รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. แผนงานวิจัย : แผนบูรณาการวิจัยและพัฒนาตามพระราชบัญญัติควบคุมยาง เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตและส่งออกยาง

2. โครงการวิจัย : การผลิตวัสดุอ้างอิงภายในสำหรับการทดสอบยางธรรมชาติ

กิจกรรม : -

กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : การเตรียมวัสดุอ้างอิงภายในสำหรับการหาปริมาณเถ้า

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Internal Reference Material Preparation for Determination of Ash Content

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : นางสาวอิศยาณัท แก้วประดับ ศูนย์ควบคุมยางสงขลา

ผู้ร่วมงาน : นางสาวปฏิมาภรณ์ สังข์น้อย ศูนย์ควบคุมยางสงขลา

นางสาวพรทิพย์ ประกายมณีวงศ์ กองการยาง

นางสาวจรัสศรี พันธ์ไม้ ศูนย์ควบคุมยางฉะเชิงเทรา

นายสุรชัย ศิริพัฒน์ ศูนย์ควบคุมยางบุรีรัมย์

5. บทคัดย่อ

การประกันคุณภาพมีความสำคัญสำหรับการวิเคราะห์ทดสอบในห้องปฏิบัติการ วัสดุอ้างอิงภายในเป็นวัสดุประเภทหนึ่งที่นำมาใช้ในกระบวนการวัดเพื่อใช้ในการประกันคุณภาพทำให้ผลวิเคราะห์เป็นที่น่าเชื่อถือ ดังนั้นการศึกษาการเตรียมวัสดุอ้างอิงภายในสำหรับการหาปริมาณเถ้าเพื่อนำมาใช้ห้องปฏิบัติการยางแท่งเอสทีอาร์ จึงเป็นแนวทางที่จะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือให้ห้องปฏิบัติการ โดยการเตรียมวัสดุอ้างอิงภายในสำหรับการหาปริมาณเถ้าจากการผสมวัสดุมาตรฐาน 3 ชนิด คือ สารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ และแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัม ต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม พบว่า ยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์มีค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับอยู่ในช่วงเกณฑ์การยอมรับ และนำมาประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียร ที่เวลา 15, 60, 75, 90, 150, 180, 210 และ 240 วัน พบว่าที่ระดับ 0.4 กรัมต่อยาง 100 กรัม มีความเสถียรตลอดระยะเวลา 240 วัน จึงเป็นระดับที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้เตรียมเป็นวัสดุอ้างอิงภายในสำหรับการทดสอบปริมาณเถ้า จากการส่งตัวอย่างยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียม

กรมวิชาการเกษตร

ออกไซด์ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัมต่อยาง 100 กรัม ให้ห้องปฏิบัติการ จำนวน 16 ห้องปฏิบัติการทดสอบ ได้ค่าเฉลี่ยโรบัสต์ เท่ากับ ร้อยละ 0.272, 0.466 และ 0.661 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งสามารถนำค่าเฉลี่ยโรบัสต์มาใช้เป็นค่าระดับ (Assigned value) ในการประเมินผลค่าผลทดสอบจากห้องปฏิบัติการได้ และห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่มีความประสงค์ต้องการใช้วัสดุอ้างอิงภายในสำหรับใช้ในการควบคุมคุณภาพห้องปฏิบัติการ

Quality assurance is important for any analysis and testing in laboratory. Internal reference material is a type of material that is used in the measurement process for quality assurance purposes. This research focuses on the preparation of internal reference material for determination of ash content in order to be used in the Standard Thai Rubber Laboratory, therefore increasing the laboratory's reliability. Internal reference material for the determination of ash content was prepared by mixing natural rubber with three standard materials, including magnesium oxide, calcium oxide and calcium carbonate; it's called compound. Each compound has standard material at the level of 0.2, 0.4 and 0.6 part per hundred of rubber (phr). It was found that the compound of natural rubber with magnesium oxide had the mean recovery within the acceptance range. The homogeneity and stability were assessed at 15, 60, 75, 90, 150, 180, 210 and 240 days. It was found that the compound of natural rubber with magnesium oxide at 0.4 phr was stable over 240 days period and suitable to be used as an internal reference material for ash determination. From submission of natural rubber mixed with magnesium oxide standard material samples at levels 0.2, 0.4 and 0.6 phr to 16 laboratories, the mean Robust was 0.272, 0.466 and 0.661 as percentage of ash content by weight respectively. The mean Robust was used as the Assigned value in the evaluation of test results from laboratories and the most laboratories would like to use this internal reference material for quality control purposes in laboratories.

6. คำนำ

วัสดุอ้างอิงภายใน หมายถึง วัสดุหรือสารที่มีสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างที่ห้องปฏิบัติการพัฒนาขึ้นเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีความเป็นเนื้อเดียวกัน มีความเสถียร และผ่านการจัดเตรียมมาอย่างดีสำหรับใช้ในการสอบเทียบอุปกรณ์ ใช้ในการประเมินวิธี หรือใช้ในการกำหนดค่าให้กับวัสดุอื่น (วรางคณา, 2551) ซึ่งถือว่าเป็นองค์ความรู้และวิธีการที่จะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับการวิเคราะห์ ทดสอบใน

ห้องปฏิบัติการ ปัจจุบันห้องปฏิบัติการยางแท่งเอสทีอาร์ภาครัฐและเอกชนที่ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้จัดให้มีการวิเคราะห์หรือการทดสอบคุณภาพยางตามพระราชบัญญัติควบคุมยาง พ.ศ. 2542 จากกองการยาง กรมวิชาการเกษตร ทำหน้าที่วิเคราะห์ ทดสอบ และออกใบรับรองคุณภาพยางแท่งเอสทีอาร์เพื่อการส่งออก โดยมีขีดจำกัดสมบัติต่างๆ ของยางแท่งเอสทีอาร์ ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่องการกำหนดมาตรฐานยาง และวิธีการมัดยางและการบรรจุหีบห่อยางเพื่อการส่งออก ได้แก่ ปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณเถ้า ปริมาณสิ่งระเหย ปริมาณไนโตรเจน ความอ่อนตัวเริ่มแรก ดัชนีความอ่อนตัว สี และความหนืด ซึ่งถือว่าภารกิจดังกล่าวของห้องปฏิบัติการมีส่วนสำคัญในการช่วยส่งเสริมผลักดันการส่งออกยางแท่งเอสทีอาร์ที่มีคุณภาพไปยังประเทศคู่ค้า

สำหรับการทดสอบปริมาณเถ้า ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยด้านคุณภาพที่ถูกกำหนดให้ต้องมีการทดสอบคุณภาพก่อนการส่งออกยางแท่งเอสทีอาร์นั้น แสดงถึงปริมาณสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในยางหลังจากที่เผาสารอินทรีย์หมดแล้ว ประกอบด้วย เกลืออนินทรีย์ (Inorganic salt) ประเภทคาร์บอเนต ออกไซด์ และฟอสเฟตของโพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม โซเดียม และแร่ธาตุอื่นๆ นอกจากนี้ เถ้าอาจเป็นพวกซิลิกา หรือซิลิเกต ที่มีอยู่ในยางเอง หรือปะปนมาจากภายนอก ซึ่งปริมาณเถ้าเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในยางดิบและเป็นการบ่งชี้ของการเติมสารตัวเติม (Filler) ลงไปในยางธรรมชาติ (กองการยาง, 2561) ดังนั้นการผลิตหรือนำวัสดุอ้างอิงภายในมาใช้ในห้องปฏิบัติการจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับการวิเคราะห์ ทดสอบในห้องปฏิบัติการ ช่วยลดเวลา ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบซ้ำ ทำให้เกิดความมั่นใจกับทั้งผู้วิเคราะห์ และผู้มาใช้บริการซึ่งจะส่งผลต่อเนื่องไปยังการนำผลวิเคราะห์ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ วัสดุอ้างอิงภายในจึงมีความสำคัญในการประกันคุณภาพ และยังเป็นแนวทางเพื่อยกระดับมาตรฐานห้องปฏิบัติการ ให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากลนำไปสู่การได้รับการรับรองตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025 และเป็นที่ยอมรับจากประเทศคู่ค้าต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. น้ำยางสด
2. สารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์
3. แคลเซียมออกไซด์
4. แคลเซียมคาร์บอเนต
5. กรดฟอร์มิค
6. ตัวกรองน้ำยางสด
7. ตู้อบ
8. เครื่องบดผสมยาง

9. กล่องพลาสติคสำหรับบรรจุตัวอย่างยาง

10. กรรไกรตัดยาง

11. เครื่องชั่งน้ำหนัก

12. ถ้วยทนความร้อน

13. กระดาษกรองชนิดไร้เถ้า

14. เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

15. เตาเผาอุณหภูมิสูง

16. คีม

17. โถดูดความชื้น

18. กล่องกระดาษสำหรับบรรจุตัวอย่างส่งให้ห้องปฏิบัติการภายนอก

- วิธีการ

1. การทดสอบขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection, LOD) และขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation, LOQ) ของวิธีการทดสอบปริมาณเถ้า (ASTM D1278-91a, 2015) โดยใช้ยางสังเคราะห์ไอโซพรีนทำหน้าที่แบลงค์ ทดสอบ 10 ซ้ำ และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

2. ศึกษาการเตรียมตัวอย่าง โดยการนำยางธรรมชาติและวัสดุขนาดมาตรฐานมาบดผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

2.1 เตรียมยางธรรมชาติ

2.1.1 เตรียมน้ำยางข้นซึ่งผ่านการตกตะกอนแมกนีเซียมโดยการวางทิ้งไว้ ไม่น้อยกว่า 30 วัน

2.1.2 นำน้ำยางข้นมาเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง โดยบรรจุใส่หลอดปั่น ประมาณ 40 กรัมต่อหลอด แล้วนำไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 22,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที

2.1.3 นำน้ำยางข้นมาจับตัวด้วยกรดอะซิติก ความเข้มข้น ร้อยละ 6 โดยปริมาตร โดยตักน้ำยางข้น ประมาณ 10 กรัมต่อ 1 จาน

