

การวิจัยและพัฒนาใหม่ ๆ ของวัสดุพอลิเมอร์สีเขียวและประโยชน์ใช้งาน

Novel Research and Development in Green Polymer Materials and Their Applications

บทคัดย่อ

บทนำ

โครงการนี้เป็นโครงการเมธีวิจัยอาวุโสระยะที่สอง ประจำปี พ.ศ. 2550 – พ.ศ. 2553 มีโครงการย่อยในโครงการหลักนี้ 10 โครงการย่อย ระยะเวลาวิจัยแต่ละโครงการตั้งแต่ 1 ปี ถึง 3 ปี เนื่องจากมีโครงการย่อยจำนวนมากและครอบคลุมสาขาวิชาหลายแขนง จึงทำให้ทำวิจัยไม่เสร็จทันเวลาที่กำหนด ด้วยความกรุณาของผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ จึงได้รับการอนุมัติให้ขยายเวลาวิจัยออกไปอีก 1 ปี สิ้นสุดโครงการวันที่ 31 กรกฎาคม 2554 เพื่อให้โครงการสมบูรณ์และผู้ช่วยวิจัยสามารถทำวิจัยเสร็จและสำเร็จการศึกษาจำนวนหนึ่ง โครงการย่อยทั้งหมดมีดังนี้

โครงการวิจัยย่อยที่ 1

Reactive Blending of Cassava Starch and Acrylamide and Its Application in Thermoplastic Vulcanizates of NR/PP blends

รีแอ็กทีฟเบลนดิงของแป้งมันสำปะหลังกับอะครีลาไมด์และเทอร์โมพลาสติกวัลคัสน์ในเซตส์ของยางธรรมชาติกับพอลิโพรพิลีนเบลนด์

โครงการวิจัยย่อยที่ 2

Biomedical Applications of Surface-Charged Chitosan Particles and Assembled Thin Film of Charged Derivatives of Chitosan

การประยุกต์ทางชีวการแพทย์ของอนุภาคไคโตซานที่พื้นผิวมีประจุและฟิล์มประกอบแบบบางของอนุพันธ์ที่มีประจุของไคโตซาน

โครงการวิจัยย่อยที่ 3

3.1 Synthesis and Performance of Grafted Chitosan/Mica Nanocomposite for Antibacterial Activities

การสังเคราะห์และสมรรถนะของไคโตซานกราฟต์/ไมกานาโนคอมโพสิตสำหรับต้านเชื้อแบคทีเรีย

3.2 Synthesis and Characterization of Controlled Release NPK Fertilizer Hydrogel

การสังเคราะห์และการตรวจสอบเอกลักษณ์ของปุ๋ยไฮโดรเจลเอ็นพีเคที่ควบคุมการปลดปล่อย

โครงการวิจัยย่อยที่ 4

Microencapsulation via Glass Membrane Emulsification and Controlled Release of Menthol

ไมโครเอนแคปซูลชันของเมนทอลโดยกลาสเมมเบรนอิมัลซิฟิเคชันและการปลดปล่อยแบบควบคุม

โครงการวิจัยย่อยที่ 5

Synthesis of Acrylamide-Based Copolymeric Superabsorbents with Thermal Stability and Flame

Retardant Properties

การสังเคราะห์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์นาโนคอมพอสิตที่มีสมบัติความเสถียรทางความร้อนและหน่วงการติดไฟ

โครงการวิจัยย่อยที่ 6

Surface Modification of Electrospun Chitosan Nanofibers for Antibacterial Activity

การดัดแปรผิวของไคโทซานนาโนไฟเบอร์จากการปั่นเส้นใยเพื่อต้านฤทธิ์เชื้อแบคทีเรีย

โครงการวิจัยย่อยที่ 7

Synthesis of Hydrogel from Collagen

การสังเคราะห์ไฮโดรเจลจากคอลลาเจน

โครงการวิจัยย่อยที่ 8

Pretreatment of Kapok Fiber for Pulping and Papermaking

การปรับสภาพเส้นใยkapokเพื่อการผลิตเยื่อและกระดาษ

โครงการวิจัยย่อยที่ 9

9.1 Simulation of Printed Images on Silk Fabric by Ink Jet Printer

การจำลองภาพพิมพ์บนผ้าไหมด้วยเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ต

9.2 Textile Fabric Pretreatment and Pretreated Fabric Ink-jet Ink Printing

การปรับผิวเส้นใยผ้าและการพิมพ์ผ้าที่ปรับผิวแล้วด้วยหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ต

โครงการวิจัยย่อยที่ 10

Reinforcement of Dipped Natural Rubber Film by *In Situ* Generated Silica

การเสริมแรงฟิล์มยางธรรมชาติแบบจุ่มด้วยซิลิกาที่เกิดขึ้นภายใน ณ จุดเกิดปฏิกิริยา

เนื่องจากครงการวิจัยนี้มีโครงการย่อยจำนวนมากที่ใช้สารตั้งต้น หรือวัตถุดิบประสมคล้ายคลึงกัน จึงเห็นว่า ควรนำมารวมกลุ่มงานวิจัยได้ 7 กลุ่มโครงการวิจัยที่มีวัตถุประสงค์ตรงกัน เพื่อให้เห็นภาพของงานวิจัยได้ชัดเจนขึ้น ง่ายต่อการอ่านและดำเนินนำไปใช้งานได้ชัดเจนขึ้นในอนาคต ดังนี้

กลุ่มโครงการวิจัยที่ 1 ยางธรรมชาติและการดัดแปรคุณลักษณะของยางธรรมชาติ มีงานวิจัย 4 เรื่อง ดังนี้

- 1.1 Preparation of Cassava Starch-Graft-Polyacrylamide Superabsorbent Polymers and Associated Superabsorbent Polymer Composites by Reactive Blending
- 1.2 Synthesis and Characterization of Water Swellable Natural Rubber Composites
- 1.3 Reinforcement of Dipped Natural Rubber Film by *In Situ* Generated Silica
- 1.4 Silica Formation inside Natural Rubber Grafted with Methyl Methacrylate/ Methacryloxypropyl Trimethoxysilane

กลุ่มโครงการวิจัยที่ 2 ไคโตซานและการพัฒนาไคโตซานสำหรับการใช้งานทางชีวการแพทย์ มี 2 เรื่องหลัก 5 หัวข้อย่อย ดังนี้

- 2.1 Biomedical Applications of Surface-Charged Chitosan Particles and Assembled Thin Film of Charged Derivatives of Chitosan มี 2 เรื่องย่อย
 - 2.1.1 Surface-quaternized Chitosan Particles as Alternative and Effective Organic Antibacterial Fillers
 - 2.1.2 Multilayer Thin Films Assembled from Charged Derivatives of Chitosan: Formation and Biological Responses
- 2.2 Syntheses, Characterization and Antibacterial Activity of Chitosan Grafted Hydrogels and Associated Mica Containing Nanocomposite Hydrogels
- 2.3 Surface Modification of Electrospun Chitosan Nanofibers for Antibacterial Activity

กลุ่มโครงการวิจัยที่ 3 ไฮโดรเจลสำหรับสิ่งแวดล้อม มีงานวิจัย 3 เรื่อง

- 3.1 Synthesis of Acrylamide/Acrylic Acid-Based Aluminum Flocculant for Dye Reduction and Textile Wastewater Treatment
- 3.2 Photocatalytic Efficiency of TiO_2 /Poly[Acrylamide-co-(Acrylic Acid)] Composite for Textile Dye Degradation

3.3 Acrylamide-Based Composite Hydrogel Initiated by TiO_2 Photocatalyst for Dye and Hydrogel Degradation

กลุ่มโครงการวิจัยที่ 4 ไฮโดรเจลกับการใช้งานเฉพาะทาง มี 5 เรื่อง

- 4.1 Gel Strength and Swelling of Acrylamide-Protic Acid Superabsorbent Copolymers
- 4.2 Acrylamide-Itaconic Acid Superabsorbent Polymers and Superabsorbent Polymer/Mica Nanocomposites
- 4.3 Synthesis of Acrylamide-co-(Itaconic Acid) Superabsorbent Polymers and Associated Silica Superabsorbent Polymer Composites
- 4.4 Acrylamide/2-acrylamido-2-methylpropane Sulfonic Acid and Associated Sodium Salt Superabsorbent Copolymers with Mica Nanocomposites as Fire Retardants
- 4.5 Effect of Fire Retardant on Flammability of Acrylamide and 2-Acrylamido-2-Methylpropane Sodium Sulfonate Copolymer Composites
- 4.6 Swelling Properties and Strength of Poly[Acrylamide-co-(Itaconic Acid)] Gel and Clay-Modified Poly[Acrylamide-co-(Itaconic Acid)] Gel

กลุ่มโครงการวิจัยที่ 5 ไมโครเอนแคปซูเลชันและการควบคุมการปล่อยของวัสดุอินทรีย์/อินทรีย์ มีงานวิจัย 4 เรื่อง

- 5.1 Microencapsulation of Menthol via Glass Membrane Emulsification and Controlled Release
- 5.2 Synthesis of Microcapsules of Eucalyptus Oil via Shirasu Porous Glass Membrane Emulsification and Controlled Release
- 5.3 Synthesis and Characterization of Controlled Release Compound NPK Fertilizer Hydrogel
- 5.4 Synthesis and Characterization of Hydrogel for Insulin Released from Collagen Grafted Poly[(Acrylic Acid)-co-(Methacrylic Acid)]

กลุ่มโครงการวิจัยที่ 6 การผลิตเส้นใยและกระดาษจากหนุ่น มีงานวิจัย 3 เรื่อง

- 6.1 Kapok I: Properties Investigation of Kapok Fiber as a Potential Pulp Source for Papermaking

6.2 Kapok II: Pretreatment of Kapok Fibers for Pulping and Papermaking

6.3 Kapok III: Use of Kapok Pulp to Improve Properties of Recycled Paper

กลุ่มโครงการวิจัยที่ 7 การปรับผิวผ้าและการพิมพ์ผ้าด้วยหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ต

7.1 Modified Chitosan Pretreatment of Polyester Fabric for Printing by Ink Jet Ink

7.2 Anionically Surface-Modified Pigment/Binder Ink Jet Inks for Silk Fabric Printing

7.3 Simulation of Printed Images on Silk Fabric by Ink Jet Printer

7.4 Effects of Chitosan and Glycine Pretreatment on Polyester Fabric Printed by Ink Jet Ink

7.5 Effects of Ink Formulation Containing Surface-Modified Pigmented Jet Inks on Jetability

ดังนั้น จึงขอรายงานบทคัดย่อของงานวิจัยนี้ตามลำดับเนื้อหางานวิจัยดังกล่าวข้างต้น

กลุ่มโครงการวิจัยที่ 1 ยางธรรมชาติและการดัดแปรคุณลักษณะของยางธรรมชาติ

1.1 Preparation of Cassava Starch-Graft-Polyacrylamide Superabsorbent Polymers and Associated Superabsorbent Polymer Composites by Reactive Blending

Cassava starch-*g*-polyacrylamide (PAM) was successfully prepared by a reactive batch processing using a specially designed batch reactor resulting in a superabsorbent polymer (SAP) with water absorption of 605 g/g being obtained under the optimized reaction conditions. The occurrence of a graft copolymer was confirmed by FT-IR spectra, where it was found to exhibit all characteristic bands of both starch and acrylamide (AM) units. SEM micrographs of the starch granules showed an irregular shape and varied particle sizes with a smooth surface, while the graft copolymers had a coarse porous structure and broad network. Various types of inorganic filler were added to the graft copolymer to prepare the SAP composites (SAPC). It was found that the SAPC with bentonite clay exhibited the highest water absorption of approximately 730 g/g. Conversely, the incorporation of silica to the graft copolymer gave a significantly lower water absorption capability than the copolymer alone.

Key words: Acrylamide, Batch reactor, Cassava starch, Superabsorbent polymer composite

การเตรียมพอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์ของแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลาไมด์และคอมพอสิตแอบซอร์เบนต์ที่สอดคล้องกัน

โครงการนี้ได้เตรียมแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลาไมด์ (พีเอเอ็ม หรือ PAM) ด้วยวิธีรีแอคทีฟแบลนด์แบบกะในปฏิกรณ์ที่ออกแบบพิเศษ ทำให้ได้พอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์ (เอสเอพี หรือ SAP) ที่มีค่าการดูดซึมน้ำ 605 กรัมต่อกรัมของสารแห้ง ภายใต้ภาวะของปฏิกิริยาที่ควบคุมให้เหมาะสม เทคนิค FTIR ตรวจสอบลักษณะเฉพาะของพิกหรือแบนด์ทั้งในแป้งและพอลิอะคริลาไมด์ (PAM) ภาพอิเล็กตรอนไมโครกราฟแสดงเม็ดแป้งที่มีขนาดไม่แน่นอน แต่มีผิวเรียบ ในขณะที่ภาพของกราฟต์โคพอลิเมอร์มีโครงสร้างหยาบ พร้อมรูพรุนและโครงข่ายกว้าง ได้ใส่สารเติมแต่งอนินทรีย์หลายชนิดให้แก่กราฟต์โคพอลิเมอร์เพื่อเตรียมพอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์คอมพอสิต (SAPC) พบว่า SAPC ที่ผสมแร่ดินเบนโทไนต์ มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด 730 กรัมต่อกรัมของสารแห้ง ในทางตรงกันข้าม การใส่ผงซิลิกาในกราฟต์โคพอลิเมอร์ลดค่าการดูดซึมน้ำลงมากอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับโคพอลิเมอร์ที่ไม่เติมผงซิลิกา

คำสำคัญ: อะคริลาไมด์, ปฏิกริยาแบบกะ, แป้งมันสำปะหลัง, ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์พอลิเมอร์คอมพอสิต

1.2 Synthesis and Characterization of Water Swellable Natural Rubber Composites

Superabsorbent polymer (SAP) based on cassava starch-g-polyacrylamide was prepared by a reactive batch processing using a specially designed batch reactor. The SAP composites (SAPCs) were prepared by blending with 20 phr of bentonite clay. The clay was used to increase water absorbency of the SAP from 605 g/g to SAPC of 730 g/g. Water swellable natural rubber (WSNR) was then prepared by blending high ammonia natural rubber (HANR) latex, and dry blending of epoxidized natural rubber (ENR), and maleated natural rubber (MNR) with SAPC, poly(ethylene oxide) (PEO) and trimethylol propane trimethacrylate coupling agent (TMPTMA). Curing, mechanical, morphological properties and water absorbency of WSNRs were characterized. The WSNR with PEO and TMPTMA gave higher mechanical strength and water absorbency. Increasing PEO loadings rendered higher absorbency with lower mechanical strength at its contents higher than 10 phr. A higher scorch time, cure time with a low crosslinking density, and cure rate index were found in the MNR base WSNRs compared with those of the unmodified NR and ENR base WSNRs. The ENR base WSNR exhibited the highest water absorbency with lower mechanical strength compared with the unmodified NR base WSNR.

Key words: Coupling agent, Poly(ethylene oxide), Superabsorbent polymer, Superabsorbent polymer composite, Trimethylol propane trimethacrylate, Water swellable natural rubber.

การสังเคราะห์และการตรวจลักษณะเฉพาะของยางธรรมชาติคอมพอสิตบวมน้ำ

ได้เตรียมพอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์ (SAP) ของแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลาไมด์ โดยทำปฏิกริยาในปฏิกรณ์แบบกะที่ออกแบบพิเศษ และเตรียมพอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์คอมพอสิต (SAPC) โดยผสมแร่ดินเบนโทไนต์ 20 พีเอชอาร์ การใช้แร่ดินก็เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและค่าการดูดซึมน้ำของ SAP จาก 605 กรัมต่อกรัมของสารแห้ง เป็นค่า 730 กรัมต่อกรัมของสารแห้งใน SAPC เตรียมยางธรรมชาติบวมน้ำจากการผสมเลเท็กซ์ของยางธรรมชาติที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียมาก และผลิตยางธรรมชาติดัดแปรบวมน้ำมากอีก 2 ประเภท คือ ยางธรรมชาติอีพอกซีไดส์ (ENR) และยางธรรมชาติมาลิเอต (MNR) ผสมยางธรรมชาติแต่ละประเภทด้วย SAPC พอลิเอทิลีนออกไซด์ (PEO)

และสารคู่ควบไทรมเททอลโพรเพนไทรมเททาครีเลต (TMPTMA) ตรวจคุณลักษณะด้านการบ่ม ด้าน สัณฐานวิทยา สมบัติเชิงกล และค่าการดูดซึมน้ำ พบว่า ยางธรรมชาติไม่ดัดแปรที่มี PEO และ TMPTMA ให้ค่าสมบัติเชิงกลและค่าการดูดซึมน้ำดีขึ้น เมื่อเติม PEO 10 พีเอชอาร์ ทำให้ยางธรรมชาติ บวมน้ำมีค่าการดูดซึมน้ำมากขึ้นแต่ความแข็งแรงเชิงกลลดลง และใช้เวลาทำให้ยางสุกและเกรียมนานขึ้น แต่ยังมีค่าความหนาแน่นของการเชื่อมขวางต่ำลง ในยางธรรมชาติบวมน้ำมาลีเอกมีค่าดัชนีของอัตรา การบ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับยางธรรมชาติบวมน้ำที่ไม่มีการดัดแปรโครงสร้างของยางและยางธรรมชาติ บวมน้ำอีพอกซีไดส์ นอกจากนี้พบว่า ยางธรรมชาติบวมน้ำอีพอกซีไดส์ให้ค่าการดูดซึมน้ำมากกว่าและมี ค่าสมบัติเชิงกลต่ำกว่ายางธรรมชาติบวมน้ำที่ไม่ดัดแปรโครงสร้าง

คำสำคัญ: สารคู่ควบ, พอลิเอทิลีนออกไซด์, พอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์, พอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์ เบนต์คอมพอสิต, ไทรมเททอลโพรเพนไทรมเททาครีเลต, ยางธรรมชาติบวมน้ำ

1.3 Reinforcement of Dipped Natural Rubber Film by *In Situ* Generated Silica

A method for preparing silica-reinforced rubber thin film by latex dipping process was established. The latex used in the dipping step was pre-mixed with alkoxysilane precursor and sulfur curing agents. By one heating step, both *in situ* silica formation and rubber curing took place successfully in the rubber thin films. This work focused on the use of two alkoxysilane precursors that contained one vinyl group, i.e., vinyl triethoxysilane (VTOS), and methacryloxypropyl trimethoxysilane (MPS). Both were able to covalently link to the double bonds in NR chains via sulfur or radical crosslinking. Therefore, the size and distribution of *in situ* silica as well as its reinforcement capability on the NR vulcanizates were investigated as a function of the type and amount of added alkoxysilanes.

Key words: Particle-reinforcement, Mechanical properties, Sol-gel process.

