

แบบเสนอโครงการวิจัย (research project)

ประกอบการเสนอของบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 ตามมติคณะรัฐมนตรี

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การพัฒนานำเส้นใยแก้วนำแสงมาวัดความเข้มข้นของน้ำยางพาราสด  
(ภาษาอังกฤษ) Development of fiber optic sensor for measurement  
para rubber latex concentration

ชื่อแผนงานวิจัย (ภาษาไทย) (กรณีเป็นโครงการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัย) .....  
(ภาษาอังกฤษ) .....

ส่วน ก : ลักษณะโครงการวิจัย

- โครงการวิจัยใหม่
- โครงการวิจัยต่อเนื่องระยะเวลา...1.ปี ปีนี้เป็นปีที่..1.. รหัสโครงการวิจัย.....
- I ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผน  
พัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ\*\*

II ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ

III ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติรายประเด็น\*  
ยุทธศาสตร์วิจัยรายประเด็นด้านยางพารา (พศ.๒๕๕๕-๒๕๕๙)

\* สามารถดูรายละเอียดได้จากเว็บไซต์ [www.nrct.go.th](http://www.nrct.go.th)

#### IV ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับนโยบายรัฐบาล\*\*

ยุทธศาสตร์ที่ 1: การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ เพื่อหลุดพ้นประเทศรายได้ปานกลาง ประเด็นหลัก: ด้านการเกษตร

#### V ระบบความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับนโยบายเป้าหมายของรัฐบาล

นโยบายเป้าหมายของรัฐบาล ในการเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจของประเทศ

#### ส่วน ข : องค์ประกอบในการจัดทำโครงการวิจัย

1. ผู้รับผิดชอบ [คณะผู้วิจัย บทบาทของนักวิจัยแต่ละคนในการทำวิจัย และสัดส่วนที่ทำการวิจัย (%)] และหน่วยงาน ประกอบด้วย หน่วยงานหลักและหน่วยงานสนับสนุน

##### 1.1 หัวหน้าโครงการวิจัย

ดร.ครรชิต กำลังกล้า (สัดส่วนที่ทำงานวิจัย 40%)

สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

เลขที่ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120

โทรศัพท์ 0-22879600 ต่อ 2204

มือถือ 084-6515214

E-mail : [t\\_kanchit@hotmail.com](mailto:t_kanchit@hotmail.com)

##### 1.2 ผู้ร่วมวิจัย

1.2.1 นางสาวชุติมา อุปถัมภ์ (สัดส่วนที่ทำงานวิจัย 20 %)

สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

เลขที่ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120

โทรศัพท์ 0-22879600 ต่อ 2204

มือถือ 081-6460955

1.2.2 ผศ.ดร.เขมฤทัย งามะพัฒน์ (สัดส่วนที่ทำงานวิจัย 20 %)

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กทม. 10140

081-582-9944 โทรสาร 02-427-8785

e-mail address [kheamrutai.tha@kmutt.ac.th](mailto:kheamrutai.tha@kmutt.ac.th)

E-mail : [scsmj@mahidol.ac.th](mailto:scsmj@mahidol.ac.th)

---

\*\* รอรายละเอียดในคำแถลงนโยบายรัฐบาลชุดใหม่

1.2.3 ดร.ฉัตรชัย พะวงษ์ (สัดส่วนที่ทำงานวิจัย 20 %)

สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

เลขที่ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120

โทรศัพท์ 0-22879600 ต่อ 2204

มือถือ 081-6460955

2. ประเภทการวิจัย การวิจัยประยุกต์

3. สาขาวิชาการและกลุ่มวิชาที่ทำการวิจัย สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพและคณิตศาสตร์

4. คำสำคัญ (keywords) ของโครงการวิจัย

ยางพารา (Para rubber)

เส้นใยแก้วนำแสง (fiber optics)

น้ำยางพาราสด

5. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ยางพารา เป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่สำคัญมากต่อการพัฒนาประเทศ เนื่องจากผลผลิตจากยางพารานำไปใช้แปรรูปเพื่อการผลิตในอุตสาหกรรมที่สำคัญต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์ ตลอดจนผลิตภัณฑ์ต่างๆที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ปัจจุบันข้อมูลยางพาราที่จัดทำโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร และสถาบันวิจัยยาง 2556 พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพารา จำนวน 22,176,714 ไร่ หรือประมาณ 22 ล้านไร่ ผลผลิตรวม 4.17 ล้านตัน ในจำนวนนี้เราส่งออก 3.6 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 4.7 แสนล้านบาท

แหล่งปลูกยางมากที่สุด คือ ภาคใต้ 14 ล้านไร่ คิดเป็นสัดส่วน 64% ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ และ 5 จังหวัดแรกที่ปลูกยางเยอะมากคือ สุราษฎร์ธานี 2.6 ล้านไร่ รองลงมาคือ สงขลา 2 ล้านไร่ นครศรีธรรมราช 1.8 ล้านไร่ ตรัง 1.5 ล้านไร่ และยะลา 1 ล้านไร่

อันดับที่ 2 ภาคอีสาน ปลูกยาง 4.4 ล้านไร่ คิดเป็นสัดส่วน 20% โดย 5 อันดับแรกคือ บึงกาฬ ปลูกยางมากที่สุด 7.3 ล้านไร่ รองลงมาคือ เลย 5.6 แสนไร่ อุบลราชธานี 3.7 แสนไร่ อุดรธานี 3.3 แสนไร่ และสกลนคร 2.9 แสนไร่

อันดับที่ 3 ภาคกลางและภาคตะวันออก ปลูกยาง 2.6 ล้านไร่ คิดเป็นสัดส่วน 12% โดย จันทบุรี ครอบแชมป์ 7.2 แสนไร่ ระยอง 6.9 แสนไร่ ตราด 3.1 แสนไร่ ชลบุรี 2.2 แสนไร่ และฉะเชิงเทรา 1.8 แสนไร่

อันดับที่ 4 ภาคเหนือ ปลูกยางทั้งสิ้น 1.2 ล้านไร่ คิดเป็นสัดส่วน 12% โดยเชียงใหม่ปลูกมากที่สุด 3.8 แสนไร่ เพชรบูรณ์ 1.2 แสนไร่ พิษณุโลก 1.6 แสนไร่ พะเยา 1.5 แสนไร่ และน่าน 1.3 แสนไร่

เมื่อพิจารณารูปแบบการส่งยางพาราที่ต่างประเทศต้องการพบว่า อันดับ 1 คือ ยางแท่ง (STR) 1.4 ล้านตัน คิดเป็นสัดส่วน 38% อันดับที่ 2 ยางแผ่นรมควัน (RSS) 7.9 แสนตัน 21.6% อันดับที่

3 ยางผสมสารเคมี (Compound) 7.1 แสตัน 19% อันดับที่ 4 น้ำยางชั้น 6.8 แสตัน 18.6% และอื่น ๆ อีก 8.3 หมื่นตัน หรือ 2.2% [1],[2]

จีนเป็นประเทศผู้ใชยางธรรมชาติมากที่สุดในโลกและมีแนวโน้ม ความต้องการเพิ่มขึ้นทุกปี รองลงมา ไต้หวัน สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น อินเดีย มาเลเซีย และเกาหลีใต้ ประเทศไทยส่งออกยางธรรมชาติไปยังจีนมากที่สุด สำหรับประเทศไทยนั้นมีความต้องการใชยางธรรมชาติประมาณร้อยละ 11 ของปริมาณที่ผลิตได้ทั้งหมดและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในแต่ละปี โดยส่วนใหญ่อุตสาหกรรมยางยานพาหนะมีความต้องการใชยางธรรมชาติมากที่สุด รองลงมาคืออุตสาหกรรมถุงมือยาง [4] ดังนั้นยางพาราจึงมีบทบาทสำคัญต่อชีวิตและความเป็นอยู่ของเกษตรกรชาวสวนยาง การพัฒนายางพาราของไทยจึงจำเป็นที่จะต้องพัฒนาความเข้มแข็ง คุณภาพชีวิตและเศรษฐกิจครัวเรือนของเกษตรกรชาวสวนยางขนาดเล็ก เพื่อรองรับสถานการณ์ทางเศรษฐกิจ สังคมและการเมืองที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ควบคู่ไปกับการพัฒนาอุตสาหกรรมยาง

วันนี้คนไทยสนใจเรื่องยางพารา เพราะพืชตัวอื่นก็มีปัญหาเช่นกัน เรื่องนี้เราต้องยอมรับว่า ยอดขายสินค้าต่าง ๆ ล้วนพึ่งพารายได้ของชาวสวนยางทั้งสิ้นในยุคที่ยางราคาดี 100 กว่าบาท/กิโลกรัม เงินสะพัดในต่างจังหวัดมาก ยอดขายบ้าน รถยนต์ มอเตอร์ไซค์ ไอที ท่องเที่ยวคึกคักมาก แต่เมื่อยางราคาตก ทุกอย่างชะงักกันไปหมดเพราะยางพาราทั้งระบบมีผู้เกี่ยวข้องหลายกลุ่ม คือ 1.กลุ่มผู้ผลิตก็มีทั้งเกษตรกร เจ้าของสวนยางรายใหญ่ โรงงานแปรรูปยางขั้นต้น ผู้รับจ้างกรีดยางเลี้ยงชีพ 2.การจำหน่ายได้แก่ พ่อค้าภายในประเทศและต่างประเทศ และ 3.การบริโภค คือ กลุ่มอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางพารา แต่วันนี้ถือว่าเป็นยุคตกต่ำสุด ๆ เพราะราคายางดีหว่วร่วงไปอยู่ที่ 3 กิโลกรัม ราคา 100 บาท ทำให้รายได้ที่เคยหล่อเลี้ยงครอบครัวหายไปเกือบหมด สาหัสสาครรจ์ถ้วนหน้า

ยิ่งในช่วงประมาณ 15 ปีที่ผ่านมา ชีวิตชาวสวนยางพาราเหนื่อยยาก ลำบาก พอสมควร เนื่องจากหลังจากที่ชาวสวนยางเก็บรวบรวมน้ำยางสดจากสวน เพื่อนำมาทำยางแผ่นดิบ โดยเริ่มต้นจากการนำยางสดมารอง แล้วเทใส่ตะกวด ผสมน้ำ ผสมกรดลงไป เมื่อน้ำยางแข็งตัวก็นำมาเหยียบด้วยเท้าให้เป็นแผ่นบางๆ แล้วนำเข้าจักรรีดเรียบ 2-3 ครั้ง และนำเข้าจักรรีดดอก 1 ครั้ง จากนั้นนำไปผึ่งแดดให้แห้ง [5] สำหรับราคาการซื้อขายยางแผ่นดิบนั้น พ่อค้าคนกลางจะเป็นผู้กำหนดกำหนดคุณภาพและราคายางให้ การต่อรองราคามีได้ค่อนข้างน้อย ชาวสวนยางจึงพยายามหาทางเลือกใหม่นั้นคือการซื้อขายน้ำยางสดถึงแม้ราคาจะค่อนข้างต่ำกว่ายางแผ่นดิบก็ตามในความเป็นจริง

ประเทศไทยเริ่มมีการผลิตน้ำยางชั้น เมื่อประมาณปี พ.ศ. 2510 ถึง 2511 และมีการขยายตัวมากขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2529 เป็นต้นมา เนื่องจากมีการค้นคว้าวิทยาการสมัยใหม่ที่สามารถนำน้ำยางชั้นไปใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ยางพาราชนิดอื่นๆ ได้มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ในช่วงปี พ.ศ. 2541 อุตสาหกรรม การผลิตถุงยางอนามัยในประเทศขยายตัวมาก เนื่องจากมีการย้ายหลักรฐานการผลิตเข้ามาในประเทศไทย ส่งผลต่อเนื่องให้ความต้องการน้ำยางชั้น ซึ่งเป็นวัตถุดิบเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก [3]

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและส่งออกน้ำยางชั้นอันดับหนึ่งของโลก ซึ่งมีมูลค่าการส่งออก 44,073.2 ล้านบาท มูลค่าการส่งออกยางแท่ง 53,324.8 ล้านบาท และมูลค่าการส่งออก

ยางแผ่นรมควัน 40,661.4 ล้านบาท (เดือนเมษายน พ.ศ. 2553) ดังนั้นในปี พ.ศ. 2553 อัตราการใช้กำลังการผลิตน้ำยางชั้นเฉลี่ยร้อยละ 30 ของกำลังการผลิตรวม [4]

น้ำยางชั้นเป็นวัตถุดิบสำคัญของการผลิตผลิตภัณฑ์จุ่มแบบพิมพ์ เช่น ถุงมือ ลูกโป่ง ลูกยางอนามัย หัวนมยาง และอุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นต้น และผลิตภัณฑ์ยางฟองน้ำ สายยางยืดแบบกลม ท่อยาง และกาว (สมาคมน้ำยางชั้น) วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตน้ำยางชั้น คือ น้ำยางสด โดยปกติเมื่อชาวสวนกรีดยางได้น้ำยางแล้ว จะนำน้ำยางไปแปรรูปเป็นยางแผ่นดิบ แต่จากการขยายตัวของตลาดน้ำยางชั้น ซึ่งต้องใช้น้ำยางสดเป็นวัตถุดิบ ทำให้เกิดจุดรับซื้อน้ำยางกระจายตามแหล่งปลูกยางเพิ่มมากขึ้น และเกษตรกรหลายพื้นที่เลิกทำยางแผ่นดิบหันมาขายน้ำยางสดแทน

