



วิธีการเก็บตัวอย่าง และการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำยางสดและเซรัมน้ำยาง  
เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง  
**Method of Sampling and Storage of Fresh Rubber Latex and Serum  
for Nutrient and Biochemical Composition Analysis**

วารุณี อติศักดิ์กุล

**Warunee Atisakkul**

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรดิน  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for  
the Degree of Master of Science in Soil Resources Management**

**Prince of Songkla University**

**2557**

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์	วิธีการเก็บตัวอย่าง และการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำยางสดและเซรัมน้ำยาง เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง
ผู้เขียน	นางสาววารุณี อติศักดิ์กุล
สาขาวิชา	การจัดการทรัพยากรดิน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	คณะกรรมการสอบ
..... (รองศาสตราจารย์ ดร.จำเริญ อ่อนทอง)	.....ประธานกรรมการ (รองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา เฟื่องหนู)
	.....กรรมการ (รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร จาญพจน์)
	.....กรรมการ (รองศาสตราจารย์ ดร.จำเริญ อ่อนทอง)
	.....กรรมการ (ดร.ขวัญตา ขาวมี)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ  
ทรัพยากรดิน

.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณ  
บุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.จำเริญ อ่อนทอง)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(นางสาววารุณี อติศักดิ์กุล)

นักศึกษา

(4)

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน  
และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาววารุณี อติศักดิ์กุล)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์	วิธีการเก็บตัวอย่าง และการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำยางสดและเซรัมน้ำยาง เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง
ผู้เขียน	นางสาววารุณี อติศักดิ์กุล
สาขาวิชา	การจัดการทรัพยากรดิน
ปีการศึกษา	2556

### บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถตรวจสอบสุขภาพของต้นยางพาราและผลผลิตยาง รวมทั้งสามารถประเมินสถานะธาตุอาหาร อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนที่สำคัญ คือ วิธีการเก็บและเก็บรักษาตัวอย่างน้ำยางสดและเซรัมน้ำยางที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ค่าวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือ จึงทำการศึกษา 1) วิธีการเก็บรักษาเซรัมน้ำยาง 2) วิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำยางสด และ 3) ตำแหน่งและช่วงเวลาในการเก็บน้ำยางสด ดังนี้

**วิธีการเก็บรักษาเซรัมน้ำยาง** ประกอบด้วย การศึกษาระยะเวลาเก็บรักษาเซรัมน้ำยางในตู้เย็น (1-7 วัน) อุณหภูมิเก็บรักษาเซรัมน้ำยางที่อุณหภูมิห้อง (31 °C) และแช่ในกล่องน้ำแข็ง (4 °C) และระยะเวลาสกัดเซรัมน้ำยาง (10 นาที และ 5 ชั่วโมง) และกระดาษกรองที่ใช้ (วัตแมนเบอร์ 1 และเบอร์ 5) ต่อค่าวิเคราะห์ธาตุอาหาร ได้แก่ แอมโมเนียม ไนเตรต โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม และองค์ประกอบทางชีวเคมี ได้แก่ เนื้อยางแห้ง ซูโครส อินทรีฟอสฟอรัส และไทอล ผลการศึกษาพบว่า ระยะเวลาก่อนเก็บรักษาเซรัมน้ำยางในตู้เย็น (20 °C) 1-7 วัน ไม่มีผลต่อโพแทสเซียม แมกนีเซียม ซูโครส และอินทรีฟอสฟอรัส แต่ทำให้ไทอลลดลง แคลเซียมและไนเตรตเพิ่มขึ้น ขณะที่แอมโมเนียมเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน ทั้งนี้การเก็บรักษาเซรัมน้ำยางที่อุณหภูมิห้องและในกล่องน้ำแข็งไม่มีผลต่อซูโครสและอินทรีฟอสฟอรัส และเวลากัดและกระดาษกรองไม่มีผลต่อค่าวิเคราะห์โพแทสเซียม แมกนีเซียม และเนื้อยางแห้ง อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีเมื่อใช้เวลากัด 5 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 และเบอร์ 5 มีค่าสูงกว่าการใช้เวลากัด 10 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 2 ขนาด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน

**วิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำยางสด** ศึกษาผลของการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำยางสดที่อุณหภูมิห้องและแช่ในกล่องน้ำแข็ง และผลของการเติมคลอโรฟอร์มในน้ำยางสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ต่อค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยาง ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิและสารยับยั้งจุลินทรีย์ไม่มีผลต่อค่าธาตุอาหารและอินทรีฟอสฟอรัส อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำยางสดที่อุณหภูมิห้องนานเกิน 1 ชั่วโมง มีผลทำให้

ซูโครสลดลงอย่างชัดเจน ถึงแม้ว่าจะมีการเติมคลอโรฟอร์ม นอกจากนี้ ยังพบว่า การเก็บรักษา น้ำยางสดในกล่องน้ำแข็งทำให้ไทออลเพิ่มสูงขึ้น

**ตำแหน่งเก็บน้ำยางสด** ศึกษาผลของตำแหน่งการเก็บน้ำยางสด 4 ตำแหน่ง คือ 1) ด้านข้างเหนือจุดเริ่มกรีด 5 ซม. 2) ด้านข้างใต้จุดเริ่มกรีด 5 ซม. 3) กึ่งกลางใต้รอยกรีด 5 ซม. และ 4) น้ำยางจากการกรีด ในแปลงยางพาราอายุ 7 และ 16 ปี ผลการศึกษาพบว่า ทั้ง 2 แปลง ให้ผลทำนองเดียวกัน คือ น้ำยางจากการกรีดมีความเข้มข้นของธาตุอาหารต่ำกว่า ตำแหน่งอื่นๆ ซึ่งมีธาตุอาหารใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม แอมโมเนียมและแคลเซียมที่ตำแหน่ง กึ่งกลางใต้รอยกรีดมีค่าสูงกว่าน้ำยางที่เก็บจากตำแหน่งอื่นๆ และตำแหน่งนี้ค่าองค์ประกอบ ทางชีวเคมีสะท้อนกิจกรรมการสร้างน้ำยางดีกว่าตำแหน่งอื่น โดยมีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณเนื้อยางแห้ง ซูโครส และไทออลต่ำ แต่อนินทรีย์ฟอสฟอรัสสูง

**ช่วงเวลาเก็บน้ำยางสด** ศึกษาผลของช่วงเวลาเก็บน้ำยางสด คือ ช่วงเช้า (8.00 และ 10.00 น.) และช่วงเที่ยงถึงบ่าย (12.00, 14.00 และ 16.00 น.) ต่อค่าวิเคราะห์ ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมี โดยการเก็บน้ำยางสดแต่ละช่วงเวลาจะเก็บซ้ำต้นเดิมใน แปลงทดลองที่อำเภอคลองหอยโข่งและเทพา และเก็บจากต่างต้นในแปลงทดลองที่อำเภอเทพา ผลการศึกษาพบว่า ทั้ง 2 แปลง ให้ผลทำนองเดียวกัน คือ ความเข้มข้นของธาตุอาหารในช่วง เช้ามีค่าสูงกว่าในช่วงเที่ยงและบ่าย ยกเว้น ไนเตรต ส่วนค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีในช่วงเช้า สะท้อนกิจกรรมการสร้างน้ำยางดีกว่าในช่วงเวลาอื่น อย่างไรก็ตาม ในแปลงทดลองที่อำเภอ คลองหอยโข่ง พบว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีทั้งในช่วงเช้าและ บ่ายมีค่าไม่แตกต่างกัน

การเก็บและการเก็บรักษา น้ำยางสดเพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบ ทางชีวเคมีในน้ำยางควรเก็บน้ำยางสดจากกึ่งกลางใต้รอยกรีด 5 เซนติเมตร และเก็บในช่วงเช้า จากนั้นเก็บรักษา น้ำยางสดโดยวางในกล่องน้ำแข็ง และสกัดเป็นเซรัม น้ำยางทันทีด้วยกรดผสม ที่ซีโอกับอีดีทีเอ โดยใช้เวลาสกัด 10 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 และแช่ เซรัมในกล่องน้ำแข็ง เซรัม น้ำยางสามารถเก็บในตู้เย็นได้ประมาณ 1 วัน สำหรับวิเคราะห์ แอมโมเนียม ไนเตรต แคลเซียม และไทออล และสามารถเก็บได้นาน 7 วัน สำหรับวิเคราะห์ โปแทสเซียม แมกนีเซียม ซูโครส และอนินทรีย์ฟอสฟอรัส อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษา เพิ่มเติมถึงช่วงเวลาในรอบปีที่เหมาะสมสำหรับเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ รวมทั้งอิทธิพลต่างๆ ที่ อาจมีผลต่อค่าวิเคราะห์ เช่น ปริมาณน้ำฝน การผลัดใบ ความถี่ในการกรีดยาง การจัดการธาตุ-อาหาร และโรค เป็นต้น

<b>Thesis Title</b>	Method of Sampling and Storage of Fresh Rubber Latex and Serum for Nutrient and Biochemical Composition Analysis
<b>Author</b>	Miss Warunee Atisakkul
<b>Major Program</b>	Soil Resources Management
<b>Academic Year</b>	2013

### ABSTRACT

Analysis of nutrients and biochemical compositions in rubber latex can aid in the determination of tree health and yield, and in the evaluation of plant nutrient status. However, the essential step is a suitable method of collecting and storing fresh latex and latex serum for a reliable analysis. The objectives of the study were to investigate 1) methods of storage of latex serum 2) methods of storage of fresh latex and 3) the position and period for collecting latex.

**Methods of storage of latex serum.** This involved observing the storage of latex serum in a refrigerator (1-7 days), the storage of latex serum at room temperature (31 °C) and in the ice box (4 °C), and the effects of the period of extraction (10 minutes and 5 hours) and filter paper (whatman no. 1 and whatman no. 5) on the analysis of nutrients e.g. ammonium, nitrate, potassium, magnesium and calcium and biochemical components e.g. dry rubber content, sucrose, inorganic phosphorus and thiol. The results showed that the period of storage did not affect the values of potassium, magnesium, sucrose and inorganic phosphorus. Latex serum which was kept for a long time led to a decrease of thiol, an increase of calcium and nitrate and the fluctuation of ammonium. The storage of latex serum at room temperature and in the ice box did not affect the values of sucrose and inorganic phosphorus. The period of extraction and filter paper did not affect the values of potassium, magnesium and dry rubber content. However, nutrient concentrations and biochemical components of latex serum which was extracted for 5 hours and filtered with whatman no. 1 or no. 5 were higher than latex serum which was extracted for 10 minutes and filtered with whatman no.1 or no. 5 which gave almost similar results.

**Methods of storage of fresh latex.** This study was to investigate the effect of storage of fresh latex at room temperature and in the ice box and chloroform which was added in fresh latex at room temperature on the analysis of nutrients and biochemical components. The results showed that temperature and chloroform did not affect the values of nutrients and inorganic phosphorus. Sucrose concentrations of fresh latex that were stored both with and without the addition of chloroform and kept at room temperature for longer than 1 hour were significantly decreased. Thiol concentrations increased when fresh latex was kept in the ice box.

**Suitable position for collecting fresh latex.** This study was carried out to find the effect of 4 positions of latex collection: 1) 5 cm above initial tapping cut 2) 5 cm below initial tapping cut 3) 5 cm below middle tapping cut and 4) tapping cut. This experiment was conducted in two rubber plantations (7 and 16 years old). The results in 2 locations were consistent. Nutrient concentrations of latex from the tapping cut were lower than other positions which were similar. However, ammonium and calcium concentrations at the 5 cm below middle tapping cut were higher than other positions. The position at 5 cm below the middle tapping cut reflected higher activity of rubber synthesis than other positions. Low values of total solid content, dry rubber content, sucrose and thiol were found but were high in inorganic phosphorus.

**Suitable period for collecting fresh latex.** The period of collecting fresh latex in the morning (at 8.00 and 10.00) and noon to afternoon (at 12.00, 14.00 and 16.00) for the analysis of nutrients and biochemical components was investigated. This experiment was performed in Thepha and Khlong Hoi Khong district. The results of the experiments in the 2 locations were consistent. Nutrient concentrations in the morning were higher than at noon and in the afternoon, except for nitrate. Moreover, the values of biochemical components in the morning reflected higher activity of rubber synthesis than other periods. However, in Khlong Hoi Khong district, nutrient concentrations and biochemical components of each period were not significantly different.

The collecting and storage of fresh latex in order to analyze nutrients and biochemical compositions should be collected at 5 cm below middle tapping cut in the morning and stored in the ice box. Fresh latex must be extracted quickly with the mixed trichloroacetic acid and ethylenediaminetetraacetic acid for 10 minutes, filtered



with whatman no. 1 and kept in the ice box. Latex serum can be stored for 1 day in the refrigerator in order to analyze ammonium, nitrate, calcium and thiol but can be kept for 7 days in order to analyze potassium, magnesium, sucrose and inorganic phosphorus. However, the period of year for collecting fresh latex and other factors such as rainfall, defoliation, frequency of tapping, nutrient management and diseases which may affect analysis should be investigated.

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.จำเป็น อ่อนทอง ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาเสียสละเวลา ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ตั้งแต่เริ่มต้น ด้วยการให้คำปรึกษา คำแนะนำ ให้กำลังใจ และข้อคิดในด้านต่าง ๆ ตลอดจนช่วยตรวจสอบ และแก้ไข จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์และสำเร็จลุล่วงได้ดี

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา เพ็งหนู ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร จาญพจน์ และดร.ขวัญตา ขาวมี กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแก้ไขข้อบกพร่องในด้านการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ และวิชาการต่าง ๆ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาธรณีศาสตร์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือ ขอขอบคุณเจ้าของสวนยางพาราที่ได้เอื้อเฟื้อสวนยางพาราสำหรับทำการศึกษาในครั้งนี้และขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ภาควิชาธรณีศาสตร์ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณพ่อสวัสดิ์ และคุณแม่สุขใจ อดีตศักดิ์กุล ผู้ให้ชีวิต และสนับสนุนให้มีโอกาสทางการศึกษา ขอขอบคุณ นายวรัญญูและนางสาววรัญญา อดีตศักดิ์กุล ผู้ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนให้กำลังใจจนเป็นแรงผลักดันให้มีความอดทน และความมุ่งมั่นจนสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

วารุณี อดีตศักดิ์กุล

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(11)
รายการตาราง	(12)
รายการภาพประกอบ	(13)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	27
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	28
วัสดุและสารเคมี	28
อุปกรณ์	29
วิธีการทดลอง	29
3. ผลการทดลอง	37
4. วิจารณ์ผลการทดลอง	57
5. สรุปและข้อเสนอแนะ	70
เอกสารอ้างอิง	72
ประวัติผู้เขียน	83

## รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	องค์ประกอบของน้ำยางสดและเนื้อยาง	5
3.1	ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาเซรัมน้ำยางต่อธาตุอาหารในเซรัม- น้ำยาง	37
3.2	ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาเซรัมน้ำยางต่อองค์ประกอบทางชีวเคมี ในเซรัมน้ำยาง	38
3.3	ผลของอุณหภูมิเก็บรักษาเซรัมน้ำยางต่อธาตุอาหารและองค์ประกอบ ทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยาง	39
3.4	ผลของเวลาในการสกัดและกระดาษกรองที่ใช้ต่อธาตุอาหารในเซรัม- น้ำยาง	41
3.5	ผลของเวลาในการสกัดและกระดาษกรองที่ใช้ต่อองค์ประกอบทาง ชีวเคมีในเซรัมน้ำยาง	42
3.6	ผลของอุณหภูมิและสารยับยั้งจุลินทรีย์ต่อการเก็บรักษา น้ำยางสดต่อ ธาตุอาหารในเซรัมน้ำยาง	46
3.7	ผลของอุณหภูมิและสารยับยั้งจุลินทรีย์ต่อการเก็บรักษา น้ำยางสดต่อ องค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยาง	48

## รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1.1	โครงสร้างของเปลือกยางพารา	4
1.2	แบบจำลองลักษณะของอนุภาคยาง	6
1.3	กระบวนการเคลื่อนย้ายน้ำตาลซูโครสเข้าสู่ท่อน้ำยางและการสร้างเนื้อยาง	9
1.4	ปฏิกิริยาการเกิดสีของน้ำตาล	23
1.5	ปฏิกิริยาการรีไซเคิลของรีดิวซ์กลูตาไรโอนกับดีทีเอ็นบี	24
1.6	ปฏิกิริยาการเกิดสีของแอมโมเนียม	25
2.1	ตำแหน่งการเก็บน้ำยางสดจากต้นยางพารา	35
3.1	ผลของการเก็บน้ำยางสดในกล่องน้ำแข็งและอุณหภูมิห้องต่อธาตุอาหารใน เซรัมน้ำยางที่เวลาต่างๆ	43
3.2	ผลของการเก็บรักษาน้ำยางสดในกล่องน้ำแข็งและอุณหภูมิห้องต่อ องค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่เวลาต่างๆ	45
3.3	ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเซรัมน้ำยางที่เก็บจากตำแหน่งต่าง ๆ บนลำต้นของยางพารา	50
3.4	ความเข้มข้นขององค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่เก็บจากตำแหน่ง ต่างๆ บนลำต้นของยางพารา	52
3.5	ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเซรัมน้ำยางที่เก็บน้ำยางสดที่เวลาต่างๆ	54
3.6	ความเข้มข้นขององค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่เก็บน้ำยางสดที่ เวลาต่างๆ	55

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1. บทนำต้นเรื่อง

ยางพารา (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยยางพาราเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ และในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยได้ส่งออกยางพาราเป็นจำนวน 3,259,208 ตัน คิดเป็นมูลค่า 336,304 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) และเนื่องจากยางพาราเป็นผลผลิตที่ทำรายได้เข้าประเทศเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ในปัจจุบันมีการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราไปทั่วประเทศ โดยในปี พ.ศ. 2555 พบว่ามีพื้นที่ปลูกยางพาราประมาณ 19,272,941 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) การปลูกยางพาราผลผลิตหลักที่ต้องการ คือ น้ำยางพารา ซึ่งเป็นของเหลวสีขาวขุ่น ภายในประกอบด้วยส่วนที่ไม่ใช่เนื้อยาง เช่น กรดอะมิโน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ไอออน ลูทอยด์ และสารอื่นๆ และส่วนที่เป็นเนื้อยางซึ่งได้จากกระบวนการสังเคราะห์ยางภายในท่อน้ำยาง โดยอาศัยชูโครสที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นสารตั้งต้นในการผลิตอนุภาคยาง โดยชูโครสจะถูกเปลี่ยนเป็นอะซิติลโคเอนไซม์เอ (acetyl coenzyme A : acetyl CoA) ในกระบวนการไกลโคไลซิส (glycolysis) และเปลี่ยนเป็นโมเลกุลไอโซเพนทิลไพโรฟอสเฟต (isopentyl pyrophosphate : IPP) และไดเมทิลแอลลิลไพโรฟอสเฟต (dimethylallyl pyrophosphate : DMAPP) แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นอนุภาคยาง (rubber particle) (พิศมัย, 2551) โดยอาศัยพลังงาน เอนไซม์ และธาตุอาหารต่างๆ ร่วมด้วย

ธาตุอาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต โดยธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบของสารและเนื้อเยื่อต่างๆ ภายในต้นยางพารา และมีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่างๆ เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสง การหายใจ และการสร้างน้ำยาง เป็นต้น ฉะนั้น ธาตุอาหารจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สะท้อนถึงความสามารถของต้นยางพาราและผลผลิตของน้ำยาง นอกจากนี้ องค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid content) ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการสร้างเนื้อยางและการไหลของน้ำยาง ชูโครส (sucrose) เป็นแหล่งของสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ยาง อินทรีย์ฟอสฟอรัส (inorganic phosphorus) เป็นพลังงานที่ใช้ในการสังเคราะห์ยาง และไทออล (thiol) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ป้องกันออกซิเจนที่เป็นพิษซึ่งส่งผลต่อการหยุดไหลของน้ำยาง (พเยาว์ และคณะ, 2546) องค์ประกอบเหล่านี้เป็นตัวชี้วัดอย่างหนึ่งในน้ำยางที่สะท้อนถึงกิจกรรมต่างๆ ภายใน

ต้นยางพารา ดังนั้น การวิเคราะห์ธาตุอาหารร่วมกับองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาประเมินความสมบูรณ์และสุขภาพของต้นยางพาราได้

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางได้มีวิธีการเก็บและเตรียมตัวอย่างโดยเจาะเก็บน้ำยางที่บริเวณตำแหน่งใต้อรอยกรีดประมาณ 5 เซนติเมตร และรองรับน้ำยางด้วยหลอดที่มีเอทิลีนไดเอมีนเตตระอะซีติกแอซิด (ethylenediaminetetraacetic acid : EDTA) เพื่อป้องกันการจับตัวของยาง และเติมไตรคลอโรอะซีติกแอซิด (trichloroacetic acid : TCA) เพื่อให้ยางจับตัวกัน จากนั้นกรองส่วนของเหลวหรือซีเซรัม (C-serum) ไปวิเคราะห์หาซูโครส อนินทรีย์ฟอสฟอรัส และไทออล ส่วนของแข็งนำไปอบหาปริมาณเนื้อยางแห้ง (กาญจนนา, 2550; พเยาว์ และคณะ, 2546; พิศมัย และคณะ, 2546; Soumahin *et al.*, 2010; Sreelatha *et al.*, 2007; Koshy, 1997) ขณะที่การวิเคราะห์ธาตุอาหารในยางพาราส่วนใหญ่นิยมเก็บใบยางพารามาวิเคราะห์ อย่างไรก็ตาม ในยางพาราหลังเปิดกรีดต้นยางพารามีความสูงประมาณ 15-20 เมตร ทำให้ไม่สะดวกต่อการเก็บตัวอย่างใบมาวิเคราะห์ และในการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชสามารถเก็บตัวอย่างพืชจากส่วนอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตมาวิเคราะห์ได้เช่นกัน และได้มีรายงานการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำยางเมื่อมีการเพิ่มธาตุอาหารนั้นให้แก่ต้นยางพารา (นุชนารถ และคณะ, 2537; Waston, 1989) ฉะนั้น น้ำยางพาราจึงสามารถนำมาวิเคราะห์ประเมินสถานะธาตุอาหารได้ โดยเฉพาะส่วนของเซรัมน้ำยาง ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบทางชีวเคมีและธาตุอาหาร รวมทั้งสารอื่นๆ ที่ไม่ใช่ยางอยู่ด้วย

น้ำยางพาราที่เก็บได้จากต้นยางพารายังคงมีการดำเนินกิจกรรมเมแทบอลิซึมต่อไป และสามารถคงสภาพเป็นน้ำยางได้ประมาณ 6 ชั่วโมง จากนั้นน้ำยางจะเกิดการเสียสภาพ เนื่องจากสารประกอบพวกไขมันในน้ำยางถูกไฮโดรไลซิส (hydrolysis) จุลินทรีย์เข้าไปย่อยสลายสารอาหารในน้ำยาง หรือเกิดจากปฏิกิริยาการสลายโปรตีน (สุนิสสา, 2550; วราภรณ์, 2524) มีผลทำให้อนุภาคยางจับตัวกันเป็นก้อนและแยกระหว่างส่วนของเนื้อยางและเซรัมออกจากกัน นอกจากนี้ ตำแหน่งต่างๆ บนลำต้นของต้นยางพารามีการกระจายของซูโครสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสแตกต่างกัน (Chantuma *et al.*, 2007) และปัจจัยเรื่องอุณหภูมิ การผลัดใบ และการสร้างใบใหม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง (นภาวรรณ และคณะ, 2544) ดังนั้น ปัจจัยเหล่านี้อาจมีผลต่อการวิเคราะห์ธาตุอาหารในเซรัมน้ำยางได้เช่นกัน ฉะนั้น การเก็บน้ำยางมาวิเคราะห์ธาตุอาหารจึงควรศึกษาถึงวิธีการเก็บรักษาตัวอย่างเซรัมน้ำยางและน้ำยางสด ตลอดจนศึกษาตำแหน่งและเวลาที่เหมาะสมในการเก็บน้ำยางสดจากต้นยางพารา และหากมีวิธีการเก็บเช่นเดียวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีก็สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งการจัดการธาตุอาหารให้แก่ต้นยางพารา รวมทั้งสามารถจัดการเรื่องระบบกรีดให้แก่ต้นยางได้อีกด้วย

## 2. ตรวจสอบเอกสาร

### 2.1 ประวัติการปลูกยางพาราในประเทศไทยและความสำคัญของยางพารา

ยางพาราเป็นไม้ยืนต้นที่จัดอยู่ในวงศ์ (family) Euphorbiaceae วงศ์ย่อย (subfamily) Crotonoideae เผ่า (tribe) Micrandreae เผ่าย่อย (subtribe) Heveinae สกุล (genus) *Hevea* ชนิด (species) *brasiliensis* (พินัส และบุญปิยธิดา, 2554) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Hevea brasiliensis* Mull. Arg. มีถิ่นกำเนิดบริเวณลุ่มน้ำอะเมซอน ประเทศบราซิลและเปรูในทวีปอเมริกาใต้ ประเทศไทยเริ่มมีการปลูกยางพาราครั้งแรกในปี พ.ศ. 2442-2444 โดยพระยารัษฎานุประดิษฐ์มหิศรภักดี (คอซิมบี๊ ณ ระนอง) เจ้าเมืองตรังในขณะนั้นได้นำเมล็ดยางพารามาจากรัฐเปอร์ค ประเทศมาเลเซียมาปลูกที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง จากนั้นในปี พ.ศ. 2454 หลวงราชไมตรี (ปุม ปุณศรี) ได้นำพันธุ์ยางมาปลูกที่จังหวัดจันทบุรี ภาคตะวันออกของประเทศไทย และจากนั้นเป็นต้นมาก็ได้มีการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราไปทั่วทั้ง 14 จังหวัดทางภาคใต้ และ 3 จังหวัดทางภาคตะวันออก และในปัจจุบันได้มีการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราไปในภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ โดยในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยได้มีพื้นที่ปลูกยางพาราประมาณ 19,272,941 ไร่ เป็นพื้นที่ที่กรีดยางได้ประมาณ 13,806,770 ไร่ และมีผลผลิตทั้งสิ้น 3,625,330 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556)

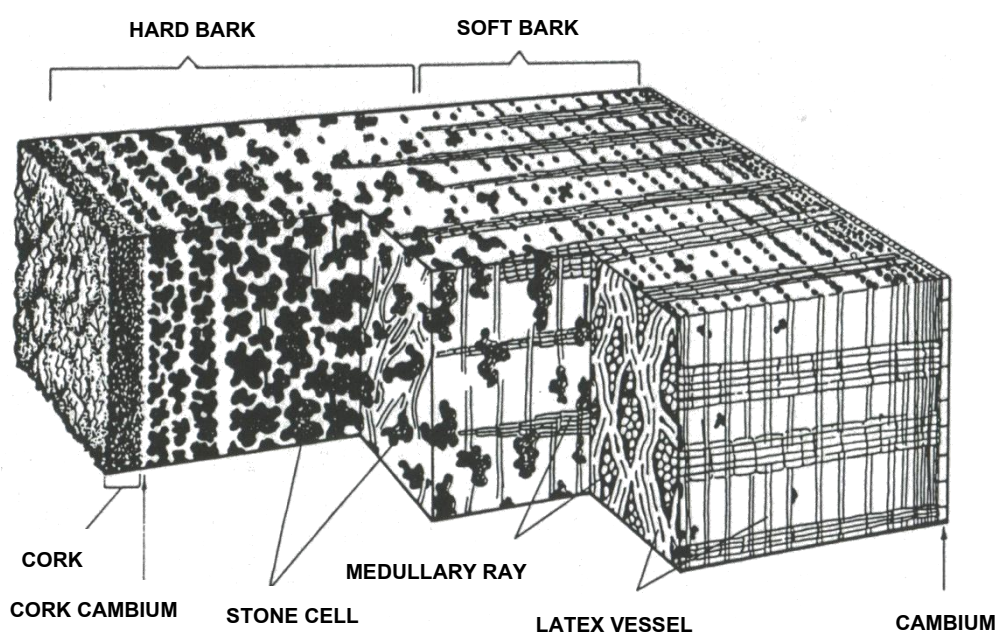
ยางพาราเป็นแหล่งของยางธรรมชาติที่สำคัญของโลก เนื่องจากยางพารามีความความยืดหยุ่นสูง สามารถกันน้ำได้ เก็บและพองลมได้ดี และเป็นฉนวนกันไฟได้ คุณสมบัติบางอย่างของยางสังเคราะห์ไม่สามารถทดแทนได้ ดังนั้น ยางธรรมชาติจึงยังเป็นที่ต้องการของตลาดโลกและอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมยางล้อ อุตสาหกรรมอุปกรณ์ส่วนประกอบรถยนต์และอะไหล่ อุตสาหกรรมถุงมือยาง อุตสาหกรรมยางยืด และอุตสาหกรรมยางรัดของ เป็นต้น โดยในปี พ.ศ. 2555 มีความต้องการยางธรรมชาติทั้งสิ้น 10.70 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) และประเทศไทยได้มีการส่งออกยางพาราจำนวน 3,259,208 ตัน คิดเป็นมูลค่า 336,304 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) ซึ่งนับว่ายางพาราเป็นสินค้าเกษตรที่นำรายได้เข้าสู่ประเทศและเกษตรกรเป็นจำนวนมาก อีกทั้งเมื่อต้นยางพาราหมดอายุกรีดก็สามารถขยายไม้ยาง เพื่อนำไปแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ มากมาย นอกจากนี้ในน้ำยางยังมีสารบางชนิด เช่น กลูตาไธโอน ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ทำให้มีการสกัดสารดังกล่าวจากน้ำยาง แล้วนำไปใช้ในทางการแพทย์ อาหารเสริม และเวชสำอางต่างๆ

### 2.2 น้ำยางสด

น้ำยางสดเป็นส่วนของไซโตพลาสซึม (cytoplasm) ที่อยู่ภายในท่อน้ำยาง (laticiferous vessel หรือ laticifer หรือ latex vessel) ซึ่งเกิดจากการแบ่งตัวของเยื่อเจริญ



(cambium) โดยที่กลุ่มเซลล์ชนิดเดียวกันมาเชื่อมต่อกันแล้วผนังเซลล์หัวท้ายสลายตัวเพียงบางส่วนหรือทั้งหมดกลายเป็นท่อเดียวกัน จากนั้นแตกสาขาและเชื่อมต่อกับเซลล์ชนิดเดียวกันที่อยู่ข้างเคียง โดยการสลายตัวของผนังเซลล์ด้านข้าง เกิดเป็นช่องเปิดติดต่อกันได้ ทำให้มีลักษณะคล้ายร่างแห (articulated anastomosing lactifer) ท่อน้ำยางจะเรียงตัวกันเป็นวงรอบลำต้น ทำให้น้ำยางสามารถติดต่อกันได้ทางรอยเปิดภายในวงเดียวกัน แต่น้ำยางไม่สามารถติดต่อกันได้ระหว่างวง เนื่องจากระหว่างวงของท่อน้ำยางจะมีเซลล์พวกพาเรนไคมา (parenchyma) ซึ่งเป็นเซลล์ที่ช่วยในการลำเลียงสารอาหารและมีผนังเซลล์บางขนาบอยู่ทั้ง 2 ข้างเป็นชั้นๆ สลับกัน (พิศมัย, 2551; เสาวนีย์, 2540) (ภาพที่ 1.1) ท่อน้ำยางสามารถพบได้ทุกส่วน และสามารถเจริญได้ตลอดชั่วอายุของยางพารา โดยพบได้ทั้งในราก ลำต้น ใบ ดอก ผล และใบเลี้ยงในเมล็ด แต่จะพบมากที่สุดบริเวณเปลือกชั้นในของลำต้น



ภาพที่ 1.1 โครงสร้างเปลือกยางพารา

ที่มา : เสาวนีย์ (2540)

**2.2.1 องค์ประกอบของน้ำยางสด** น้ำยางสดที่กรีดยางพารามีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวหรือสีครีม มีความหนาแน่น 0.975-0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 6.5-7.0 ความเหนียวข้นไม่แน่นอน และอยู่ในสภาพของสารแขวนลอย (เสาวนีย์, 2540; วราภรณ์, 2524) โดยในน้ำยางสดจะประกอบด้วย ยาง โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต สารอนินทรีย์ น้ำ และอื่นๆ และเมื่อเป็นยางแห้งสารประกอบต่างๆ จะมีในปริมาณที่แตกต่างไปจากน้ำยางสด (ตารางที่ 1.1)

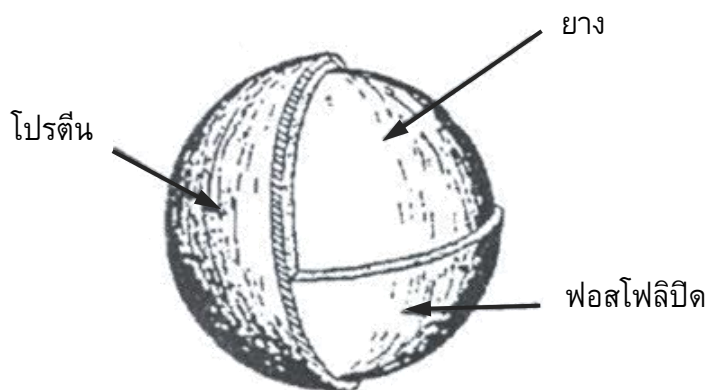
ตารางที่ 1.1 องค์ประกอบของน้ำยางสดและเนื้อยาง

องค์ประกอบ	น้ำยางสด (% โดยน้ำหนัก)	ยางแห้ง (% โดยน้ำหนัก)
ยางไฮโดรคาร์บอน	36.0	93.7
โปรตีนและกรดอะมิโน	1.4	2.2
นิวทรอลลิปิด	1.0	2.4
ไกลโคลิปิดและฟอสโฟลิปิด	0.6	1.0
คาร์โบไฮเดรต	1.6	0.4
สารอนินทรีย์	0.5	0.2
อื่นๆ	0.4	0.1
น้ำ	58.5	-

ที่มา : จิตต์ลัดดา (2553)

น้ำยางสดประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของเนื้อยางและส่วนที่ไม่ใช่เนื้อยาง (เสาวนีย์, 2540) ดังนี้

**2.2.1.1 ส่วนของเนื้อยาง** เนื้อยางเป็นสารประกอบในกลุ่มพอลิเมอร์ (polymer) ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีชื่อทางเคมีว่า โพลีไอโซพรีน (polyisoprene) ซึ่งประกอบด้วยหน่วยย่อย คือ ไอโซพรีน (isoprene :  $C_5H_8$ ) มาเชื่อมต่อกันในลักษณะทิศทางเดียวกัน (cis-1,4-polyisoprene) ต่อกันไปเรื่อยๆ จนกลายเป็นอนุภาคยาง ซึ่งมีขนาด 0.05-3 ไมครอน ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นทรงกลม และถูกห่อหุ้มด้วยชั้นของไขมันและโปรตีน (ภาพที่ 1.2) โดยชั้นของไขมันจะอยู่ระหว่างอนุภาคยางและโปรตีน และส่วนใหญ่เป็นสารพวก ฟอสโฟลิปิด ชนิดแอลฟาเลซิทิน ( $\alpha$ -Lecithin) ซึ่งทำหน้าที่ยึดไฮโดรคาร์บอนของอนุภาคยางกับโปรตีน ส่วนโปรตีนที่ห่อหุ้มผิวรอบนอกอนุภาคยางเป็นโปรตีนพวกฮีวิน (hevin) ซึ่งสามารถละลายน้ำและป้องกันการรวมตัวกันของอนุภาคยางเมื่อมีการสูญเสีย น้ำ เช่น เมื่อเติมแอลกอฮอล์หรือกรดอะซิติก (เสาวนีย์, 2540; วราภรณ์, 2524)



ภาพที่ 1.2 แบบจำลองลักษณะของอนุภาคยาง  
ที่มา : Blackley (1996 อ้างโดยเสาวนีย์, 2540)

**2.2.1.2 ส่วนที่ไม่ใช่ยาง** ประกอบด้วย สารประกอบต่างๆ ที่อยู่ในชั้นน้ำหรือ เซรัม (serum) เช่น กรดอะมิโน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เอนไซม์ ไอออน อนุภาคลูทอยด์ และ สารอื่นๆ (เสาวนีย์, 2540) ดังนี้

**โปรตีนและกรดอะมิโน** โปรตีนและกรดอะมิโนในน้ำยางมีอยู่ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ โดยจะถูกดูดซับที่ผิวอนุภาคยาง อยู่ในส่วนก้น (bottom fraction) (ส่วนที่อยู่ล่างสุดเมื่อนำน้ำยางเข้าเครื่องเหวี่ยงความเร็วสูง ทำให้น้ำยางแยกออกเป็น 4 ชั้น คือ ชั้นสีขาวของอนุภาคยาง ชั้นสีเหลืองหรือสีส้ม ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคเฟรริสลิ้ง ชั้นของเซรัม และชั้นของส่วนก้น ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคลูทอยด์ ตามลำดับ) และอยู่ในส่วนของเซรัมน้ำยาง โดยโปรตีนและกรดอะมิโนที่พบมากในเซรัมน้ำยาง คือ แอลฟาโกลบูลิน ( $\alpha$ -globulin) กรดกลูตามิก (glutamic acid) และกรดแอสพาทิก (aspartic acid) ซึ่งมีอยู่ประมาณ 81 เปอร์เซ็นต์ของกรดอะมิโนที่มีอยู่ในเซรัมน้ำยาง (d'Auzac and Jacob, 1989) และโปรตีนในเซรัมมักพบในรูป เอนไซม์ เช่น เอนไซม์ในวิถีไกลโคไลซิส และเอนไซม์สำหรับการสังเคราะห์ยาง ส่วนโปรตีนในส่วนก้นเป็นโปรตีนที่ละลายได้ ซึ่งอยู่ในเซรัมลูทอยด์ (B serum) และในเยื่อหุ้มลูทอยด์ โดยโปรตีนหลักในเซรัมลูทอยด์ คือ ฮีวีอิน (hevein) (Nair, 2000)

