



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการชนิดและปริมาณสบู่ที่มีอยู่เดิมในน้ำยางธรรมชาติ

โดย ดร.วิไลรัตน์ ชีวะเศรษฐกรรม และคณะ

สิงหาคม 2549

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการชนิดและปริมาณสมุนไพรที่มีอยู่เดิมในน้ำยางธรรมชาติ

คณะผู้วิจัย

สังกัด

1. ดร.วิไลรัตน์ ชีวะเศรษฐกรรม
2. นางสาวพัชรินทร์ ถาวรแก้ว
3. นายรศติโชติ วรรณพบ
4. นางสาวสมใจ พิรกุลรักษ์
5. นางสาวสุรียรัตน์ จุลสัตย์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้ง อ.วราภรณ์ ขจรไชยกุล และคณะทำงานโครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ที่ให้คำปรึกษาในการดำเนินการต่าง ๆ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.สงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี จ.ปัตตานี ที่สนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่

ขอขอบพระคุณครอบครัวรอดเนียม จังหวัดพัทลุง และครอบครัวอุบล จังหวัดระยอง ที่กรุณาให้อำนวยความสะดวกอย่างยิ่งในการเก็บตัวอย่างน้ำยาง และสถานที่พัก แก่ทีมวิจัย

สุดท้ายขอขอบใจนักศึกษาทีมวิจัย น.ศ. สมใจ พิรกุลรักษ์ น.ศ. สุรรัตน์ จุลสัจย์ น.ศ. พชรินทร์ ถาวรแก้ว และนายรศติโชติ วรรณพบ ที่ทุ่มเท ทำงานวิจัยครั้งนี้อย่างยิ่ง

วิไลรัตน์ ชีวะเศรษฐกรรม

หัวหน้าโครงการฯ

บทคัดย่อ

ชื่อโครงการ: ชนิดและปริมาณสบู่ที่มีอยู่เดิมในน้ำยางธรรมชาติจากต้นยางพารา

(Original soap types and contents in natural rubber, *Hevea brasiliensis*, latex)

หัวหน้าโครงการ: ดร.วิไลรัตน์ ชีวะเศรษฐกรรม

ได้ทำการศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการ รวมทั้งชนิดและปริมาณสบู่ที่มีอยู่เดิมในน้ำยางธรรมชาติสด โดยแบ่งการศึกษาเป็นสองส่วนคือส่วนแรกศึกษาชนิดและปริมาณสบู่ของน้ำยางจากต้นยางสายพันธุ์เดียวคือ RRIM600 ซึ่งปลูกต่างพื้นที่กันคือในภาคตะวันออกและภาคใต้ และส่วนที่สองคือศึกษาชนิดและปริมาณสบู่ของน้ำยางจากต้นยางต่างสายพันธุ์กัน แต่ปลูกในพื้นที่เดียวกัน ในภาคใต้คือจังหวัดพัทลุง การศึกษาในส่วนแรก ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของสมบัติของน้ำยางจากสองภูมิภาคด้านค่าความเป็นกรดต่าง ค่าปริมาณเนื้อยางแห้ง และเลขโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยน้ำยางจากจังหวัดระยองและพัทลุง มีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 6.59-6.76 และ 6.43-6.86 ตามลำดับ และค่าปริมาณเนื้อยางแห้งอยู่ในช่วงร้อยละ 24.23-32.52 และ 26.1-33.6 ตามลำดับ และเลขโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (มีข้อมูลเปรียบเทียบเฉพาะในช่วงปลายเดือนมีนาคม) มีค่าอยู่ในช่วง 0.24 ± 0.00 และ 0.38 ± 0.04 ตามลำดับ

สำหรับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางธรรมชาติสดจากสองพื้นที่ปลูกมีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เฉพาะในเดือนเมษายน โดยค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางจากจังหวัดระยองและพัทลุงมีค่าอยู่ในช่วง 2.64-2.88 และ 2.49-3.14 mS/cm ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความหนาแน่นของน้ำยางธรรมชาติสดจากสองพื้นที่ปลูก ในเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยค่าความหนาแน่นของน้ำยางจากจังหวัดระยองและพัทลุงมีค่าอยู่ในช่วง 0.926-1.060 และ 0.775-1.144 กรัมต่อมิลลิตร ซึ่งในเดือนกุมภาพันธ์ค่าความหนาแน่นให้ผลที่สอดคล้องกับปริมาณของแข็งทั้งหมด ซึ่งพบค่านี้ของน้ำยางธรรมชาติสดในน้ำยางจากระยองสูงกว่าจากจังหวัดพัทลุงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำยางจากจังหวัดระยองและพัทลุงมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 38.75-55.05 และ 35.37-40.12 ตามลำดับ สำหรับการศึกษาในส่วนที่สอง ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ RRIM600 สายพันธุ์ PB255 และ สายพันธุ์ BPM24 โดยพบค่าอยู่ในช่วง 6.6-7.0 ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 2.5-3.5 mS/cm ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางสายพันธุ์ BPM24 มีค่าการนำไฟฟ้าที่สูงกว่าสายพันธุ์ RRIM600 และ PB255 ค่าความหนาแน่นของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง $0.77 - 1.19 \text{ g/cm}^3$ ค่าความหนาแน่นของน้ำยางสายพันธุ์ BPM24 สูงกว่าของน้ำยางอีกสองสายพันธุ์เฉพาะในช่วงเดือน

กัมภาพันธุ์และครั้งแรกของเดือนมีนาคม ในขณะที่ปริมาณเนื้อยางแห้งและค่าปริมาณของแข็งรวมของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์มีค่า อยู่ในช่วง 30.26 - 49.36% และ 25-40% ตามลำดับ โดยปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางสายพันธุ์ PB255 มีปริมาณเนื้อยางแห้งและปริมาณของแข็งรวมสูงกว่าสายพันธุ์ RRIM600 และ BPM24 ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา สำหรับค่า % KOH number ของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 0.12 – 0.38 ซึ่งน้ำยางสายพันธุ์ RRIM600 มีค่า %KOH number สูงกว่าในน้ำยางอีก 2 ชนิด ตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

สำหรับการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสบู่ในน้ำยางธรรมชาติสดโดยการเตรียมให้อยู่ในรูปของสารประกอบเอสเทอร์และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี พบเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน C8 ในน้ำยางจากต้นยางตัวอย่างทุกต้นจากจังหวัดระยองและพัทลุง และพบเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน C10 คิดเป็นร้อยละ 2.78 ของตัวอย่างน้ำยางทั้งหมด และตรวจพบเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน C12 และ C18 คิดเป็นร้อยละ 38.88 และ 25 ของตัวอย่างน้ำยางทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบชนิดและปริมาณสบู่ในน้ำยางจากสามสายพันธุ์ พบเอสเทอร์ของกรดไขมัน C8 ในทุกสายพันธุ์ ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาและในน้ำยาง RRIM600 เริ่มพบเอสเทอร์ของกรดไขมัน C12 จากต้นเดือนมีนาคมเป็นต้นไป โดยในเดือนเมษายนพบชนิดและปริมาณของกรดไขมันมากที่สุด

การวิเคราะห์กรดไขมันในตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติขั้นหลังการเซ็นทรีฟิวจ์ โดยทำการเก็บและเตรียมกรดไขมันภายใน 12 ชั่วโมง จากการเก็บตัวอย่างจำนวน 5 ครั้ง แต่ครั้งจากเครื่องปั่นเหวี่ยง 3 เครื่อง ตรวจพบ กรดไขมัน พบชนิดของกรดไขมันคือ กรดเฮกซาโน-อิก (C6) กรดออกตาโนอิก (C8) กรดโดเดคาโนอิก (C12) กรดปาล์มมิติก (C16) และกรดออกตะเดคาโนอิก (C18) ที่ความเข้มข้นในช่วง 0.20-0.80, 0.10-0.50, 0.02-0.07, 0.01-0.03 และ 0.20-0.50 ร้อยละโดยน้ำหนักตามลำดับ

Abstract

Title: Original soap types and contents in natural rubber, *Hevea brasiliensis*, latex

Author: Dr. Wilairat Cheewasedthan

Some chemical and physical properties and original Soap types and contents in Natural Rubber, *Hevea brasiliensis*, Latex have been investigated. The study was divided into two parts. The first part is the study of soap types and contents in same natural rubber strain, RRIM 600, planted in two areas, Rayong province in the east and Phatthalung province in the south. The second part is the study of soap types and contents in different natural rubber strains planted in same area, Phatthalung province in the southern part. In the first part, it was found that there is no significantly different between quality of latex from Rayong and Phatthalung province in pH, dry rubber content and KOH number. The pH values of latex from Rayong and Phatthalung province were found in the range of 6.59-6.76 and 6.43-6.86, respectively, while dry rubber contents were found in the range of 24.23-32.52 and 26.1-33.6, respectively and KOH numbers were found in the range of 0.24 ± 0.00 and 0.38 ± 0.04 , respectively.

The significantly different at $p < 0.05$ of conductivity values of latex from Rayong and Phatthalung province was found only in April in the range of 2.64-2.88 and 2.49-3.14 mS/cm, respectively. The density of Rayong and Phatthalung province latex in the range of 0.926-1.060 and 0.775-1.144 was found significantly different ($p < 0.05$) in February and March. While the total solid content in both latex in the range of 38.75-55.05 and 35.37-40.12 was also found significantly different in February. In the second of the study, there was no significantly in pH values of three latex strains; RRIM600, PB255 and BPM24 which were found in the range of 6.6-7.0. The conductivity of three strains latex was found in the range of 2.5-3.5 mS/cm, the conductivity of BPM24 latex was found significantly higher than that of RRIM600 and PB255 latex. The density of BPM24 latex in February and March also found significantly higher than that of RRIM600 and PB255 latex. The dry rubber content and total solid content of three latex strains were found in the range of 30.26-49.36% and 25-40%, respectively. During the whole period of study, the PB255 latex was found having significantly different ($p < 0.05$) of dry rubber and total solid content than the other two latex strains and the KOH number of RRIM600 was found significantly highest among three type of latex strains.

In the analysis of soap type and content in natural rubber latex sample, soaps were prepared as esters and analysed by mean of gas chromatography. The methyl ester of C8 fatty acid was found in all latex samples both from Rayong and Phatthalung latex. While the methyl

esters of C10 fatty acid was found at 2.78% of sample and that of C12 and C18 fatty acids were found at 38.88 and 25% of latex sample, respectively. The methyl ester of C8 fatty acid was also found in all latex strains in every sampling time. While the methyl esters of C12 fatty acid in RRIM 600 was found from March. Both type and content of methyl ester of fatty acids were found highest in April.

In this study, fatty acid analysis in concentrated latex after sampled after centrifugation within 12 hrs, 5 sampling times and each time from 3 instruments was also investigated. Esters of fatty acids *i.e.* hexanoic (C6), octanoic (C8), decanoic (C12), palmitic (C16) and octadecanoic (C18) acid were detected in the range of 0.20-0.80, 0.10-0.50, 0.02-0.07, 0.01-0.03 and 0.20-0.50 % weight by weight, respectively.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อ	ii
Abstract	iv
สารบัญ	vi
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	19
สารเคมีและวัสดุอุปกรณ์	19
3.1 การศึกษาอิทธิพลของพื้นที่ปลูกต่อปริมาณสบู่ในน้ำยางธรรมชาติ	21
3.2 การศึกษาอิทธิพลของความแตกต่างของสายพันธุ์ต่อปริมาณสบู่ในน้ำยางธรรมชาติ	24
3.2.1 การวิเคราะห์เอสเทอร์ของกรดไขมันจากน้ำยางธรรมชาติสด	25
3.2.2 การวิเคราะห์เอสเทอร์ของกรดไขมันจากน้ำยางธรรมชาติขึ้น	26
บทที่ 4 ผลการศึกษา	27
4.1 อิทธิพลของพื้นที่ปลูกต่อปริมาณสบู่ในน้ำยางธรรมชาติ	27
4.2 อิทธิพลของความแตกต่างของสายพันธุ์ต่อปริมาณสบู่ในน้ำยางธรรมชาติ	39
4.2.1 การวิเคราะห์เอสเทอร์ของกรดไขมันจากน้ำยางธรรมชาติสด	43
4.2.2 การวิเคราะห์เอสเทอร์ของกรดไขมันจากน้ำยางธรรมชาติขึ้น	45
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา	46
เอกสารอ้างอิง	50

บทสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร

ชื่อโครงการ: ชนิดและปริมาณสบู่ที่มีอยู่เดิมในน้ำยางธรรมชาติจากต้นยางพารา

(Original soap types and contents in natural rubber, *Hevea brasiliensis*, latex)

ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานสังกัด และที่อยู่

ดร.วิไลรัตน์ ชีวะเศรษฐกรรม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.สงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี จ.ปัตตานี 94000

นักศึกษา

1. นางสาวพัชรินทร์ ถาวรแก้ว
2. นายรศดิโชติ วรรณพบ
3. นางสาวสมใจ พิรกุลารักษ์
4. นางสาวสุรวิรัตน์ จุลสัตย์

ผู้

ระยะเวลาดำเนินการ.....8.....เดือน ตั้งแต่วันที่...1 ธันวาคม 2548... ถึงวันที่...31 สิงหาคม 2549...

ปัญหาที่ทำวิจัยและความสำคัญ

จากการประชุมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีวิธีการตรวจหาปริมาณสบู่ให้กับตัวแทนจากหน่วยงานและบริษัทที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมน้ำยางขึ้นกว่า 50 บริษัททั่วประเทศ พบว่าผู้ที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่ไม่ทราบว่า น้ำยางธรรมชาติมีปริมาณสบู่อยู่ก่อนหรือไม่ การศึกษานี้จึงต้องการเพื่อศึกษาหาชนิดและปริมาณของสบู่ที่มีอยู่เดิมในน้ำยางธรรมชาติจากต้นยางพารา (*Hevea brasiliensis*) เพื่อให้ผู้ประกอบการได้รับทราบข้อมูล และสามารถป้องกันควบคุมไม่ให้มีการเติมสบู่สูงเกินกว่าที่ต้องการอันเนื่องมาจากการไม่ทราบว่าในน้ำยางธรรมชาติมีสบู่อยู่หรือไม่

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสบู่ในน้ำยางธรรมชาติจากต้นยางพารา (*Hevea brasiliensis*)
2. เพื่อศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์หาสบู่ในน้ำยางด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี

ผลการดำเนินงาน

การศึกษานชนิดและปริมาณสบู่ที่มีอยู่เดิมในน้ำยางธรรมชาติ รวมทั้งสมบัติทางเคมีเบื้องต้นบางประการของน้ำยางในครั้งนี้ ได้แบ่งการศึกษาออกเป็นสองส่วนคือส่วนแรกทำการศึกษานชนิดและปริมาณสบู่ของน้ำยางจากต้นยางสายพันธุ์เดียวกันคือสายพันธุ์ RRIM600 ซึ่งปลูกต่างพื้นที่กันคือในภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศ และส่วนที่สองคือการศึกษาชนิดและ

ปริมาณสบู่น้ำยาล้างจานต่างสายพันธุ์กัน แต่ปลูกในพื้นที่เดียวกัน คือทางภาคใต้ของประเทศไทยในจังหวัดพัทลุง พบข้อสรุปที่สำคัญ ๆ ดังนี้

การศึกษาในส่วนแรก คือการศึกษาสมบัติทางเคมีเบื้องต้นบางประการของน้ำยาล้างจานชนิดสายพันธุ์เดียวกันคือสายพันธุ์ RRIM600 จากต่างพื้นที่ที่ปลูกคือจาก จังหวัดระยองในภาคตะวันออกและจังหวัดพัทลุงทางภาคใต้ของประเทศ พบว่า สมบัติทางเคมีและกายภาพที่ศึกษา ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยอาจสรุปผลของการศึกษาได้ดังนี้

ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำยาล้างจานชนิดจากสองพื้นที่ที่ปลูกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ น้ำยาล้างจานที่เก็บจากต้นยางสายพันธุ์ RRIM600 ที่ปลูกในจังหวัดระยอง มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 6.59-6.76 ส่วนน้ำยาล้างจานจากจังหวัดพัทลุง มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.43-6.86

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยาล้างจานชนิดจากสองพื้นที่ที่ปลูกมีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ พบว่าในเดือนกุมภาพันธ์และเดือนมีนาคม น้ำยาล้างจานจากสองพื้นที่ที่ปลูกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในเดือนเมษายน น้ำยาล้างจานจากสองพื้นที่ที่ปลูกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยาล้างจานจากจังหวัดระยองมีค่าอยู่ในช่วง 2.64-2.88 mS/cm และจากจังหวัดพัทลุงมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 2.49-3.14 mS/cm

ค่าความหนาแน่นของน้ำยาล้างจานชนิดจากสองพื้นที่ที่ปลูก พบว่าในเดือนกุมภาพันธ์และเดือนมีนาคม น้ำยาล้างจานจากสองพื้นที่ที่ปลูกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในเดือนเมษายนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าความหนาแน่นของน้ำยาล้างจานจากจังหวัดระยองมีค่าอยู่ในช่วง 0.926-1.060 กรัมต่อมิลลิกรัมและจากจังหวัดพัทลุงมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.775-1.144 กรัมต่อมิลลิกรัม

ซึ่งในเดือนกุมภาพันธ์ค่าความหนาแน่นให้ผลที่สอดคล้องกับปริมาณของแข็งทั้งหมด ซึ่งพบปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำยาล้างจานชนิดใน เดือนกุมภาพันธ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยน้ำยาล้างจานจากจังหวัดระยองมีปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงกว่าน้ำยาล้างจานจากจังหวัดพัทลุง ส่วนในเดือนมีนาคมและเดือนเมษายน น้ำยาล้างจานจากสองพื้นที่ที่ปลูกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำยาล้างจานจากจังหวัดระยองมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 38.75-55.05 และจากจังหวัดพัทลุงมีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 35.37-40.12

สำหรับค่าปริมาณเนื้อเยื่อของน้ำยาล้างจานชนิดที่ปลูกในจังหวัดระยองและจังหวัดพัทลุงนั้น น้ำยาล้างจานจากสองพื้นที่ที่ปลูกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณเนื้อเยื่อแห้งเฉลี่ยของน้ำยาล้างจานชนิดจากจังหวัดระยองมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 24.23-32.52 ในขณะที่ในน้ำยาล้างจานจากจังหวัดพัทลุงมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 26.1-33.6

จำนวนเลขโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำยาล้างจานชนิดจากสองพื้นที่ที่ปลูก มีข้อมูลบางส่วนเฉพาะในช่วงปลายเดือนมีนาคม ค่า KOH number ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดย

เลขโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ของน้ำยางจากจังหวัดระยองมีค่าอยู่ในช่วง 0.24 ± 0.00 และจากจังหวัดพัทลุงมีค่าเลขโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์อยู่ในช่วง 0.38 ± 0.04

สำหรับการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสบู่ในน้ำยางธรรมชาติสดโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี และมีตัวตรวจวัดแบบ Flame Ionization Detector นั้น มีสภาวะของเครื่องที่ใช้คือ ตัวพาเป็น แก๊สฮีเลียม คอลัมน์แบบ CPB 5 Capillary (25.0 m x 220 μ m x 0.25 μ m) สภาวะของอุณหภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์กรดไขมันคือ Injector ที่ 250 องศาเซลเซียส Oven เริ่มต้นที่ 75 องศาเซลเซียส คงที่ 1 นาที เพิ่ม 25 องศาเซลเซียส ต่อ นาที จนถึงอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส คงที่ 1 นาที เพิ่ม 5 องศาเซลเซียส ต่อ นาที จนถึงอุณหภูมิ 275 องศาเซลเซียส คงที่ 18 นาที อุณหภูมิของตัวตรวจวัดแบบ Flame Ionization Detector คงที่ที่ 300 องศาเซลเซียส

ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดและเตรียมเป็นเอสเทอร์ในคราวเดียวกันของสบู่ในน้ำยางธรรมชาติก่อนนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี คือ 6.6 มิลลิลิตร ของสารละลายผสมของ Methanol: Toluene: 2,2-Dimethoxypropane: 0.1 M Sulfuric acid ที่อัตราส่วน 39:20:5:2 และเติม Heptane 2 มิลลิลิตร

จากการศึกษาการสกัดกรดไขมันและเตรียมเป็นเอสเทอร์แบบขั้นตอนเดียวของตัวอย่างน้ำยางสายพันธุ์ RRIM 600 จากพื้นที่ปลูกจังหวัดพัทลุงและจังหวัดระยอง พบเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน C8 ในน้ำยางจากต้นยางตัวอย่างทุกต้นซึ่งคิดเป็น 100 % และพบเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน C10 คิดเป็นร้อยละ 2.78 ของตัวอย่างน้ำยางทั้งหมด และตรวจพบเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน C12 และ C18 คิดเป็นร้อยละ 38.88 และ 25 ของตัวอย่างน้ำยางทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dupont (1976) ที่พบกรดไขมันชนิด C16 และ C18 จากเยื่อหุ้มของอนุภาคลูทอยด์ของน้ำยาง *Hevea brasiliensis*

สำหรับการศึกษาในส่วนที่สองคือ การศึกษาสมบัติทางเคมีเบื้องต้นบางประการและชนิดและปริมาณของสบู่ของน้ำยางที่มาจากต้นยางต่างสายพันธุ์กัน จากบริเวณพื้นที่ปลูกเดียวกันในจังหวัดพัทลุง โดยสายพันธุ์ที่ทำการศึกษาได้แก่ สายพันธุ์ RRIM600 สายพันธุ์ PB255 และ สายพันธุ์ BPM24 มีผลการศึกษาที่สำคัญดังนี้

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์คือ RRIM600, PB255 และ BPM24 ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - เมษายน 2549 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญคืออยู่ในช่วง 6.6-7.0 ซึ่งสอดคล้องกับที่รายงานโดย บุญธรรมและคณะ (2539)

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 2.5-3.5 mS/cm ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางสายพันธุ์ BPM24 มีค่าการนำไฟฟ้าที่สูงกว่าสายพันธุ์ RRIM600 และ PB255

ค่าความหนาแน่นของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง $0.77 - 1.19 \text{ g/cm}^3$ ค่าความหนาแน่นของน้ำยางสายพันธุ์ BPM24 สูงที่สุดในลำดับแรกที่ศึกษา ซึ่งค่าความหนาแน่นของน้ำ

ยางมีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในช่วง 2 สัปดาห์แรกที่ศึกษา ส่วน 2 สัปดาห์หลังมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 25-40% ซึ่งสอดคล้องกับค่าที่รายงานโดย บุญธรรมและคณะ (2539) และ Ressing (2005) ซึ่งรายงานไว้ที่ 25-45% และ 36% ตามลำดับ และปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางสายพันธุ์ PB255 มีปริมาณเนื้อยางแห้งที่สูงกว่าสายพันธุ์ RRIM600 และ BPM24 ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาซึ่งสอดคล้องกับค่าปริมาณของของแข็งรวม

ค่าปริมาณของของแข็งรวม (%Total Solid Content, %TSC) ของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 30.26 - 49.36% ซึ่งค่า %TSC ของสายพันธุ์ PB255 มีค่าสูงที่สุด ทุกช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา เมื่อพิจารณาค่า %TSC ของน้ำยางแต่ละสายพันธุ์ ที่เวลาต่าง ๆ กัน ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีลักษณะเดียวกันทั้งสามสายพันธุ์

ค่า % KOH number ของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 0.12 – 0.38 ซึ่งน้ำยางสายพันธุ์ RRIM600 มีค่า %KOH number สูงกว่าในน้ำยางอีก 2 ชนิด ทุกครั้งของการเก็บตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบค่า % KOH number ของน้ำยางแต่ละสายพันธุ์ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญค่า % KOH number ซึ่งมีลักษณะเดียวกันทั้งสามสายพันธุ์

