

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 19
19-21 ตุลาคม 2548 จังหวัดภูเก็ต

การศึกษาความเป็นไปได้เทคนิคในการอบแห้งยางดิบเพื่อผลิตยางแท่ง เอส ที อาร์ 20

Feasibility Study of Drying Techniques for Producing STR 20 Rubber

สุภาวรรณ ฐิระวนิชกุล^{1*} ปิ่นพงษ์ คงชนะ² ยุทธนา ฐิระวนิชกุล³ และสมบูรณ์ วรวิฑูญชัย⁴

¹ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

^{2,3}ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

⁴ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

*E-mail: supawan.t@psu.ac.th

Tirawanichakul, S.^{1*}, Khongchana, P.², Tirawanichakul, Y.³ and Woravutthikhunchai, S.⁴

¹ Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112

^{2,3} Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112

⁴ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112

*E-mail: supawan.t@psu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความงานวิจัยนี้ทดสอบการอบแห้งยางแท่ง STR 20 โดยใช้เครื่องอบแห้งระดับสาริตใช้งาน โดยทดลองอบแห้งยางแท่งที่ความชื้นเริ่มต้น 40-50% มาตรฐานแห้ง น้ำหนักประมาณ 21 กิโลกรัม ความหนาของยาง 0.25 เมตร ความเร็วลม 2.49 เมตรต่อวินาที การทดลองแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบได้แก่ รูปแบบที่หนึ่งเป็นการอบแบบต่อเนื่องภายใต้เงื่อนไขของอุณหภูมิอบแห้งในช่วง 108 – 130°C และรูปแบบที่สองเป็นการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 2 ช่วงด้วยกัน คือ ช่วงอุณหภูมิสูงโดยอบที่ 130°C และช่วงอุณหภูมิต่ำที่ 105-110°C

จากการทดลอง พบว่าความชื้นของยางจะลดลงเมื่อใช้เวลารอบแห้งเพิ่มขึ้น โดยที่การทดลองในรูปแบบแรกความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้ง สำหรับการทดลองในรูปแบบที่สอง พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงในช่วงแรกนั้น ความชื้นของยางลดลงอย่างรวดเร็ว และค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ เมื่อใช้อุณหภูมิต่ำลงในช่วงที่สอง และเมื่อสังเกตลักษณะของยางที่อบเสร็จแล้ว พบว่าในรูปแบบที่หนึ่งซึ่งเป็นยางที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิต่ำยางจะมีลักษณะของเม็ดยางสีขาวอยู่เป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้ระยะเวลาในการอบน้อยเกินไป และเม็ดยางจะมีลักษณะเยิ้มเหนียวเมื่อใช้อุณหภูมิสูง ส่วนยางที่ได้จากการอบในรูปแบบที่สองนั้นมีลักษณะของเม็ดยางที่เป็นสีขาวเพียงเล็กน้อย และเมื่อนำยางที่ได้ไปทดสอบคุณภาพตามมาตรฐานยางแท่ง พบว่ายางที่อบแห้งในรูปแบบการอบแห้งที่หนึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานยางแท่ง STR 20 ส่วนรูปแบบที่สองผ่านเกณฑ์มาตรฐานยางแท่ง STR 20

คำสำคัญ : ยางแท่ง, มาตรฐานยางไทย, อบแห้งขึ้นหนา

Abstract

This paper aims to perform feasibility study of drying techniques for producing STR 20 rubber type using a demonstration dryer. Initial moisture contents of the rubber were 40-50% dry basis, rubber weight was about 21 kg, and bed thickness of the rubber was 25 cm. Air speeds of the dryer were 2.49 m/s. The experiment was conducted at 2 different drying models. Model 1, the rubber was dried continuously under the temperature ranging from 108 – 130°C. Model 2, the rubber was dried at 2 temperature intervals. The high and the low temperature were at 130 °C and 105-110 °C, respectively.

The results from this experiment indicated that the moisture of rubber decreased as the drying time increased. Regarding use of model 1, the moisture decreased rapidly when high temperature was applied for the drying. In model 2 experiment, it was observed that the moisture of rubber decreased rapidly at high drying temperature, and gradually decreased when the drying temperature at the later interval was used. The dried rubber obtained from model 1 experiment appeared to contain a large number of white granules in its texture due to a minimal drying time. In addition, the rubber granules melted into a sticky gel when using high temperature. The dried rubber obtained from model 2 results contained less white granules in its texture than the amount observed in model 1. Standard testing of the dried rubber was carried out, and it was found that the dried rubbers obtained from model 1 failed to

meet the STR 20 standard, whereas those of model 2 passed the standard test.