**ไขมัน** ไขมันในน้ำยางมีอยู่ประมาณ 1.6 เปอร์เซ็นต์ โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแว็กซ์ (wax) สเตอรอล (sterol) สเตอรอลเอสเทอร์ (sterolester) และฟอสโฟลิปิด (phospholipid) และไขมันส่วนใหญ่ประกอบด้วย 3 กลุ่มหลักๆ คือ นิวทรอลลิปิด (neutral lipid) 54 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบด้วย ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) และสเตอรอล ไกลโคลิปิด 33 เปอร์เซ็นต์ และฟอสโฟลิปิด 14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบด้วย ฟอสฟาติดีลเอธานอลามีน (phosphatidylethanolamine) ฟอสฟาติดีลโคลีน (phosphatidylcholine) และฟอสฟาติดีลอินซิทอล (phosphatidylinositol) (Nair, 2000; d'Auzac and Jacob, 1989)

**คาร์โบไฮเดรต** คาร์โบไฮเดรตที่พบในน้ำอย่างส่วนใหญ่ คือ คิวบราชิตอล (quebrachitol) ซึ่งมีอยู่ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ในน้ำยาง (คิวบราชิตอลเป็นสารพวกโพลีไฮดรอกซีไซคลิกแอลกอฮอล์ (polyhydroxy cyclic alcohol) มีสูตรทางเคมี คือ  $C_7H_{14}O_6$  ละลายน้ำได้เร็ว มีรสหวาน สามารถใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ยาหลากหลายชนิด เช่น ยารักษาโรคมะเร็ง เป็นตัวยับยั้งเอนไซม์ และเป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารประกอบที่ใช้เป็นสารกันบูดสำหรับอาหารกระป๋อง (จิตต์ลัดดา, 2553) และใช้เป็นสารให้ความหวานสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน) และสารกลุ่มของน้ำตาล เช่น ซูโครส (sucrose) (0.01-0.03 กรัมต่อน้ำยาง 100 กรัม) กลูโคส (glucose) (0.01 กรัมต่อน้ำยาง 100 กรัม) (Pakianathan *et al.*, 1992) กาแลคโตส (galactose) ฟรุคโตส (fructose) แรฟฟิโนส (raffinose) และเพนโทส (pentose) (d'Auzac and Jacob, 1989)

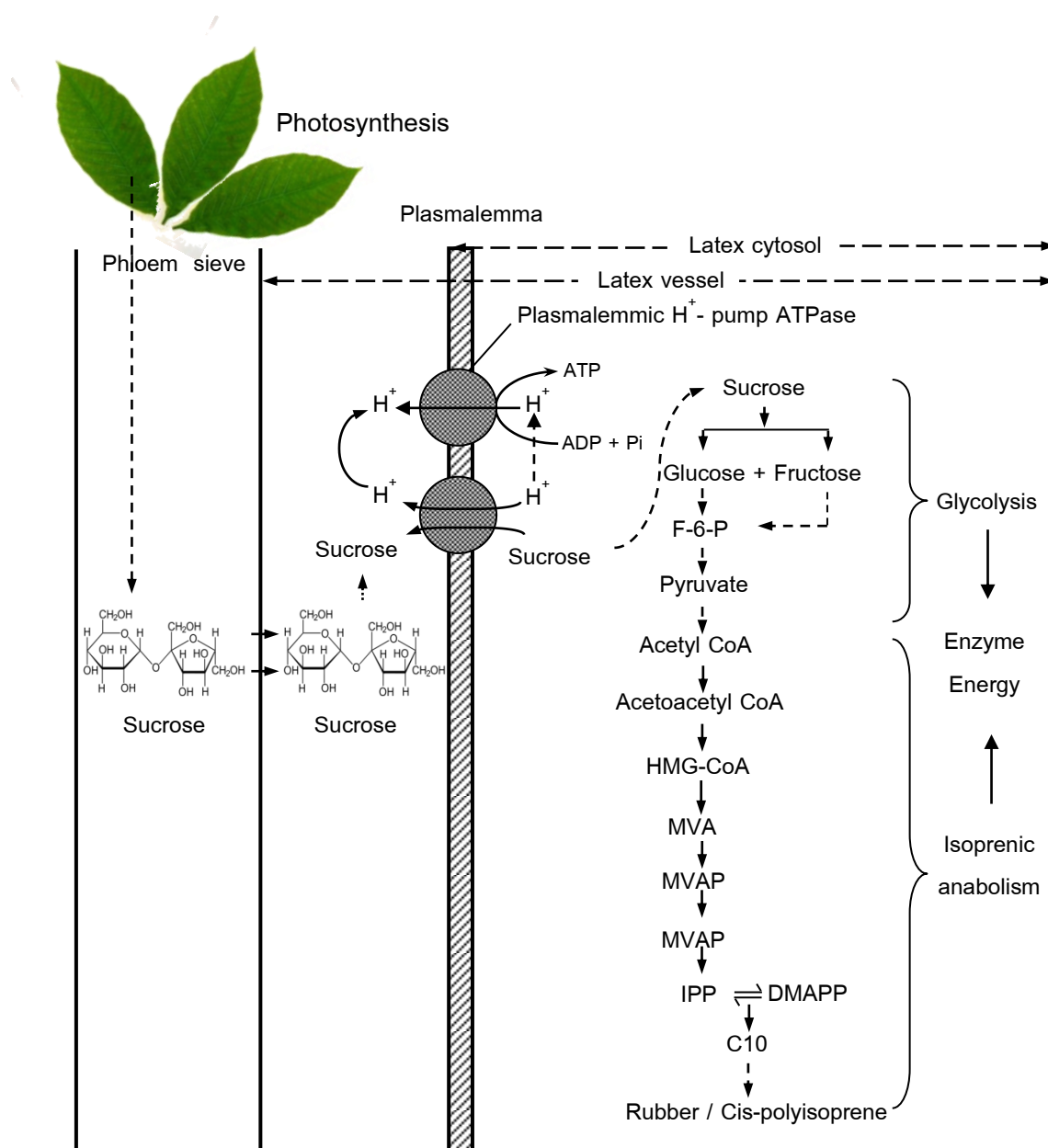
**ไอออน** ไอออนที่พบในน้ำยาง ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และโซเดียม (Nair, 2000) ไอออนเหล่านี้มีการกระจายอยู่ในส่วนต่างๆ ของน้ำยางแตกต่างกัน เช่น แคลเซียมเป็นไอออนที่มีการกระจายอยู่ในส่วนของเนื้อยาง ซีเซรัม บีเซรัม (ของเหลวภายในอนุภาคลูทอยด์) และส่วนตกตะกอน (ส่วนใหญ่เป็นเยื่อหุ้มของอนุภาคลูทอยด์) เท่ากับ 6.3, 9.9, 56.8 และ 26.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่แมกนีเซียมมีการกระจายตัวอยู่ในส่วนต่างๆ เท่ากับ 5.4, 39.8, 41.6 และ 13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และความเข้มข้นของไอออนในน้ำยางแต่ละตัวก็จะแตกต่างกันไป โดยในน้ำยางพบว่า มีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เท่ากับ 0.26, 0.05, 0.17, 0.003 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ และในส่วนของซีเซรัมพบว่า มีความเข้มข้นของแคลเซียมและโพแทสเซียม เท่ากับ 0.08-0.23 มิลลิโมลาร์ และ 30-80 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ (d'Auzac and Jacob, 1989)

**ลูทอยด์** ลูทอยด์ในน้ำยางมีอยู่ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยมีลักษณะเป็นทรงกลม ขนาด 0.5-3 ไมโครเมตร (Nair, 2000) มีน้ำหนักมากกว่าอนุภาคยาง มีความหนืดมาก และมีเยื่อหุ้มปกคลุมอนุภาคไว้ เยื่อหุ้มดังกล่าวจะไวต่อการแพร่ผ่านและเสียสภาพได้ง่าย และภายในอนุภาคลูทอยด์ประกอบด้วยสารที่เป็นของเหลว เรียกว่า B-serum (จิตต์ลัดดา, 2553) ประกอบด้วยโปรตีน ฟอสโฟไลปิด สารพอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้ยางมีสีเหลืองเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ และยังประกอบด้วยแคลเซียมและแมกนีเซียม (d'Auzac and Jacob, 1989) ทำให้มีผลต่อการจับตัวกันของอนุภาคยาง และเกิดการอุดตันของท่อน้ำยาง มีผลทำให้น้ำยางหยุดไหล และในน้ำยางจากการกรีดยางใหม่ๆ พบว่า มีอนุภาคลูทอยด์แตกสลายมากกว่าน้ำยางที่ไหลช้าแล้ว การแตกของลูทอยด์เกิดจากหลายปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ประจุไฟฟ้า การแพร่ และสารเคมี เป็นต้น (สุนิสสา, 2550; สมพร, 2529)

สารอื่นๆ ในน้ำยางยังมีสารอื่นๆ อีก เช่น เฟรวิสลิง (Frey Wyssling) ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกลม สีเหลือง ขนาด 4-6 ไมโครเมตร และมีเยื่อหุ้มสองชั้น นอกจากนี้ ยังพบสารต้านอนุมูลอิสระ (ไทอล) และกรดอินทรีย์ต่างๆ เช่น กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) และกรดมาลิก (malic acid) (Nair, 2000)

**2.2.2 กระบวนการสร้างน้ำยาง** การสร้างน้ำยางเกิดภายในท่อน้ำยาง เนื่องจากภายในเซลล์ท่อน้ำยางมีนิวเคลียสและไมโทคอนเดรีย (พิศมัย, 2543) ซึ่งเป็นที่อยู่ของสารพันธุกรรมและแหล่งผลิตสารให้พลังงานสูง ตามลำดับ โดยการสร้างน้ำยางจะอาศัยน้ำและแร่ธาตุที่เคลื่อนย้ายมาจากราก ผ่านท่อลำเลียงน้ำ (xylem) และสารพวกกรดอะมิโน ฮอโรโมน และน้ำตาลซูโครสที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงที่ใบ เคลื่อนย้ายสู่หลอดตะแกรงของท่อลำเลียงอาหาร (phloem sieve tube) และถูกดึงไปใช้ในเซลล์ท่อน้ำยาง โดยเคลื่อนที่ผ่านผนังเซลล์แบบอะพลาสต์ (apoplast) และผ่านพลาสมาเล็มมา (plasmalemma) โดยเกิดปฏิกิริยาการเหนี่ยวนำโปรตอน ( $H^+$  pump) ซึ่งอาศัยเอนไซม์อะดีโนซีนไตรฟอสฟาเทส (adenosine triphosphatase : ATPase) และได้รับพลังงานจากอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (adenosine triphosphate : ATP) และนิโคตินาไมด์อะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ฟอสเฟต (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate :  $NADP^+$ ) จากนั้นเข้าสู่กระบวนการสังเคราะห์ยาง ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ การเกิดอะซิติลโคเอนไซม์เอ (acetyl coenzyme A: acetyl CoA :  $C_{23}H_{38}N_7O_{17}P_3S$ ) การเปลี่ยนอะซิติลโคเอนไซม์เอเป็นไอโซเพนทิลไพโรฟอสเฟต (isopentyl pyrophosphate : IPP :  $C_5H_{12}O_7P_2$ ) และการเปลี่ยนเป็นโพลีเมอร์ของไอโซเพนทิลไพโรฟอสเฟตเป็นยาง (Nair, 2000) (ภาพที่ 1.3) ดังนี้

**2.2.2.1 การเกิดอะซิติลโคเอนไซม์เอ** การเกิดอะซิติลโคเอนไซม์เอเกิดจากกระบวนการไกลโคไลซิส (glycolysis) เริ่มเมื่อซูโครส ซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ มีการเปลี่ยนแปลงได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 โมเลกุล คือ กลูโคสและฟรุกโทส จากนั้นกลูโคสจะเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการไกลโคไลซิส ส่วนฟรุกโทสสามารถเข้ามาในกระบวนการไกลโคไลซิสได้โดยเป็นสารฟรุกโทสซิคฟอสเฟต (fructose-6-phosphate : F6P) และสารทั้งสองนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการไกลโคไลซิส จนกระทั่งได้ไพรูเวต (pyruvate) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการไกลโคไลซิส และในสภาพที่มีออกซิเจนไพรูเวตจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นอะซิติลโคเอนไซม์เอ (พิศมัย, 2551; Nair, 2000; Jacob and Prevot, 1992; Jacob *et al.*, 1989a)



ภาพที่ 1.3 กระบวนการเคลื่อนย้ายน้ำตาลซูโครสเข้าสู่ท่อน้ำยางและการสร้างเนื้อยาง  
ที่มา : ดัดแปลงจาก พิศมัย (2543); Nair (2000); Jacob และคณะ (1989a)

### 2.2.2.2 การเปลี่ยนอะซิติลโคเอนไซม์เอเป็นไอโซเพนทิลไพโรฟอสเฟต

การเปลี่ยนอะซิติลโคเอนไซม์เอเป็นไอโซเพนทิลไพโรฟอสเฟตเกิดจากอะซิติลโคเอนไซม์เอที่ได้จากไพรูเวตจะรวมตัวกัน เกิดเป็นอะซิโตอะซิติลโคเอ (acetoacetyl CoA) จากนั้นอะซิโตอะซิติลโคเอ จะรวมกับอะซิติลโคเอนไซม์เออีกหนึ่งโมเลกุลเป็นเบทาไฮดรอกซิลเบทาเมทิลกลูทาริลโคเอ ( $\beta$ -hydroxyl- $\beta$ -methylglutaryl CoA : HMGCoA) จากนั้นเบทาไฮดรอกซิลเบทาเมทิลกลูทาริลโคเอจะถูกรีดิวซ์ด้วยนิโคตินาไมด์อะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ฟอสเฟตได้เป็นกรด

เมวาโลนิก (mavalonic acid : MVA) จากนั้นกรดเมวาโลนิกรับหมู่ฟอสโฟริล (phosphoryl group) จากอะดีโนซีนไตรฟอสเฟตและอาศัยเอนไซม์เมวาโลนิกไคเนส (MVA kinase) เร่งปฏิกิริยา ได้เป็นเมวาโลนิกฟอสเฟต (MVA phosphate : MVAP) และเมวาโลนิกฟอสเฟตจะรับหมู่ฟอสโฟริลอีกครั้ง โดยอาศัยเอนไซม์ฟอสโฟเมวาโลนิกไคเนส (Phospho MVA kinase) ได้เป็นเมวาโลนิกไพโรฟอสเฟต (MVA pyrophosphate : MVAPP) และเมวาโลนิกไพโรฟอสเฟต จะปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยอาศัยเอนไซม์เมวาโลนิกไพโรฟอสเฟตคาร์บอกซิลเลส (MVA pyrophosphate carboxylase) ได้เป็นไอโซเพนทิลไพโรฟอสเฟต (พิศมัย, 2551; Nair, 2000; Jacob and Prevot, 1992; Jacob *et al.*, 1989a)

### 2.2.2.3 การเปลี่ยนเป็นโพลีเมอร์ของไอโซเพนทิลไพโรฟอสเฟตเป็นยาง

การเปลี่ยนโพลีเมอร์ของไอโซเพนทิลไพโรฟอสเฟตเป็นยางเกิดจากไอโซเพนทิลไพโรฟอสเฟตเป็นไอโซเมอร์กับไดเมทิลแอลลิลไพโรฟอสเฟต (dimethylallyl pyrophosphate : DMAPP) และสามารถรวมกันได้ โดยเอนไซม์ซิสโพลีพรีนิลทรานสเฟอเรส (cis-polyprenyl transferase) ได้เจอร์ราณิลไพโรฟอสเฟต (geranyl pyrophosphate : C10) และมีการปลดปล่อยไพโรฟอสเฟต (pyrophosphate :  $P_2O_7^{4-}$ ) ออกมา จากนั้นเจอร์ราณิลไพโรฟอสเฟตจะเกิดการเชื่อมต่อกับไอโซเพนทิลไพโรฟอสเฟตไปเรื่อยๆ จนเกิดเป็นลูกโซ่ของโมเลกุลยาง ซึ่งในขั้นตอนนี้มีการปลดปล่อยไพโรฟอสเฟตออกมาเช่นกัน (พิศมัย, 2551; Nair, 2000; Jacob and Prevot, 1992; Jacob *et al.*, 1989a)

### 2.2.3 การเสียดสภาพของน้ำยางสด น้ำยางพาราเป็นผลผลิตทางชีวภาพ

หลังจากที่เก็บเกี่ยวผลผลิตน้ำยางแล้ว น้ำยางยังคงมีการดำเนินกิจกรรมเมแทบอลิซึมต่างๆ ต่อไป และในช่วงระยะเวลาไม่เกิน 6 ชั่วโมง น้ำยางก็จะเริ่มมีการจับตัวเป็นเม็ดเล็กๆ คล้ายเม็ดพริก แล้วค่อยๆ หนืดขึ้น อนุภาคยางจะเริ่มจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้นจนกระทั่งน้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพ โดยน้ำยางจะแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยางและส่วนที่เป็นเซรัม ในเวลาต่อมา น้ำยางจะเริ่มบูดเน่าและมีกลิ่นเหม็น เนื่องจากส่วนของโปรตีนที่ผิวอนุภาคยางมีกำมะถันเป็นองค์ประกอบประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น เมื่อโปรตีนเกิดการสลายตัวจะให้สารประกอบพวกไดซัลไฟด์ (disulphide) และเมอร์แคปแทน (mercaptan) ซึ่งจะทำให้ น้ำยางเกิดกลิ่นเหม็น (บุญธรรม และคณะ, 2539) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสียดสภาพน้ำยาง ได้แก่

#### 2.2.3.1 การหายใจ การหายใจเป็นกระบวนการที่พืชเปลี่ยนอาหารสะสมใน

รูปของสารประกอบอินทรีย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ไปอยู่ในรูปของพลังงานที่สามารถนำไปใช้ได้ทันทีในกิจกรรมต่างๆ เพื่อการดำรงชีวิตไว้ แล้วปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมา นอกจากนั้น การหายใจยังให้ความร้อนออกมา และความร้อนนี้จะไปกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ให้เกิดได้เร็วขึ้น ทำให้ผลิตผลเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น

ในน้ำยารสส่วนใหญ่มักมีการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) ซึ่งเกิดขึ้นใน ส่วนของเซิร์มน้ำยารส โดยการหายใจแบบนี้จะใช้ฟรุกโทสที่ได้จากการไฮโดรไลต์ซูโครสเป็น ซับสเตรตในการหายใจ (Tupy and Resing, 1968) ดังนั้น การหายใจของน้ำยารสส่งผลให้เกิด การสูญเสียซูโครสได้ โดยปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการหายใจของผลผลิตหลังเก็บเกี่ยว ได้แก่

**อาหารภายในเซลล์** ถ้าอาหารมากการหายใจจะเกิดขึ้นมาก (ชวนพิศ, 2544)

**ปริมาณของ ATP ที่เกิดขึ้นจากการหายใจ** เป็นปัจจัยควบคุมการหายใจ โดยหากปริมาณ ATP เกิดมากเกินไปอาจเกิดการยับยั้งแบบย้อนกลับทำให้อัตราการหายใจ ลดลง (ชวนพิศ, 2544)

**คาร์บอนไดออกไซด์** การเพิ่มระดับคาร์บอนไดออกไซด์จะลดอัตราการหายใจ และคาร์บอนไดออกไซด์สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิดในวัฏจักรเครบส์ (ชวนพิศ, 2544)

**อุณหภูมิ** โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมในการหายใจของพืชอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส อัตราการหายใจจะลดลง ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิต่ำ เกินไปอัตราการหายใจลดลงเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการหายใจเกี่ยวข้องกับเอนไซม์ หลายชนิด และการทำงานของเอนไซม์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าสูงเกินไปเอนไซม์จะถูกทำลาย (ชวนพิศ, 2544)

**2.2.3.2 จุลินทรีย์** จุลินทรีย์ในอากาศจากเปลือกของต้นยางหรือที่อยู่ในดิน บริเวณสวนยางพารา เช่น *Bacillus* sp. SBS25 (Cherian and Jayachandran, 2009) และ แอคติโนมัยสิท *Nocardia* sp. MBR (Berekaa, 2006) ลงไปในน้ำยารส เพื่อย่อยสลายสารอาหาร เช่น น้ำตาลและโปรตีน ทำให้เกิดกรดไขมันที่ระเหยได้ เช่น กรดฟอร์มิกและกรดอะซิติก ซึ่งมี ผลในการทำลายโปรตีน (สุนิสสา, 2550; วราภรณ์, 2524) โดยไฮโดรเจนไอออน ( $H^+$ ) จากกรดจะ จับกับประจุลบของโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยาง ทำให้เยื่อหุ้มโปรตีนของอนุภาคแตกออก ส่งผล ให้โมเลกุลยางรวมตัวกันและจับกันเป็นก้อน

**2.2.3.3 สารประกอบพวกไลปิด** ไลปิดที่มีอยู่ในน้ำยารส เช่น ฟอสโฟไลปิด ชนิดแอลฟาเลซิทิน ซึ่งเกาะอยู่บนผิวอนุภาคยางถูกไฮโดรไลซิส (hydrolysis) กลายเป็นอนุมูล ของกรดไขมัน เช่น กรดสเตียริก กรดโอเลอิก และกรดอะมิโน อนุมูลเหล่านี้สามารถเข้าไป แทนที่โปรตีนที่ห่อหุ้มตรงผิวอนุภาคยาง จากนั้นไอออนโลหะซึ่งมีอยู่ทั่วไปในน้ำยารสจะเข้าไปทำ ปฏิกิริยากับกรดไขมันตรงผิวอนุภาคยางทำให้เกิดเป็นเกลือของโลหะที่ไม่ละลายน้ำ น้ำยารสจึง เกิดการเสียสภาพ (สุนิสสา, 2550; วราภรณ์, 2524)

**2.2.3.4 เอนไซม์ที่สลายโปรตีน** เอนไซม์ที่สลายโปรตีน (coagulase) เอนไซม์นี้จะทำปฏิกิริยากับโปรตีนที่ห่อหุ้มผิวอนุภาคยางทำให้โปรตีนนั้นเกิดการสลายตัว



จึงทำให้ผิวของอนุภาคยางเกิดการเสียสภาพ อนุภาคยางจึงเกิดการรวมตัวเป็นก้อน (สุนิสา, 2550; วราภรณ์, 2524)

### 2.3 บทบาทและความสำคัญของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต น้ำยาง

ธาตุอาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตน้ำยาง เนื่องจากธาตุอาหารมีบทบาทเฉพาะในกระบวนการและกิจกรรมต่างๆ ภายในพืช เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสง การหายใจ และการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ เป็นต้น อีกทั้งธาตุอาหารยังเป็นส่วนประกอบของสารต่างๆ ภายในพืชด้วย ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชในปัจจุบันมี 17 ธาตุ ได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) ซัลเฟอร์ (S) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โบรอน (B) โมลิบดีนัม (Mo) คลอรีน (Cl) และนิกเกิล (Ni)

ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ได้รับจากอากาศและน้ำ ส่วนธาตุอื่นๆ มาจากดินเป็นส่วนใหญ่ โดยธาตุอาหารหลัก (N P และ K) และธาตุอาหารรอง (Ca Mg และ S) เป็นธาตุที่พืชต้องการอยู่ในระดับสูง ส่วนจุลธาตุเป็นธาตุที่พืชต้องการน้อยและเพียงพอกับความ ต้องการของพืช ฉะนั้นในที่นี้จึงกล่าวถึงบทบาท น้ำที่ และความสำคัญของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม

**2.3.1 ไนโตรเจน** ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโนและโปรตีนซึ่งใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อของยางพารา เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นสารที่มีสีเขียว มีหน้าที่เป็นโมเลกุลรับพลังงานแสงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และเป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก นิวคลีโอไทด์ เอนไซม์ และฮอร์โมนบางชนิด (เวท และนุชนารถ, 2524) นอกจากนี้ ไนโตรเจนยังเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วย เช่น เอนไซม์อินเวอร์เทส (invertase) ซึ่งมีหน้าที่ในการเปลี่ยนซูโครสให้เป็นกลูโคสและฟรุกโทส เอนไซม์ฟอสโฟฟรุกโทโคเนส (phosphofructokinase) ซึ่งเป็นเอนไซม์หลักที่มีบทบาทในการควบคุมกระบวนการไกลโคไลซิสซึ่งเป็นกระบวนการหนึ่งสำหรับการสังเคราะห์ ยาง และเอนไซม์ไพรูเวตไคเนส (pyruvate kinase) (Jacob *et al.*, 1989a) ดังนั้น เมื่อขาดไนโตรเจนจะส่งผลต่อการลดการสร้างโปรตีนและคลอโรฟิลล์ ทำให้ใบล่างของยางพารามีสีเหลืองและมีขนาดเล็ก ต้นยางอ่อนจะมีทรงพุ่มเล็ก ต้นแคระแกรน สีผิวของเปลือกกร้านและแข็งกว่าปกติ และมีผลต่อการลดการสร้างท่อน้ำยาง (Premakumari and Panikkar, 1992) และถ้าต้นยางที่เปิดกรีดแล้วก็จะให้น้ำยางน้อย (เวท และนุชนารถ, 2524)

**2.3.2 ฟอสฟอรัส** ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของพืช เช่น เป็นส่วนประกอบของกรดนิวคลีอิกและฟอสโฟลิปิด เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ โดยจะต่อพันธะกับไขมันที่เยื่อหุ้มเซลล์ นอกจากนั้น ยังเป็นส่วนประกอบของสารประกอบฟอสเฟตที่มีพลังงานสูง คือ อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (adenosine triphosphate : ATP) ซึ่งได้รับมาจากการหายใจและการสังเคราะห์แสงของพืช พลังงานนี้จะนำไปใช้สำหรับกระบวนการต่างๆ ที่ต้องการพลังงาน เช่น กระบวนการสร้างซูโครส แป้ง โปรตีน และสังเคราะห์ยาง ดังนั้น เมื่อมีการขาดฟอสฟอรัสส่งผลให้การหายใจของยางพาราลดลง พลังงานที่ได้และการนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ก็ลดน้อยลง เป็นผลให้ยางพาราชะงักการเจริญเติบโต โดยหากยางอ่อนเกิดการขาดฟอสฟอรัส จะทำให้มีใบน้อย ต้นยางเจริญเติบโตช้า ส่วนยางที่กรีดได้แล้วจะให้น้ำยางน้อยลง (เวท และนุชนารถ, 2524) นอกจากนี้ การขาดฟอสฟอรัสมีผลต่อการแบ่งท่อน้ำยาง (Premakumari and Panikkar, 1992) และอาการที่สามารถสังเกตได้ คือ ใต้ท้องใบเป็นสีบรอนซ์ และสีม่วง ส่วนบริเวณหลังใบมีสีเหลือง น้ำตาล จากนั้น ยอดใบจะแห้ง เป็นสีน้ำตาลแดง และจะหดตัวม้วนขึ้น (สถาบันวิจัยยาง, 2552) เมื่อต้นยางพาราขาดฟอสฟอรัสสามารถทดแทนได้ในรูปของปุ๋ย เช่น ไดแอมโมเนียมฟอสเฟตและหินฟอสเฟต เป็นต้น โดย Dissanayake และคณะ (1994) พบว่า การใส่ปุ๋ยหินฟอสเฟตในยางก่อนเปิดกรีดที่อัตรา 0 และ 250 กรัมต่อตันต่อปี ไม่มีผลต่อขนาดเส้นรอบวงต้นยางอายุ 1-6 ปี แต่เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยเป็น 500 กรัมต่อตันต่อปี พบว่า ขนาดเส้นรอบวงเพิ่มขึ้น 4.9, 6.9, 4.6, 7.4 และ 4.8 เปอร์เซ็นต์ ในปีที่ 2-6 ตามลำดับ และทำให้ผลผลิตน้ำยางเพิ่มขึ้น (Krishnakumar and Potty, 1992) นอกจากนี้ ฟอสฟอรัสยังมีความเกี่ยวข้องกับความเสถียรของน้ำยาง โดยหากในน้ำยางมีฟอสฟอรัสสูง น้ำยางมีความเสถียรมาก (Krishnakumar and Potty, 1992) และน้ำยางไหลได้นาน

**2.3.3 โปแทสเซียม** โปแทสเซียมเป็นตัวปลูกฤทธิ์ของเอนไซม์ ซึ่งชักนำให้โครงสร้างของเอนไซม์เปลี่ยนไปจับกับซับสเตรทได้ดี เกี่ยวกับการสังเคราะห์โปรตีน ซึ่งเกี่ยวข้องในการเชื่อมต่อกับ tRNA (ย่อมาจากคำว่า transfer RNA โดย tRNA มีหน้าที่นำกรดอะมิโนที่จำเพาะเข้ามาต่อเป็นสายโพลีเพปไทด์ที่ไรโบโซมระหว่างการแปลรหัส) ของไรโบโซม ควบคุมการเปิดปิดของปากใบ ควบคุมพลังงานศักย์ของน้ำในเซลล์ ดังนั้นเมื่อขาดโปแทสเซียม ต้นยางจะเจริญเติบโตช้า ไม่สูง มีใบน้อย และมีขนาดเล็ก (เวท และนุชนารถ, 2524) และมีผลต่อการแบ่งท่อน้ำยาง (Premakumari and Panikkar, 1992) การให้โปแทสเซียมทำให้ต้นยางเจริญเติบโตมากกว่าเดิม ถ้าเป็นยางที่กรีดแล้ว การให้โปแทสเซียมอย่างเพียงพอจะทำให้ให้น้ำยางที่กรีดไปแล้วสร้างเปลือกใหม่เร็วขึ้น และช่วยทำให้น้ำยางเพิ่มมากขึ้นด้วย (เวท และนุชนารถ, 2524) เมื่อต้นยางพาราขาดสามารถทดแทนได้ในรูปของปุ๋ย เช่น โปแทสเซียมคลอไรด์ และการทดแทนโปแทสเซียมที่ขาดโดยปุ๋ยโปแทสเซียมส่งผลให้ขนาดของลำต้น ความสูง น้ำหนักแห้ง พื้นที่ใบ และผลผลิตน้ำยางพาราเพิ่มสูงขึ้น

**2.3.4 แคลเซียม** แคลเซียมเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ซึ่งจะยึดเกาะที่ผิวของมิลเลลลาเมลลา มีบางส่วนเกาะที่ผิวของเยื่อหุ้มเซลล์ ความแตกต่างของความเข้มข้นของแคลเซียมในแวคคิวโอลและในไซโตซอลทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายแบบซิมพลาสต์ระหว่างเซลล์จนถึงท่อลำเลียงอาหาร สารโมเลกุลใหญ่ที่มีแคลเซียมเกาะอยู่จะมีเสถียรภาพสูง นอกจากนี้แคลเซียมยังเป็นตัวยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PEPcase (Jacob *et al.*, 1989a) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยนออกซาโลอะซิเตท (oxaloacetate) เป็นฟอสโฟอินอลไพรูเวท (phosphoenolpyruvate) และคาร์บอนไดออกไซด์ ในกระบวนการไกลโคไลซิส และเป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์เมวาโลเนตโคเนสในกระบวนการสังเคราะห์ยาง (Kekwick, 1989) ดังนั้นเมื่อมีการขาดแคลเซียมการแบ่งเซลล์จะลดน้อยลงหรือหยุดชะงัก แคลเซียมเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้ายไปจากใบแก่ที่มันสะสมอยู่ แม้ว่าต้นยางจะขาดธาตุนี้ ใบแก่จะยังแสดงอาการปกติคือ ยังมีธาตุแคลเซียมอยู่สูงในขณะที่ใบอ่อนของต้นเดียวกันแสดงอาการขาดธาตุนี้ (เวท และนุชนารถ, 2524) การขาดแคลเซียมมีผลทำให้จำนวนท่อน้ำยางลดลง (Premakumari and Panikkar, 1992) อย่างไรก็ตาม หากแคลเซียมในน้ำยางมากเกินไปส่งผลให้เกิดการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (Jacob *et al.*, 1989a) และส่งผลต่อการจับตัวกันของอนุภาคยาง (d'Auzac, 1989a) ทำให้น้ำยางไหลช้า

**2.3.5 แมกนีเซียม** แมกนีเซียมเป็นส่วนประกอบของโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นส่วนที่มีสีเขียวของพืช จึงมีบทบาทโดยตรงในการสังเคราะห์แสง อีกทั้งแมกนีเซียมยังมีบทบาทเกี่ยวข้องในระบบนำย่อยหลายชนิด เช่น การเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดพลังงานของฟอสเฟตและการหายใจ นอกจากนี้ Costa และคณะ (2005) ได้กล่าวว่าแมกนีเซียมสามารถใช้เป็นกลไกควบคุมการสังเคราะห์ยางและมวลโมเลกุลในต้นยาง โดยแมกนีเซียมจะเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ (โคแฟกเตอร์) ของเอนไซม์ rubber transferase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ยาง (Costa *et al.*, 2006; Scott *et al.*, 2003) ดังนั้น เมื่อมีการขาดแมกนีเซียมจะทำให้ชะงักการเจริญเติบโต เนื่องจากขาดคลอโรฟิลล์ที่จะใช้ในการสังเคราะห์แสง และหากมีแมกนีเซียมในน้ำยางมากจะทำให้น้ำยางไม่คงตัว น้ำยางบางส่วนจะจับตัวก่อนกำหนด (เวท และนุชนารถ, 2524)

## 2.4 บทบาทและความสำคัญขององค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง

องค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid content : TSC) ซูโครส (sucrose : Suc) อนินทรีย์ฟอสฟอรัส (inorganic phosphorus : Pi) และไทออล (thiol : RSH) เป็นพารามิเตอร์ที่สามารถช่วยประเมินความผิดปกติภายในเซลล์และระบบท่อน้ำยางได้ เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับกลไกการไหลและหยุดไหลของน้ำยาง (latex flow) และการสร้างน้ำยางในช่วงระหว่างการกรีตครั้งแรกและครั้งที่สอง (latex regeneration)

(นภาวรรณ และคณะ, 2544) ซึ่งเป็นกลไกที่สะท้อนถึงผลผลิตน้ำยาง สุขภาพ และความสมบูรณ์ของต้นยางพารา ดังนี้

**2.4.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด** ปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นส่วนหนึ่งของของแข็งที่มีอยู่ในน้ำยาง ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยเนื้อยาง ลูทอยด์ และเฟรวิสลิ้ง โดยประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณของแข็งทั้งหมด คือ ปริมาณเนื้อยางแห้ง (dry rubber content : DR) ปริมาณเนื้อยางแห้งและปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการสังเคราะห์ยางที่เกิดขึ้นภายในท่อน้ำยางและความหนืดของน้ำยาง โดยหากปริมาณเนื้อยางแห้งหรือปริมาณของแข็งทั้งหมดสูง แสดงว่า ภายในท่อน้ำยางเกิดกระบวนการสังเคราะห์ยางสูง และน้ำยางมีความหนืดสูง ส่งผลให้น้ำยางไหลช้า เกิดการอุดตันที่ปลายท่อน้ำยางได้เร็ว ผลผลิตยางต่ำ ในทางตรงกันข้ามหากปริมาณเนื้อยางแห้งหรือปริมาณของแข็งทั้งหมดต่ำ แสดงว่า ภายในท่อน้ำยางเกิดกระบวนการสร้างน้ำยางต่ำ น้ำยางมีความหนืดต่ำ ทำให้น้ำยางไหลได้นาน และเกิดการอุดตันที่ปลายท่อน้ำยางช้า และผลผลิตยางอาจจะต่ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตน้ำยางสดต่ำด้วย (พะเยาว์ และคณะ, 2546; พิศมัย และคณะ, 2545; Jacob *et al.*, 1989b) โดยทั่วไปปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณเนื้อยางแห้งมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณน้ำยาง โดย Jacob และคณะ (1989b) พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient:  $r$ ) -0.683 สอดคล้องกับ Mak และคณะ (2008) ซึ่งพบว่า ปริมาณเนื้อยางแห้งมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณผลผลิตน้ำยางและเนื้อยาง โดยมีค่า  $r = -0.695$  และ  $-0.639$  ตามลำดับ

**2.4.2 ซูโครส** ซูโครสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide) โดยเกิดจากการรวมตัวกันของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide) 2 โมเลกุล คือ กลูโคสและฟรุกโทส ซึ่งเป็นน้ำตาลที่มีจำนวนคาร์บอน 6 อะตอม หรือ เรียกว่า น้ำตาลเฮกโซส (hexose) ในยางพารา ซูโครสเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง และเป็นรูปหลักของคาร์โบไฮเดรตที่ถูกลำเลียงในพืช และจะถูกเหี่ยวนำไปในท่อน้ำยางสำหรับเป็นสารตั้งต้นในวิถีไกลโคไลซิสเพื่อสังเคราะห์ยางและสารชีวเคมีอื่นๆ โดยปริมาณซูโครสเป็นพารามิเตอร์ที่แสดงถึงกิจกรรมการสังเคราะห์ซูโครสและการนำซูโครสไปใช้ในกระบวนการสร้างน้ำยาง ปริมาณซูโครสมีความสัมพันธ์ทั้งทางบวกและทางลบกับผลผลิต โดยปริมาณซูโครสในน้ำยางสูง แสดงว่า ต้นยางพารามีความสามารถในการเคลื่อนย้ายซูโครสไปยังเซลล์ท่อน้ำยางได้ดี และทำให้ต้นยางพารามีศักยภาพในการสังเคราะห์ยางสูง ซึ่งมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิต แต่ในอีกด้านหนึ่งหมายถึงมีการนำซูโครสไปใช้ในการสังเคราะห์ยางต่ำ ทำให้เกิดการสะสมซูโครสในน้ำยางสูง ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลผลิต (พะเยาว์ และคณะ, 2546; พิศมัย และคณะ, 2545; Jacob *et al.*, 1989b) จากการศึกษาของ Lacote และคณะ (2010) พบว่า ปริมาณซูโครสมีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลผลิตน้ำยางของยางพาราจำนวน 4 พันธุ์ คือ พันธุ์ GT 1, PB 217, IRCA 130 และ IRCA 230 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.869 และพบว่าผลผลิต

