



การพัฒนาแผ่นเจลประคบร้อนและประคบเย็น

(UP Gel Pack)

Development of Hot Pack and Cold Pack

(UP Gel Pack)

โดย

ธนวัฒน์ ยอดดี

เพชรนภา ตันแก้ว

อัญชิสา พูลภักดี

ภาคินพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

ภาคนิพนธ์ เรื่อง

การพัฒนาแผ่นเจลประคบร้อนและประคบเย็น (UP Gel Pack)

Development of Hot Pack and Cold Pack (UP Gel Pack)

นำเสนอต่อ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

เพื่อประกอบการศึกษา

ระดับปริญญาโท สาขาพยาบาลบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 27 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2562

ธนวัฒน์ ยอดดี

(นายธนวัฒน์ ยอดดี)

นิสิต

(อาจารย์อรุณรัตน์ ศรีทะวงษ์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เพชรนภา ดันแก้ว

(นางสาวเพชรนภา ดันแก้ว)

นิสิต

(นางสาวอัญชิสา พูลภักดี)


นิสิต


คณะกรรมการสอบภาคนิพนธ์ได้อนุมัติให้


ธนวัฒน์	ยอดดี
เพชรนภา	ตันแก้ว
อัษฎชิสา	พูลภักดี


สอบผ่านในรายวิชาภาคนิพนธ์ เรื่อง
การพัฒนาแผ่นเจลประคบร้อนและประคบเย็น (UP Gel Pack)
Development of Hot Pack and Cold Pack (UP Gel Pack)


เมื่อ วันที่ 27 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2562


.....
(อาจารย์อรุณรัตน์ ศรีทะวงษ์)
ประธานกรรมการ


.....
(อาจารย์ ดร.ปจรรย์ มาน้อย)
กรรมการ


.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิรินทิพย์ คำฟู)
กรรมการ


.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิรินทิพย์ คำฟู)
หัวหน้าสาขาวิชากายภาพบำบัด


.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา หมั่นดี)
คณบดีคณะสหเวชศาสตร์

ชีวประวัติ

ชื่อ - สกุล ภาษาไทย	นายธนวัฒน์ ยอดดี
ชื่อ - สกุล ภาษาอังกฤษ	Mr.Thanawat Yodthee
วัน เดือน ปี เกิด	19 พฤศจิกายน 2539
สถานที่เกิด	จังหวัดเชียงราย
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	3/1 หมู่ 10 ต.หางว อ.เทิง จ.เชียงราย 57160 E-mail: bombomthanawat@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2549 โรงเรียนเทิงวิทยาคม จังหวัดเชียงราย ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนเทิงวิทยาคม จังหวัดเชียงราย ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด) คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา

ชีวประวัติ

ชื่อ - สกุล ภาษาไทย	นางสาวเพชรนา ทันแก้ว
ชื่อ - สกุล ภาษาอังกฤษ	Miss Petchnapa Tankaew
วัน เดือน ปี เกิด	9 พฤษภาคม 2540
สถานที่เกิด	จังหวัดเชียงราย
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	376 บ้านทุ่ง หมู่ 8 ต.เมืองพาน อ.พาน จ.เชียงราย 57120 E-mail: petchnapa12345@gmail.com
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2549 โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงราย ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนเทศบาล 6 นครเชียงราย จังหวัดเชียงราย ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด) คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา

ชีวประวัติ

ชื่อ - สกุล ภาษาไทย	นางสาวอัญชิสา พูลภักดิ์
ชื่อ - สกุล ภาษาอังกฤษ	Miss Aunchisa Poonpukdee
วัน เดือน ปี เกิด	22 มกราคม 2539
สถานที่เกิด	จังหวัดสมุทรปราการ
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	572/51 ม.7 ซอย วิฑูการบิน ต.ท้ายบ้านใหม่ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10270 E-mail: mildddmd08@icloud.com
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2549 โรงเรียนสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด) คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ กภ.อรุณรัตน์ ศรีทะวงษ์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในวางแผนการทำงานในการทำวิจัยในครั้งนี้ และคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิรินทิพย์ คำฟู และอาจารย์ ดร.กภ.ปาจรีย์ มาน้อย คณะกรรมการสอบ ภาคนิพนธ์ที่ให้คำแนะนำ ข้อคิด และชี้แนวทางในการแก้ไขปรับปรุงภาคนิพนธ์เพื่อให้มีความ สมบูรณ์ที่สุด จนทำให้ภาคนิพนธ์เรื่องการพัฒนาแผ่นเจลประคบร้อนและประคบเย็น (UP Gel Pack) Development of Hot Pack and Cold Pack (UP Gel Pack) สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณคณบดีคณะสหเวชศาสตร์ คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชา กายภาพบำบัดทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ และความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการใช้ ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการทำภาคนิพนธ์ในครั้งนี้ และงานวิจัยครั้งนี้จะ สำเร็จลงมิได้หากไม่ได้รับความร่วมมือจากอาสาสมัครทุกท่านที่เสียสละเวลาและให้ความ ร่วมมือเป็นอย่างดีในงานวิจัยครั้งนี้จนการศึกษาสำเร็จไปได้ด้วยดี จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณ มา ณ โอกาสนี้

ธนวัฒน์ ยอดดี
เพชรนภา ตันแก้ว
อัญชิสา พูลภักดี
27 ตุลาคม 2562

คำรับรอง

ข้าพเจ้านายธนวัฒน์ ยอดดี นางสาวเพชรนภา ตันแก้ว และ นางสาวอัญชิสา พูลภักดี
นิสิตสาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ขอรับรองว่าภาคนิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาแผ่นเจลประคบร้อนและประคบเย็น (UP Gel Pack) (Development of Hot
Pack and Cold Pack) เป็นผลการศึกษาซึ่งเกิดจากการศึกษาจริงโดยมิได้คัดลอกหรือดัดแปลง
มาจากผลการศึกษาของผู้อื่นที่เคยศึกษาก่อนหน้านี้แต่อย่างใด

ธนวัฒน์ ยอดดี
เพชรนภา ตันแก้ว
อัญชิสา พูลภักดี
27 ตุลาคม 2562

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
คำรับรอง	ii
สารบัญ	iii
สารบัญ (ต่อ)	iv
สารบัญรูป	v
สารบัญตาราง	vi
สารบัญคำย่อ	vii
บทคัดย่อภาษาไทย	viii
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ix
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 สมมติฐาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	
2.1 การรักษาด้วยความร้อน	4
2.2 การรักษาด้วยความเย็น	6
2.3 แผ่นเจลประคบร้อน	8
2.4 แผ่นเจลประคบเย็น	11
2.5 อุปกรณ์และสารเคมีที่เกี่ยวข้องในการทดลอง	14
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจลประคบร้อนและเจลประคบเย็น	20
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์	
3.1 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	24
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล	29
บทที่ 4 ผลการศึกษา	
4.1 ผลการทดลองงานวิจัยที่ 1	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 ผลการทดลองงานวิจัยที่ 2	32
4.3 ผลการทดลองงานวิจัยที่ 3	34
4.4 ผลการทดลองงานวิจัยที่ 4	38
4.5 ผลการทดลองงานวิจัยที่ 5	40
4.6 ผลการทดลองงานวิจัยที่ 6	41
บทที่ 5 วิจัยรณัผลการศึการ	
5.1 วิจัยรณัผลการศึการ	44
5.2 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ	49
เอกสารอ้างอิง	50
ภาคผนวก	54

สารบัญรูป

รูป		หน้า
รูปที่ 1	สูตรโครงสร้างเมกนูล Calcium Chloride	9
รูปที่ 2	สูตรโครงสร้างโมเลกุล Magnesium sulfate	10
รูปที่ 3	สูตรโครงสร้างเมกนูล Sodium Acetate	11
รูปที่ 4	สูตรโครงสร้างเมกนูล Ethylene glycol	12
รูปที่ 5	โครงสร้างทางเคมี Propylene glycol	13
รูปที่ 6	สูตรโครงสร้างเมกนูล Hydroxyethyl cellulose	14
รูปที่ 7	สูตรโครงสร้างเมกนูล Calcium ammonium nitrate	15
รูปที่ 8	เปรียบเทียบผลการทดสอบอุณหภูมิบนผิวหนังของการวางแผ่น เจลประคบเย็น (UP Gel Pack) เทียบกับ เจลประคบเย็นมาตรฐาน (Standard product)	43
รูปที่ 9	เปรียบเทียบผลการทดสอบอุณหภูมิบนผิวหนังของการวางแผ่นเจล ประคบเย็น (UP Gel Pack) เทียบกับ เจลประคบเย็นมาตรฐาน (Standard product)	43

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 2.1	Property Value Calcium chloride	9
ตารางที่ 2.2	Property Value Magnesium sulfate	10
ตารางที่ 2.3	Property Value Sodium acetate	11
ตารางที่ 2.4	Property Value Ethylene glycol	12
ตารางที่ 2.5	Property Value Propylene glycol	13
ตารางที่ 2.6	Property Value Hydroxyethyl cellulose	14
ตารางที่ 2.7	Property Value Calcium ammonium nitrate	15
ตารางที่ 2.8	Property Value ชนิดของแป้ง	16
ตารางที่ 4.1	ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นตั้งต้น	31
ตารางที่ 4.2	ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่มีส่วนผสมของแป้งธรรมชาติ	33
ตารางที่ 4.3	ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ลักษณะทางกายภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	35
ตารางที่ 4.4	เปรียบเทียบความสามารถในการเก็บความเย็น (Cold retention) ของเจลประคบเย็นต้นแบบ (UP Gel Pack) และเจลประคบเย็น มาตรฐาน	39
ตารางที่ 4.5	เปรียบเทียบความสามารถในการเก็บความร้อน (Heat retention) ของเจลประคบร้อนต้นแบบ (UP Gel Pack) และเจลประคบร้อน มาตรฐาน (Standard product)	40
ตารางที่ 4.6	ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร	41
ตารางที่ 4.7	เปรียบเทียบผลการทดสอบอุณหภูมิมบนผิวหนังของการวางแผ่น เจลประคบร้อน (UP Gel Pack) เทียบกับแผ่นเจลประคบร้อนและ เย็นมาตรฐาน (Standard product)	42
ตารางที่ 4.8	เปรียบเทียบผลการทดสอบอุณหภูมิมบนผิวหนังของการวางแผ่น เจลประคบเย็น (UP Gel Pack) เทียบกับ Standard product	43

สารบัญย่อ

BPA	=	Bisphenol A
°C, deg C	=	Degree Celsius
FDA	=	Food and Drug Administration
g/cm ³	=	Gram per cubic centimeter
g/mol	=	Grams per mole
GRAS	=	Generally recognized as safe
HDPE	=	High density polyethylene
HEC	=	Hydroxyethyl Cellulose
LDPE	=	Low density polyethylene
mPa•s	=	Millipascal Second
PE	=	Polyethylene
PET, PETP	=	Polyethylene terephthalate
pH	=	Potential of Hydrogen ion
PP	=	Polypropylene
PTFE	=	Polytetrafluoroethylene
SiO ₂	=	Silicon dioxide
UV	=	Ultraviolet rays

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: แผ่นเจลประคบร้อนและเย็นเป็นเครื่องมือการรักษาทางกายภาพบำบัดที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทางคลินิก ราคาตามท้องตลาดนั้นแตกต่างกันตามยี่ห้อ ส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นสารเคมี ไม่มีส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติ ดังนั้นการศึกษาจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผ่นเจลประคบร้อนและประคบเย็นที่มีส่วนผสมของแป้งธรรมชาติที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการรักษาทางคลินิก **วัตถุประสงค์:** เพื่อพัฒนาแผ่นเจลประคบร้อนและประคบเย็น (ยูพีเจลแพค) ที่มีคุณสมบัติเนื้อเจลและอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการรักษาทางคลินิก **วิธีการ:** พัฒนาแผ่นเจลประคบร้อนและประคบเย็น (ยูพีเจลแพค) โดยนำสารก่อเจลผสมกับแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวเหนียว หลังจากนั้นไปทดสอบลักษณะเนื้อเจลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ทดสอบการระคายเคือง และทดสอบอุณหภูมิผิวหนัง ตามลำดับ **ผลการศึกษา:** แผ่นเจลประคบร้อนและประคบเย็น (ยูพีเจลแพค) มีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสม สามารถกักเก็บอุณหภูมิได้ดี ไม่ระคายเคืองต่อผิวหนัง มีผลอุณหภูมิผิวหนังและมีคุณสมบัติไม่แตกต่างจากแผ่นเจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) **สรุปผลการศึกษา:** แผ่นเจลประคบร้อนและประคบเย็น (ยูพีเจลแพค) มีคุณสมบัติทางกายภาพ การกักเก็บอุณหภูมิ ไม่มีการระคายเคืองต่อผิวหนัง ผลอุณหภูมิผิวหนัง และมีคุณสมบัติเทียบเท่าแผ่นเจลประคบร้อนและประคบเย็นมาตรฐาน ซึ่งสะดวกต่อการใช้งานตามครัวเรือน ราคาขอมเยา และสามารถเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร

คำสำคัญ การรักษาด้วยความเย็นและความเย็น แผ่นประคบร้อน แผ่นประคบเย็น
กายภาพบำบัด

Abstract

Background : Hot pack and cold pack are commonly used in clinical treatment that have different prices and brands. Hot pack and cold pack most containing are chemical substances. And does not component of natural ingredients. Therefore, we are research to develop the gel of hot pack and cold pack that containing natural substances. **Purpose:** To produce the prototype of hot pack and cold pack (UP Gel Pack) with physical characteristics suitable for physical therapy treatment. And developed to the gel that contains natural starch and do not skin irritation for benefits of treatment in community, reducing production costs and will study to compare the temperature retention of the UP Gel Pack and Standard Gel Packs, as well as to skin irritation test and compare skin temperatures after using the UP Gel Pack and Standard Cold Gel Packs. **Methodology:** Developed UP Gel Pack by mixing gelatin substances mixture with tapioca starch, corn starch, and glutinous flour. After that, were tested for physical characteristics of gel when temperature changes, Irritation test and skin temperature test **Results:** Results of the experiment that show the UP Gel Pack have physical characteristics, temperature retention, not-irritating to the skin and effect on skin temperature compared with Standard Gel Pack ($p>0.05$) **Conclusion:** Physical characteristics of UP gel pack, temperature retention, not allergic to skin and effects of temperature on the skin compared with Standard Gel Pack. In addition, UP gel pack is easily to use at household and lower price.

Keyword: Thermotherapy, cold pack, hot pack, physical therapy

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

แผ่นประคบร้อน (Hot packs) และแผ่นประคบเย็น (Cold packs) เป็นเครื่องมือหนึ่งที่นิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการรักษาทางกายภาพบำบัด เพื่อลดปวดในบริเวณต่างๆ ซึ่งการประคบร้อนถูกนำมาใช้เพื่อหวังผลในเรื่องของการลดปวดในระยะการอักเสบเรื้อรัง โดยผลของความร้อนมีผลทำให้หลอดเลือดขยายตัว เพิ่มการไหลเวียนโลหิต เพิ่มเมตาบอลิซึมของเซลล์และการทำงานของเอนไซม์ ส่วนการประคบเย็นถูกนำมาใช้เพื่อลดอาการปวดในระยะอักเสบแบบเฉียบพลันหรือการอักเสบในระยะแรกๆ โดยผลของความเย็นทำให้หลอดเลือดผิวหนังหดตัว การนำกระแสประสาทความเจ็บปวดซาลง และเพิ่มระดับกั้นความเจ็บปวด (Pain threshold) [1]

อุปกรณ์ที่นำมาใช้สำหรับการประคบร้อนและเย็นมีหลายรูปแบบ ได้แก่ ผ้าขนหนูชุบน้ำอุ่นหรือท่อน้ำแข็ง กระจาบบรรจุน้ำ และแผ่นเจลสำเร็จรูป เป็นต้น ซึ่งวัสดุต่างๆ ที่นำมาใช้ต่างมีข้อจำกัดแตกต่างกัน โดยผ้าชุบน้ำบ่อยๆ และมีความเปียกชื้นบริเวณที่ประคบทำให้ไม่สะดวกต่อการใช้งาน กระจาบบรรจุน้ำและแผ่นเจลสำเร็จรูปมีความสามารถในการเก็บกักอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บกักอุณหภูมิยังมีข้อจำกัดให้อยู่ช่วงเวลาของการบำบัด [2] การประคบเป็นศาสตร์ทางเลือกที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในการนำมาใช้บำบัดรักษา ส่งเสริมสุขภาพ ช่วยผ่อนคลาย เป็นต้น ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีแหล่งสมุนไพรธรรมชาติที่มีคุณภาพสูง ทำให้มีการคิดค้นและพัฒนานำสมุนไพรไทยเป็นองค์ประกอบในการบำบัดด้วยความร้อนเย็น เช่น แผ่นประคบสมุนไพร อาทิ แผ่นประคบร้อนเมล็ดธัญพืชสมุนไพร และแผ่นประคบร้อนวัสดุดินเผา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ [3] แผ่นประคบร้อนสมุนไพร [4] การอบไอน้ำสมุนไพรไทย [5] แผ่นแปะผิวหนังที่เปลี่ยนที่สามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ [6] แม้ว่าสมุนไพรไทยมีผลดีในการช่วยบำบัดรักษา เพิ่มความผ่อนคลาย แต่การนำสมุนไพรไทยมาใช้จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับสมุนไพร อีกทั้งอาจมีผลทำให้เกิดการแพ้กลืนและตัวยาสมุนไพรในผู้ใช้งายรายได้ จากการศึกษาของ รุณีตา ทวีธรรมเจริญ ได้พัฒนาเจลที่ใช้ประคบร้อนและประคบเย็นชื่อว่า “ศิริราชเจลลี่แพค” โดยศิริราชเจลลี่แพคมีความสามารถในการเก็บความร้อนและเก็บความเย็น มีสามารถในการทนต่อแรงกดทับ และไม่มีสารระคายเคืองต่อผิวหนังทั้งราคาถูกกว่าท้องตลาด [7] และการศึกษาของปราณี ชีโรโสภณ และคณะ พบว่า เส้นใยโพลีเมอร์สังเคราะห์ในผ้าอ้อมสำเร็จรูปสามารถนำมาประดิษฐ์เป็นแผ่นเจล ซึ่งมีประสิทธิภาพในการเก็บกัก