Keywords: Block rubber, Standard Thai Rubber, Drying, Thickness

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยผลิตและส่งออกยางพาราเป็นอันดับหนึ่งของโลก ตั้งแต่ปี 2534 เป็นต้นมา ในปี 2546 มีพื้นที่ปลูกยาง 12.5 ล้านไร่ มีผลผลิตยางประมาณ 2.90 ล้านตัน ประเทศไทยจำเป็นต้องมีการพัฒนาทางพาราอย่างต่อเนื่องโดยมีเป้าหมายหลัก คือ การเพิ่มผลผลิตยางพาราและควบคุมคุณภาพยางของประเทศให้สอดคล้องกับอุปสงค์ของผู้บริโภคทั่วโลก สามารถแข่งขันในตลาดต่างประเทศได้ [1] และยังคงรักษาคุณภาพได้ตามมาตรฐานของยางแต่ละชนิด โดยยางที่ผลิตส่วนใหญ่เป็นยางแผ่นรมควัน รองลงมา คือ ยางแท่งและน้ำยางข้น ปริมาณการผลิตและความต้องการยางแผ่นรมควันในตลาดโลกในปัจจุบันมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ความต้องการยางแท่งมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น เมื่อความต้องการยางแท่งของตลาดเพิ่มขึ้นอัตราการผลิตก็ต้องเพิ่มขึ้นตามอุปสงค์-อุปทานของตลาด จึงต้องมีการพัฒนากระบวนการผลิต โดยเน้นกระบวนการผลิตที่ต้นทุนต่ำ และยังคงคุณภาพของยางตามมาตรฐานของยางแท่งเพื่อให้สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ ในกระบวนการผลิตยางแท่ง ขั้นตอนหลักที่สำคัญของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตยางแท่ง คือ ขั้นตอนการอบแห้ง เป็นขั้นตอนที่มีการใช้พลังงานในการอบแห้งสูง เมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนอื่น ๆ ซึ่งจะส่งผลต่อความสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้ง ทำให้ต้นทุนการผลิตของโรงงานผลิตยางแท่งสูงตามไปด้วย

Cousin และคณะ [2] ทำการทดลองอบแห้งซึ่งยางธรรมชาติ (Natural Crumb Rubber) ด้วยอุณหภูมิ 100°C ความเร็วลม 1.2 เมตรต่อวินาที ทำการวิเคราะห์หลักไถการอบแห้งโดยการวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของยาง ในการทดลองใช้ตัวอย่างยางหนา 0.30 เมตร น้ำหนักเริ่มต้น 10 กิโลกรัม โดยแบ่งยางออกเป็น 5 ชั้น และไม่มีมีการวนอากาศกลับมาใช้ใหม่ จากผลการทดลองพบว่า ช่วงการอบแห้งมี 3 ช่วง ช่วงแรกชั้นยางจะอึดตัวด้วยน้ำ อุณหภูมิของอากาศและเม็ดยางจะเท่ากับอุณหภูมิของกระเปาะเปียก ในช่วงที่ 2 เกิดการอบแห้งแบบอัตราคงที่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและปริมาณน้ำในยางลดลงอย่างรวดเร็ว ช่วงที่ 3 จะเป็นช่วงอัตราอบแห้งลดลง (Falling rate) อากาศที่ใช้ออบแห้งจะเพิ่มขึ้น

Naon และคณะ [3] ทำการทดลองอบแห้งยางธรรมชาติและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับอบแห้งยางธรรมชาติ โดยใช้เครื่องอบแห้งขนาด $3 \times 1 \times 2$ เมตร ความเร็วลม 0–5 m/s อุณหภูมิอากาศ 20–150°C ความชื้นสัมพัทธ์ 0–100% จากผลการทดลองพบว่าอัตราการอบแห้งจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เวลาการอบแห้ง และค่าความชื้นสัมพัทธ์ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อน (h) จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของวัสดุและอุณหภูมิของอากาศเมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากการอบแห้งชั้นบางและนำค่าพารามิเตอร์เหล่านั้น ไปทำนายอัตราการอบแห้งชั้นหนาด้วยแบบจำลองทาง

คณิตศาสตร์พบว่าผลจากแบบจำลองใกล้เคียงกับผลการทดลอง โดยกำหนดความชื้นสุดท้ายหลังการอบแห้งเท่ากับ 0.8 % และจากการนำแบบจำลองไปใช้เปรียบเทียบเครื่องอบแห้ง Trolly แบบกึ่งอัตโนมัติที่ใช้ในอุตสาหกรรมพบว่าให้ผลใกล้เคียงกันทั้งด้านความชื้น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง

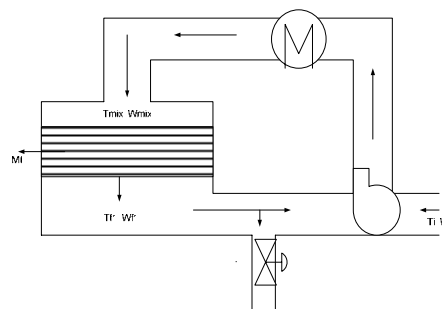
ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช [4] ได้นำเสนอถึงหลักการพื้นฐานในการอบแห้งวัสดุพาราโดยการถ่ายโอนความร้อนและการเคลื่อนย้ายมวลสาร (ความชื้น) ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการอบแห้ง สิ่งสำคัญของกระบวนการอบแห้งทางทฤษฎี คือ การทราบกลไกหลักที่มีอิทธิพลต่อการควบคุมกระบวนการ เพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปรากฏการณ์นั้น ปกติการอบแห้งจะถูกแบ่งออกเป็นสองช่วง คือ ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ (Constant rate period) และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling rate period) ในกรณีแรกอัตราการอบแห้งหาได้จากอิทธิพลของสภาวะภายนอก กลไกที่ควบคุมกระบวนการอบแห้งในช่วงนี้ ได้แก่ พลังงานความร้อนที่ป้อนให้กับวัสดุหรือการถ่ายโอนมวลสารที่ออกจากผิวของวัสดุ ส่วนในช่วงอัตราการอบแห้งที่ลดลงอัตราการอบแห้งจะลดลงตามเวลาที่ผ่านไป และอัตราการถ่ายโอนมวลสารภายในจะเป็นกลไกที่ควบคุมกระบวนการในช่วงนี้

Supawan and Yutthana [5] ได้ศึกษาปริมาณความชื้นสมดุลของเศษยางซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตยางแท่ง ภายใต้สภาวะคงที่ ที่อุณหภูมิ $35\text{--}60^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 10–90% จากผลการทดลองได้นำสมการหาค่าความชื้นสมดุล 4 สมการเปรียบเทียบโดยขึ้นอยู่กับค่าความแปรปรวน 2 สอง คือ SSE (sum of squares error) และ SD (standard Deviation) พบว่าสมการของ Halsey's เป็นสมการที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้ในการทำนายค่าความชื้นสมดุลของยาง ซึ่งพบว่าการคายความชื้นของยางสัมพันธ์กับอุณหภูมิแวดล้อมที่ความชื้นสัมพัทธ์คงที่ นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการอบแห้งขึ้นกับระยะเวลาและอุณหภูมิอบแห้ง

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

(ก) เครื่องอบแห้ง

งานวิจัยนี้ใช้เครื่องอบแห้งระดับสาธิต ประกอบด้วยห้องอบแห้งขนาด กว้าง 0.35 เมตร ยาว 0.70 เมตร สูง 0.80 เมตร ใช้ ตัวให้ความร้อนแบบครีป ขนาด 2 kW จำนวน 12 ตัว พัดลมแบบใบพัดโค้งหลังขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 2 HP 380 V ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งยางแท่งแบบสาธิตใช้งาน