น้ำยางมีอิทธิพลต่อปริมาณซูโครสมาก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดเท่ากับ 0.7556 สอดคล้องกับ พิศมัย และคณะ (2546) ที่พบว่าผลผลิตน้ำยางเฉลี่ยกับปริมาณซูโครส ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2542 ถึงเดือนมกราคม 2546 ของยางพาราพันธุ์ PB 235, RRIM 600 และ GT 1 ซึ่งใช้ความถี่ในการใช้สารเคมีเร่งน้ำยางต่างกัน มีความสัมพันธ์เชิงลบ โดยมีค่า  $r = -0.990$

**2.4.3 อนินทรีย์ฟอสฟอรัส** อนินทรีย์ฟอสฟอรัสได้มาจากการใช้พลังงานในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ภายในท่อน้ำยาง ซึ่งเมื่อมีการใช้พลังงานในการสร้างน้ำยางมาก จะมีการปลดปล่อยอนินทรีย์ฟอสฟอรัสออกมามาก โดยอนินทรีย์ฟอสฟอรัสเป็นพารามิเตอร์ที่สะท้อนถึงเมแทบอลิซึมในเซลล์ท่อน้ำยาง มีส่วนในการสลายน้ำตาล การสังเคราะห์นิวคลีโอไทด์ที่เกี่ยวข้องในการเคลื่อนย้ายพลังงานหรือพาหะ (carrier) ของนิโคตินาไมด์อะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ฟอสเฟต การผลิตกรดนิวคลีอิกและการสังเคราะห์ยาง (Jacob *et al.*, 1989b) อนินทรีย์ฟอสฟอรัสเกี่ยวข้องในรูปของพลังงานที่นำไปใช้ในการสังเคราะห์น้ำยาง (พิศมัย, 2543) โดยหากมีปริมาณอนินทรีย์ฟอสฟอรัสสูง แสดงว่า มีการสร้างน้ำยางสูง อนินทรีย์ฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิต โดยจากการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนินทรีย์ฟอสฟอรัส และผลผลิตน้ำยางของยางพาราจำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์ GT 1, PB 217, IRCA 130 และ IRCA 230) พบว่า ปริมาณอนินทรีย์ฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตมาก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.979 (Lacote *et al.*, 2010) สอดคล้องกับพิศมัย และคณะ (2546) ที่พบผลผลิตน้ำยางเฉลี่ยกับปริมาณอนินทรีย์ฟอสฟอรัส ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2542 ถึงเดือนมกราคม 2546 ของยางพาราพันธุ์ PB 235, RRIM 600 และ GT 1 ซึ่งใช้ความถี่ในการใช้สารเคมีเร่งน้ำยางต่างกัน มีความสัมพันธ์เชิงบวก และ  $r = 0.854$

**2.4.4 ไทออล** ไทออลเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดหนึ่งที่มีอยู่ในน้ำยาง และสามารถถูกผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อเกิดสภาวะเครียด เช่น ภัยแล้ง ความเค็ม ความเย็น และความเป็นพิษของโลหะ เป็นต้น โดยไทออลในน้ำยาง ประกอบด้วย ซีสเทอีน (cysteine) เมไธโอนีน (methionine) และกลูตาไธโอน (glutathione) ซึ่งกลูตาไธโอนเป็นรูปของไทออลที่มีอยู่มากที่สุดในน้ำยาง โดยบทบาทของไทออลในน้ำยาง คือ ทำงานร่วมกับกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) สร้างโมเลกุลรีดิวซ์ (RSH) ในน้ำยางแล้วทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระบริเวณเยื่อหุ้มของเซลล์ท่อน้ำยาง โดยเกิดออกซิเดชันกับรูปที่เป็นพิษของออกซิเจน (toxic oxygen) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเมแทบอลิซึม ในสภาพที่ต้นยางปกติไทออลจะมีความสำคัญน้อย แต่เมื่อต้นยางอยู่ในสภาวะเครียด รูปที่เป็นพิษของออกซิเจนจะเกิดขึ้นมาก และเป็นสาเหตุในการทำลายอนุภาคลูทอยด์ ส่งผลให้ลูทอยด์แตก ทำให้อนุภาคยางจับตัว และน้ำยางหยุดไหล ดังนั้นไทออลจึงมีความสำคัญมากเมื่อต้นยางอยู่ในสภาวะเครียด อีกทั้งรีดิวซ์ไทออลยังเป็นตัวกระตุ้นที่สำคัญของเอนไซม์หลัก 2 ชนิด ในกระบวนการสร้างน้ำยาง คือ เอนไซม์อินเวอร์เทส (invertase) และไพรูเวทไคเนส (pyruvate kinase) ซึ่งเป็นเอนไซม์หนึ่งที่จะช่วยเร่งปฏิกิริยาในการ

เกิดไฟรูเวต ในกระบวนการไกลโคไลซิส ซึ่งเป็นกระบวนการหนึ่งของการสังเคราะห์ยาง (Jacob *et al.*, 1989b) ไทออลมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตน้ำยาง โดย Sreelatha (2003) พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างผลผลิตน้ำยางและไทออลในยางพันธุ์ RR11 105 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.745 เช่นเดียวกับ Jacob และคณะ (1989b) ซึ่งรายงานความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำยางและไทออล เท่ากับ 0.685

## 2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบทางชีวเคมีของน้ำยาง

ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบทางชีวเคมีของน้ำยาง มีทั้งปัจจัยภายใน และปัจจัยภายนอก ดังนี้

**2.5.1 ปัจจัยภายใน** ยางพาราแต่ละต้น แต่ละพันธุ์มีกระบวนการเมแทบอลิซึมที่แตกต่างกันไป ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของพืชนั้นๆ จึงส่งผลให้ยางพาราในแต่ละพันธุ์มีศักยภาพในการสร้างน้ำยางได้แตกต่างกัน โดยยางพันธุ์ที่ให้ผลผลิตน้ำยางสูงจะมีแนวโน้มของปริมาณเนื้อยางแห้ง อนินทรีย์ฟอสฟอรัส และไทออลสูงกว่าพันธุ์ที่ให้ผลผลิตน้ำยางต่ำกว่า เช่น จากการศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบทางชีวเคมีของยางพาราพันธุ์ RRIM 600 กับพันธุ์ SK 3 (พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง) พบว่า ยางพาราพันธุ์ SK 3 มีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง (46 % w/w) อนินทรีย์ฟอสฟอรัส (21.15 mM) และไทออล (0.478 mM) สูงกว่ายางพาราพันธุ์ RRIM 600 (DRC 38.43% w/w, Pi 15.26 mM และ RSH 0.302 mM) และยางพาราพันธุ์ SK 3 มีปริมาณซูโครส (14.16 mM) ไม่แตกต่างจากพันธุ์ RRIM 600 (9.81 mM) (พิมพ์ภิลลา, 2552) สอดคล้องกับการศึกษาของ Lacote และคณะ (2010) ที่ได้ศึกษาปริมาณซูโครสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสของยางพารา 4 พันธุ์ คือ GT 1, PB 217, IRCA 130 และ IRCA 230 พบว่า ในยางพาราพันธุ์ IRCA 130 ซึ่งมีผลผลิตสูงสุด (1.70 กรัมต่อต้นต่อรอยกรีด) จะมีปริมาณซูโครสต่ำ (7.9 mM) และอนินทรีย์ฟอสฟอรัสสูง (24.9 mM) ส่วนพันธุ์ที่ผลผลิตต่ำสุดคือ PB 217 (1.00 กรัมต่อต้นต่อรอยกรีด) จะมีซูโครสสูง (21.1 mM) และอนินทรีย์ฟอสฟอรัสต่ำ (12.9 mM) นอกจากนี้ ยางพาราบางพันธุ์เป็นพันธุ์ที่มีปริมาณอนินทรีย์ฟอสฟอรัส ไทออล และซูโครสสูง และให้ผลผลิตสูง เช่น พันธุ์ Haiken 2 และ RRIT 226 แสดงว่าพันธุ์ยางเหล่านี้มีการนำซูโครสไปสร้างน้ำยางยังไม่เต็มที่ เพราะฉะนั้นสามารถใช้พวกสารเคมีเร่งน้ำยาง หรือแก๊สในการกระตุ้น เพื่อให้สามารถนำซูโครสไปใช้ในการสร้างน้ำยางได้เพิ่มขึ้น (นภาพรรณ และคณะ, 2544)

**2.5.2 ปัจจัยภายนอก** เป็นปัจจัยที่ต้นยางได้รับจากสภาพแวดล้อมภายนอก ซึ่งส่งผลต่อกิจกรรมและกระบวนการต่างๆ ภายในต้นยาง โดยปัจจัยภายนอกที่สำคัญซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง มีดังนี้

**2.5.2.1 น้ำ** น้ำเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งมีบทบาทต่อกระบวนการทางชีวเคมี และกระบวนการสรีรวิทยาของพืช เช่น การสังเคราะห์แสงและการลำเลียงธาตุอาหาร เป็นต้น จากการศึกษาของพัชรภรณ์ (2552) เกี่ยวกับผลของการให้น้ำต่อองค์ประกอบทางชีวเคมีของน้ำยาง โดยทำการให้น้ำที่ระดับ 0.75 และ 1.00 ของการคายระเหยน้ำของพืช เทียบกับการไม่ให้น้ำ พบว่า การให้น้ำส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 4.04 กิโลกรัม/ตัน/ปี เป็น 4.33 และ 4.32 กิโลกรัม/ตัน/ปี ตามลำดับ และการให้น้ำยังส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอินทรีย์ฟอสฟอรัสของต้นที่ไม่ให้น้ำ 10.47 มิลลิโมลาร์ เป็น 19.43 และ 17.82 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ แต่หากปริมาณน้ำที่มากเกินไป โดยเฉพาะในช่วงที่มีฝนตกเป็นปริมาณมากก็จะส่งผลต่อให้อินทรีย์ฟอสฟอรัสในน้ำยางลดลงได้ รวมทั้งซูโครสและไทออลด้วย (นภาพรรณ และคณะ, 2544) โดยไทออลจะลดลงอย่างชัดเจนหลังจากเดือนที่มีการตกของฝนสูง เช่น เดือนตุลาคมเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนสูง จะพบว่า ไทออลในเดือนพฤศจิกายนลดลงอย่างชัดเจน (Jetro and Simon, 2007) นอกจากนี้ ยังพบว่า การให้น้ำร่วมกับการใส่ปุ๋ยในยางพันธุ์ BPM 24 ในเดือนธันวาคม ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 24 มิลลิเมตร ไม่มีผลต่อปริมาณซูโครส และปริมาณของแข็งทั้งหมด แต่จะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของไทออลจาก 0.4 มิลลิโมลาร์ (ไม่ให้น้ำ) เป็น 0.5 มิลลิโมลาร์ (ให้น้ำ) และอินทรีย์ฟอสฟอรัสจาก 23.7 มิลลิโมลาร์ เป็น 25.2 มิลลิโมลาร์ (Mak *et al.*, 2008)

**2.5.2.2 ปุ๋ย** ปุ๋ยเป็นแหล่งของธาตุอาหารพืช ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโต และกระบวนการต่างๆ ภายในพืช โดยจากการศึกษาของ ภัทราวุธ และคณะ (2537) เกี่ยวกับการใส่ปุ๋ยสูตรต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของต้นยางหลังเปิดกรีด พบว่า การใส่ปุ๋ยมีผลทำให้อินทรีย์ฟอสฟอรัสในน้ำยางสูงขึ้นอย่างชัดเจน โดยการใส่ปุ๋ย (N P K และ Mg) สูตร 30-5-18+0, 30-5-18+2, 30-5-30+0 และ 30-5-30+2 มีปริมาณอินทรีย์ฟอสฟอรัส 14.64, 11.40, 12.25 และ 11.69 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งมีอินทรีย์ฟอสฟอรัสเพียง 5.46 มิลลิโมลาร์ อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของ Mak และคณะ (2008) พบว่า การใส่ปุ๋ยสูตร 15-7-18, 30-5-18 และ 23-5-18 ไม่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมด ซูโครส อินทรีย์ฟอสฟอรัส และไทออล

**2.5.2.3 การกรีดและระบบกรีด** การกรีด เป็นวิธีการนำน้ำยางออกจากต้นยาง ซึ่งเป็นการกระตุ้นเมแทบอลิซึมในการสร้างน้ำยาง ทำให้ส่งผลต่อองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางได้ โดยการเปิดกรีดส่งผลทำให้ปริมาณซูโครสในน้ำยางลดลง และทำให้ปริมาณอินทรีย์ฟอสฟอรัสในน้ำยางเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนจากต้นที่ไม่เปิดกรีด เช่น ยางพันธุ์ RRIM 600 ในต้นที่ยังไม่เปิดกรีดมีซูโครส 24.3 มิลลิโมลาร์ เมื่อเปิดกรีดซูโครสลดลงเป็น 7.9 มิลลิโมลาร์ ส่วนอินทรีย์ฟอสฟอรัสของต้นที่ไม่เปิดกรีด 3.4 มิลลิโมลาร์ เมื่อเปิดกรีดอินทรีย์ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นเป็น 7.9 มิลลิโมลาร์ (Silpi *et al.*, 2006) เช่นเดียวกับการศึกษาของเพยาร์ และคณะ (2546) ซึ่งได้ศึกษาองค์ประกอบทางชีวเคมีในยางพาราพันธุ์ RRIM 600, GT 1 และ RRIC 110

ในต้นที่ไม่เปิดกรีดและต้นยางที่เปิดกรีดด้วยระบบครึ่งลำต้นวันเว้นสองวัน ( $1/2S \ d/3$ ) พบว่า ต้นยางที่ไม่เปิดกรีดของยางทั้ง 3 พันธุ์ มีซูโครส 24.79, 24.17 และ 11.33 มิลลิโมลาร์ แต่เมื่อมีการเปิดกรีดซูโครสจะลดลงเป็น 8.86, 12.21 และ 3.42 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ ส่วนอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในต้นยางที่ไม่เปิดกรีดพบว่ามี 4.59, 3.32 และ 5.46 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ และเมื่อมีการเปิดกรีดจะมีปริมาณอนินทรีย์ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นเป็น 8.91, 6.64 และ 10.16 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ และยังพบว่าในต้นยางพาราที่มีการกรีดยางจะมีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งต่ำกว่าต้นยางพาราที่ไม่เปิดกรีด โดยในยางพาราทั้ง 3 พันธุ์ ต้นที่ไม่เปิดกรีดมีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง 48.46, 49.32 และ 47.23 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อมีการกรีดยางเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งจะลดลงเป็น 44.63, 44.10 และ 41.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Soumahin และคณะ (2009) ซึ่งพบว่า ในต้นยางพาราพันธุ์ PR 107 มีปริมาณเนื้อยางแห้งลดลงจาก 71.4 เปอร์เซ็นต์ในต้นที่ไม่เปิดกรีด เป็น 56.8 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปิดกรีดยาง

ระบบกรีด มีความสำคัญต่อกิจกรรมต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมในการสร้างน้ำยางเช่นกัน โดยหากมีการใช้ระบบกรีดที่เหมาะสมก็จะส่งผลต่อกิจกรรมต่างๆ ภายในต้นยางที่ดี ส่งผลให้ได้ผลผลิตน้ำยางสูง แต่หากใช้ระบบกรีดที่ไม่เหมาะสมก็อาจจะส่งผลต่อผลผลิตน้ำยาง และการเจริญเติบโตของต้นยางได้ โดยจากการศึกษาของเพียว และคณะ (2546) เกี่ยวกับความถี่ในการกรีดยางพารา โดยกรีดวันเว้นวัน ( $d/2$ ) สองวันเว้นวัน ( $2d/3$ ) สามวันเว้นวัน ( $3d/4$ ) สี่วันเว้นวัน ( $4d/5$ ) และห้าวันเว้นวัน ( $5d/6$ ) ซึ่งทั้งหมดกรีดแบบครึ่งลำต้น ( $1/2S$ ) ในยางพาราพันธุ์ RRIC 110 พบว่า เมื่อมีการกรีดถี่มากขึ้นจะส่งผลให้เนื้อยางแห้งลดลง และอัตราการเกิดโรคเปลือกแห้งสูง ทำให้ผลผลิตลดลง และไม่สามารถกรีดยางได้อีก

จิรยุทธ (2552) ได้วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าองค์ประกอบทางชีวเคมี ของระบบกรีดแบบกรีดหนึ่งส่วนสามของลำต้น กรีดสามวันเว้นวัน ( $1/3S \ 3d/4$ ) กับระบบกรีดแบบสองรอยกรีด (double cut alternative: DCA) ในยางพาราพันธุ์ RRIM 600 พบว่า ค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางที่ใช้ระบบกรีดทั้งสองไม่แตกต่างกัน แต่ค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางของการกรีดแบบสองรอยกรีด โดยเฉพาะรอยกรีดล่างมีแนวโน้มดีกว่า โดยบริเวณรอยกรีดล่างจะมีค่าซูโครส (10.44 mM) อนินทรีย์ฟอสฟอรัส (22.5 mM) ไทออล (0.48 mM) และปริมาณเนื้อยางแห้ง (44.61%) สูงกว่าระบบกรีด  $1/3S \ 3d/4$  (Suc 9.12 mM, Pi 19.8 mM RSH 0.40 mM และ DRC 37.71%) สอดคล้องกับการทดลองของ ธนาพร (2552) ที่ได้ศึกษาถึงค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางจากต้นยางพาราที่กรีดด้วยระบบครึ่งลำต้นวันเว้นวัน ( $1/2S \ d/2$ ) ระบบกรีดสองรอยกรีด ( $2 \times 1/2S \ d/4$ ) ระบบกรีดหนึ่งในสามของลำต้นกรีดสามวันเว้นวัน ( $1/3S \ 3d/4$ ) และระบบกรีดสองรอยกรีด ( $2 \times 1/3S \ d/2.d/3$ ) พบว่า ค่าองค์ประกอบทางชีวเคมี ได้แก่ ซูโครส อนินทรีย์ฟอสฟอรัส และไทออลไม่แตกต่างกัน

**2.5.2.4 สารเคมีเร่งน้ำยาง** คือ สารเคมีที่เมื่อใช้กับต้นยางแล้ว จะเพิ่มเวลาการไหลของน้ำยางมากขึ้น ทำให้ได้ผลผลิตมากขึ้นหลังจากที่มีการกรีดหรือเจาะต้นยางในส่วน



พื้นที่ที่อยู่ใกล้ๆ กับบริเวณที่ใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง (พิศมัย และคณะ, 2550) โดยสารเคมีเร่งน้ำยางที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ แก๊สเอทิลีน (ethylene) และสารสังเคราะห์ที่ผลิตมาใช้ในเชิงการค้า ซึ่งสามารถปลดปล่อยเอทิลีนได้ คือ เอทีฟอน (ethephon : 2-chloroethylphosphonic acid) โดยแก๊สเอทิลีนมีบทบาทสำคัญในการสร้างน้ำยาง คือ มีผลให้น้ำสามารถไหลผ่านผนังเซลล์ได้ดีขึ้น กระตุ้นการทำงานของ ATPase ในการลำเลียงซูโครสเข้าสู่เซลล์ท่อน้ำยาง เพิ่มปฏิกริยาการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลซูโครส ความดันภายในท่อน้ำยาง เพิ่มบริเวณพื้นที่ให้น้ำยาง และชะลอการจับตัวของอนุภาคยางในน้ำยาง (สถาบันวิจัยยาง, 2554) สารเคมีเร่งน้ำยางจะส่งผลทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดลดลง และส่งผลให้ปริมาณอนินทรีย์ฟอสฟอรัสและไทออลในน้ำยางเพิ่มขึ้น เช่น จากการศึกษาของ Jetro และ Simon (2007) ซึ่งได้ใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง (2.5% Hevetex และ 2.5% Ethrel) และไม่ใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง ในยางพาราพันธุ์ PB 217 พบว่า การใช้สารเคมีเร่งน้ำยางส่งผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดลดลง (40.0 และ 41.2 % w/w) จากการไม่ใช้สารเร่ง (43.7 % w/w) และส่งผลให้ปริมาณอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (19.9 และ 20.9 mM) และ ไทออล (0.67 และ 0.67 mM) สูงขึ้นจากการไม่ใช้สารเร่ง ซึ่งมีปริมาณอนินทรีย์ฟอสฟอรัส และ ไทออล 15.6 และ 0.54 mM ตามลำดับ สอดคล้องกับ Silpi และคณะ (2006) ที่ทำการศึกษาซูโครสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสจากบริเวณต่างๆ บนลำต้นยางตามแนวความสูงในต้นยางที่ไม่เปิดกรีด เปิดกรีดและเปิดกรีดร่วมกับการใช้สารเร่ง ในยางพาราพันธุ์ GT 1, RRIM 600 และ PB 235 พบว่า เมื่อมีการใช้สารเร่งน้ำยางจะทำให้ซูโครสในน้ำยางลดลงและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสสูงกว่าการไม่เปิดกรีดและเปิดกรีดแต่ไม่มีการกระตุ้น เช่น ยางพาราพันธุ์ PB 235 เมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยเอมีฟอน 12 ครั้งต่อปี มีปริมาณซูโครส 5.2 มิลลิโมลาร์ ลดลงจากต้นที่ไม่เปิดกรีดและเปิดกรีดแต่ไม่ได้รับการกระตุ้น ซึ่งมีซูโครส 35 และ 7.3 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ และอนินทรีย์ฟอสฟอรัส 22.5 มิลลิโมลาร์ ในต้นที่ได้รับการกระตุ้นสูงกว่าต้นที่ไม่เปิดกรีด (3.5 mM) และต้นที่เปิดกรีดแต่ไม่ได้รับการกระตุ้น (11.8 mM)

**2.5.2.5 การกระจายตัวของซูโครสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในน้ำยางที่บริเวณลำต้นของยางพารา** การกระจายตัวของซูโครสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ตำแหน่งต่างๆ ของลำต้นแตกต่างกัน โดยในต้นยางพาราที่ไม่เปิดกรีด พบว่า ซูโครสที่บริเวณโคนต้นจะต่ำและค่อยๆ เพิ่มมากขึ้นในตำแหน่งที่สูงขึ้นบนลำต้นยาง ในทางตรงกันข้ามอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในบริเวณโคนต้นจะสูงกว่าตำแหน่งที่อยู่สูงขึ้นไป เช่น ยางพาราพันธุ์ RRIM 600 พบว่า ในตำแหน่งบริเวณโคนต้นมีซูโครสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัส 20.3 และ 5.7 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ ส่วนบริเวณที่เหนือขึ้นไปพบว่ามีซูโครส 24.1-27.3 มิลลิโมลาร์ และมีอนินทรีย์ฟอสฟอรัส 2.4-2.9 มิลลิโมลาร์ ส่วนในต้นยางพาราที่เปิดกรีดแล้ว บริเวณหน้ากรีด พบการกระจายของซูโครสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัส 2 แบบด้วยกัน คือ 1) บริเวณโคนต้นจะเป็นบริเวณที่มีซูโครสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสสูง 2) บริเวณใกล้รอยกรีดทั้งเหนือและใต้รอยกรีดเป็นบริเวณที่มีซูโครสต่ำและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสสูง และบริเวณหน้าที่ไม่เปิดกรีด พบว่า การกระจายตัว

ของซุโครสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสมีลักษณะเดียวกับต้นยางพาราที่ยังไม่เปิดกรีด แต่ซุโครสจะต่ำกว่า เช่น ยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ที่ตำแหน่งบริเวณโคนต้นของที่ไม่เปิดกรีดมีซุโครส 20.3 มิลลิโมลาร์ แต่เมื่อมีการเปิดกรีดซุโครสจะลดลงเป็น 7 มิลลิโมลาร์ (Silpi *et al.*, 2006)

Chantuma และคณะ (2006) ได้ศึกษาการกระจายตัวของซุโครส และอนินทรีย์ฟอสฟอรัส ในยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ที่เปิดกรีดด้วยระบบกรีดครั้งลำต้น วันเว้นวัน ( $1/2S d/2$ ) ทั้งบริเวณหน้ากรีดและไม่ใช้หน้ากรีด ตั้งแต่โคนต้นจนถึงระดับ 2 เมตร จากพื้นดิน พบว่าบริเวณหน้ากรีดในตำแหน่งไตรอยกรีด (55 cm) และเหนือเปลือกงอกใหม่ (20 cm) จะมีซุโครสอยู่ในระดับปานกลาง (10-15 mM) และบริเวณโคนต้น (0-30 cm) และเหนือเปลือกงอกใหม่ ( $> 20$  cm) จะมีซุโครสในระดับสูง (15-20 mM) ส่วนบริเวณที่ไม่ใช้หน้ากรีดที่ระดับ 2 เมตรลงมาจนถึงบริเวณที่ต่ำกว่ารอยกรีดประมาณ 15 เซนติเมตร พบว่า จะมีซุโครสอยู่ในระดับปานกลาง และบริเวณที่ต่ำกว่านั้นจนถึงโคนต้นจะมีซุโครสอยู่ในระดับต่ำ ( $< 10$  mM) และพบว่าที่ตำแหน่งไตรอยกรีด ทั้งบริเวณหน้ากรีด และไม่ใช้หน้ากรีดจะมีอนินทรีย์ฟอสฟอรัสอยู่ในระดับปานกลาง (10-15 mM) และตำแหน่งที่อยู่เหนือเปลือกงอกใหม่ขึ้นไป และตำแหน่งที่อยู่เหนือรอยกรีดขึ้นไปจนกระทั่ง 2 เมตร ในหน้าที่ไม่มีการเปิดกรีด พบว่ามีอนินทรีย์ฟอสฟอรัสอยู่ในระดับปานกลาง (5-10 mM) สอดคล้องกับการศึกษาของ Silpi และคณะ (2006) ที่พบว่าน้ำยางในตำแหน่งบริเวณใกล้รอยกรีด และเหนือเปลือกงอกใหม่จะมีซุโครสต่ำ และอนินทรีย์ฟอสฟอรัสสูง (Suc = 3.7-7.5 mM, Pi = 4.2-5.1 mM) และในตำแหน่งใกล้โคนต้นที่บริเวณหน้ากรีดจะมีซุโครส และอนินทรีย์ฟอสฟอรัสสูง (Suc = 8.1-10.1 mM, Pi = 5.1-6.5 mM) ส่วนหน้าที่ไม่เปิดกรีด พบว่าจะมีซุโครสสูง และอนินทรีย์ฟอสฟอรัสต่ำ (Suc = 7.0-10.4 mM, Pi = 3.4-4.2 mM) นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาในต้นยางที่ไม่เปิดกรีดด้วย พบว่ามีซุโครสสูง (20.3-27.3 mM) และอนินทรีย์ฟอสฟอรัสต่ำ (2.4-5.7 mM) และพบว่าบริเวณที่ใกล้โคนต้น (0-50 cm) จะมีซุโครสต่ำ และอนินทรีย์ฟอสฟอรัสสูงกว่าบริเวณที่เหนือขึ้นไป

## 2.6 การวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืชเป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้ทราบว่าพืชมีความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารต่าง ๆ จากดินได้มากน้อยเพียงใด และค่าวิเคราะห์สามารถนำไปใช้ประเมินปริมาณธาตุอาหารในพืชว่ามีอยู่ในระดับที่เพียงพอ ขาดแคลน หรือมากเกินไปจนเป็นพิษต่อพืช และสามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับการจัดการธาตุอาหารให้ตรงตามความต้องการของพืช เพื่อให้พืชมีสุขภาพแข็งแรง สมบูรณ์ และมีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืชสามารถวิเคราะห์ได้ทุกส่วนแล้วแต่วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ เช่น สุรชาติ (2550) ได้ทำการเก็บราก กิ่ง ใบ และผลของต้นมังคุด มาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในช่วงการพัฒนาในรอบปีและในช่วงพัฒนาการของผล และนำข้อมูลที่ได้นำมาใช้ในการจัดการธาตุอาหารให้กับมังคุดต่อไป ในทำนองเดียวกันได้มีการศึกษา

เกี่ยวกับการวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช และนำค่าที่วิเคราะห์ได้มาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการธาตุอาหารในส้มโชกุน (กัญญาภรณ์ และคณะ, 2541) มะม่วง (นุจรี และคณะ, 2554) และปาล์มน้ำมัน (ชัยรัตน์ และคณะ, 2549) เป็นต้น ยางพาราก็เช่นกันได้มีการศึกษาถึงสถานะธาตุอาหารในใบยางพาราก่อนเปิดกรีด (สายใจ และคณะ, 2554ข) และมีการจัดทำค่ามาตรฐานเพื่อประเมินธาตุอาหารของยางพาราก่อนเปิดกรีด (สายใจ และคณะ, 2554ก) รวมทั้งการประเมินปริมาณธาตุอาหารหลักในยางพารา (จินตนา, 2545) ทั้งนี้ ส่วนใหญ่เป็นการวิเคราะห์ธาตุอาหารจากใบยางพารา อย่างไรก็ตาม การเก็บใบยางมักจะประสบกับปัญหาเรื่องโรคที่เกิดที่ใบ ตำแหน่งในการเก็บ และความสูงของต้นยางพารา โดยยางพาราพันธุ์ RRIM 600 อายุ 5, 10, 15 และ 20 ปี มีความสูง 11.49, 15.68, 20.93 และ 22.89 เมตร ตามลำดับ (ณัฐพล และคณะ, 2552) ทำให้การเก็บใบยางทำได้ไม่สะดวก

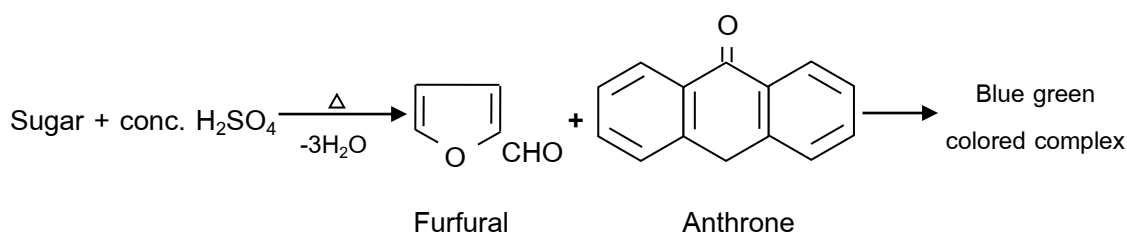
การวิเคราะห์ส่วนอื่นๆ ของพืชที่สัมพันธ์กับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตมาวิเคราะห์เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาประเมินสถานะธาตุอาหารในพืชได้ โดยมีรายงานว่าเมื่อมีการใส่ปุ๋ยให้แก่ต้นยางพาราส่งผลให้ระดับธาตุอาหารในน้ำยางเพิ่มขึ้น เช่น เมื่อใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมในทรตส่งผลให้ระดับไนโตรเจน โปแทสเซียม และแมกนีเซียมในน้ำยางเพิ่มขึ้น ใส่ปุ๋ยหินฟอสเฟตทำให้ระดับของฟอสฟอรัสและแคลเซียมในน้ำยางเพิ่มขึ้น ใส่ปุ๋ยโปแทสเซียมคลอไรด์ส่งผลให้ระดับโปแทสเซียมและฟอสฟอรัสในน้ำยางเพิ่มขึ้น แต่ระดับแคลเซียมและแมกนีเซียมลดลง และการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมส่งผลให้ระดับของแมกนีเซียมในน้ำยางเพิ่มขึ้น แต่ระดับโปแทสเซียมลดลง (Waston, 1989) นอกจากนี้ สิทธิชัย และคณะ (2556) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง จากต้นยางที่ได้รับปุ๋ยสูตร 20-8-20 และปุ๋ยตามค่าทดสอบดิน ซึ่งได้รับไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโปแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ เป็น 2, 1.6 และ 1.5 เท่า ของสูตร 20-8-20 ผลปรากฏว่า ความเข้มข้นของแอมโมเนียม โปแทสเซียม อนินทรีย์ฟอสฟอรัส ปริมาณของแข็งทั้งหมด และไทออลในน้ำยาง จากต้นยางที่ได้รับปุ๋ยตามค่าทดสอบดินสูงกว่าต้นยางที่ได้รับปุ๋ยสูตร 20-8-20

จักรกฤษณ์ (2556) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโปแทสเซียมในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางจากแปลงปลูกยางพาราในที่ลุ่มและที่ดอน ทั้งในระยะก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด จำนวนทั้งหมด 90 สวน พบว่า โปแทสเซียมที่ถูกต้องในดิน (30-60 ซม.) มีความสัมพันธ์กับโปแทสเซียมในเซรัมน้ำยาง ( $r = 0.33$ ) และโปแทสเซียมในใบและในเซรัมน้ำยางมีความสัมพันธ์กันทั้งในยางก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด โดย มีสัมประสิทธิ์ระหว่างโปแทสเซียมในใบและในเซรัมน้ำยาง เท่ากับ 0.40 (ก่อนเปิดกรีด) และ 0.36 (หลังเปิดกรีด) ดังนั้น การวิเคราะห์น้ำยางจึงเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในพืชได้ โดยการวิเคราะห์น้ำยางส่วนใหญ่จะนำน้ำยางวางไว้จนยางแห้ง แล้วนำไปอบจนได้ก้อนยางใสและตัดชิ้นส่วนของก้อนยางใสไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในน้ำยาง (จินตนา, 2545; ประสิทธิ์, 2533) แต่ยังไม่มีการรายงานถึงศึกษาธาตุอาหารในน้ำยางสดและเซรัมน้ำยาง ฉะนั้น

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในน้ำยางและเซรัมจึงอาจเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในพืช

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ตรวจสอบพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการไหลและการหยุดไหลของน้ำยางและการสร้างน้ำยางในช่วงระหว่างการกรีดครั้งแรกและครั้งที่สอง ซึ่งเกี่ยวข้องกับศักยภาพการให้ผลผลิตและสุขภาพของต้นยาง โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางเป็นการวิเคราะห์จากส่วนที่เป็นของแข็ง คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมดหรือเนื้อยางแห้ง และจากส่วนที่เป็นของเหลว ได้แก่ ซูโครส อนินทรีย์ฟอสฟอรัส และไทออล โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางจะทำการเจาะเก็บตัวอย่างบริเวณใต้รอยกรีดประมาณ 5 เซนติเมตร ใส่ลงในน้ำกลั่นซึ่งมีเอทิลีนไดเอมีนเตตระอะซีติกแอซิด (ethylenediaminetetraacetic acid : EDTA) เพื่อป้องกันการจับตัวของยาง จากนั้นนำมาตกตะกอนเป็นเซรัมน้ำยางด้วยไตรคลอโรอะซีติกแอซิด (trichloroacetic acid : TCA) แล้วกรองส่วนของเหลวไปวิเคราะห์หาซูโครส อนินทรีย์ฟอสฟอรัส และไทออล โดยวิธีการทำให้เกิดสี ส่วนของแข็งที่กรองได้จะวิเคราะห์หาเนื้อยางแห้ง โดยวิธีการอบ (โสภณ, 2553; หทัยกาญจน์, 2552; กาญจนา, 2550; พเยาว์ และคณะ, 2546; พิศมัย และคณะ, 2546; Soumahin *et al.*, 2010) สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีและธาตุอาหารในเซรัมน้ำยางมีหลักการวิเคราะห์ ดังนี้

**2.6.1 ซูโครส** นำเซรัมน้ำยางไปทำให้เกิดสีด้วยวิธีแอนโทรน (anthrone method) ในสภาพที่เป็นกรด โดยในสภาพสารละลายที่เป็นกรดสูงๆ น้ำตาลเฮกโซส (กลูโคส และฟรุกโทส) เกิดการดึงน้ำออก (dehydration) และเกิดปฏิกิริยาไซโคลเซชัน (cyclization) ทำให้ได้สารที่มีโครงสร้างเป็นรูปวงแหวน คือ อนุพันธ์ของเฟอร์ฟูรัล (furfural derivative) ซึ่งจะทำปฏิกิริยาได้ดีกับแอนโทรน โดยฟรุกโทสจะทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับแอนโทรน ขณะที่ยังคงเป็นส่วนหนึ่งของโมเลกุลซูโครส ส่วนกลูโคสต้องนำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสก่อนจึงจะเข้าทำปฏิกิริยา และกลายเป็นสารเชิงซ้อนที่มีสีเขียวอมฟ้า (Blue-green colored complex) และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Nigam and Ayyagari, 2007)



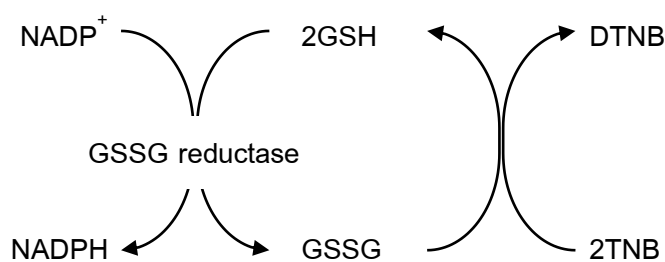
ภาพที่ 1.4 ปฏิกิริยาการเกิดสีของน้ำตาล

ที่มา : Nigam และ Ayyagari (2007)

