

Abstract (ภาษาอังกฤษและภาษาไทย)

โครงการส่งเสริมกลุ่มวิจัยนี้ประกอบด้วยโครงการวิจัยย่อยจำนวน 6 โครงการดังต่อไปนี้ ซึ่งได้ผลงานที่สามารถสรุปเนื้อหาของบทความวิจัยแต่ละบทความดังนี้

- โครงการย่อยที่ 1 Utilization of Synthetic Polymers in Environmental Treatment
การใช้พอลิเมอร์สังเคราะห์ในการบำบัดทางสิ่งแวดล้อม
- โครงการย่อยที่ 2 Influence of Additives on Acrylamide Superabsorbent Polymer Performance
อิทธิพลของสารเติมแต่งต่อสมรรถภาพของพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากชนิดอะครีลาไมด์
- โครงการย่อยที่ 3 A Novel Method for Producing NR-Silica Composites from Sol-Gel Process of Silane in Latex
วิธีใหม่สำหรับผลิตคอมโพสิตของยางธรรมชาติและซิลิกาจากกระบวนการโซล-เจลของไซเลนในน้ำยาง)
- โครงการย่อยที่ 4 Thermoplastic Elastomer of Polyethylene and Natural Rubber Blends
เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์จากพอลิเอทิลีนผสมของยางธรรมชาติกับพอลิเอทิลีน
- โครงการย่อยที่ 5 Biofouling of Surface-Charged Chitosan and Assembled Thin Film of Chitosan and Its Charged Derivative
ไบโอฟาวลิงของพื้นผิวไดโทซานที่มีประจุและฟิล์มประกอบแบบบางของไดโทซานและอนุพันธ์ที่มีประจุ
- โครงการย่อยที่ 6 Characterization of Silk Fabric Print Quality by Ink jet Ink
การตรวจสอบสมบัติการพิมพ์ผ้าไหมด้วยหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ต

English Abstract

โครงการย่อยที่ 1

Utilization of Synthetic Polymers in Environmental Treatment

การใช้พอลิเมอร์สังเคราะห์ในการบำบัดทางสิ่งแวดล้อม

โครงการนี้มีบทความ 4 บทความ ที่ดำเนินการแล้วดังนี้คือ

Synthesis and Characterization of Cassava Starch Graft Poly(acrylic acid) and Poly[(acrylic acid)-*co*-Acrylamide] and Polymer Flocculants for Wastewater Treatment

Starch-*g*-poly(acrylic acid) and poly[(acrylic acid)-*co*-acrylamide] synthesized via chemically crosslinking polymerization were then each mixed with inorganic coagulants of aluminium sulfate hydrate $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}]$, calcium hydroxide $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, and ferric sulfate $[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3]$ in a proper ratio to form complex polymeric flocculants (CPFs). All CPFs exhibited low water absorbency than those of the uncomplexed superabsorbent copolymers. The color reduction by the CPFs was tested with both synthetic wastewater and selected wastewater samples from textile industries. The synthetic wastewater was prepared from a direct dye in a concentration of 50 mg dm^{-3} at pH 7. The CPFs of poly [(acrylic acid)-*co*-acrylamide] with calcium hydroxide at a ratio of 1:2 is the most effective CPF for the wastewater color reduction. The CPF concentration of 500 mg dm^{-3} could reduce the color of the synthetic wastewater containing the direct dye solution by 95.4% and that of the industrial wastewater by 76%. Starch-*g*-poly(acrylic acid)/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ CPF can reduce the synthetic direct dye and the industrial wastewater by 74% and 18%, respectively. Chemical oxygen demand, residual metal ion concentrations, pHs, and turbidity of the wastewater were also investigated and the potential use of the complex polymer flocculants for textile wastewater treatment was indicated.

Key words: *swelling; radical polymerization; polysaccharides; metal-polymer complexes; hydrogels*

Synthesis and Properties of Solvent Absorptive Methyl Methacrylate-Divinylbenzene Copolymer Beads

Methyl methacrylate-divinylbenzene copolymer beads were synthesized by radical suspension polymerization. The effects of the divinylbenzene concentration and the composition of the toluene/heptane diluent were studied with regard to the polymer bead formation, surface morphology, solvent swelling ratio, and absorption kinetics. The crosslinking density and diluent composition were responsible for solvent swelling. The interaction between the polymer and the diluents is attributed to phase separation, which controls the formation of a network-type or pore-type polymer, or a combination. For the optimum bead swelling in toluene, a combined morphology of more flexible polymer networks and a small amount of pores is essential for the desired absorption-desorption behavior. Dynamic swelling behavior of the polymer beads was elucidated. The mechanism of toluene transport into the beads became more a relaxation control.

Key words: *solvent, absorption-desorption; diluent; bead swelling; transport*

Removal of Congo red and Direct Blue 71 by Acrylamide/Acrylic acid-Based Aluminium Flocculants

Polymeric flocculants of aluminium hydroxide-poly[acrylamide-co-(acrylic acid)], AHAMAA, were synthesized by solution polymerization. The direct dye removal efficiency with a variety of poly[AM-co-AA] and AHAMAA was investigated. It was found that the efficiency of Congo red removal by AHAMAA is better than that of poly[AM-co-AA] synthesized by 4×10^{-3} , 2.3×10^{-4} , 1.6×10^{-4} and 12×10^{-4} mol of the acrylic acid, crosslinking agent, initiator, and co-initiator, respectively. The dye adsorption of AHAMAA is caused by the interaction between the aluminium cation in AHAMAA and the sulphonate anion of Congo red or direct blue 71. In a buffered dye solution system, the adsorption of both dyes decreased in all pH solutions. The AHAMAA can remove Congo red which obeys the Freundlich adsorption isotherm, whereas poly[AM-co-AA] can adsorb Congo red by the diffusion of dye molecules into its hydrogel pores. All the synthesized AHAMAAAs can remove direct blue 71 and obey the Freundlich isotherm whereas poly[AM-co-AA] cannot.

Keywords: *congo red; direct blue 71; aluminium flocculant; anionic polyacrylamide hydrogel; Freundlich isotherm*

Synthesis and Characterization of Acrylamide-based Aluminium Flocculants for Wastewater Treatment

Polymeric flocculants of aluminium hydroxide-poly[acrylamide-*co*-(acrylic acid)] AHAMAA were synthesized by solution polymerization, initiated by ammonium persulfate–*N,N,N',N'*-tetramethylethylenediamine initiator couple using aluminium hydroxide as a coagulant in the presence of acrylamide and acrylic acid as a comonomer pair with *N,N'*-methylenebisacrylamide as a crosslinking agent. The water absorbency, the rheological properties and the residual aluminium ion concentration in AHAMAA were investigated. The residual acrylamide monomer concentration in the polymer was determined. The water absorbency of poly[AM-*co*-AA] was always higher than that of AHAMAA. The water absorbency was found to be related to the storage modulus of the polymers. The storage modulus of AHAMAA was higher than that of poly[AM-*co*-AA] in good agreement with its lower absorbency. The residual aluminium concentration of AHAMAA was in the range of 0.09–0.2 ppm while the residual acrylamide monomer was found in a range of 42.7–67.8 ppm (0.07–0.10%). Poly[Am-*co*-AA] and AHAMAA were tested for turbidity reduction of kaolin suspension which gave satisfactory results.

Key Words: *acrylamide; acrylic acid; aluminium flocculants; turbidity reduction.*

โครงการย่อยที่ 2

Influence of Additives on Acrylamide Superabsorbent Polymer Performance

อิทธิพลของสารเติมแต่งต่อสมรรถภาพของพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากชนิดอะครีลาไมด์

โครงการนี้มีบทความ 4 บทความที่ดำเนินการแล้วดังนี้คือ

Graft copolymerization, characterization, and degradation of cassava starch-g-acrylamide/itaconic acid superabsorbents

Biodegradable superabsorbent polymers were synthesized by graft copolymerization of acrylamide (AM)/itaconic acid (IA) onto cassava starch via a redox initiator system of ammonium persulfate (APS) and *N,N,N',N'*-tetramethylethylenediamine (TEMED), in the presence of *N,N'*-methylenebisacrylamide (N-MBA) crosslinking agent, sodium bicarbonate foaming agent, a triblock copolymer

of polyoxyethylene/polyoxypropylene/polyoxyethylene as a foam stabilizer. The acrylamide-to-itaconic acid ratio, the starch-to-monomer, and concentrations of the crosslinking agent and initiator, on the water absorption of the superabsorbent polymers were investigated. The swelling of starch-g-PAM was 39 g g^{-1} while the starch-g-P(AM-*co*-IA) with the IA content of 0.02–0.15% mole gave the water swelling value in the range of $70\text{--}390 \text{ g g}^{-1}$. By-products of the reaction were removed by water extraction. The starch grafted composites were characterized by FTIR and SEM. Thermal gravimetric analysis was also used for determining the percentage of grafting ratio. Biodegradation of the starch grafted copolymer was carried out using α -amylase. After the α -amylase hydrolysis, the amount of reducing sugar was quantified by DNS method. The hydrolyzed solution gave a negative test with iodine solution and a positive test by Benedict's solution, an indication of the existence of glucose units.

Keywords: *cassava starch; acrylamide; biodegradable; superabsorbent polymer; enzymatic degradation*

Synthesis and Swelling Properties of Poly[acrylamide-*co*-(crotonic acid)] Superabsorbents

Superabsorbent polymers of acrylamide (AAM)/crotonic acid (CA) were synthesized by foamed polymerization in an aqueous solution of AAM with CA as a comonomer, initiated by an initiator couple of ammonium persulfate and *N,N,N',N'*-tetramethylethylenediamine. A crosslinking agent *N,N'*-methylenebisacrylamide, a foaming agent sodium bicarbonate, and a foam stabilizer, a triblock copolymer of polyoxyethylene/polyoxypropylene/polyoxyethylene, were used in the polymerization. The influences of the relative contents of CA, crosslinking agent, and initiator, on the swelling properties of the superabsorbent polymer systems were examined. The superabsorbent polymer synthesized with an AAM/CA ratio of 98:2 by mole, 0.5 wt. % of *N,N'*-methylenebisacrylamide and 1 wt. % of ammonium persulfate at 250 rpm and 50°C for 30 min of polymerization time produced the highest water absorption of 211 ± 9 times its dried weight and could absorb water up to $162 \pm 4 \text{ g g}^{-1}$ of the dry copolymer within 10 min. The electrochemical reaction for acrylamide–crotonic acid polymerization was investigated by cyclic voltammetry. The anodic current indicated that acrylamide acting as an electron donor whereas crotonic acid

performed as an electron acceptor, then providing the cathodic current. The diffusion of water into the superabsorbent polymer was non-Fickian (case II and anomalous). Acrylamide–crotonic acid superabsorbents containing various crosslinker concentrations had a water swelling in the range of 79–289 g g⁻¹. The diffusion coefficients varied between 6.9×10^{-9} and 5.1×10^{-8} cm² s⁻¹. Adsorption of the basic dye by the superabsorbent was a monolayer evaluated by the Langmuir isotherm. The superabsorbents can thus be used to adsorb cationic dyes in textile industry.

Keywords: *copolymerization; crosslinking; cyclic voltammetry; superabsorbent polymer; poly[acrylamide-co-(crotonic acid)]*

Syntheses of 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. The 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 IA concentration, mica content, and crosslinker concentration on the water absorption and physical properties of the superabsorbent polymer and its nanocomposite were examined. Water absorbency of the synthesized copolymers in artificial urine was also investigated. Gel strength of the superabsorbent copolymers and their nanocomposites was tested with a load of 0.28 or 0.70 psi in deionized water. The transmission electron micrographs showed that the polymer chains were intercalated into the silicate layers in the mica and created more network junctions in the matrix polymer as further confirmed by X-ray diffraction. The water absorbency and the artificial urine absorbency of the composite at the AM- to-IA ratio of 95:5 and 5 wt% mica were 748 ± 5 g g⁻¹ and 76 ± 2 g g⁻¹, respectively, while the neat copolymer could give only 640 ± 7 and 72 ± 2 g g⁻¹ g g⁻¹ in water and in artificial urine, respectively. It was suggested by the absorbency under load and viscoelastic behavior that the swollen gel of such nanocomposites exhibited the mechanical rigidity. The 5 wt% mica addition could effectively reinforce the gel strength and enhanced thermal stability of

the synthesized superabsorbent nanocomposites without sacrificing water absorption capacity.

Keywords: *superabsorbent polymer; superabsorbent polymer*

Syntheses of Acrylamide-co-itaconic acid/Silica Superabsorbent Polymer Composites

A series of superabsorbent polymers was synthesized by solution polymerization using a short polymerizing time for acrylamide (AM) and itaconic acid (IA) monomer *via* a redox initiator system of 1.0 %wt ammonium persulfate and 0.20 cm³ of *N,N,N',N'*-tetramethylethylenediamine, the crosslinking agent of 0.5%wt *N,N'*-methylenebisacrylamide, were carried out with a stirring speed of 250 rpm at the temperature 45°C for 30 min. Silica was used as an inorganic filler in the polymerization process to increase strength of the copolymer. The synthesized copolymers were dewatered and precipitated by an excess amount of methanol and dried at 50°C in a vacuum oven for 24 h. The acrylamide-to-itaconic acid ratio, silica types, and silica concentration on the water absorption and absorption kinetics behavior of the polymers were investigated. In addition, the water absorbency of the synthesized copolymer and their polymer composites at various loads (0.28 and 0.70 psi) was investigated. The highest water absorbency of the synthesized copolymer was 233±8 times its dry weight at the AM-to-IA ratio of 97:3, and absorbed water up to 149±2 times its dry weight within 15 min. The highest absorbency under load of the copolymer was 13.2 and 12.1 times its dry weight with 2.0%wt silica at the loads of 0.28 and 0.70 psi, respectively. The surface morphologies of the copolymer revealed by SEM technique indicated the porous structure in the synthesized copolymer. The copolymer thermograms and the sintering test revealed that silica incorporating superabsorbent composites had a higher glass transition temperature. Mechanical mixing of the superabsorbent copolymer with the silica powder, a cheaper way to prepare a superabsorbent polymer composite was investigated to observe their water absorption.