(ข) สภาวะในการอบแห้ง

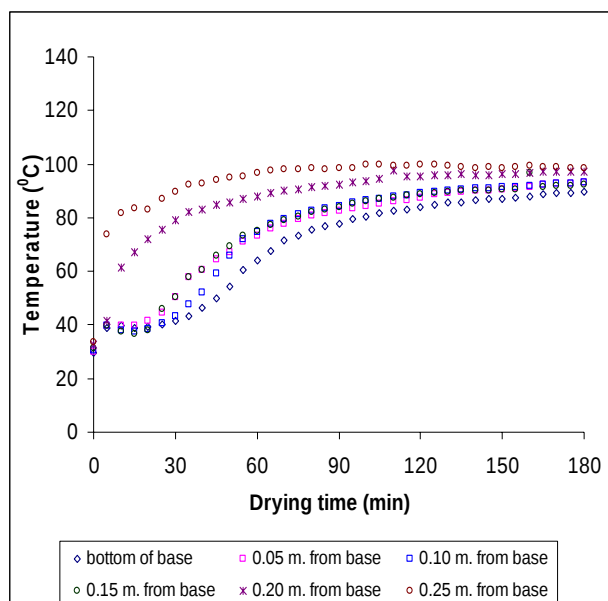
ในการทดลอง ความชื้นเริ่มต้นของยางดิบ 40–55% มาตรฐานแห้งอบแห้งยางดิบหนา 0.25 เมตร น้ำหนัก 21 กิโลกรัม แบ่งการทดลองเป็น 2 แบบ แบบที่ 1 อบด้วยอุณหภูมิอบแห้งคงที่ 108–130°C ความเร็วลม 2.49 เมตรต่อวินาที ระยะเวลาอบแห้ง 200 นาที การวนกลับของอากาศ 100 % และแบบที่ 2 แบ่งการอบแห้งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 130°C ระยะเวลาอบแห้ง 40-50 นาที ขั้นตอนที่ 2 อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 105-110°C ระยะเวลา 150-160 นาที ความเร็วลม 2.49 เมตรต่อวินาที การวนกลับของอากาศ 100 % บันทึกข้อมูลอุณหภูมิในชั้นยางระหว่างการอบแห้ง โดยวัดที่ระดับ หนา 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 เมตร ตามลำดับ อุณหภูมิอากาศแวดล้อม อุณหภูมิกระเปาะเปียก บันทึกอุณหภูมิและน้ำหนักยางทุก 5 นาที ทดสอบคุณภาพยางก่อนและ หลังอบแห้งตามมาตรฐานยางแห้ง STR 20

(ค) วิธีการวัด

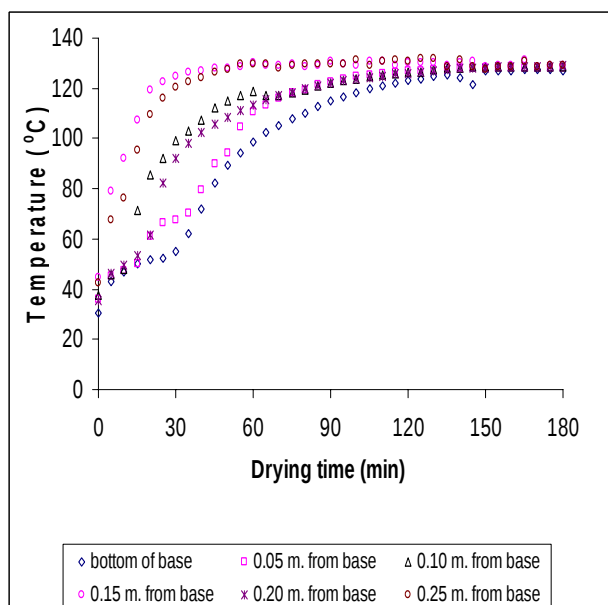
- อุณหภูมิ ใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K ที่ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล (Wisco DL-2100 ความผิดพลาด $\pm 0.1\%$)
- ความชื้น วัดตามมาตรฐานของ Association of Official Agricultural Chemists [6]
- คุณภาพยาง ทดสอบตามมาตรฐานยางแห้ง STR 20 โดยวัดปริมาณสิ่งสกปรก, ปริมาณเถ้า, ปริมาณสิ่งระเหย, ปริมาณไนโตรเจน, ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก, ดัชนีความอ่อนตัวของยาง

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล**การเปลี่ยนแปลงตามเวลาของอุณหภูมิแวดล้อมและ****อุณหภูมิของยางทดลองอบแห้ง****ก. การอบแห้งแบบขั้นตอนเดียว**

การทดลองใช้สภาวะอากาศแวดล้อมที่อุณหภูมิเฉลี่ย $32 \pm 1^\circ\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 60% โดยใช้อุณหภูมิอบแห้งคงที่ ที่ 108-130°C ดังรูปที่ 2 และ 3 จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิในชั้นยางแต่ละชั้นจะค่อยๆ มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยชั้นที่อยู่ใกล้ลมร้อน (0.25 เมตร จากฐาน) จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเร็วกว่าชั้นยางที่ห่างออกไป และเริ่มจะมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อช่วงระยะเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้นและจะค่อย ๆ คงที่จนสิ้นสุดการทดลอง โดยอุณหภูมิแต่ละชั้นมีค่าใกล้เคียงกัน



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามเวลาในชั้นยางที่อุณหภูมิอบแห้ง 108°C ระยะเวลา 180 นาที ความชื้นเริ่มต้นของยาง 47.67% มาตรฐานแห้ง ความเร็วลม 2.49 เมตรต่อวินาที การวนกลับของอากาศร้อน 100%



