The Journal of Applied Science **Vol. 21 No. 1 [2022]: 244287**
วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์ doi: 10.14416/j.appsci.2022.01.011
ISSN 1513-7805 Printed in Thailand ISSN 2586-9663 (Online)

Research Article

การศึกษาสมบัติและการบำบัดส้นเท้าแตกของแผ่นโฟมรองส้นเท้าจากน้ำยางธรรมชาติที่มียูเรียเป็นสารตัวเติม

Study on properties and cracked heels treatment of insole foam made from urea filled natural rubber latex

ฮาซัน ดอปอ[1]* ซีตีไซยีดะห์ สายวารี[2] สุกรี เส็มหมาด[3] และอัชมาน อาแด[4]

Hasan Daupor[1]*, Sitisaiyidah Saiwari[2], Sukree Semmard[3] and Ajaman Adair[4]

[1]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

[2]ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[3]โรงพยาบาลศูนย์ยะลา

[4]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอางและความงาม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

[1]Chemistry Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala 95000, Thailand

[2]Department of Rubber Technology and Polymer Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani campus, Pattani 94000, Thailand

[3]Yala Reginal Hospital

[4]Cosmtic Science and Beauty Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala 95000, Thailand

***E-mail**: hasan.d@yru.ac.th

Received: 18/04/2021; Revised: 31/07/2021; Accepted: 17/08/2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมฟองน้ำจากยางธรรมชาติผสมสารยูเรียเกรดเครื่องสำอางนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบแผ่นรองส้นเท้า และศึกษาสมบัติในการบำบัดอาการส้นเท้าแตกกับกลุ่มอาสาสมัครจำนวน 35 คน สำหรับสูตรและสภาวะที่ใช้ในการเตรียมฟองน้ำสำหรับแผ่นรองส้นเท้าในงานวิจัยชิ้นนี้ คือ ใช้น้ำยางคอมพาวนด์ผสมแคลเซียมคาร์บอเนต 30 phr ยูเรีย 12 phr และ DPG 1.2 phr ใช้เวลาในการตีฟองน้ำ 15 นาทีที่อุณหภูมิห้อง ให้ค่าความหนาแน่นและค่าความเค้นที่ใช้ในการกดฟองน้ำให้ยุบตัว 25% เท่ากับ 0.80±0.002 g/cm^3 และ 1.71±0.20 kPa ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่าการเติมยูเรีย ค่าความหนาแน่นจะลดลง เนื่องจากมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นมาก วิเคราะห์หาปริมาณยูเรียด้วยเทคนิค Attenuated total reflectance-Fourier transform infrared (ATR-FTIR) โดยการ

สร้างกราฟมาตรฐานของยูเรียในโหมด one peak และ one base พบว่าปริมาณยูเรียที่คงอยู่ในผลิตภัณฑ์หลังจากผ่านการใช้งานจริงกับกลุ่มอาสาสมัคร 1 สัปดาห์จนถึง 4 สัปดาห์ ปริมาณยูเรียจะค่อย ๆ ลดลง คือ 133.41±11.87, 77.23±24.86, 59.21±20.56 และ 26.07±8.99 มิลลิกรัม ตามลำดับ จากการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์โฟมรองส้นเท้ากับกลุ่มอาสาสมัครบุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุข โรงพยาบาลศูนย์ยะลา ที่มีปัญหาส้นเท้าแตกจำนวน 35 คน ผลการวิเคราะห์ทางสถิติประกอบกับภาพถ่าย พบว่าสามารถบำบัดอาการส้นเท้าแตกหลังจากการใช้ 1 สัปดาห์ และผิวบริเวณส้นเท้าแตกจะดีขึ้นเรื่อย ๆ ในสัปดาห์ถัดไปเมื่อเทียบกับกลุ่มอาสาสมัครอ้างอิงที่ใช้แผ่นโฟมที่ไม่มีสารยูเรีย โดยสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย t-test แบบ 2 กลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในด้านความพึงพอใจโดยรวมต่อผิวหนังบริเวณส้นเท้าก่อนใช้และหลังใช้ 4 สัปดาห์ พบว่าก่อนใช้และหลังใช้ 1 สัปดาห์ไม่แตกต่างกัน (t-prob=0.173) แต่หลังจากการใช้ 2, 3 และ 4 สัปดาห์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ยูเรีย, น้ำยางธรรมชาติ, โฟมยาง, แผ่นรองส้นเท้า, ส้นเท้าแตก

Abstract

This research studied preparation of natural rubber foam adding urea cosmetic grade for producing heel pads prototype and further investigation a foot care treatment with 35 volunteers. It was found that the optimum latex compound formulation consisted of $CaCO_3$ 30 phr, urea 12 phr and DPG 1.2 phr. They were blended for 15 minutes at room temperature. Density and 25% compressive stress of foam were 0.80±0.002 g/cm^3 and 1.71±0.20 kPa, respectively. Moreover, an increase of urea leaded to decreasing trends of both density and stress of the prototype products which is due mainly to a more releasing of carbon dioxide gas. The ATR-FTIR technique was used to determine the quantity of urea by generating calibration curve in one peak and one base modes. The prototype products were used by the volunteer for 1- 4 weeks. It was found that the urea contents slightly decreased from 161.30 ± 16.89 mg to 133.41±11.87, 77.23±24.86, 59.21±20.56 and 26.07±8.99 mg 1 to 4 weeks usages, respectively. The practical satisfaction tests were done with 35 volunteers who have suffered from heel broken. The statistical analysis results combined with photos was found that the cracked heels were able to be healed after having the treatment for 1 week and the skin have been better in the next week compared to that of using the controlled samples without urea. This result was confirmed by the statistical analysis, 2 type relation t-test, at a level of significance 0.05 in overall satisfaction before and after using for 4 weeks. The results found that there was no difference (t-prob=0.173) after 1 week of treatment but there were significant differences after treating for 2, 3 and 4 weeks.

