133641 | 1625826045 | 12.14% | 9.956% |
| 2 | 39.130 | 8185 | 8525 | 8601 | BV 7 | 33695679 | 13387733886 | 100.00% | 81.982% |
| 3 | 39.654 | 8601 | 8649 | 8712 | VV 2 | 6426820 | 516201485 | 3.86% | 3.161% |
| 4 | 40.436 | 8712 | 8834 | 9154 | VB 2 | 1713655 | 556589908 | 4.16% | 3.408% |
| 5 | 46.640 | 10238 | 10301 | 10428 | BV 10 | 769373 | 112948208 | 0.84% | 0.692% |
| 6 | 47.443 | 10428 | 10491 | 10634 | PB 10 | 807681 | 130869517 | 0.98% | 0.801% |

Sum of corrected areas: 16330169051

Sample : M9-1off
 Misc :
 ALS Vial : 4 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST02.L Minimum Quality: 0

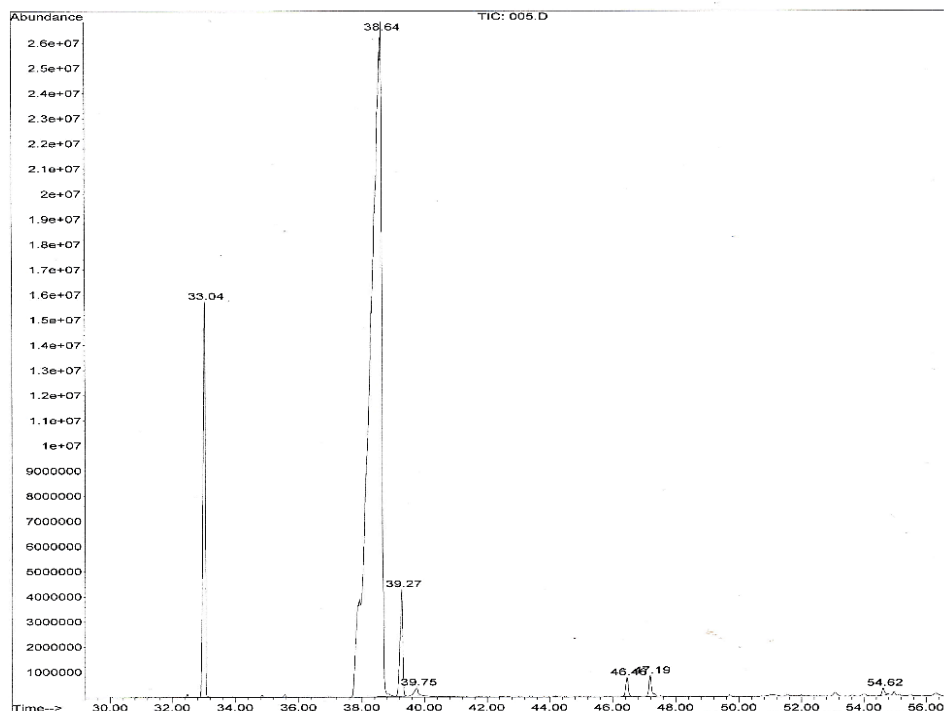
Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: Chemstation Integrator - AUTOINT1.E