2.1.4 นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งไม่มีจุดขาวบนแผ่นยาง

2.1.5 นำมาบดเตรียมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง ที่ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.60 มิลลิเมตร จำนวน 50 ครั้ง

2.1.6 นำมาบดที่ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.65 มิลลิเมตร จำนวน 6 ครั้ง โดยยางที่ผ่านลูกกลิ้งออกมาแต่ละครั้งม้วนเป็นรูปทรงกระบอกแล้วใส่ปลายข้างหนึ่งเข้าเครื่องในการบดครั้งต่อๆ ไป หลังจากการบดครั้งที่ 5 ให้พับยาง แล้วใส่ยางผ่านเครื่องบดตามแนวยาว (SMR Bulletin No.7, 1995)

กรมวิชาการเกษตร

2.2 ทดสอบปริมาณเถ้า (ASTM D1278-91a, 2015) ก่อนการเติมวัสดุแทนเถ้าและทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน

2.3 การเตรียมตัวอย่างวัสดุอ้างอิงภายใน โดยผสมยางกับวัสดุแทนเถ้าที่ชนิดและปริมาณต่างๆ ด้วยเครื่องบดผสมยาง แล้วรีดเป็นแผ่นยาง ทดสอบปริมาณเถ้าตัวอย่างละ จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย

ปัจจัยที่ 1 ชนิดของวัสดุมาตรฐาน มี 3 ชนิด

1) สารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์

2) แคลเซียมออกไซด์

3) แคลเซียมคาร์บอเนต

ปัจจัยที่ 2 ปริมาณของวัสดุมาตรฐาน มี 3 ระดับ

1) 0.2 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม

2) 0.4 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม

3) 0.6 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม

2.4 นำชิ้นยางที่ผ่านการบดผสมวัสดุมาตรฐานและรีดเป็นแผ่นแล้วมากำหนดตำแหน่งหมายเลขตัวอย่าง และตัดตัวอย่างขนาด 10 กรัม โดยเรียงตามลำดับตำแหน่งที่ให้ไว้และบรรจุยางในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมปิดถุงแบบสุญญากาศ

3. การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน

นำตัวอย่างชิ้นยางที่มีเลขคู่ทดสอบหาปริมาณเถ้าในยาง โดยนำผลการทดสอบที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันและให้ค่าระดับ (Assigned value) ของปริมาณเถ้าในยางโดยใช้วิธีหาค่าระดับจากค่าพ้องกันของห้องปฏิบัติการที่มีความชำนาญ โดยคัดเลือกห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโปรแกรมทดสอบความชำนาญและมีค่าการทดสอบในรายการทดสอบปริมาณเถ้าในยางผ่านเกณฑ์ไม่น้อยกว่า 4 ครั้ง จำนวนอย่างน้อย 10 ห้องปฏิบัติการ และทำการส่งชิ้นตัวอย่างให้ห้องปฏิบัติการที่ได้รับคัดเลือกทดสอบหาปริมาณเถ้าในยางก่อนนำผลมาประเมินต่อไป

4. การศึกษาความเสถียรของปริมาณเถ้า โดยนำชิ้นยางที่มีตัวอย่างเลขคี่ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องมาทดสอบปริมาณเถ้าในยางที่เวลา 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 120, 150, 180, 210 และ 240 วัน วันละ 3 ซ้ำ หลังการเตรียมตัวอย่าง และทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ หากอยู่ในช่วง mean±2SD ของการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันถือว่าปริมาณเถ้าในยางมีค่าเสถียร

5. ส่งตัวอย่างยางที่เตรียมได้ด้วยวิธีการที่เหมาะสมให้ห้องปฏิบัติการอื่นๆ ทดสอบ โดยคัดเลือกจากห้องปฏิบัติการที่ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้จัดให้มีการวิเคราะห์หรือการทดสอบคุณภาพยางจากกองการยาง กรมวิชาการเกษตร จำนวน 80 ห้องปฏิบัติการ

กรมวิชาการเกษตร

6. ประเมินผลค่าผลการทดสอบปริมาณเถ้าที่ได้จากห้องปฏิบัติการทั้งหมด 80 ห้องปฏิบัติการ และประเมินผลความพึงพอใจจากการใช้วัสดุอ้างอิงภายในสำหรับการหาปริมาณเถ้า

7. สรุปผลการประเมินความเสถียรของวัสดุอ้างอิงภายในสำหรับการทดสอบปริมาณเถ้าในยาง

- เวลาและสถานที่ ปีเริ่มต้น ตุลาคม 2561 – สิ้นสุด กันยายน 2563
ณ ศูนย์ควบคุมยางสงขลา กองการยาง กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 การทดสอบขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection, LOD) และขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation, LOQ) ของวิธีการทดสอบปริมาณเถ้า (ASTM D1278-91a) โดยใช้ยางสังเคราะห์ไอโซพรีนทำหน้าที่แบลงค์ ทดสอบ 10 ซ้ำ และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

เตรียมยางสังเคราะห์ไอโซพรีน และยางธรรมชาติที่เตรียมจากน้ำยางสดเพื่อหาค่า LOD และ LOQ พบว่า ผลการทดสอบที่ได้ จำนวน 10 ซ้ำ มีค่าปริมาณเถ้าสูง ซึ่งอาจเกิดจากโครงสร้างของยางสังเคราะห์ และในน้ำยางธรรมชาติ มีธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบนำไปสู่ปริมาณเถ้าที่สูง แต่เพื่อต้องการยางที่มีปริมาณเถ้าน้อย (Sample blank) เพื่อนำมาทดสอบค่า LOD และ LOQ ดังนั้น จึงได้เตรียมยางธรรมชาติจากน้ำยางข้นซึ่งผ่านการตกตะกอนแมกนีเซียมโดยการวางทิ้งไว้ ไม่น้อยกว่า 30 วัน และนำน้ำยางข้นบรรจุใส่หลอดปั่น ประมาณ 40 กรัมต่อหลอด นำมาเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 22,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที แล้วน้ำยางข้นประมาณ 10 กรัมต่อ 1 จาน มาเจือจางด้วยน้ำกลั่น ประมาณ 10 มิลลิลิตร และนำมาจับตัวด้วยกรดอะซิติกความเข้มข้น ร้อยละ 6 โดยปริมาตร และวางจานบนอ่างไอน้ำ เป็นเวลาประมาณ 10 – 15 นาที จนได้เซรุ่มใสจึงรวบรวมยางที่จับตัวทั้งหมดเข้าด้วยกันและล้างด้วยน้ำก่อนนำยางไปบดให้เป็นแผ่น มีความหนาสม่ำเสมอ ไม่เกิน 2 มิลลิเมตร และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งไม่มีจุดขาวบนแผ่นยาง แล้วนำมาบดเตรียมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง จำนวน 50 ครั้ง และสุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ซ้ำ เพื่อนำมาหาค่า LOD และ LOQ พบว่า ได้ค่าปริมาณเถ้า คิดเป็นค่าเฉลี่ย ร้อยละ 0.0432 โดยน้ำหนัก ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ 0.0032 โดยน้ำหนัก ค่า LOD ร้อยละ 0.0095 โดยน้ำหนัก และค่า LOQ ร้อยละ 0.0318 โดยน้ำหนัก ดังนั้น จึงได้ใช้น้ำยางข้นแทนน้ำยางสดในการเตรียมตัวอย่าง สำหรับการผสมยางธรรมชาติกับวัสดุขนาดมาตรฐาน

8.2 ศึกษาการเตรียมตัวอย่าง โดยการนำยางธรรมชาติและวัสดุมาตรฐานมาบดผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

8.2.1 เตรียมยางธรรมชาติที่ไม่ผสมวัสดุมาตรฐานโดยปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติที่ไม่ผสมวัสดุมาตรฐาน ได้มาจากการเตรียมน้ำยางข้นที่ผ่านการตกตะกอนแมกนีเซียม แล้วนำมาเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง จับตัวเนื้อยางด้วยกรดอะซิติก ก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และนำมาบดเตรียมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง ด้วยความเร็วรอบในอัตราส่วน 1 : 1.14 (ลูกกลิ้งหน้า : ลูกกลิ้งหลัง) ที่ระยะห่างระหว่าง

ลูกกลิ้งทั้งสองที่ระยะ 1.60 มิลลิเมตร จำนวน 50 ครั้ง และนำมาบดให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง ด้วยความเร็วรอบในอัตราส่วน 1 : 1.35 (ลูกกลิ้งหน้า : ลูกกลิ้งหลัง) ที่ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองที่ระยะ 1.65 มิลลิเมตร จำนวน 6 ครั้ง แล้วสุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบปริมาณเถ้า จำนวน 7 ซ้ำ และเตรียมยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐาน โดยนำยางธรรมชาติที่ผ่านการบดเตรียมให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วมาทำการบด จำนวน 50 ครั้ง ด้วยด้วยเครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง ด้วยความเร็วรอบในอัตราส่วน 1 : 1.38 (ลูกกลิ้งหน้า : ลูกกลิ้งหลัง) โดยการบดยางครั้งที่ 1 – 8 ที่ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองที่ระยะ 1.0 มิลลิเมตร แล้วนำมาผสมวัสดุมาตรฐาน 3 ชนิด คือ แคลเซียมออกไซด์ แคลเซียมคาร์บอเนต และสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัม ต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม นำมาบดต่อในครั้งที่ 9 – 48 และทำการบดต่อในครั้งที่ 49 – 50 ที่ระยะห่างลูกกลิ้งทั้งสองที่ระยะ 1.65 มิลลิเมตร

8.2.2 พิจารณาผลการทดสอบปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐาน และค่าร้อยละการคืนกลับ (%Recovery) จากสูตร ดังนี้

$$\text{ค่าร้อยละการคืนกลับ (\%Recovery)} = \frac{(\text{ปริมาณเถ้าจากตัวอย่างที่ผสมวัสดุมาตรฐาน} - \text{ปริมาณเถ้าจากตัวอย่างที่ไม่ผสมวัสดุมาตรฐาน}) \times 100}{\text{ปริมาณวัสดุมาตรฐานที่ผสมเข้าไป}}$$