การเสริมแรงฟิล์มยางธรรมชาติแบบจุ่มด้วยซิลิกาที่เกิดขึ้นภายใน ณ จุดเกิดปฏิกิริยา

งานวิจัยได้ศึกษากรรมวิธีการเตรียมฟิล์มบางของลาเท็กซ์ยางธรรมชาติแบบจุ่ม เลเท็กซ์นี้ต้องผสม กับแอลคอกซิไซเลนพรีเคอร์เซอร์และสารบ่มซัลเฟอร์ก่อน แต่ให้ความร้อนเพียงขั้นเดียวก็ทำให้เกิดผงซิลิกาจากสารพรีเคอร์เซอร์พร้อมกับเกิดการบ่มฟิล์มยางอย่างสมบูรณ์ งานวิจัยนี้เน้นการใช้แอลคอกซิไซเลนพรีเคอร์เซอร์ที่มีหมู่ไวโนลเพียง 1 หมู่ 2 ชนิด คือ ไวโนลไทรมเอทอกซิไซเลน (VTOS) และเมทาครีล

ซิโพรฟิลไทรเมทอกซีไซเลน (MPS) สารทั้งสองนี้สามารถเกิดพันธะโควาเลนต์กับพันธะคู่ในสายโซ่ของยางธรรมชาติผ่านซัลเฟอร์ หรือการเชื่อมขวางด้วยอนุมูลอิสระ ดังนั้น จึงศึกษาขนาดและการกระจายขนาดของผงซิลิกาที่เกิดขึ้นระหว่างการบ่มกับความสามารถในการเสริมแรงของยางวัลคະไนเซตส์ ซึ่งเป็นตัวแปรของชนิดและปริมาณของแอลคอกซีไซเลนที่เติมลงไป

คำสำคัญ: การเสริมแสงด้วยอนุภาค สมบัติเชิงกล, กระบวนการไซล-เจล

1.4 Silica Formation inside Natural Rubber Grafted with Methyl Methacrylate/Gamma-Methacryloxypropyl Trimethoxysilane

Methyl methacrylate (MMA) and γ -methacryloxypropyl trimethoxysilane (γ -MPS) were both grafted onto isoprene units of natural rubber (NR) with the aim to prepare rubber-silica hybrid. The methoxy silane units of γ -MPS were allowed to undergo hydrolysis and condensation reaction by heating the cast film of the grafted latex at 50°C to form silica particles within the rubber matrix. The formation of this rubber-silica hybrid was confirmed by ATR-FTIR, TEM and SEM. The γ -MPS coupling agent could also transform into silica inside the rubber. The addition of tetraethoxysilane (TEOS) resulted in an increase of *in situ* silica of up to 6 phr. The grafting efficiency of MMA onto rubber was around 80%, while that of γ -MPS was about 48%. The final composition of the hybrid rubber was 86:12:2.0 (by weight) of NR: MMA: γ -MPS.

Key words: *In situ* silica, Methyl methacrylate, γ -methacryloxypropyl trimethoxysilane, Natural rubber

การเกิดซิลิกาภายในยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยเมทิลเมทาคริเลต / เมทาคริลอกซีโพรพิลไทรเมทอกซีไซเลน

โครงการนี้ได้เตรียมยางธรรมชาติผสมผงซิลิกาโดยกราฟต์เมทิลเมทาคริเลต (MMA) และแกมมา-เมทาคริลอกซีโพรพิลไทรเมทอกซีไซเลน (γ -MPS) บนหน่วยไอโซพรีนของยางธรรมชาติ หน่วยเมทอกซีไซเลนของ γ -MPS เกิดไฮโดรไลซิสและปฏิกิริยาควบแน่นได้โดยให้ความร้อน 50 องศาเซลเซียส แกะฟิล์มจุ่มของเลเท็กซ์กราฟต์เพื่อให้เกิดอนุภาคซิลิกา ณ จุดเกิดปฏิกิริยาแกมเมทริกซ์ของยาง ยืนยันเอกลักษณ์และการเกิดผงซิลิกาในยางผสมซิลิกาด้วยเทคนิค ATR-FTIR, TEM และ SEM สารคู่ควบ γ -

MPS นี้สามารถเปลี่ยนรูปและเกิดซิลิกา ณ จุดเกิดปฏิกิริยาอยู่ภายในยางธรรมชาติด้วย การเติมเทระเอทอกซีไฮเลน (TEOS) ทำให้เพิ่มปริมาณซิลิกาที่เกิด ณ จุดเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นถึง 6 phr ประสิทธิภาพการกราฟต์ของ MMA บนยางธรรมชาติอยู่ที่ร้อยละ 80 ในขณะที่การกราฟต์ด้วย γ -MPS มีประสิทธิภาพเพียงร้อยละ 48 องค์ประกอบสุดท้ายของยางผสมผงซิลิกามีสัดส่วนของยางธรรมชาติ : MMA : γ -MPS เป็น 86:12:2

คำสำคัญ: ซิลิกาที่เกิด ณ จุดเกิดปฏิกิริยา, เมทิลเมทาคริเลต, แกมมา-เมทอะคริโลซีโพรพิลไทรเมทอกซีไฮเลน, ยางธรรมชาติ

กลุ่มโครงการวิจัยที่ 2 ไคโทซานและการพัฒนาไคโทซานสำหรับการใช้งานทางชีวการแพทย์

2. Biomedical Applications of Surface-Charged Chitosan Particles and Assembled Thin Film of Charged Derivatives of Chitosan

Chitosan is a partially deacetylated form of chitin, a natural substance found abundantly in the exoskeletons of insects, shells of crustaceans, and fungal cell walls. Because of its favorable physicochemical and biological properties such as biocompatible, non-toxic, antibacterial, chitosan is considered as an attractive material that can be potentially used in many biomedical-related applications. The repeating units of chitosan constitute a large number of hydroxyl and amino groups. These two functional groups offer several possibilities for derivatization and immobilization of biologically active species. Taking advantages of functional group availability for chemical reactions of chitosan and the diversified bioactivity of chitosan and its charged derivatives, this research aimed to explore the applicability of charge-functionalized chitosan. The research was divided into two parts. The first part concentrated on the formation of multilayer films from charged derivatives of chitosan via layer-by-layer adsorption. The charged derivatives that were of our interest are *N*-sulfofurfuryl chitosan (SFC), *N*-succinyl chitosan (SCC), and *N*-[(2-hydroxyl-3-trimethylammonium)propyl] chitosan chloride (HTACC). The assembly process and viscoelastic properties were monitored by quartz crystal microbalance (QCM). Stratification of the multilayer film was demonstrated by water contact angle analysis. The coverage of the assembled films was characterized by atomic force microscopy and ATR-FTIR spectroscopy. Biological responses of the selected assembled films were assessed in term of *in vitro* cell adhesion and proliferation of fibroblasts, antibacterial activity, and platelet adhesion.

Keywords: Chitosan, Charged derivative, Multilayer film, Biocompatibility, Particles, Antibacterial activity, Biosensor, DNA, PNA, Ion exchanger

ไคโทซานได้จากการกำจัดหมู่แอซิทิลบางส่วนของไคติน สารธรรมชาติที่พบมากในเปลือกของแมลง สัตว์มีกระดูก และผนังเซลล์ของเห็ดและราบางชนิด เนื่องจากสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพที่น่าสนใจของไคโทซาน เช่น เข้ากันได้กับสิ่งมีชีวิต ไม่เป็นพิษ และต้านแบคทีเรีย ทำให้ไคโท

ชานเป็นวัสดุที่น่าสนใจและมีศักยภาพในการพัฒนาเพื่อการประยุกต์ในงานที่เกี่ยวข้องกับชีวการแพทย์ หน่วยซ้ำของไคโทซานประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลและหมู่เอมีโนที่สามารถนำไปใช้ในเปลี่ยนเป็นอนุพันธ์ต่างๆ หรือการตรึงสารที่ไวทางชีวภาพได้ ใช้ประโยชน์จากการมีหมู่ฟังก์ชันที่สามารถนำไปใช้ในการดัดแปรทางเคมีของไคโทซานและสมบัติทางชีวภาพที่หลากหลายของอนุพันธ์ที่มีประจุของไคโทซาน งานวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะศึกษาการใช้อนุพันธ์ที่มีประจุของไคโทซาน งานวิจัยแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นการศึกษาการเกิดเป็นฟิล์มมัลติเลเยอร์ของอนุพันธ์ที่มีประจุของไคโทซานด้วยการประกอบแบบชั้นต่อชั้น อนุพันธ์ที่มีประจุของไคโทซานที่สนใจศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้แก่ เอ็น-ซัลโฟเฟอรัฟรุไรลไคโทซาน, เอ็น-ซัคซินิลไคโทซาน, และ เอ็น-[(2-ไฮดรอกซิล-3-ไทรเมทิล แอมโมเนียม)โพรพิล]ไคโทซานคลอไรด์ ติดตามกระบวนการประกอบเป็นฟิล์มและสมบัติวิสโคอิลาสติซิตีด้วยควอร์ตซ์คริสตัลไมโครบาลานซ์ วิเคราะห์การสลับชั้นด้วยการวัดมุมสัมผัสของน้ำ ตรวจสอบการปกคลุมของฟิล์มที่ประกอบขึ้นด้วยอะตอมมิกฟอรัซไมโครสโกปีและเอทีอาร์เอฟทีไออาร์สเปกโทรสโกปี ศึกษาการตอบสนองทางชีวภาพของฟิล์มที่ประกอบขึ้นบางระบบในแง่ของการยึดเกาะและการเพิ่มจำนวนของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ในหลอดทดลอง ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย และการเกาะของเกล็ดเลือด

2.1.1 Surface-quaternized Chitosan Particles as Alternative and Effective Organic Antibacterial Fillers

Taking advantage of the large surface area that is covered with permanent positive charges of quaternary ammonium entities, this research aimed to develop environmentally friendly, organic antibacterial fillers from quaternized chitosan particles that may be applicable for biomedical devices, health and textile industries. The particles were formulated by ionic crosslinking of chitosan with tripolyphosphate followed by quaternization that was conducted under heterogeneous condition via either direct methylation or reductive *N*-alkylation with a selected aldehyde followed by methylation. Sub-micron, spherical, and positively charged quaternized chitosan particles were formed, as determined by ¹H-NMR, FT-IR, PCS, and TEM analysis. Antibacterial activity tests performed by viable cell counts suggested that all quaternized chitosan particles exhibited superior antibacterial activity against the model Gram-positive bacteria, *S. aureus*, as compared to the native chitosan particles at neutral pH. Only some quaternized chitosan particles, especially those having a high charge density and bearing large alkyl substituent groups, were capable of suppressing the growth of the model Gram-

negative bacteria, *E. coli*. The inhibitory efficiency of the quaternized chitosan particles was quantified in terms of the minimum inhibitory concentration (MIC).

Keywords: chitosan; particle; heterogeneous quaternization; minimum inhibitory concentration

อนุภาคไคโทซานควอเทอร์ไนซ์ที่ผิวเป็นฟิลเลอร์อินทรีย์ทางเลือกที่มีประสิทธิภาพด้านการต้านเชื้อแบคทีเรีย

ใช้ประโยชน์จากการมีพื้นที่ผิวสูงและการถูกปกคลุมด้วยประจุบวกของหมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียมของอนุภาคควอเทอร์ไนซ์ไคโทซาน งานวิจัยในส่วนที่สองสนใจศึกษาการใช้อนุภาคดังกล่าวเพื่อวัตถุประสงค์- สองประการ คือ เป็นสารยับยั้งแบคทีเรีย และเป็นตัวแลกเปลี่ยนแอนไอออนสำหรับการประยุกต์ทางไบโอเซ็นเซอร์ ทั้งนี้เตรียมอนุภาคด้วยการเชื่อมขวางแบบไอออนิกของไคโทซานด้วยไตรพอลิฟอสเฟส ตามด้วยควอเทอร์ไนเซชันซึ่งส่วนใหญ่เป็นการทำปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ผ่านเมทิลเลชันหรือเอ็น-รีดักทีฟแอลคิลเลชัน/เมทิลเลชัน จากการยืนยันการเกิดอนุภาคโดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคฟูเรียรทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี, โฟตอนคอร์รีเลชันสเปกโทรสโกปี และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่งกราด ผ่านพบว่า อนุภาคที่ได้มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอนเมตร มีลักษณะเป็นทรงกลมและมีประจุเป็นบวก จากการทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียด้วยการนับจำนวนแบคทีเรียที่รอดชีวิตพบว่าอนุภาคควอเทอร์ไนซ์ไคโทซานทุกชนิดมีฤทธิ์ในการยับยั้ง *S. aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวกที่เหนือกว่าอนุภาคไคโทซานในสภาวะที่มีพีเอชเป็นกลาง ในขณะที่มีเพียงอนุภาคควอเทอร์ไนซ์ไคโทซานบางชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่มีความหนาแน่นประจุสูงและมีหมู่แทนที่แอลคิลขนาดใหญ่ที่สามารถยับยั้งการเติบโตของ *E. coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรีย แกรมลบ นอกจากนี้ยังพบว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งขึ้นกับปริมาณของอนุภาคซึ่งประเมินค่าเชิงปริมาณได้จากความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้เกิดการยับยั้ง งานวิจัยอีกส่วนหนึ่งเป็นการศึกษาการใช้อนุภาคควอเทอร์ไนซ์ไคโทซานเป็นตัวแลกเปลี่ยนแอนไอออนร่วมกับพิโรลิดีนิลเพปไทด์นิวคลีอิกแอซิดที่มีคอนฟอร์เมชันถูกจำกัด (พีเอ็นเอ) สำหรับการตรวจลำดับเบสของดีเอ็นเอจากการวิเคราะห์ด้วยมัลติ-ทอพแมสสเปกโทรเมตรีพบว่าอนุภาคควอเทอร์ไนซ์ไคโทซานสามารถใช้ร่วมกับพีเอ็นเอที่มีลำดับเบสเป็น T9 ในการบอกความแตกต่างระหว่างดีเอ็นเอที่มีลำดับเบสเป็นคู่สมจากดีเอ็นเอที่มีลำดับเบสไม่เป็นคู่สม (มีลำดับเบสผิดไปหนึ่งตำแหน่งหรือทุกตำแหน่ง) ได้

คำหลัก: ไคโทซาน, อนุพันธ์มีประจุ, ฟิล์มมัลติเลเยอร์, ความเข้ากันได้กับสิ่งมีชีวิต, อนุภาค, ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย, ไบโอเซ็นเซอร์, ดีเอ็นเอ, พีเอ็นเอ, ตัวแลกเปลี่ยนไอออน

2.1.2 Multilayer Thin Films Assembled from Charged Derivatives of Chitosan: Formation and Biological Responses

Charged derivatives of chitosan, *N*-sulfofurfuryl chitosan (SFC) and *N*-[(2-hydroxyl-3-trimethylammonium)propyl] chitosan chloride (HTACC), were prepared by reductive alkylation using 5-formyl-2-furansulfonic acid, sodium salt (FFSA) as a reagent and ring opening of glycidyltrimethylammonium chloride (GTMAC) by amino groups of chitosan (CHI), respectively. Multilayer thin film of chitosan and its charged derivatives was fabricated by alternate layer-by-layer adsorption onto a surface-treated poly(ethylene terephthalate) (treated PET) substrate. Assembly process was monitored by quartz crystal microbalance (QCM). Stratification of the multilayer film was demonstrated by water contact angle data. The coverage of the assembled films was characterized by AFM and ATR-FTIR analyses. Alternate biological responses of the assembled films were assessed by protein adsorption and *in vitro* cell adhesion and proliferation.

Keywords: Chitosan, Charged derivative, Layer-by-layer adsorption, Multilayer film, Polyelectrolyte

ฟิล์มหลายชั้นประกอบจากอนุพันธ์ที่มีประจุของไคโตซาน: การเกิดและตอบสนองทางชีวภาพ

อนุพันธ์ที่มีประจุของไคโตซาน, เอ็น-ซัลโฟฟูร์ฟิวไรลไคโตซาน (เอสเอฟซี) และเอ็น-[(2-ไฮดรอกซิล-3-ไทรเมทิลแอมโมเนียม)โพรพิล]ไคโตซานคลอไรด์ (เอชทีเอซีซี) เตรียมขึ้นโดยปฏิกิริยารีดักทีฟอัลคิเลชันโดยใช้เกลือโซเดียมของ 5-ฟอร์มิล-2-ฟูแรนซัลโฟนิกแอซิดเป็นรีเอเจนต์ และปฏิกิริยาการเปิดวงของไกลซิดิลไทรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (จีทีเอ็มเอซี) ด้วยหมู่เอมีนของไคโตซานตามลำดับ เตรียมมัลติเลเยอร์ฟิล์มของไคโตซานและอนุพันธ์ที่มีประจุของไคโตซานบนผิวของพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตที่มีการดัดแปรด้วยวิธีการดูดซับแบบประกอบชั้นต่อชั้นของพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่มีประจุตรงข้ามกัน ติดตามกระบวนการประกอบเป็นฟิล์มด้วยเทคนิคควอตซ์คริสตัลไมโครบาลานซ์ (คิวซีเอ็ม) สามารถยืนยันการสลับชั้นของฟิล์มหลายชั้นได้จากผลการวัดมุมสัมผัสของน้ำ วิเคราะห์ลักษณะและโครงสร้างทางเคมีบนพื้นผิวของมัลติเลเยอร์ฟิล์มด้วยอะตอมมิกฟอรัซไมโครสโกปี (เอเอฟเอ็ม) และเอทีอาร์-เอฟทีไออาร์ ตรวจสอบการตอบสนองทางชีวภาพแบบสลับของฟิล์มที่ประกอบขึ้นโดยศึกษาการดูดซับของโปรตีน การยึดเกาะและการแพร่กระจายของเซลล์ในหลอดทดลอง

คำสำคัญ: ไคโทซาน, อนุพันธ์มีประจุ, การดูดซับแบบชั้นต่อชั้น, फिल्मหลายชั้น, พอลิอิเล็กโทรไลต์

2.2 Syntheses, Characterization and Antibacterial Activity of Chitosan Grafted Hydrogels and Associated Mica Containing Nanocomposite Hydrogels

Chitosan (CS) grafted poly[(acrylic acid)-co-(2-hydroxyethyl methacrylate)] (CS-g-poly(AA-co-HEMA)) at different molar ratios of AA and HEMA, and the associated nanocomposite hydrogels of CS-g-poly(AA-co-HEMA)/mica were synthesized by radical copolymerization. The grafting positions at the amino or hydroxyl groups in the CS were identified by Fourier transform infrared spectroscopy. CS-g-poly(AA-co-HEMA) hydrogels were intercalated in the mica and the amount of hydrogel insertion did not affect the spacing of the silicate layers in mica. The higher mica loadings produced rougher surfaces of the nanocomposite hydrogel. The water absorbency of the CS-g-poly(AA-co-HEMA)/mica nanocomposite hydrogels decreased with increasing levels of mica loading to a lower level than those of the CS-g-poly(AA-co-HEMA) hydrogels. Both CS-g-poly(AA) and CS-g-poly(AA-co-HEMA)/mica nanocomposite hydrogels exhibited a higher antiproliferative activity against *Staphylococcus aureus* than did the neat CS hydrogel with CS-g-poly(AA) revealing a very pronounced minimum inhibition concentration (MIC) of 1.56 mg ml^{-1} . The extent of mica loading in the CS-g-poly(AA-co-HEMA) nanocomposite hydrogels did not affect the MIC (12.5 mg ml^{-1}).

