ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246496

รายงานการวิจัย

เรื่อง

ชื่อโครงการวิจัย แผ่นพยุงที่ผลิตจากส่วนผสมผงถ่านแมคคาสำหรับผู้ที่มีปัญหาเอ็นข้อศอกอักเสบ

Supporter Derived from Macca charcoal for Tennis Elbow

โดย

รศ.จิตต์ลัดดา ศักดาภิพาณิชย์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

หมายเลขโทรศัพท์ 02-8893116 โทรสาร 02-8893116

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทโครงการสนับสนุนการวิจัยขยายผลสู่การปฏิบัติและพัฒนาต่อยอดงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์

จาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

ประจำปีงบประมาณ 2554

b00254557

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246496

รายงานการวิจัย

เรื่อง

ชื่อโครงการวิจัย แผ่นพยุงที่ผลิตจากส่วนผสมผงถ่านแมคคาสำหรับผู้ที่มีปัญหาเอ็นข้อศอกอักเสบ

Supporter Derived from Macca charcoal for Tennis Elbow

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

โดย

รศ.จิตต์ลัดดา ศักดาภิพาณิชย์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

หมายเลขโทรศัพท์ 02-8893116 โทรสาร 02-8893116

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทโครงการสนับสนุนการวิจัยขยายผลสู่การปฏิบัติและพัฒนาต่อยอดงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์

จาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

ประจำปีงบประมาณ 2554

แบบ วช. 5 ก

รายงานการวิจัย

แผ่นพยุงที่ผลิตจากส่วนผสมผงถ่านแมคคาสำหรับผู้ที่มีปัญหาเอ็นข้อศอกอักเสบ

Supporter Derived from Macca charcoal for Tennis Elbow

รศ. ดร. จิตต์ลัดดา ศักดาภิพาณิชย์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภททุนโครงการสนับสนุนการวิจัยขยายผลสู่การปฏิบัติและพัฒนาต่อยอดงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์

กิตติกรรมประกาศ

ในการได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภททุนโครงการสนับสนุนการวิจัยขยายผลสู่การปฏิบัติและพัฒนาต่อยอดงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์ ปีงบประมาณ 2554 จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

ขอขอบคุณบริษัทไทยพาฝันที่ตัดเย็บตัวอย่างสนับรัดข้อศอกให้อาสาสมัครทดลองในโครงการนี้

ขอขอบคุณ ผศ.วรรธนะ ชลายนเดชะ และทีมงานของคณะกายภาพบำบัดและวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวประยุกต์ มหาวิทยาลัยมหิดลที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสุขภาพทั่วไป รวมถึงอาการปวดข้อศอกในอาสาสมัคร

คณะผู้วิจัย

บทคัดย่อภาษาไทย

246496

สืบเนื่องจากที่ได้ทำงานวิจัยให้กับโครงการพัฒนาดอยตุงในพระราชดำริของสมเด็จย่าในปี พ.ศ. 2549 ในหัวข้อ "การพัฒนาขยะจากกระบวนการผลิตถั่วแมคคาเดเมียเพื่อให้เกิดมูลค่าทางเศรษฐกิจ" ซึ่งสามารถเปลี่ยนขยะดังกล่าวไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ โดยจากข้อมูลพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์พบว่าถ่านแมคคาที่ได้สามารถแผ่คลื่นความร้อนในช่วงอินฟราเรดแบบไกลได้ ซึ่งทางคณะวิจัยได้ตั้งสมมติฐานว่าความร้อนในช่วงความยาวคลื่นดังกล่าวนี้น่าจะถูกนำมาใช้ประโยชน์กับอาการของโรคบางโรคได้ โดยเฉพาะการบรรเทาอาการการปวด สำหรับโรคปวดข้อศอกแบบเทนนิสก็นับเป็นอาการของโรคชนิดหนึ่งที่น่าจะเข้าข่ายการถูกนำไปประยุกต์ใช้ได้ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้