ในกระบวนการรับซื้อน้ำยางพารา คุณภาพของน้ำยางชั้นเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งสำหรับผู้ผลิตและผู้ใช้ยางชั้น เนื่องจากปัจจุบันทั่วโลกได้ให้ความสำคัญต่อการกำหนดมาตรฐานต่างๆ โดยองค์การระหว่างประเทศซึ่งว่าด้วยคุณสมบัติ เช่น ปริมาณเนื้อยางแห้ง ความหนืด เป็นต้น เพื่อนำน้ำยางชั้นไปแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ต่อไป ดังนั้นเงื่อนไขของราคาน้ำยางพาราขึ้นอยู่กับปริมาณเนื้อยางภายในน้ำยาง เรียกว่า เปอร์เซ็นต์ยางแห้ง (Dry rubber content; %DRC)

อย่างไรก็ตาม ในท่ามกลางราคายางตกต่ำที่อีกหลายปี เกษตรกรชาวสวนยางที่ขายน้ำยางสดยังจะถูกเอารัดเอาเปรียบซ้ำเติมอีกจากพ่อค้ารับซื้อน้ำยางสดในท้องถิ่น จากการซื้อขายน้ำยางสด ปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry rubber content; %DRC) ด้วยเครื่องวัดน้ำยางที่ไม่ได้มาตรฐาน เกษตรกรส่วนใหญ่จึงพยายามแก้ปัญหาที่จะเพิ่มน้ำหนักของน้ำยางแทน โดยเชื่อว่าการเติมน้ำเพื่อเพิ่มน้ำหนักจะทำให้ได้ราคาเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำหนักเพิ่มขึ้น แต่ในความเป็นจริงจะทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำยางลดลงซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่เติมลงไป คำนวณได้จากสมการ  $(\% \text{ ยางแห้งก่อนเติมน้ำ} \times \text{ น้ำหนักยางสด}) / (\text{ น้ำหนักยางสด} + \text{ น้ำหนักน้ำที่เติมลงไป})$

โดยปกติทั่วไปการวัดค่า %DRC สามารถทำได้ 2 วิธี คือ (1) การใช้เครื่องมือวัดเมโทรแลค (Metrolac) ข้อดีคือสามารถวัดผลได้อย่างรวดเร็ว แต่ก็มีข้อเสียคือมีความคลาดเคลื่อนสูง จึงไม่เหมาะนำมาใช้วัดเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งเพื่อการซื้อขายน้ำยาง และ (2) การหาเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งโดยวิธีการอบตัวอย่างให้แห้งตามข้อกำหนดมาตรฐานเป็นวิธีที่นิยมใช้ในงานควบคุมคุณภาพที่ต้องการความถูกต้องแม่นยำสูง แต่ต้องใช้เวลาดำเนินการประมาณ 1-2 วันจึงจะทราบผล

จากปัญหาวิธีการวัดน้ำยางสดด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้พยายามออกแบบสร้างระบบตรวจวัดและประเมินผลเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในน้ำยางหรือความเข้มข้นของน้ำยางสดโดยใช้วิธีการทางแสงผ่านเส้นใยแก้วนำแสง เพื่อตรวจวัดความแม่นยำเปอร์เซ็นต์ของเนื้อยางในน้ำยางสดที่ใช้เวลาน้อยสามารถพกพาได้สะดวก ราคาต้นทุนต่ำเมื่อเทียบกับห้องตลาดทั่วไป

## 6. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

5.1 ออกแบบสร้างระบบตรวจวัดและประเมินผลเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในน้ำยางโดยใช้วิธีการทางแสง โดยนำเส้นใยแก้วนำแสงมาประยุกต์ใช้เป็นตัวตรวจวัด

5.2 ศึกษาการตรวจวัดความเข้มข้นน้ำยางโดยวิธีทางแสง เพื่อหาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของน้ำยางกับค่าปริมาณทางแสง

5.3 ปรับปรุงและพัฒนาเป็นเครื่องต้นแบบเพื่อนำไปใช้งานจริง

## 7. ขอบเขตของโครงการวิจัย

7.1 ศึกษาข้อมูลน้ำยางพารา ความเข้มข้น และคุณสมบัติทั่วไปของน้ำยาง

7.2 ศึกษาคุณสมบัติของ fiber optic ในการนำมาใช้เป็นตัวตรวจวัดความเข้มข้นของน้ำยาง

7.3 ศึกษาวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุม fiber optic และตัววัดแสง

7.4 ทดสอบการหาค่าดัชนีหักเหของแสงใน fiber optic ที่อยู่ในน้ำยางที่มีความเข้มข้นต่างๆ

7.5 หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเหที่ได้กับค่าความเข้มข้น

7.6 ศึกษาวงจรควบคุม ไมโครคอนโทรลเลอร์

7.7 เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบ

7.8 ทดสอบความสามารถในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ และหาค่าความแม่นยำของเครื่องมือที่สร้าง

7.9 ประกอบชุดต้นแบบวัดความเข้มข้นของน้ำยาง

7.10 เผยแพร่ความรู้สู่ชุมชน

## 8. ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ยาง เป็นวัสดุพอลิเมอร์ชนิดหนึ่ง และเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ยางที่ได้จากต้นพืช เรียกว่า ยางธรรมชาติ (natural rubber) และยางที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี เรียกว่า ยางเทียม หรือ ยางสังเคราะห์ (synthetic rubber) ยางธรรมชาติ ได้มาจากพืชที่ให้ยางได้ซึ่งมีหลายพันธุ์ แต่พืชที่มีความสำคัญนำมาใช้ในเชิงการค้าได้มีเพียง 2 ชนิด คือ [5]

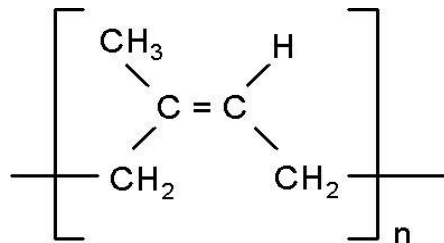
1. ยางพารา (*Hevea brasiliensis*) เป็นพืชที่ปลูกกันอย่างกว้างขวางในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง การเก็บผลผลิตน้ำยางจากต้นใช้วิธีการกรีดเปลือกยาง น้ำยางมีปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณ 20 – 45%

2. ยางวายุยูเล่ (Guayule) เป็นไม้พุ่มตระกูล *Parthenium argentatum* ปลูกในรัฐคาลิฟอร์เนียและเป็นไม้พื้นเมืองในภาคเหนือของภาคกลางของเม็กซิโก และในภาคตะวันออกเฉียงของรัฐเท็กซัส น้ำยางในต้นยางวายุยูเล่มีอยู่ทั่วไปทั้งลำต้น ราก กิ่งก้าน ยกเว้นใบ เมื่อต้นโตเต็มที่สูงประมาณ 75 – 100 เซนติเมตร น้ำยางจากวายุยูเล่ มีโครงสร้างทางเคมีเหมือนยางพารา มีปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณ 10% และมีปริมาณสารต่างๆ เช่น โพรตีน กรดอะมิโน และ พอลิเปปไทด์ น้อยกว่ายางพารา นอกจากนี้ยังมีปริมาณเรซิน (resin) ซึ่งเป็นสารที่ละลายได้ในอะซิโตน มากกว่ายางพันธุ์ *Hevea brasiliensis* ทำให้มีอายุสั้น และให้ผลผลิตต่ำ

3. ยางกัตตา ยางบาลาตา และยางซิคเคิ้ล (Gutta-Percha, Balata and Chicle) ยางทั้ง 3 ชนิดมีสมบัติแตกต่างจากยางพารา และมีโครงสร้างทางเคมีเป็น tran-1, 4 Polyisoprene ในทางการค้า ยางกัตตานำมาทำเป็นส่วนประกอบของลูกกอล์ฟ และทำฟันปลอม ยางบาลาตาถูกใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสายพานและยางซิคเคิ้ลใช้ทำหมากฝรั่ง

### 8.1 ยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติส่วนมากเป็นยางที่ได้มาจากต้นยาง Hevea Brazilliensis ซึ่งมีต้นกำเนิดจากกลุ่มแม่น้ำอเมซอน ในทวีปอเมริกาใต้ น้ำยางสดที่กรีดยได้จากต้นยางมีลักษณะสีขาวขุ่นและมีเนื้อยางแห้ง (dry rubber) ประมาณ 30 % แขนงลอยอยู่ในน้ำ ถ้านำน้ำยางที่ได้นี้ไปผ่านกระบวนการปั่นเหวี่ยง (centrifuge) จนกระทั่งได้น้ำยางที่มีปริมาณยางแห้งเพิ่มขึ้นเป็น 60% เรียกว่าน้ำยางข้น (concentrated latex) ยางธรรมชาติมีชื่อทางเคมี คือ cis-1,4-polyisoprene กล่าวคือ มีไอโซพรีน(isoprene) (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>) โดยที่ n มีค่าตั้งแต่ 15-20 , 000 แสดงโครงสร้างทางเคมีดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างสูตรโมเลกุลของพอลิไอโซพรีน (cis-1, 4-Polyisoprene)

เนื่องจากส่วนประกอบของยางธรรมชาติเป็นไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้ว ดังนั้นยางจึงละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เบนซีน เฮกเซน เป็นต้น โดยทั่วไปยางธรรมชาติมีโครงสร้างการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบอสัณฐาน (amorphous) แต่ในบางสภาวะโมเลกุลของยางสามารถจัดเรียงตัวค่อนข้างเป็นระเบียบที่อุณหภูมิต่ำ จึงสามารถเกิดผลึก (crystallize) ได้ การเกิดผลึกเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ (low temperature crystallization) จะทำให้ยางแข็งมากขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไป ยางก็จะอ่อนลงและกลับสู่สภาพเดิม ในขณะที่การเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัว (strain induced crystallization) ทำให้ยางมีสมบัติเชิงกลดี นั่นคือยางจะมีความทนทานต่อแรงดึง (tensile strength) ความทนทานต่อการฉีกขาด (tear resistance) และความทนทานต่อการขีดสี (abrasion resistance) สูง

ลักษณะเด่นที่สำคัญของยางธรรมชาติคือ ความยืดหยุ่น (elasticity) ยางธรรมชาติมีความยืดหยุ่นสูง เมื่อแรงภายนอกที่มากระทำกับมันหมดไป ยางก็จะกลับคืนสู่รูปร่างและขนาดเดิม (หรือใกล้เคียง) อย่างรวดเร็ว นักอุตสาหกรรมยางจึงเรียกกางว่า อีลาสโตเมอร์ (elastomer) ยางธรรมชาติยังมีสมบัติดีเยี่ยมด้านการเหนียวติดกัน (tack) ซึ่งเป็นสมบัติสำคัญของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยการประกอบ (assemble) ชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน เช่น ยางรถยนต์ เป็นต้น

### 8.2 ส่วนประกอบของน้ำยาง

น้ำยางสดจากต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวหรือสีครีม สามารถไหลได้เองโดยอิสระ มีความหนืดประมาณ 12 - 15 เซนติพอยส์ (centipoises) ความหนาแน่นประมาณ 0.975 - 0.980 กรัม ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm<sup>3</sup>) และ ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) 6.5 - 7.0 รูปร่างของอนุภาคยางเป็นรูปกลมหรือรูปลูกแพร์ขนาด 0.05 - 5 ไมโครเมตรโดยมีอนุภาคยางแขวนลอย อยู่ในตัวกลางที่เป็นน้ำ อนุภาคยางมีรูปร่างกลมหรือรูปลูกแพร์ มีขนาด 0.05 - 5 ไมครอน

ส่วนประกอบของน้ำยางสด แบ่งได้ 2 ส่วนหลัก คือ

1. ส่วนที่เป็นยาง (Dry Rubber Content, DRC) เป็นอนุภาคยางของไอโซพรีนที่เชื่อมต่อกันประมาณ 2000 - 5000 หน่วย ต่อ 1 โมเลกุล

2. ส่วนที่ไม่ใช่ยาง (Non Rubber Content) เป็นส่วนประกอบอื่นๆ ทั้งหมดที่ไม่ใช่ยาง มีสารประกอบต่างๆ หลายชนิด เช่น น้ำตาล โปรตีน ไขมัน คาโรทีนอยด์ กลีเซอรอล เอนไซม์ และสารประกอบไนโตรเจน เป็นต้น สัดส่วนของส่วนประกอบของน้ำยางสด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** แสดงส่วนประกอบของน้ำยางพาราส่วนประกอบ ร้อยละ (โดยน้ำหนัก)

ส่วนประกอบ	สัดส่วน (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)
ปริมาณของแข็ง	22-48%
ปริมาณเนื้อยางแห้ง	25-45%
สารกลุ่มโปรตีน	1.5%
สารจำพวกเรซิน	2.0%
คาร์โบไฮเดรต	1%
สารอินทรีย์	0.5%
น้ำ (ปริมาณที่รวมกับสารอื่น แล้วเป็น 100)	

ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยางสด จะมีส่วนที่เป็นเนื้อยางแห้ง (dry rubber) ประมาณ 33% กับส่วนที่ไม่ใช่ยาง (non rubber) 3% แต่เมื่อปั่นน้ำยางสดเป็นน้ำยางข้นแล้ว ส่วนที่ไม่ใช่ยางจะลดลงเหลือประมาณ 1% - 2% ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพและการปรับเครื่องปั่น ความแปรปรวนของสารต่างๆ ในน้ำยางข้นกับ พันธุ์ยาง อายุยาง ฤดูกาลกรีดยาง และวิธีการกรีดยาง