Keywords: *superbabsorbent polymer composite, silica, acrylamide, itaconic acid*

โครงการย่อยที่ 3

A Novel Method for Producing NR-Silica Composites from Sol-Gel Process of Silane in Latex

วิธีใหม่สำหรับผลิตคอมโพสิตของยางธรรมชาติและซิลิกาจากกระบวนการโซล-เจลของซิลเลนในน้ำยาง

โครงการนี้มีบทความ 4 บทความที่ดำเนินการแล้วดังนี้คือ

Effects of Redox Initiator on Graft Copolymerization of Methyl Methacrylate onto Natural Rubber

Effects of cumene hydroperoxide (CHPO)/ tetraethylenepentamine (TEPA), *tert*-butyl hydroperoxide (TBHPO)/TEPA, and potassium persulfate ($K_2S_2O_8$ / sodium thiosulfate ($Na_2S_2O_3$)) redox initiator on methyl methacrylate (MMA) grafted natural rubber by emulsion polymerization were investigated. The optimum reaction condition for each redox initiator on the grafting of natural rubber was studied. The grafted poly(methyl methacrylate) (PMMA) stays on the surface of rubber particles. CHPO dissolves very well in the oil phase and TBHPO dissolves moderately in the oil phase, and $K_2S_2O_8/Na_2S_2O_3$ initiation is water-soluble. Each can interact with TEPA in the aqueous phase. CHPO was found to give a higher grafting efficiency. To promote a greater grafting efficiency and yield a lower homopolymer content of PMMA, vinyl *neo*-decanoate (VneoD) was added. Percentages of grafting of MMA on natural rubber latex initiated by CHPO/TEPA, TBHPO/TEPA, and $K_2S_2O_8/ K_2S_2O_3$ of 84.4, 74.5, and 61.1, respectively, were in good agreement with percentages of PMMA in the aqueous phase as 7.2, 12.0, and 17.9 by CHPO, TBHPO, and $K_2S_2O_8$. VneoD produces allylic radicals on polyisoprene chains, favoring the grafting reaction with other vinyl monomers. CHPO/TEPA is thus a better redox system for grafting of MMA monomer on natural rubber latex.

Key words: *rubber; graft copolymers; emulsion polymerization*

Silica-reinforced natural rubber prepared by the sol-gel process of ethoxysilanes in rubber latex

Silica-reinforced natural rubber (NR) composite was prepared by using tetraethoxysilane (TEOS) as a precursor to generate silica particles inside the rubber. The

silica was generated *in situ* by the sol-gel process of TEOS that was mixed directly into commercial-graded NR latex having 60% dry rubber content and 0.7% ammonia. The conversions of TEOS to silica inside the rubber were ranging from 90-97%. The silica particles dispersed evenly without extensive aggregation with sizes of about 500 nm and lower, as determined by scanning electron microscopy (SEM). An experimental design methodology, namely 'two-level factorial design', was used to evaluate the influence of the amounts of TEOS, ammonia, and gelation time on the tensile modulus, tensile strength and tear strength of the vulcanizates. The mechanical properties were significantly affected by the amount of TEOS added into the latex. Ammonia in the amount of 0.7% (w/w) present in the commercial latex was found to be sufficient for the conversion reaction of TEOS to silica. Bis-(3-triethoxysilylpropyl) tetrasulfide or TESPT, a coupling agent regularly used in rubber industry, was also added with TEOS to prepare the silica-filled composite. The presence of TESPT resulted in an increase of the mechanical properties and the rate of sulfur cure.

Keywords: *rubber; silicas; composites*

Sol-gel process of alkyltriethoxysilane in latex for alkylated silica formation in natural rubber

Sol-gel process of alkyltriethoxysilanes that was dispersed in natural rubber latex was utilized in order to generate alkylated silica particles inside the rubber matrix. Three types of alkyltriethoxysilanes were chosen, i.e. vinyltriethoxysilane (VTOS), ethyltriethoxysilane (ETOS), and *i*-butyltriethoxysilane (BTOS), since they differed in the type of one substituent group. Together with tetraethoxysilane (TEOS), a typical precursor for silica formation, all silanes were studied for their conversion to silica and subsequent reinforcement capabilities in sulfur-vulcanized rubber. The *in situ* generated silicas were fine and well dispersed in the rubber matrix, as analyzed by SEM and TEM. Solid-state ²⁹Si-NMR technique was used to confirm the presence of alkyl substituents on the silica particles buried inside the rubber matrix. Tensile and tear properties of the *in situ* silica-filled NR vulcanizates were higher than those of vulcanizate prepared by conventional-mixed method. Furthermore, the use of VTOS in combination with TEOS (5, 10 and 20 mol% VTOS) resulted in an increase of mechanical properties over those of the vulcanizate mixed with only TEOS. It is possible that the vinyl group from

VTOS participates in the sulfur vulcanization process. Cure characteristic and swelling behavior in toluene of the composites were also investigated.

Keywords: *nanocomposite, reinforcement, rubber, silica*

Effects of methyl methacrylate grafting and *in situ* silica particle formation on the morphology and mechanical properties of natural rubber composite films

The effects of methyl methacrylate (MMA) grafting and *in-situ* formation of silica particles on the morphology and mechanical properties of natural rubber latex (NRL) were investigated. MMA grafting on NRL was carried out using cumyl hydroxy peroxide/tetraethylene pentamine (CHPO/TEPA) as a redox initiator couple. The grafting efficiency of the grafted NR was determined by solvent extractions and the grafted NRL was then mixed with tetraethoxysilane (TEOS), a precursor of silica, coated by adherence to a glass surface to form a film and cured at 80 °C. The resultant products were characterized by FT-IR and transmission electron microscopy. The influence of varying the MMA monomer weight ratio on the surface morphology of the composites was investigated by scanning electron and atomic force microscopy. The PMMA grafted NRL particles were obtained as a core/shell structure from which the NR particles were the core seed and PMMA was a shell layer. The silane was converted into silica particles by a sol-gel process which was induced during film drying at 80 °C. The silica particles were fairly evenly distributed in the ungrafted NR matrix but were agglomerated in the grafted NR matrix. The root-mean-square roughness increased with an increasing weight ratio of MMA in the rubber. The *in situ* silica particles in the grafted NR matrix slightly increased both the modulus and tear strength of the composite film.

Keywords: *natural rubber latex; methyl methacrylate; in situ silica; sol-gel process*

โครงการย่อยที่ 4

Thermoplastic Elastomer of Polyethylene and Natural Rubber Blends

เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์จากพอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติกับพอลิเอทิลีน

โครงการนี้ได้บทความ 5 บทความดังนี้

Dynamic vulcanization of natural rubber/high-density polyethylene blends: Effect of compatibilization, blend ratio and curing system

Thermoplastic vulcanizates (TPVs) based on NR/HDPE blends with various types of blend compatibilizers were prepared. It was found that TPVs with phenolic resin (i.e., SP-1045 and HRJ-10518) compatibilizers showed higher tensile strength, elongation at break and tendency to recover from prolonged extension than those of the TPV without a compatibilizer. This may be attributed to Chroman ring structures from the reaction of NR and phenolic molecules. The TPVs with modified phenolic resins (PhSP-PE and PhHRJ-PE) showed higher tensile strength and elongation at break than those of the TPVs with un-modified phenolic resin and without a compatibilizer. A reaction took place through trace quantities of un-saturation in the HDPE molecules and methylol groups in the phenolic molecules. Also, the remaining methylol groups in the phenolic molecules were capable of reacting with NR molecules and produced a linkage between NR and HDPE molecules. Therefore, it was found that the TPV with PhHRJ-PE gave the highest tensile strength and elongation at break. Increasing the content of the NR gave an increased trend of elongation at break but decreasing trends in permanent set (expressed as tension set), tensile strength and hardness. Various vulcanization systems were also used to prepare the TPV, with a mixed curing system showing the highest shear stress and tensile strength, whilst the sulphur curing system gave the lowest values, and the peroxide curing system exhibited intermediate values.

Keywords: *Natural rubber (NR); thermoplastic vulcanizate (TPV); high-density polyethylene; compatibilizers*

Thermoplastic elastomer based on high-density polyethylene/natural rubber blends: rheological, thermal, and morphological properties

Thermoplastic elastomer (TPE) comprising air-dried sheet or natural rubber (ADS or NR) and high-density polyethylene (HDPE) was prepared by a simple blending technique. NR and HDPE were mixed with each type of phenolic compatibilizers (HRJ-10518 or SP-1045) or liquid natural rubber (LNR) at 180°C in an internal mixer. The mixing torque, shear stress, and shear viscosity of the blends increased with increasing amounts of NR. Positive deviation blend (PDB) for the blends containing active hydroxyl methyl phenolic resin in HRJ-10518 or dimethyl phenolic resin in SP-1045 was obtained. PDB was not observed for the blends without the compatibilizers or with LNR. The blends with HRJ-10518 or SP-1045 were compatible or partially compatible while the LNR blends were incompatible. In the phenolic compatibilized blends, NR dispersed in the HDPE matrix was found in the NR/HDPE blends of 20/80, 40/60, and 50/50 ratios. HDPE dispersed in NR matrix was obtained in the NR/HDPE blend of 80/20 ratio, and the co-continuous phase was accomplished in the NR/HDPE blend of 60/40 ratio. The NR/HDPE blend at 60/40 ratio compatibilized with HRJ-10518 and fabricated by a simple plastic injection molding machine exhibited higher ultimate tensile strength and elongation at break (EB). Incorporation of paraffinic oil caused a decreasing tendency in tensile strength with increases in EB. The TPNRs exhibited high elastomeric nature with low-tension set.

***Key Words:** thermoplastic elastomer; rheological properties; thermal properties; air-dried sheet; natural rubber; high-density polyethylene*

Thermoplastic elastomer based on epoxidized natural rubber and high-density polyethylene blends: Effect of blend compatibilizers on mechanical and morphological properties.

Epoxidized natural rubber (ENR) with a level of epoxide groups 20 mole % epoxide was prepared via performic epoxidation method. It was then used to blend with HDPE at various blend ratios. Three types of blend compatibilizers were prepared. These include graft copolymer of HDPE and maleic anhydride (i.e., HDPE-g-MA) and two types of phenolic modified HDPE (i.e., PhSP-PE and PhHRJ-PE). It was found that the blend with compatibilizers exhibited superior tensile strength, hardness and set properties than that of the blend without compatibilizers. The ENR and HDPE

interaction via the link of compatibilizer molecules was the polar functional groups of compatibilizer with oxirane groups in the ENR molecules. Also another end of compatibilizer molecules (i.e., HDPE segments) is compatibilizing with the HDPE molecules in the blend components. The blend with compatibilizers also showed smaller phase morphology than that of the blend without compatibilizer. Among three types of the blend compatibilizer, the HDPE-g-MA provided the blend with the highest strength and hardness properties but the lowest set properties.

Key words: *epoxidized natural rubber (NR); thermoplastic elastomer; high-density polyethylene; compatibilizers; phenolic resin; maleic anhydride*

Influences of blend proportions and curing systems on dynamic, mechanical, and morphological properties of dynamically cured ENR/HDPE Blends

Thermoplastic elastomers based on dynamically cured ENR/HDPE blends were prepared. Influence of the process oil, blend proportion and curing systems were investigated. It was found that the oil-extended TPVs exhibited better elastomeric properties and the ease of injection process. Increasing proportion of ENR caused increasing elastic response in dynamic properties and elastomeric properties in terms of elongation at break, tension set properties and $\tan\delta$. It was also found that the TPV with phenolic curing system exhibited the superior mechanical properties and smallest vulcanized rubber domains. However, the TPV with conventional peroxide co-agent cured system showed superior strength properties but poor elastomeric properties.

Key words: *epoxidized natural rubber (NR); thermoplastic vulcanizate (TPV); high-density polyethylene; peroxide; phenolic resin; sulfur*

Influences of blend compatibilizers on dynamic, mechanical, and morphological properties of dynamically cured maleated natural rubber and high-density polyethylene blends

Influences of the types and loading amounts of blend compatibilizers on properties of maleated natural rubber/high-density polyethylene thermoplastic vulcanizates (MNR/HDPE TPVs) were investigated. It was found that the TPV with three types of compatibilizer exhibited superior mechanical and dynamic properties than that of the TPV without the compatibilizers. Furthermore, the phenolic modified polyethylene compatibilizers (i.e., PhSP-PE and PhHRJ-PE) showed a better

compatibilizing effect than that of HDPE-g-MA. Comparing among the three types of compatibilizer, the TPVs with PhHRJ-PE exhibited the best mechanical and dynamic properties, and the smallest dispersed vulcanized rubber domains in the HDPE matrix. Five loading amounts of the PhHRJ-PE were then studied. The PhHRJ-PE at a loading amount of 5 wt % of HDPE exhibited the best overall properties. The TPVs with lower and higher loading amounts of PhHRJ-PE other than 5 wt % exhibited inferior mechanical, dynamic and morphological properties.

Key words: *Maleated natural rubber (MNR); thermoplastic vulcanizate (TPV); high-density polyethylene; phenolic modified polyethylene; graft copolymer, maleic anhydride*

โครงการย่อยที่ 5

Biofouling of Surface-Charged Chitosan and Assembled Thin Film of Chitosan and Its Charged Derivative

ไบโอฟาวลิงของพื้นผิวไคโตซานที่มีประจุและฟิล์มประกอบแบบบางของไคโตซานและอนุพันธ์ที่มีประจุ

โครงการนี้มีบทความ 3 บทความที่ดำเนินการแล้วดังนี้คือ

Surface-charged chitosan: Preparation and protein adsorption

Positive and negative charges were introduced to chitosan surfaces via methylation using methyl iodide (MeI) and reductive alkylation using 5-formyl-2-furan sulfonic acid (FFSA). Attenuated total reflectance-Fourier transform infrared (ATR-FTIR) spectroscopy, X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and zeta potential measurement confirmed the presence of the desired functional groups on the surface-modified chitosan films. The chitosan films having negative charges of N-sulfofurfuryl groups on their surface (SFC films) exhibited selective protein adsorption against both negatively charged proteins (albumin and fibrinogen) and positively charged proteins (ribonuclease, lysozyme). Its adsorption can be explained in terms of electrostatic attraction and repulsion. In contrast, the adsorption behavior

of chitosan films having positive charges of quaternary ammonium groups on their surface (QAC films) was anomalous. The quantity of the adsorbed protein tended to increase as a function of the swelling ratio of the QAC film regardless of the charge characteristics of the protein.