**2.6.2 อนินทรีย์ฟอสฟอรัส** นำเซรัมน้ำยางไปทำให้เกิดสีด้วยวิธีวานาโดโมลิบ-เดต (vanadomolybdate method) โดยฟอสฟอรัสในรูปออร์โธฟอสเฟต ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) จะทำปฏิกิริยากับโมลิบเดตไอออน ( $\text{Mo}_7\text{O}_{24}^{6-}$ ) และวาเนเดตไอออน ( $\text{VO}_3^-$ ) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีเหลืองของโมลิบโดวานาโดฟอสฟอริกแอซิด (molybdo-vanadophosphoric acid) และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในพืช (จำเป็น, 2547)



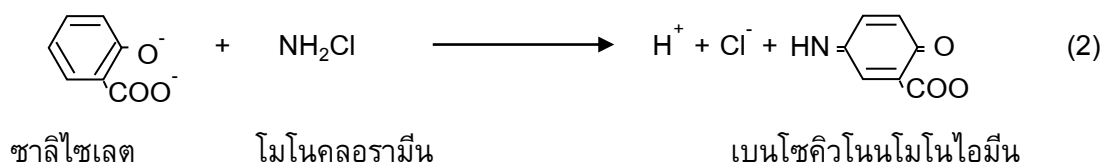
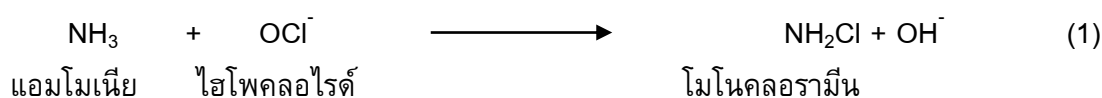
**2.6.3 ไทออล** นำเซรัมน้ำยางไปทำให้เกิดสีด้วยวิธีเอนไซม์แอซิดไดไนโตร-ไดไทโอไดเบนโซอิก (acid dinitro-dithio-dibenzoic method) โดยรูปออกซิไดส์กลูตาไธโอน (oxidized glutathione : GSSG) สามารถเปลี่ยนไปเป็นรูปรีดิวซ์กลูตาไธโอน (reduced glutathione : GSH) ได้ 2 โมเลกุล โดยอาศัยเอนไซม์กลูตาไธโอนรีดักเทส (glutathione reductase : GSSG reductase) และการเกิดสีของวิธีนี้เกิดจากรูปของรีดิวซ์กลูตาไธโอนทำปฏิกิริยากับเพนตะเพนเตไดโรบิสไดไนโตรเบนโซอิกแอซิด (5,5-dithiobis (2-nitrobenzoic acid): DTNB) เกิดเป็นไดไนโตรเพนเตไธโรเบนโซอิกแอซิด (2-nitro-5-thiobenzoic acid : TNB) ซึ่งเป็นสารที่มีสีเหลือง และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Redegeld *et al*, 1988)



**ภาพที่ 1.5** ปฏิกิริยาการรีดิวซ์ของรีดิวซ์กลูตาไธโอนกับดีทีเอ็นบี  
ที่มา : Redegeld และคณะ (1988)

**2.6.4 แอมโมเนียม** นำเซรัมน้ำยางไปทำให้เกิดสีด้วยวิธีซาลิไซเลตไฮโปคลอไรต์ (salicylate-hypochlorite method) ในการเกิดสีแอมโมเนียมจะทำปฏิกิริยากับไฮโปคลอไรต์ ซึ่งได้จากโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite) ได้เป็นโมโนคลอรามิน (monochloramine:  $\text{NH}_2\text{Cl}$ ) (1) จากนั้นโมโนคลอรามินจะทำปฏิกิริยากับซาลิไซเลต ซึ่งได้จากโซเดียมซาลิไซเลต (sodium salicylate) ได้เป็นเบนโซควิโนโนโมโนไอมิน (benzoquinone

monoamine) (2) และซาลิไซเลตจะรวมกับเบนโซควิโนนโมโนอิมีน เกิดเป็นสารละลายสีเขียว (3) โดยมีโซเดียมไนโตรพรัสไซด์ (sodium nitroprusside) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในสภาพที่เป็นเบส และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ในการวิเคราะห์แอมโมเนียโดยวิธีนี้สารบัฟเฟอร์ไฮโปคลอไรต์ pH = 13 หาก pH ลดลงเป็น 12 จะส่งผลให้ค่าการดูดกลืนแสงลดลงถึง 41% และสารดังกล่าวควรเตรียมก่อนใช้ทันที และสิ่งรบกวนของวิธีการนี้ คือ กรดอะมิโน ซึ่งกรดอะมิโนบางชนิดสามารถเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย (NH<sub>3</sub>) ส่งผลให้ค่าวิเคราะห์ที่ได้สูงกว่าปกติ (Mulvaney, 1996)



**ภาพที่ 1.6** ปฏิกิริยาการเกิดสีของแอมโมเนีย

ที่มา : Mulvaney (1996)

**2.6.5 ไนเตรต** นำเซรัมตัวอย่างไปทำให้เกิดสีด้วยวิธีซาลิไซลิกแอซิด (Salicylic acid method) ซึ่งจะใช้กรดซาลิไซลิกในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น เพื่อเปลี่ยนไนโตรเจนในรูปไนเตรต ไปอยู่ในรูปไนโตรซาลิไซลิกแอซิด (nitrosalicylic acid) จากนั้นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) ก็เกิดสารประกอบสีเหลืองขึ้น (Mulvaney, 1996) และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

**2.6.6 โฟแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม** นำเซรัมตัวอย่างมาวัดด้วยเครื่องอะตอมมิคแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ การวัดโฟแทสเซียมจะอาศัยหลักการปลดปล่อยพลังงานแสงของอะตอม (atomic emission) ของโฟแทสเซียม ส่วนแคลเซียมและแมกนีเซียมจะอาศัยหลักการดูดกลืนพลังงานแสงของอะตอม (atomic absorption) โดยก่อนนำไปวัดจะเติมสารละลายสทรอนเทียม เพื่อลดปัญหาการเกิดอะตอมในเปลวไฟน้อย หรือจากการรบกวนของฟอสเฟต ซึ่งทำให้ค่าที่วัดน้อยกว่าความเป็นจริง จากนั้นนำค่าที่วัดได้ของแต่ละ

ธาตุไปเทียบกับค่าที่วัดได้จากสารละลายมาตรฐานของแต่ละธาตุ โดยในสารละลายมาตรฐานจะต้องมีความเข้มข้นของสารละลายผสมกรดที่ซีเอบีดีทีเอเท่ากับสารละลายตัวอย่างที่นำไปวัด เช่นเดียวกับการวิเคราะห์โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในพีช (จำเป็น, 2547)

### 3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 ศึกษาผลของระยะเวลา อุณหภูมิ ระยะเวลาในการสกัด และขนาดของกระดาษกรองต่อการเก็บรักษาเซรัมน้ำยาง เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยาง
- 2.2 ศึกษาระยะเวลา อุณหภูมิ และสารยับยั้งจุลินทรีย์ต่อการเก็บรักษาน้ำยางสด เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง
- 2.3 ศึกษาตำแหน่งและช่วงเวลาในการเจาะเก็บน้ำยางสด เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยาง

### 4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

ได้วิธีการเก็บรักษาเซรัมน้ำยางและน้ำยางสด และทราบตำแหน่งและช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับเก็บน้ำยางสด เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมี สำหรับเป็นแนวทางเพื่อประเมินสถานะธาตุอาหารและตรวจสอบสุขภาพของต้นยางพารา รวมทั้งอาจเป็นการช้วัดศักยภาพการดูดใช้ธาตุอาหารในดินได้



## บทที่ 2

### วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

#### 1. วัสดุและสารเคมี

- 1.1 5,5'-ไดไธโอบิส (2-ไนโตรเบนโซอิกแอซิด) (5,5'-dithiobis (2-nitrobenzoic acid):  
 $C_{14}H_8N_2O_8S_2$ )
- 1.2 กรดซัลฟูริก (sulfuric acid: 98% w/w  $H_2SO_4$ )
- 1.3 กรดซาลิไซลิก (salicylic acid:  $C_7H_6O_3$ )
- 1.4 กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid: HCl)
- 1.5 กลูตาไธโอน (glutathione:  $C_{10}H_{17}N_3O_6S$ )
- 1.6 แคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate:  $CaCO_3$ )
- 1.7 ซูโครส (sucrose:  $C_{12}H_{22}O_{11}$ )
- 1.8 โซเดียมซาลิไซเลต (sodium salicylate:  $NaC_7H_5O_3$ )
- 1.9 โซเดียมไนโตรพรัสไซด์ (sodium nitroprusside dehydrate:  $C_5FeN_6Na_2O \cdot 2H_2O$ )
- 1.10 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide: NaOH)
- 1.11 โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite: NaClO)
- 1.12 ไดโซเดียมเอทิลีนไดอะมีนเตตระอะซิเตต (disodium ethylenediaminetetraacetate:  
 $Na_2EDTA$ )
- 1.13 ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต (disodium hydrogen phosphate dehydrate:  $Na_2HPO_4 \cdot 4H_2O$ )
- 1.14 ไตรคลอโรอะซิติกแอซิด (trichloroacetic acid:  $CCl_3COOH$ )
- 1.15 ทริส(ไฮดรอกซีเมทิล)เอมีนมีเทน (tris(hydroxymethyl)-aminomethane:  
 $C_4H_{11}NO_3$ )
- 1.16 โพแทสเซียมไนเตรต (potassium nitrate:  $KNO_3$ )
- 1.17 โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (potassium dihydrogen phosphate:  
 $KH_2PO_4$ )
- 1.18 โพแทสเซียมคลอไรด์ (potassium chloride: KCl)
- 1.19 แมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต (magnesium sulfate heptahydrate:  
 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ )
- 1.20 สตรอนเทียมคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต (strontium chloride hexahydrate:  $SrCl_2 \cdot 6H_2O$ )

- 1.21 สารละลายมาตรฐานแคลเซียม (standard calcium:  $1,000 \text{ mg L}^{-1}$ )
- 1.22 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม (standard potassium:  $1,000 \text{ mg L}^{-1}$ )
- 1.23 สารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม (standard magnesium:  $1,000 \text{ mg L}^{-1}$ )
- 1.24 เอทิลีนไดเอมีนเตตระอะซิติกแอซิด (ethylenediaminetetraacetic acid:  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$ )
- 1.25 แอมโมเนียมซัลเฟต (ammonium sulfate:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ )
- 1.26 แอมโมเนียมเมทาวานาเดต (ammonium metavanadate:  $\text{NH}_4\text{VO}_3$ )
- 1.27 แอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate:  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot\text{H}_2\text{O}$ )
- 1.28 แอนโทรน (anthrone:  $\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}$ )

## 2. อุปกรณ์

- 2.1 เครื่องชั่งความละเอียด 2 และ 4 ตำแหน่ง
- 2.2 อุปกรณ์เครื่องมือสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำยาง ประกอบด้วย ที่เจาะน้ำยาง ซึ่งมีลักษณะเป็นเหล็กปลายแหลมที่มีด้ามจับ หลอดดูดพลาสติกสำหรับรองรับน้ำยางจากต้นยาง และอุปกรณ์รองรับน้ำยางที่มีการหล่อเย็น โดยวางหลอดทดลองที่มีฝาปิดให้อยู่ตรงกลางของขวดแก้วที่บรรจุน้ำแข็งไว้
- 2.3 เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter)
- 2.4 เครื่องวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Visible Spectrophotometer) ยี่ห้อ Thermo Scientific รุ่น Genesy 20
- 2.5 เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer) ยี่ห้อ Thermo Scientific รุ่น ICE 3500
- 2.6 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

## 3. วิธีการทดลอง

การศึกษาวิธีการเก็บรักษาเซรัมน้ำยางและน้ำยางสด และการเก็บน้ำยางสด เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางพารา ประกอบด้วย 3 การศึกษา

### 3.1 ศึกษาวิธีการเก็บรักษาเซรัมน้ำยาง

การศึกษาวิธีการเก็บรักษาเซรัมน้ำยาง เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมี ประกอบด้วย 3 การทดลอง ดังนี้

### 3.1.1 ศึกษาระยะเวลาเก็บรักษาเซรัมน้ำยางในตู้เย็น วางแผนการทดลอง

แบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design : CRD) ประกอบด้วย 7 ดำรับการทดลอง คือ เก็บรักษาเซรัมน้ำยางในตู้เย็นก่อนทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมี เป็นระยะเวลา 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 วัน จำนวน 3 ซ้ำ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำยางสดพันธุ์ RRIM 600 ที่ได้จากการกรีตมาประมาณ 100 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน จากนั้นทำการแยกเนื้อเยื่อจากเซรัมน้ำยาง โดยบีบคั้นน้ำยางมา 5 มิลลิลิตร และเติมสารละลายผสมกรดที่ซีเอกับอิตีทีเอ (2.5% w/v TCA + 0.01% w/v EDTA) 45 มิลลิลิตร (อัตราส่วนน้ำยาง : สารละลายผสมกรดที่ซีเอกับอิตีทีเอ เท่ากับ 1 : 9 หรือเจือจาง 10 เท่า) คนให้ยางจับตัวเป็นก้อน วางทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที และกรองสารละลายส่วนใส ซึ่งเรียกว่า เซรัมน้ำยาง (serum) ด้วยกระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 1 ใส่ในขวดพลาสติก และเก็บรักษาเซรัมน้ำยางไว้ในตู้เย็น ซึ่งมีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1-7 วัน จากนั้นในแต่ละวันนำเซรัมน้ำยางไปวิเคราะห์ธาตุอาหาร ได้แก่ แอมโมเนียม ไนเตรต โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม และองค์ประกอบทางชีวเคมี ได้แก่ ซูโครส อนินทรีย์ฟอสฟอรัส และไทออล และนำข้อมูลความเข้มข้นของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละวัน วิเคราะห์หาความแปรปรวน (One-way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างสถิติด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

การวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางมีวิธีการวิเคราะห์ ดังนี้

**3.1.1.1 แอมโมเนียม** บีเบตต์สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียม 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และเซรัมน้ำยางมา 0.50 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายกรดเอทีลิน-ไดเอมีนเตตระแอะซิดิก (6 %w/v Na<sub>2</sub>EDTA) ลงไป 0.25 มิลลิลิตร สารละลายโซเดียมซาลิไซเลต โซเดียมไนโทรพรัสไซด์ (7.813 %w/v NaC<sub>7</sub>H<sub>5</sub>O<sub>3</sub> + 0.125 %w/v C<sub>5</sub>FeN<sub>6</sub>Na<sub>2</sub>O.2H<sub>2</sub>O) 0.75 มิลลิลิตร สารละลายบัพเฟอร์ไฮโปคลอไรต์ (2.96 %w/v NaOH + 9.96 % w/v Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>.4H<sub>2</sub>O + 10 % v/v NaClO) 0.50 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน 2 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง เขย่า และนำไปต้มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้ววางทิ้งไว้ 10 นาที (ดัดแปลงจาก Mulvaney, 1996) จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้สารละลายที่ไม่มีแอมโมเนียมปรับให้เครื่องวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 667 นาโนเมตร เท่ากับศูนย์ วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานตามลำดับความเข้มข้นแล้วจึงวัดในเซรัมน้ำยาง คำนวณความเข้มข้นของแอมโมเนียมในน้ำยางในหน่วยมิลลิโมลาร์ (mM)

**3.1.1.2 ไนเตรต** บีเบตต์สารละลายมาตรฐานไนเตรต 0, 1, 2, 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร และเซรัมน้ำยางมา 0.2 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมซาลิไซลิกที่

อยู่ในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (5 %w/v  $C_7H_6O_3$ ) 1 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (4 M NaOH) 10 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร เขย่า แล้ววางทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้สารละลายที่ไม่มีไนเตรตปรับให้เครื่อง วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 410 นาโนเมตร เท่ากับศูนย์ วัดค่า การดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานตามลำดับความเข้มข้นแล้วจึงวัดในเซรัมน้ำยาง คำนวณความเข้มข้นของไนเตรตในน้ำยางในหน่วยมิลลิโมลาร์ (mM)

**3.1.1.3 โฟแทสเซียม** ใช้สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 0, 20, 40, 60 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดหาโพแทสเซียม ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ โดยอาศัยหลักการปลดปล่อยพลังงานแสงของอะตอมของโพแทสเซียม จากนั้นทำการ วัดเซรัมน้ำยาง ซึ่งเจือจาง 5 เท่า โดยใช้เซรัมน้ำยาง 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายผสมกรด ทีซีเอกับอีดีทีเอ 1 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน 3 มิลลิลิตร จากนั้นคำนวณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในน้ำยางในหน่วยมิลลิโมลาร์ (mM)

**3.1.1.4 แคลเซียม** เตรียมสารละลายมาตรฐานแคลเซียม 0.0, 0.5, 1.0, 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสทรอนเทียม (10,000 mg/L  $SrCl_2$ ) ลงไป 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายผสมกรด ทีซีเอกับอีดีทีเอ จากนั้นเจือจางเซรัมน้ำยาง 5 เท่า โดยให้ในตัวอย่างมีสทรอนเทียมเท่ากับใน สารละลายมาตรฐาน โดยดูดเซรัมน้ำยางมา 2 มิลลิลิตร ผสมกับสทรอนเทียม (10,000 mg/L  $SrCl_2$ ) 1 มิลลิลิตร สารละลายผสมกรดทีซีเอกับอีดีทีเอ 2 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นที่ปราศจาก ไอออน 5 มิลลิลิตร จากนั้นวัดแคลเซียมในสารละลายมาตรฐานและเซรัมน้ำยางด้วยเครื่อง อะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 422.7 นาโนเมตร คำนวณความเข้มข้นของแคลเซียมในน้ำยางในหน่วยมิลลิโมลาร์ (mM)

**3.1.1.5 แมกนีเซียม** เตรียมสารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม 0, 2, 5, 10 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสทรอนเทียม (10,000 mg/L  $SrCl_2$ ) ลงไป 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายผสมกรดทีซีเอกับอีดีทีเอ จากนั้นเจือจางเซรัมน้ำยาง 5 เท่า โดยให้ในตัวอย่างมีสทรอนเทียมเท่ากับใน สารละลายมาตรฐาน โดยดูดเซรัมน้ำยางมา 2 มิลลิลิตร ผสมกับสทรอนเทียม (10,000 mg/L  $SrCl_2$ ) 1 มิลลิลิตร สารละลายผสมกรดทีซีเอกับอีดีทีเอ 2 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นที่ปราศจาก ไอออน 5 มิลลิลิตร จากนั้นวัดแมกนีเซียมในสารละลายมาตรฐานและเซรัมน้ำยางด้วยเครื่อง อะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 202.6 นาโนเมตร คำนวณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในน้ำยางในหน่วยมิลลิโมลาร์ (mM)

**3.1.1.6 ชูโครส** บีเบตต์สารละลายมาตรฐานชูโครส 0.00, 0.25, 0.50, 1.00 และ 1.50 มิลลิโมลาร์ และเซรัมน้ำยางมา 0.10 มิลลิลิตร เติมสารละลายผสมกรดทีซีเอกับ

อดีทีเอ 0.40 มิลลิลิตร และสารละลายแอนโทรน ( $1,000 \text{ mg/L C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ ) 3 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เขย่า และนำไปต้มที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้ววางทิ้งไว้ให้สารละลายเย็นประมาณ 10 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้สารละลายที่ไม่มีซูโครสปรับให้เครื่องวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 627 นาโนเมตร เท่ากับศูนย์ วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานตามลำดับความเข้มข้นแล้วจึงวัดในเซรัมน้ำยาง คำนวณความเข้มข้นของซูโครสในน้ำยางในหน่วยมิลลิโมลาร์ (mM)

**3.1.1.7 อนินทรีย์ฟอสฟอรัส** ปิเปตต์สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 0.00, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00 และ 2.50 มิลลิโมลาร์ และเซรัมน้ำยางมา 0.5 มิลลิลิตร และเติมสารสำหรับทำปฏิกิริยา ( $1.25 \text{ \%w/v NH}_4\text{VO}_3 + 25 \text{ \%w/v (NH}_4\text{)}_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot\text{H}_2\text{O}$ ) (ก่อนใช้ต้องเจือจางด้วยน้ำปราศจากไอออน 4 เท่า) ลงไป 3 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เขย่า แล้ววางทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้สารละลายที่ไม่มีฟอสฟอรัสปรับให้เครื่องวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 410 นาโนเมตร เท่ากับศูนย์ วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานตามลำดับความเข้มข้นแล้วจึงวัดในเซรัมน้ำยาง คำนวณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำยางในหน่วยมิลลิโมลาร์ (mM)

**3.1.1.8 ไทอล** ปิเปตต์สารละลายมาตรฐานกลูตาไรโอน 0.00, 0.02, 0.04, 0.06 และ 0.08 มิลลิโมลาร์ และเซรัมน้ำยางมา 1 มิลลิลิตร เติมสารละลายทริสบัฟเฟอร์ ( $0.5 \text{ M C}_4\text{H}_{11}\text{NO}_3$ ) 1 มิลลิลิตร และสารละลายดีทีเอ็นบี ( $0.397 \text{ \%w/v DTNB} + 0.710 \text{ \%w/v EDTA}$ ) 0.05 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เขย่า แล้ววางทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้สารละลายที่ไม่มีกลูตาไรโอนปรับให้เครื่องวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 412 นาโนเมตร เท่ากับศูนย์ วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานตามลำดับความเข้มข้นแล้วจึงวัดในเซรัมน้ำยาง คำนวณความเข้มข้นของกลูตาไรโอนในน้ำยางในหน่วยมิลลิโมลาร์ (mM)

**3.1.2 ศึกษาอุณหภูมิในการเก็บรักษาเซรัมน้ำยาง** สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำยางพันธุ์ RRIM 600 ที่ได้จากการกรีดใหม่ๆ มาประมาณ 100 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน จากนั้นตักตะกอนเนื้อยาง โดยปิเปตต์น้ำยาง 5 มิลลิลิตร และเติมสารละลายผสมกรดที่ซีเอกับอดีทีเอ 45 มิลลิลิตร คนให้ยางจับตัวเป็นก้อน วางทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที และกรองเซรัมน้ำยางใส่ในขวดพลาสติก ทำทั้งหมด 10 ขวด จากนั้นเก็บรักษาเซรัมน้ำยางที่สกัดได้ไว้ที่อุณหภูมิห้อง ( $31^\circ\text{C}$ ) และในกล่องน้ำแข็ง ( $4^\circ\text{C}$ ) อย่างละ 5 ขวด และเมื่อเวลาผ่านไปชั่วโมงที่ 1, 2, 4, 6 และ 8 หลังจากตกตะกอนแยกเนื้อยาง นำเซรัมน้ำยางไปวิเคราะห์แอมโมเนียม ซูโครส อนินทรีย์-ฟอสฟอรัส และไทอล โดยมีวิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.1.1 และเปรียบเทียบข้อมูลธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่เก็บรักษาโดยวางไว้ที่

อุณหภูมิห้องและแช่ในกล่องน้ำแข็งที่ระยะเวลาต่างๆ โดยการทดสอบสมมติฐานของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (independent samples t-test)

### 3.1.3 ศึกษาผลของเวลาในการสกัดเซรัมน้ำยางและกระดาษกรองที่ใช้

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design : CRD) ประกอบด้วย 4 ตำรับการทดลอง คือ การใช้เวลาในการสกัดเซรัมน้ำยางเป็นระยะเวลา 10 นาที และ 5 ชั่วโมง แล้วกรองเซรัมน้ำยางที่เวลาต่างๆ ด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 และเบอร์ 5 ทำ 5 ซ้ำ โดยทำการสุ่มเก็บน้ำยางพันธุ์ RRIM 600 ที่ได้จากการกรีตใหม่ๆ มาประมาณ 50 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน จากนั้นทำการตกตะกอนเนื้อยางโดยบีบอัดน้ำยางมา 2 มิลลิลิตร และเติมสารละลายผสมกรดที่ซีเอกับอีดีทีแอลไป 18 มิลลิลิตร คนให้เนื้อยางจับตัวเป็นก้อน วางทิ้งไว้ 10 นาที จำนวน 20 ขวด จากนั้นสุ่มมา 10 ขวด เพื่อกรองสารละลายผ่านกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 (11  $\mu$ M) และเบอร์ 5 (2.5  $\mu$ M) อย่างละ 5 ขวด ส่วนอีก 10 ขวด วางทิ้งให้เนื้อยางอยู่ในสารละลายเป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 และเบอร์ 5 อย่างละ 5 ขวด และนำเซรัมน้ำยางที่ได้จากการทดลองต่างๆ ไปวิเคราะห์หาธาตุอาหาร ได้แก่ โปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม และองค์ประกอบทางชีวเคมี ได้แก่ ซูโครส อนินทรีย์ฟอสฟอรัส และไทออล โดยมีวิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.1.1 และเนื้อยางแห้ง ซึ่งได้จากวิธีการอบ โดยนำเนื้อยางที่ได้จากการตกตะกอนด้วยสารละลายผสมกรดที่ซีเอกับอีดีทีแอลมาซึ่งน้ำหนักสด อบ (70°C เป็นเวลา 3 วัน) และชั่งน้ำหนักแห้ง จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง และนำข้อมูลธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละวิธี มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวนของข้อมูล และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

### 3.2 ศึกษาวิธีการเก็บรักษา้ำยางสด

การศึกษาวิธีการเก็บรักษา้ำยางสด เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมี ประกอบด้วย 2 การทดลอง ดังนี้

**3.2.1 ศึกษาอุณหภูมิในการเก็บรักษา้ำยางสด** สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำยางพันธุ์ RRIM 600 ที่ได้จากการกรีตใหม่ๆ มาประมาณ 200 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน แบ่งใส่หลอดเหวี่ยงพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร จำนวน 6 หลอด หลอดละ 30 มิลลิลิตร เก็บรักษา้ำยางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (27°C) และใส่ในกล่องน้ำแข็ง (4°C) อย่างละ 3 หลอด จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปทุกๆ 1 ชั่วโมง ทำการบีบอัดน้ำยางมา 2 มิลลิลิตร และเติมสารละลายผสมกรดที่ซีเอกับอีดีทีแอลไป 18 มิลลิลิตร คนให้เนื้อยางจับตัวกันเป็นก้อน และกรองสารละลายผ่านกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 เก็บเซรัมน้ำยางไว้ในตู้เย็น จนกระทั่งครบ 10 ชั่วโมง นำเซรัมน้ำยางทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์หาธาตุอาหาร ได้แก่ แอมโมเนียม ไนเตรต โปแทสเซียม แคลเซียม และ

แมกนีเซียม และองค์ประกอบทางชีวเคมี ได้แก่ ซูโครส อนินทรีย์ฟอสฟอรัส และไทออล โดยมีวิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.1.1 และเปรียบเทียบข้อมูลความเข้มข้นของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและแช่ในกล่องน้ำแข็งที่ระยะเวลาต่างๆ โดยการทดสอบสมมติฐานของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระต่อกัน (independent samples t-test)

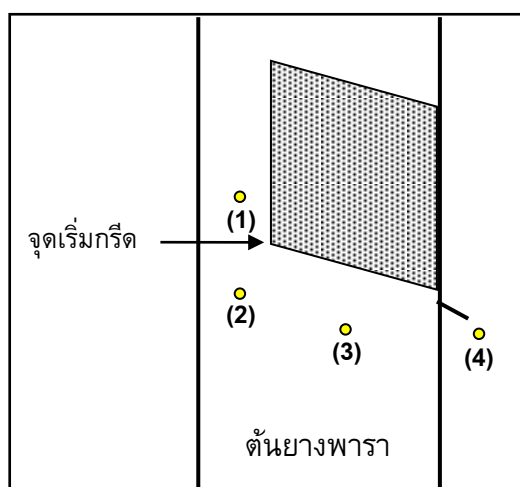
### 3.2.2 ศึกษาอุณหภูมิและสารยับยั้งจุลินทรีย์ในการเก็บรักษาน้ำยางสด

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ประกอบด้วย 3 ตำรับการทดลอง คือ ทำการเก็บน้ำยางสดไว้ในกล่องน้ำแข็ง (4°C) วางน้ำยางสดไว้ที่อุณหภูมิห้อง (31°C) และวางน้ำยางสดที่มีการเติมคลอโรฟอร์ม (99.5 %w/v CHCl<sub>3</sub>) ไว้ที่อุณหภูมิห้อง (31°C) จากนั้นทำการสกัดเซรัมน้ำยางทันที และสกัดเซรัมน้ำยางเมื่อเวลาผ่านไป 1-6 ชั่วโมง โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำยางพันธุ์ RRIM 600 ที่ได้จากการกรีตใหม่ๆ มาประมาณ 500 มิลลิลิตร คนให้น้ำยางเข้ากัน แบ่งใส่หลอดเหวี่ยงพลาสติกจำนวน 9 หลอด หลอดละ 30 มิลลิลิตร จากนั้นนำน้ำยางที่ได้ไปเก็บรักษาด้วยวิธีการต่างๆ คือ 1) แช่ในกล่องน้ำแข็ง 2) วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (31°C) และ 3) เติมคลอโรฟอร์ม (สารยับยั้งจุลินทรีย์) จำนวน 10 หยดต่อหลอด แล้วเก็บน้ำยางสดที่อุณหภูมิห้อง วิธีการละ 3 หลอด หลังจากนั้นทำการแยกเนื้อยางออกจากน้ำยางทันทีและเมื่อเวลาผ่านไปทุกๆ 1 ชั่วโมง โดยทำการบีบอัดน้ำยางมา 2 มิลลิลิตร และเติมสารละลายผสมกรดที่ซีเอกับอีดีทีแอลไป 18 มิลลิลิตร คนให้เนื้อยางจับตัวกันเป็นก้อน และกรองสารละลายผ่านกระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 1 เก็บเซรัมน้ำยางไว้ในตู้เย็น จนกระทั่งครบ 6 ชั่วโมง จากนั้นนำเซรัมน้ำยางไปวิเคราะห์ธาตุอาหาร ได้แก่ แอมโมเนียม ไนเตรต โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม และองค์ประกอบทางชีวเคมี ได้แก่ เนื้อยางแห้ง ซูโครส อนินทรีย์ฟอสฟอรัส และไทออล โดยมีวิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.1.1 และนำข้อมูลความเข้มข้นของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีที่เก็บรักษาด้วยวิธีการต่างๆ ที่เวลาเดียวกัน มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวนของข้อมูล (One-way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

## 3.3 ศึกษาตำแหน่งและช่วงเวลาเก็บน้ำยางสด

3.3.1 ศึกษาตำแหน่งเก็บน้ำยางสด เลือกแปลงยางพาราหลังเปิดกรีตพันธุ์ RRIM 600 ซึ่งมีขนาดลำต้นค่อนข้างสม่ำเสมอทั้งแปลง จำนวน 2 แปลง ได้แก่ แปลงของเกษตรกรที่อำเภอคลองหอยโข่ง (อายุ 7 ปี) และที่สถานีวิจัยเทพา คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเทพา จังหวัดสงขลา (อายุ 16 ปี) ในแต่ละแปลงวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design: RCBD)

ประกอบด้วย การเก็บน้ำยางจาก 4 ตำแหน่ง คือ 1) ด้านข้างเหนือจุดเริ่มกรีด 5 ซม. 2) ด้านข้างใต้จุดเริ่มกรีด 5 ซม. 3) กึ่งกลางใต้รอยกรีด 5 ซม. และ 4) เก็บน้ำยางจากการกรีด (ภาพที่ 2.1) โดยการเก็บน้ำยางที่ตำแหน่งการกรีดจะรองรับน้ำยางซึ่งกรีดใหม่ๆ บริเวณใต้ลิ้นยาง ส่วนตำแหน่งอื่นจะใช้เหล็กปลายแหลมแทงเข้าไปในส่วนของเปลือกต้นยางพาราจนถึงเนื้อไม้ จากนั้นสอดหลอดเข้าไปในรูที่เจาะไว้เพื่อลำเลียงน้ำยางจากต้นยางสู่หลอดทดลองที่มีการหล่อเย็นเพื่อรักษาสภาพของน้ำยาง การเก็บน้ำยางในแต่ละตำแหน่งทำ 3 ซ้ำๆ ละ 10 ต้นๆ ละ 15 หยด/ตำแหน่ง จากนั้นนำน้ำยางที่ได้มาวิเคราะห์ธาตุอาหาร ได้แก่ แอมโมเนียม ไนเตรต โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม และองค์ประกอบทางชีวเคมี ได้แก่ เนื้อยางแห้ง ชูโครส อนินทรีย์ฟอสฟอรัส และไทออล โดยมีวิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.1.1 และของแข็งทั้งหมด ซึ่งได้จากวิธีการอบ โดยชั่งน้ำหนักน้ำยางสด จากนั้นนำไปอบ (70°C เป็นเวลา 3 วัน) และชั่งน้ำหนักยางแห้ง แล้วคำนวณหาปริมาณของแข็งทั้งหมด (%) และนำข้อมูลความเข้มข้นของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางตำแหน่งต่างๆ ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)



ภาพที่ 2.1 ตำแหน่งการเก็บน้ำยางสดจากต้นยางพารา

**3.3.2 ศึกษาช่วงเวลาเก็บน้ำยางสด** เลือกแปลงยางพาราหลังเปิดกรีดพันธุ์ RRIM 600 ซึ่งมีขนาดลำต้นสม่ำเสมอทั้งแปลง จำนวน 2 แปลง ได้แก่ แปลงของเกษตรกรที่อำเภอคลองหอยโข่ง (อายุ 9 ปี) และที่สถานีวิจัยเทพา คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเทพา จังหวัดสงขลา (อายุ 16 ปี) ในแต่ละแปลงวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ประกอบด้วย การเก็บน้ำยางที่เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 นาฬิกา โดยใช้เหล็กปลายแหลมเจาะ



เก็บน้ำยางที่ตำแหน่งกึ่งกลางใต้รอยกรีด 5 ซม. จำนวน 10 ต้นๆ ละ 15 หยด/ตำแหน่ง ทำ 3 ซ้ำ ซึ่งในการเก็บน้ำยางสดที่สถานีวิจัยเทพาจะเก็บน้ำยางสดที่เวลาต่างๆ ซ้ำต้นเดิม แต่เปลี่ยนตำแหน่งจะเก็บน้ำยางให้ใกล้เคียงกับตำแหน่งก่อนหน้า เพื่อต้องการลดปัญหาความแปรปรวนระหว่างต้นที่เจาะเก็บน้ำยาง และเปลี่ยนต้นยางพาราสำหรับเก็บน้ำยาง เพื่อต้องการลดอิทธิพลของการเจาะเก็บน้ำยางครั้งแรกต่อการเก็บน้ำยางในช่วงเวลาต่อมา ส่วนที่แปลงของเกษตรกรในอำเภอคลองหอยโข่งจะเจาะเก็บน้ำยางซ้ำต้นเดิมที่เวลาต่างๆ เพียงอย่างเดียว เนื่องจากต้นยางพารามีไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนต้นสำหรับเจาะเก็บน้ำยาง จากนั้นนำน้ำยางที่ได้มาวิเคราะห์ธาตุอาหาร ได้แก่ แอมโมเนียม ไนเตรต โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม และองค์ประกอบทางชีวเคมี ได้แก่ ของแข็งทั้งหมด เนื้อยางแห้ง ซูโครส อินทรีย์-ฟอสฟอรัส และไทออล โดยมีวิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.1.1 และนำข้อมูลความเข้มข้นของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางตำแหน่งต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

### บทที่ 3

#### ผลการทดลอง

#### 1. ผลของวิธีการเก็บรักษาตัวอย่างเซรัมน้ำยางต่อธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยาง

##### 1.1 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาเซรัมน้ำยางในตู้เย็น

ความเข้มข้นของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นเป็นระยะเวลา 1-7 วัน (ตารางที่ 3.1 และ 3.2) ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 3.1 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาเซรัมน้ำยางต่อธาตุอาหารในเซรัมน้ำยาง

ระยะเวลา (วัน)	แอมโมเนียม (mM)	ไนเตรต (mM)	โพแทสเซียม (mM)	แคลเซียม (mM)	แมกนีเซียม (mM)
1	1.62d	0.21d	52.13	0.54b	12.25
2	2.65a	0.25bc	54.95	0.59b	14.77
3	1.33e	0.23cd	47.67	0.70ab	11.71
4	1.81c	0.31a	51.47	0.59b	11.30
5	1.53d	0.30a	58.82	0.38c	11.73
6	2.11b	0.32a	58.26	0.78a	11.62
7	1.78c	0.29ab	58.25	0.66ab	11.86
F-test	**	**	NS	**	NS
C.V.(%)	4.13	7.30	9.12	16.73	10.02

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันอยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT,

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ \*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

**แอมโมเนียมและไนเตรต** ความเข้มข้นของแอมโมเนียมในเซรัมน้ำยางที่เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นเป็นเวลา 1-7 วัน มีการเปลี่ยนแปลงทุกวันและมีแนวโน้มไม่แน่นอน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.33-2.65 มิลลิโมลาร์ ขณะที่ความเข้มข้นของไนเตรตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาเซรัมน้ำยางเป็นเวลานานขึ้น (ตารางที่ 3.1)

**โพแทสเซียม** ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในเซรุ่มน้ำยางมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาเซรุ่มน้ำยางไว้ในตู้เย็นเป็นเวลา 1-7 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 47.67-58.82 มิลลิโมลาร์ (ตารางที่ 3.1)

**แคลเซียม** ความเข้มข้นของแคลเซียมในเซรุ่มน้ำยางที่เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นเป็นเวลา 2 วัน มีค่าไม่แตกต่างกัน (0.54 และ 0.59 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) และเมื่อเก็บรักษาเซรุ่มน้ำยางไว้นานกว่า 2 วัน พบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (ตารางที่ 3.1)

**แมกนีเซียม** ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในเซรุ่มน้ำยางมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาเซรุ่มน้ำยางไว้ในตู้เย็นเป็นเวลา 1-7 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 11.30-14.77 มิลลิโมลาร์ (ตารางที่ 3.1)

