

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

สุขภาพช่องปากนั้นถือเป็นต้นทางของการมีสุขภาพดี ถ้ามีเหงือกและฟันที่แข็งแรงเคี้ยวอาหารได้ละเอียดมีผลต่อระบบย่อยอาหาร หากมีฟันผุ เหงือกอักเสบ หรือมีการติดเชื้อในช่องปากย่อมมีผลต่อสุขภาพได้ ดังนั้นการดูแลสุขภาพช่องปากจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพชีวิตและเป็นหนทางสู่การมีสุขภาพร่างกายที่แข็งแรง จากการสำรวจสุขภาพช่องปากของคนไทย พบว่าคนไทยส่วนใหญ่มีฟันผุและเป็นโรคเหงือกอักเสบ โดยเกิดได้ในทุกช่วงอายุ คราบจุลินทรีย์เป็นสาเหตุของฟันผุและโรคเหงือกอักเสบเนื่องจากเชื้อแบคทีเรียที่ติดอยู่ในร่องหรือหลุมบนตัวฟันจะปล่อยสารพิษออกมาทำลายเคลือบฟัน เกิดเป็นรูผุขึ้นมาเศษอาหารที่มาอุดติดเป็นปัจจัยเสริมให้เชื้อแบคทีเรียทำให้ฟันผุมากยิ่งขึ้น จนทะลุไปยังโพรงประสาทฟันทำให้ฟันมีอาการปวดเกิดเป็นหนองปลายรากฟันและทำให้เหงือกอักเสบ การเกิดโรคเหงือกอักเสบหรือปริทันต์มักเกิดทั่วปากจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ต้องสูญเสียฟันหลายซี่ ต้องใส่ฟันปลอม นับว่าคราบจุลินทรีย์นี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดอันตรายได้ทั้งเหงือกและฟันโดยตรง นอกจากนี้การติดเชื้อในช่องปาก ซึ่งเกิดจากเชื้อไวรัส เชื้อรา และเชื้อแบคทีเรีย เกิดได้กับคนทั่วไป แต่เกิดบ่อยกับผู้ป่วยเบาหวาน ผู้ป่วยเอดส์ และคนสูงอายุ เชื้อราในปากอาจพบในคนปกติ กลุ่มที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อรา คือผู้ที่เป้นเบาหวาน ผู้ที่เป็นเอดส์ ผู้ที่ใส่ยาฟันสแตียรอยด์ผู้ที่ใส่ฟันปลอม และผู้ที่ได้รับเคมีบำบัด เป็นต้น เชื้อแบคทีเรียสเตรปโตค็อกคัส มิวแทนส์ (*Streptococcus mutans*) เป็นสาเหตุหนึ่งในการก่อโรคฟันผุ โดยเชื้อจะย่อยอาหารพวกแป้งและน้ำตาล ทำให้เกิดกรดที่ไปทำลายผิวฟันจนเกิดเป็นรู นอกจากนั้นแล้วเชื้อแบคทีเรียสเตรปโตค็อกคัส แชนกวินิส (*Streptococcus sanguinis*) เป็นเชื้ออีกประเภทหนึ่งที่อยู่ในคราบจุลินทรีย์ของฟันผุ (Hotta et al., 1998.; Frandsen, Pedrazzoli, and Kilian, 1991) ซึ่งสัมพันธ์กับการก่อโรคฟันผุในมนุษย์ (Palombo, 2011) การกำจัดหรือลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียก่อโรครดดังกล่าวจึงสามารถป้องกันการเกิดโรคฟันผุได้ ปัจจุบันมีการใช้ยาหรือสารเคมีในการลดจำนวนเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ chlorhexidine (Cheng et al., 2013) และ propolis (Hayacibara et al., 2005) นอกจากนั้นแล้วเปลือกมังคุดที่มีการนำมาใช้เป็นยาสมุนไพรเพื่อรักษาอาการท้องเสีย (Pedraza-Chaverri et al., 2008) ประกอบไปด้วย α -, β -, γ -mangostin, garcinone E, 8-deoxygartanin และ gartanin มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *Enterococcus* spp (Phongpaichit et al., 1994) แต่อย่างไรก็ตามไม่มีการรายงานถึงการต้านเชื้อแบคทีเรียในช่องปาก โดยเฉพาะเชื้อแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับโรคฟันผุ

ปัจจุบันการนำส่งยาทางเยื่อเมือกของช่องปาก ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น โดยเภสัชภัณฑ์ที่ใช้ในการนำส่งยาทางเยื่อเมือกสามารถพัฒนาเพื่อออกฤทธิ์ในร่างกายและเฉพาะที่ โดยมีพอลิเมอร์ยึดติดเยื่อเมือกเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นเพื่อให้เภสัชภัณฑ์คงอยู่ที่เยื่อของช่องปาก พอลิเมอร์นั้นจำเป็นต้องมีคุณสมบัติชอบน้ำ ซึ่งจะพองตัวและเกิดอันตรกิริยากับมucin ในเยื่อเมือกของช่องปาก เช่น พันธะไฮโดรเจน ไคโตซาน เป็นพอลิเมอร์ประจุบวกที่มีคุณสมบัติยึดติดเยื่อเมือกด้วยแรงทางไฟฟ้าสถิตย์กับกรดไฮดรอลิกที่มีประจุลบ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (พีวีเอ) เป็นพอลิเมอร์อีกชนิดหนึ่งที่สามารถยึดติดเยื่อเมือกด้วยพันธะไฮโดรเจน อย่างไรก็ตามพอลิเมอร์เหล่านี้ยึดติดกับช่องปากแบบไม่จำเพาะเจาะจง ทำให้หลุดจากช่อง

ปากได้ง่าย จึงมีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ชนิดใหม่ที่มีหมู่ไทออลในการเกิดพันธะไดซัลไฟด์กับหมู่ซัลเทอีนของมิวซิน และเพิ่มคุณสมบัติในการยึดติดเยื่อเมือก โคโคซานเป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถสังเคราะห์ให้มีหมู่ไทออลได้โดยการเกิดพันธะที่หมู่อะมิโนของโคโคซาน รูปแบบเภสัชภัณฑ์ยึดติดเยื่อเมือกสำหรับการนำส่งยานั้นสามารถเป็นได้ทั้งยาเม็ด แผ่นฟิล์ม หรือเจล โดยแผ่นฟิล์มเป็นหนึ่งในเภสัชภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมซึ่งสามารถเตรียมได้โดยเทคนิค casting หรือ hot melt extrusion การเตรียมเป็นแผ่นเส้นใยนาโนซึ่งเป็นแผ่นฟิล์มที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับนาโนเมตรมีคุณสมบัติที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการนำส่งยาเพื่อยึดติดเยื่อเมือก โดยมีพื้นที่ผิวสูงและความยืดหยุ่นดี แผ่นเส้นใยนาโนสามารถเตรียมด้วยเทคนิคต่างๆ คือ drawing, template synthesis, phase separation, self-assembly และ electrospinning โดยกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิง (electrospinning) เป็นกระบวนการเตรียมแผ่นเส้นใยนาโนภายในขั้นตอนเดียวจากสารละลายของพอลิเมอร์จนได้เป็นแผ่นเส้นใยนาโน แรงทางไฟฟ้าจะทำให้สารละลายพอลิเมอร์เคลื่อนออกจากปลายเข็มไปยังส่วนรองรับ พร้อมทั้งการระเหยของตัวทำละลาย เส้นใยที่เตรียมได้จะทับถมกันจนเป็นแผ่นฟิล์มเส้นใยนาโน ดังนั้นเทคนิคนี้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งการเตรียมแผ่นเส้นใยนาโนยึดติดเยื่อเมือกในช่องปาก

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำสารสกัดจากสมุนไพรไทยคือ สารสกัดจากเปลือกผลมังคุดและโคโคซาน ที่มีรายงานว่ามียฤทธิ์ฆ่าเชื้อจุลชีพและคุณสมบัติยึดติดเยื่อเมือกได้มาพัฒนาเป็นแผ่นเส้นใยนาโนด้วยกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิง จากนั้นศึกษาคุณสมบัติต่างๆของแผ่นฟิล์มที่ได้ คือ รูปร่างและขนาดของเส้นใยที่เตรียมได้ ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเตรียมและการบรรจุสารสกัดจากเปลือกผลมังคุดและสารแอลฟาแมงโกสติน ศึกษาการปลดปล่อยสารแอลฟาแมงโกสตินตลอดจนความคงตัวของสารแอลฟาแมงโกสติน การมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อทั้งก่อนและหลังเตรียมเส้นใยนาโน ซึ่งจะ เป็นประโยชน์ต่อการเลือกใช้เภสัชภัณฑ์เพื่อป้องกันโรคฟันผุต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคฟันผุของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและไคโตซาน
2. พัฒนาแผ่นเส้นใยนาโนของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินเพื่อต้านเชื้อก่อโรคฟันผุ
3. ศึกษาปัจจัยที่มีผลการเตรียมแผ่นเส้นใยนาโนของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสติน เช่น ปริมาณสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสติน ความหนืด ค่าการนำไฟฟ้า และแรงตึงผิวของสารละลาย
4. ประเมินแผ่นเส้นใยนาโนของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินในหัวข้อต่างๆ เช่น รูปร่างและขนาดของเส้นใยที่เตรียมได้ ปริมาณสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสติน การปลดปล่อยสารแอลฟาแมงโกสติน ตลอดจนความคงตัวของสารแอลฟาแมงโกสติน

ประโยชน์ที่ได้รับ

ได้แผ่นเส้นใยนาโนของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการเป็นเภสัชภัณฑ์เพื่อป้องกันโรคฟันผุ

คำสำคัญ (Keyword)

เส้นใยนาโน/มังคุด/ฟันผุ

nanofiber mats/mangosteen/dental caries

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

<	Less than
>	More than
% w/w	Percent weight by weight
°C	Degree Celsius
BHI	Brain heart infusion
BSA	Bovine serum albumin
BzOH	Benzyl alcohol
CFU	Colony forming unit
CS	Chitosan
CS-SH	Thiolated chitosan
DMEM	Dulbecco's modified Eagle's medium
DSC	Differential scanning calorimeter
DTNB	4,5'-Dithio-bis-(2-nitrobenzoic acid)
EDAC	1-Ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl)carbodiimide hydrochloride

EDTA	Ethylenediaminetetraacetic acid
Eq	Equation
et al.	And others
FBS	Fetal bovine serum
FIC	Fractional inhibitory concentration
GAE	Gallic acid equivalents
GM	<i>Garcinia mangostana</i>
HaCaT	Human keratinocyte cell line
HGF	Human gingival fibroblast
HPLC	High performance liquid chromatography
IC ₅₀	The half maximal inhibitory concentration
ICH	International conference on harmonisation
kV	Kilovolt
MBC	Minimum bactericidal concentration
MIC	Minimum inhibition concentration
MIC _A ^{alone}	MIC of A when acting alone
MIC _B ^{alone}	MIC of B when acting alone
MIC _A ^{comb}	MIC of A when acting combination
MIC _B ^{comb}	MIC of B when acting combination
MTT	3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5 diphenyltetrazolium bromide
MWCO	Molecular weight cutoff
nm	Nanometer
PVA	Polyvinylalcohol
RH	Relative humidity
rpm	Round per minute
SD	Standard deviation
SEM	Scanning electron microscopy
SFM	Serum-free medium
<i>S. mutans</i>	<i>Streptococcus mutans</i>
<i>S. Sanguinis</i>	<i>Streptococcus sanguinis</i>
TAE	Tannic acid equivalents
XRD	X-ray powder diffractometer

บทที่ 2

ระเบียบวิธีวิจัย

สารเคมี

1. α -Mangostin จากบริษัท Sigma Aldrich[®] ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. ไคโตซาน (degree of deacetylation 0.85, MW 110 kDa) จากบริษัท Sigma Aldrich[®] ประเทศสหรัฐอเมริกา
3. Ethylenediamine-tetraacetic acid (EDTA) จากบริษัท Sigma Aldrich[®] ประเทศสหรัฐอเมริกา
4. เปลือกมังคุด จากฟาร์มในจังหวัดจันทบุรี ในปี พ.ศ. 2555
5. Polyvinyl alcohol (PVA, พีวีเอ) (degree of polymerization $\approx$ 1600, degree of hydrolysis $\approx$ 97.5–99.5 mol%, average MW = 77,000-82,000 g/mol) จากบริษัท Fluka ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
6. 1-Ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl) carbodiimide hydrochloride (EDAC) จากบริษัท Sigma Aldrich[®] ประเทศสหรัฐอเมริกา
7. 3-(4,5-Dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl-tetrazolium bromide (MTT) จากบริษัท Sigma Aldrich[®] ประเทศสหรัฐอเมริกา
8. 4,5'-Dithio-bis-(2-nitrobenzoic acid) (DTNB) จากบริษัท Sigma Aldrich[®] ประเทศสหรัฐอเมริกา
9. Acetone จากบริษัท RCI Labscan Limited ประเทศไทย
10. Acetronite HPLC grade จากบริษัท RCI Labscan Limited ประเทศไทย
11. Amphotericin B จากบริษัท GIBCO[®] ประเทศสหรัฐอเมริกา
12. Bovine serum albumin (BSA) จากบริษัท Sigma Aldrich[®] ประเทศสหรัฐอเมริกา
13. Brain Heart Infusion (BHI) จากบริษัท BBL[®] ประเทศสหรัฐอเมริกา
14. Cysteine hydrochloride จากบริษัท Sigma Aldrich[®] ประเทศสหรัฐอเมริกา
15. Dulbecco's modified eagle medium (DMEM) จากบริษัท GIBCO[®] ประเทศสหรัฐอเมริกา
16. Ferric chloride จากบริษัท Sigma Aldrich[®] ประเทศสหรัฐอเมริกา
17. Fetal bovine serum (FBS) จากบริษัท GIBCO[®] ประเทศสหรัฐอเมริกา
18. Folin-Ciocalteu จากบริษัท Fluka ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
19. Gallic acid จากบริษัท Fluka ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
20. L-glutamine (200 mM) จากบริษัท GIBCO[®] ประเทศสหรัฐอเมริกา
21. Methanol จากบริษัท RCI Labscan Limited ประเทศไทย
22. Penicillin จากบริษัท GIBCO[®] ประเทศสหรัฐอเมริกา
23. Streptomycin จากบริษัท GIBCO[®] ประเทศสหรัฐอเมริกา

24. Tannic acid จากบริษัท Merck สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน
25. Trypsin-EDTA (0.25 %) solution จากบริษัท GIBCO® ประเทศสหรัฐอเมริกา

วัสดุอุปกรณ์

1. Analytical balance รุ่น CP224S และ รุ่น CP3020S บริษัท Sartorius ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. Automatic autoclave รุ่น Model: LS-2D บริษัท Scientific Promotion Co., Ltd ประเทศไทย
3. Centrifuge รุ่น Microfuge®16 บริษัท Beckman Coulter จำหน่ายโดย PCL Holding Co., Ltd. ประเทศไทย
4. CO₂ incubator รุ่น Heraeus HERA Cell 240 บริษัท Heraeus Holding GmbH สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน
5. Conductivity meter รุ่น ECTestr11⁺ บริษัท Eutech Instruments Pte Ltd ประเทศสิงคโปร์
6. Dialysis bag (CelluSep® MWCO (12-14 kDa) บริษัท Membrane Filtration Products ประเทศสหรัฐอเมริกา
7. Differential scanning calorimeter (DSC) รุ่น Pyris Sapphire DSC บริษัท PerkinElmer instrument ประเทศสหรัฐอเมริกา
8. Drop shape analyzer รุ่น FTA 100 บริษัท First Ten Angstroms Inc, Portsmouth ประเทศสหรัฐอเมริกา
9. Freeze-dryer รุ่น Freezone 2.5 บริษัท LABCONCO ประเทศสหรัฐอเมริกา
10. กระบอกฉีดยา 5 mL
11. High performance liquid chromatography (HPLC) instrument รุ่น Agilent 1100 series บริษัท Agilent Technologies ประเทศสหรัฐอเมริกา
12. Image analysis software รุ่น JMicrovision V.1.2.7 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
13. Magnetic stirrer จากบริษัท Framo ประเทศเยอรมัน
14. Scanning electron microscope (SEM) รุ่น Camscan Mx2000 ประเทศอังกฤษ
15. Shaking incubator รุ่น Model: SI4 บริษัท Gibtahi Co., Ltd. ประเทศไทย
16. Syringe pump รุ่น NE-300 บริษัท New Era Pump Systems Inc ประเทศสหรัฐอเมริกา
17. Texture analyzer บริษัท Stable Micro Systems ประเทศอังกฤษ
18. VertiSep® AQS C18 column (250 mm x 4.6 mm, 5 µm particle size)
19. Water bath รุ่น HETOFRIG CB60 บริษัท Heto High Technology of Scandinavia, Birkerod ประเทศเดนมาร์ก
20. Well-plate (48 and 96 Well plate) บริษัท Corning Incorporated ประเทศสหรัฐอเมริกา
21. X-ray powder diffractometer รุ่น Miniflex II บริษัท Rigaku Co ประเทศญี่ปุ่น

ระเบียบวิธีวิจัย

1. การสกัดเปลือกมังคุด

ล้างทำความสะอาดเปลือกมังคุด ตัดให้มีขนาดเล็กและทำให้แห้งด้วย hot air oven ที่ 50 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นบดเปลือกมังคุดให้เป็นผงละเอียดด้วย blender และหมักเปลือกมังคุดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ 70 % อะซิโตน และ 95 % เอทานอล เมื่อสกัดเสร็จแล้วทำการกรองด้วยกระดาษกรองภายใต้สภาวะสุญญากาศ และระเหยตัวทำละลายออกด้วย vacuum rotary evaporator จนได้สารสกัดหยาบของเปลือกมังคุดด้วยตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิด

2. การหาปริมาณสารสำคัญของสารสกัดจากเปลือกมังคุด

2.1. ปริมาณแอลฟาแมงโกสติน

หาปริมาณแอลฟาแมงโกสตินโดยใช้เครื่อง HPLC คอลัมน์ VertiSep® AQS C18 column (250 mm × 4.6 mm, 5 µm particle size) และการวัดคอลัมน์ ตัวทำละลายเคลื่อนที่เป็นระบบ gradient solvent ของ acetonitrile (A) และ 0.1 % ortho phosphoric acid (B) ด้วยอัตราเร็ว 1 mL/min (Pothitirat et al., 2009) ที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ตัวทำละลาย 70 % A เป็นเวลา 15 นาที 70 % A ถึง 75 % A เป็นเวลา 3 นาที 75 % A ถึง 80 % A เป็นเวลา 1 นาที 80 % A เป็นเวลา 6 นาที และ 80 % A ถึง 70 % A เป็นเวลา 1 นาที และมี detector ที่ความยาวคลื่น 320 nm วิเคราะห์เตรียมละลายสารสกัดจากเปลือกมังคุดในเมทานอล 1000 µg/mL คำนวณหาปริมาณแอลฟาแมงโกสตินเทียบกับกราฟมาตรฐานในหน่วย mg/g extract

2.2. ปริมาณสารประเภท phenolic

วิเคราะห์หาปริมาณสารประเภท phenolic ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu (Singleton, Orthofer, and Lamuela-Raventós, 1999) โดยเตรียมสารละลายของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ความเข้มข้น 0.5 mg/mL นำสารละลายดังกล่าว 25 µL ผสมกับ 10 % Folin-Ciocalteu reagent 1.25 mL และ 7.5 % w/v sodium bicarbonate solution 1 mL และบ่มที่ 45 °C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารผสมที่ความยาวคลื่น 765 nm คำนวณหาปริมาณสารประเภท phenolic เทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid ในหน่วย milligrams ของ gallic acid equivalents (GAE) ต่อกรัมของสารสกัดจากเปลือกมังคุด

2.3. ปริมาณสารประเภท tannin

วิเคราะห์หาสารประเภท tannin ด้วยวิธีตกตะกอนโปรตีน (Silber and Fellman, 2006) Bovine serum albumin ปริมาณ 2 กรัม ผสมกับ 5 mg/mL สารละลายสารสกัดจากเปลือกมังคุด 1 mL เป็นเวลา 20 นาทีที่อุณหภูมิห้อง จากนั้น centrifuge ที่ 10000 rpm เป็นเวลา 15 นาที เพื่อแยกตะกอนออก ละลายตะกอนด้วย 4 mL sodium dodecylsulfate และ triethanolamine 4 mL และ 10 mM ferric chloride 1 mL และผสมเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารผสมที่ความยาวคลื่น 510 nm คำนวณหาปริมาณสารประเภท tannin เทียบกับกราฟมาตรฐานของ tannic acid ในหน่วย milligrams ของ tannic acid equivalents (TAE) ต่อกรัมของสารสกัดจากเปลือกมังคุด

3. ศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย

3.1. ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารเดี่ยว

ศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* และ *S. sanguinis* ของไคโตซาน อีดีทีเอ และไคโตซาน-อีดีทีเอ ด้วยเทคนิค broth dilution เพื่อหาค่าความเข้มข้นที่ต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (MIC) และความเข้มข้นที่ต่ำสุดในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC) ละลายสารสกัดจากเปลือกมังคุด ไคโตซาน อีดีทีเอ ใน DMSO 0.5 % acetic acid และ น้ำกลั่น ตามลำดับ ส่วนไคโตซาน-อีดีทีเอ เตรียมโดยละลายไคโตซานและอีดีทีเอในน้ำกลั่นในอัตราส่วน 2:1 โดยน้ำหนัก เจือจางสารละลายดังกล่าวในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว BHI ในลักษณะ two fold dilutions จากนั้นเติมสารแขวนตะกอนของเชื้อในปริมาณ $1-2 \times 10^6$ colony-forming units (CFU)/mL บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C 5 % CO₂ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และบันทึกค่า MIC หาค่า MBC ด้วยการ spread 100 µL ของสารละลายที่ไม่พบการเจริญของเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง และบ่มอีก 24 ชั่วโมง ความเข้มข้นที่น้อยที่สุดที่ลดจำนวนเชื้อลงได้ 99.9 % (Hindler, 2000) บันทึกเป็นค่า MBC การศึกษานี้มีอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว BHI กับตัวทำละลายเป็น negative control และ ใช้ 0.2 % w/v chlorhexidine เป็น positive control

3.2. ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารผสม

ศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารผสมระหว่างไคโตซานกับอีดีทีเอ และไคโตซาน-อีดีทีเอกับสารสกัดจากเปลือกมังคุด ด้วย checkerboard assay (White et al., 1996) โดยผสมสารผสมให้เข้ากันตั้งแต่ความเข้มข้น 1/32 ถึง 4 เท่าของค่า MIC ใน 96 well plates จากนั้นเติมสารแขวนตะกอนของเชื้อในปริมาณ $1-2 \times 10^6$ CFU/mL บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C 5 % CO₂ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตการณ์เจริญของเชื้อ และคำนวณค่า fractional inhibitory concentration (FIC) ตามสมการที่ 1

$$FIC = FIC_A + FIC_B = \frac{MIC_{A \text{ alone}}}{MIC_{A \text{ comb}}} + \frac{MIC_{B \text{ alone}}}{MIC_{B \text{ comb}}} \quad \text{Eq. 1}$$

เมื่อ MIC_A^{alone} และ MIC_B^{alone} คือ ค่า MIC ของ A และ B เมื่อออกฤทธิ์สารเดี่ยวตามลำดับ และ MIC_A^{comb} และ MIC_B^{comb} คือ ค่า MIC ของ A และ B เมื่อออกฤทธิ์สารผสมตามลำดับ ค่า $FIC \leq 0.5$ แสดงว่าเสริมฤทธิ์กัน $FIC > 0.5$ แสดงว่าต้านฤทธิ์กัน และ FIC อยู่ในช่วง 0.5 ถึง 4 แสดงว่าสารทั้ง 2 ชนิดไม่มีผลต่อกัน

4. การสังเคราะห์ไทโอเลตไคโตซาน

สังเคราะห์ไทโอเลตไคโตซานด้วยวิธีตามการสังเคราะห์ chitosan-*N*-acetyl cysteine conjugate (Schmitz, 2008) โดยละลายไคโตซาน 500 mg ในสารละลาย 1 % v/v HCl และปรับให้มีค่า pH 5 ด้วย 2 N NaOH จากนั้นเติมสารละลาย 4 g ของ cysteine ในน้ำ 50 mL ที่มีการกระตุ้นหมู่ carboxylic acid ด้วย 150 mM EDAC เป็นเวลา 20 นาทีลงในสารละลายไคโตซาน ปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 4-5 และผสม

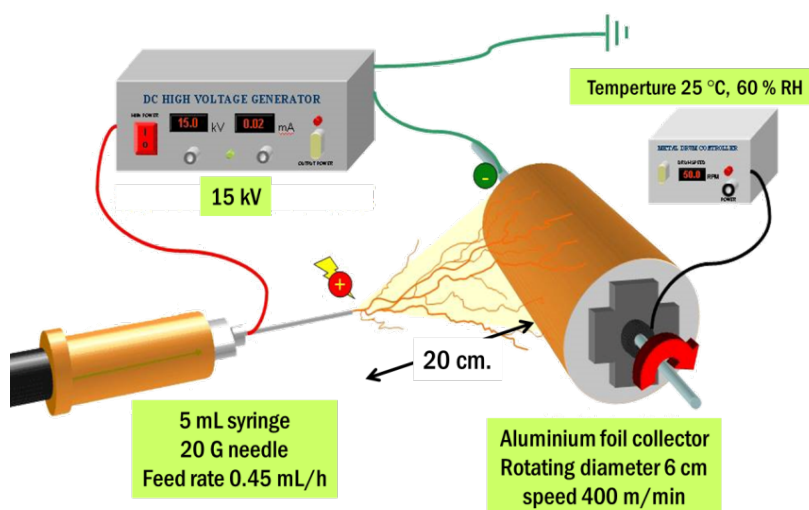
กันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาทำการ dialysis ด้วย 1 mM HCl และ 1 % w/w NaCl เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นทำให้แห้งด้วย freeze dryer ที่อุณหภูมิ -49°C และความดัน 0.07-0.09 bar

วิเคราะห์หาปริมาณหมู่ไทออลของไทโอเลตโคโดซานด้วย ellman's reagent ซึ่งเตรียมโดยละลาย DTNB 4 mg ใน 1 mL ของ phosphate buffer pH 8 และ 1 mM EDTA จากนั้นผสม ellman's reagent 50 μL , 2.5 mL 0.1 M phosphate buffer pH 8 และ 1 mM EDTA กับสารละลายมาตรฐาน cysteine หรือไทโอเลตโคโดซาน 250 μL ผสมสารผสมต่างๆเป็นเวลา 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 412 nm คำนวณหาปริมาณหมู่ไทออลเทียบกับกราฟมาตรฐานของ cysteine

5. การเตรียมแผ่นเส้นใยนาโนผสมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสติน

เตรียมสารละลาย 2 % w/v โคโดซานและไทโอเลตโคโดซาน โดยละลายกับ EDTA ในอัตราส่วน 2:1 โดยน้ำหนักระหว่างโคโดซานและไทโอเลตโคโดซานต่อ EDTA และเตรียมสารละลาย 10 % PVA โดยละลาย PVA ในน้ำที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นผสมสารละลาย 2 % w/v โคโดซานหรือไทโอเลตโคโดซานกับสารละลาย 10 % PVA ในอัตราส่วน 30:70 โดยน้ำหนัก เติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินลงในสารละลายโคโดซาน/PVA หรือไทโอเลตโคโดซาน/PVA ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยผสมกันเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ประเมินความหนืด ค่าการนำไฟฟ้า และแรงตึงผิว ก่อนเตรียมเป็นเส้นใยนาโนด้วยกระบวนการ electrospinning

บรรจุสารละลายพอลิเมอร์ลงในกระบอกฉีดยา 5 mL ที่เชื่อมต่อกับเข็มฉีดยาเบอร์ 20 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 0.9 mm และภายใน 0.6 mm ให้ศักย์ไฟฟ้า 15 kV โดยขั้วบวกอยู่ที่บริเวณปลายเข็ม และขั้วลบที่ส่วนรองรับที่หุ้มด้วยฟอยล์อะลูมิเนียม ส่วนรองรับมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 cm และหมุนด้วยความเร็ว 400 m/min ระยะห่างระหว่างปลายเข็มถึงส่วนรองรับ 20 cm และให้สารละลายเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 0.45 mL/h ในขณะที่เตรียมเส้นใยนาโนควบคุมให้มีอุณหภูมิ 25°C และความชื้น 60 %RH (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 เครื่อง electrospinning

6. ศึกษาคุณลักษณะของแผ่นเส้นใยนาโนผสมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสติน

ศึกษาลักษณะรูปร่างของแผ่นเส้นใยนาโนด้วย SEM โดยตัดแผ่นเส้นใยให้มีขนาดเล็ก ติดบนแผ่นอะลูมิเนียม จากนั้นเคลือบทองและส่องด้วยกล้อง SEM วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยที่เตรียมได้ โดยใช้โปรแกรม image analysis software ทำการวัด 50 ครั้ง

ศึกษาการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์โดยใช้ X-ray powder diffractometer ที่ 5° ถึง 45° ศักย์ไฟฟ้า 30 kV และกระแสไฟฟ้า 15 mA

ศึกษาคุณสมบัติเชิงความร้อนโดยใช้ DSC ชั่งแผ่นเส้นใยนาโน 2-4 mg ลงใน seal aluminum pan ทำการให้ความร้อนตั้งแต่ 25 ถึง 300 °C ด้วยอัตราเร็ว 10 °C/min ภายใต้ก๊าซไนโตรเจน 20 mL/min

วัดค่า tensile strength ด้วยเครื่อง texture analyzer โดยตัดแผ่นเส้นใยนาโนให้มีขนาด 6 × 35 mm จากนั้นให้แรงดึงด้วยความเร็ว 0.5 mm/s วัดค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้แผ่นเส้นใยนาโนขาดออกจากกัน

7. ประเมินแผ่นเส้นใยนาโนผสมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสติน

7.1. ปริมาณสารสกัดจากเปลือกมังคุด

ละลายแผ่นเส้นใยนาโน 1 mg ใน 1 mL ของเมทานอลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณแอลฟาแมงโกสตินในแผ่นเส้นใยนาโนด้วย HPLC และคำนวณหาค่า loading efficacy (%) และ loading capacity (%) ของสารสกัดจากเปลือกมังคุด ดังสมการที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

$$\text{Loading efficacy (\%)} = \left(\frac{L_a}{L_t} \right) \times 100 \quad \text{Eq.2}$$

$$\text{Loading capacity (\%)} = \left(\frac{L_a}{W} \right) \times 100 \quad \text{Eq.3}$$

เมื่อ L_a คือ ปริมาณแอลฟาแมงโกสตินที่มีในแผ่นเส้นใยนาโนที่วิเคราะห์ได้ L_t คือ ปริมาณแอลฟาแมงโกสตินที่มีในแผ่นเส้นใยนาโนตามทฤษฎี W คือ น้ำหนักของแผ่นเส้นใยนาโน