Key words: *chitosan; surface charge; quaternary ammonium group; sulfonated group; protein adsorption*

Alternating bioactivity of multilayer thin films assembled from charged derivatives of chitosan

Charged derivatives of chitosan, *N*-sulfofurfuryl chitosan (SFC) and *N*-[(2-hydroxyl-3-trimethylammonium)propyl]chitosan chloride (HTACC) were prepared by reductive alkylation of amino groups of chitosan (CHI) using 5-formyl-2-furansulfonic acid, sodium salt (FFSA) as a reagent and ring opening of glycidyltrimethylammonium chloride (GTMAC) by amino groups of chitosan, respectively. The chemical structures of the charged derivatives were verified by ^1H NMR and FTIR analyses. Multilayer assembly of SFC, HTACC, CHI and the selected oppositely charged polyelectrolytes was monitored by a quartz crystal microbalance (QCM). Stratification of the multilayer film fabricated on plasma-treated poly(ethylene terephthalate) (treated PET) substrate was demonstrated by water contact angle data. The coverage of the assembled films was characterized by AFM and ATR-FTIR analyses. The bioactivity of the deposited multilayer film on the treated PET substrate was tested against selected proteins having a distinctive size and charge. This research strongly suggests that both SFC and HTACC are potential candidates for altering the surface bioactivity of materials.

Keywords: *chitosan; charged derivative; layer-by-layer adsorption; multilayer film; polyelectrolyte; protein adsorption*

Enhancing Antibacterial Activity of Chitosan Surface by Heterogeneous Quaternization

This research aims to increase the antibacterial activity of chitosan surface by introducing quaternary ammonium groups via a heterogeneous two-step process: reductive alkylation using selected aldehydes followed by methylation with methyl iodide. The quaternization of amino groups should simultaneously generate positive

charge and hydrophobicity, the two parameters that are believed to affect the antibacterial activity, to chitosan surface. Attenuated total reflectance-Fourier transform infrared spectroscopy, x-ray photoelectron spectroscopy, water contact angle and zeta potential measurements confirmed the success of surface quaternization. As determined by a measurement of optical density (OD_{600}), scanning electron microscopy (SEM), and viable cell counting, the antibacterial activity of the surface-modified chitosan against *Staphylococcus aureus* (gram positive bacteria) and *Escherichia coli* (gram negative bacteria) were superior to that of the virgin chitosan. The additional positive charge and hydrophobicity introduced to the chitosan after surface quaternization apparently make the quaternary ammonium-containing chitosan surface a more favorable substrate for interacting with the negatively-charged membrane of the bacteria even in a neutral pH range.

Keywords: *chitosan, antibacterial activity, quaternary ammonium group, hydrophobicity, surface modification*

โครงการย่อยที่ 6

Characterization of Silk Fabric Print Quality by Ink Jet Ink

การตรวจสอบสมบัติการพิมพ์ผ้าไหมด้วยหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ต

โครงการนี้มีบทความ 6 บทความที่ดำเนิน การแล้วดังนี้คือ

Comparison of textile print quality between ink jet and screen printings

This research was concerned with an investigation of cotton print qualities that were achieved by ink jet printing and screen printing. The acrylic binder, S-711, with a pigment-to-binder (P/B) ratio of 1:2 (by weight) was used to produce one set of ink jet inks. BR-700 was used in the creation of another set of screen inks. Fume silica was added to the screen ink to increase the viscosity so that the ink would meet the rheology requirements. The viscosity and flow behaviour of both inks were acceptable. Both the ink viscosity and the particle-size distribution were slightly increased during storage at an ambient temperature for two months. The ink jet ink printed fabrics were pretreated with a solution of poly(ethylene oxide) having 2 to 3 million Dalton molecular weight. The printed fabrics from both inks were analysed for colour saturation, colour gamut and their volume, density, tone reproduction, stiffness, air permeability, and crock fastness. The type, concentration and P/B ratio were exactly the same in both inks in the

pigment dispersions. Even though the loaded ink volume on fabrics, by ink jet, was tuned to be approximately the same in optical density as that given by the screen ink, by a multipass mode printing, both printed fabrics gave different colour saturations, colour gamuts and tone reproductions. The colour gamut volume, stiffness, air permeability and crock fastness of the ink jet inks are superior to those of screen inks. The print quality of the ink jet printing on cotton fabric was, thus, better. However, the ink jet ink printed cotton fabric needed to be printed three times to produce the same colour and tone reproduction as that produced by screen printing.

Key words: *pigmented ink jet ink, screen ink, print quality, cotton fabric, polyacrylate binder*

Properties of Industrial Thai Silks Reeled by Hand and by Machine

Three mulberry silk filaments from the local producers and one imported silk filament were analyzed for various properties. The properties of the silk filaments reeled by hand and by machine were compared. The properties assessed were whiteness and yellowness, fineness or denier, degumming weight loss, moisture content, relative density, birefringence, crystallinity, chemical composition, softening point, burning behavior, tenacity, resistance to sunlight, dye fixation, and resistance to acid, alkaline and bleaching conditions, according to the standard test methods. It was found that the hand reeled silks showed the lower values in whiteness, birefringence, crystallinity and softening point than those of the machine reeled silks. On the other hand, the hand reeled silks showed a higher denier and dye fixation. The local silks were found to have the higher values in denier, degumming weight loss, relative density, crystallinity, dye fixation, and resistance to alkali and bleaching agent than the imported Chinese silk.

Key words: *Thai silk, hand reeling, machine reeling, properties*

Modulation Transfer Function Measurement for Ink Jet Printed Silk Fabrics

The modulation transfer function (MTF) is a standard method used for estimating the image quality of a component for detail recording in an image forming system and for printing quality of the final products. This study focused on the measurement of MTF of nonprinted and printed silk fabrics and a correlation of the MTF data to sharpness of the printed silk fabric using the in-house formulated ink jet

ink. The MTF of the surface was measured using the sinusoidal test pattern in contact with the fabric using spatial frequencies from 0.375 to 3.0 cycles/mm. The sinusoidal test target was scanned by a microdensitometer in the reflection density mode. These data comprise two frequencies; the high frequency is the characteristic of the fabric while the low frequency is the light scattering of the yarns in contact with the sinusoidal target. The sinusoidal curves at the low frequency were used for further calculation of the MTF values. The result indicated that the measurement of MTF of silk fabric using the contact sinusoidal method can find the point spread function of silk fabrics. This research investigated the relationships of weave style and direction, wicking properties, and the MTF of four different silk fabrics with plain weave (silk A, C, and D) or twill weave (silk B). Dot gain by the Yule–Nielsen model was investigated. The coefficient d calculated by the MTF empirical model was 0.0604 and the coefficient n by the Yule–Nielsen model was 1.636 for silk D which had the lowest d and n coefficients compared with other silk fabrics, indicating good quality in terms of image sharpness.

Key words: *Ink Jet Ink; modulation transfer function; dot gain; sinusoidal test target; point spread function; silk fabric*

Surface-modified and micro-encapsulated pigmented inks for ink jet printing on textile fabrics

Surface-modified and micro-encapsulated pigment dispersions were formulated into pigmented ink jet inks and their properties were analyzed. The changes in viscosity, and particle size distribution, and ink stability were observed every week for 12 weeks at ambient temperature. All the ink jet ink properties were in the operational range. As for appearance and color, the surface-modified pigmented inks printed on a silk fabric yielded higher optical densities, better tone reproduction, wider color gamut, and a larger gamut volume than the micro-encapsulated pigmented inks. For permanence and usability, the micro-encapsulated pigmented inks gave better fastness; the wear comfort of the printed silk fabric, evaluated by the bending stiffness, indicated a negative effect on the pre-treatment of the fabric. Surface pre-treatment of the textile fabrics affected color, appearance, permanence and usability. Despite almost equal numbers of threads, the fabric bending strength in the weft direction was much stronger than that in the warp direction.

Keywords: *Surface-modified pigment dispersion; micro-encapsulation pigment dispersion; silk fabric; ink jet ink; textile*

Pretreatment of Silk Fabric Surface with Amino Compounds for Ink Jet Printing

This research studied the pretreatment of silk fabric with amino compounds for ink jet printing. The pretreatment is expected to increase smoothness of the fabric surface. The pre-treating solutions were serine, glycine, aspartic acid, sericin, chitosan, and the commercial pre-treating chemical called Sanfix 555. The non-treated and treated fabrics were printed with the in-house formulated, pigmented inks and later steamed to fix the ink on the fabric surface. It was found that the pretreatments containing the amino compounds improved hydrophilicity of the silk fabric except chitosan. The color gamuts from the sericin, chitosan, and Sanfix 555 pretreatments were wider than those from the amino acid pretreatments. The chroma of the cyan color was improved the most. The fabric after the pretreatment with the sericin showed a significant improvement in the dry crock fastness while the wet crock fastness was improved by serine and glycine. The chitosan slightly improved both dry and wet crock fastness. Wash fastness of the printed fabrics was excellent. The stiffness of the silk fabrics obtained from the chitosan pretreatment was significantly higher than other pretreatments which were similar to the non-treated one. The ink penetration in sericin and chitosan coated layers was shorter than those of amino acids, enhancing ink deposition on the fabric surface. Some mentioned amino compounds from the pretreatments could hold and fix additional inks on the fabric surfaces, resulting in a wider color gamut of the inks.

Key Words: *Amino acid; Chitosan; Sericin; Pretreatment; Silk fabric; Ink jet printing*

Anionically Surface-Modified Pigment-Based Ink Jet Ink Performance on Silk Fabric

Anionically surface-modified organic pigment dispersions were used to prepare four color ink jet inks. The inks had a pH in the range of 8 – 9 and exhibited Newtonian flow in which the viscosity remained constant at 2.5 mPa s. The surface tension of the inks was approximately 44 mN m⁻¹, and the average particle sizes were approximately 100 nm. Zeta-potential of the inks was in the range of (–42) to (–51) mV.

The inks were stable for 10 months (for the magenta and black) and one year (for the cyan and yellow) as confirmed by SEM and TEM micrographs. The inks prepared were suited for printing with a piezo type ink jet printer. Untreated and treated fabrics were printed with these inks and later steamed to fix the ink on the fabric surface. The anionically surface-modified pigmented ink can interact with the protonated amino group in chitosan pretreatment through which improved ink deposition on the fabric surface was obtained. The color gamuts were wider and the chroma of the cyan color was the most improved followed by magenta color but the color strength of the CMY pigmented inks was bit low. Possible causes and suggestions were given.

Key Words: *Anionic functional group, surface-modified pigmented ink, ink jet, chitosan pretreatment, silk fabric*

บทคัดย่อภาษาไทย

โครงการย่อยที่ 1

Utilization of Synthetic Polymers in Environmental Treatment

การใช้พอลิเมอร์สังเคราะห์ในการบำบัดทางสิ่งแวดล้อม

Synthesis and Characterization of Cassava Starch Graft Poly(acrylic acid) and Poly[(acrylic acid)-co-Acrylamide] and Polymer Flocculants for Wastewater Treatment

การสังเคราะห์และการตรวจหาลักษณะเฉพาะของแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดและ พอลิอะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์และสารก่อการจับกลุ่มพอลิเมอร์สำหรับการบำบัดน้ำเสีย

สังเคราะห์แป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดและพอลิอะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์โดยเชื่อมขวางทางเคมีด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน เมื่อสังเคราะห์ได้พอลิเมอร์แต่ละชนิดแล้วนำไปผสมกับสารก่อการจับก้อนอนินทรีย์ (inorganic coagulants) ได้แก่ อะลูมิเนียมซัลเฟตไฮเดรต (aluminium sulfate hydrate; $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$), แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide; $Ca(OH)_2$) และเฟอร์ริกซัลเฟต (ferric sulfate; $Fe_2(SO_4)_3$) ในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดเป็นสารก่อการจับกลุ่มพอลิเมอร์ที่เป็นสารประกอบเชิงซ้อน (Complex polymeric flocculants; CPFs) CPFs ทั้งหมดมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยกว่าโคพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากที่ไม่เป็นสารประกอบเชิงซ้อน ทดสอบการลดสีโดย CPFs ได้กับทั้งน้ำเสียสังเคราะห์และตัวอย่างน้ำเสียที่เลือกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์จากสีย้อมไดเรกต์ (direct dye) ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ค่าความเป็นกรด-เบส 7 CPFs ของพอลิอะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1: 2 มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการลดสีของน้ำเสีย ความเข้มข้นของ CPF 500 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรสามารถลดสีของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารละลายของสีย้อมไดเรกต์ได้ถึงร้อยละ 95.4 และลดสีผสมของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ร้อยละ 76 CPF ของแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์สามารถลดสีของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารละลายของสีย้อมไดเรกต์อยู่ และลดสีของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมได้ร้อยละ 74 และ 18 ตามลำดับ ตรวจสอบความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical oxygen demand; COD) ความเข้มข้นของไอออนของโลหะที่เหลือ ความเป็นกรด-เบส และความขุ่นของน้ำเสียได้ ซึ่งบ่งชี้ถึงศักยภาพของการใช้สารก่อการจับกลุ่มพอลิเมอร์ที่เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสำหรับการบำบัดน้ำเสียดีกว่ากลุ่มพอลิเมอร์ดูดน้ำมาก

คำสำคัญ: การบวม; พอลิเมอร์ไรเซชันแบบอนุมูลอิสระ; พอลิแซ็กคาไรด์; สารประกอบเชิงซ้อนโลหะ-พอลิเมอร์; ไฮโดรเจล

Synthesis and Properties of Solvent Absorptive Methyl Methacrylate-Divinylbenzene Copolymer Beads

การสังเคราะห์และสมบัติของเม็ดดูดซึมตัวทำละลายโคพอลิเมอร์เมทิลเมทาคริเลต-ไดไวนิลเบนซีน