Keywords: Chitosan, Acrylic acid, 2-hydroxyethyl methacrylate, Mica, Nanocomposite hydrogel, Antibacterial property

การสังเคราะห์ การตรวจคุณลักษณะ และการตรวจสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของไฮโดรเจลไคโทซานและไฮโดรเจลไคโทซานนาโนคอมพอสิตที่มีไมกา

สังเคราะห์ไคโทซานกราฟต์พอลิเมอร์ร่วมอะคริลิกแอซิดและ 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต (CS-g-poly(AA-co-HEMA)) ที่อัตราส่วนโดยโมลต่าง ๆ ของ AA และ HEMA และไฮโดรเจลนาโนคอมพอสิตของ CS-g-poly(AA-co-HEMA)/mica ด้วยปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบอนุมูลอิสระ หาดำเนินการกราฟต์ด้วยเทคนิค FTIR พบว่า เกิดกราฟต์ที่หมู่เอมีโนหรือไฮดรอกซิลในไคโทซาน ไฮโดรเจลนาโนคอมพอสิตของ CS-g-poly(AA-co-HEMA) เกิดลักษณะอินเทอร์คาลेट ซึ่งมีการแทรกสอดของสายโซ่พอลิเมอร์ในชั้นซิลิเกตของไมกา และปริมาณการสอดแทรกของไฮโดรเจลไม่มีผลต่อระยะห่างของชั้นซิลิ

เกิดในไมกา ปริมาณไมกาที่เพิ่มขึ้นทำให้ไฮโดรเจลนาโนคอมพอสิตมีพื้นผิวขรุขระมากขึ้น การดูดซึมน้ำของ CS-g-poly(AA-co-HEMA)/mica nanocomposite ลดลง จากการเพิ่มปริมาณไมกาในการสังเคราะห์ และค่านี้น้อยกว่าค่าการดูดซึมน้ำของ CS-g-poly(AA-co-HEMA) hydrogel ทั้ง CS-g-poly(AA) และ CS-g-poly(AA-co-HEMA)/mica composite แสดงฤทธิ์ยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์ (antiproliferative activity) ต่อเชื้อสเตรปโตคอคคัสออเรียส มากกว่าที่ไคโทซานไฮโดรเจลจะทำได้ ความเข้มข้นน้อยที่สุดที่ยับยั้งเชื้อนี้ได้ของ CS-g-poly(AA) มีค่า 1.56 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาณไมกาใน CS-g-poly(AA-co-HEMA)/mica nanocomposite hydrogel ไม่มีผลต่อค่า MIC ซึ่งให้ค่าเท่ากัน คือ 12.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

คำสำคัญ: ไคโทซาน, อะคริลิกแอซิด, 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต, ไมกา, ไฮโดรเจลนาโนคอมพอสิต, ต้านฤทธิ์เชื้อแบคทีเรีย

2.3 Surface Modification of Electrospun Chitosan Nanofibers for Antibacterial Activity

Chitosan with a degree of deacetylation of 95% in its blend with poly(ethylene oxide) (PEO) was fabricated into nanofibrous membranes by electrospinning. The introduction of PEO was to facilitate the fiber formation. The spinning solution was 6.7% w/v chitosan and 0.3% w/v PEO in 70:30 v/v trifluoroacetic acid/dichloromethane. The obtained fibers were smooth without the presence of beads, as confirmed by scanning electron microscopy (SEM). The diameters of the individual fibers were 272 ± 56 nm. The surface of the obtained chitosan fibers was modified with *N*-(2-hydroxyl) propyl-3-trimethyl ammonium chloride (HTAC) with an aim of making the chitosan nanofibrous membranes into a quaternary ammonium salt (HTACC). The reaction was characterized by Fourier-transformed infrared spectroscopy (FTIR) and degree of swelling. The resulting chitosan fibers were tested with two types of bacteria and the antibacterial activities were compared and discussed.

Keywords: Surface modification, Electrospinning, Chitosan, Derivative of chitosan, Nanofiber, Antibacterial activity

การดัดแปรผิวของเส้นใยไคโทซานขนาดนาโนเมตรปั่นด้วยไฟฟ้าเพื่อต้านฤทธิ์แบคทีเรีย

ได้ผลิตเมมเบรนของเส้นใยไคโทซานขนาดนาโนเมตรจากไคโทซานที่มีระดับดีแอสเตทิลเลชันร้อยละ 95 ผสมกับพอลิเอทิลีนออกไซด์ (PEO) ด้วยเทคนิคอิเล็กทรอสปินนิ่ง การใส่ PEO ก็เพื่อช่วยในการฉีดเส้นใย สารละลายสปินนิ่งประกอบด้วยไคโทซานร้อยละ 6.7 โดยน้ำหนัก และ PEO ร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนัก ในสารละลายผสมระหว่างไตรฟลูออโรแอซิดิกแอซิดกับไดคลอโรมีเทนสัดส่วน 70:30 โดยปริมาตร เส้นใยเมมเบรนที่ได้มีความเรียบ ไม่มีปุ่มหรือปมตลอดเส้น ซึ่งตรวจสอบได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยมีค่า 272 ± 56 นาโนเมตร นำสารเอ็น-2-ไฮดรอกซีพรอพิล-3-ไทรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (*N*-(2-hydroxyl) propyl-3-trimethyl ammonium chloride) (HTAC) มาดัดแปรผิวหน้าของเส้นใยไคโทซานที่ได้ เพื่อให้ผิวเส้นใยเหล่านี้มีเกลือของควอเทอร์นารี (HTACC) ซึ่งยืนยันได้ด้วยเทคนิค FTIR และระดับชั้นของการดูดซึมน้ำ นำเส้นใยที่ได้ทั้งหมดมาทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรีย งานนี้ได้นำเสนอผลและวิพากษ์ฤทธิ์การต้านแบคทีเรีย

คำสำคัญ: การดัดแปรผิว, อิเล็กทรอสปินนิ่ง, ไคโทซาน, อนุพันธ์ของไคโทซาน, นาโนไฟเบอร์, ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย

กลุ่มโครงการวิจัยที่ 3 ไฮโดรเจลสำหรับสิ่งแวดล้อม

3.1 Synthesis of Acrylamide/Acrylic Acid-Based Aluminum Flocculant for Dye Reduction and Textile Wastewater Treatment

Aluminum hydroxide-poly[acrylamide-co-(acrylic acid)], AHAMAA, was synthesized with a redox initiator by solution polymerization in which the effects of reactant contents were optimized. The effects of pH, temperature, and initial dye concentration on Congo red reduction were investigated. A mixture of Congo red and direct blue 71, and the composite textile dye wastewater were investigated. Adsorptions of both dyes were more effective in the non-buffered solution than those in the buffered solution, and Congo red were adsorbed more than direct blue 71 at all pHs. The adsorption of Congo red increased with increasing temperature and its initial concentration. Both dyes obeyed the Freundlich adsorption isotherm. The maximum adsorptions in 100 mg dm^{-3} solution were $109 \pm 0.5 \text{ mg g}^{-1}$ and $62 \pm 6.6 \text{ mg g}^{-1}$ for Congo red and direct blue 71, respectively. At 150 mg dm^{-3} of the mixed Congo red and direct blue 71, the adsorption was $142 \pm 2 \text{ mg g}^{-1}$ by $643 \pm 3 \text{ mg dm}^{-3}$ AHAMAA. The 40 mg g^{-1} dyes of the textile effluent wastewater were adsorbed by 500 mg dm^{-3} AHAMAA. AHAMAA could decrease turbidity of the composite wastewater containing a mixture of reactive and direct dyes from 405 to 23 NTU.

Keywords: Aluminum flocculant, Poly[acrylamide-co-(acrylic acid)], Dye adsorption, Turbidity reduction, Wastewater

การสังเคราะห์สารจับกลุ่มก้อนอะลูมิเนียมฐานอะคริลาไมด์/อะคริลิกแอซิดสำหรับการลดสีย้อมและการบำบัดน้ำเสียสิ่งทอ

สารก่อการจับกลุ่มพอลิเมอร์อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์-โคพอลิเมอร์ของอะคริลาไมด์และอะคริลิกแอซิด (AHAMAA) สังเคราะห์ได้โดยใช้สารริเริ่มปฏิกิริยารีดอกซ์ในปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบสารละลาย ปรับปริมาณสารตั้งต้นให้เหมาะสมในการสังเคราะห์ นำสารที่สังเคราะห์ได้มาศึกษาผลของค่าความเป็นกรด-เบส อุณหภูมิ และความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมต่อการลดสีย้อม Congo red และ direct blue 71 ในน้ำเสียสังเคราะห์ และคอมพอสิตของสีย้อมในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ จากผล

การทดลองพบว่า AHAMAA ดูดซับสีย้อม Congo red และ direct blue 71 ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ภาวะไม่มีสารควบคุมค่าความเป็นกรด-เบสดีกว่าน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารควบคุมค่าความเป็นกรด-เบส และดูดซับสีย้อม Congo red ดีกว่า direct blue 71 ทุกค่าความเป็นกรด-เบส การดูดซับสีย้อม Congo red เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อม และอุณหภูมิ การดูดซับสีย้อมของ AHAMAA เป็นแบบ Freundlich isotherm เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมเป็น 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร AHAMAA ดูดซับ Congo red ได้มากที่สุด 109 ± 0.5 มิลลิกรัมต่อกรัม และดูดซับ direct blue 71 ได้มากที่สุด 62 ± 6.6 มิลลิกรัมต่อกรัม ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสีย้อมทั้งสองผสมกันที่ความเข้มข้นรวมเป็น 150 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร เมื่อใช้ AHAMAA ความเข้มข้น 643 ± 3 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร สามารถดูดซับสีย้อมรวมได้ 142 ± 2 มิลลิกรัมต่อกรัม และ AHAMAA ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร สามารถดูดซับสีย้อมในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ 40 มิลลิกรัมต่อกรัม นอกจากนี้ AHAMAA ยังสามารถลดความขุ่นของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอที่มีสีย้อม reactive dye ผสมกับ direct dye จากความขุ่น 405 เป็น 23 NTU

คำสำคัญ: สารกักการจับกลุ่มชนิดอะลูมิเนียม, โคพอลิเมอร์ของอะคริลาไมด์และอะคริลิกแอซิด, การดูดซับสีย้อม, การลดความขุ่น, น้ำเสีย

3.2 Photocatalytic Efficiency of $\text{TiO}_2/\text{Poly}[\text{Acrylamide-Co}(\text{Acrylic Acid})]$ Composite for Textile Dye Degradation

Poly[acrylamide-co-(acrylic acid)], (poly[AAm-co-(AAc)]), and $\text{TiO}_2/\text{Poly}[\text{AAm-co-(AAc)}]$ composite were synthesized by an aqueous solution polymerization method. Poly[AAm-co-(AAc)] and $\text{TiO}_2/\text{Poly}[\text{AAm-co-(AAc)}]$ composite had equilibrium water absorbency of 823 ± 2 and 455 ± 8 times their dry weights, respectively. The efficiency of the composite to absorb methylene blue was determined using UV-visible spectrophotometry. The results showed that 88% of 5 mg L^{-1} of methylene blue solution was absorbed with an absorption rate of 0.1344 min^{-1} . Influential factors on the photocatalytic degradation, namely type of TiO_2 , wavelength and intensity of UV radiation, were investigated. In the presence of UV radiation at 365 nm, $\text{TiO}_2/\text{Poly}[\text{AAm-co-(AAc)}]$ composite can degrade as high as 91% of the dye in 40 min. In contrast, poly[AAm-co-(AAc)] could degrade only 3% of the dye. Degradation of the dye was not observed neither in $\text{TiO}_2/\text{Poly}[\text{AAm-co-(AAc)}]$ composite nor poly[AAm-co-(AAc)] without

exposure to UV radiation when the dye was incorporated into the system. The reused efficiency of $\text{TiO}_2/\text{Poly}[\text{AAm-co-(AAc)}]$ composite under study was found that the $\text{TiO}_2/\text{Poly}[\text{AAm-co-(AAc)}]$ composite could be reused for only 2 times before it became slurry. This result indicated that $\text{TiO}_2/\text{Poly}[\text{AAm-co-(AAc)}]$ composite not only degraded the methylene blue but also decomposed itself under UV irradiation. This leads to a conclusion that the system does not cause any environmental problems.

Keywords: Composite, Photocatalysts, Photodegradation, Titanium dioxide

ประสิทธิภาพด้านโฟโตแคทาลิสของคอมพอสิตไทเทเนียมไดออกไซด์/พอลิ(อะคริลาไมด์-โค-อะคริลิกแอซิด) สำหรับการแตกสลายของสีย้อม

ได้สังเคราะห์พอลิ(อะคริลาไมด์-โค-กรดอะคริลิก) และคอมพอสิตของพอลิ(อะคริลาไมด์-โค-กรดอะคริลิก) ที่มีไทเทเนียมไดออกไซด์โดยปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบสารละลาย พบว่า พอลิเมอร์ร่วมและคอมพอสิตของพอลิเมอร์ร่วมที่เตรียมได้มีค่าการดูดซึมน้ำ 823 ± 2 และ 455 ± 8 เท่าของน้ำหนักพอลิเมอร์แห้ง ตามลำดับ ได้ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซึมสีเมทิลีนบลูในสารละลายด้วยเทคนิคยูวีวิสซิบิลสเปกโทรโฟโตเมตรีพบว่า คอมพอสิตที่เตรียมได้สามารถดูดซึมสีเมทิลีนบลูที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตรได้ร้อยละ 88 โดยมีค่าคงตัวอัตราการดูดซึมสี 0.1344 ต่อนาที ศึกษาการแตกสลายของโมเลกุลสีเมทิลีนบลูที่ถูกดูดซึมบนคอมพอสิตด้วยการศึกษาอิทธิพลของตัวแปร ได้แก่ ชนิดของอนุภาคไทเทเนียมไดออกไซด์ ความยาวคลื่นและความเข้มของรังสียูวี พบว่า ไทเทเนียมไดออกไซด์พอลิเมอร์คอมพอสิตมีประสิทธิภาพในการแตกสลายสีเมทิลีนบลูได้มากถึงร้อยละ 91 ใช้เวลา 40 นาที ฉายด้วยรังสียูวีความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร ในทางตรงกันข้าม พบการแตกสลายของสีย้อมด้วยพอลิเมอร์ร่วมที่ไม่มีไทเทเนียมไดออกไซด์เพียงร้อยละ 3 และไม่เกิดการแตกสลายสีย้อมในที่มืดของพอลิเมอร์ร่วมและคอมพอสิต ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ซ้ำของพอลิเมอร์คอมพอสิตภายใต้ภาวะที่ฉายด้วยรังสียูวี พบว่าสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ 2 ครั้งก่อนที่พอลิเมอร์คอมพอสิตจะกลายเป็นของหนืด ผลการทดลองนี้แสดงว่า พอลิเมอร์คอมพอสิตไม่เพียงแตกสลายสีเมทิลีนบลู ยังแตกสลายตัวพอลิเมอร์เองภายใต้รังสียูวี งานวิจัยนี้นำไปสู่การสรุปว่า ระบบนี้ไม่ก่อปัญหาสิ่งแวดล้อม

คำหลัก: คอมพอสิต, โฟโตแคทาลิสต์, การแตกสลายด้วยแสง, ไทเทเนียมไดออกไซด์

3.3 Acrylamide-Based Composite Hydrogels Initiated by Titanium Dioxide Photocatalyst for Dye and Composite Hydrogel Degradations

To synthesize the composite hydrogels, nano-sized titanium hydroxide particles were dispersed in distilled water and exposed to ultraviolet radiation (UV) for a set time while the dispersion was being stirred. When the titanium hydroxide had reacted with water to generate hydroxyl radicals, monomers and crosslinking agent were added and exposed to UV again while stirring the reaction mixture. A composite hydrogel was resulted in at the specified time, acrylamide with its co monomers namely acrylic acid and/or itaconic acid and crosslinking monomer of *N, N'*-methylenebisacrylamide were used for the synthesis. The resulting composite hydrogels were tested for water absorption in distilled water and dye solution such as Congo red or other dye solutions. The composite hydrogel and adsorbed dye degradations are to be experimented under UV radiation. This project is still ongoing since it has just started in January 2011.

Keywords: Acrylamide-based composite hydrogel, TiO₂ photocatalyst, Hydrogel degradations, Dye degradation

ไฮโดรเจลคอมพอสิตฐานอะครีลาไมด์ริเริ่มโดยโฟโตแคตทาลิสต์ไทเทเนียมไดออกไซด์สำหรับการแตกสลายของสีย้อมและไฮโดรเจล

สังเคราะห์ไฮโดรเจลคอมพอสิตริเริ่มด้วยการนำอนุภาคไทเทเนียมไดออกไซด์ระดับนาโนเมตรมา กวนในน้ำ แล้วกวนพร้อมกับฉายรังสีอัลตราไวโอเล็ตเป็นระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้ไทเทเนียมไดออกไซด์ ทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วเกิดอนุมูลไฮดรอกซิลขึ้น เติมนอนอเมอร์และสารเชื่อมขวาง แล้วกวนต่อไปพร้อมกับฉายรังสีอัลตราไวโอเล็ต จนกระทั่งเกิดเป็นไฮโดรเจลคอมพอสิตขึ้น นอนอเมอร์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ คือ อะครีลาไมด์ ซึ่งมีมอนอเมอร์รวมคือ กรดอะคริลิก หรือกรดอิทาโคนิก และสารเชื่อมขวางที่ใช้คือ เอ็น, เอ็น-เมทิลีนบิสอะครีลาไมด์ นำไฮโดรเจลที่สังเคราะห์ไปวิเคราะห์หาความสามารถในการดูดซึมน้ำ และสีย้อม Congo red พร้อมทั้งตรวจสอบเอกลักษณ์ต่าง ๆ ของรูปแบบการดูดซับสี ตรวจสอบการแตกสลายของไฮโดรเจลคอมพอสิตและแตกสลายของสีย้อมที่ถูกดูดซับบนไฮโดรเจลคอมพอสิตด้วยปฏิกิริยาเคมีทางแสง โครงการนี้เพิ่งเริ่มวิจัยเมื่อเดือนมกราคม 2554

คำสำคัญ: ไฮโดรเจลคอมพอสิตฐานอะคริลาไมด์, ไทเทเนียมไดออกไซด์โฟโตแคตาลิสต์, การแตกสลายของไฮโดรเจล, การแตกสลายของสีย้อม

กลุ่มโครงการวิจัยที่ 4 ไฮโดรเจลกับการใช้งานเฉพาะทาง

4.1 Gel Strength and Swelling of Acrylamide-Protic Acid Superabsorbent Copolymers

The viscoelastic and swelling properties of polyacrylamide-based superabsorbent copolymers were investigated as a function of the ionic comonomer structure. Superabsorbent copolymers were synthesized by free-radical crosslinking copolymerization of acrylamide and one of the monoprotic acids (acrylic acid and crotonic acid) or the diprotic acids (maleic acid and itaconic acid) as the investigated ionic comonomer. The reaction composition of all components, i.e. monomer, comonomer, initiator, co-initiator and crosslinker, was fixed to be the same for the synthesis of all four superabsorbent copolymer systems. Viscoelastic measurements were performed in all systems where the particles were closely packed. The network structures of all systems were evaluated via viscoelastic and swelling measurements. The results indicated that superabsorbent polymers with high water absorbency were accompanied by low gel strength and the calculated high value of molecular weight between crosslinks ($\overline{M}_c$) and low value of effective crosslinking density (V_e). Diprotic acid-containing superabsorbent polymers showed higher water absorbency over monoprotic acid-containing and nonionic ones. The differences in $\overline{M}_c$ and V_e values of each system were explained with respect to the differences in the monomer reactivity ratio and hydrophilicity of the comonomers.