ชนิดและปริมาณกรดไขมันที่พบในน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์ ที่เก็บในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนเมษายน 2549 กรดไขมันที่พบในแต่ละสายพันธุ์คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นยางที่พบในสายพันธุ์ RRIM600 C8 มีจำนวนต้นที่พบตลอดระยะเวลาที่ศึกษาและมีจำนวนต้นที่พบสูงที่สุด และพบจำนวนต้นที่มี C12 เพิ่มขึ้น โดยในสัปดาห์สุดท้ายพบกรดไขมันมากชนิดที่สุดและจำนวนต้นที่พบก็มีจำนวนสูงสุด ในสายพันธุ์ PB255 พบร้อยละของจำนวนต้นที่พบกรดไขมันดังนี้ C8 100% ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา, C12 พบตั้งแต่ครั้งที่ 2 โดยพบ ร้อยละ 60, C18 ตรวจพบทุกครั้งและพบจำนวนต้นที่มี C18 เพิ่มขึ้น ในสายพันธุ์ BPM24 ตรวจพบ C8 ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา และพบ C12 ตั้งแต่ครั้งที่ 2 นอกจากนี้ยังตรวจพบ C14 และ C18 ในครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ตอบข้อคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อโครงการ
“ชนิดและปริมาณสบู่ที่มีอยู่เดิมในน้ำยางธรรมชาติจากต้นยางพารา” RDG4950025

1. เนื้อหาของรายงานยังไม่ตรงกับประเด็นที่เสนอไว้ในข้อเสนอโครงการ นักวิจัยควรทบทวนกิจกรรมต่าง ๆ ที่ระบุไว้ในเอกสารแนบหมายเลข 4 ในสัญญาเงินทุน RDG4950025

ตอบ ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ตั้งไว้ คือ

- 1) เพื่อวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสบู่ในน้ำยางธรรมชาติจากต้นยางพารา (*Hevea brasiliensis*) และน้ำยางข้น
 - 2) เพื่อศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์หาสบู่ในน้ำยางด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีประสิทธิภาพสูง
- ในบทที่ 4 มีผลการวิจัยครบถ้วน ทั้งชนิดและปริมาณสบู่ในน้ำยางธรรมชาติจากต้นยางพารา (*Hevea brasiliensis*) และน้ำยางข้น โดยได้เพิ่มผลชนิดและปริมาณสบู่ในน้ำยางข้น ในหัวข้อ 4.2.2 เพิ่มเติมจากรายงานฉบับสมบูรณ์
 - สำหรับวัตถุประสงค์ในข้อที่ 2 ก็ได้จัดทำครบถ้วน อย่างไรก็ตามก็ขอตัดคำว่าเทคนิคโครมาโทกราฟีประสิทธิภาพสูง เหลือเพียง เทคนิคโครมาโทกราฟี ทั้งนี้เนื่องจากพบว่ามีความเหมาะสมในด้านการวิเคราะห์มากกว่า
- นอกจากนี้คำว่าได้วิธีการและข้อมูลเพียงพอที่จะจัดทำร่างต้นฉบับส่งตีพิมพ์ในวารสารทางเคมีวิเคราะห์และเคมีของพืช เช่น Phytochemistry ได้

2. การสรุปและวิจารณ์ผลวิจัย ควรเพิ่มเติมด้วยว่าชนิดและปริมาณสบู่ที่ตรวจพบนั้น มีตัวใดที่ใหม่หรือต่างไปจากที่ได้มีการศึกษามาแล้ว

ตอบ – เปรียบเทียบกับงานของ Dupont และคณะ (1976) งานนี้

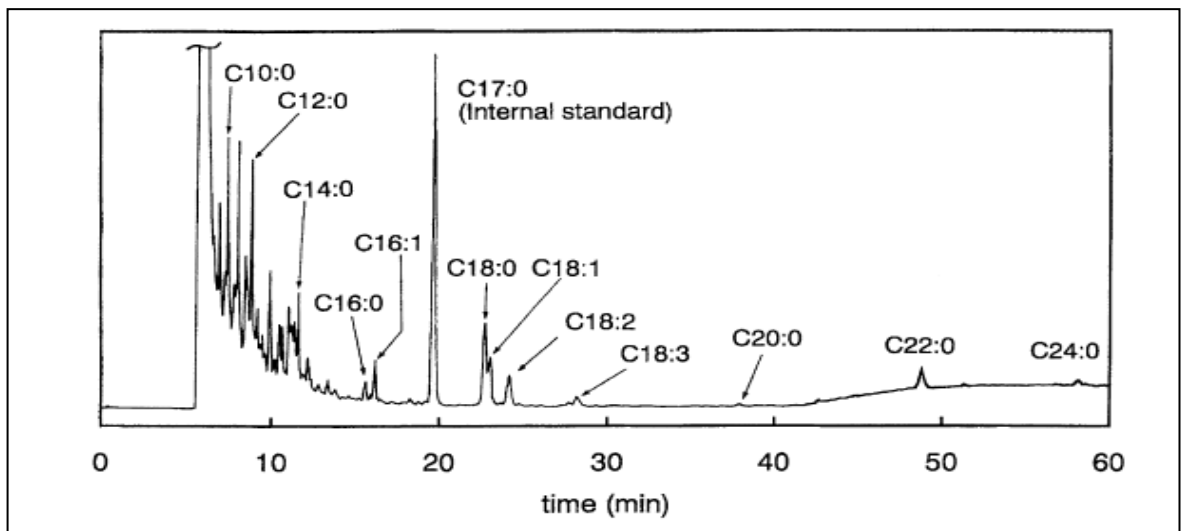
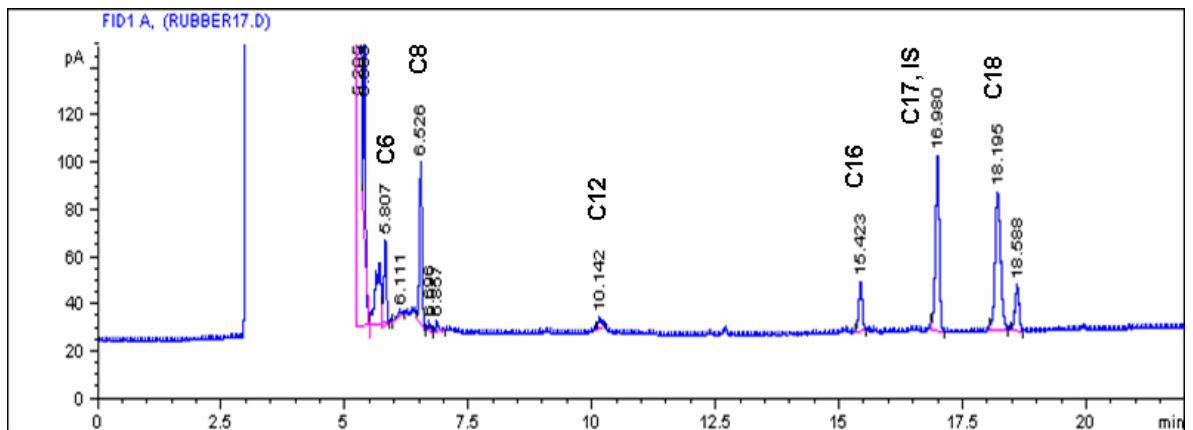
พบชนิดของกรดไขมันคือ C6, C8 และ C12 เช่นเดียวกัน รวมทั้งสามารถระบุประมาณที่แน่ชัด เนื่องจากสามารถเลือกใช้สถานะของเทคนิคทางโครมาโทกราฟีที่เหมาะสมกว่า ทำให้ลักษณะของพีคสัญญาณมีการแยกกันชัดเจนกว่าตามหลักของโครมาโทกราฟี ทำให้สามารถนำพื้นที่ใต้พีคสัญญาณไปคำนวณปริมาณของกรดไขมันได้ชัดเจนกว่า

พบชนิดของกรดไขมันคือ C16 และ C18 เช่นเดียวกัน

– เปรียบเทียบกับงานของ Kawahara และคณะ (2000) งานนี้

พบชนิดของกรดไขมันคือ C12 เช่นเดียวกัน รวมทั้งสามารถระบุประมาณที่แน่ชัด เนื่องจากสามารถเลือกใช้สถานะของเทคนิคทางโครมาโทกราฟีที่เหมาะสมกว่า ทำให้ลักษณะของพีคสัญญาณมีการแยกกันชัดเจนกว่าตามหลักของโครมาโทกราฟี ทำให้สามารถนำพื้นที่ใต้พีคสัญญาณไปคำนวณปริมาณของกรดไขมันได้ชัดเจนกว่า

ผังรูป ก.



รูป ก. บน: โครมาโทแกรมของการวิเคราะห์เอสเทอร์ของกรดไขมัน ในการศึกษา (บน) เปรียบเทียบกับ

ล่าง: โครมาโทแกรมการวิเคราะห์เอสเทอร์ของกรดไขมันที่เชื่อมกับโปรตีน ของสารสกัดยาง DPNR

โนอะชิโตน (Kawahara *et al.*, 2000)

นอกจากนี้ด้านการรายงานปริมาณความเข้มข้นของสบู่ การศึกษานี้มีความน่าเชื่อถือเพิ่มกว่าทุกรายงานที่เคยมีมาทั้งนี้จากเหตุผล สองประการด้วยกันคือ

ประการแรก พิกัดสัญญาณ มีการแยกชัดเจนตามหลักโครมาโทกราฟีดังกล่าวข้างต้น

ประการที่สอง เดิมการเตรียมเอสเทอร์จากกรดไขมันในน้ำยางเพื่อให้มีจุดเดือดต่ำสามารถตรวจวัดได้

ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ ต้องผ่านการทำปฏิกิริยาและการถ่ายเทสารหลายขั้นตอน ทำให้ปริมาณสบู่ที่ตรวจพบมีโอกาสที่จะแตกต่างจากความเป็นจริง การศึกษานี้ได้พัฒนาวิธีการเตรียมเอสเทอร์ของกรดไขมันในน้ำมันยางสด เป็นการศึกษาแรก และทำปฏิกิริยารวมภายในหลอดทดลองเดียว ทำให้ความถูกต้องในการรายงานปริมาณสบู่ในน้ำมันยางใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่าที่เคยมีรายงานมา

รายงานฉบับนี้ยังเป็นรายงานแรกที่มีหลักฐานบอกให้ทราบว่า

ปริมาณ กรดลอริก (C12) ในแต่ละเดือนมีระดับไม่เท่ากัน

การเติมลอเรตในโรงงานควรตรวจสอบระดับที่มีอยู่เดิมเสียก่อน

พบแนวโน้มว่าเมื่อเข้าสู่หน้าร้อนจะพบปริมาณลอเรต รวมทั้งกรดไขมันอื่น ๆ สูงขึ้น

หากทำการศึกษาเพิ่มเติมอาจได้ระบบที่ใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเกณฑ์การหยุดกรดได้

3. ขอให้นักวิจัยเน้นผลวิจัยที่ตรงกับวัตถุประสงค์ / สิ่งที่กำลังจะทำได้ รับ ที่ตั้งไว้

ตอบ คิดว่าผลวิจัยที่ได้รับตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ทุกประการ แต่เนื่องจากต้องมีข้อมูลอื่น ๆ ประกอบเช่น DRC, TSC, KOH ทำให้เรื่องของชนิดและปริมาณสบู่ดูไม่โดดเด่น

4. ข้อมูลผลการทดลองส่วนใหญ่เป็นสมบัติพื้นฐานทั่วไป (เช่น DRC, TSC, KOH...) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลที่ได้มีการศึกษากันมามากแล้ว จึงยังมองไม่เห็นประโยชน์ว่าจะใช้ทำอะไรได้บ้าง

ตอบ การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันทุกครั้ง ผู้วิจัยจะต้องศึกษาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องทุกอย่างที่พอจะทำได้

1) เพื่อตรวจสอบระดับความถูกต้องของการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณ

โดยการวิเคราะห์กรดไขมันทุกครั้งจำเป็นต้องวิเคราะห์ DRC, KOH ทุกตัวอย่าง ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบผลที่วิเคราะห์ได้

- ตัวอย่างเช่น หากตัวอย่างใดตรวจพบปริมาณกรดไขมันสูง ก็น่าจะตรวจพบ KOH สูง ด้วย เนื่องจาก KOH number บอกปริมาณ free fatty acid ในรูปแอมโมเนียม และในการหาค่า KOH ต้องหาค่า TSC ด้วย

- ตัวอย่างสองตัวอย่าง หากตรวจพบปริมาณกรดไขมันเท่ากัน ตัวอย่างที่มีค่า DRC อาจมีกรดไขมันในรูป linked fatty acids มากกว่า ซึ่งการทราบความสัมพันธ์นี้จะทำให้บริษัทที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะบริษัทที่ผลิตกาว ทราบข้อมูลวัตถุดิบของตัวเองมากขึ้น จะทำให้ควบคุมคุณภาพได้ดีขึ้น

2) ทำให้มองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูล ซึ่งมีผลต่อการดำเนินงานโดยตรง เช่น

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำมันยางแต่ละต้นค่อนข้างแตกต่างกัน

ในขณะที่ค่าพีเอชค่อนข้างคงที่

เนื่องจากมีปริมาณไอออนรวมแตกต่างกัน

ควรแจ้งข่าวให้ความรู้ทางโรงงานให้ตระหนักว่า ควรตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้าของน้ำมัน

ที่รับซื้อ

หากพบมีค่าการนำไฟฟ้าสูง ที่ระดับหนึ่ง เกินกว่าระดับที่เคยตรวจพบ ไม่ควรเติมสบู่ลงไป
มาก

ปัจจุบันโรงงานน้ำยางข้นในประเทศไทย คาดว่ามากกว่า 90% ยังไม่มีการใช้เครื่องวัดการนำ
ไฟฟ้า ตรวจสอบคุณภาพน้ำยางที่รับซื้อ

5. ควรสรุปให้ชัดเจนว่าจากผลการวิจัยนี้จะใช้ประโยชน์หรือแนะนำอะไรได้บ้าง

ประโยชน์ของผลงานวิจัย

1) ผลที่ได้: ได้ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดและระดับปริมาณของสบู่ที่มีอยู่เดิมในน้ำยางสด

ประโยชน์: ต่อผู้ประกอบการ ทำให้ทราบว่า

- การเติมสบู่ไม่ควรเติมด้วยปริมาณเท่าเดิมทุกครั้ง ควรหาปริมาณที่มีอยู่เดิมก่อน ซึ่งมีความแตกต่างกันตามฤดูกาลและพื้นที่ แล้วเติมให้ได้สมบัติน้ำยางที่ต้องการ

2) ผลที่ได้: ได้วิธีวิเคราะห์สบู่หรือเกลือของกรดไขมันข้อมูลเกี่ยวกับชนิดและระดับปริมาณของสบู่ที่มีอยู่เดิมในน้ำยางสด

ประโยชน์: ต่อนักวิจัยเคมีพอลิเมอร์ ด้านการคัดแปรโมเลกุล

ตามที่ Kawahara และคณะ (2000) ได้เน้นไว้ในบทความวิจัยเรื่อง..... ว่า การเข้าใจลักษณะพฤติกรรมการเกิดผลึก (Crystallization behavior characteristic) ของยางธรรมชาติ เช่นการเกิดผลึกเร็วหรือช้า จะส่งผลให้ได้สมบัติเชิงกลที่ดีของยาง และการตกผลึกอย่างรวดเร็วของยางธรรมชาติคาดกันว่า น่าจะมีผลหลัก ๆ มาจากสารกลุ่มโปรตีนและไขมันในน้ำยาง โดยมีหลักฐานของงานหลายชิ้นสรุปว่า อิทธิพลจากโปรตีนต่อการตกผลึกมีเพียงน้อยนิด เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไขมันรวม (Mixed fatty acids)

3) ผลที่ได้: ได้วิธีการในการเตรียมและวิเคราะห์เกลือของกรดไขมันในตัวอย่างพืชสด

ประโยชน์: การเตรียมและการวิเคราะห์กรดไขมันในตัวอย่างน้ำยางสดเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและต้องทำอย่างต่ำ 2 ขั้นตอน ทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ง่าย

Kawahara และคณะ (2000) วิเคราะห์ได้เพียง linked fatty acids ที่จับอยู่กับอนุภาคยาง ไม่สามารถวิเคราะห์ mixed fatty acids ทั้ง ๆ ที่ สรุปว่า อิทธิพลจากโปรตีนต่อการตกผลึกมีเพียงน้อยนิด เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไขมันรวม (Mixed fatty acids) ในขณะที่งานวิจัยนี้บอกได้ถึงปริมาณรวมของ mixed fatty acids

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันน้ำยางธรรมชาติเป็นที่นิยมใช้กันมากในการทำผลิตภัณฑ์จากการจุ่มประเภทต่างๆ เช่น ถุงยางอนามัย ลูกโป่ง ถุงมือแพทย์ เป็นต้น ในกระบวนการผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากน้ำยางธรรมชาตินี้ จะมีการแปรรูปน้ำยางธรรมชาติสด ให้เป็นน้ำยางธรรมชาติข้น เพื่อความสะดวก และการลดต้นทุนในการขนส่งและการผลิต วิธีการทำน้ำยางธรรมชาติให้กลายเป็นน้ำยางธรรมชาติข้นนั้นมีหลายวิธีด้วยกันไม่ว่าจะเป็น วิธีการระเหย วิธีการทำครีม การแยกด้วยไฟฟ้า และการเซนตริฟิวจ์ หากแต่วิธีที่ได้รับความนิยม คือ การเซนตริฟิวจ์ เนื่องจากเป็นวิธีการที่ทำให้น้ำยางสะอาดขึ้น กล่าวคือส่วนสกปรกจะปนไปกับหางน้ำยาง (Skim latex) ทำให้น้ำยางธรรมชาติข้นที่ได้มีความชื้นสม่ำเสมอ และอนุภาคเม็ดยางมีขนาดเล็ก พื้นที่ผิวน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาตร ทำให้สมบัติทางกายภาพดีกว่าน้ำยางข้นที่ได้จากกระบวนการอื่น (บุญธรรม และคณะ, 2538)

ในกระบวนการเซนตริฟิวจ์น้ำยางธรรมชาติสดให้กลายเป็นน้ำยางธรรมชาติข้นนั้นจะต้องผ่านกระบวนการต่างๆ หลายขั้นตอนไม่ว่าจะเป็น การปั่น การขนถ่าย การเคลื่อนย้ายน้ำยาง เป็นต้น เป็นเหตุให้น้ำยางธรรมชาติสดถูกกระทำด้วยแรงเชิงกล หากน้ำยางธรรมชาติมีความเสถียรไม่เพียงพอจะเกิดการจับตัวกันเป็นเม็ดเล็กๆ ในน้ำยางธรรมชาติ ความทนทานของน้ำยางธรรมชาติต่อแรงกลจะถูกบ่งชี้ด้วยค่าความเสถียรเชิงกล (Mechanical Stability Time, MST) ของน้ำยาง ให้ได้มาตรฐาน ASTM D 1076-97 การที่จะทำให้น้ำยางธรรมชาติมีค่า MST ให้ได้มาตรฐานนี้จะมีการเติมสบูลงไปในน้ำยางธรรมชาติในปริมาณหนึ่ง ซึ่งหากเติมสบู่มากเกินไปจะทำให้ความตึงผิวของน้ำยางธรรมชาติลดลง ส่งผลให้น้ำยางเกิดฟองอากาศได้ง่าย เมื่อนำน้ำยางธรรมชาติข้นที่ได้นี้ไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควร เกิดรอยร้าวในผลิตภัณฑ์ จึงเป็นคำถามว่า “แล้วจะเติมสบูลงไปเท่าไรจึงพอดี”

จากการตรวจสอบเอกสารพบว่า น้ำยางธรรมชาติปกติมีโปรตีนห่อหุ้มจะมีความเสถียรเชิงกลไม่สูงนักเมื่อตั้งทิ้งไว้ในสภาวะที่เป็นด่าง ฟอสโฟไลปิดที่ห่อหุ้มอนุภาคเม็ดยางจะเกิดการไฮโดรไลซิสกลายเป็น fatty acid soaps (บุญธรรม และคณะ, 2538) และจากการตรวจพบกรดไขมัน phosphatidic acid ของห่อหุ้มอนุภาคลูทอยด์ (Dupont, 1976) ซึ่งเป็นที่ยืนยันได้ว่าในน้ำยางธรรมชาติก็มีสบูอยู่เดิมแล้ว อย่างไรก็ตามยังมีรายงานเกี่ยวกับเรื่องนี้อยู่น้อยมาก จึงยังคงมี

คำถามว่า ในน้ำยางธรรมชาติมีปริมาณสบู่อะไรมากน้อยเท่าไร มีสบู่อะไรมากบ้าง ระยะเวลาหลังการเก็บน้ำยางมีผลต่อปริมาณสบู่มากน้อยเพียงใด ซึ่งคำถามเหล่านี้ล้วนเกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพของน้ำยางทั้งในส่วนของน้ำยางข้นและส่วนของอุตสาหกรรมของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสบู่น้ำยางธรรมชาติจากต้นยางพารา (*Hevea brasiliensis*) และน้ำยางข้น
- 2) เพื่อศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์หาสบู่น้ำยางด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

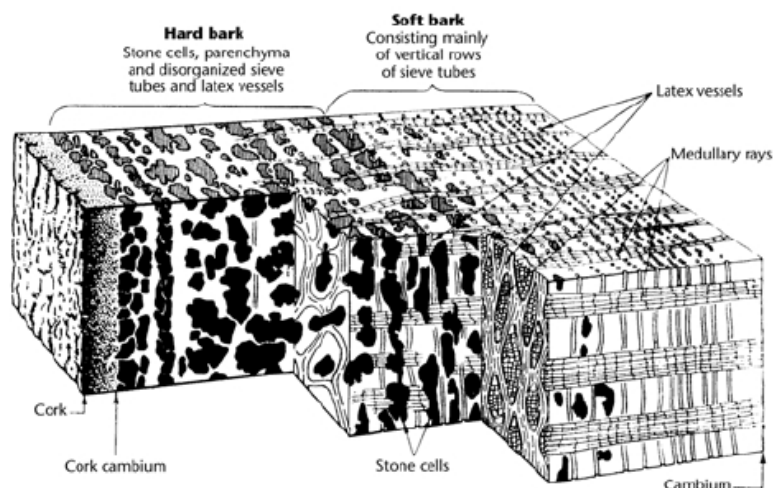
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 น้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางสด เป็นส่วนของไซโตพลาสซึมในท่อน้ำยางพาราสามารถทำให้ไหลออกมาจากท่อน้ำยางได้โดยการกรีดหรือเจาะ จะพบนิวเคลียสจำนวนมากติดอยู่ข้างๆ ท่อน้ำยางแต่ไม่ค่อยพบปะปนอยู่ในส่วนของน้ำยางหลังการกรีด เป็นไปได้ว่านิวเคลียสนี้มีส่วนสำคัญในการควบคุมขบวนการสร้างน้ำยางขึ้นมา

สำหรับส่วนของไมโทคอนเดรีย สามารถตรวจพบปริมาณจำนวนมาก ติดอยู่ภายในส่วนของท่อน้ำยางที่ยังอ่อนอยู่ แต่จะมีปริมาณลดลงเมื่อท่อน้ำยางมีอายุมากขึ้น ในน้ำยางซึ่งกรีดได้จากต้นยางจะพบไมโทคอนเดรียปริมาณน้อยมาก

ส่วนของท่อน้ำยางมีลักษณะเป็นท่อที่เกิดจากเซลล์ต่อกัน โดยตรงปลายของแต่ละเซลล์จะทะลุถึงกัน และมีส่วนเชื่อมโยถึงกันเป็นตาข่าย หากดูตามแนวตัดขวางของท่อน้ำยางจะเห็นเป็นรูปค่อนข้างกลมเรียงอยู่รอบแกนของลำต้น แต่ถ้าดูตามแนวลำต้นจะพบท่อน้ำยางเรียงกันเป็นแถวยาวเชื่อมติดกันหลายๆ ท่อ ซึ่งท่อน้ำยางจากท่อหนึ่งสามารถไหลไปยังท่อน้ำยางอีกท่อหนึ่งได้ และท่อน้ำยางจะไหลเวียนจากขวาไปซ้าย เมื่อท่อน้ำยางถูกตัดจากการกรีดยาง น้ำยางจึงไหลออกมาสู่ภายนอกเป็น น้ำยางสด