| Pk# | RT | Area% | Library/ID | Ref# | CAS# | Qual |
|-----|-------|-------|--|--------|-------------|------|
| 1 | 33.16 | 9.96 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | Hexadecanoic acid, methyl ester | 100704 | 000112-39-0 | 98 |
| | | | Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester | 100727 | 005129-60-2 | 96 |
| | | | Hexadecanoic acid, methyl ester | 100711 | 000112-39-0 | 94 |
| 2 | 39.13 | 81.98 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- | 115457 | 001937-62-8 | 99 |
| | | | 9-Octadecenoic acid, methyl ester | 115431 | 002462-84-2 | 99 |
| | | | 11-Octadecenoic acid, methyl ester | 115447 | 052380-33-3 | 99 |
| 3 | 39.65 | 3.16 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | Octadecanoic acid, methyl ester | 116666 | 000112-61-8 | 99 |
| | | | Octadecanoic acid, methyl ester | 116665 | 000112-61-8 | 99 |
| | | | Octadecanoic acid, methyl ester | 116664 | 000112-61-8 | 99 |
| 4 | 40.44 | 3.41 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 6-Octadecenoic acid, (Z)- | 107523 | 000593-39-5 | 99 |
| | | | 9-Octadecenoic acid, (E)- | 107527 | 000112-79-8 | 99 |
| | | | Oleic Acid | 107517 | 000112-80-1 | 94 |
| 5 | 46.64 | 0.69 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 11-Eicosenoic acid, methyl ester | 129957 | 003946-08-5 | 70 |
| | | | Cyclopentadecanone, 2-hydroxy- | 82445 | 004727-18-8 | 58 |
| | | | Cyclododecane | 34706 | 000294-62-2 | 43 |
| 6 | 47.44 | 0.80 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | Dodecanoic acid, methyl ester | 65596 | 000111-82-0 | 42 |
| | | | Nonanoic acid, methyl ester | 37235 | 001731-84-6 | 38 |
| | | | Undecanoic acid, 2-methyl- | 56065 | 024323-25-9 | 35 |



ภาคผนวกที่ 52 แสดงค่ากรดไขมันในน้ำมันของผลที่ติดในฤดู อายุ 9 เดือน

Acquired : 9 Jan 2019 2:36 using AcqMethod FATTY SCAN.M
 Instrument : Instrument #1
 Sample Name : M9-3
 Misc Info :
 Vial Number : 5



Sample : M9-3
 Misc :
 ALS Vial : 5 Sample Multiplier: 1

Integration Parameters: AUTOINT1.E
 Integrator: ChemStation

Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\PRAPATSORN\PRAPATSORN.M
 Title :

Signal : TIC

| peak # | R.T. min | first scan | max scan | last scan | PK TY | peak height | corr. area | corr. % | % of max. | % of total |
|--------|----------|------------|----------|-----------|-------|-------------|------------|---------|-----------|------------|
| 1 | 33.040 | 7039 | 7085 | 7138 | BB 2 | 15748898 | 813112027 | 12.09% | | 10.250% |
| 2 | 38.635 | 8170 | 8408 | 8514 | BV 5 | 26409857 | 6725775983 | 100.00% | | 84.787% |
| 3 | 39.273 | 8514 | 8559 | 8609 | VV 2 | 4250125 | 252687883 | 3.76% | | 3.185% |
| 4 | 39.751 | 8609 | 8672 | 8742 | PB 8 | 331824 | 30455592 | 0.45% | | 0.384% |
| 5 | 46.458 | 10216 | 10258 | 10297 | BB 7 | 745664 | 42745632 | 0.64% | | 0.539% |
| 6 | 47.189 | 10397 | 10431 | 10485 | BB 7 | 831335 | 50478734 | 0.75% | | 0.636% |
| 7 | 54.623 | 12152 | 12189 | 12241 | BB 7 | 286880 | 17318983 | 0.26% | | 0.218% |

Sum of corrected areas: 7932574834

Sample : M9-3
 Misc :
 ALS Vial : 5 Sample Multiplier: 1

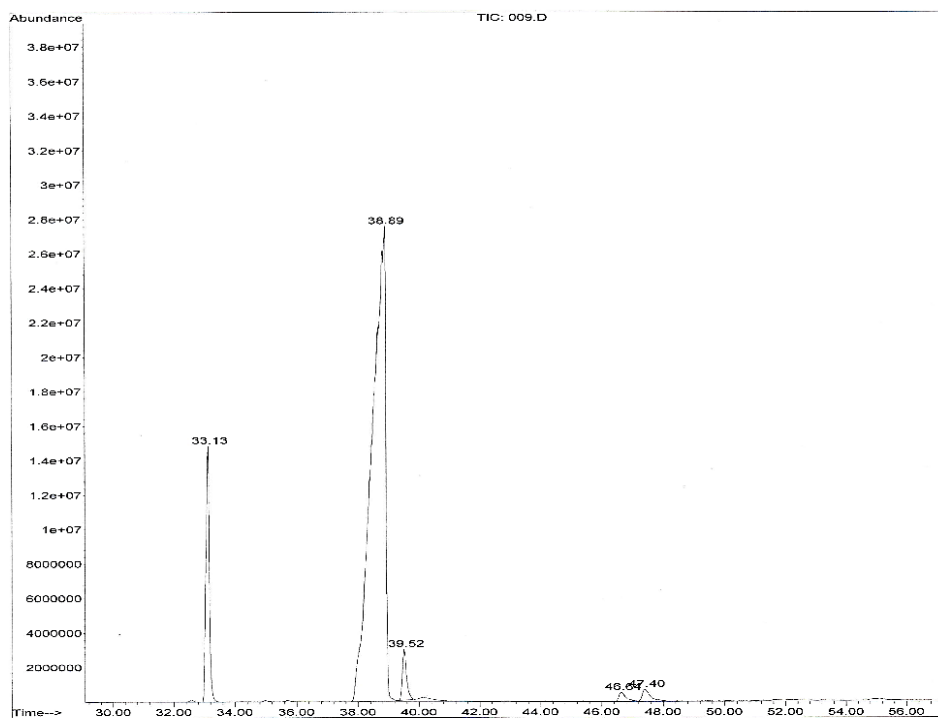
Search Libraries: C:\Database\NIST02.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: Chemstation Integrator - AUTOINT1.E