อุณหภูมิได้เทียบเท่ากับแผ่นในท้องตลาด มีความเหมาะสมในการใช้ประคบร้อน ไม่มีการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อบริเวณได้รับการประคบ [8] จะเห็นว่าในประเทศไทยมีการพัฒนาอุปกรณ์ที่นำมาใช้สำหรับการประคบร้อนเป็นจำนวนมาก แต่การประคบเย็นอย่างเดียวหรือการประคบทั้งร้อนและเย็นค่อนข้างมีจำกัด รวมทั้งยังไม่มีกรรงานการนำผลผลิตทางการเกษตร เช่น แป้งธรรมชาติมาเป็นส่วนประกอบในการพัฒนาเจลประคบร้อนและเย็น

แป้งมีคุณสมบัติในการเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ของน้ำ-แป้งเมื่อได้รับความร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในโมเลกุลของเม็ดแป้ง (Starch granule) เนื่องจากความร้อนทำลายพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลของสตาร์ช (Starch) ในเม็ดแป้ง สายพอลิเมอร์ของอะไมโลส (Amylose) และอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) ที่อัดแน่นอยู่ในเม็ดแป้งจะคลายตัวและรวมกับน้ำที่ล้อมรอบส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏเม็ดแป้งพองตัว และความหนืดของน้ำแป้งเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง [9] ซึ่งพบว่าแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลังมีการเกิดกระบวนการเจลาติไนเซชันที่ต่ำ และหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด ทางคณะผู้วิจัยจึงสนใจนำแป้งธรรมชาติ อาทิ แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น มาเป็นส่วนประกอบในการพัฒนาเจลประคบร้อนและประคบเย็น เพื่อลดต้นทุนของผลิตแผ่นประคบและเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร [10]

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างสูตรเจลที่มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมต่อการรักษาทางกายภาพบำบัดมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสูตรเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ
2. เพื่อพัฒนาสูตรเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบที่มีส่วนผสมของแป้งธรรมชาติและไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง
3. เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการคงอุณหภูมิของแผ่นเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบกับแผ่นเจลประคบร้อนและเย็นแบบมาตรฐาน
4. เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิมิวน้ำในการวางแผ่นเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบกับแผ่นเจลประคบร้อนและเย็นแบบมาตรฐาน

สมมติฐาน

แผ่นเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมต่อการรักษาทางกายภาพบำบัด และมีระยะเวลาในการรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมที่ใช้ในการรักษาได้ดีเทียบเท่ากับแผ่นเจลประคบร้อนและเย็นแบบมาตรฐาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำแผ่นเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบมาใช้เป็นทางเลือกในการรักษาทางกายภาพบำบัด
2. สามารถสร้างสูตรเจลที่มีส่วนผสมของแป้งธรรมชาติเพื่อเป็นต้นแบบในการลดต้นทุนการผลิตได้
3. สามารถสร้างสูตรเจลต้นแบบ (UP Gel Pack) ที่มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมและสามารถกักเก็บอุณหภูมิได้เทียบเท่ากับแผ่นเจลมาตรฐาน

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การรักษาด้วยความร้อน
2. การรักษาด้วยความเย็น
3. แผ่นประคบร้อน
4. แผ่นประคบเย็น
5. อุปกรณ์และสารเคมีที่เกี่ยวข้องในการทดลอง
6. งานวิจัยแผ่นประคบร้อนและเย็น

1. การรักษาด้วยความร้อน

ความร้อนถูกนำมาใช้ในการรักษาหลายรูปแบบ ถ้าแบ่งตามความลึกของความร้อนที่ส่งผ่านเข้าเนื้อเยื่อ สามารถแบ่งได้เป็น ความร้อนตื้น (Superficial heat) และความร้อนลึก (Deep heat)

1.1 กลไกทางกายภาพของการถ่ายเทพลังงานความร้อน

1.1.1 การนำความร้อน (Conduction) การถ่ายเทพลังงานความร้อนได้โดยการสัมผัสโดยตรง ซึ่งเกิดจากการถ่ายเทพลังงานของโมเลกุลสองชนิดที่อุณหภูมิไม่เท่ากัน โดยสารที่มีอุณหภูมิสูงกว่าส่งผ่านความร้อนไปยังสารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ระยะการแพร่กระจายรังสีจะอยู่ในช่วง 0.5–1 มิลลิเมตร เช่น การวางแผ่นประคบร้อนที่บริเวณหลังส่วนล่าง โดยความร้อนจากแผ่นประคบร้อนจะส่งผ่านไปยังเนื้อเยื่อชั้นตื้นบริเวณหลัง

1.1.2 การพาความร้อน (Convection) การถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางที่เคลื่อนที่ได้ เช่น น้ำ อากาศ เป็นต้น

1.1.3 การเปลี่ยนรูปพลังงาน (Conversion) การเปลี่ยนรูปพลังงานอื่นเป็นพลังงานความร้อน เช่น การเปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูงหรือคลื่นเสียงเป็นความร้อน

1.1.4 การแผ่รังสี (Radiation) การถ่ายเทพลังงานความร้อนระหว่างวัตถุโดยตรงโดยไม่ต้องสัมผัสและอาศัยตัวกลาง เช่น ความร้อนจากดวงอาทิตย์ หลอดไฟ เป็นต้น

1.1.5 การระเหย (Evaporation) ของเหลวที่ได้รับพลังงานความร้อนแล้วระเหยกลายเป็นไอ เช่น vapocoolant sprays เป็นต้น [11]

1.2 ผลทางสรีรวิทยาของความร้อน (Physiologic effect of heat)

1.2.1 ระบบไหลเวียนโลหิต (Hemodynamic effect) หลอดเลือดขยายตัว (Vasodilation) และการไหลเวียนโลหิตเพิ่มขึ้น ทำให้เพิ่มเมตาบอลิซึมของเซลล์ และการทำงานของเอนไซม์และเม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้น แต่จะกระตุ้นกระบวนการอักเสบเฉียบพลัน (Acute inflammation) มากขึ้นทำให้เกิดการบวมและเลือดออกง่ายขึ้น

1.2.2 ระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular effect) การทำงานของ muscle spindle group Ia, Ib fiber และ Golgi tendon organ เพิ่มขึ้น และความเร็วของการนำกระแสประสาท (Nerve conduction) เพิ่มขึ้น แต่การเกร็งของกล้ามเนื้อลดลง

1.2.3 ข้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Joint and connective tissue) เมื่อทำการยืดร่วมกับการให้ความร้อน ให้ความยืดหยุ่นของเส้นเอ็นและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเพิ่มขึ้น และลดอาการข้อติด

1.2.4 ผลด้านอื่นๆ (Miscellaneous effect of heat) เมื่อหลอดเลือดขยายตัว ทำให้การไหลเวียนโลหิตเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้การขับสารที่ก่อให้เกิดความเจ็บปวด (Pain mediator) ออกไป กระตุ้นการหลั่งสาร endorphins เพิ่ม pain threshold และช่วยให้กล้ามเนื้อผ่อนคลาย

1.3 ข้อบ่งชี้ของการใช้ความร้อน

ความร้อนต้นและความร้อนลึกมีข้อบ่งชี้เหมือนกัน แตกต่างกันที่ระดับความรู้สึกที่ได้รับ ความร้อน ลดการอักเสบระยะกึ่งเฉียบพลัน ที่เกิดจากการบาดเจ็บหรืออุบัติเหตุ เช่น ลดอาการปวด ข้อยึดติด (Contracture) ที่เกิดจากกล้ามเนื้อและเส้นเอ็น และลดกล้ามเนื้อหดเกร็ง

1.4 ข้อห้ามของการใช้ความร้อน

1.4.1 บริเวณที่มีการอักเสบเฉียบพลัน (Acute inflammation) และการบาดเจ็บของเส้นเอ็นและกล้ามเนื้อระยะแรก (Acute trauma)

1.4.2 บริเวณที่มีการไหลเวียนโลหิตบกพร่อง

1.4.3 ผู้ป่วยที่มีภาวะเลือดออกง่าย

1.4.4 บริเวณที่มีอาการบวม

1.4.5 บริเวณที่มีแผลเป็นขนาดใหญ่ เพราะมีเลือดมาเลี้ยงน้อย ทำให้การถ่ายเทความร้อนไม่ดี

1.4.6 บริเวณที่มีการรับรู้ความรู้สึกผิดปกติ

1.4.7 บริเวณที่เป็นมะเร็ง

1.4.8 ผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการสื่อสาร ไม่สามารถบอกระดับความร้อนได้ [11]

2. การรักษาด้วยความเย็น

2.1 กลไกทางกายภาพของการถ่ายเทพลังงานความเย็น

2.1.1 การนำ (Conduction) เป็นการถ่ายเทพลังงานจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยอาศัยตัวกลางในการนำ เช่น การวางถุงน้ำแข็ง หรือการจุ่มแช่ส่วนของร่างกายในน้ำป่นน้ำแข็ง จะทำให้ร่างกายสัมผัสสภาวะความเย็นโดยตรงเกิดการถ่ายเทพลังงานความร้อนไปสู่วัตถุที่ให้ความเย็น

2.1.2 การระเหย (Evaporation) เป็นเทคนิคที่ใช้สารระเหยเป็นตัวถ่ายเทพลังงาน เช่น การทำให้เย็นด้วย vapocoolant sprays เป็นการใช้สเปรย์สาร fluorimethane ซึ่งจะเก็บไว้ในขวดความดันสูงมีสถานะเป็นของเหลว เมื่อฉีดเข้าผิวหนังสารจะระเหยเป็นก๊าซอย่างรวดเร็วและดึงความร้อนจากผิวออกไป ในขณะที่ระเหยปฏิกิริยาการตอบสนองต่อความเย็นที่ผิวหนังผิวหนังจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเมื่อได้รับความเย็นเฉพาะที่ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง อาจมีสาเหตุจาก O_2 ใน hemoglobin ไม่สามารถทะลุเข้าสู่เซลล์ได้ในภาวะที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นเมื่อเลือดไหลเวียนเข้าสู่ระบบหลอดเลือดดำจึงยังมีระดับ O_2 ในเลือดสูงอยู่ปริมาณการไหลกลับของหลอดเลือดดำ (Venous return) น้อยกว่าปริมาณการไหลเข้าของหลอดเลือดแดง (Arterial inflow) ในบริเวณที่ได้รับความเย็น

2.2 ผลของการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพจากการรักษาด้วยความเย็น

2.2.1 ผลต่อการไหลเวียนเลือด

2.2.2 ผลต่อการลดการอักเสบและลดบวม

2.2.3 ผลต่อกำลังกล้ามเนื้อ

2.2.4 ผลต่อการลดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ

2.2.5 ผลต่อการลดความเจ็บปวด

2.3 ผลทางสรีรวิทยาจากการให้การรักษาด้วยความเย็น

ความเย็นต่อเนื้อเยื่อมีผลกระตุ้นต่อ cold receptor เป็นอันดับแรก ทำให้เกิดหลอดเลือดหดตัวทันทีตามด้วยหลอดเลือดขยายตัว เรียกว่า Hunting reaction ช่วยลด blood circulation exudate หลังได้รับการบาดเจ็บ ลด metabolic rate และ nerve conduction velocity ของเส้นประสาทส่วนปลาย ส่งผลให้ลดอาการปวดและ hypertonicity ได้

2.4 ผลของการใช้ความเย็นมากเกินไปอาจทำให้เกิดการไหม้จากความเย็นบริเวณผิวหนัง ซึ่งสามารถแบ่งตามระดับการไหม้ได้ดังนี้

2.4.1 First-degree damage เช่น tissue appear redness, tissue inflammation และ perhaps mild edema

2.4.2 Second-degree damage เช่น marks edema, blisters และ both edema and blister

2.4.3 Third-degree damage เช่น Necrosis, blue-gray skin color และ damaged blood vessels

2.4.4 Fourth-degree damage เช่น Gangrene และ neurological complication [12, 13]

2.5 ข้อบ่งชี้ของการรักษาด้วยความเย็น

โดยทั่วไปจะใช้การรักษาด้วยความเย็นภายใน 24-48 ชั่วโมงหลังได้รับการบาดเจ็บ (Acute phase) แม้ว่าบางครั้งการรักษาด้วยความเย็นจะทำให้เกิดความไม่สบายในช่วง 2-3 นาทีแรกก็ตาม หลังจากนั้นอาการจะลดลงและสามารถลดอาการปวด บวม อักเสบได้ดี หลังจากผ่าน acute phase จะพิจารณาใช้การรักษาด้วยความร้อนแทน [14] โดยความเย็นจะช่วย Reduction of acute pain, Reduction of local bleeding and swelling, Reduction of muscle spasm, Reduction of temporally muscle spasticity, Reduction of arthritis joint pain, Treatment of acute burn และ Facilitation of motor response and reeducate muscles เป็นต้น

2.6 ข้อควรระวังต่อการรักษาด้วยความเย็น

2.6.1 ผู้ป่วยเคยเกิดอาการ frostbite

2.6.2 เด็กหรือผู้สูงอายุมากๆ

2.6.3 ผู้ป่วย hypersensitive

2.6.4 Undiagnosed skin rash

2.6.5 ผู้ป่วยมีปัญหาระบบไหลเวียนเลือด

2.6.6 ผู้ป่วย Thermoregulation disorder เช่น ผู้ป่วยที่มีอาการชาที่ผิวหนัง

2.6.7 Open wound ภายหลัง 48-72 ชั่วโมง

2.7 ข้อห้ามต่อการรักษาด้วยความเย็น

2.7.1 Raynaud's disease

2.7.2 Cold hypersensitive

2.7.3 Cardiac disorder [12, 13]

3. แผ่นเจลประคบร้อน

ถุงหรือแผ่นประคบความร้อน (Hot pack/ Hydrocollator pack) เป็นแผ่นที่บรรจุสารต่างๆไว้ภายใน เช่น silicon dioxide, Calcium Chloride, Magnesium Sulfate, Sodium Acetate เป็นต้น โดยวิธีใช้แผ่นประคบร้อนคือ นำแผ่นประคบร้อนแช่ในถังอุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส แล้วนำไปห่อผ้าขนหนู 6-10 ชั้น แล้วนำไปวางบริเวณที่จะทำการรักษาเป็นเวลา 20-30 นาที และระหว่างการรักษาควรตรวจสอบบริเวณที่วางแผ่นประคบร้อนทุก 5 นาที [15]

3.1 Silicon dioxide

ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) หรือซิลิกา ประกอบด้วยซิลิคอนผูกกับออกซิเจน และเป็นองค์ประกอบต่างๆ ทั้งแบบธรรมชาติและแบบสังเคราะห์ ซิลิกามีประเภทย่อยสามแบบ ได้แก่ ผลึกไม่มีรูปร่างและสังเคราะห์รูปร่าง เป็นรูปแบบที่พบมากที่สุดของซิลิกาผลึก เรียกว่าควอตซ์ ซึ่งพบได้ในหินและทราย 90 เปอร์เซ็นต์ของเปลือกโลก และพบในธรรมชาติ ได้แก่ ดิน เนื้อเยื่อของร่างกาย อาหาร และผลิตภัณฑ์ต่างๆ ซิลิคอนไดออกไซด์มีการใช้งานหลายด้าน ด้านอุตสาหกรรม เช่น ยา (เช่น Alprazolam โดย Actavis, Oxycodone hydrochloride) อาหารเสริม (เช่น ซิลิกาคอมเพล็กซ์) และเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร พลาสติก เครื่องสำอาง ยาสีฟัน ยาฆ่าแมลง Acaricides การใช้งานด้านชีวการแพทย์ น้ำยาทำความสะอาดรวมทั้งผงซักฟอก และโลหะ [16]

ความเสี่ยงต่อสุขภาพของซิลิคอนไดออกไซด์แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยเฉพาะรูปแบบของซิลิกา ปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ คุณสมบัติ เช่น ขนาดพื้นที่ผิวเฉพาะการเคลือบ จำนวนอนุภาค ความเข้มข้นและระยะเวลาในการสัมผัส ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กล่าวว่า ซิลิคอนไดออกไซด์ และซิลิกาเจล เป็นสารเติมแต่งอาหารโดยทั่วไปจะได้รับการยอมรับว่ามีความปลอดภัย (GRAS) ซึ่งหมายความว่าผู้บริโภคโดยเฉลี่ยจะกินอาหารได้เพียงเล็กน้อยโดยไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพ [17]

คุณสมบัติทั่วไป

สูตรโมเลกุล : SiO_2

น้ำหนักโมเลกุล : 60.1

สถานะ : ของแข็งสีขาว ไม่มีกลิ่น

ความถ่วงจำเพาะ : 2.2-2.6

จุดเดือด : มากกว่า 2,200 °C

จุดหลอมเหลว : 1,713 °C

การละลาย :

- 1) ไม่ละลายน้ำหรือละลายได้น้อย
- 2) ไม่ละลายในกรดทุกชนิด ยกเว้นกรดไฮโดรฟลูออริก (Hydrochloric acid)
- 3) ละลายได้โดยการหลอมกับต่าง

การติดไฟ : ไม่ลุกติดไฟมีหลายขนาดและหลายรูปแบบตามความเหมาะสมกับส่วนต่างๆ ของร่างกาย [18]

3.2 Calcium Chloride

มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว สามารถละลายน้ำได้กลายเป็นสารละลายที่เป็นไอออนิก ขณะที่ละลายน้ำจะคายความร้อนออกมาให้กับแผ่นประคบร้อนได้ถึง 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที โดยที่ไม่ทำให้ผิวหนังไหม้ [19]