7.2. การพองตัว

แช่แผ่นเส้นใยนาโนลงในสารละลายน้ำลายเทียม pH 6.8 ที่ประกอบด้วย 2.38 g Na_2HPO_4 , 0.19 g KH_2PO_4 และ 8.0 g NaCl ละลายในน้ำ 1 ลิตร ที่ปรับให้มี pH 6.8 ด้วย phosphoric acid (Peh and Wong, 1999) ปริมาตร 2 mL ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และหาร้อยละการพองตัวของแผ่นเส้นใยนาโนตามสมการที่ 4

$$\text{Degree of swelling (\%)} = \frac{(M - M_d)}{M_d} \times 100 \quad \text{Eq.4}$$

เมื่อ M คือ น้ำหนักของแผ่นเส้นใยนาโนหลังจากศึกษาการพองตัว และ M_d คือ น้ำหนักของแผ่นเส้นใยนาโนก่อนการศึกษาการพองตัว

7.3. การยัดติดเยื่อเมือก

ตัดแผ่นเส้นใยนาโนขนาด 10×10 mm ติดบน probe ของเครื่อง texture analyzer จากนั้นทดสอบการยัดติดเยื่อเมือกกระพุ้งแก้มหนู ซึ่งแช่อยู่ใน Kreb's buffer (1.8 g glucose, 0.0468 g $MgCl_2$, 0.34 g KCl, 7.0 g NaCl, 0.1 g Na_2HPO_4 และ 0.18 g NaH_2PO_4 ละลายในน้ำ 1 ลิตร (Krebs and Henseleit, 1932) ก่อนทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 37 ± 0.5 °C เป็นเวลา 15 นาที เมื่อทำการทดสอบวางกระพุ้งแก้มหนูบน holder และเติมสารละลายน้ำลายเทียม 500 μ L เป็นเวลา 1 นาที probe ที่ติดกับแผ่นเส้นใยนาโนจะเคลื่อนที่ลงมาและสัมผัสกับกระพุ้งแก้มหนู ด้วยแรง 3 g เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นดึง probe และแผ่นเส้นใยนาโนออก วัดแรงดึงดังกล่าวให้เป็นแรงในการยัดติดเยื่อเมือก

7.4. การปลดปล่อยสารสกัดจากเปลือกมังคุด

ทดสอบการปลดปล่อยสารสกัดจากเปลือกมังคุดออกจากแผ่นเส้นใยนาโนในตัวทำละลายผสมระหว่างสารละลายน้ำลายเทียมและเมทานอล 50:50 โดยตัดแผ่นให้มีน้ำหนัก 10 mg และทำการทดสอบการปลดปล่อยในตัวกลาง 10 mL ที่อุณหภูมิ 37 ± 0.5 °C และแรงเขย่า 150 rpm สุ่มสารละลายที่เวลาต่างๆ และวิเคราะห์หาปริมาณแอลฟาแมงโกสตินด้วย HPLC

7.5. ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย

หาค่า MIC และ MBC ของแผ่นเส้นใยนาโนต่อเชื้อ *S. mutans* และ *S. sanguinis* โดยใช้น้ำหนักแผ่นตั้งแต่ 0.1 ถึง 5 mg/mL เติมนลงในสารแขวนตะกอนของเชื้อแบคทีเรีย ทำการทดสอบตามหัวข้อ 3.1

ศึกษาอัตราเร็วในการต้านเชื้อแบคทีเรียของแผ่นเส้นใยนาโนโดย time kill assay ในสารแขวนตะกอนของเชื้อแบคทีเรีย $1-2 \times 10^6$ CFU/mL โดยตัดแผ่นเส้นใยนาโนให้มีน้ำหนักเท่ากับค่า MBC ของแผ่นเส้นใยนาโนเปล่าและเติมนลงในสารแขวนตะกอนของเชื้อแบคทีเรีย สุ่มสารแขวนตะกอนของเชื้อที่เวลา 0, 30, 60, 120, 180 และ 240 นาที เจือจาง และ spread บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง BHI บ่มอุณหภูมิ 37 °C 5 % CO_2 เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อศึกษาปริมาณของเชื้อที่ลดลงเมื่อมีแผ่นเส้นใยนาโนที่เวลาต่างๆ

7.6. ความเป็นพิษต่อเซลล์

ทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ของสารสกัดจากเปลือกแอลฟาแมงโกสตินและแผ่นเส้นใยนาโนต่อเซลล์ HGF และ HaCaT เซลล์ทั้งสองชนิดเจริญในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ร่วมกับ 10 % FBS, 2 mM L-glutamine, 100 IU/mL penicillin, 100 μ g/mL streptomycin และ 5 μ g/mL amphotericin B ที่ 37 °C และ 5 % CO_2 ขณะที่สารสกัดจากเปลือกมังคุด แอลฟาแมงโกสติน และแผ่นเส้นใยนาโนทำให้ปราศจากเชื้อภายใต้แสง UV เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารละลายสารสกัดจากเปลือกมังคุด และแอลฟาแมงโกสตินลงในเซลล์ที่ความเข้มข้น 0 ถึง 1 μ g/mL บ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ส่วนแผ่นเส้นใยนาโนบ่มเป็นระยะเวลา 15, 30, 60, 120 และ 240 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาแล้ว วัดความมีชีวิตของเซลล์โดย MTT assay ซึ่งวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 570 nm ความมีชีวิตของเซลล์เปรียบเทียบกับเซลล์ปกติซึ่งคิดเป็น 100 % นอกจากนั้นแล้วทำการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ระยะยาวของแผ่นเส้นใยนาโน โดยเมื่อครบกำหนดเวลา

แล้ว ล้างเซลล์ด้วย phosphate buffer pH 7.4 จากนั้นเติม serum free medium ทำการบ่ม
อีกเป็นเวลา 24, 48 และ 72 h และหาค่าความมีชีวิตของเซลล์ ณ เวลาดังกล่าว

7.7. ความคงตัว

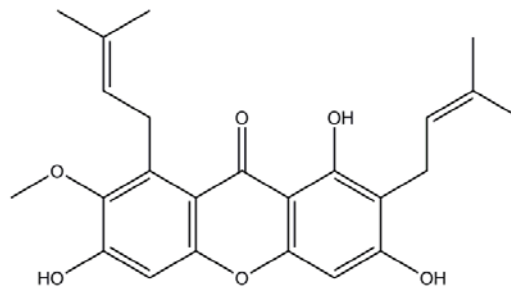
ศึกษาความคงตัวของแผ่นเส้นใยนาโนตาม ICH guideline ภายใต้สภาวะเร่ง (40 ± 2 °C and 75 ± 5 % RH) เปรียบเทียบกับสภาวะปกติ (25 ± 2 °C and 60 ± 5 % RH) เป็นเวลา 6 เดือน
ศึกษารูปร่างลักษณะ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นเส้นใยนาโน และปริมาณแอลฟาแมงโก
สติน ภายหลังจากการเก็บเป็นเวลา 1 3 และ 6 เดือน

บทที่ 3

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การสกัดเปลือกมังคุด

สกัดเปลือกมังคุดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิดที่มีค่า dielectric constant แตกต่างกัน คือ 70 % อะซิโตนมีค่า 38.04 ในขณะที่ 95 % เอทานอลมีค่า 27.01 (Sinko, 2011) การสกัดด้วยตัวทำละลายที่มีความเป็นขั้วแตกต่างกันไม่ส่งผลต่อผลผลิตของสารสกัดที่ได้ (Azmir et al., 2013) โดยการสกัดด้วย 70 % อะซิโตน และ 95 % เอทานอล ได้ผลผลิต 19.02 ± 2.05 และ 18.97 ± 2.69 % ตามลำดับ สารสกัดที่ได้ประกอบไปด้วยสารประเภท xanthones ที่มีโครงสร้างเป็น xanthene-9-one ซึ่งมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (Suksamrarn et al., 2006) โดยมีสารแอลฟาแมงโกสตินเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งใช้เป็น marker ดังแสดงในรูปที่ 2 พบว่ามีโครงสร้างหลักเป็นวงแหวนอะโรมาติก 3 วงที่แสดงถึงคุณสมบัติความไม่มีขั้ว ดังนั้นแอลฟาแมงโกสตินจึงละลายได้น้อยในน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว (Yichu and Zhang, 2010) นอกจากนั้นสารสกัดยังประกอบด้วยสารประเภท phenolic และ tannins



รูปที่ 2 โครงสร้างของแอลฟาแมงโกสติน

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณของแอลฟาแมงโกสติน สารประเภท phenolic และ tannins ในสารสกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิด พบว่าสารสกัดด้วย 95 % เอทานอลมีปริมาณแอลฟาแมงโกสตินมากกว่าสารสกัดจาก 70 % อะซิโตน 4 เท่า เนื่องจาก 95 % เอทานอลมีค่า dielectric constant น้อยกว่า 70 % อะซิโตน ซึ่งละลายแอลฟาแมงโกสตินได้มากกว่า นอกจากนั้นแล้วเอทานอลยังช่วยในการทำลายผนังเซลล์ของพืชทำให้สกัดสารสำคัญได้มากขึ้นอีกด้วย (Pothitirat et al., 2009; Walker, 2007) ปริมาณสารประเภท phenolic ให้ผลสอดคล้องกับแอลฟาแมงโกสตินโดยพบว่าสารสกัดด้วย 95 % เอทานอลมีปริมาณสารประเภท phenolic มากกว่าสารสกัดจาก 70 % อะซิโตน แต่อย่างไรก็ตามสารประเภท tannins ของสารสกัดด้วย 95 % เอทานอลน้อยกว่าสารสกัดจาก 70 % อะซิโตน ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณน้ำในตัวทำละลาย (Azmir et al., 2013) ปริมาณน้ำของ 70 % อะซิโตน (30 %) มากกว่า 95 % เอทานอล (5 %) ดังนั้นจึงสามารถสกัดสารประเภท tannins ที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้มากกว่า

ตารางที่ 1 ปริมาณของแอลฟาแมงโกสตินสารประเภท phenolic และ tannins

Extraction solvent	α -Mangostin (mg/g extracts)	Total phenolic compounds (mg GAE/g extracts)	Total tannins (mg TAE/g extracts)
70 % acetone	36.02 $\pm$ 0.20	437.17 $\pm$ 16.58	226.45 $\pm$ 14.19
95 % ethanol	131.52 $\pm$ 0.65	481.19 $\pm$ 5.51	158.77 $\pm$ 1.08

2.ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย

ตารางที่ 2 แสดงค่า MIC และ MBC ของสารสกัดจากเปลือกมังคุด ไคโตซาน EDTA และไคโตซาน-EDTA ต่อเชื้อ *S. mutans* และ *S. sanguinis* แสดงว่าสารดังกล่าวมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ค่า MBC ของสารต่างๆมีค่ามากกว่า MIC 2-4 เท่า แสดงว่าสารมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อที่ความเข้มข้นต่ำ และมีฤทธิ์ต้านฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่ความเข้มข้นสูง (Tong et al, 2011) สารสกัดจาก 95 % เอทานอลมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียมากที่สุด และสามารถเรียงลำดับฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียได้ดังนี้ สารสกัดเปลือกมังคุดจาก 95 % เอทานอล > สารสกัดเปลือกมังคุดจาก 70 % อะซิโตน > ไคโตซาน-EDTA > EDTA > ไคโตซาน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารสกัดเปลือกมังคุดจากตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิด พบว่า สารสกัดจาก 95 % เอทานอลมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียมากกว่า เนื่องจากมีสาร แอลฟาแมงโกสตินและสารประเภท phenolic มากกว่าสารสกัดจาก 70 % อะซิโตน จึงเลือกใช้สารสกัดจากเปลือกมังคุดด้วยตัวทำละลาย 95 % เอทานอลในการเตรียมเป็นแผ่นเส้นใยนาโนต่อไป กลไกในการต้านเชื้อแบคทีเรียที่เป็นไปได้ของแอลฟาแมงโกสตินคือ ทำลายโครงสร้างของเซลล์เมมเบรนและสารภายในเซลล์รั่วออกมา (Koh et al., 2013) สารประเภท phenolic รบกวนโครงสร้างของเซลล์เมมเบรนหรือเป็นสารลดแรงตึงผิว ซึ่งรบกวนบริเวณส่วนรอยต่อของไขมัน-โปรตีน (Greenberg, Dodds, and Tian, 2008) สารประเภท tannins มีคุณสมบัติฝาดสมานและตกตะกอนโปรตีน ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีน เอนไซม์ และไอออนของโลหะ (Akiyama et al., 2001) ซึ่งยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียผ่านขั้นตอนการสังเคราะห์ DNA และกระบวนการแบ่งเซลล์

ตารางที่ 2 ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารต่างๆ

Active substances	Susceptibility of active substances to bacteria			
	MIC (μ g/mL)		MBC (μ g/mL)	
	<i>S. mutans</i>	<i>S. sanguinis</i>	<i>S. mutans</i>	<i>S. sanguinis</i>
70 % acetone GM extract	6.25	3.12	25	12.5
95 % ethanol GM extract	1.56	1.56	6.25	6.25
CS	310	310	1250	625
EDTA	250	250	500	250
CS-EDTA	156	78	310	156

สารผสมระหว่างไคโตซานและ EDTA (ไคโตซาน-EDTA) มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียลำดับที่ 2 โดย EDTA จะมีหมู่ carboxyl ในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไคโตซาน จึงเพิ่มค่าการละลายของไคโตซาน ในน้ำ นอกจากนั้นแล้ว EDTA ยังเพิ่มฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของไคโตซานโดยลดค่า MIC และ MBC ดังแสดงในตารางที่ 2 ไคโตซานมีประจุบวกจากหมู่อะมิโนซึ่งรบกวนส่วนที่มีประจุลบของเซลล์แบคทีเรีย เช่น N-acetylmuramic acid, sialic acid และ neuraminic acid (El-Sharif and Hussain, 2011) นอกจากนั้นไคโตซานยังรบกวนการซึมผ่านของสาร (Sudarshan, Hoover, and Knorr, 1993) และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โดยการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอออนของโลหะ EDTA ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียโดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ต้องการไอออนของโลหะ เช่น Mg^{2+} , Ca^{2+} และ Fe^{2+} (Banin, Brady, and Greenberg, 2006) สารผสมระหว่างไคโตซานและ EDTA มีฤทธิ์เสริมกันต้านเชื้อแบคทีเรียต่อเชื้อ *S. mutans* และ *S. sanguinis* โดยมีค่า FIC น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (ตารางที่ 3) นอกจากนั้นสารผสมระหว่างสารสกัดเปลือกมังคุดจาก 95 % เอทานอลและไคโตซาน-EDTA ยังมีฤทธิ์เสริมกันต้านเชื้อแบคทีเรียทั้งสอง

ตารางที่ 3 ค่า FIC ของสารผสมในการต้านเชื้อแบคทีเรีย

Antibacterial combination	Bacteria	FIC index	Combination effect
CS + EDTA	<i>S. mutans</i>	0.3	synergy
CS + EDTA	<i>S. sanguinis</i>	0.5	synergy
CS-EDTA + GM extract	<i>S. mutans</i>	0.5	synergy
CS-EDTA + GM extract	<i>S. sanguinis</i>	0.5	synergy

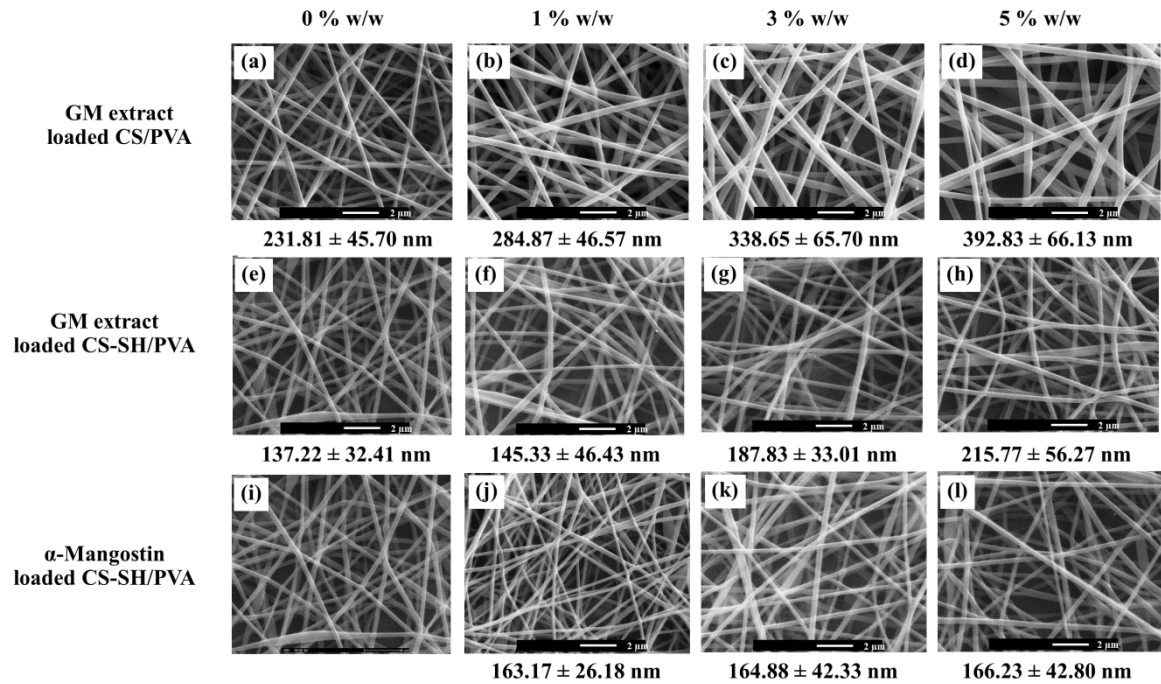
3. การเตรียมแผ่นเส้นใยนาโนผสมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสติน

ไคโตซาน ไทโอเลตไคโตซาน และ PVA มีคุณสมบัติยึดติดเยื่อเมือก จึงนำมาใช้เตรียมเป็นแผ่นเส้นใยนาโน ไทโอเลตไคโตซานที่ได้จากการสังเคราะห์มีหมู่ไทออล $469.75 \pm 2.82 \mu\text{mol}$ ต่อกรัมของพอลิเมอร์ สารละลายไคโตซาน/PVA และไทโอเลตไคโตซาน/PVA เมื่อเติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดหรือแอลฟาแมงโกสตินที่มีปริมาณแอลฟาแมงโกสตินที่ 0, 1, 3 และ 5 % w/w แอลฟาแมงโกสตินต่อพอลิเมอร์ มีคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ ความหนืด ค่าการนำไฟฟ้า และแรงตึงผิว ดังแสดงตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าความหนืด ค่าการนำไฟฟ้า และแรงตึงผิวของสารละลายไคโตซาน/PVA และไทโอเลตไคโตซาน/PVA เมื่อเติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดหรือแอลฟาแมงโกสติน

Solution (%w/w α -mangostin)	Viscosity (mPas)			Conductivity (μ S/cm)			Surface tension (mN/m)		
	GM extract		α -mangostin	GM extract		α -mangostin	GM extract		α -mangostin
	CS/PVA	CS-SH/PVA	CS-SH/PVA	CS/PVA	CS-SH/PVA	CS-SH/PVA	CS/PVA	CS-SH/PVA	CS-SH/PVA
0	164.5 $\pm$ 1.6	230.4 $\pm$ 0.7	230.4 $\pm$ 0.7	867.3 $\pm$ 52.3	2363.2 $\pm$ 55.1	2363.3 $\pm$ 55.1	55.2 $\pm$ 0.9	54.5 $\pm$ 1.2	54.5 $\pm$ 1.2
1	181.3 $\pm$ 1.2	232.1 $\pm$ 3.2	242.3 $\pm$ 0.6	779.0 $\pm$ 20.1	1933.0 $\pm$ 16.5	2260.0 $\pm$ 20.0	54.3 $\pm$ 0.6	49.4 $\pm$ 0.1	57.2 $\pm$ 0.6
3	191.9 $\pm$ 4.6	253.2 $\pm$ 0.7	252.9 $\pm$ 3.2	798.7 $\pm$ 38.2	1855.3 $\pm$ 24.4	2220.0 $\pm$ 43.6	47.1 $\pm$ 1.9	46.6 $\pm$ 0.1	58.4 $\pm$ 0.1
5	190.3 $\pm$ 0.5	267.1 $\pm$ 0.7	265.9 $\pm$ 3.3	811.3 $\pm$ 7.6	1773.0 $\pm$ 9.5	1998.0 $\pm$ 149.3	45.0 $\pm$ 0.8	44.5 $\pm$ 0.1	58.3 $\pm$ 0.1

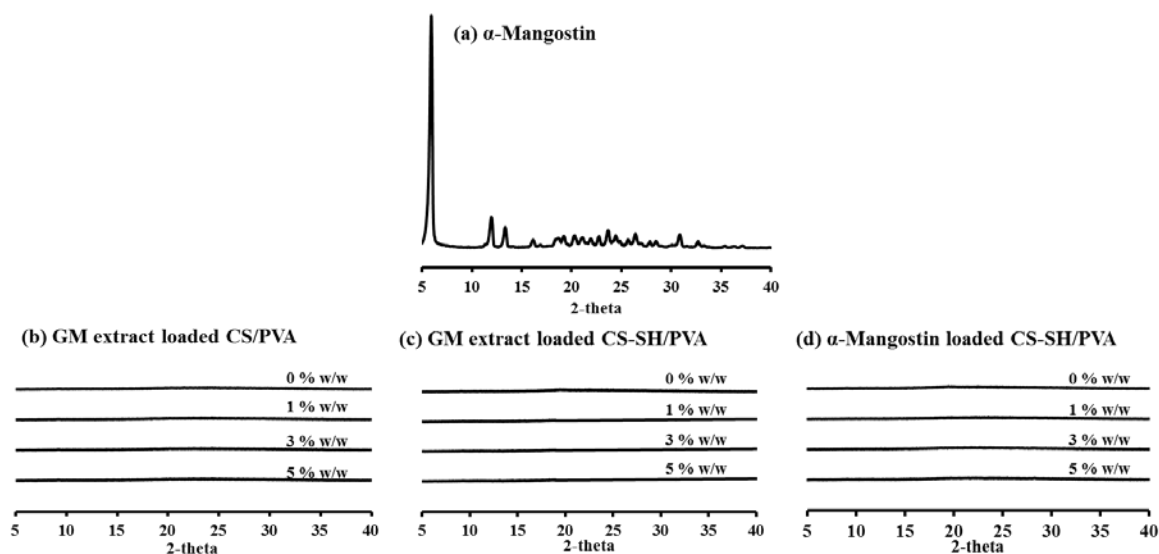
ไทโอเลตไคโตซานมีความหนืดและค่าการนำไฟฟ้ามากกว่าไคโตซาน (Mueller et al., 2013) ทำให้ค่าดังกล่าวของสารละลายไทโอเลตไคโตซาน/PVA มากกว่าสารละลายไคโตซาน/PVA โดยที่ค่าแรงตึงผิวไม่แตกต่างกัน ความหนืดและค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายส่งผลต่อรูปร่างและขนาดของแผ่นเส้นใยนาโน ดังแสดงในรูปที่ 3 สารละลายไทโอเลตไคโตซาน/PVA มีค่าการนำไฟฟ้าและความหนืดมากกว่าสารละลายไคโตซาน/PVA 3 และ 2 เท่า ตามลำดับ ดังนั้นผลของค่าการนำไฟฟ้าจึงเด่นกว่าความหนืด พบว่าแผ่นเส้นใยนาโนเปล่าของไทโอเลตไคโตซาน/PVA มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าแผ่นเส้นใยนาโนเปล่าของไคโตซาน/PVA (รูปที่ 2 (a) และ (e)) เมื่อเติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินลงในสารละลายสารละลายไคโตซาน/PVA และไทโอเลตไคโตซาน/PVA ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นและค่าการนำไฟฟ้าลดลง จึงส่งผลให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยนาโนใหญ่ขึ้นเมื่อเติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามแผ่นเส้นใยนาโนที่เตรียมได้ยังคงมีเส้นใยขนาดเล็กและอยู่ในช่วงนาโนเมตร โดยไม่มีผลึกของสารสกัดจากเปลือกมังคุดหรือแอลฟาแมงโกสตินในแผ่นเส้นใยดังกล่าว



รูปที่ 3 รูปร่างลักษณะจาก SEM (5000x) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นเส้นใยนาโนที่มีปริมาณแอลฟาแมงโกสตินที่ 0, 1, 3 และ 5 % w/w

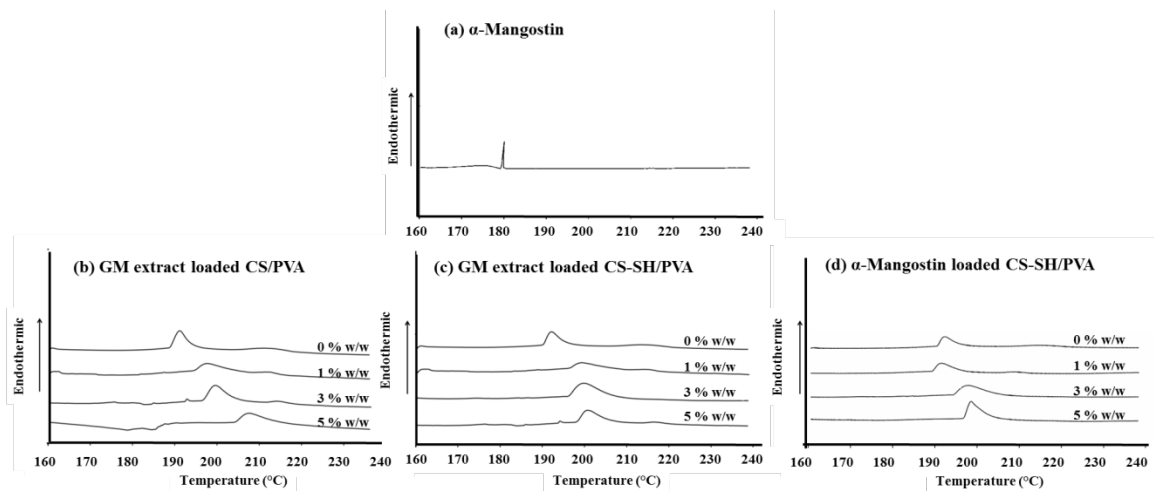
4. การศึกษาคุณลักษณะแผ่นเส้นใยนาโนผสมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสติน

รูปที่ 4 แสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของแอลฟาแมงโกสตินและแผ่นเส้นใยนาโน แอลฟาแมงโกสติน มีพีคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์จำนวนมาก ซึ่งบ่งบอกถึงการจัดเรียงตัวแบบผลึกของสาร แผ่นเส้นใยนาโนเปล่ามีการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์แบบ halo ซึ่งแสดงถึงการจัดเรียงตัวรูปอสัณฐานของแผ่นเส้นใยนาโน นอกจากนั้นแล้วแผ่นเส้นใยนาโนที่เติมแอลฟาแมงโกสตินปริมาณต่างๆ ยังมีการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์แบบ halo โดยไม่พบพีคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของแอลฟาแมงโกสติน ซึ่งแสดงถึงการจัดเรียงตัวรูปอสัณฐานของแอลฟาแมงโกสตินในแผ่นเส้นใยนาโน แอลฟาแมงโกสตินเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงตัวจากรูปผลึกไปเป็นอสัณฐาน



รูปที่ 4 การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ (a) แอลฟาแมงโกสตินและแผ่นเส้นใยนาโนที่มีปริมาณแอลฟาแมงโกสตินที่ 0, 1, 3 และ 5 % w/w โดย (b) GM extract loaded CS/PVA (c) GM extract loaded CS-SH/PVA (d) α -mangostin loaded CS-SH/PVA

การศึกษาคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความร้อน หรือ DSC ช่วยสนับสนุนผลของการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ **รูปที่ 5** แสดงคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความร้อนของแอลฟาแมงโกสตินและแผ่นเส้นใยนาโน แอลฟาแมงโกสตินและแผ่นเส้นใยนาโนเปล่าดูความร้อนที่อุณหภูมิ 180 และ 192 °C ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงจุดหลอมเหลวของสาร เมื่อเติมแอลฟาแมงโกสตินลงในแผ่นเส้นใยนาโน ทำให้จุดหลอมเหลวของแผ่นเส้นใยนาโนเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของแอลฟาแมงโกสตินที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 192 ถึง 209 °C เนื่องมาจากการเกิดอันตรกิริยาระหว่างแอลฟาแมงโกสตินและพอลิเมอร์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของจุดหลอมเหลว แต่อย่างไรก็ตามแผ่นเส้นใยนาโนดังกล่าวปราศจากจุดหลอมเหลวของแอลฟาแมงโกสติน ซึ่งบ่งบอกว่าแอลฟาแมงโกสตินในแผ่นเส้นใยนาโนเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงตัวจากรูปผลึกไปเป็นอสัณฐาน ซึ่งให้ผลการทดลองสอดคล้องกับผลการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์



รูปที่ 5 คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความร้อนของ (a) แอลฟาแมงโกสตินและแผ่นเส้นใยนาโนที่มีปริมาณแอลฟาแมงโกสตินที่ 0, 1, 3 และ 5 % w/w โดย (b) GM extract loaded CS/PVA (c) GM extract loaded CS-SH/PVA (d) α -mangostin loaded CS-SH/PVA

ค่า tensile strength ของแผ่นเส้นใยนาโนแสดงถึงคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นเส้นใยนาโน (ตารางที่ 5) โดยอยู่ในช่วง 4.24 ถึง 5.22 MPa การเติมหมู่ cysteine ให้โคโตซานจะลดคุณสมบัติเชิงกล ทำให้แผ่นเส้นใยนาโนของแผ่นไทโอเลตโคโตซาน/PVA มีค่า tensile strength น้อยกว่าแผ่นเส้นใยนาโนของโคโตซาน/PVA นอกจากนั้นแล้วการเติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดหรือแอลฟาแมงโกสตินทำให้ค่า tensile strength ลดลง เนื่องจากรบกวนสารของพอลิเมอร์ในแผ่นเส้นใยนาโน แต่อย่างไรก็ตามค่า tensile strength เพียงพอต่อการเก็บรักษาและการขนส่งแผ่นเส้นใยนาโน

ตารางที่ 5 tensile strength ของแผ่นเส้นใยนาโนที่มีแอลฟาแมงโกสติน 0, 1, 3 และ 5 % w/w

nanofiber mats (% w/w α -mangostin)	Tensile strength (MPa)		
	GM extract-loaded CS/PVA	GM extract-loaded CS- SH/PVA	α -Mangostin-loaded CS-SH/PVA
0	5.22 $\pm$ 0.72	4.60 $\pm$ 0.36	4.60 $\pm$ 0.36
1	5.21 $\pm$ 0.47	4.26 $\pm$ 0.24	4.60 $\pm$ 0.34
3	4.93 $\pm$ 0.56	4.44 $\pm$ 0.31	4.24 $\pm$ 0.26
5	4.42 $\pm$ 0.53	4.32 $\pm$ 0.23	4.30 $\pm$ 0.41

5. การประเมินแผ่นเส้นใยนาโนผสมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสติน

5.1 ปริมาณสารสกัดจากเปลือกมังคุด

ปริมาณสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินในแผ่นเส้นใยนาโนแต่ละชนิดแสดงในปริมาณของแอลฟาแมงโกสติน ซึ่งใช้เป็น marker ตารางที่ 6 แสดงค่า loading efficiency (%) และ loading capacity (%) ของแอลฟาแมงโกสตินในแผ่นเส้นใยนาโนชนิดต่างๆ loading efficiency ของแอลฟาแมงโกสตินอยู่ในช่วง 60 ถึง 80 % เนื่องจากแอลฟาแมงโกสตินและสารประเภท phenolic ละลายได้น้อยในน้ำ (Aisha et al., 2012; Yichu and Zhang, 2010) อาจตกตะกอนระหว่างกระบวนการ electrospinning อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินทำให้ปริมาณแอลฟาแมงโกสตินในแผ่นเส้นใยนาโนเพิ่มขึ้น จากผลการทดลองระบุได้ว่า สารสกัดจากเปลือกมังคุด และแอลฟาแมงโกสตินมีความคงตัวภายหลังจากกระบวนการ electrospinning ภายใต้อิทธิพลไฟฟ้าสูง (Kim et al., 2007) loading capacity ของแอลฟาแมงโกสตินในแผ่นเส้นใยนาโนอยู่ในช่วง 0.65 ถึง 3.65 %

ตารางที่ 6 loading efficiency และ loading capacity ของแอลฟาแมงโกสตินในแผ่นเส้นใยนาโนที่มีแอลฟาแมงโกสติน 0, 1, 3 และ 5 % w/w

nanofibers (% w/w α -mangostin)	Loading efficiency (%)			Loading capacity (%)		
	GM extract-loaded CS/PVA	GM extract-loaded CS-SH/PVA	α -Mangostin-loaded CS-SH/PVA	GM extract-loaded CS/PVA	GM extract-loaded CS-SH/PVA	α -Mangostin-loaded CS-SH/PVA
1	70.27 $\pm$ 1.38	69.75 $\pm$ 0.76	65.97 $\pm$ 0.16	0.65 $\pm$ 0.01	0.65 $\pm$ 0.01	0.65 $\pm$ 0.01
3	74.94 $\pm$ 0.03	61.86 $\pm$ 0.05	61.76 $\pm$ 0.03	1.83 $\pm$ 0.01	1.51 $\pm$ 0.01	1.80 $\pm$ 0.01
5	79.68 $\pm$ 0.13	73.10 $\pm$ 0.50	76.72 $\pm$ 0.17	2.89 $\pm$ 0.01	2.65 $\pm$ 0.02	3.65 $\pm$ 0.01

5.2 การพองตัวและการยึดติดเยื่อเมือก

การพองตัวเป็นคุณสมบัติที่สำคัญสำหรับการยึดติดเยื่อเมือก (Sudhakar, Kuotsu, and Bandyopadhyay, 2006) โดยแผ่นเส้นใยนาโนจะเปื่อย แตกตัว พองตัวที่เยื่อเมือก และยึดติดเยื่อเมือก ตารางที่ 7 แสดงการพองตัวของแผ่นเส้นใยนาโนที่มีแอลฟาแมงโกสติน 0, 1, 3 และ 5 % w/w แผ่นเส้นใยนาโนเปล่าให้การพองตัวสูงกว่าแผ่นเส้นใยนาโนที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด และแอลฟาแมงโกสติน โดยเมื่อเติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินมากขึ้นการพองตัวจะลดลง สาเหตุจากไคโตซาน ไทโอเลตไคโตซาน และ PVA เป็นพอลิเมอร์ที่ชอบน้ำ ซึ่งพองตัวอย่างรวดเร็วทำให้การพองตัวสูง นอกจากนั้นแผ่นเส้นใยนาโนเปล่าของไทโอเลตไคโตซาน/PVA พองตัวมากกว่าแผ่นเส้นใยนาโนเปล่าของไคโตซาน/PVA แสดงว่าการเติมหมู่ cysteine ของไคโตซาน เพิ่มคุณสมบัติการพองตัวของพอลิเมอร์ การเติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินซึ่งมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำทำให้คุณสมบัติไม่ชอบน้ำของแผ่นเส้นใยนาโนเพิ่มขึ้น จึงทำให้การพองตัวลดลง อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาี้คุณสมบัติการยึดติดเยื่อเมือกไม่แปรผันกับการพองตัว คุณสมบัติการยึด

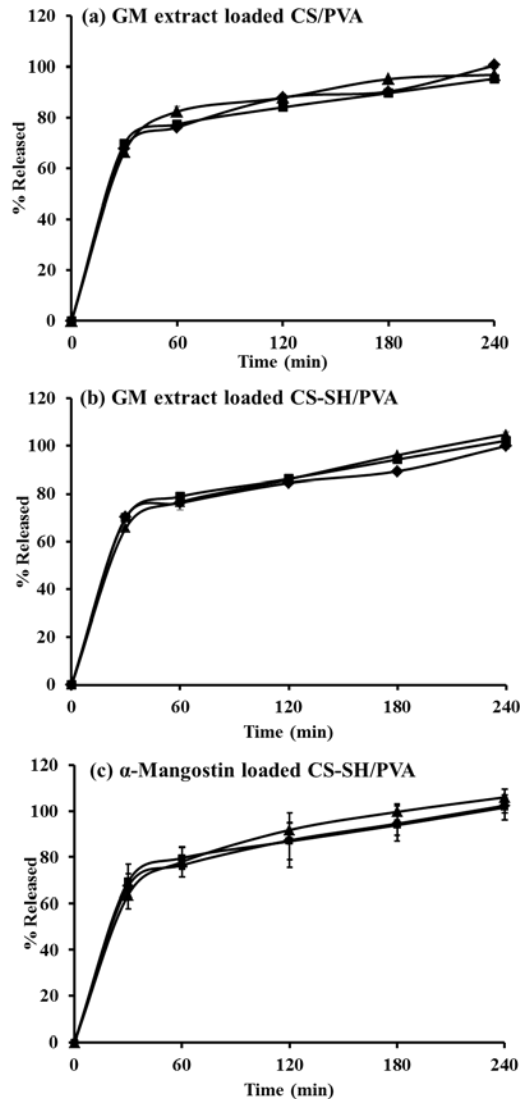
ติดเยื่อเมือกขึ้นอยู่กับชนิดของพอลิเมอร์ แรงยึดติดเยื่อเมือกของแผ่นเส้นใยนาโนของไทโอเลตไคโตซาน/PVA (22 กรัม) มากกว่าแผ่นเส้นใยนาโนของไคโตซาน/PVA (11 กรัม) (ตารางที่ 7) เนื่องจากคุณสมบัติการยึดติดเยื่อเมือกของไทโอเลตไคโตซานมากกว่าไคโตซาน โดยไทโอเลตไคโตซานมีหมู่ไทออลที่เกิด disulphide bonds กับ หมู่ cysteine ของ mucus glycoprotein ในการยึดติดเยื่อเมือก (Salamat-Miller, Chittchang, and Johnston, 2005) พันธะโควาเลนต์นี้มีแรงยึดติดเยื่อเมือกมากกว่าพันธะที่ไม่ใช่โควาเลนต์ของไคโตซาน และ PVA โดยทั่วไปไคโตซาน และ PVA มีพันธะไฮโดรเจน และแรงทางไฟฟ้าสถิต ในการยึดติดเยื่อเมือก ดังนั้น ไทโอเลตไคโตซานจึงมีประโยชน์ในการยึดติดเยื่อเมือก นอกจากนั้นการบรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินไม่ลดแรงยึดติดเยื่อเมือก โดยมีแรงยึดติดเยื่อเมือกคงที่ เมื่อเติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินตั้งแต่ 1 ถึง 5 % w/w

ตารางที่ 7 การพองตัวและการยึดติดเยื่อเมือกของแผ่นเส้นใยนาโนที่มีแอลฟาแมงโกสติน 0, 1, 3 และ 5 % w/w

nanofibers (% w/w α -mangostin)	Degree of swelling (%)			Mucoadhesive force (g)		
	GM extract-loaded CS/PVA	GM extract-loaded CS-SH/PVA	α -Mangostin-loaded CS-SH/PVA	GM extract-loaded CS/PVA	GM extract-loaded CS-SH/PVA	α -Mangostin-loaded CS-SH/PVA
0	124.4 $\pm$ 25.7	195.7 $\pm$ 11.9	195.7 $\pm$ 11.9	11.58 $\pm$ 0.28	22.62 $\pm$ 0.04	22.62 $\pm$ 0.04
1	105.0 $\pm$ 7.0	76.3 $\pm$ 9.4	160.3 $\pm$ 18.4	11.52 $\pm$ 0.15	22.49 $\pm$ 0.11	22.45 $\pm$ 0.21
3	90.4 $\pm$ 16.9	67.2 $\pm$ 12.6	80.1 $\pm$ 29.6	11.56 $\pm$ 0.08	22.55 $\pm$ 0.07	22.49 $\pm$ 0.14
5	53.9 $\pm$ 24.4	54.5 $\pm$ 7.0	69.5 $\pm$ 21.4	11.54 $\pm$ 0.03	22.56 $\pm$ 0.04	22.49 $\pm$ 0.07

5.3 การปลดปล่อยสารสกัดจากเปลือกมังคุด

การปลดปล่อยแอลฟาแมงโกสตินจากแผ่นเส้นใยนาโนเมื่อมีปริมาณสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินแตกต่างกัน รูปแบบการปลดปล่อยยาแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งมีรูปแบบการปลดปล่อยแอลฟาแมงโกสตินจากแผ่นเส้นใยนาโนคล้ายกัน เมื่อชนิดของแผ่นเส้นใยนาโนและปริมาณสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินต่างกัน แอลฟาแมงโกสตินปลดปล่อยอย่างรวดเร็ว โดยปลดปล่อยได้ 80 % ภายในเวลา 60 นาที และปลดปล่อยออกหมดภายใน 240 นาที จากผลการทดลองบ่งบอกได้ว่า การเตรียมเป็นแผ่นเส้นใยนาโนเพิ่มพื้นที่ผิว ทำให้การปลดปล่อยแอลฟาแมงโกสตินออกอย่างรวดเร็ว จากการที่น้ำแพร่เข้าไปในเส้นใยตามช่องว่างระหว่างเส้นใย นอกจากนั้นไคโตซาน ไทโอเลตไคโตซาน และ PVA ยังพองตัวช่วยในการปลดปล่อยแอลฟาแมงโกสติน กลไกที่ใช้ในการปลดปล่อยแอลฟาแมงโกสติน คือ การแพร่ และการสลายของพอลิเมอร์ (Sill and Recum, 2008) นอกจากนั้นแอลฟาแมงโกสตินยังจัดเรียงตัวแบบอสัณฐานที่มีการละลายที่ดี ทำให้การปลดปล่อยของแอลฟาแมงโกสตินเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 6 การปลดปล่อยแอลฟาแมงโกสทินจาก (a) สารสกัดจากเปลือกมังคุดบรรจุในแผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVA (b) สารสกัดจากเปลือกมังคุดบรรจุในแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตไคโตซาน/PVA และ (c) แอลฟาแมงโกสทินบรรจุในแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตไคโตซาน/PVA; (■) 1, (◆) 3 และ (▲) 5 % w/w

5.4ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย

แผ่นเส้นใยนาโนของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสทินมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* และ *S. sanguinis* หลังจากผ่านกระบวนการ electrospinning ซึ่งมีค่า MIC และ MBC ในขนาดมิลลิกรัม (ตารางที่ 8 และ 9) ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียสัมพันธ์กับปริมาณสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสทินที่เติมลงในแผ่นเส้นใยนาโน โดยค่า MIC และ MBC ลดลงเมื่อมีปริมาณสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสทินเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีสารที่ออกฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ แอลฟาแมงโกสทิน สารประเภท phenolic และ tannins อย่างไรก็ตาม แผ่นเส้น

ใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุแอลฟาแมงโกสตินมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียที่เรียกว่าเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด

แผ่นเส้นใยนาโนโคโตซาน/PVA และ ไทโอเลตโคโตซาน/PVA เปล่ามีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* และ *S. sanguinis* ด้วย จากฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของโคโตซาน และไทโอเลตโคโตซาน แต่แผ่นเส้นใยนาโนของไทโอเลตโคโตซาน/PVA มีฤทธิ์น้อยกว่า เนื่องจากการเติมหมู่ cysteine ที่หมู่อะมิโนของโคโตซานทำให้ประจุบวกที่โปรบวบนโครงสร้างที่เป็นประจุลบของเซลล์แบคทีเรียลดลง (Han et al., 2012) แต่หมู่อะมิโนของโคโตซานไม่ได้เติมหมู่ cysteine อย่างสมบูรณ์ ทำให้มีหมู่อะมิโนในโครงสร้างไทโอเลตโคโตซานออกฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย

ตารางที่ 8 ค่า MIC ของแผ่นเส้นใยนาโนที่มีแอลฟาแมงโกสติน 0, 1, 3 และ 5 % w/w

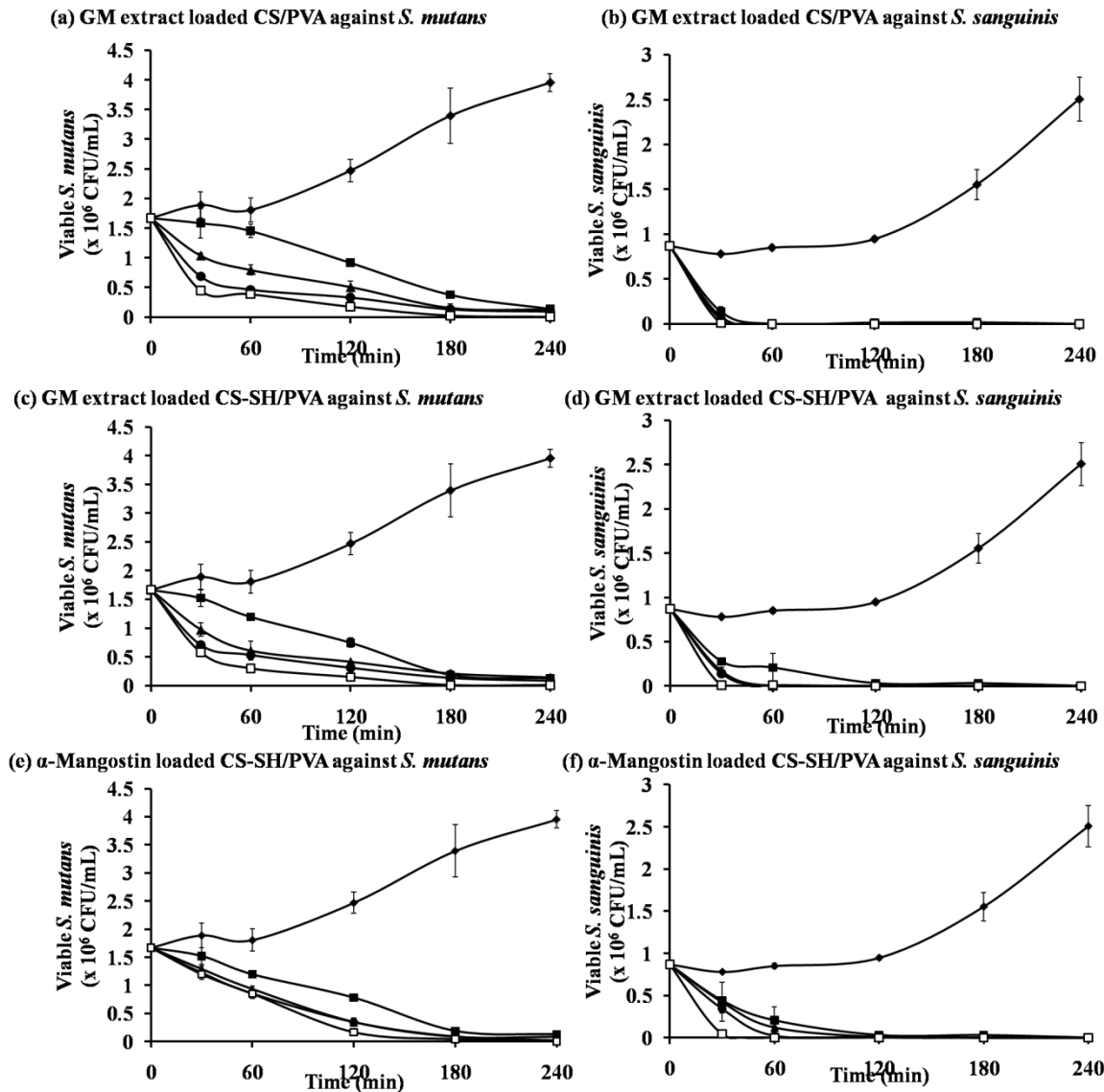
nanofibers (%w/w α -mangostin)	MIC (mg/mL)					
	<i>S. mutans</i>			<i>S. sanguinis</i>		
	GM extract-loaded CS/PVA	GM extract-loaded CS-SH/PVA	α -Mangostin-loaded CS-SH/PVA	GM extract-loaded CS/PVA	GM extract-loaded CS-SH/PVA	α -Mangostin-loaded CS-SH/PVA
0	2	3	3	1	2	2
1	0.5	1	2	0.5	0.5	2
3	0.2	0.5	1	0.2	0.2	1
5	0.1	0.2	0.5	0.1	0.1	0.5

ตารางที่ 9 ค่า MBC ของแผ่นเส้นใยนาโนที่มีแอลฟาแมงโกสติน 0, 1, 3 และ 5 % w/w

nanofiber mats (%w/w α -mangostin)	MBC (mg/mL)					
	<i>S. mutans</i>			<i>S. sanguinis</i>		
	GM extract-loaded CS/PVA	GM extract-loaded CS-SH/PVA	α -Mangostin-loaded CS-SH/PVA	GM extract-loaded CS/PVA	GM extract-loaded CS-SH/PVA	α -Mangostin-loaded CS-SH/PVA
0	3	4	4	2	3	3
1	2	2	3	1	2	3
3	1	1	2	0.5	1	2
5	0.5	0.5	1	0.2	0.5	1

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแผ่นเส้นใยนาโนมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียดี โดยเฉพาะเมื่อสัมผัสกับสารแขวนตะกอนของเชื้อ สารสกัดจากเปลือกมังคุด โคโตซาน และไทโอเลตโคโตซาน ที่ปลดปล่อยออกมา จะเสริมฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย

การศึกษากราฟ time kill ของแผ่นเส้นใยนาโนของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินที่ความเข้มข้นที่ MBC ของแผ่นเส้นใยนาโนเปล่าต่อเชื้อแบคทีเรีย เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินต่ออัตราเร็วในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (Eckert et al., 2006) โดยใช้แผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVA และไทโอเลตไคโตซาน/PVA ที่ความเข้มข้น 3 และ 4 mg/mL ตามลำดับ และนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียหลังจากสัมผัสแผ่นเส้นใยนาโนที่เวลาต่างๆ ความสัมพันธ์ของปริมาณเชื้อที่ลดลงที่เวลาต่างแสดงในรูปที่ 7 พบว่า เซลล์ปกติที่ไม่ได้สัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโน การเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาผ่านไป เชื้อ *S. mutans* และ *S. sanguinis* ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อสัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโน โดยแผ่นทั้งสองชนิดมีรูปแบบการลดลงเชื้อเชื้อคล้ายกัน โดยเชื้อจะลดลงและตายหมดภายในเวลา 240 นาที ซึ่งสัมพันธ์กับการปลดปล่อยของแอลฟาแมงโกสติน การเติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินในแผ่นเส้นใยนาโนทำให้การลดลงของเชื้อรวดเร็วขึ้น โดยเมื่อเติมในปริมาณ 1, 3 และ 5 % การลดลงของเชื้อ *S. mutans* จะเร็วกว่าแผ่นเส้นใยนาโนเปล่าที่เวลา 30, 60 และ 120 นาที แต่ไม่มีความแตกต่างของการลดลงของเชื้อ *S. mutans* เมื่อเติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินในปริมาณต่างๆ ที่เวลาดังกล่าว สำหรับเชื้อ *S. sanguinis* จะตายอย่างรวดเร็ว และมีอัตราการตายเร็วกว่าเชื้อ *S. mutans* โดยเชื้อแบคทีเรียตายภายในเวลา 30 นาที และตายหมดในเวลา 120 นาที การเติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินมีผลเล็กน้อยต่อการเพิ่มอัตราการลดลงของเชื้อ *S. sanguinis* ที่เวลา 180 และ 240 นาที เชื้อ *S. mutans* และ *S. sanguinis* ตายอย่างสมบูรณ์ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินต่อการเพิ่มฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียและเพิ่มอัตราเร็วในการฆ่าเชื้อ นอกจากนี้การเติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินเพียงเล็กน้อยก็เพียงพอต่อการเพิ่มอัตราเร็วในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย

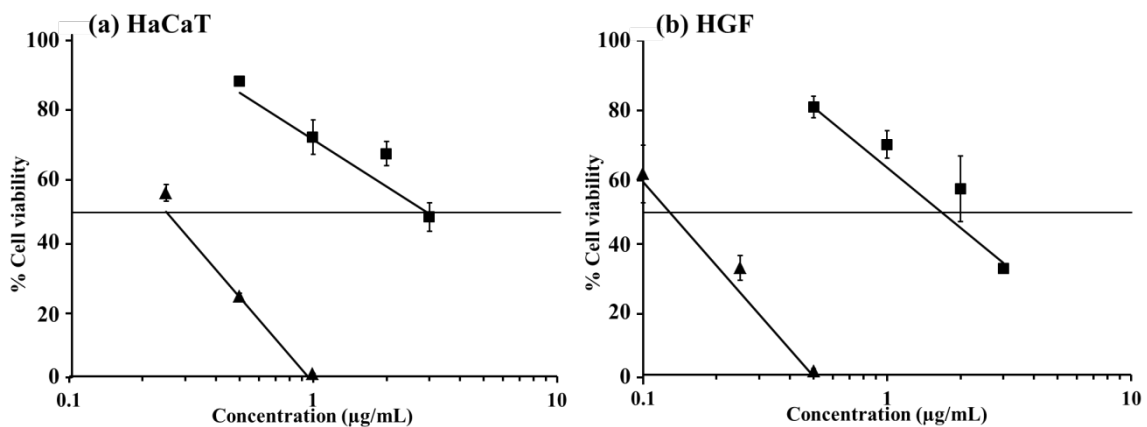


รูปที่ 7 กราฟ Time kill curve ของเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* และ *S. sanguinis*, (◆) จำนวนเซลล์ปกติ และจำนวนเซลล์หลังจากสัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโนที่มี (■) 0, (▲) 1, (●) 3 และ (□) 5 % w/w แอลฟาแมงโกสติน

5.5 ความเป็นพิษต่อเซลล์

ศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดจากเปลือกมังคุด แอลฟาแมงโกสติน และแผ่นเส้นใยนาโนของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินต่อเซลล์ HGF และ HaCaT โดยหาค่า IC_{50} ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินที่เวลา 24 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 8 พบว่า ความเป็นพิษต่อเซลล์ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสติน IC_{50} ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดต่อเซลล์ HaCaT และ HGF มีค่า 1.93 และ 1.66 $\mu\text{g/mL}$ ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงความเข้มข้นของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่เป็นพิษต่อเซลล์ 50 % สำหรับแอลฟาแมงโกสตินมีค่า

IC₅₀ 0.27 และ 0.14 µg/mL ต่อเซลล์ HaCaT และ HGF ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่าสารสกัดจากเปลือกมังคุดมีความปลอดภัยมากกว่าแอลฟาแมงโกสติน และเซลล์ HGF ไวต่อความเป็นพิษมากกว่าเซลล์ HaCaT อย่างไรก็ตาม ค่า IC₅₀ ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินต่ำกว่าปริมาณของแอลฟาแมงโกสตินในแผ่นเส้นใยนาโน (20-146 µg/mL) ที่มีสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินในปริมาณต่างๆ ความเข้มข้นดังกล่าวอาจเป็นพิษต่อเซลล์ภายในเวลา 24 ชั่วโมง ดังนั้นแผ่นเส้นใยนาโนของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินควรใช้ภายในช่องปากน้อยกว่า 24 ชั่วโมง จากการศึกษาการปลดปล่อยแอลฟาแมงโกสตินจากแผ่นเส้นใยนาโนและกราฟ time kill พบว่าแผ่นเส้นใยนาโนปลดปล่อยแอลฟาแมงโกสตินได้สมบูรณ์และมีฤทธิ์ลดจำนวนเชื้อแบคทีเรียภายในเวลา 240 นาที ดังนั้นจึงศึกษาความเป็นพิษต่อเซลล์ของแผ่นเส้นใยนาโนของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินเป็นเวลา 240 นาที

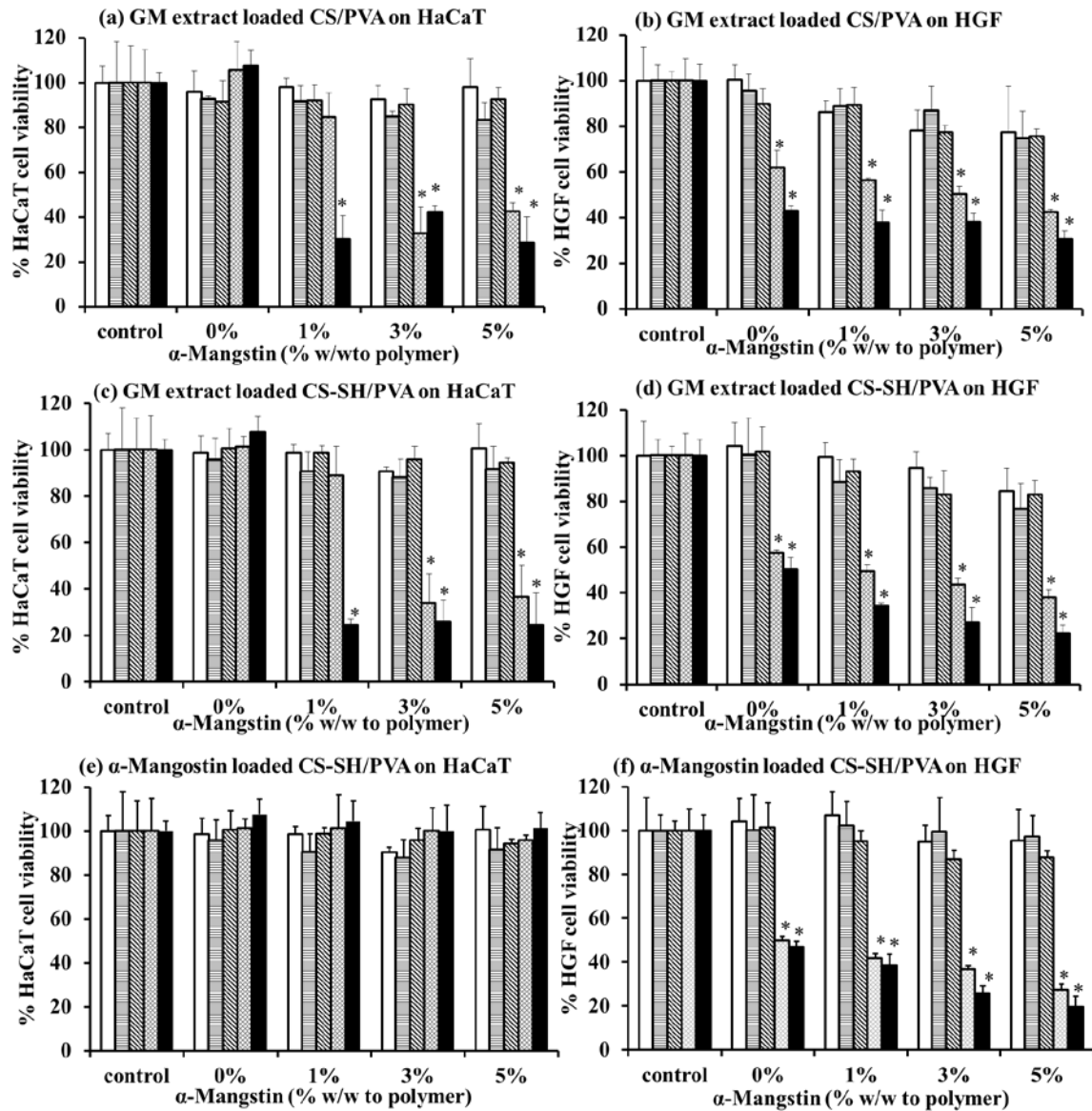


รูปที่ 8 ความมีชีวิตของเซลล์ (a) HaCaT และ (b) HGF เมื่อมี (■) สารสกัดจากเปลือกมังคุดและ (▲) แอลฟาแมงโกสติน ที่ความเข้มข้น 0 ถึง 1 µg/mL เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ศึกษาความเป็นพิษต่อเซลล์ฉับพลันของแผ่นเส้นใยนาโนของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสติน เป็นเวลา 15, 30, 60, 120 และ 240 นาที โดยใช้แผ่นเส้นใยนาโนที่ความเข้มข้นที่ MBC ของแผ่นเส้นใยนาโนเปล่า โดยใช้แผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVA และไทโอเลตไคโตซาน/PVA ที่ความเข้มข้น 3 และ 4 mg/mL ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงในรูปที่ 9 เปรียบเทียบความเป็นพิษต่อเซลล์ของแผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVA และไทโอเลตไคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุดเพื่อศึกษาชนิดของพอลิเมอร์ต่อความเป็นพิษต่อเซลล์ พบว่าแผ่นเส้นใยนาโนจากพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดมีความเป็นพิษต่อเซลล์ทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 9 a-d) รูปแบบความมีชีวิตของเซลล์ระหว่างแผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVA และไทโอเลตไคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุดในปริมาณต่างๆกันคล้ายกัน แผ่นเส้นใยนาโนเปล่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของความมีชีวิตของเซลล์ HaCaT เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์ควบคุมเป็นเวลา 240 นาที อย่างไรก็ตาม ความมีชีวิตของเซลล์ HaCaT ลดลงเมื่อสัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโนของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่เวลายาวนานขึ้น โดย