รูปที่ 2.1 ลักษณะของท่อน้ำยางที่เกิดจากเซลล์ต่อกัน (Kekwick, 2001)

1) สมบัติทั่วไปของน้ำยางสด

น้ำยางสดที่ได้มาจากการกรีดจากต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวเหมือนน้ำมัน มีสภาพเป็นคอลลอยด์หรือสารแขวนลอย มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.975 ถึง 0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร มีค่าความเป็นกรด-เบสประมาณ 6.5 ถึง 7.0 ความหนืดของน้ำยางมีค่าประมาณ 12-15 เซนติพอยส์ (centipoises) ในขณะที่น้ำบริสุทธิ์มีความหนืดประมาณ 1 เซนติพอยส์ และอาจมีค่าแปรปรวนขึ้นอยู่กับปริมาณของส่วนประกอบในน้ำยาง

2) ส่วนประกอบของน้ำยาง

น้ำยางธรรมชาติเป็นของผสมมีส่วนประกอบต่างๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ (บุญธรรมและคณะ, 2539 และ Ressing, 2005)

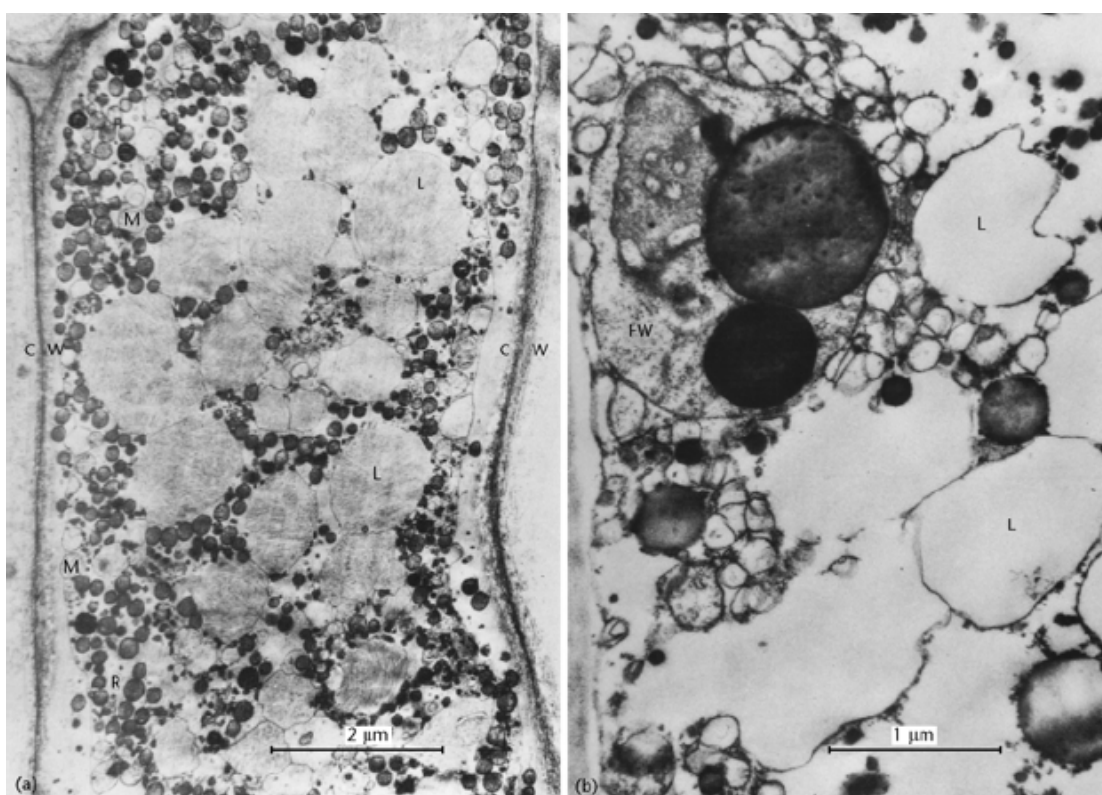
ส่วนประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนัก	
	บุญธรรมและคณะ (2539)	Ressing (2005)
สารที่เป็นเนื้อแข็งทั้งหมด	27-48	41.5
เนื้อยางแห้ง	25-45	36.0
สารพวกโปรตีน	1-1.5	1.60
กรดอะมิโนและN-Bases	*	0.30
ไลปีดที่เป็นกลาง	*	1.0
ฟอสโฟไลปีด	*	0.6
คาร์โบไฮเดรต กลุ่มอินซิทอล	1 (ระบุเป็นน้ำตาล)	1.5
จีเล้า	สูงถึง 1	0.5 (ระบุเป็น Minerals as K,P, Mg)
น้ำ	ส่วนที่เหลือจนครบ 100	58.5

หมายเหตุ * = ไม่ได้ระบุ

สำหรับส่วนประกอบของเนื้อเยื่อแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของเนื้อเยื่อแข็ง (บุญธรรม นิธิอุทัย และคณะ, 2539)

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์
เนื้อเยื่อไฮโดรคาร์บอน	80
น้ำ กระจายอยู่ในเนื้อเยื่อ	10
สารโปรตีน	1
สารพวกไขมัน	3



รูปที่ 2.2 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงองค์ประกอบต่างๆ ของเซลล์ใน
ท่อน้ำยาง (Kekwick, 2001)

ส่วนของเนื้อเยื่อแข็ง

น้ำยางธรรมชาติ ประกอบด้วยอนุภาคยางขนาดต่างๆ (แทนสัญลักษณ์ R รูปที่ 2.2) อนุภาค
ยางถูกห่อหุ้มด้วยสารจำพวกไขมันและโปรตีน โดยโปรตีนนี้จะอยู่ชั้นนอก และอาจมีโลหะบาง
ชนิด เช่น แมกนีเซียม โพแทสเซียม และทองแดงปะปนอยู่ปริมาณเล็กน้อยประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์

โดยปกติอนุภาคยางจะแขวนลอยในน้ำประกอบด้วยสารประกอบพวก
ไฮโดรคาร์บอนมีชื่อโครงสร้างทางเคมีว่าไอโซพรีน (cis-1, 4 polyisoprene) มีความหนาแน่น

เท่ากับ 0.92 กรัมต่อมิลลิลิตร ลักษณะอนุภาคยางเป็นรูปค่อนข้างกลมหรือคล้ายลูกแพร์ มีขนาดอนุภาคแตกต่างกันมากอยู่ระหว่าง 0.04-4 ไมครอน (μ) อนุภาคยางส่วนใหญ่จะมีขนาดเกิน 0.4 ไมครอน ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของต้นยางที่เจริญเติบโตเต็มที่มีค่าประมาณ 1 ไมครอน (หรือ 1000 อังสตรอม, $^{\circ}\text{A}$) เมื่อนำน้ำยางสดมาปั่นด้วยความเร็วสูง พบว่า

อนุภาคยางที่มีขนาดใหญ่จะแตกตัวออกชั้นน้ำขึ้นมาอยู่ด้านบนซึ่งสามารถแยกออกได้เป็นน้ำยางข้น

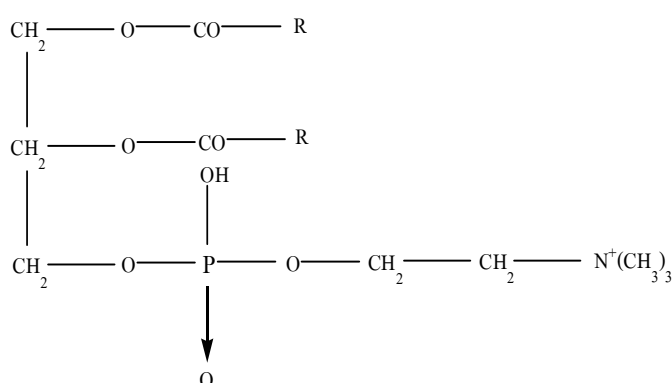
ส่วนอนุภาคยางที่มีขนาดเล็กจะปนอยู่กับหางน้ำยาง สามารถแยกออกโดยการทำให้จับตัวเป็นก้อนด้วยกรด

- โปรตีน

ส่วนของสารพวกโปรตีนที่ห่อหุ้มอยู่ตรงผิวรอบนอกของอนุภาคยางมีอยู่ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยาง ส่วนที่เหลือประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ จะอยู่ในชั้นน้ำ และอีก 25 เปอร์เซ็นต์จะปะปนอยู่ในส่วนของสารลูทอยด์

- ไขมัน มีที่มาจากหลายส่วนด้วยกัน

ส่วนแรกไขมันซึ่งอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคยางและโปรตีน ส่วนใหญ่เป็นสารพวกฟอสโฟไลปิดชนิด α -Lecithin เชื่อว่าทำหน้าที่ยึดโปรตีนให้เกาะอยู่บนผิวของอนุภาคยาง



รูปที่ 2.3 สูตรโครงสร้างของ α -Lecithin (Blackley. D. C., 1966)

R ในสูตรโครงสร้าง คือ Heptadecyl ($\text{C}_{17}\text{H}_{35}$) หรือ Heptadenyl ($\text{C}_{17}\text{H}_{33}$)

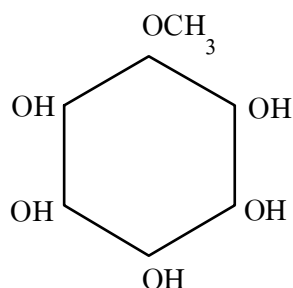
ส่วนที่สองน้ำยางในสภาวะที่เป็นด่าง เช่นมีแอมโมเนียอยู่ (ประมาณ 0.6 % ขึ้นไป) ฟอสโฟไลปิดจะถูกไฮโดรไลซ์ เป็นกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาว (Long chain fatty acid) ซึ่งจะรวมตัวกับแอมโมเนียกลายเป็นสบู่ ทำให้น้ำยางมีความเสถียรมากขึ้น แต่กรณีที่มีแอมโมเนียปริมาณน้อย (ประมาณ 0.2 % ในน้ำยาง) การไฮโดรไลซ์จะเกิดขึ้นน้อย การเพิ่มความเสถียรของน้ำยางจึงจำเป็นต้องเพิ่มสบู่หรือ สารอื่นที่ช่วยในการเก็บน้ำยางเพิ่มลงไป

ส่วนที่ไม่ใช่เนื้อเยื่อ

ก. ส่วนที่เป็นน้ำหรือ เซรุ่ม

เซรุ่มของน้ำยางมีความหนาแน่นประมาณ 1.02 กรัมต่อมิลลิลิตร ประกอบด้วยสารชนิดต่างๆ คือ

คาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นสารพวกแป้งและน้ำตาล มีอยู่ในน้ำยางประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลส่วนใหญ่เป็นชนิดคิวบาซิทอล มีน้ำตาลชนิด กลูโคส ซูโครส ฟรุคโตส ปริมาณเล็กน้อย มีสูตรโครงสร้างดังนี้



รูปที่ 2.4 สูตรโครงสร้างของ น้ำตาลคิวบาซิทอล (บุญธรรมและคณะ, 2539)

น้ำตาลเหล่านี้จะถูกแบคทีเรียใช้เป็นอาหาร เกิดปฏิกิริยาย่อยสลายตัวให้กรดโมเลกุลที่มีขนาดเล็กๆ (Short chain fatty acid) ทำให้น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพและรวมตัวกันเป็นก้อน กรดเหล่านี้เป็นกรดที่ระเหยได้ง่าย (Volatile fatty acid, VFA) ประกอบด้วยกรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และกรดโพรพาอิก เป็นต้น

ดังนั้นค่า VFA จึงเป็นตัวเลขที่บ่งถึงความสามารถในการรักษาสภาพของน้ำยางโดยมาตรฐานสากลของน้ำยางข้น กำหนดให้มีค่า VFA ไม่เกิน 0.2 หน่วย

โปรตีนและกรดอะมิโน เป็นส่วนที่อยู่ในเซรุ่มของน้ำยางมีค่า Isoelectric point หลายค่า โปรตีนที่มีค่า Isoelectric point สูงสามารถสลายตัวให้ประจุบวกได้ เป็นสาเหตุให้น้ำยางสูญเสียสภาพ

โปรตีนที่พบมากในน้ำยางสด ส่วนใหญ่เป็นโปรตีนประเภท อัลฟาแลบูโกลิน ซึ่งมีคุณสมบัติของสารตรงผิวของโมเลกุลมีความว่องไว (Surface active) ดังนั้นโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่างรอยเชื่อมต่อของน้ำ-อากาศและน้ำมัน-น้ำ

ข. ส่วนของลูทอยด์และสารอื่นๆ

ลูทอยด์ (Lutoids, L) เป็นอนุภาคค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 ถึง 3 ไมครอน ห่อหุ้มด้วยเยื่อบางๆ ภายในเยื่อบางนี้ จะมีทั้งสารละลายและสารที่แขวนลอย มีค่า pH ประมาณ 5.5 ส่วนใหญ่ประกอบด้วยโปรตีน โดยมีโปรตีนที่ละลายน้ำอยู่ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ และมีส่วนของโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำอยู่ประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีส่วนของสารพวก

ฟอสโฟไลปิดแขวนลอยอยู่ประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และมีสารโพลีฟีนอลออกซิเดส ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ยางมีสีเหลืองหรือสีคล้ำเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ

ลูทอยด์ ห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อชั้นเดียวสามารถเกิดการออสโมซิส (Osmosis) ได้ง่าย ดังนั้น การเติมน้ำลงในน้ำยางสด จะทำให้ลูทอยด์บวมและแตกง่าย ขณะที่ลูทอยด์เกิดการพองตัว มีผลทำให้น้ำยางมีความหนืดเพิ่มขึ้นและเมื่อลูทอยด์แตกความหนืดก็จะลดลง

ในสภาพของอากาศร้อน อุณหภูมิสูงขึ้นมีผลทำให้ลูทอยด์แตกง่ายได้เช่นกัน โดยของเหลวภายในลูทอยด์ซึ่งเป็นสารแขวนลอยที่มีประจุบวก และไอออนของโลหะ เช่น แคลเซียม และแมกนีเซียมไอออน จะปะปนอยู่ร่วมกันอยู่ในเซรัม ทำให้อนุภาคยางเกิดการรวมตัวกัน ก่อให้เกิดการอุดตันของท่อน้ำยาง มีผลทำให้น้ำยางหยุดไหลหลังกรี๊ด ส่วนเนื้อเยื่อบางของลูทอยด์ที่แตกออก มีรูปร่างไม่แน่นอน จะเกิดจากการจับตัวกันเองเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพได้

หากเติมแอมโมเนียลงไปในน้ำยางสด จะพบว่า ส่วนของลูทอยด์และสารพวกโลหะ แมกนีเซียมจะรวมตัวกับแอมโมเนีย เกิดการตกตะกอนเป็นตะกอนสีน้ำตาลและสีม่วง แยกตัวออกจากเนื้อยางและเกาะรวมกันอยู่ด้านล่างสามารถแยกออกได้

อนุภาคเฟรย์-วิสลิง (Frey wyssling, F) เป็นสารไม่ใช่ยางมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่ายาง แต่ความหนาแน่นน้อยกว่า มีรูปร่างค่อนข้างกลม มีผนังล้อมรอบสองชั้น มีปริมาณไม่มากนัก ประกอบด้วยสารเมดิคัลพอลิไดออกไซด์ ซึ่งทำให้ยางมีสีเหลืองเข้ม สามารถรวมตัวกับแอมโมเนีย และแยกตัวออกจากยางมาอยู่ในส่วนของเซรัม

2.1.2 น้ำยางข้น

การผลิตน้ำยางข้นโดยกระบวนการเซนตริฟิวจ์ เป็นกระบวนการสำคัญที่สุดในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยางข้นจากน้ำยางธรรมชาติ

สาเหตุที่ต้องทำเป็นน้ำยางข้น เนื่องจากน้ำยางสดจะมีความเข้มข้นของเนื้อยางเพียง 30-40% เท่านั้น จึงไม่เป็นการประหยัดที่จะทำการขนส่งน้ำยางสดที่เก็บรักษาไว้ไปในระยะทางที่ไกลๆ วิธีการโดยทั่วไปมักจะทำให้น้ำยางข้นมีความเข้มข้นของเนื้อยาง 60% การขนส่งน้ำยางที่มีความเข้มข้นขนาดนั้นจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งอย่างมาก และกระบวนการแปรรูปน้ำยางเช่น ในการทำฟองน้ำ จะต้องใช้วัตถุดิบที่เป็นน้ำยางที่มีความเข้มข้นสูง เพราะปริมาณเนื้อยางสูงๆ นี้จะเป็นความเข้มข้นของเนื้อยางและปริมาณของสารที่ไม่ใช่ยางในน้ำยาง ทำให้กระบวนการทำงานในโรงงานจะง่ายมากกว่า ถ้าหากใช้น้ำยางข้นแทนน้ำยางสด

ในการผลิตน้ำยางข้นน้ำยางสดจะถูกนำจากถังเก็บ สู่เครื่องเซนตริฟิวจ์ได้น้ำยางข้น 60% กับหางน้ำยางที่มีความเข้มข้นเนื้อยางเท่ากับ 3-7%

ในการเซนตริฟิวจ์ น้ำส่วนหนึ่งจะถูกแยกออกไปเป็นหางน้ำยาง จะได้น้ำยางชั้น 60% แอมโมเนียที่อยู่ในชั้นน้ำก็ยังมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 0.5% ด้วย แต่เมื่อคิดเทียบกับน้ำยางทั้งหมดจะมีแอมโมเนียเท่ากับ 0.2% ในน้ำยาง

ในการเก็บรักษาน้ำยางชั้นจะต้องมีแอมโมเนียไม่น้อยกว่า 0.6% ในน้ำยางนั้น (สำหรับน้ำยางชนิด High Ammonia) ก็จะต้องเติมแอมโมเนียลงไปอีก แต่แทนที่จะเติมให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.6% พอดี จะเติมให้มีความเข้มข้นเป็น 0.7% จะได้แอมโมเนียประมาณ 0.65% ซึ่งจะได้แอมโมเนียที่ผ่านมาตรฐาน

น้ำยางชั้นที่ได้รวบรวมใส่ถังใหญ่อีกครั้งหนึ่ง จะทำการตรวจสอบปริมาณแอมโมเนียในนั้นเป็นครั้งคราว และจะเติมแอมโมเนียลงไป ถ้าพบว่าแอมโมเนียส่วนหนึ่งขาดหายไป

ความเสถียรของน้ำยางและความไม่เสถียรของน้ำยาง (บุญธรรมและคณะ, 2539) น้ำยางมีสภาพเป็นคอลลอยด์ที่มีประจุลบห่อหุ้มอนุภาคเม็ดยาง เคลื่อนไหวในตัวกลางที่เป็นน้ำ ลักษณะการเคลื่อนไหวเป็นแบบบราวน์เนียน ดังนั้นจึงทำให้น้ำยางเสถียรต่ออออนที่มีประจุลบแต่ไม่เสถียรต่ออออนที่มีประจุบวก

การที่น้ำยางสามารถรักษาสภาพการเป็นคอลลอยด์ หากเมื่อน้ำยางนั้นไม่สามารถคงตัวในสภาพคอลลอยด์ได้เรียกว่า มีความเสถียรลดลง หากความเสถียรลดลงไปเรื่อยๆ จนถึงจุดๆ หนึ่งที่เมื่อน้ำยางมารวมตัวกันเป็นก้อนอย่างรวดเร็ว แสดงว่าน้ำยางไม่มีความเสถียรอยู่เลย นั่นคือเกิด “Rapid Coagulation”

ความไม่เสถียรของน้ำยาง คือ การที่อนุภาคเม็ดยางตั้งแต่สองอนุภาคขึ้นไปมารวมตัวกันสูญเสียสภาพเป็นคอลลอยด์ การเสถียรภาพของน้ำยางอาจเกิดได้โดยใช้วิธีทางเคมี หรือทางกายภาพ การเสถียรภาพของน้ำยางไม่ว่าวิธีใดก็ตาม อนุภาคยางจะรวมตัวกันหรือจับตัวเป็นก้อนเสมอมีลักษณะการเสถียรภาพของน้ำยางมี 3 ลักษณะ คือ

1. Gelation เป็นกระบวนการที่น้ำยางจะค่อยๆ เปลี่ยนสภาพของของเหลวไปเป็นสภาพกึ่งของแข็งของเจล และเกิดกระบวนการหดตัวของเจล
2. Coagulation ก้อนยางจะแยกออกจากส่วนของน้ำ และลอยอยู่ในตัวกลาง ก้อนยางนี้ประกอบด้วยส่วนของอนุภาคยางที่รวมตัวกัน และมีส่วนของขรุ้มติดอยู่ในก้อนยาง
3. Flocculation การจับตัวแบบนี้ก่อให้เกิดเม็ดเล็กๆ ของก้อนยางที่จับตัวกันเป็นจำนวนมากมายหรืออาจเขียนว่า Micro coagulum

ความเสถียรของน้ำยางขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ส่วนคือ ปฏิกริยาระหว่างอนุภาคยางแต่ละอนุภาคกับน้ำ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการไฮโดรไลซิสสารที่ห่อหุ้มอนุภาคของเม็ดยางเอง ได้แก่การสลายตัวของฟอสโฟไลปิดหรือโปรตีนในน้ำยางและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างแต่ละอนุภาคที่ทำให้แต่ละอนุภาคเกิดการรวมตัวกันขึ้น

ปัจจัยที่ส่งเสริมความเสถียรของน้ำยางคือ การลดพลังงานอิสระ (Free energy) ของชั้นที่แยกกันระหว่างยางกับน้ำ การให้อนุภาคยางมีประจุไฟฟ้าเหมือนกัน จึงเกิดการผลักกันระหว่างต่างอนุภาคและการให้มีโมเลกุลของน้ำไปห่อหุ้มอยู่รอบอนุภาคอย่างหนาแน่น เพื่อช่วยกีดกันไม่ให้อนุภาคยางมารวมกัน

เมื่อยางเป็นคอลลอยด์ที่มีประจุไฟฟ้าลบหุ้มอยู่บนผิวคอลลอยด์และถึคออกจากชั้นของประจุไฟฟ้าลบจะมีประจุไฟฟ้าตรงกันข้ามคือประจุไฟฟ้าบวกมาอยู่กับประจุไฟฟ้าลบนั่น ทำให้มีลักษณะเป็นประจุไฟฟ้าสองชั้นหรือ Double Layer บริเวณที่ห่างออกไปจากผิวของคอลลอยด์จะมีประจุไฟฟ้าบวกซึ่งมีความเข้มข้นน้อยกว่าบริเวณใกล้ผิวของคอลลอยด์ ลักษณะของ Electric Double Layer

เมื่อผิวของคอลลอยด์มีประจุลบสูง แสดงว่าผิวมีศักย์ไฟฟ้าสูงทำให้ประจุบวกล้อมรอบคอลลอยด์มีปริมาณมากขึ้นตามไปด้วย ศักย์ไฟฟ้าของคอลลอยด์ตรงบริเวณที่เป็นขั้วบวกถึคออกมาจากชั้นลบเรียกว่า Stern potential และชั้นบวกในบริเวณนั้นเรียกว่า Stern layer

เมื่อคอลลอยด์เข้าใกล้กันชั้นบวกที่กระจายนั้นจะมาเหลื่อมล้ำกัน ทำให้เกิดแรงผลัkcอลลอยด์ออกจากกัน

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานน้ำยางข้น ISO 2004- 1998 (อ้างใน บุญธรรมและคณะ, 2539)