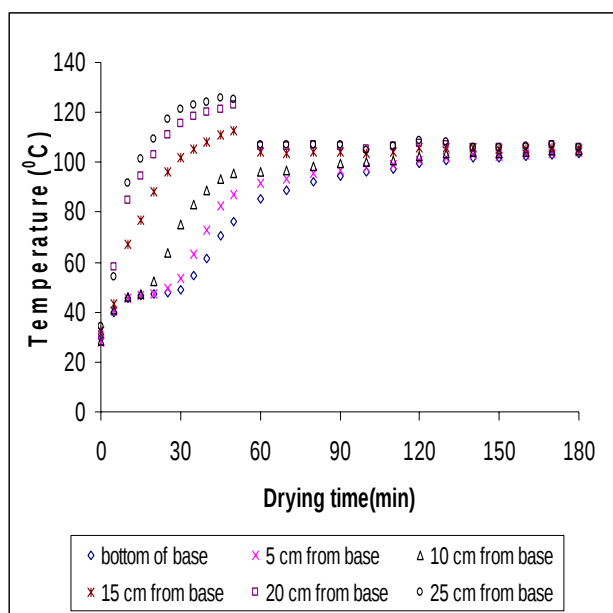
รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามเวลาในชั้นยาง อุณหภูมิอบแห้ง 130°C ระยะเวลา 180 นาที ความชื้นเริ่มต้นของยาง 47.74% มาตรฐานแห้ง ความเร็วลม 2.49 เมตรต่อวินาที การวนกลับของอากาศร้อน 100%

สำหรับการอบแห้งที่อุณหภูมิอบแห้ง 108°C อุณหภูมิจะเริ่มคงที่และใกล้เคียงกัน เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 100 นาที และ 60 นาที สำหรับการใช้อุณหภูมิอบแห้ง 130°C ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้อุณหภูมิอบแห้งสูง จะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเร็วกว่าการใช้อุณหภูมิ

อบแห้งต่ำ โดยอิทธิพลของความเร็วลมร้อนและความชื้นเริ่มต้นมีผลน้อยกว่าอิทธิพลของอุณหภูมิอบแห้ง

ข. การอบแห้งแบบ 2 ขั้นตอน

การทดลองในสภาวะอุณหภูมิแวดล้อม $31 \pm 1^\circ\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 62% โดยใช้อุณหภูมิอบแห้งช่วงแรก 130°C ระยะเวลา 50 นาที และอุณหภูมิอบแห้ง 110°C ระยะเวลา 150 นาที พบว่าในช่วงอุณหภูมิอบแห้งช่วงแรกอุณหภูมิในยางแต่ละชั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมีค่าอยู่ในช่วง $110\text{--}130^\circ\text{C}$ จากนั้นเมื่อลดอุณหภูมิอบแห้งลงเป็น 110°C อุณหภูมิในแต่ชั้นของยางจะค่อย ๆ ลดลงเข้าสู่ค่าที่ใกล้เคียงกันและอยู่ในช่วงอุณหภูมิ $95\text{--}110^\circ\text{C}$ จนเสร็จสิ้นการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามเวลาในชั้นยางที่อุณหภูมิอบแห้ง 130°C ระยะเวลา 50 นาที และ 110°C ระยะเวลา 110 นาที ความชื้นเริ่มต้นของยางเท่ากับ 54.93% มาตรฐานแห้ง ความเร็วลม 2.49 เมตรต่อวินาที การวนกลับของอากาศร้อน 100%

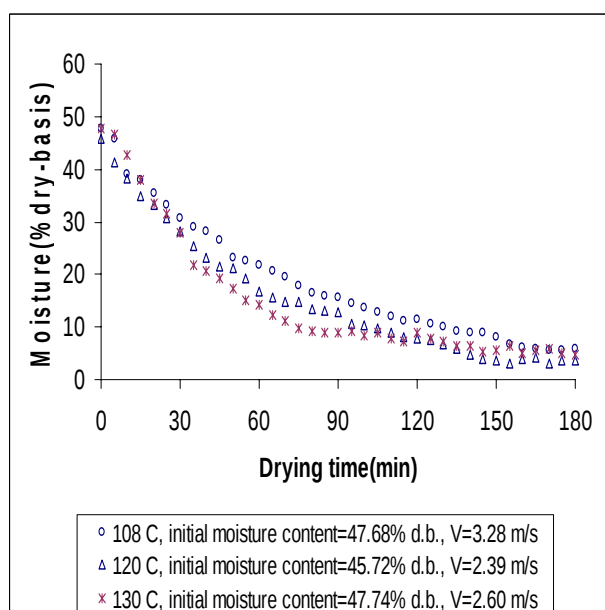
ผลของอุณหภูมิอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของความชื้นของยางทดลอง