สังเคราะห์เม็ดดูดซึมตัวทำละลายของโคพอลิเมอร์เมทิลเมทาคริเลต-ไดไวนิลเบนซีนได้จากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแขวนลอยแบบอนุมูลอิสระ (radical suspension polymerization) ศึกษาผลของความเข้มข้นของไดไวนิลเบนซีนและองค์ประกอบของตัวทำเจือจางทอลูอิน/เฮปเทน โดยพิจารณาการเกิดเป็นเม็ดพอลิเมอร์ (polymer bead formation) ลักษณะวิทยาของพื้นผิว (surface morphology) อัตราการบวมตัวทำละลาย (solvent swelling ratio) และจลนศาสตร์การดูดซึม (absorption kinetics) ความหนาแน่นการเชื่อมขวาง (crosslinking density) และองค์ประกอบตัวทำเจือจางที่สัมพันธ์กับการบวมตัวทำละลาย อันตรกิริยาระหว่างพอลิเมอร์กับตัวทำเจือจางมีผลกับการแยกเฟส (phase separation) ความคุมการเกิดเป็นพอลิเมอร์ประเภทโครงข่าย (network-type) หรือประเภทรูโพรง (pore-type) หรือการเกิดทั้งสองแบบร่วมกัน สำหรับการบวมของเม็ดพอลิเมอร์ในทอลูอิน ลักษณะวิทยาแบบผสมของพอลิเมอร์ที่มีโครงข่ายที่ยืดหยุ่นและรูโพรงปริมาณน้อยเป็นสิ่งสำคัญสำหรับพฤติกรรมที่ต้องการในการดูดซึม-การคายตัวทำละลาย ได้ศึกษาพฤติกรรมการบวมแบบพลวัตของเม็ดพอลิเมอร์ และพบว่ากลไกของการส่งผ่านทอลูอินเข้าสู่เม็ดเป็นแบบผ่อนคลาย (relaxation control) มากกว่าแบบอื่น

คำสำคัญ: ตัวทำละลาย; การดูดซึม-การคาย; ตัวทำเจือจาง; การบวมของเม็ด; การส่งผ่าน

Removal of Congo Red and Direct Blue 71 by Acrylamide/Acrylic Acid-Based Aluminium Flocculants

การกำจัดสีคอนโกเรดและสีไดเร็กต์บลู 71 ด้วยสารก่อการจับกลุ่มอะลูมิเนียมฐานอะคริลาไมด์/อะคริลิกแอซิด

ได้สังเคราะห์สารก่อการจับกลุ่มพอลิเมอร์ของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์-พอลิอะคริลาไมด์-โค-อะคริลิกแอซิด (aluminium hydroxide-poly[acrylamide-co-(acrylic acid)] หรือ AHAMAA) จากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบสารละลาย ตรวจสอบประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมไดเร็กต์ด้วยพอลิอะคริลาไมด์-โค-อะคริลิกแอซิดและ AHAMAA พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีคอนโกเรดโดย AHAMAA ดีกว่าพอลิอะคริลาไมด์-โค-อะคริลิกแอซิดที่สังเคราะห์เมื่อใช้ปริมาณอะคริลิกแอซิด 4×10^{-3}

mol สารเชื่อมขวาง 2.3×10^{-4} mol สารเริ่มปฏิกิริยา 1.6×10^{-4} mol และสารเริ่มปฏิกิริยาร่วม 12×10^{-4} mol การดูดซับสีย้อมของ AHAMAA เกิดจากอันตรกิริยาระหว่างประจุบวกของอะลูมิเนียมใน AHAMAA กับไอออนลบซัลโฟเนตของสียคอนโกเรดหรือสียไครีคัลบูล 71 ในสารละลายสีย้อมที่มีบัฟเฟอร์ การดูดซับสีย้อมทั้งสองลดลงเมื่อสารละลายมีค่าความเป็นกรด-เบสเพิ่มขึ้น AHAMAA มีลักษณะการดูดซับสีย้อมคอนโกเรดแบบฟรอนด์ลิชไอโซเทิร์ม (Freundlich isotherm) ขณะที่พอลิอะคริลาไมด์-โค-อะคริลิกแอซิด สามารถดูดซับสีย้อมคอนโกเรดโดยการแพร่ของโมเลกุลสีย้อมเข้าสู่รูของไฮโดร-เจล ส่วน AHAMAA ทั้งหมดที่สังเคราะห์ได้สามารถดูดซับสีย้อมไครีคัลบูล 71 เป็นแบบฟรอนด์ลิชไอโซเทิร์ม ขณะที่พอลิอะคริลาไมด์-โค-อะคริลิกแอซิดไม่สามารถดูดซับสีย้อมไครีคัลบูล 71 เลย

คำสำคัญ: คอนโกเรด; ไครีคัลบูล 71; สารก่อการจับกลุ่มอะลูมิเนียม; ไฮโดรเจลพอลิอะคริลาไมด์-โค-อะคริลิกแอซิด; ฟรอนด์ลิชไอโซเทิร์ม

Synthesis and Characterization of Acrylamide-based Aluminium Flocculants for Wastewater Treatment

การสังเคราะห์และการตรวจหาลักษณะเฉพาะของสารก่อการจับกลุ่มอะลูมิเนียมฐานอะคริลาไมด์สำหรับการบำบัดน้ำเสีย

สังเคราะห์สารก่อการจับกลุ่มพอลิเมอร์ของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์-พอลิอะคริลาไมด์-โค-อะคริลิกแอซิด (aluminium hydroxide-poly[acrylamide-co-(acrylic acid)]; AHAMAA) จากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบสารละลาย ใช้แอมโมเนียมเพอร์ซัลเฟต (ammonium persulfate) กับ เอ็น,เอ็น,เอ็น',เอ็น'-เททระเมทิลเอทิลีนไดเอมีน (N,N,N',N' -tetramethylethylenediamine) เป็นสารก่อการจับกลุ่มปฏิกิริยา ใช้อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เป็นสารก่อการจับกลุ่ม (coagulant) เมื่อมีอะคริลาไมด์และอะคริลิกแอซิดเป็นกลุ่มมอนอเมอร์ และสารเชื่อมขวางที่ใช้คือ เอ็น,เอ็น'-เมทิลีนบิสอะคริลาไมด์ (N,N' -methylenebisacrylamide) หาค่าการดูดซึมน้ำ (water absorbency) สมบัติทางกระแสวิทยา (rheological properties) และความเข้มข้นของอะลูมิเนียมไอออนที่เหลือของ AHAMAA ในน้ำที่แช่ AHAMAA และหาความเข้มข้นของอะคริลาไมด์มอนอเมอร์ที่เหลืออยู่ด้วย ค่าการดูดซึมน้ำของพอลิอะคริลาไมด์-โค-อะคริลิกแอซิดสูงกว่าค่าของ AHAMAA เสมอ จากการทดลองพบว่า ค่าการดูดซึมน้ำสัมพันธ์กับค่ามอดูลัสสะสม (storage modulus) ของพอลิเมอร์ มอดูลัสสะสมของ AHAMAA มีค่ามากกว่าค่าของพอลิอะคริลาไมด์-โค-อะคริลิกแอซิด ซึ่งสอดคล้องกับค่าการดูดซึมน้ำของ AHAMAA ที่มีค่าน้อยกว่า ความเข้มข้นของอะลูมิเนียมไอออนที่เหลือของ AHAMAA อยู่ในช่วง 0.09-0.2 ppm ขณะที่ความเข้มข้นของอะคริลาไมด์มอนอเมอร์ที่เหลืออยู่พบว่ายู่ในช่วง 42.7-67.8 ppm (ร้อยละ 0.07-0.10) พอลิอะคริลาไมด์-โค-อะคริลิกแอซิดและ AHAMAA สามารถลดความขุ่นของสารแขวนลอยคาโอลินซึ่งให้ผลเป็นที่น่าพอใจ

คำสำคัญ: อะคริลาไมด์; อะคริลิกแอซิด; สารก่อการจับกลุ่มอะลูมิเนียม; การลดความขุ่น

โครงการย่อยที่ 2

Influence of Additives on Acrylamide Superabsorbent Polymer Performance

อิทธิพลของสารเติมแต่งต่อสมรรถภาพของพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากชนิดอะครีลาไมด์

Graft Copolymerization, Characterization, and Degradation of Cassava Starch-g-Acrylamide/Itaconic Acid Superabsorbents

กราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชัน การตรวจหาลักษณะเฉพาะ และการเสื่อมของพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากของแป้งมันสำปะหลังกราฟต์อะครีลาไมด์/อิทาโคนิกแอซิด

สังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากที่เสื่อมทางชีวภาพ (biodegradable superabsorbent polymers) โดยกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชันของอะครีลาไมด์ (acrylamide; AM) และ อิทาโคนิกแอซิด (itaconic acid; IA) บนสายโซ่ของแป้งมันสำปะหลังด้วยระบบสารเริ่มปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox initiator system) ของแอมโมเนียมเพอร์ซัลเฟต (ammonium persulfate; APS) และเอ็น,เอ็น',เอ็น',เอ็น'-เททระเมทิลเอทิลีนไดเอมีน (*N,N,N',N'*-tetramethylethylenediamine; TEMED) เมื่อมีเอ็น,เอ็น'-เมทิลีนบิสอะครีลาไมด์ (*N,N'*-methylenebisacrylamide; N-MBA) เป็นสารเชื่อมขวาง โซเดียมไบคาร์บอเนต (sodium bicarbonate) เป็นสารก่อฟอง (foaming agent) ไทริบล็อกโคพอลิเมอร์ (triblock copolymer) ของพอลิออกซีเอทิลีน/พอลิออกซีพรอพิลีน/พอลิออกซีเอทิลีน (polyoxyethylene/polyoxypropylene/polyoxyethylene) เป็นสารทำให้ฟองเสถียร (foam stabilizer) อัตราส่วนของอะครีลาไมด์ต่ออิทาโคนิกแอซิด, อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อมอนอเมอร์ ความเข้มข้นของสารเชื่อมขวาง และสารเริ่มปฏิกิริยามีผลต่อการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาก วัดค่าการบวมของแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะครีลาไมด์ได้ 59 กรัมต่อกรัม ขณะที่แป้งกราฟต์พอลิอะครีลาไมด์-โค-อิทาโคนิกแอซิดที่มีปริมาณโมลของอิทาโคนิกแอซิดร้อยละ 0.02-0.15 มีค่าการบวมน้ำอยู่ในช่วง 70-390 กรัมต่อกรัม กำจัดผลพลอยได้ของปฏิกิริยาโดยสกัดด้วยน้ำ ตรวจหาลักษณะเฉพาะของแป้งมันสำปะหลังกราฟต์คอมพอสิตด้วยเทคนิค FTIR และ SEM หาร้อยละของอัตราส่วนการกราฟต์ (grafting ratio) ใช้เทคนิคการวิเคราะห์น้ำหนักที่เปลี่ยนไปด้วยความร้อน (Thermal gravimetric analysis; TGA) หลังการสลายด้วยน้ำ หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงด้วยวิธี DNS โดยใช้แอลฟาเอมีเลสย่อยสลายทางชีวภาพของแป้งมันสำปะหลังกราฟต์-โค-พอลิเมอร์ สารละลายที่ผ่านการสลายด้วยน้ำให้ผลลบกับสารละลายไอโอดีน และให้ผลบวกกับน้ำยาเบนเดนิกต์แสดงว่ามีหน่วยของกลูโคสอยู่

คำสำคัญ: แป้งมันสำปะหลัง; อะครีลาไมด์; การเสื่อมทางชีวภาพ; พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาก; การทำให้แตกสลายด้วยเอนไซม์

Synthesis and Swelling Properties of Poly[acrylamide-co-(crotonic acid)] Superabsorbents

การสังเคราะห์และสมบัติการบวมของตัวดูดซึมน้ำมากพอลิอะคริลาไมด์-โค-โครโทนิคแอซิด

สังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากของพอลิอะคริลาไมด์-โค-โครโทนิคแอซิดได้ โดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบโฟม (foamed polymerization) เมื่อมีสารละลายของอะคริลาไมด์กับโครโทนิคแอซิดเป็นกลุ่มอนอเมอร์ เริ่มปฏิกิริยาคู่ของสารเริ่มปฏิกิริยาแอมโมเนียมเพอร์ซัลเฟต (ammonium persulfate; APS) กับ เอ็น,เอ็น,เอ็น',เอ็น'-เทตระเมทิลเอทิลีนไดเอมีน (*N,N,N',N'*-tetramethylethylenediamine; TEMED) สารเชื่อมขวาง เอ็น,เอ็น'-เมทิลีนบิสอะคริลาไมด์ (*N,N'*-methylenebisacrylamide; N-MBA) โซเดียมไบคาร์บอเนต (sodium bicarbonate) เป็นสารก่อฟอง (foaming agent) สารทำให้ฟองเสถียร (foam stabilizer) ใช้ไทรบล็อกโคพอลิเมอร์ของพอลิออกซีเอทิลีน/พอลิออกซีโพรพิลีน/พอลิออกซีเอทิลีน (triblock copolymer of polyoxyethylene/polyoxypropylene/polyoxyethylene) ตรวจสอบอิทธิพลของปริมาณสัมพัทธ์ (relative content) ของโครโทนิคแอซิด, สารเชื่อมขวาง และสารเริ่มปฏิกิริยาต่อสมบัติการบวมของพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากพบว่าพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากที่สังเคราะห์ด้วยอัตราส่วนโดยโมลของอะคริลาไมด์ต่อโครโทนิคแอซิด 98 : 2 และใช้เอ็น,เอ็น'-เมทิลีนบิสอะคริลาไมด์ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักและแอมโมเนียมเพอร์ซัลเฟต ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ที่อัตราการกวน 250 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลาเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน 30 นาที ให้ค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด 211 ± 9 เท่าของน้ำหนักแห้งและสามารถดูดซึมน้ำถึง 162 ± 4 กรัมต่อกรัมของน้ำหนักโคพอลิเมอร์แห้งภายในเวลา 10 นาที ตรวจสอบปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าสำหรับอะคริลาไมด์-โครโทนิคแอซิดพอลิเมอไรเซชัน โดยใช้คลิกโวลแทมเมตรี (cyclic voltammetry) พบว่า กระแสแอโนด (anodic current) ชี้ว่า อะคริลาไมด์เป็นตัวให้อิเล็กตรอน (electron donor) ขณะที่โครโทนิคแอซิดเป็นตัวรับอิเล็กตรอนซึ่งให้กระแสแคโทด (cathodic current) การแพร่ของน้ำเข้าสู่พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากเป็น non-Fickian กรณี 2 และ ไม่ตามกฎ (case II and anomalous) พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากอะคริลาไมด์-โครโทนิคแอซิดที่มีความเข้มข้นของสารเชื่อมขวางต่างๆ มีค่าการบวมน้ำอยู่ในช่วง 79-289 กรัมต่อกรัม ค่าสัมประสิทธิ์ของการแพร่อยู่ระหว่าง 6.9×10^{-9} และ 5.1×10^{-8} ตารางลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที สารดูดซึมน้ำมากดูดซับสีย้อมเบสิก (basic dye) เป็นแบบโมเลกุลชั้นเดียว (monolayer) ตามแลงเมียร์-ไอโซเทิร์ม (Langmuir isotherm) ดังนั้น สารดูดซึมน้ำมากนี้สามารถดูดซับสีย้อมที่มีประจุบวกในน้ำทิ้งอุตสาหกรรมสิ่งทอได้