ชนิด	น้ำยางข้นแอมโมเนียสูง	น้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำ
% ของแข็งทั้งหมด (min)	61.5	61.5
% เนื้อยางแห้ง (min)	60.0	60.0
% Non rubber (max)	2.0 (1.8)	2.0 (1.8)
% แอม โมเนีย	0.6 (min)	0.29 (max)
MST (sec)	650	650
Coagulum (max)	0.1 (0.05)	0.1 (0.05)
% Sludge (max)	0.1	0.1
% VFA ตามตกลง	< 0.2 (1.5)	< 0.2 (1.5)
KOH number ตามตกลง	<1	<1
กลิ่น หลังใส่กรดบอริก	ไม่บูดเน่า	ไม่บูดเน่า
สี	ไม่เป็นสีเงิน หรือเทา	ไม่เป็นสีเงิน หรือเทา

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานน้ำยางธรรมชาติ (A Tillatsn Company, 2006)

ชนิด	น้ำยางธรรมชาติสด
% ของแข็งทั้งหมด (min)	60.6-62.2
MST (sec)	250-300
KOH number ตามตกลง	0.65
กลิ่น หลังใส่กรดบอริก	ไม่บูดเน่า
สี	ไม่เป็นสีเงิน หรือเทา

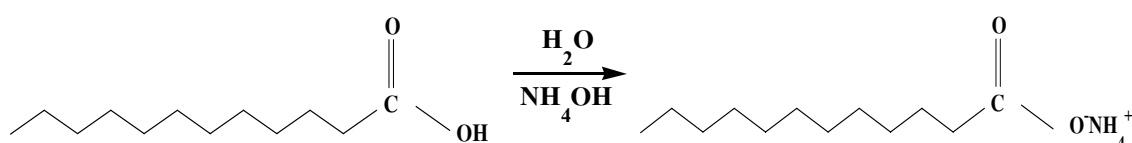
2.1.2 สบู่ในน้ำยางธรรมชาติ

2.1.3.1 กระบวนการเกิดสบู่

- แบคทีเรียในอากาศเข้าไปสลายองค์ประกอบต่างๆ ของน้ำยางทำให้เกิดเป็นกรดไขมัน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของสบู่

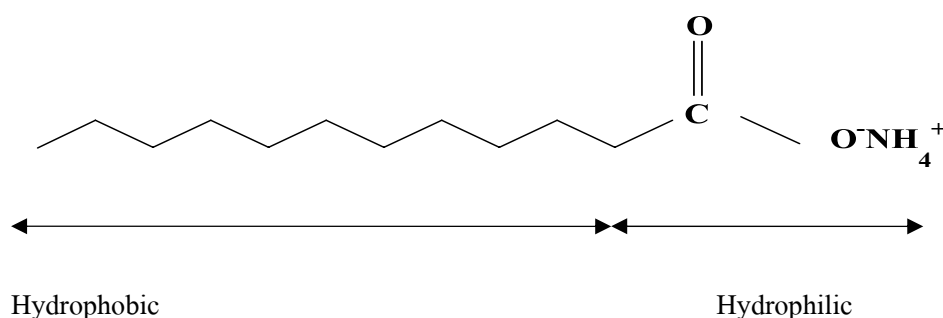
- แอมโมเนียที่เติมลงไปในน้ำยางทำปฏิกิริยากับกรดไขมันที่ห่อหุ้มบนอนุภาคต่างๆ เกิดเป็นสบู่แอมโมเนีย (Carboxylate ammonium soap)

ปฏิกิริยาแสดงการเกิดสบู่แอมโมเนีย



2.1.3.2 โมเลกุลของสบู่

สบู่เป็นสารที่มีโมเลกุลเป็นสารพวกแอมฟิฟิลิก (Amphiphilic) ซึ่งในโมเลกุลจะแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นส่วนที่มีขั้ว (Polar) สามารถละลายในน้ำได้ เรียกว่า ไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) ส่วนที่สองเป็นส่วนที่ไม่มีขั้ว (Non-polar) ไม่สามารถละลายในน้ำได้เรียกส่วนนี้ว่า ไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic) ซึ่ง Winsor (1954) ได้เขียนโครงสร้างของโมเลกุลพวกแอมฟิฟิลิกไว้ดังรูป



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของโมเลกุลพวกแอมฟิฟิลิก (Winsor, 1954)

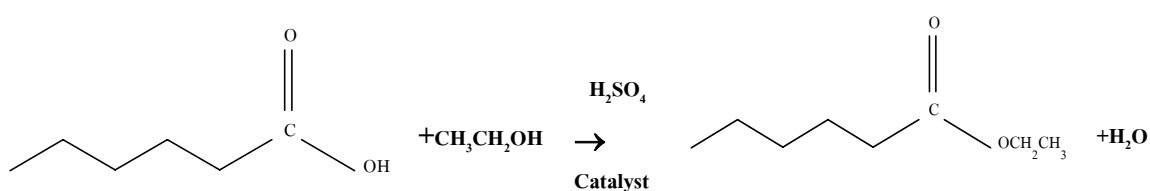
2.1.3.3 ผลของการเติมสบู่ลงไปในน้ำยาง

เมื่อเติมสบู่ลงในน้ำยาง สบู่จะแตกตัวออก คาดว่าส่วนที่เป็น Hydrophobic จะเข้าไปเกาะที่ผิวอนุภาคน้ำยางพร้อมกับปลายที่เป็น Hydrophilic จะดึงน้ำเข้ามาล้อมรอบอนุภาคน้ำยางเกิดเป็นชั้นของน้ำ (Hydration layer) มาห่อหุ้มอนุภาคน้ำยาง ทำให้เพิ่มความสะดวกกับอนุภาคน้ำยางและพบว่าจำนวนคาร์บอนใน Chain length ของ Fatty acid soap ที่เหมาะสมที่สุดคือ 10-12 เพราะจากการทดลองใช้สบู่ที่มีจำนวนคาร์บอนใน Chain length ตั้งแต่ 6 ถึง 18 จะพบว่าสบู่ที่มีคาร์บอนเท่ากับ 12 จะได้ค่า MST สูงที่สุด

2.1.3.4 เอสเทอร์ของกรดไขมัน (Fatty acid esters)

ในการวิเคราะห์สบู่ที่มีอยู่ในตัวอย่างทางชีวภาพนอกจากการวิเคราะห์ในรูปของกรดไขมันโดยตรงด้วยเทคนิคคลิควิดโครมาโทกราฟีแล้ว ยังนิยมเตรียมสบู่หรือเกลือของกรดไขมันให้อยู่ในรูปของเอสเทอร์ของกรดไขมันก่อนทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี

ปฏิกิริยาทั่วไปของการเตรียมเอสเทอร์ที่นิยมมากแบบหนึ่ง ดังแสดงในสมการต่อไปนี้



2.1.4 ลักษณะต่างๆ ของพันธุ์ยางที่ทำการศึกษา (กรมวิชาการเกษตร, 2546)

1) พันธุ์ RRIM 600



รูปที่ 2.6 ต้นยางสายพันธุ์ RRIM 600

แม่ × พ่อ	Tji 1 × PB 86
แหล่งกำเนิด	ประเทศมาเลเซีย
การเจริญเติบโตของลำต้น	ระยะก่อนเปิดกรีดและระหว่างกรีดเจริญเติบโตปานกลาง ความสม่ำเสมอของขนาดลำต้นทั้งแปลงปานกลาง
การแตกกิ่งและทรงพุ่ม	แตกกิ่งช้า กิ่งมีขนาดปานกลาง ทิ้งกิ่งมาก ทรงพุ่มมีขนาดปานกลางเป็นรูปพัด
การผลัดใบ	เริ่มผลัดใบเร็ว
ความหนาเปลือก	เปลือกเดิมบาง เปลือกงอกใหม่หนาปานกลาง
ระบบกรีด	ครึ่งลำต้น วันเว้นวัน
ผลผลิตน้ำยาง	ผลผลิต 10 วัน ปีกรีดเฉลี่ย 289 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปีผลผลิตเพิ่มขึ้นในระดับปานกลางเมื่อใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง ในช่วงผลัดใบผลผลิตทางภาคใต้ลดลงเล็กน้อย แต่ลดลงมากในพื้นที่แห้งแล้ง
ความต้านทานโรค	ใบร่วงที่เกิดจากเชื้อไฟทอปโบรา อ่อนแอมาก ราแป้ง ด้านทานปานกลาง ใบจุดนูน ด้านทานปานกลาง เส้นดำ อ่อนแอมาก ราสีชมพู อ่อนแอ
อาการเปลือกแห้ง	มีจำนวนต้นยางแสดงอาการเปลือกแห้งน้อย
ความต้านทานลม	ต้านทานปานกลาง
การปลูกในพื้นที่จำกัด	ปลูกได้ในพื้นที่ลาดชัน ไม่แนะนำให้ปลูกในพื้นที่ที่มีหน้าดินตื้น และพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง
ข้อแนะนำ/ข้อสังเกต	ไม่ควรปลูกในพื้นที่ที่มีโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อไฟทอปโบรา และโรคเส้นดำระบาดรุนแรง

2) พันธุ์ PB 255



รูปที่ 2.7 ต้นยางสายพันธุ์ PB 255

แม่ × พ่อ	PB 5/51 × PB 32/36
แหล่งกำเนิด	ประเทศมาเลเซีย
การเจริญเติบโตของลำต้น	ระยะก่อนเปิดกรีดเจริญเติบโตปานกลาง ความสม่ำเสมอของขนาดลำต้นทั้งแปลงปานกลาง ระยะระหว่างกรีดเจริญเติบโตปานกลาง
การแตกกิ่งและทรงพุ่ม	แตกกิ่งขนาดเล็กจำนวนมาก พุ่มใบทึบ ทรงพุ่มมีขนาดปานกลางเป็นรูปกลม
การผลัดใบ	เริ่มผลัดใบก่อนข้างเช้า
ความหนาเปลือก	เปลือกเดิมและเปลือกงอกใหม่หนา
ระบบกรีด	ครั้งลำต้น วันเว้นวัน
ผลผลิตน้ำยาง	ผลผลิต 10 วัน ปีกรีดเฉลี่ย 318 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปีสูงกว่าพันธุ์ RRIM 600 ที่ปลูกในแปลงทดลองเดียวกันร้อยละ 46 ผลผลิตเพิ่มขึ้นปานกลางเมื่อใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง ในช่วงผลัดใบผลผลิตลดลงปานกลาง
ความต้านทานโรค	ใบร่วงที่เกิดจากเชื้อไฟทอปโบรา อ่อนแอ ราแป้ง ด้านทานปานกลาง ใบจุดนูน อ่อนแอ เส้นดำ ด้านทานปานกลาง ราสีชมพู อ่อนแอ
อาการเปลือกแห้ง	มีจำนวนต้นยางแสดงอาการเปลือกแห้งปานกลาง
ความต้านทานลม	ต้านทานดี
การปลูกในพื้นที่จำกัด	ปลูกได้ในพื้นที่ลาดชัน ปลูกในพื้นที่ที่มีหน้าดินตื้น และพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง
ข้อจำกัด	ไม่แนะนำการกรีดถี่ที่มีวันกรีดติดต่อกัน เพราะต้นยางจะเกิดอาการเปลือกแห้งมาก

3) พันธุ์ BPM 24



รูปที่ 2.8 ต้นยางสายพันธุ์ BPM 24

แม่ × พ่อ	GT 1 × AVROS 1734	
แหล่งกำเนิด	สาธารณรัฐอินโดนีเซีย	
การเจริญเติบโตของลำต้น	ระยะก่อนเปิดกรีดและระหว่างกรีดเจริญเติบโตปานกลาง ความสม่ำเสมอของขนาดลำต้นปานกลาง	
การแตกกิ่งและทรงพุ่ม	กิ่งมีขนาดปานกลาง แตกกิ่งมาก และมีการทิ้งกิ่งน้อย พุ่มใบค่อนข้างทึบ ทรงพุ่มมีขนาดปานกลางเป็นรูปกรวย	
การผลัดใบ	เริ่มผลัดใบเร็วและทยอยผลัดใบ	
ความหนาเปลือก	เปลือกเดิมหนามาก เปลือกงอกใหม่หนาปานกลาง	
ระบบกรีด	ไม่ควรใช้ระบบกรีดที่มีความถี่มากกว่าครั้งลำต้น วันเว้นวัน เพราะจะทำให้ต้นยางแสดงอาการเปลือกแห้งมาก	
ผลผลิตน้ำยาง	ผลผลิต 10 วัน ปีกรีดเฉลี่ย 335 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี สูงกว่าพันธุ์ RRIM 600 ที่ปลูกในแปลงทดลองเดียวกันร้อยละ 41 ผลผลิตเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง ในช่วงผลัดใบผลผลิตลดลงปานกลาง	
ความต้านทานโรค	ใบร่วงที่เกิดจากเชื้อไฟทอปโบรา	ต้านทานดีมาก
	ราแป้ง	ต้านทานปานกลาง
	ใบจุดนูน	ต้านทานปานกลาง
	เส้นดำ	ต้านทานดี
	ราสีชมพู	ต้านทานปานกลาง
อาการเปลือกแห้ง	มีจำนวนต้นยางแสดงอาการเปลือกแห้งปานกลาง	

ความต้านทานลม	ต้านทานปานกลางการปลูกในพื้นที่จำกัด ปลูกได้ในพื้นที่ลาดชัน พื้นที่ที่มีหน้าดินตื้น พื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูงและพื้นที่ที่มีความชื้นสูง
ข้อแนะนำ/ข้อสังเกต	ในระยะยางอ่อนจะแตกกิ่งเล็กๆ จำนวนมาลำต้นและกิ่งจะมีรอยแผลน้ำยางไหล ซึ่งจะหายไปในระยะต่อมา
ข้อจำกัด	ไม่แนะนำการกรีดที่มียวนกรีดติดต่อกัน เพราะต้นยางจะแสดงอาการเปลือกแห้งมาก

2.2 ผลงานที่เกี่ยวข้อง

ชัยอรุณ (2527) ศึกษาความเสถียรเชิงกลของน้ำยางธรรมชาติชั้นชนิดแอมโมเนียค่าต่อสบูชนิดต่างๆ กัน คือ สบู่โพแทสเซียมลอเรต สบู่โพแทสเซียมโอเลอิต และสบู่โพแทสเซียมจากน้ำมันละหุ่ง พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสบู่แต่ละชนิดเพิ่มขึ้น ค่า MST ของน้ำยางจะสูงขึ้น และค่า MST ของน้ำยางจะสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยาง

ครุณี (2546) ศึกษาความเสถียรเชิงกลของน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ โดยแปรชนิดและปริมาณของสบู่คือ สบู่โพแทสเซียมลอเรต สบู่โพแทสเซียมโอเลอิต และสบู่โพแทสเซียมสเตียเรต พบว่าสบู่โพแทสเซียมลอเรตจะมีผลต่อค่าความเสถียรเชิงกลของน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำมากที่สุด คือให้ค่าความเสถียรเชิงกลดีที่สุด

ภูมิธ (2538) ศึกษาความเสถียรเชิงกลของน้ำยางธรรมชาติ พบว่าน้ำยางข้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ค่า MST และ High Fatty Acid (HFA) number ของน้ำยางสูงขึ้น โดยน้ำยางที่เดิมสบู่จะทำให้ค่า MST และ HFA เพิ่มขึ้นด้วย เมื่อเปรียบเทียบผลของชนิดและปริมาณจึงการใช้สบู่พบว่า สบู่โพแทสเซียมลอเรตจะให้ค่า MST และ HFA เพิ่มขึ้นสูงกว่าสบู่โพแทสเซียมจากน้ำมันละหุ่งเล็กน้อย และการเก็บรักษาน้ำยางที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 28 องศาเซลเซียส) น้ำยางสามารถคงความเสถียรได้ดีที่สุด

นิรันดร์ (2525) ศึกษาผลของสบู่โพแทสเซียมลอเรตต่อค่า MST ของน้ำยางธรรมชาติ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางเพิ่มขึ้น สบู่โพแทสเซียมลอเรตมีผลให้ค่า MST ของน้ำยางมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสบู่พบว่าในระยะแรก ค่า MST จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในเวลาต่อมา ค่า MST ของน้ำยางจะเปลี่ยนแปลงไปไม่แน่นอน

เสาวนีย์ และคณะ (2547) การตรวจสอบปริมาณและผลกระทบของ Ammonium Laurate ในน้ำยางธรรมชาติ พบว่าการใส่สบู่โพแทสเซียมลอเรตปริมาณเพิ่มขึ้นในวันแรกของการเก็บรักษาน้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำและน้ำยางสดใส่แอมโมเนีย 0.4% โดยน้ำหนัก น้ำยางมีสมบัติความเสถียรเชิงกล ปริมาณของเกลือแอมโมเนียม ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความตึงผิวลดลง และปริมาณกรดที่ระเหยได้ในน้ำยางมีค่าไม่แตกต่างกันมาก เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำยางไว้ในช่วงระยะเวลา 10 วัน ค่าความเสถียรเชิงกล ปริมาณกรดที่ระเหยได้ ปริมาณเกลือแอมโมเนียม และค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าลดลง และค่าความตึงผิวมีแนวโน้มคงที่ สำหรับปริมาณของสบู่แอมโมเนียมลอเรตในน้ำยาง พบว่าสามารถ

ตรวจสอบด้วยวิธีการวัดการนำไฟฟ้าและเทคนิคโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography, HPLC)

อโนทัย (2533) ศึกษาผลของทริปซินต่อความเสถียรเชิงกลของน้ำยาง พบว่า น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ เมื่อเก็บรักษาไว้นานปริมาณไนโตรเจนจะลดลงอย่างช้าๆ ในขณะที่ค่า MST จะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ด้วย การเพิ่มปริมาณทริปซินในน้ำยางมีผลให้ปริมาณไนโตรเจนลดลงตามไปด้วย และมีผลทำให้ค่า MST ของน้ำยางลดลงเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น การใส่สบู่โพแทสเซียมลอเรตเข้าไปพร้อมๆ กับการใช้ทริปซินไม่ช่วยให้ค่า MST ของน้ำยางเพิ่มขึ้นเลย แม้ว่าไนโตรเจนจะลดลงและพบว่าการใช้ทริปซินปริมาณมากทำให้ MST ตกลงมากกว่าการใช้ทริปซินปริมาณน้อย

Dupont และคณะ (1976) ศึกษาพบว่าไลปิดของเยื่อหุ้มอนุภาคลูทอยด์ (luteoid membranes) ส่วนใหญ่กว่า 80% ประกอบด้วยกรดฟอสฟอติค (phosphatidic acid) และไม่พบองค์ประกอบของ nitrogen phospholipids ในน้ำยางธรรมชาติ

Lie Ken Jie และคณะ (1981) ศึกษาพบว่ากรดไขมันในส่วนของ triacylglycerol ภายในน้ำยางธรรมชาติประกอบ 97% furanoid acid

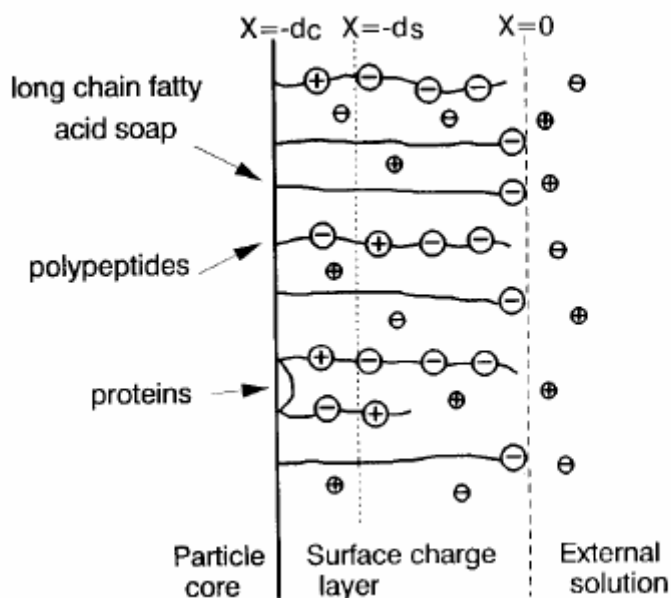
Maron และคณะ (1978) ศึกษาวิธีการไทเทรตโดยการวัดการนำไฟฟ้าของน้ำยางสังเคราะห์เพื่อหาปริมาณเกลือของกรดอ่อน กรดอิสระ และด่างอิสระ โดยกรดอ่อนที่หา คือ carboxylic acid และเกลือที่หา คือ carboxylate สามารถหาปริมาณสบู่ทั้งหมดในน้ำยางสังเคราะห์ได้จากการเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้าในน้ำยางระหว่างการไทเทรตกรด-เบส

Philpott และ Sekar (1953) ศึกษาผลของค่าการนำไฟฟ้า ค่า KOH Number และ VFA Number ของน้ำยางธรรมชาติที่เก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย 0.2% ซึ่งเป็นปริมาณแอมโมเนียที่ไม่เพียงพอต่อการเก็บรักษา และเก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย 0.7% ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอต่อการเก็บรักษา พบว่าที่ปริมาณแอมโมเนีย 0.2% ค่าการนำไฟฟ้า ค่า KOH Number และ VFA Number มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นกว่าน้ำยางที่เก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย 0.7% ซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ โดยเฉพาะ VFA Number ในช่วงสัปดาห์แรกมีแนวโน้มคงที่

Pendel และ Gorton (1978) ศึกษาวิธีการไทเทรตโดยการวัดการนำไฟฟ้าของน้ำยางที่เก็บรักษาด้วยแอมโมเนียเพื่อหาปริมาณ phosphate, glycerophosphate และ fatty acid soaps ในน้ำยางโดยใช้สารละลาย zinc-tetraamine acetate และป้องกันน้ำยางจับตัวโดยใช้ non-ionic surface-active พบว่า ความชันของค่าการนำไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ทำให้ความถูกต้องในการดูจุดยุติทำได้ยาก

Pendel และ Gorton (1985) ศึกษาผลของ Fatty Acid Soaps ต่อความเสถียรของน้ำยาง พบว่า Fatty Acid Soaps สามารถเพิ่มความเสถียรของน้ำยางได้ เนื่องจากที่ผิวของอนุภาคยางมีการดูดซับสาร Fatty Acid Soaps ทำให้ประจุที่ผิวของอนุภาคยางเพิ่มขึ้นเกิดแรงผลักรวมกัน ทำให้ความเสถียรของน้ำยางเพิ่มขึ้นด้วย โดยใช้สบู่ที่มีความยาวโซ่คาร์บอนที่เหมาะสมคือ คาร์บอน 10-12 ตัว

Ho และคณะ (1996) ศึกษาผิวหน้าของอนุภาคยางธรรมชาติโดยวิธีการ Electrophoretic Mobility Data อนุภาคยางโดยธรรมชาติจะมีความเสถียรเมื่อมีโปรตีนและ phospholipids น้ำยางชั้นที่มีการใส่แอมโมเนียโปรตีนจะมีการถูกสลายกลายเป็นสบู่ ซึ่งสบู่ที่เกิดขึ้นเกิดจากกระบวนการ hydrolysis ของ phospholipids โครงสร้างของอนุภาคยางถูกวิเคราะห์ โดย electrophoretic (รูปที่ 1)



รูปที่ 2.7 แสดงผิวหน้าของอนุภาคยาง (Ho และคณะ, 1995)

Warnaar (1981) ศึกษากรดไขมันที่มีในน้ำยางของ *Euphorbia lathyris* โดยในการวิเคราะห์ น้ำยางของ *Euphorbia lathyris* ในการนำกรดไขมันมาเปลี่ยนแปลงให้อยู่ในรูปของเอสเทอร์โดยการทำปฏิกิริยากับ triterpene และ diterpene alcohol พบว่า 77% ของกรดไขมันสามารถรวมตัวกับ triterpene ได้เกิดเป็น decadienoic acid และ decatrienoic และ 81% ของกรดไขมันสามารถรวมตัวกับ diterpene ได้เกิดเป็น decatrienoic acid และ dodecatrienoic acid