ก. การอบแห้งแบบขั้นตอนเดียว

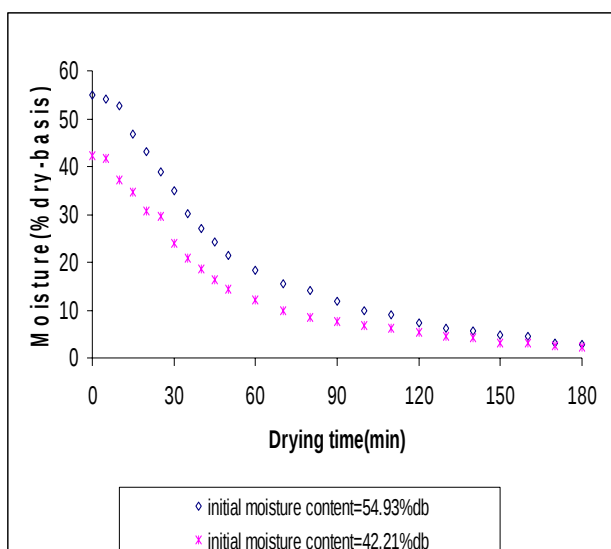
จากรูปที่ 5 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นของยางต่ออุณหภูมิอบแห้งแบบขั้นตอนเดียว โดยใช้อุณหภูมิอบแห้ง 108, 120, 130°C ความชื้นเริ่มต้น 47.68, 45.72, 47.74 % มาตรฐานแห้ง ความเร็วลม 2.49 เมตรต่อวินาที พบว่าความชื้นค่อย ๆ ลดลงและเริ่มคงที่ โดยจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิอบแห้ง 130°C ความชื้นจะลดลงและคงที่โดยใช้เวลาน้อยกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิอบแห้ง 120°C และ 108°C ตามลำดับ แสดงว่าการใช้อุณหภูมิอบแห้งสูงจะทำให้ความชื้นลดลงได้รวดเร็วและคงที่โดยใช้เวลาน้อยกว่าการอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิต่ำ และพบว่าความชื้นเริ่มต้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความชื้นน้อยมาก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง

ข. การอบแห้งแบบ 2 ขั้นตอน

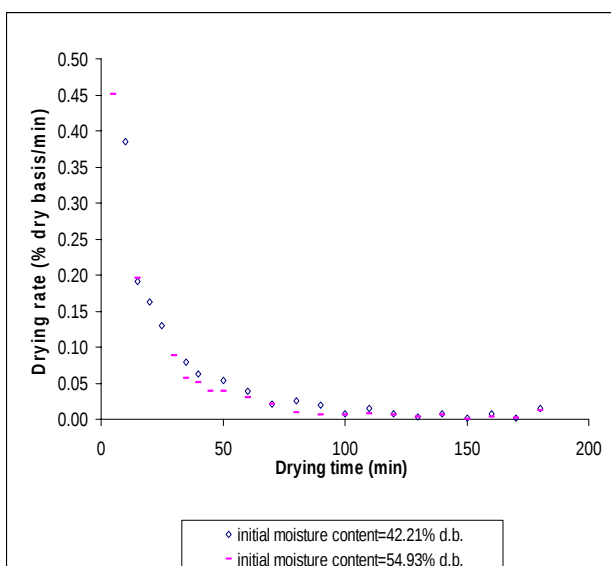
จากรูปที่ 6 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นของยางต่ออุณหภูมิอบแห้งแบบ 2 ขั้นตอนโดยในขั้นตอนที่ 1 ใช้อุณหภูมิอบแห้ง 130°C และขั้นตอนที่ 2 ใช้อุณหภูมิอบแห้ง 110°C พบว่าการอบแห้งขั้นตอนที่ 1 ความชื้นของยางได้ลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้ง ขั้นตอนที่ 2 พบว่าความชื้นของยางจะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ เป็นผลมาจากการใช้อุณหภูมิต่ำในการอบแห้ง ซึ่งแนวโน้มการลดลงของความชื้นในยางใกล้เคียงกับการอบแห้งแบบขั้นตอนเดียว เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 7 ซึ่งแสดงถึงความชื้นที่ลดลงในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ความชื้นเริ่มต้นที่แตกต่างกัน พบว่าอัตราการลดลงของความชื้นจะมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าความชื้นเริ่มต้นของยางที่ใช้ทดลองมีอิทธิพลต่อการลดลงของความชื้นในยางน้อยมากเมื่อเทียบกับอุณหภูมิในการอบแห้ง