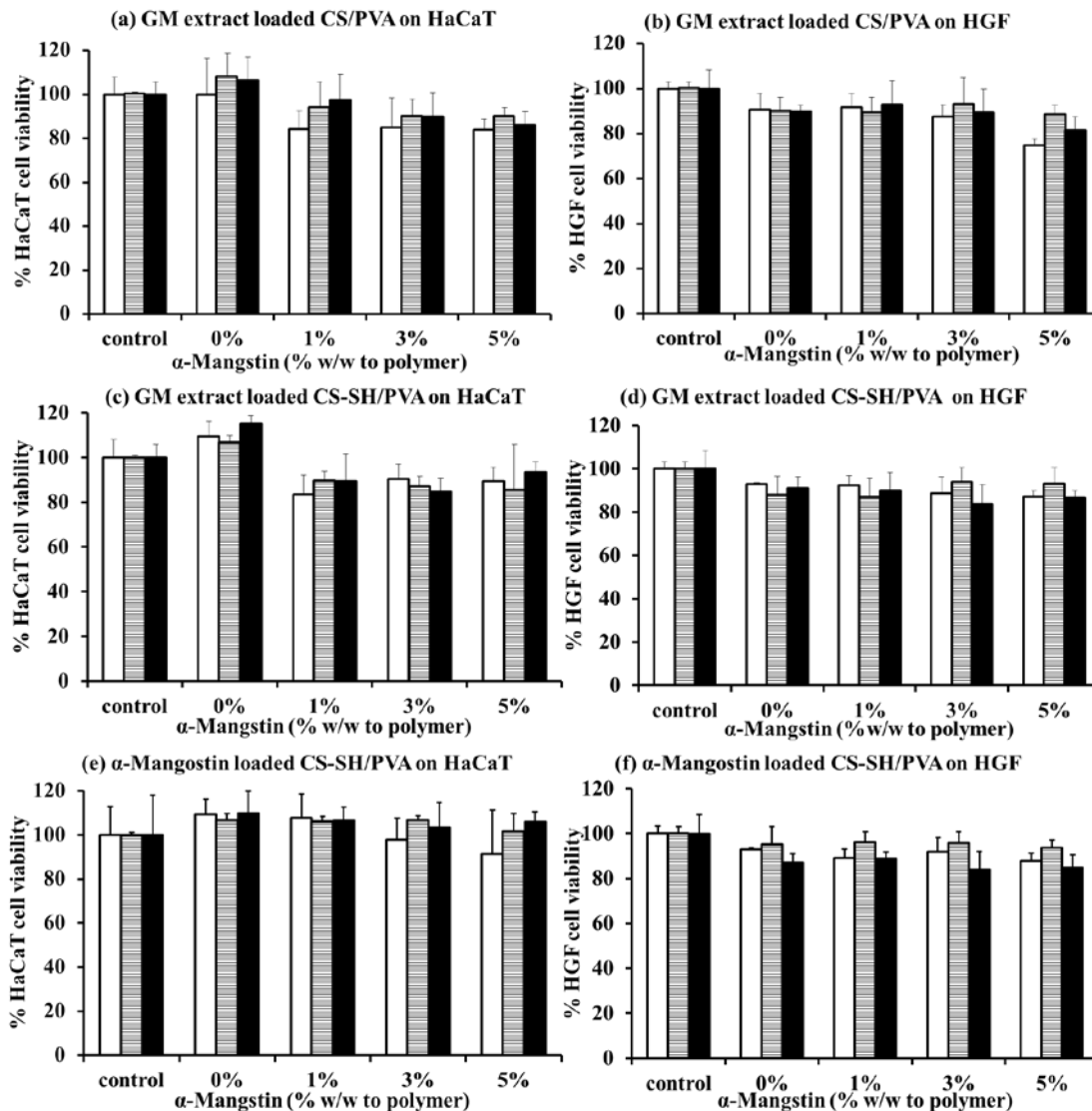
ความมีชีวิตของเซลล์ HaCaT ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่เวลา 240, 120 และ 60 นาที เมื่อเซลล์สัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVA และไทโอเลตไคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด 1, 3 และ 5 %w/w ของแอลฟาแมงโกสติน ตามลำดับ แสดงได้ว่า เซลล์ HaCaT มีชีวิตเป็นเวลา 240, 120, 60 และ 60 นาที เมื่อสัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโนที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด 0, 1, 3 และ 5 %w/w ของแอลฟาแมงโกสติน ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของสารสกัดจากเปลือกมังคุดในแผ่นเส้นใยนาโนทำให้มีปริมาณแอลฟาแมงโกสตินมากขึ้นเมื่อสัมผัสกับเซลล์เป็นเวลานานขึ้น จึงทำให้ความเป็นพิษต่อเซลล์เพิ่มขึ้นด้วยกลไก apoptosis (Nakagawa et al., 2007) เปรียบเทียบความเป็นพิษของแผ่นใยนาโนไทโอเลตไคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสติน เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินต่อความเป็นพิษต่อเซลล์ การเติมแอลฟาแมงโกสตินลงในแผ่นเส้นใยนาโนไม่พบการลดลงของความมีชีวิตของเซลล์ HaCaT ที่เวลา 15, 30, 60, 120 และ 240 นาที เมื่อเทียบกับเซลล์ควบคุม (รูปที่ 9e) แสดงว่าการเติมแอลฟาแมงโกสตินมีความเป็นพิษต่อเซลล์ HaCaT ต่ำกว่าสารสกัดจากเปลือกมังคุด เนื่องจากสารสกัดจากเปลือกมังคุดมีสารประเภท phenolic และ tannins ซึ่งเพิ่มความเป็นพิษต่อเซลล์ HaCaT ได้

ความเป็นพิษของแผ่นเส้นใยนาโนต่อเซลล์ HGF ให้ผลสอดคล้องกับความเป็นพิษต่อเซลล์ HaCaT (รูปที่ 9b, d และ f) ความมีชีวิตของเซลล์ HGF ลดลงเมื่อเซลล์สัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโนนานขึ้น ความมีชีวิตของเซลล์ HGF ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อแผ่นเส้นใยนาโนสัมผัสกับเซลล์ HGF เป็นเวลา 120 และ 240 นาที เมื่อเทียบกับเซลล์ควบคุม ดังนั้นเซลล์ HGF มีชีวิตเป็นเวลา 60 นาทีในแผ่นเส้นใยนาโนของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสติน ผลการศึกษานี้ยืนยันผลการทดลองว่าเซลล์ HGF ไวต่อความเป็นพิษมากกว่าเซลล์ HaCaT ดังนั้นความเป็นพิษของแผ่นเส้นใยนาโนขึ้นอยู่กับความมีชีวิตของเซลล์ HGF ซึ่งสรุปได้ว่าแผ่นเส้นใยนาโนสามารถใช้ในช่องปากได้ปลอดภัยเป็นเวลา 60 นาที



รูปที่ 9 ความมีชีวิตของเซลล์ HaCaT และ HGF สำหรับการทดสอบความเป็นพิษแบบฉับพลันของ แผ่นเส้นใยนาโนของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินที่เวลา (□) 15, (▨) 30, (▩) 60, (▤) 120 และ (■) 240 นาที * แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ระยะยาวศึกษาโดยล้างเซลล์ที่ผ่านการทดสอบความเป็นพิษแบบฉับพลัน 60 นาที ด้วยสารละลาย phosphate buffer จากนั้นเติม SFM ลงในเซลล์แล้วบ่มอีกเป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง **รูปที่ 10** แสดงความมีชีวิตของเซลล์ HaCaT และ HGF ที่เวลาต่างๆ ความมีชีวิตของเซลล์ทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเซลล์ควบคุมที่เวลา 24, 48, และ 72 ชั่วโมง แสดงว่าแผ่นเส้นใยนาโนมีความเป็นพิษต่อเซลล์ต่ำที่เวลา 72 ชั่วโมงหลังจากการใช้ในช่องปากเป็นเวลา 60 นาที



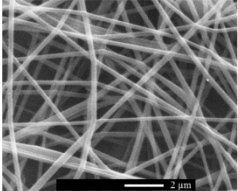
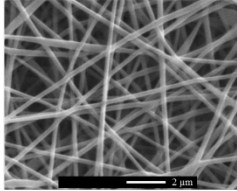
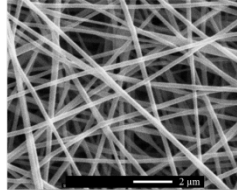
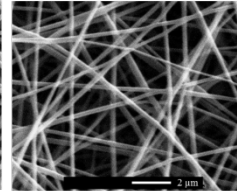
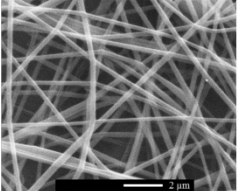
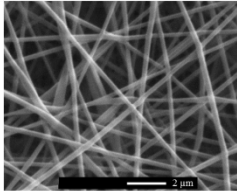
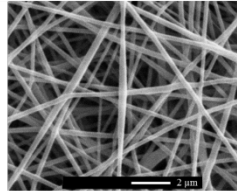
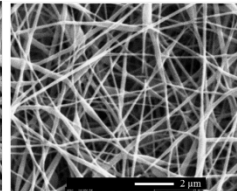
รูปที่ 10 ความมีชีวิตของเซลล์ HaCaT และ HGF สำหรับการทดสอบความเป็นพิษระยะยาวของ แผ่นเส้นใยนาโนของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินที่เวลา (□) 24, (▨) 48 และ (■) 240 นาที

5.6 ความคงตัว

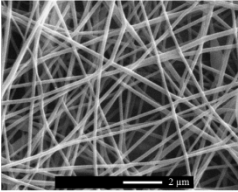
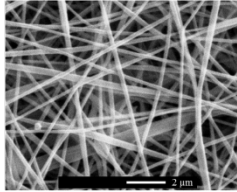
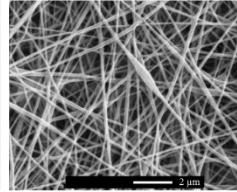
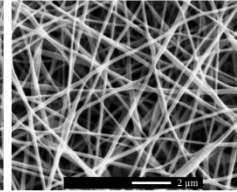
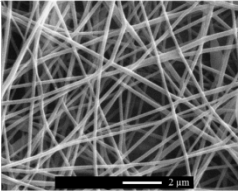
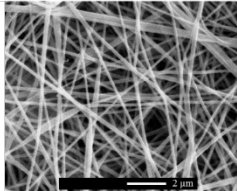
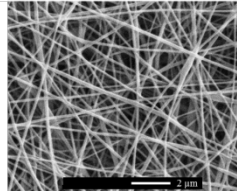
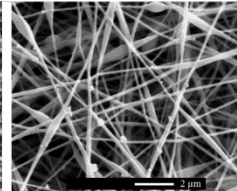
จากผลการศึกษาข้างต้นพบว่าแผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVA และไทโอเลตไคโตซาน/PVA ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสติน มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับประยุกต์ใช้สำหรับต้านเชื้อแบคทีเรียในช่องปาก อย่างไรก็ตามแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตไคโตซาน/PVA ให้คุณสมบัติยึดติดเยือกเมือกดีกว่า และยังคงฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียอยู่ นอกจากนั้นแล้ว การเติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินเพียงเล็กน้อยก็เพียงพอสำหรับต้านเชื้อแบคทีเรีย ดังนั้นจึงเลือกแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตไคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสติน 1 % ของแอลฟาแมงโกสติน เป็นสูตรตำรับที่ดี และนำมาศึกษาความคงตัว

รูปที่ 11 แสดงรูปร่างลักษณะและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นเส้นใยนาโนหลังจากการเตรียมและเก็บรักษาเป็นเวลา 1, 3 และ 6 เดือน รูปร่างลักษณะของแผ่นเส้นใยนาโนหลังจากการเก็บในสภาวะปกติและสภาวะเร่งมีลักษณะคล้ายคลึงกัน เส้นใยนาโนไม่มีผลึกของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินหลังจากการเก็บเป็นเวลา 6 เดือน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยนาโนเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยจากเส้นใยนาโนหลังจากการเตรียม แต่ยังคงอยู่ในขนาดนาโนเมตรช่วง 140 ถึง 200 nm และ 140 ถึง 170 นาโนเมตร สำหรับแผ่นเส้นใยนาโนของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินตามลำดับ **รูปที่ 12** แสดงปริมาณแอลฟาแมงโกสตินในแผ่นเส้นใยนาโนเทียบกับปริมาณแอลฟาแมงโกสตินเริ่มต้น พบว่ามีปริมาณแอลฟาแมงโกสติน 80 ถึง 100 % ของปริมาณเริ่มต้น หลังจากการเก็บทั้งสองสภาวะเป็นเวลา 6 เดือน นอกจากนั้นแล้ว ปริมาณแอลฟาแมงโกสตินภายหลังการเก็บที่ระยะเวลาต่างๆ ยังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การเก็บในสภาวะเร่งทำให้ปริมาณแอลฟาแมงโกสตินลดลงเล็กน้อยจากตอนเริ่มต้น เมื่อเปรียบเทียบกับเก็บในสภาวะปกติ ผลการศึกษานี้ สรุปได้ว่าการเก็บแผ่นเส้นใยนาโนมีความคงตัวอย่างน้อยเป็นเวลา 6 เดือน

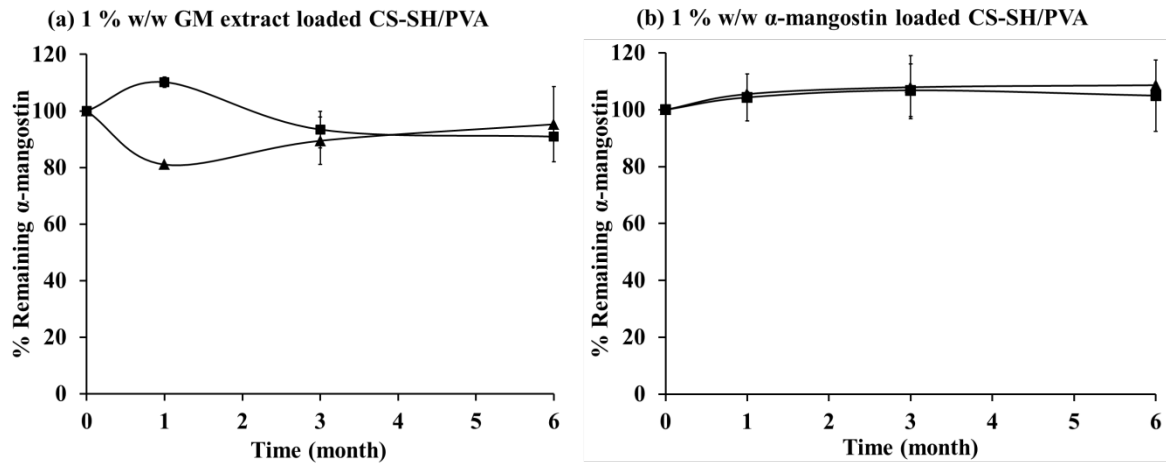
(a) 1 % w/w GM extract loaded CS-SH/PVA

	0 month	1 month	3 months	6 months
Long-term condition				
	145.33 ± 46.43 nm	165.29 ± 31.99 nm	158.59 ± 33.17 nm	204.53 ± 45.71 nm
Accelerated condition				
	145.33 ± 46.43 nm	167.20 ± 38.65 nm	170.67 ± 38.29 nm	141.53 ± 50.52 nm

(b) 1 % w/w α -mangostin loaded CS-SH/PVA

	0 month	1 month	3 months	6 months
Long-term condition				
	163.17 ± 26.18 nm	151.22 ± 30.90 nm	142.88 ± 27.75 nm	168.78 ± 45.87 nm
Accelerated condition				
	163.17 ± 26.18 nm	152.10 ± 30.04 nm	143.27 ± 29.43 nm	146.76 ± 39.68 nm

รูปที่ 11 รูปร่างลักษณะจาก SEM (5000x) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตะซาน/PVA ที่บรรจุ (a) สารสกัดจากเปลือกมังคุด และ (b) แอลฟาแมงโกสติน 1 % ของแอลฟาแมงโกสติน ภายหลังจากการเก็บรักษา (บน) สภาวะปกติ ($25 \pm 2^\circ\text{C}$ and $60 \pm 5\%$ RH) และ (ล่าง) สภาวะเร่ง ($40 \pm 2^\circ\text{C}$ and $75 \pm 5\%$ RH) เป็นเวลา 0, 1, 3 และ 6 เดือน



รูปที่ 12 ปริมาณแอลฟาแมงโกสติน (%) ในแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตไคโตซาน/PVA ที่บรรจุ (a) สารสกัดจากเปลือกมังคุด และ (b) แอลฟาแมงโกสติน 1 % ของแอลฟาแมงโกสติน ภายหลังจากการเก็บรักษาใน (■) สภาวะปกติ และ (▲) สภาวะเร่งเป็นเวลา 0, 1, 3 และ 6 เดือน เทียบกับปริมาณแอลฟาแมงโกสตินเริ่มต้น

บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้สามารถเตรียมแผ่นเส้นใยนาโนอิเล็กโตรสปินนิงสำหรับนำส่งยาเฉพาะที่ในการต้านเชื้อแบคทีเรียในช่องปาก สารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียที่สัมพันธ์กับโรคฟันผุ (*S. mutans* และ *S. sanguinis*) ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกมังคุดขึ้นอยู่กับตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดเปลือกมังคุดและปริมาณสารสำคัญในสารสกัด การสกัดด้วย 95 % เอทานอล มีแอลฟาแมงโกสตินและสารประเภท phenolic มากกว่าการสกัดด้วย 70 % อะซิโตน ทำให้ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียดีกว่า สารผสมระหว่างไคโตซานกับ EDTA และสารสกัดจากเปลือกมังคุดกับไคโตซาน-EDTA เสริมฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย กระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงสามารถเตรียมแผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVA และไทโอเลตไคโตซาน/PVA ผสมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินได้ โดยมีขนาดของเส้นใยอยู่ในระดับนาโนเมตร และไม่พบผลึกของแอลฟาแมงโกสตินในแผ่นเส้นใยนาโน แอลฟาแมงโกสตินเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงตัวจากรูปผลึกเป็นอสัณฐาน แผ่นเส้นใยนาโนที่เตรียมได้มีคุณสมบัติเหมาะสม ได้แก่ คุณสมบัติเชิงกล การพองตัว และการยึดติดเยื่อเมือก โดยแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตไคโตซาน/PVA มีแรงยึดติดเยื่อเมือกดีกว่าแผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVA อย่างไรก็ตาม แผ่นเส้นใยนาโนดังกล่าวปลดปล่อยสารสำคัญอย่างรวดเร็ว และเสริมฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคฟันผุ นอกจากนั้นการเติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสตินทำให้อัตราเร็วในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียเพิ่มขึ้น แผ่นเส้นใยนาโนมีความเป็นพิษต่อเซลล์ต่ำ และมีความคงตัวอย่างน้อยเป็นเวลา 6 เดือน

ดังนั้นแผ่นเส้นใยนาโนนี้มีศักยภาพสำหรับการควบคุมสุขลักษณะช่องปากโดยการลดการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรคฟันผุในน้ำลายซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดฟันผุ

บทที่ 5

บรรณานุกรม

- Aisha, A. F. A. et al. (2012). "Solid dispersions of α -mangostin improve its aqueous solubility through self-assembly of nanomicelles." **Journal of Pharmaceutical Sciences** 101, 2 (February): 815–825.
- Akiyama, H. et al. (2001). "Antibacterial action of several tannins against *Staphylococcus aureus*." **Journal of Antimicrobial Chemotherapy** 48, 4 (August): 487–491.
- Azmir, J. et al. (2013). "Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review." **Journal of Food Engineering** 117, 4 (August): 426–436.
- Cheng, L. et al. (2012). "Antibacterial and physical properties of calcium–phosphate and calcium–fluoride nanocomposites with chlorhexidine." **Dental Materials** 28, 5 (May): 573–583.
- Eckert, R. et al. (2006). "Adding selectivity to antimicrobial peptides: rational design of a multidomain peptide against *Pseudomonas spp.*" **Antimicrobial Agents and Chemotherapy** 50, 4 (April): 1480–1488.
- El-Sharif, A. A., and M. H. M. Hussain. (2011). "Chitosan–EDTA new combination is a promising candidate for treatment of bacterial and fungal infections." **Current Microbiology** 62, 3 (March): 739–745.
- Frandsen, E.V., Pedrazzoli, V., and Kilian, M. (1991). "Ecology of viridians *streptococci* in the oral cavity and pharynx." **Oral Microbiology and Immunology** 6, 3 (January): 129–133.
- Greenberg, M., M. Dodds, and M. Tian. (2008). "Naturally occurring phenolic antibacterial compounds show effectiveness against oral bacteria by a quantitative structure-activity relationship study." **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 56, 23 (December): 11151–11156.
- Han, B. et al. (2012). "Correlation of the structure, properties, and antimicrobial activity of a soluble thiolated chitosan derivative." **Journal of Applied Polymer Science** 125, S2 (April): E143–E148.
- Hayacibara, M.F. et al. (2005). "In vitro and in vivo effects of isolated fractions of Brazilian propolis on caries development." **Journal of Ethnopharmacology** 101, 1-3 (October): 110–115.
- Hindler, J. A. (2000). "Special antimicrobial susceptibility test," In **Textbook of the diagnostic microbiology**, 97–104. Mahon, C. R., and G. Manuselis, editors. Maryland Heights, Missouri: WB Saunders.

- Hotta, M. et al. (1998). "Antibacterial temporary filling materials: the effect of adding various ratios of Ag-Zn-Zeolite." **Journal of Oral Rehabilitation** 25, 7 (July): 485-489.
- Kim, T. G., D. S. Lee, and T. G. Park. (2007). "Controlled protein release from electrospun biodegradable fiber mesh composed of poly(ϵ -caprolactone) and poly(ethylene oxide)." **International Journal of Pharmaceutics** 338, 1-2 (June): 276-283.
- Koh, J. J. et al. (2013). "Rapid bactericidal action of alpha-mangostin against MRSA as an outcome of membrane targeting." **Biochimica et Biophysica Acta** 1828, 2 (February): 834-844.
- Krebs, Hans A., and K. Henseleit. (1932). "Untersuchungen über die Harnstoffbildung im Tierkörper in Hoppe-Seyler's Zeitschrift für." **Physiol Chemie** 210, 1-2 (January): 33-66.
- Mueller, C. et al. (2012). "Thiolated chitosans: In vitro comparison of mucoadhesive properties." **Journal of Applied Polymer Science** 124, 6 (June): 5046-5055.
- Nakagawa, Y. et al. (2007). "Characterized mechanism of α -mangostin-induced cell death: Caspase-independent apoptosis with release of endonuclease-G from mitochondria and increased miR-143 expression in human colorectal cancer DLD-1 cells." **Bioorganic & Medicinal Chemistry** 15, 16 (August): 5620-5628.
- Palombo, E.A. (2011). "Traditional medicinal plant extracts and natural products with activity against oral bacteria: Potential application in the prevention and treatment of oral diseases." **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine** (January): 1-15.
- Pedraza-Chaverri, J. et al. (2008). "Medicinal properties of mangosteen (*Garcinia mangostana*)." **Food and Chemical Toxicology** 46, 10 (October): 3227-3239.
- Peh, Kok K., and C. F. Wong. (1999). "Polymeric films as vehicle for buccal delivery: Swelling, mechanical, and bioadhesive properties." **Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences** 2, 2 (May-August): 53-61.
- Pothitirat, W. et al. (2009). "Comparison of bioactive compounds content, free radical scavenging and anti-acne inducing bacteria activities of extracts from the mangosteen fruit rind at two stages of maturity." **Fitoterapia** 80, 7 (October): 442-447.
- Salamat-Miller, N., M. Chittchang, and T. P. Johnston. (2005). "The use of mucoadhesive polymers in buccal drug delivery." **Advanced Drug Delivery Reviews** 57, 11 (November): 1666-1691.

- Schmitz, T. et al. (2008). "Synthesis and characterization of a chitosan-*N*-acetyl cysteine conjugate." **International Journal of Pharmaceutics** 347, 1–2 (January): 79–85.
- Silber, M. L., and J. K. Fellman. (2006). "A new tannin bioassay protocol uses a highly stable, hydrophobically associated protein-dye marker that allows rapid, accurate and low-cost tannin monitoring." **Wine Business Monthly**.
- Sill, T. J., and H. A. Recum. (2008). "Electrospinning: Applications in drug delivery and tissue engineering." **Biomaterials** 29, 13 (May): 1989–2006.
- Singleton, Vernon L., R. Orthofer, and R. M. Lamuela-Raventós. (1999). "Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent," **Methods in Enzymology** 299C (January): 152–178.
- Sinko, P. J. (2011). **Martin's physical pharmacy and pharmaceutical sciences**. 6th ed. London: Lippincott Williams & Wilkins.
- Sudarshan, N. R., D. G. Hoover, and D. Knorr. (1992). "Antibacterial action of chitosan." **Food Biotechnology** 6 (December): 257–272.
- Sudhakar, Y., K. Kuotsu, A. K. Bandyopadhyay. (2006). "Buccal bioadhesive drug delivery- A promising option for orally less efficient drugs." **Journal of Controlled Release** 114,1 (August): 15–40.
- Suksamrarn, S. et al. (2006). "Cytotoxic prenylated xanthenes from the young fruit of *Garcinia mangostana*." **Chemical and Pharmaceutical Bulletin** 54, 3 (March): 301–305.
- Tong, Z. et al. (2011). "*In vitro* evaluation of the antibacterial activities of MTAD in combination with Nisin against *Enterococcus faecalis*." **Journal of Endodontics** 37, 8 (August): 1116–1120.
- Walker, E. B. (2007). "HPLC analysis of selected xanthenes in mangosteen fruit." **Journal of Separation Science** 30, 9 (June): 1229–1234.
- White, R. L. et al. (1996). "Comparison of three different in vitro methods of detecting synergy: Time-kill, checkerboard, and E test." **Antimicrobial Agents and Chemotherapy** 40, 8 (August): 914–1918.
- Yichu, S, and W. Zhang. (2010). "Preparative separation of major xanthenes from mangosteen pericarp using highperformance centrifugal partition chromatography." **Journal of Separation Science** 33, 9 (May): 1274–1278.

ภาคผนวก

1. การสกัดเปลือกมังคุด

ตารางที่ 9 ผลิตผลของการสกัดเปลือกมังคุด

Solvent	Yield (%)				
	1	2	3	mean	SD
70 % acetone	19.53	21.22	16.31	19.02	2.50
95 % ethanol	21.57	16.19	19.16	18.97	2.69

ตารางที่ 10 กราฟมาตรฐานของสารต่างๆในสารสกัดจากเปลือกมังคุด

Compound	Equation	R ²
α -Mangostin	$y^* = 45.3153x^* - 217.17289$	0.9990
Gallic acid	$y = 1.1928x - 0.1313$	0.9992
Tannic acid	$y = 1.6429x - 0.2965$	0.9993

x = absorbance, x* = area, y = concentration (mg/mL) and y* = concentration (μ g/mL)

ตารางที่ 11 ปริมาณแอลฟาแมงโกสติน สารประเภท phenolic และ tannins

No.	α -mangostin (mg/g extract)		Total phenolic compounds (mg GAE/g extracts)		Total tannins (mg TAE/g extracts)	
	70 % acetone	95 % ethanol	70 % acetone	95 % ethanol	70 % acetone	95 % ethanol
1	35.96	132.18	426.24	477.39	210.69	159.63
2	35.81	131.66	456.25	487.52	238.22	159.11
3	36.29	131.63	429.04	478.66	230.43	157.56
4	36.03	130.63	-	-	-	-
mean	36.02	131.52	437.17	481.19	226.45	158.77
SD	0.20	0.65	16.58	5.52	14.19	1.08

2. การสังเคราะห์ไทโอเลตไคโตซาน

ตารางที่ 12 ปริมาณหมู่ไทออลของไทโอเลตไคโตซาน

No.	Thiol group (μmol)/g CS-SH
1	470.32
2	466.69
3	472.24
mean	469.75
SD	2.82

3. แผ่นเส้นใยนาโนผสมสารสกัดจากเปลือกมังคุดและแอลฟาแมงโกสติน

ตารางที่ 13 คุณสมบัติของสารละลายไคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด

Solution	α -mangostin (%w/w)	0	1	3	5
Viscosity (mPas)	1	166.2	180.1	197.2	190.2
	2	164	181.4	190.1	190.9
	3	163.2	182.4	188.5	189.9
	mean	164.5	181.3	191.9	190.3
	SD	1.6	1.2	4.6	0.5
Conductivity (μ S/cm)	1	807	777	839	813
	2	900	760	794	818
	3	895	800	763	803
	mean	867.3	779	798.7	811.3
	SD	52.3	20.1	38.2	7.6
surface tension (mN/m)	1	54.4	53.6	48.7	44.1
	2	55.1	54.6	47.5	45.7
	3	56.2	54.5	45	45.4
	mean	55.2	54.2	47.1	45
	SD	0.9	0.6	1.9	0.8

ตารางที่ 14 คุณสมบัติของสารละลายไทโอเลตไคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด

Solution	α -mangostin (%w/w)	0	1	3	5
Viscosity (mPas)	1	231	229.3	253.7	266.4
	2	230.4	235.6	252.6	267.7
	3	229.7	231.4	253.2	267.2
	mean	230.4	232.1	253.2	267.1
	SD	0.7	3.2	0.7	0.7
Conductivity (μ S/cm)	1	2300	1922	1863	1763
	2	2390	1952	1875	1782
	3	2400	1925	1828	1774
	mean	2363.3	1933	1855.3	1773
	SD	55.1	16.5	24.4	9.5
surface tension (mN/m)	1	53.3	49.5	47.3	44.5
	2	54.5	49.4	46.7	44.5
	3	55.7	49.4	45.9	44.5
	mean	54.5	49.4	46.6	44.5
	SD	1.2	0.1	0.1	0.1

ตารางที่ 15 คุณสมบัติของสารละลายไทโอเลตไคโตซาน/PVA ที่บรรจุแอลฟาแมงโกสติน

Solution	α -mangostin (%w/w)	0	1	3	5
Viscosity (mPas)	1	231	242.1	252	266.2
	2	230.4	242.9	256.4	269.1
	3	229.7	241.8	250.3	262.5
	mean	230.4	242.3	252.9	265.9
	SD	0.7	0.6	3.1	3.3
Conductivity (μ S/cm)	1	2300	2260	2270	1866
	2	2390	2240	2200	1968
	3	2400	2280	2190	2160
	mean	2363.3	2260	2220	1998
	SD	55.1	20	43.6	149.3
surface tension (mN/m)	1	53.3	56.5	58.5	58.3
	2	54.5	57.6	58.3	58.3
	3	55.7	57.6	58.4	58.3
	mean	54.5	57.2	58.4	58.3
	SD	1.2	0.6	0.1	0.1

ตารางที่ 16 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (nm) ของแผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด

	0 % w/w		1 % w/w		3 % w/w		5 % w/w	
	306.56	201.31	320.75	262.12	351.18	479.10	483.25	280.49
	250.77	211.47	304.82	253.84	281.00	272.15	322.97	421.90
	177.32	262.35	283.65	230.31	384.88	272.15	382.05	256.63
	264.34	242.99	388.97	233.38	362.93	301.39	508.03	372.13
	292.57	280.37	340.15	283.02	311.09	299.07	403.35	430.25
	280.37	198.69	173.95	253.84	326.43	354.65	396.68	270.15
	330.69	354.65	256.63	321.31	355.14	378.48	312.32	471.70
	267.62	168.22	272.12	262.80	317.76	341.09	442.09	398.02
	206.46	167.18	298.33	309.46	317.21	452.48	339.62	421.90
	269.57	225.85	294.73	298.33	326.43	290.17	388.97	442.09
	250.77	277.87	321.31	256.63	301.97	319.40	482.15	481.04
	236.43	145.99	311.18	266.83	277.87	370.07	325.71	418.94
	185.04	190.62	266.83	316.28	421.70	290.17	322.97	398.02
	243.71	186.92	304.24	329.51	341.09	354.65	459.08	434.37
	228.16	202.18	364.40	283.02	301.39	392.52	460.62	357.99
	228.16	242.99	262.80	384.83	343.13	213.12	301.89	401.14
	206.46	185.04	264.15	266.83	431.53	292.57	519.13	440.48
	190.62	225.85	295.33	295.33	505.02	299.07	382.05	414.24
	185.04	290.17	253.84	208.40	308.27	280.37	311.18	403.79
	251.47	242.99	366.35	200.57	368.18	420.04	294.73	459.46
	195.15	186.92	324.62	295.33	408.23	331.22	285.52	396.68
	234.20	326.43	347.91	220.84	275.98	311.09	379.71	407.30
	211.47	225.85	188.68	246.01	378.48	352.67	346.88	333.81
	205.61	202.18	285.52	270.15	267.62	195.15	396.68	445.30
	254.23	192.44	304.82	298.33	299.07	506.06	346.37	489.48
mean	231.81		284.87		338.65		392.83	
SD	45.70		46.57		65.70		66.13	