| Pk# | RT | Area% | Library/ID | Ref# | CAS# | Qual |
|-----|-------|-------|--|--------|--------------|------|
| 1 | 33.04 | 10.25 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | Hexadecanoic acid, methyl ester | 100704 | 000112-39-0 | 98 |
| | | | Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester | 100727 | 005129-60-2 | 97 |
| | | | Hexadecanoic acid, methyl ester | 100708 | 000112-39-0 | 96 |
| 2 | 38.63 | 84.79 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- | 115457 | 001937-62-8 | 99 |
| | | | 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester | 115454 | 000112-62-9 | 99 |
| | | | 9-Octadecenoic acid, methyl ester | 115431 | 002462-84-2 | 99 |
| 3 | 39.27 | 3.19 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | Octadecanoic acid, methyl ester | 116666 | 000112-61-8 | 99 |
| | | | Octadecanoic acid, methyl ester | 116665 | 000112-61-8 | 98 |
| | | | Octadecanoic acid, methyl ester | 116657 | 000112-61-8 | 97 |
| 4 | 39.75 | 0.38 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 6-Octadecenoic acid, (Z)- | 107523 | 000593-39-5 | 99 |
| | | | 9-Octadecenoic acid, (E)- | 107524 | 000112-79-8 | 97 |
| | | | Z-7-Pentadecenol | 73910 | 1000130-76-6 | 93 |
| 5 | 46.46 | 0.54 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 11-Eicosenoic acid, methyl ester | 129957 | 003946-08-5 | 99 |
| | | | 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- | 115457 | 001937-62-8 | 83 |
| | | | 12-Octadecenoic acid, methyl ester | 115442 | 056554-46-2 | 64 |
| 6 | 47.19 | 0.64 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 11-Octadecenoic acid, methyl ester | 115447 | 052380-33-3 | 91 |
| | | | 8-Octadecenoic acid, methyl ester | 115429 | 002345-29-1 | 91 |
| | | | 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester | 115454 | 000112-62-9 | 91 |
| 7 | 54.62 | 0.22 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 11-Octadecenoic acid, methyl ester | 115447 | 052380-33-3 | 50 |
| | | | 9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester | 143486 | 003443-84-3 | 46 |
| | | | 2,3-Dihydroxypropyl elaidate | 143460 | 002716-53-2 | 41 |

ภาคผนวกที่ 53 แสดงค่ากรดไขมันในน้ำมันของผลที่ติดต้นฤดู อายุ 10 เดือน

Acquired : 11 Jan 2019 6:28 using AcqMethod FATTY_SCAN.M
 Instrument : Instrument #1
 Sample Name : m10-3off
 Misc Tinfo :
 Vial Number : 1



Sample : m10-3off
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Integration Parameters: AUTOINT1.E
 Integrator: ChemStation

Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\PRAPATSORN\PRAPATSORN.M
 Title :