Lima และ Abdalla (2002) ได้แนะนำถึงการใช้ HPLC ในการวิเคราะห์กรดไขมันในตัวอย่างทางชีวภาพ ว่าในการเลือกใช้ตัวพาที่เหมาะสมว่าตัวพาจะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการจะวิเคราะห์ และยกตัวอย่างการเลือกใช้คอลัมน์และตัวพาที่เหมาะสมในกรณีต่าง ๆ

3. วิธีการศึกษา

ในการศึกษาชนิดและปริมาณของกรดไขมันซึ่งเป็นที่มาของสบู่ในน้ำยาล้าง ได้แบ่งการศึกษาออกเป็นสองส่วนสำคัญ ๆ คือ

- 1) อิทธิพลของพื้นที่ผิวที่ถูกต้องต่อปริมาณสบู่ในน้ำยาล้างธรรมชาติ
- 2) อิทธิพลของความแตกต่างของสายพันธุ์ต่อปริมาณสบู่ในน้ำยาล้างธรรมชาติ

โดยมีสารเคมี อุปกรณ์ วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำยาล้างและวิธีการศึกษาของทั้งสองส่วนดังนี้

สารเคมีและอุปกรณ์

1) สารเคมี

สารมาตรฐานกรดไขมัน	(SUPELCO, USA)
Hexanoic acid (C6)	Octanoic acid (C8)
Decanoic acid (C10)	Dodecanoic acid (C12)
Tetradecanoic acid (C14)	Palmitic acid (C16)
Octadecanoic acid (C18)	Eicosanoic acid (C20)
Docosanoic acid (C22)	
Heptadecanoic acid (C17)	(Fluka, Switzerland)
Ammonia	(J.T.Baker, USA)
Dimethoxypropane	(Fluka, USA)
Methanol (HPLC grade)	(Fisher Scientific, UK)
Sulfuric acid	(LAB- SCAN, Ireland)
Toluene	(MERCK, Germany)
Isopropanol	(BDH, England)
Heptane	(AjaxFinechem, Australia)
Acetonitrile (HPLC grade)	(LAB- SCAN, Ireland)
Acetic acid	(MERCK, Germany)
Hexane	(LAB- SCAN, Ireland)
Potassium hydroxide	
Formaldehyde	

2) อุปกรณ์

1. เครื่องแยกของเหลวสมรรถนะสูง (HEWLETT PACKARD, USA) ประกอบด้วย
 - ป้อนรุ่น 1100
 - Autosampler รุ่น 1100
 - คอลัมน์ Pervail Organic acid 150 × 4.6mm, 5µm (Alltech, USA)
 - เครื่องตรวจวัดแบบ Photodiode Array (DAD)
2. เครื่องแยกแก๊สโครมาโตกราฟ (HEWLETT PACKARD, USA)
 - HP 6890 Series
 - Column: CBP5 Capillary 25.0 m × 220 µm × 0.25 µm moninal (Shimadzu, Japan)
 - เครื่องตรวจวัดแบบ Flame Ionization Detector (FID)
3. เครื่อง Ultrasonic bath (NDI)
4. เครื่องชั่ง
5. เครื่องผลิตน้ำ DI (Milli- Q Plus 185, North America)
6. เครื่องผสม (Fisher Scientific, USA)
7. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Wissenschaftlich- Technische Werkstätten รุ่น Cond 315i, Germany)
8. เครื่องแก้วห้องปฏิบัติการ

3) การเก็บตัวอย่างและการเก็บรักษา (Sampling and Preservation)

การเก็บตัวอย่าง: นำภาชนะที่ใช้ (ขวดบรรจุ) รองรับน้ำยางโดยตรงจากต้น โดยก่อนเก็บตัวอย่างจะทำการกลั้วภาชนะบรรจุด้วยน้ำยางก่อน เมื่อได้ปริมาณน้ำยางตามที่ต้องการแล้วเติมแอมโมเนียตามสัดส่วนได้น้ำยางสดที่มี แอมโมเนีย 0.7% (v/v) ตัวอย่างเช่น ใช้สารละลายแอมโมเนีย 28% ปริมาตร 3.1 มิลลิลิตรเติมลงในน้ำยาง 120 มิลลิลิตร

การเก็บตัวอย่างน้ำยาง 1 ภาชนะ สำหรับน้ำยางจาก 1 ต้น โดยน้ำยางที่ทำการศึกษาคือ RRIM 600 ซึ่งตัวอย่างน้ำยางจากพัทลุง และน้ำยางจากระยอง โดยเลือกกลุ่มต้นยางจากสวนยางเดียวกัน 5 ต้น

ตัวอย่างน้ำยาง

น้ำยางจากจังหวัดพัทลุง (เส้นรุ้งที่ 7 องศา 6 ลิปดาเหนือ ถึง 7 องศา 53 ลิปดาเหนือ และเส้นแวงที่ 9 องศา 44 ลิปดาตะวันออก

ครั้งที่ 1 วันที่ 6 ก.พ. 2549

ครั้งที่ 2 วันที่ 26 ก.พ. 2549

ครั้งที่ 3 วันที่ 6 มี.ค. 2549

ครั้งที่ 4 วันที่ 20 มี.ค. 2549

นำมาจากจังหวัดระยอง (เส้นรุ้งที่ 12-13 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 101-102 องศาตะวันออก)

ออก)

ครั้งที่ 1 วันที่ 9 ก.พ. 2549

ครั้งที่ 2 วันที่ 20 ก.พ. 2549

ครั้งที่ 3 วันที่ 27 มี.ค. 2549

การกำหนดรหัสตัวอย่างน้ำยางโดยใช้รหัสดังนี้

ชื่อพื้นที่ชื่อสายพันธุ์ ครั้งที่เก็บ ต้นที่เก็บ ตัวอย่างเช่น

PL600_1_1 หมายถึง น้ำยางจากพื้นที่จังหวัดพัทลุง สายพันธุ์ RRIM 600 เก็บครั้งที่ 1 ต้นที่ 1

RL600_1_1 หมายถึง น้ำยางจากพื้นที่จังหวัดระยอง สายพันธุ์ RRIM 600 เก็บครั้งที่ 1 ต้นที่ 1

3.1 อิทธิพลของพื้นที่ปลูกต่อปริมาณสบู่น้ำยางธรรมชาติ

3.1.1 การหาค่า pH ของน้ำยางธรรมชาติ

1. ทำการวัดค่า pH ของน้ำยางธรรมชาติโดยใช้เครื่อง pH 300 Series (EUTECH, Singapore)
2. ทำการวัดค่า pH ของน้ำยางก่อนการเติมแอมโมเนีย

3.1.2 การหาค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยาง (Conductivity)

1. ทำการวัดค่าการนำไฟฟ้าโดยใช้เครื่อง Conductivity (Wissenschaftlich- Technische Werkstätten รุ่น Cond 315i, Germany)
2. ล้างหัววัดเทียบมาตรฐาน (Calibrate) โดยใช้สารละลายมาตรฐานมีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 1442 uS/cm ที่ 25 องศาเซลเซียส
3. ทำการวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางก่อนและหลังการเติมแอมโมเนีย

3.1.4 ค่าความหนาแน่นของน้ำยาง

1. ชั่งน้ำหนักของไปเปตทิฟ
2. ไปเปตทิฟ 1,000 ไมโครลิตร นำไปชั่ง
3. นำน้ำหนักน้ำยางและไปเปตทิฟกลับด้วยน้ำหนักไปเปตทิฟ
จะได้ความหนาแน่นของน้ำยาง มีหน่วยเป็น กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.1.6 การหาปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (Total Solid Content, TSC)

(บุญธรรม, 2532)

1. ชั่งจานแก้วหรือจานโลหะที่มีฝาปิด ให้ละเอียดถูกต้อง 0.001 กรัม
2. เทน้ำยางตัวอย่างลงไปประมาณ 2.5 ± 0.5 กรัม เติงจานให้น้ำยางกระจายทั่วจาน
3. อบที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนเห็นยางใสไม่มีสีขาวขุ่น
4. วางให้เย็นในเดซิเคเตอร์นำไปชั่ง
5. อบต่ออีก 15 นาที วางให้เย็นในเดซิเคเตอร์นำไปชั่ง
6. ทำการทดลองตัวอย่างเดิมซ้ำอีกครั้ง ผลต่างของชุดข้อมูลเดียวกันไม่ควรเกิน 0.15%
7. วิธีการคำนวณ

การคำนวณปริมาณของแข็งทั้งหมดทำได้โดยการใช้สมการต่อไปนี้

$$\%TSC = (W1/W2) \times 100$$

โดย W1 คือ น้ำหนักที่แน่นอนของยางที่แห้งแล้ว, กรัม

W2 คือ น้ำหนักน้ำยางเริ่มต้น, กรัม

3.1.7 การหาปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางธรรมชาติ (Dry Rubber Content, DRC)

(บุญธรรม, 2532)

1. ชั่งตัวอย่างน้ำยาง 10 ± 0.05 กรัม ใส่ลงจานกระเบื้อง
2. เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตรกวนให้เข้ากัน
3. เติมกรดอะซิติกความเข้มข้น 2% ปริมาตร 80 มิลลิลิตรลงไปช้ากวนตลอดเวลา
4. นำไปวางบนอ่างไอน้ำเป็นเวลา 30 นาที ควรจะได้สารละลายใส
5. ล้างน้ำยางที่จับตัวแล้วด้วยน้ำที่กำลังไหล
6. นำยางไปรีดให้มีความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร
7. นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชม.
8. วางให้เย็นที่อุณหภูมิในเดซิเคเตอร์นำมาชั่ง
9. นำมาอบอีกครั้งแล้ววางให้เย็นที่อุณหภูมิในเดซิเคเตอร์นำมาชั่งน้ำหนักที่ได้ไม่ควรแตกต่างกันเกิน 5 มิลลิกรัม
10. การคำนวณ

การคำนวณหาค่า DRC ทำโดยการใช้สมการต่อไปนี้

$$\% \text{เนื้อยางแห้ง (DRC)} = (\text{น้ำหนักเนื้อยางแห้ง} / \text{น้ำหนักน้ำยางที่ใช้}) \times 100$$

3.1.8 การหาค่า KOH number ของน้ำยาง (บุญธรรม, 2532)

1. คำนวณน้ำหนักน้ำยางให้มีปริมาณของแข็งจำนวน 50 กรัม โดยใช้สูตร

$$\text{น้ำหนักยางที่ต้องการ (W)} = (50 \times 10) / \text{TSC}$$

2. ลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางลงให้เหลือเปอร์เซ็นต์แอมโมเนีย 0.5 ± 0.1 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักน้ำในน้ำยาง ด้วยการเติมฟอร์มาลิน 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งฟอร์มาลิน 5 เปอร์เซ็นต์ 1 มิลลิลิตรจะทำปฏิกิริยาพอดีกับแอมโมเนีย 0.0189 กรัม

- 2.1 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์แอมโมเนียต่อน้ำหนักน้ำยางตัวอย่างจากค่าเปอร์เซ็นต์แอมโมเนียต่อน้ำหนักน้ำยาง

ปริมาณแอมโมเนียต่อน้ำหนักน้ำยางตัวอย่าง (A)

$$A = (\% \text{NH}_3 \times 100) / 100 - \text{TSC}$$

- 2.2 การคำนวณหาปริมาณฟอร์มาลิน 5 เปอร์เซ็นต์ที่ต้องเติมลงในน้ำยาง

จำนวนฟอร์มาลิน 5 เปอร์เซ็นต์ (F) กรัม

$$F = \{W(100 - \text{TSC}) \times (A - 0.5)\} / 189$$

- 2.3 ทำน้ำยางให้มีค่าเปอร์เซ็นต์ของของแข็งทั้งหมดเป็น 30 เปอร์เซ็นต์โดยการเติมน้ำจำนวนน้ำที่ต้องเติม (H) กรัม

$$H = 166.7 - W - F$$

3. ดำเนินการทดลองดังนี้

3.1 ชั่งน้ำยางตัวอย่าง W กรัมลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปตรวจวัดค่า pH บันทึกผลไว้ แล้วเติมฟอร์มาลิน 5 เปอร์เซ็นต์ จำนวน F กรัมและน้ำ H กรัม แล้ววัดค่า pH น้ำยางผสมนี้ พร้อมทั้งใช้เครื่องกวนแบบแม่เหล็กกวนน้ำยางไปเรื่อยๆ ขณะเดียวกันให้เติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.5 นอร์มอล จากบิวเรตในน้ำยางครั้งละ 1 มิลลิลิตร และวัดค่า pH ของน้ำยางที่เปลี่ยนไปหลังจากเติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์แต่ละ 1 มิลลิลิตร ให้หยุดเติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เมื่อไทเทรตผ่านจุดที่ปฏิกิริยาสมมูลกันพอดีไปแล้ว คือเมื่อมี pH ของน้ำยางเกิน 11.5

- 3.2 คำนวณหาจำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ของน้ำยางดังนี้

$$\text{KOH Number} = (561 \times N \times V) / (\text{TS} \times m)$$

N คือ นอร์มอลิตีของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

V คือ ปริมาตรของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นมิลลิลิตรที่ใช้ไป

TS คือ เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของของแข็งในน้ำยาง

m คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำยางตัวอย่าง

3.2 อิทธิพลของความแตกต่างของสายพันธุ์ต่อปริมาณสบู่ในน้ำยางธรรมชาติ

3.2.1 การวิเคราะห์เอสเทอร์ของกรดไขมันจากน้ำยางธรรมชาติด้วยเทคนิค HPLC

a) สภาพะการทำงานเครื่อง HPLC

อัตราการไหล (Flow rate): 0.5 mL/min

เฟสเคลื่อนที่: Acetonitrile: Methanol ในอัตราส่วน 75: 25 โดยปริมาตรต่อปริมาตร

ชนิดของคอลัมน์: Prevail Organic acid 150 × 4.6mm, 5μm

ความยาวคลื่น: 210 nm

Run Time: 20 นาที

Injection volume: 20 ไมโครลิตร

b) การเตรียมสารละลายกรดไขมันมาตรฐาน

2. ชั่งกรดไขมันชนิด Analytical grade ของกรดไขมันตั้งแต่ C6 — C22 และ C17 ชนิดละ 1 กรัม ให้มีน้ำหนักที่แน่นอน

3. ละลายใน Isopropanol ในปริมาตรที่เหมาะสมคือ 100 มิลลิลิตร ให้ได้สารละลายกรดไขมันมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือส่วนในล้านส่วน (Part per million, ppm)

c) การศึกษาค่า retention time ของสารละลายกรดไขมันมาตรฐานด้วยเทคนิค HPLC

1. เตรียมสารละลายกรดไขมันมาตรฐานเข้มข้น 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเจือจางจากสารละลายกรดไขมันมาตรฐาน

2. นำมาวิเคราะห์หา retention time ด้วยเครื่อง HPLC-PDA ซึ่งมีสถานะของเครื่องตามข้อ 3.2.1 a โดยทำการฉีดปริมาตร 20 μL

3. คำนวณหาค่าเฉลี่ยและร้อยละความแปรปรวน (%CV) ของค่า retention time

4. ก่อนทำการวิเคราะห์หาปริมาณของสบู่ต้องให้ตัวพา (Mobile phase) ชุ่มในคอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ก่อนประมาณ 30-60 นาที ก่อนการวิเคราะห์เพื่อให้ base line คงที่

d) การวิเคราะห์ปริมาณของสบู่ในน้ำยางธรรมชาติด้วยวิธี External - standardization

1. ฉีดสารละลายมาตรฐานกรดไขมันที่มีความเข้มข้น 300 ppm

2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟของสารละลายกรดไขมันมาตรฐานกับความเข้มข้นของกรดไขมันในหน่วย มิลลิกรัมต่อลิตร

3. นำพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากสารตัวอย่างมาหาความเข้มข้นโดยใช้สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐาน

3.2.2 การวิเคราะห์เอสเทอร์ของกรดไขมันจากน้ำมันยางธรรมชาติด้วยเทคนิค GC-FID

3.2.2.1 การวิเคราะห์เอสเทอร์ของกรดไขมันจากน้ำมันยางธรรมชาติสด

a) สภาพการทำงานเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

Inlets temperature: 250 องศาเซลเซียส

เฟสเคลื่อนที่: แก๊สฮีเลียม

Purge Flow to Split Vent 60.0 mL/min @0.75 min

Oven temperature: Initial 75 °C hold 1 min เพิ่ม 25 °C /min to 200 °C hold 1 min
เพิ่ม 5 °C/ min to 300 °C hold 5 min

Detector: 300 °C H₂/Air ที่อัตราการไหล 35: 400 มิลลิลิตรต่อนาที

Injection volume: 4 ไมโครลิตร

b) การเตรียมเอสเทอร์ของกรดไขมันในน้ำมันยางธรรมชาติและวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC

ทำการเตรียมเอสเทอร์ของกรดไขมันในน้ำมันยาง โดยดัดแปลงวิธีของ Graces and Mancha (1992)

1. ไปเปิดสารละลายกรดไขมันมาตรฐาน หรือชั่งน้ำมันยาง 0.2 กรัม
2. เติมสารละลายผสม 6.6 มิลลิลิตร ซึ่งประกอบด้วย Methanol: Toluene:
2,2-dimethoxypropane: 0.1 M H₂SO₄ (Graces and Mancha,1992) ผสมให้เข้า
กันด้วยเครื่องผสมเป็นเวลา 30 วินาที
3. เติม Heptane 2 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมเป็นเวลา 3 นาที
4. วางให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสในอ่างน้ำร้อนเป็นเวลา 10 นาที
เขย่าให้สารละลายเข้ากันดี
5. วางให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสในอ่างน้ำมันร้อนเป็นเวลา 1
ชั่วโมงสำหรับกรดไขมันและ 2 ชั่วโมง สำหรับตัวอย่างน้ำมันยาง
6. วางให้เย็นและแยกชั้นที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาที
7. ดูดสารละลายส่วนใส(ชั้น Heptane) ใส่ใน vial ปิดฝาเก็บที่อุณหภูมิประมาณ
0 องศาเซลเซียสในช่องแข็งขณะรอการวิเคราะห์
8. เก็บที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสในช่องแช่แข็งขณะรอวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC
9. ศึกษาค่า retention Time ของเอสเทอร์ของกรดไขมันมาตรฐาน โดยฉีด
สารละลายมาตรฐานของกรดไขมัน ที่สภาพการทำงานเครื่องในข้อ 4.2 a)
คำนวณค่าความเที่ยงของการวิเคราะห์

c) วิธีวิเคราะห์ปริมาณของสบู่ในน้ำยางธรรมชาติ

ก่อนทำการวิเคราะห์หาปริมาณสบู่ต้องมีการล้างคอลัมน์โดยการ Run temp และ/หรือฉีดตัวทำละลายเพื่อชะสารอื่นๆ ที่อาจตกค้างอยู่ในคอลัมน์

1. ฉีดเอสเทอร์ของสารละลายกรดไขมันมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 50, 100, 200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยทำการฉีดในวันเดียวกันกับที่เตรียมสารตัวอย่าง
2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟของเอสเทอร์ของสารละลายกรดไขมันมาตรฐานกับความเข้มข้นในหน่วย มิลลิกรัมต่อลิตร
3. นำพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากสารตัวอย่างมาหาความเข้มข้นโดยใช้สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐาน

d) การวิเคราะห์ผลชนิดและปริมาณของสบู่ในน้ำยางธรรมชาติในทางสถิติ

1. การคำนวณค่าเฉลี่ย (mean) ของค่า retention time และพื้นที่ใต้พีค
2. การคำนวณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และร้อยละความแปรปรวน (%CV)
3. การคำนวณค่าผิดพลาดมาตรฐาน (Standard error)
4. การตัดข้อมูลที่น่าสงสัยออกโดยใช้ Q — test
5. การทดสอบความแตกต่างกันของข้อมูลด้วย F — test

3.2.2.2 การวิเคราะห์กรดไขมันในตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติขั้น

ทำการวิเคราะห์กรดไขมันในตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติขั้นหลังการเซ็นทริฟิวจ์ โดยทำการเก็บและเตรียมกรดไขมันภายใน 12 ชั่วโมง จากโรงงานในจังหวัดปัตตานีเพียงโรงงานเดียว ทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 5 ครั้ง ภายในอาทิตย์เดียวกัน แต่ครั้งจากเครื่องปั่นเหวี่ยง 3 เครื่อง และทำการวิเคราะห์สารสกัดเอสเทอร์ที่เตรียมได้ด้วยสภาวะเครื่องเช่นเดียวกับในข้อ 3.2.2.1

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ในการศึกษาชนิดและปริมาณของกรดไขมันซึ่งเป็นที่มาของสบู่ในน้ำยาล้าง ได้แบ่งการศึกษาออกเป็นสองส่วนสำคัญ ๆ คือ

- 1) อิทธิพลของพื้นที่ปลูกต่อปริมาณสบู่ในน้ำยาล้างธรรมชาติ
 - 2) อิทธิพลของความแตกต่างของสายพันธุ์ต่อปริมาณสบู่ในน้ำยาล้างธรรมชาติ
- โดยมีผลการศึกษาของทั้งสองส่วนดังนี้

4.1 อิทธิพลของพื้นที่ปลูกต่อปริมาณสบู่ในน้ำยาล้างธรรมชาติ

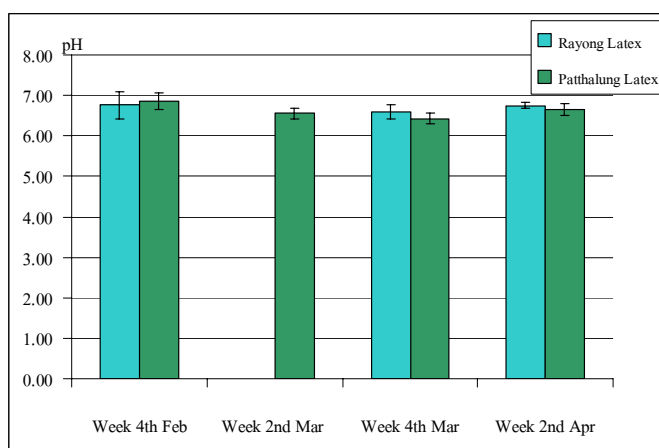
จากการศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการของน้ำยาล้างธรรมชาติสดก่อนที่จะทำการเก็บรักษาด้วยแอมโมเนียที่ 0.7% รวมทั้งศึกษาวิธีการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของกรดไขมันในตัวอย่างน้ำยาล้างธรรมชาติสด พบผลการศึกษาดังนี้

4.1.1 สมบัติทางเคมีบางประการของน้ำยาล้างธรรมชาติสด

ได้ทำการศึกษาศมบัติทางเคมีบางประการ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า (ก่อนที่จะทำการเก็บรักษาด้วยแอมโมเนียที่ 0.7%) ค่าความหนาแน่น ปริมาณเนื้อยางแห้ง ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาล้าง และจำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH number) ของน้ำยาล้างธรรมชาติสดหลังการเก็บรักษาด้วยแอมโมเนียที่ 0.7% ของน้ำยาล้างธรรมชาติสดสายพันธุ์ RRIM600 ที่มาจากต่างพื้นที่ปลูกคือคือจังหวัดระยองซึ่งตั้งอยู่ในภาคตะวันออกและจังหวัดพัทลุงซึ่งตั้งอยู่ในภาคใต้ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน พ.ศ. 2549 พบผลการศึกษาของสมบัติทางเคมีต่าง ๆ ดังนี้