### 8.3 การแปรรูปของยางธรรมชาติ

น้ำยางสดที่ได้จากต้นยางพารา โดยทั่วไปสามารถนำมาแปรรูปเป็นยางดิบได้ 2 แบบ คือ น้ำยางข้น (Concentrated Latex) กับ ยางแห้ง (Dry Rubber) ในงานนี้จะอธิบายเนื้อหาเฉพาะการแปรรูปในรูปแบบน้ำยางข้น

#### 8.3.1 น้ำยางข้น

น้ำยางสดจากต้นยางพารา มีองค์ประกอบหลักๆ 2 ส่วน คือ ปริมาณเนื้อยางแห้ง ซึ่งมีประมาณ 25%- 45% และส่วนที่เป็นสารของแข็งที่ไม่ใช่ยางประมาณ 5% ส่วนที่เหลือส่วนใหญ่เป็นน้ำ เมื่อมีการนำน้ำยางสดไปใช้งานในการทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในโรงงานซึ่งค่อนข้างอยู่ไกลจากสวน



ยางพารา ทำให้เกิดความไม่สะดวกและไม่เป็นการประหยัดในการขนส่งน้ำยางสดไปยังโรงงาน นอกจากนี้ สารบางอย่างที่มีอยู่ในน้ำยางอาจมีผลให้คุณภาพผลิตภัณฑ์ยางไม่ดี ดังนั้น จึงมีการผลิตน้ำยางสดเป็นน้ำยางชั้นที่มีปริมาณเนื้อยางแห้ง 60% ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมกับการนำไปผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ

#### การผลิตน้ำยางชั้น มี 4 วิธี คือ

1. การระเหยน้ำ (evaporation) วิธีนี้ต้องมีการเติมสารที่ทำให้น้ำยางคงตัว (stabilizer) เช่น potassium soap ในถังน้ำยาง แล้วให้ความร้อนรอบๆ ถัง เมื่อน้ำระเหยไปน้ำยางชั้นที่ได้จะมีปริมาณของแข็งทั้งหมด 75% ปริมาณเนื้อยางแห้ง 60% caustic potash 1.5% และสารที่ทำให้น้ำยางคงตัวกับโปรตีนประมาณ 13.5% วิธีนี้เหมาะกับการขนย้ายน้ำยางไปในระยะทางไกล และเหมาะกับการนำไปผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องใส่สารเติม (filler) จำนวนมาก เช่น การผลิตกาว

2. การทำให้เกิดครีม (creaming) วิธีนี้มีการเติมสารทำให้เกิดครีม (creaming agent) เช่น sodium alginate, locust bean gum, dum karaya, gum tragacanth เป็นต้น สารทำให้เกิดครีมจะพอกหรือเคลือบผิวของอนุภาคยาง ทำให้อนุภาคยางมีขนาดใหญ่อขึ้น และลอยมาที่ผิวน้ำยาง น้ำยางชั้นที่ได้มีความบริสุทธิ์และมีโปรตีนน้อยลงเมื่อผ่านวิธีการทำให้เกิดครีมหลายๆ ครั้ง แต่วิธีนี้มีความยุ่งยากและสิ้นเปลืองเวลา

3. การปั่น (centrifuging) วิธีนี้แยกส่วนที่เป็นเนื้อยางออกจากส่วนที่เป็นน้ำ คือ ซีรัม นั่นเอง โดยใช้เครื่องปั่นแยก น้ำยางชั้นที่ได้มีปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณ 60% วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้กันอ่่างกว้างขวางในทางการค้า

4. การใช้กระแสไฟฟ้าแยก (electro decantation) วิธีนี้ใช้ไฟฟ้าเข้ามาช่วยแยกส่วนของเนื้อยางจากส่วนของซีรัม โดยจุ่มขั้วไฟฟ้าที่เป็นขั้วบวกลงในน้ำยางที่เติมสารช่วยให้น้ำยางคงตัวไว้แล้ว เนื่องจากอนุภาคยางมีประจุลบหุ้มอยู่ จึงค่อยๆ เคลื่อนไปรวมที่ขั้วบวกและลอยตัวสูงขึ้นสู่ผิวของน้ำยาง แต่วิธีนี้ไม่สะดวก และ ลงทุนสูง

#### 8.3.2 การรักษาสภาพน้ำยางสด

น้ำยางสดสามารถคงสภาพเป็นของเหลวได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ

1. ส่วนประกอบของโปรตีนที่ดูดซับอยู่รอบๆ ผิวของอนุภาคยาง หรือโปรตีนเป็นชั้นห่อหุ้ม (hydrated protein envelop) อนุภาคยางไว้ จึงมีความสำคัญต่อสถานะความคงตัวเป็นของเหลวของน้ำยางเพราะโปรตีนจะป้องกันการรวมตัวกันของอนุภาคยาง ถ้ามีการสูญเสีย (dehydrated) ในชั้นของโปรตีนที่หุ้มอนุภาคยาง ซึ่งอาจเกิดจากการเติมแอลกอฮอล์หรือสารบางอย่างลงในน้ำยาง ทำให้อนุภาคยางมารวมตัวกันเป็นก้อนยาง (coagulum) น้ำยางก็จะสูญเสียความคงตัว ไม่เป็นของเหลว

2. ประจุลบที่อยู่รอบๆ อนุภาคยางซึ่งก่อให้เกิดการผลักกันระหว่างอนุภาคยาง ก็ช่วยรักษาสถานะการกระจายตัวของอนุภาคยางด้วย ทำให้น้ำยางยังเป็นของเหลวอยู่ได้ ถ้าเกิดผลกระทบกระเทือนที่ทำให้ประจุไฟฟ้าลบลดลง อนุภาคยางก็จะรวมตัวกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ ทำให้การกระจายตัวของอนุภาคยางค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งเกิดเป็นก้อนยาง (coagulum) น้ำยางก็จะเสียสภาพการเป็นของเหลว

น้ำยางสดที่ได้จากการกรีดต้นยางมีสถานะเป็นกลาง และมีสารประกอบน้ำตาลที่เป็นอาหารของแบคทีเรียและยีสต์ที่อยู่ในอากาศ เมื่อน้ำยางสดไหลออกจากต้นยาง แบคทีเรียในอากาศจะปะปนกับน้ำยางบนรอยกรีดยาง เปลือกต้นยาง และในถ้วยรับน้ำยาง ทำให้น้ำตาลเปลี่ยนเป็นสารที่เป็นกรดซึ่งไปทำลายชั้นโปรตีนที่หุ้มอนุภาคยาง ทำให้น้ำยางเสียสภาพการเป็นของเหลว น้ำยางจะหนืดขึ้นและจับตัวเป็นเม็ดเล็กๆ มีกลิ่นเหม็นบูดเน่าภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมง การเสียสภาพแบบนี้ เรียกว่า การจับตัวที่เกิดเองตามธรรมชาติ (natural or pontaneous coagulation) การจับตัวของยางจะช้าเร็วเพียงใดขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ ความคงตัวของน้ำยาง พันธุ์ยาง เป็นต้น ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำยางสดที่ได้อยู่ในสภาพของเหลว ไม่จับเป็นก้อน จำเป็นต้องเติมสารเคมีรักษาสภาพน้ำยางสดอย่างไรก็ตามต้องเลือกสารเคมีรักษาสภาพน้ำยางสดให้เหมาะสม สำหรับการนำน้ำยางสดไปแปรรูปเป็นยางดิบชนิดต่างๆ ด้วย

### 8.3.3 สมบัติสารเคมีที่ใช้รักษาสภาพน้ำยางสด ควรสมบัติ ดังนี้

1. มีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์
2. ควรมีประสิทธิภาพเป็นด่างเพื่อส่งเสริมสถานะแขวนลอยให้น้ำยาง
3. ทำให้อนุภาคโลหะหนักไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา เกิดการเจริญของจุลินทรีย์
4. สามารถระงับการทำงานของเอนไซม์ที่ช่วยการเจริญของจุลินทรีย์
5. ไม่เป็นพิษต่อคนและต่อคุณภาพของยาง กำจัดได้ง่ายและ กำจัดได้สะดวก

#### สารเคมีรักษาสภาพน้ำยางสดเพื่อทำน้ำยางข้น

1. แอมโมเนีย ช่วยขัดขวางการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ลงปะปนในน้ำยาง ปริมาณแอมโมเนียที่ใช้อย่างน้อยต้องพอสำหรับการรักษาสภาพน้ำยางไว้ได้ 1 วัน ในทางปฏิบัติมักใช้แอมโมเนียในปริมาณ 0.3% - 0.7% ต่อน้ำหนักน้ำยาง

2. การใช้แอมโมเนียร่วมกับสารช่วย การใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียวไม่สามารถป้องกันการเพิ่มปริมาณกรดไขมันระเหย ที่เกิดจากการเจริญของแบคทีเรียในน้ำยาง การใช้สารช่วยร่วมกับแอมโมเนียจะป้องกันการเพิ่มจำนวนของกรดได้ดีกว่าการใช้แอมโมเนียตามลำพัง

2.1 ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO) สามารถทำลายแบคทีเรียในน้ำยางได้ โดยใช้ซิงค์ออกไซด์ 0.05% กับ แอมโมเนีย 0.3% ต่อน้ำหนักน้ำยาง สามารถยับยั้งการเพิ่มปริมาณของกรดได้นานถึง 2 สัปดาห์ หรืออาจใช้ซิงค์ออกไซด์ร่วมกับเตตระเมทิลไธยูเรมไดซัลไฟด์ (Tetramethyl thiuram disulfide, TMTD) ในอัตราส่วนเท่าๆ กัน เป็นสารช่วยร่วมกับแอมโมเนีย ในอัตรา 0.025% ต่อน้ำหนักน้ำยาง กับแอมโมเนีย 0.2 - 0.35% ต่อน้ำหนักน้ำยาง จะรักษาคุณภาพน้ำยางสดที่มีจำนวนกรดไขมันระเหยต่ำกว่า 0.02 ได้นานถึง 10 วัน

2.2 ซิงค์ไดเอทิลไดไธโอคาร์บาเมต (Zinc diethyl dithiocarbamate, ZDC) ใช้ซิงค์ไดอัลคิลไดไธโอคาร์บาเมต 0.01% ร่วมกับ แอมโมเนีย 0.3% สามารถรักษาสภาพน้ำยางได้เกิน 2 อาทิตย์ 1. แอมโมเนีย (Ammonia, NH<sub>3</sub>) เป็นสารเคมีรักษาสภาพน้ำยางสดที่นิยมใช้โดยทั่วไป ทำหน้าที่ขัดขวางการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในน้ำยาง และด้วยความเป็นด่างของแอมโมเนีย จึงช่วยเพิ่มประจุลบรอบอนุภาคยางมากขึ้น ซึ่งส่งเสริมสถานะการเป็นของเหลวของน้ำยางด้วย

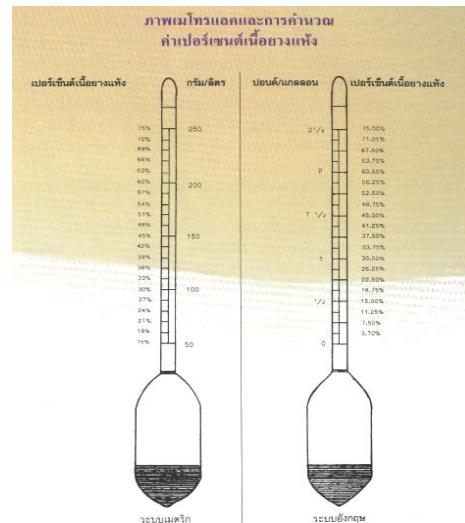
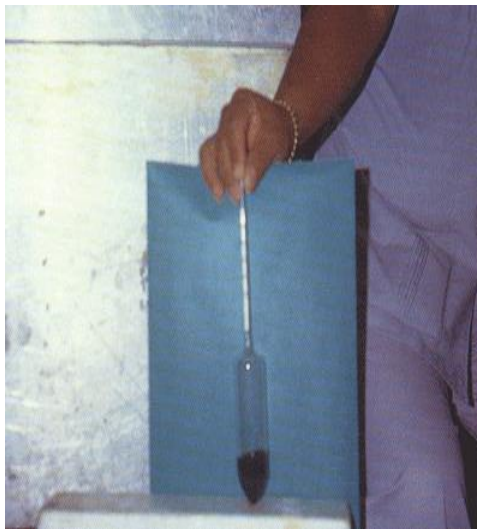
## 8.4 การหาค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในน้ำยาง

ในน้ำยาง 100 ส่วนนั้น จะประกอบด้วยส่วนที่เป็นเนื้อยาง 25-45 ส่วน (เฉลี่ยประมาณ) และส่วนที่เป็นน้ำ 55 – 75 ส่วน (เฉลี่ยประมาณ 65 ส่วน) สิ่งที่เกี่ยวข้องที่เกษตรกรสวนยางต้องการรู้ คือ ปริมาณเนื้อยางแท้ในน้ำยาง การหาปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง จะหาเป็นค่าของเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในน้ำยาง โดยคิดเทียบจากน้ำยาง 100 ส่วนซึ่งวิธีการหาสามารถกระทำได้หลายวิธี แต่ที่นิยมปฏิบัติกันอยู่

ในปัจจุบัน มี 2 วิธี คือ วิธีใช้เครื่องมือวัดความถ่วงจำเพาะ และวิธีซึ่งน้ำหนักของยางตัวอย่าง หรือ วิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ

### 1. วิธีใช้เครื่องมือวัดความถ่วงจำเพาะ

เครื่องมือวัดความถ่วงจำเพาะของน้ำยาง เรียกว่า “เมโทรแลค” หรือ “ลาเทคโซมิเตอร์” เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดหาปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางโดยอาศัยค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยาง มีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนก้านและส่วนกระเปาะ ที่ก้านจะมีขีดกำหนดค่าเนื้อยางแห้งไว้ โดยจะมี 2 ระบบ คือ ระบบอังกฤษ ซึ่งจะบอกค่าเป็นปอนด์ / แกลลอน และระบบเมตริก ซึ่งจะบอกค่าเป็นกรัมต่อลิตร โดยค่าปริมาณเนื้อยางแห้งต่ำจะอยู่ด้านล่างค่าสูงจะอยู่ด้านบน ซึ่งหมายความว่า เมโทรแลคจะจมลงไปใต้น้ำยางที่มีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งต่ำ ทั้งนี้เพราะยางที่มีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งสูงจะมีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าน้ำยางที่มีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งต่ำ



### รูปที่ 2 เมโทรแลค หรือลาเทคโซมิเตอร์

การใช้เมโทรแลควัดหาปริมาณเนื้อยางแห้งยางแห้งในน้ำยางนั้น ส่วนใหญ่โรงงานแปรรูปยางจะใช้วัดหาปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางที่ทางการโรงงานรวบรวมได้ เพื่อผลประโยชน์ในการคิดค่านวนน้ำและน้ำกรดที่จะผสมใส่ลงไปใต้น้ำยาง เพื่อให้ยางจับตัวกันอย่างสมบูรณ์ และมีคุณสมบัติเหมาะสมตามที่โรงงานต้องการ ค่าปริมาณเนื้อยางแห้งที่วัดได้จึงไม่ถูกต้องนักเมื่อเทียบกับวิธีซึ่งน้ำหนักยางตัวอย่างหรือวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการอย่างไรก็ตามการหาปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางโดยใช้เมโทรแลคนี้ทำได้ง่ายสะดวก รู้ผลทันที จึงมีคนนำมาประยุกต์ใช้ในการซื้อขายน้ำยาง ซึ่งผู้ซื้อและผู้ขายสามารถหาค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งได้ และรับจ่ายเงินได้ทันทีที่มีการซื้อขาย

## ขั้นตอนการหาค่าเปอร์เซ็นต์เนื้องานแห้งในน้ำยางโดยใช้เมโทรแลค

ก่อนใช้เมโทรแลคในการวัดหาค่าเปอร์เซ็นต์เนื้องานแห้ง ต้องเตรียมอุปกรณ์ที่จะใช้วัดให้พร้อม ซึ่งได้แก่ เมโทรแลค กระจกบอกตวงสำหรับใส่น้ำยางเพื่อใช้วัดโดยเมโทรแลค ถาดหรือตะแกรงสำหรับรองกระจกบอกตวงเพื่อรับน้ำยางที่ล้นกระจกบอกตวงเมื่อใส่เมโทรแลค และน้ำสะอาด จากนั้นนำเมโทรแลค แช่ลงในกระจกบอกตวงน้ำสะอาดที่เตรียมไว้ เพื่อควบคุมอุณหภูมิให้คงที่และลดแรงตึงผิว แล้วจึงใช้วัดค่าเปอร์เซ็นต์เนื้องานแห้งตามขั้นตอน ดังนี้

1. ตักตัวอย่างน้ำยางที่ต้องการวัด 1 ส่วน (ประมาณ 250–300 ซี.ซี.) ผสมกับน้ำสะอาด 2 ส่วน กวนให้เข้ากันดี แล้วเทใส่ในกระจกบอกตวงให้เต็มจนล้น
2. เป่าฟองอากาศที่ลอยอยู่บนผิวน้ำยางในกระจกบอกตวงออกให้หมดแล้วค่อย ๆ หย่อนเมโทรแลคลงไปในกระจกบอกตวง ปล่อยให้ลอยเป็นนิสระ
3. อ่านค่าที่ก้านของเมโทรแลค บริเวณที่ผิวน้ำยางตัดกับก้าน เมโทรแลค หลังจากเมโทรแลคลอยตัวนิ่งแล้ว
4. นำค่าที่อ่านได้ไปคูณด้วย 3 ก็จะได้เปอร์เซ็นต์เนื้องานแห้งในน้ำยางตัวอย่างที่ใช้วัดออกมา

เช่น ถ้านำน้ำยางสด มาวัดหาค่าเปอร์เซ็นต์เนื้องานแห้ง โดยใช้เมโทรแลค ตามวิธีที่กล่าวแล้วข้างต้น ปรากฏว่าเมโทรแลคที่ใช้ระบบอังกฤษ อ่านค่าได้ 1 ½ และเมโทรแลคที่ใช้ระบบเมตริก อ่านค่าได้ 125 น้ำยางสดจะมีเปอร์เซ็นต์เนื้องานเท่าใด ถ้าพิจารณาในเมโทรแลคระบบอังกฤษค่าที่อ่านได้ระหว่าง 1 กับ 1 ½ หรือเท่ากับ 1.25 นั่นคือปริมาณเนื้องานแห้งเป็น 3.75 (1.25 × 3) ค่านี้หมายถึง ในน้ำยาง 1 แกลลอน มีเนื้องานแห้ง 3.75 ปอนด์ หรือ 37.5 % ส่วนในเมโทรแลคระบบเมตริก ปริมาณเนื้องานแห้งเป็น 375 (125 × 3) นั่นคือ ในน้ำยาง 1 ลิตร มีเนื้องานแห้ง 375 กรัม หรือ 37.5 %

### 2. วิธีชั่งน้ำหนักของยางตัวอย่าง หรือ วิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ

วิธีนี้เป็นวิธีวัดหาค่าเปอร์เซ็นต์เนื้องานแห้งในน้ำยางได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยใช้หลักความจริงในการดำเนินงาน คือ นำน้ำยางไปทำให้แห้งให้เหลือแต่เฉพาะเนื้องาน แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก เปรียบเทียบระหว่างน้ำยางก่อนที่จะนำไปทำให้แห้ง กับเนื้องานที่แห้งแล้วว่าเป็นเท่าไร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ออกมาก็จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์เนื้องานแห้งในน้ำยางจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์เนื้องานแห้ง} = (\text{น้ำหนักยางแห้ง} \times 100) / \text{น้ำหนักน้ำยางสด}$$

เช่น น้ำยาง 100 กรัม นำไปทำเป็นยางแผ่นแล้วอบให้แห้ง จะได้ยางแผ่นหนัก 35 กรัม นั่นคือ น้ำยางนั้นมีค่าเปอร์เซ็นต์เนื้องานแห้ง 35 %

ข้อดีของการหาค่าเปอร์เซ็นต์เนื้องานแห้งโดยวิธีนี้ คือ มีความถูกต้องแม่นยำสูง วิธีการไม่ยุ่งยาก เกษตรกรสามารถเรียนรู้และเข้าใจได้ง่าย และสามารถปฏิบัติด้วยตนเองได้ แต่มีข้อเสียคือ ใช้เวลานาน ต้องรอถึงวันรุ่งขึ้น จึงจะสามารถทราบค่าเปอร์เซ็นต์เนื้องานแห้งที่แท้จริงได้

### ประโยชน์ของการหาค่าเปอร์เซ็นต์เนื้องานแห้งในน้ำยาง

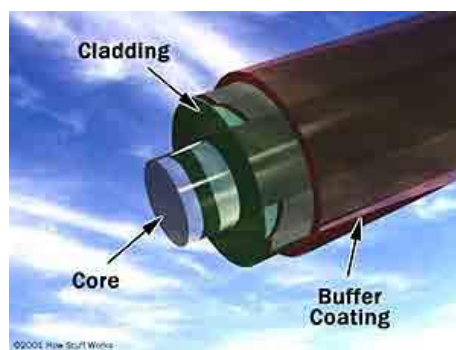
การหาค่าเปอร์เซ็นต์เนื้องานแห้งในน้ำยาง จะทำให้ทราบได้อย่างรวดเร็วว่า น้ำยางที่นำมาหาค่าเปอร์เซ็นต์เนื้องานแห้งนั้น เมื่อแห้งแล้วจะมีเนื้องานแห้งอยู่เท่าใด ซึ่งจะช่วยให้

1. การคำนวณอัตราการผสมน้ำ น้ำกรด และสารเคมีต่าง ๆ เพื่อให้ยางจับตัวของโรงงานยางที่ใช้ยางเป็นวัตถุดิบในการผลิต เช่น โรงงานยางแท่ง โรงงานยางแผ่น โรงงานยางอบแห้ง ฯลฯ ทำได้สะดวกรวดเร็วและถูกต้อง

2. การซื้อขายน้ำยางสดระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขายทำได้สะดวกรวดเร็วสามารถคิดหาเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งได้ทันที หรืออย่างช้าภายใน 24 ชั่วโมง หลังจากมีการซื้อขายน้ำยาง ส่งผลให้ผู้ซื้อและผู้ขายน้ำยาง สามารถรับ-จ่าย เงินกันได้ทันทีหรืออย่างช้าภายใน 24 ชั่วโมง หลังจากมีการซื้อขายน้ำยาง

### 8.5 ไฟเบอร์ออปติก(Fiber optic)

เส้นใยแก้วนำแสง คือ เส้นใยขนาดเล็กที่ทำหน้าที่เป็นตัวนำแสง โครงสร้างของเส้นใยแสงประกอบด้วยส่วนที่แสงเดินทางผ่านเรียกว่า CORE และส่วนที่หุ้ม CORE อยู่เรียกว่า CLAD ทั้ง CORE และ CLAD เป็น DIELECTRIC ใส 2 ชนิด (DIELECTRIC หมายถึงสารที่ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า เช่น แก้ว พลาสติก) โดยการทำให้ค่าดัชนีการหักเหของ CLAD มีค่าน้อยกว่าค่าดัชนีการหักเหของ CORE เล็กน้อยประมาณ 0.2 ~3% และอาศัยปรากฏการณ์สะท้อนกลับหมดของแสง สามารถทำให้แสงที่ป้อนเข้าไปใน CORE เดินทางไปได้ นอกจากนั้นเนื่องกล่าวกันว่าเส้นใยแสงมีขนาดเล็กมากขนาดเท่าเส้นผม นั้นหมายถึง ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางด้านนอกของ CLAD ซึ่งมีขนาดประมาณ 0.1 มม. ส่วน CORE ที่แสงเดินทางผ่าน นั้นมีขนาดเล็กลงไปอีกคือประมาณระดับ um (1 um=10<sup>-3</sup>mm) ซึ่งมีค่าหลายเท่าของความยาวคลื่นของแสงที่ใช้งาน



รูปที่ 3 ส่วนประกอบของสาย Fiber optic

ค่าต่างๆ เหล่านี้เป็นค่าที่กำหนดขึ้นจากคุณสมบัติการส่งและคุณสมบัติทางเมคานิกส์ที่ต้องการ เส้นใยแสงนอกจากมีคุณสมบัติการส่งดีเยี่ยมแล้วยังมีลักษณะเด่นอย่างอื่นอีกเช่น ขนาดเล็ก น้ำหนักเบาอีกด้วย ดังนั้นความต้องการใช้เส้นใยแสงในการขนส่งข้อมูลที่มีความเร็วสูงขึ้นและระยะทางที่ไกลขึ้นนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ (การใช้ photons แทน electrons) สำหรับการรับส่งสัญญาณผ่านเคเบิล ทำให้ได้แบนด์วิดท์ที่สูงขึ้นแต่ราคาต่ำลง อย่างไรก็ตาม แนวคิดในการส่งข่าวสารโดยใช้แสงไม่ใช่ของใหม่ เพียงแต่ในทศวรรษหลังสุดนี้ สามารถที่จะนำวัสดุและอุปกรณ์ ทางแสงที่ได้สร้างและพัฒนา มาให้ใช้ประโยชน์ได้ ต่อไป

ข้อดี ของ fiber optic cables ที่สร้างจากแก้วซึ่งเป็นฉนวน คือ สนามพลังงานที่ถูกลบออกออกมาจะไม่ถูกรบกวนและถูกดูดซับ แก้วเป็นวัสดุที่มีผลต่อการลดทอนน้อยมากและเป็นอิสระจากการมอดูเลตทางความถี่ เมื่อเปรียบเทียบกับเคเบิลชนิดทองแดงแล้วจะมีความสามารถในการรับส่งเหมือนกัน แต่ไฟเบอร์ออฟติกมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบากว่ามาก และที่สำคัญคือมีราคาถูกแม้ว่าจะพิจารณารวมถึงต้นทุนในการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ แล้วด้วยการพัฒนาต่อไปในอนาคตจะสามารถลดต้นทุนเครือข่ายไฟเบอร์ออฟติกได้มากกว่านี้ ไม่ว่าจะเป็นด้านการผลิต การติดตั้ง การบำรุงรักษา และที่สำคัญคือการใช้งานเครือข่าย การส่งข้อมูลไปบนไฟเบอร์ออฟติก