รูปที่ 1 สูตรโครงสร้างโมเลกุล Calcium Chloride

ตารางที่ 2.1 Property Value calcium chloride [20]

Property Name	Property Value
Boiling point	1670 °C
Melting Point	772 °C

ประโยชน์แคลเซียมคลอไรด์

- 1) เร่งการแข็งตัวในงานเทคอนกรีตและเพิ่มกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต
- 2) รักษาและยืดอายุผลผลิตทางการเกษตร เช่น ผัก ผลไม้หลายชนิด โดยการฉีดพ่นสารละลายทั้งก่อน และหลังการเก็บเกี่ยว หรือจุ่มผลผลิตในสารละลายโดยตรง
- 3) ดูดซับความชื้นหรือดูดซับน้ำออกจากตัวทำละลายในอุตสาหกรรมบางชนิด
- 4) เพิ่มความกรอบให้แก่ผลไม้ในอุตสาหกรรมอาหารผลไม้กระป๋อง
- 5) เพิ่มความนุ่มของผลิตภัณฑ์เนื้อต่างๆ ในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ เช่น เนื้อโค เนื้อไก่ เป็นต้น
- 6) ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารในอุตสาหกรรมบางชนิด

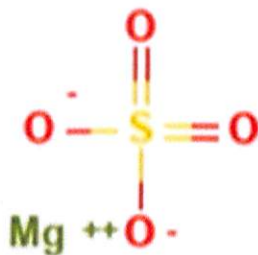
- 7) เพิ่มรสชาติ และสกัดโปรตีนออกจากเนื้อ เช่น การผลิตไส้กรอก การผลิตเนื้อหมักในอุตสาหกรรมอาหารบางชนิด เป็นต้น
- 8) พืชแคลเซียมคลอไรด์
- 9) สามารถกัดกร่อนโลหะให้เกิดสนิม หากใช้ในงานเทศอนกริตมักทำให้คอนกรีตมีการหดตัว และคอนกรีตมีความต้านทานซัลเฟตลดลง
- 10) สารละลายมีฤทธิ์เป็นกรด (กรดไฮโดรคลอริก) ทำให้เกิดการระคายเคืองเมื่อสัมผัส ทั้งบริเวณผิวหนัง และตา หากสัมผัสกับสารละลายที่มีความเข้มข้นมากจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองอย่างรุนแรงทำให้เนื้อเยื่อบริเวณนั้นตายได้
- 11) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ในผลิตภัณฑ์ผัก ผลไม้ และอาหารทุกชนิด อาจมีการตกค้างของคลอรีนทำให้เกิดความเป็นพิษได้ นอกจากนี้ ผลของการตกค้างของคลอรีนมักทำให้อาหารมีกลิ่นไม่น่ารับประทาน และมีรสขม

ข้อควรระวังในการใช้

- 1) ขณะใช้ต้องสวมผ้าปิดจมูก แว่นตากันสารเคมี สวมเสื้อผ้า รองเท้าบูท สวมถุงมือ และอุปกรณ์ป้องกันสารเคมีอื่นๆ ทุกครั้ง
- 2) เมื่อละลายน้ำไม่ควรสูดดม เพราะจะได้รับไอระเหยของคลอรีนได้ง่าย
- 3) ระวังการสัมผัสกับโลหะทุกชนิด เพราะจะเกิดการกัดกร่อน [21]

3.3 Magnesium Sulfate

เป็นสารอีกตัวหนึ่งที่สามารถคายความร้อนได้เมื่อละลายในน้ำ และระยะเวลาในการคายความร้อนนั้นเทียบเท่าได้กับแผ่นประคบร้อนที่ทำจากแคลเซียมคลอไรด์จึงทำให้เกิดสามารถรักษาอาการเจ็บปวดได้ [19]

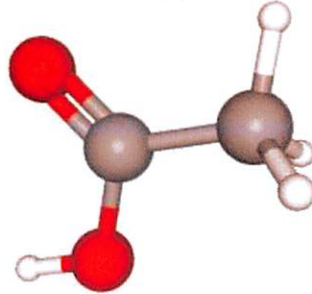


รูปที่ 2 สูตรโครงสร้างโมเลกุล Magnesium sulfate

ตารางที่ 2.2 Property value magnesium sulfate [22]

Property Name	Property Value
Melting Point	1124 °C

3.4 Sodium Acetate



รูปที่ 3 สูตรโครงสร้างโมเลกุล Sodium Acetate

ตารางที่ 2.3 Property value Sodium acetate [23]

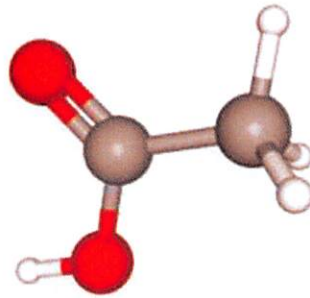
Property Name	Property Value
Topological Polar Surface Area	40.1 A ²
Heavy Atom Count	5
จุดหลอมเหลว	324.0°C

4. แผ่นเจลประคบเย็น

แผ่นประคบเย็นคือ ถุงบรรจุ silica gel หรือ sand-slurry mixture และ Propylene glycol เป็นต้น ซึ่งในแผ่นเจลประคบเย็นประกอบด้วยสารต่างๆ หลายชนิด โดยแผ่นประคบเย็นจะรักษาความเย็นได้ประมาณ 15-20 นาที การเก็บรักษาควรเก็บไว้ในตู้แช่ที่มีอุณหภูมิประมาณ 5 °C แช่ไว้นาน 12 ชั่วโมงก่อนนำออกมาใช้งาน การใช้แผ่นประคบเย็นเพื่อการรักษาทางคลินิกควรห่อด้วยผ้าขนหนูชุบน้ำอุณหภูมิห้องแล้วบิดหมาด เพื่อให้ผู้ป่วยสบายขณะเริ่มในการรักษา ไม่ควรใช้แผ่นประคบเย็นที่มีรอยร้าวเพราะอาจเกิดการระคายเคืองสารเคมีที่อยู่ในถุงแผ่นประคบเย็น

4.1 Ethylene glycol

มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี และมีรสชาติหวาน สารนี้มักถูกใช้เป็นสารกันการแข็งตัวเป็นน้ำแข็งในระบบแอร์ของรถยนต์ เครื่องบิน และมักปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมซึ่งนำไปสู่อันตรายต่อสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 4 โครงสร้างโมเลกุล Ethylene glycol

ตารางที่ 2.4 Property value ethylene glycol [24]

Property Name	Property Value
Boiling Point	197.3°C
Melting Point	-13.0°C

4.2 Propylene glycol

โพรพิลีนไกลคอลเป็นสารเติมแต่งอาหาร (Food additive) สังเคราะห์ ซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีรสชาติดีหวาน และมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ สารนี้มักถูกใช้เป็นสารกันการแข็งตัวเป็นน้ำแข็งในระบบแอร์ของรถยนต์ เครื่องบิน และมักปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ซึ่งนำไปสู่อันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพ คือ เป็นสารละลายน้ำแบบใส ไม่มีสีและไม่มีกลิ่น มีความหนืดเล็กน้อย มีค่า pH ระดับกลาง สามารถละลายในน้ำและแอลกอฮอล์ได้ และถูกใช้เป็นสารป้องกันการแข็งตัวเป็นน้ำแข็งในระบบน้ำดื่ม-น้ำปะปาของประเทศเขตหนาว และในระบบหม้อน้ำรถยนต์ [25, 26]

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (FDA) กำหนดให้โพรพิลีนไกลคอลเป็นสารเติมแต่งอาหารที่มีความปลอดภัยและอนุมัติให้ใช้ในการผลิตอาหาร โดยทำหน้าที่ได้หลากหลาย เช่น สารปรับปรุงเนื้อสัมผัส สารถนอมอาหาร ยืดอายุการเก็บรักษา และตัวทำละลาย (Solvent) หรือเจือจางอาหาร เช่น สารแต่งกลิ่นอาหาร เป็นต้น [17]

การประยุกต์ใช้โพรพิลีนไกลคอล

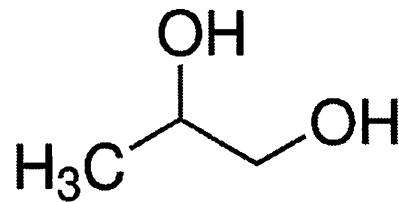
1. ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (Food Additives)
2. ทำหน้าที่เป็นสารเคลือบผิว (Glazing Agent)
3. สารช่วยทำละลายหรือช่วยพา (Carrier Solvent)
4. สารช่วยเก็บความชื้น (Humectant)

5. สารที่ป้องกันการจับตัวเป็นก้อน (Anti-caking agent) ในอาหารประเภท dried soups หรือ grated cheese

6. สารต้านการเกิดออกซิเดชัน (Antioxidant) ซึ่งจะช่วยยืดอายุของอาหาร เนื่องจากช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากออกซิเจน

7. อิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ซึ่งจะช่วยป้องกันการแยกชั้นของอาหาร เช่น น้ำมัน น้ำสลัด เป็นต้น

8. ปรับปรุงเนื้อสัมผัส (Texturizer) ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้ง Stabilizer และ thickener [28]



รูปที่ 5 โครงสร้างทางเคมี Propylene glycol

คุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์

สูตรโมเลกุล: C₃H₈O₂

มวลโมเลกุล (Molecular Weight) คือ 76.095 g/mol

เป็นสารประเภทแอลกอฮอล์

ชื่อตามระบบ IUPAC ว่า propane-1,2-diol

ชื่ออื่น ๆ

1. 1,2-dihydroxypropane
2. 1,2-propanediol
3. methyl glycol
4. trimethyl glycol

ตารางที่ 2.5 Property Value Propylene glycol [25]

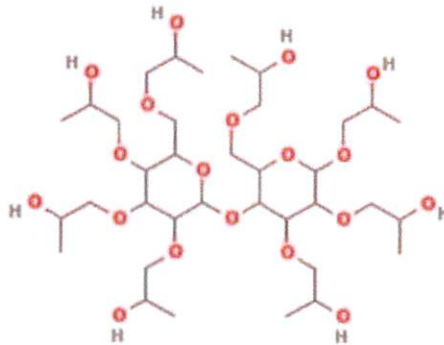
Property Name	Property Value
Boiling Point	187.6 °C
Melting Point	-60.0 °C

5. อุปกรณ์และสารเคมีที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาและรวบรวมสารเคมีและอุปกรณ์ในการผสมเพื่อสร้างเจลที่สามารถเก็บความเย็นและความร้อนได้มาก ให้สามารถคงอุณหภูมิให้ได้ตามระยะเวลาที่ใช้ในการรักษา และเพื่อลดต้นทุนในการผลิตก่อสร้างเจลประคบร้อนและประคบเย็น

5.1 Hydroxyethyl cellulose (HEC)

Hydroxyethyl Cellulose (HEC) สร้างเนื้อเจลไม่มีประจุ (Non-ionic) โดยไม่มีผลกระทบต่อ electrolyte เหมาะกับใช้สร้างเนื้อเจลในสูตรที่มี electrolyte HPMC ซึ่ง HEC มีจุดเด่น ในการช่วยสร้างฟอง ในสูตรทำความสะอาดผิว เช่น แชมพู หรือสบู่เหลว จึงนิยมใช้สร้างเนื้อเจลในแชมพูหรือสบู่เหลว โดยมี สูตรโมเลกุล: C₃₆H₇₀O₁₉



รูปที่ 6 โครงสร้างโมเลกุล Hydroxyethyl cellulose

ตารางที่ 2.6 Property value hydroxyethyl cellulose [27]

Property Name	Property Value
Melting Point	205 °C

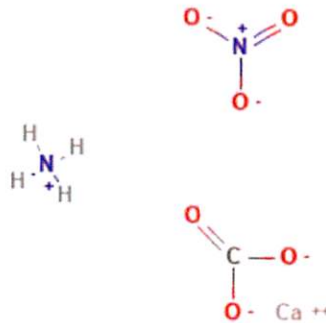
ข้อมูลจำเพาะ

1. ให้ความหนืด ที่ 3,400–5,000 mPa•s (cPs) ที่ระดับ 1% ในน้ำ
2. ละลายและก่อเนื้อเจลที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศา และละลายได้เร็วที่สุดเมื่อ pH ของเหลวอยู่ในช่วง 3-7 (หาก pH สูงกว่านี้ ก็ยังสามารถละลายได้ แต่ต้องใช้เวลา ยาวนานขึ้น)
3. สามารถใช้ในสูตรที่เป็นกรดได้ ต่ำถึง pH 3 และเป็นด่างได้ถึง pH 9
4. ไม่มีกลิ่น

วิธีการใช้: อุ้มน้ำให้ร้อน 70 องศาเซลเซียส ปั่นน้ำและค่อยๆ โปรมผง HEC ลงในน้ำที่กำลังร้อนและปั่นต่อเนื่องจนละลายทั้งหมด จะได้เนื้อเจลหรือปั่นให้กระจายตัวในน้ำเย็น แล้วให้ความร้อนจนถึงระดับ 70 องศาเซลเซียส ในขณะที่กำลังปั่นต่อเนื่อง เมื่อถึงความร้อน 70 องศาเซลเซียส แล้วจึงปิดความร้อนปั่นต่อเนื่องจนเย็น [28]

5.2 Calcium ammonium nitrate

สูตรโมเลกุล $\text{CH}_4\text{CaN}_2\text{O}_6$



รูปที่ 7 โครงสร้างโมเลกุล Calcium ammonium nitrate(29)

5.3 Sodium polyacrylate

เป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่มีสูตรโมเลกุล $[-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CO}_2\text{Na})-]_n$ ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ 100 -1,000 ครั้ง และมักถูกใช้อุตสาหกรรมการผลิตผ้าอ้อม หรือ ผ้าอนามัย และการเกษตร เป็นต้น

ตารางที่ 2.7 Property value calcium ammonium nitrate [30]

Property Name	Property Value
Melting Point	>300 deg C

5.4 แป้งข้าวเหนียว

ข้าวเหนียว ชื่อวิทยาศาสตร์: *Oryza sativa* var. *glutinosa* เป็นข้าวที่มีลักษณะเด่นคือการติดกันเหมือนกาวของเมล็ดข้าวที่สุกแล้ว ปลูกมากทางภาคอีสานของประเทศไทยและประเทศลาว ข้าวเหนียวเป็นที่นิยมบริโภคอย่างกว้างขวางในประเทศ และเป็นอาหารหลักของประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ

แป้งที่ทำมาจากเมล็ดข้าวเหนียว ที่มีลักษณะเป็นผงสีขาว จับแล้วสากมือเล็กน้อย เมื่อนำไปทำให้สุกจะมีลักษณะขุ่นข้น เหนอะหนะ พอแป้งถูกความร้อนจะจับตัวเป็นก้อนค่อนข้าง

เหนียว เหมาะในการนำมาประกอบอาหารที่ต้องการความเหนียวเกาะตัว เช่น ขนมเทียน ขนมถั่วแปบ ขนมต้ม ฯลฯ [34]

5.5 แป้งข้าวโพด

ชื่อสามัญ Corn, Indian corn, Maize

ชื่อวิทยาศาสตร์ Zea mays Linn. จัดอยู่ในวงศ์หญ้า (POACEAE หรือ GRAMINEAE)

[31]

ลักษณะโครงสร้างและปริมาณผลึกของแป้งแต่ละชนิด [32]

ตารางที่ 2.8 ชนิดของแป้ง

ชนิดแป้ง	ความเป็นผลึก (%)	อุณหภูมิการเกิดเจลาตินไนเซชัน (°C)	ปริมาณอะไมโลส (%)
ข้าวเหนียว	37	64.5	–
ข้าวโพด	40	71.3	27
มันสำปะหลัง	38	66.0	20

เมื่อนำแป้งใส่น้ำเย็น เม็ดแป้งดูดซับน้ำได้ในปริมาณจำกัดปริมาณหนึ่งแต่จะยังไม่พองตัวหรือพองตัวได้จำกัดมากและสังเกตได้ยาก การพองตัวของเม็ดแป้งข้าวโพดในน้ำที่อุณหภูมิห้องพบว่า แป้งที่พองตัวมีเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้น 10% และปรากฏการณ์นี้สามารถผันกลับได้ (Reversible) โดยเมื่อนำไปอบแห้งก็จะได้แป้งที่มีลักษณะและคุณสมบัติดั้งเดิม เนื่องจากโมเลกุลอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในส่วนที่เป็น crystallite จับตัวกันอย่างหนาแน่น จึงไม่ละลายในน้ำเย็น แต่น้ำอาจจะซึมเข้าไปในส่วนของเม็ดแป้งซึ่งไม่เป็นระเบียบและมีกลุ่มไฮดรอกซิลอิสระได้บ้าง แต่เมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิหนึ่งประมาณ 60–75°C หรือใช้สารเคมี เช่น ให้ความร้อน 60°C แก่แป้งจะมีผลทำให้การจับยึดกันระหว่างโมเลกุลของแป้งในส่วน crystallite ลดลง เกิดปฏิกิริยาการรับน้ำและการพองตัวของเม็ดแป้ง ซึ่งไม่สามารถผันกลับได้ (Irreversible) และทำให้สารละลายแป้งมีความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น กระบวนการนี้เรียกว่า“เจลาตินไนเซชัน” [10]

การคืนตัวของแป้งสุก (Retrogradation) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อนำแป้งสุกซึ่งร้อนมีอุณหภูมิต่ำลง ขณะที่อุณหภูมิลดลงโมเลกุลอิสระของอะไมโลสซึ่งอยู่ใกล้กันจะเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันและจับตัวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้เกิดสภาพการจัดเรียงตัวของ