ในการวิจัยนี้ได้เริ่มต้นจากนำถ่านแมคคาเดเมียที่เผาแล้ว มาทำการบดให้มีขนาดเล็กลงและร่อนผงถ่านแมคคาผ่านเครื่องร่อน โดยคัดเฉพาะผงถ่านแมคคาขนาดเล็กมาขึ้นรูปกับโฟมพอลียูรีเทน ที่ความหนาประมาณ 25 มิลลิเมตร เมื่อนำมาทดสอบเรื่องการเพิ่มของอุณหภูมิด้วยเครื่อง IR50i Thermometer หลังจากฉายแสงจากหลอดไฟฮาโลเจนที่มีกำลัง 500 W เป็นเวลา 10 นาที พบว่าอุณหภูมิของโฟมพอลียูรีเทนผสมผงถ่านแมคคาจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณผงถ่านแมคคาในโฟม โดยที่ความเข้มข้นของผงถ่านเป็น 5 % w/w มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยต่อไป เนื่องจากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นพอเหมาะ จึงนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมสนับรัดข้อศอก แล้วทำการทดสอบเรื่องการเพิ่มของอุณหภูมิอีกครั้ง ปรากฏว่าสนับข้อศอกปกติมีอุณหภูมิต่ำกว่าสนับข้อศอกที่มีถ่านแมคคาถึง 5.30°C และเมื่อทดลองสวมสนับรัดข้อศอกปกติและสนับรัดข้อศอกที่ผสมผงถ่านแมคคากับคนที่สวมใส่ก็พบว่ามีอุณหภูมิที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยสนับรัดข้อศอกที่ผสมผงถ่านแมคคาให้อุณหภูมิสูงกว่า 1.37°C แสดงว่าสนับรัดข้อศอกที่ผสมผงถ่านแมคคามีความสามารถในการแผ่ความร้อนออกมาได้ดี

เมื่อทดสอบการดูดกลิ่นของผงถ่านแมคคากับหางน้ำยางในหลอดแก้ว Headspace และให้ความร้อนในตู้อบที่อุณหภูมิ 70°C นาน 3 ชั่วโมง แล้วอบทิ้งไว้นาน 16 ชั่วโมงเพื่อให้สารที่ระเหยได้ลอยอยู่ในหลอด จากนั้นฉีดเพื่อวิเคราะห์ผลด้วยเทคนิค Headspace GC-MS พบว่า เวลาในการดูดกลิ่นที่เหมาะสมคือ 8 ชั่วโมงขึ้นไป โดยปริมาณถ่านแมคคาเพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการดูดกลิ่นเพิ่มขึ้น ถ่านแมคคามีประสิทธิภาพการดูดกลิ่นสารโมเลกุลเล็กได้ดีกว่าสารโมเลกุลใหญ่ แล้วทดสอบความสามารถในการแผ่รังสีอินฟราเรดแบบไกลด้วยเครื่อง Thorlabs PM100D Utility โดยสแกนค่า 20,000 ครั้ง/ 1 ค่าและคำนวณในหน่วย Thermal intensity เป็น $\mu W/cm^2$ ปรากฏว่า สามารถแผ่รังสีอินฟราเรดแบบไกลได้ในช่วงความยาวคลื่น 7 – 12 μm โดยโฟมพอลียูรีเทนผสมถ่านแมคคาสามารถแผ่รังสีอินฟราเรดแบบไกลได้ดีในช่วงความยาวคลื่น 7 μm และสนับรัดข้อศอกแมคคาแผ่รังสีอินฟราเรดแบบไกลได้ดีในช่วงความยาวคลื่น 10 μm

จากนั้นจึงทำการทดลองสนับรัดข้อศอกมาใช้กับกลุ่มอาสาสมัครจริง โดยทำการแบ่งกลุ่มอาสาสมัครออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม 27 คน กลุ่มสวมสนับรัดข้อศอกแบบปกติ 24 คน และกลุ่มสวมสนับรัดข้อศอกแบบที่มีผงถ่านแมคคา 25 คน จากการทดลองทางคลีนิกนี้เพื่อเปรียบเทียบผลการใส่สนับรัด

246496

ข้อศอกที่มีผงถ่านแมคคากับกลุ่มที่ใส่สนับรัดข้อศอกไม่มีผงถ่านแมคคาและกลุ่มควบคุมหลังจากเข้าร่วมการศึกษาและตรวจประเมินทั้ง 3 ครั้ง คือ 0, 1 และ 2 เดือนหลังจากการสวมสนับ พบว่ามีความแตกต่างกันของแรงกดจนถึงจุดปวดด้วยเครื่อง Algometer (pressure pain threshold) และแบบประเมิน Patient –rated Tennis Elbow Evaluation (PRTEE) ระหว่างกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 3 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* < 0.05) นอกจากนี้จากผลจากแบบสอบถามความรู้สึกยากลำบากในการทำกิจกรรมพบว่า กลุ่มควบคุมไม่มีความต่างกันเลยแสดงว่าอาการยังไม่ค่อยดีขึ้น ส่วนกลุ่มสวมสนับรัดข้อศอกปกติและแบบมีผงถ่านแมคคาสังเกตว่า ความรู้สึกยากลำบากในการทำกิจกรรมลดลง แต่กลุ่มที่สวมสนับรัดข้อศอกที่ผสมผงถ่านแมคคามีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าสนับรัดข้อศอกที่มีผงถ่านแมคคามีส่วนช่วยในด้านกิจกรรมและความเจ็บปวดได้เป็นอย่างดี