ปัจจุบันไฟเบอร์ออฟติกทำงานกับแสงที่มีความยาวคลื่น ประมาณ  $1\mu\text{m}$  ซึ่งตรงกับความถี่  $3 \cdot 10^{14}$  Hz หรือ 300.000 GHz สำหรับเหตุผลทางเทคนิค อุปกรณ์ส่วนใหญ่ทำงานกับการการผสมของสัญญาณที่อาศัยความแรงของสัญญาณ (AM) ซึ่งจะส่งผลให้มีแบนด์วิดท์เป็น 5 ถึง 10 GHz เมื่อเปรียบเทียบกับความถี่พาหะ (carrier frequency) แล้ว จะเห็นว่าน้อยมาก มันจะถูกจำกัดโดยเทคโนโลยีที่ใช้งานได้ การลดทอนของแสงใน glass fiber ขึ้นอยู่กับความยาวคลื่น มีค่าลดทอนต่ำสุดใน attenuation curve อยู่ในช่วง 1310 nm และ 1550 nm ระยะความกว้าง 100 nm โดย ประมาณบริเวณค่าดังกล่าวนี้ถูกเรียกว่า วินโดวส์ ซึ่งความถี่บริเวณวินโดวส์นี้จะใช้สำหรับการส่งข้อมูล เทคนิคอีกวิธีหนึ่งคือการส่งสัญญาณที่มีความยาวคลื่นต่างกันในลักษณะสองทิศทางโดย ผ่านไฟเบอร์อันเดียววิธีการแบบนี้เรียกว่า bi-directional transmission ซึ่งสามารถจะลดจำนวนเคเบิลที่ต้องใช้ลง 50 %

ชนิดของไฟเบอร์ปัจจุบัน นี้เคเบิลไฟเบอร์ทำจากซิลิกาเป็นส่วนใหญ่ ซิลิกาเป็นวัสดุบริสุทธิ์และยึดหยุ่นได้ และเป็นทรัพยากรที่คงจะไม่มีวันหมดไปง่ายๆเมื่อเปรียบเทียบกับทองแดงแล้ว ไฟเบอร์บางแบบทำจากโพลีเมอร์หรือวัสดุสังเคราะห์อื่น ๆ แต่ก็ใช้งานสำหรับระยะทางสั้นเท่านั้นเพราะมีการลดทอนสูงอันเนื่องมาจากการมีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่จะทำให้ขนาดของแสงที่ปล่อยออกไปมีจำนวนมาก ส่วนประกอบของไฟเบอร์ประกอบด้วย core , cladding (ทำหน้าที่เป็นส่วนหุ้มห่อคือเป็น insulation ของแต่ละไฟเบอร์) , และบัฟเฟอร์ (เป็นตัวป้องกันทางกล หรือ mechanical protection) เคเบิลจะมีการติดฉลากเป็นค่าเส้าผ่าศูนย์กลางของ core และ cladding ตัวอย่างเช่นเคเบิลชนิด single-mode จะเป็น  $9/125\mu\text{m}$  ซึ่ง 9 ก็เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของ core ส่วน 125 ก็เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของ cladding ในส่วนของบัฟเฟอร์ก็จะหุ้มรอบไฟเบอร์ที่มีขนาด  $9/125\mu\text{m}$  ซึ่งโดยทั่วไปจะมีขนาดประมาณ  $250\mu\text{m}$  โดยพื้นฐานแล้ว ชนิดของไฟเบอร์มีดังนี้

1. **Single-Mode Fiber** ชนิด step index fiber ส่วน core และ cladding มีดัชนีการหักเหที่ต่างกัน ไฟเบอร์ชนิด single-mode มีขนาดของ core เล็กมาก ( $10\text{ GHz}\cdot\text{km}$ ) จึงไม่เกิดการกว้างขึ้นของพัลส์ (pulse broadening) และไม่เกิด transit time differences ข้อดีคือใช้เดินทางได้ระยะไกล **Fiber** ขนาดที่ใช้งานกันจะเป็น  $9/125\mu\text{m}$  fibers ที่ความยาวคลื่น 1300 nm



2. Multimode ไฟเบอร์แบบมัลติโหมดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ (> 100  $\mu\text{m}$ ) ไฟเบอร์แบบนี้จะยอมให้การแพร่ของแสงแบบ multiple mode ผ่านไปได้ ทำให้มีการลดทอนที่สูงและมีแบนด์วิดท์ที่ต่ำกว่า (<100 MHz·km) ส่งผลให้เกิดการกว้างขึ้นของพัลส์และเกิด transit time differences ซึ่งจะเหมาะสมสำหรับการใช้งานกับระบบ LAN (>300 m)

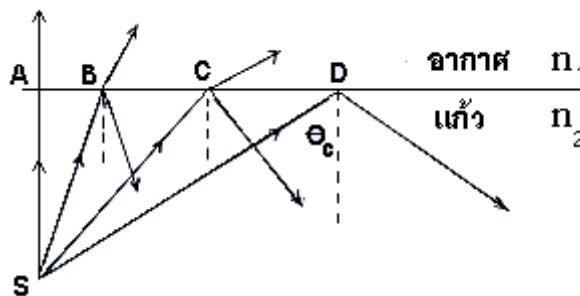


3. graded index fiber ดัชนีการหักเหจะเปลี่ยนแปลงแบบค่อยๆเป็นจาก core ไปยัง cladding ไฟเบอร์ชนิดนี้จึงมี transit time differences น้อย และการกว้างขึ้นของพัลส์ (pulse broadening) น้อย ทำให้มีค่าลดทอนต่ำ แบนด์วิดท์ < 1 GHz·km ขนาดที่ใช้กันก็จะเป็น 50/125  $\mu\text{m}$  หรือ 62.5/125  $\mu\text{m}$  ใช้สำหรับระยะทางสั้น ๆ (< 500 m).



### 8.6 หลักการทางแสงของสายไฟเบอร์ออปติก

อธิบายโดยใช้หลักการของแสง (geometrical optic) ได้ดังนี้



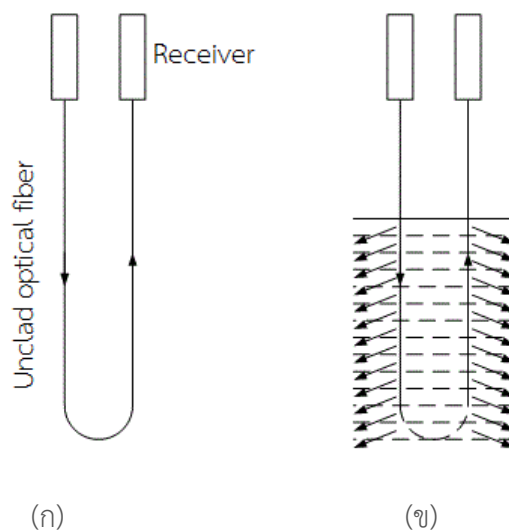
ให้จุดกำเนิดแสงอยู่ที่ S จะมีแสงออกจากจุด S นี้ไปยังจุดต่าง ๆ ของผิวแก้ว ดังรูป ที่จุด A แสงจะพุ่งออกจากแก้วไปยังอากาศโดยไม่มีการหักเห ที่จุด B จะมีการหักเหเล็กน้อย และมีบางส่วนสะท้อนกลับมาในแก้ว ที่จุด C จะมีการหักเหมากขึ้นเล็กน้อย และมีบางส่วนสะท้อนกลับมาในแก้ว ที่จุด D จะไม่มีการหักเห แสงจากจุด S ทั้งหมดจะสะท้อนกลับมาในแก้ว ณ จุดนี้จะเรียกมุม  $\theta_c$  ว่า มุมวิกฤต (Critical angle) ทำให้เกิดปรากฏการณ์ การสะท้อนกลับหมด (Total reflection) หาค่ามุม  $\theta_c$  ได้จาก

$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

เมื่อแสงผ่านเข้ามาในสายไฟเบอร์ออปติก (เส้นใยแก้วนำแสง) ที่ทำจากแก้ว จะเกิดการสะท้อนกลับหมดที่ผิวแก้ว (บริเวณที่เป็นรอยต่อของแก้วกับอากาศ) แสงที่สะท้อนนี้จะกลับเข้ามาในสายไฟเบอร์ออปติก(เส้นใยแก้วนำแสง) และเกิดการสะท้อนที่ผิวแก้วอีกด้านหนึ่ง การสะท้อนนี้จะเกิด

ภายในแก้ว โดยไม่มีการทะลุผ่านผิวแก้วออกไปยังอากาศ ทำให้สายไฟเบอร์ออปติก(เส้นใยแก้วนำแสง) สามารถนำแสงไปได้ การใช้งานสายไฟเบอร์ออปติก(เส้นใยแก้วนำแสง) จะมี 2 ลักษณะ คือนำภาพของวัตถุผ่านสายไฟเบอร์ออปติก (เส้นใยแก้วนำแสง) เช่น กล้องตรวจอวัยวะภายในของมนุษย์ และนำสัญญาณแสงผ่านสายไฟเบอร์ออปติก (เส้นใยแก้วนำแสง)

8.7 เซนเซอร์วัดระดับชนิดใยแก้วนำแสง (fiber optic level sensor) เป็นเซนเซอร์ที่ใช้สำหรับการวัดระดับ ทำงานโดยตัวกำเนิดคลื่นแสงส่งคลื่นแสงความเข้มคงที่ผ่านเส้นใยแก้วนำแสงมายังตัวรับ (รูปที่ 4) โดยในการวัดระดับเส้นใยแก้วต้องจุ่มอยู่ภายในของเหลว ถ้าไม่มีของเหลวอยู่ภายในภาชนะ ความเข้มของคลื่นแสงที่ปล่อยจากตัวส่งจะมีค่าใกล้เคียงกับที่ตัวรับได้รับ และหากระดับของเหลวสูงขึ้นคลื่นแสงจะกระจายออกทำให้ความเข้มแสงที่ตัวรับได้รับลดลง จากความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถนำค่าความเข้มแสงที่ตัวรับได้รับมาเปรียบเทียบกับระดับของเหลวในภาชนะได้ โดยเครื่องมือวัดระดับที่ผ่านการเปรียบเทียบเรียบร้อยแล้วสามารถนำมาใช้วัดระดับแบบต่อเนื่องได้ การปรับเทียบควรทำทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนชนิดของของเหลว เนื่องจากค่าการกระจายของแสงภายในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลว โดยค่าความเข้มแสงที่ตัวรับได้รับที่ระดับของเหลวเท่ากัน จะมีค่าไม่เท่ากันถ้าเป็นของเหลวต่างชนิดกัน การวัดระดับจากเซนเซอร์ชนิดนี้อาจให้ค่าคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4 การทำงานของเครื่องมือวัดระดับชนิดใยแก้วนำแสง

(ก) ปลายหัววัดยังไม่ได้สัมผัสกับของเหลว (ข) ปลายหัววัดเริ่มสัมผัสของเหลว

## 9. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

ชลลิกา ทิพย์กุล (2545) [6] ได้ศึกษาการผลิตยางของโลก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสถานการณ์การผลิตยางพาราโลกและผู้ผลิตยางพาราที่สำคัญของโลก การศึกษางานวิจัยขั้นนี้ใช้ทฤษฎีอุปสงค์และอุปทานและทฤษฎีการค้าระหว่างประเทศเชิงเปรียบเทียบ (The Theory of Comparative Advantage) โดยนำข้อมูลทฤษฎีภูมิที่เก็บรวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์จากการศึกษาสถานการณ์การผลิตและการใช้ยางของโลกทำให้พบว่า ประเทศผู้ผลิตยางธรรมชาติควรร่วมมือกันให้จริงจัง โดยเฉพาะในด้านการลดอุปทานยางเพื่อยกระดับราคายางให้สูงขึ้นเพื่อให้สามารถมีอำนาจต่อรองกับประเทศผู้ใช้อย่างได้สูงขึ้น หรือสามารถที่จะกำหนดราคาขายได้เองดังเช่นกลุ่มประเทศผู้ผลิตน้ำมัน เป็นต้น



สุภาพร บัวแก้ว (2548) [7] ได้ศึกษาถึงทิศทางและศักยภาพการผลิตและการส่งออกยางของไทยและประเทศคู่แข่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบทราบทิศทางและความต้องการใช้ยางของประเทศผู้ใช้อย่าง โดยรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิพื้นที่ปลูก ปริมาณการผลิต การส่งออก การใช้(ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์) ของประเทศผู้ผลิตและประเทศผู้ใช้สำคัญและข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการสำรวจและสัมภาษณ์ผู้ประกอบการแปรรูปและส่งออกยางของไทย พบว่าความต้องการใช้ยางธรรมชาติของโลก คาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 15.027 ล้านตัน ในปี2578 จากปัจจุบันที่มีความต้องการใช้ประมาณ 8 ล้านตัน ในส่วนยางสังเคราะห์ การผลิตและการใช้ขยายตัวในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 2.62 และ 2.74 ต่อปีสัดส่วนการใช้ยางธรรมชาติต่อยางสังเคราะห์ในปี2538 เป็น 39.3:60.7 และเพิ่มขึ้นเป็น 41.3:58.7 ในปี 2547 เป็นการศึกษาโดยใช้เครื่องมือทฤษฎีการวิเคราะห์อนุกรมเวลา(Time Series Analysis)นลินี ประทุม (2550) ได้ศึกษาถึงภาวะทั่วไป

ดร.สุรพิชญ์ ลอยกุลนันท์ และทีมงานจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (2556) [8] ได้พัฒนาวิธีการรักษาสภาพน้ำยางยุคใหม่ เพื่อการผลิตน้ำยางชั้นเป็นการใช้สาร TAPS (Thai Advanced Preservative System) แทนแอมโมเนียในการรักษาสภาพน้ำยางสดและ น้ำยางชั้น ทำให้ได้น้ำยางชั้นที่มีคุณภาพ มีความปลอดภัย ต่อสิ่งมีชีวิต และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

HAMAMATUS PHOTONICS K.K, Solid State Division. [9] กล่าวถึงหลักการของการวัดคุณภาพน้ำยางด้วยแสงโดยอาศัยวิธีการ เครื่องวัดสเปกตรัมของแสง (spectrometers) ซึ่ง mini-spectrometer ของบริษัท HAMAMATUS เสนอระบบโดยประกอบด้วย เลนส์ทำหน้าที่รวมแสง ก่อนจะผ่านเข้าสู่เซนเซอร์วัดแสง และทำการแยกความเข้มแสงด้วยวิธีการวัดความเข้มแสงหลายครั้งมารวมกัน (integrating times) วิธีนี้เป็นวิธีที่ยุ่งยากและซับซ้อนจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้งาน

Radhi M. Chyad (2556). [10] ใช้เส้นใยแก้วนำแสงวัดหาปริมาณน้ำตาลในสารละลายซึ่งให้ผลที่มีความแม่นยำสูง โดยได้ประกอบเครื่องมือเพื่อใช้วัดดังรูปที่ 1

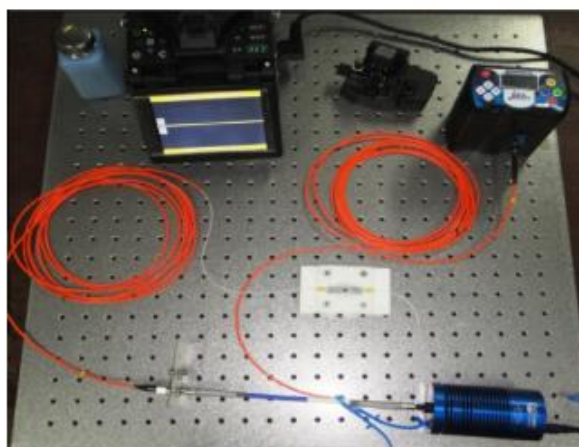


Fig. 1. The set up experiments for fabricated nano-fiber and measurement the sugar solution.