ได้ค่าเฉลี่ยปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติที่ไม่ผสมวัสดุมาตรฐานสำหรับการผสมวัสดุมาตรฐานแคลเซียมออกไซด์ และค่าเฉลี่ยปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติที่ไม่ผสมวัสดุมาตรฐานสำหรับการผสมวัสดุมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนตและสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ มีค่าร้อยละ 0.0525 และ 0.0603 โดยน้ำหนักตามลำดับ จึงนำค่าดังกล่าวมาใช้ในการคำนวณค่าร้อยละการคืนกลับ โดยได้ค่าปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐาน ร้อยละการคืนกลับของปริมาณเถ้า ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ที่แปรปริมาณตามระดับการผสมวัสดุมาตรฐานกับยางธรรมชาติ ตามตารางที่ 1 พบว่า ค่าปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานแคลเซียมออกไซด์ มีค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับ 149.58, 150.46 และ 153.92 ตามลำดับ ค่าปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนต มีค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับ 92.52, 92.59 และ 94.12 ตามลำดับ และค่าปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ มีค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับ 104.85, 93.68 และ 93.01 ตามลำดับ โดยเมื่อนำค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับของยางธรรมชาติผสมกับวัสดุมาตรฐานมาพิจารณาประกอบกับเกณฑ์การยอมรับค่าร้อยละการคืนกลับ ซึ่งควรอยู่ระหว่าง 95 – 105 (AOAC International, 2016) พบว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับของยางธรรมชาติผสมกับวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์มีค่าใกล้เคียงกับช่วงเกณฑ์การยอมรับมากกว่าค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับของยางธรรมชาติผสมกับวัสดุมาตรฐานแคลเซียมออกไซด์ และแคลเซียมคาร์บอเนต โดยอาจเกิดจากสารประกอบแคลเซียมที่เผาไหม้ไม่หมดทำให้เหลือเป็นปริมาณเถ้าของของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานมาก

กรมวิชาการเกษตร

กว่าเดิม หรืออาจเกิดจากการดูดความชื้นเพิ่ม ทำให้มีค่าปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานน้อยกว่าเดิม ดังนั้นจึงเลือกวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์มาใช้สำหรับพัฒนาวิธีการเตรียมวัสดุอ้างอิงภายในเพื่อนำไปทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียร

ตารางที่ 1 ค่าปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐาน ร้อยละการคืนกลับของปริมาณเถ้า ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ที่แปรปริมาณตามระดับการผสมวัสดุมาตรฐานกับยางธรรมชาติ

ชนิดของวัสดุมาตรฐาน	ระดับของวัสดุมาตรฐานผสมกับยางธรรมชาติ (กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม)	ปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐาน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)					ร้อยละการคืนกลับ			
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
แคลเซียมออกไซด์	0.2	0.356	0.349	0.350	0.352	0.0038	151.75	148.25	148.75	149.58
	0.4	0.647	0.659	0.657	0.653	0.0064	148.63	151.63	151.13	150.46
	0.6	0.983	0.967	0.978	0.976	0.0082	155.08	152.42	154.25	153.92
แคลเซียมคาร์บอเนต	0.2	0.252	0.246	0.238	0.245	0.0070	95.85	92.85	88.85	92.52
	0.4	0.430	0.433	0.429	0.431	0.0021	92.43	93.18	92.18	92.59
	0.6	0.620	0.627	0.625	0.625	0.0044	93.28	94.45	94.62	94.12
สารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์	0.2	0.272	0.271	0.267	0.270	0.0026	105.85	105.35	103.35	104.85
	0.4	0.445	0.430	0.430	0.438	0.0087	96.18	92.43	92.43	93.68
	0.6	0.619	0.615	0.621	0.618	0.0031	93.12	92.45	93.45	93.01

8.2.3 ได้มีการพัฒนาวิธีการเตรียมวัสดุอ้างอิงภายในจากยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่แปรปริมาณเป็น 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม เพื่อให้ค่าร้อยละการคืนกลับอยู่ในช่วงเกณฑ์การยอมรับ โดยในขั้นตอนการบดเตรียมยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐาน จำนวน 50 ครั้ง ด้วยความเร็วรอบในอัตราส่วน 1 : 1.38 (ลูกกลิ้งหน้า : ลูกกลิ้งหลัง) โดยการบดยางครั้งที่ 1 – 8 ที่ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองที่ระยะ 1.0 มิลลิเมตร แล้วนำมาผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัม ต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม แล้วบดต่อในครั้งที่ 9 – 48 และทำการบดต่อในครั้งที่ 49 – 50 ที่ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองที่ระยะ 1.65 มิลลิเมตร นั้น จะทำการบดยางให้เป็นแผ่นโดยให้พันรอบลูกกลิ้ง แล้วค่อยๆ ใส่วัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ลงไปผสมกับยาง โดยมีแผ่น

พลาสติกรองรับวัสดุมาตรฐานที่อาจร่วงหล่นระหว่างขั้นตอนการบดผสม และนำวัสดุมาตรฐานที่หล่นบนแผ่นพลาสติกมาผสมกับยางจนไม่มีวัสดุมาตรฐานหล่นตกค้างอยู่บนแผ่นพลาสติก ได้ค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับ 101.68, 103.87 และ 103.52 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์การยอมรับ ซึ่งควรอยู่ระหว่าง 95 – 105 (AOAC International, 2016) ตามตารางที่ 2 ดังนั้น จึงเลือกวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์เพื่อนำมาทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบปริมาณเถ้า และค่าร้อยละการคืนกลับของวัสดุอ้างอิงภายในจากยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่แปรปริมาณเป็น 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม

ระดับของวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ผสมกับยางธรรมชาติ (กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม)	ปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐาน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)					ร้อยละการคืนกลับ			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0.2	0.262	0.268	0.267	0.266	0.0032	99.85	102.85	102.35	101.68
0.4	0.481	0.471	0.472	0.476	0.0055	105.45	102.95	103.20	103.87
0.6	0.665	0.679	0.697	0.680	0.0160	100.97	103.30	106.30	103.52

8.3 การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน

สุ่มตัวอย่างจากยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม จากตัวอย่างเลขคู่ ระดับละ 10 ตัวอย่าง มาทดสอบหาปริมาณเถ้า จำนวน 2 ซ้ำ ต่อ 1 ตัวอย่าง (ดังตารางที่ 3) เพื่อนำมาทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับต่างๆ โดยพิจารณาจาก 2 หลักเกณฑ์ ได้แก่ การใช้ข้อมูลจากโปรแกรมการทดสอบความชำนาญจากกรมวิทยาศาสตร์บริการ และคำนวณทางสถิติตาม ISO 13528 (International Organization for Standardization (ISO), 2015)

กรมวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 3 ค่าปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ระดับต่างๆ

ตัวอย่าง	ปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ที่ระดับ (กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม)					
	0.2		0.4		0.6	
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2
1	0.272	0.276	0.476	0.469	0.660	0.655
2	0.270	0.267	0.467	0.450	0.653	0.656
3	0.278	0.280	0.486	0.490	0.654	0.660
4	0.280	0.282	0.479	0.478	0.664	0.665
5	0.282	0.277	0.475	0.483	0.665	0.666
6	0.276	0.284	0.466	0.476	0.666	0.677
7	0.277	0.278	0.484	0.490	0.671	0.672
8	0.280	0.284	0.484	0.484	0.679	0.672
9	0.284	0.278	0.483	0.467	0.671	0.670
10	0.280	0.274	0.469	0.484	0.666	0.664
ค่าเฉลี่ย	0.278		0.477		0.665	
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	0.0046		0.0099		0.0074	

8.3.1 การใช้ข้อมูลจากโปรแกรมการทดสอบความชำนาญจากกรมวิทยาศาสตร์บริการ โดยการนำค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม (ดังตารางที่ 3) มาพิจารณาร่วมกับค่าปริมาณเถ้า (Assigned value, X_{pt}) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ (Standard deviation for Proficiency assessment, σ_{pt}) จากรายงานผลสำหรับโปรแกรมการทดสอบความชำนาญ ครั้งที่ 1/2560 – 2/2562 ซึ่งจัดโดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ จำนวน 6 ครั้ง (ดังตารางที่ 4) โดยถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์มีค่าน้อยกว่า 0.3 เท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ แสดงว่ายางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานมีความเป็นเนื้อเดียวกัน

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ตารางที่ 4 ค่าปริมาณเถ้า และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญจากรายงานผลสำหรับโปรแกรมการทดสอบความชำนาญ

การทดสอบความชำนาญ	ปริมาณเถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	
	Assigned value, X_{pt}	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ (σ_{pt})
PTCH-BR01-1701	0.287	0.029
PTCH-BR01-1702	0.466	0.047
PTCH-BR01-1801	0.392	0.039
PTCH-BR01-1802	0.421	0.042
PTCH-BR01-1901	0.313	0.031
PTCH-BR01-1902	0.357	0.036

หมายเหตุ :
1. PTCH-BR01-1701 คือการทดสอบความชำนาญ ครั้งที่ 1 ประจำปี พ.ศ. 2560 (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2560)
2. PTCH-BR01-1702 คือการทดสอบความชำนาญ ครั้งที่ 2 ประจำปี พ.ศ. 2560 (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2560)
3. PTCH-BR01-1801 คือการทดสอบความชำนาญ ครั้งที่ 1 ประจำปี พ.ศ. 2561 (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2561)
4. PTCH-BR01-1802 คือการทดสอบความชำนาญ ครั้งที่ 2 ประจำปี พ.ศ. 2561 (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2561)
5. PTCH-BR01-1901 คือการทดสอบความชำนาญ ครั้งที่ 1 ประจำปี พ.ศ. 2562 (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2562)
6. PTCH-BR01-1902 คือการทดสอบความชำนาญ ครั้งที่ 2 ประจำปี พ.ศ. 2562 (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2562)