คำสำคัญ: โคพอลิเมอไรเซชัน; การเชื่อมขวาง; ไคลิกโวลแทมเมตรี; พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาก; พอลิอะคริลาไมด์-โค-โครโทนิคแอซิด

Synthesis of Acrylamide-Itaconic Acid Superabsorbent Polymers and Superabsorbent Polymer/Mica nanocomposites

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากอะคริลาไมด์-อิทาโคนิกแอซิดและพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาก/ไมกานาโนคอมพอสิต

สังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากของอะคริลาไมด์-อิทาโคนิกแอซิดและนาโนคอมพอสิตของพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากนี้ ได้จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันในสารละลายที่มีอะคริลาไมด์กับอิทาโคนิกแอซิดเป็นกลุ่มอนอเมอร์และไมกาใช้เป็นสารเติมแต่ง (additive) ปฏิกิริยาเริ่มด้วยคู่ของสารเริ่มปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox initiator couple) ของแอมโมเนียมเพอร์ซัลเฟต (ammonium persulfate; APS) และเอ็น,เอ็น',เอ็น',เอ็น'-เทตระเมทิลเอทิลีนไดเอมีน (*N,N,N',N'*-tetramethylethylenediamine; TEMED) เมื่อมีเอ็น,เอ็น'-เมทิลีนบิสอะคริลาไมด์ (*N,N'*-methylenebisacrylamide, N-MBA) เป็นสารเชื่อมขวาง อิทธิพลของความเข้มข้นของอิทาโคนิกแอซิด, ปริมาณของไมกาและความเข้มข้นของสารเชื่อมขวางต่อการดูดซึมน้ำและสมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากและนาโนคอมพอสิตของพอลิเมอร์นี้ ตรวจสอบค่าการดูดซึมน้ำกลั่น และในปัสสาวะเทียม (artificial urine) ของโคพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้ ทดสอบความแข็งแรงของเจล (gel strength) ในโคพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากและนาโนคอมพอสิตของพอลิเมอร์เหล่านี้ด้วยแรงกดทับ 0.28 หรือ 0.70 psi ในน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ภาพถ่าย TEM แสดงให้เห็นสายโซ่พอลิเมอร์แทรกเข้าสู่ชั้นของซิลิเกต (intercalate) ในไมกาและสร้างจุดต่อของโครงข่าย (network junctions) ในเมทริกซ์พอลิเมอร์ ซึ่งยืนยันด้วยการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction) ค่าการดูดซึมน้ำกลั่นและการดูดซึมน้ำในปัสสาวะเทียมของคอมพอสิตที่มีอัตราส่วนของอะคริลาไมด์ต่ออิทาโคนิกแอซิดเป็น 95:5 และไมการ้อยละ 5 เป็น 748 ± 5 กรัมต่อกรัม และ 76 ± 2 กรัมต่อกรัม ตามลำดับ ขณะที่โคพอลิเมอร์ให้ค่าการดูดน้ำเพียง 640 ± 7 กรัมต่อกรัม และ 72 ± 2 กรัมต่อกรัมในน้ำและปัสสาวะเทียม ตามลำดับ ผลการทดลองนี้แนะนำว่าการดูดซึมน้ำภายใต้แรงกดทับและพฤติกรรมวิสโคอีลาสติก (viscoelastic behavior) ขณะที่เจลของนาโนคอมพอสิตบวมแสดงสภาพแข็งเกร็งเชิงกล (mechanical rigidity) การเติมไมกาปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักสามารถเพิ่มความแข็งแรงของเจลได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อน (thermal stability) ของนาโนคอมพอสิตพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากที่สังเคราะห์ได้โดยไม่ลดค่าการดูดซึมน้ำ

คำสำคัญ: พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาก; ไมกา; พอลิเมอร์คอมพอสิตดูดซึมน้ำมาก

Syntheses of Acrylamide-co-Itaconic Acid/Silica Superabsorbent Polymer Composites

การสังเคราะห์อะคริลาไมด์-โค-อิทาโคนิกแอซิด/ซิลิกาพอลิเมอร์คอมพอสิตดูดซึมน้ำมาก

สังเคราะห์ชุดพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาก โดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันในสารละลาย ใช้เวลาสั้น ในการเกิดปฏิกิริยาที่มีอะคริลาไมด์และอิทาโคนิกแอซิดเป็นมอนอเมอร์ ใช้ระบบเริ่มปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox initiation system) ของแอมโมเนียมเพอร์ซัลเฟต (ammonium persulfate; APS) ปริมาตรร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก และเอ็น,เอ็น,เอ็น',เอ็น',-เททระเมทิลเอทิลีนไดเอมีน (*N,N,N',N'*- tetraethylethylenediamine; TEMED) ปริมาณ 0.20 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อมีเอ็น,เอ็น'-เมทิลีนบิสอะคริลาไมด์ (*N,N'*-methylenebisacrylamide; N-MBA) ปริมาตรร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักเป็นสารเชื่อมขวาง ด้วยอัตราการกววน 250 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ซิลิกาใช้เป็นตัวเติมอนินทรีย์ (inorganic filler) ในกระบวนการสังเคราะห์พอลิเมอร์ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงแก่โคพอลิเมอร์ เอาน้ำออกจากโคพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์และตกตะกอนด้วยเมทานอลปริมาณมากเกินพอ ทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสในตู้อบสูญญากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ศึกษาผลของอัตราส่วนของอะคริลาไมด์ต่ออิทาโคนิกแอซิด, ประเภทของซิลิกาและความเข้มข้นของซิลิกาต่อการดูดซึมน้ำและพฤติกรรมจลนศาสตร์การดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ ยังตรวจสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้และคอมพอสิตพอลิเมอร์ที่แรงกดต่างๆ (0.28 และ 0.70 psi) ความสามารถในการดูดซึมน้ำสูงมากของพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้คือ 233 ± 8 เท่าของน้ำหนักแห้งจากอัตราส่วนของอะคริลาไมด์ต่ออิทาโคนิกแอซิดเป็น 97 : 3 และดูดซึมน้ำได้มากถึง 149 ± 2 เท่าของน้ำหนักแห้งภายในเวลา 15 นาที ความสามารถในการดูดซึมน้ำมากที่สุดของโคพอลิเมอร์ภายใต้แรงกดเป็น 13.2 และ 12.1 เท่าของน้ำหนักแห้งเมื่อมีซิลิกาอยู่ร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนักที่มีแรงกดทับ 0.28 และ 0.70 psi ตามลำดับ ศึกษาสัณฐานวิทยาพื้นผิวของโคพอลิเมอร์โดยเทคนิค SEM เห็นโครงสร้างที่มีรูในโคพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้ จากเทอร์โมแกรม (thermograms) ของโคพอลิเมอร์และทดสอบเผาพอลิเมอร์คอมพอสิต พบว่าซิลิกาที่อยู่ในพอลิเมอร์คอมพอสิตดูดซึมน้ำมากทำให้พอลิเมอร์มีอุณหภูมิสภาพแก้ว (glass transition temperature) สูงกว่า พอลิเมอร์คอมพอสิตดูดซึมน้ำมากที่ได้จากการผสมโคพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากกับผงซิลิกาด้วยการเขย่า เป็นวิธีที่มีราคาถูกกว่าและให้ค่าการดูดซึมน้ำใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากวิธีโคพอลิเมอร์ไรเซชัน

คำสำคัญ: พอลิเมอร์คอมพอสิตดูดซึมน้ำมาก; ซิลิกา; อะคริลาไมด์; อิทาโคนิกแอซิด

โครงการย่อยที่ 3

A Novel Method for Producing NR-Silica Composites from Sol-Gel Process of Silane in Latex

วิธีใหม่สำหรับผลิตคอมโพสิตของยางธรรมชาติและซิลิกาจากกระบวนการโซล-เจล
ของไซเลนในน้ำยาง

Effects of Redox Initiator on Graft Copolymerization of Methyl Methacrylate onto Natural Rubber

ผลของสารเริ่มปฏิกิริยารีดอกซ์ต่อโคพอลิเมอร์เซชันของเมทิลเมทาคริเลตบนยางธรรมชาติ

ผลของสารเริ่มปฏิกิริยารีดอกซ์คือ คิวมินไฮโดรเพอร์ออกไซด์/เทตระเอทิลีนเพนตามีน (cumene hydroperoxide; CHPO)/tetraethylene pentamine; TEPA), เทอร์เชียรี-บิวทิลไฮโดรเพอร์ออกไซด์/TEPA (*tert*-butyl hydroperoxide; TBHPO/TEPA) และโพแทสเซียมเพอร์ซัลเฟต/โซเดียมไทโอซัลเฟต (potassium persulfate; $K_2S_2O_8$ /sodium thiosulfate; $Na_2S_2O_3$) ต่อเมทิลเมทาคริเลตกราฟต์บนยางธรรมชาติโดยปฏิกิริยาพอลิเมอร์เซชันแบบอิมัลชัน (emulsion polymerization) ศึกษาภาวะปฏิกิริยาที่เหมาะสมสำหรับแต่ละสารเริ่มปฏิกิริยารีดอกซ์ของการกราฟต์บนยางธรรมชาติ พอลิเมทิลเมทาคริเลตกราฟต์อยู่บนพื้นผิวของอนุภาคยาง CHPO ละลายดีมากในเฟสน้ำมัน และ TBHPO ละลายปานกลางในเฟสน้ำมัน ส่วน $K_2S_2O_8/Na_2S_2O_3$ ละลายน้ำได้ สารริเริ่มแต่ละชนิดสามารถทำปฏิกิริยากับ TEPA ในเฟสน้ำ จากการทดลองพบว่า CHPO ให้ประสิทธิภาพการกราฟต์ที่สูงกว่า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกราฟต์ให้มากขึ้นและลดปริมาณของโซโมพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลต (poly(methyl methacrylate); PMMA) ให้ต่ำลงจึงเติมไวโนลนีโอ-เดคาโนเอต (vinyl *neo*-decanoate; VneoD) ร้อยละของการกราฟต์ของ MMA บนน้ำยางธรรมชาติที่เริ่มปฏิกิริยาด้วย CHPO/TEPA, TBHPO/TEPA และ $K_2S_2O_8/Na_2S_2O_3$ คือร้อยละ 84.4, 74.5 และ 61.1 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับร้อยละของ PMMA เมื่อใช้ CHPO, TBHPO และ $K_2S_2O_8/Na_2S_2O_3$ ในเฟสสารละลายน้ำซึ่งได้ร้อยละของ PMMA เป็น 7.2, 12.0 และ 17.9 ตามลำดับ VneoD ผลิตอนุมูลอิสระแอลลิค (allylic radicals) บนสายโซ่ของพอลิไอโซพรีน (polyisoprene chain) ซึ่งชอบเกิดปฏิกิริยาการกราฟต์กับไวโนลมอนอเมอร์อื่น ดังนั้น CHPO/TEPA เป็นระบบรีดอกซ์ที่ดีกว่าสำหรับการกราฟต์เมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์บนน้ำยางธรรมชาติ

คำสำคัญ: ยาง; กราฟต์โคพอลิเมอร์; พอลิเมอร์เซชันแบบอิมัลชัน

Silica-Reinforced Natural Rubber Prepared by the Sol-Gel Process of Ethoxysilanes in Rubber Latex

ซิลิกาเสริมแรงยางธรรมชาติเตรียมโดยกระบวนการโซล-เจลของเอทอกซีไซเลนในน้ำ

ยาง

เตรียมคอมพอสิตของยางธรรมชาติเสริมแรงด้วยซิลิกาได้โดยใช้เททระเอทอกซีไซเลน (tetraethoxysilane; TEOS) เป็นสารตั้งต้นเพื่อกำเนิดอนุภาคซิลิกาภายในยางธรรมชาติ ณ จุดที่เกิด ปฏิกิริยา (in situ) ซิลิกาที่เกิดโดยวิธีนี้ได้ จากกระบวนการโซล-เจลของ TEOS ซึ่งผสมเข้ากับน้ำยางธรรมชาติ (เกรดพาณิชย์) โดยตรงที่มีปริมาณเนื้อยางแห้งร้อยละ 60 และมีแอมโมเนีย (ammonia) ร้อยละ 0.7 การเปลี่ยน TEOS เป็นซิลิกาเกิดขึ้นภายในยางธรรมชาติอยู่ในช่วงร้อยละ 90-97 ตรวจจากภาพถ่าย SEM พบอนุภาคซิลิกากระจายทั่วไปในยางธรรมชาติโดยปราศจากการรวมกลุ่ม (aggregation) ซึ่งมีขนาดประมาณ 500 นาโนเมตรและต่ำกว่า ศึกษาวิธีการออกแบบการทดลองคือ การออกแบบเชิงตัวประกอบ 2 ระดับ (two-level factorial design) ใช้หาอิทธิพลของปริมาณของ TEOS, แอมโมเนีย และเวลาเกิดเจล (gelation time) ต่อ เทนไซล์มอดุลัส (tensile modulus) ความแข็งแรงต่อแรงดึง (tensile strength) และ ความแข็งแรงต่อแรงฉีก (tear strength) ของ วัลคาไนเซต (vulcanizate) สมบัติเชิงกลดังกล่าวได้รับอิทธิพลอย่างมากจากปริมาณของ TEOS ที่เติมลงไปในน้ำยาง ปริมาณแอมโมเนียร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก ที่มีอยู่ในน้ำยางเลเท็กซ์ พบว่ามีเพียงพอสำหรับปฏิกิริยาการเปลี่ยน TEOS เป็นซิลิกา เดมบิส-(3-ไทรเอทอกซีไซلیلพรอพิล) เททระซัลไฟด์ ((bis-(3-triethoxysilylpropyl) tetrasulfide; TESPT) ซึ่งเป็นสารคู่ควบปกติที่ใช้ในอุตสาหกรรมยางลงไปร่วมกับ TEOS เพื่อเตรียมยางคอมพอสิตที่มีซิลิกาอยู่ภายใน การมี TESPT ทำให้สมบัติเชิงกลและอัตราการบ่มด้วยซัลเฟอร์ (sulfur cure) เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ยาง; ซิลิกา; คอมพอสิต