Keywords: Urea, Natural rubber latex, Rubber foam, Insole, Heel cracked

บทนำ

จากการศึกษาอาการส้นเท้าแตกพบว่ามักเกิดในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย เมื่ออายุมากขึ้น อาการส้นเท้าแตกมีระดับความรุนแรงถึงขั้นอักเสบ ปวดแสบ ร้อนแดง บางรายเจ็บจนไม่สามารถเหยียบบนพื้นได้ สาเหตุของส้นเท้าแตกเกิดจากการที่ไขมันทั้งที่เป็น Skin fat และ Sebum ที่เชื่อมระหว่างเซลล์ผิวหนังหรือระหว่างเยื่อบุผิว โดยกลไกของผิวหนังที่เรียกว่า Rein's barrier เสื่อมสภาพไป เนื่องจากแรงกดหรือแรงขัดถูจากการใช้เท้ารับน้ำหนักร่างกาย ส่งผลให้ไขมันที่ทำหน้าที่กักเก็บความชุ่มชื้นแก่ผิวหนังบริเวณนี้เสื่อมสภาพไป ทำให้น้ำในผิวหนังชั้นนอกที่ปกคลุมเท้า (stratum corneum) ซึ่งเป็นหนังกำพร้าชั้นบนสุดระเหยออกไป จึงไม่สามารถรักษาความชุ่มชื้นให้แก่ผิวส้นเท้าตามธรรมชาติได้ (Kingkaew, 2009) ปัจจัยเสริมที่ทำให้ส้นเท้าแตก ได้แก่ น้ำหนักตัวที่กดทับบริเวณส้นเท้า ที่เสริมให้ผิวหนังที่แห้งอยู่แล้วปริแตก สภาพผิว อายุ รวมทั้งการสวมใส่รองเท้าที่มีขนาดไม่พอดีกับขนาดของเท้า ลักษณะของรองเท้าที่ใช้พื้นแข็งเกินไป ประกอบกับสภาพอากาศของประเทศไทยมีลักษณะร้อนชื้น จึงส่งผลให้ผิวส้นเท้าเกิดการแตกได้ง่ายยิ่งขึ้น การนำยางพารามาทำเป็นพื้นรองเท้า จะได้พื้นรองเท้าที่มีความนุ่มและยืดหยุ่น เป็นการลดปัจจัยที่จะส่งเสริมให้ส้นเท้าแตกได้ การรักษาอาการส้นเท้าแตก มีวิธีการหลายวิธี ได้แก่วิธีการตามธรรมชาติและการใช้ยารักษา ดังนี้ (Wolverton, 2012) 1) สารเพคตินจากเปลือกกล้วย 2) การใช้ยางมะละกอ 3) น้ำมันมะกอก น้ำมันงา ขี้ผึ้ง หรือ วาสลีน 4) แว๊กซ์เท้าด้วยพาราฟิน 5) น้ำมะนาวผสมดินสอพอง 6) สารส้ม เป็นต้น

นอกจากนี้ สารกลุ่ม Alfa-hydroxyl acid (AHA) ได้แก่ urea, lactic acid, salicylic acid เป็นต้น จะเป็นตัวกลางดึงความชื้นจากบรรยากาศให้ซึมเข้าสู่ผิวได้ การใช้หินขัดภูเขาไฟ ลักษณะของหินภูเขาไฟจะมีรูพรุนอยู่จำนวนมากคล้ายฟองน้ำ เนื่องจากแก๊สที่มีอยู่ในตัวหินระเหยออกไป ทำให้เกิดเป็นรูพรุนขึ้นมา รูพรุนเหล่านี้ช่วยในการขัดและดูดซับผิวหนังที่เสื่อมให้หลุดออกไปได้ดี หินขัดภูเขาไฟเป็นแร่ Pumice จัดเป็นหินแกรนิต มีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบ SiO_2 72%, Al_2O_3 14%, MgO 1%, และสารประกอบอื่น ๆ อีก 10% สารประกอบเหล่านี้ จะลดการแตกของส้นเท้าได้อีกวิธีหนึ่ง แต่วิธีการต่าง ๆ เหล่านี้ ถ้าไม่ปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง หรือใช้ในรูปของยาที่เป็นครีมทาส่วนใหญ่ที่จำหน่ายในท้องตลาด มักเจอปัญหาผู้ป่วยใช้ยาไม่ต่อเนื่อง จึงไม่เกิดผลในการรักษา ทำให้อาการส้นเท้าแตกไม่หายขาด จากสาเหตุของส้นเท้าแตกที่เกิดจากปัจจัยของวัสดุรองรองเท้า วัสดุต้องไม่แข็ง มีความยืดหยุ่น ซึ่งยางพาราเป็นวัสดุที่น่าสนใจ เนื่องจากมีความยืดหยุ่นดี (Arthit & Wiriya, 2010) อีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบที่มีในพื้นที่ และราคาค่อนข้างต่ำ เพื่อเพิ่มมูลค่าทางการเ กษตร จึงควรนำมาประยุกต์ใช้ให้กว้างขวางมากขึ้น ยางพาราจึงเป็นวัสดุที่เหมาะแก่การนำมาใช้เป็นวัสดุรองรับเท้าในรองเท้า โดยสามารถเคลือบผิวด้วยสารยูเรีย เพื่อระหว่างการสวมใส่จะทำให้ส้นเท้าที่แตกกับสารยูเรียที่ทำหน้าที่เป็นตัวยารักษาส้นเท้าแตก เสมือนกับมีการถูยาที่บริเวณส้นเท้าโดยอัตโนมัติ ยูเรียเป็นส่วนประกอบหลักของตัวยารักษาส้นเท้าแตก หรือผิวแห้งแตกลาย ส่วนใหญ่

สารรักษาส้นเท้าแตกรูปของครีม จะมียูเรียเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ 10-45 เปอร์เซ็นต์ ยูเรียจะทำหน้าที่กักเก็บความชุ่มชื้นให้แก่ผิวและช่วยเร่งทำให้เกิดการผลัดของเซลล์ผิวเก่า (Jeffrey, 1997) ส่งผลให้ร่างกายสร้างเซลล์ผิวใหม่ขึ้นมาทดแทน

ดังนั้น การใช้ยูเรียเป็นองค์ประกอบในแผ่นรองรองเท้าจึงมีความเป็นไปได้ที่อนุภาคยูเรียจะซึมเข้าไปยังผิวหนังบริเวณส้นเท้าที่มีรอยแตกในขณะสวมใส่รองเท้า จนเกิดการรักษาบาดแผลส้นเท้าแตกนั้นให้กลับมาเรียบเนียนเหมือนเดิมได้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำยูเรียเกรดที่ใช้ในเครื่องสำอางมาผสมกับน้ำยางคอมพาวนด์และขึ้นรูปเป็นฟองน้ำ สำหรับรองเฉพาะบริเวณส้นเท้า โดยมีการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของแผ่นยางคอมพาวนด์หลังขึ้นรูป และนำแผ่นรองเท้าที่ได้ไปทดลองใช้กับกลุ่มอาสาสมัครที่มีอาการส้นเท้าแตก โดยสอดเข้าไปด้านในของส้นรองเท้า และศึกษาติดตามประสิทธิภาพในการบำบัดอาการส้นเท้าแตกหลังจากสวมใส่ในระยะเวลาหนึ่ง คาดว่าผลิตภัณฑ์ลักษณะดังกล่าวนี้น่าจะเพิ่มทางเลือกและเพิ่มโอกาสในการรักษาอาการส้นเท้าแตกให้ง่ายยิ่งขึ้น

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

สูตรน้ำยางคอมพาวนด์และการเตรียมโฟม

สูตรน้ำยางคอมพาวนด์สำหรับงานวิจัยนี้ แสดงในตารางที่ 1 โดยมีวิธีการผสมและขึ้นรูป ดังนี้ นำน้ำยางคอมพาวนด์ มาปั่นให้เกิดฟอง เป็นเวลา 5 นาที เติม 10% TSPP 1.0 phr กวนเป็นเวลา 2 นาที เติม 50% Urea 12 phr กวนเป็นเวลา 2 นาที เติม 20% DPG 1.2 phr กวนเป็นเวลา 2 นาที เติม 50% ZnO 2.0 phr กวนเป็นเวลา 2 นาที เติม 20% SSF 1.2 phr กวนเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเทโฟมยางลงในแม่พิมพ์ ปล่อยให้โฟมยางเกิดการเจลสมบูรณ์แล้วนำโฟมยางไปนึ่งไอน้ำเป็นเวลา 60-90 นาที ตามด้วยนำโฟมยางออกจากแม่พิมพ์ล้างสารเคมีที่เหลือจากปฏิกิริยาออกให้สะอาด สุดท้ายนำโฟมยางอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 70 ºC จนแห้ง