เมื่อนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม มาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากโปรแกรมการทดสอบความชำนาญครั้งที่ 1/2560 – 2/2562 จำนวน 6 ครั้ง โดยใช้เกณฑ์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่เตรียมได้ มีค่าน้อยกว่า 0.3 เท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ (σ_{pt}) ที่ระดับปริมาณเถ้าใกล้เคียงกัน ดังตารางที่ 5

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม กับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ (σ_{pt}) ที่ระดับปริมาณเถ้าใกล้เคียงกัน

ตัวอย่าง/การทดสอบความชำนาญ	ปริมาณเถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ (σ_{pt})	0.3 σ_{pt}
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)		
ระดับ 0.2 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม	0.278	0.0046	-	-
PTCH-BR01-1701	0.287	-	0.029	0.0087
ระดับ 0.4 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม	0.477	0.0099	-	-
PTCH-BR01-1702	0.466	-	0.047	0.0141
ระดับ 0.6 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม	0.665	0.0074	-	-
PTCH-BR01-1702	0.466	-	0.047	0.0141

จากตารางที่ 5 สามารถสรุปได้ว่า

1) เมื่อเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.2 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยปริมาณเถ้า เท่ากับร้อยละ 0.278 โดยน้ำหนัก มาเปรียบเทียบกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ (σ_{pt}) จากโปรแกรมการทดสอบความชำนาญ ครั้งที่ 1/2560 (PTCH-BR01-1701) ซึ่งมีระดับปริมาณเถ้าใกล้เคียงกัน พบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์มีค่า ร้อยละ 0.0046 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.3 เท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0087

2) เมื่อเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.4 และ 0.6 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม กรัม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยปริมาณเถ้า เท่ากับ 0.477 และ 0.665 โดยน้ำหนัก มาเปรียบเทียบกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ (σ_{pt}) จากโปรแกรมการทดสอบความชำนาญ ครั้งที่ 2/2560 (PTCH-BR01-1702) ซึ่งมีระดับปริมาณเถ้าใกล้เคียงกัน พบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์มีค่าร้อยละ 0.0099 และ 0.0074 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.3 เท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 0.0141 โดยน้ำหนัก ดังนั้นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กรมวิชาการเกษตร

(SD) ที่ระดับปริมาณเถ้าใกล้เคียงกันของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ทั้ง 3 ระดับ มีค่าน้อยกว่า 0.3 เท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ

จึงสรุปได้ว่ายางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ทั้ง 3 ระดับ มีความเป็นเนื้อเดียวกัน

8.3.2 คำนวณทางสถิติตาม ISO 13528 (International Organization for Standardization (ISO), 2015)

8.3.2.1 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างตัวอย่าง (Between sample standard deviation, S_s) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.3 เท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ (Standard deviation for Proficiency assessment, σ_{pt}) หรือ $S_S \leq 0.3\ \boldsymbol{\sigma}_{pt}$ โดยค่า $\boldsymbol{\sigma}_{pt}$ = ร้อยละ 10 ของค่าเฉลี่ย โดยอ้างอิงค่า $\boldsymbol{\sigma}_{pt}$ จากโปรแกรมการทดสอบความชำนาญ ที่จัดโดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ ซึ่งกำหนดให้ $\boldsymbol{\sigma}_{pt}$ = ร้อยละ 10 ของค่าระดับ ได้ผลการคำนวณ ดังนี้

1) นำผลการทดสอบปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับต่างๆ จากตารางที่ 3 มาคำนวณค่าเฉลี่ยความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Mean square between sample, MSB) ค่าเฉลี่ยความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Mean square within sample, MSW) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างตัวอย่าง (S_S)

จากสูตร $S_S = \sqrt{\frac{\boldsymbol{MSB - MSW}}{\boldsymbol{n_0}}}$

โดยที่

S_S = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างตัวอย่าง (Between sample standard deviation)

MSB = ค่าเฉลี่ยความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Mean square between sample)

โดย MSB = $\frac{SSB}{k-1}$

SSB = ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Between groups sum of square) โดย

SSB = $\sum_{i=1}^{k} n_i(\bar{X}_i - \bar{X})^2$ และ k = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

MSW = ค่าเฉลี่ยความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Mean square within sample)

โดย MSW = $\frac{SSW}{n-k}$

SSW = ความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Within group sum of square)

โดย SSW = $\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}(X_{ij} - \bar{X}_i)^2$ และ n = จำนวนข้อมูลในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

n_0 = จำนวนซ้ำ

ได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างตัวอย่าง (S_S) ของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 6

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (MSB) ค่าเฉลี่ยความแปรปรวนภายในกลุ่ม (MSW) จำนวนซ้ำ (n_0) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างตัวอย่าง (S_S) ของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับต่างๆ

ระดับของวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ผสมกับยางธรรมชาติ (กรัมต่อยาง 100 กรัม)	MSB	MSW	n_0	ค่าเฉลี่ย	S_S
0.2	0.00003305	0.00001055	2	0.278	0.0034
0.4	0.00015089	0.00005180	2	0.477	0.0070
0.6	0.00010113	0.00001240	2	0.665	0.0067

2) คำนวณค่า 0.3 เท่า ของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ หรือ 0.3 σ_{pt} ซึ่งเป็นค่าความแปรปรวนที่ยอมรับได้

จากสูตร 0.3 σ_{pt} โดย σ_{pt} = ร้อยละ 10 ของค่าเฉลี่ย ในกรณีที่ต้องการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน

การคำนวณค่า 0.3 σ_{pt} ที่ระดับของวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ 0.2 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม

0.3 σ_{pt} = 0.3 x [0.278 x (10 / 100)] = 0.3 x 0.0278 = 0.0083

การคำนวณค่า 0.3 σ_{pt} ที่ระดับของวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ 0.4 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม

0.3 σ_{pt} = 0.3 x [0.477 x (10 / 100)] = 0.3 x 0.0477 = 0.0143

การคำนวณค่า 0.3 σ_{pt} ที่ระดับของวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ 0.6 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม

0.3 σ_{pt} = 0.3 x [0.665 x (10 / 100)] = 0.3 x 0.0665 = 0.0200

ดังนั้น ยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม มีค่า S_S เท่ากับ ร้อยละ 0.0034, 0.0070 และ 0.0067 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และมีค่า 0.3 σ_{pt} เท่ากับ ร้อยละ 0.0083, 0.0143 และ 0.0200 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า S_S และ 0.3 σ_{pt} แล้ว พบว่า ยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ทั้ง 3 ระดับ มีค่า $S_S \leq$ 0.3 σ_{pt} จึงสรุปได้ว่ายางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ทั้ง 3 ระดับมีความเป็นเนื้อเดียวกัน

กรมวิชาการเกษตร

8.3.2.2 ใช้ Expanded criteria ซึ่ง ISO13528 กำหนด $S_S \leq \sqrt{C}$ โดย C = ค่าวิกฤติ (Critical value)

จากสูตร $S_S = \sqrt{S_{sam}^2}$ โดย $S^2_{sam} = (V_S / 2 - S^2_{an}) / 2$

โดยที่ S^2_{sam} = ความแปรปรวนระหว่างตัวอย่าง (Sampling variance)

V_S = ค่าความแปรปรวนของผลรวมระหว่างตัวอย่าง (Variance of the sums)

S^2_{sn} = ความแปรปรวนจากการคำนวณ ; $S^2_{sn} = \sum D_i^2 / 2m$

D_i = ค่าผลต่างระหว่างตัวอย่างซ้ำที่ 1 และซ้ำที่ 2

m = จำนวนตัวอย่าง

และ $C = F_1\sigma_{all}^2 + F_2 S_{an}^2$

โดยที่ C = ค่าวิกฤติ (Critical value)

F_1 = ค่าคงที่สำหรับการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน

F_2 = ค่าคงที่สำหรับการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน

m = จำนวนตัวอย่าง

โดย F_1 = 1.88 , F_2 = 1.01 สำหรับ m = 10

σ_{all}^2 = ความแปรปรวนระหว่างตัวอย่างที่ยอมรับได้ ; $\sigma_{all}^2 = (0.3\sigma_{pt})^2$

S^2_{sn} = ความแปรปรวนจากการคำนวณ ; $S^2_{sn} = \sum D_i^2 / 2m$

ตารางที่ 7 ค่าตัวแปรในสมการที่ใช้คำนวณทางสถิติตาม ISO 13528 โดยใช้ Expanded criteria : ISO13528 ที่ระดับต่างๆ ของวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ผสมกับยางธรรมชาติ

ค่าของตัวแปรในสมการ	ระดับของวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ผสมกับยางธรรมชาติ (กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม)		
	0.2	0.4	0.6
V_S	0.000066	0.000302	0.000202
$\sum D_i^2$	0.000211	0.001036	0.000248
m	10	10	10
$S^2_{sn} = \sum D_i^2 / 2m$	0.000011	0.000052	0.000012
S^2_{sam}	0.0000113	0.0000495	0.0000444
F_1	1.88	1.88	1.88
F_2	1.01	1.01	1.01
σ_{pt}	0.0278	0.0477	0.0665
$\sigma_{all}^2 = (0.3\sigma_{pt})^2$	0.000070	0.000205	0.000398

กรมวิชาการเกษตร

1) การคำนวณค่า S_S ของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัมต่อยาง 100 กรัม ได้ผลดังนี้

- ยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.2 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม มีค่า $S_S = \sqrt{0.0000113} = 0.0034$

- ยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.4 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม มีค่า $S_S = \sqrt{0.0000495} = 0.0070$

- ยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.6 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม มีค่า $S_S = \sqrt{0.0000444} = 0.0067$

2) การคำนวณค่า $\sqrt{C}$ ของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัมต่อยาง 100 กรัม ได้ผลดังนี้

- ยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.2 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม มีค่า