ตารางที่ 17 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (nm) ของแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด

	0 % w/w		1 % w/w		3 % w/w		5 % w/w	
	190.62	108.99	125.39	119.68	209.52	196.11	186.92	384.88
	150.70	108.99	150.70	142.35	210.39	217.18	225.08	262.35
	95.31	134.79	136.08	132.17	212.96	172.48	277.87	150.70
	100.66	119.68	160.79	145.99	191.43	222.13	142.35	411.64
	142.35	134.79	136.08	168.22	171.43	162.74	130.84	167.18
	160.79	125.39	208.98	158.60	194.25	179.69	208.98	172.33
	208.98	201.31	174.77	150.70	277.34	222.13	225.08	285.31
	145.99	132.17	150.70	125.39	148.77	190.48	205.61	224.30
	150.70	83.59	150.70	158.60	153.57	153.57	184.09	243.71
	112.15	154.13	190.62	108.99	217.18	209.52	225.85	213.12
	160.79	112.15	136.08	193.46	153.57	212.96	280.37	201.31
	142.35	134.79	119.68	130.84	107.75	242.44	192.44	169.26
	125.39	83.59	118.22	118.22	163.85	179.69	218.78	249.38
	150.70	275.98	95.31	134.79	190.48	172.48	231.20	195.15
	145.99	142.35	132.17	134.79	212.96	180.70	213.12	172.33
	158.60	130.84	167.18	119.68	152.38	187.60	225.08	217.98
	132.17	142.35	100.66	193.46	138.67	162.74	254.23	167.18
	136.08	132.17	130.84	119.68	187.60	187.60	172.33	267.62
	125.39	118.22	118.22	125.39	196.11	102.57	228.16	198.69
	132.17	119.68	119.68	132.17	180.70	248.35	281.00	134.79
	132.17	154.13	134.79	193.46	212.96	187.60	202.18	149.53
	83.59	119.68	112.15	411.21	175.61	180.70	192.44	168.22
	145.99	132.17	154.13	150.70	215.50	170.37	306.56	176.34
	149.53	125.39	145.99	108.99	229.36	152.38	243.71	187.85
	119.68	134.79	100.66	118.22	175.61	217.18	154.13	208.98
mean	137.22		145.33		187.83		215.77	
SD	32.41		46.43		33.01		56.27	

ตารางที่ 18 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (nm) ของแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตะซาน/PVAที่บรรจุแอลฟาแมงโกสติน

	0 % w/w		1 % w/w		3 % w/w		5 % w/w	
	190.62	108.99	196.85	199.45	223.61	123.61	152.12	110.02
	150.70	108.99	196.85	149.30	178.89	223.61	152.12	160.10
	95.31	134.79	200.31	158.22	140.00	123.61	204.09	155.59
	100.66	119.68	193.34	166.67	184.39	115.41	137.36	185.83
	142.35	134.79	182.39	158.22	172.05	126.27	173.95	160.10
	160.79	125.39	167.69	200.31	228.04	220.91	251.73	173.95
	208.98	201.31	170.73	170.73	141.42	205.91	262.80	170.86
	145.99	132.17	211.14	166.67	128.06	278.57	168.76	119.33
	150.70	83.59	107.98	152.71	123.61	141.42	179.00	169.81
	112.15	154.13	149.30	117.12	152.32	178.89	133.42	173.95
	160.79	112.15	141.03	165.63	203.96	178.89	94.34	152.12
	142.35	134.79	167.69	159.30	189.74	164.92	136.06	178.00
	125.39	83.59	190.66	107.98	134.16	121.66	179.00	94.34
	150.70	275.98	183.32	149.30	260.00	101.98	101.61	185.83
	145.99	142.35	170.73	117.12	141.42	128.06	120.81	133.42
	158.60	130.84	165.63	183.32	189.74	145.60	196.99	106.73
	132.17	142.35	183.32	185.19	141.42	178.89	238.66	147.36
	136.08	132.17	196.85	141.03	164.92	178.89	251.73	188.68
	125.39	118.22	157.13	112.64	184.39	181.11	203.21	208.40
	132.17	119.68	170.73	159.30	101.98	189.74	114.77	245.28
	132.17	154.13	158.22	167.69	170.88	164.92	155.59	114.77
	83.59	119.68	134.82	158.22	184.39	144.22	256.63	185.83
	145.99	132.17	174.70	152.71	161.25	72.11	152.12	173.95
	149.53	125.39	124.23	149.30	180.00	161.25	173.95	133.42
	119.68	134.79	124.23	190.66	223.61	89.44	137.36	155.59
mean	137.22		163.17		164.88		166.23	
SD	32.41		26.18		42.33		42.80	

ตารางที่ 19 Tensile strength ของแผ่นเส้นใยนาโนโคโตะซาน/PVAที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด

α -mangostin (%w/w)	Tensile strength (MPa)					
	1	2	3	4	mean	SD
0	5.88	4.44	5.33	-	5.22	0.72
1	5.55	4.52	5.33	5.42	5.21	0.47
3	4.18	5.35	4.83	5.36	4.93	0.56
5	4.65	4.80	3.81	-	4.42	0.53

ตารางที่ 20 Tensile strength ของแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด

α -mangostin (%w/w)	Tensile strength (MPa)						
	1	2	3	4	5	mean	SD
0	5.01	4.44	4.34	-	-	4.60	0.36
1	4.53	4.42	4.10	4.03	-	4.27	0.24
3	4.27	4.26	4.80	-	-	4.44	0.31
5	4.41	4.23	4.14	4.14	4.69	4.32	0.23

ตารางที่ 21 Tensile strength ของแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุแอลฟาแมงโกสติน

α -mangostin (%w/w)	Tensile strength (MPa)					
	1	2	3	4	mean	SD
0	5.01	4.44	4.34	-	4.60	0.36
1	4.79	4.21	4.78	-	4.60	0.34
3	3.96	4.47	4.30	-	4.24	0.26
5	3.92	4.24	4.17	4.88	4.30	0.41

ตารางที่ 22 loading efficiency และ loading capacity ของแผ่นเส้นใยนาโนโคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด

α -mangostin (%w/w)	Loading efficiency (%)					Loading capacity (%)				
	1	2	3	mean	SD	1	2	3	mean	SD
1	68.86	70.35	71.63	70.28	1.38	0.64	0.65	0.67	0.65	0.01
3	74.91	74.97	74.93	74.94	0.03	1.83	1.83	1.83	1.83	0.01
5	79.75	79.76	79.53	79.68	0.13	2.89	2.89	2.88	2.89	0.01

ตารางที่ 23 loading efficiency และ loading capacity ของแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด

α -mangostin (%w/w)	Loading efficiency (%)					Loading capacity (%)				
	1	2	3	mean	SD	1	2	3	mean	SD
1	70.61	69.42	69.20	69.75	0.76	0.66	0.65	0.64	0.65	0.01
3	61.81	61.87	61.91	61.86	0.05	1.51	1.51	1.51	1.51	0.01
5	72.54	73.22	73.53	73.10	0.51	2.63	2.65	2.66	2.65	0.02

ตารางที่ 24 loading efficiency และ loading capacity ของแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุแอลฟาแมงโกสติน

α -mangostin (%w/w)	Loading efficiency (%)					Loading capacity (%)				
	1	2	3	mean	SD	1	2	3	mean	SD
1	65.83	65.94	66.14	65.97	0.16	0.65	0.65	0.65	0.65	0.01
3	61.72	61.75	61.79	61.76	0.03	1.80	1.80	1.80	1.80	0.01
5	76.52	76.81	76.82	76.72	0.17	3.64	3.66	3.66	3.65	0.01

ตารางที่ 25 การพองตัวของแผ่นเส้นใยนาโนโคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด

α -mangostin (%w/w)	1	2	3	mean	SD
0	130.3	96.3	146.7	124.4	25.7
1	102.6	112.8	99.5	105.0	7.0
3	88.2	74.8	108.3	90.4	16.9
5	82.0	37.7	42.0	53.9	24.4

ตารางที่ 26 การพองตัวของแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด

α -mangostin (%w/w)	1	2	3	mean	SD
0	185.5	208.9	192.9	195.7	11.9
1	76.9	85.4	66.7	76.3	9.4
3	54.3	79.5	67.7	67.2	12.6
5	57.4	46.5	59.5	54.5	7.0

ตารางที่ 27 การพองตัวของแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุแอลฟาแมงโกสติน

α -mangostin (%w/w)	1	2	3	mean	SD
0	185.5	208.9	192.9	195.7	11.9
1	177.6	164.9	141.4	161.3	18.4
3	113.0	55.5	72.0	80.1	29.6
5	51.6	63.6	93.3	69.5	21.4

ตารางที่ 28 การยัดติดยึดเยื่อเมือกของแผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVAที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด

α -mangostin (%w/w)	1	2	3	4	mean	SD
0	11.55	11.45	11.98	11.36	11.58	0.28
1	11.55	11.62	11.29	11.60	11.52	0.15
3	11.67	11.50	11.53	11.55	11.56	0.08
5	11.55	11.57	11.52	11.52	11.54	0.03

ตารางที่ 29 การยัดติดยึดเยื่อเมือกของแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตไคโตซาน/PVAที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด

α -mangostin (%w/w)	1	2	3	mean	SD
0	22.61	22.59	22.66	22.62	0.04
1	22.44	22.42	22.62	22.49	0.11
3	22.47	22.61	22.58	22.55	0.07
5	22.57	22.52	22.60	22.56	0.04

ตารางที่ 30 การยัดติดยึดเยื่อเมือกของแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตไคโตซาน/PVAที่บรรจุแอลฟาแมงโกสติน

α -mangostin (%w/w)	1	2	3	4	5	mean	SD
0	22.61	22.59	22.66	-	-	22.62	0.04
1	22.44	22.24	22.66	-	-	22.45	0.21
3	22.65	22.57	22.42	22.28	22.54	22.49	0.14
5	22.48	22.53	22.55	22.40	-	22.49	0.07

ตารางที่ 31 การปลดปล่อยแอลฟาแมงโกสตินของแผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVAที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด 1 % ของแอลฟาแมงโกสติน

Time (min)	α -Mangostin released (%)				
	1	2	3	mean	SD
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	70.43	68.25	70.53	69.74	1.29
60	77.44	77.32	77.55	77.44	0.11
120	84.25	83.97	84.29	84.17	0.18
180	89.92	89.63	89.84	89.80	0.15
240	95.24	95.93	95.35	95.50	0.37

ตารางที่ 32 การปลดปล่อยแอลฟาแมงโกสตินของแผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด 3 % ของแอลฟาแมงโกสติน

Time (min)	α -Mangostin released (%)				
	1	2	3	mean	SD
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	66.19	67.73	69.34	67.75	1.58
60	76.15	76.28	76.29	76.24	0.08
120	87.93	88.02	88.09	88.01	0.08
180	90.34	90.49	90.40	90.41	0.08
240	100.33	100.65	100.89	100.62	0.28

ตารางที่ 33 การปลดปล่อยแอลฟาแมงโกสตินของแผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด 5 % ของแอลฟาแมงโกสติน

Time (min)	α -Mangostin released (%)				
	1	2	3	mean	SD
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	66.47	66.52	66.51	66.50	0.03
60	81.73	84.82	80.81	82.45	2.10
120	88.27	89.32	86.34	87.97	1.51
180	95.30	95.67	94.99	95.32	0.34
240	97.23	97.40	96.49	97.04	0.48

ตารางที่ 34 การปลดปล่อยแอลฟาแมงโกสตินของแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโนไคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด 1 % ของแอลฟาแมงโกสติน

Time (min)	α -Mangostin released (%)				
	1	2	3	mean	SD
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	69.68	69.64	70.72	70.02	0.61
60	79.16	78.25	79.33	78.91	0.58
120	85.84	86.10	86.55	86.16	0.36
180	93.94	94.47	94.40	94.27	0.29
240	101.73	102.03	102.71	102.16	0.50

ตารางที่ 35 การปลดปล่อยแอลฟาแมงโกสตินของแผ่นเส้นใยนาโนโพลีเอทิลีนไคโดซาน/PVAที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด 3 % ของแอลฟาแมงโกสติน

Time (min)	α -Mangostin released (%)				
	1	2	3	mean	SD
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	70.30	70.94	69.45	70.23	0.75
60	75.67	74.90	77.94	76.17	1.58
120	84.93	83.58	85.21	84.57	0.87
180	88.95	89.45	89.46	89.29	0.29
240	98.38	100.45	100.90	99.91	1.34

ตารางที่ 36 การปลดปล่อยแอลฟาแมงโกสตินของแผ่นเส้นใยนาโนโพลีเอทิลีนไคโดซาน/PVAที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด 5 % ของแอลฟาแมงโกสติน

Time (min)	α -Mangostin released (%)				
	1	2	3	mean	SD
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	66.11	66.12	65.03	65.75	0.62
60	74.61	74.63	80.50	76.58	3.40
120	86.16	87.63	84.21	86.00	1.71
180	96.14	96.41	95.58	96.04	0.42
240	104.96	105.67	103.69	104.77	1.00

ตารางที่ 37 การปลดปล่อยแอลฟาแมงโกสตินของแผ่นเส้นใยนาโนโพลีเอทิลีนไคโดซาน/PVAที่บรรจุแอลฟาแมงโกสติน 1 % ของแอลฟาแมงโกสติน

Time (min)	α -Mangostin released (%)				
	1	2	3	mean	SD
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	69.60	68.61	70.12	69.44	0.77
60	79.83	79.64	79.25	79.57	0.30
120	86.57	86.88	87.12	86.85	0.28
180	93.46	93.80	94.37	93.88	0.46
240	100.97	101.66	102.06	101.56	0.55

ตารางที่ 38 การปลดปล่อยแอลฟาแมงโกสตินของแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโนไคโตซาน/PVAที่บรรจุแอลฟาแมงโกสติน 3 % ของแอลฟาแมงโกสติน

Time (min)	α -Mangostin released (%)				
	1	2	3	mean	SD
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	66.41	67.53	68.33	67.42	0.97
60	74.94	75.96	78.57	76.49	1.87
120	87.33	86.04	88.41	87.26	1.18
180	93.81	94.40	95.34	94.52	0.77
240	102.07	102.31	102.70	102.36	0.32

ตารางที่ 39 การปลดปล่อยแอลฟาแมงโกสตินของแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโนไคโตซาน/PVAที่บรรจุแอลฟาแมงโกสติน 5 % ของแอลฟาแมงโกสติน

Time (min)	α -Mangostin released (%)				
	1	2	3	mean	SD
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	63.93	63.61	63.66	63.73	0.17
60	77.63	78.64	77.46	77.91	0.64
120	92.11	91.45	91.73	91.76	0.33
180	99.20	99.95	99.71	99.62	0.38
240	101.88	108.61	107.40	105.96	3.59

ตารางที่ 40 กราฟ time kill ของเซลล์ควบคุมและแผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุดต่อเชื้อ *S. mutans*

Time (min)	Control		0 % w/w		1 % w/w		3 % w/w		5 % w/w	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
0	1670000	0	1670000	0	1670000	0	1670000	0	1670000	0
30	1890000	220303	1583333	248261	1036667	41633	686667	15275	450000	70000
60	1806667	198027	1453333	111505	793333	86217	463333	32146	386667	35119
120	2470000	190088	916667	15275	506667	105040	330000	62450	176667	25166
180	3393333	462713	376667	20817	153333	66583	130000	43589	26667	25166
240	3953333	150788	140000	34641	126667	46188	93333	75056	6667	11547

ตารางที่ 41 กราฟ time kill ของเซลล์ควบคุมและแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุดต่อเชื้อ *S. mutans*

Time (min)	control		0 % w/w		1 % w/w		3 % w/w		5 % w/w	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
0	1670000	0	1670000	0	1670000	0	1670000	0	1670000	0
30	1890000	220303	1523333	150444	973333	116762	706667	40415	576667	32146
60	1806667	198027	1196667	45092	606667	161967	533333	65064	300000	20000
120	2470000	190088	746667	83865	413333	11547	310000	10000	150000	30000
180	3393333	462713	186667	15275	210000	45826	133333	51316	10000	10000
240	3953333	150788	126667	20817	140000	10000	83333	25166	10000	10000

ตารางที่ 42 กราฟ time kill ของเซลล์ควบคุมและแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุแอลฟาแมงโกสตินต่อเชื้อ *S. mutans*

Time (min)	control		0 % w/w		1 % w/w		3 % w/w		5 % w/w	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
0	1670000	0	1670000	0	1670000	0	1670000	0	1670000	0
30	1890000	220303	1523333	150444	1290000	79373	1223333	120554	1196667	55076
60	1806667	198027	1196667	45092	933333	49329	853333	83865	850000	45826
120	2470000	190088	780000	26458	346667	75056	343333	66583	166667	32146
180	3393333	462713	186667	15275	83333	20817	86667	20817	43333	5774
240	3953333	150788	126667	20817	83333	15275	20000	10000	3333	5774

ตารางที่ 43 กราฟ time kill ของเซลล์ควบคุมและแผ่นเส้นใยนาโนโคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุดต่อเชื้อ *S. sanguinis*

Time (min)	control		0 % w/w		1 % w/w		3 % w/w		5 % w/w	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
0	870000	0	870000	0	870000	0	870000	0	870000	0
30	780000	5774	136667	55076	83333	35119	53333	30551	10000	10000
60	850000	30551	0	0	0	0	0	0	0	0
120	946667	25459	13333	15275	3333	5774	0	0	0	0
180	1553333	167077	16667	28868	0	0	0	0	0	0
240	2506667	243181	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 44 กราฟ time kill ของเซลล์ควบคุมและแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVAที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุดต่อเชื้อ *S. sanguinis*

Time (min)	control		0 % w/w		1 % w/w		3 % w/w		5 % w/w	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
0	870000	0	870000	0	870000	0	870000	0	870000	0
30	780000	5774	276667	35119	170000	43589	143333	45092	10000	10000
60	850000	30551	206667	161658	0	0	3333	5774	13333	23094
120	946667	25459	30000	20000	0	0	0	0	0	0
180	1553333	167077	30000	10000	0	0	0	0	0	0
240	2506667	243181	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 45 กราฟ time kill ของเซลล์ควบคุมและแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVAที่บรรจุแอลฟาแมงโกสตินต่อเชื้อ *S. sanguinis*

Time (min)	control		0 % w/w		1 % w/w		3 % w/w		5 % w/w	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
0	870000	0	870000	0	870000	0	870000	0	870000	0
30	780000	5774	443333	35119	423333	231157	346667	55076	46667	15275
60	850000	30551	206667	161658	120000	20000	26667	5774	0	0
120	946667	25459	30000	20000	6667	5774	16667	20817	0	0
180	1553333	167077	30000	10000	0	0	0	0	0	0
240	2506667	243181	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 46 ความมีชีวิตของเซลล์ HaCaT และ HGF เมื่อสัมผัสกับสารสกัดจากเปลือกมังคุดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

GM extract (µg/mL)	% HaCaT cell viability					% HGF cell viability				
	1	2	3	mean	SD	1	2	3	mean	SD
0	97.28	100.08	102.64	100.00	2.68	106.55	96.42	97.03	100.00	5.68
0.5	87.96	88.66	87.38	88.00	0.64	76.15	81.68	81.68	79.84	3.19
1	71.07	66.29	76.54	71.30	5.13	66.02	73.39	66.63	68.68	4.09
2	58.72	58.49	58.83	58.68	0.18	44.52	58.65	63.25	55.48	9.76
3	40.08	47.77	43.22	43.69	3.87	33.16	30.71	31.32	31.73	1.28
5	15.61	6.87	20.74	14.41	7.01	19.96	3.38	2.76	8.70	9.76

ตารางที่ 47 ความมีชีวิตของเซลล์ HaCaT และ HGF เมื่อสัมผัสกับแอลฟาแมงโกสตินเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

α - mangostin ($\mu\text{g/mL}$)	% HaCaT cell viability					% HGF cell viability				
	1	2	3	mean	SD	1	2	3	mean	SD
0	97.28	101.36	101.36	100.00	2.36	126.75	88.00	85.25	100.00	23.21
0.25	55.91	51.83	56.30	54.68	2.48	35.75	28.50	31.50	31.92	3.64
0.5	24.00	22.98	24.89	23.96	0.96	1.75	0.25	1.25	1.08	0.76
1	0.89	0.89	0.64	0.81	0.15	0.50	1.00	1.50	1.00	0.50

ตารางที่ 48 ความมีชีวิตของเซลล์ HaCaT เมื่อสัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุดแบบฉับพลัน

%HaCaT cell viability		1	2	3	mean	SD
15 min	Control	91	103	105	100	8
	0%	103	99	85	96	9
	1%	99	101	93	98	4
	3%	91	99	87	93	6
	5%	107	83	103	98	13
30 min	Control	120	97	83	100	18
	0%	94	91	93	93	2
	1%	96	96	83	91	7
	3%	88	83	83	85	3
	5%	88	73	88	83	8
60 min	Control	81	107	112	100	17
	0%	86	85	103	91	10
	1%	84	96	96	92	7
	3%	97	82	91	90	7
	5%	99	91	88	92	6
120 min	Control	85	101	114	100	15
	0%	93	118	106	106	13
	1%	80	76	97	85	11
	3%	25	46	25	32	12
	5%	42	46	38	42	4
240 min	Control	100	105	95	100	5
	0%	100	114	109	108	7
	1%	18	36	36	30	10
	3%	41	41	45	42	3
	5%	18	41	27	29	11

ตารางที่ 49 ความมีชีวิตของเซลล์ HaCaT เมื่อสัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุดแบบฉับพลัน

%HaCaT cell viability		1	2	3	mean	SD
15 min	Control	93	101	107	100	7
	0%	105	101	91	99	7
	1%	101	101	95	99	3
	3%	93	91	89	91	2
	5%	109	89	105	101	11
30 min	Control	117	102	81	100	18
	0%	92	89	106	96	9
	1%	97	94	81	91	8
	3%	86	81	97	88	8
	5%	86	103	86	92	10
60 min	Control	85	112	103	100	14
	0%	91	103	108	100	9
	1%	95	100	100	99	3
	3%	102	91	95	96	6
	5%	96	95	92	94	2
120 min	Control	85	101	114	100	15
	0%	97	106	101	101	4
	1%	89	101	76	89	13
	3%	21	34	46	34	13
	5%	42	21	46	37	14
240 min	Control	100	105	95	100	5
	0%	109	100	114	108	7
	1%	27	23	23	24	3
	3%	36	18	23	26	9
	5%	27	9	36	24	14

ตารางที่ 50 ความมีชีวิตของเซลล์ HaCaT เมื่อสัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุแอลฟาแมงโกสตินแบบฉับพลัน

%HaCaT cell viability		1	2	3	mean	SD
15 min	Control	94	100	107	100	8
	0%	105	101	91	99	7
	1%	100	102	95	99	4
	3%	92	94	89	91	2
	5%	108	90	105	101	10
30 min	Control	117	102	81	100	18
	0%	91	90	106	96	8
	1%	97	94	81	91	8
	3%	85	81	98	88	9
	5%	86	103	86	92	10
60 min	Control	85	112	103	100	14
	0%	90	104	108	100	10
	1%	95	100	100	99	3
	3%	101	92	94	96	7
	5%	96	95	92	94	2
120 min	Control	85	101	114	100	15
	0%	97	106	101	101	4
	1%	106	114	85	101	15
	3%	101	110	89	100	11
	5%	97	97	93	96	2
240 min	Control	100	105	95	100	5
	0%	109	100	114	108	7
	1%	105	95	114	105	9
	3%	114	91	95	100	12
	5%	109	95	100	102	7

ตารางที่ 51 ความมีชีวิตของเซลล์ HGF เมื่อสัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุดแบบฉับพลัน

%HGF cell viability		1	2	3	mean	SD
15 min	Control	117	90	93	100	15
	0%	107	94	101	101	6
	1%	90	88	81	86	5
	3%	78	70	88	78	9
	5%	101	64	67	78	20
30 min	Control	94	108	98	100	7
	0%	102	97	87	95	8
	1%	80	97	89	89	8
	3%	75	97	89	87	11
	5%	60	80	83	74	12
60 min	Control	96	101	104	100	4
	0%	88	83	97	90	7
	1%	84	84	98	89	8
	3%	76	75	81	77	3
	5%	77	78	72	76	3
120 min	Control	99	90	110	100	10
	0%	53	66	67	62	8
	1%	57	57	55	56	1
	3%	53	52	46	50	4
	5%	41	44	42	42	2
240 min	Control	94	99	108	100	7
	0%	44	41	45	43	2
	1%	42	32	41	38	6
	3%	39	35	42	38	4
	5%	35	31	27	31	4

ตารางที่ 52 ความมีชีวิตของเซลล์ HGF เมื่อสัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุดแบบฉับพลัน

%HGF cell viability		1	2	3	mean	SD
15 min	Control	117	90	93	100	15
	0%	102	95	115	104	10
	1%	105	100	93	100	6
	3%	98	99	86	95	7
	5%	78	81	96	85	10
30 min	Control	94	108	98	100	7
	0%	91	91	119	100	16
	1%	78	97	91	89	10
	3%	87	80	90	86	5
	5%	76	66	88	76	11
60 min	Control	96	101	104	100	4
	0%	97	114	93	102	11
	1%	93	98	87	93	6
	3%	71	86	91	83	11
	5%	76	83	89	83	6
120 min	Control	99	90	110	100	10
	0%	59	57	57	57	1
	1%	53	47	47	49	3
	3%	46	40	44	43	3
	5%	35	38	41	38	3
240 min	Control	94	99	108	100	7
	0%	56	50	46	51	5
	1%	36	34	34	34	1
	3%	35	23	23	27	6
	5%	26	20	20	22	4

ตารางที่ 53 ความมีชีวิตของเซลล์ HGF เมื่อสัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุแอลฟาแมงโกสตินแบบฉับพลัน

%HGF cell viability		1	2	3	mean	SD
15 min	Control	117	90	93	100	15
	0%	102	95	115	104	10
	1%	96	117	109	107	11
	3%	96	101	87	95	7
	5%	100	79	107	95	14
30 min	Control	94	108	98	100	7
	0%	91	91	119	100	16
	1%	92	114	101	102	11
	3%	83	114	102	99	16
	5%	108	89	96	97	10
60 min	Control	96	101	104	100	4
	0%	97	114	93	102	11
	1%	90	96	100	95	5
	3%	91	87	83	87	4
	5%	88	91	85	88	3
120 min	Control	99	90	110	100	10
	0%	49	52	49	50	2
	1%	42	44	40	42	2
	3%	37	35	38	37	2
	5%	26	26	30	27	2
240 min	Control	94	99	108	100	7
	0%	46	50	46	47	2
	1%	44	39	34	39	5
	3%	29	24	23	26	3
	5%	23	14	21	20	5

ตารางที่ 54 ความมีชีวิตของเซลล์ HaCaT เมื่อสัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุดระยะยาว

%HaCaT cell viability		No.				
		1	2	3	mean	SD
24 h	Control	86	101	112	100	13
	0%	104	114	82	100	16
	1%	84	93	76	84	9
	3%	89	70	96	85	13
	5%	89	83	80	84	5
48 h	Control	100	99	101	100	1
	0%	98	119	107	108	11
	1%	103	98	81	94	12
	3%	99	84	87	90	8
	5%	94	85	91	90	4
72 h	Control	83	98	119	100	18
	0%	106	96	118	107	11
	1%	107	84	101	97	12
	3%	103	84	83	90	11
	5%	91	79	88	86	6

ตารางที่ 55 ความมีชีวิตของเซลล์ HaCaT เมื่อสัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุดระยะยาว

%HaCaT cell viability		No.				
		1	2	3	mean	SD
24 h	Control	86	101	112	100	13
	0%	101	114	112	109	7
	1%	88	88	73	83	9
	3%	83	96	93	90	7
	5%	83	96	89	89	6
48 h	Control	100	99	101	100	1
	0%	108	109	103	107	3
	1%	89	94	86	90	4
	3%	91	89	82	87	4
	5%	77	70	109	85	21
72 h	Control	83	98	119	100	18
	0%	119	115	112	115	4
	1%	103	87	78	89	12
	3%	84	91	79	85	6
	5%	91	99	91	94	4

ตารางที่ 56 ความมีชีวิตของเซลล์ HaCaT เมื่อสัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุ
แอลฟาแมงโกสตินระยะยาว

%HaCaT cell viability		No.				
		1	2	3	mean	SD
24 h	Control	86	101	112	100	13
	0%	101	114	112	109	7
	1%	97	108	119	108	11
	3%	88	108	97	98	10
	5%	114	80	80	91	20
48 h	Control	100	99	101	100	1
	0%	108	109	103	107	3
	1%	107	103	108	106	2
	3%	109	106	106	107	2
	5%	107	92	106	102	8
72 h	Control	83	98	119	100	18
	0%	119	99	112	110	10
	1%	101	106	113	107	6
	3%	115	104	92	104	11
	5%	110	101	107	106	5

ตารางที่ 57 ความมีชีวิตของเซลล์ HGF เมื่อสัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโนไคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุดระยะยาว

%HGF cell viability		No.				
		1	2	3	mean	SD
24 h	Control	103	101	96	100	3
	0%	91	98	83	91	7
	1%	87	99	90	92	6
	3%	94	85	84	88	5
	5%	77	72	75	75	3
48 h	Control	99	103	98	100	3
	0%	83	94	93	90	6
	1%	81	91	95	89	7
	3%	83	91	106	93	12
	5%	92	89	83	88	4
72 h	Control	105	104	90	100	8
	0%	90	92	87	90	3
	1%	81	101	97	93	11
	3%	97	94	78	89	10
	5%	84	75	86	82	6

ตารางที่ 58 ความมีชีวิตของเซลล์ HGF เมื่อสัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุดระยะยาว

%HGF cell viability		No.				
		1	2	3	mean	SD
24 h	Control	103	101	96	100	3
	0%	93	92	94	93	1
	1%	89	91	97	92	4
	3%	82	88	96	89	7
	5%	87	90	85	87	3
48 h	Control	99	103	98	100	3
	0%	98	83	83	88	8
	1%	97	83	82	87	9
	3%	101	92	89	94	6
	5%	98	97	85	93	7
72 h	Control	105	104	90	100	8
	0%	90	86	96	91	5
	1%	96	93	81	90	8
	3%	92	84	74	84	9
	5%	84	90	85	87	3