**ตารางที่ 3.2** ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาหน้ายางต่อองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรุ่มน้ำยาง

ระยะเวลา (วัน)	ซูโครส (mM)	อนินทรีย์ฟอสฟอรัส (mM)	ไทออล (mM)
1	7.91	21.72	0.29a
2	8.35	21.85	0.27a
3	7.39	21.95	0.26ab
4	8.44	22.11	0.22cd
5	8.43	22.28	0.22cd
6	8.47	22.14	0.21d
7	7.85	21.64	0.20d
F-test	NS	NS	**
C.V.(%)	12.52	13.78	11.05

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันอยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT, NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และ \*\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

**ซูโครส** ความเข้มข้นของซูโครสในเซรุ่มน้ำยางมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาเซรุ่มน้ำยางไว้ในตู้เย็นเป็นเวลา 1-7 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.39-8.47 มิลลิโมลาร์ (ตารางที่ 3.2)

**อนินทรีย์ฟอสฟอรัส** ความเข้มข้นของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในเซรุ่มน้ำยางมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาเซรุ่มน้ำยางไว้ในตู้เย็นเป็นเวลา 1-7 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 21.64-22.28 มิลลิโมลาร์ (ตารางที่ 3.2)

**ไทออล** ความเข้มข้นของไทออลในเซรุ่มน้ำยางที่เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นเป็นเวลา 2 วัน มีค่าไม่แตกต่างกัน (0.29 และ 0.27 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) และเมื่อเก็บรักษาเซรุ่ม

น้ำยางไว้นานกว่า 2 วัน พบว่า ความเข้มข้นของไทออลมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน โดยลดลงเป็น 0.20 มิลลิโมลาร์ เมื่อเก็บรักษาเซรัมไว้นาน 7 วัน (ตารางที่ 3.2)

### 1.2 ผลของอุณหภูมิเก็บรักษาเซรัมน้ำยาง

ความเข้มข้นของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่เก็บรักษาไว้ในกล่องน้ำแข็ง (4 องศาเซลเซียส) และวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (31 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 1, 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง (ตารางที่ 3.3) ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 3.3 ผลของอุณหภูมิเก็บรักษาเซรัมน้ำยางต่อธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยาง

ธาตุอาหารและ องค์ประกอบทางชีวเคมี	วิธีการ	ระยะเวลาการเก็บรักษาเซรัม (ชม.)					เฉลี่ย
		1	2	4	6	8	
แอมโมเนียม (mM)	แช่ในกล่องน้ำแข็ง	1.38	1.77	1.12	0.99	0.80	<b>1.21</b>
	เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง	1.44	2.45	1.44	1.48	1.33	<b>1.63</b>
	t-test	NS	NS	*	**	**	**
	C.V. (%)	33.71	27.36	19.28	24.31	33.95	<b>37.87</b>
ซูโครส (mM)	แช่ในกล่องน้ำแข็ง	6.35	6.22	6.03	5.64	5.96	<b>6.04</b>
	เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง	5.84	5.94	5.57	5.26	5.54	<b>5.63</b>
	t-test	NS	NS	NS	NS	NS	<b>NS</b>
	C.V. (%)	14.02	14.15	13.54	14.16	13.12	<b>13.87</b>
อนินทรีย์ฟอสฟอรัส (mM)	แช่ในกล่องน้ำแข็ง	14.03	13.15	13.40	13.50	13.25	<b>13.47</b>
	เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง	13.58	12.86	12.85	13.17	12.96	<b>13.08</b>
	t-test	NS	NS	NS	NS	NS	<b>NS</b>
	C.V. (%)	13.02	14.25	12.73	13.26	13.05	<b>12.90</b>
ไทออล (mM)	แช่ในกล่องน้ำแข็ง	0.22	0.21	0.16	0.20	0.17	<b>0.19</b>
	เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง	0.21	0.17	0.13	0.16	0.14	<b>0.16</b>
	t-test	NS	NS	NS	NS	NS	<b>**</b>
	C.V. (%)	11.73	19.75	16.43	19.12	17.30	<b>21.75</b>

หมายเหตุ : NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ \*,\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%  
แช่ในกล่องน้ำแข็ง (4°C) และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (31°C)

**แอมโมเนียม** ความเข้มข้นของแอมโมเนียมในเซรุ่มน้ำยางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (1.63 มิลลิโมลาร์) มีค่าสูงกว่าเซรุ่มน้ำยางวางไว้ในกล่องน้ำแข็ง (1.21 มิลลิโมลาร์) โดยความเข้มข้นของแอมโมเนียมในเซรุ่มน้ำยางที่เก็บรักษาไว้ในกล่องน้ำแข็งและวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1-2 ชั่วโมง มีค่าไม่แตกต่างกัน และเมื่อเก็บรักษาเซรุ่มน้ำยางไว้นานกว่า 2 ชั่วโมง พบว่า ความเข้มข้นของแอมโมเนียมในเซรุ่มน้ำยางที่เก็บรักษาในกล่องน้ำแข็งมีค่าต่ำกว่าที่วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยแอมโมเนียมในเซรุ่มน้ำยางที่เก็บรักษาในกล่องน้ำแข็งมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาการเก็บรักษาเซรุ่มน้ำยางนานขึ้น ขณะที่เซรุ่มน้ำยางที่วางไว้ที่อุณหภูมิห้องมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ (ตารางที่ 3.3)

**ซูโครส** ความเข้มข้นของซูโครสในเซรุ่มน้ำยางที่เก็บรักษาไว้ในกล่องน้ำแข็งและวางไว้ที่อุณหภูมิห้องมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานเท่ากัน อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของซูโครสในเซรุ่มน้ำยางที่เก็บรักษาในกล่องน้ำแข็งมีแนวโน้มสูงกว่าที่วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 3.3)

**อินทรีฟอสฟอรัส** ความเข้มข้นของอินทรีฟอสฟอรัสในเซรุ่มน้ำยางที่เก็บรักษาไว้ในกล่องน้ำแข็งและวางไว้ที่อุณหภูมิห้องมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานเท่ากัน อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของอินทรีฟอสฟอรัสในเซรุ่มน้ำยางที่เก็บรักษาในกล่องน้ำแข็งมีแนวโน้มสูงกว่าที่วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 3.3)

**ไทออล** ความเข้มข้นของไทออลในเซรุ่มน้ำยางที่เก็บรักษาไว้ในกล่องน้ำแข็ง (0.19 มิลลิโมลาร์) สูงกว่าเซรุ่มน้ำยางที่วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (0.16 มิลลิโมลาร์) อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาเซรุ่มน้ำยางเป็นระยะเวลานานเท่ากัน พบว่า ความเข้มข้นของไทออลมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยความเข้มข้นของไทออลในเซรุ่มน้ำยางที่เก็บรักษาทั้ง 2 วิธี มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเซรุ่มน้ำยางนานขึ้น (ตารางที่ 3.3)

### 1.3 ผลของเวลาในการสกัดและกระดาษกรองที่ใช้

ความเข้มข้นของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรุ่มน้ำยางที่ใช้เวลาในการสกัด 10 นาที และ 5 ชั่วโมง แล้วกรองส่วนของเซรุ่มและของแข็งออกจากกันด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 และเบอร์ 5 (ตารางที่ 3.4 และ 3.5) ได้ผลดังนี้

**โพแทสเซียม** ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในเซรุ่มน้ำยางที่ใช้เวลาสกัด 10 นาที หรือ 5 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 หรือเบอร์ 5 มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีความอยู่ในช่วง 65.21-69.48 มิลลิโมลาร์ (ตารางที่ 3.4)

**แคลเซียม** ความเข้มข้นของแคลเซียมในเซรุ่มน้ำยางมีค่าสูงเมื่อใช้เวลาในการสกัด 5 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 (0.41 มิลลิโมลาร์) ขณะที่เซรุ่มน้ำยางที่ใช้เวลาสกัด 10 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 หรือเบอร์ 5 และ

เซรัมน์น้ำยางที่สกัด 5 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 5 มีความเข้มข้นของแคลเซียมใกล้เคียงกัน (0.33, 0.29 และ 0.34 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) (ตารางที่ 3.4)

**แมกนีเซียม** ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในเซรัมน์น้ำยางที่ใช้เวลาสกัด 10 นาที หรือ 5 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 หรือเบอร์ 5 มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีความอยู่ในช่วง 12.15-13.17 มิลลิโมลาร์ (ตารางที่ 3.4)

**ตารางที่ 3.4** ผลของเวลาในการสกัดและกระดาษกรองที่ใช้ต่อธาตุอาหารในเซรัมน์น้ำยาง

วิธีการ	โพแทสเซียม (mM)	แคลเซียม (mM)	แมกนีเซียม (mM)
สกัด 10 นาที + กระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1	65.21	0.33b	12.59
สกัด 10 นาที + กระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 5	65.89	0.29b	12.15
สกัด 5 ชั่วโมง + กระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1	69.48	0.41a	13.17
สกัด 5 ชั่วโมง + กระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 5	65.95	0.34b	13.01
F-test	NS	**	NS
C.V. (%)	4.25	13.07	4.86

หมายเหตุ : NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ \*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

**เนื้อยางแห้ง** เนื้อยางแห้งที่ใช้เวลาในการสกัด 10 นาที หรือ 5 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 หรือเบอร์ 5 มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีความอยู่ในช่วง 41.42-42.12 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3.5)

**ซูโครส** ความเข้มข้นของซูโครสในเซรัมน์น้ำยางที่ใช้เวลาในการสกัด 5 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 และเบอร์ 5 มีค่าใกล้เคียงกัน (9.21 และ 9.24 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) และมีความสูงกว่าเซรัมน์น้ำยางที่ใช้เวลาสกัด 10 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 และเบอร์ 5 ซึ่งมีความเข้มข้นของซูโครสใกล้เคียงกัน (8.46 และ 8.71 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) (ตารางที่ 3.5)

**อนินทรีย์ฟอสฟอรัส** ความเข้มข้นของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสมีค่าสูง เมื่อใช้เวลาสกัดเซรัมน์น้ำยาง 5 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 และเบอร์ 5 (15.08 และ 14.80 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) ขณะที่การใช้เวลาสกัด 10 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 และเบอร์ 5 มีค่าต่ำกว่า (13.90 และ 14.34 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) (ตารางที่ 3.5)

**ไทออล** ความเข้มข้นของไทออลมีค่าสูงเมื่อใช้เวลาสกัดเซรัมน้ำยาง 5 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 และเบอร์ 5 (0.42 และ 0.41 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) ขณะที่การใช้เวลาสกัด 10 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 และเบอร์ 5 พบว่าความเข้มข้นของไทออลมีค่าใกล้เคียงกัน (0.39 มิลลิโมลาร์) (ตารางที่ 3.5)

**ตารางที่ 3.5** ผลของเวลาในการสกัดและกระดาษกรองที่ใช้ต่อองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยาง

วิธีการ	เนื้อยางแห้ง (%)	ซูโครส (mM)	อินนทรีย์-ฟอสฟอรัส (mM)	ไทออล (mM)
สกัด 10 นาที + กระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1	41.42	8.46b	13.90c	0.39c
สกัด 10 นาที + กระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 5	41.43	8.71b	14.34bc	0.39c
สกัด 5 ชั่วโมง + กระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1	42.12	9.21a	15.08a	0.42a
สกัด 5 ชั่วโมง + กระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 5	42.01	9.24a	14.80ab	0.41b
F-test	NS	**	**	**
C.V. (%)	2.31	2.25	3.50	0.00

หมายเหตุ : NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ \*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

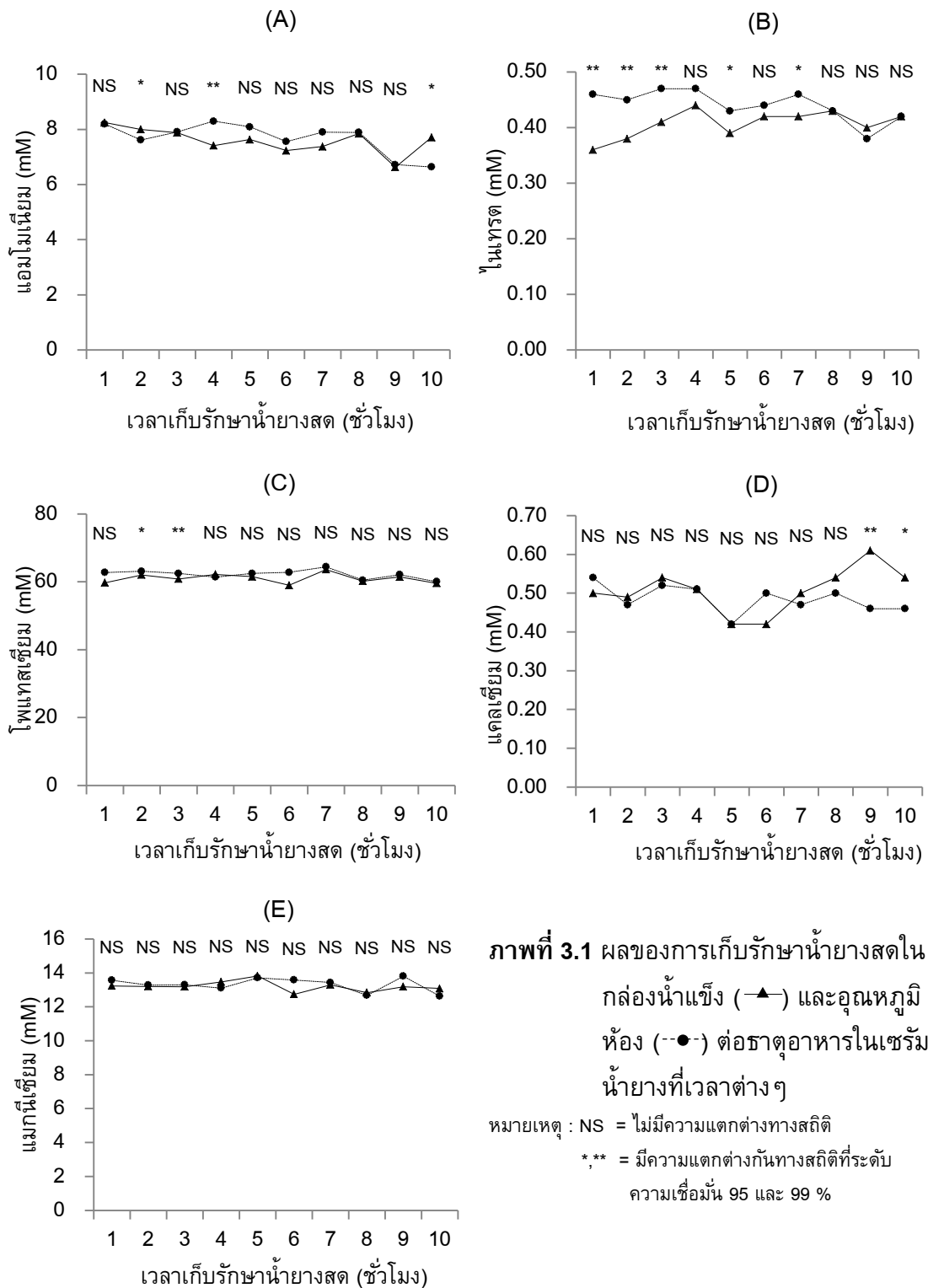
## 2. ผลของวิธีการเก็บรักษาตัวอย่างสดต่อธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยาง

### 2.1 ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาตัวอย่างสด

ความเข้มข้นของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่ได้จากการเก็บรักษาตัวอย่างสด 2 วิธี คือ แช่ในกล่องน้ำแข็ง (4 องศาเซลเซียส) และวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (27 องศาเซลเซียส) ก่อนนำไปสกัดเป็นเซรัมน้ำยางทุกชั่วโมง เป็นเวลา 10 ชั่วโมง (ภาพที่ 3.1 และ 3.2) ได้ผลดังนี้

**แอมโมเนียมและไนเตรต** ความเข้มข้นของแอมโมเนียมในเซรัมน้ำยางจากตัวอย่างสดซึ่งเก็บรักษาในกล่องน้ำแข็งและที่อุณหภูมิห้องมีค่าไม่ค่อยแตกต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่างสดเท่ากัน นอกจากนี้ ยังพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่างสดเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของแอมโมเนียมมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย (ภาพที่ 3.1A) ส่วนความเข้มข้นของไนเตรตเมื่อเก็บรักษาตัวอย่างสดที่อุณหภูมิห้องมีค่าสูงกว่าการแช่ในกล่องน้ำแข็ง จนกระทั่ง

ชั่วโมงที่ 8 ของการเก็บรักษาน้ำยางสดพบว่าความเข้มข้นของไนเตรตใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำยางสดที่เก็บรักษาในกล่องน้ำแข็งมีความเข้มข้นของไนเตรตเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสดเพิ่มขึ้น ขณะที่น้ำยางสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีค่าลดลงเล็กน้อย (ภาพที่ 3.1B)



ภาพที่ 3.1 ผลของการเก็บรักษาน้ำยางสดในกล่องน้ำแข็ง (▲) และอุณหภูมิห้อง (●) ต่อธาตุอาหารไนเตรต น้ำยางที่เวลาต่างๆ

หมายเหตุ : NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ  
 \*,\*\* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 %



**โพแทสเซียม** ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในเซรัมน้ำจากน้ำยางสดซึ่งเก็บรักษาในกล่องน้ำแข็งและที่อุณหภูมิห้องมีค่าไม่แตกต่างกัน และยังพบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสด ความเข้มข้นของโพแทสเซียมมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่า 58.98-63.64 และ 60.04-62.78 มิลลิโมลาร์ ในน้ำยางสดที่เก็บรักษาโดยแช่ในกล่องน้ำแข็งและวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง ตามลำดับ (ภาพที่ 3.1C)

**แคลเซียม** ความเข้มข้นของแคลเซียมในเซรัมน้ำจากน้ำยางสดซึ่งเก็บรักษาในกล่องน้ำแข็งและที่อุณหภูมิห้องมีค่าไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาน้ำยางสดเป็นเวลานานกว่า 4 ชั่วโมง พบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมในเซรัมน้ำที่เก็บรักษาโดยแช่ในกล่องน้ำแข็งเริ่มแปรปรวน โดยค่าลดลงในชั่วโมงที่ 5 และ 6 และค่อยๆ เพิ่มขึ้นเวลาต่อมา ในขณะที่การเก็บรักษาน้ำยางสดที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมมีความแปรปรวนน้อย (ภาพที่ 3.1D)

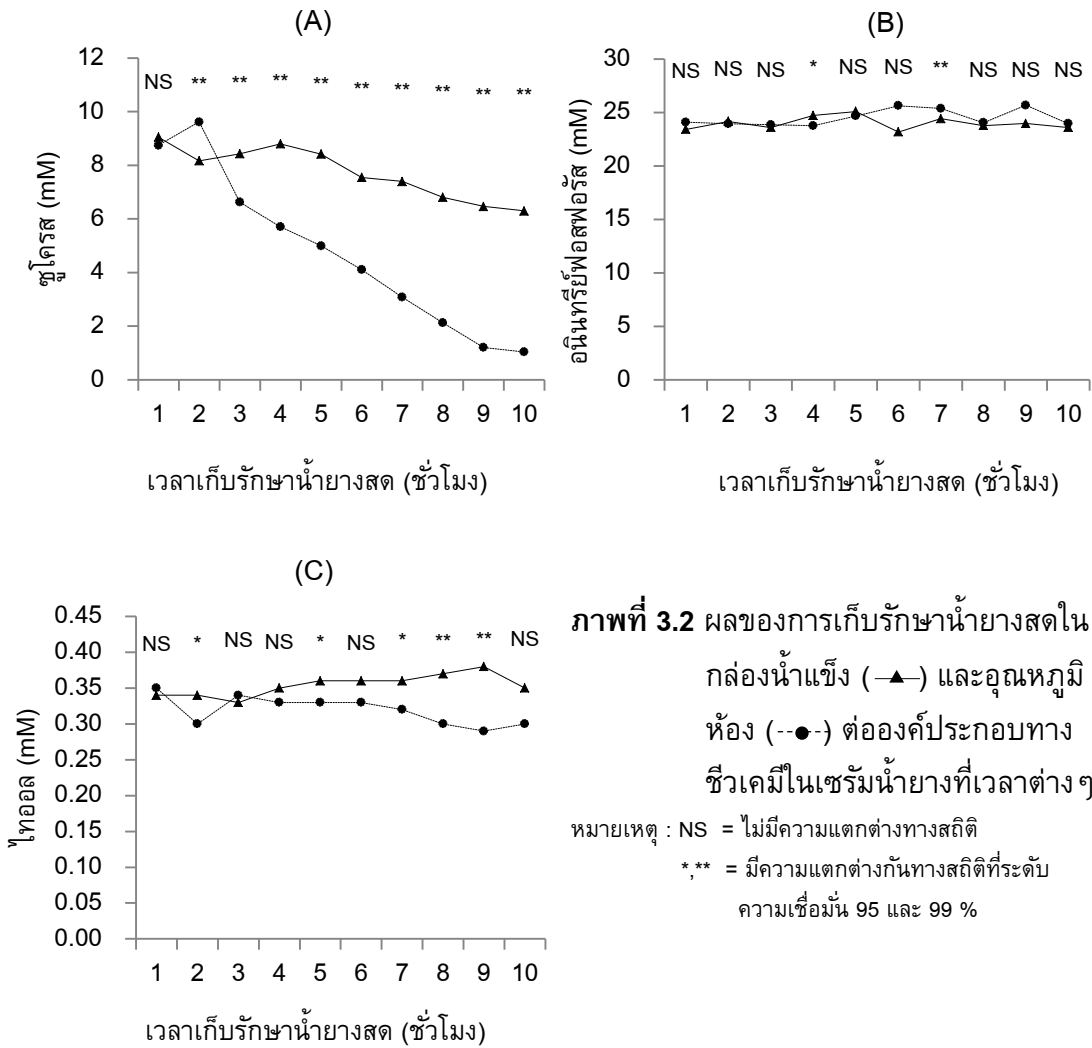
**แมกนีเซียม** ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในเซรัมน้ำจากน้ำยางสดซึ่งเก็บรักษาในกล่องน้ำแข็งและที่อุณหภูมิห้องมีค่าไม่แตกต่างกัน และยังพบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสด ความเข้มข้นของแมกนีเซียมมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่า 12.74-13.82 และ 12.63-13.81 มิลลิโมลาร์ ในน้ำยางสดที่เก็บรักษาโดยแช่ในกล่องน้ำแข็งและวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง ตามลำดับ (ภาพที่ 3.1E)

**ซูโครส** ความเข้มข้นของซูโครสในเซรัมน้ำจากน้ำยางสดซึ่งเก็บรักษาในกล่องน้ำแข็งและที่อุณหภูมิห้องมีค่าไม่แตกต่างกันในช่วงแรกของการเก็บรักษาน้ำยางสด อย่างไรก็ตาม เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสดนานขึ้น ความเข้มข้นของซูโครสจากการเก็บรักษาน้ำยางสดทั้ง 2 วิธี มีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเก็บรักษาน้ำยางสดที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งทำให้ซูโครสลดลงจาก 8.75 มิลลิโมลาร์ เหลือ 1.04 มิลลิโมลาร์ เมื่อเก็บรักษาน้ำยางสดนาน 10 ชั่วโมง (ภาพที่ 3.2A)

**อินทรีฟอสฟอรัส** ความเข้มข้นของอินทรีฟอสฟอรัสในเซรัมน้ำจากน้ำยางสดซึ่งเก็บรักษาในกล่องน้ำแข็งและที่อุณหภูมิห้องมีค่าไม่แตกต่างกัน และยังพบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสด ความเข้มข้นของอินทรีฟอสฟอรัสมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่า 23.19-25.10 และ 23.77-25.68 มิลลิโมลาร์ ในน้ำยางสดที่เก็บรักษาโดยแช่ในกล่องน้ำแข็งและวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง ตามลำดับ (ภาพที่ 3.2B)

**ไทออล** ความเข้มข้นของไทออลในเซรัมน้ำจากน้ำยางสดซึ่งเก็บรักษาในกล่องน้ำแข็งและที่อุณหภูมิห้องมีค่าไม่แตกต่างกันในช่วง 1-4 ชั่วโมง ของการเก็บรักษาน้ำยางสด อย่างไรก็ตาม เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสดนานขึ้น ความเข้มข้นของไทออลจากการเก็บรักษาน้ำยางสดทั้ง 2 วิธีมีความแปรปรวนต่างกัน โดยความเข้มข้นของไทออลมี

แนวโน้มน้ำเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาในน้ำแข็ง ในขณะที่ความเข้มข้นของไทออลมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง (ภาพที่ 3.2C)



**ภาพที่ 3.2** ผลของการเก็บรักษาในน้ำแข็งในกล่องน้ำแข็ง (▲) และอุณหภูมิห้อง (●) ต่อองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่เวลาต่างๆ  
 หมายเหตุ : NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ  
 \*,\*\* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 %

**2.2 ผลของอุณหภูมิและสารยับยั้งจุลินทรีย์ในการเก็บรักษาในน้ำแข็ง**

ความเข้มข้นของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่ได้จากการเก็บรักษาในน้ำแข็ง 3 วิธี คือ แช่ในกล่องน้ำแข็ง (4 องศาเซลเซียส) วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (31 องศาเซลเซียส) และเติมสารยับยั้งจุลินทรีย์แล้ววางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (31 องศาเซลเซียส) ก่อนนำไปสกัดเป็นเซรัมน้ำยางทุกชั่วโมง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (ตารางที่ 3.6 และ 3.7) ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 3.6 ผลของอุณหภูมิและสารยับยั้งจุลินทรีย์ต่อการเก็บรักษาน้ำยางสดต่อธาตุอาหารใน เซรัมน้ำยาง

ธาตุอาหาร	วิธีการ	เวลา (ชั่วโมง)					
		1	2	3	4	5	6
แอมโมเนียม (mM)	แช่น้ำแข็ง	6.16	5.23	4.65	4.65	4.01	4.08
	อุณหภูมิห้อง	5.67	5.66	5.09	5.60	3.92	3.96
	อุณหภูมิห้อง + คลอโรฟอร์ม	4.92	4.86	4.54	4.82	4.05	3.93
	F-test	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	C.V. (%)	13.33	8.83	14.24	11.83	15.32	18.50
ไนเตรต (mM)	แช่น้ำแข็ง	0.30c	0.30b	0.31c	0.39b	0.39b	0.40
	อุณหภูมิห้อง	0.41b	0.42a	0.46b	0.49a	0.44ab	0.47
	อุณหภูมิห้อง + คลอโรฟอร์ม	0.51a	0.47a	0.49a	0.53a	0.48a	0.45
	F-test	**	**	**	**	*	NS
	C.V. (%)	10.40	9.54	6.01	8.90	7.30	8.39
โพแทสเซียม (mM)	แช่น้ำแข็ง	48.82	43.43b	43.43	44.85	33.05	34.35
	อุณหภูมิห้อง	46.96	46.25a	43.13	45.90	36.67	33.72
	อุณหภูมิห้อง + คลอโรฟอร์ม	49.85	45.54a	46.26	46.27	36.02	34.35
	F-test	NS	**	NS	NS	NS	NS
	C.V. (%)	6.20	1.42	6.50	4.91	8.36	5.12
แคลเซียม (mM)	แช่น้ำแข็ง	0.63	0.72	0.69	0.60	0.51b	0.69a
	อุณหภูมิห้อง	0.71	0.76	0.66	0.67	0.68a	0.77a
	อุณหภูมิห้อง + คลอโรฟอร์ม	0.66	0.64	0.60	0.60	0.65a	0.57b
	F-test	NS	NS	NS	NS	**	**
	C.V. (%)	7.82	7.03	9.44	8.82	8.47	6.78
แมกนีเซียม (mM)	แช่น้ำแข็ง	16.38	14.53	14.29	15.32	12.37	12.59
	อุณหภูมิห้อง	15.37	15.96	14.95	15.29	13.13	12.12
	อุณหภูมิห้อง + คลอโรฟอร์ม	16.27	15.44	14.71	15.96	13.56	12.90
	F-test	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	C.V. (%)	4.56	3.95	6.01	5.14	7.15	5.76

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันอยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT,

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ \*\*, \*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

**แอมโมเนียมและไนเตรต** ความเข้มข้นของแอมโมเนียมไนเตรตในเซรัมน้ำจากน้ำยางสดซึ่งเก็บรักษาด้วยวิธีการต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาน้ำยางสดนานเท่ากัน อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บรักษาน้ำยางสดนานขึ้น พบว่า ความเข้มข้นของแอมโมเนียมไม่ว่าจะเก็บด้วยวิธีการใดมีแนวโน้มลดลง และลดลงอย่างชัดเจนในช่วงที่ 5-6 (ตารางที่ 3.6) ส่วนความเข้มข้นของไนเตรตมีค่าสูงเมื่อเก็บรักษาน้ำยางสดโดยเติมสารยับยั้งจุลินทรีย์แล้ววางไว้ในที่อุณหภูมิห้อง (0.51 มิลลิโมลาร์) ขณะที่การเก็บรักษาน้ำยางสดโดยวางไว้ในที่อุณหภูมิห้องและแช่ในกล่องน้ำแข็งมีความเข้มข้นของไนเตรตต่ำกว่า (0.41 และ 0.30 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) (ตารางที่ 3.6)

**โพแทสเซียม** ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไนเตรตในเซรัมน้ำจากน้ำยางสดซึ่งเก็บรักษาด้วยวิธีการต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสดนานเท่ากัน อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บรักษาน้ำยางสดไว้นานกว่า 4 ชั่วโมง พบว่า ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในน้ำยางสดที่เก็บรักษาทั้ง 3 วิธี มีค่าลดลงอย่างชัดเจน (ตารางที่ 3.6)

**แคลเซียม** ความเข้มข้นของแคลเซียมไนเตรตในเซรัมน้ำจากน้ำยางสดซึ่งเก็บรักษาด้วยวิธีการต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาน้ำยางสดไว้นาน 1-4 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บรักษาน้ำยางสดไว้นานกว่า 4 ชั่วโมง พบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมในน้ำยางสดที่เก็บรักษาแต่ละวิธีมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน (ตารางที่ 3.6)

**แมกนีเซียม** ความเข้มข้นของแมกนีเซียมไนเตรตในเซรัมน้ำจากน้ำยางสดซึ่งเก็บรักษาด้วยวิธีการต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสดนานเท่ากัน อย่างไรก็ตาม เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสดนานขึ้น พบว่า ความเข้มข้นของแมกนีเซียมมีแนวโน้มลดลงและลดลงอย่างชัดเจนหลังจากเก็บรักษาเซรัมไว้นานกว่า 4 ชั่วโมง (ตารางที่ 3.6)

**เนื้อเยื่อแห้ง** เนื้อเยื่อแห้งที่ได้จากวิธีการเก็บรักษาน้ำยางสดแตกต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสดเท่ากัน (ตารางที่ 3.7)

**ซูโครส** ความเข้มข้นของซูโครสในเซรัมน้ำจากน้ำยางสดซึ่งเก็บรักษาด้วยวิธีการต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อสกัดน้ำยางสดเป็นเซรัมน้ำยางทันที ขณะที่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสดนานขึ้น (1-6 ชั่วโมง) พบว่า ความเข้มข้นของซูโครสในเซรัมน้ำยางที่เก็บรักษาแต่ละวิธีมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน (ตารางที่ 3.7)

**อนินทรีย์ฟอสฟอรัส** หลังจากสกัดน้ำยางสดทันที พบว่า ความเข้มข้นของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่เก็บรักษาน้ำยางสดโดยเติมสารยับยั้งจุลินทรีย์แล้ววางไว้ในที่อุณหภูมิห้อง (13.77 มิลลิโมลาร์) มีค่าสูงกว่าการแช่น้ำยางสดในกล่องน้ำแข็ง (12.35 มิลลิโมลาร์) และวางไว้ในที่อุณหภูมิห้อง (12.51 มิลลิโมลาร์) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บรักษาน้ำยางสดไว้นาน 1-4 ชั่วโมง พบว่า ความเข้มข้นของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่เก็บรักษาด้วยวิธีการต่างๆ

ไม่แตกต่างกัน แต่ความเข้มข้นของอินทรีฟอสฟอรัสที่เก็บรักษาทั้ง 3 วิธี จะมีแนวโน้มลดลง ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 ของการเก็บรักษาน้ำยาง (ตารางที่ 3.7)

**ตารางที่ 3.7** ผลของอุณหภูมิและสารยับยั้งจุลินทรีย์ต่อการเก็บรักษาน้ำยางสดต่อองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยาง

องค์ประกอบทางชีวเคมี	วิธีการ	เวลา (ชั่วโมง)						
		0	1	2	3	4	5	6
เนื้อยางแห้ง (%)	แช่น้ำแข็ง	38.02	39.09	38.30	39.90	38.91	39.61	41.78
	อุณหภูมิห้อง	39.21	38.61	37.27	38.45	39.94	40.22	40.82
	อุณหภูมิห้อง + คลอโรฟอร์ม	38.32	37.14	36.77	38.62	40.71	39.85	40.88
	F-test	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	C.V. (%)	4.26	4.15	4.08	4.46	2.84	3.83	5.15
ซูโครส (mM)	แช่น้ำแข็ง	4.41	4.25a	4.45a	3.27a	3.88a	3.93a	3.82a
	อุณหภูมิห้อง	4.47	4.03b	4.02b	2.78b	3.22b	3.38b	2.82b
	อุณหภูมิห้อง + คลอโรฟอร์ม	4.48	4.15ab	3.70c	2.67b	3.25b	3.39b	2.87b
	F-test	NS	*	**	*	**	**	**
	C.V. (%)	2.15	2.41	3.72	9.61	6.38	2.34	4.11
อินทรีฟอสฟอรัส (mM)	แช่น้ำแข็ง	12.35b	12.51	12.33	10.80	12.90	12.78b	11.80
	อุณหภูมิห้อง	12.51b	12.80	12.74	11.92	13.56	13.63a	12.17
	อุณหภูมิห้อง + คลอโรฟอร์ม	13.77a	12.88	12.69	10.73	12.92	13.72a	12.66
	F-test	**	NS	NS	NS	NS	**	NS
	C.V. (%)	4.92	2.44	4.56	6.78	3.48	1.60	4.74
ไทออล (mM)	แช่น้ำแข็ง	0.21	0.18	0.16	0.16b	0.20b	0.24b	0.30
	อุณหภูมิห้อง	0.22	0.19	0.21	0.21a	0.24a	0.26b	0.32
	อุณหภูมิห้อง + คลอโรฟอร์ม	0.21	0.22	0.19	0.19a	0.23ab	0.32a	0.34
	F-test	NS	NS	NS	*	*	**	NS
	C.V. (%)	5.44	13.54	21.47	10.80	8.35	6.88	11.82

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันอยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT, NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ \*,\*\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

**ไทออล** ความเข้มข้นของไทออลในเซรัมน้ำยางจากน้ำยางสดซึ่งเก็บรักษาด้วยวิธีการต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อสกัดน้ำยางสดเป็นเซรัมน้ำยางทันที และหลังจากทิ้งน้ำยาง

สดไว้นาน 1-2 ชั่วโมง ขณะที่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสดนานกว่า 2 ชั่วโมง พบว่า ความเข้มข้นของไทออล จากน้ำยางสดที่เก็บรักษาแต่ละวิธีมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน (ตารางที่ 3.7)

### 3. ตำแหน่งและเวลาในการเก็บน้ำยางสดสำหรับวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยาง

#### 3.1 ผลของตำแหน่งการเก็บน้ำยางสดต่อธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยาง

ความเข้มข้นของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่ได้จากการเก็บน้ำยางสด 4 ตำแหน่ง คือ ด้านข้างเหนือและใต้รอยกรีด กึ่งกลางใต้รอยกรีด และน้ำยางจากการกรีด ในแปลงยางอายุ 7 และ 16 ปี (ภาพที่ 3.3 และ 3.4) ได้ผลดังนี้