$C = (1.88 \times 0.000070) + (1.01 \times 0.000011) = 0.0001427$

และ $\sqrt{C} = \sqrt{0.0001427} = 0.0119$

- ยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.4 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม มีค่า

$C = (1.88 \times 0.000205) + (1.01 \times 0.000052) = 0.0004379$

และ $\sqrt{C} = \sqrt{0.0004379} = 0.0209$

- ยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์~~ก~~ที่ระดับ 0.6 กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม มีค่า

$C = (1.88 \times 0.000398) + (1.01 \times 0.000012) = 0.0007604$

และ $\sqrt{C} = \sqrt{0.0007604} = 0.0276$

ยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัมต่อยาง 100 กรัม มีค่า S_S เท่ากับ ร้อยละ 0.0034, 0.0070 และ 0.0067 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และมีค่า $\sqrt{C}$ เท่ากับ 0.0019, 0.0209 และ 0.0276 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า S_S และ$\sqrt{C}$ แล้ว พบว่า ยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ทั้ง 3 ระดับ มีค่า $S_S \leq \sqrt{C}$ จึงสรุปได้ว่ายางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ทั้ง 3 ระดับมีความเป็นนื้อเดียวกัน

ดังนั้น การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันจากการพิจารณา 2 หลักเกณฑ์ คือ การใช้ข้อมูลจากโปรแกรมการทดสอบความชำนาญ กับการคำนวณทางสถิติตาม ISO 13528 สามารถสรุปได้ว่ายางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่เตรียมได้ทั้ง 3 ระดับ มีความเป็นเนื้อเดียวกัน จึงสามารถนำไปให้ค่าระดับ และศึกษาความเสถียรของปริมาณเถ้าในยาง

กรมวิทยาศาสตร์

8.3.3 การให้ค่าระดับ (Assigned value) เป็นการกำหนดค่าปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัมต่อยาง 100 กรัม ซึ่งเป็นตัวอย่างชุดเดียวกันกับตัวอย่างที่ใช้ทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันมาให้ค่าระดับโดยใช้วิธีหาค่าระดับจากค่าพ้องกันของห้องปฏิบัติการที่มีความชำนาญ โดยใช้สถิติเชิงปรับแก้ (Robust statistics) ซึ่งคัดเลือกจากห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโปรแกรมทดสอบความชำนาญ และมีค่าการทดสอบในรายการทดสอบปริมาณเถ้าในยางผ่านเกณฑ์ไม่น้อยกว่า 4 ครั้ง จำนวน 16 ห้องปฏิบัติการ และทำการส่งชิ้นตัวอย่างให้ห้องปฏิบัติการที่ได้รับคัดเลือกทดสอบหาปริมาณเถ้าในยางก่อนนำผลมาประเมิน ได้ผลทดสอบตามตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับต่างๆ จากห้องปฏิบัติการ จำนวน 16 ห้องปฏิบัติการ

ห้องปฏิบัติการที่	ปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ที่ระดับ (กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม)								
	0.2			0.4			0.6		
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
1	0.29	0.30	0.30	0.49	0.49	0.49	0.65	0.69	0.67
2	0.29	0.27	0.28	0.48	0.48	0.48	0.68	0.67	0.68
3	0.28	0.26	0.27	0.47	0.46	0.47	0.68	0.65	0.67
4	0.27	0.27	0.27	0.46	0.44	0.45	0.64	0.65	0.65
5	0.26	0.26	0.26	0.46	0.46	0.46	0.65	0.66	0.66
6	0.27	0.27	0.27	0.46	0.47	0.47	0.67	0.67	0.67
7	0.28	0.28	0.28	0.48	0.48	0.48	0.67	0.67	0.67
8	0.26	0.26	0.26	0.46	0.46	0.46	0.65	0.65	0.65
9	0.26	0.27	0.27	0.44	0.45	0.45	0.64	0.65	0.65
10	0.24	0.23	0.24	0.41	0.41	0.41	0.58	0.57	0.58
11	0.27	0.27	0.27	0.46	0.48	0.47	0.65	0.66	0.66
12	0.26	0.28	0.27	0.47	0.46	0.47	0.67	0.68	0.68
13	0.30	0.29	0.30	0.46	0.45	0.46	0.66	0.65	0.66
14	0.27	0.26	0.27	0.44	0.46	0.45	0.66	0.66	0.66
15	0.26	0.25	0.26	0.46	0.45	0.46	0.65	0.66	0.66
16	0.29	0.29	0.29	0.48	0.49	0.49	0.65	0.65	0.65
ค่าเฉลี่ย	-	-	0.273	-	-	0.464	-	-	0.658
ค่ามัธยฐาน	-	-	0.27	-	-	0.47	-	-	0.66
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	-	-	0.0153	-	-	0.0193	-	-	0.0229

กรมวิทยาศาสตร์

การให้ค่าระดับเป็นการกำหนดค่าปริมาณเถ้าให้ยางธรรมชาติผสมกับวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับต่างๆ ด้วยวิธีการของการใช้สถิติเชิงปรับแก้ (Robust statistics) อ้างอิงตามวิธี Algorithm A ใน ISO 13528 : 2015 โดยการกำหนดให้

ค่าเฉลี่ยโรบัสต์ (Robust mean) คือ x* แทนด้วย New x*

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานโรบัสต์ (Robust standard deviation) คือ s* แทนด้วย New s*

โดยมีขั้นตอนในการคำนวณค่า x* และ s* ดังนี้

1. เรียงลำดับข้อมูลจากน้อยไปหามาก เป็นค่า x_i
2. คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
3. คำนวณค่ามัธยฐาน (Median) ของชุดข้อมูลครั้งที่ 1 เป็นค่า New x*
4. เรียงลำดับข้อมูลจากน้อยไปหามาก เป็นค่า x_i
5. คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
6. คำนวณค่ามัธยฐาน (Median) ของชุดข้อมูลครั้งที่ 1 เป็นค่า New x*
7. คำนวณค่าความแตกต่างระหว่างค่า x_i แต่ละค่า กับค่า New x* โดยไม่คิดเครื่องหมาย คือ $|x_i - New\ x^*|$
8. คำนวณค่า New s* ครั้งที่ 1 = 1.483 x ค่ามัธยฐาน $(|x_i - New\ x^*|)$
9. คำนวณค่า Delta (δ) = 1.5 x New s*
10. ตรวจสอบข้อมูล x_i โดยข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่า New x* – δ ให้แทน x_i ด้วย x* – δ และข้อมูลที่มีค่ามากกว่า New x* + δ ให้แทน x_i ด้วย x* + δ
11. คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดข้อมูลใหม่
12. คำนวณค่า New x* ครั้งที่ 2 = $\sum x_i$ / p , p คือ จำนวนข้อมูล
13. คำนวณค่า New s* ครั้งที่ 1 = 1.134 x ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลชุดใหม่

ทำซ้ำตั้งแต่ ข้อ 6 – 10 จนกระทั่งค่า New x* และ New s* เท่ากับรอบก่อนหน้า (ตารางแสดงการคำนวณสถิติเชิงปรับแก้สำหรับการผสมยางธรรมชาติกับวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัมต่อยาง 100 กรัม แสดงไว้ในภาคผนวกตารางที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ) ได้ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยโรบัสต์ (Robust mean, New x*) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานโรบัสต์ (Robust SD, New s*) ของปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมที่ระดับต่างๆ ตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยโรบัสต์ (Robust mean, New x*) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานโรบัสต์ (Robust SD, New s*) ของปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมที่ระดับต่างๆ

กรมวิชาการเกษตร

ข้อมูลสถิติการทดสอบ	ปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ที่ระดับ (กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม)		
	0.2	0.4	0.6
ค่าเฉลี่ย	0.273	0.464	0.658
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0153	0.0193	0.0229
Robust mean (New x*)	0.272	0.466	0.661
Robust SD (New s*)	0.0137	0.0164	0.0127

จากตารางที่ 9 พบว่า

1) ยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.2 กรัมต่อยาง 100 กรัม มีค่าระดับจากค่าเฉลี่ยโรบัสต์ เท่ากับ ร้อยละ 0.272 โดยน้ำหนัก และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานโรบัสต์ ร้อยละ 0.0137 โดยน้ำหนัก

2) ยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.4 กรัมต่อยาง 100 กรัม มีค่าระดับจากค่าเฉลี่ยโรบัสต์ เท่ากับ ร้อยละ 0.466 โดยน้ำหนัก และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานโรบัสต์ ร้อยละ 0.0164 โดยน้ำหนัก

3) ยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.6 กรัมต่อยาง 100 กรัม มีค่าระดับจากค่าเฉลี่ยโรบัสต์ เท่ากับ ร้อยละ 0.661 โดยน้ำหนัก และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานโรบัสต์ ร้อยละ 0.0127 โดยน้ำหนัก

นำค่าเฉลี่ยโรบัสต์ไปใช้เป็นค่าระดับ (Assigned value) ในการประเมินผลค่าผลการทดสอบปริมาณเถ้าจากการส่งตัวอย่างให้ห้องปฏิบัติการอื่นๆ ทดสอบ ซึ่งคัดเลือกจากห้องปฏิบัติการที่ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้จัดให้มีการวิเคราะห์หรือการทดสอบคุณภาพยางจากกองการยาง กรมวิชาการเกษตร จำนวน 79 ห้องปฏิบัติการ ซึ่งจากเดิมวางแผนดำเนินการทั้งหมด 80 ห้องปฏิบัติการ เนื่องจากมี 1 ห้องปฏิบัติการได้ปิดกิจการไปแล้ว

8.4 การศึกษาความเสถียรของปริมาณเถ้าในยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัมต่อยาง 100 กรัม ที่เวลา 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 120, 150, 180, 210 และ 240 วัน วันละ 3 ซ้ำ

นำค่าปริมาณเถ้าในยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์มาคำนวณค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD) แล้ววิเคราะห์ค่าความเสถียรของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ทั้ง 3 ระดับ โดยหากค่าปริมาณเถ้าในยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ทั้ง 3 ระดับ ที่ระยะเวลาต่างๆ กัน มีค่าอยู่ในช่วง ค่าเฉลี่ย ± 2SD ของ