ตารางที่ 1 สูตรน้ำยางคอมพาวนด์

สารเคมี	น้ำหนักยางแห้ง (phr)
60% HA natural rubber latex	100.0
20% Potassium oleate	2.0
50% Sulfur dispersion	2.5
50% ZMBT dispersion	1.0
50% ZDEC dispersion	1.0
50% Wingstay-L dispersion	1.0
50% $CaCO_3$ dispersion	30

การวิเคราะห์หาปริมาณการคงอยู่ของยูเรียในแผ่นโฟมรองส้นเท้า

ให้ตัวแทนอาสาสมัครจำนวน 5 คน สำหรับทดสอบการคงอยู่ของยูเรีย โดยการคัดเลือกตัวแทนอาสาสมัครแบบจำเพาะเจาะจง (purposive sampling) จากกลุ่มที่ทดลองใช้แผ่นโฟมที่มียูเรีย 30 คน โดยกำหนดคุณสมบัติตามช่วงน้ำหนัก ดังนี้ 1) กลุ่มที่มีอายุ 40-50 กิโลกรัม จำนวน 1 คน 2) กลุ่มที่มีอายุ 51-60 กิโลกรัม จำนวน 1 คน 3) กลุ่มที่มีอายุ 61-70 กิโลกรัม จำนวน 1 คน 4) กลุ่มที่มีอายุ 71 กิโลกรัมขึ้นไป จำนวน 2 คน โดยให้ตัวแทนอาสาสมัครสวมใส่แผ่นโฟมรองส้นเท้าจนครบ 1 สัปดาห์ จะนำแผ่นโฟมรองส้นเท้ากลับมาวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ โดยวางทั้งแผ่นบนแผ่นรองรับตัวอย่างบนเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี ทำการวัด 3 จุด ด้วยจำนวนสแกน 16 ครั้ง/นาที บนพื้นผิว จะนำแผ่นโฟมรองส้นเท้า หลังจากวิเคราะห์เสร็จสิ้น คืนแผ่นโฟมดังกล่าวให้แก่ตัวแทนอาสาสมัครนำกลับไปใช้ต่อ เพื่อจะใช้วิเคราะห์ในสัปดาห์ที่ 2 ทำเช่นนี้ จนครบ 4 สัปดาห์ ทำการวิเคราะห์ในโหมด 1 Peak ที่ตำแหน่ง 3332 cm^{-1} และ Peak method ได้แก่ 1 Base (Height) ที่ตำแหน่ง 3380 cm^{-1} อาศัยความสูงของสเปกตรัมจาก 2 ตำแหน่งนี้ คำนวณความเข้มข้นของยูเรียด้วยกราฟมาตรฐานของยูเรีย

การสร้างกราฟมาตรฐานยูเรียด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

ผสมสารมาตรฐานยูเรียกับโพแทสเซียมโบรไมด์ในอัตราส่วน 1: 5 อัดเป็นแผ่นบางหนัก 30 มิลลิกรัม ที่ความเข้มข้น 20 40 60 80 120 160 และ 200 มิลลิกรัม ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่ย่านความถี่ 4000-500 cm^{-1}

ประชากรกลุ่มตัวอย่างทดลองใช้ผลิตภัณฑ์

ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์กับกลุ่มอาสาสมัครบุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุข ในโรงพยาบาลศูนย์ยะลา จากแผนกต่าง ๆ ได้แก่ แผนกห้องคลอด แผนกห้องบัตรและคัดกรอง แผนกไอซียู แผนกฉุกเฉิน ห้องฟอกไต แผนกกายภาพบำบัด แผนก MRI และแผนกศัลยกรรมชาย รวมทั้งหมด 8 แผนกงานจำนวน 35 คน แบ่งอาสาสมัครออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกใช้แผ่นโฟมที่มียูเรียจำนวน 30 คน ที่เหลืออีก 5 คน ทดลองใช้แผ่นโฟมที่ไม่มียูเรีย

วิธีการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์

- ในขั้นแรกให้อาสาสมัครทำความสะอาดเท้าทั้ง 2 ข้างด้วยสบู่อ่อน แต่ถ้าบริเวณส้นเท้าสกปรกมากก็สามารถใช้แปรงสีฟันเก่าขัดถูเบา ๆ จนสะอาด แล้วจึงล้างด้วยน้ำสะอาด เช็ดเท้าให้แห้ง
- ทำการถ่ายภาพบริเวณส้นเท้าทั้ง 2 ข้างเอาไว้ เพื่อใช้เปรียบเทียบและประเมินผลการเปลี่ยนแปลงของส้นเท้าหลังจากใช้ผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นให้อาสาสมัครกรอกแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจต่อผิวของตนเองก่อนใช้ผลิตภัณฑ์
- สวมใส่ผลิตภัณฑ์โดยสอดไว้ใต้ส้นเท้าภายในรองเท้าหรือสอดเข้าไปในถุงเท้าและสวมใส่รองเท้าตามปกติ ดังภาพที่ 1 ตั้งแต่เช้าจนถึงเย็น สัปดาห์ละ 5 วัน ใช้เดินไปมาตามปกติของการใช้ชีวิตประจำวัน หลังเลิกงานสามารถถอดออกได้

- หลังจากใช้งานผลิตภัณฑ์ในแต่ละวันสามารถดึงออกมาผึ่งให้อากาศถ่ายเทได้
  หลังจากใช้ผลิตภัณฑ์ครบ 1 สัปดาห์ จะถ่ายรูปเพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของผิวหนังบริเวณส้นเท้า และประเมินความพึงพอใจต่อผลการบำบัดโดยให้อาสาสมัครกรอกแบบสอบถามด้วยตนเอง โดยมีระดับคะแนนดังนี้ 1.00 – 1.50 หมายถึง น้อยที่สุด 1.51 – 2.50 หมายถึง น้อย 2.51 – 3.50 หมายถึง ปานกลาง 3.51 – 4.50 หมายถึง มาก และ 4.15 – 5.00 หมายถึง มากที่สุด
- หลังจากใช้ผลิตภัณฑ์ครบ 2 3 4 และ 5 สัปดาห์ จะทำการเก็บภาพและแบบสอบถามเหมือนข้างต้น
- เก็บรวบรวมข้อมูลทั้งภาพถ่ายและแบบประเมิน เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS

รูปที่ 1 วิธีการสวมใส่ผลิตภัณฑ์แผ่นโฟมรองส้นเท้า

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ภาพถ่ายก่อนและหลังการใช้ผลิตภัณฑ์ ที่บันทึกภาพด้วยกล้อง แล้วนำมาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของผิวหนังก่อนและหลังใช้ผลิตภัณฑ์
- แบบประเมินความพึงพอใจของอาสาสมัคร ทั้งก่อนและหลังการใช้ผลิตภัณฑ์ โดยแต่ละคนจะได้ประเมินความพึงพอใจต่อผลการรักษาคนละ 5 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ประเมินก่อนใช้ผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 2 3 4 และ 5 ประเมินหลังจากเริ่มใช้ผลิตภัณฑ์แล้วในสัปดาห์ที่ 2 3 4 และสัปดาห์ที่ 5 ในระยะเวลา 1 เดือน หลังจากนั้นผู้วิจัยจะนำแบบประเมินมาวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งแบบประเมินประกอบด้วย 4 ส่วน คือ 1) เป็นข้อมูลส่วนตัวทั่วไป ประวัติการแพ้ยาและสารเคมีต่าง ๆ 2) เป็นแบบประเมินความพึงพอใจต่อผลการรักษา 3) เป็นแบบประเมินระดับความรุนแรงของส้นเท้าแตก โดยใช้ Rating scale ที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้เป็นเครื่องมือในการวัดค่าคะแนนการเปลี่ยนแปลง โดยระดับความรุนแรงของส้นเท้าแตก ดัดแปลงจาก Classification of striae based on clinical appearance (Adatto & Deprez, 2003) และวิธีประเมินทางผิวหนัง (Pornnida, 2008) ซึ่งเป็นความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อวิธีการใช้และผลิตภัณฑ์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

- ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลเชิงบรรยาย ในส่วนที่ 1 ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) โดยใช้การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย
- การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความพึงพอใจต่อผลการรักษาด้วยด้วยวิธีการเดียวกัน (เท้าข้างเดียวกัน) ใช้สถิติ Pair sample T-test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สูตรที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นโฟมรองส้นเท้า

สูตรที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นโฟมรองส้นเท้าจากน้ำยางคอมพาวนด์ที่มียูเรียเป็นสารตัวเติม คือ การใช้ยูเรียปริมาณ 12 phr กับแคลเซียมคาร์บอเนต 30 phr และส่วนผสมอื่น ๆ ดังตารางที่ 1 ข้างต้น จะได้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แผ่นโฟมรองส้นเท้า ดังภาพที่ 2

(ก) (ข)

รูปที่ 2 ตัวอย่างแผ่นโฟมรองส้นเท้า (ก) แผ่นโฟมรองส้นเท้าบรรจุถุงเพื่อแจกให้อาสาสมัครทดลองใช้ (ข)

ความหนาแน่นของโฟม

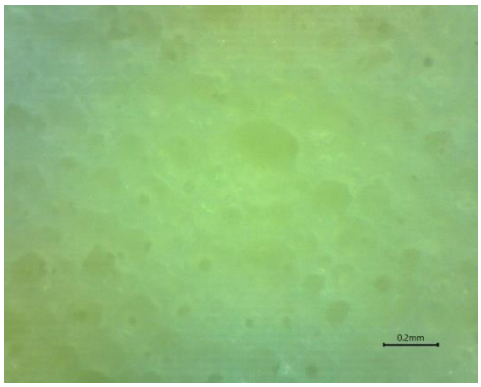
จากผลการทดสอบความหนาแน่นของโฟมที่ไม่เติมยูเรียและเติมยูเรีย 12 phr มาตรฐาน ASTM D3574-95 พบว่ามีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.10±0.001 และ 0.08±0.002 g/cm^3 ตามลำดับ ความหนาแน่นลดลงตามปริมาณการเพิ่มของยูเรีย ทำให้โฟมมีความยืดหยุ่นและความหนาแน่นลดลงกว่าโฟมที่ไม่มียูเรีย อัตราเร็วในการปั่นให้เกิดฟองใช้อัตราเร็วคงที่ตลอด เพื่อควบคุมฟองน้ำให้มีความหนาแน่นพอดี แต่ถ้าปั่นโดยใช้ระดับความเร็วรอบที่สูงกับเวลาที่นาน จะทำให้ฟองยางมีความหนาแน่นต่ำ ในขณะที่การตีฟองด้วยความเร็วรอบต่ำ ๆ กับเวลาที่นานขึ้น จะทำให้ฟองยางมีความหนาแน่นสูงขึ้นได้

ความเค้นที่ใช้ในการกดฟองน้ำให้ยุบตัว 25%

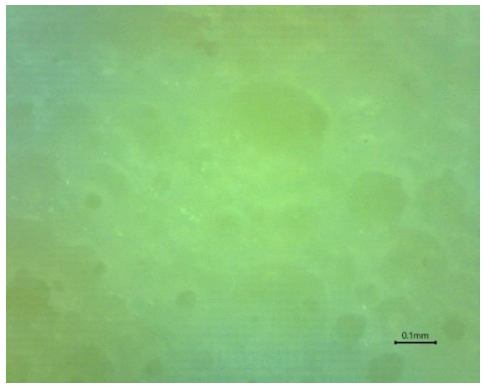
จากผลการทดสอบความสามารถในการรับแรงของฟองน้ำให้ยุบตัว 25% ตามมาตรฐาน มอก. 173-2529 พบว่าโฟมที่ไม่มียูเรียและมียูเรีย 12 phr มีค่าความเค้นเท่ากับ 1.70±0.16 และ 1.71±0.20 KPa แสดงให้เห็นว่าโฟมที่มียูเรียจะมีการยุบตัวที่ไกล้เคียงกับโฟมที่ไม่มียูเรีย เนื่องจากหมู่เอมีนในโครงสร้างของยูเรียทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการที่ 1 และคาร์บอนไดออกไซด์สามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนตเกิดเป็นแคลเซียมไบคาร์บอเนต ซึ่งสามารถให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อีกเช่นกัน ดังสมการที่ 2 (Patnaik, 2002) จึงทำให้เซลล์โฟมมีรูพรุนเกิดขึ้นจำนวนมาก เป็นลักษณะของโฟมแบบ open-cell ดังภาพที่ 3ก-ข ส่วนโฟมที่ไม่มียูเรียเซลล์จะมีรูพรุนอยู่บางบริเวณ แต่ส่วนใหญ่จะไม่มีรูพรุน จึงจัดเป็นโฟมแบบ semi-open cell ดังภาพที่ 3ค-ง

$$CO(NH_2)_2 + H_2O \longrightarrow H_2NCOONH_4 \longrightarrow 2NH_3 + CO_2 \quad (1)$$

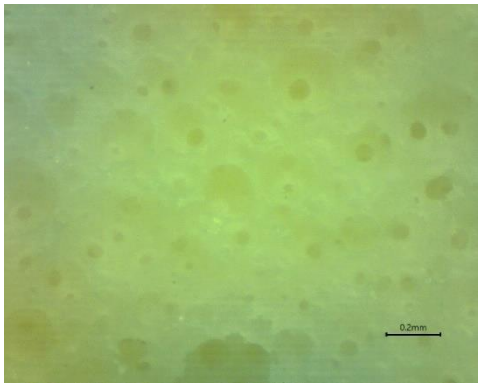
$$Ca(HCO_3)_{2\,(aq)} \longrightarrow CO_{2\,(g)} + H_2O_{\,(l)} + CaCO_{3\,(s)} \quad (2)$$