4.1.1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

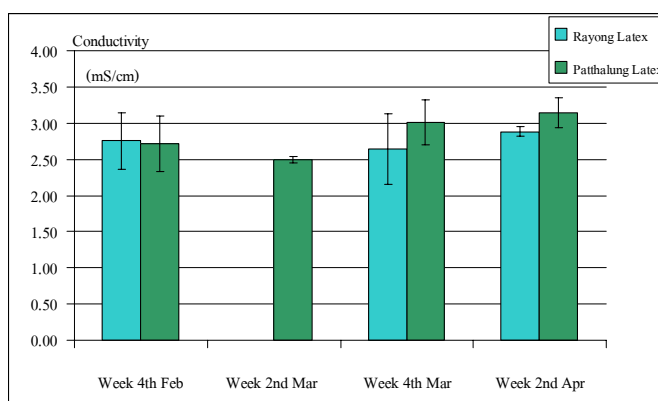
จากการทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำยาล้างธรรมชาติสดที่ปลูกในจังหวัดระยองและจังหวัดพัทลุงนั้น พบค่าความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำยาล้างสดจากสองพื้นที่ปลูกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ทุกช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่าง (6.59-6.76 และ 6.43-6.86)



รูปที่ 4.1.1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำยางธรรมชาติสดสายพันธุ์ RRIM600 จากภาคตะวันออกและภาคใต้ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน พ.ศ. 2549

4.1.1.2 ค่าการนำไฟฟ้า

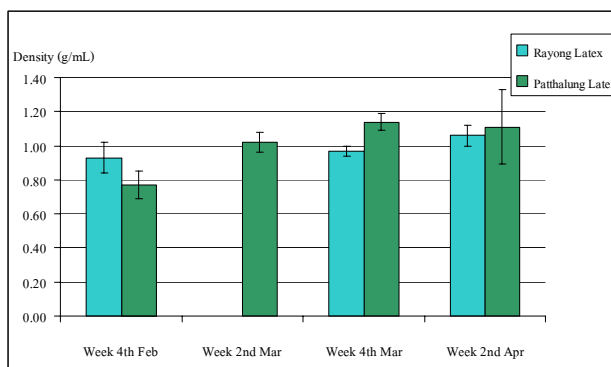
จากการทดสอบค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางธรรมชาติสดที่ปลูกในจังหวัดระยองและจังหวัดพัทลุง ในเดือนกุมภาพันธ์และเดือนมีนาคม (2.64-2.88 และ 3.01-3.14) น้ำยางจากสองพื้นที่ปลูกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในเดือนเมษายน (2.88 ± 0.005 และ 3.14 ± 0.04) น้ำยางจากสองพื้นที่ปลูกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p -value < 0.05)



รูปที่ 4.1.1.2 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางธรรมชาติสดสายพันธุ์ RRIM600 จากภาคตะวันออกและภาคใต้ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน พ.ศ. 2549

4.1.1.3 ค่าความหนาแน่น

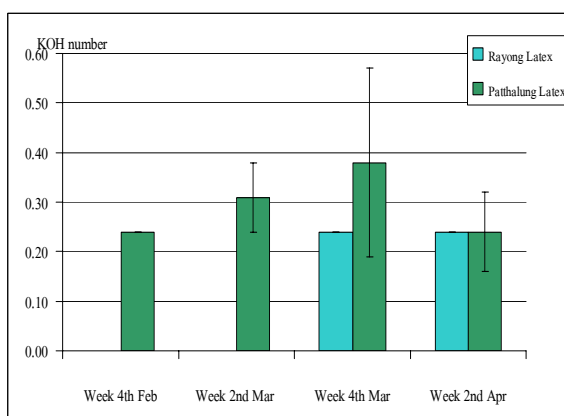
จากการทดสอบค่าความหนาแน่นของน้ำยางธรรมชาติสดที่ปลูกในจังหวัดระยองและจังหวัดพัทลุงนั้น พบว่าในเดือนกุมภาพันธ์และเดือนมีนาคม (0.93-0.97 และ 0.77-1.14) น้ำยางสดจากสองพื้นที่ปลูกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p -value < 0.05) ส่วนในเดือนเมษายนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (1.05 ± 0.004 และ 1.11 ± 0.05)



รูปที่ 4.1.1.3 ค่าความหนาแน่นของน้ำยางธรรมชาติสดสายพันธุ์ RRIM600 จากภาคตะวันออกและภาคใต้ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน พ.ศ. 2549

4.1.1.4 ค่าจำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ของน้ำยางธรรมชาติสด (KOH number)

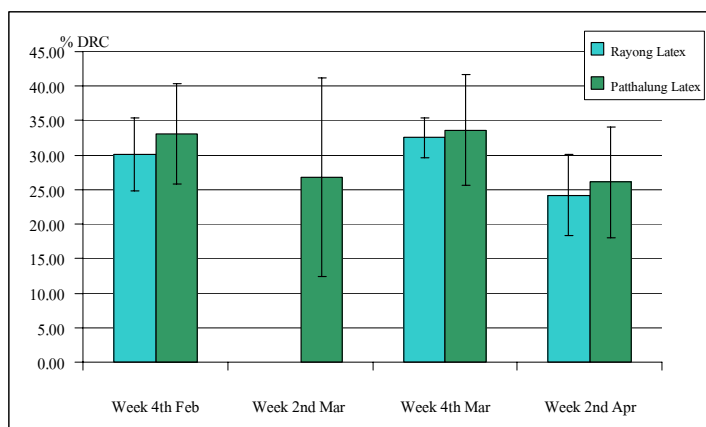
การทดสอบหาจำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณรวมของกรดไขมันอิสระที่อยู่ในรูปเกลือของแอมโมเนียม ในน้ำยางธรรมชาติสดที่ปลูกในจังหวัดระยองและจังหวัดพัทลุงนั้น พบว่า ในช่วงปลายเดือนมีนาคม ค่า KOH number ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (0.24 ± 0.0001 และ 0.38 ± 0.04)



รูปที่ 4.1.1.4 ค่าเลข KOH ของน้ำยางธรรมชาติสดสายพันธุ์ RRIM600 จากภาคตะวันออกและภาคใต้ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน พ.ศ. 2549

4.1.1.5 ปริมาณเนื้อยางแห้ง

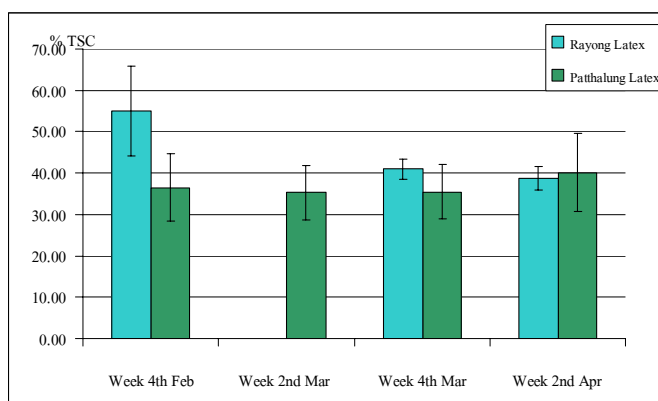
จากการทดสอบปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางธรรมชาติสดที่ปลูกในจังหวัดระยองและจังหวัดพัทลุงนั้น พบว่าเมื่อนำมาตรวจสอบค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของน้ำยางธรรมชาติสดที่ปลูกจากทั้งสองพื้นที่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า น้ำยางจากสองพื้นที่ปลูกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทุกช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง (24.23-32.52 และ 26.1-33.6%)



รูปที่ 4.1.1.5 ปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางธรรมชาติสดสายพันธุ์ RRIM600 จากภาคตะวันออกและภาคใต้ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน พ.ศ. 2549

4.1.1.6 ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำยางธรรมชาติ

จากการทดสอบปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำยางธรรมชาติสดที่ปลูกในจังหวัดพัทลุงและจังหวัดระยองนั้น พบว่าเมื่อนำค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำยางธรรมชาติสดที่ปลูกจากทั้งสองพื้นที่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในเดือนมีนาคมและเดือนเมษายน (38.75-40.94 และ 35.51-40.12) น้ำยางสดจากสองพื้นที่ปลูกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p -value < 0.05) ส่วนในเดือนกุมภาพันธ์ (55.01±10.0 และ 36.55±8.2) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยน้ำยางจากจังหวัดระยองมีปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงกว่าน้ำยางจากจังหวัดพัทลุง



รูปที่ 4.1.1.6 กราฟแสดงปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำยางธรรมชาติสดสายพันธุ์

RRIM600 จากภาคตะวันออกและภาคใต้ในระหว่างเดือน ก.พ.ถึง เม.ย. 2549

4.1.2 การศึกษาชนิดและกรดไขมันที่มีอยู่เดิมในน้ำยางธรรมชาติที่มาจากพื้นที่ปลูก

ในช่วงต้นของการศึกษาได้ทำการเตรียมโดยวิธีการสกัดและวิเคราะห์ชนิดและกรดไขมันโดยเทคนิคโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatography, HPLC) แต่เนื่องจากหากใช้เทคนิคการสกัดกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำยางธรรมชาติ จะไม่สามารถหาปริมาณกรดไขมันที่มีอยู่ทั้งหมดได้เหมือนกับเทคนิคการสลายกรดไขมันที่มีอยู่ทั้งหมดและเตรียมให้อยู่ในรูปของเอสเทอร์และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas chromatography) อีกทั้งขนาดของสัญญาณของกรดไขมันที่ความเข้มข้นเดียวกันที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC ยังมีขนาดต่ำกว่าการตรวจวิเคราะห์เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันดังกล่าวด้วยเครื่อง GC จึงได้เลือกใช้เทคนิค GC ในการศึกษารั้งนี้

ตารางที่ 4.1.2.1 เปรียบเทียบค่า Response จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC กับเครื่อง GC

ที่ความเข้มข้นของกรดไขมันทุกตัวที่ 100 ppm

ชนิดของ กรดไขมัน	Response ของกรดไขมัน โดยเทคนิค HPLC (Peak Area/Conc.)	Response ของเมทิลเอสเทอร์ โดยเทคนิค GC (Peak Area/Conc.)
C6	3.63	2.38
C8	2.43	4.49
C10	0.78	8.02
C12	0.49	6.27
C14	0.78	5.34
C16	0.42	4.27
C17	0.66	4.33
C18	0.67	4.88

4.1.2.2 การวิเคราะห์ชนิดและกรดไขมันโดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี

ผลการศึกษาสภาพการทำงานของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีโดยใช้เครื่องตรวจวัดแบบ Flame Ionization Detector (FID) ในการวิเคราะห์สบู่ในน้ำยางธรรมชาติที่ผ่านการเตรียมเป็นเอสเทอร์

1) การวิเคราะห์เอสเทอร์ของกรดไขมันมาตรฐานด้วยเทคนิค GC- FID

ในการวิเคราะห์สารละลายกรดไขมันมาตรฐานผสม ซึ่งประกอบด้วย Hexanoic acid (C6), Octanoic acid (C8), Decanoic acid (C10), Dodecanoic acid (C12), Tetradecanoic acid (C14), Palmitic acid (C16), Octadecanoic acid (C18), Eicosanoic acid (C20) Docosanoic acid (C22) Heptadecanoic acid (C17) ด้วยวิธีวิเคราะห์และสกัดให้กลายเป็นเอสเทอร์ในคราวเดียวกัน แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีนั้น (GC)

GC-FID conditions

1) Injector 250 °C

2) Oven temperature programe

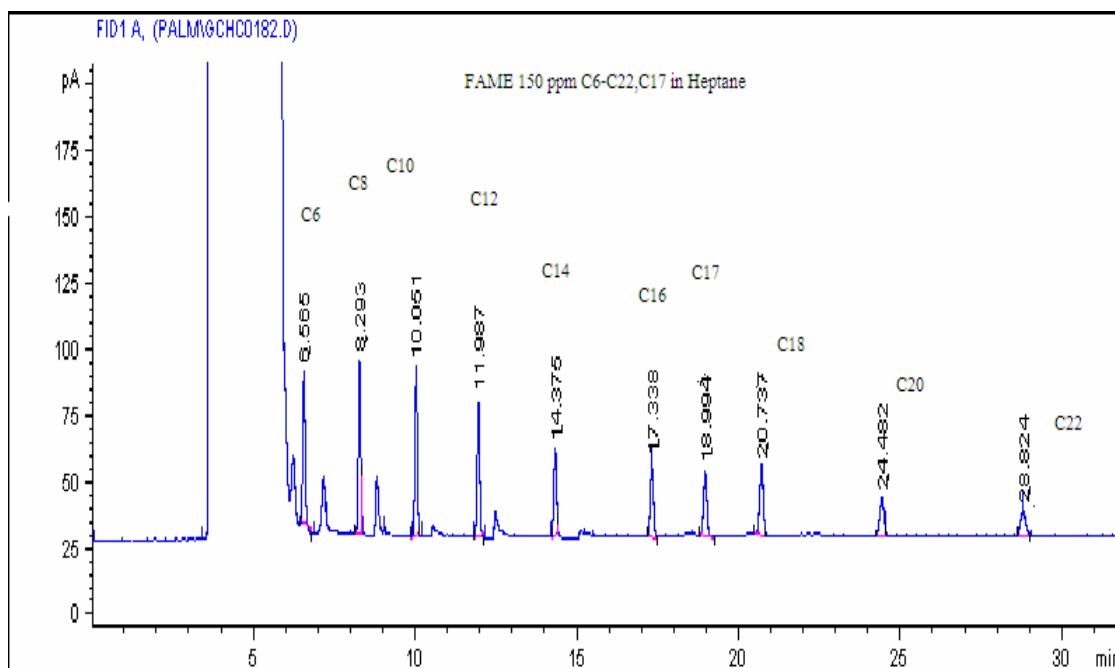
75 °C hold 1 min ,

25 °C/ min to 200 °C hold 1 min,

50 °C to 275 °C hold 18 min

3) Detector FID: 300 °C, H₂ 350 mL/min, Air 400 mL/min

โดยมีลำดับของพีคสัญญาณของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนน้อยที่สุดไปยังมากที่สุดตามลำดับโดยเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน C10 ให้สัญญาณต่อความเข้มข้น (response) สูงที่สุดดังตารางที่ 4.1.2.1 และ รูปที่ 4.1.2.1



รูปที่ 4.1.2.1 ผลการวิเคราะห์เมทิลเอสเทอร์ของกรดมาตรฐานผสม Hexanoic acid (C6), Octanoic acid (C8), Decanoic acid (C10), Dodecanoic acid (C12), Tetradecanoic acid (C14), Palmitic acid (C16), Octadecanoic acid (C18), Eicosanoic acid (C20) Docosanoic acid (C22) และ Heptadecanoic acid (C17)

ตารางที่ 4.1.2.2 ค่า Retention Time ของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันมาตรฐาน

เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน	Within – Run Precision	Between – Run Precision
C6 methyl ester	6.588±0.02	6.588±0.078
C8 methyl ester	7.992±0.02	7.992±0.054
C10 methyl ester	9.702±0.02	9.702±0.067
C12 methyl ester	11.653±0.01	11.653±0.054
C14 methyl ester	14.053±0.01	14.053±0.055
C16 methyl ester	17.020±0.02	17.020±0.038
C17 methyl ester	18.679±0.02	18.679±0.034
C18 methyl ester	20.422±0.02	20.422±0.029
C20 methyl ester	24.133±0.02	24.133±0.033
C22 methyl ester	28.406±0.02	28.406±0.038

ตารางที่ 4.1.2.3 พื้นที่ใต้พีค (Peak Area) ของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ

เอสเทอร์ของ กรดไขมัน	Peak area ที่ความ เข้มข้น 150 ppm	Peak area ที่ความ เข้มข้น 300 ppm	Ratio ที่ความเข้มข้น 150 ppm (PA _{FA} /PA _{C17})*	Ratio ที่ความเข้มข้น 300 ppm (PA _{FA} /PA _{C17})*
C6	415	849	1.321	3.523
C8	419	898	1.334	3.723
C10	528	847	1.682	3.515
C12	531	723	1.691	2.997
C14	391	507	1.244	2.105
C16	347	412	1.104	1.709
C17	314	482	1.000	2.000
C18	393	445	1.250	1.848
C20	281	305	0.894	1.266
C22	232	225	0.739	0.935

* Park area of each Fatty Acid Methyl Ester/ Park area of Internal Standard (Heptadecanoic acid)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสัญญาณ (พื้นที่ใต้พีค) กับความเข้มข้นพบมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงสำหรับสารเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันทุกชนิด ($R^2 > 0.99$ ทุกชนิด) อย่างไรก็ตามจุดตัดยังอยู่เหนือจุด origin ทั้งนี้เนื่องจากเริ่มปรากฏพีคของสัญญาณสูงกว่า base line เมื่อความเข้มข้นสูงกว่า 75 ppm

ตารางที่ 4.1.2.4 สมการเส้นตรงและค่า R^2 ของกราฟมาตรฐานเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน

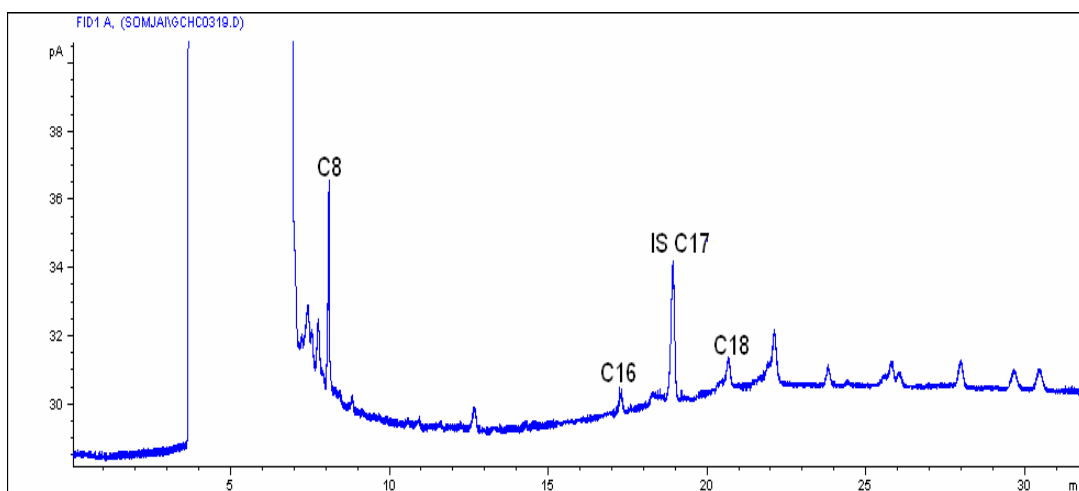
เมธิลเอสเทอร์ ของกรดไขมัน	สมการความสัมพันธ์ระหว่าง สัญญาณและความเข้มข้น	R^2
C6	$y=2.2027x-0.8819$	1
C8	$y=2.389x-1.546$	1
C10	$y=1.8325x-0.1506$	1
C12	$y=1.3061x+0.3852$	1
C14	$y=0.8613x+0.3823$	1
C16	$y=0.605x+0.4994$	1
C17	$y=x$	1
C18	$y=0.5981x+0.652$	1
C20	$y=0.3724x+0.5216$	1
C22	$y=0.1963x+0.5424$	1

ตารางที่ 4.1.2.5 ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัด (Detection limit) ของกรดไขมันแต่ละชนิด

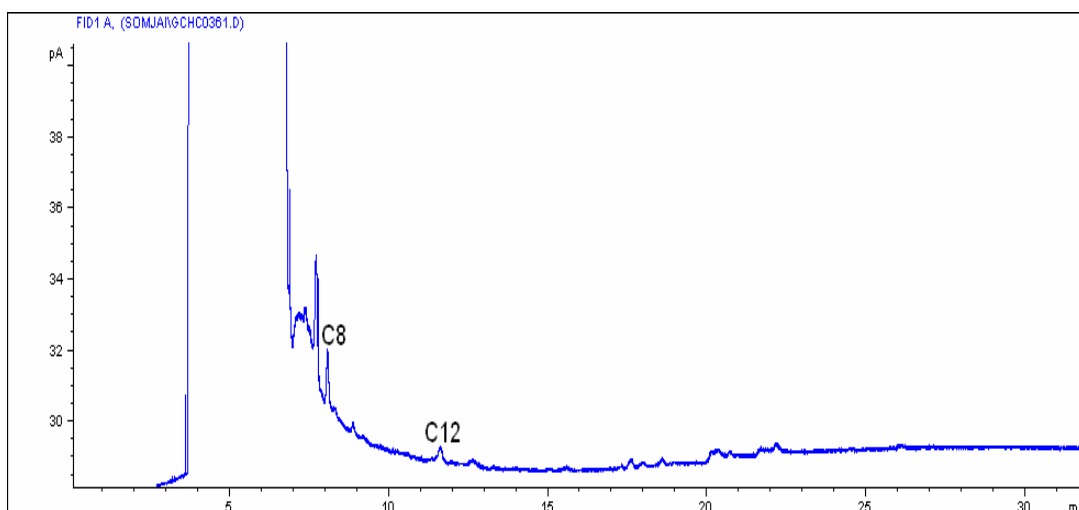
กรดไขมัน	Mean of Peak Area at ± 0.10 min RT of each analyte	SD	5*SD	Concentration (ppm)
C8	0.07	0.14	0.7	0.0140
C10	0.004	0.01	0.04	0.0005
C12	0.081	0.16	0.81	0.0100
C14	0.005	0.01	0.05	0.0097
C16	0.097	0.19	0.97	0.2147
C17	0.003	0.01	0.03	0.0007
C18	0.006	0.01	0.06	0.0013

4.1.2.3 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำยางธรรมชาติจากต่างพื้นที่ปลูก

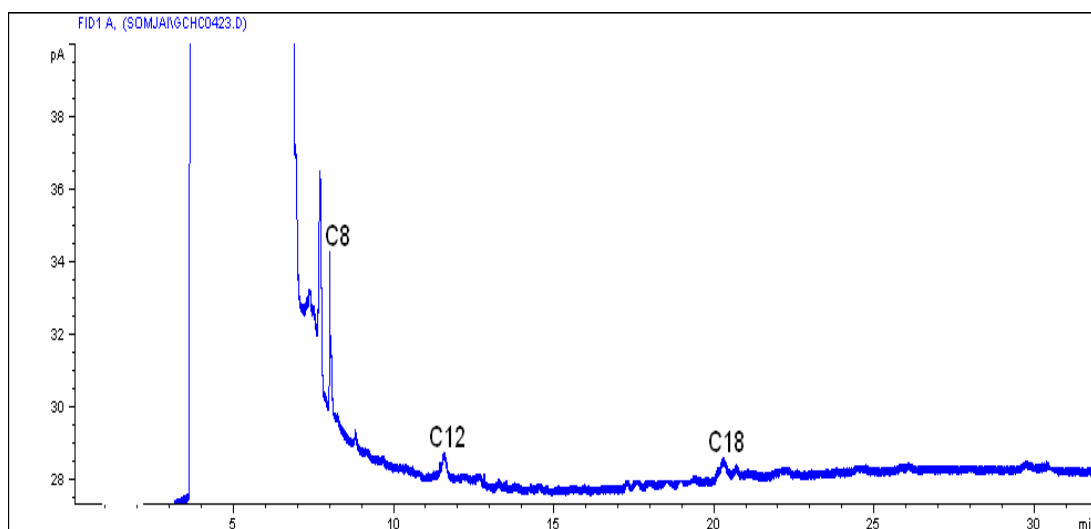
ผลการวิเคราะห์สารสกัดจากรubber latex ที่ผ่านการสกัดและเตรียมเป็นเอสเทอร์ในคราวเดียวกันซึ่งในการวิเคราะห์ได้ทำการตรวจสอบความแม่นยำโดยการทำการเติมสารมาตรฐานของกรดไขมันเปรียบเทียบกับน้ำยางที่ไม่ผ่านการเติมสารละลายกรดไขมันมาตรฐาน หากได้พิกัดสัญญาณตรงกันแสดงว่าตัวอย่างน้ำยางนั้น ๆ มีกรดไขมันที่มีพิกัดสัญญาณตรงกัน รูปที่ 4.1.2.3 (a), 4.1.2.3 (b) และ 4.1.2.3 (c) แสดงลักษณะของโครมาโทแกรมของสารสกัดเอสเทอร์ของกรดไขมันจากน้ำยางที่ไม่ผ่านการเติมสารละลายกรดไขมันมาตรฐาน