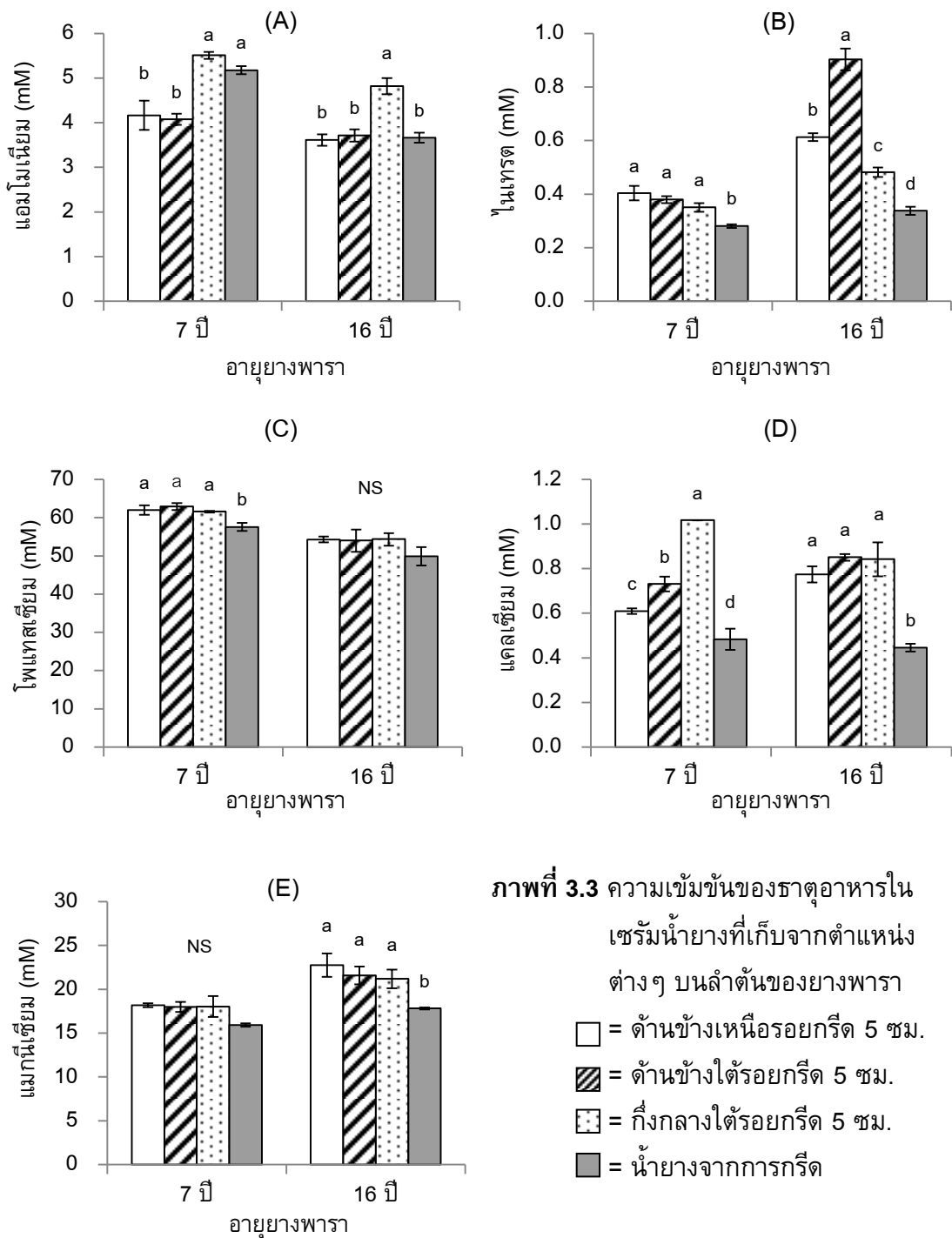
**แอมโมเนียมและไนเตรต** ความเข้มข้นของแอมโมเนียมสูงสุดเมื่อเก็บน้ำยางที่ตำแหน่งกึ่งกลางใต้รอยกรีด ส่วนตำแหน่งอื่น ๆ มีค่าต่ำกว่า และที่ตำแหน่งด้านข้างเหนือและใต้จุดเริ่มกรีดมีค่าใกล้เคียงกันทั้งในแปลงยางอายุ 7 และ 16 ปี (ภาพที่ 3.3A) ในขณะที่พบว่าความเข้มข้นไนเตรตมีค่าสูงสุดเมื่อเก็บน้ำยางจากการกรีด แต่ตำแหน่งอื่นมีค่าไม่แตกต่างกันในแปลงยางอายุ 7 ปี และมีความเข้มข้นของไนเตรตสูงที่ตำแหน่งด้านข้างใต้รอยกรีดในแปลงยางอายุ 16 ปี (ภาพที่ 3.3B)

**โพแทสเซียม** ในแปลงยางอายุ 7 ปี พบว่า ความเข้มข้นโพแทสเซียมมีค่าต่ำเมื่อเก็บน้ำยางจากการกรีด (57.57 มิลลิโมลาร์) ขณะที่ตำแหน่งด้านข้างเหนือและใต้จุดเริ่มกรีด และกึ่งกลางใต้รอยกรีดมีโพแทสเซียมใกล้เคียงกัน (61.97, 62.87 และ 61.55 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) และในแปลงยางอายุ 16 ปี ความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ตำแหน่งต่าง ๆ มีแนวโน้มคล้ายกับที่แปลงยางอายุ 7 ปี แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 3.3C)

**แคลเซียม** ในแปลงยางอายุ 7 ปี พบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมต่ำสุดเมื่อเก็บน้ำยางจากการกรีด (0.48 มิลลิโมลาร์) และสูงสุดที่ตำแหน่งกึ่งกลางใต้รอยกรีด (1.02 มิลลิโมลาร์) และมีค่าใกล้เคียงกันที่ตำแหน่งด้านข้างเหนือและใต้จุดเริ่มกรีด (0.61 และ 0.73 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) ส่วนในแปลงยางอายุ 16 ปี พบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมเมื่อเก็บน้ำยางที่ตำแหน่งด้านข้างเหนือและใต้จุดเริ่มกรีด และกึ่งกลางใต้รอยกรีดไม่แตกต่างกัน และต่ำสุดเมื่อเก็บน้ำยางจากการกรีด (ภาพที่ 3.3D)

**แมกนีเซียม** ในแปลงยางอายุ 7 ปี พบว่า ความเข้มข้นของแมกนีเซียมไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 3.3E) ในขณะที่แปลงยางอายุ 16 ปี พบว่า ความเข้มข้นของแมกนีเซียมต่ำสุดเมื่อเก็บน้ำยางจากการกรีด (17.82 มิลลิโมลาร์) ขณะที่ตำแหน่งด้านข้างเหนือ

และไตจุดเริ่มกรีด และกึ่งกลางไตรอยกรีดมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 22.76, 21.58 และ 21.18 มิลลิ-  
โมลาร์ ตามลำดับ (ภาพที่ 3.3E)



**ภาพที่ 3.3** ความเข้มข้นของธาตุอาหารใน เซรัมน้ำยางที่เก็บจากตำแหน่ง ต่างๆ บนลำต้นของยางพารา

- = ด้านข้างเหนือรอยกรีด 5 ซม.
- ▨ = ด้านข้างใต้รอยกรีด 5 ซม.
- ▤ = กึ่งกลางใต้รอยกรีด 5 ซม.
- = น้ำยางจากการกรีด

หมายเหตุ : NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, ตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความ  
เชื่อมั่น 95%, I = Standard error

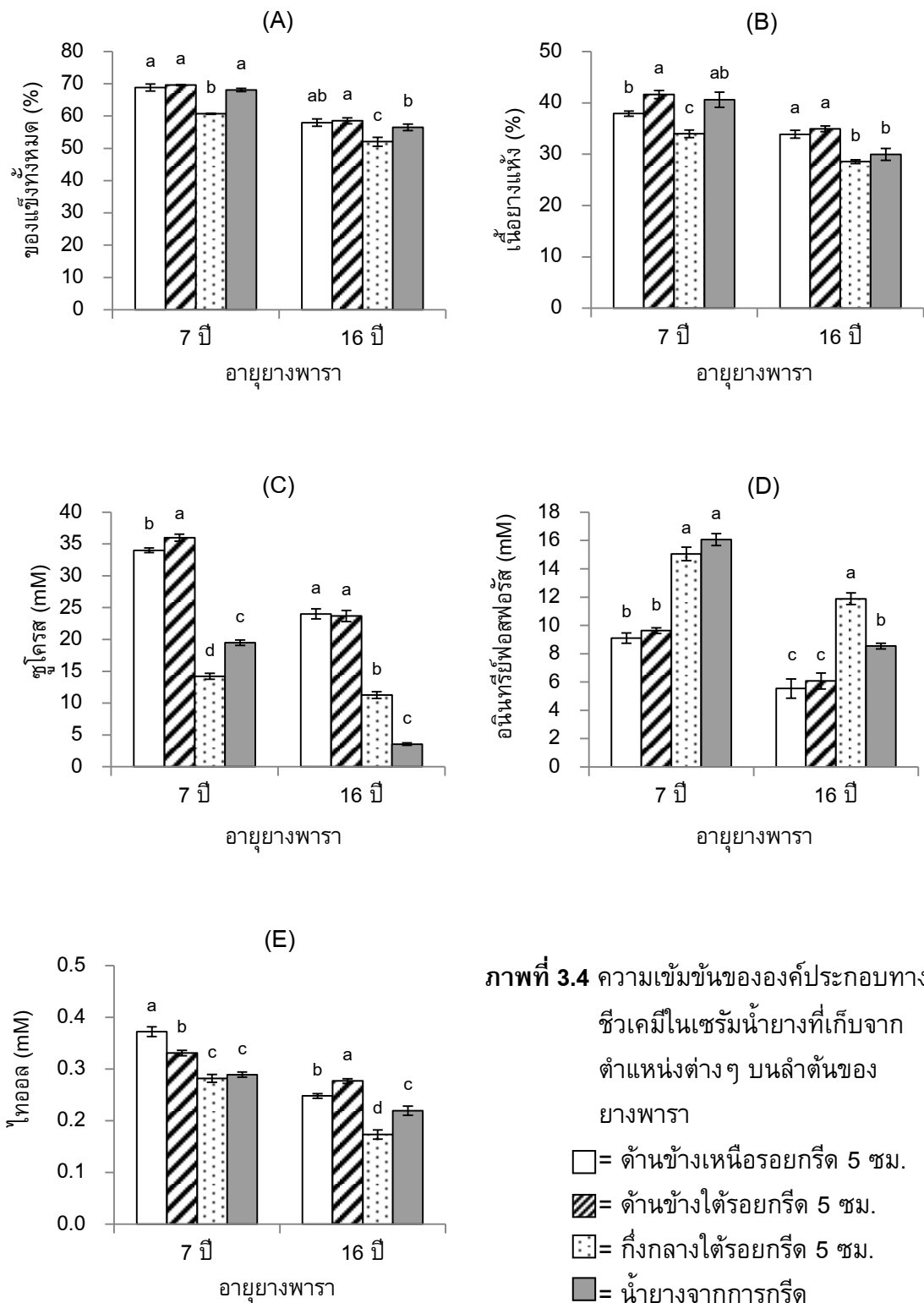
**ของแข็งทั้งหมดและเนื้อเยื่อแข็ง** ในแปลงยางอายุ 7 ปี พบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดและเนื้อเยื่อแข็งต่ำสุดเมื่อเก็บน้ำยางที่ตำแหน่งกึ่งกลางใต้รอยกรีด ขณะที่ตำแหน่งด้านข้างเหนือและใต้จุดเริ่มกรีด และน้ำยางจากการกรีดไม่แตกต่างกัน ส่วนในแปลงยางอายุ 16 ปี ได้ผลในทำนองเดียวกัน (ภาพที่ 3.4A และ 3.4B)

**ซูโครส** ในแปลงยางอายุ 7 ปี พบว่า ความเข้มข้นของซูโครสต่ำเมื่อเก็บน้ำยางที่ตำแหน่งกึ่งกลางใต้รอยกรีด (14.22 มิลลิโมลาร์) และน้ำยางจากการกรีด (19.49 มิลลิโมลาร์) ส่วนตำแหน่งด้านข้างเหนือและใต้รอยกรีดมีความเข้มข้นสูง 34.02 และ 24.01 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ ขณะที่ในแปลงยางอายุ 16 ปี ได้ผลในทำนองเดียวกัน แต่น้ำยางจากการกรีดมีความเข้มข้นของซูโครสต่ำสุด (3.55 มิลลิโมลาร์) (ภาพที่ 3.4C)

**อนินทรีย์ฟอสฟอรัส** ในแปลงยางอายุ 7 ปี พบว่า ความเข้มข้นของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสสูงเมื่อเก็บน้ำยางที่ตำแหน่งกึ่งกลางใต้รอยกรีดและน้ำยางที่ได้จากการกรีด (15.06 และ 16.07 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) ขณะที่ตำแหน่งด้านข้างเหนือและใต้จุดเริ่มกรีดจะมีอนินทรีย์ฟอสฟอรัสต่ำกว่า (9.10 และ 9.63 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) และได้ผลที่คล้ายกันในแปลงยางอายุ 16 ปี (ภาพที่ 3.4D)

**ไทออล** ในแปลงยางอายุ 7 ปี พบว่า ความเข้มข้นไทออลเมื่อเก็บน้ำยางที่ตำแหน่งกึ่งกลางใต้รอยกรีดและน้ำยางที่ได้จากการกรีด (0.28 และ 0.29 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) ต่ำกว่าการเก็บน้ำยางที่ตำแหน่งด้านข้างเหนือและใต้จุดเริ่มกรีด (0.37 และ 0.33 มิลลิโมลาร์) และได้ผลคล้ายกันนี้ในแปลงยางอายุ 16 ปี (ภาพที่ 3.4E)





หมายเหตุ : NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, ตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, I = Standard error

### 3.2 เวลาการเก็บน้ำยางสดต่อธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมี

ความเข้มข้นของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่ได้จากการเก็บน้ำยางสดที่เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 นาฬิกา โดยเก็บจากต้นยางพาราต้นเดียวกันที่อำเภอเทพา (STT) และคลองหอยโข่ง (STK) และจากต้นยางพาราต่างต้นกันที่อำเภอเทพา (DTT) ได้ผลดังนี้

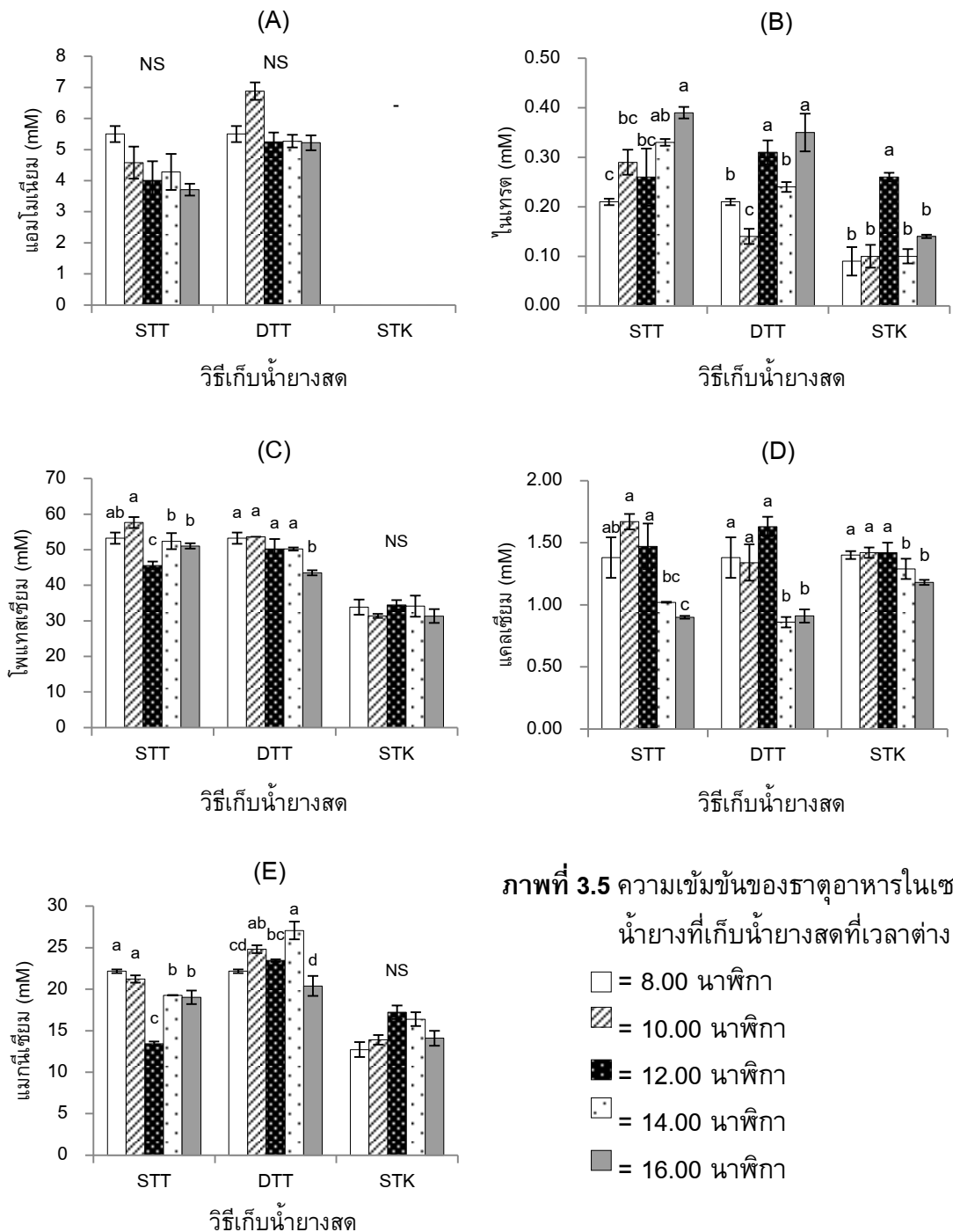
**แอมโมเนียมและไนเตรต** ความเข้มข้นของแอมโมเนียมเมื่อเก็บน้ำยางที่เวลาต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันทั้งการเก็บน้ำยางจากต้นเดียวกันและต่างต้นกันที่อำเภอเทพา โดยมีความอยู่ในช่วง 3.71-5.50 และ 5.22-6.88 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ ในขณะที่ไม่พบแอมโมเนียมในเซรัมน้ำยางที่เก็บจากต้นเดียวกันในอำเภอคลองหอยโข่ง (ภาพที่ 3.5A) ส่วนความเข้มข้นของไนเตรตเมื่อเก็บน้ำยางในช่วงบ่าย (14.00-16.00 น.) มีแนวโน้มสูงกว่าเก็บน้ำยางสดในช่วงเช้า (8.00-10.00 น.) ในแปลงทดลองที่อำเภอเทพา ขณะที่ในแปลงทดลองที่อำเภอคลองหอยโข่งพบว่า ความเข้มข้นของไนเตรตในช่วงเช้าและช่วงบ่ายไม่แตกต่างกัน และมีค่าต่ำกว่าในช่วงเที่ยง (12.00 น.) (ภาพที่ 3.5B)

**โพแทสเซียม** ความเข้มข้นของโพแทสเซียมเมื่อเก็บน้ำยางสดที่เวลาต่างกัน จากต้นยางพาราต้นเดียวกันและต่างต้นกันที่อำเภอเทพา พบว่า การเก็บน้ำยางในช่วงเช้า (53.26-57.68 และ 53.26-53.68 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมสูงกว่าในช่วงเที่ยงและบ่าย (45.60-52.40 และ 43.53-50.27 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) ในขณะที่น้ำยางสดที่เก็บจากต้นเดียวกันที่เวลาต่างๆ ที่อำเภอคลองหอยโข่ง พบว่า ความเข้มข้นของโพแทสเซียมมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีความอยู่ในช่วง 31.37-34.52 มิลลิโมลาร์ (ภาพที่ 3.5C)

**แคลเซียม** ความเข้มข้นของแคลเซียมเมื่อเก็บน้ำยางสดที่เวลาต่างกันแปลงทดลองที่อำเภอเทพาและอำเภอคลองหอยโข่งให้ผลในทำนองเดียวกัน คือ น้ำยางที่เก็บในช่วงเช้าและเที่ยง (8.00-12.00 นาฬิกา) จะมีความเข้มข้นของแคลเซียมสูงกว่าน้ำยางสดที่เก็บในช่วงบ่าย (14.00-16.00 นาฬิกา) โดยในช่วงเช้า พบว่า มีแคลเซียม 1.38-1.67, 1.34-1.63 และ 1.40-1.42 มิลลิโมลาร์ และในช่วงบ่ายมีแคลเซียม 0.90-1.02, 0.86-0.91 และ 1.18-1.29 มิลลิโมลาร์ ในน้ำยางที่เก็บจากต้นเดียวกันและต่างต้นกันที่อำเภอเทพา และน้ำยางที่เก็บจากต้นเดียวกันที่อำเภอคลองหอยโข่ง ตามลำดับ (ภาพที่ 3.5D)

**แมกนีเซียม** ความเข้มข้นของแมกนีเซียมเมื่อเก็บน้ำยางสดจากต้นยางต้นเดียวกันที่เวลาต่างกัน พบว่า ในช่วงเช้า (21.24-22.17 มิลลิโมลาร์) มีแมกนีเซียมสูงกว่าช่วงบ่าย (19.02-19.26 มิลลิโมลาร์) และช่วงเที่ยง (16.77 มิลลิโมลาร์) ตามลำดับ ขณะที่การเก็บน้ำยางจากต่างต้นกัน พบว่า ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในช่วง 8.00-12.00 นาฬิกา มีค่าไม่ค้อยแตกต่างกัน (23.35-24.82 มิลลิโมลาร์) และมีค่าสูงสุดในเวลา 14.00 นาฬิกา (27.07 มิลลิโมลาร์) และลดลงต่ำสุดในเวลา 16.00 นาฬิกา (20.39 มิลลิโมลาร์) ส่วนที่อำเภอคลองหอยโข่ง

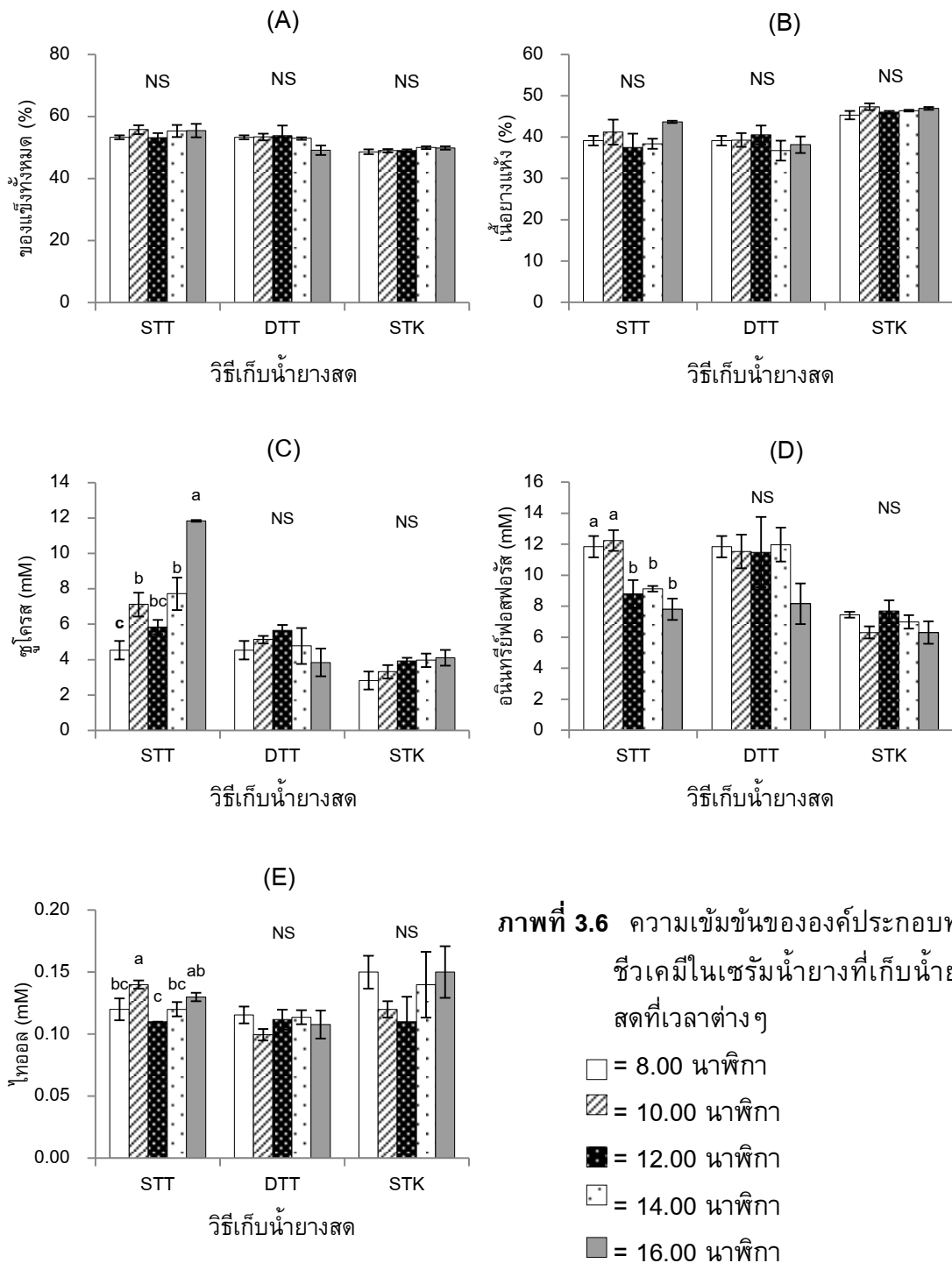
พบว่า ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในน้ำยางที่เวลาต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 12.72-17.22 มิลลิโมลาร์ (ภาพที่ 3.5E)



ภาพที่ 3.5 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเซรัม น้ำยางที่เก็บน้ำยางสดที่เวลาต่างๆ

- = 8.00 นาฬิกา
- ▨ = 10.00 นาฬิกา
- = 12.00 นาฬิกา
- ▤ = 14.00 นาฬิกา
- = 16.00 นาฬิกา

หมายเหตุ : STT = เก็บน้ำยางสดซ้ำต้นเดิมที่เวลาการเจาะเก็บน้ำยางสดต่างๆ ในแปลงทดลองที่อำเภอเทพา  
 DTT = เปลี่ยนต้นยางพาราในการเก็บน้ำยางสดที่เวลาการเจาะเก็บน้ำยางสดต่างๆ ในแปลงทดลองที่อำเภอเทพา  
 STK = เก็บน้ำยางสดซ้ำต้นเดิมที่เวลาการเจาะเก็บน้ำยางสดต่างๆ ในแปลงทดลองที่อำเภอคลองหอยโข่ง  
 NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, ตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, I = Standard error



**ภาพที่ 3.6** ความเข้มข้นขององค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่เก็บน้ำยางสดที่เวลาต่างๆ

- = 8.00 นาฬิกา
- ▨ = 10.00 นาฬิกา
- = 12.00 นาฬิกา
- ◻ = 14.00 นาฬิกา
- = 16.00 นาฬิกา

หมายเหตุ : STT = เก็บน้ำยางสดซ้ำต้นเดิมที่เวลาการเจาะเก็บน้ำยางสดต่างๆ ในแปลงทดลองที่อำเภอเทพา  
 DTT = เปลี่ยนต้นยางพาราในการเก็บน้ำยางสดที่เวลาการเจาะเก็บน้ำยางสดต่างๆ ในแปลงทดลองที่อำเภอเทพา  
 STK = เก็บน้ำยางสดซ้ำต้นเดิมที่เวลาการเจาะเก็บน้ำยางสดต่างๆ ในแปลงทดลองที่อำเภอคลองหอยโข่ง  
 NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, ตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, I = Standard error

**ของแข็งทั้งหมดและเนื้อยางแห้ง** ของแข็งทั้งหมดและเนื้อยางแห้งเมื่อเก็บน้ำยางที่เวลาต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันทั้งที่เก็บจากต้นเดียวกันและต่างต้นกันในอำเภอเทพา และที่เก็บจากต้นเดียวกันที่อำเภอคลองหอยโข่ง (ภาพที่ 3.6A และ 3.6B) โดยของแข็งทั้งหมดอยู่ในช่วง 53.18-55.78, 49.17-53.76 และ 48.63-49.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเนื้อยางแห้งอยู่ในช่วง 37.47-43.70, 36.72-40.52 และ 45.30-47.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

**ซูโครส** ความเข้มข้นของซูโครสเมื่อเก็บน้ำยางสดที่เวลาต่างกันจากต้นยางต้นเดียวกันทั้งที่แปลงทดลองที่อำเภอเทพาและคลองหอยโข่งให้ผลทำนองเดียวกัน คือ ความเข้มข้นของซูโครสในน้ำยางที่เก็บในช่วงบ่าย (7.72-11.84 และ 3.97-4.11 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) มีแนวโน้มสูงกว่าเก็บน้ำยางในช่วงเช้าและเที่ยง (4.52-7.11 และ 2.82-3.92 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) ส่วนการเก็บน้ำยางจากต่างต้นกันที่อำเภอเทพา พบว่า ความเข้มข้นของซูโครสมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3.84-5.64 มิลลิโมลาร์ (ภาพที่ 3.6C)

**อินทรีรีฟอสฟอรัส** เมื่อเก็บน้ำยางสดจากต้นยางต้นเดียวกันที่อำเภอเทพา พบว่า ความเข้มข้นของ อินทรีรีฟอสฟอรัสเมื่อเก็บน้ำยางสดในช่วง 8.00-10.00 นาฬิกา (11.84-12.25 มิลลิโมลาร์) มีค่าสูงกว่าเก็บน้ำยางสดในช่วง 12.00-16.00 นาฬิกา (7.81-9.13 มิลลิโมลาร์) ขณะที่น้ำยางสดที่เก็บต่างต้นกันที่อำเภอเทพา และเก็บจากต้นเดียวกันที่อำเภอคลองหอยโข่ง พบว่า ความเข้มข้นของอินทรีรีฟอสฟอรัสมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8.17-11.98 และ 6.31-7.69 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ (ภาพที่ 3.6D)

**ไทออล** เมื่อเก็บน้ำยางสดจากต้นยางต้นเดียวกันที่อำเภอเทพา พบว่า ความเข้มข้นของไทออลมีค่าสูงในเวลา 10.00 และ 13.00 นาฬิกา (0.14 และ 0.13 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ) และมีค่าต่ำในเวลา 12.00 นาฬิกา (0.11 มิลลิโมลาร์) ขณะที่น้ำยางสดที่เก็บต่างต้นกันที่อำเภอเทพา และเก็บน้ำยางสดจากต้นเดียวกันที่อำเภอคลองหอยโข่ง พบว่า ความเข้มข้นของไทออลมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.10-0.11 และ 0.11-0.15 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ (ภาพที่ 3.6E)

## บทที่ 4

### วิจารณ์ผลการทดลอง

#### 1. วิธีการเก็บรักษาเซรัมน้ำยางและน้ำยางสด

##### 1.1 ระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาเซรัมน้ำยาง

ค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารในเซรัมน้ำยางที่เก็บรักษาในตู้เย็นเป็นระยะเวลา 1-7 วัน พบว่า ความเข้มข้นของแอมโมเนียมในแต่ละวันมีการเปลี่ยนแปลงและไม่คงที่ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.33-2.65 มิลลิโมลาร์ (ตารางที่ 3.1) นอกจากนี้ เซรัมน้ำยางที่เก็บรักษาในกล่องน้ำแข็ง (4 องศาเซลเซียส) มีความเข้มข้นของแอมโมเนียมต่ำกว่าเซรัมน้ำยางที่วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (31 องศาเซลเซียส) อาจเกิดเนื่องจากความเย็นเป็นตัวชักนำให้เกิดความเครียดออกซิเดชัน (Wingsle *et al.*, 1999) โดยการสะสมอนุมูลอิสระ เช่น อนุมูลของซูเปอร์ออกไซด์ ( $O_2^-$ ) และอนุมูลไฮดรอกซิล ( $OH^\cdot$ ) รวมทั้ง ลิพิดเพอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) ซึ่งเป็นการออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในไขมัน และการออกซิเดชันโปรตีน (protein oxidation) เพิ่มขึ้น ทำให้เซลล์พืชถูกทำลาย (Sharma *et al.*, 2012) โดยการทำลายโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ที่มีสารประกอบของไขมัน (พิศมัย, 2543; d'Auzac *et al.*, 1982) กรดอะมิโน และโปรตีน ซึ่งส่งผลให้ไนโตรเจนเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่ใช่แอมโมเนียม ดังนั้น แอมโมเนียมที่วิเคราะห์ได้จึงมีแนวโน้มลดลง ส่วนความเข้มข้นของไนเตรตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาเซรัมน้ำยางนานขึ้น (ตารางที่ 3.1) อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของไนเตรตในเซรัมน้ำยางมีค่าต่ำเนื่องจากไนเตรตเมื่อเข้าสู่พืชจะเปลี่ยนแปลงเป็นรูปแอมโมเนียมทำให้พบไนเตรตอยู่ในท่ออาหาร (ท่อน้ำยาง) น้อย ซึ่งสอดคล้องกับที่มีรายงานว่าในส่วนของเซรัมน้ำยางพบไนเตรตน้อยมาก (Jacob *et al.*, 1989a) ดังนั้น ค่าที่วิเคราะห์ได้จะมีความแปรปรวนสูงจึงไม่มีความจำเป็นต้องวิเคราะห์ไนเตรต

ความเข้มข้นของโพแทสเซียมและแมกนีเซียมในเซรัมน้ำยางที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละวันมีค่าไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 3.1) โดยความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 47.67-58.82 มิลลิโมลาร์ สอดคล้องกับที่เคยมีรายงานว่าพบโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางเท่ากับ 30-80 มิลลิโมลาร์ (d'Auzac and Jacob, 1989) ขณะที่ความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่วิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 11.30-14.77 มิลลิโมลาร์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่เคยมีรายงาน คือ 8.3 มิลลิโมลาร์ (d'Auzac and Jacob, 1989) โดยค่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูง ซึ่งอาจเกิดจากผลรวมของแมกนีเซียมที่อยู่ในส่วนของเซรัม ที่มีประมาณ 39.8 เปอร์เซ็นต์ และแมกนีเซียมจากอนุภาคอื่นที่แขวนลอยอยู่ในเซรัมและสามารถผ่านรูของกระดาษกรองวัดแมน

เบอร์ 1 ซึ่งมีขนาด 11 ไมโครเมตรได้ คือ อนุภาคลูทอยด์ ซึ่งมีขนาด 0.5-3 ไมโครเมตร (Nair, 2000) โดยภายในอนุภาคลูทอยด์มีแมกนีเซียมประมาณ 41 เปอร์เซ็นต์ของแมกนีเซียมทั้งหมดในน้ำยาง (d'Auzac and Jacob, 1989) ทั้งนี้ โพลีแซคคาไรด์และแมกนีเซียมเป็นธาตุที่พบมากในเซรัมน้ำยาง เนื่องจากทั้ง 2 ธาตุนี้เป็นธาตุที่มีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์ยางและกิจกรรมอื่นๆ ภายในท่อน้ำยาง โดยโพลีแซคคาไรด์เป็นตัวปลูกฤทธิ์ของเอนไซม์ รักษาเสถียรภาพในการสังเคราะห์โปรตีน ควบคุมพลังงานศักย์ของน้ำในเซลล์ (ยงยุทธ, 2552; เวท และนุชนารถ, 2524) ช่วยในการเคลื่อนย้ายซูโครสที่ได้จากการสังเคราะห์แสงมายังท่อน้ำยาง รักษาความเสถียร (stabilization) และควบคุมออสโมซิส (osmoregulation) นอกจากนี้ ยังเป็นตัวควบคุมสมดุลของน้ำ กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์และกระบวนการเคลื่อนย้ายผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ (Karthikakuttyamma *et al.*, 2000) ขณะที่แมกนีเซียมเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ทรานสเฟอเรส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ยาง (Costa *et al.*, 2006; Scott *et al.*, 2003) เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์เอทีพีเอส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ยาง (Jacob *et al.*, 1989a) และเอนไซม์อาร์เอ็นเอโพลีเมอเรส (RNA polymerase) สำหรับการสร้างอาร์เอ็นเอ และแมกนีเซียมยังมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนด้วย เช่น เป็นตัวช่วยเชื่อมหน่วยย่อยของไรโบโซมให้เกาะกลุ่มกัน (ยงยุทธ, 2552)

ความเข้มข้นของแคลเซียมในเซรัมน้ำยางมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเซรัมน้ำยางในตู้เย็นนานขึ้น (ตารางที่ 3.1) อาจเนื่องมาจากเซรัมน้ำยางที่เก็บไว้เป็นเวลานานมีการแตกของอนุภาคลูทอยด์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้แคลเซียมซึ่งเป็นไอออนที่อยู่ภายในลูทอยด์ประมาณ 56.8 เปอร์เซ็นต์ของแคลเซียมทั้งหมดในน้ำยาง (d'Auzac and Jacob, 1989) ถูกปลดปล่อยออกมาในส่วนของเซรัมน้ำยาง โดยการแตกของอนุภาคลูทอยด์อาจเกิดจากการที่เซลล์ยังคงมีกิจกรรมเมแทบอลิซึมเพื่อการดำรงชีวิต และมีการปลดปล่อยอนุมูลอิสระออกมาเป็นผลพลอยได้ซึ่งอนุมูลอิสระเกิดจากปฏิกิริยาการสร้างน้ำหรือเกิดจากเอนไซม์เอ็นเอทีพีเอสออกซิเดส (NAD(P)H oxidase) ที่บริเวณเยื่อหุ้มลูทอยด์ ทำให้ออกซิเจนอยู่ในรูปของอนุมูลอิสระกลุ่มที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (reactive oxygen species : ROS) ได้แก่ อนุมูลของซูเปอร์ออกไซด์ ( $O_2^-$ ) อนุมูลไฮดรอกซิล ( $OH^\cdot$ ) และไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ( $H_2O_2$ ) (พิศมัย, 2543; Jacob and Prevot, 1992 ;d'Auzac and Jacob, 1989) อนุมูลอิสระเหล่านี้จะมีผลในการทำลายโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ที่มีสารประกอบของไขมัน เช่น เยื่อหุ้มเซลล์อนุภาคลูทอยด์ (พิศมัย, 2543; d'Auzac *et al.*, 1982) ส่งผลให้ลูทอยด์แตกและปลดปล่อยแคลเซียมรวมทั้งสารอื่นๆ ภายในลูทอยด์ออกมาด้วย

ความเข้มข้นของแอมโมเนียม โพลีแซคคาไรด์ และแมกนีเซียมในเซรัมน้ำยางที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูง เนื่องจากธาตุเหล่านี้เป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ง่ายในท่ออาหาร (ยงยุทธ, 2552) นอกจากนี้ แอมโมเนียมที่วิเคราะห์ได้บางส่วนมาจากกรดอะมิโน เนื่องจากวิธีที่ใช้วิเคราะห์แอมโมเนียมในการทดลอง (วิธีซาลิไซเลตไฮโปคลอไรต์) จะวิเคราะห์แอมโมเนียมที่ได้