สนับรัดข้อศอกที่ผสมผงถ่านแมคคาสามารถลดอาการเจ็บปวดของอาสาสมัครได้อย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้อาสาสมัครก็สามารถใช้ชีวิตประจำวันได้สะดวกขึ้นกว่าเดิมอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อเทียบกับอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มที่ใส่สนับที่ไม่ได้ผสมผงถ่านแมคคาและกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้สวมสนับรัดข้อศอก

Abstract

246496

According to the collaboration with Doitung development project under royal initiative of Royal Highness princess Srinagrindara, the princess mother, under the topic of "A development of macadamia nut wastes as an economically valuable material" in 2006. This waste was altered to be a more value-added product. Based on another scientific data, it was found that this Macca charcoal can emit heat in far-infrared (FIR) range. According to some symptoms can be healed by heat in such the wavelength, especially, pain healing. Tennis elbow is a kind of such the symptom that can be applied by the FIR heat. This is, thus, the origin of the present work.

The carbonized Macca charcoal was ground and sieved, only the small sized Macca charcoal was blended with polyurethane (PU) to make a foam sheet with thickness of 25 millimeter. This blend foam, which was irradiated by 500 W halogen lamp for 10 min, was then subjected to temperature increasing testing by IR50i Thermometer. It was found that the PU foam blended with Macca charcoal at 5% w/w showed the suitable increasing in temperature, thus, this blend was applied as a raw-material for producing elbow supporter. Again, the temperature increasing experiment was carried out. The temperature increasing in the case of elbow supporter without Macca charcoal was lower than that in the case of with Macca charcoal of 5.30°C. Then, the testing was applied with the human, and it was clear that an extra heat of about 1.37°C was found in the case of supporter with Macca comparing to the without one. This indicates that Macca charcoal can generate heat very well.

The odor absorption of Macca charcoal and skim natural rubber was measured in Headspace vial, gave heat 70°C in oven for 3 h, incubated 16 h to volatile organic compounds in headspace vial before injected by Headspace GC-MS. It found that optimum incubation times was more than 8 h. Adsorption efficiency increased with Macca charcoal content. Macca charcoal could adsorb low molecular weight than high molecular weight. The ability of far-infrared emissivity was test by Thorlabs PM100D Utility, scanned averaging data 20,000, and calculated Thermal intensity in microwatt per square centimeter. It proved that could emitted far-infrared emissivity at wavelength 7 - 12 μm. The maximum far-infrared emissivity of Macca-polyurethane foam and Macca elbow supporter were at 7 μm and 10 μm.

The clinical test was carried out with the three groups of volunteers, i.e., controlled, placebo, Macca groups of 27, 24 and 25 volunteers. This test was checked up for three periods, i.e., 0, 1 and 2 months after wearing supporter. The results from pressure pain threshold test by algometer tester and Patient –rated Tennis Elbow Evaluation (PRTEE) showed the statically significant difference between these three volunteer groups at *p-value* < 0.05. In addition, the hardnessship in self-assist ability to do activity showed that no change in the case of control and the clear decrease in the placebo and Macca cases. Thus, it can be concluded that Macca supporter can help the ability to do activity better and a reduction in pain effectively.

สารบัญเรื่อง

หน้า

บทที่ 1	บทนำ	1
	ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
บทที่ 2	แนวความคิด ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
	วัตถุประสงค์	5
	ขอบเขตการวิจัย	5
	วิธีดำเนินการวิจัยโดยสรุป	6
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
	ลักษณะของแมคคาเดเมีย	7
	กระบวนการเผาถ่านแมคคาเดเมีย	7
	การบดผงถ่านแมคคา	9
	การเคลือบผ้า	10
	พอลียูรีเทน	12
	เทคนิคที่ตรวจสอบผงถ่านแมคคาเดเมีย	13
	กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด	13
	การวัดรังสีฟาร์อินฟราเรด	14
	การทดสอบการดูดกลืนด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิทรี	15
	โรคข้อศอกเทนนิส	17
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย	19
	การเตรียมผงถ่านแมคคาที่มีคุณสมบัติพื้นฐานที่ต้องการ	19
	การหาองค์ประกอบของยางสกิมด้วยเทคนิคเฮดสเปสแก๊สโครมาโทกราฟี แมสสเปกโตรมิทรี	19
	การหาช่วงเวลาที่เหมาะสมของการดูดกลืนสารที่ระเหยได้จากยางสกิม ด้วยถ่านแมคคาเดเมีย	19
	การหาปริมาณถ่านแมคคาที่เหมาะสมในการดูดกลืนสารที่ระเหยได้จากยางสกิม	20
	การนำผงถ่านที่มีอนุภาคในระดับไมโครมาทำโฟมพอลียูรีเทนเพื่อหา ความเข้มข้นที่เหมาะสม	20
	การประเมินอุณหภูมิ	21
	การทำสนับข้อศอก	22
	การวัดค่า Emissivity ของรังสีอินฟราเรดแบบไกล	22