Sol-Gel Process of Alkyltriethoxysilane in Latex for Alkylated Silica Formation in Natural Rubber

กระบวนการโซล-เจลของแอลคิลไทรเอทอกซีไซเลนในน้ำยางธรรมชาติสำหรับการเกิดแอลคิลเลเทตซิลิกาในยางธรรมชาติ

กระบวนการโซล-เจล (Sol-gel process) ของแอลคิลไทรเอทอกซีไซเลน (Alkyltriethoxysilane) ซึ่งกระจายอยู่ในน้ำยางธรรมชาติใช้เพื่อกำเนิดแอลคิลเลเทตซิลิกา (Alkylated Silica) ในเมทริกซ์ของยาง เลือกใช้แอลคิลไทรเอทอกซีไซเลนสามประเภทคือ ไวนิลไทรเอทอกซีไซเลน (vinyltriethoxysilane; VTOS) เอทิลไทรเอทอกซีไซเลน (ethyltriethoxysilane; ETOS) ไอโซบิวทิลไทรเอทอกซีไซเลน (*i*-butyltriethoxysilane; BTOS) ซึ่งมีหมู่แทนที่แตกต่างกันหนึ่งหมู่ การใช้เททระเอ

ทอซีไซเลน (tetraethoxysilane; TEOS) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นสำหรับเกิดซิลิกาพร้อมกับไซเลนทั้งหมด นั้น มีการศึกษาการเปลี่ยนของไซเลนเหล่านี้เป็นซิลิกาและความสามารถในการเสริมแรงในยางธรรมชาติที่บ่มด้วยซิลเฟอร์ ซิลิกาที่เกิดขึ้น จุดที่เกิดปฏิกิริยาในยางธรรมชาติ (*in situ*) มีความละเอียดและกระจายตัวดีในเมทริกซ์ยาง โดยวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM และ TEM ยืนยันความมีอยู่ของหมู่แทนที่แอลคิลบนอนุภาคซิลิกาที่ฝังอยู่ภายในเมทริกซ์ยางด้วยเทคนิค Solid-state ^{29}Si -NMR สมบัติความแข็งแรงและทนแรงฉีก (tensile and tear properties) ยางวัลคาไนซ์ที่ผสมซิลิกาอยู่ในมีค่าสูงกว่ายางวัลคาไนซ์ที่เตรียมโดยวิธีผสมแบบธรรมดา ยิ่งไปกว่านั้น การใช้ VTOS ร่วมกับ TEOS ที่ร้อยละโดยโมลของ VTOS 5, 10 และ 20 มีผลทำให้สมบัติเชิงกลเพิ่มขึ้นมากกว่ายางวัลคาไนซ์ที่ผสมกับ TEOS เพียงอย่างเดียว เป็นไปได้ว่าหมู่ไวนิลจาก VTOS มีส่วนในกระบวนการบ่มยางด้วยซิลเฟอร์ ได้ตรวจสอบลักษณะเฉพาะการบ่ม (cure characteristic) และพฤติกรรมการบวมของยางคอมพอสิตในทอลูอินด้วย

คำสำคัญ: นาโนคอมพอสิต; การเสริมแรง; ยาง; ซิลิกา

Effects of methyl methacrylate grafting and *in situ* silica particle formation on the morphology and mechanical properties of natural rubber composite films

ผลของการกราฟต์เมทิลเมทาคริเลตและการเกิดซิลิกาภายในต่อสัณฐานวิทยาและสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มยางธรรมชาติคอมพอสิต

ได้ศึกษาการเกิดอนุภาคซิลิกา ภายในยางธรรมชาติ (NR) กราฟต์เมทิลเมทาคริเลต (Methyl Methacrylate; MMA) โดยใช้ระบบปฏิกิริยาของคิวมินไฮโดรเปอร์ออกไซด์/เททราเอทิลเพนตามีน (cumene hydroperoxide; CHPO)/tetraethylene pentamine; TEPA) ซึ่งเป็นคู่เริ่มปฏิกิริยาหาประสิทธิภาพการกราฟต์ของยางธรรมชาติกราฟต์ โดยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย หา ลักษณะเฉพาะของยางธรรมชาติกราฟต์โดยเทคนิค FT-IR และ TEM ซึ่งยืนยันว่าสายโซ่ MMA กราฟต์บนอนุภาคยางธรรมชาติ มีลักษณะเป็นอนุภาคที่มีแกน/เปลือก (core/shell particle) โดยยางธรรมชาติเป็นใจกลางของอนุภาคและ PMMA เป็นชั้นเปลือกหุ้มล้อมแกนกลางของยางธรรมชาติ น้ำยางธรรมชาติผสมกับ เททราเอทอซีไซเลน (tetraethoxysilane; TEOS) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของซิลิกา สารไซเลนเปลี่ยนไปเป็นอนุภาคซิลิกาโดยกระบวนการโซล-เจล (sol-gel process) ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างการแห้งของฟิล์มที่อุณหภูมิสูง จากการทดลองพบว่า อนุภาคซิลิกากระจายตัวได้ดีในเมทริกซ์ยางที่ไม่ได้กราฟต์ หรืออีกนัยหนึ่ง การรวมกลุ่มของซิลิกาที่ใหญ่ขึ้นพบในเมทริกซ์ยางที่กราฟต์ อิทธิพลของอัตราส่วนโดยน้ำหนักของมอนอเมอร์ MMA บนสัณฐานวิทยาของพื้นผิวคอมพอสิต ตรวจสอบโดย SEM และ TEM พื้นผิวของยางธรรมชาติกราฟต์มีความหยาบ และขรุขระ ซึ่งยืนยัน

ด้วย AFM ซึ่งพบว่า root-mean-square roughness เพิ่มขึ้นด้วยการเพิ่มอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ มอนอเมอร์ MMA ในยางธรรมชาติ อนุภาคซิลิกาที่เกิดในเมทริกซ์ยางธรรมชาติเพิ่มค่ามอดุลัส (modulus) และ ความแข็งแรงต่อแรงฉีก (tear strength) ของฟิล์มยางธรรมชาติคอมพอสิตเพียง เล็กน้อย

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติ; เมทิลเมทาคริเลต; ซิลิกาที่เกิดภายใน

โครงการย่อยที่ 4

Thermoplastic Elastomer of Polyethylene and Natural Rubber Blends

เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์จากพอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติกับพอลิเอทิลีน

Dynamic Vulcanization of Natural Rubber/High-Density Polyethylene Blends: Effect of Compatibilization, Blend Ratio and Curing System

พลวัตวัลคาไนเซชันของพอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง: ผลของการเข้ากันได้, อัตราส่วนการเบลนด์และระบบการบ่ม

เทอร์โมพลาสติกวัลคาไนเซต (Thermoplastic vulcanizates; TPVs) จากยางธรรมชาติกับ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High-Density Polyethylene; HDPE) โดยใส่สารเข้ากันได้ (compatibilizer) ชนิดต่างๆ จากการทดลองพบว่า TPVs ที่มีสารเข้ากันได้ของเรซินฟีนอล เช่น SP-1045 และ HRJ-10518 ให้ผลด้านความแข็งแรงต่อแรงดึง (tensile strength), การยืด ณ จุดขาด (elongation at break) และแนวโน้มการคืนตัวมากกว่า TPVs ที่ไม่มีสารทำให้สารความยืด ณ เข้า กันได้ คาดว่าเป็นผลของโครงสร้างวงโครแมน (Chroman ring structure) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของ ยางธรรมชาติกับโมเลกุลฟีนอล TPVs กับสารเข้ากันได้ของเรซินฟีนอลดัดแปร (PhSP-PE และ PhHRJ-PE) ความแข็งแรงต่อแรงดึงและการยืด ณ จุดขาดที่สูงกว่า TPVs ที่ไม่มีสารเข้ากันได้ของเร ซินฟีนอลดัดแปร ปฏิกิริยาเกิดผ่านพันธะไม่อิ่มตัวปริมาณเล็กน้อยที่มีอยู่ในโมเลกุล HDPE กับหมู่ เมทิลอล (methylol group) ในโมเลกุลฟีนอล หมู่เมทิลอลที่เหลืออยู่ในโมเลกุลฟีนอลสามารถ เกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลยางธรรมชาติ และทำให้เกิดการเชื่อมขวางระหว่างยางธรรมชาติกับโมเลกุลฟิ นอล และพบว่า TPV กับ PhHRJ-PE มีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง และการยืด ณ จุดขาดสูงสุด การ เพิ่มปริมาณของยางธรรมชาติ เพิ่มการยืด ณ จุดขาด แต่ลดการแข็งตัวอย่างถาวร (permanent set), ความแข็งแรงต่อแรงดึงและความแข็ง (hardness) ยังใช้ระบบวัลคาไนเซชันเตรียม TPV ระบบการ บ่มผสมให้ค่าความเค้นเฉือน (shear stress) และความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงสุด ขณะที่ระบบการ บ่มด้วยซัลเฟอร์ให้ค่าต่ำที่สุด และการบ่มด้วยเพอร์ออกไซด์ให้ค่าปานกลาง

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติ (NR); เทอร์โมพลาสติกวัลคาไนเซต (TPV); พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง; สารเข้ากันได้

Thermoplastic Elastomer Based on High-Density Polyethylene/Natural Rubber Blends: Rheological, Thermal, and Morphological Properties

เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์จากพอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง: สมบัติกระแสวิทยา, สมบัติทางความร้อน และสัณฐานวิทยา

เตรียมเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ (Thermoplastic Elastomer; TPE) ของแผ่นยางแห้งตากด้วยอากาศ (air-dried sheet) หรือยางธรรมชาติ (natural rubber; NR) และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (high-density polyethylene; HDPE) โดยเทคนิคการผสมแบบง่าย ผสมยางธรรมชาติและพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง กับสารเข้ากันได้ของเรซินฟีนอลแต่ละชนิด ได้แก่ SP-1045 และ HRJ-10518 หรือน้ำยางธรรมชาติ (liquid natural rubber; LNR) ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ในเครื่องผสมแบบอินเทอร์นัล (Internal mixer) ทorque การผสม (mixing torque) ความเค้นเฉือน (shear stress) และความหนืดเฉือน (shear viscosity) ของพอลิเมอร์ผสมเพิ่มขึ้นด้วยการเพิ่มปริมาณยางธรรมชาติ ได้ความเบี่ยงเบนจากการผสมมีค่าเป็นบวก (positive deviation blend หรือ PDB) จากพอลิเมอร์ผสมที่มีเรซินไฮดรอกซิลเมทิลฟีนอลของ HRJ-10518 หรือ เรซินไดเมทิลฟีนอลใน SP-1045 เราไม่สามารถวัดค่า PDB ของพอลิเมอร์ผสมที่ไม่ใส่สารเข้ากันได้ หรือกับ LNR พอลิเมอร์ผสมที่ได้โดยใช้ HRJ-10518 หรือ SP-1045 เกิดเข้ากันได้ หรือเข้ากันได้ดีบางส่วน ขณะที่พอลิเมอร์ผสมที่มี LNR ไม่สามารถเข้ากันได้ ในพอลิเมอร์ผสมที่มีสารเข้ากันได้นั้นยางธรรมชาติกระจายเข้าในเมทริกซ์ของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงของพอลิเมอร์ผสม NR/HDPE ที่อัตราส่วน 20/80, 40/60 และ 50/50 พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงกระจายตัวในเมทริกซ์ยางธรรมชาติได้ เมื่ออัตราส่วน NR/HDPE เป็น 80/20 และมีวัฏภาคต่อเนื่องร่วมของพอลิเมอร์ทั้งสอง เมื่ออัตราส่วน NR/HDPE เป็น 60/40 สามารถขึ้นรูปพอลิเมอร์ผสมนี้ได้ด้วยเครื่องจักรธรรมดาของพลาสติกแบบฉีด ซึ่งให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง (tensile strength) และการยืด ณ จุดขาด (elongation at break) สูงสุด การใส่น้ำมันพาราฟินให้แนวโน้มของการลดลงของแรงดึง แต่เพิ่มแนวโน้มของการยืด ณ จุดขาด เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์นี้แสดงธรรมชาติของสารยืดหยุ่นที่มีจุดดึงตัวต่ำ

คำสำคัญ: เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์; สมบัติกระแสวิทยา; สมบัติทางความร้อน; ยางธรรมชาติ; พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง

Thermoplastic Elastomer Based on Epoxidized Natural Rubber and High-Density Polyethylene Blends: Effect of Blend Compatibilizers on Mechanical and Morphological Properties

เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์จากพอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติอีพอกไซด์กับพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง: ผลของสารเข้ากันได้ต่อสมบัติเชิงกลและสัณฐานวิทยา

เตรียมยางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่มีหมู่อีพอกไซด์ร้อยละ 20 โดยโมล ด้วยปฏิกิริยาอีพอกไซด์เซชันด้วยสารเปอร์ออกไซด์ นำยางธรรมชาติอีพอกไซด์มาผสมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงด้วยอัตราส่วนของพอลิเมอร์ผสมต่าง ๆ เตรียมสารเข้ากันได้ 3 ประเภท สำหรับพอลิเมอร์ผสมนี้คือ กราฟต์โคพอลิเมอร์ของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงกับมาเลอิกแอนไฮไดรด์และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงดัดแปรด้วยฟินอล 2 ประเภท คือ PhSP-PE และ PhHRJ-PE พบว่าพอลิเมอร์ผสมสารเข้ากันได้ให้ความแข็งแรงต่อแรงดึง ความแข็งแรง และสมบัติการดึงตัวมากกว่าพอลิเมอร์ผสมที่ไม่มีสารเข้ากันได้ ซึ่งเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างยางธรรมชาติอีพอกไซด์และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง ด้วยส่วนที่มีขั้วในสารเข้ากันได้กับหมู่เอทิลีนของยางธรรมชาติอีพอกไซด์ พอลิเมอร์ผสมที่มีสารเข้ากันได้แสดงการแยกวัฏภาคของพอลิเมอร์น้อยกว่าพอลิเมอร์ผสมที่ไม่มีสารเข้ากันได้ ระหว่างสารเข้ากันได้ทั้ง 3 ประเภท กราฟต์โคพอลิเมอร์ของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงและมาเลอิกแอนไฮไดรด์ ให้พอลิเมอร์ผสมที่มีสมบัติด้านความแข็งแรงและความแข็งแรงสูงสุด แต่สมบัติด้านดึงตัวต่ำสุด