โมเลกุลขึ้นใหม่ โดยเปลี่ยนจากลักษณะการกระจายตัวของโมเลกุลมาเป็นส่วนที่เป็น crystallite ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยใช้ X-ray diffraction ถ้าน้ำแข็งสูงมีความเข้มข้นต่ำ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเหล่านี้จะทำให้เกิดลักษณะตะกอนขุ่นขาว แต่ถ้าน้ำแข็งสูงมีความเข้มข้นสูง เช่น แป้งข้าวโพดความเข้มข้น 7% โดยน้ำหนัก จำนวนโมเลกุลที่มาจัดเรียงตัวกันใหม่มีมากและระหว่างเคลื่อนที่เข้ามาจับกันจะสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น และในที่สุดเกิดลักษณะเจลที่อ่อนนุ่ม [33]

5.6 แป้งมันสำปะหลัง

ชื่อสามัญ Cassava, Bitter Cassava, Manioc, Sweet Potato Tree, Tapioca plant,

Yuca

ชื่อวิทยาศาสตร์ Manihot esculenta Crantz

ข้อมูลทางเภสัชวิทยาของมันสำปะหลัง

สารสำคัญที่พบได้แก่ Amento flavone, Linamarin, Linustatin, Glucoside, Querecetin และ Yucalexin

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่พบ มันสำปะหลังมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ต้านเชื้อไวรัส ยับยั้งคอเลสเตอรอลในเลือดสูง ยับยั้งการมีไขมันในเลือดสูง และยับยั้งการสร้างเอนไซม์ของคอเลสเตอรอล แต่มีฤทธิ์ทำลายไตและเป็นพิษต่อปลา

เมื่อปี ค.ศ.1985 ได้มีการศึกษาทดลองในกระต่าย โดยให้กระต่ายกินรากมันสำปะหลังเป็นอาหาร หลังการทดลองพบว่ากระต่ายมีระดับไขมันในเลือดลดลง ปี ค.ศ.1982 ที่ประเทศอินเดีย ได้ทำการศึกษาดูผลของในหนูทดลองที่ถูกกระตุ้นให้มีไขมันในเลือดสูง ด้วยการให้รากมันสำปะหลังเป็นอาหาร หลังการทดลองพบว่าหนูทดลองมีระดับไขมันในเลือดลดลง ปี ค.ศ. 2002 ที่ประเทศเกาหลี ได้ทำการศึกษาดูผลของการลดไขมันในเลือดของมันสำปะหลัง ด้วยการนำแป้งที่ได้จากรากมันสำปะหลังกับไอโซต์ไฟเบอร์ โดยทำการทดลองในหนูแฮมสเตอร์ที่ถูกทำให้อ้วน (ให้อาหารที่มีไขมัน 17% และคอเลสเตอรอล 2% เป็นเวลา 20 วัน) แล้วนำหนูดังกล่าวมาให้มันสำปะหลัง พบว่าหนูทดลองในกลุ่มที่ให้มันสำปะหลัง สามารถลดคอเลสเตอรอลได้ โดยให้มันสำปะหลัง 916 mg./dl และข้าวโอ๊ต 964 mg./dl พบว่าสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลได้ถึง 32.4% ในกลุ่มที่ให้มันสำปะหลัง และลดไขมันได้ 51.7% ในกลุ่มที่ให้ข้าวโอ๊ต และปี ค.ศ.2007 ที่ประเทศบราซิล ได้ทำการศึกษาดูผลในการลดไขมันของใบมันสำปะหลัง จากการทดลองพบสาร Polyphenol และสาร Saponins ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและลดไขมันจำพวกไตรกลีเซอไรด์ คอเลสเตอรอล และไขมันอื่น ๆ โดยการศึกษา

ทดลองกับหนูวิสตราเพศผู้เป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ ด้วยการนำไขมันสำปะหลังมาอบแห้งที่ 30-35 องศาเซลเซียส และนำไขมันสำปะหลังในขนาด 5%, 10%, 15% มาผสมในอาหารที่ให้หนูทดลองกิน ผลการทดลองพบว่าไขมันสำปะหลังขนาด 10% และ 15% สามารถช่วยลดไขมันในเลือดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [34, 35]

5.7 สารกันเสีย

Benzoic acid หรือ Benzene carboxylic acid หรือ Phenyl carboxylic acid มีสูตรโมเลกุล C_6H_5COOH เป็นกรดอ่อนในอาหาร และใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (Food additive) เพื่อเป็นสารกันเสีย (Preservative)

กรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอต เป็นวัตถุกันเสีย และได้ใช้กรดเบนโซอิกเพื่อทดแทนการใช้กรดซาลิซิลิก กรดเบนโซอิก และเกลือเบนโซเอต ที่จำหน่ายในท้องตลาดจะอยู่ในรูปผงผลึกหรือเป็นเกล็ดสีขาว มีน้ำหนักโมเลกุล 121.11 มีจุดหลอมเหลว 122 องศาเซลเซียส และจุดเดือด 249 องศาเซลเซียส สำหรับในรูปของกรดนั้นจะละลายในน้ำได้น้อยมาก แต่จะละลายได้ดีขึ้นในแอลกอฮอล์ อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม และน้ำมัน

ประสิทธิภาพของกรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอตจะสูงที่สุดในช่วงความเป็นกรด มีค่า pH 2.5-4.0 และจะมีประสิทธิภาพสูงในรูปของกรดที่ไม่แตกตัวจึงเหมาะที่จะใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดสูง (Acid food) หรือมีความเป็นกรด-ด่างต่ำ ตัวอย่างเช่น เครื่องดื่มชนิดต่างๆ ทั้งชนิดที่อัดคาร์บอนไดออกไซด์และไม่อัดคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำหวานชนิดต่างๆ น้ำผลไม้ เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ (alcoholic beverage) แยม เยลลี่ ผัก ผลไม้ดอง (pickle) น้ำสลัด พุดดิ้ง และมาการีน เป็นต้น

ประสิทธิภาพของกรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอต วัตถุกันเสียชนิดนี้สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ซึ่งมีผลต่อผนังเซลล์และเอนไซม์ของจุลินทรีย์ โดยเบนโซเอตจะไปทำให้กระบวนการแทรกซึมของอาหารเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ผิดปกติไป ในขณะเดียวกันจะยับยั้งการสร้างเอนไซม์บางชนิดและปฏิกิริยาการทำงานของเอนไซม์ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีพของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญต่อไปได้ [36]

5.8 พลาสติกบรรจุภัณฑ์

5.8.1 พลาสติกวิศวกรรม (Engineering Plastic)

พลาสติกวิศวกรรม คือ โพลีเมอร์สังเคราะห์หรือกึ่งสังเคราะห์ที่ผสมกับสารเติมต่างๆ เพื่อการปรับคุณสมบัติของพลาสติกให้เป็นไปตามที่ต้องการ และนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ด้วยแม่พิมพ์ การรีด การฉีด การอัด เป็นต้น มีหลายชนิด เช่น ไนลอน ขวดน้ำดื่ม พลาสติกยางเทียม เสื้อผ้า ส่วนประกอบเรือ แวนตา อุปกรณ์ภายในรถยนต์ ท่อส่งของเหลว ฯลฯ

5.8.2 สารเติมปรับ คุณสมบัติพลาสติกวิศวกรรม แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ ๆ ดังนี้

1) สารเติมคุณสมบัติด้านต่างๆ (Additives) เช่น สารที่ใช้ป้องกัน UV สารที่เติมเพื่อให้อ่อนตัวหรือสารที่เติมเพื่อให้อ่อนตัวยืดตัวมากขึ้น สารช่วยให้สีในตัวเพื่อการขึ้นรูป สารเติมเพื่อปรับสี สารป้องกันการเสื่อมอายุเร็ว สารเติมเพื่อขยายตัว เช่น โฟม หรือฟองน้ำ

2) สารเสริมแรง (Reinforcements) เป็นสารที่เติมเพิ่มคุณสมบัติทางกลให้กับพลาสติกหรืออาจเรียกว่า พลาสติกผสม เพื่อเพิ่มคุณสมบัติในการรับแรงของพลาสติกให้ดีขึ้น เช่น พลาสติกเสริมเส้นใยแก้ว พลาสติกไฟเบอร์กลาส เป็นต้น

3) สารเพิ่มเนื้อ (Fillers) เป็นสารเติมที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็ได้ จุดประสงค์ที่ใช้เติมเพื่อเพิ่มปริมาณเนื้อพลาสติก ช่วยเสริมคุณสมบัติทางกล ช่วยลดความเปราะให้น้อยลง และช่วยลดต้นทุน

5.8.3 พลาสติกวิศวกรรม ประเภทต่างๆ ได้แก่

1) Polytetrafluoroethylene (PTFE) มีคุณสมบัติพิเศษที่เด่นมาก คือ สามารถทนทานต่อความร้อนได้ดีเยี่ยม โดยที่คุณสมบัติทางกายภาพเชิงกล และไฟฟ้าไม่เปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิประมาณ 260 °C มีความเหนียว ขณะเดียวกันสามารถยืดหยุ่นได้ที่อุณหภูมิต่ำ เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีเยี่ยม เนื้อต่อสารเคมี และไม่สามารถละลายได้เลยในตัวทำละลายใดๆ และเนื่องจาก PTFE มีราคาค่อนข้างแพง การใช้งาน จึงจำกัดเฉพาะงานที่ต้องการความเหนียว สมบัติทางไฟฟ้า และสมบัติความทนทานต่อความร้อนเป็นพิเศษเท่านั้น ตัวอย่างเช่น ใช้ทำภาชนะ ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ใช้หุ้มสายไฟ ใช้ทำภาชนะในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ใช้หุ้มสายไฟฟ้า สายเคเบิล เป็นฉนวนสำหรับมอเตอร์หม้อแปลงไฟฟ้า ขดลวดไฟฟ้า ใช้เคลือบผิวภาชนะหุงต้มกันติด และฉนวนกันความร้อน เป็นต้น

2) High density polyethylene (HDPE) เป็น PE ที่มีความหนาแน่นตั้งแต่ 0.940 g/cm³ ขึ้นไป ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เช่น ถังหูหิ้ว ถังขยะ เป็นต้น

3) Low density polyethylene (LDPE) เป็น PE ที่มีความหนาแน่น 0.910–0.925 g/cm³ ใช้ทำถุงเย็น ถุงซิป พิล์มด้านการเกษตรท่อน้ำหยด พิล์มห่อรัดรูป (shrink film) เป็นต้น

4) Polyamide (Nylon, PA) เป็นเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) จัดอยู่ในกลุ่มพลาสติกวิศวกรรม คุณสมบัติที่สำคัญของ PA คือ เหนียว แกร่ง ขยายตัวได้มาก ทนต่อสารเคมี ทนต่อการขีดข่วน การขัดสี ทนต่อความร้อน และดูดซึมน้ำได้มาก แต่ถ้ามีเปอร์เซ็นต์ของกลุ่ม Amide ในโครงสร้างลดลงจะสามารถลดการดูดน้ำและความชื้นได้ ซึ่งทำให้เสถียรภาพทางโครงสร้าง และทางไฟฟ้าดีขึ้น การใช้งานของ PA กว้างขวางมาก เช่น งานด้านบรรจุภัณฑ์อาหาร โดยผลิตในรูปฟิล์ม เป็นต้น

เจล และค่าอุณหภูมิของเนื้อเยื่อ ผลการวิจัยพบว่า เส้นใยโพลีเมอร์สังเคราะห์ในผ้าอ้อมสำเร็จรูปสามารถนำมาประดิษฐ์เป็นแผ่นเจลได้ มีประสิทธิภาพในการเก็บกักอุณหภูมิ มีระยะเวลาในการเก็บกักอุณหภูมิให้อยู่ในระดับของการบำบัด และสามารถให้ความร้อนต่อเนื้อเยื่อในระดับของการบำบัดอย่างต่อเนื่องนาน 20 นาที เทียบเท่ากับแผ่นเจลมาตรฐานที่มีใช้ในสถานบริการสุขภาพ [8]

ฐนิตา ทวีธรรมเจริญ ได้ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาคุณภาพของแผ่นประคบร้อนและเย็น “ศิริราชเจลลี่แพค” โดยการเปรียบเทียบความสามารถในการเก็บอุณหภูมิร้อนและเย็น ความสามารถในการทนต่อแรงกดทับ การระคายเคือง และการเปรียบเทียบราคากับแผ่นมาตรฐาน โดยทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างอย่างน้อย 3 รุ่นการผลิต รุ่นละ 5 ตัวอย่าง ผลการทดสอบพบว่า การเก็บความเย็น ค่าความสามารถเก็บความเย็นอยู่ในช่วงอุณหภูมิไม่สูงกว่า 10 องศาเซลเซียส ได้นานกว่า 10 นาที ส่วนการเก็บความร้อน ค่าความสามารถในการเก็บความร้อนที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 43 องศาเซลเซียส ได้นานกว่า 10 นาที จากการทดสอบความสามารถในการทนต่อแรงกดทับโดยใช้ Universal Testing machine Instron Model 4206 ที่อุณหภูมิ 26 ± 2 องศา ความเร็วในการกดทับ 10 เมตร/วินาที พบว่าไม่มีความแตกต่างกันกับแผ่นประคบมาตรฐาน ส่วนการทดสอบความระคายเคือง โดยวางแผ่นประคบบริเวณต้นคอ แก้ม หน้าผาก ท้องแขน ท้องน้อย และหลัง โดยทดสอบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงของผิวหนังในบริเวณดังกล่าว ผลการทดสอบพบว่า ไม่พบการระคายเคืองของแผ่นประคบ ส่วนการเปรียบเทียบราคาพบว่า ศิริราชเจลลี่แพคมีราคาถูกกว่าเมื่อใช้การวิเคราะห์ตามหลักเศรษฐศาสตร์ ดังนั้น ศิริราชเจลลี่แพค จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของแผ่นให้ความร้อนเย็น เนื่องจากมีคุณสมบัติไม่แตกต่างจากแผ่นประคบทั่วไปและมีราคาที่ถูกลงกว่า [39]

งานอนามัย กองบริการกลาง สำนักงานวิทยาเขตกำแพงแสน ได้ทำการวิจัยเชิงทดลองเกี่ยวกับเรื่องนวัตกรรมเจลประคบเย็นสำหรับลดอาการปวดและบวมที่สามารถทำได้ด้วยตนเอง โดยนำส่วนผสมอาหารละลายน้ำแล้วเทลงไปในผ้าอ้อมสำเร็จรูปให้ทั่วแล้วแกะเยื่อกระดาษที่ห่อผ้าอ้อมสำเร็จรูปออก จากนั้นนำเจลประคบเย็นที่ได้บรรจุใส่ถุงซิปล็อคให้เต็มพอดี ไล่อากาศออกและปิดปากถุงซิปล็อคให้แน่น หลังจากนั้นนำถุงเจลประคบเย็นที่ได้ไปแช่ในตู้เย็นหรือช่องแช่แข็ง แล้วนำออกจากตู้เย็นแล้วใช้ผ้าห่อไว้ไม่ให้ถุงเจลสัมผัสกับผิวหนังโดยตรง แล้ววางถุงเจลประคบเย็นที่บริเวณที่บาดเจ็บ ครั้งละ 10 - 20 นาที ทำซ้ำทุกๆ 2 ชั่วโมง ใน 24 ชั่วโมงแรก พบว่าเจลประคบเย็นมีประสิทธิภาพในการลดอาการปวดและบวมได้ดี เหมือนกับเจลมาตรฐานที่จำหน่ายตามท้องตลาด โดยผู้เข้าร่วมการทดลองจะถูกประเมินความเจ็บปวดก่อนและหลังใช้

เจ็บประคบเย็น (Pain score) ด้วยเครื่องมือ Wong – Baker Faces Rating Scale พบว่า มีอาการปวดและบวมลดลง ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.66 และความสามารถเก็บความเย็นวัตถุอุณหภูมิ หลังแช่เย็น 3 ชั่วโมงได้ 4.5–6 องศาเซลเซียส และเมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา 1 ชั่วโมง อุณหภูมิของเจลเปลี่ยนเป็น 13.5 14.6 องศาเซลเซียส เพราะฉะนั้นแสดงว่า เจลประคบเย็นที่ประดิษฐ์ขึ้นสามารถรักษาความเย็นได้นานกว่า เนื่องจากเนื้อเจลที่บรรจุมีความหนาแน่นมากกว่า และเมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองประเมินความพึงพอใจการใช้เจลประคบเย็นที่ผลิตขึ้นพบว่า ผู้เข้าร่วมการทดลองมีความพึงพอใจต่อเจล ประคบเย็นมีค่าเฉลี่ย 4.61 คะแนน จากการวิจัยเชิงทดลองดังกล่าวสรุปผลได้ว่า ผู้เข้าร่วมการทดลองมีความพึงพอใจในด้านประสิทธิภาพในการใช้ประคบมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55 คะแนน โดยหัวข้อที่มีความพึงพอใจสูงสุด คือ เจลประคบเย็นไม่ทำให้ระคายเคืองผิวหนัง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.76 คะแนน และมีความพึงพอใจต่อเจลประคบเย็นนี้โดยภาพรวม เจลประคบเย็นสามารถนำกลับมาใช้งานได้อีก และควรทำเจลประคบเย็นรูปแบบนี้ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองใช้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 คะแนน และเห็นได้ว่า เจล ประคบเย็นที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้สามารถลดอาการปวดและบวมได้จริง และสามารถเก็บรักษาความเย็นได้ดีกว่าเจลประคบมาตรฐานสำเร็จรูปที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป แต่เพื่อให้เกิดความพึงพอใจและมีประสิทธิภาพมากขึ้นควรมีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อลดขอบมุม และวัสดุที่ใช้บรรจุที่หนาแน่นไม่รั่วซึม ตลอดจน สี สันที่สวยงามน่าใช้ ผลิตรูปแบบให้เหมาะสมกับตำแหน่งบริเวณประคบแต่ละจุด และวัสดุห่อหุ้มที่สวยงามต่อไป [40]