การคัดเลือกกลุ่มอาสาสมัคร 22
บทที่ 4 ผลการทดลอง 25
ลักษณะและขนาดของผงถ่าน 25
การทดสอบการดูดกลืน 25
การทดสอบด้านอุณหภูมิ 27
การวัดค่า Emissivity ของถ่านแมคคาและผลิตภัณฑ์ 33
การทดสอบกับอาสาสมัคร 34
บทที่ 5 สรุปและเสนอแนะ 41
บรรณานุกรม 42
ภาคผนวก 44

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 องค์ประกอบของสารที่ระเหยได้ของยางสกิมที่ฉีดด้วยเทคนิค Headspace GC-MS 25

ตาราง 2 การวัดอุณหภูมิของตัวอย่างโฟมพอลียูรีเทนในกล่องควบคุมที่มีแสงฮาโลเจน 500 W ฉายแสงนาน 10 นาที 27

ตาราง 3 การวัดอุณหภูมิของตัวอย่างโฟมพอลียูรีเทนในกล่องควบคุมที่มีแสงฮาโลเจน 500 W ฉายแสง ณ เวลา 10 นาที และวัดอุณหภูมิของตัวอย่างหลังปิดหลอดไฟ 30 วินาที 28

ตาราง 4 การวัดอุณหภูมิของตัวอย่างโฟมพอลียูรีเทนที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร ในกล่องควบคุมที่มีแสงฮาโลเจน 500 W ฉายแสงนาน 10 นาที 30

ตาราง 5 การวัดอุณหภูมิของตัวอย่างโฟมพอลียูรีเทนที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร ประกบหนา 1, 2 และ 3 ชั้นในกล่องควบคุมที่มีแสงฮาโลเจน 500 W ฉายแสงนาน 10 นาที 30

ตาราง 6 การวัดอุณหภูมิของตัวอย่างสนับข้อศอก (ควบคุม) และสนับข้อศอกใส่ถ่านแมคคา 31

ตาราง 7 การวัดอุณหภูมิที่ผิวหนังเมื่อสวมตัวอย่างสนับข้อศอก (ควบคุม) และสนับข้อศอกใส่ถ่านแมคคา 32

ตาราง 8 การวัดค่า Emissivity ในช่วงความยาวคลื่น 2 – 20 μm ของถ่านแมคคาเดเมียและโฟมพอลียูรีเทนผสมถ่านแมคคา 33

ตาราง 9 การวัดค่า Emissivity ของตัวอย่างสนับรัดข้อศอกในช่วงความยาวคลื่น 7-12 μm 34

ตาราง 10 จำนวนผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ผ่านเกณฑ์เป็นอาสาสมัครในโครงการ 34

ตาราง 11 จำนวนอาสาสมัครในกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม เมื่อเวลาผ่านไป ครบ 3 เดือน 35

ตาราง 12 สถิติประชากรของอาสาสมัคร (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) 35

ตาราง 13 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มโดยใช้ Repeated Measured ANOVA 36

ตาราง 14 การเปรียบเทียบของแรงกดจนถึงจุดปวดด้วยเครื่อง Algometer และแบบประเมิน PRTEE 40