Signal : TIC

| peak # | R.T. min | first scan | max scan | last scan | PK TY | peak height | corr. area | corr. % max. | % of total |
|--------|----------|------------|----------|-----------|-------|-------------|------------|--------------|------------|
| 1 | 33.129 | 7051 | 7106 | 7221 | BB 2 | 14873991 | 1206491230 | 14.13% | 11.811% |
| 2 | 38.893 | 8185 | 8469 | 8571 | BV 7 | 27149792 | 8541418851 | 100.00% | 83.614% |
| 3 | 39.514 | 8571 | 8616 | 8703 | PV 4 | 2943947 | 278025377 | 3.26% | 2.722% |
| 4 | 46.635 | 10251 | 10300 | 10431 | BV 4 | 500909 | 74544426 | 0.87% | 0.730% |
| 5 | 47.405 | 10431 | 10482 | 10657 | PB 4 | 664886 | 114782666 | 1.34% | 1.124% |

Sum of corrected areas: 10215262551

Sample : m10-3off
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST02.L Minimum Quality: 0

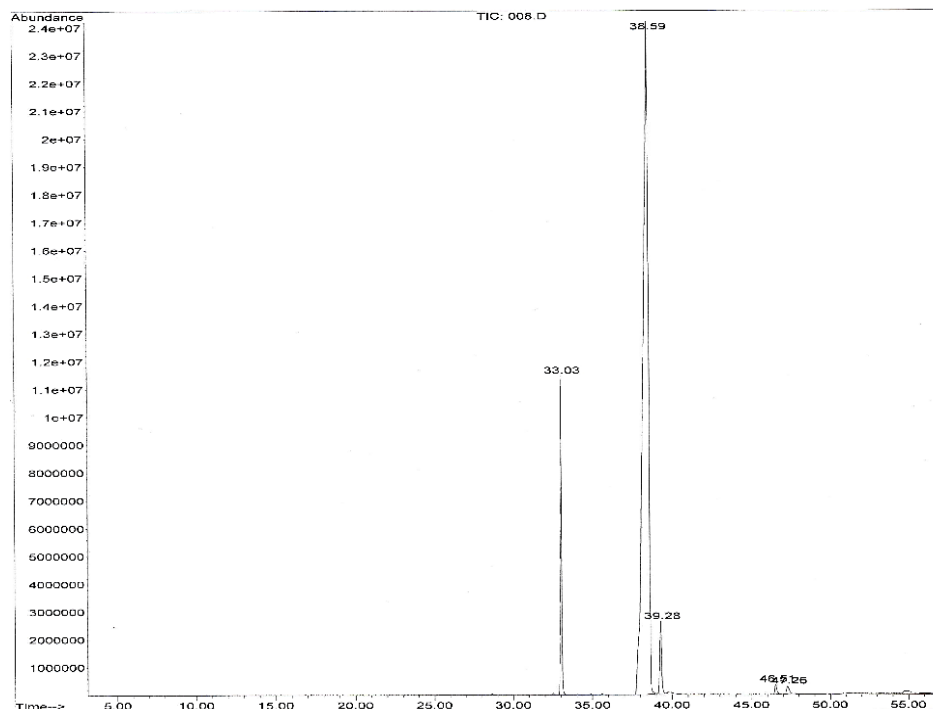
Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: Chemstation Integrator - AUTOINT1.E

| Pk# | RT | Area% | Library/ID | Ref# | CAS# | Qual |
|-----|-------|-------|---|--------|-------------|------|
| 1 | 33.13 | 11.81 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | Hexadecanoic acid, methyl ester | 100704 | 000112-39-0 | 98 |
| | | | Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester | 100727 | 005129-60-2 | 95 |
| | | | Hexadecanoic acid, methyl ester | 100711 | 000112-39-0 | 94 |
| 2 | 38.89 | 83.61 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- | 115457 | 001937-62-8 | 99 |
| | | | 11-Octadecenoic acid, methyl ester | 115447 | 052380-33-3 | 99 |
| | | | 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- | 115460 | 001937-62-8 | 99 |
| 3 | 39.51 | 2.72 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | Octadecanoic acid, methyl ester | 116665 | 000112-61-8 | 98 |
| | | | Octadecanoic acid, methyl ester | 116666 | 000112-61-8 | 98 |
| | | | Octadecanoic acid, methyl ester | 116657 | 000112-61-8 | 98 |
| 4 | 46.64 | 0.73 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 11-Eicosenoic acid, methyl ester | 129957 | 003946-08-5 | 99 |
| | | | 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester | 115452 | 000112-62-9 | 64 |
| | | | Cyclopropaneoctanoic acid, 2-hexyl-, methyl ester | 107579 | 010152-61-1 | 60 |
| 5 | 47.40 | 1.12 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester | 115454 | 000112-62-9 | 92 |
| | | | 8-Octadecenoic acid, methyl ester | 115429 | 002345-29-1 | 90 |
| | | | 9-Octadecenoic acid, methyl ester | 115431 | 002462-84-2 | 59 |