กมลพร คงนิลมณี และคณะได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการคัดเลือกชนิดของพอลิเมอร์ที่เหมาะสมต่อการกักไฮโดรเจล สัดส่วนและปริมาณของพอลิเมอร์ที่เลือกใช้ ผลของปริมาณเกลือที่เหมาะสมต่อปริมาณไฮโดรเจล ลักษณะทางกายภาพของไฮโดรเจล ปริมาณน้ำในสูตรไฮโดรเจล การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแผ่นแปะไฮโดรเจลเมื่อเกิดปฏิกิริยาคายหรือดูดความร้อนกับเกลือที่เลือกใช้ เพื่อพัฒนาแผ่นแปะผิวหนังที่สามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสำหรับบรรเทาอาการฟกช้ำ โดยใช้กลไกของการดูดความร้อนและคายความร้อน ซึ่งมีแผ่นแปะทั้งหมดประกอบไปด้วย พอลิเมอร์ 2 ชนิด ส่วนที่หนึ่งประกอบด้วย ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส และเจลาติน ส่วนที่สองประกอบด้วย แผ่นแปะร้อนจะใช้เกลือแคลเซียมคลอไรด์ และแผ่นแปะเย็นจะใช้เกลือแอมโมเนียมไนเตรต ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า สูตรแผ่นแปะไฮโดรเจลที่คุณสมบัติทางกายภาพที่ดี ปริมาณน้ำที่เหมาะสมและสามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ตามที่ต้องการ คือ ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส 6.67% เจลาติน 3.33% กลีเซอริน 2% เมทิลพาราเบน 0.1% โพรพิลพาราเบน 0.02% โดยน้ำหนัก และน้ำส่วนที่เหลือปริมาณเกลือที่เหมาะสม คือ 8 กรัมต่อแผ่น โดยแผ่นแปะร้อนสามารถให้อุณหภูมิที่ 33 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 20

นาที และให้อุณหภูมิสูงสุด 41.03 ± 0.05 องศาเซลเซียส และแผ่นแปะเย็นสามารถให้
อุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิผิวหนัง ได้นานกว่า 10 นาที และให้อุณหภูมิต่ำสุด 25.37 ± 0.05
องศาเซลเซียส [41]

บทที่ 3

วัสดุและอุปกรณ์

การวิจัยนี้เป็นการทดลองนำแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลังมาเป็นส่วนประกอบการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบที่สามารถประคบได้ทั้งร้อนและเย็น ที่มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม และมีระยะเวลาในการรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม เทียบเท่ากับแผ่นประคบแบบมาตรฐาน และนำเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบไปทดสอบความระคายเคืองต่อผิว รวมถึงทดสอบอุณหภูมิผิวหนังเมื่อวางเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ โดยทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการสาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่สำคัญ

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแผ่นเจลประคบร้อนและเย็น

1.1 แป้งชนิดต่างๆ ประกอบด้วย

1.1.1 แป้งข้าวโพด	200	กรัม
1.1.2 แป้งข้าวเหนียว	1	กิโลกรัม
1.1.3 แป้งมันสำปะหลัง	980	กรัม

1.2 Propylene glycol

100 กรัม

1.3 Silicon dioxide

1 กิโลกรัม

1.4 Hydroxyethyl Cellulose (HEC)

100 กรัม

1.5 Sodium polyacrylate

100 กรัม

1.6 Calcium chloride

500 กรัม

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2.1 แผ่นเจลประคบร้อนมาตรฐาน

1 แผ่น

2.2 ถูงชิปส์ออค

100 ถูง

2.3 เทอร์มิเตอร์แบบอัตโนมัติ

1 ชิ้น

2.4 นาฬิกาจับเวลา

1 เครื่อง

2.5 เครื่องชั่ง

2 เครื่อง

2.6 ปีกเกอร์

15 ใบ

2.7	แท่งคนสาร	6	แท่ง
2.8	เครื่องกวนสารให้ความร้อน (Hotplate Stirrer)	2	เครื่อง
2.9	เครื่องวัดอุณหภูมิชนิดดิจิตอล	1	เครื่อง
2.10	Thermometer	1	อัน
2.11	เครื่องชั่งถุงพลาสติก	1	เครื่อง
2.12	เครื่องปั่น	1	เครื่อง
2.13	ถุงพลาสติก	100	ใบ
3.	เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล		
3.1	แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 1 สร้างเจลตั้งต้น	10	ชุด
3.2	แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 2 สร้างเจลที่มี	27	ชุด
ส่วนผสมของแป้งธรรมชาติ			
3.3	แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 3 สร้างเจลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะกายภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	52	ชุด
3.4	แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 4 เปรียบเทียบระยะเวลาและอุณหภูมิของเจลต้นแบบ	10	ชุด
3.5	แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 5 การทดสอบการระคายเคือง	10	ชุด
3.6	แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 6 การทดสอบอุณหภูมิของผิวหนังต่อการรักษาของแผ่นเจลประคบร้อนและเย็น	10	ชุด

2. การศึกษาทดลอง

2.1 การเตรียมการ

2.1.1 ค้นหาข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาแผ่นประคบร้อนและแผ่นประคบเย็นและส่วนประกอบของเจลประคบร้อนและเย็นที่มีความน่าเชื่อถือ จากนั้นรวบรวมข้อมูลที่ได้และสรุปข้อมูลงานวิจัยต่างๆ

2.1.2 สืบค้นข้อมูลต่างๆ ในเรื่องของจุดเดือด จุดหลอมเหลว และคุณสมบัติต่างๆ เกี่ยวกับส่วนประกอบของเจลประคบร้อนและประคบเย็น เพื่อเลือกสารประกอบที่เหมาะสมต่อการตั้งสูตรเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ (UP Gel Pack) ซึ่งคือสารเคมีต่างๆ ได้แก่ Hydroxyethyl cellulose (HEC), Propylene glycol, Sodium polyacrylate, Silicon dioxide,

Calcium ammonium nitrate แบ่งชนิดต่างๆ ได้แก่ แบ่งข้าวโพด แบ่งข้าวเหนียว แบ่งมันสำปะหลัง สารกันบูด และพลาสติกบรรจุภัณฑ์

2.1.3 จัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ และสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง

2.14 ทำการทดลองหาสูตรที่เหมาะสมสำหรับเจลประคบร้อนและเย็น โดยเปรียบเทียบกับแผ่นประคบมาตรฐาน

2.2 การศึกษาทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการคิดค้นสูตรเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ (UP Gel Pack) ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการรักษาทางกายภาพบำบัดเทียบเท่ากับสูตรเจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐาน โดยแบ่งเป็น 6 การวิจัยย่อยทั้งหมด ดังนี้

การวิจัยที่ 1 สร้างเจลประคบร้อนและเย็นตั้งต้น

1) กำหนดสูตรเจลตั้งต้น โดยมีส่วนประกอบ คือ สารก่อกเจล และตัวทำละลายต่างๆ

2) โดยทดลองนำสารเคมีชนิดต่างๆ ได้แก่ Hydroxyethyl cellulose (HEC), Sodium polyacrylate มาตั้งสูตรเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ (UP Gel Pack) ทั้งหมดจำนวน 11 สูตร ได้แก่ สูตร UP01-UP11 เพื่อศึกษาความคงตัวของกายภาพ ได้แก่ การแยกตัวของเจล เหลวลง จับตัวเป็นก้อน เป็นต้น

3) บันทึกผลการทดลองในตารางแบบบันทึกผลการทดลองที่ 1 (ภาคผนวก แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 1 สร้างเจลประคบร้อนและเย็นตั้งต้น)

4) นำเจลตั้งต้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ไปทดลองต่อในการวิจัยที่ 2

การวิจัยที่ 2 สร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่มีส่วนผสมของแป้งธรรมชาติ

1) นำเจลตั้งต้นที่เหมาะสมจากการวิจัยที่ 1 มาผสมรวมกับแป้งธรรมชาติ ได้แก่ แบ่งข้าวโพด แบ่งข้าวเหนียว และแบ่งมันสำปะหลัง เพื่อมาตั้งสูตรเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ (UP gel pack) โดยมีทั้งหมดจำนวน 21 สูตร ได้แก่ สูตร UP12-UP32 เพื่อศึกษาความคงตัวของกายภาพ ได้แก่ การแยกตัวของเจล เหลวลง จับตัวเป็นก้อน เป็นต้น

2) บันทึกผลการทดลองในตารางแบบบันทึกผลการทดลองที่ 2 (ภาคผนวก แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 2 สร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่มีส่วนผสมของแป้งธรรมชาติ)

3) นำเจลตั้งต้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ไปทดลองต่อในการวิจัยที่ 3

การวิจัยที่ 3 สร้างเจลที่ไม่มี การเปลี่ยนแปลงลักษณะกายภาพเมื่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

1) นำเจลตั้งต้นจากที่มีส่วนผสมของแป้งธรรมชาติจากวิจัยที่ 2 ผสมสารเคมีชนิดต่างๆ ได้แก่ Propylene glycol, Silicon dioxide, Calcium chloride มาตั้งสูตรเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ (UP Gel Pack) ไว้ทั้งหมดจำนวน 35 สูตร ได้แก่ สูตร UP33-UP67

2) ศึกษาลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม โดยไม่เปลี่ยนแปลงจากเจลเป็นก้อน เจลแข็งหรือมีเกล็ดน้ำแข็งเมื่อนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนแปลงเป็นเจลเหลวเมื่อแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา เวลา 10 นาที

3) บันทึกผลการทดลองในตารางแบบบันทึกผลการทดลองที่ 3 (ภาคผนวก แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 3 สร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่ไม่มี การเปลี่ยนแปลงลักษณะกายภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ)

4) ปรับปรุงสูตรเจลประคบร้อนและเย็นให้มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม เช่น มีลักษณะที่หนืด ใส และไม่จับตัวเป็นก้อน เป็นต้น

5) นำเจลตั้งต้นที่ไม่มี การเปลี่ยนแปลงลักษณะกายภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร้อนหรือเย็นไปทดลองต่อในการวิจัยที่ 4

การวิจัยที่ 4 เปรียบเทียบระยะเวลาและอุณหภูมิของเจลต้นแบบ (UP Gel Pack) และเจลมาตรฐาน

นำสูตรเจลที่มีลักษณะกายภาพที่เหมาะสม (จากงานวิจัยที่ 3) มาทดสอบความสามารถในการเก็บความเย็นและความร้อน ลงในแบบทดสอบทดสอบการเก็บความเย็นและความร้อน (Cold and Heat Retention Test) โดยการทดสอบ Cold retention ทดสอบ 3 สภาวะ ได้แก่ แช่ในช่องแช่แข็ง 2 ชั่วโมง แช่ในตู้เย็น 4 ชั่วโมง และแช่ในน้ำแข็ง 20 นาที จากนั้นวัดอุณหภูมิทุกๆ นาที เพื่อบันทึกระยะเวลาการเก็บอุณหภูมิของแผ่นเจลประคบเย็นและการทดสอบ Heat retention ทดสอบโดยแช่ในน้ำอุณหภูมิ 95-100 °C เป็นเวลา 5 นาที แช่ในน้ำอุณหภูมิ 70-80 °C เป็นเวลา 7 นาที และแช่ในน้ำ 1,000 มิลลิลิตรในกล่องพลาสติก จากนั้นนำเข้าเครื่องไมโครเวฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 2 นาที ดังในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4 (ภาคผนวก แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 4 เปรียบเทียบระยะเวลาและอุณหภูมิของเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ (UP Gel Pack) และเจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐาน Cold and Heat Retention Test Criteria)

การวิจัยที่ 5 การทดสอบการระคายเคือง

ทำการทดสอบโดยวางแผ่นเจลประคบร้อนและเย็นบริเวณส่วนต่างๆ ของร่างกายที่มีความอ่อนโยน เช่น บริเวณต้นคอ แก้ม หน้าผาก ท้องแขน ท้องน้อย และหลัง

โดยวางแผ่นเจลประคบร้อนและเย็นที่ได้จากการวิจัยที่ 4 บนตำแหน่งที่กำหนดทดสอบ เป็นเวลารวม 1 ชั่วโมง ในอาสาสมัครจำนวน 10 คน แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงของผิวหนังในบริเวณดังกล่าว หากเกิดการระคายเคืองต่อผิว อาจแสดงอาการ เช่น มีผิวหนังมีสีแดง อาการคัน มีตุ่มขึ้นบริเวณผิวหนัง หรือผื่น และมีอาการแพ้อื่นๆ เช่น หายใจไม่ออก เป็นต้น

เกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัครเข้าร่วมการทดสอบ

1. ไม่จำกัดเพศ อายุระหว่าง 18-23 ปี
2. ไม่มีมีความผิดปกติของการรับความรู้สึก
3. ไม่มีใช้
4. ไม่มีแผลหรือผิวหนังถลอกบริเวณใดบริเวณหนึ่งที่ใช้ในการทดสอบ
5. ไม่มีปัญหาด้านการสื่อสาร

การวิจัยที่ 6 การทดสอบอุณหภูมิของผิวหนังต่อการรักษาของแผ่นเจลประคบร้อนและเย็น

ทำการทดสอบโดยวางแผ่นประคบร้อนที่บริเวณน่อง และวางแผ่นประคบเย็นที่บริเวณด้านท้องแขน เพื่อวัดอุณหภูมิบนผิวหนังเปรียบเทียบระหว่าง UP Gel Pack และแผ่นประคบร้อนและเย็นแบบมาตรฐาน และทำการวัดอุณหภูมิบนผิวหนังทุกๆ 5 นาที เป็นเวลา 30 นาที

เกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัครเข้าร่วมการทดสอบ

1. ไม่จำกัดเพศ อายุระหว่าง 18-23 ปี
2. ไม่เคยมีประวัติการแพ้จากการรักษาประคบร้อนและเย็น
3. ไม่มีใช้
4. ไม่มีแผลหรือผิวหนังถลอกบริเวณใดบริเวณหนึ่งที่ใช้ในการทดสอบ
5. ไม่มีปัญหาด้านการสื่อสาร
6. ไม่เป็นมะเร็งบริเวณที่ทำการวางแผ่นเจลประคบร้อนและเย็น

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้จะถูกนำมาวิเคราะห์โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS และใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้
2. สถิติพรรณนา (Descriptive statistics) เพื่อพรรณนาข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร โดยรายงานในรูปแบบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
3. หากข้อมูลกระจายตัวปกติใช้สถิติ Independent sample t-test เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลในการเปรียบเทียบความสามารถของการเก็บความร้อน (Heat retention) และความเย็น (Cold retention) ระหว่างเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ กับเจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐาน โดยพิจารณาระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $\alpha = 0.05$
4. หากข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติใช้สถิติ Mann-Whitney U Test เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลในการเปรียบเทียบความสามารถของการเก็บความร้อน (Heat retention) และความเย็น (Cold retention) ระหว่างเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ กับเจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐาน โดยพิจารณาระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $\alpha = 0.05$

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การรักษาด้วยการประคบร้อนและเย็นเป็นการรักษาที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทางคลินิก ซึ่งราคาตามท้องตลาดนั้นแตกต่างกันตามยี่ห้อ ซึ่งสารประกอบส่วนใหญ่เป็นสารเคมี และไม่มีส่วนผสมของธรรมชาติ การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสูตรเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ (UP Gel Pack) ที่มีส่วนผสมของแป้งธรรมชาติที่มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมต่อการรักษาทางกายภาพบำบัดทางคลินิก ทดสอบการระคายเคือง และเปรียบเทียบระยะเวลาในการคงอุณหภูมิของเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ (UP Gel Pack) และแผ่นเจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐาน (Standard product) เพื่อใช้รักษาทางกายภาพบำบัดตามครัวเรือน ลดต้นทุนการผลิต

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการคิดค้นสูตรเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ (UP Gel Pack) ที่มีคุณสมบัติการรักษาทางกายภาพบำบัดเทียบเท่ากับสูตรเจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐาน โดยแบ่งเป็น 6 การวิจัยย่อย ซึ่งผลการศึกษาดังรายละเอียดนี้

ผลการทดลองงานวิจัยที่ 1 ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นตั้งต้น

จากผลการวิจัยที่ 1 ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นตั้งต้นเมื่อนำสาร Hydroxyethyl Cellulose (HEC) และ สาร Sodium polyacrylate นำมาละลายในน้ำในอัตราส่วนต่างๆ ได้ทั้งหมด 11 สูตร ได้แก่ UPO1–UP11 พบว่าสูตรเจล UPO1, 02, 03, 05, 06 ,07, 10 และ 11 มีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำมาพัฒนาเจลประคบ แต่ผู้วิจัยเลือกสูตร UPO7 ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพของแป้งที่เหมาะสมไปใช้ในการทดลองงานวิจัยที่ 2 เนื่องจากแป้งมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน มีความเหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับรูปร่างไปตามภาชนะที่ใส่ได้ปานกลาง ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับแผ่นประคบ Siriraj Cold Hot Pack จากงานวิจัยของ รุณิดา ทวีธรรมเจริญ ซึ่งใช้เป็นแผ่นประคบอ้างอิง ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวพบว่าเป็นลักษณะของแผ่นเจลประคบมีคุณสมบัติเหมาะสม (ดังตารางที่ 4.1)

ส่วนสูตรเจลประคบ UPO4, 08 และ 09 มีลักษณะของเจลที่มีคุณสมบัติแตกต่างจากแผ่นเจลประคบอ้างอิงจึงไม่ถูกนำมาพิจารณาในการสร้างเจลประคบร้อนและเย็น (ดังตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นตั้งต้น