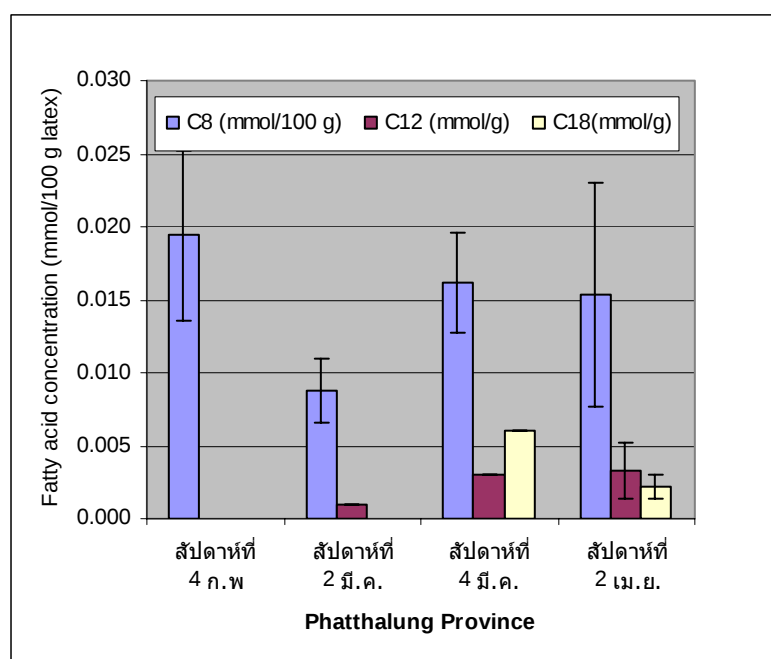
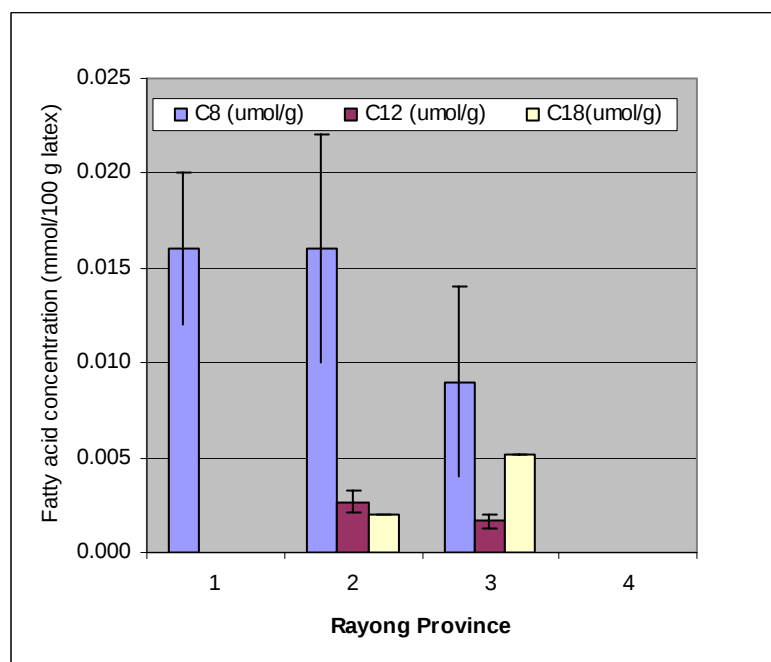
รูปที่ 4.1.2.2 (a) โครมาโทแกรมสารละลายเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันจากต้นยางตัวอย่างสายพันธุ์PB255 เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ต้นที่ 4 (255_2_4)



รูปที่ 4.1.2.2 (b) โครมาโทแกรม สารละลายเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันจากต้นยางตัวอย่างสายพันธุ์RRIM600 เก็บตัวอย่างครั้งที่ 3 ต้นที่ 3 (600_3_3)



รูปที่ 4.1.2.2 (c) โครมาโทแกรม สารละลายเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันจากคั่นยางตัวอย่าง
สายพันธุ์ PB255 เก็บตัวอย่างครั้งที่ 5 คั่นที่ 1 (255_5_1)



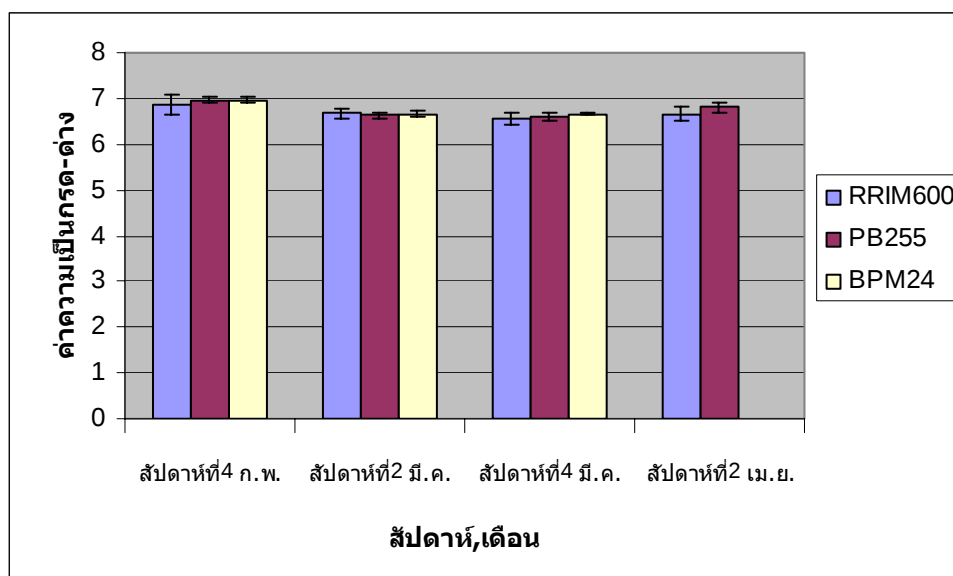
รูปที่ 4.1.2.3 กรดไขมันที่ตรวจพบในน้ำยางธรรมชาติสายพันธุ์ RRIM600 ที่ปลูกใน
จังหวัดระยองและพัทลุง ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน 2549

4.2 อิทธิพลของความแตกต่างของสายพันธุ์ต่อปริมาณสบู่น้ำยางธรรมชาติ

4.2.1 สมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของน้ำยางธรรมชาติ

4.2.1.1 ค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำยางธรรมชาติสด

จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำยางธรรมชาติสด (ก่อนการเติมสารละลายแอมโมเนียเพื่อรักษาสภาพน้ำยาง) จากต้นยางต่างสายพันธุ์ในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ - เมษายน พ.ศ. 2549 พบค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำยางทั้ง 3 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Single factor ANOVA) จากการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง ค่าความเป็นกรด – ด่างของทั้งสามสายพันธุ์อยู่ในช่วง 6.6 – 7.0 ซึ่งสอดคล้องกับที่รายงานโดย บุญธรรมและคณะ (2359) โดยค่าความเป็นกรด – ด่าง ในสามสายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ RRIM600, PB255 และ BPM24 มีค่าอยู่ในช่วง 6.55 - 6.86, 6.61 – 6.69 และ 6.66 – 6.67 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.2.1.1

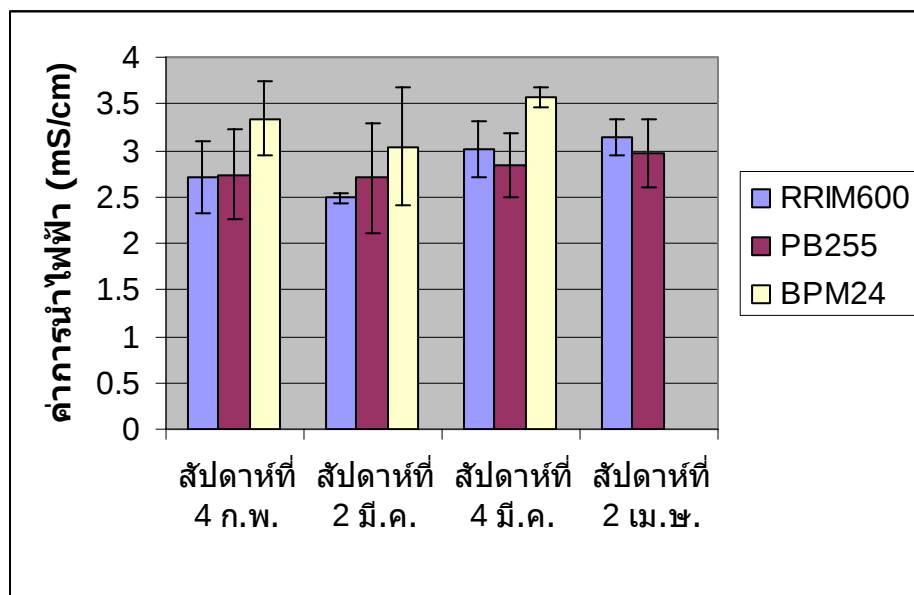


รูปที่ 4.2.1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำยางสายพันธุ์ต่างๆ จากพัทลุง
ช่วง เดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน 2549

4.2.1.2 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางธรรมชาติสด

จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางสด (ก่อนการเติมสารละลายแอมโมเนีย) จากต้นยางต่างสายพันธุ์ในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ - เมษายน พ.ศ. 2549 พบค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์อยู่ในช่วง 2.5- 3.5 mS/cm โดยค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์ในสัปดาห์ที่ 4 เดือนกุมภาพันธ์ 2549, สัปดาห์ที่ 2 เดือนมีนาคม 2549 และสัปดาห์ 2 เดือนเมษายน 2549 มีค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในสัปดาห์ที่ 4 เดือนมีนาคม 2549 มีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

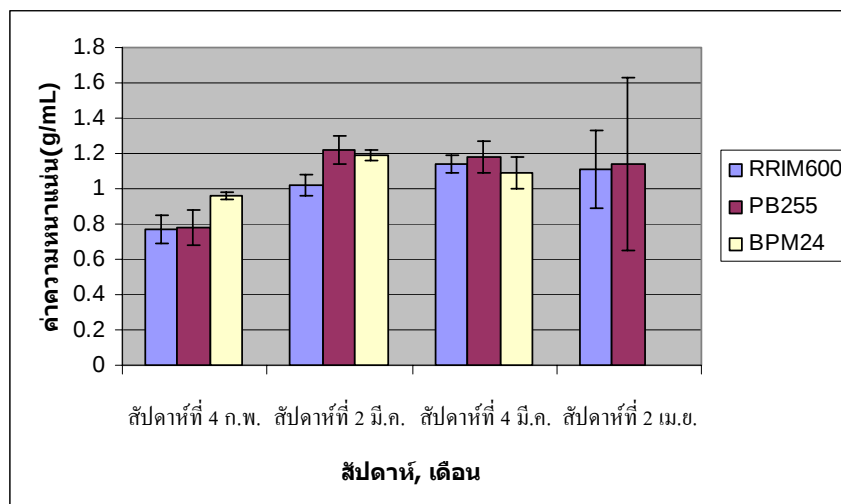
(Single factor ANOVA, $p < 0.05$) จากการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง โดยค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางธรรมชาติสด สายพันธุ์ RRIM600, PB255 และ BPM24 มีค่าอยู่ในช่วง 2.44 - 3.34 , 2.10 - 3.33 และ 2.40 - 3.68 mS/cm ตามลำดับ ดังผลการศึกษาดังแสดงรูปที่ 4.2.1.2



รูปที่ 4.2.1.2 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางสายพันธุ์ต่างๆ จากพัทลุง
ช่วง เดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน 2549

4.2.1.3 ความหนาแน่น

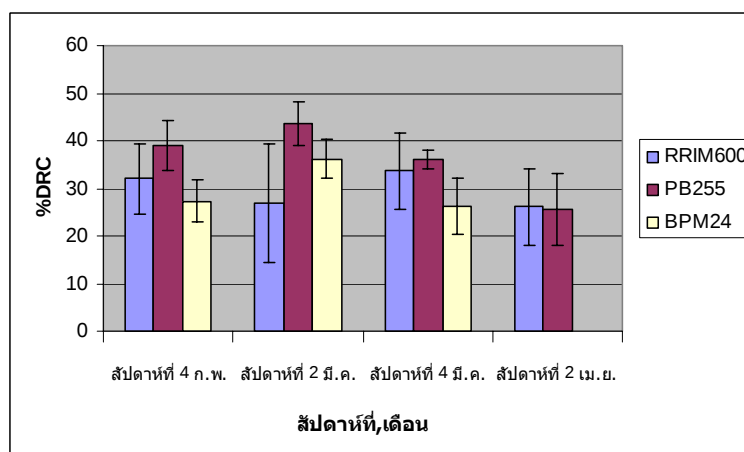
จากการศึกษาค่าความหนาแน่นของน้ำยางสด (หลังเติมสารละลายแอมโมเนีย) ในต้นยางต่างสายพันธุ์ในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ - เมษายน พ.ศ. 2549 พบค่าความหนาแน่นของทั้งสามสายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 0.77 - 1.19 g/mL พบค่าความหนาแน่นของน้ำยางสายพันธุ์ BPM24 สูงที่สุดในสัปดาห์แรกที่ศึกษา และในน้ำยาง RRIM600 มีค่าต่ำที่สุดในสัปดาห์ที่ 2 เดือนมีนาคม 2549 แต่ในสัปดาห์ที่ 4 มีนาคม 2549 และ สัปดาห์ที่ 2 เมษายน 2549 น้ำยางทั้งสามสายพันธุ์มีค่าความหนาแน่นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Single factor ANOVA) ผลการศึกษาดังรูปที่ 4.9 อย่างไรก็ตามจากกราฟจะเห็นได้ว่าความหนาแน่นของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์มีแนวโน้มค่อยๆ เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเข้าสู่ฤดูแล้ง



รูปที่ 4. 2.1.3 ค่าความหนาแน่นของน้ำยางสายพันธุ์ต่างๆ จากพัทลุง
ช่วง เดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน 2549

4.2.1.4 ปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางธรรมชาติสด

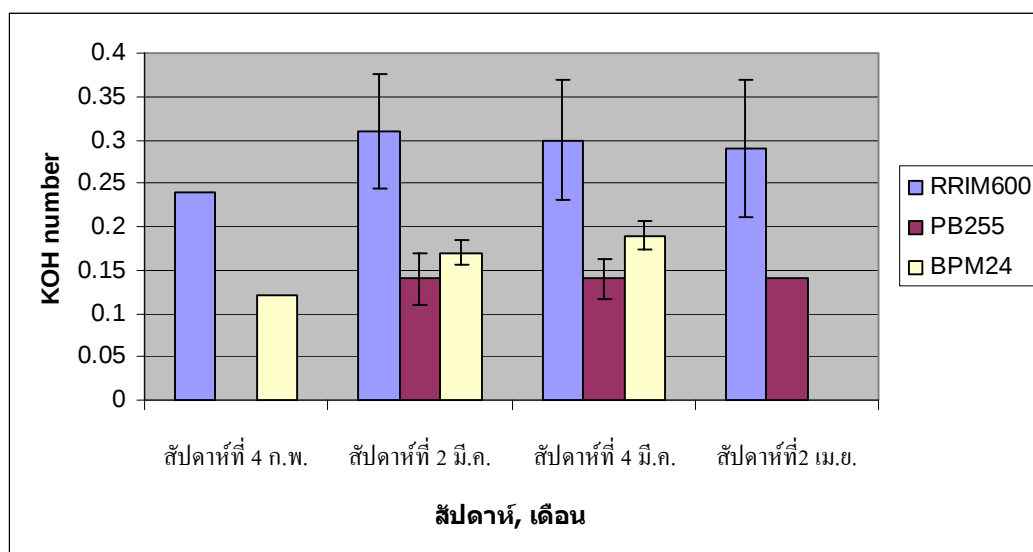
จากการศึกษาปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางสด (หลังการเติมสารละลายแอมโมเนีย) จากต้นยางต่างสายพันธุ์ในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ - เมษายน พ.ศ. 2549 พบว่าปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์อยู่ในช่วง 25.54-43.57% ซึ่งสอดคล้องกับ บุญธรรมและคณะ (2539) และ Rensing (2005) ซึ่งรายงานไว้ที่ 25-45% และ 36% ตามลำดับ จากการเก็บตัวอย่างจำนวน 4 ครั้ง โดยที่ปริมาณเนื้อยางแห้งของทั้งสามสายพันธุ์ในสัปดาห์ที่ 4 เดือนกุมภาพันธ์ 2549 สำหรับในสัปดาห์ที่ 2 เดือนมีนาคม 2549 และสัปดาห์ที่ 4 เดือนมีนาคม 2549 น้ำยางสายพันธุ์ PB255 มีปริมาณเนื้อยางแห้งสูงสุด ($p < 0.05$) แต่ในเดือนเมษายน น้ำยางทั้งสามสายพันธุ์มีปริมาณเนื้อยางแห้งที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางธรรมชาติสด สายพันธุ์ RRIM600, PB255 และ BPM24 มีค่าอยู่ในช่วง, 25.54 – 43.57, 23.56 – 27.33 และ 26.08 – 33.63 ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงดังรูปที่ 4.2.1.4



รูปที่ 4.2.1.4 ปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางสายพันธุ์ต่างๆ จากพัทลุง ช่วง เดือน ก.พ. – เม.ย. 2549

4.2.1.5 ค่า % KOH number

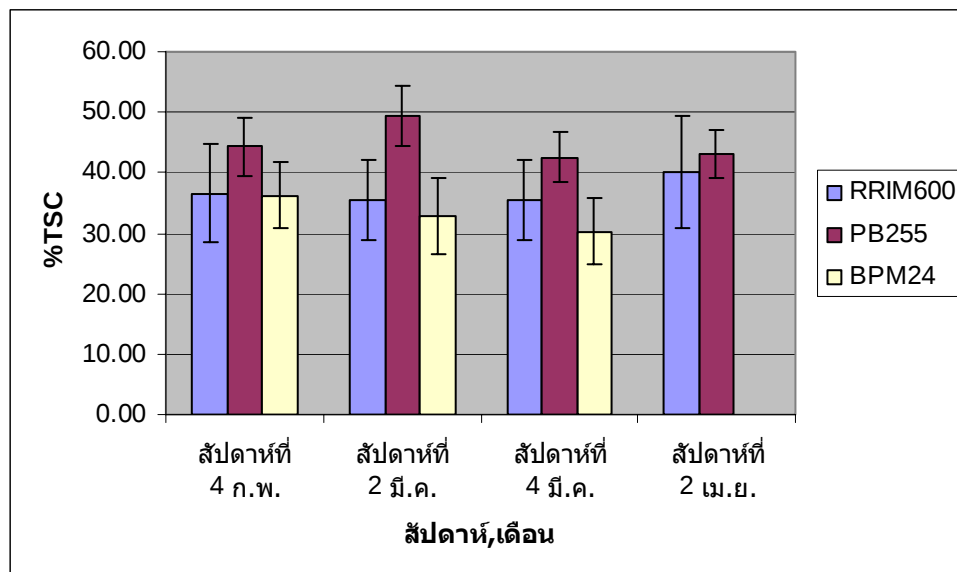
จากการศึกษาค่า % KOH number ของน้ำยางสด (หลังเติมสารละลายแอมโมเนียที่ 0.7%) จากต้นยางต่างสายพันธุ์ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - เมษายน พ.ศ. 2549 พบว่า % KOH number ทั้งสามสายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 0.12 – 0.38% โดยน้ำยางสายพันธุ์ RRIM600 มีค่า %KOH number สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยค่า %KOH number ของน้ำยางสายพันธุ์ RRIM600, PB255 และ BPM24 มีค่า 0.24 – 0.38, 0.14 – 0.16 และ 0.12 -0.21 ตามลำดับ ดังค่าที่แสดงในรูปที่ 4.2.1.5



รูปที่ 4.2.1.5 ค่า % KOH number ของน้ำยางสายพันธุ์ต่างๆ จากพัทลุง
ช่วง เดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน 2549

4.2.1.6 ค่า %TSC

จากการศึกษาค่า %TSC ของน้ำยางต่างสายพันธุ์ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - เมษายน 2549 ค่า %TSC ของน้ำยางสดทั้งสามสายพันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง 30.26 - 49.36% จากการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง พบว่า ค่า %TSC ของน้ำยางสดสายพันธุ์ PB255 มีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ตลอดช่วงระยะเวลาที่ศึกษา โดยค่า %TSC ของสายพันธุ์ RRIM600, PB255 และ BPM24 มีค่า 36.55-40.12, 42.49-49.36 และ 30.26-36.17 ตามลำดับ ผลการศึกษา แสดงดังรูปที่ 4.2.1.6

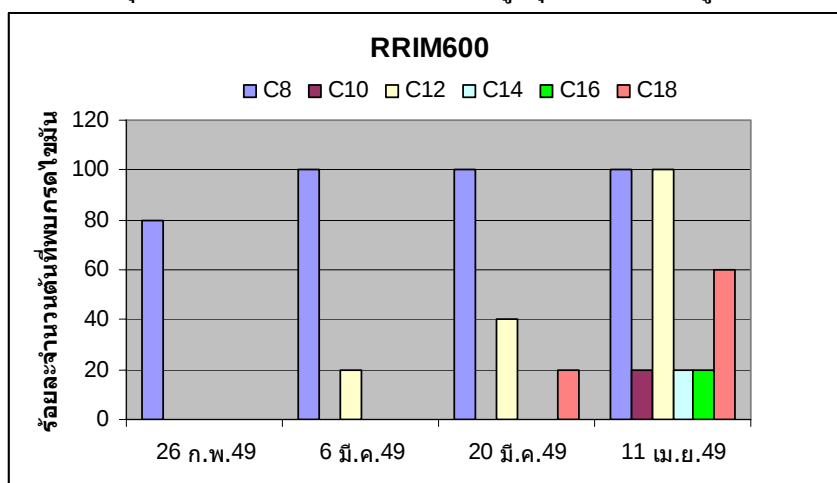


รูปที่ 4.2.1.6 ค่า %TSC ของน้ำยางสายพันธุ์ต่างๆ จากพัสดุ ช่วง เดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน 2549

4.2.2 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสบู่ในน้ำยางธรรมชาติด้วยเทคนิค GC – FID

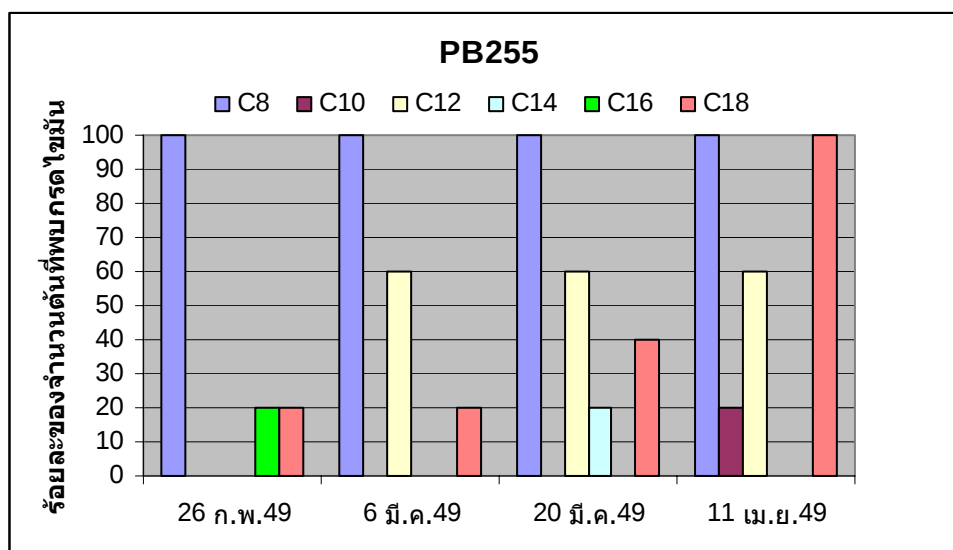
4.2.2.1 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสบู่ในน้ำยางธรรมชาติสด