กรมวิชาการเกษตร

การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันถือว่าปริมาณเถ้าในยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์มีความเสถียร

ตารางที่ 10 ปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัมต่อยาง 100 กรัม และช่วงการยอมรับค่าเฉลี่ย ± 2SD

เวลา (วัน)	ปริมาณเถ้าของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ที่ระดับ (กรัมต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม)								
	0.2			0.4			0.6		
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
0	0.278	0.276	0.276	0.478	0.471	0.474	0.662	0.667	0.669
15	0.269	0.268	**0.263**	0.461	0.459	0.463	0.651	0.653	0.652
30	0.277	0.277	0.279	0.459	0.470	0.466	**0.648**	0.662	0.662
45	0.275	0.272	0.273	0.474	0.469	0.470	0.664	0.665	0.664
60	0.269	**0.266**	**0.268**	0.467	0.466	0.468	0.662	0.662	0.661
75	**0.257**	**0.263**	**0.266**	0.460	0.462	0.465	0.651	0.652	0.656
90	0.270	**0.267**	0.270	0.471	0.469	0.471	0.670	0.668	0.659
120	0.275	0.278	0.271	0.471	0.474	0.464	0.677	0.663	0.672
150	**0.265**	**0.264**	**0.263**	0.462	0.466	0.461	0.650	0.650	0.650
180	0.272	**0.265**	0.270	0.460	0.466	0.467	0.668	0.651	0.653
210	**0.254**	**0.257**	**0.263**	0.463	0.470	0.479	0.676	0.679	0.673
240	**0.259**	**0.266**	**0.247**	0.468	0.466	0.470	0.670	0.671	0.665
ค่าเฉลี่ย	0.278			0.477			0.665		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	0.0046			0.0099			0.0074		
ค่าเฉลี่ย ± 2SD	0.278 ± 0.009			0.477 ± 0.020			0.665 ± 0.015		

จากตารางที่ 10 เมื่อนำค่าปริมาณเถ้าในยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัมต่อยาง 100 กรัม ที่เวลา 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 120, 150, 180, 210 และ 240 วัน มาพิจารณากับช่วงการยอมรับที่ ค่าเฉลี่ย ± 2SD พบว่า ค่าปริมาณเถ้าในยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ระดับ 0.2 กรัมต่อยาง 100 กรัม มีค่าเฉลี่ย ± 2SD เท่ากับร้อยละ 0.278 ± 0.009 โดยน้ำหนัก เมื่อพิจารณาค่าปริมาณเถ้าที่เวลา 15, 60, 75, 90, 150, 180, 210 และ 240 วัน กับช่วงการยอมรับที่กำหนด พบว่า ค่าปริมาณเถ้าอยู่นอกช่วงการยอมรับทั้งหมด จึงสรุปว่ายางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ระดับ 0.2 กรัมต่อยาง 100 กรัม มีความเสถียรที่ระยะเวลาน้อยกว่า

สถาบันการยาง

15 วัน ปริมาณเถ้าในยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ระดับ 0.6 กรัมต่อยาง 100 กรัม มีค่าเฉลี่ย ± 2SD เท่ากับ ร้อยละ 0.665 ± 0.015 โดยน้ำหนัก เมื่อพิจารณาค่าปริมาณเถ้าที่เวลา 15, 60, 75, 90, 150, 180, 210 และ 240 วัน กับช่วงการยอมรับที่กำหนด พบว่า มีค่าปริมาณเถ้าในยางอยู่นอกช่วงการยอมรับ ที่ระยะเวลา 30 วัน จึงสรุปว่ายางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ระดับ 0.6 กรัมต่อยาง 100 กรัม มีความเสถียรน้อยกว่า 30 วัน และค่าปริมาณเถ้าในยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ระดับ 0.4 กรัมต่อยาง 100 กรัม มีค่าเฉลี่ย ± 2SD เท่ากับร้อยละ 0.477 ± 0.020 โดยน้ำหนัก เมื่อพิจารณาค่าปริมาณเถ้าที่เวลา 15, 60, 75, 90, 150, 180, 210 และ 240 วัน กับช่วงการยอมรับที่กำหนด พบว่า มีค่าปริมาณเถ้าในยางอยู่ในช่วงการยอมรับทั้งหมด จึงสรุปว่ายางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ระดับ 0.4 กรัมต่อยาง 100 กรัม มีความเสถียรที่ระยะเวลาไม่เกิน 240 วัน ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าเมื่อใช้เกณฑ์การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันโดยพิจารณาจากค่าปริมาณเถ้าในยาง มีค่าอยู่ในช่วง ค่าเฉลี่ย ± 2SD ของการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน พบว่ายางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ระดับ 0.4 กรัมต่อยาง 100 กรัม เป็นระดับที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้เตรียมเป็นวัสดุอ้างอิงภายในสำหรับการทดสอบปริมาณเถ้าต่อไปเพียงระดับเดียวซึ่งมีความเสถียรตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา คือ 240 วัน ส่วนยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ระดับ 0.2 และ 0.6 กรัมต่อยาง 100 กรัม มีค่าปริมาณเถ้าในยางอยู่นอกช่วงการยอมรับบางช่วงเวลา จึงเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD) ของการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน พบว่ามีค่าน้อยกว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ (σ_{pt}) จึงทำให้ช่วงการยอมรับโดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD) ของการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันมีช่วงแคบกว่าการใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ (σ_{pt}) ทำให้การพิจารณาความเสถียรของยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ระดับ 0.2 และ 0.6 กรัมต่อยาง 100 กรัมอยู่นอกช่วงการยอมรับ และอาจเนื่องมาจากในขั้นตอนการเตรียมยางเตรียมในปริมาณน้อย จึงทำให้ผลการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกัน ส่งผลให้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD) ของการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันน้อยลงด้วย

8.5 ผลการประเมินความพึงพอใจจากการใช้ยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัมต่อยาง 100 กรัม

8.5.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

กรมวิชาการเกษตร

จากการส่งตัวอย่างยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัมต่อยาง 100 กรัม ให้ห้องปฏิบัติการทั้งหมด 79 ห้องปฏิบัติการทดสอบ ซึ่งจากเดิมวางแผนดำเนินการทั้งหมด 80 ห้องปฏิบัติการ เนื่องจากมี 1 ห้องปฏิบัติการได้ปิดกิจการไปแล้ว และได้ผลตอบกลับผลทดสอบยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ จำนวน 61 บริษัท คิดเป็นร้อยละ 77.22 และผลประเมินความพึงพอใจจาก 29 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 47.54

โดยพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจส่วนใหญ่เป็นหัวหน้าห้องปฏิบัติการหรือผู้ช่วยหัวหน้าห้องปฏิบัติการ ร้อยละ 96.55 และผู้จัดการหรือรองผู้จัดการฝ่ายคุณภาพ ร้อยละ 3.45 ผู้ตอบแบบสอบถามมีอายุระหว่าง 31 – 40 ปี ร้อยละ 72.41 รองลงมามีอายุน้อยกว่า 30 ปี, อายุระหว่าง 41 – 50 ปี และมากกว่า 50 ปีขึ้นไป ร้อยละ 20.69, 3.45 และ 3.45 ตามลำดับ และมีอายุงานมากกว่า 5 ปี ร้อยละ 58.62 รองลงมามีอายุงาน 1 – 3 ปี และอายุงาน 4 – 5 ปี ร้อยละ 24.14 และร้อยละ 17.24 ตามลำดับ

8.5.2 ประโยชน์ที่ได้รับหลังจากการใช้วัสดุอ้างอิง

ประโยชน์ที่ได้รับหลังจากการใช้วัสดุอ้างอิงสามารถแจกแจงตามระดับความพึงพอใจได้ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ประโยชน์ที่ได้รับหลังจากการใช้วัสดุอ้างอิงตามระดับความพึงพอใจ

รายละเอียด	ระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้รับหลังจากการใช้วัสดุอ้างอิง					
	ระดับมากที่สุด		ระดับมาก		ระดับปานกลาง	
	จำนวนห้องปฏิบัติการ	คิดเป็นร้อยละ	จำนวนห้องปฏิบัติการ	คิดเป็นร้อยละ	จำนวนห้องปฏิบัติการ	คิดเป็นร้อยละ
1. การนำวัสดุอ้างอิงไปใช้ประโยชน์ในห้องปฏิบัติการได้จริง	18	62.07	10	34.48	1	3.45
2. การพิจารณาผลจากการใช้งานวัสดุอ้างอิงภายในเปรียบเทียบกับผลจากโปรแกรมทดสอบความชำนาญที่ทำในครั้งเดียวกันเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ (ครั้งที่ 1/2563)	14	48.28	15	51.72	-	-
3. การนำผลจากการใช้วัสดุอ้างอิงภายในไปใช้ประเมินผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการ	16	55.17	10	34.48	3	10.35

กรมวิทยาศาสตร์

จากตารางที่ 11 สามารถสรุปได้ ดังนี้

1) การนำวัสดุอ้างอิงไปใช้ประโยชน์ในห้องปฏิบัติการได้จริง ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เห็นว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 18 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 62.07 นำไปใช้ประโยชน์ได้ในระดับมาก จำนวน 10 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 34.48 นำไปใช้ประโยชน์ได้ในระดับปานกลาง จำนวน 1 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 3.45 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.59 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน

2) การพิจารณาผลจากการใช้งานวัสดุอ้างอิงภายในเปรียบเทียบกับผลจากโปรแกรมทดสอบความชำนาญที่ทำในครั้งเดียวกันเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ (ครั้งที่ 1/2563) ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เห็นว่าการใช้งานวัสดุอ้างอิงภายในเปรียบเทียบกับผลจากโปรแกรมทดสอบความชำนาญที่ทำในครั้งเดียวกันเป็นไปในทิศทางเดียวกันในระดับมาก จำนวน 15 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 51.72 และเป็นไปในทิศทางเดียวกันในระดับมากที่สุด จำนวน 14 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 48.28 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.48 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน

3) การนำผลจากการใช้วัสดุอ้างอิงภายในไปใช้ประเมินผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการ ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่มีการนำผลจากการใช้วัสดุอ้างอิงภายในไปใช้ประเมินผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการในระดับมากที่สุด จำนวน 16 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 55.17 นำไปใช้ได้ในระดับมาก จำนวน 10 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 34.48 นำไปใช้ได้ในระดับปานกลาง จำนวน 3 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 10.35 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.45 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน

8.5.3 ความพึงพอใจที่ได้รับจากการใช้วัสดุอ้างอิงภายใน

ความพึงพอใจที่ได้รับจากการใช้วัสดุอ้างอิงภายในแจกแจงได้ ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ความพึงพอใจที่ได้รับจากการใช้วัสดุอ้างอิงภายใน

รายละเอียด	ระดับความพึงพอใจที่ได้รับจากการใช้วัสดุอ้างอิงภายใน					
	ระดับมากที่สุด		ระดับมาก		ระดับปานกลาง	
	จำนวนห้องปฏิบัติการ	คิดเป็นร้อยละ	จำนวนห้องปฏิบัติการ	คิดเป็นร้อยละ	จำนวนห้องปฏิบัติการ	คิดเป็นร้อยละ
1. การใช้วัสดุอ้างอิงภายในมีความสอดคล้องกับข้อกำหนดของมาตรฐานต่างๆ เช่น ISO/IEC 17025 เป็นต้น	16	55.17	12	41.38	1	3.45
2. การใช้วัสดุอ้างอิงภายในทำให้มั่นใจได้ว่าผลทดสอบเชื่อถือได้	16	55.17	13	44.83	-	-
3. การใช้วัสดุอ้างอิงภายในทำให้มั่นใจว่าขั้นตอนการทดสอบอยู่ภายใต้มาตรฐานเดียวกัน	18	62.07	11	37.93	-	-

กรมวิชาการเกษตร

4. การใช้วัสดุอ้างอิงภายในช่วยลดข้อขัดแย้งในเรื่องมาตรฐานการทดสอบ/ปัญหาด้านคุณภาพ	11	37.93	16	55.17	2	6.90
5. การใช้วัสดุอ้างอิงภายในช่วยทำให้เกิดความเชื่อมั่นกับลูกค้า	9	31.03	20	68.97	-	-
6. การใช้วัสดุอ้างอิงภายในช่วยสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า	8	27.58	20	68.97	1	3.45

ตารางที่ 12 (ต่อ) ความพึงพอใจที่ได้รับจากการใช้วัสดุอ้างอิงภายใน

รายละเอียด	ระดับความพึงพอใจที่ได้รับจากการใช้วัสดุอ้างอิงภายใน					
	ระดับมากที่สุด		ระดับมาก		ระดับปานกลาง	
	จำนวนห้องปฏิบัติการ	คิดเป็นร้อยละ	จำนวนห้องปฏิบัติการ	คิดเป็นร้อยละ	จำนวนห้องปฏิบัติการ	คิดเป็นร้อยละ
7. ห้องปฏิบัติการมีความประสงค์ต้องการใช้วัสดุอ้างอิงภายในสำหรับใช้ในการควบคุมคุณภาพห้องปฏิบัติการ	14	48.27	13	44.83	2	6.90
8. ความพึงพอใจโดยรวมจากการใช้วัสดุอ้างอิงภายใน	16	55.17	12	41.38	1	3.45

จากตารางที่ 12 สามารถสรุปได้ดังนี้

1) การใช้วัสดุอ้างอิงมีความสอดคล้องกับข้อกำหนดของมาตรฐานต่างๆ เช่น ISO/IEC 17025 เป็นต้น ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เห็นว่ามีความสอดคล้องกับข้อกำหนดของมาตรฐานต่างๆ ในระดับมากที่สุด จำนวน 16 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 55.17 มีความสอดคล้องกับข้อกำหนดมาตรฐานต่างๆ ในระดับมาก จำนวน 12 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 41.38 มีความสอดคล้องกับข้อกำหนดมาตรฐานต่างๆ ในระดับปานกลาง จำนวน 1 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 3.45 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.52 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน

2) การใช้วัสดุอ้างอิงภายในทำให้มั่นใจได้ว่าผลทดสอบเชื่อถือได้ ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เห็นว่าทำให้มั่นใจได้ว่าผลทดสอบเชื่อถือได้ในระดับมากที่สุด จำนวน 16 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 55.17 ทำให้มั่นใจได้ว่าผลทดสอบเชื่อถือได้ในระดับมาก จำนวน 13 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 44.83 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.55 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน

3) การใช้วัสดุอ้างอิงภายในทำให้มั่นใจว่าขั้นตอนการทดสอบอยู่ภายใต้มาตรฐานเดียวกัน ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เห็นว่าทำให้มั่นใจได้ว่าขั้นตอนการทดสอบอยู่ภายใต้มาตรฐานเดียวกันในระดับมากที่สุด

ศรีวิชาการเกษตร

จำนวน 18 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 62.07 ทำให้มั่นใจได้ในระดับมาก จำนวน 11 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 37.93 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.62 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน

4) การใช้วัสดุอ้างอิงภายในช่วยลดข้อขัดแย้งในเรื่องมาตรฐานการทดสอบ/ปัญหาด้านคุณภาพ ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เห็นว่าช่วยลดข้อขัดแย้งในเรื่องมาตรฐานการทดสอบ/ปัญหาด้านคุณภาพได้ในระดับมาก จำนวน 16 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 55.17 ช่วยลดข้อขัดแย้งได้ในระดับมากที่สุด จำนวน 11 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 37.93 ช่วยลดข้อขัดแย้งได้ในระดับปานกลาง จำนวน 2 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 6.90 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.31 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน

5) การใช้วัสดุอ้างอิงภายในช่วยทำให้เกิดความเชื่อมั่นกับลูกค้า ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เห็นว่าช่วยทำให้เกิดความเชื่อมั่นกับลูกค้าได้ในระดับมาก จำนวน 20 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 68.97 ช่วยทำให้เกิดความเชื่อมั่นกับลูกค้าได้ในระดับมากที่สุด จำนวน 9 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 31.03 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.31 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน

6) การใช้วัสดุอ้างอิงภายในช่วยสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เห็นว่าช่วยสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าได้ในระดับมาก จำนวน 20 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 68.97 ช่วยสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าได้ในระดับมากที่สุด จำนวน 8 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 27.58 ช่วยสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าได้ในระดับปานกลาง จำนวน 1 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 3.45 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.24 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน

7) ห้องปฏิบัติการมีความประสงค์ต้องการใช้วัสดุอ้างอิงภายในสำหรับใช้ในการควบคุมคุณภาพห้องปฏิบัติการ ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่มีความประสงค์ต้องการใช้วัสดุอ้างอิงภายในสำหรับใช้ในการควบคุมคุณภาพห้องปฏิบัติการในระดับมากที่สุด จำนวน 14 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 48.27 มีความประสงค์ต้องการใช้ในระดับมาก จำนวน 13 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 44.83 มีความประสงค์ต้องการใช้ในระดับปานกลาง จำนวน 2 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 6.90 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.41 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน

8) ความพึงพอใจโดยรวมจากการใช้วัสดุอ้างอิงภายใน ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่มีความพึงพอใจโดยรวมจากการใช้วัสดุอ้างอิงในระดับมากที่สุด จำนวน 16 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 55.17 มีความพึงพอใจโดยรวมในระดับมาก จำนวน 12 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 41.38 มีความพึงพอใจโดยรวมในระดับปานกลาง จำนวน 1 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 3.45 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.52 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การเตรียมยางธรรมชาติเพื่อใช้ในการผสมกับวัสดุมาตรฐาน ทำได้โดยการนำน้ำยางข้นซึ่งผ่านการตกตะกอนแมกนีเซียม นำมาเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง เจือจางด้วยน้ำกลั่น และจับตัวเนื้อยางด้วยกรดอะซิติก ก่อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร

นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และนำมาบดเตรียมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง แล้วนำมาผสมวัสดุมาตรฐาน 3 ชนิด คือ สารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ และแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัม ต่อน้ำหนักยาง 100 กรัม และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับของยางธรรมชาติผสมกับวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับช่วงเกณฑ์การยอมรับมากกว่าค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับของยางธรรมชาติผสมกับวัสดุมาตรฐานแคลเซียมออกไซด์ และแคลเซียมคาร์บอเนต ดังนั้นจึงเลือกวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์มาใช้สำหรับพัฒนาวิธีการเตรียมวัสดุอ้างอิงภายใน โดยในขั้นตอนการบดเตรียมยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานด้วยเครื่องบดยางสองลูกกลิ้งนั้น จะทำการบดยางให้เป็นแผ่นโดยให้พันรอบลูกกลิ้ง แล้วค่อยๆ ใส่วัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ลงไปผสมกับยาง โดยมีแผ่นพลาสติกรองรับวัสดุมาตรฐานที่อาจร่วงหล่นระหว่างขั้นตอนการบดผสม และนำวัสดุมาตรฐานที่หล่นบนแผ่นพลาสติกมาผสมกับยางจนไม่มีวัสดุมาตรฐานหล่นตกค้างอยู่บนแผ่นพลาสติก ได้ผลทดสอบความยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์มีความเป็นเนื้อเดียวกัน และเมื่อใช้เกณฑ์การพิจารณาค่าปริมาณเถ้าในยาง มีค่าอยู่ในช่วง ค่าเฉลี่ย ± 2SD ของการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ระดับ 0.4 กรัมต่อยาง 100 กรัม เป็นระดับที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้เตรียมเป็นวัสดุอ้างอิงภายในสำหรับการทดสอบปริมาณเถ้า เนื่องจากค่าปริมาณเถ้าในยางมีความเสถียรตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง คือ 240 วัน นอกจากนี้ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เห็นว่าวัสดุอ้างอิงภายในจากยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงอยู่ในระดับมากที่สุด และห้องปฏิบัติการมีความประสงค์ต้องการใช้วัสดุอ้างอิงภายในสำหรับใช้ในการควบคุมคุณภาพห้องปฏิบัติการ จึงควรมีการถ่ายทอดวิธีการผลิตและนำวัสดุอ้างอิงภายในยางธรรมชาติที่เตรียมได้ไปใช้ในการประกันคุณภาพห้องปฏิบัติการยางแท่งทั้งภาครัฐและเอกชนเพื่อทำให้ผลการทดสอบมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้นและเป็นที่ยอมรับในระดับสากล