จากกรดอะมิโนบางชนิดด้วย (Mulvaney, 1996) โดยในเซรัมน้ำยางมีกรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบประมาณ 30 มิลลิโมลาร์ และประมาณ 81 เปอร์เซ็นต์ ของกรดอะมิโนในเซรัมน้ำยาง คือ กรดกลูตามิก (glutamic acid) อะลานีน (alanine) และกรดแอสพาติก (aspartic acid) (d'Auzac and Jacob, 1989) ส่วนความเข้มข้นของไนเทรตและแคลเซียมในเซรัมน้ำยางที่วิเคราะห์ได้มีค่าต่ำ เนื่องจากแคลเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ต่ำในท่อนอาหาร ขณะที่ไนเทรตเมื่อเข้าสู่พืชจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของแอมโมเนียม (ยงยุทธ, 2552)

ความเข้มข้นของซูโครสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในเซรัมน้ำยางในแต่ละวันที่เก็บรักษาในตู้เย็นมีค่าไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 3.2) โดยความเข้มข้นของซูโครสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 7.39-8.47 และ 21.64-22.28 มิลลิโมลาร์ ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับค่าอ้างอิงของน้ำยาง (reference values) พันธุ์ RRIM 600 คือ 2.44-11.73 และ 13.44-29.12 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ (พิศมัย และคณะ, 2545) นอกจากนี้ ยังพบว่า การเก็บรักษาเซรัมน้ำยางในกล่องน้ำแข็งและวางไว้ที่อุณหภูมิห้องไม่มีผลทำให้ความเข้มข้นของซูโครสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสต่างกัน (ตารางที่ 3.3)

ความเข้มข้นของไทออลในเซรัมน้ำยางมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาเซรัมน้ำยางในตู้เย็นนานขึ้น (ตารางที่ 3.2) เนื่องจากในช่วงแรกของการเก็บรักษาอาจมีการเกิดอนุมูลอิสระในเซรัมน้ำยางสูง จึงส่งผลให้มีการผลิตไทออลในรูปของรีดิวส์ไทออล (GSH) ซึ่งเป็นรูปที่ใช้ในการดักจับอนุมูลอิสระ (Jacob *et al.*, 1989b) สูง โดยไทออลในรูปของรีดิวส์ไทออลจะไปทำปฏิกิริยาทางเคมีกับอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ อนุมูลไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Sharma *et al.*, 2012) โดยอาศัยเอนไซม์กลูตาไทโอนเพอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) ร่วมด้วย เพื่อเปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้เป็นน้ำ และไทออลในรูปของรีดิวส์ไทออลก็จะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของออกซิไดซ์ไทออล (GSSG) (พิศมัย, 2543) จึงทำให้อนุมูลอิสระในเซรัมน้ำยางมีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ตาม กิจกรรมเมแทบอลิซึมต่างๆ ของเซลล์ยังคงดำเนินต่อไปจึงเป็นเหตุให้อนุมูลอิสระยังคงเกิดขึ้น และเพื่อป้องกันอันตรายจากอนุมูลอิสระที่ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ต่างๆ แล้ว ระบบจึงมีการผลิตไทออลในรูปรีดิวส์ไทออลขึ้นมาปกป้องเช่นกัน ดังนั้น เมื่อเก็บรักษาเซรัมน้ำยางไว้นานขึ้นยังคงมีการพบไทออลในเซรัมน้ำยาง แต่อาจน้อยกว่าในช่วงแรกที่ทำการศึกษาเซรัมน้ำยาง นอกจากนี้ ยังพบว่า เซรัมน้ำยางที่แช่ในกล่องน้ำแข็งมีความเข้มข้นของไทออลสูงกว่าการวางเซรัมน้ำยางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 3.3) เนื่องจากความเย็นเป็นตัวชักนำให้เกิดความเครียดออกซิเดชัน (Wingsle *et al.*, 1999) โดยการสะสมอนุมูลอิสระ ลิพิดเพอร์ออกซิเดชัน และโปรตีนออกซิเดชัน ซึ่งมีผลทำให้เซลล์มีการบาดเจ็บ (Sharma *et al.*, 2012) ดังนั้น ระบบป้องกันจึงผลิตไทออลในรูปรีดิวส์ไทออลเพิ่มขึ้นเพื่อใช้ป้องกันอนุมูลอิสระที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ นภาพรรณ และคณะ (2544) ซึ่งได้รายงานไว้ในช่วงที่อุณหภูมิต่ำจะพบว่ามีปริมาณไทออลในน้ำยางเพิ่มสูงขึ้น และในช่วงฤดู



หนาวปริมาณไทอลจะเพิ่มสูงขึ้นเกือบ 5 เท่า เมื่อเทียบกับช่วงก่อนฤดูหนาว (Alam *et al.*, 2003)

ระยะเวลาการเก็บรักษาเซรุ่มน้ำยางในตู้เย็น 1-7 วัน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำยาง ยกเว้น โพแทสเซียมและแมกนีเซียม ดังนั้น หลังจากตกตะกอนแล้วควรนำเซรุ่ม น้ำยางไปวิเคราะห์แอมโมเนียม ไนเตรต และแคลเซียมทันที อย่างไรก็ตาม ไนเตรตมีความเข้มข้นต่ำมากจึงไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์ นอกจากนี้ หากต้องการวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางสามารถเก็บเซรุ่มน้ำยางไว้ได้นานอย่างน้อย 7 วัน สำหรับวิเคราะห์ซัลเฟอร์และอนินทรีย์ฟอสฟอรัส และสามารถเก็บโดยแช่ในกล่องน้ำแข็งหรือวางไว้ที่อุณหภูมิก็ได้ แต่หากต้องการวิเคราะห์ไทอลร่วมด้วย ควรเก็บรักษาเซรุ่มน้ำยางโดยแช่ในกล่องน้ำแข็งและควรวิเคราะห์ทันทีหลังจากตกตะกอน ฉะนั้น ในการวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรุ่มน้ำยางควรเก็บเซรุ่มน้ำยางโดยวางไว้ในกล่องน้ำแข็งหรือแช่เซรุ่มน้ำยางไว้ตู้เย็น และควรวิเคราะห์แอมโมเนียม แคลเซียม และไทอลทันทีหลังจากตกตะกอน ส่วนโพแทสเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ และอนินทรีย์ฟอสฟอรัสค่อยวิเคราะห์ก็ได้ โดยสามารถเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นได้นาน 7 วัน

## 1.2 เวลาการสกัดและขนาดของกระดาษกรอง

ค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารในเซรุ่มน้ำยางที่ใช้เวลาในการสกัด 10 นาที และ 5 ชั่วโมง และกรองด้วยกระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 1 และเบอร์ 5 พบว่า มีค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 65.21-69.48 มิลลิโมลาร์ (ตารางที่ 3.4) เนื่องจากโพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีอยู่มากในส่วนของเซรุ่มน้ำยาง โดยมีอยู่ประมาณ 30-80 มิลลิโมลาร์ (d'Auzac and Jacob, 1989) และโพแทสเซียมเป็นธาตุที่ไม่ได้สะสมอยู่ในส่วนของลูทอยด์ (d'Auzac *et al.*, 1982) ซึ่งเป็นอนุภาคหนึ่งที่แขวนลอยอยู่ในส่วนของเซรุ่มที่สกัดได้ นอกจากนี้ โพแทสเซียมมีการจับอยู่กับประจุลบของอนุภาคอย่างน้อยกว่าพวกประจุ 2 บวก (divalent cation) ดังนั้น เวลาในการสกัดและขนาดของกระดาษกรองจึงไม่มีผลต่อค่าวิเคราะห์โพแทสเซียม อย่างไรก็ตาม การใช้เวลาในการสกัดเซรุ่มนาน 5 ชั่วโมง พบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมมีค่าสูง (ตารางที่ 3.4) เนื่องจากธาตุเหล่านี้เป็นพวกประจุ 2 บวก และส่วนใหญ่สะสมอยู่ในส่วนของอนุภาคลูทอยด์ (d'Auzac *et al.*, 1982) โดยมีอยู่เท่ากับ 56.8 และ 41.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (d'Auzac and Jacob, 1989) ดังนั้น เมื่อลูทอยด์แตกทำให้เกิดการปลดปล่อยธาตุเหล่านี้ออกมาในส่วนของเซรุ่มเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังอาจเกิดจากการที่ธาตุเหล่านี้ถูกปลดปล่อยออกมาจากส่วนที่จับอยู่กับประจุลบของอนุภาคอย่างเมื่อระยะเวลาในการสกัดนาน นอกจากนี้ การใช้กระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 1 ทำให้ค่าความเข้มข้นของแคลเซียมสูง (0.33 และ 0.41 มิลลิโมลาร์) (ตารางที่ 3.4) เนื่องจากกระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 1 มีขนาดช่อง 11 ไมโครเมตร ส่งผลให้อนุภาคลูทอยด์ ซึ่งมีขนาด 0.5-3 ไมโครเมตร (Nair, 2000) ที่

แขวนลอยอยู่ในเซรัมน้ำยางผ่านกระดาษกรองได้มากกว่ากระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 5 ซึ่งมีขนาดช่องเพียง 2.5 ไมโครเมตร และสามารถกรองอนุภาคลู่ทอยด์ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น

องค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่ใช้เวลาในการสกัด 10 นาที และ 5 ชั่วโมง และกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 และเบอร์ 5 พบว่า เนื้อเยื่อแห้งไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 41.42-42.12 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3.5) เนื่องจากตัวอย่างน้ำยางที่ใช้มาจากแหล่งเดียวกัน ฉะนั้น ปริมาณของอนุภาคยางและเนื้อเยื่อที่ได้จากการบีบอัดไม่แตกต่างกันมากนัก การใช้เวลาในการสกัดน้อยหรือมาก และกรองผ่านกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ต่างกันก็ไม่ทำให้ปริมาณเนื้อเยื่อแตกต่างกันมากนัก ขณะที่ความเข้มข้นชั้นของซูโครส อนินทรีย์-ฟอสฟอรัส และไทออลมีค่าสูงเมื่อใช้เวลาในการสกัดเซรัมน้ำยางนาน (5 ชั่วโมง) (ตารางที่ 3.5) เนื่องจากมีรายงานว่ามีซูโครสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสบางส่วนอยู่ในส่วนของลู่ทอยด์ (d'Auzac and Jacob, 1989; d'Auzac *et al.*, 1982) ดังนั้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดเซรัมน้ำยางนาน นอกจากลู่ทอยด์จะแตกและปลดปล่อยธาตุอาหารแล้ว ลู่ทอยด์ยังปลดปล่อยซูโครสออกมาด้วย

เวลาการสกัดเซรัมน้ำยางไม่มีผลต่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมและเนื้อเยื่อแห้ง แต่เวลาในการสกัดเซรัมน้ำยางนาน (5 ชั่วโมง) จะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของแคลเซียม แมกนีเซียม และองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยาง เนื่องจากธาตุและองค์ประกอบทางชีวเคมีเหล่านี้ส่วนหนึ่งจะประกอบอยู่ในอนุภาคลู่ทอยด์ (อนุภาคหนึ่งที่แขวนลอยอยู่ในเซรัม) และส่วนหนึ่งถูกประจุลบของอนุภาคยางดึงดูดไว้ ดังนั้น จึงควรมีการกำหนดเวลาในการสกัดเซรัมน้ำยางที่แน่นอน และการเก็บตัวอย่างในแต่ละพื้นที่ใช้เวลาในการเดินทางไม่เท่ากัน ดังนั้น การแช่เนื้อเยื่อไว้ในเซรัมในแต่ละพื้นที่ที่เก็บก็ใช้เวลาไม่เท่ากัน ฉะนั้น การใช้เวลาในการสกัด 10 นาที จึงเหมาะสมกว่า นอกจากนี้ กระดาษกรองที่ใช้ในการกรองไม่มีผลต่อความเข้มข้นของโพแทสเซียม แมกนีเซียม และองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยาง ยกเว้น แคลเซียม ซึ่งมีค่าสูงเมื่อใช้กระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 ดังนั้น จึงควรเลือกกระดาษกรองที่ใช้ในการกรองเช่นกัน และเนื่องจากกระดาษกรองมีผลต่อค่าวิเคราะห์น้อย ดังนั้น การเลือกใช้กระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 ซึ่งมีราคาถูกกว่า กรองได้เร็วปานกลาง และใช้สำหรับกรองตะกอนขนาดกลาง (จำเป็นและจักรกฤษณ์, 2556) จึงเหมาะสมกว่าการใช้กระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 5 ซึ่งมีราคาแพง กรองได้ช้า และเหมาะสมกับการกรองตะกอนละเอียด (จำเป็น และจักรกฤษณ์, 2556) เพราะฉะนั้น หลังจากเติมสารละลายผสมกรดไตรคลอโรอะซิติกแอซิดกับอีดีทีเอ (2.5% w/v TCA + 0.01% w/v EDTA) เพื่อตกตะกอนเนื้อเยื่อ ควรทิ้งเนื้อเยื่อไว้ในเซรัมประมาณ 10 นาที แล้วกรองเซรัมน้ำยางด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 ใส่ในขวดพลาสติก และนำไปเก็บรักษาในกล่องน้ำแข็งก่อนนำไปวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยาง

### 1.3 วิธีการเก็บรักษาตัวอย่างสด

ความเข้มข้นของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่ได้จากการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำยางสดโดยแช่ไว้ในกล่องน้ำแข็ง (4 องศาเซลเซียส) และวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (27 องศาเซลเซียส) พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 3.1 และ 3.2) ยกเว้น ความเข้มข้นของซูโครส ซึ่งมีค่าลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเก็บรักษาตัวอย่างสดไว้ที่อุณหภูมิห้อง ขณะที่การแช่น้ำยางสดในกล่องน้ำแข็งทำให้ความเข้มข้นของซูโครสลดลงแต่น้อยกว่าการวางน้ำยางสดไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ภาพที่ 3.2A) เนื่องจากหลังจากที่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตออกจากต้นแล้ว กิจกรรมเมแทบอลิซึมต่างๆ ภายในผลผลิตยังคงเกิดขึ้น โดยเฉพาะกระบวนการหายใจ โดยในน้ำยางส่วนใหญ่จะเกิดกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนในส่วนของเซรัม ซึ่งกระบวนการหายใจดังกล่าวจะใช้ฟรุกโทสเป็นซับสเตรท และฟรุกโทสได้มาจากการซูโครสในเซรัมน้ำยางเกิดการแตกตัว (ถูก hydrolase) (Tupy and Resing, 1968) ดังนั้น ซูโครสในเซรัมน้ำยางจึงมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น สอดคล้องกับที่มีรายงานว่า ในอ้อยว่า ซูโครสมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาอ้อยไว้นาน 0-120 ชั่วโมง (Verma *et al.*, 2012) และในบล็อกโคลี (Baclayon *et al.*, 2007) อย่างไรก็ตาม อัตราการเกิดปฏิกิริยายังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย เนื่องจากอุณหภูมิเป็นตัวควบคุมการทำงานของเอนไซม์ที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆ รวมทั้งกิจกรรมการหายใจระดับเซลล์ด้วย โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอนไซม์อยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส (ชวนพิศ, 2544) ดังนั้น การเก็บรักษาตัวอย่างสดที่อุณหภูมิห้อง (27 องศาเซลเซียส) จึงมีผลทำให้ซูโครสลดลงอย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับที่มีรายงานในอ้อยว่า ในเดือนที่อุณหภูมิสูงซูโครสในน้ำอ้อยมีความเข้มข้นน้อยกว่าในเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำ (Verma *et al.*, 2012) นอกจากนี้ ยังสามารถยืนยันได้ว่าการลดลงของซูโครสน่าจะมาจากสาเหตุของกระบวนการหายใจภายในเซลล์ เนื่องจากได้ทดลองใส่สารยับยั้งจุลินทรีย์ลงไปในน้ำยางสดและวางน้ำยางสดไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ความเข้มข้นของซูโครสในเซรัมน้ำยางมีค่าลดลงเช่นเดียวกับการวางน้ำยางสดไว้ที่อุณหภูมิห้องและไม่เติมสารยับยั้งจุลินทรีย์ (ตารางที่ 3.7) ขณะที่การแช่น้ำยางสดในกล่องน้ำแข็งความเข้มข้นของซูโครสในเซรัมน้ำยางมีค่าสูงกว่า

การเก็บรักษาตัวอย่างสดมีผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีน้อย ยกเว้น ซูโครส พบว่าหลังจากที่เก็บรักษาตัวอย่างสดนานกว่า 1 ชั่วโมง ซูโครสจะเริ่มลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออุณหภูมิสูง (ตารางที่ 3.7) นอกจากซูโครสจะลดลงอย่างรวดเร็ว ค่าวิเคราะห์อื่นๆ มีความแปรปรวนแนวโน้มไม่แน่นอนหลังจากเก็บน้ำยางสดไว้นานกว่า 4 ชั่วโมง (ตารางที่ 3.6) เนื่องจาก น้ำยางมีการเสียดสภาพ โดยอาจเกิดจากกระบวนการหายใจ (ชวนพิศ, 2544) หรือเกิดจากสารประกอบพวกไลปิดในน้ำยางถูกไฮโดรไลซิส (hydrolysis) กลายเป็นอนุผลิตอิสระ เอนไซม์ที่สลายโปรตีนทำให้เกิดกรดและไปทำลายโปรตีนที่หุ้มอนุภาคยาง และอาจเกิดจากจุลินทรีย์ในอากาศจากเปลือกของต้นยางไปย่อยสลายสารอาหารในน้ำยาง (สุนิสา, 2550; วราภรณ์, 2524) ดังนั้น หากต้องการวิเคราะห์เฉพาะธาตุอาหารจะเก็บรักษาตัวอย่างสด

โดยแช่ในกล่องน้ำแข็งหรือวางไว้ที่อุณหภูมิห้องก็ได้ และสามารถเก็บรักษาได้อย่างสดได้นานประมาณ 4 ชั่วโมง แต่หากต้องการวิเคราะห์หองค์ประกอบทางชีวเคมี โดยเฉพาะซูโครส ต้องเก็บรักษาอย่างสดในกล่องน้ำแข็ง และในขั้นตอนของการเจาะเก็บตัวอย่างน้ำยางควรมีภาชนะหล่อเย็นสำหรับรองรับน้ำยาง เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของซูโครส ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากเก็บรักษาอย่างสดเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง (ตารางที่ 3.7) และน้ำยางสดที่เก็บได้ควรเก็บไม่เกิน 2 ชั่วโมง (พเยาว์ และคณะ, 2546) และถ้าเป็นไปได้ควรตักตะกอนเป็นเซรัมน้ำยางทันทีหลังจากเก็บตัวอย่างน้ำยางสด

## 2. ตำแหน่งและเวลาที่เหมาะสมในการเก็บน้ำยางสด

### 2.1 ตำแหน่งการเก็บน้ำยางสด

ค่าวิเคราะห์น้ำยางที่ได้จากการกรีดและตำแหน่งกิ่งกลางใต้รอยกรีด พบว่า มีความเข้มข้นของไนเตรต โปแทสเซียม และแมกนีเซียมต่ำ (ภาพที่ 3.3) เนื่องจากการกรีดมีผลทำให้เกิดการเจ็บจางน้ำยางในท่อน้ำยาง (Gooding, 1952) โดยหลังจากที่มีการกรีดยาง น้ำจากเซลล์พาราเอนไคมาข้างเคียงจะเข้าไปในท่อน้ำยาง (Fay and Jacob, 1989) ส่งผลให้เกิดการเจ็บจางจึงทำให้ความเข้มข้นของธาตุต่างๆ ลดลง ยกเว้นแอมโมเนียมที่ตำแหน่งกิ่งกลางใต้รอยกรีดมีค่าสูงขึ้น (ภาพที่ 3.3A) ซึ่งอาจเกิดจากการเคลื่อนย้ายกรดอะมิโนเพื่อนำมาสร้างโปรตีนและเนื้อเยื่อที่สูญเสียไปจากการกรีด (Jacob *et al.*, 1989a) โดยมีรายงานว่ากรดอะมิโนในส่วนของเซรัม-น้ำยางมีความเข้มข้นประมาณ 30 มิลลิโมลาร์ (d'Auzac and Jacob, 1989) และความเข้มข้นของแอมโมเนียมที่วิเคราะห์ได้จากต้นยางพาราที่อายุต่างกันอยู่ในช่วง 3.61-5.51 มิลลิโมลาร์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับแอมโมเนียมที่เคยมีรายงานไว้ คือ 2-4 มิลลิโมลาร์ (Jacob *et al.*, 1989a) โดยค่าวิเคราะห์แอมโมเนียมจากการทดลองนี้เป็นการใช้วิธีซาลิไซเลตไฮโปคลอไรต์ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์แอมโมเนียมที่ได้จากกรดอะมิโนด้วย จึงอาจส่งผลให้ได้ค่าวิเคราะห์แอมโมเนียมที่สูงกว่าปกติ (Mulvaney, 1996) ส่วนความเข้มข้นของไนเตรตในน้ำยางมีปริมาณน้อย (ภาพที่ 3.3B) อาจเกิดจากเมื่อไนเตรตเข้าสู่พืชจะเปลี่ยนแปลงเป็นรูปของแอมโมเนียมทำให้พบไนเตรตอยู่ในท่อน้ำยางน้อย (ยงยุทธ, 2552) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ไนเตรตของการทดลองก่อนหน้าที่พบความเข้มข้นของไนเตรตต่ำ (ตารางที่ 3.1 และ 3.6 และภาพที่ 3.1)

ความเข้มข้นของโปแทสเซียมเมื่อเก็บน้ำยางที่ได้จากการกรีดและตำแหน่งกิ่งกลางใต้รอยกรีดมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 3.3C) เนื่องจากที่ตำแหน่งดังกล่าวได้รับอิทธิพลของการเจ็บจางจากการกรีด อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของโปแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูง (57.57-61.97 มิลลิโมลาร์ ในยางอายุ 7 ปี และ 49.89-54.30 มิลลิโมลาร์ ในยางอายุ 16 ปี) สอดคล้อง

กับที่เคยมีรายงานไว้ คือ 30-80 มิลลิโมลาร์ (d'Auzac and Jacob, 1989) และโพแทสเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ง่ายในท่ออาหาร (ยงยุทธ, 2552) และได้มีรายงานการเพิ่มขึ้นของโพแทสเซียมหลังการกรีด ซึ่งเกิดจากโพแทสเซียมมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมสมดุลของน้ำและแร่ธาตุระหว่างการไหลของน้ำยาง (d'Auzac, 1989b) ทำให้พบโพแทสเซียมในน้ำยางมาก ฉะนั้น อิทธิพลของการเจือจางจากการกรีดจึงมีผลน้อย และทำให้โพแทสเซียมที่ตำแหน่งต่างๆ ไม่ค่อยแตกต่างกัน

ความเข้มข้นของแคลเซียมเมื่อเก็บน้ำยางที่ได้จากการกรีดต่ำ (ภาพที่ 3.3D) เนื่องจากน้ำยางที่ตำแหน่งนี้ได้รับอิทธิพลของการเจือจางจากการกรีดยาง และระหว่างการไหลของน้ำยางบนหน้ากรีด แคลเซียมและธาตุอื่นๆ อาจเคลื่อนย้ายออกมาตามรอยกรีดและจับกับเนื้อเยื่อซึ่งมีประจุลบ จึงทำให้น้ำยางจากการกรีดมีความเข้มข้นต่ำ อีกทั้งแคลเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้น้อยในท่ออาหาร (ยงยุทธ, 2552) ดังนั้น แคลเซียมที่เก็บจากการกรีดจึงมีความเข้มข้นต่ำกว่าตำแหน่งอื่นมาก อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของแคลเซียมที่วิเคราะห์ได้มีค่า 0.48-1.02 มิลลิโมลาร์ ในยางอายุ 7 ปี และ 0.45-0.85 มิลลิโมลาร์ ในยางอายุ 16 ปี ซึ่งสูงกว่าแคลเซียมในส่วนของเซรัมที่เคยมีรายงานไว้ 0.08-0.23 มิลลิโมลาร์ (d'Auzac and Jacob, 1989) ทั้งนี้อาจเกิดจากผลรวมของแคลเซียมในส่วนของเซรัมที่มีอยู่ 9.9 เปอร์เซ็นต์ กับแคลเซียมที่อยู่ภายในลูทอยด์ ซึ่งมีแคลเซียม 56.8 เปอร์เซ็นต์ (d'Auzac and Jacob, 1989) ส่วนที่ตำแหน่งกึ่งกลางใต้รอยกรีดมีความเข้มข้นของแคลเซียมสูง เนื่องจากบริเวณใต้รอยกรีดเป็นพื้นที่ที่มีการสังเคราะห์ยาง (Tupy, 1989) และแคลเซียมเป็นธาตุหนึ่งที่เป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์เมวาโลเนตโคเนส เพื่อเปลี่ยนเมวาโลเนต (mevalonate) เป็นไดฟอสโฟเมวาโลเนต (diphosphomevalonate) ในขั้นตอนการสังเคราะห์ยาง (Kekwick, 1989) จึงทำให้พบแคลเซียมสูง

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมเมื่อเก็บน้ำยางที่ตำแหน่งการกรีดและกึ่งกลางใต้รอยกรีดมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 3.3E) เนื่องจากทั้ง 2 ตำแหน่งได้รับอิทธิพลการเจือจางจากการกรีด อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในน้ำยางที่วิเคราะห์ได้ (15.91-18.17 มิลลิโมลาร์ ในยางอายุ 7 ปี และ 17.82-22.76 มิลลิโมลาร์ ในยางอายุ 16 ปี) มีค่าสูงกว่าที่เคยรายงานว่าแมกนีเซียมในส่วนของเซรัมน้ำยาง 8.3 มิลลิโมลาร์ ความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่สูงอาจเกิดจากผลรวมของแมกนีเซียมในส่วนของเซรัมซึ่งมีประมาณ 39.8 เปอร์เซ็นต์ กับแมกนีเซียมที่อยู่ภายในลูทอยด์ ซึ่งมีแมกนีเซียม 41.6 เปอร์เซ็นต์ (d'Auzac and Jacob, 1989) จึงทำให้แมกนีเซียมในน้ำยางที่วิเคราะห์ได้สูง นอกจากนี้ แมกนีเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ง่ายในท่ออาหาร (ยงยุทธ, 2552) และเป็นธาตุซึ่งมีหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ยาง เช่น เอทีพีเอส (ATPase) และ ทรานสเฟอเรส (transferase) (Jacob *et al.*, 1989a) จึงทำให้อิทธิพลการเจือจางจากการกรีดมีผลน้อย และทำให้แมกนีเซียมที่ตำแหน่งต่างๆ ไม่ค่อยแตกต่างกัน

องค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางที่เก็บที่ตำแหน่งต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) (ภาพที่ 3.4) เนื่องจากแต่ละตำแหน่งที่ทำการเก็บน้ำยางมีกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างกัน โดยปริมาณของแข็งทั้งหมดและเนื้อยางแห้งที่ตำแหน่งกึ่งกลางไตรอยกรีตมีค่าต่ำสุด (ภาพที่ 3.4A และ 3.4B) ซึ่งอาจเกิดจากการกีดส่งผลให้น้ำยางไหลจากบริเวณกึ่งกลางไตรอยกรีตไปยังรอยกรีตเรื่อย ๆ ทำให้อนุภาคยางที่ตำแหน่งนั้นลดลง ประกอบกับการสังเคราะห์เนื้อยางระหว่างการกรีตทำไม่ทันจึงทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณเนื้อยางแห้งที่ตำแหน่งดังกล่าวลดลง นอกจากนี้ความถี่ของการกรีตยางก็อาจส่งผลต่อการลดลงของปริมาณของแข็งทั้งหมดและเนื้อยางแห้งได้เช่นกัน โดยมีรายงานว่า การกรีตแบบวันเว้นวันมีปริมาณเนื้อยางแห้งสูงกว่าการกรีตห้าวันเว้นวันหนึ่งวัน (เพยาว์ และคณะ, 2546)

ความเข้มข้นของซูโครสเมื่อเก็บน้ำยางที่ตำแหน่งกึ่งกลางไตรอยกรีตและน้ำยางจากการกรีตมีค่าต่ำ (ภาพที่ 3.4C) เนื่องจากพื้นที่เปลือกบริเวณใกล้รอยกรีตเป็นพื้นที่ซึ่งมีการสังเคราะห์ยาง (Tupy, 1989) และซูโครสเป็นสารตั้งต้นของกระบวนการสังเคราะห์ยาง (Jacob *et al.*, 1989b) ดังนั้น ซูโครสในตำแหน่งดังกล่าวจึงถูกนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นของกระบวนการสังเคราะห์ยางทำให้ซูโครสที่เหลืออยู่ใน น้ำยางตรงตำแหน่งดังกล่าวมีความเข้มข้นต่ำ ขณะเดียวกันความเข้มข้นของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ตำแหน่งดังกล่าวนี้มีค่าสูง (ภาพที่ 3.4D) เนื่องจากอนินทรีย์ฟอสฟอรัสจะถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อมีการใช้พลังงาน ATP ในกระบวนการสังเคราะห์ยาง ซึ่งสอดคล้องกับที่เคยมีรายงานว่า บริเวณไตรอยกรีตเป็นพื้นที่ที่มีการสังเคราะห์ยางทดแทน จึงส่งผลให้มีกระบวนการเมแทบอลิซึมสูง โดยจะพบซูโครสต่ำและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสสูง (Chantuma *et al.*, 2006; Silpi *et al.*, 2006) นอกจากนี้ความถี่ในการกรีตได้ส่งผลให้ซูโครสลดลงและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ได้มีรายงานว่า การกรีตยางทุกวันส่งผลให้ซูโครสในน้ำยางต่ำและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสสูงกว่าการกรีตหนึ่งวันเว้นวัน (Koshy, 1997)

ความเข้มข้นของไทออลเมื่อเก็บน้ำยางที่ตำแหน่งกึ่งกลางไตรอยกรีตและน้ำยางจากการกรีตต่ำ (ภาพที่ 3.4E) เนื่องจากที่ตำแหน่งดังกล่าวอาจมีการผลิตไทออลในรูปของรีดิวส์ต่ำ และอาจมีการเจือจางจากอิทธิพลของการกรีตยางด้วยจึงทำให้ไทออลต่ำ และการที่ค่าวิเคราะห์ไทออลต่ำ มีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งทั้งหมดและเนื้อยางแห้งที่ต่ำ (ภาพที่ 3.4A และ 3.4B) เนื่องจากไทออลเป็นสารตัวหนึ่งที่มีบทบาทในการเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์อินเวอร์เทสซึ่งทำหน้าที่ในการเปลี่ยนซูโครสให้เป็นกลูโคสและฟรุกโทสลดลง (Sreelatha *et al.*, 2007) ดังนั้น เมื่อไทออลที่บริเวณนี้ต่ำจึงมีผลทำให้ที่ตำแหน่งดังกล่าวมีปริมาณของแข็งทั้งหมดและเนื้อยางแห้งต่ำด้วย

ตำแหน่งการเจาะเก็บน้ำยางที่บริเวณลำต้นยางมีผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารส่วนใหญ่ในน้ำยางน้อย ยกเว้น แอมโมเนียม ขณะที่การเก็บน้ำยางจากการกรีตได้รับอิทธิพลการเจือจางของน้ำจากเซลล์ข้างเคียงทำให้มีค่าต่ำ อย่างไรก็ตาม ตำแหน่งการเก็บน้ำยางมีผล

ต่อองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง โดยเฉพาะที่ตำแหน่งกึ่งกลางไตรอยกรีตและน้ำยางจากการกรีต ซึ่งเป็นตำแหน่งที่สะท้อนพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์น้ำยางได้ดีและเป็นตำแหน่งที่เก็บน้ำยางเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมี (เพเยอร์ และคณะ, 2546; พิศมัย และคณะ, 2546) ดังนั้น น้ำยางจากการกรีตและตำแหน่งกึ่งกลางไตรอยกรีตจึงเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำยางมาวิเคราะห์ อย่างไรก็ตาม น้ำยางที่เก็บจากการกรีตมีความเข้มข้นของธาตุอาหารส่วนใหญ่ต่ำ (ภาพที่ 3.4) และเป็นตำแหน่งที่มีการปนเปื้อนได้ง่ายจึงอาจมีผลต่อค่าวิเคราะห์ โดยเฉพาะซุโครสซึ่งมีค่าต่ำลงมากเมื่อใช้น้ำยางที่ตั้งทิ้งไว้นานมาวิเคราะห์ เพราะซุโครสส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ อีกทั้งการเก็บโดยการกรีตอาจไม่สะดวกหากกรีตอย่างไม่เป็น ดังนั้น ตำแหน่งกึ่งกลางไตรอยกรีตจึงเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดที่จะเก็บน้ำยางมาวิเคราะห์ทั้งองค์ประกอบทางชีวเคมีและธาตุอาหาร นอกจากนี้ในต้นยางที่เปิดกรีดแล้วไม่ว่าจะอายุน้อย (7 ปี) หรืออายุมาก (16 ปี) ตำแหน่งการเก็บน้ำยางแต่ละตำแหน่งก็ให้ผลในทำนองเดียวกัน เพราะฉะนั้นอายุไม่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีที่วิเคราะห์ได้

## 2.2 เวลาการเก็บน้ำยางสด

การศึกษานี้ได้เก็บน้ำยางในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 นาฬิกา จากต้นยางพาราต้นเดียวกัน เพื่อต้องการลดปัญหาความแปรปรวนระหว่างต้นที่เจาะเก็บน้ำยาง และเก็บน้ำยางจากต่างต้นกัน เพื่อต้องการลดปัญหาอิทธิพลของการเจาะเก็บน้ำยางครั้งแรกต่อการเก็บน้ำยางในช่วงเวลาต่อมา จากการศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในช่วงเวลาที่เก็บน้ำยางจากต้นเดียวกันหรือต่างต้นกัน (อำเภอเทพา) พบว่า ค่าวิเคราะห์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน (ภาพที่ 3.5 และ 3.6) โดยความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำยางส่วนใหญ่มีค่าสูง ยกเว้น ไนเตรต เมื่อเก็บน้ำยางในช่วงเช้า (8.00 และ 10.00 นาฬิกา) และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บน้ำยางในช่วงเที่ยงและบ่าย (12.00, 14.00 และ 16.00 นาฬิกา) อาจเนื่องมาจากในช่วงที่เก็บตัวอย่างในช่วงเช้ามีอุณหภูมิต่ำส่งผลให้ต้นยางพารายังคงมีการสังเคราะห์ยาง จึงมีการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารต่างๆ มาใช้สำหรับการสังเคราะห์ยาง โดยไนเตรตอาจมีการเปลี่ยนแปลงเป็นแอมโมเนียม จึงทำให้ไนเตรตในช่วงเช้ามีค่าลดลง ขณะที่แอมโมเนียม โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมมีค่าสูง เนื่องจากแต่ละธาตุมีบทบาทในการสังเคราะห์ยาง และกิจกรรมอื่นๆ ภายในท่อน้ำยาง โดยแอมโมเนียมเป็นธาตุที่กระตุ้นเอนไซม์อินเวอร์เทส ฟอสโฟฟรุกโทโคเนส และไพรูเวสโคเนส (Jacob *et al.*, 1989a) ขณะที่โพแทสเซียมช่วยรักษาเสถียรภาพในการสังเคราะห์โปรตีน ควบคุมพลังงานศักย์ของน้ำในเซลล์ (ยงยุทธ, 2552; เวท และนุชนารถ, 2524) ช่วยในการเคลื่อนย้ายซุโครสที่ได้จากการสังเคราะห์แสงมายังท่อน้ำยาง รักษาความเสถียร (stabilization) และควบคุมออสโมซิส (osmoregulation) กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ และกระบวนการเคลื่อนย้ายผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

(Karthikakuttyamma *et al.*, 2000) แคลเซียมเป็นธาตุที่สร้างเสถียรภาพให้กับเยื่อหุ้มเซลล์ (ยงยุทธ, 2552) และแมกนีเซียมเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ทรานสเฟอเรส (Costa *et al.*, 2006; Scott *et al.*, 2003) เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์เอทีพีเอส (Jacob *et al.*, 1989a) จึงทำให้พบธาตุเหล่านี้ในน้ำยางสูงในช่วงเช้า อย่างไรก็ตาม เมื่อเปลี่ยนสถานที่ในการทดลอง (อำเภอคลองหอยโข่ง) และเก็บตัวอย่างน้ำยางสดซ้ำต้นเดิมที่เวลาต่างๆ พบว่า การเก็บน้ำยางที่ช่วงเวลาต่างๆ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียมและแมกนีเซียม และธาตุอาหารส่วนใหญ่มีแนวโน้มสูงสุดในช่วงเที่ยง (12.00 นาฬิกา) โดยเฉพาะไนเตรต เนื่องจากในช่วงเวลา ก่อนการเก็บตัวอย่างมีฟ้าครึ้มส่งผลให้ไนเตรตไม่สามารถรูดิวส์ไปเป็นแอมโมเนียมได้ จึงมีการสะสม ไนเตรตสูง (ภาพที่ 3.5B) ซึ่งสอดคล้องกับ Chang และคณะ (2013) ที่พบว่า การให้ความเข้มแสงต่ำกับผักมีผลทำให้มีการสะสมไนเตรตสูงกว่าการให้ความเข้มแสงสูง และความมืดก่อนการเพิ่มความเข้มแสงมีผลทำให้มีการสะสมไนเตรตใน spinach และจากการเปลี่ยนสถานที่ทดลอง พบว่า ปริมาณธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้ต่างกัน (ภาพที่ 3.5) โดยน้ำยางที่เก็บจากอำเภอคลองหอยโข่งมีแนวโน้มของธาตุอาหารต่ำกว่าที่อำเภอเทพา อาจเนื่องมาจากช่วงที่เก็บน้ำยางที่อำเภอคลองหอยโข่งเป็นช่วงหลังจากที่ยางเพิ่งผลิใบใหม่ได้ประมาณ 3 เดือน และเพิ่งมีการเปิดกรีดครั้งต่อไปหลังจากหยุดกรีด ซึ่งช่วงดังกล่าวอาจมีการนำธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตของลำต้นและสร้างใบมากกว่าการนำมาสร้างน้ำยาง