Keywords: Superabsorbent polymers, Swelling, Viscoelastic, Molecular weight between crosslinks, Crosslinking density

ความแข็งแรงของเจลและการบวมตัวของโคพอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์ฐานอะครลาไมด์-กรดโปรติก

การวิจัยนี้เพื่อศึกษาโครงสร้างของไอออนิกโคพอลิเมอร์ที่มีต่อสมบัติความหยุ่นหนืดและสมบัติการบวมตัวของโคพอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์อะครลาไมด์-กรดโปรติก ได้สังเคราะห์โคพอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์โดยวิธีการเกิดปฏิกิริยาโคพอลิเมอร์ไรเซชันแบบอนุมูลอิสระของมอนอเมอร์อะครลาไมด์กับกรดมอนอเมอร์โปรตอนเดียว (อะคริลิกแอซิดและโครโทนิคแอซิด) หรือกรดมอนอเมอร์สองโปรตอน (มาเลอิกแอซิดและอิทาโคนิกแอซิด) ซึ่งทำหน้าที่เป็นมอนอเมอร์ร่วมแบบมีประจุ กำหนดองค์ประกอบของสารต่าง ๆ ในปฏิกิริยา เช่น มอนอเมอร์ มอนอเมอร์ร่วม อินิซิเอเตอร์ อินิซิเอเตอร์ร่วม และสารเชื่อม

ขวาง ให้เป็นตาคงตัวและมีค่าเท่ากันสำหรับการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์ 4 ชนิดนี้ วัดสมบัติความยุบหนืดของโคพอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์ทั้ง 4 ชนิด เมื่อกำหนดให้อนุภาคของโคพอลิเมอร์เหล่านี้มีลักษณะเกาะกันแน่นเป็นก้อนปิด (closely packed) ประเมินโครงสร้างของเครือข่ายของโคพอลิเมอร์ทั้ง 4 ชนิดจากสมบัติความยุบหนืดและการบวมตัว ผลที่ได้แสดงว่า โคพอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์มีค่าการดูดซึมน้ำมากเมื่อพอลิเมอร์เจลมีความแข็งแรงต่ำ มีค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยระหว่างโซ่เชื่อมขวางสูง และมีค่าความหนาแน่นของการเชื่อมขวางต่ำ โคพอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์ชนิดสองโปรตอนมีค่าการดูดซึมน้ำมากกว่าโคพอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์ชนิดหนึ่งโปรตอน และพอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์ชนิดไม่มีประจุ ความแตกต่างระหว่างค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยระหว่างโซ่เชื่อมขวางและค่าความหนาแน่นของการเชื่อมขวางของโคพอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์มีความสัมพันธ์กับค่าความไวของมอนอเมอร์และความชอบน้ำของมอนอเมอร์ร่วม

คำสำคัญ พอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์, การบวมตัว, สมบัติความยุบหนืด, น้ำหนักโมเลกุลระหว่างโซ่เชื่อมขวาง, ค่าความหนาแน่นของการเชื่อมขวาง

4.2 Acrylamide–Itaconic Acid Superabsorbent Polymers and Superabsorbent Polymer/Mica Nanocomposites

Superabsorbent polymer and its nanocomposite of acrylamide (AM)/itaconic acid (IA) were synthesized by solution polymerization in an aqueous solution of AM with IA comonomer and mica used as an inorganic additive. This reaction was initiated by a redox initiator couple of ammonium persulfate and N, N, N', N' -tetramethylethylenediamine in the presence of N, N' -methylenebisacrylamide crosslinker. The influences of the concentrations of IA, the crosslinker and mica at several reaction temperatures on water absorption of the superabsorbent polymer systems were examined. The superabsorbent copolymers and their nanocomposites were tested with a load of 0.28 or 0.70 psi in both distilled water and artificial urine. Transmission electron micrographs and X-ray diffraction confirmed that the polymer chains were successfully intercalated into the silicate layers in the mica. The water absorbency and the artificial urine absorbency of the composite with an AM-to-IA mole ratio of 95:5, 0.2% mol N-MBA, and 5% w/w mica were 748 ± 5 and 76 ± 2 g g⁻¹, respectively, whilst the neat copolymer achieved only 640 ± 7 and 72 ± 2 g g⁻¹ in water and artificial urine, respectively. The viscoelastic behavior

suggested that the swollen gel of the nanocomposites exhibited mechanical stability and elasticity.

Keywords: Superabsorbent nanocomposites, Mica, Water absorbency, Intercalation

ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์พอลิเมอร์ของอะคริลาไมด์/อิทาโคนิกแอซิดและไมกานาโนคอมพอสิต ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์พอลิเมอร์

ได้สังเคราะห์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์พอลิเมอร์และคอมพอสิตของซูเปอร์แอบซอร์เบนต์พอลิเมอร์ของอะคริลาไมด์และอิทาโคนิกแอซิด โดยการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชันในสารละลายของอะคริลาไมด์และอิทาโคนิกแอซิดคอมอนอเมอร์กับผงไมกาซึ่งเป็นสารเติมแต่งอนินทรีย์ ปฏิกริยาได้เกิดขึ้นโดยคูรีดอกซ์อินิชิเอเตอร์ของแอมโมเนียมเพอร์ซัลเฟตและเอ็น,เอ็น,เอ็น',เอ็น'-เทตระเมทิลเอทิลีนไดแอมีนและมีเอ็น,เอ็น'-เมทิลีนบิสอะคริลาไมด์เป็นสารเชื่อมขวาง อิทธิพลของความเข้มข้นของอิทาโคนิกแอซิด สารเชื่อมขวาง และไมกาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของการเกิดปฏิกิริยามีผลต่อการดูดซึมน้ำของซูเปอร์แอบซอร์เบนต์พอลิเมอร์และคอมพอสิตของพอลิเมอร์ วัดค่าการดูดซึมน้ำของซูเปอร์แอบซอร์เบนต์พอลิเมอร์ทั้งสองภายใต้แรงกดทับ 0.28 or 0.70 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในน้ำกลั่นและในปัสสาวะเทียม ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่านและเส้นกราฟของการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอกซ์บ่งบอกว่า โซ่พอลิเมอร์ได้สอดแทรกเข้าไปในชั้นซิลิเกตของไมกา การดูดซึมน้ำและน้ำปัสสาวะเทียมของพอลิเมอร์คอมพอสิตที่มีสัดส่วนโมลของอะคริลาไมด์ต่ออิทาโคนิกแอซิด 95:5, 0.2% โดยโมลของสารเชื่อมขวาง และปริมาณไมการ้อยละ 5 โดยน้ำหนัก มีค่า 748 ± 5 และ 76 ± 2 กรัมต่อกรัมของสารแห้ง ตามลำดับ พฤติกรรมด้านความหยุ่นหนืดบ่งว่า เจลที่บวมตัวเต็มที่ของคอมพอสิตซูเปอร์แอบซอร์เบนต์พอลิเมอร์มีความเสถียรเชิงกลและมีความยืดหยุ่น

คำสำคัญ: นาโนคอมพอสิตซูเปอร์แอบซอร์เบนต์, ไมกา, การดูดซึมน้ำ, การสอดแทรก

4.3 Synthesis of Acrylamide-co-(Itaconic Acid) Superabsorbent Polymers and Associated Silica Superabsorbent Polymer Composites

Superabsorbent polymers (SAPs) were synthesized from acrylamide (AM) and itaconic acid (IA) via a crosslinking polymerization. SAP composites (SAPCs) were formed by the incorporation of silica with three particle sizes into the polymerization to increase the gel strength of SAPs. Effects of AM: IA molar ratios, silica types and concentrations on water

absorbency, absorbency rate and absorbency under loadings (AUL) of the composites were investigated. The highest water absorbency of the SAP is $233 \pm 8 \text{ g g}^{-1}$ at an AM: IA molar ratio of 97:3 with absorbency rate of $149 \pm 2 \text{ g g}^{-1}$ within 15 min. The highest AUL of the SAPC with 0.5-2.0% w w⁻¹ silica is 13 g g^{-1} by $1.93 \times 10^3 \text{ Pa}$ load. A pseudo-second-order kinetics for water absorbency was found in both SAPs and *in situ* SAPCs. *In situ* SAPCs and the mechanically mixed SAPCs in vertical and horizontal direction yielded similar water absorbency values. This research suggested that SAPCs can be economically prepared by mixing SAP with silica powders in a mixing machine to obtain a high water absorption capacity from SAPC.

Keywords: *Acrylamide-co-(Itaconic Acid) Superabsorbent Polymers, silica, composite, mechanical mixing, vertical mixing, horizontal mixing*

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์ของอะคราไมด์-โค-อิทาโคนิกแอซิดกับซิลิกาคอมพอสิตของพอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์อะคราไมด์-โค-อิทาโคนิกแอซิด

ได้สังเคราะห์พอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์ (SAP) ของอะคราไมด์-โค-อิทาโคนิกแอซิด จากอะคริลาไมด์ (AM) และอิทาโคนิกแอซิด (IA) โดยการเกิดปฏิกิริยาแบบเชื่อมขวาง คอมพอสิตของ SAP (SAPC) เกิดจากการผสมซิลิกาที่มีขนาดอนุภาคระดับนาโนเมตร 3 ขนาด เข้าไปขณะที่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันเพื่อเพิ่มความแข็งแรงต่อเจลพอลิเมอร์ ผลของสัดส่วนโดยโมลของ AM: IA, ชนิดและปริมาตรของซิลิกาต่อค่าการดูดซึมน้ำ อัตราการดูดซึมน้ำ และการดูดซึมน้ำภายใต้แรงกดทับ (AUL) ของ SAPC ค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุดของ SAP คือ 233 ± 8 กรัมต่อกรัมของสารแห้ง ที่สัดส่วนโดยโมลของ AM:IA 97:3 และมีอัตราการดูดซึมที่ 149 ± 2 กรัมต่อกรัมของสารแห้ง ภายใน 15 นาที AUL ของ SAPC ที่มีปริมาณซิลิการ้อยละ 0.5-2 มีค่า 13 กรัมต่อกรัมของสารแห้ง โดยแรงกดทับ 1.93×10^3 พาสคาล จลนศาสตร์ของการดูดซึมน้ำของ SAP และ SAPC ที่เกิดพร้อมกันกับพอลิเมอร์มีลักษณะเป็น pseudo-second-order เหมือนกัน การดูดซึมน้ำของ SAPCs ที่เกิดขึ้นพร้อมการเกิดพอลิเมอร์ กับ SAPCs ที่เกิดจากการผสมโดยเขย่า SAP ในแนวตั้ง หรือแนวนอนด้วยเครื่องมือเขย่าแบบรอบแกนแนวตั้ง หรือเครื่องมือแบบลูกกลิ้งรอบแนวนอนมีค่าเท่ากัน งานวิจัยนี้เสนอแนะว่า การเตรียม SAPCs ที่ประหยัดโดยการผสม SAPs กับผงซิลิกาในเครื่องผสม สามารถผลิต SAPCs ที่มีค่าการดูดซึมน้ำมากได้

คำสำคัญ: พอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์อะคริลาไมด์-โค-อิทาโคนิกแอซิด, ซิลิกา, คอมพอสิต, การผสมเชิงกล, การผสมในแนวตั้ง, การผสมในแนวนอน

4.4 Acrylamide/2-acrylamido-2-methylpropane Sulfonic Acid and Associated Sodium Salt Superabsorbent Copolymers with Mica Nanocomposites as Fire Retardants

Superabsorbent polymers (SAPs) of poly[acrylamide-co-(2-acrylamido-2-methylpropane sulfonic acid)], poly(AM-co-AMPS-H⁺), and its sodium salt, poly(AM-co-AMPS-Na⁺), were synthesized by free-radical crosslinking polymerization. A maximum water absorbency in deionized water of 1212 g g⁻¹ was achieved for poly(AM-co-AMPS-Na⁺) at an 85% mol of AMPS-Na⁺. The inclusion of mica at 5 – 30% (w w⁻¹) into the preparation of poly(AM-co-AMPS-Na⁺) SAP leads to an intercalated structure, as detected by XRD and TEM analyses. Poly(AM-co-AMPS-Na⁺)/30% (w w⁻¹) mica SAP nanocomposite showed a tap-water absorbency of 593 g g⁻¹ with a better thermal stability, compared to the pure SAP. Cone calorimetric analyses revealed that the wood specimens coated with the prepared poly(AM-co-AMPS-Na⁺) SAP or its 30% (w w⁻¹) mica nanocomposite provided excellent protection in delaying the ignition time after exposure to an open flame when compared to that observed with the uncoated specimen (186, 136 and 13 s, respectively). The maximum reduction in the peak heat release rate, the greatest extension of time at peak heat release rate and the minimum in total heat release rate were observed with the mica SAP nanocomposite-coated surface. Intercalating structure of mica in the SAP nanocomposites provided a better shielding effect against external heat sources, and the capability of poly(AM-co-AMPS-Na⁺) SAP in holding a large amount of water.

Keywords: Superabsorbent; Acrylamide; 2-acrylamido-2-methylpropane sulfonic acid sodium salt; Mica; Nanocomposites; Cone calorimetry.

สารหน่วงไฟของอะครีลาไมด์/2-อะครีลามิโด-2-เมทิลโพรเพนซัลโฟนิคแอซิดและเกลือโซเดียมของโคพอลิเมอร์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์กับไมกานาโนคอมพอสิต

ได้สังเคราะห์ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์พอลิเมอร์ (SAP) ของพอลิ(อะครีลาไมด์-โค-2-อะครีลามิโด-2-เมทิลโพรเพนซัลโฟนิคแอซิด) หรือ poly(AM-co-AMPS-H⁺) และเกลือโซเดียมของพอลิเมอร์ poly(AM-co-AMPS-Na⁺) โดยวิธีการเกิดพอลิเมอร์แบบเชื่อมขวางด้วยอนุมูลอิสระ ค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุดที่สูดในน้ำกลั่น คือ 1212 กรัมต่อกรัม ของสารแห้ง ที่สังเคราะห์ได้จาก poly(AM-co-AMPS-Na⁺) ที่ร้อยละ 85 โดย

โมลของ 2-อะคริลาไมด์-2-เมทิลโพรเพนซัลเฟตโซเดียม (AMPS- Na^+) การใส่ผงไมการ้อยละ 5 -30 โดยน้ำหนักเข้าไปใน poly(AM-co-AMPS- Na^+) SAP ทำให้เกิดโครงสร้างแบบสอดแทรกของโซ่พอลิเมอร์เข้าไปในไมกา ดังที่ตรวจสอบได้ด้วยภาพจากกล้องจุลทรรศน์แบบสองผ่านและภาพจากการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ นาโนคอมพอสิตของ poly(AM-co-AMPS- Na^+) ที่มีผงไมการ้อยละ 30 สามารถดูดซึมน้ำประปาได้ 593 กรัมต่อกรัมของสารแห้ง พร้อมมีสภาพต้านความร้อนที่อุณหภูมิสูงได้เมื่อเปรียบเทียบกับ poly(AM-co-AMPS- Na^+) SAP การวิเคราะห์เชิงความร้อนด้วยโคนแคลอริเมตรีเปิดเผยว่า ชี้นไม้ที่เคลือบด้วย poly(AM-co-AMPS- Na^+)/30 ไมกานาโนคอมพอสิต สามารถป้องกันชี้นไม้โดยหน่วงการติดไฟภายหลังได้รับการสัมผัสโดยตรงกับเปลวไฟเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ที่เคลือบเฉพาะ poly(AM-co-AMPS- Na^+) และไม้ที่ไม่ได้เคลือบเป็นเวลา 186, 136 และ 13 วินาที ตามลำดับ พบความสามารถในการลดอัตราการปล่อยความร้อน ณ จุดยอดของพีคมากที่สุด ใน poly(AM-co-AMPS- Na^+)/30 ไมกานาโนคอมพอสิต การหน่วงเวลาไหม้ไฟมากที่สุด ณ จุดยอดของพีคที่ปลดปล่อยความร้อน และปริมาณความร้อนน้อยที่สุดที่ปล่อยออกมาที่ผิวของไม้ที่กำลังไหม้ไฟที่มีการเคลือบด้วยนาโนคอมพอสิต โครงสร้างการสอดแทรกของโซ่พอลิเมอร์ของ poly(AM-co-AMPS- Na^+) เข้าไปในไมกา เป็นฉนวนป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าไปไหม้เนื้อไม้ที่เคลือบสารนี้ พร้อมกับน้ำปริมาณมากที่สารนี้กักเก็บไว้จะถูกปล่อยออกมาเพื่อลดอุณหภูมิของชี้นไม้ที่ไหม้ไฟ

คำสำคัญ: ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์, อะคริลาไมด์, 2-อะคริลาไมด์-2-เมทิลโพรเพนซัลเฟตโซเดียม, ไมกา, นาโนคอมพอสิต, โคนแคลอริเมตรี

4.5 Effect of fire retardant on flammability of acrylamide and 2-acrylamido-2-methylpropane sodium sulfonate copolymer nanocomposites

Poly[acrylamide-co-(2-acrylamido-2-methylpropane sodium sulfonate)] superabsorbents and superabsorbent composites (SAPCs) with zinc borate and/or melamine as fire retardants were synthesized. Water absorbencies decreased inversely to added amount of fire retardant. Thermal stability of SAPC/zinc borate increases with increasing zinc borate. Incorporating melamine improved thermal stability of the SAPC until 300°C. Flammability analysis demonstrated that wood surface coated with SAP or SAPC emulsions extended time to ignition of the wood. Peak heat release rate and total heat release are smallest in specimens coated with SAPC/30%melamine. Wood coated with SAPC incorporating 20% zinc borate/10% melamine mixture gave the longest time to ignition at 4½ min.

Keywords: Superabsorbent, Zinc borate, Melamine, Fire retardant, Cone calorimetry.

ผลของสารหน่วงการติดไฟต่อการไหม้ไฟของนาโนคอมพอสิตโคพอลิเมอร์ของอะคริลาไมด์และ 2-อะคริลาไมโด-2-เมทิลโพรเพนโซเดียมซัลโฟเนต

ได้สังเคราะห์สารหน่วงไฟที่ประกอบด้วยซูเปอร์แอบซอร์เบนต์พอลิเมอร์ของพอลิ(อะคริลาไมด์-โค-2-อะคริลาไมโด-2-เมทิลโพรเพนโซเดียมซัลโฟเนต) และคอมพอสิตของซูเปอร์แอบซอร์เบนต์พอลิเมอร์หน่วงไฟของพอลิ(อะคริลาไมด์-โค-2-อะคริลาไมโด-2-เมทิลโพรเพนโซเดียมซัลโฟเนต) ซึ่งผสมกับซิงก์บอเรต และ/หรือเมลามีน ค่าการดูดซึมน้ำลดลงเป็นสัดส่วนผกผันกับกับปริมาณของสารหน่วงไฟอินทรีย์ ความเสถียรเชิงความร้อนของ SAPC/ซิงก์บอเรตเพิ่มขึ้นตามปริมาณของซิงก์บอเรตที่เพิ่มขึ้น การเติมเมลามีนเข้าไปในนาโนคอมพอสิตของซูเปอร์แอบซอร์เบนต์พอลิเมอร์ปรับปรุงความเสถียรเชิงความร้อนได้ถึงอุณหภูมิสูงสุดที่ 300 องศาเซลเซียส การวิเคราะห์การไหม้ไฟของชิ้นไม้ พบว่า ชิ้นไม้ที่เคลือบด้วยอิมัลชันของ SAP หรือ SAPC สามารถยืดเวลาติดไฟของไม้ได้ อัตราการปล่อยความร้อน ณ จุดพีก และปริมาณความร้อนที่ปล่อยมากที่สุด มีค่าน้อยที่สุดในชิ้นไม้ที่เคลือบด้วย SAPC/30% เมลามีน ชิ้นไม้ที่เคลือบด้วย SAPC/20% ซิงก์บอเรต/10%เมลามีน สามารถหน่วงการติดไฟได้นานที่สุดถึง 4 นาที 30 วินาที

คำสำคัญ ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์, ซิงก์บอเรต, เมลามีน, สารหน่วงไฟ, โคนแคลอริเมทรี

4.6 Swelling Properties and Strength of Poly[Acrylamide-co-(Itaconic Acid)] Gel and Clay-Modified Poly[Acrylamide-co-(Itaconic Acid)] Gel

Three types of clay (montmorillonite, bentonite and mica) and chemically modified clays were investigated for creating better superabsorbent polymer nanocomposites (SAPCs) with stronger gel strength and higher water swelling at under loading conditions. The selected types of clay were treated by two methods, one with inorganic acids (HCl, H₂SO₄) and another with organic compound, such as cetyltrimethylammonium bromide (C₁₉H₄₂BrN) and anionic surfactant (hexadecanoic acid) were used. Ionic exchange capacity and its interaction through acid-base were consideration. The SAPCs were synthesized through free radical crosslinking polymerization of acrylamide and itaconic acid in the presence of clays and modified clays.