กรมวิชาการเกษตร

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

10.1 จากการดำเนินการสำรวจความพึงพอใจจากห้องปฏิบัติการจำนวน 61 ห้องปฏิบัติการ พบว่าห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เห็นว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงและทำให้มั่นใจว่าขั้นตอนการทดสอบอยู่ภายใต้มาตรฐานเดียวกัน ซึ่งห้องปฏิบัติการมีความประสงค์ต้องการใช้วัสดุอ้างอิงภายในสำหรับใช้ในการควบคุมคุณภาพห้องปฏิบัติการอยู่ในระดับมากที่สุดเพื่อเป็นการช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับการวิเคราะห์ ทดสอบในห้องปฏิบัติการ อีกทั้งยังช่วยลดเวลา ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบซ้ำ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความมั่นใจกับทั้งผู้วิเคราะห์ และผู้มาใช้บริการซึ่งจะส่งผลต่อเนื่องไปยังการนำผลวิเคราะห์ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ วัสดุอ้างอิงภายในจึงมีความสำคัญในการประกันคุณภาพ และยังเป็นแนวทางเพื่อยกระดับมาตรฐานห้องปฏิบัติการ ให้เป็นที่

ยอมรับในระดับสากลนำไปสู่การได้รับการรับรองตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025 และเป็นที่ยอมรับจากประเทศคู่ค้า

10.2 สามารถนำค่าเฉลี่ยโรบัสต์มาใช้เป็นค่าระดับ (Assigned value) ในการประเมินผลการทดสอบหลังจากส่งตัวอย่างยางธรรมชาติผสมวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ให้ห้องปฏิบัติการทดสอบได้โดยประเมินผลจากค่า Z – score

11. คำขอบคุณ

การศึกษาการเตรียมวัสดุอ้างอิงภายในสำหรับการหาปริมาณเถ้าสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีได้ด้วยความช่วยเหลือ การให้คำปรึกษาและข้อคิดเห็นจากคณะกรรมการที่ปรึกษาด้านวิชาการ หัวหน้าโครงการวิจัย และคณะผู้ดำเนินงาน นอกจากนี้ยังได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากห้องปฏิบัติการที่ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้จัดให้มีการวิเคราะห์หรือการทดสอบคุณภาพยางจากกองการยาง กรมวิชาการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

12. เอกสารอ้างอิง

กองการยาง. 2561. การทดสอบตามมาตรฐานยางแห่งเอสทีอาร์ Testing for Thai Rubber (STR). กรมวิชาการเกษตร.

วรางคนา สระบัว. 2551. การพัฒนาดินอ้างอิงภายใน. กลุ่มงานพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 57 หน้า.

ศูนย์บริหารจัดการทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ. 2560. ผลทดสอบความชำนาญ. รายงานผลการทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 1 PTCH-BR01-1701. กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

ศูนย์บริหารจัดการทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ. 2560. ผลทดสอบความชำนาญ. รายงานผลการทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 2 PTCH-BR01-1702. กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

ศูนย์บริหารจัดการทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ. 2561. ผลทดสอบความชำนาญ. รายงานผลการทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 1 PTCH-BR01-1801. กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

ศูนย์บริหารจัดการทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ. 2561. ผลทดสอบความชำนาญ. รายงานผลการทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 2 PTCH-BR01-1802. กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

ศูนย์บริหารจัดการทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ. 2562. ผลทดสอบความชำนาญ. รายงานผลการทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 1 PTCH-BR01-1901. กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

กรมวิชาการเกษตร

ศูนย์บริหารจัดการทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ. 2562. ผลทดสอบความชำนาญ. รายงานผลการทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 2 PTCH-BR01-1902. กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

American Society for Testing and Materials (ASTM). 2015. Standard Test Methods for Rubber from Natural Sources-Chemical Analysis: D1278-91a.

AOAC Official Methods of Analysis. 2016. Appendix F: Guidelines for Standard Method Performance Requirements. AOAC International.

International Organization for Standardization (ISO). 2015. Statistical methods for use in proficiency testing by Interlaboratory Comparisons: ISO/IEC13528:2015.

Standard Malaysian Rubber (SMR). 1995. RRIM Test Methods for Standard Malaysian Rubber Bulletin No.7. part B.2.

13. ภาคผนวก

ตารางแสดงการคำนวณสถิติเชิงปรับแก้ (Robust Statistics)

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวกตารางที่ 1 แสดงการคำนวณสถิติเชิงปรับแก้ (Robust statistics) ของการผสมยางธรรมชาติกับวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.2 กรัมต่อยาง 100 กรัม

ค่าในแต่ละชุด	ครั้งที่ 0		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10
δ = 1.5 x New s*	-	-	0.022	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021
x* – δ	-	-	0.248	0.251	0.251	0.252	0.252	0.252	0.252	0.252	0.252	0.252
x* + δ	-	-	0.292	0.293	0.293	0.293	0.293	0.293	0.293	0.293	0.293	0.293
1	0.300	0.030	0.292	0.293	0.293	0.293	0.293	0.293	0.293	0.293	0.293	0.293
2	0.280	0.010	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280
3	0.270	0.000	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270
4	0.270	0.000	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270
5	0.260	0.010	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260
6	0.270	0.000	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270
7	0.280	0.010	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280
8	0.260	0.010	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260
9	0.270	0.000	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270
10	0.240	0.030	0.248	0.251	0.251	0.252	0.252	0.252	0.252	0.252	0.252	0.252
11	0.270	0.000	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270
12	0.270	0.000	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270
13	0.300	0.030	0.292	0.293	0.293	0.293	0.293	0.293	0.293	0.293	0.293	0.293
14	0.270	0.000	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270
15	0.260	0.010	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260
16	0.290	0.020	0.290	0.290	0.290	0.290	0.290	0.290	0.290	0.290	0.290	0.290
New x*	0.270	0.010	0.272	0.272	0.272	0.272	0.272	0.272	0.272	0.272	0.272	**0.272**
New s*	0.0148	-	0.0141	0.0139	0.0138	0.0138	0.0138	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	**0.0137**

กรมวิทยาศาสตร์

ภาคผนวกตารางที่ 2 แสดงการคำนวณสถิติเชิงปรับแก้ (Robust statistics) ของการผสมยางธรรมชาติกับวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.4 กรัมต่อยาง 100 กรัม

ค่าในแต่ละชุด	ครั้งที่ 0		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10
δ = 1.5 x New s*	-	-	0.022	0.023	0.024	0.024	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
x* – δ	-	-	0.443	0.442	0.442	0.441	0.441	0.441	0.441	0.441	0.441	0.441
x* + δ	-	-	0.487	0.489	0.490	0.490	0.490	0.490	0.490	0.490	0.490	0.490
1	0.490	0.025	0.487	0.489	0.490	0.490	0.490	0.490	0.490	0.490	0.490	0.490
2	0.480	0.015	0.480	0.480	0.480	0.480	0.480	0.480	0.480	0.480	0.480	0.480
3	0.470	0.005	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470
4	0.450	0.015	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450
5	0.460	0.005	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460
6	0.470	0.005	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470
7	0.480	0.015	0.480	0.480	0.480	0.480	0.480	0.480	0.480	0.480	0.480	0.480
8	0.460	0.005	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460
9	0.450	0.015	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450
10	0.410	0.055	0.443	0.442	0.442	0.441	0.441	0.441	0.441	0.441	0.441	0.441
11	0.470	0.005	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470
12	0.470	0.005	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470
13	0.460	0.005	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460
14	0.450	0.015	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450
15	0.460	0.005	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460
16	0.490	0.025	0.487	0.489	0.490	0.490	0.490	0.490	0.490	0.490	0.490	0.490
New x*	0.465	0.010	0.465	0.466	0.466	0.466	0.466	0.466	0.466	0.466	0.466	**0.466**
New s*	0.0148	-	0.0155	0.0159	0.0162	0.0164	0.0164	0.0164	0.0164	0.0164	0.0164	**0.0164**

กรมวิทยาศาสตร์

ภาคผนวกตารางที่ 3 แสดงการคำนวณสถิติเชิงปรับแก้ (Robust statistics) ของการผสมยางธรรมชาติกับวัสดุมาตรฐานสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ระดับ 0.6 กรัมต่อยาง 100 กรัม

ค่าในแต่ละชุด	ครั้งที่ 0		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10
δ = 1.5 x New s*	-	-	0.022	0.020	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019
x* – δ	-	-	0.638	0.641	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642
x* + δ	-	-	0.682	0.681	0.681	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680
1	0.670	0.010	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670
2	0.680	0.020	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680
3	0.670	0.010	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670
4	0.650	0.010	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650
5	0.660	0.000	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660
6	0.670	0.010	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670
7	0.670	0.010	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670
8	0.650	0.010	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650
9	0.650	0.010	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650
10	0.580	0.080	0.638	0.641	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642
11	0.660	0.000	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660
12	0.680	0.020	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680
13	0.660	0.000	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660
14	0.660	0.000	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660
15	0.660	0.000	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660
16	0.650	0.010	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650
New x*	0.660	0.010	0.661	0.661	0.661	0.661	0.661	0.661	0.661	0.661	0.661	**0.661**
New s*	0.015	-	0.0133	0.0129	0.0127	0.0127	0.0127	0.0127	0.0127	0.0127	0.0127	**0.0127**

กรมวิทยาศาสตร์