ตารางที่ 59 ความมีชีวิตของเซลล์ HGF เมื่อสัมผัสกับแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุแอลฟาแมงโกสตินระยะยาว

%HaCaT cell viability		No.				
		1	2	3	mean	SD
24 h	Control	103	101	96	100	3
	0%	93	92	94	93	1
	1%	86	88	94	89	4
	3%	94	85	97	92	6
	5%	91	89	84	88	4
48 h	Control	99	103	98	100	3
	0%	91	104	91	95	8
	1%	101	92	95	96	4
	3%	99	98	90	96	5
	5%	91	98	91	94	4
72 h	Control	105	104	90	100	8
	0%	90	83	88	87	4
	1%	90	91	86	89	3
	3%	92	76	85	84	8
	5%	91	80	84	85	6

4. ความคงตัว

ตารางที่ 60 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (nm) ของแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด 1 % ของแอลฟาแมงโกสติน ภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน

	Long term condition						Accelerated condition					
	1 month		3 months		6 months		1 month		3 months		6 months	
	128	186	194	160	170	220	176	188	205	144	127	169
	142	111	178	174	151	211	191	217	191	113	132	178
	233	152	127	160	295	203	142	116	176	110	152	133
	178	133	126	189	174	248	181	117	159	171	132	119
	146	171	104	197	263	245	188	223	202	176	133	107
	186	189	180	197	119	257	191	129	217	213	107	115
	174	108	160	208	227	268	176	217	202	222	94	96
	115	144	127	107	215	268	159	176	141	159	330	152
	189	113	127	164	189	190	202	106	186	196	203	113
	130	170	126	201	169	192	217	189	149	215	226	147
	211	192	156	169	215	220	202	144	230	188	170	211
	145	186	146	153	215	127	141	113	199	122	156	147
	208	189	133	145	211	152	133	110	196	129	211	119
	115	178	128	197	228	215	139	133	151	217	119	102
	208	162	208	165	311	203	217	116	125	188	170	80
	179	169	192	146	186	121	210	189	159	217	119	133
	186	115	227	108	280	192	186	130	109	116	147	133
	151	189	152	126	204	213	156	191	193	117	121	115
	162	187	172	103	227	208	190	213	131	222	152	152
	147	179	197	165	208	215	239	176	118	154	286	189
	178	174	145	148	186	227	105	154	135	106	115	121
	108	186	220	133	208	211	188	106	191	196	19	94
	171	127	153	121	96	174	122	196	176	229	121	75
	189	239	208	171	152	192	129	122	106	183	144	121
	169	169	126	108	110	227	217	194	189	194	121	147
mean	165.29		158.59		204.23		167.2		170.67		141.53	
SD	31.99		33.17		45.71		38.65		38.29		50.52	

ตารางที่ 61 ปริมาณแอลฟาแมงโกสตินในแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุสารสกัดจากเปลือกมังคุด 1 % ของแอลฟาแมงโกสติน ภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน เปรียบเทียบกับปริมาณเริ่มต้น

No.	Long term condition			Accelerated condition		
	1 month	3 months	6 months	1 month	3 months	6 months
1	110.91	87.75	91.24	80.88	99.00	79.92
2	111.51	92.02	90.69	81.32	83.21	103.12
3	108.11	100.50	90.80	80.91	86.18	102.82
mean	110.18	93.42	90.91	81.04	89.46	95.29
SD	1.815	6.488	0.294	0.248	8.391	13.310

ตารางที่ 62 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (nm) ของแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตซาน/PVA ที่บรรจุแอลฟาแมงโกสติน 1 % ของแอลฟาแมงโกสติน ภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน

	Long term condition						Accelerated condition					
	1 month		3 months		6 months		1 month		3 months		6 months	
	123	161	194	161	192	169	135	128	135	151	176	164
	164	184	144	144	151	160	164	164	84	151	190	171
	133	103	137	102	167	251	164	137	118	136	69	152
	210	130	137	133	213	188	171	137	169	136	137	164
	184	159	110	194	151	151	133	157	132	151	154	103
	133	153	127	132	176	191	137	128	142	114	205	145
	126	130	133	161	192	192	205	154	132	101	103	111
	162	114	144	102	192	299	149	135	142	93	122	95
	130	171	121	144	95	151	190	181	132	160	172	172
	210	130	136	115	118	131	135	162	114	151	95	181
	161	126	161	137	218	176	122	176	142	142	259	128
	162	161	162	119	135	185	128	120	136	187	164	111
	212	117	133	152	114	125	190	95	159	154	114	95
	153	161	127	239	177	161	122	111	118	192	181	163
	153	138	169	133	101	199	122	114	114	160	139	180
	117	184	110	133	334	142	149	145	131	125	111	170
	178	153	161	119	172	112	213	176	136	234	139	170
	152	152	162	179	161	185	145	122	142	112	149	162
	164	152	151	113	101	167	154	152	195	160	205	256
	160	123	110	133	167	169	157	172	209	125	133	85
	194	207	113	194	161	132	229	164	168	176	133	122
	174	130	127	144	142	206	149	149	93	142	170	85
	200	102	152	152	135	151	135	116	120	142	120	154
	117	130	133	110	206	95	111	213	131	179	145	111
	145	68	194	147	184	192	194	194	132	161	157	145
mean	151.22		142.88		168.78		152.1		143.27		146.76	
SD	30.9		27.75		45.87		30.04		29.43		39.68	

ตารางที่ 63 ปริมาณแอลฟาแมงโกสตินในแผ่นเส้นใยนาโนไทโอเลตโคโตน/PVA ที่บรรจุแอลฟาแมงโกสติน 1 % ของแอลฟาแมงโกสติน ภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน เปรียบเทียบกับปริมาณเริ่มต้น

No.	Long term condition			Accelerated condition		
	1 month	3 months	6 months	1 month	3 months	6 months
1	112.78	107.38	119.44	105.20	113.73	108.84
2	96.27	97.37	98.48	106.42	95.10	107.83
3	104.01	115.77	97.01	104.89	114.91	109.22
mean	104.35	106.84	104.98	105.50	107.91	108.63
SD	8.260	9.210	12.545	0.808	11.110	0.721

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรศักดิ์ โรจนารธา

Associate Professor Dr.Theerasak Rojanarata

- สังกัดและสถานที่ทำงาน พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร
ภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000
โทรศัพท์ 0 3425 5800 โทรสาร 0 3425 5801
E-mail: rojanarata_t@su.ac.th
- ประวัติการศึกษา
 - ปริญญาตรีสาขาเภสัชศาสตร์ สถาบันคณะเภสัชศาสตร์ ม.ศิลปากร ปีที่จบ 2538
 - ปริญญาเอกสาขาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (จุลชีววิทยา) สถาบัน คณะวิทยาศาสตร์ ม.มหิดล ปีที่จบ 2547
- ประวัติการทำงาน
 - 2538 อาจารย์ประจำคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
 - 2549 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระดับ 6
 - 2553 รองศาสตราจารย์ระดับ 9
- ผลงานวิชาการ / วิจัย
บทความวิจัยที่เผยแพร่ในวารสารวิชาการนานาชาติ (refered journals)
 1. T. Rojanarata, D. Isarangkul, S. Wiyakrutta, V. Meevootisom And J.M. Woodley Controlled-release Biocatalysis for the Synthesis of D-Phenylglycine. Biocatalysis and Biotransformation, 2004 vol. 22 (3). pp. 195-201 มี impact factor 1.345
 2. Tanasait Ngawhirunpat, Suwannee Panomsuk, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata, Tomomi Hatanaka. Species difference in percutaneous absorption of hydrophilic and lipophilic compounds in shed snake skin. Pharmazie. 2006; 61(3), 254-259 มี impact factor 0.696
 3. Wanlop Weecharangsan, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Auayporn Apirakaramwong. Chitosan Lactate as a Nonviral Gene Delivery Vector in COS-1 Cells. AAPS PharmSciTech (2006)
 4. Praneet Opanasopit, Tanasait. Ngawhirunpat, Amornrut Chaidedgumjom, Theerasak. Rojanarata, Auayporn Apirakaramwong, Sasiprapha Phongying, Chantiga Choochottiro, Suwabun Chirachanchai. Incorporation of camptothecin into N-phthaloyl Chitosan-g-m PEG self assembly micellar system for passive targeting. Eur. J. Pharm. Biopharm. มี impact factor 2.012
 5. Wanlop Weecharangsan, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Auayporn Apirakaramwong, Theerasak Rojanarata, Uracha Ruktanonchai, Robert J. Lee. An investigation of chitosan salts as nonviral gene vectors in CHO-K1 cells. *Int. J. Pharm.* 348,161-168 (2008) impact factor 2.408

6. Praneet Opanasopit, Auayporn Apirakaramwong, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Uracha Ruktanonchai. Development and characterization of pectinate micro/nanoparticles for gene delivery. *AAPS PharmSciTech* 9(1):67-74 (2008). impact factor 0.857
7. Tanasait Ngawhirunpat, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata, and Suwannee Panomsuk. Evaluation of Simultaneous Permeation and Metabolism of Methyl Nicotinate in Human, Snake, and Shed Snake Skin. *Pharm Dev Technol.* 13 (1):75-83 (2008). impact factor 0.816
8. Theerasak Rojanarata, Maleenart Petchsangsa, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Uracha Ruktanonchai, Warayuth Sajomsang, Supawan Tantayanon. Methylated N-(4-N,N-dimethylaminobenzyl) Chitosan for a Novel Effective Gene Carriers. *Eur. J. Pharm. Biopharm.* 70(1):207-214.(2008) impact factor 2.611
9. Theerasak Rojanarata, Praneet Opanasopit, Sunee Techaarpornkul, Tanasait Ngawhirunpat, Uracha Ruktanonchai. Chitosan - thiamine pyrophosphate as a novel carrier for siRNA delivery. *Pharm Res.* 25(12):2807-14 (2008). impact factor 3.441
10. Praneet Opanasopit, Maleenart Petchsangsa, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Warayuth Sajomsang and Uracha Ruktanonchai. Methylated N-(4-N,N-dimethylaminobenzyl) chitosan as effective gene carriers: effect of degree of Substitution. *Carbohydr. Polym.* 75 (2009) 143–149. impact factor 1.782
11. Praneet Opanasopit, Warayuth Sajomsang, Uracha Ruktanonchai, Varissaporn Mayen, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat. Methylated N-(4-pyridinylmethyl) chitosan as a novel effective safe gene carrier. *Int. J. Pharm.* 368:127-134 (2008) impact factor 2.408
12. Tittaya Suksamran, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Uracha Ruktanonchai, Pitt Supaphol. Biodegradable alginate microparticles developed by electrohydrodynamic spraying techniques for oral delivery of protein. *J. Microencapsulation.* 26(7),563-570 (2009). impact factor 1.168
13. Jariya Kowapradit, Praneet Opanasopita, Tanasait Ngawhiranpat, Auayporn Apirakaramwong, Theerasak Rojanarata, Uracha Ruktanonchai and Warayuth Sajomsang. Methylated N-(4-N,N-dimethylaminobenzyl) chitosan, a novel chitosan derivative, enhances paracellular permeability across intestinal epithelial cells (Caco-2)” *AASP PharmSciTech.* 9(4)1143-1152 (2008). (IF 0.857).
14. Ngawhirunpat T, Opanasopit P, Rojanarata T, Akkaramongkolporn P, Ruktanonchai U, Supaphol P. Development of meloxicam-loaded electrospun polyvinyl alcohol mats as a transdermal therapeutic agent. *Pharm Dev Technol.* 2009;14(1):70-79. impact factor 0.816
15. Jariya Kowapradit, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Auayporn Apirakaramwong, Theerasak Rojanarata, Uracha Ruktanonchai and Warayuth Sajomsang. In vitro permeability enhancement in intestinal epithelial cells (Caco-2) monolayer of water soluble quaternary ammonium chitosan derivatives. *AAPS PharmSciTech*, 2010; Jun;11(2):497-508 (IF 1.19).
16. Theerasak Rojanarata, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Choedchai Saehuan, Suthep Wiyakrutta, Vithaya Meevootisom. A simple, sensitive and green bienzymatic UV-spectrophotometric assay of amoxicillin formulations. *Enzyme and Microbial Technology* 46 (2010) 292–296. impact factor 2.629

17. Natthan Charernsriwilaiwat, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Pitt Supaphol. Preparation and characterization of chitosan-hydroxybenzotriazole/ polyvinyl alcohol blend nanofibers by the electrospinning technique. *Carbohydr. Polym.* 2010; 80(3) 675-680. impact factor 3.167
18. Jariya Kowapradit, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Uracha Ruktanonchai and Warayuth Sajomsang. Methylated N-(4-N,N-dimethylaminocinnamyl) chitosan enhances paracellular permeability across Caco-2 cells. *Drug delivery*, July 2010, Vol. 17, No. 5 : Pages 301-312 (IF 1.642).
19. Praneet Opanasopit, Sunee Techaarpornkul, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Uracha Ruktanonchai. Nucleic acid delivery with chitosan hydroxybenzotriazole. *Oligonucleotides*. 2010, Jun; 20(3):127-136 impact factor 2.507.
20. Akhayachatra Chinsriwongkul, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Warisada Sila-on, Uracha Ruktanonchai. Oleic acid enhances all-*trans* retinoic acid load in nano-lipid emulsions. *PDA J Pharm Sci Tech.* (2010) 64 (2) 113-123. impact factor 0.393
21. Theerasak Rojanarata, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Choedchai Saehuan. Ninhydrin reaction on thiol-reactive solid and its potential for the quantitation of d-penicillamine. *Talanta*. 82 (2010) 444-449. impact factor 3.29
22. Jariya Kowapradit, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, and Warayuth Sajomsang. Structure-activity relationships of methylated N-aryl chitosan derivatives for enhancing paracellular permeability across Caco-2 cells. *Carbohydr. Polym.* 83 (2011) 430-437 impact factor 3.167
23. Natthan Charernsriwilaiwat, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata and Tanasait Ngawhirunpat Fabrication and characterization of chitosan-ethylenediaminetetraacetic acid/polyvinyl alcohol blend electrospun nanofibers. *Advanced Materials Research*.194-196 (2011) 648-651.
24. Orapan Paecharoenchai, Tittaya Suksamran, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Praneet Opanasopit. Development of chitosan nanoparticles for gene delivery using electrohydrodynamic spraying techniques. *Advanced Materials Research*.194-196 (2011) 541-544.
25. Sureewan Duangjit, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata and Tanasait Ngawhirunpat. Effect of edge activator on characteristic and in vitro skin permeation of meloxicam loaded in elastic liposomes. *Advanced Materials Research*.194-196 (2011) 537-540.
26. Todsapon Nitanan, Praneet Opanasopit, Prasert Akkaramongkolporn, Theerasak Rojanarata and Tanasait Ngawhirunpat Effects of Solution Parameters on Morphology and Diameter of Electrospun Polystyrene Nanofibers. *Advanced Materials Research*.194-196 (2011) 629-632.
27. Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Suwannee Panomsuk and Praneet Opanasopit. Fabrication of capsaicin loaded polyvinyl alcohol electrospun nanofibers. *Advanced Materials Research*. 338 (2011) 42-45.
28. M. Petchsangsa, N. Wonglertnirant, T.Rojanarata, P. Opanasopit, and T. Ngawhirunpat. Application of Hollow Microneedle for Transdermal Delivery of Bovine Serum Albumin-Fluorescein Isothiocyanate Conjugate. *Advanced Materials Research*. 338 (2011) 365-368.

29. Tittaya Suksamran, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata and Tanasait Ngawhirunpat. Development of alginate/chitosan microparticles for dust mite allergen. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. (2011) 10(3) 317-324. (IF 0.5).
30. Praneet Opanasopit, Jintana Tragulpakseerojn, Auayporn Apirakaramwong, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata. Chitosan enhances transfection efficiency of cationic polypeptides/DNA complexes. *Int. J. Pharm.* (2011) 410; 161–168 (IF 3.607).
31. Sureewan Duangjit, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata, and Tanasait Ngawhirunpat. Characterization and In vitro skin permeation of meloxicam-loaded liposomes versus transfersomes. *J. Drug delivery*, (2011) 2011:418316.
32. Praneet Opanasopit, Orapan Paecharoenchai, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Uracha Ruktanonchai. The type and composition of surfactants mediated on gene transfection of polyethylenimine coated liposomes. *Int. J. Nanomedicine*. (2011) 6 975–983 (IF 4.9).
33. Praneet Opanasopit, Jintana Tragulpakseerojn, Auayporn Apirakaramwong, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata and Uracha Ruktanonchai. The development of poly-L-arginine-coated liposomes for gene delivery. *Int. J. Nanomedicine*. (2011) 6: 2245-2252 (IF 4.9).
34. Theerasak Rojanarata, Krissadecha Sumran, Paksupang Nateetaweewat, Weerapath Winotapun, Sirarat Sukpisit, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat. Microscale chemistry-based design of eco-friendly, reagent-saving and efficient pharmaceutical analysis: A miniaturized Volhard's titration for the assay of sodium chloride. *Talanta*. 85 (2011) 1324–1329. (IF 3.722).
35. Todsapon Nitanan, Praneet Opanasopit, Prasert Akkaramongkolporn, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Pitt Supaphol. Effects of processing parameters on morphology of electrospun polystyrene nanofibers. *The Korean Journal of Chemical Engineering*. (2012) 29(2) 173-181. (IF 0.8).
36. Akhayacatra Chinsriwongkul, Ponwanit Chareanputtakhun, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Warisada Sila-on, Uracha Ruktanonchai and Praneet Opanasopit. Nanostructured lipid carriers (NLC) for parenteral delivery of an anticancer drug. *AAPS PharmSciTech*, (2012) March 13 (1) 150-158. (IF 1.211).
37. Natthan Charernsriwilaiwat, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata and Tanasait Ngawhirunpat. In vitro antioxidant activities of chitosan aqueous solution: effect of salt form. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. (2012) 11 (2): 235-242 (IF 0.5).
38. Natthan Charernsriwilaiwat, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata, Tanasait, Ngawhirunpat. Lysozyme-loaded, electrospun chitosan-based nanofiber mats for wound healing. *Int. J. Pharm.* (2012) 427 (2012) 379– 384. (IF 3.607).
39. N. Worachun, P. Opanasopit, T. Rojanarata, T. Ngawhirunpat. Development of ketoprofen microemulsion for transdermal drug delivery. *Advanced Materials Research*. 506 (2012) pp 441-444.
40. W. Samprasit, P. Opanasopit, T. Rojanarata, T. Ngawhirunpat, P. Akkaramongkolporn. The influence of cyclodextrin and pH on the solubility of ketoprofen. *Advanced Materials Research*. 506 (2012) pp 433-436
41. N. Charernsriwilaiwat, P. Opanasopit, T. Rojanarata, T. Ngawhirunpat. Preparation of chitosan-

- thiamine pyrophosphate/polyvinyl alcohol blend electrospun nanofibers. *Advanced Materials Research*. 506 (2012) pp 118-121.
42. J. Kowapradit, P. Opanasopit, T. Rojanarata, T. Ngawhirunpat, A. Apirakaramwong, W. Sajomsang. Application of methylated n-(4-n,n dimethylaminocinnamyl) chitosan for oral protein drug delivery. *Advanced Materials Research*. 506 (2012) pp 465-468.
 43. Duangjit, P. Opanasopit , T. Rojanarata, T. Ngawhirunpat. Effect of surfactants on characteristic and in vitro release of meloxicam loaded in deformable liposomes. *Advanced Materials Research*. 506 (2012) pp 457-460.
 44. N. Wonglertnirant, S. Tipwichai, P. Opanasopit, T. Rojanarata, S. Panomsuk, T. Ngawhirunpat. Development of acrylic matrix type ketoprofen patch. *Advanced Materials Research*. 506 (2012) pp 533-536
 45. P. Chareanputtakhun, T. Rojanarata, P. Opanasopit, T. Ngawhirunpat. Development of NLCs for topical tras applications. *Advanced Materials Research*. 506 (2012) pp 162-165.
 46. T. Nitanan, P. Akkaramongkolporn, T. Rojanarata, T. Ngawhirunpat, P. Opanasopit. Effect of crosslinking time on ion exchange capacity of polystyrene nanofiber ion exchangers. *Advanced Materials Research*. 506 (2012) 437-440.
 47. T. Suksamran, T. Rojanarata, T. Ngawhirunpat, S. Panomsuk, P. Opanasopit. Chitosan coated alginate microparticles for oral vaccine delivery. *Advanced Materials Research*. 2012, 506: 469-472.
 48. S. Plianwong, K. Su-utha, P. Opanasopit, T. Ngawhirunpat, T. Rojanarata. Factors Influencing The Morphology of Cellulose Acetate Electrospun Fiber Mats. *Advanced Materials Research* Vol. 506 (2012) pp 242-245
 49. Jariya Kowapradit, Auayporn Apirakaramwong, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Warayuth Sajomsang and Praneet Opanasopit. Methylated N-(4-N,N-dimethylaminobenzyl) chitosan coated liposomes for oral protein drug delivery. *Eur. J. Pharm. Sci.* (2012) 47, 359-366. (IF 3.291).
 50. Thirapit Subongkot, Sureewan Duangjit, Theerasak Rojanarata, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat. Ultradeformable liposomes with terpenes for delivery of hydrophilic Compound. *Journal of Liposome Research*. 2012, 22(3): 254–262 (IF 1.823)
 51. Tanasait Ngawhirunpat, Supinya Thipwichai, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata and Suwannee Panomsuk. Development and Evaluation of Ketoprofen Acrylic Transdermal Patches. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. (2012) August; 13 (4): 553-560. (IF 0.82)
 52. Samarwadee Plianwong, Areerut Sripattanaporn, Kwanrutai Waewsang, Parin Buacheen, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata. Operator care and eco-concerned development of a fast, facile and economical assay for basic nitrogenous drugs based on

- simplified ion-pair mini-scale extraction using safer solvent combined with drop-based spectrophotometry. *Talanta* 98 (2012) 220–225. impact factor 3.794
53. Orapan Paecharoenchai, Nattisa Niyomtham, Auayporn Apirakaramwong, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Boon-ek Yingyongnarongkul and Praneet Opanasopit. Effect of cationic lipids structure on gene transfection mediated by cationic liposomes. *AAPS PharmSciTech*. 2012, 13 (4) December, 1302-1308. (IF 1.432).
 54. Tittaya Suksamran, Jariya Kowapradit, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Warayuth Sajomsang, Tasana Pitaksuteeping and Praneet Opanasopit. Oral Methylated N-aryl chitosan derivatives for inducing immune responses to ovalbumin. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. (2012) 12 (6): 899-908. (IF 0.82)
 55. Orapan Paecharoenchai, Auayporn Apirakaramwong, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Boon-ek Yingyongnarongkul and Praneet Opanasopit. Cationic niosomes composed of spermine-based cationic lipid mediate high gene transfection. *Journal of Drug Targeting*. (2012) Nov;20(9):783-92. (IF 2.696).
 56. Thirapit Subongkot, Nanthida Wonglertnirant, Pucharee Songprakhon, Theerasak Rojanarata, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat. Visualization of ultradeformable liposomes penetration pathways and their skin interaction by confocal laser scanning microscopy. *Int J Pharm*. 441 (2013) 151– 161 (2012: IF 3.350).
 57. Duangjit S, Opanasopit P, Rojanarata T, Ngawhirunpat T. Evaluation of Meloxicam-Loaded Cationic Transfersomes as Transdermal Drug Delivery Carriers. *AAPS PharmSciTech*. 2013 Mar;14(1):133-40. (2012: IF 1.432).
 58. Todsapon Nitanan, Prasert Akkaramongkolporn, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Praneet Opanasopit. Thermally crosslinkable poly (styrene sulfonic acid-co-maleic acid) (PSSA-MA)/polyvinyl alcohol (PVA) ion exchange fibers. *Polymer bullatin*. (2013) April 70:1431-1444. (2012: IF 1.532)
 59. Tittaya Suksamran, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Warayuth Sajomsang, Tasana Pitaksuteeping, Praneet Opanasopit. Methylated N-(4-N,N-dimethyl aminocinnamyl) chitosan-coated electrospray OVA-loaded microparticles for oral vaccination. *Int. J. Pharm*. May 448 (2013) 19– 27 (2012: IF 3.350).
 60. Todsapon Nitanan, Prasert Akkaramongkolporn, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Praneet Opanasopit. Neomycin-loaded poly(styrene sulfonic acid-co-maleic acid) (PSSA-MA)/polyvinyl alcohol (PVA) ion exchange nanofibers for wound dressing materials. *Int. J. Pharm*. May 448 (2013) 71– 78 (2012: IF 3.350).
 61. Theerasak Rojanarata, Samarwadee Plianwong, Kosit Su-uta, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat. Electrospun cellulose acetate nanofibers as thin layer chromatographic media foreco-friendly screening of steroids adulterated intraditional medicine and nutraceutical

- products. *Talanta*. May 115(2013)208–213. (2012:IF 3.794)
62. Todsapon Nitanan, Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Suwannee Panomsuk and Praneet Opanasopit. Fabrication and evaluation of cationic exchange nanofibers for controlled drug delivery systems. *Int .J. Pharm.* June 450 (2013) 345– 353 (2012:IF 3.350).
63. Tonglairoom P, Chaijaroenluk W, Rojanarata T, Ngawhirunpat T, Akkaramongkolporn P, Opanasopit P. Development and characterization of propranolol selective molecular imprinted polymer composite electrospun nanofiber membrane. *AAPS PharmSciTech*. 2013 Jun;14(2):838-46. (2012:IF 1.584).
64. Samarwadee Plianwong, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, and Theerasak Rojanarata. Chitosan Combined with Poly-L-arginine as Efficient, Safe, and Serum-Insensitive Vehicle with RNase Protection Ability for siRNA Delivery. *BioMed Research International*. 2013, June Article ID 574136, 9 p. (2012:IF 2.436)
65. Winotapun W, Opanasopit P, Ngawhirunpat T, Rojanarata T. One-enzyme catalyzed simultaneous plant cell disruption and conversion of released glycoside to aglycone combined with in situ product separation as green one-pot production of genipin from gardenia fruit. *Enzyme Microb Technol*. 2013 Jul 10;53(2):92-6. (2012:IF 2.367)
66. Natthan Charernsriwilaiwat, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Monrudee Sukma and Praneet Opanasopit. Electrospun chitosan-based nanofiber mats loaded with *Garcinia mangostana* extracts. *Int J Pharm*. 2013. Aug;452; 333– 343 (2012:IF 3.350).
67. Praneet Opanasopit, Warisada Sila-on, Theerasak Rojanarata. Tanasait Ngawhirunpat. Fabrication and properties of capsicum extract-loaded PVA and CA nanofiber patches. *Pharmaceutical Development and Technology*. 2013; Sep-Oct. 15(5) 1140-1147. (2012:IF 1.333).
68. Wipada Samprasit, Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, and Praneet Opanasopit. Meloxicam taste-masked oral disintegrating tablet with dissolution enhanced by ion exchange resins and cyclodextrin. *AAPS PharmSciTech*. 2013 Sep;14(3):1118-1128. (2012:IF 1.584).
69. Thisirak Woraphatphadung, Jariya Kowapradit, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata and Praneet Opanasopit. Effect of salt forms of chitosan on in vitro permeability enhancement in intestinal epithelial cells (Caco-2). *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. August 2013; 12 (4): 495-501. impact factor 0.82
70. Tanasait Ngawhirunpat, Narumon Worachun, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata, and Suwannee Panomsuk. Cremophor RH40-PEG 400 microemulsions as transdermal drug delivery carrier for ketoprofen. *Pharmaceutical Development and Technology*. 2013, 18(4): 798–803 (IF 1.107)
71. Wipada Samprasit, Theerasak Rojanarata, Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat,

- Warisada Sila-on, Praneet Opanasopit. Improvement of drug loading into ion exchange resin by cyclodextrin inclusion complex. *Drug Development and Industrial Pharmacy*. 2013, Nov;39(11):1672-80. (IF 2012 = 1.539).
72. Sureewan Duangjit, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojarata, Yasuko Obata, Yoshinori Oniki, Kozo Takayama and Tanasait Ngawhirunpat. The Role of Deformable Liposome Characteristics on Skin Permeability of Meloxicam: Optimal Transfersome as Transdermal Delivery Carriers. *The Open Conference Proceedings Journal*, 2013, 4, 87-92
73. Ponwanit Chareanputtakhun, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata and Tanasait Ngawhirunpat. All-trans retinoic acid (ATRA)-loaded lipid nanoparticles as a dermal drug delivery carrier. *Pharmaceutical Development and Technology*. 2014 Mar;19(2):164-72. (IF 1.333)
74. Tonglairoom P, Chuchote T, Ngawhirunpat T, Rojanarata T, Opanasopit P. Encapsulation of plai oil/2-hydroxypropyl- β -cyclodextrin inclusion complexes in polyvinylpyrrolidone (PVP) electrospun nanofibers for topical application. *Pharmaceutical Development and Technology*. 2014; 19(4):430-437. (IF 1.333)
75. Natthan Charernsriwilaiwat, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat and Praneet Opanasopit. Electrospun chitosan/polyvinyl alcohol nanofiber mats for wound healing. *International Wound Journal*. 2013. in press. (IF 1.427).
76. Todsapon Nitanan, Prasert Akkaramongkolporn, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Praneet Opanasopit. Optimization of the production process for polystyrene nanofiber ion exchangers. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 2014. in press.
77. Prasopchai Tonglairoom, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Ruchadaporn Kaomongkolgit and Praneet Opanasopit. Fast acting-clotrimazole composited PVP/HP β CD nanofibers for oral candidiasis application. *Pharm Res*. 2014 2014. 31:1893–1906. (2013 IF 4.346)
78. Rangsimawong W, Opanasopit P, Rojanarata T, Ngawhirunpat T. Terpene-Containing PEGylated Liposomes as Transdermal Carriers of a Hydrophilic Compound. *Biol Pharm Bull*. 2014 Dec 1;37(12):1936-43.
79. Tonglairoom P, Ngawhirunpat T, Rojanarata T, Kaomongkolgit R, Opanasopit P. Fabrication of a novel scaffold of clotrimazole-microemulsion-containing nanofibers using an electrospinning process for oral candidiasis applications. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 2015; 126:18-25. (2013 ค่า 4.287)
80. Tidjarat S, Winotapun W, Opanasopit P, Ngawhirunpat T, Rojanarata T. Uniaxially aligned electrospun cellulose acetate nanofibers for thin layer chromatographic screening of hydroquinone and retinoic acid adulterated in cosmetics. *J Chromatogr A*. 2014 Nov 7;1367:141-7.
81. Prasert Akkaramongkolporn, Nistakan Pattarakon, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata. Evaluation of Anionic Exchange Resins as Potential Tablet Disintegrants. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 2014; 13 (10): 1585-1592. (IF 0.8).