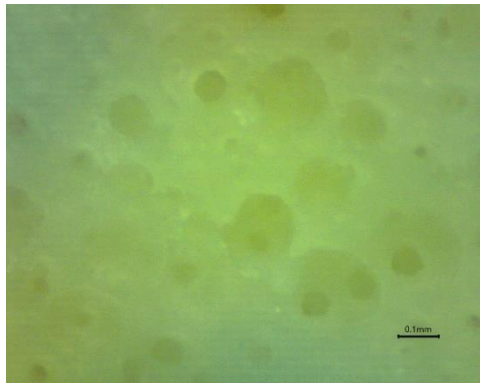
(ก)



(ข)



(ค)

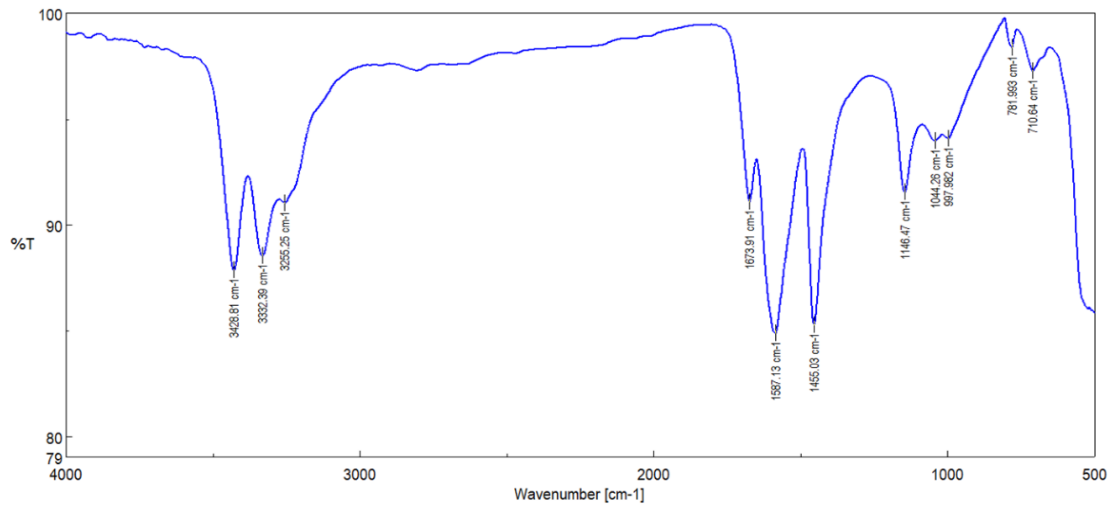


(ง)

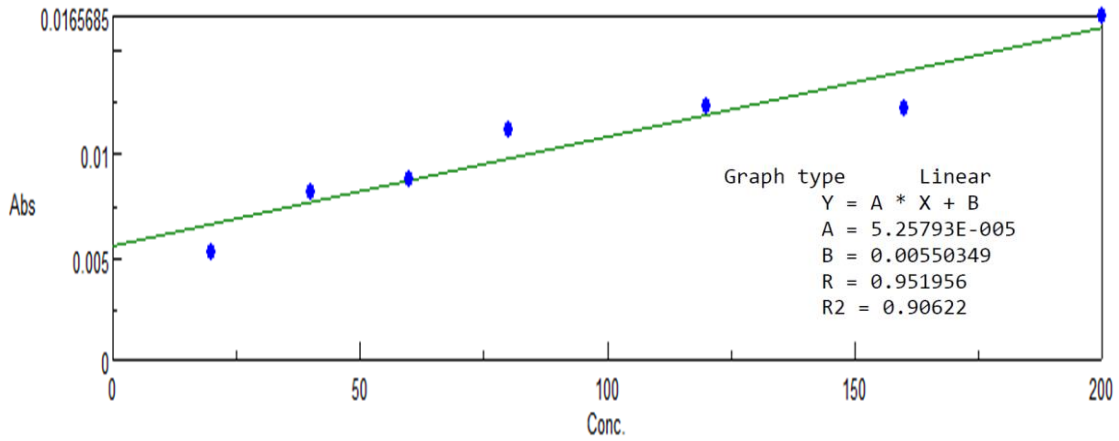
รูปที่ 3 ภาพถ่ายลักษณะพื้นผิวโฟมด้วยกล้องจุลทรรศน์ Stereo (ก) โฟมที่ไม่มียูเรียกำลังขยาย 20 เท่า (ข) โฟมที่ไม่มียูเรียกำลังขยาย 30 เท่า (ก) โฟมที่มียูเรียกำลังขยาย 20 เท่า (ข) โฟมที่มียูเรียกำลังขยาย 30 เท่า

สเปกตรัมการดูดกลืนอินฟราเรดและกราฟมาตรฐานของสารยูเรีย

สารมาตรฐานยูเรียจะปรากฏสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของหมู่ฟังก์ชันเอมีน (-NH_2-) ที่เด่นชัดที่ตำแหน่ง 3428 และ 3332 cm^{-1} ดังภาพที่ 4ก เป็นการสั่นแบบ out-of-plane stretching และ in-plane stretching ตามลำดับ (Grdadolnika and Marechalb, 2002) เมื่อทำการยืนยันการบลูมและการคงอยู่ของสารยูเรียในผลิตภัณฑ์พบว่า สารยูเรียหลังจากบลูมออกมาจากผลิตภัณฑ์และที่ยังคงอยู่ในผลิตภัณฑ์ ตำแหน่งการดูดกลืนแสงของสารยูเรียไม่ปรากฏที่ตำแหน่ง 3444 cm^{-1} แต่ที่ตำแหน่ง 3332 cm^{-1} จะเด่นชัดขึ้น คาดว่าเป็นอันตรกิริยาของหมู่คาร์บอนิลในสารยูเรียไปเกิดพันธะไฮโดรเจนกับองค์ประกอบอื่นในแผ่นโฟมยางพาราหรือเกิดพันธะไฮโดรเจนกับความชื้น (Jeffrey, 1997) ดังนั้น ในการสร้างกราฟมาตรฐานยูเรียและการวิเคราะห์ปริมาณสารยูเรีย จึงเลือกความยาวคลื่นที่ตำแหน่ง 3332 cm^{-1} และมีความเข้มข้นของยูเรียตั้งแต่ 20, 40, 60, 80, 120, 160 และ 200 มิลลิกรัม ได้สมการเส้นตรงเป็น $y = 0.0000549x + 0.00453$ โดยมีค่าความเป็นเชิงเส้น (R^2) เท่ากับ 0.9062 ดังภาพที่ 3ข จะใช้กราฟมาตรฐานนี้สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณยูเรียในสารตัวอย่างอื่น ๆ ต่อไป



(ก)