ภาคผนวกที่ 54 แสดงค่ากรดไขมันในน้ำมันของผลที่ติดในฤดู อายุ 10 เดือน

Acquired : 9 Jan 2019 5:54 using AcqMethod FATTY SCAN.M
 Instrument : Instrument #1
 Sample Name : M10-3
 Misc Info :
 Vial Number : 8



Sample : M10-3
 Misc :
 ALS Vial : 8 Sample Multiplier: 1

Integration Parameters: AUTOINT1.E
 Integrator: ChemStation

Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\PRAPATSORN\PRAPATSORN.M
 Title :

Signal : TIC

| peak # | R.T. min | first scan | max scan | last scan | PK TY | peak height | corr. area | corr. % max. | % of total |
|--------|----------|------------|----------|-----------|-------|-------------|------------|--------------|------------|
| 1 | 33.036 | 7039 | 7084 | 7165 | BB | 11425076 | 658349534 | 11.98% | 10.251% |
| 2 | 38.588 | 8173 | 8397 | 8516 | BV 5 | 24010641 | 5495496075 | 100.00% | 85.567% |
| 3 | 39.277 | 8516 | 8560 | 8630 | PV 3 | 2586664 | 202611299 | 3.69% | 3.155% |
| 4 | 46.513 | 10230 | 10271 | 10347 | BB 3 | 355653 | 32184071 | 0.59% | 0.501% |
| 5 | 47.261 | 10397 | 10448 | 10532 | BB 3 | 276907 | 33830779 | 0.62% | 0.527% |

Sum of corrected areas: 6422471759

Sample : M10-3
 Misc :
 ALS Vial : 8 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST02.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: Chemstation Integrator - AUTOINT1.E

| PK# | RT | Area% | Library/ID | Ref# | CAS# | Qual |
|-----|-------|-------|--|--------|-------------|------|
| 1 | 33.04 | 10.25 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | Hexadecanoic acid, methyl ester | 100704 | 000112-39-0 | 98 |
| | | | Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester | 100727 | 005129-60-2 | 96 |
| 2 | 38.59 | 85.57 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- | 115457 | 001937-62-8 | 99 |
| | | | 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester | 115454 | 000112-62-9 | 99 |
| 3 | 39.28 | 3.15 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | Octadecanoic acid, methyl ester | 116665 | 000112-61-8 | 98 |
| | | | Octadecanoic acid, methyl ester | 116666 | 000112-61-8 | 98 |
| 4 | 46.51 | 0.50 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 11-Eicosenoic acid, methyl ester | 129957 | 003946-08-5 | 99 |
| | | | Cyclopentadecanone, 2-hydroxy- | 82445 | 004727-18-8 | 38 |
| 5 | 47.26 | 0.53 | C:\Database\NIST02.L | | | |
| | | | 10-Octadecenoic acid, methyl ester | 115443 | 013481-95-3 | 96 |
| | | | 9-Octadecenoic acid, methyl ester | 115431 | 002462-84-2 | 96 |
| | | | 7-Octadecenoic acid, methyl ester | 115430 | 057396-98-2 | 95 |



ประวัติผู้วิจัย

| | |
|-----------------|---|
| ชื่อ-สกุล | สุนิสา สัมมา |
| เกิดเมื่อ | 27 มีนาคม 2537 |
| ประวัติการศึกษา | พ.ศ. 2558 วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชสวน สาขาไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พ.ศ. 2554 มัธยมศึกษาตอนปลาย ณ โรงเรียนสตรีประเสริฐศิลป์ อ.เมือง จ.ตราด |