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติอีพอกไซด์; เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์; พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง; สารเข้ากันได้; เรซินฟินอล; มาเลอิกแอนไฮไดรด์

Influences of Blend Proportions and Curing Systems on Dynamic, Mechanical, and Morphological Properties of Dynamically Cured ENR/HDPE Blends

อิทธิพลของสัดส่วนพอลิเมอร์ผสมและระบบการบ่มต่อสมบัติพลวัต, สมบัติเชิงกลและสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ ENR/HDPE ที่บ่มเชิงพลวัต

เตรียมเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ (Thermoplastic elastomer) จากพอลิเมอร์ผสม ENR/HDPE ที่บ่มเชิงพลวัต อิทธิพลของน้ำมัน สัดส่วนพอลิเมอร์ผสมและระบบการบ่มมีการตรวจสอบ จากการทดลองพบว่า เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ที่เพิ่มน้ำมัน (oil-extended TPVs) แสดงสมบัติการยืดหยุ่นดีกว่าและนิ่มง่าย การเพิ่มสัดส่วนของ ENR ทำให้การตอบสนองความยืดหยุ่น (elastic response) เพิ่มขึ้นและสมบัติการยืดหยุ่นในด้าน การยืด ณ จุดขาด (elongation at break), ความดึงตัวจากแรงดึง (tension set) และ $\tan\delta$ เพิ่มขึ้น ยังพบว่า TPV ที่เกิดจากระบบการบ่มด้วยฟินอล แสดงสมบัติเชิงกลที่ดีกว่าและมีอาณาเขตเล็กกว่าของยางวัลคาไนซ์ (smallest Vulcan

ized rubber domains) อย่างไรก็ตาม TPV กับระบบการบ่มสารร่วมของเพอร์ออกไซด์ธรรมดาให้สมบัติความแข็งแรงสูงกว่า แต่สมบัติการยืดหยุ่นต่ำกว่า

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติอีพอกซีไดซ์; เทอร์โมพลาสติกวัลคาไนเซต; พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง; เพอร์ออกไซด์; เรซินฟีนอล; ซัลเฟอร์

Influences of Blend Compatibilizers on Dynamic, Mechanical, and Morphological Properties of Dynamically Cured Maleated Natural Rubber and High-Density Polyethylene Blends

อิทธิพลของสารประกอบที่ทำให้เข้ากันได้ต่อสมบัติพลวัต สมบัติเชิงกล และสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมยางธรรมชาติมาเลอเตกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่บ่มเชิงพลวัต

ตรวจสอบอิทธิพลของประเภทและปริมาณของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนเซต ที่มีสารเข้ากันได้ ต่อสมบัติของยางธรรมชาติมาเลอเต/พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (MNR/HDPE TPVs) พบว่า TPV กับตัวทำให้เข้ากันได้ 3 ประเภทแสดงสมบัติเชิงกลและพลวัตดีกว่า TPV ที่ปราศจากสารเข้ากันได้ ยิ่งไปกว่านั้น สารเข้ากันได้พอลิเอทิลีนฟีนอลดัดแปร (PhSP-PE และ PhHRJ-PE) แสดงผลการเข้ากันได้ดีกว่า HDPE-g-MA เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารเข้ากันได้ 3 ประเภท TPV กับ PhHRJ-PE แสดงสมบัติเชิงกลและพลวัตดีที่สุด และมีการกระจายโดเมนยว้าสคาในน้อยที่สุดในเมทริกซ์ HDPE ศึกษาปริมาณ PhHRJ-PE 5 ค่า พบว่า PhHRJ-PE ปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของ HDPE แสดงสมบัติทุกอย่างดีที่สุด TPVs ที่มีปริมาณ PhHRJ-PE สูงกว่าหรือต่ำกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนักแสดงสมบัติพลวัต สมบัติเชิงกล และสัณฐานวิทยาที่ต่ำกว่า

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติมาเลอเต; เทอร์โมพลาสติกวัลคาไนเซต; พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง; สารทำให้เข้ากันได้; พอลิเอทิลีน เรซินฟีนอลดัดแปร; กราฟต์โคพอลิเมอร์; มาเลอิกแอนไฮไดรด์

โครงการย่อยที่ 5

Biofouling of Surface-Charged Chitosan and Assembled Thin Film of Chitosan and Its Charged Derivative

ไบโอฟาวลิงของพื้นผิวไคโทซานที่มีประจุและฟิล์มประกอบแบบบางของไคโทซานและอนุพันธ์ที่มีประจุ

Surface-Charged Chitosan: Preparation and Protein Adsorption

พื้นผิวไคโทซานที่มีประจุบวก: การเตรียมและการดูดซับโปรตีน

เตรียมพื้นผิวไคโทซานให้มีประจุบวกและลบผ่านการเติมหมู่เมทิล (methylation) โดยใช้เมทิลไอโอไดด์ (methyl iodide; MeI) และ reductive alkylation ด้วย 5-ฟอร์มิล-2-ฟูแรนซัลโฟนิคแอซิด (5-formyl-2-furan sulfonic acid; FFSA) วัด ATR-FTIR, XPS และความต่างศักย์ซีตา ยืนยันหมู่ฟังก์ชันที่ต้องการบนพื้นผิวฟิล์มไคโทซานดัดแปร ฟิล์มไคโทซานที่มีประจุลบของหมู่เอ็น-ซัลโฟฟูร์ริล (N-sulfofurfuryl) บนพื้นผิว เลือกดูดซับโปรตีนได้ทั้งโปรตีนที่มีประจุลบ (อัลบูมินและไฟบริโนเจน) และโปรตีนที่มีประจุบวก (ไลโซไซม์) สามารถอธิบายพฤติกรรม การดูดซับในเทอมของแรงดึงดูดและแรงผลักด้วยไฟฟ้าสถิตที่มีประจุตรงกันข้าม การดูดซับของฟิล์มไคโทซานที่มีประจุบวกของหมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียมบนพื้นผิว (Quaternary Ammonium Chitosan films, QAC films) มีพฤติกรรมผิดปกติ ปริมาณการดูดซับโปรตีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เป็นผลของอัตราส่วนการบวมของฟิล์ม QAC ไม่เกี่ยวข้องกับประจุของโปรตีน

คำสำคัญ: ไคโทซาน; ประจุบนพื้นผิว; หมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียม; หมู่ซัลโฟเนต; การดูดซับโปรตีน

Alternating Bioactivity of Multilayer Thin Films Assembled from Charged Derivatives of Chitosan

กัมมันตภาพทางชีวภาพสลับของฟิล์มประกอบแบบบางหลายชั้นจากอนุพันธ์ของไคโทซานที่มีประจุ

เตรียมอนุพันธ์ของไคโทซานที่มีประจุคือ เอ็น-ซัลโฟฟูร์ริลไคโทซาน (N-sulfofurfuryl chitosan; SFC) และเอ็น-[(2-ไฮดรอกซิล-3-ไทรเมทิลแอมโมเนียม)โพรพิล]ไคโทซานคลอไรด์ (N-[(2-hydroxyl-3-trimethylammonium)propyl]chitosan chloride; HTACC) โดย reductive alkylation ของหมู่เอมิโนของไคโทซาน (CHI) ใช้ 5-ฟอร์มิล-2-ฟูแรนซัลโฟนิคแอซิด, กลีโคโนเดียม (FFSA) เป็นสารตั้งต้นและเปิดวงของไกลซิดิลไทรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (GTMAC) โดยหมู่เอมิโนของไคโทซานตามลำดับ หาโครงสร้างทางเคมีของอนุพันธ์ที่มีประจุโดย ^1H NMR และ FTIR ฟิล์มประกอบหลายชั้นของ SFC, HTACC, CHI และพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่มีประจุตรง

ข้ามโดย QCM การแบ่งเป็นชั้นๆ ของฟิล์มหลายชั้นที่สร้างขึ้นบนวัสดุรองรับพอลิเอทิลีนเทเรทาเลตที่ปรับพื้นผิวด้วยแก๊สพลาสมา [plasma-treated poly(ethylene terephthalate); treated PET] ด้วยค่ามุมสัมผัสของน้ำ ใช้ AFM และ ATR-FTIR ตรวจสอบลักษณะเฉพาะของฟิล์มประกอบ ตรวจสอบค่ากัมมันตภาพทางชีวภาพของฟิล์มหลายชั้นบนพอลิเอทิลีนเทเรทาเลตที่ปรับพื้นผิวแล้ว เพื่อเลือกโปรตีนที่มีประจุและขนาดแตกต่าง งานวิจัยนี้เสนอแนะว่าทั้ง SFC และ HTACC มีศักยภาพเป็นสารมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่พื้นผิวของวัสดุที่เลือก

คำสำคัญ: ไคโทซาน; อนุพันธ์ที่มีประจุ; การดูดซับที่ละชั้น; ฟิล์มประกอบหลายชั้น; พอลิอิลิก โตรไลด; การดูดซับโปรตีน

Enhancing Antibacterial Activity of Chitosan Surface by Heterogeneous Quaternization

การเพิ่มกัมมันตภาพต้านแบคทีเรียของไคโทซานโดยควอเทอร์ไนเซชันระบบวิวิธพันธ์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มกัมมันตภาพการต้านแบคทีเรียของพื้นผิวไคโทซาน โดยใส่หมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียมผ่านกระบวนการวิวิธพันธ์ 2 ขั้นตอนคือ reductive alkylation ใช้แอลดีไฮด์ตามด้วยเมทิลเลชันด้วยเมทิลไอโอไดด์ ควอเทอร์ไนเซชันของหมู่แอมิโนควรกำหนดประจุบวกและไม่ชอบน้ำของพื้นผิวไคโทซานพร้อม ๆ กัน ซึ่งเป็นปัจจัย 2 ปัจจัย ที่เชื่อว่ามีผลต่อกัมมันตภาพการต้านแบคทีเรียของพื้นผิวไคโทซาน ATR-FTIR, XPS มุมสัมผัสของน้ำ และความต่างศักย์ซีตียืนยันความสำเร็จของควอเทอร์ไนเซชันบนพื้นผิว การวัดความทึบแสง (optical density; OD₆₀₀) SEM และการนับเซลล์ที่อยู่รอดได้ (viable cell counting) แสดงว่า ไคโทซานดัดแปรพื้นผิวมีกัมมันตภาพต้านแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวกและ *Escherichia coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบดีกว่าไคโทซาน การทำให้ไคโทซานมีประจุบวกและไม่ชอบน้ำหลังจากควอเทอร์ไนเซชันพื้นผิว ระบุชัดเจนว่า พื้นผิวไคโทซานที่มีควอเทอร์นารีแอมโมเนียมชอบที่จะเกิดอันตรกิริยากับแบคทีเรียที่มีเมมเบรนเป็นประจุลบ ถึงแม้ว่าพื้นผิวไคโทซานนั้นอยู่ในภาวะความเป็นกรด-เบสที่เป็นกลาง

คำสำคัญ: ไคโทซาน; กัมมันตภาพต้านแบคทีเรีย; หมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียม; ความไม่ชอบน้ำ; การดัดแปรพื้นผิว

โครงการย่อยที่ 6

Characterization of Silk Fabric Print Quality by Ink jet Ink

การตรวจสอบสมบัติการพิมพ์ผ้าไหมด้วยหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ท

Comparison of Textile Print Quality between Ink jet and Screen Printings

การเปรียบเทียบคุณภาพการพิมพ์สิ่งทอระหว่างการพิมพ์อิงค์เจ็ทและสกรีน

งานวิจัยนี้ศึกษาคุณภาพการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยการพิมพ์อิงค์เจ็ทและการพิมพ์สกรีน ใช้สารย้อมอะคริลิก (S-711) กับอัตราส่วนของสารสีต่อสารย้อม (P/B) เป็น 1: 2 โดยน้ำหนัก ผลิตหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ท 1 ชุด ส่วนหมึกพิมพ์สกรีนใช้ BR-700 เป็นสารย้อม เติมน้ำออลซิลิกา (fume silica) ลงในหมึกพิมพ์สกรีน เพื่อเพิ่มความหนืดให้ได้หมึกพิมพ์ที่มีกระแสไหลตรงตามที่ต้องการของเครื่องพิมพ์ ความหนืดและพฤติกรรมการไหลของหมึกพิมพ์ทั้ง 2 ชนิด มีค่าตรงตามมาตรฐาน ความหนืดของหมึกพิมพ์และการกระจายตัวของขนาดอนุภาคเพิ่มขึ้นเล็กน้อยระหว่างเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 เดือน ปรับพื้นผิวผ้าที่พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทโดยใช้สารละลายพอลิเอทิลีนออกไซด์ น้ำหนักโมเลกุล 2-3 ล้าน กรัมต่อโมล วิเคราะห์ความอิ่มตัวของสี (color saturation), แกมมุตสี (color gamut) และปริมาตรสี, ความดำ (density), การผลิตน้ำหนักสี (tone reproduction), ความแข็งตึง (stiffness), สภาพให้อากาศซึมผ่านได้ (air permeability) และ crock fastness ชนิด ความเข้มข้น และอัตราส่วนสารสีต่อสารย้อมในหมึกพิมพ์ทั้ง 2 มีค่าเท่ากันในด้านการกระจายตัวของสารสี ถึงแม้ปริมาตรหมึกพิมพ์บนผ้าโดยอิงค์เจ็ท ได้ปรับสภาพโดยประมาณให้เหมือนกับหมึกพิมพ์สกรีนในด้านความทึบแสง (optical density) ด้วยการพิมพ์หลายๆ ครั้ง แต่ผ้าพิมพ์ทั้งสองมีความอิ่มตัวของสี, แกมมุตสี และการผลิตน้ำหนักสีแตกต่างกัน ปริมาตรของแกมมุตสี, ความแข็งตึง, สภาพให้อากาศซึมผ่านได้ และ crock fastness ของหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทดีกว่าหมึกพิมพ์สกรีน คุณภาพสิ่งพิมพ์จากการพิมพ์อิงค์เจ็ทบนผ้าฝ้ายดีกว่า อย่างไรก็ตาม ผ้าฝ้ายพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทจำเป็นต้องพิมพ์ซ้ำ 3 ครั้งเพื่อผลิตสีและการผลิตน้ำหนักสีให้เหมือนกับที่ผลิตได้โดยการพิมพ์สกรีน