Reaction conditions were controlled to give the optimized water absorption and high gel strength. This project has just started in January 2011.

Keyword: Superabsorbent, Clays, Modified Clays, Gel strength, AUL, Water absorption

สมบัติการบวมตัวและความแข็งแรงของเจลพอลิ(อะคริลาไมด์-โค-อิทาโคนิกแอซิด) และเจลของพอลิ(อะคริลาไมด์-โค-อิทาโคนิกแอซิด) ที่ผสมแร่ดินและแร่ดินดัดแปร

ศึกษาชนิดของแร่ดิน (มอนต์มอริลโลไนต์ เบนโทไนต์ และไมกา) และการดัดแปรแร่ดินด้วยวิธีทางเคมี เพื่อให้ได้วัสดุเชิงประกอบพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาก (superabsorbent polymer composites, SAPCs) ที่มีความแข็งแรงภายใต้ภาวะกดทับและยังคงมีความสามารถในการบวมตัวมาก ใช้การดัดแปรแร่ดินด้วยวิธีทางเคมี 2 วิธี คือ ทำปฏิกิริยาการกระตุ้นด้วยกรด (กรดเกลือ และกรดซัลฟิวริก) และทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ เช่น ซีทิลไทรเมทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ ($C_{19}H_{42}BrN$) และแอนไอออนิกเซอร์แฟกเตนต์ (เฮกซะเดคาโนอิกแอซิด) การแลกเปลี่ยนประสิทธิภาพของและปฏิสัมพันธ์ระหว่างกรดและเบสจะนำมาพิจารณา ได้สังเคราะห์ SAPCs ผ่านกระบวนการเกิดพอลิเมอร์แบบอนุโมลอิสระในสารละลายของพอลิเมอร์ร่วมระหว่างอะคริลาไมด์กับอิทาโคนิกแอซิดซึ่งมีแร่ดินกระจายตัวอยู่ ควบคุมภาวะการเกิดปฏิกิริยาเพื่อหาค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุดและมีความแข็งแรงของเจลที่ดี โครงการนี้เพิ่งเริ่มวิจัยในเดือนมกราคม 2554

คำสำคัญ ซูเปอร์แอบซอร์เบนต์, แร่ดิน, แร่ดินดัดแปร, ความแข็งแรงของเจล, ค่าการดูดซึมน้ำภายใต้แรงกดทับ, ค่าการดูดซึมน้ำ

กลุ่มโครงการวิจัยที่ 5 ไมโครเอนแคปซูเลชันและการควบคุมการปล่อยของวัสดุอินทรีย์/อินทรีย์

5.1 Microencapsulation of menthol via glass membrane emulsification and controlled release

This research studied the preparation of microcapsules of menthol with the Shirasu porous glass (SPG) membrane emulsification technique combined with a high-speed disperser. The oil-in water emulsion from the SPG membrane was prepared by controlling operation pressures, the amounts of surfactant and stabilizer, and the amount of menthol loading. The average droplet size ($\overline{d_e}$) and coefficient variation (CV) of the emulsion droplets were systemically investigated. The emulsions of menthol so prepared were mixed with the chitosan solution prepared by the high-speed disperser. Tripolyphosphate (TPP) crosslinker solution was gradually dropped in the emulsion mixture. The effects of crosslinking time and pH of microcapsules on the properties of the microcapsules were investigated. The mechanism of menthol release of microcapsules was studied. The flow behavior of microcapsules formulated in a leave-on hair conditioner was also investigated. It was found that the emulsions of menthol were successfully prepared via the SPG membrane pore sizes of 5.2 μm . The droplets having the $\overline{d_e}$, of $19.6 \pm 2.3 \mu\text{m}$ and the coefficient variation (CV) of 11.5% were achieved. When the menthol loading in the dispersed phase increased from 5 to 10%wt, the size of emulsion droplets decreased but the size distribution was broader. The optimal condition of emulsion prepared with the high-speed disperser was 14000 rpm at 90 s mixing in 1.5 %w v⁻¹ of chitosan solution. Chitosan layer of microcapsule shell was crosslinked via ionic bonding between the positive charge of chitosan and the negative charge of TPP. The average size of microcapsules was $27.6 \pm 7.2 \mu\text{m}$ with the CV of 26.3 %. The pH of emulsion of the microcapsules was in the range of 5-7 which is good for uses in hair applications. The mechanism of menthol release was a diffusion control which depended on the amount of chitosan-to-tripolyphosphate ratio (by mole) and crosslinking time. The microcapsules formulated in a leave-on hair conditioner were found to exhibit the pseudoplastic/thixotropic flow behavior. The conditioner was stability and applicable at temperatures not higher than 40 °C. Its coating on human hair rendered soft hair and easy hair combing.

Keywords: Microencapsulation, Menthol, Glass membrane emulsification, SPG, Controlled release

ไมโครเอนแคปซูลชันของเมนทอลผ่านกลาสเมมเบรนอิมัลซิไฟเคชันและการปล่อยแบบควบคุม

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเตรียมไมโครแคปซูลของเมนทอลด้วยเทคนิคชิราสพอร์สกลาสเมมเบรน (เอสพีจี) อิมัลซิไฟเคชันร่วมกับเครื่องกวนสารละลายความเร็วรอบสูง เตรียมอิมัลชันของน้ำมันในน้ำจากเอสพีจีเมมเบรน ปรับความดันที่ใช้ เปลี่ยนปริมาณของสารลดแรงตึงผิว สารเพิ่มเสถียรภาพ และปริมาณเมนทอล วัดขนาดและการกระจายของหยดน้ำมันในน้ำที่เตรียมได้ นำอิมัลชันของเมนทอลที่เตรียมได้จากเอสพีจีเมมเบรนผสมกับอิมัลชันที่มีไคโทซานซึ่งเตรียมด้วยการกวนด้วยเครื่องกวนสารละลาย ค่อย ๆ หยดสารละลายเชื่อมขวางไทรพอลิฟอสเฟต ศึกษาผลของเวลาเชื่อมขวาง และค่าความเป็นกรด-เบสต่อสมบัติของอิมัลชันที่เตรียมได้ ศึกษากลไกการปล่อยเมนทอลจากไมโครแคปซูล และสมบัติการไหลของครีมบำรุงเส้นผมชนิดที่ไม่ต้องล้างออกที่เตรียมด้วยไมโครแคปซูล พบว่าสามารถเตรียมหยดของน้ำมันในน้ำด้วยเอสพีจีเมมเบรนที่มีขนาดรูพรุน 5.2 ไมโครเมตร หยดน้ำมันที่ได้มีขนาดเฉลี่ย 19.6 ± 2.3 ไมโครเมตร และมีค่าสัมประสิทธิ์การแปรปรวนประมาณร้อยละ 11.5 เมื่อปริมาณเมนทอลเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 5 เป็น 10 โดยน้ำหนัก หยดน้ำมันมีขนาดเล็กลง แต่มีการกระจายตัวของขนาดกว้างขึ้น ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมหยดน้ำมันในน้ำด้วยเครื่องกวนสารละลายความเร็วรอบสูง คือ ความเร็วการกวน 14000 รอบต่อนาที เวลา 90 วินาที และความเข้มข้นของสารละลายไคโทซานร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เปลือกของแคปซูลไคโทซานเกิดการเชื่อมขวางด้วยพันธะไอออนิกระหว่างประจุบวกของไคโทซานกับประจุลบของไทรพอลิฟอสเฟต เกิดเป็นไมโครแคปซูลที่มีขนาดเฉลี่ย 27.6 ± 7.2 ไมโครเมตร และมีค่าสัมประสิทธิ์การแปรปรวนร้อยละ 26.3 ความเป็นกรด-เบสของระบบอิมัลชันที่จะนำไมโครแคปซูลไปใช้งานด้านเส้นผมควรอยู่ในช่วง 5 ถึง 7 กลไกการปล่อยเมนทอลจากไมโครแคปซูลเป็นการควบคุมแบบการแพร่ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณไทรพอลิฟอสเฟต สัดส่วนโดยโมลของไคโทซานต่อไทรพอลิฟอสเฟต และเวลาการเชื่อมขวาง เมื่อใช้ไมโครแคปซูลเตรียมเป็นครีมบำรุงเส้นผมชนิดที่ไม่ต้องล้างออก ครีมที่ได้มีพฤติกรรมการไหลแบบซูโดพลาสติก/ทิกโซทรอปี้ และครีมบำรุงผมมีเสถียรภาพที่ดี ใช้งานได้ดีที่อุณหภูมิไม่สูงกว่า 40 องศาเซลเซียส และเคลือบติดบนเส้นผมมนุษย์ได้ ทำให้เส้นผมนุ่มลื่นและหริ่งง่ายขึ้น

คำสำคัญ: ไมโครเอนแคปซูลชัน, เมนทอล, กลาสเมมเบรนอิมัลซิไฟเคชัน, เอสพีจี, การปล่อยแบบควบคุม

5.2 Synthesis of Microcapsules Containing Eucalyptus Oil via Shirasu Porous Glass Membrane Emulsification

The emulsion of eucalyptus oil was encapsulated by sodium alginate via Shirasu Porous Glass Membrane which possesses uniform pore size. The eucalyptus oil, liquid paraffin and petroleum ether were used to compose the dispersed phase while sodium dodecylsulfate surfactant and poly(vinyl alcohol) stabilizer were used as ingredients in the continuous phase to realize an oil-in-water emulsion. Calcium carbonate was used a crosslinking agent. The reaction parameters of importance namely the concentrations of encapsulating sodium alginate, and the crosslinking agent and the crosslinking time on physical and morphological properties, microcapsule size and size distribution were investigated. The extent of encapsulation and controlled release of eucalyptus oil were experimented. This project has just started in early January 2011.

Keywords: Eucalyptus oil, Sodium alginate, Shirasu Porous Glass Membrane, Microcapsules, Encapsulation, Controlled release

การสังเคราะห์ไมโครแคปซูลบรรจุน้ำมันยูคาลิปตัสโดยอิมัลซิฟิเคชันผ่านชิราซูพอร์สกลาสเมมเบรน

เตรียมอิมัลชันของน้ำมันยูคาลิปตัสที่ถูกห่อหุ้มด้วยโซเดียมแอลจีเนต ผ่านชิราซูพอร์สกลาสเมมเบรน (Shirasu Porous Glass Membrane) ที่มีขนาดรูพรุนสม่ำเสมอ ใช้น้ำมันยูคาลิปตัส พาราฟินเหลวและปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นวัฏภาคกระจาย ใช้โซเดียมแอลจีเนต สารลดแรงตึงผิวโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต และสารเพิ่มความเสถียรแก่อิมัลชันพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็นวัฏภาคต่อเนื่อง ใช้ระบบอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ สารเชื่อมขวางเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ ความเข้มข้นของสารห่อหุ้มโซเดียมแอลจีเนต ความเข้มข้นของสารเชื่อมขวาง เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเชื่อมขวาง ต่อสมบัติทางกายภาพ วัดขนาดและการกระจายตัวของไมโครแคปซูล ตรวจสอบสัณฐานวิทยาของไมโครแคปซูล ศึกษาปริมาณที่กักเก็บได้และการปล่อยน้ำมันยูคาลิปตัสจากไมโครแคปซูล ได้ไมโครแคปซูลของน้ำมันยูคาลิปตัสที่มีขนาดอนุภาคสม่ำเสมอ มีการกระจายตัวของขนาดอนุภาคที่แคบ และสามารถควบคุมการปล่อยน้ำมันยูคาลิปตัสในภาวะการใช้งานได้ โครงการนี้ได้เริ่มวิจัยเมื่อต้นเดือนมกราคม 2554

คำสำคัญ: น้ำมันยูคาลิปตัส, โซเดียมแอลจีเนต, ซิราสพอร์สกลาสเมมเบรน, ไมโครแคปซูล, การห่อหุ้ม, การปล่อยแบบควบคุม

5.3 Synthesis and Characterization of Controlled Release NPK Compound Fertilizer Hydrogel

This research studied the synthesis of controlled-release NPK compound fertilizer hydrogels. The controlled-release fertilizer hydrogels were prepared by dipping the fertilizer granules in poly(vinyl alcohol) (PVA) solution and then in chitosan (CS) solution. The PVA- and CS-coated fertilizer granules were crosslinked via vapor deposition of glutaraldehyde (GA) solution in a 2.9-L closed chamber. Water dissolution times of the un-coated fertilizer granules and the coated fertilizer granules were investigated. The fertilizer hydrogel were synthesized by grafting the crosslinked-CS layer of coated fertilizer with acrylamide (AM) and acrylic acid (AA) via inverse suspension polymerization. The existences of functional groups of the crosslinked-CS and the grafted fertilizer hydrogel were confirmed by FTIR spectroscopy. The morphologies of the un-coated and coated granules were viewed by optical microscopy. The surface morphology of hydrogel layer after swelling was also investigated by scanning electron microscopy. The effect of reactants on water absorbency of compound fertilizer hydrogel was observed. Release behaviors of the compound fertilizer hydrogel granules were investigated. It was found that water dissolution times of the grafted fertilizer increased with increasing the frequency of coating. To synthesize the compound fertilizer hydrogel, the optimal ratio of AM-to-AA was 3:97% mol and the optimal contents of *N,N,N',N'*-tetramethylethylenediamine (*N,N,N',N'*-TEMED), ammonium persulfate (APS) and *N,N'*-methylenebisacrylamide (*N*-MBA) was 0.13, 0.13 and 0.01% by mol of monomers, respectively. Water absorbency of the compound fertilizer hydrogel was 233 ± 5 g/g in distilled water at room temperature within 24 h of immersion. The release nutrient order in 30-days of compound fertilizer hydrogel granules was 84 ± 18 , 63 ± 12 and $36 \pm 15\%$, of N, P and K nutrients, respectively. The release data of the N and P nutrients of the fertilizer granules hydrogel obeyed the Korsmeyer-Peppas model while the K nutrient release followed the exponential behavior.

Keywords: NPK Compound Fertilizer, Poly(vinyl alcohol), Chitosan, Glutaraldehyde crosslinker, Fertilizer hydrogel

การสังเคราะห์และการตรวจสอบลักษณะของปุ๋ยไฮโดรเจลคอมพาวนด์เอ็นพีเคที่มีการปล่อยแบบควบคุม

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการเตรียมปุ๋ยไฮโดรเจลคอมพาวนด์ชนิดควบคุมการปล่อยธาตุ NPK ได้เตรียมปุ๋ยไฮโดรเจลด้วยการจุ่มเม็ดปุ๋ยลงในสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ตามด้วยการจุ่มในสารละลายไคโทซานและเชื่อมขวางด้วยไอของสารละลายกลูทารัลดีไฮด์ หาเวลาที่ปุ๋ยไม่เคลือบและปุ๋ยเคลือบละลายน้ำหมด นำปุ๋ยเคลือบพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และไคโทซานที่เชื่อมขวางแล้วมาสังเคราะห์เป็นปุ๋ยไฮโดรเจล ด้วยการทำปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบแขวนลอยของมอนอเมอร์อะคริลาไมด์และอะคริลิกแอซิด ตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของของปุ๋ยไฮโดรเจลด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี ศึกษาสัญญาณวิทยาของเม็ดปุ๋ยที่ไม่เคลือบและเคลือบด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์แบบแสง และตรวจสอบสัญญาณวิทยาของชั้นไฮโดรเจลที่เคลือบเม็ดปุ๋ยหลังจากบวมน้ำด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ศึกษาผลของสารตั้งต้นต่อการดูดซึมน้ำของปุ๋ยไฮโดรเจลคอมพาวนด์ และศึกษาการปล่อยธาตุอาหารเอ็นพีเคในปุ๋ยไฮโดรเจลคอมพาวนด์ พบว่า เวลาในการละลายน้ำของปุ๋ยเพิ่มขึ้นด้วยการเพิ่มจำนวนครั้งในการเคลือบ ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ปุ๋ยไฮโดรเจลคอมพาวนด์ คือ อัตราส่วนของมอนอเมอร์อะคริลาไมด์ต่ออะคริลิกแอซิดมีค่าร้อยละ 3:97 โดยโมล ใช้เอ็น,เอ็น,เอ็น',เอ็น'-เทตระเมทิลเอทิลีนไดเอมีน แอมโมเนียมเพอร์ซัลเฟต และเอ็น, เอ็น'-เมทิลีนบิสอะคริลาไมด์มีค่า 0.13, 0.13 และ 0.01% โมลของมอนอเมอร์ทั้งหมด ให้ค่าการดูดซึมน้ำ 233 ± 5 กรัมต่อน้ำหนักแห้งในน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิห้อง ภายในเวลา 24 ชั่วโมง เม็ดปุ๋ยไฮโดรเจลคอมพาวนด์ปล่อยธาตุอาหารเอ็นพีเคได้ร้อยละ 84 ± 18 , 63 ± 12 และ 36 ± 15 ตามลำดับ ภายในเวลา 30 วัน ในน้ำกลั่น ค่าการปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสอดคล้องกับแบบจำลองจลนศาสตร์การปล่อยของ Korsmeyer-Peppas ส่วนการปล่อยธาตุอาหารโพแทสเซียมเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล

คำสำคัญ: ปุ๋ยคอมพาวนด์เอ็นพีเค, พอลิไวนิลแอลกอฮอล์, ไคโทซาน, สารเชื่อมขวางกลูทารัลดีไฮด์, ปุ๋ยไฮโดรเจล

5.4 Synthesis and characterization of hydrogel for insulin released from hydrolyzed collagen grafted poly[(acrylic acid)-co-(methacrylic acid)]

Hydrolyzed collagen grafted poly[(acrylic acid)-co-(methacrylic acid)] hydrogels were synthesized by solution polymerization. Acrylic acid (AA) and methacrylic acid (MAA), ammonium persulfate (APS), *N, N, N', N'*-tetramethylethylenediamine (TEMED), and *N, N'*-

methylenebisacrylamide (N-MBA) were used as a pair of monomer, an initiator, a co-initiator, and a crosslinking agent, respectively. The effects of reagents on the performance and water absorbency of synthesized hydrogels were investigated. The grafted hydrolyzed collagen hydrogel was confirmed by FTIR technique. The effects of pH in buffered and non-buffered solutions, sodium chloride solution, and temperature on the swelling behavior of the grafted hydrolyzed collagen hydrogel were examined. The released behavior of insulin or methylene blue (as a smaller-sized model drug) was also investigated in simulated gastric and intestinal fluids. It was found that when the APS contents were too high or low, the synthesized products were not in the hydrogel form and the water absorbency cannot be determined. The high water absorbency of grafted hydrogel was reached $476 \pm 9 \text{ gg}^{-1}$, when the ratio of AA-to-MAA was 92:8 and the contents of TEMED, APS and N-MBA were 0.015, 0.2 and 0.12 % by mol of monomers, respectively. The grafted hydrolyzed collagen hydrogel in the acidic and neutral pH solution was suitable for drug delivery application at a target site. It showed that the abilities to release of insulin and methylene blue were slightly less in the simulated gastric fluid and relatively high in the simulated intestinal fluid. The results obtained were in good agreement with the pH responses of the synthesized hydrogel. Thus, the hydrolyzed collagen grafted poly[(acrylic acid)-co-(methacrylic acid)] hydrogel exhibits itself as the insulin controlled release medium.