สูตร	ลักษณะเนื้อเจล	สรุปผลการทดลอง
Hydroxyethyl Cellulose (HEC)		
UP01	มีลักษณะใส เหนียวหนืด แต่สามารถปรับรูปร่างไปตาม ภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	เหมาะสม
UP02	มีลักษณะใส เหนียวหนืด แต่สามารถปรับรูปร่างไปตาม ภาชนะที่ใส่ได้ปานกลาง	
UP03	มีลักษณะใส เหนียวหนืดมาก แต่สามารถปรับรูปร่างไป ตามภาชนะที่ใส่ได้ยาก	
UP04	มีลักษณะใส เหนียวหนืดมากที่สุด และสามารถปรับ รูปร่างไปตามภาชนะที่ใส่ได้ยากมาก	ไม่เหมาะสม
Sodium polyacrylate		
UP05	มีลักษณะเป็นเนื้อสีขาวขุ่นไม่เป็นเนื้อเดียวกัน เหนียวหนืด มาก และสามารถปรับรูปร่างไปตามภาชนะที่ใส่ได้	เหมาะสม
UP06	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน สีขาวขุ่น มีความเหนียวหนืด เล็กน้อยและสามารถปรับรูปร่างไปตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	เหมาะสม
Hydroxyethyl Cellulose (HEC) + Sodium polyacrylate		
UP07	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่น เหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับรูปร่างไปตามภาชนะที่ใส่ได้ปานกลาง	เหมาะสม
UP08	มีลักษณะเป็นก้อนสีขาวขุ่นเป็นเนื้อเดียวกัน เหนียวหนืด มาก และสามารถปรับรูปร่างไปตามภาชนะที่ใส่ได้ยาก	ไม่เหมาะสม
UP09	มีลักษณะเป็นก้อนสีขาวขุ่นไม่เป็นเนื้อเดียวกัน เหนียวหนืด มาก และสามารถปรับรูปร่างไปตามภาชนะที่ใส่ได้ยาก มาก	ไม่เหมาะสม
UP10	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวใส แต่มีลักษณะเป็นก้อน ขาวขุ่นบ้างเล็กน้อย มีความเหนียวหนืดเล็กน้อย และ สามารถปรับรูปร่างไปตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	เหมาะสม

ตารางที่ 4.1 ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นตั้งต้น (ต่อ)

สูตร	ลักษณะเนื้อเจล	สรุปผลการทดลอง
Hydroxyethyl Cellulose (HEC) + Sodium polyacrylate		
UP11	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวใส แต่มีลักษณะเป็นก้อนขาวขุ่นบ้างเล็กน้อยมีความเหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับรูปร่างไปตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	เหมาะสม

ผลการทดลองงานวิจัยที่ 2 ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่มีส่วนผสมของแป้งธรรมชาติ

จากผลการวิจัยที่ 2 การสร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่มีส่วนผสมของแป้งธรรมชาติ พบว่า เมื่อนำสูตรเจลจากผลการวิจัยที่ 1 (UP07) มาผสมกับแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวโพดที่ผ่านการทำละลายและผ่านกระบวนการ Gelatinization ได้สูตรเจลทั้งหมด 21 สูตร ได้แก่ UP12-UP32 พบว่า สูตรที่เหมาะสมที่สุด (สูตร UP07) ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง คือสูตร UP27 คือมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีใส เหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย ซึ่งเป็นสูตรที่ใกล้เคียงกับลักษณะของแผ่นเจลประคบอ้างอิง (Siriraj Cold Hot Pack) มากที่สุดเหมาะสมในการทำเจลประคบมากที่สุด (ดังตารางที่ 4.2)

ส่วนสูตร UP12-UP26 และ UP28-32 มีลักษณะเจลที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมต่อการแผ่นเจลประคบจึงไม่นำมาใช้ในการพัฒนา (ดังตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่มีส่วนผสมของแป้งธรรมชาติ

สูตร	ลักษณะเนื้อเจลก่อนแช่ร้อนและเย็น	สรุปผลการทดลอง
2 + แป้งข้าวโพด		
UP12	ลักษณะแป้งข้าวโพดเมื่อผ่านกระบวนการทำแป้งสุกพบว่าใช้เวลาในการต้มสุกนาน และมีเนื้อสีขาวขุ่น ไม่เหนียวหนืด เมื่อทิ้งไว้ 10 นาทีมีการแยกเป็นชั้นระหว่างสารละลายและเนื้อแป้ง ไม่มีมีความเหนียวหนืด และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	ไม่เหมาะสม
UP13		
UP14		
UP15		
UP16		
UP17		
UP18		
UP19	แป้งข้าวเหนียวเมื่อผ่านกระบวนการทำแป้งสุกพบว่าใช้ระยะเวลาต้มสุกนาน เนื้อสีขาวขุ่นแยกตัวเป็นชั้น ละลายได้ยากมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่น แต่มีลักษณะเป็นก้อนขาวขุ่นบ้างเล็กน้อยมีความเหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับรูปร่างไปตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	ไม่เหมาะสม
UP20		
UP21		
UP22		
UP23		
UP24		
UP25		
2 + แป้งมันสำปะหลัง		
UP26	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีใส เหนียวหนืดเล็กน้อย และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	ไม่เหมาะสม
UP27	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีใส เหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	เหมาะสม
UP28	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีใส เหนียวหนืดเล็กน้อย และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	ไม่เหมาะสม
UP29	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีใส เหนียวหนืดมาก และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ยาก	

ตารางที่ 4.2 ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่มีส่วนผสมของแป้งธรรมชาติ (ต่อ)

สูตร	ลักษณะเนื้อเจล	สรุปผลการทดลอง
2 + แป้งมันสำปะหลัง		
UP30	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีใส เหนียวหนืดเล็กน้อย และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	ไม่เหมาะสม
UP31	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีใส เหนียวหนืดมาก และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ยาก	
UP32	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีใส เหนียวหนืดเล็กน้อย และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	

ผลการทดลองงานวิจัยที่ 3 ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะกายภาพ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

จากการทดลองงานวิจัยที่ 3 สร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะกายภาพ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ซึ่งทดลองนำแผ่นประคบร้อนแช่น้ำอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และการทดลองแช่แผ่นประคบเย็นในตู้ทำความเย็นอุณหภูมิ -5 องศาเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ทดลองโดยนำเจลที่มีส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลัง (UP27) ผสมกับสารละลาย Propylene glycol สาร Silicon dioxide และ สาร Calcium chloride ได้ทั้งหมด 35 สูตร ได้แก่ UP33-UP67 โดยนำเจลแต่ละสูตรมาทำการดูลักษณะเนื้อเจลก่อนการแช่ร้อนและเย็น และหลังการแช่ร้อนและเย็น พบว่า สูตร UP44 ก่อนการแช่ร้อนและเย็น มีลักษณะเนื้อเจลเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่น เหนียวหนืดปานกลาง สามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ปานกลาง และหลังจากการแช่ร้อนและเย็น เนื้อเจลมีลักษณะความหนืดปานกลางเหมาะกับการเป็นเจลประคบร้อนและเย็น (ตารางที่ 4.3)

ผู้วิจัยได้พัฒนาสูตรเจล UP44 ให้มีลักษณะใสและหนืดมากขึ้น เนื่องจากเมื่อนำสูตรดังกล่าวมาขึ้นรูปเป็นแผ่นที่มีขนาดมาตรฐานจะมีลักษณะขุ่นและเหลวจนเกินไป ไม่คงรูปร่าง จึงทำการทดลองเพิ่มเติมโดยทดลองไม่ใส่ส่วนผสมของ Sodium polyacrylate อีก 35 สูตร เนื่องจากสารดังกล่าวทำให้เจลมีสีขาวขุ่น ผลการทดลองทำให้ได้เจลที่มีลักษณะที่เหมาะสมต่อการนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นเจลที่มีขนาดและปริมาณเทียบเท่ากับแผ่นเจลอ้างอิง (Siriraj Cold Hot

Pack) โดยสูตรเจลดังกล่าวประกอบไปด้วยส่วนผสมของ Hydroxyethyl Cellulose (HEC) ปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ แป้งมันสำปะหลัง สาร Propylene glycol สาร Silicon dioxide และสาร Calcium chloride (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะกายภาพ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

สูตร	ลักษณะเนื้อเจล			สรุปผลการทดลอง
	ก่อนการแช่ร้อนและเย็น	หลังการแช่ร้อนและเย็น		
		ร้อน	เย็น	
3 + Propylene glycol				
UP33	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่น	มีความหนืดปานกลาง		ไม่เหมาะสม
UP34	เหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	หนืดปานกลาง	แข็ง	
3 + Silicon dioxide				
UP35	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่น	มีความหนืดปานกลาง		ไม่เหมาะสม
UP36	เหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	หนืดปานกลาง	แข็ง	
UP37	ปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	ปานกลาง		
3 + Calcium chloride				
UP38	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่น	มีความหนืดปานกลาง		ไม่เหมาะสม
UP39	เหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	หนืดปานกลาง	แข็ง	
3 + Propylene glycol + Silicon dioxide + Calcium chloride				
UP40	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่น	มีความหนืดเล็กน้อย	อ่อนนุ่ม	ไม่เหมาะสม
UP41	เหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	เหลว		

ตารางที่ 4.3 ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะกายภาพ
เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (ต่อ)

สูตร	ลักษณะเนื้อเจล			สรุปผล การ ทดลอง
	ก่อนการแช่ร้อนและเย็น	หลังการแช่ร้อนและเย็น		
		ร้อน	เย็น	
3 + Propylene glycol + Silicon dioxide + Calcium chloride				
UP42	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่น เหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับ รูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	เหลว		ไม่ เหมาะสม
UP43	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่น เหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับ รูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	เหลว		
UP44	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่น เหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับ รูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ปานกลาง	มีความ หนืด ปานกลาง	อ่อนนุ่ม	เหมาะสม
UP45	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่น เหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับ รูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	เหลว		ไม่ เหมาะสม

ตารางที่ 4.3 ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะกายภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (ต่อ)

สูตร	ลักษณะเนื้อเจล			สรุปผล การ ทดลอง
	ก่อนการแช่ร้อนและเย็น	หลังการแช่ร้อนและเย็น		
		ร้อน	เย็น	
3 + Propylene glycol + Silicon dioxide + Calcium chloride				
UP46	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่นเหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	เหลว	อ่อนนุ่ม	ไม่ เหมาะสม
UP47	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่นเหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	เหลว	แข็ง	ไม่ เหมาะสม
UP48				
UP49				
UP50	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่นเหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	เหลว	อ่อนนุ่ม	เหมาะสม
UP51	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่นเหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ปานกลาง	หนืดปานกลาง	อ่อนนุ่ม	เหมาะสม
3 + Propylene glycol+ Silicon dioxide				
UP52	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่นเหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	มีความหนืดปานกลาง	แข็ง	ไม่ เหมาะสม
UP53				
UP54				
UP55				
UP56				
UP57		เหลว		
3 + Propylene glycol + Calcium chloride				
UP58	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่นเหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	เหลว	แข็ง	ไม่ เหมาะสม
UP59				

ตารางที่ 4.3 ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะกายภาพ
เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (ต่อ)

สูตร	ลักษณะเนื้อเจล			สรุปผล การ ทดลอง
	ก่อนการแช่ร้อนและเย็น	หลังการแช่ร้อนและเย็น		
		ร้อน	เย็น	
3 + Propylene glycol + Calcium chloride				
UP60	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่น เหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับ รูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	เหลว	อ่อนนุ่ม	ไม่ เหมาะสม
UP61		มีความ หนืด ปานกลาง เหมาะกับการ เป็นเจล ประคบร้อน		
3 + Silicon dioxide + Calcium chloride				
UP62	มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีขาวขุ่น เหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับ รูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย	เหลว	อ่อนนุ่ม	ไม่ เหมาะสม
UP63			แข็ง	ไม่ เหมาะสม
UP64				
UP65				
UP66				
UP67				

ผลการทดลองงานวิจัยที่ 4 เปรียบเทียบความสามารถในการเก็บอุณหภูมิความเย็นของเจล
ประคบร้อนและเย็นต้นแบบ (UP Gel Pack) และ เจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐาน (Standard
product)

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเก็บความเย็นของเจลประคบเย็นต้นแบบ (UP Gel
Pack) และเจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐาน (Standard product) ทั้ง 3 สภาวะ ได้แก่ แช่ในช่อง
แช่แข็ง 2 ชั่วโมง แช่ในตู้เย็น 4 ชั่วโมง และแช่ในน้ำแข็ง 20 นาที จากนั้นวัดอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที
เป็นเวลา 30 นาที เพื่อบันทึกระยะเวลาการเก็บอุณหภูมิของแผ่นเจลประคบเย็นเปรียบเทียบ

กัน พบว่า การทดลองแช่แผ่นประคบร้อนและเย็น ที่ช่อง Freezer ของตู้เย็น เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ดังตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบความสามารถในการเก็บความเย็น (Cold retention) ของเจลประคบเย็นต้นแบบ (UP Gel Pack) และ เจลประคบเย็นมาตรฐาน (Standard product)

Sample	Mean±SD (minutes)	p-value
Freezer for 2 hours		
UP Gel Pack	103.60 ± 7.50	0.530
Standard product	101.00 ± 6.67	
Refrigerator for 4 hours		
UP Gel Pack	35.20 ± 3.96	0.528
Standard product	34.00 ± 2.12	
Placed in ice water for 20 minutes		
UP Gel Pack	29.60 ± 2.40	0.599
Standard product	28.80 ± 2.68	

*กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเก็บความร้อนของเจลประคบร้อนเย็นต้นแบบ (UP Gel Pack) และเจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐาน (Standard product) ซึ่งจะทดสอบโดยแช่ในน้ำอุณหภูมิ 95–100 °C เป็นเวลา 5 นาที แช่ในน้ำอุณหภูมิ 70–80 °C เป็นเวลา 7 นาที และแช่ในน้ำ 1,000 มิลลิลิตร ในกล่องพลาสติกจากนั้นนำเข้าเครื่องไมโครเวฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 2 นาที เมื่อนำทุกผลการทดสอบมาเปรียบเทียบกันพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ดังตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบความสามารถในการเก็บความร้อน (Heat retention) ของเจลประคบร้อนต้นแบบ (UP Gel Pack) และเจลประคบร้อนมาตรฐาน (Standard product)

Sample	Mean±SD (minutes)	p-value
Immersed in boiling water at temperature 95–100 °C for 5 minutes		
UP Gel Pack	94.40 ± 4.15	0.094
Standard product	86.60 ± 7.30	
Immersed in boiling water at temperature 70–80 °C for 7 minutes		
UP Gel Pack	87.00 ± 4.12	0.075
Standard product	80.20 ± 5.35	
Placed in plastic container, soaked with 1000 ml. of water and heated with a microwave at 600 watt for 2 minutes		
UP Gel Pack	55.20 ± 3.96	0.094
Standard product	50.40 ± 4.50	

ผลการทดลองงานวิจัยที่ 5 การทดสอบการระคายเคือง

อาสาสมัครที่เข้าร่วมในการศึกษาครั้งนี้ เป็นเพศชายหรือหญิง ที่มีอายุ 18–23 ปี จำนวน 10 คน ไม่มีความผิดปกติของการรับความรู้สึก ไม่มีไข้ ไม่มีแผลหรือผิวหนังถลอก บริเวณใดบริเวณหนึ่งที่ใช้ในการทดสอบ และไม่มีปัญหาด้านการสื่อสาร พบว่ามีอายุเฉลี่ย 22.10 ± 0.87 ปี ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 24.78 ± 3.33 กิโลกรัมต่อตารางเมตร อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย 80.70 ± 7.42 ครั้งต่อนาที ความดันโลหิตสูงสุดขณะหัวใจบีบตัวเฉลี่ย 120.60 ± 7.53 มิลลิเมตรปรอท และความดันโลหิตสูงสุดขณะหัวใจคลายตัวเฉลี่ย 79.40 ± 6.16 มิลลิเมตรปรอท

จากทดสอบการการระคายเคืองการวางเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ (UP Gel Pack) เทียบกับเจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐาน (Standard product) พบว่าอาสาสมัครจำนวน 10 คน โดยไม่พบอาการและอาการแสดงที่บ่งชี้ถึงการระคายเคืองใดๆ ปรบบอกว่าได้เจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ (UP Gel Pack) เป็นแผ่นเจลประคบไม่ก่อให้เกิดการระคายเคือง (ดังตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการระคายเคือง

Sample	UP Gel Pack
No.1	Not to irritate
No.2	Not to irritate
No.3	Not to irritate
No.4	Not to irritate
No.5	Not to irritate
No.6	Not to irritate
No.7	Not to irritate
No.8	Not to irritate
No.9	Not to irritate
No.10	Not to irritate
Average	Not to irritate

ผลการทดลองงานวิจัยที่ 6 ผลการทดสอบอุณหภูมิบนผิวหนังต่อการรักษาของแผ่นเจลประคบร้อนและเย็น