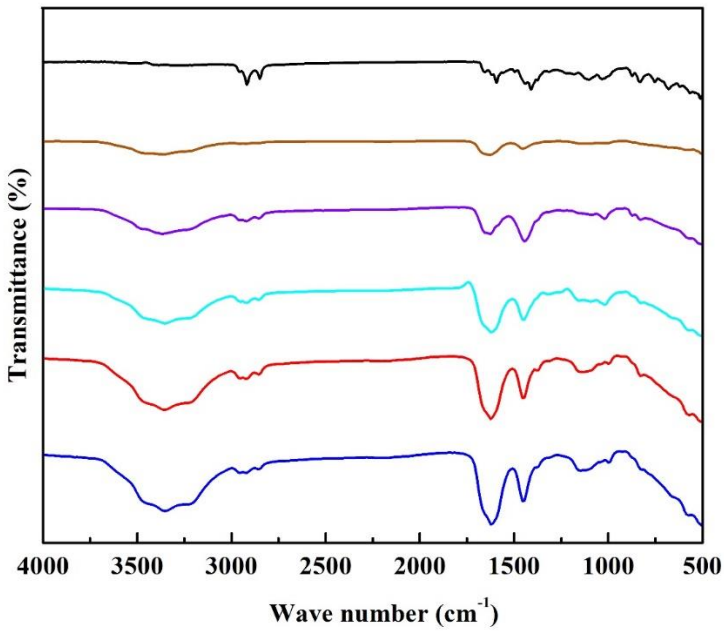


(ข)

รูปที่ 4 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของสารมาตรฐานยูเรีย (ก) และกราฟมาตรฐานของสารยูเรียที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (ข)

ปริมาณการคงอยู่ของยูเรียในผลิตภัณฑ์ (Shelf life)

ผลิตภัณฑ์แผ่นโฟมรองส้นเท้าเมื่อผ่านการใช้งาน สารยูเรียที่ค่อย ๆ บลูมออกมา จะทำให้ปริมาณสารยูเรียปริมาณ 161.3038 มิลลิกรัม (กำหนดให้เทียบเท่า 12 phr หรือเทียบเท่า 100 เปอร์เซ็นต์) ที่คงอยู่ในผลิตภัณฑ์ค่อย ๆ ลดลง หลังจากการใช้งานผ่านไปสัปดาห์แรก เมื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณยูเรียพบว่ายังคงมีสารยูเรียอยู่ประมาณ 82.71 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีการใช้งานไปเป็นเวลา 2 3 และ 4 สัปดาห์ พบว่าปริมาณของสารยูเรียคงเหลือในผลิตภัณฑ์ประมาณ 47.88 39.71 และ 16.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 2 ที่ความเข้มของสเปกตรัมอินฟราเรดค่อย ๆ ลดลง ดังภาพที่ 5 ขณะเดียวกันหลังจากผ่านการใช้งาน 4 สัปดาห์ แผ่นโฟมมีร้อยละของการหดตัวเฉลี่ยเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สามารถใช้งานต่อได้ แต่ปริมาณยูเรียคงเหลือจะน้อยลง



รูปที่ 5 ตัวอย่างสเปกตรัมอินฟราเรดของสารยูเรียที่คงอยู่ในแผ่นรองส้นเท้า

หมายเหตุ โดยสเปกตรัมสีดำ (–) คือ แผ่นโฟมที่ไม่เติมยูเรีย สเปกตรัมสีน้ำเงิน (-) ก่อนใช้ผลิตภัณฑ์ สเปกตรัมสีแดง (–) คือยูเรียที่ตรวจพบหลังใช้ 1 สัปดาห์ สเปกตรัมสีฟ้า (–) คือ 2 สัปดาห์ สเปกตรัมสีม่วง (–) คือ 3 สัปดาห์ และสเปกตรัมสีน้ำตาล (–) คือ 4 สัปดาห์

ตารางที่ 2 ปริมาณการคงอยู่ของยูเรียในผลิตภัณฑ์แผ่นโฟมรองส้นเท้า

สารตัวอย่าง	ปริมาณยูเรียคงเหลือที่วัดได้ (mg)	ปริมาณยูเรียคงเหลือเทียบเท่า (%)
ก่อนใช้ผลิตภัณฑ์	161.30 ± 16.89	100
หลังใช้ 1 สัปดาห์	133.41 ± 11.87	82.71
หลังใช้ 2 สัปดาห์	77.23 ± 24.86	47.88
หลังใช้ 3 สัปดาห์	59.21 ± 20.56	39.71
หลังใช้ 4 สัปดาห์	26.07 ± 8.99	16.16

ผลการเปรียบเทียบความพึงพอใจระหว่างกลุ่มอ้างอิงกับกลุ่มทดสอบในการใช้แผ่นโฟมรองส้นเท้า

ตารางที่ 3 แสดงผลการศึกษาเปรียบเทียบความพึงพอใจระหว่างกลุ่มอ้างอิงกับกลุ่มทดสอบในการใช้แผ่นโฟมรองส้นเท้า พบว่าความพึงพอใจโดยรวมและความพึงพอใจต่อการเปลี่ยนแปลงความชุ่มชื้นนุ่มนวลของผิวหนังส้นเท้าระหว่างกลุ่มทดสอบกับกลุ่มอ้างอิง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 โดยพึงพอใจมากที่สุดในช่วงสัปดาห์ที่ 3 สำหรับความพึงพอใจโดยรวม (0.011*) และสัปดาห์ที่ 4 สำหรับการเปลี่ยนแปลงความชุ่มชื้นนุ่มนวลของผิวหนังส้นเท้า (0.037*) และกลุ่มทดสอบมีแนวโน้มความพึงพอใจทั้งสองด้านเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์จนถึงสัปดาห์ที่ 4 ความพึงพอใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพความลึกร่องรอยแตกส้นเท้า สภาพความเรียบเนียนของส้นเท้า สภาพความยืดหยุ่นของผิวหนังส้นเท้า ระหว่างกลุ่มทดสอบกับกลุ่มอ้างอิง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันมากที่สุดในช่วงสัปดาห์ที่ 2 และมีแนวโน้มความพึงพอใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพความยืดหยุ่นของผิวหนังส้นเท้าเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์จนถึงสัปดาห์ที่ 4 ส่วนความพึงพอใจต่อระดับความรุนแรงของส้นเท้าแตก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดสอบกับกลุ่มอ้างอิงและความพึงพอใจต่อการเปลี่ยนแปลงในแต่ละสัปดาห์ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและการทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มอ้างอิงกับกลุ่มทดสอบในการใช้แผ่นโฟมรองส้นเท้า

ลำดับ	หัวข้อ	ค่าเฉลี่ยก่อนใช้	ค่าเฉลี่ยหลังใช้			t-value	t-prob
			สัปดาห์	กลุ่มอ้างอิง	กลุ่มทดสอบ		
1	ความพึงพอใจโดยรวมต่อผิวหนังบริเวณส้นเท้า	2.3143	1	2.200	2.6000	-1.756	0.106
			2	2.200	2.6286	-2.520	0.031*
			3	2.200	2.8571	-3.026	0.011*
			4	2.800	3.4000	-0.975	0.373
2	สภาพความลึกของร่องรอยแตก	3.2571	1	2.000	2.3714	-0.487	0.644
			2	2.000	2.6286	-2.514	0.080
			3	2.400	2.7714	-1.604	0.148
			4	3.000	3.2571	-0.165	0.875
3	ความเรียบเนียนของส้นเท้า	3.0857	1	1.800	2.4286	-1.416	0.205
			2	2.000	2.5429	-2.127	0.081
			3	2.600	2.8857	-1.127	0.291
			4	3.000	3.2571	-0.628	0.556