Keywords: Hydrogel, Hydrolyzed collagen, Grafted collagen, Acrylic acid, Methacrylic acid

การสังเคราะห์และการตรวจสอบคุณลักษณะเฉพาะของไฮโดรเจลสำหรับการปล่อยอินซูลินจากคอลลาเจนไฮโดรไลซ์กราฟต์พอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-เมทาคริลิกแอซิด)

สังเคราะห์ไฮโดรเจลจากคอลลาเจนไฮโดรไลซ์กราฟต์พอลิเมอร์ร่วมอะคริลิกแอซิด-เมทาคริลิกแอซิด โดยปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ในสารละลาย ใช้อะคริลิกแอซิดเป็นมอนอเมอร์ เมทาคริลิกแอซิดเป็นมอนอเมอร์ร่วม แอมโมเนียมเพอร์ซัลเฟตเป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา และ เอ็น, เอ็น, เอ็น', เอ็น'-เทตระเมทิลเอทิลีนไดอามีนเป็นสารริเริ่มปฏิกิริยาร่วม และ เอ็น, เอ็น'-เมทิลีนบิสอะคริลาไมด์เป็นสารเชื่อมขวาง ศึกษาผลของสารตั้งต้นต่อการดูดซึมน้ำของไฮโดรเจลที่สังเคราะห์ได้ ยืนยันการเกิดการกราฟต์ของไฮโดรเจลจากคอลลาเจนไฮโดรไลซ์ด้วยเทคนิค FTIR ศึกษาผลของค่าความเป็นกรด-เบสในสารละลายไม่มีบัฟเฟอร์และสารละลายบัฟเฟอร์ ความเข้มข้นของสารละลายกลีเซอรีนและกลีเซอรีน และอุณหภูมิต่อ

การตอบสนองของการดูดซึม น้ำของไฮโดรเจลจากกราฟต์คอลลาเจนไฮโดรไลซ์ ศึกษาการนำส่งยาของ อินซูลินและเมทิลีนบลูที่ใช้เป็นแบบจำลองการปล่อยยา โดยเลียนแบบสารละลายในกระเพาะอาหาร และ สารละลายภายในลำไส้ พบว่า เมื่อปริมาณสารเริ่มปฏิกิริยามีมากหรือน้อยเกินไป สารที่สังเคราะห์ได้ไม่ อยู่ในรูปของไฮโดรเจล และไม่สามารถหาค่าการดูดซึมน้ำ กราฟต์ไฮโดรเจลที่สังเคราะห์ได้มีค่าการดูด ซึมน้ำมากเท่ากับ 476 ± 9 เท่าของน้ำหนักสารแห้ง เมื่อใช้สัดส่วนของอะคริลิกแอซิดต่อเมทาคริลิกแอซิด 92:8 โดยโมล ปริมาณแอมโมเนียมเพอร์ซัลเฟต เอ็น, เอ็น, เอ็น', เอ็น'-เทตระเมทิลเอทิลีนไดแอมีน และ เอ็น, เอ็น'-เมทิลีนบิสอะคริลาไมด์ เท่ากับ 0.015, 0.2 และ 0.12 โดยโมลของมอนอเมอร์ ตามลำดับ ไฮโดรเจลจากกราฟต์คอลลาเจนไฮโดรไลซ์มีการตอบสนองในภาวะกรดและภาวะเป็นกลาง ที่เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ในการนำส่งยาไปยังอวัยวะเป้าหมาย ไฮโดรเจลปล่อยอินซูลินและเมทิลีนบลูออกมาน้อยในสารละลายเลียนแบบกระเพาะอาหารที่มีสภาพเป็นกรด เมื่อไฮโดรเจลอยู่ใน สารละลายเลียนแบบลำไส้ที่มีภาวะเป็นกลาง สามารถปล่อยอินซูลินและเมทิลีนบลูออกมาในปริมาณมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในส่วนของการตอบสนองต่อค่าความเป็นกรด-เบสของไฮโดรเจลที่ สังเคราะห์ได้ ดังนั้น ไฮโดรเจลจากคอลลาเจนไฮโดรไลซ์กราฟต์พอลิเมอร์ร่วมอะคริลิกแอซิด-เมทาคริลิกแอซิด สามารถแสดงผลเป็นตัวกลางควบคุมการปล่อยอินซูลินได้ดี

คำสำคัญ: ไฮโดรเจล, คอลลาเจนไฮโดรไลซ์, กราฟต์คอลลาเจน, อะคริลิกแอซิด, เมทาคริลิกแอซิด

กลุ่มโครงการวิจัยที่ 6 การผลิตเส้นใยและกระดาษจากหุ่น

6.1 Kapok I: Properties investigation of kapok fiber as a potential pulp source for papermaking

The potential use of kapok fiber as a new source for pulping and papermaking has been investigated. The experiment was started by cooking kapok fibers with different dosages of sodium hydroxide. Then, the pulp was refined twice using a disc refiner with a disc gap of 1/100 inch. Handsheets were made and their strength properties were evaluated to determine the optimal dosage of sodium hydroxide. The optimized pulping condition was then used to prepare kapok pulp. Then, this kapok pulp was mixed with commercial hardwood pulp and/or softwood pulp at different blend ratios to make papers. Addition of the kapok pulp to the mixed pulps improved the tensile and burst strengths of the sheets but decreased the tear resistance. Water repellency of the sheets prepared from the kapok pulp mixed with the commercial pulps was also improved. These results indicate that kapok fiber can be a quality pulp source for papermaking, especially for packaging paper.

Keywords: Kapok fiber; Paper properties, Raw material, Papermaking

หุ่น I: การประเมินสมบัติของเส้นใยหุ่นเป็นแหล่งเยื่อที่มีศักยภาพเพื่อการผลิตกระดาษ

โครงการนี้ได้ประเมินศักยภาพและความเหมาะสมของเส้นใยหุ่นเพื่อเป็นแหล่งเยื่อและการผลิตกระดาษชนิดใหม่ เริ่มต้นด้วยการต้มเยื่อหุ่นในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณต่าง ๆ นำเยื่อที่ต้มแล้วมาบด 2 ครั้งในเครื่องบดเยื่อแบบจาน ใช้ระยะห่างระหว่างจานบด 1/1000 นิ้ว ผลิตกระดาษแฮนด์ชิตจากเยื่อที่บดได้ ประเมินสมบัติด้านความแข็งแรงของแฮนด์ชิตเพื่อหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสม เมื่อได้ภาวะการต้มเยื่อที่เหมาะสมแล้ว นำภาวะนี้ไปผลิตเยื่ออีกครั้งหนึ่ง นำเยื่อที่ผลิตได้ใหม่ด้วยภาวะนี้ไปผสมกับเยื่อจากไม้เนื้อแข็ง เยื่อจากไม้เนื้ออ่อน และเยื่อผสมระหว่างเยื่อทั้งสองชนิด เยื่อหุ่นที่เติมลงไปเยื่อผสมปรับปรุงสมบัติเทนไซล์และความแข็งแรงทนแรงระเบิดของกระดาษแฮนด์ชิต แต่ลดความต้านทานต่อแรงฉีกขาด จากการวัดคุณสมบัติของน้ำบนกระดาษแฮนด์ชิตที่เตรียมได้ กระดาษแฮนด์ชิตขับน้ำกลั่นที่หยดบนกระดาษหุ่นผสมเยื่อผสมทั้งสองชนิดมากขึ้น ผลที่ได้เหล่านี้บ่งชี้ว่า เยื่อหุ่นสามารถเป็นแหล่งเยื่อที่มีคุณภาพสำหรับการผลิตกระดาษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับกระดาษบรรจุภัณฑ์

คำสำคัญ: เส้นใยหุ่น, สมบัติของกระดาษ, วัตถุดิบ, การผลิตกระดาษ

6.2 Kapok II: Pretreatment of Kapok Fibers for Pulping and Papermaking

Kapok fiber is naturally coated with wax and cutin which render it hydrophobic. To obtain the fiber suitable for pulping, it must be immersed in water for as long as three to four weeks. This research investigated the effects of fiber pretreatments by chemical method or biological method for varied immersion times before it could be subjected to soda pulping. These pretreatments were compared with those obtained from the controlled fiber where the kapok fibers were immersed in tap water for 3 weeks (as controlled kapok). For the chemical pretreatment, the doses of sodium hydroxide (5 and 10% based on O.D. fiber weight) were used with various immersion times (1, 2 and 3 weeks). For the biological pretreatment, the enzyme lipase doses (0.25 and 0.5% based on O.D. fiber weight) was used under the immersion times (1, 3 and 5 hours). All the pretreatment results were compared with those obtained from the control. After the kapok fibers had passed the soda pulping process and further processes, the pulp and their handsheets having 60 g/m^2 from each pretreatment were characterized for the pulping efficiency, physical properties and optical properties. This research elucidated the results and causes of each effect and suggested their benefits for the pulp and paper making.

Keywords: Kapok fiber, Chemical pretreatment, Biological pretreatment, Soda pulping, Lipase, Immersion times, Paper making

หุ่น II: การปรับสภาพผิวของเส้นใยหุ่นสำหรับการผลิตเยื่อและการผลิตกระดาษ

เส้นใยหุ่นมีขี้ผึ้งและเคอรินเคลือบอยู่ตามธรรมชาติ จึงทำให้หุ่นไม่ชอบน้ำ ในการผลิตเยื่อจากหุ่น จำเป็นต้องแช่หุ่นในน้ำเป็นเวลานานถึง 3-4 สัปดาห์ งานวิจัยจึงได้ศึกษาผลของการปรับสภาพเส้นใยแบบเคมี หรือแบบชีวภาพของเส้นใยหุ่น ก่อนนำเส้นใยหุ่นไปเข้ากระบวนการโซดา และเทียบผลกับเส้นใยหุ่นที่แช่ในน้ำเปล่าอย่างเดียว เป็นเวลา 3 สัปดาห์ (หุ่นควบคุม) ได้ศึกษาผลจากปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ของการปรับสภาพแบบเคมี (ร้อยละ 5 และ 10 เมื่อเทียบกับน้ำหนักของหุ่นที่อบแห้ง) และเวลาแช่หุ่น (1, 2 และ 3 สัปดาห์) ส่วนการปรับสภาพด้วยวิธีทางชีวภาพใช้เอนไซม์ไลเปส (ร้อยละ 0.25 และ 0.50 เมื่อเทียบ

กับน้ำหนักของนุ่นที่อบแห้ง) และเวลาแช่นุ่น (1, 3 และ 5 ชั่วโมง) ภายหลังจากที่เส้นใยนุ่นผ่านกระบวนการโซดา และขึ้นแผ่นกระดาษแล้ว ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการผลิต สมบัติเชิงกลและสมบัติทางแสงของเยื่อและกระดาษที่ได้จากแต่ละกระบวนการปรับสภาพ อธิบายผลและเหตุที่ได้จากตัวแปรพร้อมทั้งเสนอแนะการใช้ประโยชน์ของเยื่อและกระดาษ

คำสำคัญ: เส้นใยนุ่น, การปรับสภาพเชิงเคมี, การปรับสภาพเชิงชีวภาพ, การต้มเยื่อด้วยโซดา, เอ็นไซม์ไลเปส, เวลาการแช่, การผลิตกระดาษ

Kapok III: Use of Kapok Pulp to Improve Properties of Recycled Paper

Using recycled paper is one way to reduce environment problems. However, higher cycle numbers of recycling leads to reduction of paper strength; thus, improvement of recycled paper properties is very important. One way to improve strength of recycled paper is to use kapok pulp because kapok is the long fiber with good enough pulp and paper properties. In this study, paper was made using kapok and recycled pulp to compare with those using softwood-to-recycled pulp ratios at 100:0, 10:90, 20:80, 30:70 and 0:100. As a result, it was found that recycling up to three cycles had a small effect on paper properties. Higher amount of kapok pulp in the mixed pulp between kapok pulp and recycled pulp increased porosity, opacity, density and tensile index but decreased brightness and whiteness of handsheets. On the other hand, higher amount of softwood pulp led to higher tear index only. So, the combination of the mixed pulps and amount of pulps used are really dependent on the final paper property required.

Keywords: Recycled paper, Kapok fiber, Softwood, Paper properties

นุ่น III: การใช้เส้นใยนุ่นในการปรับปรุงสมบัติของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อเวียนทำใหม่

งานวิจัยในส่วนนี้ศึกษาผลของการใช้เยื่อนุ่นในการปรับปรุงสมบัติของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อเวียนทำใหม่ แต่อย่างไรก็ตาม จำนวนรอบของการเวียนทำใหม่มากเกินไปจะลดความแข็งแรงของกระดาษเวียนทำใหม่ ดังนั้น การปรับปรุงสมบัติของกระดาษเวียนทำใหม่มีความสำคัญมาก วิธีหนึ่งที่จะเพิ่มความแข็งแรงแก่กระดาษเวียนทำใหม่คือ การใส่เยื่อนุ่น เพราะเยื่อนุ่นเป็นเยื่อใยยาวซึ่งมีสมบัติของเยื่อและ

กระดาศที่ดีพอ การทดลองเริ่มต้นจากการนำเยื่อหนุ่นมาผสมกับเยื่อเวียนทำใหม่ ในสัดส่วน เยื่อหนุ่น: เยื่อเวียนทำใหม่ 100:0, 10:90, 20:80, 30:70 และ 0:100 ในแต่ละรอบของการเวียนทำใหม่ ตั้งแต่ 1- 3 รอบ นอกจากนี้ ยังนำเยื่อใยยาว (เยื่อจากไม้เนื้ออ่อน) มาผสมเยื่อเวียนทำใหม่แทนเยื่อหนุ่น เพื่อใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการปรับปรุงสมบัติของเยื่อเวียนทำใหม่ผสมระหว่างเยื่อหนุ่นกับเยื่อยาว จากการทดลองพบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเยื่อใยยาวแล้ว การใช้ปริมาณสัดส่วนเยื่อหนุ่นที่มากขึ้นในการผลิตกระดาศจากเยื่อเวียนทำใหม่ ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง ความหนาแน่น ความพรุน ความเรียบ และความทึบแสงของกระดาศเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบกับเยื่อหนุ่นในสัดส่วนที่เท่ากันแล้ว การใช้เยื่อใยยาวในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงฉีกมีค่าสูงขึ้นมากกว่าการใช้เยื่อหนุ่น ดังนั้น การผสมผสานการใช้เส้นใยผสมและปริมาณที่พอเหมาะขึ้นกับสมบัติสุดท้ายของกระดาศที่ต้องการ

คำสำคัญ: กระดาศเวียนทำใหม่, เส้นใยหนุ่น, ไม้เนื้ออ่อน, สมบัติของกระดาศ

กลุ่มโครงการวิจัย ที่ 7 ผ้าไหมและการพิมพ์ผ้าไหมด้วยหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ท

7.1 Modified chitosan pretreatment of polyester fabric for printing by ink jet ink

The present research deals with the use of pretreatment solutions of chitosan (CH), *N*-[(4-dimethyl aminobenzyl)imino] chitosan (DBIC), *N*-[(2-hydroxy-3-trimethylammonium) propyl] chitosan chloride (HTACC), glycine (Gly), and a mixture of CH and Gly, for padding polyester fabrics prior to printing with a set of seven-color pigmented water-based ink jet inks. After padding the fabrics with the above cationic pretreatments, they were printed with a piezo-electric drop-on-demand jet printer. CH, DBIC and HTACC were characterized by IR and NMR spectroscopy. The zeta potentials of the pretreatment solutions, the inks and the fabrics were measured. The K/S values, color gamut, tone reproduction, outline sharpness, and the surface appearance of the fabrics were characterized. Statistical evaluation of the significance of the results was performed. Among the pretreatments, the HTACC at 0.1% (w/v) yielded fabrics with the highest K/S values, widest color gamut and gamut volume, more color saturation with good tonal reproduction, and the sharpest and smoothest outline of printed character, and a smooth fabric surface with less stiffness. The proposed ionic interactions between the protonated amino groups of CH and the anionic portion of the encapsulated ink pigments, and van der Waals and hydrophobic interactions between the polyester and the pigments are likely reasons for these enhanced properties of the printed fabrics.

Keywords: Chitosan; glycine, *N*-[(4-dimethyl aminobenzyl)imino] chitosan, *N*-[(2-hydroxy-3-trimethylammonium)propyl] chitosan chloride, Color properties, Outline sharpness, Stiffness

การปรับสภาพผิวผ้าพอลิเอสเตอร์ด้วยไคโทซานดัดแปรสำหรับการพิมพ์โดยหมึกอิงค์เจ็ท

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของสารละลายปรับสภาพผิวผ้าพอลิเอสเตอร์ 5 ชนิด คือ ไคโทซาน ไคโทซานดัดแปร เอ็น-4-ไดเมทิลแอมิโนเบนซิลอิมิโน (*N*-[(4-dimethyl aminobenzyl)imino] chitosan, DBIC) เอ็น-2-ไฮดรอกซี-3-ไทรเมทิลแอมโมเนียมพโรพิลไคโทซานคลอไรด์ (*N*-[(2-hydroxyl-3-trimethylammonium)propyl] chitosan chloride, HTACC) ไกลซีน และของผสมระหว่างไคโทซานกับไกลซีน สำหรับการแพดดิ้งผ้าก่อนการพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทฐานน้ำชนิดสารสี 7 สี ด้วยเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ทแบบ piezo-electric drop-on-demand ตรวจสอบลักษณะเฉพาะของไคโทซาน ไคโท

ชันดัดแปร DBIC และ HTACC ด้วยเทคนิค IR and NMR วัดค่า zeta potentials ของสารละลายปรับสภาพผิว และผ้าพอลิเอส-เทอร์ วัดความเข้มข้นของขบเซตสี การผลิตน้ำหมึกสี ความคมชัดของตัวอักษร และตรวจสอบลักษณะพื้นผิวผ้าที่ปรับสภาพ พบว่า HTACC ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก ให้ความเข้มข้นมากที่สุด ขบเซตสีและปริมาตรสีกว้างสุด ความอึดตัวสีและการผลิตน้ำหมึกสีดี ความคมชัดของตัวอักษรมากที่สุด และพื้นผิวผ้ามีความกระด้างน้อยสุด ด้วยปฏิกิริยาระหว่างประจุบวกของสารปรับสภาพผิวผ้ากับประจุลบของสารสีในหมึกพิมพ์ และแรง van der Waals และความไม่ชอบน้ำของผ้าพอลิเอสเทอร์และสารสีที่มีผลเพิ่มคุณภาพผ้าพิมพ์พอลิเอสเทอร์ด้วยระบบการพิมพ์อิงก์เจ็ต

คำสำคัญ: ไคโทซาน, ไกลซีน, ไคโทซานดัดแปร เอ็น-4-ไดเมทิลแอมิโนเบนซิลอิมิโน, เอ็น-2-ไฮดรอกซี-3-ฟรอฟิลไทรมะทิลแอมโมเนียมไคโทซานคลอไรด์, สมบัติทางสี, ความคมชัดของเส้น, ความกระด้าง

7.2 Anionically surface-modified pigment/binder ink jet inks for silk fabric printing

The purpose of this research was to prepare anionically surface-modified organic pigment/binder ink jet inks for printing on chitosan-pre-treated silk fabrics. Anionically surface-modified organic pigment/binder ink jet inks were prepared in four colours (cyan, magenta, yellow and black). The pigment-to-binder ratio was controlled at 1:6.4 for the cyan, magenta and yellow inks, and 1:3.4 for the black ink. Ink formulations (by weight) were assembled and mixed as follows: 8% pigment dispersion, 10% diethylene glycol, 12% glycerol, 5% urea, 10% polyacrylate emulsion binder and 55% deionised water. The inks were mixed and filtered with a special type of membrane to remove the oversized particles. They were characterised in terms of their particle size, zeta potential, particle morphology, viscosity, surface tension and pH. The inks were printed onto silk or the chitosan pre-treated silk fabrics using a piezo-type ink jet printer. The fabrics were then heat cured and analysed for the effect of chitosan pre-treatment on colour gamut, wash fastness and crock fastness. The formulated ink jet inks yielded an acceptably good ink jetting reliability, one-year stability and printability. The chitosan pre-treated silk fabrics gave a wider colour gamut and colour saturation than the non-treated one. Crock fastness and wash fastness of the chitosan pre-treated fabrics were relatively better than those of non-treated fabrics. The surface modified pigments are transparent and thus their inks printed on the chitosan pre-treated fabrics produced slightly low K/S values of CMYK colours because the limited chitosan concentration in the pre-treatment is controlled by its solubility in

acidic solution. The higher loading of chitosan pre-treatment gave higher K/S values and a stiffer touch of the fabrics which is uncomfortable for users. Water-based pigmented inks having the sulphonate group on the pigment surface can be printed on the fabric surface pre-treated with chitosan molecules which have the protonated amino groups to give good color appearance. It is anticipated that this type of ink can be applied to any textile surface which has been pre-treated with the protonated chitosan. Ionic interactions between the sulphonate group of the pigment and protonated amino groups of chitosan in conjunction with polyacrylate binder enhance colour strength, widen colour gamut and chroma, and produce good adhesion for fabric operational properties such as wash fastness and crock fastness.