ค่าวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางสด ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด เนื้อยางแห้ง ซูโครส อนินทรีย์ฟอสฟอรัส และไทออลที่เก็บที่ระยะเวลาต่างกันมีค่าไม่ค่อยแตกต่างกัน ทั้งในแปลงทดลองที่อำเภอเทพาและคลองหอยโข่ง (ภาพที่ 3.6) อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของซูโครสจากทั้ง 2 แปลง พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บตัวอย่างน้ำยางในช่วงบ่าย อาจเนื่องจากในช่วงเช้ามีแสงแดดจึงส่งผลให้ต้นยางพารามีการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้น และมีการสังเคราะห์ซูโครสขึ้น ซึ่งซูโครสที่ได้จากการสังเคราะห์แสงจะอาศัยโพแทสเซียมเป็นตัวช่วยในการเคลื่อนย้ายไปสะสมในท่อน้ำยางในช่วงบ่าย เพื่อใช้ในการสังเคราะห์น้ำยางต่อไป ในช่วงกลางคืน ซึ่งมีการสังเคราะห์ยางสูง จึงส่งผลให้มีการสะสมของอนินทรีย์ฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นสารที่ถูกปลดปล่อยหลังจากมีการใช้พลังงานเพื่อสังเคราะห์ยาง ฉะนั้น เมื่อเก็บน้ำยางมาวิเคราะห์ในช่วงเช้าอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้จึงมีค่าสูงกว่าในช่วงบ่าย (ภาพที่ 3.6D) และซูโครสซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ยางในช่วงเช้าจึงมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 3.6C) ส่วนความเข้มข้นของไทออลที่ช่วงเวลาต่างๆ ในการเก็บน้ำยางมีค่าไม่ค่อยแตกต่างกัน (ภาพที่ 3.6E) อย่างไรก็ตาม ในช่วงเช้ามีความเข้มข้นของไทออลสูงกว่าในช่วงบ่าย อาจเนื่องจากในช่วงเช้ามีการผลิตไทออลเพื่อกระตุ้นเอนไซม์อินเวอร์เทสและไพรูเวสไคเนสในการสังเคราะห์ยาง (Jacob *et al.*, 1989a) และสภาพอากาศในช่วงเช้ามีอุณหภูมิต่ำ จึงส่งผลให้มีการผลิตไทออลเพิ่มขึ้น เพื่อป้องกันอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์ยาง อีกทั้งการเพิ่มขึ้นของไทออลในช่วงเช้ายังมีผลต่อการไหลของน้ำยางด้วย โดยน้ำยางจะไหลเร็วกว่าในช่วงเที่ยงและ



บาย ซึ่งการเพิ่มขึ้นของไทออลในช่วงเช้าซึ่งเป็นเวลาที่มีอุณหภูมิต่ำ ให้ผลสอดคล้องกับการทดลองแช่น้ำยางและเซรัมในกล่องน้ำแข็งและมีผลทำให้ไทออลในน้ำยางเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3.2 และภาพที่ 3.2) และสอดคล้องกับการทดลองของนภาวรณ และคณะ (2544) ที่ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางในรอบปี โดยพบว่า ความเข้มข้นของไทออลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงที่อุณหภูมิต่ำ

เวลาการเก็บน้ำยางสดมีผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำยาง โดยในช่วงเช้าความเข้มข้นของธาตุอาหารส่วนใหญ่สูงกว่าในช่วงบ่าย ขณะเดียวกันค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีในช่วงเช้าได้สะท้อนถึงกิจกรรมของการสังเคราะห์อย่างมากกว่าในช่วงเที่ยงหรือช่วงบ่าย นอกจากนี้ ในช่วงเที่ยงถึงบ่าย มีอุณหภูมิในบรรยากาศสูงขึ้นและความชื้นสัมพัทธ์ลดลง (พิศมัย , 2553) ส่งผลให้ต้นยางอาจขาดน้ำ ซึ่งจะมีผลต่อแรงดันภายในท่อน้ำยางต่ำลง (นภาวรณ และคณะ, 2544) ทำให้น้ำยางไหลได้ช้าในช่วงเที่ยงถึงบ่าย ดังนั้น หากต้องการเก็บน้ำยางสดมาวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางจึงควรเลือกเก็บน้ำยางในช่วงเช้า (8.00-10.00 นาฬิกา) ซึ่งสะดวก และรวดเร็วกว่าการเก็บน้ำยางในช่วงบ่าย ซึ่งน้ำยางไหลช้า

### 3. วิธีการเก็บและเก็บรักษาตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำยางที่เก็บจากตำแหน่งด้านข้างเหนือและใต้จุดเริ่มกรีด และกึ่งกลางใต้รอยกรีดมีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่น้ำยางจากการกรีดมีความเข้มข้นของธาตุอาหารต่ำ (ภาพที่ 3.3) อย่างไรก็ตาม น้ำยางจากการกรีดและน้ำยางที่เก็บจากกึ่งกลางใต้รอยกรีดมีค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีสะท้อนถึงกิจกรรมการสังเคราะห์ยาง โดยมีค่าซูโครสต่ำ ขณะที่อินทรีย์ฟอสฟอรัสสูง (ภาพที่ 3.4) แต่น้ำยางจากการกรีดอาจเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย อีกทั้ง การกรีดยางจำเป็นต้องอาศัยทักษะความชำนาญพิเศษ ฉะนั้น การเก็บน้ำยางที่ตำแหน่งกึ่งกลางใต้รอยกรีดโดยการใช้เหล็กปลายแหลมเจาะเก็บน้ำยางทำได้สะดวกและรวดเร็วกว่า โดยการเก็บน้ำยางในช่วงเช้า (8.00-10.00 น.) สามารถทำได้สะดวกกว่าในช่วงเที่ยงและบ่าย เนื่องจากในช่วงเช้าต้นยางพารามีอัตราการคายน้ำต่ำ ทำให้น้ำยางไหลได้เร็วกว่าในช่วงบ่าย ซึ่งมีอุณหภูมิในบรรยากาศสูงและความชื้นสัมพัทธ์ลดลง (พิศมัย, 2553) ส่งผลให้ต้นยางพาราขาดน้ำ และทำให้แรงดันภายในท่อน้ำยางต่ำลง (นภาวรณ และคณะ, 2544) น้ำยางจึงไหลช้า และใช้เวลานานในการเก็บตัวอย่างน้ำยางสด ซึ่งอาจมีผลต่อค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ค่าวิเคราะห์ซูโครส ซึ่งมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเก็บรักษาน้ำยางสดไว้ที่อุณหภูมิห้องนานกว่า 1 ชั่วโมง (ภาพที่ 3.2A) ถึงแม้ว่ามีการเติมสารยับยั้งจุลินทรีย์ก็ตาม (ตารางที่ 3.7) อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของซูโครสในน้ำยางสดที่แช่ในกล่องน้ำแข็งมีแนวโน้มลดลงน้อยกว่าการเก็บรักษาน้ำยางสดที่อุณหภูมิห้องทั้ง

ที่มีการเติมและไม่เติมคลอโรฟอร์ม (ภาพที่ 3.2A และตารางที่ 3.7) ฉะนั้น ในการรองรับน้ำยางจากต้นยางพาราและการเก็บรักษาน้ำยางสดจึงควรเก็บในภาชนะที่ล้อมรอบด้วยน้ำแข็ง

น้ำยางที่ได้จากต้นยางพาราควรตกตะกอนแยกเนื้อยางและเซรัมน้ำยางทันทีหลังจากเก็บน้ำยางสด โดยการใช้เวลานานในการสกัดเซรัมน้ำยางมีผลทำให้ค่าวิเคราะห์มีค่าสูง (ตารางที่ 3.4 และ 3.5) และในการเก็บตัวอย่างแต่ละพื้นที่ใช้เวลาไม่เท่ากัน จึงควรกำหนดเวลาที่แน่นอนสำหรับสกัดเซรัมน้ำยาง ดังนั้น จึงเลือกใช้เวลากัด 10 นาที ให้เป็นแบบเดียวกัน นอกจากนี้ ค่าวิเคราะห์ของธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่สกัด 10 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 และเบอร์ 5 มีค่าไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 3.4 และ 3.5) ฉะนั้น จึงเลือกใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 ในการกรองเซรัมน้ำยาง เนื่องจากมีราคาถูกกว่า และเซรัมน้ำยางหลังจากที่ตกตะกอนแล้วควรเก็บให้เป็นแบบเดียวกัน ซึ่งการเก็บรักษาเซรัมน้ำยางในกล่องน้ำแข็งที่มีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ น่าจะเหมาะสมกว่าการเก็บรักษาเซรัมที่มีอุณหภูมิห้อง ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปสภาพอากาศในแต่ละวัน จากนั้นควรนำเซรัมน้ำยางมาวิเคราะห์แอมโมเนียม ไนเตรต แคลเซียม และไทออลภายในวันนั้น และสามารถเก็บไว้ในตู้เย็นได้นาน 7 วัน สำหรับวิเคราะห์โพแทสเซียม แมกนีเซียม ซูโครส และอินทรีย์ฟอสฟอรัส (ตารางที่ 3.1 และ 3.2)

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่าง และการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำยางสดและเซรัม น้ำยาง เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางสามารถสรุปผลการ ทดลองได้ดังนี้

**1. อุณหภูมิและระยะเวลาเก็บรักษาเซรัมน้ำยาง** ความเข้มข้นขององค์ประกอบ ทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่แช่ในกล่องน้ำแข็ง (4 °C) และวางไว้ในตู้อุณหภูมิห้อง (31 °C) มีค่าไม่ แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บรักษาเซรัมน้ำยางเป็นเวลานานขึ้น ความเข้มข้นของธาตุ- อาหารที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกันมีการเปลี่ยนแปลง โดยการเก็บเซรัมน้ำยางที่อุณหภูมิห้อง อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพอากาศในแต่ละวันที่เก็บตัวอย่าง ดังนั้น จึงควรเก็บรักษา เซรัมน้ำยางในกล่องน้ำแข็ง ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า และเซรัมน้ำยางที่สกัดแล้วสามารถ เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นได้ไม่เกิน 1 วัน สำหรับวิเคราะห์แอมโมเนียม ไนเตรต แคลเซียม และ ใทอล และสามารถเก็บรักษาในตู้เย็นได้นานถึง 7 วัน สำหรับวิเคราะห์โพแทสเซียม แมกนีเซียม ซูโครส และอินทรีย์ฟอสฟอรัส

**2. ระยะเวลาสกัดและขนาดกระดาษกรอง** ความเข้มข้นของธาตุอาหารและ องค์ประกอบทางชีวเคมีในเซรัมน้ำยางที่ใช้เวลาสกัด 5 ชั่วโมง มีค่าสูง โดยเฉพาะเซรัมน้ำยางที่ กรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 ขณะที่เซรัมน้ำยางที่สกัด 10 นาที และกรองด้วย กระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 หรือเบอร์ 5 มีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม การสกัด 10 นาที หลังจากเก็บตัวอย่างน้ำยางเสร็จสามารถทำได้สะดวกกว่า และกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 มี ราคาถูกกว่ากระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 5 ดังนั้น จึงควรใช้เวลาสกัด 10 นาที และกรองด้วย กระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1

**3. อุณหภูมิและสารยับยั้งจุลินทรีย์** ความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำยางส่วนใหญ่ มีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาตัวอย่างน้ำยางสดที่อุณหภูมิห้องหรือแช่ในกล่องน้ำแข็ง อย่างไรก็ตาม น้ำยางสดที่วางไว้ในตู้อุณหภูมิห้องและน้ำยางสดที่มีการเติมคลอโรฟอร์ม (สารยับยั้งจุลินทรีย์) แล้ววางไว้ในตู้อุณหภูมิห้อง พบว่า ความเข้มข้นของซูโครสลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้น หาก ต้องการวิเคราะห์ทั้งธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางควรเก็บรักษาตัวอย่างน้ำยางสดใน กล่องน้ำแข็ง และในขณะที่เก็บน้ำยางสดจากต้นยางพาราควรมีอุปกรณ์รองรับน้ำยางที่มีการหล่อ เย็น และควรรีบตกตะกอนเนื้อยางด้วยสารละลายผสมกรดที่ซีเอและอีดีทีเอทันทีหลังเก็บน้ำยาง

**4. ตำแหน่งเก็บน้ำยางสด** ตำแหน่งกึ่งกลางใต้รอยกรีดมีความเข้มข้นของแอมโมเนียมและแคลเซียมสูง ส่วนน้ำยางจากการกรีดมีความเข้มข้นของธาตุอาหารส่วนใหญ่ตำแหน่งที่ตำแหน่งด้านข้างเหนือและใต้รอยกรีดมีความเข้มข้นของธาตุอาหารใกล้เคียงกัน ฉะนั้น การเก็บน้ำยางมาวิเคราะห์ธาตุอาหารจึงต้องกำหนดตำแหน่งให้ชัดเจน อย่างไรก็ตาม ตำแหน่งกึ่งกลางใต้รอยกรีดมีค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีสะท้อนถึงกิจกรรมการสังเคราะห์แสง และมีการปนเปื้อนน้อยกว่าน้ำยางจากการกรีด ดังนั้น จึงควรเก็บน้ำยางที่ตำแหน่งกึ่งกลางใต้รอยกรีด เช่นเดียวกับที่เก็บเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมี

**5. เวลาเก็บน้ำยางสด** ความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำยางส่วนใหญ่ที่เก็บในช่วงเช้า (8.00 และ 10.00 นาฬิกา) มีค่าสูงกว่าในช่วงเที่ยงและบ่าย (12.00, 14.00 และ 16.00 นาฬิกา) ฉะนั้น การเก็บน้ำยางมาวิเคราะห์ธาตุอาหารจึงต้องกำหนดช่วงเวลาให้ชัดเจน อย่างไรก็ตาม ในช่วงเช้าค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางสะท้อนถึงกิจกรรมการสังเคราะห์แสง และน้ำยางไหลเร็วกว่าในช่วงบ่าย ดังนั้น จึงควรเก็บน้ำยางในช่วงเช้า

กล่าวโดยสรุป การเก็บน้ำยางสดควรเก็บน้ำยางสดในช่วงเช้า โดยเจาะเก็บน้ำยางสดที่ตำแหน่งกึ่งกลางใต้รอยกรีด 5 เซนติเมตร และในขณะที่รองรับน้ำยางต้องรองรับน้ำยางด้วยอุปกรณ์ที่มีที่หล่อเย็นล้อมรอบ จากนั้นตักตะกอนน้ำยางทันทีด้วยสารละลายผสมกรดที่ซีเอ กับอีดีทีเอ โดยใช้เวลาในการตักตะกอนประมาณ 10 นาที และกรองส่วนใสด้วยกระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 1 จากนั้นเก็บรักษาเซรัมน้ำยางในกล่องน้ำแข็ง และควรรีบวิเคราะห์แอมโมเนียมและไทออลภายในวันที่เก็บตัวอย่าง และสามารถเก็บเซรัมน้ำยางในตู้เย็นได้นาน 2 วัน เพื่อวิเคราะห์แคลเซียม และสามารถเก็บเซรัมน้ำยางได้ถึง 7 วัน สำหรับวิเคราะห์โพแทสเซียม แมกนีเซียม ซูโครส และอินนินทรีย์ฟอสฟอรัส อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงช่วงเวลาในแต่ละปีว่าควรเก็บน้ำยางสดมาวิเคราะห์ช่วงไหนจึงจะเหมาะสมที่สุด

### เอกสารอ้างอิง

- กัญญาภรณ์ พิพิธแสงจันทร์, วรรณภา กภาพสุวรรณ, นลินี จาริกภากร, สุนทร พิพิธแสงจันทร์ และวิทย์วัฒน์ กุญชร ณ อยุธยา. 2541. การศึกษาความแปรปรวนของปริมาณธาตุอาหารบนใบส้มโศกุน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36 3-5 กุมภาพันธ์ 2541 หน้า 21.
- กาญจนา ลุงกี. 2550. การศึกษาต้นทุนด้านพลังงานในการสร้างมวลชีวภาพและองค์ประกอบทางชีวเคมีของน้ำยาง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จักรกฤษณ์ พูนภักดี. 2556. สถานะโพแทสเซียมในดินที่ดอนและที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพาราในจังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- จำเป็น อ่อนทอง. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- จำเป็น อ่อนทอง และจักรกฤษณ์ พูนภักดี. 2556. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- จิตต์ลัดดา ศักดาภิพาณิชย์. 2553. ยางธรรมชาติ. ใน เทคโนโลยียางธรรมชาติ ความรู้ใหม่เกี่ยวกับยางธรรมชาติ จากโครงสร้างโมเลกุลถึงการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม. หน้า 1-17. กรุงเทพฯ : บริษัท เทคโนโลยี คอมมิวนิเคชั่นส์ จำกัด.
- จินตนา บางจัน. 2545. มวลชีวภาพและปริมาณธาตุอาหารหลักของต้นยางพาราพันธุ์ RRIM 600. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จีรยุทธ ดาเรสาและ. 2552. การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างระบบสองรอยกรีดสลับน้ต่างระดับ (DCA) กับระบบกรีดของเกษตรกร ที่อำเภอหนองมอม จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ชวนพิศ แดงสวัสดิ์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพฯ : บริษัท ธนชัยการพิมพ์ จำกัด.

ชัยรัตน์ นิลนนท์, ชีระพงศ์ จันทรมนิยม และประกิจ ทองคำ. 2549. โครงการความต้องการธาตุอาหารและการจัดการปุ๋ย เพื่อเพิ่มผลผลิตของปาล์มน้ำมัน (ระยะที่ 2). รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ณัฐพล ไกรเดช, อภิญา เจริญวีย์ และอารีรัตน์ เวียงจันทร์. 2552. การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นยางพารา. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ธนาพร ห้วยนุ้ย. 2552. ผลของระบบกรีดแบบสลับหน้ากรีด 2 รอย ที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของยางพาราพันธุ์ RRIM 600. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นภาพรณ เลขะวิวัฒน์, รัชณี รัตนวงศ์ และอนุสรณ์ แรมลี. 2544. การศึกษาชีวเคมีของยางพันธุ์แลกเปลี่ยนระหว่างประเทศในเขตภูมิอากาศที่ 1. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นุจรี บุญแปลง, นารี พันธุ์จันทารณ และพรทิวา กัญยวงศ์หา. 2554. ธาตุอาหารไนโบและผลมะม่วงจากแหล่งปลูกต่าง ๆ ในประเทศไทย. การประชุมวิชาการดินและปุ๋ย ครั้งที่ 2 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 11-13 พฤษภาคม 2554 หน้า 46-47.

นุชนารถ กังพิศดาร. 2551. การใช้ปุ๋ยยางพาราตามค่าวิเคราะห์ดิน. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นุชนารถ กังพิศดาร, ลิขิต นวลศรี, ยุบล ลิ้มจิตติ, ชำนาญ บุญเลิศ, วีรพงศ์ ตันอภิรมย์ และไววิทย์ บุรณธรรม. 2537. การตอบสนองของยางหลังเปิดกรีดต่อปุ๋ย N P K และ Mg ในดินชุดคอกหงส์. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

บุญธรรม นิธิอุทัย, พรพรรณ นิธิอุทัย และปรีชา ป้องภัย. 2539. เทคโนโลยีน้ำยางข้น. ปัตตานี : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

- ประสิทธิ์ วรเวทย์ชลิต. 2533. การหมุนเวียนภายในของธาตุอาหารพืชในพื้นที่ปลูกยางพารา บริเวณสถานีทดลองยางโป่งแรด จังหวัดจันทบุรี. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พนัส แพชนะ และบุญปียธิดา คล่องแคล่ว. 2554. ลักษณะทางกายวิภาคของเปลือก และ ท่อน้ำยางของยางพารา. ว. ยางพารา 32 : 35-42.
- เพียววี ร่มรื่นสุขารมย์, รัชณี รัตนวงศ์, นภาพรรณ เลขะวิวัฒน์, กรรณิการ์ ชีร์วัฒนสุข, บุตรี พุทธิรักษ์ และสมบัติ ฟิงกุล. 2546. การใช้เทคนิคทางชีวเคมีระบุคุณสมบัติพันธุ์ ยาง. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวง เกษตรและสหกรณ์.
- พัชรภรณ์ รักชุม. 2552. การตอบสนองทางสรีรวิทยา ผลผลิตน้ำยาง และองค์ประกอบทาง ชีวเคมีของน้ำยางของต้นยางพารา (*Hevea brasiliensis*) ภายใต้การจัดการให้น้ำ. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พิมพ์ภิลลา ศุภเจริญกุล. 2552. การเปรียบเทียบลักษณะทางกายวิภาค การตอบสนองทาง สรีรวิทยา และองค์ประกอบชีวเคมีน้ำยางของยางพาราพันธุ์ RRIM 600 และพันธุ์ที่ให้ผล ผลิตน้ำยางสูง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พิศมัย จันทูมา. 2543. การวิเคราะห์น้ำยางโดยวิธีชีวเคมี. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ ยางพารา ประจำปี 2543 ณ โรงแรม เจ. บี. อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 29-30 สิงหาคม 2543 หน้า 94-107.
- พิศมัย จันทูมา. 2551. กายวิภาคของต้นและน้ำยาง. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ กรมวิชาการเกษตร หลักสูตรยางพารา. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- พิศมัย จันทูมา. 2553. การเพิ่มประสิทธิภาพการกรีตและผลผลิตยาง. ว. ยางพารา 31 : 6-26.
- พิศมัย จันทูมา, พนัส แพชนะ และพิชิต สฟโซค. 2550. การกรีตยางและการใช้สารเคมีเร่ง น้ำยาง. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวง เกษตรและสหกรณ์.

พิศมัย จันทุมมา, พิชิต สพอโชค, วิทยา พรหมมี, พันธ์ แพชนะ, พรรษา อุดลยธรรม, นอง ยกถาวร, พิบูลย์ เพ็ชรยิ่ง และสว่างรัตน์ สมนาถ. 2546ก. การใช้องค์ประกอบทางชีวเคมีของน้ำยางตรวจสอบความสมบูรณ์ของต้นยาง สำหรับระบบกรีตที่เหมาะสม. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พิศมัย จันทุมมา, อารักษ์ จันทุมมา, Gohet, E. และอนุภรณ์ ศิลปะลี. 2545. การใช้ลักษณะทางสรีรวิทยาในการตรวจสอบความสมบูรณ์ของต้นยาง. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการยางพาราประจำปี 2545 ณ โรงแรมหนองคายแกรนด์ อ.เมือง จ.หนองคาย 19-22 กุมภาพันธ์ 2545 หน้า 32-72.

ภัทธารุช จิวตระกูล, ปัทมา ชนะสงคราม, นุชนารถ กังพิศดาร, วีรพงศ์ ตันอภิรมย์ และโชคชัย เอนกชัย. 2537. สรีรวิทยาน้ำยางของต้นยางหลังเปิดกรีตที่ได้รับปุ๋ยระดับต่างๆ. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ยงยุทธ โอสถสกา. 2552. ธาตุอาหารพืช. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2524. คุณสมบัติและส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ. ว. ยางพารา 2 : 19-27.

เวท ไทหนูกุล และนุชนารถ กังพิศดาร. 2524. ธาตุอาหารสำหรับยางพารา. ว. ยางพารา 2 : 40-46.

สถาบันวิจัยยาง. 2552. การจัดการสวนยางพาราอย่างยั่งยืน : ดิน น้ำ และธาตุอาหารพืช. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สถาบันวิจัยยาง. 2554. คำแนะนำการเก็บเกี่ยวผลผลิตน้ำยาง ปี 2554. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมพร จันทเดช. 2529. สรีรวิทยาการไหลของน้ำยาง. ว. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 1 : 45-54.



สายใจ สุชาติกุล, สมศักดิ์ มณีพงศ์ และมนตรี อิศรไกรศีล. 2554ก. การจัดทำค่ามาตรฐานเพื่อการประเมินธาตุอาหารของยางพาราก่อนเปิดกรีต. การประชุมวิชาการดินและปุ๋ย ครั้งที่ 2 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 11-13 พฤษภาคม 2554 หน้า 38-39.

สายใจ สุชาติกุล, สมศักดิ์ มณีพงศ์ และมนตรี อิศรไกรศีล. 2554ข. สถานะธาตุอาหารของดินและใบของยางก่อนเปิดกรีตในจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช. การประชุมวิชาการดินและปุ๋ย ครั้งที่ 2 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 11-13 พฤษภาคม 2554 หน้า 40-41.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2556. กรุงเทพฯ : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2555. กรุงเทพฯ : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สิทธิชัย บุญมณี, จำเป็น อ่อนทอง และขวัญตา ขาวมี. ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางจากต้นยางพาราก่อนเปิดกรีตที่ใส่ปุ๋ยตามค่าทดสอบดินและปุ๋ยเชิงผสมสูตร 20-8-20. การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 3 ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 25-27 เมษายน 2556 หน้า 15.

สุนิสา สุชาติ. 2550. ยางธรรมชาติ. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุรชาติ เพชรแก้ว. 2550. การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารพืชในช่วงการพัฒนาในรอบปีของมังคุด (*Garcinia mangostana* L.) และผลของธาตุแคลเซียมต่อการเกิด เนื้อแก้ว และยางไหลภายในผลมังคุด. วิทยานิพนธ์ ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี. 2540. น้ำยางสด. ว. ยางและพอลิเมอร์ 1 : 11-17.

โสภณ รองสวัสดิ์. 2553. การประเมินประสิทธิภาพของระบบกรีตยางแบบสองหน้ากรีตในสวนยางพาราที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

หทัยกาญจน์ จินาเตี้ยม. 2552. ผลของระบบกรีตแบบสลับน้ำกรีต 2 รอยต่อผลผลิต คุณภาพ และองค์ประกอบทางชีวเคมีของน้ำยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ปีที่ 2 ของการกรีต. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Alam, B., Das, G., Raj, S., Pal, T. K. and Dey, S. K. 2003. Studies on yield and biochemical sub-components of latex of rubber trees (*Hevea brasiliensis*) with a special reference to the impact of low temperature in a non-optimal environment. J. Rubb. Res. 6 : 241-257.

Baclayon, D. P., Matsui, T., Suzuki, H. and Kosugi, Y. 2007. Some change in postharvest physiology and activities of glutamine synthetase in broccoli head supplied with exogenous sucrose during storage. Journal of Applied Horticulture 9 : 9-12.

Berekaa, M. M. 2006. Colonization and microbial degradation of polyisoprene rubber by nocardioform actinomycete *Nocardia* sp. strain-MBR. Biotechnol. 5 : 234-239.

Chang, A. U., Yang, T. Y. and Riskowski, G. L. 2013. Ascorbic acid, nitrate, and nitrite concentration relationship to the 24 hour light/dark cycle for spinach grown in different conditions. Food Chem. 138 : 382-388.

Chantuma, P., Thanisawanyangkura, S., Kasemsap, P., Gohet, E. and Thaler, P. 2006. Distribution patterns of latex sucrose content and concurrent metabolic activity at the trunk level with different tapping systems and in latex production bark of *Hevea brasiliensis*. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 40 : 634-642.

Chantuma, P., Thanisawanyangkura, S., Kasemsap, P., Thaler, P. and Gohet, E. 2007. Increase in carbohydrate status in the wood and bark tissues of *Hevea brasiliensis* by double-cut alternative tapping system. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 41 : 442-450.

- Cherian, E. and Jayachandran, K. 2009. Microbial degradation of natural rubber latex by a novel species of *Bacillus* sp. SBS<sup>25</sup> isolated from soil. *Int. J. Environ. Res.* 3 : 599-604.
- Costa, B. M. T. da., Keasling, J. D. and Cornish, K. 2005. Regulation of rubber biosynthetic rate and molecular weight in *Hevea brasiliensis* by metal cofactor. *Biomacromolecules*. 6 : 279-289.
- Costa, B. M. T. da., Keasling, J. D., McMahan, C. M. and Cornish, K. 2006. Magnesium ion regulation of in vitro rubber biosynthesis by *Parthenium argentatum* Gray. *Phytochemistry*. 67 : 1621-1628.
- d'Auzac, J. 1989a. Factors involved in the stopping of flow after tapping. *In Physiology of Rubber Tree Latex*. (eds. d'Auzac, J., Jacob, J. L. and Chrestin, H.), pp. 221-232. Boca Raton : CRC Press.
- d'Auzac, J. 1989b. Tapping systems and area of the drained bark. *In Physiology of Rubber Tree Latex*. (eds. d'Auzac, J., Jacob, J. L. and Chrestin, H.), pp. 257-280. Boca Raton : CRC Press.
- d'Auzac, J. and Jacob, J. L. 1989. The composition of latex from *Hevea brasiliensis* as a laticiferous cytoplasm. *In Physiology of Rubber Tree Latex*. (eds. d'Auzac, J., Jacob, J. L. and Chrestin, H.), pp. 57-96. Boca Raton : CRC Press.
- d'Auzac, J., Cretin, H., Marin, B. and Lioret, C. 1982. A plant vacuolar system: the lutoids from *Hevea brasiliensis* latex. *Physiol. Veg.* 20 : 311-331.
- Dissanayake, D. M. A. P., Dissanayake, T., Maheepala, C. and Gunasekera, R. 1994. Role of rock phosphates in the nutrition of immature and mature *Hevea*. *Jl. Rubb. Res. Inst.* 74 : 42-56.

- Fay, E. de. And Jacob, J. L. 1989. Anatomical organization of the laticiferous system in the bark. *In Physiology of Rubber Tree Latex.* (eds. d'Auzac, J., Jacob, J. L. and Chrestin, H.), pp. 3-14. Boca Raton : CRC Press.
- Gooding, E. G. B. 1952. Studies in the physiology of latex II: latex flow on tapping *Hevea brasiliensis* associated changes in trunk diameter and latex concentration. *New Phytol.* 51 : 11-29.
- Jacob, J. L. and Prevot, J. C. 1992. Metabolism of the laticiferous system and its biochemical regulation. *In Natural Rubber : Biology, Cultivation and Technology.* (eds. Sethuraj, M. R. and Mathew, N. M.), pp. 116-136. Amsterdam : Elsevier Science Publishers B.V.
- Jacob, J. L., Prevot, J. C. and Kekwick, R. G. O. 1989a. General metabolism of *Hevea brasiliensis* latex (with the exception of isoprenic anabolism). *In Physiology of Rubber Tree Latex.* (eds. d'Auzac, J., Jacob, J. L. and Chrestin, H.), pp. 101-144. Boca Raton : CRC Press.
- Jacob, J. L., Prevot, J. C., Roussel, D., Lacrotte, R., Serres, E., d'Auzac, J., Eschbach, J. M. and Omont, H. 1989b. Yield-limiting factors, latex physiological parameters, latex diagnosis, and clonal typology. *In Physiology of Rubber Tree Latex.* (eds. d'Auzac, J., Jacob, J. L. and Chrestin, H.), pp. 345-382. Boca Raton : CRC Press.
- Jetro, N. N. and Simon, G. M. 2007. Effects of 2-chloroethylphosphonic acid formulations as yield stimulants on *Hevea brasiliensis*. *Afr. J. Biotechnol.* 6 : 523-528.
- Karthikakuttyamma, M., Joseph, M. and Nair, A. N. S. 2000. Soils and nutrition. *In Natural Rubber : Agromanagement and Crop Processing.* (eds. George, P. J. and Jacob, C. K.), pp. 170-198. Cochin : Anaswara Printing and Publishing Company.

- Kekwick, R. G. O. 1989. The formation of polyisoprenoids in *Hevea latex*. *In Physiology of Rubber Tree Latex*. (eds. d'Auzac, J., Jacob, J. L. and Chrestin, H.), pp. 145-164. Boca Raton : CRC Press.
- Koshy, G. 1997. Studies on the Factors Influencing the Regeneration and Flow of Latex in *Hevea brasiliensis*. Ph.D. Thesis. Mahatma Gandhi University.
- Krishnakumar, A. K. and Potty, S. N. 1992. Nutrition of *Hevea*. *In Natural Rubber: Biology, Cultivation and Technology*. (eds. Sethuraj, M. R. and Mathew, N. M.), pp. 239-262. Amsterdam : Elsevier.
- Lacote, R., Gabla, O., Obouayeba, S., Eschbach, J. M., Rivano, F., Dian, K. and Gohet, E. 2010. Long-term effect of ethylene stimulation on yield of rubber trees is linked to latex cell biochemistry. *Field Crop Res.* 115 : 94-98.
- Mak, S., Chinsathit, S., Pookpakdi, A. and Kasemsap, P. 2008. The effect of fertilizer and irrigation on yield and quality of rubber (*Hevea brasiliensis*) grown in Chanthaburi province of Thailand. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 42 : 226-237.
- Mulvaney, R. L. 1996. Nitrogen-inorganic forms. *In Method of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*. (ed. Sparks, D. L.), pp. 1152-1155. Madison : Soil Science Society of America and American Society of Agronomy.
- Nair, N. U. 2000. Biochemistry and physiology of latex production. *In Natural Rubber*. (eds. George, P. J. and Jacob, C.K.), pp. 249-260. Kottayam : Rubber Board P.O.
- Nigam, A. and Ayyagari, A. 2007. To quantify total sugars in the given sample using anthrone method. *In Lab Manual in Biochemistry, Immunology and Biotechnology*. pp. 33-34. New Delhi : Tata McGraw-Hill. Available Protocol : [http://books.google.co.th/books?id=Ws570QI8krAC&printsec=frontcover&source=gs\\_bse\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.co.th/books?id=Ws570QI8krAC&printsec=frontcover&source=gs_bse_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false). [access 11 มิถุนายน 2555].

- Pakianathan, S. W., Tata, S. J., Chon, L. F. and Sethuraj, M. R. 1992. Certain aspects of physiology and biochemistry of latex production. *In* Natural Rubber : Biology, Cultivation and Technology. (eds. Sethuraj, M. R. and Mathew, N. M.), pp. 298-323. Amsterdam : Elsevier Science Publishers B.V.
- Premakumari, D. and Panikkar, A. O. N. 1992. Anatomy and ultracytology of latex vessels. *In* Natural Rubber : Agromanagement and Crop Processing. (eds. George, P. J. and Jacob, C. K.), pp. 67-87. Cochin : Anaswara Printing and Publishing Company.
- Redegeld, F. A. M., Opstal, M. A. J. V., Houdkamp, E. and Bennekom, W. P. V. 1988. Determination of glutathione in biological material by flow-injection analysis using an enzymatic recycling reaction. *Anal. Biochem.* 174 : 489-495.
- Scott, D. J., Costa, B. M. T. da., Espy, S. C., Keasling, J. D. and Cornish, K. 2003. Activation and inhibition of rubber transferases by metal cofactors and pyrophosphate substrates. *Phytochemistry.* 64 : 123-134.
- Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S. and Pessarakli, M. 2012. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of Botany* 2012 : 1-26.
- Silpi, U., Chantuma, P., Kasamesap, P., Thaler, P., Thanisawanyangkura, S., Lacoite, A., Ameglio, T. and Gohet, E. 2006. Sucrose and metabolism distribution patterns in the latices of three *Hevea brasiliensis* clones : Effects of tapping and stimulation on the tree trunk. *J. Rubb. Res.* 9 : 115-131.
- Soumahin, E. F., Obouayeba, S. and Anno, P. A. 2009. Low tapping frequency with hormonal stimulation on *Hevea brasiliensis* clone PB 217 reduces tapping manpower requirement. *J. Anim. Plant Sci.* 2 : 109-117.

- Soumahin, E. F., Obouayeba, S., Dick, K. E., Dogbo, D. O. and Anno, A. P. 2010. Low intensity tapping systems applied to clone PR 107 of *Hevea brasiliensis* (Muell. Arg.) : Results of 21 years of exploitation in South-eastern Cote d'Ivoire. *Afr. J. Plant Sci.* 4 : 145-153.
- Sreelatha, S. 2003. Biochemical Factors Influencing Latex Flow During Stress, Tapping Frequency and Stimulation in *Hevea brasiliensis*. Ph.D. Thesis. Mahatma Gandhi University.
- Sreelatha et al. 2007. Biochemical mechanisms associated with low yield during stress in *Hevea* clone RRIL 105. *J. Rubb. Res.* 10 : 107-115.
- Tupy, J. 1989. Sucrose supply and utilization for latex production. *In Physiology of Rubber Tree Latex.* (eds. d'Auzac, J., Jacob, J. L. and Chrestin, H.), pp. 179-200. Boca Raton : CRC Press.
- Tupy, J. and Resing, W. L. 1968. Anaerobic respiration in latex of *Hevea brasiliensis* substrate and limiting factors. *Biol. Plantarum* 10 : 72-80.
- Verma, A. K., Singh, S. B., Agarwal, A. K. and Solomon, S. 2012. Influence of postharvest storage temperature, time, and invertase enzyme activity on sucrose and weight loss in sugarcane. *Postharvest Biology and Technology* 73 : 14-21.
- Waston, G. A. 1989. Nutrition. *In Rubber.* (eds. Webster, C. C. and Baulkwill, W. J.), pp. 291-348. New York : John Wiley & Sons.
- Wingsle, G., Karpinski, S. and Hallgren, J. E. 1999. Low temperature, high light stress and antioxidant defence mechanisms in higher plants. *Phyton-Annales Rei Botanicae* 39 : 253-268.

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาววารุณี อติศักดิ์กุล  
 รหัสประจำตัวนักศึกษา 5310620035  
 วุฒิการศึกษา  

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2553

## ทุนการศึกษา

โครงการทุนเรียนดีสำหรับนักศึกษาปริญญาโท คณะทรัพยากรธรรมชาติ

## การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

วารุณี อติศักดิ์กุล และจำเป็น อ่อนทอง. 2556. ผลของตำแหน่งการเก็บตัวอย่างน้ำยางสดต่อ  
 ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง. แก่นเกษตร 41 : 13-20.