4	ความยืดหยุ่นของผิวหนังส้นเท้า	2.4571	1	2.000	2.4857	-1.390	0.209
			2	2.000	2.6286	-2.054	0.083
			3	2.600	2.8000	-0.809	0.443
			4	2.600	3.0857	-1.842	0.097
5	ความชุ่มชื้นนุ่มนวลของผิวหนังส้นเท้า	2.6857	1	2.000	2.4857	-1.523	0.169
			2	2.200	2.6000	-2.054	0.065
			3	3.000	3.0000	-0.360	0.722
			4	3.000	3.3429	-2.183	0.037*
6	ระดับความรุนแรงของส้นเท้าแตก	3.9143	1	3.8286	3.900	0.627	0.549
			2	3.8000	4.000	0.475	0.652
			3	3.8000	4.200	1.068	0.330
			4	3.4857	4.200	0.081	0.938

หมายเหตุ

- เครื่องหมาย * หมายถึง ความพึงพอใจที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ระหว่างกลุ่มทดสอบกับกลุ่มอ้างอิง

- ระดับคะแนนความพึงพอใจ กำหนดช่วงคะแนนดังนี้ 1.00 – 1.50 หมายถึง น้อยที่สุด 1.51 – 2.50 หมายถึง น้อย 2.51 – 3.50 หมายถึง ปานกลาง 3.51 – 4.50 หมายถึง มาก และ 4.15 – 5.00 หมายถึง มากที่สุด

ผลจากการสัมภาษณ์และการสังเกต

จากการที่ได้พูดคุยระหว่างลงพื้นที่เก็บข้อมูลจากอาสาสมัครบางราย เช่น รหัส 035 ที่มีความรุนแรงในระดับที่ 4 (คือ ระดับที่เห็นเป็นรอยแตกชัดเจน แต่ยังไม่มีเลือดออก) ที่ได้ใช้ผลิตภัณฑ์แผ่นโฟมเป็นประจำ พบว่าเกิดการผลัดเซลล์ผิวภายใน 1 สัปดาห์ จะสังเกตเห็นเป็นขุยขาว ๆ หลุดออกมาอย่างชัดเจน จนกระทั่งสัปดาห์ที่ 4 รอยแตกตื้นขึ้นกว่าเดิมมาก ผิวเรียบเนียนขึ้น และค่อย ๆ ดีขึ้นเป็นลำดับ ดังภาพที่ 6 ก-ค และในอาสาสมัครรหัส 028 มีความรุนแรงระดับที่ 4 เช่นกัน ก่อนใช้ผลิตภัณฑ์ผิวบริเวณส้นเท้าเห็นเป็นรอยแตกชัดเจนและแห้งกร้าน หลังจากทดลองใช้ไปเพียง 1 สัปดาห์ ผิวส่วนที่แห้งกร้านจะหลุดลอกออกไป และค่อย ๆ ดีขึ้นเป็นลำดับในสัปดาห์ถัดไป ดังภาพที่ 6 ง-ฉ เมื่อได้เปรียบเทียบกับอาสาสมัครรหัส 014 ที่มีความรุนแรงในระดับ 4 เช่นกัน เป็นอาสาสมัครกลุ่มอ้างอิง ที่ได้ทดลองใช้แผ่นโฟมรองส้นเท้าสูตรที่ไม่มีสารยูเรีย ระยะเวลา 4 สัปดาห์เท่ากัน พบว่าไม่มีหลุดลอกของผิวที่แตก จึงไม่ทำให้ผิวเรียบเนียนขึ้นแต่อย่างใด โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ต่อส้นเท้าแตกในการทดลองใช้แผ่นโฟมที่ไม่มีสารยูเรีย

(ก)

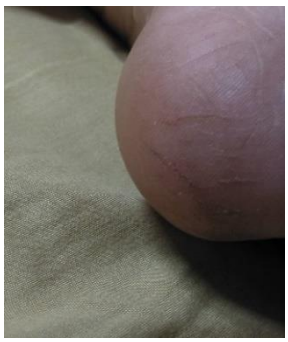
(ข)

(ค)

(ง)

(จ)

(ฉ)



(ช)

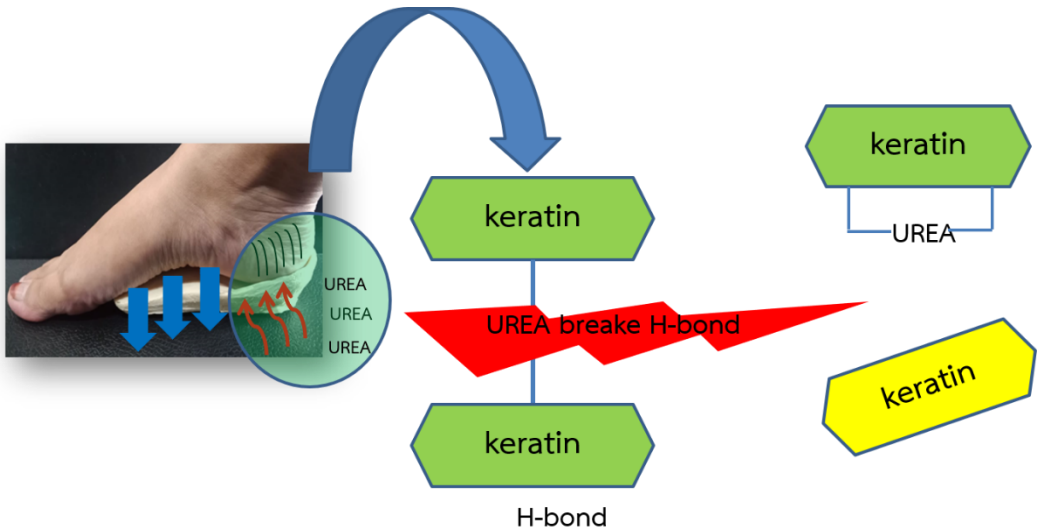
(ซ)

(ฌ)

รูปที่ 6 ภาพก่อนใช้ หลังใช้ 1 สัปดาห์และหลังใช้ 4 สัปดาห์ ของอาสาสมัครรหัส 035 (ก-ค) อาสาสมัครรหัส 028 (ง-ฉ) และอาสาสมัคร 014 (ช-ฌ)

กระบวนการทำงานของสารยูเรียที่บลูมออกมาสู่ผิวหนัง

ขณะที่มีการสวมใส่ จะมีการลงน้ำหนักกดทับแผ่นโฟมรองส้นเท้า จะทำให้ยูเรียที่อยู่ภายในแผ่นโฟมที่มีรูพรุนซึมออกมาและเข้าเข้าสู่ผิวหนังผ่านรอยแตกของส้นเท้า ยูเรียจะเข้าไปทำลายพันธะไฮโดรเจนที่ยึดเหนี่ยวแต่ละแผ่นของโปรตีนเคราติน ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของหนังกำพร้า ที่กำลังเสื่อมสภาพ เมื่อยูเรียไปทำลายพันธะไฮโดรเจนให้หลุดไป และยูเรียกลับไปสร้างพันธะไฮโดรเจนเสียเอง ในแผ่นโปรตีนเคราตินอันเดียวกัน ไม่ได้สร้างพันธะระหว่างแผ่นเคราตินแผ่นอื่น ๆ ทำให้แผ่นเคราตินหลุดออก หรือเกิดการลอกของผิวนั่นเอง (ดัดแปลงจาก Wolverton, 2012; Rossky, 2008; Bennion & Daggett, 2003) ด้วยกลไกทางธรรมชาติของร่างกายมนุษย์จะสร้างผิวใหม่ที่เรียบเนียนกว่าขึ้นมาทดแทน ดังภาพที่ 7