Keywords: Anionic functional group, Surface-modified pigments, Ink jet, Fabric pre-treatment, Chitosan, Silk fabric, Polyacrylate emulsion binder

การพิมพ์ผ้าไหมด้วยหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตชนิดผิวสารสีมีประจุลบ/สารยิด

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อเตรียมหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตชนิดผิวสารสีมีประจุลบผสมกับสารยิดเพื่อพิมพ์ผ้าไหมปรับผิวผ้าด้วยสารละลายไคโทซานประจุลบ นำสารสีผิวมีประจุลบ 4 สี ได้แก่ สีฟ้าเขียว สีม่วงแดง สีเหลือง และสีดำ ใช้สัดส่วนของสารสีต่อสารยิด เป็น 1: 6.4 สำหรับสีหมึกพิมพ์สีฟ้าเขียว สีม่วงแดงและสีเหลือง ส่วนสีหมึกพิมพ์สีดำมีสัดส่วนเป็น 1:3.4 ผสมองค์ประกอบในหมึกพิมพ์ตามลำดับดังนี้ สารละลายของสารสีซึ่งการกระจายมาแล้วในพอลิเมอร์ ร้อยละ 8 ไตเอทิลีนไกลคอลร้อยละ 10 ไกลคอลร้อยละ 5 ยูเรียร้อยละ 10 อิมัลชันพอลิอะครีเลตไบน์เดอร์ร้อยละ 10 และน้ำกลั่นร้อยละ 55 ผสมและเขย่าให้เข้ากัน กรองด้วยเมมเบรนพิเศษเพื่อกรองอนุภาคขนาดใหญ่ออกไป นำหมึกพิมพ์ที่เตรียมได้ทั้งหมดไปวัดขนาดอนุภาค ความต่างศักย์ซีตา สัญฐานวิทยาของอนุภาค ความหนืด แรงตึงผิว และค่าความเป็นกรด-เบสของหมึกพิมพ์ นำหมึกพิมพ์ทั้งสี่สับริจในตลับพิมพ์และนำไปพิมพ์ผ้าไหมที่ไม่ผ่านการจุ่มรีดและผ้าที่ผ่านการจุ่มรีดด้วยสารละลายไคโทซานด้วยเครื่องพิมพ์อิงก์เจ็ตที่ขับเคลื่อนการพิมพ์ด้วยแรงดันเปียร์โซ นำผ้าพิมพ์เหล่านี้ไปอบและวิเคราะห์คุณภาพของสีพิมพ์ด้านแกมมัตสี ความทนการซัก และความทนการขีดข่วนและขัดถู หมึกพิมพ์สูตรชุดนี้ที่กำหนดสามารถพ่นหมึกได้เส้นหมึกพิมพ์สมบูรณ์ ลักษณะการพ่นหมึกเชื่อถือได้ และมีความเสถียรของสารสีในหมึกพิมพ์เก็บได้นาน 1 ปี ผ้าพิมพ์ที่ปรับผิวด้วยไคโทซานมีค่าแกมมัตสีกว้างกว่าและมีความอึดตัวของสีมากกว่าผ้าที่ไม่ได้ปรับผิว ความทนการขีดข่วนและขัดถู และความทนการซักของผ้าพิมพ์ที่ปรับผิวมีค่ามากกว่าผ้าพิมพ์ที่ไม่ปรับผิว สารสีที่ดัดแปรด้วยสารเคมีที่ผิวมีความโปร่งใสมาก สีพิมพ์ที่ได้บนผ้าไหมที่จุ่มรีดด้วยสารละลายไค

โทซานจึงมีค่า K/S ไม่สูง เพราะปริมาณที่จำกัดของไคโทซานที่ละลายได้เฉพาะในกรดที่มีค่าความเป็นกรด-เบสต่ำกว่า 4 และปริมาณไคโทซานที่มากขึ้นบนผ้าไหมก็จะทำให้สีพิมพ์มีค่า K/S มากขึ้นแต่ผ้าพิมพ์มีความกระด้างมากขึ้น ผู้ใช้จำเป็นต้องไม่สบายมือและไม่สบายเมื่อสวมใส่ หมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตรฐานน้ำที่มีกลุ่มซัลโฟเนตประจุบนผิวของสารสีพิมพ์ได้สัมผัสดีขึ้นบนผ้าที่ปรับผิวด้วยไคโทซานที่มีประจุบวกจากการเติมโปรตอนในกลุ่มเอมิโน เป็นที่คาดว่า หมึกพิมพ์กลุ่มนี้สามารถใช้ได้กับผ้าได้ทุกชนิดที่ได้รับการปรับผิวก่อนพิมพ์ด้วยไคโทซานประจุบวก พันธะไอออนระหว่างกลุ่มซัลโฟเนตประจุลบกับสารไคโทซานประจุบวกเมื่อเสริมกับสารยึดพอลิอะคริเลต จะช่วยส่งผลให้สีพิมพ์มีความอึดตัวมากขึ้น สีในแกมมูกว้างขึ้น และเกิดแรงยึดติดมากขึ้น ทำให้ทนการซักและการขีดข่วนและการขัดถูมากขึ้น

คำสำคัญ: หมู่ฟังก์ชันประจุลบ, สารสีดัดแปรผิว, หมึกพิมพ์อิงก์เจ็ต, สารปรับผิวผ้า, ไคโทซาน, ผ้าไหม, สารยัดอิมัลชันพอลิอะคริเลต

7.3 Simulation of Printed Images on Silk Fabric by Ink Jet Printer

Silk fabric is a fabric in which its gloss is perceived differently in comparison with other fabrics due to its specific reflectance. This research measured a Bidirectional Reflectance Distribution Function (BRDF) of three types of silk fabric having different weaving styles in conjunction with reflectance characteristics. We measured BRDF of the silk fabrics and its reflection model was then proposed. The proposed reflection model incorporates a specular reflection lobe and diffuse reflection lobe. The proposed model and the measured BRDF of the three silk fabrics were fitted by the least-square error method. The measured BRDF of the silk fabric were also fitted with Phong reflection model, Oren-Nayar reflection model and Torrance-Sparrow reflection. It was found that the proposed model fitted better with the measured BRDF than did the general models of Phong-reflection, Oren-Nayar reflection, and Torrance-reflection. The proposed model can thus be used to approximate, analyze and elucidate the characteristics of light reflection of the three silk fabrics.

Key words: BRDF, silk fabrics, reflection model.

การวัด Bidirectional Reflectance Distribution Function และการจำลองแบบการสะท้อนแสงของผ้าไหม

ผ้าไหมเป็นสิ่งทอที่มีความมันวาวมากกว่าสิ่งทอประเภทอื่น เนื่องจากผ้าไหมมีลักษณะการสะท้อนแสงที่มีความเฉพาะตัว ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาลักษณะการสะท้อนแสงของผ้าไหม โดยวัดค่า BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function) และนำเสนอแบบจำลองการสะท้อนแสงของพื้นผิวผ้าไหมที่คำนึงถึงการสะท้อนของแสงพุ่งและแสงกล้ำ โดยใช้วิธีการหาค่าความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด (least-square error) หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดกับแบบจำลอง เมื่อทดสอบแบบจำลองที่ได้พบว่า แบบจำลองที่นำเสนอมีความสัมพันธ์กับ BRDF ที่วัดได้ของผ้าไหมมากกว่าแบบจำลองการสะท้อนแสงที่มีอยู่ทั่วไป ได้แก่ แบบจำลองการสะท้อนแสงของ Phong reflection model, แบบจำลองการสะท้อนแสงของ Oren-Nayar reflection model และแบบจำลองการสะท้อนแสงของ Torrance-Sparrow reflection model ผู้วิจัยสามารถพยากรณ์ค่าการสะท้อนแสง วิเคราะห์ และอธิบายลักษณะการสะท้อนแสงของผ้าไหมได้จากแบบจำลองที่นำเสนอ

คำสำคัญ : บิอาร์ดีเอฟ, ผ้าไหม, แบบจำลองการสะท้อนแสง

7.4 Effects of Chitosan and Glycine Pretreatment on Polyester Fabric Printed by Ink Jet Ink

The effects of pretreatment solutions of chitosan (CS) and glycine (Gly) on polyester fabric and their printing results were investigated. The polyester fabrics were padded with CS (4% w/v) or Gly (5% w/v) solution prior to printing with a set of seven-color pigmented water-based jet inks from a piezo-electric jet printer. Hydrophobicity/hydrophilicity of the untreated and treated polyester fabrics was measured by wicking test. K/S values and color difference of the polyester printed fabrics were investigated. The printed fabric with Gly pretreatment had the higher K/S values and color difference than those with CS pretreatment due to its interaction with color inks. Gly increased hydrophilicity of the treated polyester fabric, while CS markedly decreased the hydrophilicity. Interaction between the pretreatment agent and the active groups on pigment color development was elucidated.

Keywords: Chitosan, Glycine, Polyester fabric, Ink jet printing

ผลของการปรับผิวด้วยไคโทซานและไกลซีนบนผ้าพอลิเอสเตอร์พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ต

ได้ศึกษาและวิเคราะห์ผลของการปรับผิวด้วยสารละลายไคโทซาน (CS) และไกลซีน (Gly) บนผ้าพอลิเอสเตอร์และผลการพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ต นำผ้าพอลิเอสเตอร์ไปจุ่มรีดด้วยสารละลายไคโทซานความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรตัวทำละลาย หรือ Gly ร้อยละ 5 ก่อนพิมพ์ด้วยชุดหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตสารสีฐานน้ำ 7 สี จากเครื่องพิมพ์แบบเปียร์โซ หาความไม่ชอบน้ำและความชอบน้ำบนผิวผ้าที่ไม่ปรับผิวและปรับผิวด้วยวิธีวัดการซึมน้ำ (wicking test) วัดค่า K/S และ ΔE (ความแตกต่าง) ของสีบนผ้าพิมพ์ ผ้าพิมพ์ที่ปรับผิวด้วย Gly ให้ค่า K/S และ ΔE ของสีพิมพ์มากกว่าผ้าพิมพ์ที่ปรับผิวด้วย CS ส่วน Gly เพิ่มความชอบน้ำของผ้าพอลิเอสเตอร์ ในขณะที่ CS ลดความชอบน้ำอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากชนิดของสารปรับผิวมีปฏิสัมพันธ์กับสารสีของหมึกพิมพ์แตกต่างกัน งานวิจัยนี้จึงได้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสารปรับผิวกับหมู่ฟังก์ชันที่ไวต่อการพัฒนาสีของสารสี

คำสำคัญ: ไคโทซาน, ไกลซีน, พอลิเอสเตอร์, การพิมพ์อิงก์เจ็ต

7.5 Effects of Ink Formulation Containing Surface-Modified Pigmented Jet Inks on Jettability

Six surface-modified pigmented inkjet inks comprising black, cyan, magenta, yellow, light cyan, and light magenta colors were prepared with a pigment-to-binder ratio of 1:2. Styrene-acrylic acid emulsion was used as a binder. Fluid system composed of diethylene glycol and glycerol was examined by varying their ratios to adjust the ink viscosity. Overall particle size of pigment and polymer emulsion was controlled within the range of 100 to 300 nm. Surface tensions were varied by surfactant concentration. The range of viscosity and surface tension affecting the jettability were investigated. Good jettability range was found in a viscosity-surface tension operation window in each series of ink formulation 5 which could produce the complete test patterns.

Key words: Ink formulation, Surface modified pigment, Viscosity, Surface tension, Ink jet ink, Jetting

ผลขององค์ประกอบของหมึกพิมพ์ในหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทที่มีสารสีดัดแปรผิวต่อการพ่นหมึก

ได้เตรียมหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทประเภทสารสีจากสารสีดัดแปรผิว 6 ชนิด ซึ่งมีสารสีสีดำ สีฟ้าเขียว สีเหลือง สีม่วงแดง สีฟ้าเขียวอ่อน และสีม่วงแดงอ่อน ในสัดส่วนของสารสีต่อสารยึด 1 ต่อ 2 โดยมีอิมัลชันของสไตรีนและอะคริลิกแอซิดเป็นสารยึด แปรสัดส่วนของไดเอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรอลซึ่งเป็นระบบของไหลของหมึกพิมพ์ เพื่อปรับความหนืดของหมึกพิมพ์ให้ทำงานได้ ปรับขนาดอนุภาคของสารสีและขนาดของอนุภาคอิมัลชันพอลิเมอร์โดยเฉลี่ยให้อยู่ในช่วง 100 ถึง 300 นาโนเมตร ปรับแรงตึงผิวของหมึกพิมพ์ด้วยความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวที่คัดเลือก ช่วงของความหนืดและแรงตึงผิวของหมึกพิมพ์แต่ละสีมีผลต่อความสามารถในการพ่นหมึกพิมพ์ ได้ศึกษาช่วงหน้าต่างที่ให้อบเขตของความหนืดและแรงตึงผิวที่พ่นหมึกพิมพ์ได้ของหมึกพิมพ์แต่ละสีในแต่ละสูตรหมึก พบว่า หมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทสูตร 5 ซึ่งสามารถพิมพ์เส้นหมึกทุกสีได้รูปแบบของเส้นสมบูรณ์ที่สุด

คำสำคัญ: สูตรหมึกพิมพ์, สารสีดัดแปรผิว, ความหนืด, แรงตึงผิว, หมึกพิมพ์อิงค์เจ็ท, การพ่นหยดหมึก

4. ผลงานที่ได้จากโครงการ

4.1 ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ/หนังสือ/สิทธิบัตร

ก. ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ

1. Nakason, C., Wohmang, T.; Kaesaman, A., Kiatkamjornwong, S. 2010. Preparation of Cassava Starch-Graft-Polyacrylamide Superabsorbents and Associated Composites by Reactive Blending, Carbohydrate Polymers, 81, 348–357.
2. Vallapa, N., Wiarachai, O., Thongchul, N., Pan, J., Tangpasuthadol, V., Kiatkamjornwong, S., Hoven, P. V. 2011. Enhancing antibacterial activity of chitosan surface by heterogeneous quaternization, Carbohydrate Polymers, 83, 868–875.
3. Noppakundilograt, S., Nanakorn, P., Jinsart, W., Kiatkamjornwong, S. 2010. Synthesis of Acrylamide/acrylic acid-Based Aluminum Flocculant for Dye Reduction and Textile Wastewater Treatment, Polymer Engineering and Science, 50(8), 1535–1546.
4. Kangwansupamonkon, W., Jitbunpot, W., Kiatkamjornwong, S. 2010. Photocatalytic efficiency of TiO_2 /poly[acrylamide-co-(acrylic acid)] composite for textile dye degradation, Polymer Degradation and Stability, 95, 1894 – 1902.
5. Seetapan, N., Wongsawaeng, J., Kiatkamjornwong, S., 2011, Gel strength and swelling of acrylamide-protic acid superabsorbent copolymers, Polymer for Advanced Technologies, DOI: 10.1002/pat.1658, online.
6. Fongfung, D., Seetapan, N., Phattananudee, S., Kiatkamjornwong, S. 2011. Synthesis of acrylamide /itaconic acid superabsorbent polymers and superabsorbent polymer/mica nanocomposites. Polymer for Advanced Technologies, 22, 635 – 647.
7. Limparyoon, N., Seetapan, N., Kiatkamjornwong, S. 2011. Acrylamide/2-acrylamido-2-methylpropane Sulfonic Acid and Associated Sodium Salt Superabsorbent Copolymers with Mica Nanocomposites as Fire Retardants, Polymer Degradation and Stability, 96, 1054 –1063
8. Seetapan, N., Nattawut Limparyoon, N., Kiatkamjornwong, S. 2011. Effect of fire retardant on flammability of acrylamide and 2-acrylamido-2-methylpropane sodium sulfonate copolymer nanocomposites, Polymer Degradation and Stability, doi:10.1016/j.polymdegradstab.2011.06.014

9. Seetapan, N., Srisithipantakul, N., and Kiatkamjornwong, S. 2011. Synthesis of acrylamide-co-(itaconic acid) superabsorbent polymers and associated silica superabsorbent polymer composites, *Polymer Engineering and Science*, 51(4), 764–775.

10. Noppakundilokrat, S., Buranagul, P., Graisuwan, W., Chawan Koopipat, C., Kiatkamjornwong, S. 2010. Modified Chitosan Pretreatment of Polyester Fabric for Printing by Ink Jet Ink, *Carbohydrate Polymers*, 82, 1124–1135.

11. Chakvattanatham, K., Phattananurdee, S., Kiatkamjornwong, S. 2010. Anionically surface-modified pigment/binder in jet inks for silk fabric printing. *Pigment & Resin Technology*, 39(6), 327–341.

ข. วารสารในประเทศ

12. Suda Kiatkamjornwong, Boonyakiat Chaiteprasith, Chawan Koopipat, 2010. Measurement of BRDF and Modeling Reflectance of Silk Fabrics, *Journal of the Royal Institute of Thailand*, 35(1), 109–117.