จากรูปเป็นการประกอบอุปกรณ์โดยใช้ spectrometer ในการวัดความเข้มแสงที่ออกมา โดยความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับพลังงานดังสมการ

$$I = E^2 = E_0^2 \cos^2 \theta$$

การเปลี่ยนแปลงซึ่งเป็นผลลัพธ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีหักเหของแสงคือ

$$\frac{dI}{dP} = 2E_0^2 \cos \beta L \sin \beta L \frac{d\theta}{dP}$$

เมื่อ  $\beta = 2\pi/K$  (K = ค่าคงที่ของการผ่านของแสง)

L = ความยาวของไฟเบอร์ออปติกส์

Bo Dong และคณะ (2556). [11] ได้ศึกษาเส้นใยนำแก้วมาใช้ในระบบการวัดเชิงแสงที่ต้องการความละเอียดสูง โดยใช้เส้นใยแก้วนำแสงแบบ hollow core photonic fiber ที่เป็นลักษณะเซนเซอร์ โดยที่ปลายเส้นใยทำเป็นทรงกลมในระดับไมครอน เพื่อลดการกระเจิงของแสง และเพิ่มความไวในการตรวจรับสัญญาณ ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้วัดสัญญาณสะท้อนจากความยาวคลื่นในช่วง IR ประมาณ 1500-1700 nm ในตัวกลางต่างๆที่เป็นของเหลว เช่น น้ำ การแพ และแอลกอฮอล์ รวมทั้งมีการเปลี่ยนดัชนีหักเหและอุณหภูมิของตัวกลางที่ทำการวัดร่วมด้วย

Hang Zhou Yang และทีมงาน (2557).[12] ได้รวบรวมเรื่องราวของพลาสติกเส้นใยแก้วนำแสง (fiber optic) ในงานทางด้านเป็นตัวตรวจวัด เพราะเส้นใยแก้วนำแสงนั้น มีความแข็งแรง ใช้ต้นทุนในกระบวนการเตรียมงาน ที่ต่ำกว่าตัวตรวจวัดอื่นๆ นอกจากนี้ยังเป็นตัวตรวจวัดที่มีความละเอียดและมีความไวในการตรวจวัดได้ดีด้วย การนำเส้นใยแก้วนำแสงมาใช้เป็นตัวตรวจวัดนั้นอาศัยหลักการคือเมื่อแสงเดินทางผ่านเส้นใยแก้วนำแสงโดยที่อยู่ในตัวกลาง เส้นทางการเดินทางของแสงจะเปลี่ยนไป นั่นคือค่าดัชนีหักเหของแสง(refractive index) ในเส้นใยแก้วนำแสงดังนั้นทำให้สามารถวัดความแตกต่างของตัวกลางได้ และเนื่องจากวิธีนี้เป็นวิธีที่มีความไวสูงดังนั้นจึงสามารถแยกความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลายในตัวกลางได้

## 10. เอกสารอ้างอิงของโครงการวิจัย

[1] กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร:สถิติการเกษตรของประเทศไทย. (2555)

[2] สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 เมษายน-มิถุนายน (2556)

[3] กระทรวงพาณิชย์. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าและส่งออกไม้ยางพาราแปรรูปของไทย. (2553).

[4] กระทรวงพาณิชย์. สถิติมูลค่าการส่งออก ปริมาณส่งออกและตลาดส่งออกยางพาราของไทย. (Online). แหล่งที่มา :<http://www.moc.go.th>(วันที่ 3 มกราคม 2551)

[5] นุชนารถ กังพิศดาร. 2547. ประวัติและความสำคัญของยาง. เอกสารวิชาการยางพารา. กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

[6] ชลลิกา ทิพย์กุล,.สถานการณ์การผลิตและการใช้ยางของโลก, สถาบันวิจัยยาง (2545). (ออนไลน์) แหล่งที่มา <http://www.rubberthai.com>

[7] สภาพร บัวแก้ว. 2548. การศึกษาสถานการณ์การผลิตและการตลาดยาง. สถาบันวิจัยยาง. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <http://www.rubberthai.com>

[8] ดร.สุรพิชญ์ ลอยกุลนันท์ และทีมงานจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2556.การผลิตน้ำยางข้นเป็นการใช้สาร TAPS (Thai Advanced Preservative System).

[9] HAMAMATUS PHOTONICS K.K, Solid State Division.

[10] Radhi M. Chyad , Mohd Zubir Mat Jafri, Kamarulazizi Ibrahim. Fabricated nano-fiber diameter as liquid concentration sensors. Results in Physics 3 (2013) 91–96.

[11] Bo Dong, Jianzhong Hao. Taishi Zhang, Jun Long Lim. High sensitive fiber optic liquid refractive index tip sensor base on a simple inline hollow glass micro-sphere. (2012) 405–408.

[12] Hang Zhou Yang, Xue Guang Qiao , Dong Luo , Kok Sing Lim, WuYi Chong, Sulaiman Wadi Harun . A review of recent developed and applications of plastic fiber optic displacement sensors. Measurement 48 (2014) 333–345.

11. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น ด้านวิชาการ ด้านนโยบาย ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์ ด้านสังคมและชุมชน รวมถึงการเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลงาน	ดัชนีชี้วัดความสำเร็จ
1. ต้นแบบของเครื่องมือวัด	1.ระบบตรวจวัดและประเมินผลเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในน้ำยางโดยใช้วิธีการทางแสง
2. องค์ความรู้	2. ความรู้พื้นฐานนำมาพัฒนาและประยุกต์ใช้เพื่อหาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของน้ำยางกับค่าปริมาณทางแสง
3. บริการความรู้แก่ภาคชุมชน	3. ถ่ายทอดเทคโนโลยีระบบตรวจวัดและประเมินผลเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในน้ำยางโดยใช้วิธีการทางแสง และนำไปใช้จริงกับเกษตรกรชาวสวนยาง
4. การผลิตเชิงพาณิชย์	4. สร้างระบบตรวจวัดและประเมินผลเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในน้ำยางโดยใช้วิธีการทางแสงที่ผ่านการถ่ายทอดแล้ว ทำให้อุปกรณ์นำเข้าที่มีราคาแพงได้
5. ประโยชน์ต่อประชากรกลุ่มเป้าหมาย	เผยแพร่ผลงานทางวิชาการ นักวิชาการ นักศึกษา และเกษตรกรชาวสวนยาง





ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์สารสำหรับตรวจวัดคุณสมบัติของสาร สังเคราะห์ เช่น uv spectrophotometer , วิเคราะห์สมบัติของยาง	60,000
ค่าจ้างพิมพ์รายงาน	3,000
ค่าถ่ายเอกสารรายงานการวิจัย ทำรูปเล่ม 10 เล่ม และดำเนินงาน เอกสาร เช่นการรายงานความก้าวหน้างานวิจัย และเอกสารเผยแพร่	10,000
<b>2.1.2 ค่าวัสดุ</b>	
ค่าสารเคมีและสารมาตรฐาน(สารประกอบตั้งต้นเพื่อเตรียมตัวอย่าง เช่น น้ำยางดิบ, ZnO, ZDC, แอมโมเนีย )	50,000
ค่าอุปกรณ์สำหรับการทำไฟเบอร์ออฟติก	42,015
ค่าวัสดุอิเล็กทรอนิกส์สำหรับต่อวงจร	50,000
ค่าวัสดุวิทยาศาสตร์ เช่น เครื่องแก้วทนความร้อนสูงและอุปกรณ์ อื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมสาร, เลนส์, ชุดอุปกรณ์กำหนดแสง	50,000
ค่าวัสดุสำนักงาน	5,000
ค่าวัสดุหนังสือ วารสารและตำรา	5,000
ค่าวัสดุในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์	20,000
<b>2.2 ค่าสาธารณูปโภค</b>	
ค่าไฟฟ้า และ ค่าน้ำประปา	18,685
<b>รวมงบประมาณที่เสนอขอ (สามแสนบาทถ้วน)</b>	<b>500,000.00</b>

16.2 รายละเอียดงบประมาณการวิจัย จำแนกตามงบประมาณประเภทต่าง ๆ ที่เสนอขอในแต่ละปี [กรณีเป็นโครงการวิจัยที่มีระยะเวลาดำเนินการวิจัยมากกว่า 1 ปี (ผนวก 8)]

16.3 งบประมาณการวิจัยที่ได้รับจัดสรรในแต่ละปีที่ผ่านมา (กรณีเป็นโครงการวิจัยต่อเนื่องที่ได้รับอนุมัติให้ทำการวิจัยแล้ว)

## 17 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

- 17.1 ได้อุปกรณ์ที่สามารถวัดความเข้มข้นของน้ำยางได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 17.2 เผยแพร่องค์ความรู้สู่ชุมชน

## 18 โครงการวิจัยต่อเนื่องปีที่ 2 ขึ้นไป

- 18.1 คำรับรองจากหัวหน้าโครงการวิจัยว่าโครงการวิจัยได้รับการจัดสรรงบประมาณจริงในปีงบประมาณที่ผ่านมา
- 18.2 ระบุว่าโครงการวิจัยนี้อยู่ระหว่างเสนอขอของบประมาณจากแหล่งเงินทุนอื่น หรือเป็นการวิจัยต่อยอดจากโครงการวิจัยอื่น (ถ้ามี)
- 18.3 รายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัย (แบบ ต-1ข/ด)

## 19 คำชี้แจงอื่น ๆ (ถ้ามี)

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ศึกษาตัวตรวจวัดความเข้มข้นของน้ำยางสด โดยอาศัยหลักการสะท้อนของเส้นใยแก้วนำแสง และประมวลผล ในระบบดิจิทัล ซึ่งสามารถแสดงผลเปอร์เซ็นต์ของปริมาณยางแห้ง เป็นตัวเลขได้ทันที มีความถูกต้องแม่นยำสูง และรวดเร็ว วิธีการใช้งานง่าย โดยตัวอย่างน้ำยางที่นำมาทดสอบสามารถนำกลับมาใช้ได้โดยไม่เสียหาย และเป็นอุปกรณ์ที่สามารถการนำเข้าจากต่างประเทศในราคาสูงได้ การพบปะสะดวก และคิดว่างานวิจัยชิ้นนี้น่าจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรชาวสวนยางในอนาคตต่อไป

(ดร.ครรชิต กำลั้งกล้า)

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ 19 เดือน กันยายน พ.ศ. 2557

ส่วน ค : ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายครรชิต กำลั้งกล้า  
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Kanchit Kamlangkla
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3820100034664
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ  
สะดวก เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ  
2 ถ. นางลิ้นจี่ ทุ่งมหาเมฆ สาทร กทม. 10120  
ที่อยู่ (ที่บ้าน) 1/487 หมู่บ้านวังรุ่ง ถ.นวลจันทร์ 16 แขวงคลอง  
กุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพฯ 10230
5. ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
Ph.D.	วิทยาศาสตร์นาโน และเทคโนโลยี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ไทย	2553
กศ.ม.	ฟิสิกส์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, ไทย	2545
กศ.บ.	ฟิสิกส์	มหาวิทยาลัยทักษิณ,ไทย	2541
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ Plasma, X-rays, Thin film  
(แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
  - 7.1 ผลงานการนำเสนอผลงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
    - 1) K. Kamlangkla, S. K. Hodak, and B. Paosawatyanong. The Wettability of PET Treated by O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, and Ar Plasma by Capillary Rise Method. Oral presentation at CAPPSSA 2009 International Congress on Cold Atmospheric Pressure Plasmas: Sources and Applications at Ghent University's Research Unit Plasma Technology (Department of Applied Physics), Belgium, (21-24 June; 2009)
    - 2) K. Kamlangkla, Jolle Levalois-Grtzmacher and S. K. Hodak. Compatibility of Flame Retardancy and Hydrophobicity on Silk Fabric by Plasma. Oral presentation at The 3<sup>rd</sup> progress report of Commission on Higher Education (MUA) scholarship, Pattaya, Chonburi, Thailand, (9-11 September; 2010)
    - 3) K. Kamlangkla, S. K. Hodak, and B. Paosawatyanong. and Satreerat K.Hodak. Study on Wettability of Spandex Fabric Surfaces Improved by Oxygen Plasma Treatment. Oral presentation at The 2<sup>rd</sup> Siam Physics Congress 2007, Nakhorn Pathom, Thailand, (22-24 March; 2007)