82. Samprasit W, Kaomongkolgit R, Sukma M, Rojanarata T, Ngawhirunpat T, Opanasopit P. Mucoadhesive electrospun chitosan-based nanofibre mats for dental caries prevention. *Carbohydr Polym.* 2015 Mar 6;117:933-40. (3.916)
83. Wipada Samprasit, Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Ruchadaporn Kaomongkolgit, Praneet Opanasopit. Fast releasing oral electrospun PVP/CD nanofiber mats of taste-masked meloxicam *International Journal of Pharmaceutics.* 487 (2015) 213–222. (IF 3.785).
84. Wipada Samprasit, Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, and Praneet Opanasopit. Formulation and evaluation of meloxicam oral disintegrating tablet with dissolution enhanced by combination of cyclodextrin and ion exchange resins. *Drug Development and Industrial Pharmacy.* 2015 Jun;41(6):1006-16 (IF 2013 = 1.539).
85. Prasopchai Tonglairoum, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Suwanee Panomsuk, Ruchadaporn Kaomongkolgit, Praneet Opanasopit, Fabrication of mucoadhesive chitosan coated polyvinylpyrrolidone/cyclodextrin/clotrimazole sandwich patches for oral candidiasis. *Carbohydrate Polymers* 132 (2015) 173–179.
86. Wipada Samprasit, Theerasak Rojanarata, Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat and Praneet Opanasopit. Reused cyclodextrin as a new way to deliver and enhance drug loading onto ion exchange resin. *Pharmaceutical Development and Technology.* 2015; 20(7): 827–838.
87. Prasopchai Tonglairoum, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Praneet Opanasopit. Lysozyme-immobilized electrospun PAMA/PVA and PSSA-MA/PVA ion-exchange nanofiber for wound healing. *Pharmaceutical Development and Technology.* 2015; 20(8): 976–983.
88. Wipada Samprasit, Theerasak Rojanarata, Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat, Ruchadaporn Kaomongkolgit, Praneet Opanasopit. Fabrication and In Vitro/In Vivo Performance of Mucoadhesive Electrospun Nanofiber Mats Containing α -Mangostin. *AAPS PharmSciTech.* October 2015, Volume 16, Issue 5, pp 1140-1152.
89. Duangjit S, Chairat W, Opanasopit P, Rojanarata T, Ngawhirunpat T. Application of Design Expert for the investigation of capsaicin-loaded microemulsions for transdermal delivery. *Pharmaceutical Development and Technology.*

ผู้ร่วมวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณีต โอปนะโสภิต

Associate Professor Dr. Praneet Opanasopit

- สังกัดและสถานที่ทำงาน พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

โทรศัพท์ 0 3425 5800 โทรสาร 0 3425 5801

E-mail: opanasopit_p@su.ac.th

- ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา
2535	ตรี	ภ.บ. (เกียรตินิยม)	เภสัชศาสตร์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
2537	โท	ภ.ม.	เภสัชอุตสาหกรรม	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2545	เอก	Ph.D.	Pharmaceutical Technology	Kyoto university (Japan)

- รางวัลเกี่ยวกับงานวิจัยที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	หน่วยงานที่ให้
2543	รางวัลนักเรียนที่มีผลงานวิจัยดีเด่นในงาน Millennial world congress of pharmaceutical sciences. San Francisco, USA.	ผู้จัดการประชุม Millennial World Congress of Pharmaceutical Sciences
2548	รางวัลศิษย์เก่าดีเด่น ด้านวิชาการในวาระครบรอบ 20 ปี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร	คณะเภสัชศาสตร์.ศิลปากร และชมรมศิษย์เก่าคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
2550	รางวัลผลงานวิจัยดีประจำปี 2550	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร
2551	รางวัลผลงานวิจัยตีพิมพ์ดีเด่น ประจำปี 2551 (Nagai Award Thailand 2008) ในสาขา Pharmaceutical Sciences ในงานการประชุมเสนอผลงานวิจัยทางเภสัชศาสตร์ประจำปี 2551 (ครั้งที่ 25) ในวันที่ 2 ธันวาคม 2551	คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2552	รางวัลผลงานวิจัยดีประจำปี 2552	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร
2552	รางวัลนักศึกษาเก่าดีเด่น ประเภทผู้ส่งเสริมการศึกษา วิชาการ ประจำปี 2552 ในวันที่ 12 ตุลาคม 2552	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร
2552	รางวัลนักวิจัยรุ่นใหม่ดีเด่น สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ประจำปี 2552 เรื่อง “นาโนเทคโนโลยีสำหรับนำส่งยาหรือสารชีวภาพสู่เป้าหมาย” ในงานประชุม “นักวิจัยรุ่นใหม่ พบ...เมธีวิจัยอาวุโส” ระหว่างวันที่ 15-17 ตุลาคม 2552	สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว)

2552	รางวัลผลงานวิจัยดี สาขาวิทยาศาสตร์เคมีและเภสัช ประจำปี 2552 เรื่อง “การพัฒนาระบบตัวพาชนิดใหม่ สำหรับนำส่งยีนโดยใช้อนุพันธ์ของโคโคซาน”	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2557	รางวัลผลงานวิจัยดีประจำปี 2552	สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยศิลปากร

■ ผลงานวิชาการ / วิจัย

บทความวิจัยที่เผยแพร่ในวารสารวิชาการนานาชาติ (refereed journals)

1. Kaisri Umprayn and Praneet Opanasopit. Development of a matrix-membrane transdermal delivery system for nicotine. *Pharm. Tech. Europe* 12 (12), 54-59 (2000).
2. Praneet Opanasopit, Keiko Shiraishi, Makiya Nishikawa, Fumiyoshi Yamashita, Yoshinobu Takakura, and Mitsuru Hashida In vivo recognition of mannosylated proteins by hepatic mannose receptors and mannan-binding protein. *Am. J. of Physiol. Gastrointest liver Physiol*, 280, G879-G889 (2001) impact factor 3.223
3. Praneet Opanasopit, Yuriko Higuchi, Shigeru Kawakami, Fumiyoshi Yamashita, Makiya Nishikawa, and Mitsuru Hashida Involvement of serum mannan binding proteins and mannose receptors in uptake of mannosylated liposomes by macrophages. *Biochim. Biophys. Acta*. 1511(1), 134-145. (2001) impact factor 3.161
4. Praneet Opanasopit, Makiya Nishikawa, Fumiyoshi Yamashita, Yoshinobu Takakura, and Mitsuru Hashida Pharmacokinetic analysis of Lectin-dependent biodistribution of fucosylated bovine serum albumin: A possible carrier for kupffer cells. *J. Drug Targeting*, 9, 341-351 (2001) impact factor 1.569
5. Praneet Opanasopit, Megumi Sakai, Makiya Nishikawa, Shigeru Kawakami, Fumiyoshi Yamashita, and Mitsuru Hashida Inhibition of experimental liver metastasis by lectin-mediated targeting of immunomodulators to liver nonparenchymal cells using mannosylated liposomes. *J. Controlled Release*. 80 (1-3), 283-294 (2002). impact factor 4.756
6. Praneet Opanasopit, Kenji Hyoudou, Makiya Nishikawa, Fumiyoshi Yamashita, and Mitsuru Hashida Serum mannan binding protein inhibits mannosylated liposome-mediated transfection to macrophages. *Biochim. Biophys. Acta*. 1570, 203-209 (2002). impact factor 3.161
7. Praneet Opanasopit, Makiya Nishikawa, and Mitsuru Hashida Factors affecting drug and gene delivery: effects of interaction with blood complements. *Crit. Rev. Ther Drug Carrier Sys*. 19(3),199-233 (2002). impact factor 3.696
8. Praneet Opanasopit, Makiya Nishikawa, Xhittima Managit, Fumiyoshi Yamashita and Mitsuru Hashida. Control of hepatic disposition of mannosylated liposomes by PEGylation: effect of molecular weight of PEG and the density of PEG and mannose. *S.t.p.Pharma Sciences*. 13 (1), 57-62 (2003). impact factor 0.656
9. Tanasait Ngawhirunpat, Praneet Opanasopit, Sompol Prakongpan Comparison of skin transport and metabolism of ethyl nicotinate in various species. *Eur J Pharm Biopharm*. 58(3), 645-651 (2004). impact factor 2.611

10. **Praneet Opanasopit**, Masayuki Yokoyama, Masato Watanabe, Kumi Kawano, Yoshie Maitani, Teruo Okano. Block copolymer design for camptothecin incorporation into polymeric micelles for passive tumor targeting. *Pharm Res.* 21 (11), 2001-2008 (2004). impact factor 3.441
11. Masayuki Yokoyama, **Praneet Opanasopit**, Teruo Okano, Kumi Kawano, Yoshie Maitani. Polymer design and incorporation methods for polymeric micelle carrier system containing water-insoluble anti-cancer agent camptothecin. *J Drug Target.* Jul;12(6):373-84. (2004). impact factor 1.569
12. **Praneet Opanasopit**, Masayuki Yokoyama, Masato Watanabe, Kumi Kawano, Yoshie Maitani, Teruo Okano. Influence of serum and albumins from different species on stability of camptothecin-loaded micelles. *J. Controlled Release.* 104(2), 313-321(2005). impact factor 4.756
13. Manee Luangtana-anan, **Praneet Opanasopit**, Tanasait Ngawhirunpat, Jurairat Nunthanid , Pornsak Sriamornsak, Sontaya Limmatvapirat, Lee-Yong Lim. Effect of chitosan salts and molecular weight on a nanoparticulate carrier for therapeutic protein. *Pharm Dev Technol.* 10(2),189-196 (2005). impact factor 0.816
14. Shigeru Kawakami, **Praneet Opanasopit**, Masayuki Yokoyama, Narin Chansri, Tatsuhiko Yamamoto, Teruo Okano, Fumiyoshi Yamashita and Mitsuru Hashida. Biodistribution characteristics of all-trans retinoic acid incorporated in liposomes and polymeric micelles following intravenous administration. *J Pharm Sci.* 94(12), 2606-2615 (2005). impact factor 2.237
15. Tanasait Ngawhirunpat, Suwannee Panomsuk, **Praneet Opanasopit**, Theerasak Rojanarata, Tomomi Hatanaka. Comparison of the percutaneous absorption of hydrophilic and lipophilic compounds in shed snake skin and human skin. *Pharmazie.* 61(4):331-335 (2006). impact factor 0.677
16. Masato Watanabe, Kumi Kawano, Masayuki Yokoyama, **Praneet Opanasopit**, Teruo Okano, Yoshie Maitani. Preparation of camptothecin-loaded polymeric micelles and evaluation of their incorporation and circulation stability. *Int. J Pharm.* 308(1-2),183-189 (2006). impact factor 2.408
17. Kawano K, Watanabe M, Yamamoto T,Yokoyama M, **Opanasopit P**, Okano T,Maitani Y. Enhanced antitumor effect of camptothecin loaded in long-circulating polymeric micelles. *J Control Release.* 112(3):329-332 (2006). impact factor 4.756
18. Wanlop Weecharangsan, **Praneet Opanasopit**, Monrudee Sukma, Tanasait Ngawhirunpat, Uthai Sotanaphun, Pongpan Siripong. Antioxidative and neuroprotective activities of the extracts from fruit hull of mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.). *Med Princ Pract.*;15(4):281-287 (2006). impact factor 0.312
19. Wanlop Weecharangsan, **Praneet Opanasopit**, Tanasait Ngawhirunpat, Auayporn Apirakaramwong, Theerasak Rojanarata. Chitosan lactate as non-viral gene delivery vector in COS-1 cells. *AAPS PharmSciTech.* 7(3) article 66 (2006). impact factor 0.857
20. **Praneet Opanasopit**, Tanasait. Ngawhirunpat, Amornrut Chaidedgumjorn, Theerasak Rojanarata,Auayporn Apirakaramwong, Sasiprapha Phongying, Chantiga Choochottiros, Suwabun Chirachanchai. Incorporation of camptothecin into N-phthaloyl chitosan-g-mPEG self-assembly micellar system.. *Eur. J. Pharm. Biopharm.* 64, 269-276 (2006). impact factor 2.611

21. Wanlop Weecharangsan, **Praneet Opanasopit**, and Robert J. Lee. In vitro Gene Transfer Using Cationic Vectors, Electroporation and Their Combination. *Anticancer Res.* 27, 309-314 (2007). impact factor 1.604
22. **Praneet Opanasopit**, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Chantiga Choochottiros, Suwabun Chirachanchai. N-phthaloyl chitosan-g-mPEG design for All-trans retinoic acid-loaded polymeric micelles. *Eur. J. Pharm. Science.* 30, 424-431(2007). impact factor 2.347
23. **Praneet Opanasopit**, Polawan Aumklad, Jariya Kowapradit, Tanasait Ngawhirunpat, Auayporn Apirakaramwong, Theerasak Rojanarata, Satit Puttipipatkachorn. Effect of salt forms and molecular weight of chitosans on in vitro permeability enhancement in intestinal epithelial cells (Caco-2). *Pharm Dev Technol.* 2007;12(5):447-55 . impact factor 0.816
24. **Praneet Opanasopit**, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Chantiga Choochottiros, Suwabun Chirachanchai. Camptothecin-incorporating N-phthaloyl chitosan-g-mPEG self assembly micellar system: Effect of degree of deacetylation. *Colloid Surface B* 2007 Oct 15;60(1):117-24. มี impact factor 1.588
25. Akkayachad Chinsriwongkul, Praneet Opanasopit, Warisada Sila-on, Tansait Ngawhirunpat, Uracha Ruktanonchai. Physicochemical properties of lipid emulsions formulated with high loaded-all-trans retinoic acid. *PDA J Pharm Sci Tech.* 61(6),461-471 (2007) impact factor 0.816
26. Tatsuhiro Yamamoto, Masayuki Yokoyama, Praneet Opanasopit, Akihiro Hayama, Kumi Kawano and Yoshie Maitani. What are determining factors for stable drug incorporation into polymeric micelle carriers? Consideration on physical and chemical characters of the micelle inner core. *J Control Release.* 123(1):11-18 (2007). impact factor 4.756
27. Orawan Suwantong, **Praneet Opanasopit**, Uracha Ruktanonchai and Pitt Supaphol. Electrospun cellulose acetate fiber mats containing curcumin and release characteristic of the herbal substance. *Polymer.* 2007, 48: 7546-7557. impact factor 2.773
28. **Praneet Opanasopit**, Uracha Ruktanonchai, Orawan Suwantong, Suwannee Panomsuk, Tanasait Ngawhirunpat, Chavalit Sittisombut, Tittaya Suksamran, Pitt Supaphol. Electrospun polyvinyl alcohol polymeric fibrous system as carriers for extracts from fruit hull of mangosteen. *J. Cosmet. Sci.* 59 (3):233-42 (2008) impact factor 0.724.
29. Jariya Kowapradit, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Auayporn Apirakaramwong, Theerasak Rojanarata, Uracha Ruktanonchai and Warayuth Sajomsang. Methylated N-(4-N,N-dimethylaminobenzyl) chitosan, a novel chitosan derivative, enhances paracellular permeability across intestinal epithelial cells (Caco-2)” *AASP PharmSciTech.* 9(4)1143-1152 (2008). (IF 1.445).
30. Weecharangsan W, Opanasopit P, Lee RJ. Effect of depsipeptide on in vitro transfection efficiency of PEI/DNA complexes. *Anticancer Res.* 28(2A):793-798 (2008) impact factor 1.604
31. Nuttaporn Pimpha, Uracha Rattanonchai, Suvimol Surassmo, Praneet Opanasopit, Chonticha Rattananonchai, Panya Sunintaboon. Preparation of PMMA/acid-modified chitosan core-shell nanoparticles and their potential as gene carriers *Colloid Polym Sci* 286:907–916(2008).
32. Theerasak Rojanarata, Maleenart Petchsangsa, **Praneet Opanasopit**, Tanasait Ngawhirunpat, Uracha Ruktanonchai, Warayuth Sajomsang, Supawan Tantayanon. Methylated N-(4-N,N-

- dimethylaminobenzyl) Chitosan for a Novel Effective Gene Carriers. *Eur. J. Pharm. Biopharm.* 70(1):207-214.(2008) impact factor 2.611
33. **Praneet Opanasopit**, Warayuth Sajomsang, Uracha Ruktanonchai, Varissaporn Mayen, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat. Methylated N-(4-pyridinylmethyl) chitosan as a novel effective safe gene carrier. *Int. J. Pharm.* 368:127-134 (2008) impact factor 2.408
 34. Wanlop Weecharangsan, **Praneet Opanasopit**, Tanasait Ngawhirunpat, Auayporn Apirakaramwong, Theerasak Rojanarata, Uracha Ruktanonchai, Robert J. Lee. **Evaluation of Chitosan Salts as Nonviral Gene Vectors in CHO-K1 Cells.** *Int. J. Pharm.* 348,161-168 (2008) impact factor 2.408
 35. **Praneet Opanasopit**, Auayporn Apirakaramwong, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Uracha Ruktanonchai. Development and characterization of pectinate micro/nanoparticles for gene delivery. *AAPS PharmSciTech* 9(1):67-74 (2008). impact factor 0.857
 36. Akkaramongkolporn P, Ngawhirunpat T, Nunthanid J, Opanasopit P. Effect of a Pharmaceutical Cationic Exchange Resin on the Properties of Controlled Release Diphenhydramine Hydrochloride Matrices Using Methocel K4M or Ethocel 7cP as Matrix Formers. *AAPS PharmSciTech.* .9(3):899-908 (2008).
 37. Tanasait Ngawhirunpat, **Praneet Opanasopit**, Theerasak Rojanarata, and Suwannee Panomsuk. Evaluation of Simultaneous Permeation and Metabolism of Methyl Nicotinate in Human, Snake, and Shed Snake Skin. *Pharm Dev Technol.* 13 (1):75-83 (2008). impact factor 0.816
 38. Theerasak Rojanarata, **Praneet Opanasopit**, Sunee Techaarpornkul, Tanasait Ngawhirunpat, Uracha Ruktanonchai. Chitosan - thiamine pyrophosphate as a novel carrier for siRNA delivery. *Pharm Res.* 25(12):2807-14 (2008). impact factor 3.441
 39. **Praneet Opanasopit**, Maleenart Petchsangai, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Warayuth Sajomsang and Uracha Ruktanonchai. Methylated N-(4-N,N-dimethylaminobenzyl) chitosan as effective gene carriers: effect of degree of Substitution. *Carbohydr. Polym.* 75 (2009) 143–149. impact factor 3.014
 40. Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata, Auayporn Apirakaramwong, Tanasait Ngawhirunpat, Uracha Ruktanonchai. Nuclear localization signal peptides enhance transfection efficiency of chitosan/DNA complexes. *Int. J. Pharm.* (2009) 382,291-295. impact factor 3.061
 41. Tittaya Suksamran, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Uracha Ruktanonchai, Pitt Supaphol. Biodegradable alginate microparticles developed by electrohydrodynamic spraying techniques for oral delivery of protein. *J. Microencapsulation.* 26(7),563-570 (2009). impact factor 1.168
 42. Ngawhirunpat T, Opanasopit P, Rojanarata T, Akkaramongkolporn P, Ruktanonchai U, Supaphol P. Development of meloxicam-loaded electrospun polyvinyl alcohol mats as a transdermal therapeutic agent. *Pharm Dev Technol.* 2009;14(1):70-79. impact factor 0.876
 43. Uracha Ruktanonchai, Piyawan Bejrapha, Usawadee Sakulkhu, **Praneet Opanasopit**, Bunyapraphatsara, Varaporn Junyaprasert, Satit Puttipipatkachorn, Physicochemical characteristics, cytotoxicity and antioxidant activity of three lipid nanoparticulate formulations of alpha-lipoic acid, *AAPS PharmSciTech*, 2009; 10(1):227-234 (IF 1.445).

44. Prasert Akkaramongkolporn Tanasait Ngawhirunpat and Praneet Opanasopit. Preparation and evaluation of differently sulfonated styrene-divinylbenzene cross-linked copolymer cationic exchange resins as novel carriers for drug delivery. *AAPS PharmSciTech*. 2009;10(2):641-8. impact factor 1.445
45. Tanasait Ngawhirunpat, Nanthida Wonglertnirant, Praneet Opanasopit, Uracha Ruktanonchai, Kaewkarn Wasanasuk, Suwabun Chirachanchai, Rangrong Yoksan. Incorporation methods for cholic acid chitosan-g-mPEG self-assembly micellar system containing camptothecin. *Colloid Surface B Biointerfaces*. (2009)74,253-259. มี impact factor 2.593
46. Uracha Ruktanonchai, Usawadee Sakulkhu, Piyawan Bejrapha, Praneet Opanasopit, Nuntavan Bunyaphrathasara, Varaporn Junyaprasert, Satit Puttipipatkachorn and, Effect of lipid types on physicochemical characteristics, stability and antioxidant activity of gamma-oryzanol loaded lipid nanoparticles, *J. Microencapsulation*, 2009 Nov;26(7):614-626. (IF=1.168).
47. Prasan Tangyuenyongwatana, Jariya Kowapradit, Praneet Opanasopit and Wandee Gritsanapan. Cellular transport of anti-inflammatory pro-drugs originated from a herbal formulation of Zingiber cassumunar and Nigella sativa. *Chin Med*. 2009 Sep 25;4:19. impact factor 0.858
48. Amornrat Viriyaroj, Tanasait Ngawhirunpat, Monrudee Sukma, Prasert Akkaramongkolporn, Uracha Ruktanonchai, and **Praneet Opanasopit**. Physicochemical properties and antioxidant activity of gamma-oryzanol-loaded liposome formulations for topical use. *Pharm Dev Technol*. 2009;14(6):665-671. impact factor 0.876
49. Warayuth Sajomsang, Uracha Ruktanonchai, Pattarapond Gonil, Varissaporn Mayen, **Praneet Opanasopit**. Methylated N-aryl chitosan derivative/DNA complex nanoparticles for gene delivery: Synthesis and structure–activity relationships. *Carbohydr. Polym*. 78 (Nov), 2009, 743–752. impact factor 2.644
50. Hilal Bilek, Nanthida Wonglertnirant, Tanasait Ngawhirunpat, Praneet Opanasopit and Mont Kumpugdee –Vollrath. Effect of Terpenes on the Skin Permeation of Ketoprofen through Shed Snake Skin. *Silpakorn U Science & Tech J*. 3 (2) (2009) 33-41.
51. Jariya Kowapradit, **Praneet Opanasopit**, Tanasait Ngawhirunpat, Auayporn Apirakaramwong, Theerasak Rojanarata, Uracha Ruktanonchai and Warayuth Sajomsang. In vitro permeability enhancement in intestinal epithelial cells (Caco-2) monolayer of water soluble quaternary ammonium chitosan derivatives. *AAPS PharmSciTech*, 2010; Jun;11(2):497-508 (IF 1.19).
52. Sunee Techaarpornkul, Sirirat Wongkupasert, **Praneet Opanasopit**, Auayporn Apirakaramwong, Jurairat Nunthanid, Uracha Ruktanonchai Chitosan-Mediated siRNA Delivery in Vitro: Effect of Polymer Molecular Weight, Concentration and Salt Forms. *AAPS PharmSciTech*, 2010; Mar;11(1):64-72 (IF 1.19).
53. Theerasak Rojanarata, **Praneet Opanasopit**, Tanasait Ngawhirunpat, Choedchai Saehuan, Suthep Wiyakrutta, Vithaya Meevootisom. A simple, sensitive and green bienzymatic UV-spectrophotometric assay of amoxicillin formulations. *Enzyme and Microbial Technology* 46 (2010) 292–296. impact factor 2.629
54. Natthan Charemsriwilaiwat, **Praneet Opanasopit**, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Pitt Supaphol. Preparation and characterization of chitosan-hydroxybenzotriazole/ polyvinyl

- alcohol blend nanofibers by the electrospinning technique. *Carbohydr. Polym.* 2010; 80(3) 675-680. impact factor 3.167
55. Jariya Kowapradit, **Praneet Opanasopit**, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Uracha Ruktanonchai and Warayuth Sajomsang. Methylated N-(4-N,N-dimethylaminocinnamyl) chitosan enhances paracellular permeability across Caco-2 cells. *Drug delivery*, July 2010, Vol. 17, No. 5 : Pages 301-312 (IF 1.642).
56. **Praneet Opanasopit**, Sunee Techaarpornkul, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Uracha Ruktanonchai. Nucleic acid delivery with chitosan hydroxybenzotriazole. *Oligonucleotides*. 2010, Jun; 20(3):127-136 impact factor 2.507.
57. Akhayachatra Chinsriwongkul, **Praneet Opanasopit**, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Warisada Sila-on, Uracha Ruktanonchai. Oleic acid enhances all-*trans* retinoic acid load in nano-lipid emulsions. *PDA J Pharm Sci Tech.* (2010) 64 (2) 113-123. impact factor 0.393
58. Theerasak Rojanarata, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Choedchai Saehuan. Ninhydrin reaction on thiol-reactive solid and its potential for the quantitation of d-penicillamine. *Talanta*. 82 (2010) 444-449. impact factor 3.29
59. Tanasait Ngawhirunpat, **Praneet Opanasopit**, Monrudee Sukma, Chavalit Sittisombut, Atsushi Kat, and Isao Adachi. Antioxidant, free radical-scavenging activity and cytotoxicity of different solvent extracts and their phenolic constituents from the fruit hull of mangosteen (*Garcinia mangostana*). *Pharmaceutical Biology*, 2010; 48(1): 55-62. impact factor 0.364.
60. Kanistha Kawpoomhae, Monrudee Sukma, Tanasait Ngawhirunpat, Praneet Opanasopit and Areerut Sripattanaporn. Antioxidant and neuroprotective effects of standardized extracts of Mangifera indica leaf. *Thai J. Pharm. Sci.* 34 (2010) 32-43.
61. Wonglertnirant N, Todo H, Opanasopit P, Ngawhirunpat T, Sugibayashi K. Macromolecular delivery into skin using a hollow microneedle. *Biol Pharm Bull.* 2010;33(12):1988-93. (1.811)
62. Akkaramongkolporn P, Wongsermsin K, Opanasopit P, Ngawhirunpat T. Comparison between the effect of strongly and weakly cationic exchange resins on matrix physical properties and the controlled release of diphenhydramine hydrochloride from matrices. *AAPS PharmSciTech.* 2010 Sep;11(3):1104-14. (IF 1.19).
63. Jariya Kowapradit, **Praneet Opanasopit**, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, and Warayuth Sajomsang. Structure-activity relationships of methylated N-aryl chitosan derivatives for enhancing paracellular permeability across Caco-2 cells. *Carbohydr. Polym.* 83 (2011) 430-437 impact factor 3.167
64. Nanthida Wonglertnirant, Tanasait Ngawhirunpat, Praneet Opanasopit, Hiroaki Todo and Kenji Sugibayashi. A hollow microneedle carrier for enhancing skin penetration of large molecular compounds. *Advanced Materials Research*. 194-196 (2011) 549-553.
65. Natthan Charensriwilaiwat, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata and Tanasait Ngawhirunpat Fabrication and characterization of chitosan-ethylenediaminetetraacetic acid/polyvinyl alcohol blend electrospun nanofibers. *Advanced Materials Research*. 194-196 (2011) 648-651.