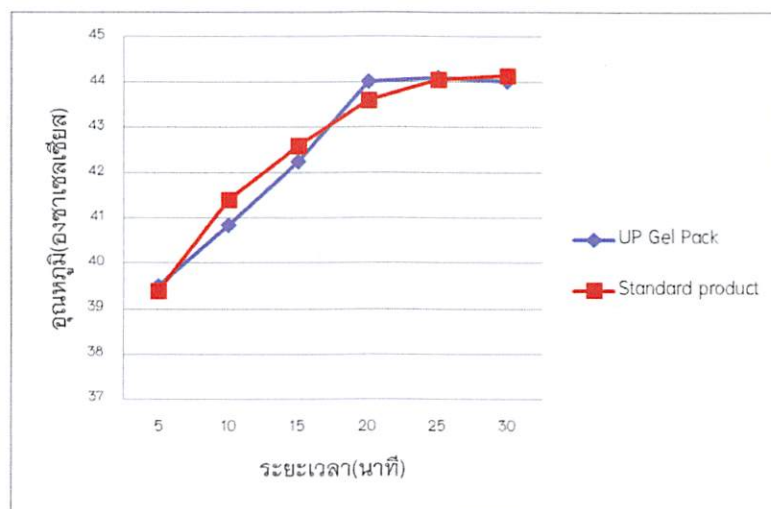
อาสาสมัครที่เข้าร่วมในการศึกษาครั้งนี้มาจากการได้รับการประชาสัมพันธ์เพื่อเชิญให้เข้าร่วม เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบอุณหภูมิบนผิวหนังของการวางแผ่นเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ (UP Gel Pack) เทียบกับ เจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐาน (Standard product) เป็นเพศชาย หรือ หญิง ที่มีอายุ 18-23 ปี จำนวน 10 คน ไม่มีความผิดปกติของการรับรู้ความรู้สึก ไม่มีไข้ ไม่มีแผลหรือผิวหนังถลอกบริเวณใดบริเวณหนึ่งที่ใช้ในการทดสอบ ไม่มีปัญหาด้านการสื่อสาร และไม่เป็นมะเร็งบริเวณที่ทำกรวางแผ่นเจลประคบร้อนและเย็น พบว่ามีอายุเฉลี่ย 22.10 ± 0.81 ปี ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 22.48 ± 3.95 กิโลกรัมต่อตารางเมตร อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย 76.20 ± 6.86 ครั้งต่อนาที ความดันโลหิตสูงสุดขณะหัวใจบีบตัวเฉลี่ย 123.10 ± 4.09 มิลลิเมตรปรอท และความดันโลหิตสูงสุดขณะหัวใจคลายตัวเฉลี่ย 77.80 ± 7.29 มิลลิเมตรปรอท

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบอุณหภูมิบนผิวหนังของการวางแผ่นเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ (UP Gel Pack) เทียบกับเจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐาน (Standard product) ผล

การศึกษาเมื่อนำทุกผลการทดสอบมาเปรียบเทียบกัน พบว่าไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ดังตารางที่ 4.7 ตารางที่ 4.8) และเมื่อเปรียบเทียบกราฟการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเจลประคบร้อนเย็น (UP Gel Pack) ทุกๆ 5 นาที จะเห็นว่า อุณหภูมิของเจลประคบร้อนค่อยๆ เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับแผ่นเจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐาน (รูปที่ 8) เช่นเดียวกับอุณหภูมิของเจลประคบเย็นค่อยๆ ลดต่ำลงใกล้เคียงกับแผ่นเจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐาน (รูปที่ 9)

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบผลการทดสอบอุณหภูมิบนผิวหนังของการวางแผ่นเจลประคบร้อน (UP Gel Pack) เทียบกับเจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐาน (Standard product)

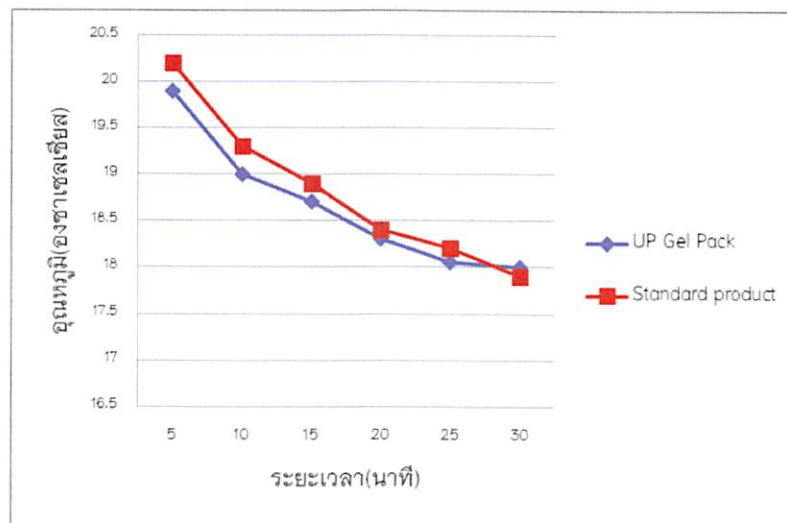
Variables	Temperature (°C)		p-value
	UP Gel Pack	Standard product	
5 minutes	39.50 ± 0.74	39.40 ± 0.69	0.715
10 minutes	40.85 ± 0.66	41.40 ± 0.84	0.154
15 minutes	42.25 ± 0.79	42.60 ± 0.51	0.320
20 minutes	44.00 ± 0.66	43.60 ± 0.45	0.132
25 minutes	44.10 ± 0.56	44.05 ± 0.36	0.690
30 minutes	44.00 ± 0.47	44.15 ± 0.57	0.427



รูปที่ 8 เปรียบเทียบผลการทดสอบอุณหภูมิบนผิวหนังของการวางแผ่นเจลประคบร้อน (UP Gel Pack) เทียบกับเจลประคบร้อนมาตรฐาน (Standard product)

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบผลการทดสอบอุณหภูมิบนผิวหนังของการวางแผ่นเจลประคบเย็น (UP Gel Pack) เทียบกับ เจลประคบร้อนมาตรฐาน (Standard product)

Variables	Temperature (°C)		p-value
	UP Gel Pack	Standard product	
5 minutes	39.50 ± 0.74	39.40 ± 0.69	0.715
10 minutes	40.85 ± 0.66	41.40 ± 0.84	0.154
15 minutes	42.25 ± 0.79	42.60 ± 0.51	0.320
20 minutes	44.00 ± 0.66	43.60 ± 0.45	0.132
25 minutes	44.10 ± 0.56	44.05 ± 0.36	0.690
30 minutes	44.00 ± 0.47	44.15 ± 0.57	0.427



รูปที่ 9 เปรียบเทียบผลการทดสอบอุณหภูมิบนผิวหนังของการวางแผ่นเจลประคบเย็น (UP Gel Pack) เทียบกับ เจลประคบเย็นมาตรฐาน (Standard product)

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการศึกษา

แผ่นประคบร้อนและเย็นต้นเป็นที่นิยมในการรักษาทางกายภาพบำบัดและสามารถใช้ได้ตามครัวเรือน โดยมักจะมีหลากหลายชนิดและยี่ห้อ บางชนิดสามารถประคบเย็นได้เพียงอย่างเดียว บางชนิดสามารถประคบได้ทั้งร้อนและเย็น แต่การบริษัทธิผลิตที่เป็นยี่ห้อของประเทศไทยยังมีน้อย ทำให้การเข้าถึงการใช้แผ่นประคบร้อนและเย็นสำหรับประชาชนทั่วไปยังไม่ทั่วถึง และอาจเนื่องจากมีราคาที่สูงกว่า ซึ่งการศึกษานี้ได้พัฒนาสร้างเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ (UP Gel Pack) แบ่งออกเป็นการศึกษาและทดลองย่อย 6 การวิจัย ได้แก่ การทดลองสร้างเนื้อเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ ทดสอบคุณสมบัติทางการเก็บรักษาอุณหภูมิ การระคายเคืองต่อผิว และคุณสมบัติการรักษาอุณหภูมิบนผิวหนังเทียบกับเจลประคบร้อนและเย็นแบบมาตรฐาน

ผลการทดลองการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ พบว่า การสร้าง UP Gel Pack ที่มีส่วนประกอบของแป้งมันสำปะหลัง มีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมต่อการนำเป็นแผ่นเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบที่ดีที่สุด เนื่องจากแป้งมีคุณสมบัติการกักเก็บที่คล้ายกัน แต่เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ส่วนประกอบที่เรียกว่า crystallite ภายในเม็ดแป้ง มีลักษณะโมเลกุลอยู่กันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ ช่วยป้องกันการกระจายตัวและทำให้ไม่ละลายในน้ำเย็น ซึ่งจะพบในแป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวเหนียว แม้ว่าแป้งข้าวโพดจะมีส่วนประกอบที่เป็น crystallite มากที่สุด แต่ก็มีอุณหภูมิการเกิดเจลาคติโนเซชันมากที่สุดเช่นกัน เนื่องจากมีส่วนประกอบของปริมาณอะไมโลสมากที่สุด อะไมโลสและอะไมโลเพคตินในส่วนที่เป็น crystallite จับตัวกันอย่างหนาแน่นจึงไม่ละลายในน้ำเย็น แต่เมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิหนึ่ง ประมาณ 60-75 °C หรือใช้สารเคมี มีผลทำให้การจับยึดกันระหว่างโมเลกุลของแป้งในส่วน crystallite ลดลง เกิดปฏิกิริยาการรับน้ำและการพองตัวของเม็ดแป้ง ซึ่งไม่สามารถผันกลับได้ (irreversible) และทำให้สารละลายแป้งมีความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น กระบวนการนี้เรียกว่า “เจลาคติโนเซชัน” ซึ่งกระบวนการเจลาคติโนเซชันจะเกิดขึ้นได้โดยต้องใช้อุณหภูมิสูงในแป้งข้าวโพด ส่วนแป้งข้าวเหนียวไม่มีส่วนประกอบของอะไมโลสในโมเลกุลจึงทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยาการผันกลับได้ [32] ดังนั้น UP Gel Pack จึงมีส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งมีลักษณะเนื้อเจลเป็นเนื้อเดียวกัน สีใส เหนียวหนืดปานกลาง และสามารถปรับรูปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ง่าย ซึ่งเหมาะสมต่อการรักษาทางคลินิก แต่สูตรเจลที่มีส่วนประกอบของแป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวโพด มีขั้นตอนการเกิดกระบวนการ

เจลลาตินโซลเซชันที่ใช้อุณหภูมิสูง ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน แยกชั้นเป็นตะกอน ไม่มีความใสของเนื้อเจล เหนียวเหนียวเกินไป และปรับรูปปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ยาก จึงไม่เหมาะสมกับการนำมาเป็นส่วนประกอบของเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ

เนื้อเจลที่มีลักษณะทางกายภาพที่ดีและเหมาะสมในการนำไปใช้ในทางคลินิกเพื่อใช้ในการรักษาได้ทั้งความร้อนและเย็นในเจลประคบเพียงแผ่นเดียว ต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ซึ่งการศึกษานี้ได้นำเจลที่มีส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลังผสมกับ HEC สารละลาย Propylene glycol Silicon dioxide และ Calcium chloride ในสัดส่วนที่เหมาะสม แล้วนำแช่แผ่นประคบร้อน แช่ในน้ำอุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 10 นาที และการทดลองแช่แผ่นประคบเย็น แช่ในตู้ทำความเย็นที่อุณหภูมิ -5 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า UP Gel Pack มีลักษณะที่เหมาะสมต่อการนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นเจลที่มีขนาดและปริมาณเทียบเท่ากับแผ่นเจลมาตรฐาน มีลักษณะใส เหนียวเหนียวปานกลาง และสามารถปรับรูปปร่างตามภาชนะที่ใส่ได้ปานกลาง เนื่องจากสารละลาย Propylene glycol มีคุณสมบัติเป็นสารที่ป้องกันการแข็งตัวเป็นน้ำแข็ง ซึ่งทำให้เจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบไม่มีการแข็งตัวเป็นน้ำแข็ง เมื่อมีการแช่ในตู้ทำความเย็น [28,25,26] สาร Silicon dioxide มีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืด และมีจุดหลอมเหลวที่สูงมาก ซึ่งทำให้เจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบไม่มีการหลอมเหลวเมื่อนำไปแช่ในน้ำร้อน และมีความหนืดเพิ่มขึ้น [18] และสาร Calcium chloride มีจุดหลอมเหลวที่สูงมาก และจุดเยือกแข็งที่ต่ำมาก ซึ่งมีคุณสมบัติในการลดจุดเยือกแข็งและเพิ่มจุดหลอมเหลว ทำให้ UP Gel Pack ไม่มีการหลอมเหลวเมื่อนำไปแช่ในน้ำร้อน และไม่มีการแข็งตัวเป็นน้ำแข็งเมื่อมีการแช่ในตู้ทำความเย็น [20]

เมื่อนำ UP Gel Pack ทดสอบการระคายเคืองบริเวณผิวหนังของอาสาสมัคร จำนวน 10 คน พบว่า อาสาสมัครไม่แสดงการระคายเคืองต่อผิวหนังใดๆ บริเวณที่วาง UP Gel Pack ดังนั้นจึงช่วยยืนยันได้ว่า UP Gel Pack มีความปลอดภัยไม่ระคายเคืองต่อผิวหนังผู้ใช้งานเช่นเดียวกับเจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐาน สอดคล้องกับการศึกษาของฐนิตา ทวีธรรมเจริญ ได้ทำการศึกษาผลของ Siriraj Cold Hot Pack ต่อการระคายเคืองผิวหนังในอาสาสมัคร 5 คน พบว่าแผ่นเจลประคบร้อนและเย็น (Siriraj Cold Hot Pack) ไม่มีการระคายเคืองต่อผิวหนังในอาสาสมัคร [39] และอาจเนื่องจากการศึกษานี้ได้คัดเลือกบรรจุภัณฑ์ที่สามารถทนต่อความร้อนได้สูง มีความเหนียว ทนต่อสารเคมี และการขีดข่วน จึงไม่มีการรั่วไหลของบรรจุภัณฑ์ และมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน [37]

เจลประคบร้อนและเย็นเป็นหนึ่งในเครื่องมือที่นิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการรักษา เพื่อลดปวดในบริเวณต่างๆ ซึ่งการประคบร้อนถูกนำมาใช้เพื่อหวังผลในเรื่องของการลด

ปวดในระยะการอักเสบเรื้อรัง อุณหภูมิที่เหมาะสมในการรักษา 43-44 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-30 นาที [11] การประคบเย็นถูกนำมาใช้เพื่อลดอาการปวดในระยะอักเสบแบบเฉียบพลันหรือการอักเสบในระยะแรกๆ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการรักษาควรมากกว่า 18-20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที [14] การศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบระยะเวลาและอุณหภูมิของ UP Gel Pack และเจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐานพบว่า เมื่อทดสอบระยะเวลาการเก็บอุณหภูมิจากแผ่นเจลประคบเย็นทั้ง 3 สภาวะ ได้แก่ แช่ในช่องแช่แข็ง 2 ชั่วโมง แช่ในตู้เย็น 4 ชั่วโมง และแช่ในน้ำแข็ง 20 นาที จากนั้นวัดอุณหภูมิทุกๆ 1 นาทีเป็นเวลา 30 นาที พบว่าอุณหภูมิของ UP Gel Pack และแผ่นเจลมาตรฐาน มีระยะเวลาในการกักเก็บอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันอย่างมาก ส่วนการทดสอบระยะเวลาการเก็บอุณหภูมิจากแผ่นเจลประคบร้อนทั้ง 3 สภาวะ เช่นกัน ได้แก่ แช่ในน้ำอุณหภูมิ 95-100 °C เป็นเวลา 5 นาที แช่ในน้ำอุณหภูมิ 70-80 °C เป็นเวลา 7 นาที พบว่า และแช่ในน้ำ 1,000 มิลลิลิตร ในกล่องพลาสติกจากนั้นนำเข้าเครื่องไมโครเวฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 2 นาที พบว่า UP Gel Pack มีแนวโน้มอุณหภูมิที่สูงกว่าเจลมาตรฐานแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า UP Gel Pack มีคุณสมบัติในการกักเก็บและคลายอุณหภูมิได้ใกล้เคียงกับเจลประคบร้อนและเย็นมาตรฐาน สอดคล้องกับการศึกษาของ รุניתา ทวีธรรมเจริญ ที่ได้ทำการศึกษาผลลัพธ์ของ Siriraj Cold Hot Pack เทียบกับ Standard product โดยทำการทดสอบ Cold retention และ Heat retention พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) [39] ดังนั้นจากการเปรียบเทียบการเปรียบเทียบระยะเวลาและอุณหภูมิของ UP Gel Pack เมื่อใช้เวลาลดลงเท่ากัน พบว่า อุณหภูมิผิวหนังอาสาสมัครมีค่าใกล้เคียงกับเจลมาตรฐาน คาดว่า UP Gel Pack ที่มีส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลังน่าจะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำใช้รักษาความร้อนและเย็นในทางคลินิก เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับประคบร้อนเย็นในการบรรเทาอาการปวดและการอักเสบได้ การศึกษาในอนาคตควรจะศึกษาผลการรักษา UP Gel Pack ต่อความผิดปกติในภาวะต่างๆ เป็นช่วยสนับสนุนและยืนยันของคุณประโยชน์ของ UP Gel Pack ให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

สรุปผลการศึกษา

UP Gel Pack สามารถเป็นเจลประคบร้อนและเย็นต้นแบบ ที่มีคุณสมบัติที่เก็บรักษา อุณหภูมิ ไม่ระคายเคืองต่อผิว และคุณสมบัติการรักษาอุณหภูมิบนผิวหนังเทียบกับเจลประคบ ร้อนและเย็นแบบมาตรฐาน ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งประคบร้อนด้วยไมโครเวฟ และประคบเย็นด้วย การแช่ในตู้เย็น เหมาะสำหรับใช้ได้ตามครัวเรือนหรือหน่วยงานสาธารณสุขต่างๆ เนื่องจาก สะดวกและง่ายต่อการใช้งาน และมีราคาย่อมเยาอีกด้วย

ข้อดีของ UP Gel Pack

สะดวกต่อการใช้งานในครัวเรือนเนื่องจากใช้งานง่าย มีขนาดกะทัดรัด และสามารถใส่ ประคบร้อนได้ด้วยไมโครเวฟ และประคบเย็นด้วยตู้เย็น รวมทั้งยังมีราคาย่อมเยา และสามารถ เพิ่มมูลค่าของแบริ่งมันสำปะหลัง ทำให้ลดต้นทุนการผลิตและส่งผลให้การใช้แผ่นประคบร้อน และเย็นเข้าถึงกลุ่มชุมชนอีกด้วย