- 4) K. Kamlangkla, S. K. Hodak, and B. Paosawatyanong. Mechanical Stength and Hydrophobicity of Cotton Fabric After SF<sub>6</sub>. Oral presentation at The 3rd Siam Physics Congress 2008, Khao Yai, Nakhorn Ratchasima, Thailand, (20-22 March; 2008)
- 5) K. Kamlangkla, S. K. Hodak, and B. Paosawatyanong. The Wettability of PET Treated by O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, and Ar Plasma by Capillary Rise Method. Oral presentation at The 4<sup>th</sup> Siam Physics Congress 2009, Cha Am, Petchaburi, Thailand, (18-21 March; 2009)

## 7.2 ผลงานวิจัยที่พิมพ์ออกเผยแพร่

- 1) K. Kamlangkla, B. Paosawatyanong, V. Pavarajarn, Jose H.Hodak, Satreerat K. Hodak. Mechanical Strength and Hydrophobicity of Cotton Fabric after SF<sub>6</sub> Plasma Treatment. Applied Surface Science, Volume 256, pages 5888-897. (2010), (impact factor: 1.576)
- 2) K. Kamlangkla, S. K. Hodak, Jolle Levalois-Grtzmacher. Multifunctional silk fabrics by means of the plasma induced graft polymerization (PIGP) process. Surface and coatings Technology, Volume 205, pages 3755-3762. (2011), (impact factor: 2.135)
- 3) B. Paosawatyanong, K. Kamlangkla, S. K. Hodak. Hydrophobic and Hydrophilic Surface Nano-modification of PET fabric by plasma Process. Journal of Nanoscience and Nanotechnology, Volume 10, pages 57050-7054. (2010),(impact factor: 1.987)
- 4) S.K. Hodak, T. Supasai, B. Paosawatyanong, K. Kamlangkla, V.Pavarajarn. Enhancement of Hydrophobicity of Hydrophobicity of silk by SF<sub>6</sub> Plasma. Applied Surface Science, Volume 254, Issue 15, pages 4744-4749. (2008),(impact factor: 1.436)
- 5) K. Kamlangkla, S. K. Hodak and B. Paosawatyanong. Etching effect of SF<sub>6</sub> plasma on cotton fiber. Applied Mechanics and Materials, Volume 55-57, pages 1336-1340. (2011),(Scopus)

## ประวัติผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)                      นางสาวชุตินา อุปลัมภ์

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Chutima Oopathump
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
3. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อสะดวก หมายเลขโทรศัพท์ และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) เลขที่ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120 เบอร์โทรศัพท์: 0-2287-9600, 0-2286-3991-5 โทรสาร: 0-2286-3596
4. ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.ม.	ฟิสิกส์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ไทย	2543
วท.บ.	ฟิสิกส์อิเล็กทรอนิกส์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ไทย	2538

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิมการศึกษ) ระบุสาขาวิชาการ
- 5.1 สาขาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
- 5.2 สาขาจุลชีว
6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย
- 6.1 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
- 6.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :
- 6.3 งานวิจัยที่กำลังทำ :
7. เลขทะเบียนนักวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- 7.1 เลขทะเบียน 22733

#### ประวัติผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวเขมฤทัย งามะพัฒน์
- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mrs. Kheamrutai Thamaphat
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
3. ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก โทรศัพท์ 081-582-9944 โทรสาร 02-427-8785  
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
สถานที่ติดต่อ 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กทม. 10140  
e-mail address [kheamrutai.tha@kmutt.ac.th](mailto:kheamrutai.tha@kmutt.ac.th)

#### 5. ประวัติการศึกษา และประสบการณ์วิจัยหลังปริญญาเอก

- 5.1 ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
ปร.ด.	ฟิสิกส์	ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ไทย	2550
วท.ม.	ฟิสิกส์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ไทย	2547
วท.บ.	ฟิสิกส์	ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ไทย	2543

## 5.2 ประสบการณ์วิจัยหลังปริญญาเอก

5.2.1 **หัวข้อ** Multifrequency CW and Pulsed electron Paramagnetic Resonance Studies of Nanomaterials

**สถานที่** Centre for Magnetic Resonance (CMR), The University of Queensland  
ประเทศออสเตรเลีย

### 5.2.2 ทุนการศึกษาและประกาศนียบัตรที่ได้รับ

- รางวัลงานเชิดชูเกียรติคณาจารย์และนักวิจัย (2551-2552)  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- รางวัลผลงานวิจัยระดับดี สาขาวิทยาศาสตร์ ในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 46  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- UDC Scholarship ในระดับปริญญาโท – เอก
- รางวัลการศึกษายอดเยี่ยมขั้นวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์  
จากมูลนิธิ ศ.ดร. แถบ นีละนิธิ ประจำปี พ.ศ. 2547
- รางวัลวิทยานิพนธ์ดีเด่น ประจำปีการศึกษา 2546 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## 5. ประวัติการทำงาน

**พ.ศ. 2551 – ปัจจุบัน** อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

## 6. ผลงานทางวิชาการ

### 6.1 ผลงานตีพิมพ์ระดับนานาชาติ

- 1) Chutrakulwong, F. and Thamaphat, K., 2014, Durian Peeling Extract Mediated Green Synthesis of Silver Nanoparticles. **Advanced Material Research** 875-877: 18-22.
- 2) S. Apichart, K. Thamaphat and S. Limsuwan. 2013. Construction of a Cost Effective Current Balance for Physics Teaching. **Advanced Material Research** 770: 374-377.
- 3) N. Meekaewnoi, K. Thamaphat and S. Limsuwan. 2013. Investigation of Thermal Expansion

Coefficient of Metals from Light Diffraction Pattern. **Advanced Materials Research** 770:

362-365.

4) C. Apiputikul, K. Thamaphat, Monrudee Ranusawad and P. Limsuwan. 2013. Uncomplicated

Setting Apparatus for Measurement of Fluid Flow Rate using Laser Doppler Technique: Physics Teaching. **Advanced Materials Research** 770: 366-369.

5) Intarasawang, M. and Thamaphat, K., 2013, "Utilization of Aquatic Weed for Environmental and Rapid synthesis of Silver Nanoparticles", **Advanced Materials Research**, Vol. 662, pp. 80-83.

6) Kaewwiset, W., Thamaphat, K., Kaewkhao, J. and Limsuwan, P., 2013, "ESR and Spectral Studies of Er<sup>3+</sup> Ions in Soda-Lime Silicate Glass", **Physica B**, Vol. 409, pp. 24-29.

7) Kaewwiset, W., Thamaphat, K., Kaewkhao, J. and Limsuwan, P., 2012, "Er<sup>3+</sup>-Doped Soda-Lime Silicate Glass: Artificial Pink Gemstone", **American Journal of Applied Sciences**, Vol. 9, pp. 1769-1775.

8) Busiri, R., Thamaphat, K. and Limsuwan, P., 2012, "Synthesis and Characterization of Pure Natural Hydroxyapatite from Fish Bones Bio-Waste", **Advanced Materials Research**, Vol. 506, pp. 206-209.

9) Pankaew, P., Hoonnivathana, E., sujinnapram, S., Thamaphat, K., Limsuwan, P. and Naemchanthara, K., 2012, "Characterization of Apatite from Human Teeth via XRD, FT-IR and TGA Techniques", **Advanced Materials Research**, Vol. 506, pp. 90-93.

10) Insiripong, S., Kedkaew, C., Thamaphat, K., Chantima, N., Limsuwan, P. and Kaewkhao, J., 2012, "Irradiation Effect on Natural Quartz from Zombia", **Procedia Engineering**, Vol. 32, pp. 83-89.

11) Taweepong, J., Thamaphat, K. and Limsuwan, P., 2012, "Jumping Ring Experiment: Effects of Temperature, Non-Magnetic Material and Applied Current on the Jump Height", **Procedia Engineering**, Vol. 32, pp. 982-988.

12) Chinpon, A., Thamaphat, K., Hansuparnusorn, M. and Limsuwan, P., 2012, "A Force Measurement Method using the Optical Fibre Beam", **Procedia Engineering**, Vol. 32, pp. 989-993.

13) Thamaphat, K., Limsuwan, P. and Smith, S.M., 2011, "Electron Spin Resonance Investigation of Free Radicals Produced in Pulverized Non-Irradiated Sugar", **International Journal of Modern Physics B**, Vol. 25, pp. 2383-2391.

- 14) Thamaphat, K., Kaewwiset, W. and Limsuwan, P., 2010, "Application of ESR Technique to Distinguish the Phase and Size of TiO<sub>2</sub> Powders", **Journal of Electronic Science and Technology**, Vol. 8, pp. 31-34.
- 15) Thamaphat, K., Oopathump, C. and Panacharoensawad, B., 2010, "Non-Thermal Lethal Effects of Low-Voltage Alternating Current on *Bacillus cereus*", **Journal of Applied Sciences**, Vol. 10, pp. 3222-3228.
- 16) Ruangthawee, Y., Kitiachawal, T., Kaewkhao, J., Thamaphat, K. and Limsuwan, P., 2010, "The Spectroscopic Analysis of Iron-Doped Soda-Lime-Silicate Glass by Spectrophotometer and ESR Spectrometer", **Advanced Materials Research**, Vol. 93-94, pp. 312-315.
- 17) Srisittipokakun, N., Kedkaew, C., Kaewkhao, J., Kitiachawal, T., Thamaphat, K. and Limsuwan, P., 2009, "electron Spin Resonance (ESR) and Optical Absorption Spectra of a Manganese Doped Soda-Lime-Silicate Glass System", **Kasetsart Journal (Natural Science)**, Vol. 43, pp. 360-364.
- 18) Bharmanee, P., Thamaphat, K., Satasuvon, P. and Limsuwan, P., 2008, "Measurement of a Thermal Expansion Coefficient for a Metal by Diffraction Patterns from a Narrow slit", **Kasetsart Journal (Natural Science)**, Vol. 42, pp. 346-350.
- 19) Limsuwan, P., Meejoo, S., Somdee, A., Thamaphat, K., Kitiachawal, T., Siripinyanond, A. and Krzystck, J., 2008, "Revelation of Causes of Colour Change in Beryllium-Treated Sapphires", **Chinese Physics Letters**, Vol. 25, pp. 1976-1979.
- 20) Thamaphat, K., Limsuwan, P. and Meejoo, S., 2007, "ESR Spectrometer as a Possible Tool for Rapid Analysis of Cane Sugar Purity", **Chinese Physics Letters**, Vol. 24, pp. 3524-3527.
- 21) Thamaphat, K., Bharmanee, P. and Limsuwan, P., 2006, "Measurement of Verdet Constant in Diamagnetic Glass using Faraday Effect", **Kasetsart Journal (Natural Science)**, Vol. 40, pp. 18-23.
- 22) Thamaphat, K., Bharmanee, P. and Limsuwan, P., 2005, "Measurement of Ozone Concentrations in Gas-Phase using UV Absorption Method", **Kasetsart Journal (Natural Science)**, Vol. 39, pp. 182-187.

## 6.2 ผลงานตีพิมพ์ระดับชาติและภูมิภาค

- 1) Saipaopan, C., Thamaphat, K., Oopathump, C., Bharmanee, P. and Kolsalathip, V., 2011, "The Centripetal Force Experiment for Introductory Physics Student", **Laos Journal on Applied Science**, Vol. 2, pp. 767-774.
- 2) Khaophonong, T., Thamaphat, K., Oopathump, C. and Bharmanee, P., 2011, "An Exciting Experiment to Drive a Charged Particle in Solutions using the Lorentz Force", **Laos Journal on Applied Science**, Vol. 2, pp. 762-766.
- 3) Boonbhuan, J., Thamaphat, K., Bharmanee, P. and Limsuwan, P., 2010, "A Demonstration Set for Liquid Refractive Index Measurement with a He-Ne Laser", **Thai Journal of Physics**, Vol. 6, pp. 361-364.
- 4) Ruangthawee, Y., Kitiauchawal, T., Kaewkhao, J., mungchamnankit, A., Thamaphat, K. and Limsuwan, P., 2010, "Study of ESR Spectra for  $Fe^{3+}$  ions in Soda-Lime-Silicate Glass", **Thai Journal of Physics**, Vol. 6, pp. 250-252.
- 5) Intarasawang, M., Thamaphat, K., Oopathump, C., Bharmanee, P., Kosalathip, V. and Limsuwan, P., 2010, "An Effective Technique to Measure the Earth's Gravity using a Flashing LED", **Thai Journal of Physics**, Vol. 6, pp. 138-140.
- 6) Tarnrux, P., Thamaphat, K., Bharmanee, P. and Limsuwan, P., 2010, "An Accurate Technique for Rapid Measuring the Refractive Index of a Liquid", **Thai Journal of Physics**, Vol. 5, pp. 139-141.
- 7) Boonprachom, N., Thamaphat, K., Bharmanee, P. and Limsuwan, P., 2010, "Construction and Demonstration of a Thermal Expansion Coefficient Experimental Set", **Thai Journal of Physics**, Vol. 5, pp. 142-144.
- 8) Chanthima, N., Kedkaew, C., Kittiauchawal, T., Pokaipisit, A., Thamaphat, K. and Limsuwan, P., 2009, "Dependance of  $E'$  Center Characteristic in Natural Amethyst on the Annealing Temperature", **Thai Journal of Physics**, Vol. 4, pp. 57-58.
- 9) Thamaphat, K., Kedkaew, C., Bharmanee, P. and Limsuwan, P., 2008, "Measurement of Refractive Index using a Diffraction Grating and Laser", **Thai Journal of Physics**, Vol. 3, pp. 163-167.
- 10) Thamaphat, K., Bharmanee, P. and Limsuwan, P., 2007, "Determination of the Groove Spacing between Tracks on a CD and a DVD by He-Ne Laser", **Thai Journal of Physics**, Vol. 2, pp. 112-116.
- 11) Thamaphat, K., Limsuwan, P. and Meejoo, S., 2006, "Effect of Pulverization on Free Radical in Sugar Monitored by ESR Spectroscopy", **KMITL Science Journal**, Vol. 6, pp. 40-47.
- 12) Thamaphat, K., Limsuwan, P. and Meejoo, S., 2006, "The Study of Color in Sugar by

ESR Spectrometry”, **KMITL Science Journal**, Vol. 6, pp. 185-194.