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของความชื้นในยางที่อุณหภูมิอบแห้ง 108, 120 และ 130°C ความชื้นเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 47.68, 45.72, 47.74% มาตรฐานแห้ง ความเร็วลม 2.49 เมตรต่อวินาที การวนกลับของอากาศร้อน 100%



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความชื้นกับระยะเวลาอบแห้ง อุดหนุนมอบแห้ง 130°C และ 110°C ความชื้นเริ่มต้น 54.93, 42.21% มาตรฐานแห้ง ความเร็วลม 2.49 เมตรต่อวินาที การวนกลับของอากาศร้อน 100%



รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงความชื้นในระยะเวลาอบแห้ง อุดหนุนมอบแห้ง 130°C และ 110°C ความชื้นเริ่มต้น 42.21, 54.93 % มาตรฐานแห้ง ความเร็วลม 2.49 เมตรต่อวินาที การวนกลับของอากาศร้อน 100%

คุณภาพของยาง

ก. การอบแห้งแบบขั้นตอนเดียว

จากการทดลองอบแห้งยางที่อุณหภูมิอบแห้งด้วยอุณหภูมิอบแห้งเดียว ลักษณะของยางหลังการอบแห้งเสร็จสิ้นโดยพิจารณาด้วยสายตาพบว่าที่อุณหภูมิอบแห้ง 108°C ลักษณะของเม็ดยางที่มีความชื้นอยู่มาก โดยมีลักษณะเป็นเม็ดสีขาว ๆ กระจายตัวอยู่ทั่วไปในยางและ

มากที่สุดที่บริเวณชั้นล่างสุดของยาง ซึ่งเป็นไปได้ว่าอุณหภูมิต่ำไม่สามารถ ทำให้ความชื้นออกจากเม็ดยางได้หมดในระยะเวลาอบแห้งน้อย ๆ และยางที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 130 °C พบว่าตัวอย่างยางหลังการอบแห้งมีลักษณะยางลักษณะเยิ้มเหนียว เมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำกว่า พบว่าลักษณะทางกายภาพของยางจะไม่เยิ้มเหนียว แสดงว่าการใช้อุณหภูมิอบแห้งสูงเกินไป จะทำให้ลักษณะทางกายภาพของยางไม่ดี โดยมีลักษณะเยิ้มเหนียวซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับบรรจุภัณฑ์ที่จะขนส่งออกไปต่างประเทศ และเมื่อนำยางไปทดสอบคุณภาพ ตามมาตรฐานยางแท่ง STR 20 ได้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งผลการทดสอบคุณภาพยางตามมาตรฐานยางแท่ง STR 20 พบว่ายางที่ทดลองไม่ผ่านมาตรฐานทุกการทดลอง

ข. การอบแห้งแบบ 2 ขั้นตอน

จากการทดลองโดยใช้อุณหภูมิอบแห้งเป็น 2 ขั้นตอน พบว่าลักษณะของยางหลังจากผ่านการอบแห้ง จะมีลักษณะของเม็ดยางสีขาวอยู่น้อยมาก จะมีอยู่เพียงเล็กน้อยในบริเวณชั้นล่างสุดของยาง ส่วนบริเวณชั้นอื่นๆ พบเม็ดยางที่มีสีขาวน้อยมาก ไม่พบยางที่มีลักษณะเหนียวเยิ้ม และเมื่อนำยางไปทดสอบคุณภาพ ตามมาตรฐานยางแท่ง STR 20 ได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งผลการทดสอบคุณภาพยางตามมาตรฐานยางแท่ง STR 20 พบว่าทุกสภาวะการทดลองผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบตามมาตรฐานยางแท่ง STR 20

การทดลองที่	% DIRT	% ASH	%VM	%N ₂	PO	%PRI
1*	-	-	-	-	39	59
2*	-	-	-	-	27.5	56
3*	-	-	-	-	18	53
4**	0.045	0.38	0.29	0.33	41.5	63
5**	0.033	0.36	0.32	0.27	43.5	52
6**	0.039	0.33	0.31	0.28	43.0	49
7**	0.046	0.36	0.31	0.21	41.5	51
8***	-	-	-	-	33.2	72
9****	0.042	-	-	-	32.9	62.6