รูปที่ 7 กระบวนการบลูมออกของยูเรียและการกระตุ้นการผลัดเซลล์ผิวด้วยยูเรีย

สรุปผลการทดลอง

แผ่นโฟมรองส้นเท้าที่เตรียมด้วยสูตรดังกล่าวนี้ มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.08 g/cm^3 จะลดลงเมื่อเติมยูเรีย 12 phr เนื่องจากมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นเมื่อเติมยูเรีย ส่วนความเค้นในการกดฟองน้ำให้ยุบตัว 25 % เท่ากับ 1.71±0.20 kPa พบว่ามีค่าการยุบตัวใกล้เคียงกับโฟมที่ไม่เติมยูเรีย แต่สภาพของโฟมที่มีค่าความหนาแน่น 0.08 g/cm^3 และความเค้นในการกดฟองน้ำเท่ากับ 1.70 kPa จะทำให้ยูเรียบลูมออกมาได้ดี จนสามารถรักษาส้นเท้าแตกได้ อีกทั้งแผ่นโฟมยังคงรูปเดิมยังสามารถได้งานได้ปกติหลังจากผ่านการใช้งานแล้ว 4 สัปดาห์ ปริมาณของตัวยายูเรียจากการวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยเครื่อง ATR-FTIR ยูเรียจะยังคงอยู่ในผลิตภัณฑ์หลังจากผ่านการทดลองใช้จริงสวมใส่ในรองเท้าโดยอาสาสมัครเป็นระยะเวลา 1 เดือน ถึงแม้ว่าปริมาณจะค่อย ๆ ลดน้อยลงก็ตาม สอดคล้องกับปริมาณยูเรียที่ตรวจพบในกระดาษชั่งสารที่บลูมออกมาจากชิ้นทดสอบ การบลูมออกมาจากชิ้นทดสอบหรือ

ผลิตภัณฑ์แผ่นโฟมรองส้นเท้า เป็นการจำลองที่จะแสดงให้เห็นว่ายูเรียสามารถซึมเข้าสู่รอยแตกของส้นเท้าได้ ผลการทดลองใช้กับอาสาสมัครที่มีปัญหาส้นเท้าแตกจำนวน 35 คน หลังจากได้ทดลองใช้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ส้นเท้าที่แตกมีการเปลี่ยนแปลง ผิวที่แตกเป็นรอยเกิดการผลัดของเซลล์ผิวออกมาเป็นขุยขาว ๆ เนื่องจากยูเรียที่สัมผัสกับรอยแตกเข้าไปเร่งให้เกิดการผลัดเซลล์ผิวโดยการทำให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างแผ่นเคราตินหลุดออกจากกัน รอยแตกจึงตื้นขึ้น หลังจากสัปดาห์ที่ 2-4 ผิวเรียบและนุ่มกว่าเดิม ไม่แห้งกร้าน มีความชุ่มชื้น แสดงว่าสามารถบำบัดอาการส้นเท้าแตกได้ ถึงแม้ว่าตัวยายูเรียที่คงอยู่ในผลิตภัณฑ์จะน้อยลงในสัปดาห์ที่ 4 แต่ผิวที่แตกเกิดการผลัดเซลล์ผิวแล้วในสัปดาห์ที่ 1 ดังนั้น คาดว่าไม่มีความจำเป็นที่ผลิตภัณฑ์แผ่นโฟมรองส้นเท้าจะต้องมีตัวยายูเรียอยู่อีก เพราะยูเรียไปเร่งให้เกิดการผลัดของเซลล์ผิวและให้ความชุ่มชื้นแล้ว หลังจากนี้คงเป็นกระบวนการทำงานของผิวหนังตามธรรมชาติของแต่ละคนที่จะสร้างผิวหนังใหม่ที่เรียบเนียนกว่าขึ้นมาทดแทน แผ่นโฟมรองส้นเท้าที่ตัวยายูเรียมีปริมาณน้อยลงหรืออาจจะหมดไป เปรียบเสมือนพื้นรองเท้าที่มีความนุ่มที่สามารถป้องกันปัจจัยที่อาจจะทำให้ส้นเท้ากลับมาแตกซ้ำได้อีก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) กลุ่มมุ่งเป้ายางพารา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 ที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Adatto, M. A., & Deprez, P. (2003). Striae treated by a novel combination treatment-sand abrasion and a patent mixture containing 15% trichloroacetic acid followed by 6-24 hrs. of a patent cream under plastic occlusion. *Journal of Cosmetic Dermatology, 2*(2), 61–67. https://doi.org/10.1111/j.1473-2130.2004.00023.x

Arthit, S. & Wiriya, T. (2010). *Materials development and design of heel cushion for reducing plantar heel pressure* (M.Eng. thesis) Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkla. (in Thai)

Bennion, B. J. & Daggett, V. (2003). The molecular basis for the chemical denaturation of proteins by urea. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United State of America*, *100*(9)**,** 5142-5147. https://doi.org/10.1073/pnas.0930122100

Grdadolnika, J. & Marechalb, Y. (2002). Urea and urea-water solutions-an infrared study. *Journal of Molecular Structure, 615,* 177-189. https://doi.org/10.1016/S0022-2860(02)00214-4

Jeffrey, G.A. (1997). *An introduction to hydrogen bonding (Topics in physical chemistry)*. New York, United States of America: Oxford University Press.

Kingkaew, H. (2009). *Development of heel's crack pad for commercial purpose* (M.Sc. thesis) Graduate School of Chulalongkorn University, Chulalongkorn University, Bangkok. (in Thai)

Patnaik, P. (2002). *Handbook of Inorganic Chemicals*. New York, United States of America: McGraw-Hill.

Pornnida, S. (2008). *Study the increasing effect on heels cracked therapy by papaya latex, case study of customers at Aree Drug Store, Khon Kaen Province* (M.Sc. thesis). Faculty of Pharmaceutical Sciences, Khon Kaen University, Bangkok. (in Thai)

Rossky, P. J. (2008). Protein denaturation by urea: slash and bond. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United State of America, 105*(44), 16825-16826. https://doi.org/10.1073/pnas.0809224105

Wolverton, S. E. (2012). *Comprehensive Dermatologic Drug Therapy*. China: Elsevier.

Yamsri, C. Pensri, P. Janwattanakul, P. Boonyong, S. Romsai, W. & Rattanapongbundit, N. (2013). *Effect of kinesio taping combined with stretching on heel pain and foot functional ability in persons with plantar fasciitis: a preliminary study*. *Chulalongkorn Medical Journal, 57*(1): 61-78. (in Thai)