จากการวิเคราะห์หากรดไขมันในน้ำยางตัวอย่างทั้งสามสายพันธุ์ พบร้อยละของจำนวนต้นที่พบกรดไขมัน ดังนี้ ใน สายพันธุ์ RRIM600 พบ C8 80 -100% ตลอดช่วงระยะเวลาที่ศึกษา และพบ C12 ตั้งแต่ครั้งที่ 2 ของการศึกษาและพบจำนวนต้นที่มี C12 เพิ่มขึ้น โดยในสัปดาห์สุดท้ายพบกรดไขมันมากที่สุดและจำนวนต้นที่พบก็มีจำนวนสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 4.2.1.7



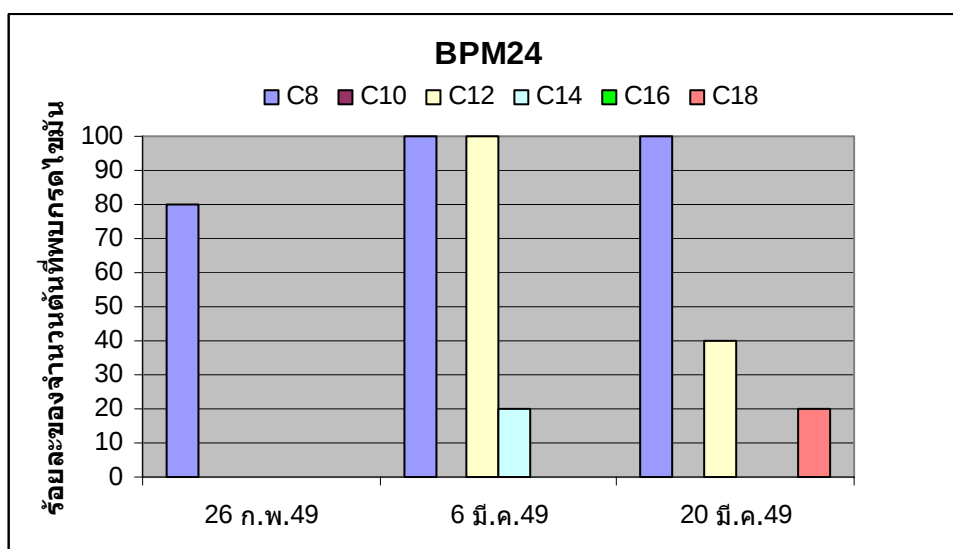
รูปที่ 4.2.1.7 ร้อยละของจำนวนต้นที่พบกรดไขมันสายพันธุ์ RRIM600

ในสายพันธุ์ PB 255 พบร้อยละของจำนวนต้นที่พบกรดไขมันดังนี้ C8 100% ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา, C12 พบตั้งแต่ครั้งที่ 2 โดยพบ ร้อยละ 60, C18 ตรวจพบทุกครั้งและพบจำนวนต้นที่มี C18 เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังตรวจพบ C10, 14 และ C16 ดังรูปที่ 4.2.1.8



รูปที่ 4.2.1.8 ร้อยละของจำนวนต้นที่พบกรดไขมันสายพันธุ์ PB255

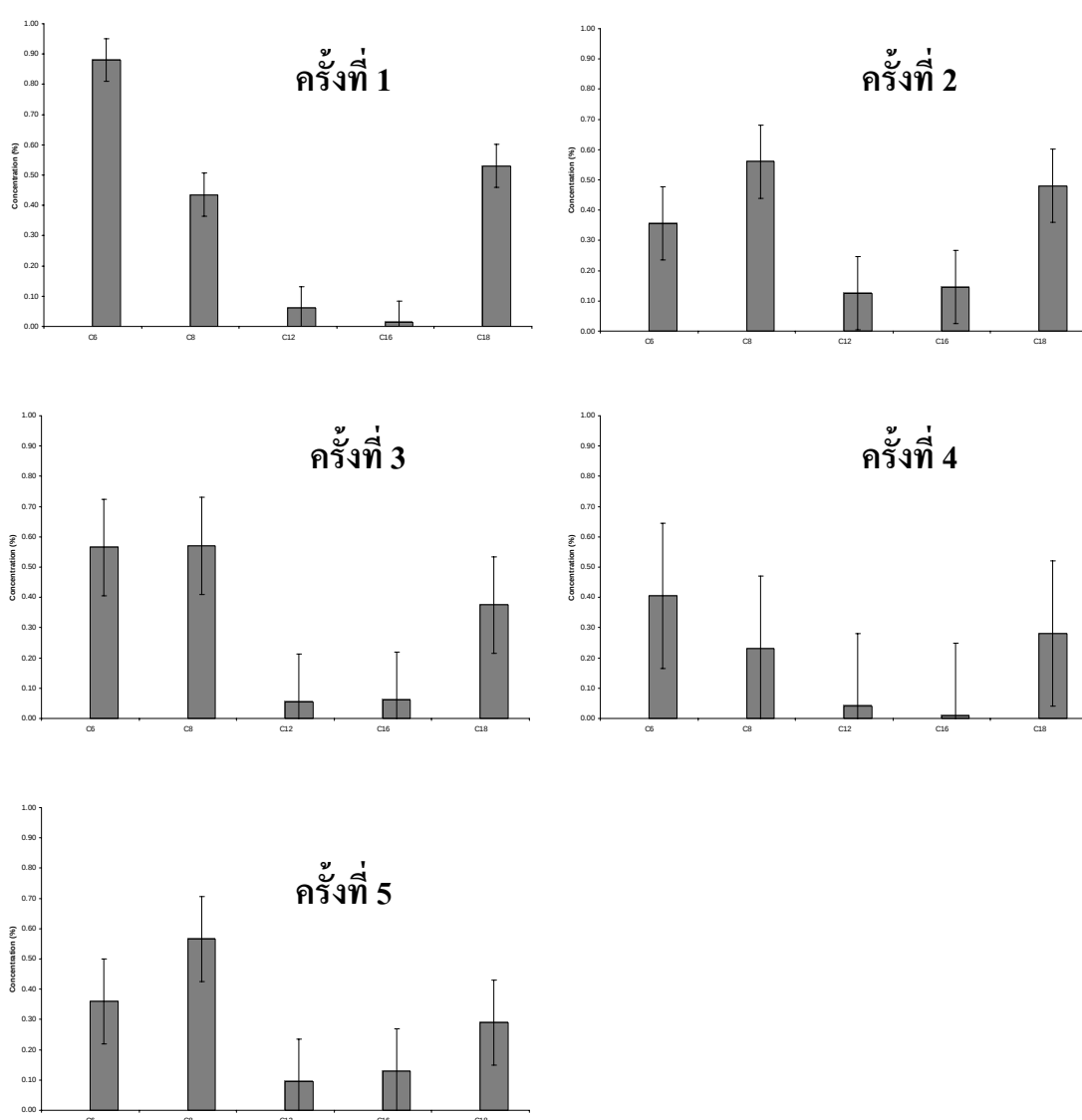
ในสายพันธุ์ BPM24 ตรวจพบ C8 ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา และพบ C12 ตั้งแต่ครั้งที่ 2 นอกจากนี้ยังตรวจพบ C14 และ C18 ในครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.2.1.9



รูปที่ 4.2.1.9 ร้อยละของจำนวนต้นที่พบกรดไขมันสายพันธุ์ BPM24

4.2.2.2 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารในน้ำยางธรรมชาติชั้นหลังการปั่นเหวี่ยง

ผลการวิเคราะห์กรดไขมันในรูปของเอสเทอร์ด้วยเทคนิค GC-FID ในตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติชั้นหลังการเซ็นทรีฟัจ ภายใน 24 ชั่วโมง จากการเก็บตัวอย่างจำนวน 5 ครั้ง แต่ละครั้งจากหัวปั่นเหวี่ยง 3 หัว ตรวจพบ กรดไขมัน พบชนิดของกรดไขมันคือ กรดเฮกซาน-อิก (C6) กรดออกทาน-อิก (C8) กรดโดเดคา-นอิก (C12) กรดปาล์มมิก (C16) และกรดออกตะเตคา-นอิก (C18) ที่ความเข้มข้นในช่วง 0.20-0.80, 0.10-0.50, 0.02-0.07, 0.01-0.03 และ 0.20-0.50 ร้อยละโดยน้ำหนัก ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.2.2



รูปที่ 4.2.2 ชนิดและความเข้มข้นของกรดไขมันที่ตรวจพบในน้ำยางชั้นภายใน 12 ชั่วโมง หลังการเซ็นทรีฟัจ

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษานี้และปริมาณสบู่ที่มีอยู่เดิมในน้ำยางธรรมชาติ รวมทั้งสมบัติทางเคมีเบื้องต้นบางประการของน้ำยางในครั้งนี้ ได้แบ่งการศึกษาออกเป็นสองส่วนคือส่วนแรกทำการศึกษานิตและปริมาณสบู่ของน้ำยางจากต้นยางสายพันธุ์เดียวกันคือสายพันธุ์ RRIM600 ซึ่งปลูกต่างพื้นที่กันคือในภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศ และส่วนที่สองคือการศึกษานิตและปริมาณสบู่ของน้ำยางจากต้นยางต่างสายพันธุ์กัน แต่ปลูกในพื้นที่เดียวกัน คือทางภาคใต้ของประเทศในจังหวัดพัทลุง พบข้อสรุปที่สำคัญ ๆ ดังนี้

การศึกษาในส่วนแรก คือการศึกษาสมบัติทางเคมีเบื้องต้นบางประการของน้ำยางธรรมชาติสดสายพันธุ์เดียวกันคือสายพันธุ์ RRIM600จากต่างพื้นที่ปลูกคือจาก จังหวัดระยองในภาคตะวันออกและจังหวัดพัทลุงทางภาคใต้ของประเทศ พบว่า สมบัติทางเคมีและกายภาพที่ศึกษา ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยอาจสรุปผลของการศึกษาได้ดังนี้

ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำยางธรรมชาติสดจากสองพื้นที่ปลูกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ น้ำยางที่เก็บจากต้นยางสายพันธุ์ RRIM600 ที่ปลูกในจังหวัดระยอง มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 6.59-6.76 ส่วนน้ำยางจากจังหวัดพัทลุง มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.43-6.86

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางธรรมชาติสดจากสองพื้นที่ปลูกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ พบว่าในเดือนกุมภาพันธ์และเดือนมีนาคม น้ำยางจากสองพื้นที่ปลูกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในเดือนเมษายน น้ำยางจากสองพื้นที่ปลูกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางจากจังหวัดระยองมีค่าอยู่ในช่วง 2.64-2.88 mS/cm และจากจังหวัดพัทลุงมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 2.49-3.14 mS/cm

ค่าความหนาแน่นของน้ำยางธรรมชาติสดจากสองพื้นที่ปลูก พบว่าในเดือนกุมภาพันธ์และเดือนมีนาคม น้ำยางสดจากสองพื้นที่ปลูกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในเดือนเมษายนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าความหนาแน่นของน้ำยางจากจังหวัดระยองมีค่าอยู่ในช่วง 0.926-1.060 กรัมต่อมิลลิตรและจากจังหวัดพัทลุงมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.775-1.144 กรัมต่อมิลลิตร

ซึ่งในเดือนกุมภาพันธ์ค่าความหนาแน่นให้ผลที่สอดคล้องกับปริมาณของแข็งทั้งหมด ซึ่งพบปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำยางธรรมชาติสดในเดือนกุมภาพันธ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยน้ำยางจากจังหวัดระยองมีปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงกว่าน้ำยางจากจังหวัดพัทลุง

ส่วนในเดือนมีนาคมและเดือนเมษายน น้ำยางสดจากสองพื้นที่ปลูกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำยางจากจังหวัดระยองมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 38.75-55.05 และจากจังหวัดพัทลุงมีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 35.37-40.12

สำหรับค่าปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางธรรมชาติสดที่ปลูกในจังหวัดระยองและจังหวัดพัทลุงนั้นน้ำยางจากสองพื้นที่ปลูกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณเนื้อยางแห้งเฉลี่ยของน้ำยางธรรมชาติสดจากจังหวัดระยองมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 24.23-32.52 ในขณะที่ในน้ำยางจากจังหวัดพัทลุงมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 26.1-33.6

จำนวนเลขโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำยางธรรมชาติสดจากสองพื้นที่ปลูก มีข้อมูลบางส่วนเฉพาะในช่วงปลายเดือนมีนาคม ค่า KOH number ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยเลขโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ของน้ำยางจากจังหวัดระยองมีค่าอยู่ในช่วง 0.24 ± 0.00 และจากจังหวัดพัทลุงมีค่าเลขโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์อยู่ในช่วง 0.38 ± 0.04

สำหรับการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสบู่ในน้ำยางธรรมชาติสดโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี และมีตัวตรวจวัดแบบ Flame Ionization Detector นั้น มีสภาวะของเครื่องที่ใช้คือ ตัวพาเป็น แก๊สฮีเลียม คอลัมน์แบบ CPB 5 Capillary (25.0 m x 220 μ m x 0.25 μ m) สภาวะของอุณหภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์กรดไขมันคือ Injector ที่ 250 องศาเซลเซียส Oven เริ่มต้นที่ 75 องศาเซลเซียส คงที่ 1 นาที เพิ่ม 25 องศาเซลเซียส ต่อ นาที จนถึงอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส คงที่ 1 นาที เพิ่ม 5 องศาเซลเซียส ต่อ นาที จนถึงอุณหภูมิ 275 องศาเซลเซียส คงที่ 18 นาที อุณหภูมิของตัวตรวจวัดแบบ Flame Ionization Detector คงที่ที่ 300 องศาเซลเซียส

ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดและเตรียมเป็นเอสเทอร์ในคราวเดียวกันของสบู่ในน้ำยางธรรมชาติก่อนนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี คือ 6.6 มิลลิลิตร ของสารละลายผสมของ Methanol: Toluene: 2,2-Dimethoxypropane: 0.1 M Sulfuric acid ที่อัตราส่วน 39:20:5:2 และเติม Heptane 2 มิลลิลิตร

จากการศึกษาการสกัดกรดไขมันและเตรียมเป็นเอสเทอร์แบบขั้นตอนเดียวของตัวอย่างน้ำยางสายพันธุ์ RRIM 600 จากพื้นที่ปลูกจังหวัดพัทลุงและจังหวัดระยอง พบเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน C8 ในน้ำยางจากต้นยางตัวอย่างทุกต้นซึ่งคิดเป็น 100 % และพบเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน C10 คิดเป็นร้อยละ 2.78 ของตัวอย่างน้ำยางทั้งหมด และตรวจพบเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน C12 และ C18 คิดเป็นร้อยละ 38.88 และ 25 ของตัวอย่างน้ำยางทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dupont (1976) ที่พบกรดไขมันชนิด C16 และ C18 จากเยื่อหุ้มของอนุภาคลูทอยด์ของน้ำยาง *Hevea brasiliensis*

สำหรับการศึกษาในส่วนที่สองคือ การศึกษาสมบัติทางเคมีเบื้องต้นบางประการและชนิดและปริมาณของสบู่น้ำยางที่มาจากต้นยางต่างสายพันธุ์กัน จากบริเวณพื้นที่ปลูกเดียวกันในจังหวัดพัทลุง โดยสายพันธุ์ที่ทำการศึกษาได้แก่ สายพันธุ์ RRIM600 สายพันธุ์ PB255 และ สายพันธุ์ BPM24 มีผลการศึกษาที่สำคัญดังนี้

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์คือ RRIM600, PB255 และ BPM24 ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - เมษายน 2549 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญคืออยู่ในช่วง 6.6-7.0 ซึ่งสอดคล้องกับที่รายงานโดย บุญธรรมและคณะ (2539)

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 2.5-3.5 mS/cm ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางสายพันธุ์ BPM24 มีค่าการนำไฟฟ้าที่สูงกว่าสายพันธุ์ RRIM600 และ PB255

ค่าความหนาแน่นของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง 0.77 – 1.19 g/cm³ ค่าความหนาแน่นของน้ำยางสายพันธุ์ BPM24 สูงที่สุดในสัปดาห์แรกที่ศึกษา ซึ่งค่าความหนาแน่นของน้ำยางมีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในช่วง 2 สัปดาห์แรกที่ศึกษา ส่วน 2 สัปดาห์หลังมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 25-40% ซึ่งสอดคล้องกับค่าที่รายงานโดย บุญธรรมและคณะ (2539) และ Ressing (2005) ซึ่งรายงานไว้ที่ 25-45% และ 36% ตามลำดับ และปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางสายพันธุ์ PB255 มีปริมาณเนื้อยางแห้งที่สูงกว่าสายพันธุ์ RRIM600 และ BPM24 ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาซึ่งสอดคล้องกับค่าปริมาณของของแข็งรวม

ค่าปริมาณของของแข็งรวม (%Total Solid Content, %TSC) ของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 30.26 - 49.36% ซึ่งค่า %TSC ของสายพันธุ์ PB255 มีค่าสูงที่สุด ทุกช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา เมื่อพิจารณาค่า %TSC ของน้ำยางแต่ละสายพันธุ์ ที่เวลาต่าง ๆ กัน ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีลักษณะเดียวกันทั้งสามสายพันธุ์

ค่า % KOH number ของน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 0.12 – 0.38 ซึ่งน้ำยางสายพันธุ์ RRIM600 มีค่า %KOH number สูงกว่าในน้ำยางอีก 2 ชนิด ทุกครั้งของการเก็บตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบค่า % KOH number ของน้ำยางแต่ละสายพันธุ์ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญค่า % KOH number ซึ่งมีลักษณะเดียวกันทั้งสามสายพันธุ์

ชนิดและปริมาณกรดไขมันที่พบในน้ำยางทั้งสามสายพันธุ์ ที่เก็บในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนเมษายน 2549 กรดไขมันที่พบในแต่ละสายพันธุ์คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นยางที่พบในสายพันธุ์ RRIM600 C8 มีจำนวนต้นที่พบตลอดระยะเวลาที่ศึกษาและมีจำนวนต้นที่พบสูงที่สุด และพบจำนวนต้นที่มี C12 เพิ่มขึ้น โดยในสัปดาห์สุดท้ายพบกรดไขมันมากชนิดที่สุดและจำนวนต้นที่พบก็มีจำนวนสูงสุด ในสายพันธุ์ PB255 พบร้อยละของจำนวนต้นที่พบกรดไขมันดังนี้ C8

100% ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา, C12 พบตั้งแต่ครั้งที่ 2 โดยพบ ร้อยละ 60, C18 ตรวจพบทุกครั้งและพบจำนวนต้นที่มี C18 เพิ่มขึ้น ในสายพันธุ์ BPM24 ตรวจพบ C8 ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา และพบ C12 ตั้งแต่ครั้งที่ 2 นอกจากนี้ยังตรวจพบ C14 และ C18 ในครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

การวิเคราะห์กรดไขมันในตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติขึ้นหลังการเซ็นทรีฟิวจ์ โดยทำการเก็บและเตรียมกรดไขมันภายใน 12 ชั่วโมง จากการเก็บตัวอย่างจำนวน 5 ครั้ง แต่ครั้งจากเครื่องปั่นเหวี่ยง 3 เครื่อง ตรวจพบ กรดไขมัน พบชนิดของกรดไขมันคือ กรดเฮกซาโน-อิก (C6) กรดออกทานอิก (C8) กรดโดเดคาโนอิก (C12) กรดปาล์มมิก (C16) และกรดออกตะเดคาโนอิก (C18) ที่ความเข้มข้นในช่วง 0.20-0.80, 0.10-0.50, 0.02-0.07, 0.01-0.03 และ 0.20-0.50 ร้อยละ โดยน้ำหนักตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2548. พันธุ์ยางพารา (ออนไลน์). สืบค้นจาก: <http://doa.go.th/data-agri/RUBBER/3var/var02.html> [20 เมษายน 2548]
- ชัยอรุณ วุฒิชาย. 2527. สบู่กับความเสถียรของน้ำยาง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยียาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ดร.ณิ นกเพ็ชร. 2546. การปรับปรุงความเสถียรเชิงกลของน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิตสาขาเทคโนโลยียางคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- นิรันดร์ โนริวงษ์. 2532. ผลของสบู่ต่อความเสถียรของน้ำยาง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยียาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- บุญธรรม นิธิอุทัย และคณะ. 2539. ปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- บุญธรรม นิธิอุทัย และคณะ. 2538. เอกสารประกอบการบรรยายระยะสั้น เรื่อง เทคโนโลยีน้ำยางข้น. ภาควิชายางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี.
- วิไลรัตน์ ชีวะเศรษฐกรรม. 2548. ทำไมต้องเติม “สบู่” ในน้ำยางข้น. ว.ประชาคมวิจัย: 38-40
- ภูมิธ รักษา. 2538. ความเสถียรของน้ำยางธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยียาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี. 2543. ยางธรรมชาติ ภาควิชายางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี.
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี, วิไลรัตน์ ชีวะเศรษฐกรรม และปิยพร สวนจันทร์. 2547. การตรวจสอบปริมาณและผลกระทบของ Ammonium Laurate ในน้ำยางธรรมชาติ. รายงานวิจัยระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยียาง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี, วิไลรัตน์ ชีวะเศรษฐกรรม และปิยพร สวนจันทร์. 2547. การตรวจสอบปริมาณและผลกระทบของ Ammonium Laurate ในน้ำยางธรรมชาติ. รายงานวิจัย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สัญญาเลขที่ RDG4750017
- อโนทัย ศิลปสุวรรณ. 2543. ผลของทรีปซินต่อความเสถียรของน้ำยาง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิตสาขาเทคโนโลยียางคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- Blackley D.C., 1997. Polymer Latices Science and Technology. Vol 1.

- Coca, C., Adlercreutz, D., Andersson, M., Mattiasson, B., Hatti-Kaul, R., 2005. Analysis of fatty acid epoxidation by high performamace liquid chromatography coupled with evaporative light scattering detection and mass spectrometry. *Chemistry and Physics of Lipids*, 135: 189-199.
- Dupong, J., Moreau, F., Lance, C. and Jacob, J. 1976. Phospholipid composition of the membrane of lutoids from *Heavea braslsensis* latex. *Phytochemistry*, 15: 1215-1217.
- Ho. C. C., Kondo. T., Muramatsu. N. and Ohshima. H. Surface Structure of Natural Rubber Latex Particles from Electrophoretic Mobility Data. *Colloid and Interface Science*, 178: 442-445(online). Available: <http://www.sciencedirect.com> [November 4, 2005]
- Lie Ken Jie, M.S.F. and Sinha, S. 1981. Fatty acid composition and the characterization of a novel dioxo C18-Fatty acid in the latex of *Hevea brasiliensis*. *Phytochemistry*, 20: 1863-1866.
- Garces, R., and Mancha, M. 1992. One-Step Lipid Extraction and Fatty Acid Methy Esters Preparation from Fresh Plant Tissues. *Analytical Biochemistry*, 211: 937-943
- Pendel, T. D. and Gorton, A. D. T. 1978. *Rubber Chemistry and Technology*, 51: 994-995 (online). Available: <http://www.sciencedirect.com> [November 6, 2005]
- Ressing, W. 2005. Production, Processing and Properties. [Online] Available from: <http://www.rubber-stichting.ind.tno.nl/art2nr17.html>. [2005, February 07]
- Warnaar, F. 1981. Conjugated Fatty Acids from Latex of *Euphorbia Lathyris*. *Phytochemistry*, 20: 89-91 (online). Available: <http://www.sciencedirect.com> [November 22, 2005]