สารบัญภาพ

หน้า

รูป 1	ลักษณะผลแมคคาเดเมีย	1
รูป 2	การแผ่รังสีอินฟราเรดแบบไกลของถ่านแมคคา	3
รูป 3	ลักษณะผลแมคคาเดเมีย	7
รูป 4	ลักษณะเครื่องเผาถ่านแมคคาเดเมีย	8
	แผนภาพกระบวนการเผาถ่านแมคคา	9
รูป 5	เปลือกแมคคาเดเมียและถ่านแมคคาเดเมีย	9
รูป 6	เครื่อง Ball Mill	10
รูป 7	ผ้า *laminate* โดยการเคลือบผ้าสองชิ้น	11
รูป 8	กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด	13
รูป 9	การดูดซับรังสีฟาอินฟราเรดเข้าสู่ร่างกายมนุษย์และผลต่อเซลล์ชนิดต่างๆ	14
รูป 10	เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิทรี	15
รูป 11	ส่วนประกอบพื้นฐานของ GC	16
รูป 12	พยาธิสภาพของอาการปวดข้อศอกแบบเทนนิส	17
รูป 13	ยางสกิม (a) และตัวอย่างในขวด Headspace (b)	20
รูป 14	การเซ็ตเครื่องมือประเมินอุณหภูมิที่ค้างอยู่ (a) ตัวอย่าง (b) หลอดฮาโลเจน (c) และเครื่อง IR Thermometer	21
รูป 15	สนับข้อศอก	22
รูป 16	ภาพความเป็นรูพรุนของผงถ่านแมคคาเดเมียที่บดผ่านเครื่อง Ball Mill เป็นเวลา 17 ชั่วโมงวัดด้วยเทคนิค SEM ซึ่งมีกำลังขยาย 200 เท่า (A1) กำลังขยาย 2,000 เท่า (A2) และกำลังขยาย 3,000 เท่า (A3)	25
รูป 17	โครมาโตแกรมของยางสกิมด้วยเทคนิค Headspace GC-MS เมื่อฉีดผ่านคอลัมม์ DB-WAX	26
รูป 18	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาอบและประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นของถ่านแมคคาเดเมียกับยางสกิม	26
รูป 19	ประสิทธิภาพของการดูดกลิ่นจากยางสกิมด้วยถ่านแมคคาเดเมียที่มีปริมาณตั้งแต่ 0 – 1.5 กรัม	27
รูป 20	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผงถ่านในโฟมพอลียูรีเทนและอุณหภูมิเมื่อฉายด้วยหลอดฮาโลเจนนาน 10 นาที	28
รูป 21	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผงถ่านในโฟมพอลียูรีเทนและอุณหภูมิ	29

สารบัญภาพ

หน้า

	ในการดูดซับเมื่อฉายด้วยหลอดฮาโลเจนนาน 10 นาทีและอุณหภูมิคงค้างที่ผิวเมื่อปิดหลอดฮาโลเจนนาน 30 วินาที	
รูป 22	ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่ดูดซับไว้และอุณหภูมิที่ค้างอยู่ของปริมาณผงถ่านในโฟมพอลียูรีเทน	29
รูป 23	ความสัมพันธ์ระหว่างโฟมพอลียูรีเทนและโฟมพอลียูรีเทนผสมผงถ่านแมคคา 5 % w/w ที่มีความหนา 3 มิลลิเมตรเมื่อฉายด้วยหลอดฮาโลเจน500 W นาน 10 นาที	30
รูป 24	ความสัมพันธ์ระหว่างผ้าประกบกับโฟมพอลียูรีเทนและโฟมพอลียูรีเทนผสมผงถ่านแมคคา 5 % w/w ที่มีความหนา 3 มิลลิเมตรเมื่อฉายด้วยหลอดฮาโลเจน500 W นาน 10 นาที	31
รูป 25	ความสัมพันธ์ระหว่างสนับรัดข้อศอกปกติและสนับรัดข้อศอกที่มีแมคคาเมื่อฉายด้วยหลอดฮาโลเจน 500 W นาน 10 นาที	31
รูป 26	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวหนังขณะสวมสนับรัดข้อศอกปกติและสนับรัดข้อศอกที่มีแมคคา	32
รูป 27	ค่า Thermal Intensity ของถ่านแมคคาเดเมียและโฟมพอลียูรีเทนผสมถ่านแมคคา	33
รูป 28	ค่า Thermal Intensity ของตัวอย่างสนับรัดข้อศอกในช่วงความยาวคลื่น 7-12 μm	34
รูป 29	ผลของแรงกดจนถึงจุดปวดด้วยเครื่อง Algometer ของกลุ่มอาสาสมัครทั้ง 3 กลุ่มในช่วงเวลาการวัด 3 ครั้ง	37
รูป 30	การวัดแรงบีบมือของอาสาสมัครทั้ง 3 กลุ่มในช่วงเวลาการวัด 3 ครั้ง	38
รูป 31	ระดับความรู้สึกเจ็บปวดของแขนในอาสาสมัครทั้ง 3 กลุ่มในช่วงเวลาการวัด 3 ครั้ง	39
รูป 32	ความรู้สึกยากลำบากขณะทำกิจกรรมต่างๆ ของอาสาสมัครทั้ง 3 กลุ่มในช่วงเวลาการวัด 3 ครั้ง	39

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

°C	=	องศาเซลเซียส
F	=	องศาฟาเรนไฮต์
PU	=	พอลียูรีเทน