ค. บทความที่อยู่ระหว่างการแก้ไขและการพิจารณาของวารสาร

13. Somporn Chaiarekij, Apiporn Apirakchaiskul, Kuntinee Suvarnakich, and Suda Kiatkamjornwong, 2011. Kapok I: Properties investigation of kapok fiber as a potential pulp source for papermaking, *Bioresources*, under revision.

14. Noppakundilokrat, S., Sonjaipanich, K., Thongchul, N., Kiatkamjornwong, S. 2011. Syntheses, Characterization and Antibacterial Activity of Chitosan Grafted Hydrogels and associated mica containing nanocomposite hydrogels, *Journal of Applied Polymer Science*, under revision.

15. Orphan Wiarachai, Nuttha Thongchul, Suda Kiatkamjornwong, Voravee P. Hoven, Surface-quaternized chitosan particles as an alternative and effective organic antibacterial filler, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, under review.

16. Navagan Rachanark, Varawut Tangpasuthadol, Suda Kiatkamjornwong, Improvement of tensile modulus and tear strength of natural rubber dipped films by vinylated silica generated in situ, *Polymer International*, under review.

17. Stéphane Dubascoux, Chalao Thepchalerm, Eric Dubreucq, Suwaluk Wisunthorn, Laurent Vaysse, Suda Kiatkamjornwong, Charoen Nakason, Frédéric Bonfils. Comparative

study of the mesostructure of natural and synthetic polyisoprene by SEC-MALS and AF4-MALS, Journal of Chromatography A., under review.

18. Graisuwan, W.; Ananthanawat, C.; Wiachai, O.; Puthong, S.; Su, X. D.; Thongchul, N.; Kiatkamjornwong, S.; Hoven, V. P. Multilayer Thin Films Assembled from Charged Derivatives of Chitosan: Formation and Biological Responses, Langmuir, in language check.

19. Somporn Chaiarekij, Thippawan Hommaivai, Kuntinee Suvarnakich, and Suda Kiatkamjornwong, Kapok II: Pretreatment of kapok fibers for pulping and papermaking Bioresources, in revision before submitting to Bioresources.

20. Roongkarn Nuisin, Jaruwan Kongsil, Suda Kiatkamjornwong Microencapsulation of menthol via glass membrane emulsification and controlled release, to be submitted to Colloids and Surfaces A: Physicochemicals and Engineering Aspects, in language check.

21. Charoen Nakason, Yeampon Nakaramontee, Azizon Kaesaman, Wiyong Kangwansukpamonkon, and Suda Kiatkamjornwong' Synthesis and Characterization of Water Swellable Natural Rubber Composites, in final check of figures and tables.

ง. บทความที่จะร่างจากงานวิจัยที่เพิ่งปิดโครงการวิจัยเมื่อเดือนพฤษภาคม 2554

22. Supaporn Noppakundilokrat, Thayarat Petcharat, Suda Kiatkamjornwong. Synthesis and characterization of controlled released NPK fertilizer hydrogel.

23. Wiyong Kangwansupamonkon, Wailawan Tiertrakulwattana, Pitt Suphapol, Suda Kiatkamjornwong. Surface modification of electrospun chitosan nanofiber for antibacterial activity.

24. Wasinee Sakathok, Suda Kiatkamjornwong, Varawut Tangpasuthadol. Physical properties of MMA grafted natural rubber film reinforced with *in situ* generated silica.

25. Sopinya Choopromkaw, Supaporn Noppakundilokrat, Suda Kiatkamjornwong, 2010, Synthesis, characterization and controlled release of hydrogel from collagen grafted poly[(acrylic acid)-co-(methacrylic acid)]

จ. สิทธิบัตร

1. สุธา เกียรติกำจรวงศ์, วลาสินี จิตบรรพต, วิยงค์ กังวานสุขมงคล, กนิษฐา บุญภาวนิชกุล คอมพอสิตพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากที่สามารถแตกสลายตัวเองได้โดยอาศัยการกระตุ้นด้วยรังสีอัลตราไวโอ เลต เลขที่คำขอ 1001001273 วันที่ 26 กันยายน 2553

2. สุดา เกียรติกำจรวงศ์, ญัตติ ลิมประยูร, นิสภา ศีตพันธ์ 2553 เจลอิ้มลชันวัสดุเชิงประกอบ พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากและเจลอิ้มลชันพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากที่มีสมบัติหน่วงการติดไฟ เลขที่คำขอ 1101000208 วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2554

3. สุดา เกียรติกำจรวงศ์ สุภาภรณ์ นพคุณดิลกรัตน์ ญัตติธยาน์ เพชรรัตน์ ปุ๋ยละลายช้าและกรรมวิธีการผลิตปุ๋ยละลายช้าดังกล่าว ยื่นผ่านสถาบันทรัพย์สินทางปัญญาเมื่อ 1 มิถุนายน 2554 ขณะนี้อยู่ทางสถาบันพิจารณาแก้ไขเนื้อหาในแง่กฎหมาย คาดว่าจะสามารถส่งไปยังกรมทรัพย์สินทางปัญญาในเดือนกันยายน 2554

4. สุดา เกียรติกำจรวงศ์ สุภาภรณ์ นพคุณดิลกรัตน์ สวเนตร์ วงศ์แป้น ลิตสา วงศ์ศิริทรัพย์ สารปรับสภาพผิวผ้าจากไคโทซานดัดแปรละลายน้ำได้สำหรับการพิมพ์ระบบอิงก์เจ็ต ยื่นผ่านสถาบันทรัพย์สินทางปัญญาเมื่อ 10 พฤษภาคม 2554 ขณะนี้อยู่ทางสถาบันพิจารณาแก้ไขเนื้อหาในแง่กฎหมาย คาดว่าจะสามารถส่งไปยังกรมทรัพย์สินทางปัญญาในเดือนกันยายน 2554

5. สุดา เกียรติกำจรวงศ์ สุภาภรณ์ นพคุณดิลกรัตน์ ปัญช์ธร บุรณะกุล สารปรับสภาพผิวผ้าจากไคโท ซานดัดแปรสำหรับผ้าพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ต ยื่นผ่านสถาบันทรัพย์สินทางปัญญาเมื่อ 2 มิถุนายน 2554 ขณะนี้อยู่ทางสถาบันพิจารณาแก้ไขเนื้อหาในแง่กฎหมาย คาดว่าจะสามารถส่งไปยังกรมทรัพย์สินทางปัญญาในเดือนกันยายน 2554

4.2 ความก้าวหน้าในการสร้างทีมวิจัย

4.2.1 การสำเร็จการศึกษาของนักศึกษาปริญญาเอกและปริญญาโท

1. นางสาวจิราพร วงแสง นิสิตปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2551

2. นางสาววิไลพร ไกรสุวรรณ ปริญญาโท หลักสูตรปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาในเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2551

3. นางสาวรณยา บุญเวช สาขาเทคโนโลยียางและวิทยาการพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี สำเร็จการศึกษาเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2551

4. นางสาววลาสินี จิตรบรรพต นิสิตปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2551

5. นายอภิพร อภิรักษ์ชัยสกุล ปริญญาโท หลักสูตรเทคโนโลยีเยื่อและกระดาษ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2551

6. นายกิตติชัย สนใจพาณิชย์ ปริญญาโท หลักสูตรปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2552

7. นางสาวซารีนนา ชะยานัย สาขาเทคโนโลยียางและวิทยาการพอลิเมอร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี สำเร็จการศึกษาเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2552
8. นางสาวอรพรรณ เวียรชัย ปริญญาโท หลักสูตรปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553
9. นายนายตออา เวอะเม็ง สาขาเทคโนโลยียางและวิทยาการพอลิเมอร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี สำเร็จการศึกษาเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553
10. นายเยี่ยมพล นัครามนตรี สาขาเทคโนโลยียางและวิทยาการพอลิเมอร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี สำเร็จการศึกษาเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553
11. นายณัฐวุฒิ ลัมประยูร ปริญญาโท หลักสูตรปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553
12. นางสาวจิตติมา มีบึงพร้าว ปริญญาโท หลักสูตรปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553
13. นายนวกานต์ ราชนาค ปริญญาโท หลักสูตรปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553
14. นายบุญยเกียรติ ฉายเทพประสิทธิ์ ปริญญาโท หลักสูตรเทคโนโลยีทางภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553
15. นางสาวทิพย์วรรณ หอมไม้วายุ ปริญญาโท หลักสูตรเทคโนโลยีเยื่อและกระดาษ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554
16. นางสาวณัฐธยาน์ เพชรรัตน์ นิสิตปริญญาโท หลักสูตรปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554
17. นางสาวจรรุวรรณ ครองศิลป์ นิสิตปริญญาโท หลักสูตรปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554
18. นางสาวโสภัญญา ชูพรหมแก้ว นิสิตปริญญาโท หลักสูตรปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554
19. นางสาวสันนิภา พัฒนปิยะทรัพย์ นิสิตปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554
20. นางสาวสุทธาทิพย์ เลชาลาวัฒน์ นิสิตปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554
21. นางสาวสุภาณี พิพัฒน์วิทยา นิสิตปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554

4.2.2 จำนวนหัวหน้าโครงการและนักวิจัยประจำโครงการ ณ วันที่ 1 สิงหาคม 2554

รายนามกลุ่มวิจัย ปี 2550-2554

1. อาจารย์นักวิจัย

ชื่อ-นามสกุล	เริ่มร่วมเข้าโครงการ			สถานภาพปัจจุบัน	
	ตำแหน่งวิชาการ	สังกัด	ตำแหน่งในโครงการ	ตำแหน่งวิชาการ	ตำแหน่งอื่น
1. ดร. สุดา เกียรติกำจรวงศ์	ศาสตราจารย์ 11	ภาควิชา วท. ภาฟถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	หัวหน้าโครงการ	ศาสตราจารย์ 11 หรือ ศาสตราจารย์ A 1	
2. ดร. พิชช์ ศุภผล	รองศาสตราจารย์ 9	วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักวิจัยและอาจารย์ที่ปรึกษา ร่วม	ศาสตราจารย์ A2 (ศาสตราจารย์ ระดับ 10)	
3. ดร. เจริญ นาคะสรรค์	รองศาสตราจารย์ 9	ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี	หัวหน้าโครงการ	รองศาสตราจารย์ 9	คณบดี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
4. ดร. วรวิทย์ โสโวน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ 8	ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	หัวหน้าโครงการ	รองศาสตราจารย์ 9	
5. ดร. วีรยุทธ วิลวัลย์	รองศาสตราจารย์ 9	ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักวิจัยและอาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ 9	อยู่ในขั้นตอนการพิจารณาตำแหน่ง ศาสตราจารย์ ระดับ 10

			รวม			
6. ดร. วราวุฒิจึงพสุธาดล	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ 7	ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	หัวหน้าโครงการย่อย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ 8		
7. อาชีวัน แกสमान	รองศาสตราจารย์ 8	ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี	นักวิจัย	รองศาสตราจารย์ 9	รองคณบดี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	
8. ดร. สุภาภรณ์ นพคุณดิลกรัตน์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ 7	ภาควิชา วท. ภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	หัวหน้าโครงการย่อย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ 8	รองหัวหน้าภาควิชา ภาควิชา วท. ภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	
9. ดร. ชวาล คุรุพัฒน์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 7	ภาควิชา วท. ภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	หัวหน้าโครงการย่อย	นักวิจัย		
10. ดร. นิสภา คีตบุญย์	นักวิจัย P 3	ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	หัวหน้าโครงการย่อย	นักวิจัย P 3		
11. ดร. รุ่งกานต์	อาจารย์พนักงาน	ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป	หัวหน้าโครงการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์		

ผู้สนับสนุน	มหาวิทยาลัย A 5	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ย่อย	พนักงานมหาวิทยาลัย A 4	
12. ดร. วัยงค์ กัณวานศุภมงคล	นักวิจัย P 3	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	หัวหน้าโครงการย่อย	นักวิจัย P 3	หัวหน้าโครงการศูนย์วิจัย ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
13. สมพร ชัยอารีย์ กิจ	อาจารย์พนักงาน มหาวิทยาลัย A 5	ภาควิชา วท. ภาพถ่ายและ เทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะ วิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย	หัวหน้าโครงการย่อย	อาจารย์พนักงาน มหาวิทยาลัย A 5	
14 ดร. กุณที สุวรรณกิจ	อาจารย์พนักงาน มหาวิทยาลัย A 5	ภาควิชา วท. ภาพถ่ายและ เทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะ วิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย	นักวิจัย	อาจารย์พนักงาน มหาวิทยาลัย A 5	

2. รายนามหนังสือผู้ช่วยวิจัยที่กำลังศึกษา

ชื่อ-นามสกุล	เริ่มร่วมเข้าโครงการ		
	สาขา/ระดับการศึกษา	สังกัด	ประมาณการสำเร็จการศึกษา
นางสาวลลิตา เตียวตระกูลวัฒน์	ปีตรีเคมี ฯ /โท	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ภาคต้น ปีการศึกษา 2554
นางสาววาสนา สากะโทก	ปีตรีเคมี ฯ /โท	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ภาคต้น ปีการศึกษา 2555
นางสาวเพียงหยก พิบูลย์	ปีตรีเคมี ฯ /โท	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ภาคต้น ปีการศึกษา 2555
นางสาวนิตยา สรรค์ตัน อมสุวรรณ์	ปีตรีเคมี ฯ /โท	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ภาคต้น ปีการศึกษา 2555
นายณัฏฐ์ คล้ายแก้ว	ปีตรีเคมี ฯ /โท	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ภาคต้น ปีการศึกษา 2555
นางสาวปิยะพร อรรคฮาด	ปีตรีเคมี/เอก	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ภาคปลาย ปีการศึกษา 2554
นางสาววิไลพร ไกรสุวรรณ	ปีตรีเคมี/เอก	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ภาคต้น ปีการศึกษา 2555
นางสาวเจลา เทพเฉลิม	เทคโนโลยีพอลิเมอร์/เอก	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (วิทยาเขตปัตตานี)	ภาคต้น ปีการศึกษา 2556

4.3 การนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

ได้ประชาสัมพันธ์ผลงานบางประเภทสู่เกษตรกรและหนังสือพิมพ์ ดังตัวอย่างข่าวที่ได้ประชาสัมพันธ์ไปยังสื่อต่าง ๆ ดังตัวอย่างการประชาสัมพันธ์ 1 เรื่อง



ข่าวประชาสัมพันธ์

นักวิจัยจุฬาฯ ผลิตกรีนพอลิเมอร์ย่อยสลายเร็วด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

ปัจจุบันพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาก หรือไฮโดรเจล เป็นที่สนใจและถูกนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายด้าน เนื่องจากมีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้สูง มีสมบัติในการบวมน้ำและสามารถเก็บกักน้ำไว้ในโครงสร้างได้มากกว่า 20 เท่าของน้ำหนักพอลิเมอร์แห้งและไม่ละลายน้ำ

ในด้านเกษตรกรรม มีการนำพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากไปใช้ในการทำสวนประดับ ซึ่งจะช่วยในการปรับปรุงคุณภาพดิน โดยเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำ และปล่อยน้ำสู่ดินและรากพืช เป็นการรักษาความสมดุลของความชื้นในดิน และช่วยกักเก็บสารอาหารของพืชที่ละลายในเจลพอลิเมอร์

ขณะที่ด้านอุตสาหกรรม มีการนำพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากมาใช้ทำผลิตภัณฑ์เพื่อสุขอนามัย ผ้าอ้อมเด็ก ผ้าอ้อมผู้สูงอายุ และผ้าอ้อมผู้ป่วย กระดาษชำระ เป็นต้น ด้านการแพทย์ได้นำไปทำผ้าพันแผล ใช้เป็นสารควบคุมอัตราการปล่อยยาสำหรับผู้ป่วย ด้านอาหารนำมาใช้เป็นสารป้องกันการรั่วซึมของของเหลวในภาชนะบรรจุอาหาร นอกจากนี้ยังนำมาใช้ในงานด้านอื่น ๆ เช่น สารดับเพลิง หิมะเทียม หมึกพิมพ์ เป็นต้น

อย่างไรก็ตามพอลิเมอร์ดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์จากปิโตรเคมี ซึ่งต้องใช้ระยะเวลานานหลายร้อยปีในการแตกสลาย หรือไม่สามารถแตกสลายได้เองตามธรรมชาติ ประกอบกับปัจจุบันมีแนวโน้มการใช้พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน จึงก่อให้เกิดขยะและปัญหาด้าน

สิ่งแวดล้อมตามมา ขณะนี้หลายประเทศเริ่มต้นตัวและพยายามหาทางแก้ไขพัฒนาวัสดุต่าง ๆ ที่จะสามารถแตกสลายได้เองตามธรรมชาติ

ศ.ดร.สุดา เกียรติกิจารวงศ์ เมธีวิจัยอาวุโส สกว. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางการพิมพ์และเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก ฝ่ายวิชาการ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เพื่อทำวิจัยและพัฒนาวัสดุพอลิเมอร์สีเขียว และประโยชน์ใช้งาน

ศ.ดร.สุดา เปิดเผยว่า คณะวิจัยได้ผลิตพอลิเมอร์คอมพอสิตดูดซับน้ำมากที่มีลักษณะเป็นก้อน วุ้นหรือเจลใส หรือเป็นของเหลวที่มีความหนืดสูงและตกตะกอนก้อนเจลที่ได้เป็นก้อนแข็งและบดให้มีขนาดเล็กต่อไป พอลิเมอร์ที่ผลิตได้สามารถดูดซับสีย้อมสิ่งทอและสามารถแตกสลายทั้งสีย้อมและตนเองได้ โดยอาศัยการกระตุ้นด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตจากแหล่งกำเนิดรังสีหรือจากดวงอาทิตย์ที่มากพอ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติและโครงสร้างทางเคมีจนแตกสลายภายในเวลาอันรวดเร็วเพียงพอที่จะไม่ทำให้เกิดการสะสมของเสียต่อภาวะแวดล้อม นอกจากนี้พอลิเมอร์คอมพอสิตดูดซับน้ำมากยังสามารถดูดซับและแตกสลายสีย้อมสิ่งทอที่ก่อให้เกิดน้ำเสียหลังกระบวนการย้อมเสร็จสิ้นได้อีกด้วย

จากการทดสอบการแตกสลายสีย้อมของสิ่งทอ พบว่าสีย้อมที่ถูกดูดซับด้วยพอลิเมอร์คอมพอสิตดูดซับน้ำมาก จะแตกสลายได้หมดภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 20-40 นาที และเมื่อนำในระยะเวลา 24 ชั่วโมง พอลิเมอร์คอมพอสิตดูดซับน้ำมากจะแตกสลายกลายเป็นของเหลวใสจนเหลือเพียงอนุภาคไททานเนียมไดออกไซด์ปริมาณน้อยมาก

“พอลิเมอร์ดังกล่าวจัดได้เป็นวัสดุสีเขียวที่สามารถช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม และเป็นวัสดุที่สามารถนำมาใช้กับอุตสาหกรรมได้หลากหลายประเภท เนื่องจากมีความสามารถในการแตกสลายตัวเองได้ภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลตในระยะเวลาอันสั้น จึงมีประโยชน์ทั้งในด้านธุรกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม อีกทั้งสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคอีกด้วย ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ยื่นจดสิทธิบัตรเป็นที่เรียบร้อยแล้ว” ศ.ดร.สุดา กล่าวสรุป

นิธิปรีชา จันทวงศ์

เจ้าหน้าที่บริหารโครงการ

ฝ่ายวิชาการ สกว.

0-2278-8249