- 13) Thamaphat, K., Bharmanee, P. and Limsuwan, P., 2006, “Determination the Viscosity of Liquid using Atwood Machine Interfaced with Microcomputer”, **Laos Journal on Applied Science**, Vol. 1, pp. 106-110.
- 14) Thamaphat, K., Bharmanee, P. and Limsuwan, P., 2006, “The Study of Verdet Constant of Diamagnetic Glass Using Faraday Effect”, **Laos Journal on Applied Science**, Vol. 1, pp. 111-117.
- 15) Thamaphat, K., Panacharoensawad, B. and Oopathump, C., 2006, “The Formation of Hydrogen Peroxide for the Lethality of *Bacillus cereus* During AC-Exposure”, **Laos Journal on Applied Science**, Vol. 1, pp. 118-124.

### 6.3 การนำเสนอผลงานในงานประชุมทางวิชาการระดับนานาชาติ

- 1) Palakawong Na Aayudhaya<sup>1</sup>, T., Viwattana, P., Thamaphat, K. and Lomthaisong, K., 2014, “Green Synthesis of Starch-Capped CdSe Quantum Dots in Aqueous Solution”, **The 2<sup>nd</sup> ASEAN Plus Three Graduate Research Congress (2ndAGRC)**, February 5-7, Bangkok, Thailand, pp. 950-954.
- 2) Meethom, P., Thamaphat, K., Limsuwan, P. and Rewthong, O., 2013, “Measurement of Sound Speed in Liquid using Optical Approach”, **5<sup>th</sup> International Science, Social Science, Engineering and Energy Conference**, December 18-20, Kanchanaburi, Thailand.
- 3) Worthong, A., Lorwattanawong, W., Ruttananurak, P., Thamaphat, K. and Limsuwan, P., 2013, “Fabrication of Cassava Peel-Based Edible Film using Ultrasound Reduced Biopolymer Size”, **International Conference on environmental and Hazardous Substance Management towards a Green Economy**, May 21-23, Bangkok, Thailand, pp. 283-284.
- 4) Rodroeng, K., Thamaphat, K., and Boonduang, S., 2013, “Simple Rotational Viscometer for Physics Laboratory Demonstration”, **International Conference on Applied Physics and Material Applications**, February 20-22, Nakhon Pathom, Thailand, p. 92.
- 5) Samakkasewee, K., Tantipaibulvut, S. and Thamaphat, K., 2013, “Lethal Effect of Static Magnetic Field on *Escherichia coli*”, **International Conference on Applied Physics and Material Applications**, February 20-22, Nakhon Pathom, Thailand, p. 6.
- 6) Jityen, A., Sricharoen, T., Thamaphat, K., and Limsuwan, P., 2013, “Effects of Calcination Temperature and Particle Size on Purity and Crystallinity of Hydroxyapatite Extracted from Animal Bones”, **International Conference on Applied Physics and Material Applications**, February 20-22, Nakhon Pathom, Thailand, p. 75.

- 7) Saelow, P., Moonla, K., Thamaphat, K., and Limsuwan, P., 2013, "Green Synthesis and Application of Silver Nanoparticles for Colorimetric Detection of Glucose Concentration in Aqueous Solution", **International Conference on Applied Physics and Material Applications**, February 20-22, Nakhon Pathom, Thailand, p. 79.
- 8) Sunnu, J., Satsanapitak, S., Thamaphat, K., Oopathump, C., Bharmanee, P. and Limsuwan, P., 2012, "Experimental Set for Measuring the Plank's Constant using LED", **15<sup>th</sup> International Conference on the International Academy of Physical Science**, December 9-13, Thailand, p. 119.
- 9) Singkam, U., Oopathump, C., Limsuwan, P. and Thamaphat, K., 2012, "Determining the Magnetic Flux Distribution of Paired Coils in the Helmholtz Arrangement", **1<sup>st</sup> Asean Plus Three Graduate Research Congress**, March 1-2, Chiang Mai, Thailand, pp. 243-248.
- 10) Thamaphat, K., Oopathump, C., Limsuwan, S. and Panacharoensawad, B., 2010, "Effect of Microwave Radiation on Bacteria Growth", **International Conference on Process Engineering and Advanced Materials**, June 15-17, Kuala Lumpur, Malaysia.
- 11) Kedkaew, C., Kaewkhao, J., Insiripong, S., Chantima, N., Thamaphat, K. and Limsuwan, P., 2010, "High Gamma Radiation-Induced the Aluminum Center in Natural Alpha-Quartz", **2010 Symposium on Radiation Measurements and Application**, May 24-28, Michigan, USA.
- 12) Kaewwiset, W., Thamaphat, K. and Limsuwan, P., 2010, "Characterization of the Synthesized TiO<sub>2</sub> Nanopowders using the XED, TEM and ESR Techniques", **The International Conference on Nanoscience and Nanotechnology**, February 22-26, Sydney, Australia.
- 13) Onreabroy, W., Thamaphat, K. and Limsuwan, P., 2007, "Characterization of TiO<sub>2</sub> Nanopowders using ESR Spectroscopy", **The International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology**, November 21-23, Bangkok, Thailand.

#### 6.4 การนำเสนอผลงานในงานประชุมทางวิชาการระดับชาติ



- 1) Ketkong, A., Khowamnuychok, K., Thamaphat, K. and Limsuwan, P., 2012, "Measuring Magnetic Field Strength using Current Balance: A Student Project", **38<sup>th</sup> Congress on Science and Technology of Thailand**, October 17-19, Chiang Mai, Thailand.
- 2) ปิยะพงษ์ศ์ หนูดำ, เขมฤทัย ถามะพัฒน์ และ ปิยะรัตน์ พรหมณี, 2555, "การหาค่าดัชนีของของเหลวโดยใช้เลเซอร์และเลเซอร์ชูซัน", **การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 4**, 12-13 มีนาคม, มหาวิทยาลัยนเรศวร, ประเทศไทย.
- 3) Rodroeng, K., Boonthum, D., Bharmanee, P. and Thamaphat, K., 2012, "Construction of a Simple and Low Cost Rotational Viscometer", **Siam Physics Congress 2012**, May 9-12, Phra Nakhon Si Ayutthaya, Thailand.
- 4) Choejeen, T., Thamaphat, K. and Bharmanee, P., 2011, "Alternating Magnetic Field Measurement using Law of Induction", **Siam Physics Congress 2011**, March 23-26, Chonburi, Thailand.
- 5) Kobkultanachai, K., Chaiyakun, S., Thamaphat, K., Naemchanthara, K. and Limsuwan, P., 2010, "Structural Characterization of DC Magnetron-Sputtered TiO<sub>2</sub> Thin Films", **The 48<sup>th</sup> Kasetsart University Annual Conference**, February 3-6, Kasetsart University, Thailand, pp. 328-335.
- 6) Naemchanthara, K., Thamaphat, K., Hoonnivathana, E. and Limsuwan, P., 2010, "Characterization of Duck Egg Shells by XRD and SEM Techniques", **The 48<sup>th</sup> Kasetsart University Annual Conference**, February 3-6, Kasetsart University, Thailand, pp. 336-342.
- 7) Thamaphat, K., Bharmanee, P., and P. Limsuwan, 2010, "An Optical Technique for Measuring the Thickness of a Transparent Ring", **Siam Physics Congress 2010**, March 25-27, Kanchanaburi, Thailand.
- 8) Kittiauchawal, T., Thamaphat, K., Hanson, G.R., Noble, C. and Limsuwan, P., 2009, "Application of ESR Spectroscopy to Distinguish the Origin of Natural Ruby", **Siam Physics Congress 2009**, March 19-21, Phetchaburi, Thailand.

7. **ความเชี่ยวชาญพิเศษ** Bio-Nanomaterial, Biophysics, Green Innovation, Physics Education, Electron Spin Resonance Spectrometry

- 1.ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) ดร.ฉัตรชัย พะวงษ์  
 2.ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Chutchai Pawong  
 3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

เลขที่ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120  
 เบอร์โทรศัพท์: 0-2287-9600 โทรสาร: 0-2286-3596  
 e-mail:aphichardack@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.ด.	ฟิสิกส์	มหาวิทยาลัยมหิดล	2554
วท.ม.	ฟิสิกส์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ไทย	2547
กศ.บ.	ฟิสิกส์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ไทย	2542

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

อินเตอร์เฟอโรมิเตอร์แบบต่าง ๆ โฟลาโรเซชันของแสงการตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุ โดยสามารถนำความรู้เรื่องแสงโฟลาโรเซชันมาประยุกต์ใช้ในชุดอินเตอร์เฟอโรมิเตอร์เพื่อเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หา ดัชนีหักเหของสารการวัดความหนาของฟิล์มบางรวมทั้งค่าการหน่วงเฟสในผลึกบางชนิด

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

ผลงานวิจัยที่พิมพ์ออกเผยแพร์

1 C. Pawong, R. Chitaree and C. Soankwan, “The rotating linearly polarized light from a polarizing Mach–Zehnder interferometer: Production and applications,” **Opt. Lasers Tec.**43,461-468 (2011).

2 C. Pawong, R. Chitaree and C. Soankwan, “Investigation the use of rotating linearly polarized light for characterizing SiO<sub>2</sub> thin-film on Si substrate”**Proc. of SPIE.** Vol. 8308, 8308111-8308118 (2011).

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายอภิชาติ พองพลา  
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr Aphichard phongphala
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
3. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail  
เลขที่ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120  
เบอร์โทรศัพท์: 0-2287-9600,0-2286-3991-5 โทรสาร: 0-2286-3596  
e-mail:aphichardack@hotmail.com
4. ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.ม.	ฟิสิกส์	มหาวิทยาลัยรามคำแหง, ไทย	2552
วท.บ.	ฟิสิกส์	มหาวิทยาลัยรามคำแหง, ไทย	2544

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
  - 5.1 สาขาวัสดุศาสตร์
  - 5.2 สาขาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
  - 5.3 สาขาดาราศาสตร์
6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
  - 6.1 หัวหน้าโครงการวิจัย: ชื่อโครงการวิจัย นวัตกรรมระบบบำบัดน้ำเสียเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับการกำจัดมลพิษด้วยวัสดุเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงช่วงวิชิเบิล
  - 6.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: นวัตกรรมระบบบำบัดน้ำเสียเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับการกำจัดมลพิษด้วยวัสดุเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงช่วงวิชิเบิล
  - 6.3 งานวิจัยที่กำลังทำ: -
7. เลขทะเบียนนักวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
  - 7.1 เลขทะเบียน 53952

- หมายเหตุ :**
1. กรณีที่หน่วยงานมิได้ทำการวิจัยเองแต่ใช้วิธีจัดจ้าง โปรดใช้ **แบบ ว-1ด** โดยระบุรายละเอียดตามแบบฟอร์มที่กำหนดไว้ให้มากที่สุด พร้อมทั้งแนบแบบข้อกำหนด (terms of reference - TOR) การจัดจ้างทำการวิจัยด้วย
  2. กรณีเป็นโครงการวิจัยต่อเนื่องที่ได้รับการจัดสรรงบประมาณในปีงบประมาณที่ผ่านมา และนักวิจัยมีความประสงค์จะเสนอขอของบประมาณการวิจัยในปีงบประมาณต่อไป ต้องจัดทำโครงการวิจัยประกอบการเสนอขอของบประมาณด้วย
  3. ระบุข้อมูลโดยละเอียดในแต่ละหัวข้ออย่างถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ เพื่อประโยชน์ในการประเมินผล
  4. กรณีโครงการวิจัยที่มีการใช้สัตว์ ให้ปฏิบัติตามจรรยาบรรณการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ สภาวิจัยแห่งชาติ (**ผนวก 10**) และจัดทำเอกสารแนบตามแบบฟอร์มใบรับรองในผนวก 12 จำนวน 2 ชุด
  5. กรณีโครงการวิจัยที่มีการทำวิจัยในคน ให้ปฏิบัติตามจริยธรรมการวิจัยในคน (**ผนวก 12**) และจัดทำเอกสารแนบตามแบบฟอร์มใบรับรองการอนุมัติให้ดำเนินการวิจัยหรือ Certificate of Approval ที่ออกโดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยของสถาบัน (**ผนวก 13**) จำนวน 2 ชุด
  6. กรณีโครงการวิจัยที่มีการดำเนินการวิจัยด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ ให้ปฏิบัติตามแนวทางปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่หรือพันธุวิศวกรรม (**ผนวก 14**) และจัดทำเอกสารแนบตามแบบฟอร์มใบรับรองการอนุมัติให้ดำเนินการวิจัยด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ ที่ออกโดยคณะกรรมการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพของสถาบัน (**ผนวก 15**) จำนวน 2 ชุด
-