%DIRT คือ ปริมาณสิ่งสกปรกต้องไม่เกิน 0.16 %

%ASH คือ ปริมาณเถ้าต้องไม่เกิน 0.80%

%VM คือ ปริมาณสิ่งระเหยต้องไม่เกิน 0.80%

%N₂ คือ ปริมาณไนโตรเจนต้องไม่เกิน 0.60%

PO คือ ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกต้องไม่ต่ำกว่า 30%

%PRI คือ ดัชนีความอ่อนตัวของยางต้องไม่ต่ำกว่า 40%

- คือ ไม่มีการทดสอบ

* อบแห้งแบบขั้นตอนเดียว

** อบแห้งแบบสองขั้นตอน

*** ยางดิบ

**** ยางที่อบโดยโรงงาน

เมื่อนำข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นของยางในแบบจำลองรูปทรงกลมมาเปรียบเทียบกับในแต่ช่วงอุณหภูมิ พบว่าเมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้นค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยสามารถเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นกับอุณหภูมิในรูปแบบสมการแบบต่างๆ

สมการ	R^2
$D=9 \times 10^{-7} e^{0.004T}$	0.9340
$D=6 \times 10^{-9} T + 0.0000001$	0.9297
$D=1 \times 10^{-7} T^{0.4811}$	0.9215

จากค่า R^2 จะเห็นได้ว่าสมการที่เขียนในรูปแบบ เอ็กซ์โพเนนเชียลเป็นสมการที่ใกล้เคียงกับผลการทดลองมากที่สุด

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองอบแห้งยางแท่งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสาคิตใช้งานทั้งสองรูปแบบการทดลอง สามารถสรุปได้ดังนี้

1. อุณหภูมิอบแห้งของยางในแต่ละชั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแล้วค่อย ๆ ใกล้เคียงกันในช่วงระยะเวลาที่เหลือจนเสร็จการทดลอง โดยอุณหภูมิอบแห้งสูงจะทำให้ยางในแต่ละชั้นมีค่าใกล้เคียงกันเร็วกว่าการใช้อุณหภูมิอบแห้งต่ำ
2. ความชื้นของยางจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิที่ให้ออบแห้ง ดังนี้คือ จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อใช้อุณหภูมิอบแห้งสูง และลดลงอย่างช้า ๆ เมื่อใช้อุณหภูมิอบแห้งต่ำ โดยความชื้นเริ่มต้นมีอิทธิพลน้อยมากเมื่อเทียบกับอิทธิพลของอุณหภูมิการอบแห้ง
3. เมื่อใช้อุณหภูมิอบแห้งเป็น 2 ชั้นตอนพบว่าลักษณะยางที่ได้จะมีลักษณะที่ดีกว่าการใช้อุณหภูมิอบแห้งเพียงอุณหภูมิเดียว เมื่อพิจารณาด้วยตาเปล่า
4. เมื่อนำยางไปทดสอบค่าตามมาตรฐานยางแท่ง STR 20 พบว่ายางที่อบแห้งแบบที่ 1 ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนยางที่อบแห้งแบบที่ 2 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนงานวิจัย ตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลองต่าง ๆ จนทำให้การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] พงษ์ศักดิ์ เกิดวงศ์บัณฑิต, “การเพิ่มผลผลิตยางพารา,” ว.ข่าวสมาคมยางพาราไทย, ปีที่ 10, ฉบับที่ 1, พ.ศ. 2547, หน้า 1.

- [2] B. Cousin, J.C. Benet, R. Auria, “Experimental Study of the Drying of a Thick Layer of Natural Crumb Rubber,” *Drying Technology*, Vol. 11, No. 6, 1993, pp.1401–1413.
- [3] B. Naon, G. Berthomieu, J.C. Benet, and C. Saix, “Improvement of Industrial Drying of Natural Rubber through Analysis of Heat and Mass Transfer,” *Drying Technology*, Vol. 13, No. 8&9, 1995, pp. 1807–1824.
- [4] ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช, “การวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งในวัสดุพูน I หลักการเบื้องต้นของการถ่ายเทความร้อนและมวลสารในกระบวนการอบแห้งวัสดุพูน,” วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ภาษาไทย) ,มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ปีที่ 12, ฉบับที่ 1, ม.ค. - เม.ย. 2547, หน้า 1–11.
- [5] S. Tirawanichakul and Y. Tirawanichakul, “Comparison and Selection of EMC Desorption Isotherms for Crumb Rubber,” PSU-UNS International Conference on Engineering and Environment - ICEE-2005, Novi Sad 19-21 May, 2005, Paper No. T12-1.1, pp. 1-4.
- [6] AOAC. Official Methods of Analysis, Washington, D.C., Association of Official Analytical Chemists, 17th edition, 2000.