คำสำคัญ: หมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทสารสี; หมึกพิมพ์สกรีน; คุณภาพสิ่งพิมพ์; ผ้าฝ้าย; สารย้อมพอลิอะครีเลต

Properties of Industrial Thai Silks Reeled by Hand and by Machine

สมบัติของไหมไทยเชิงอุตสาหกรรมสาวด้วยมือและเครื่องจักร

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติของเส้นใยจากหนอนไหม 3 ชนิด ที่ผลิตในประเทศไทย และเส้นใยไหม 1 ชนิดที่นำเข้าจากต่างประเทศ เปรียบเทียบสมบัติของเส้นใยเหล่านี้ที่สาวด้วยมือและสาวด้วยเครื่องจักร ซึ่งทดสอบตามมาตรฐานสากลคือ ความขาวและความเหลือง ขนาดเส้นใยไหม (ดีเนียร์) น้ำหนักที่หายไปจากการลอกกาไหม ปริมาณความชื้น ความหนาแน่นสัมพัทธ์ การจัดเรียงตัวของโซ่พอลิเมอร์ในเส้นใยไหม (birefringence) ปริมาณผลึก องค์ประกอบทางเคมี จุดอ่อนตัว พฤติกรรมการเผาไหม้ ความเหนียวเหนียว (tenacity) ความทนแสงแดด การตรึงสีย้อม ความทนกรด ด่าง และภาวะฟอกขาว จากการศึกษาได้พบว่า เส้นไหมสาวด้วยมือให้ค่าความขาว การเรียงตัวของโซ่พอลิเมอร์ ปริมาณผลึก และจุดอ่อนตัวกว่าเส้นไหมสาวด้วยเครื่องจักร ในทางตรงข้าม เส้นใยสาวด้วยมือให้ค่าขนาดเส้นใยและการตรึงสีย้อมดีกว่า เส้นใยในประเทศมีขนาดเส้นใย น้ำหนักที่หายไปจากการลอกกาไหม ความหนาแน่นสัมพัทธ์ ปริมาณผลึก การตรึงสี และการทนด่างและสารฟอกขาวได้ดีกว่า เส้นใยนำเข้าจากประเทศจีน

คำสำคัญ: ไหมไทย; สาวด้วยมือ; สาวด้วยเครื่องจักร; สมบัติต่าง ๆ

Modulation Transfer Function Measurement for Ink Jet Printed Silk Fabrics

การวัดโมดูเลชันทรานเฟอร์ฟังก์ชันของผ้าไหมพิมพ์อิงค์เจ็ต

โมดูเลชันทรานเฟอร์ฟังก์ชัน (Modulation Transfer Function; MTF) เป็นวิธีมาตรฐานใช้ประเมินคุณภาพของภาพ (image quality) สำหรับรายละเอียดขององค์ประกอบที่บันทึกในระบบการเกิดภาพและคุณภาพภาพของผลผลิตสุดท้าย งานวิจัยนี้ศึกษาการวัด MTF ของผ้าไหมไม่พิมพ์และผ้าไหมพิมพ์และความสัมพันธ์ของข้อมูล MTF กับความคมชัดของผ้าไหมพิมพ์พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ตที่ผลิตภายในห้องปฏิบัติการ วัด MTF ของพื้นผิวโดยใช้แบบทดสอบคลื่นรูปไซน์ (sinusoidal test pattern) วางให้สัมผัสกับผ้า ใช้ความถี่เชิงพื้นที่จาก 0.375 ถึง 3.0 รอบต่ออนาโนเมตร (spatial frequencies) กราฟแผ่นทดสอบคลื่นรูปไซน์ (sinusoidal test target) โดยไมโครเดนซิโตมิเตอร์ (microdensitometer) ในโหมดความดำของการสะท้อนแสง (reflection density) ข้อมูลเหล่านี้ประกอบด้วย 2 ความถี่คือ ความถี่สูงเป็นลักษณะของผ้า และความถี่ต่ำเป็นการกระเจิงแสงของเส้นด้าย เส้นโค้งรูปไซน์ที่ความถี่ต่ำใช้คำนวณค่า MTF ผลการทดลองชี้ว่าการวัด MTF ของผ้าด้วยวิธีนี้สามารถได้ฟังก์ชันการกระจายจุด (point spread function) ของผ้าไหม งานวิจัยนี้ตรวจสอบความสัมพันธ์ของรูปแบบคลื่นและทิศทาง, wicking property และ MTF ของผ้าไหม 4 ชนิดที่แตกต่างกันซึ่งด้วยการทอธรรมดา (ลายทอธรรมดา; ผ้าไหม A, C and D) หรือ ลายทอแบบเส้นด้ายคู่ (twill weave) ของผ้าไหม B ตรวจสอบเม็ดสกรีนบนผิวโดยโมเดลของ Yule-Nielsen ได้ค่าสัมประสิทธิ์ n

เป็น 1.636 สำหรับ ผ้าไหม D มีค่าสัมประสิทธิ์ d และ n ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไหมชนิดอื่น ซึ่งถึงคุณภาพภาพที่คมชัด

คำสำคัญ: หมึกพิมพ์อิงค์เจ็ท; โมดูลेशनทรานเฟอร์ฟังก์ชัน; เม็ดสกรีนบวม; แผ่นทดสอบคลื่นรูปไซน์; ฟังก์ชันการกระจายจุด; ผ้าไหม

Surface-Modified and Micro-Encapsulated Pigmented inks for Ink Jet Printing on Textile Fabrics

สารสีดัดแปรพื้นผิวและสารสีห่อหุ้มแบบไมโครแคปซูลสำหรับการพิมพ์อิงค์เจ็ทบนผ้าไหม

เตรียมหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทด้วยสารสีดัดแปรพื้นผิวและสารสีห่อหุ้มแบบไมโครแคปซูล ได้วิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของการกระจายขนาดอนุภาค (particle size distribution) การเปลี่ยนแปลงของความหนืดเมื่อเก็บ และความเสถียรของหมึกพิมพ์ (ink stability) ทุกสัปดาห์เป็นเวลา 12 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง สมบัติของหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ททั้งหมดอยู่ในช่วงใช้งานได้ (operational range) ในด้านการปรากฏสี หมึกพิมพ์สารสีดัดแปรพื้นผิวที่พิมพ์บนผ้าไหมให้ความดำ (optical density) สูงกว่า, การผลิตน้ำหนกสี (tone reproduction) ดีกว่า, ขอบเขตสีกว้างกว่า และปริมาตรสีมากกว่าหมึกพิมพ์จากสารสีห่อหุ้มแบบไมโครแคปซูล ในด้านความคงทนและการใช้งาน หมึกพิมพ์จากสารสีดัดแปรพื้นผิวให้ความทนดีกว่าหมึกพิมพ์สารสีห่อหุ้มแบบไมโครแคปซูล วิเคราะห์ผ้าไหมพิมพ์โดยพิจารณาการสวมใส่สบายด้วยค่าความแข็งดิ่งโค้งงอ (bending stiffness) การทดลองซึ่งผลบเมื่อผ้ามีการปรับสภาพก่อนพิมพ์ การปรับสภาพพื้นผิวผ้ามีผลบวกกับสี, การปรากฏสี, ความทนทานและการใช้งาน เมื่อจำนวนเส้นด้ายมีค่าเกือบเท่ากันนั้น ความแข็งแรงโค้งงอของผ้าในทิศทางด้ายขวางหรือด้ายพุ่ง (weft direction) มีค่ามากกว่าในทิศทางของด้ายเส้นยืน (warp direction)

คำสำคัญ: การกระจายสารสีแบบดัดแปรพื้นผิว; การกระจายสารสีห่อหุ้มแบบไมโครแคปซูล; ผ้าไหม; หมึกพิมพ์อิงค์เจ็ท; สิ่งทอ

Pretreatment of Silk Fabric Surface with Amino Compounds for Ink Jet Printing

การปรับสภาพพื้นผิวผ้าไหมด้วยสารประกอบแอมิโนสำหรับการพิมพ์อิงค์เจ็ท

งานวิจัยนี้ศึกษาการปรับสภาพพื้นผิวผ้าไหมด้วยสารประกอบแอมิโนสำหรับการพิมพ์อิงค์เจ็ท การปรับสภาพพื้นผิวเป็นการเพิ่มความเรียบของผิวผ้า ใช้สารละลายปรับสภาพพื้นผิวก่อนการพิมพ์คือ เซรีน (serine), ไกลซีน (glycine), กรดแอสปาร์ติก (aspartic acid), เซรีซิน (sericin), ไคโทซาน (chitosan) และสารเคมีปรับสภาพพื้นผิวทางการค้า Sanfix 555 (Sanfix 555) พิมพ์ผ้าที่ไม่ปรับและปรับสภาพพื้นผิวด้วยหมึกพิมพ์ที่เตรียมได้จากสารสีปรับสภาพพื้นผิว นำไปอบไอน้ำเพื่อตรึงสี

ของหมึกพิมพ์บนผิวผ้า พบว่า การปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประกอบแอมิโน ปรับปรุงความชอบน้ำ (hydrophilicity) ของผ้าไหมยกเว้นโคโทซาน แกมมุตสีจากผ้าปรับสภาพพื้นผิวด้วยเซรีซิน, โคโทซาน และชันฟิکش 555 ให้แกมมุตสีที่กว้างกว่าสารประกอบแอมิโน สี (chroma) ของสีไซแอน (cyan color) เพิ่มค่าแกมมุตสีมากที่สุด ผ้าหลังการปรับสภาพพื้นผิวด้วยเซรีซินเพิ่มความทนการขัดถูขณะแห้ง (dry crock fastness) อย่างเห็นได้ชัด ขณะที่เซรีซินและไกลซินเพิ่มความทนการขัดถูขณะเปียก (wet crock fastness) โคโทซานเพิ่มความทนการขัดถูเล็กน้อยทั้งขณะแห้งและเปียก ผ้าที่พิมพ์แล้วมีความทนการซัก (wash fastness) ดีเยี่ยม ผ้าไหมที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยโคโทซาน มีความแข็งตึงมากกว่าใช้สารอื่น อย่างเห็นได้ชัด การซึมผ่านของหมึกพิมพ์ลงในชั้นเคลือบเซรีซินและโคโทซานตื้นกว่ากรดแอมิโน ซึ่งทำให้หมึกพิมพ์ตกสะสม (deposition) บนพื้นผิวผ้า หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ สารประกอบแอมิโนสามารถเก็บและตรึงหมึกพิมพ์ไว้บนพื้นผิวผ้ามากกว่า ซึ่งเป็นผลให้แกมมุตสีหมึกพิมพ์กว้างกว่า

คำสำคัญ: กรดแอมิโน; โคโทซาน; เซรีซิน; การปรับสภาพ; ผ้าไหม; การพิมพ์อิงค์เจ็ต

Anionically Surface-Modified Pigment-Based Ink Jet Ink Performance on Silk Fabric

สมรรถนะของหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ตประเภทสารสีมีประจุลบที่พื้นผิวบนผ้าไหม

ได้เตรียมสารสีให้พื้นผิวมีประจุลบซึ่งกระจายในน้ำได้ดี นำสารสีเหล่านี้มาผลิตหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ตสีสี หมึกพิมพ์เหล่านี้มีค่าความเป็นกรด-เบส อยู่ในช่วง 8-9 และแสดงลักษณะการไหลนิวโทเนียน ซึ่งมีค่าความหนืดคงที่ที่ 2.5 มิลลิพาสคัล วินาที มีแรงตึงผิวของหมึกพิมพ์ในช่วง 44 มิลลินิวตันต่อเมตร อนุภาคเฉลี่ยของหมึกพิมพ์มีค่า 100 นาโนเมตร ค่าซีตาโพเทนเชียลของหมึกพิมพ์อยู่ในช่วง -42 ถึง -51 มิลลิโวลต์ หมึกพิมพ์สีม่วงแดงและสีดำมีความเสถียรประมาณ 10 เดือน ส่วนสีน้ำเงินเขียวและสีเหลืองประมาณ 1 ปี ซึ่งยืนยันได้ด้วยขนาดของอนุภาคในภาพ SEM และ TEM หมึกพิมพ์เหล่านี้เหมาะสำหรับการพิมพ์อิงค์เจ็ตหัวพิมพ์เปียกซ์ ได้พิมพ์ผ้าไหมที่ไม่ได้ปรับผิวและได้ปรับผิวด้วยหมึกพิมพ์ชุดนี้ แล้วอบด้วยไอน้ำเพื่อจกสีส่วนเกินและตรึงสีหมึกพิมพ์บนผ้าไหม สารที่มีประจุลบบนพื้นผิวมีปฏิสัมพันธ์กับกลุ่มอะมิโนที่ได้รับการโปรโทเนตของโคโทซานเคลือบบนผ้าไหม ให้สีหมึกพิมพ์เกาะมากกว่า แกมมุตสีกว้างกว่า และมีสีสันทของสีน้ำเงินเขียวดีกว่า ตามด้วยสีม่วงแดง แต่ความแรงของสีน้ำเงินเขียว สีม่วงแดง และสีเหลือง ค่อนข้างต่ำ บทความนี้ได้อธิบายสาเหตุและเสนอคำแนะนำ เพื่อแก้จุดอ่อนนี้

คำสำคัญ หมูฟิงก์ชันมีประจุลบ หมึกพิมพ์สารสีปรับพื้นผิว หมึกพิมพ์อิงค์เจ็ต โคโทซาน การปรับผิวก่อนพิมพ์ ผ้าไหม