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

1. ปัจจุบันขนาดของ UP Gel Pack มีเพียงขนาดและรูปแบบเดียว จึงไม่เหมาะสมต่อ การรักษาที่มีขนาดใหญ่ เช่น บริเวณหลังส่วนล่าง เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาครั้งถัดไปต้อง ดำเนินถึงขนาดที่หลากหลาย และหลายรูปแบบ เพื่อให้เหมาะต่อการรักษาบริเวณต่างๆ
2. แผ่นประคบชนิดเย็นมีข้อจำกัดในเรื่องของการแข็งตัว ซึ่งเมื่อนำไปแช่ตู้ทำความเย็น แล้วจะไม่สามารถปรับรูปร่างให้เข้ากับส่วนโค้งเว้าตามส่วนของร่างกายบางตำแหน่งได้
3. การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาอุณหภูมิผิวหนังเฉพาะกลุ่มที่มีดัชนีมวลกายอยู่ใน เกณฑ์ปกติ ดังนั้นหากนำไปใช้ในผู้ที่มีน้ำหนักตัวน้อยหรือมากเกินไป ควรระวังผลของ อุณหภูมิที่เย็นจัดหรือร้อนเกินไป ในการศึกษาครั้งควรศึกษาในอาสาสมัครที่มีรูปร่างที่ หลากหลายขึ้น เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของงานวิจัย
4. การศึกษาในครั้งนี้ยังไม่ได้ศึกษาว่า UP Gel Pack มีประสิทธิภาพระยะเวลาในการใช้ งานนานเท่าไร ดังนั้นในการศึกษาครั้งถัดไปควรศึกษาเรื่องระยะเวลาในการใช้งาน หรือ จำนวนครั้งในการใช้งาน
5. เครื่องมือและสารเคมีค่อนข้างจำกัด และต้องใช้เวลาในการสั่งซื้อ ดังนั้นใน การศึกษาครั้งถัดไป ควรเพิ่มและเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีให้พร้อมก่อน การศึกษา

6. การศึกษาในครั้งนี้เป็นเพียงการขึ้นรูปเจลต้นแบบ และยังไม่มีการศึกษาในเรื่องผลการรักษาในผู้ป่วยที่มีสภาวะต่างๆ อาทิเช่น การปวดเรื้อรังเรื้อรัง (Chronic back pain) ข้อเท้าแพลง (Ankle sprain) เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาดังกล่าวควรศึกษาเกี่ยวกับผลการรักษาในผู้ป่วยที่มีสภาวะต่าง ๆ หลังจากการได้รับการรักษา UP Gel Pack

7. ในอนาคตควรศึกษาและวิเคราะห์มุมมองทางเศรษฐศาสตร์ของ UP Gel Pack เพื่อหาความคุ้มค่า อุปทาน อุปประสงค์ และพฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภค เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

1. กัทธา วัฒนพันธุ์. เครื่องมือกายภาพบำบัด2549.
2. ปราณี ชีรโสภณ และคณะ. นวัตกรรมแผ่นเจลประดิษฐ์เพื่อใช้ในการส่งเสริมสุขภาพและบำบัดทางการแพทย์ The Innovation of Invented Gel Pad for Use in Health Promotion and Nursing Therapeutic. 2559.
3. พวงมะลิ ผดอ. แผ่นประคบร้อนเมล็ดธัญพืชสมุนไพร มช. 2555 [Available from: <http://www.ams.cmu.ac.th/amscsc/prnews/pr39.html>].
4. นิชาภา พาราศิลป์, ศิริทิพย์ คำฟู, อรรถจรรย์น ธรรมไชย. ผลทันทีของการรักษาด้วยแผ่นประคบร้อนสมุนไพรไทยต่ออาการปวดและความยืดหยุ่นของหลังส่วนล่าง: การศึกษานำร่อง. สงขลานครินทร์เวชสาร. 2558; 35 (5): 221-28.
5. ศิริทิพย์ คำฟู, นิชาภา พาราศิลป์. การศึกษาเปรียบเทียบผลทันทีระหว่างการอบไอน้ำสมุนไพรไทยและการอบไอน้ำธรรมดาต่อความยืดหยุ่นของร่างกายในเพศหญิง อายุ30-45 ปี(A Comparative Study of an Immediate Effect of Thai Traditional Herbal Steam and Conventional Steam on Body Flexibility in Women Aged 30-45 Years). 2560.
6. ปวีณา ตั้งเลิศวิเศษและคณะ. การพัฒนาแผ่นแปะผิวหนังที่สามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสำหรับบรรเทาอาการฟกช้ำ [Senior Project]2555.
7. Thaweethamcharoen T. Outcomes and Cost Minimization between Siriraj Cold Hot Pack and the Innovator Product. Siriraj Med J. 2010 ;62: 211-14.
8. ปราณี ชีรโสภณและคณะ. นวัตกรรมแผ่นเจลประดิษฐ์เพื่อใช้ในการส่งเสริมสุขภาพและบำบัดทางการแพทย์. วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี. 2559; 27 (2): 66-77.
9. บุญคง. Resistant Starch แป้งที่มีบทบาทต่อสุขภาพ. 2554. p. 1-8.
10. กล้าณรงค์ ศรีรอดและคณะ. โครงสร้างของอะไมโลส อะไมโลเพคตินและคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังที่สกัดได้จากเกษตรศาสตร์ 50 ในอายุต่างๆกัน 2541 [Available from: http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/Chap2/chap2_intro.htm].
11. มรรควัลย์. สรีรวิทยาของความร้อนและความเย็นเพื่อการรักษา [Available from: <http://home.kku.ac.th/surmac/surussawadi49/word-studydocument/3>].
12. Practice PAiRFRT. Michelle H. Cameron. fourth ed2013.

13. Rehabilitation TMI. William E. Prentice, William S. Quillen, Frank Underwood. FOURTH ed2011.
14. ชูลี อุบลศักดิ์คะ. สรีรวิทยาของความร้อนและความเย็นเพื่อการรักษา. เอกสารประกอบการสอน. ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2538.
15. Lancaster A. Chemicals Used in Heat Packs 2018
<https://sciencing.com/chemicals-used-heat-packs-7441567.html>.
16. ต้าหลี่ตักตะกอนซิลิกาผลิต Co. L. ซิลิคอนไดออกไซด์ในอาหารเสริม คืออะไร 2017
<http://th.silica-factory.com/info/what-is-silicon-dioxide-in-supplements-23558415.html>.
17. (ATSDR) AfTSaDR. Toxicological profile for Propylene Glycol Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service1997
<https://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=1120&tid=240>.
18. ซิลิกา (silica/SiO₂) และประโยชน์ซิลิกา
<https://www.siamchemi.com/ซิลิกา/>
19. Lancaster S. How to Make Salt Crystallize 2017
<https://sciencing.com/dissolve-copper-sulfate-8030342.html>.
20. Medicine USNLo. Calcium chloride 2019
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Calcium-chloride>.
21. ประหยัด ทิราวงศ์. การใช้แคลเซียมคลอไรด์ในการปรับปรุงความนุ่มของนมโค2546.
22. Medicine USNLo. Magnesium sulfate 2019
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Magnesium-sulfate>.
23. Medicine USNLo. Sodium acetate 2019 [Available from:
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/517045>.
24. Medicine USNLo. 1,2-Ethenediol 2019
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/174>.
25. Medicine USNLo. Propylene glycol. 2019.
26. ดำรงสุกิจ. อันตรายจากแผ่นประคบร้อนและเย็น เดลินิวส์12 มกราคม 2552
<http://elib.fda.moph.go.th/2008/default.asp?page2=subdetail&id=21141>.
27. Medicine USNLo. Hydroxyethylcellulose 2019
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/4327536>.

28. Hydroxyethyl Cellulose (HEC) บริษัท จันทร์เจ้า ลองจีวิตี้ จำกัด,
<http://www.myskinrecipes.com/shop/สารสร้างเนื้อเจล-น้ำ-water-gellant/1340-hydroxyethyl-cellulose-hec.html>.
29. Medicine USNLo. Calcium ammonium nitrate 2019
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/13458633>.
30. Medicine USNLo. Sodium polyacrylate 2019
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/4068533>.
31. Parasin N, Kumfu S, Tummachai AJSMJ. A Comparative Study of Thai Herbal Hot Pack and Hot Pack in Pain Treatment of Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. 2017;32(4):372-8.
32. Oates. In Advanced Post Academic Course on Tapioca Starch Technology. Physical Modification of Starch. 1996.
33. MedThai. น้ำมันรำข้าวสกัด สารพืชมงคลและประโยชน์ของน้ำมันรำข้าวสกัด 12 ข้อ. 2017.
34. Hoksenge. แป้งข้าวเหนียว
<http://www.hokseng.com/glutinous-rice-flour-1.htm>.
35. เกิดดอนแฝก เจ. น้ำมันรำข้าวสกัด. หนังสือสมุนไพรลดไขมันในเลือด 140 ชนิด.
36. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. Benzoic acid / กรดเบนโซอิก
<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1132/benzoic-acid-กรดเบนโซอิก>.
37. วัฒนากมลกุล ภก. บทความเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน,
ผลิตภัณฑ์พลาสติกกับอาหาร ภาควิชาสรีรวิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล2555
<https://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/86/ผลิตภัณฑ์พลาสติกกับอาหาร/>
38. ปราณีย์ ชีร์โสภณ, นิตยา พันธุ์งาม, นริชชญา หาดแก้ว. นวัตกรรมแผ่นเจลประดิษฐ์เพื่อใช้ในการส่งเสริมสุขภาพและบำบัดทางการพยาบาล. วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี. 2559;27(2):66-77.
39. Thaweethamcharoen T. Outcomes and Cost Minimization between Siriraj Cold Hot Pack and the Innovator Product. 2010;62:4.
40. สำนักงานวิทยาเขตกำแพงแสน กง. คู่มือการปฏิบัติงานเรื่อง นวัตกรรมลดของ
เจลประคบเย็นด้วยตนเองสำหรับลดอาการปวดและบวม
http://kps.ku.ac.th/kpsoffice/v1/doc/km/km_nurse.pdf.

41. กมลพร คงนิลมณีและคณะ. การพัฒนาแผ่นแปะผิวหนังที่สามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติสำหรับบรรเทาอาการฟกช้ำ. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2555.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบบันทึกข้อมูล 1

แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 1 สร้างเจลตั้งต้น

สูตร	ลักษณะเนื้อเจล	สรุปผลการทดลอง
Hydroxyethyl Cellulose (HEC)		
UP01		
UP02		
UP03		
UP04		
Sodium polyacrylate		
UP05		
UP06		
Hydroxyethyl Cellulose (HEC) + Sodium polyacrylate		
UP07		
UP08		
UP09		
UP10		
UP11		

ภาคผนวก ข
แบบบันทึกข้อมูล 2

แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 2 ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่มีส่วนผสมของ
แป้งธรรมชาติ

สูตร	ลักษณะเนื้อเจลก่อนแช่ร้อนและเย็น	สรุปผลการทดลอง
2 + แป้งข้าวโพด		
UP12		
UP13		
UP14		
UP15		
UP16		
UP17		
UP18		
สูตร	ลักษณะเนื้อเจลก่อนแช่ร้อนและเย็น	สรุปผลการทดลอง
2 + แป้งข้าวเหนียว		
UP19		
UP20		
UP21		
UP22		
UP23		

แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 2 ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่มีส่วนผสมของ
แป้งธรรมชาติ (ต่อ)

สูตร	ลักษณะเนื้อเจลก่อนแช่ร้อนและเย็น	สรุปผลการทดลอง
2 + แป้งข้าวเหนียว		
UP23		
UP24		
UP25		
สูตร	ลักษณะเนื้อเจลก่อนแช่ร้อนและเย็น	สรุปผลการทดลอง
2 + แป้งมันสำปะหลัง		
UP26		
UP27		
UP28		
UP29		
UP32		
UP31		
UP32		

ภาคผนวก ค
แบบบันทึกข้อมูล 3

แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 3 ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

สูตร	ลักษณะเนื้อเจล			สรุปผลการทดลอง
	ก่อนการแช่ร้อนและเย็น	หลังการแช่ร้อนและเย็น		
		ร้อน	เย็น	
3 + Propylene glycol				
UP33				
UP34				
3 + Silicon dioxide				
UP35				
UP36				
UP37				
3 + Calcium chloride				
UP38				
UP39				
3 + Propylene glycol + Silicon dioxide + Calcium chloride				
UP40				
UP41				
UP42				

แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 3 ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ต่อ)

สูตร	ลักษณะเนื้อเจล			สรุปผลการทดลอง
	ก่อนการแช่ร้อนและเย็น	หลังการแช่ร้อนและเย็น		
		ร้อน	เย็น	
3 + Propylene glycol + Silicon dioxide + Calcium chloride				
UP43				
UP44				
UP45				
UP46				
UP47				
UP48				
UP49				
UP50				
UP51				
3 + Propylene glycol+ Silicon dioxide				
UP52				
UP53				
UP54				

แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 3 ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ต่อ)

สูตร	ลักษณะเนื้อเจล			สรุปผลการทดลอง
	ก่อนการแช่ร้อนและเย็น	หลังการแช่ร้อนและเย็น		
		ร้อน	เย็น	
3 + Propylene glycol+ Silicon dioxide				
UP54				
UP55				
UP56				
UP57				
3 + Propylene glycol + Calcium chloride				
UP58				
UP59				
UP60				
UP61				
3 + Silicon dioxide + Calcium chloride				
UP62				
UP63				
UP64				

แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 3 ผลการสร้างเจลประคบร้อนและเย็นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ต่อ)

สูตร	ลักษณะเนื้อเจล			สรุปผลการทดลอง
	ก่อนการแช่ร้อนและเย็น	หลังการแช่ร้อนและเย็น		
		ร้อน	เย็น	
3 + Silicon dioxide + Calcium chloride				
UP65				
UP66				
UP67				

ภาคผนวก ง
แบบบันทึกข้อมูล 4

แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 4 เปรียบเทียบระยะเวลาและอุณหภูมิของเจลต้นแบบ (UP Gel Pack) และเจลมาตรฐาน (Cold and Heat Retention Test Criteria)

วันที่ทำการทดสอบ...../...../.....

ผลการทดสอบการเปรียบเทียบระยะเวลาและอุณหภูมิของเจลต้นแบบ (UP Gel Pack) และเจลมาตรฐาน

Sample	Result(min)
Immersed in boiling water at temperature 95–100 °C for 5 minutes	
UP Gel Pack	
Standard product	
Immersed in boiling water at temperature 70–80 °C for 7 minutes	
UP Gel Pack	
Standard product	
Placed in plastic container, soaked with 1000 ml. Ofwater and heated with a microwave at 600 watt for 2 minutes	
UP Gel Pack	
Standard product	

แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 4 เปรียบเทียบระยะเวลาและอุณหภูมิของเจลต้นแบบ (UP Gel Pack) และเจลมาตรฐาน (Cold and Heat Retention Test Criteria)

วันที่ทำการทดสอบ...../...../.....

ผลการทดสอบการเปรียบเทียบระยะเวลาและอุณหภูมิของเจลต้นแบบ (UP Gel Pack) และเจลมาตรฐาน

Sample	Result(min)
Freezer for 2 hours	
UP Gel Pack	
Standard product	
Refrigerator for 4 hours	
UP Gel Pack	
Standard product	
Placed in ice water for 20 minutes	
UP Gel Pack	
Standard product	

ภาคผนวก จ.
แบบบันทึกข้อมูล 5

แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 5 การทดสอบการระคายเคือง

ข้อมูลอาสาสมัคร

ชื่อ.....

อายุ.....ปี น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร

อาชีพ.....

ความดันโลหิต.....mmHg

อัตราการเต้นของหัวใจ.....BPM

ข้าพเจ้ายืนยันว่ามีเกณฑ์ตามการคัดเลือกผู้เข้าร่วมการทดสอบดังต่อไปนี้

1. ไม่มีมีความผิดปกติของการรับรู้ความรู้สึก
2. ไม่มีไข้
3. ไม่มีแผลหรือผิวหนังถลอกบริเวณใดบริเวณหนึ่งที่ใช้ในการทดสอบ
4. ไม่มีปัญหาด้านการสื่อสาร

.....
(.....)

อาสาสมัคร

วันที่ทำการทดสอบ...../...../.....

ผลการทดสอบการทดสอบการระคายเคือง

Sample	Result	หมายเหตุ
UP Gel Pack	<input type="checkbox"/> ไม่มีการระคายเคือง <input type="checkbox"/> มีการระคายเคืองนาที่ที่..... โดยมีอาการหรืออาการแสดงดังต่อไปนี้	

ภาคผนวก ฉ
แบบบันทึกข้อมูล 6

แบบบันทึกผลการทดลองงานวิจัยที่ 6 การทดสอบอุณหภูมิบนผิวหนังต่อการรักษาของแผ่นเจลประคบร้อนและเย็น

ข้อมูลอาสาสมัคร

ชื่อ.....อายุ.....ปี อาชีพ.....

น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร

ความดันโลหิต.....mmHg อัตราการเต้นของหัวใจ.....BPM

ข้าพเจ้ายืนยันว่ามีเกณฑ์ตามการคัดเลือกผู้เข้าร่วมการทดลองดังต่อไปนี้

1. ไม่มีประวัติการระคายเคืองหรือแพ้แผ่นเจลประคบร้อนหรือเย็น
2. ไม่มีไข้
3. ไม่มีแผลหรือผิวหนังถลอกบริเวณใดบริเวณหนึ่งที่ใช้ในการทดสอบ
4. ไม่มีปัญหาด้านการสื่อสาร
5. ไม่เป็นโรคความดันโลหิตสูงหรือเบาหวาน

.....
 (.....)

อาสาสมัคร

วันที่ทำการทดสอบ...../...../.....

ผลการทดสอบอุณหภูมิบนผิวหนังต่อการรักษาของแผ่นเจลประคบร้อนและเย็น

ชนิดการ ประคบ	Sample	Skin temperature					
		5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที
Hot Pack	UP Gel Pack						
	Standard product						
Cold Pack	UP Gel Pack						
	Standard product						