66. Orapan Paecharoenchai, Tittaya Suksamran, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Praneet Opanasopit. Development of chitosan nanoparticles for gene delivery using electrohydrodynamic spraying techniques. *Advanced Materials Research*.194-196 (2011) 541-544.
67. Sureewan Duangjit, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata and Tanasait Ngawhirunpat. Effect of edge activator on characteristic and in vitro skin permeation of meloxicam loaded in elastic liposomes. *Advanced Materials Research*.194-196 (2011) 537-540.
68. Todsapon Nitanan, Praneet Opanasopit, Prasert Akkaramongkolporn, Theerasak Rojanarata and Tanasait Ngawhirunpat Effects of Solution Parameters on Morphology and Diameter of Electrospun Polystyrene Nanofibers. *Advanced Materials Research*.194-196 (2011) 629-632.
69. Ponwanit Jarenputtakrun, Praneet Opanasopit, Suwannee Panomsuk and Tanasait Ngawhirunpat. Formulation and evaluation of isosorbide dinitrate acrylic matrix transdermal patches. *Advanced Materials Research*.194-196 (2011) 1217-1220.
70. Wipada Samprasit, Praneet Opanasopit, Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat, Kaewnapa Wongsermsin and Suwannee Panomsuk. Formulation of dextromethorphan oral disintegrating tablet using ion exchange resin. *Advanced Materials Research*.194-196 (2011) 1384-1387.
71. Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Suwannee Panomsuk and Praneet Opanasopit. Fabrication of capsaicin loaded polyvinyl alcohol electrospun nanofibers. *Advanced Materials Research*. 338 (2011) 42-45.
72. M. Petchsangsa, N. Wonglertnirant, T.Rojanarata, P. Opanasopit, and T. Ngawhirunpat. Application of Hollow Microneedle for Transdermal Delivery of Bovine Serum Albumin-Fluorescein Isothiocyanate Conjugate. *Advanced Materials Research*. 338 (2011) 365-368.
73. Tittaya Suksamran, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata and Tanasait Ngawhirunpat. Development of alginate/chitosan microparticles for dust mite allergen. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. (2011) 10(3) 317-324. (IF 0.5).
74. Praneet Opanasopit, Jintana Tragulpakseerojn, Auayporn Apirakaramwong, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata. Chitosan enhances transfection efficiency of cationic polypeptides/DNA complexes. *Int. J. Pharm.* (2011) 410; 161–168 (IF 3.607).
75. Sureewan Duangjit, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata, and Tanasait Ngawhirunpat. Characterization and In vitro skin permeation of meloxicam-loaded liposomes versus transfersomes. *J.Drug delivery*, (2011) 2011:418316.
76. Praneet Opanasopit, Orapan Paecharoenchai, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Uracha Ruktanonchai. The type and composition of surfactants mediated on gene transfection of polyethylenimine coated liposomes. *Int. J. Nanomedicine*. (2011) 6 975–983 (IF 4.9).
77. Praneet Opanasopit, Jintana Tragulpakseerojn, Auayporn Apirakaramwong, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata and Uracha Ruktanonchai. The development of poly-L-arginine-coated liposomes for gene delivery. *Int. J. Nanomedicine*. (2011) 6: 2245-2252 (IF 4.9).
78. Theerasak Rojanarata, Krissadecha Sumran, Paksupang Nateetaweewat, Weerapath Winotapun, Sirarat Sukpisit, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat. Microscale chemistry-based design of eco-friendly, reagent-saving and efficient pharmaceutical analysis: A miniaturized Volhard's

- titration for the assay of sodium chloride. *Talanta*. 85 (2011) 1324–1329. (IF 3.722).
79. Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat, Praneet Opanasopit. Evaluating polarcrilix resin as direct compression filler for theophylline tablets. *Int J Pharm Pharm Sci*, (2012) 4(1), 478-481.
80. Todsapon Nitanan, Praneet Opanasopit, Prasert Akkaramongkolporn, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Pitt Supaphol. Effects of processing parameters on morphology of electrospun polystyrene nanofibers. *The Korean Journal of Chemical Engineering*. (2012) 29(2) 173-181. (IF 0.8).
81. Akhayacatra Chinsriwongkul, Ponwanit Chareanputtakhun, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Warisada Sila-on, Uracha Ruktanonchai and Praneet Opanasopit. Nanostructured lipid carriers (NLC) for parenteral delivery of an anticancer drug. *AAPS PharmSciTech*, (2012) March 13 (1) 150-158. (IF 1.211).
82. Natthan Charensriwilaiwat, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata and Tanasait Ngawhirunpat. In vitro antioxidant activities of chitosan aqueous solution: effect of salt form. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. (2012) 11 (2): 235-242 (IF 0.5).
83. Natthan Charensriwilaiwat, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata, Tanasait, Ngawhirunpat. Lysozyme-loaded, electrospun chitosan-based nanofiber mats for wound healing. *Int. J. Pharm.* (2012) 427 (2012) 379– 384. (IF 3.607).
84. Wipada Samprasit, Praneet Opanasopit, Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat, Kaewnapa Wongsermsin, and Suwannee Panomsuk. Preparation and evaluation of taste-masked dextromethorphan oral disintegrating tablet. *Pharmaceutical Development and Technology*, 2012, 17(3): 315–320. (IF 1.107)
85. Kaewnapa Wongsermsin, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat and Prasert Akkaramongkolporn. Preparation and characterization of a novel mixed functional cationic exchange copolymer microsphere as drug carrier. *Advanced Materials Research*. 2012, Vols. 476-478, 2288-2291.
86. N. Worachun, P. Opanasopit, T. Rojanarata, T. Ngawhirunpat. Development of ketoprofen microemulsion for transdermal drug delivery. *Advanced Materials Research*. 506 (2012) pp 441-444.
87. W. Samprasit, P. Opanasopit, T. Rojanarata, T. Ngawhirunpat, P. Akkaramongkolporn. The influence of cyclodextrin and pH on the solubility of ketoprofen. *Advanced Materials Research*. 506 (2012) pp 433-436
88. N. Charensriwilaiwat, P. Opanasopit, T. Rojanarata, T. Ngawhirunpat. Preparation of chitosan-thiamine pyrophosphate/polyvinyl alcohol blend electrospun nanofibers. *Advanced Materials Research*. 506 (2012) pp 118-121.
89. J. Kowapradit, P. Opanasopit, T. Rojanarata, T. Ngawhirunpat, A. Apirakaramwong, W. Sajomsang. Application of methylated n-(4-n,n dimethylaminocinnamyl) chitosan for oral protein drug delivery. *Advanced Materials Research*. 506 (2012) pp 465-468.
90. Duangjit, P. Opanasopit, T. Rojanarata, T. Ngawhirunpat. Effect of surfactants on characteristic and

- in vitro release of meloxicam loaded in deformable liposomes. *Advanced Materials Research*. 506 (2012) pp 457-460.
91. N. Wonglertnirant, S. Tipwichai, P. Opanasopit, T. Rojanarata, S. Panomsuk, T. Ngawhirunpat. Development of acrylic matrix type ketoprofen patch. *Advanced Materials Research*. 506 (2012) pp 533-536
 92. P. Chareanputtakhun, T. Rojanarata, P. Opanasopit, T. Ngawhirunpat. Development of NLCs for topical tras applications. *Advanced Materials Research*. 506 (2012) pp 162-165.
 93. O. Paecharoenchai, N. Niyomtham, A. Apirakaramwong, B. Yingyongnarongkul, P. Opanasopit. effect of acyl chain length of spermine derivatives on transfection efficiency. *Advanced Materials Research*. 506 (2012) pp 445-448
 94. T. Nitanan, P. Akkaramongkolporn, T. Rojanarata, T. Ngawhirunpat, P. Opanasopit. Effect of crosslinking time on ion exchange capacity of polystyrene nanofiber ion exchangers. *Advanced Materials Research*. 506 (2012) 437-440.
 95. T. Suksamran, T. Rojanarata, T. Ngawhirunpat, S. Panomsuk, P. Opanasopit. Chitosan coated alginate microparticles for oral vaccine delivery. *Advanced Materials Research*. 2012, 506: 469-472.
 96. S. Plianwong, K. Su-utha, P. Opanasopit, T. Ngawhirunpat, T. Rojanarata. Factors Influencing The Morphology of Cellulose Acetate Electrospun Fiber Mats. *Advanced Materials Research* Vol. 506 (2012) pp 242-245
 97. S. Panomsuk, S. Indis, P. Panyasaroj, S. Chootrakulwattana, P. Opanasopit, T. Rojanarata. Oral Bases Containing Centella asiatica Extract: Formulations and Evaluations. *Advanced Materials Research* Vol. 506 (2012) pp 501-504
 98. A. Apirakaramwong, P. Pamonsinlapatham, S. Techaarpornkul, P. Opanasopit, S. Panomsuk, W. Soksawatmaekhin. Mechanisms of Cellular Uptake with Chitosan/DNA Complex in Hepatoma Cell Line. *Advanced Materials Research*. Vol. 506 (2012) pp 485-488
 99. Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat and Praneet Opanasopit. Evaluation of a Weakly Cationic Exchange Poly(Methacrylic Acid-Co-Divinylbenzene) Resin as Filler-Binder for Direct Compression Tablets. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. (2012) 13 (3): 371-378 (IF 0.82)
 100. Jariya Kowapradit, Auayporn Apirakaramwong, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Warayuth Sajomsang and Praneet Opanasopit. Methylated N-(4-N,N-dimethylaminobenzyl) chitosan coated liposomes for oral protein drug delivery. *Eur. J. Pharm. Sci.* (2012) 47, 359-366. (IF 3.291).
 101. Thirapit Subongkot, Sureewan Duangjit, Theerasak Rojanarata, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat. Ultradeformable liposomes with terpenes for delivery of hydrophilic Compound. *Journal of Liposome Research*. 2012, 22(3): 254-262 (IF 1.823)

102. Tanasait Ngawhirunpat, Supinya Thipwichai, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata and Suwannee Panomsuk. Development and Evaluation of Ketoprofen Acrylic Transdermal Patches. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. (2012) August; 13 (4): 553-560. (IF 0.82)
103. Samarwadee Plianwong, Areerut Sripattanaporn, Kwanrutai Waewsa-nga, Parin Buacheen, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata. Operator care and eco-concerned development of a fast, facile and economical assay for basic nitrogenous drugs based on simplified ion-pair mini-scale extraction using safer solvent combined with drop-based spectrophotometry. *Talanta* 98 (2012) 220–225. impact factor 3.794
104. Orapan Paecharoenchai, Nattisa Niyomtham, Auayporn Apirakaramwong, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Boon-ek Yingyongnarongkul and Praneet Opanasopit. Effect of cationic lipids structure on gene transfection mediated by cationic liposomes. *AAPS PharmSciTech*. 2012, 13 (4) December, 1302-1308. (IF 1.432).
105. Tittaya Suksamran, Jariya Kowapradit, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Warayuth Sajomsang, Tasana Pitaksuteepong and Praneet Opanasopit. Oral Methylated N-aryl chitosan derivatives for inducing immune responses to ovalbumin. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. (2012) 12 (6): 899-908. (IF 0.82)
106. Orapan Paecharoenchai, Auayporn Apirakaramwong, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Boon-ek Yingyongnarongkul and Praneet Opanasopit. Cationic niosomes composed of spermine-based cationic lipid mediate high gene transfection. *Journal of Drug Targeting*. (2012) Nov;20(9):783-92. (IF 2.696).
107. Sureewan Duangjit, Yasuko Obata, Hiromu Sano, Shingo Kikuchi, Yoshinori Onuki, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Yoshie Maitani, and Kozo Takayama. Menthosomes, novel ultradeformable vesicles for transdermal drug delivery: optimization and characterization. *Biol Pharm Bull*. 2012;35(10):1720-8. (2012:IF 1.657).
108. Warayuth Sajomsang, Pattarapond Gonil, Uracha Rungsardthong Ruktanonchai, Maleenart Petchsangsa, Praneet Opanasopit, Satit Puttipipatkachorn. Effects of molecular weight and pyridinium moiety on water-soluble chitosan derivatives for mediated gene delivery. *Carbohydrate polymers*. (2013) 91(2):508-17. (2012:IF 3.628).
109. Thirapit Subongkot, Nanthida Wonglertnirant, Pucharee Songprakhon, Theerasak Rojanarata, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat. Visualization of ultradeformable liposomes penetration pathways and their skin interaction by confocal laser scanning microscopy. *Int J Pharm*. 441 (2013) 151– 161 (2012: IF 3.350).
110. Duangjit S, Opanasopit P, Rojanarata T, Ngawhirunpat T. Evaluation of Meloxicam-Loaded Cationic Transfersomes as Transdermal Drug Delivery Carriers. *AAPS PharmSciTech*. 2013 Mar;14(1):133-40. (2012: IF 1.432).

111. Todsapon Nitanan, Prasert Akkaramongkolporn, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Praneet Opanasopit. Thermally crosslinkable poly (styrene sulfonic acid-co-maleic acid) (PSSA-MA)/polyvinyl alcohol (PVA) ion exchange fibers. *Polymer bullatin*. (2013) April 70:1431-1444. (2012: IF 1.532)
112. Tittaya Suksamran, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Warayuth Sajomsang, Tasana Pitaksuteepong, Praneet Opanasopit. Methylated N-(4-N,N-dimethyl aminocinnamyl) chitosan-coated electrospray OVA-loaded microparticles for oral vaccination. *Int. J. Pharm.* May 448 (2013) 19– 27 (2012: IF 3.350).
113. Todsapon Nitanan, Prasert Akkaramongkolporn, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Praneet Opanasopit. Neomycin-loaded poly(styrene sulfonic acid-co-maleic acid) (PSSA-MA)/polyvinyl alcohol (PVA) ion exchange nanofibers for wound dressing materials. *Int. J. Pharm.* May 448 (2013) 71– 78 (2012: IF 3.350).
114. Theerasak Rojanarata, Samarwadee Plianwong, Kosit Su-uta, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat. Electrospun cellulose acetate nanofibers as thin layer chromatographic media for eco-friendly screening of steroids adulterated intraditional medicine and nutraceutical products. *Talanta*. Oct 115(2013)208–213. (2012:IF 3.794)
115. Plianwong S, Opanasopit P, Ngawhirunpat T, Rojanarata T. Fast, facile and ethidium bromide-free assay based on the use of adsorption indicator for the estimation of polyethylenimine to nucleic acid ratio of complete polyplex assembly for gene delivery. *Talanta*. 2013 Oct 15;115:241-5. (2012:IF 3.794)
116. Todsapon Nitanan, Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Suwannee Panomsuk and Praneet Opanasopit. Fabrication and evaluation of cationic exchange nanofibers for controlled drug delivery systems. *Int J. Pharm.* June 450 (2013) 345– 353 (2012:IF 3.350).
117. Tonglairoom P, Chaijaroenluk W, Rojanarata T, Ngawhirunpat T, Akkaramongkolporn P, Opanasopit P. Development and characterization of propranolol selective molecular imprinted polymer composite electrospun nanofiber membrane. *AAPS PharmSciTech*. 2013 Jun;14(2):838-46. (2012:IF 1.584).
118. Samarwadee Plianwong, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, and Theerasak Rojanarata. Chitosan Combined with Poly-L-arginine as Efficient, Safe, and Serum-Insensitive Vehicle with RNase Protection Ability for siRNA Delivery. *BioMed Research International*. 2013, June Article ID 574136, 9 p. (2012:IF 2.436)
119. Winotapun W, Opanasopit P, Ngawhirunpat T, Rojanarata T. One-enzyme catalyzed simultaneous plant cell disruption and conversion of released glycoside to aglycone combined with in situ product separation as green one-pot production of genipin from gardenia fruit. *Enzyme Microb Technol*. 2013 Jul 10;53(2):92-6. (2012:IF 2.367)

120. Natthan Charernsriwilaiwat, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Monrudee Sukma and Praneet Opanasopit. Electrospun chitosan—based nanofiber mats loaded with *Garcinia mangostana* extracts. *Int J Pharm.* 2013. Aug;452; 333– 343 (2013:IF 3.458).
121. Praneet Opanasopit, Warisada Sila-on, Theerasak Rojanarata. Tanasait Ngawhirunpat. Fabrication and properties of capsicum extract-loaded PVA and CA nanofiber patches. *Pharmaceutical Development and Technology.* 2013; Sep-Oct. 15(5) 1140-1147. (2012:IF 1.333).
122. Thisirak Woraphatphadung, Jariya Kowapradit, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata and Praneet Opanasopit. Effect of salt forms of chitosan on in vitro permeability enhancement in intestinal epithelial cells (Caco-2). *Tropical Journal of Pharmaceutical Research.* August 2013; 12 (4): 495-501. (2013 IF 0.5)
123. Tanasait Ngawhirunpat, Narumon Worachun, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata, and Suwannee Panomsuk. Cremophor RH40-PEG 400 microemulsions as transdermal drug delivery carrier for ketoprofen. *Pharmaceutical Development and Technology.* 2013, 18(4): 798–803 (2013IF 1.333)
124. Wipada Samprasit, Theerasak Rojanarata, Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat, Warisada Sila-on, Praneet Opanasopit. Improvement of drug loading into ion exchange resin by cyclodextrin inclusion complex. *Drug Development and Industrial Pharmacy.* 2013, Nov;39(11):1672-80. (IF 2013 = 1.539).
125. Sureewan Duangjit, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojarata, Yasuko Obata, Yoshinori Oniki, Kozo Takayama and Tanasait Ngawhirunpat. The Role of Deformable Liposome Characteristics on Skin Permeability of Meloxicam: Optimal Transfersome as Transdermal Delivery Carriers. *The Open Conference Proceedings Journal,* 2013, 4, 87-92
126. Orapan Paecharoenchai, Lesheng Teng, Bryant C Yung, Lirong Teng, Praneet Opanasopit and Robert J Lee. Nonionic surfactant vesicles for delivery of RNAi therapeutics. *Nanomedicine.* 2013;8 (11):1865–1873. (IF 5.26)
127. Ponwanit Chareanputtakhun, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata and Tanasait Ngawhirunpat. All-trans retinoic acid (ATRA)-loaded lipid nanoparticles as a dermal drug delivery carrier. *Pharmaceutical Development and Technology.* 2014 Mar;19(2):164-72. (2013 IF 1.333)
128. Prasopchai Tonglairoum, Tudduo Chuchote, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, and Praneet Opanasopit. Encapsulation of plaai oil/2-hydroxypropyl- β -cyclodextrin inclusion complexes in polyvinylpyrrolidone (PVP) electrospun nanofibers for topical application. *Pharmaceutical Development and Technology.* 2014; 19(4):430-437. (IF 1.333)
129. Sureewan Duangjit, Yasuko Obata, Hiromu Sano, Yoshinori Onuki, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Tsubasa Miyoshi, Satoru Kato, and Kozo Takayama. Comparative Study of Novel Ultradeformable Liposomes: Menthosomes, Transfersomes and Liposomes for Enhancing Skin

- Permeation of Meloxicam. *Biol. Pharm. Bull.* (2014).37(2) 239-247 (2013 IF 1.849)
130. Ponwanit Charoenputtakun, Boonnada Pamornpathomkul, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata, and Tanasait Ngawhirunpat. Terpene Compositated Lipid Nanoparticles for Enhanced Dermal Delivery of All-trans-Retinoic Acids. *Biol Pharm Bull.* 2014 Jul 1;37(7):1139-48. (2013 IF 1.849)
 131. Warayuth Sajomsang, Pattarapond Gonil, Uracha Rungsardthong Ruktanonchai, Maleenart Petchsangsa, Praneet Opanasopit, Satit Puttipipatkachorn. Effect of N-pyridinium positions of quaternized chitosan on transfection efficiency in gene delivery system. *Carbohydrate Polymers.* 104 (2014) 17–22. (2013:IF 3.479).
 132. Natthan Charernsriwilaiwat, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat and Praneet Opanasopit. Electrospun chitosan/polyvinyl alcohol nanofiber mats for wound healing. *International Wound Journal.* 2014; 11:215–222. (IF 2013= 1.6).
 133. Todsapon Nitanan, Prasert Akkaramongkolporn, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Praneet Opanasopit. Optimization of the production process for polystyrene nanofiber ion exchangers. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research.* 2014; 13 (2): 191-197. (2013 IF 0.5)
 134. Orapan Paecharoenchai, Nattisa Niyomtham, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Boon-ek Yingyongnarongkul and Praneet Opanasopit. Non-ionic surfactant vesicles composed of novel spermine-derivative cationic lipids as an effective gene carrier in vitro. *AAPS PharmSciTech.* 2014 Jun;15(3):722-30. (2013:IF 1.584).
 135. Siraprapa Chansatidkosol, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Prasert Akkaramongkolporn. Polacrilin resin as multifunctional direct compression filler for paracetamol tablets optimized by box-behnken design. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences.* Vol 6, Suppl 2, 804-807 2014.
 136. Sureewan Duangjit, Boonnada Pamornpathomkul, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata, Yasuko Obata, Kozo Takayama, Tanasait Ngawhirunpat. Role of the charge, carbon chain length, and content of surfactant on the skin penetration of meloxicam-loaded liposomes. *Int J Nanomedicine.* 2014 Apr 29;9:2005-2017. (2013:IF 3.463).
 137. Thirapit Subongkot, Boonnada Pamornpathomkul, Theerasak Rojanarata, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat. Investigation of the mechanism of enhanced skin penetration by ultradeformable liposomes. *Int J Nanomedicine.* 2014 Jul 25;9:3539-50. (2013:IF 3.463).
 138. Ponwanit Charoenputtakun, Boonnada Pamornpathomkul, Praneet Opanasopit, Theerasak Rojanarata, and Tanasait Ngawhirunpat. Terpene Compositated Lipid Nanoparticles for Enhanced Dermal Delivery of All-trans-Retinoic Acids. *Biol Pharm Bull.* 2014 Jul 1;37(7):1139-48. (IF 1.849).
 139. Pattarapond Gonil, Warayuth Sajomsang, Uracha Rungsardthong Ruktanonchai, Preeyawis Na Ubol, Alongkot Treetong, Praneet Opanasopit, and Satit Puttipipatkachorn. Synthesis and Fluorescence Properties of N-Substituted 1-Cyanobenz[f]isoindole Chitosan Polymers and

- Nanoparticles for Live Cell Imaging. *Biomacromolecules*. 2014 Aug 11;15(8):2879-88. (IF 5.788).
140. Maleenart Petchsangai, Theerasak Rojanarata, Praneet Opanasopit, and Tanasait Ngawhirunpat. The combination of microneedles with electroporation and sonophoresis to enhance hydrophilic macromolecule skin penetration. *Biol Pharm Bull*. 2014 Aug 1;37(8):1373-82. (IF 1.849).
141. Duangjit S, Opanasopit P, Rojanarata T, Takayama J, Takayama K, Ngawhirunpat T. Bootstrap Resampling Technique to Evaluate the Reliability of the Optimal Liposome Formulation: Skin Permeability and Stability Response Variables. *Biol Pharm Bull*. 2014. Sep 37(9) 1543-1549 (IF 1.849).
142. Nattisa Niyomtham, Nuttapon Apiratikul, Kanyarat Chanchang, Praneet Opanasopit and Boon-ek Yingyongnarongkul. Synergistic Effect of Cationic Lipids with Different Polarheads, Central Core Structures and Hydrophobic Tails on Gene Transfection Efficiency. *Biol Pharm Bull*. 2014. Sep 37(9) 1534-1542 (IF 1.849).
143. Prasopchai Tonglairoum, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Ruchadaporn Kaomongkolgit and Praneet Opanasopit. Fast acting-clotrimazole composited PVP/HP β CD nanofibers for oral candidiasis application. *Pharm Res*. 2014. 31:1893–1906. (2013 IF 4.346)
144. Samprasit W, Opanasopit P, Sukma M, Kaomong-Kolgit R. Antibacterial activity of *Garcinia mangostana* extracts on oral pathogens. *Minerva Stomatol*. 2014 Jul-Aug;63(7-8):249-57.
145. Weecharansan W, Opanasopit P, Yingyongnarongkul BE, Kewsuwan P, Lee RJ. Co-delivery of plasmid DNA and antisense oligodeoxyribonucleotide into human carcinoma cells by cationic liposomes. *Curr Pharm Biotechnol*. 2014;15(9):790-799.
146. Rangsimawong W, Opanasopit P, Rojanarata T, Ngawhirunpat T. Terpene-Containing PEGylated Liposomes as Transdermal Carriers of a Hydrophilic Compound. *Biol Pharm Bull*. 2014 Dec 1;37(12):1936-43.
147. Tonglairoum P, Ngawhirunpat T, Rojanarata T, Kaomongkolgit R, Opanasopit P. Fabrication of a novel scaffold of clotrimazole-microemulsion-containing nanofibers using an electrospinning process for oral candidiasis applications. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 2015; 126:18-25. (2013 ค่า 4.287)
148. Tidjarat S, Winotapun W, Opanasopit P, Ngawhirunpat T, Rojanarata T. Uniaxially aligned electrospun cellulose acetate nanofibers for thin layer chromatographic screening of hydroquinone and retinoic acid adulterated in cosmetics. *J Chromatogr A*. 2014 Nov 7;1367:141-7.
149. Prasert Akkaramongkolporn, Nistakan Pattarakan, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata. Evaluation of Anionic Exchange Resins as Potential Tablet Disintegrants. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 2014; 13 (10): 1585-1592. (IF 0.8).

150. Niyomtham N, Apiratikul N, Suksen K, Opanasopit P, Yingyongnarongkul BE. Synthesis and in vitro transfection efficiency of spermine-based cationic lipids with different central core structures and lipophilic tails. *Bioorg Med Chem Lett*. 2015 Feb 1;25(3):496-503. 2.331
151. Samprasit W, Kaomongkolgit R, Sukma M, Rojanarata T, Ngawhirunpat T, Opanasopit P. Mucoadhesive electrospun chitosan-based nanofibre mats for dental caries prevention. *Carbohydr Polym*. 2015 Mar 6;117:933-40. (3.916)
152. Thisirak Woraphatphadung, Warayuth Sajomsang, Pattarapond Gonil, Somsak Saesoo, Praneet Opanasopit Synthesis and characterization of pH-responsive N-naphthyl-N,O-succinyl chitosan micelles for oral meloxicam delivery. *Carbohydrate Polymers* 121 (2015) 99–106 (3.916)
153. Wipada Samprasit, Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Ruchadaporn Kaomongkolgit, Praneet Opanasopit. Fast releasing oral electrospun PVP/CD nanofiber mats of taste-masked meloxicam *International Journal of Pharmaceutics*. 487 (2015) 213–222. (IF 3.785).
154. Wipada Samprasit, Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, and Praneet Opanasopit. Formulation and evaluation of meloxicam oral disintegrating tablet with dissolution enhanced by combination of cyclodextrin and ion exchange resins. *Drug Development and Industrial Pharmacy*. 2015 Jun;41(6):1006-16 (IF 2013 = 1.539).
155. Prasopchai Tonglairoum, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Suwanee Panomsuk, Ruchadaporn Kaomongkolgit, Praneet Opanasopit, Fabrication of mucoadhesive chitosan coated polyvinylpyrrolidone/cyclodextrin/clotrimazole sandwich patches for oral candidiasis. *Carbohydrate Polymers* 132 (2015) 173–179.
156. Wipada Samprasit, Theerasak Rojanarata, Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat and Praneet Opanasopit. Reused cyclodextrin as a new way to deliver and enhance drug loading onto ion exchange resin. *Pharmaceutical Development and Technology*. 2015; 20(7): 827–838.
157. Prasopchai Tonglairoum, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Praneet Opanasopit. Lysozyme-immobilized electrospun PAMA/PVA and PSSA-MA/PVA ion-exchange nanofiber for wound healing. *Pharmaceutical Development and Technology*. 2015; 20(8): 976–983.
158. Prasopchai Tonglairoum and Praneet Opanasopit. Effect of Nutrient Formulations on Permeation of Proteins and Lipids through Porcine Intestine In vitro. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research* July 2015; 14 (7): 1161-1166
159. Michael T. Cook, Sarah A. Schmidt, Eunyoung Lee, Wipada Samprasit, Praneet Opanasopit, and Vitaliy V. Khutoryanskiy. Synthesis of mucoadhesive thiol-bearing microgels from 2-(acetylthio) ethylacrylate and 2-hydroxyethylmethacrylate: novel drug delivery systems for chemotherapeutic agents to the bladder. *Journal of Materials Chemistry B*. 2015, 3, 6599-6604 (4.726)

160. Wipada Samprasit, Theerasak Rojanarata, Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat, Ruchadaporn Kaomongkolgit, Praneet Opanasopit. Fabrication and In Vitro/In Vivo Performance of Mucoadhesive Electrospun Nanofiber Mats Containing α -Mangostin. AAPS PharmSciTech. October 2015, Volume 16, Issue 5, pp 1140-1152.
161. Duangjit S, Chairat W, Opanasopit P, Rojanarata T, Ngawhirunpat T. Application of Design Expert for the investigation of capsaicin-loaded microemulsions for transdermal delivery. *Pharmaceutical Development and Technology*.
162. Opanasopit P, Leksantikul L, Niyomtham N, Rojanarata T, Ngawhirunpat T, Yingyongnarongkul B. Cationic niosomes an effective gene carrier composed of novel spermine-derivative cationic lipids: effect of central core structures. *Pharmaceutical Development and Technology*.
163. Prasopchai Tonglairoom, Thisirak Woraphatphadung, Tanasait Ngawhirunpat, Theerasak Rojanarata, Prasert Akkaramongkolporn, Warayuth Sajomsang and Praneet Opanasopit. Development and evaluation of N-naphthyl-N, O-succinyl chitosan micelles containing clotrimazole for oral candidiasis treatment. *Pharmaceutical Development and Technology*.

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนฤดี สุขมา

Assistant Professor Dr. Monrudee Sukma

■ สังกัดและสถานที่ทำงาน พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

ภาควิชาเภสัชวิทยาและพิษวิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

โทรศัพท์ 0 3425 5800 โทรสาร 0 3425 5801

E-mail: monrudee@su.ac.th

■ ประวัติการศึกษา

2537 ภ.บ. – มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2539 ภ.ม. – มหาวิทยาลัยมหิดล

2546 Ph.D. (Pharmaceutical Sciences) – Toyama Medical and Pharmaceutical University, Japan

■ ผลงานวิชาการ / วิจัย

บทความวิจัยที่เผยแพร่ในวารสารวิชาการนานาชาติ (refereed journals)

1. Monrudee Sukma, Chaiyo Chaichantipyuth, Yukihisa Murakami, Michihisa Tohda, Kinzo Matsumoto and Hiroshi Watanabe. (2002). "CNS Inhibitory Effects of Barakol, a Constituent of Cassia siamiae Lamk." Journal of Ethnopharmacology 83(1-2): 87-94.
2. Michihisa Tohda, Monrudee Sukma, Yasuyuki Nomura and Hiroshi Watanabe.(2002). "The mRNA Expression of Serotonin 2C Subtype Receptors Uncoupled With Inositol Hydrolysis in NG108-15 Cells." Japanese Journal of Pharmacology 90(2): 138-144.
3. Monrudee Sukma, Michihisa Tohda and Hiroshi Watanabe. (2003). "Chronic Treatment with Imipramine Inhibits Cell Growth and Enhances 5-HT_{2C} Receptor mRNA Expression in NG 108-15 Cells." Journal of Pharmacological Sciences 92: 433-436.

4. Michihisa Tohda, Monrudee Sukma and Hiroshi Watanabe. RNA Editing and Short Variant of Serotonin 2C Receptor mRNA in Neuronally Differentiated NG108-15 Cells. Journal of Pharmacological Sciences 2004; 96: 164-169.
5. Monrudee Sukma, Michihisa Tohda, Hiroshi Watanabe and Kinzo Matsumoto. The mRNA expression differences of RNA editing enzymes in differentiated and undifferentiated NG108-15 cells. Journal of Pharmacological Sciences 2005; 98: 467-70.
6. Wanlop Weecharangsarn, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat, Monrudee Sukma, Uthai Sotanaphun, Pongpan Siripong. Antioxidative and neuroprotective activities of the extracts from fruit hull of mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.). Medical Principles and Practice 2006; 15, 281-287.
7. Tanasait Ngawhirunpat, Praneet Opanasopit, Monrudee Sukma, Chavalit Sittisombut, Atsushi Kato, Isao Adachi. Antioxidant, free radical-scavenging activity and cytotoxicity of different solvent extracts and their phenolic constituents from the fruit hull of mangosteen (*Garcinia mangostana*). Pharm. Biol. 2010 Vol. 48, No. 1 , Pages 55-62
8. Monrudee Sukma, Tanasait Ngawhirunpat, Praneet Opanasopit, Uthai Sotanaphan, Pongpan Siripong. Antioxidative and neuroprotective activities of barakol and extracts from the fruit hull of mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.). Abstract of the 21st Congress of Federation of Asian Pharmaceutical Associations (FAPA) November 18-21, 2006, Pacific Yokohama, Yokohama
9. Kanistha Kawpoomhae, Monrudee Sukma, Tanasait Ngawhirunpat, Praneet Opanasopit and Areerut Sripattanaporn. Antioxidant and neuroprotective effects of standardized extracts of *Mangifera indica* leaf. Thai J. Pharm. Sci. 34 (2010) 32-43.
10. Natthan Charernsriwilaiwat, Theerasak Rojanarata, Tanasait Ngawhirunpat, Monrudee Sukma and Praneet Opanasopit. Electrospun chitosan-based nanofiber mats loaded with *Garcinia mangostana* extracts. Int J Pharm. 2013. Aug.452; 333– 343 (2012:IF 3.350).
11. Wipada Samprasit, Praneet Opanasopit, Monrudee Sukma, Ruchadaporn Kaomongkolgit. Antibacterial activity of *Garcinia mangostana* extracts on oral pathogens. Minerva Stomatol. 2014 Jul-Aug;63(7-8):249-57.

ผลรับที่ได้จากโครงการ

ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

1. Wipada Samprasit, Praneet Opanasopit, Monrudee Sukma, Ruchadaporn Kaomongkolgit. Antibacterial activity of *Garcinia mangostana* extracts on oral pathogens. *Minerva Stomatol.* 2014 Jul-Aug;63(7-8):249-57.
2. Wipada Samprasit, Theerasak Rojanarata, Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat, Ruchadaporn Kaomongkolgit, Praneet Opanasopit. Fabrication and In Vitro/In Vivo Performance of Mucoadhesive Electrospun Nanofiber Mats Containing α -Mangostin. *AAPS PharmSciTech.* 2015 Oct;16(5):1140-52.

ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ

1. Wipada Samprasit, Ruchadaporn Kaomongkolgit, Theerasak Rojanarata, Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat, Praneet Opanasopit. Development of Electrospun Nanofiber Mats Loaded Mangosteen Extract for Reduction of *Streptococcus mutans*. *Isan J Pharm Sci.* 2015;11(4): 206-211.

ผลงานที่เสนอในที่ประชุมวิชาการ

1. Wipada Samprasit, Ruchadaporn Kaomongkolgit, Theerasak Rojanarata, Prasert Akkaramongkolporn, Tanasait Ngawhirunpat, Praneet Opanasopit. “Development of Electrospun Nanofiber Mats Loaded Mangosteen Extract for Reduction of *Streptococcus mutans*” The 7th Annual Northeast Pharmacy Research Conference of 2015. Faculty of Pharmaceutical sciences, 7-8 March 2015, Khon Kean University, Thailand.