ภาคผนวก

การนำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการ

"Pure and Applied Chemistry International Conferences"

PACCON 2011

January 5-7, 2011

Miracle Grand Convention Hotel, Bangkok, Thailand

PREPARATION OF POLYDIVINYLBENZENE/NATURAL RUBBER CAPSULE ENCAPSULATED HEAT STORAGE MATERIALS

P. Chaiyasat*, A. Chaiyasat, P. Sirithip, V. Voranuch, C. Waree and K. Songkhamrod

Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Klong 6, Thanyaburi, Pathumthani, Thailand 12110

E-mail: p_chaiyasat@mail.rmutt.ac.th

Abstract: The encapsulation of heat storage materials such as tetradecane, hexadecane and octadecane (OD) has been extensively studied using various techniques. The Self-assembling of Phase Separated Polymer (SaPSeP) method is one of them widely applied for the preparation of polymer capsule encapsulated heat storage materials. In this study, the core-shell polydivinylbenzene (PDVB)/natural rubber (NR) capsules encapsulated OD was prepared using the SaPSeP method by microsuspension polymerization. The mixture of dispersed phase consisting of DVB, NR, OD and benzoyl peroxide was added in polyvinyl alcohol aqueous solution and then homogenized at 5,000 rpm for 5 minutes. The obtained monomer droplet emulsion was subsequently polymerized at 70 °C for 12 hours resulting in PDVB/NR capsule encapsulated OD. The influence of DVB:NR weight ratio on the encapsulation efficiency and thermal properties of encapsulated OD were investigated. The prepared capsules were observed by the optical and scanning electron microscopes. The thermal properties of encapsulated OD were determined by the differential scanning calorimeter and thermogravimetric analyzer.

Introduction

In recent years, microencapsulation of heat storage materials have attracted for many applications such as air conditions of building, solar heat storage and thermal adaptable fibers [1-3]. Paraffin waxes such as tetradecane (TD), hexadecane (HD), octadecane (OD), nonadecane (ND), and eicosane are useful as one group of numerous numbers of heat storage materials that melt and solidify at a wide range of temperatures, making them attractive for many applications [4]. Several methods have been carried out to prepare heat storage microcapsules. The *in situ* polymerization to fabricate the microcapsules and nanocapsules containing OD core with melamine-formaldehyde shell [5], resorcinol-modified melamine-formaldehyde shell [6] were reported. Three types of paraffin waxes (HD, OD and ND) were encapsulated through complex coacervation of natural and biodegradable polymers, gum arabic-gelatin mixture [7]. PS microcapsules containing paraffin wax were synthesized by suspension like polymerization [8]. The Self-assembling of Phase Separated Polymer (SaPSeP) method is one of many methods applied for the encapsulation of them [9-12]. The polymer chains formed during polymerization in the monomer droplet are diffused and trapped near the interface based on surface coagulation and gradually piled at the inner interface resulting in a polymer shell. After the completion of polymerization, heat storage material was encapsulated inside as the capsule core. We have prepared the microcapsule of Polydivinylbenzene (PDVB) encapsulated OD (PDVB/OD) by microsuspension polymerization utilizing the SaPSeP method. The prepared capsules are spherical with smooth outer surface. However, it was found that some of the capsules are broken during drying process possibly due to the hard property of PDVB shell.

Natural rubber (NR) is one of the most important biopolymers in Thailand. It displays excellent elasticity and flexibility widely used in various applications such as medical grove and tubing. Then, the incorporation of NR in PDVB shell is interesting to reduce the utilization of petrochemical monomer and improve the mechanical properties of the capsule.

In this study, the preparation of microcapsule encapsulating OD in polymer composite shell of PDVB and NR (PDVB/NR/OD) was carried out by microsuspension polymerization utilizing the SaPSeP method. The influence of DVB:NR weight ratio on the encapsulation efficiency and thermal properties of encapsulated OD were investigated.

Materials and Methods

Materials: DVB (Aldrich; purity, 80%) was washed with 1 N sodium hydroxide (NaOH) and distilled water to remove polymerization inhibitors before use. NR (Thai Rubber Co., Ltd.) was oxidized with hydrogen peroxide to reduce the molecular weight. The number-average molecular weight of NR used in this study is 45,000. Poly(vinyl alcohol) (PVA) (Aldrich; degree of saponification, 87-90%) was used as received. Reagent-grade benzoyl peroxide (BPO) was purified by recrystallization. OD (Merck; 99.5%) was used as received.

Microcapsules preparation: The microcapsules of PDVB/NR/OD were prepared by microsuspension

polymerization under the conditions listed in Table 1. The homogeneous organic phase of DVB/NR and OD at the ratio of 50:50 %wt/wt (approximately 10 %wt of aqueous solution) were mixed with BPO (8 %wt of monomer) and then added to the aqueous phase containing PVA (1.5 g of PVA in 150 g of water). Emulsification was carried out by high shear rate at the speed of 5,000 rpm for 5 min resulting in the organic phase droplets dispersed in the aqueous medium. The resulting emulsions were transferred to the reactor and polymerized at 70 °C for 12 h under N_2 atmosphere.

Table 1: Recipes for the preparation of PDVB/NR capsules with encapsulated OD by microsuspension polymerization[a] of DVB/NR/OD droplets prepared by homogenization[b]

		NR (%w of DVB)			
Ingredient		0	1	2.5	5
DVB	(g)	7.5	7.5	7.5	7.5
NR	(g)	0.0	0.075	0.188	0.375
OD	(g)	7.5	7.5	7.5	7.5
BPO	(g)	0.8	0.8	0.8	0.8
PVA	(g)	1.5	1.5	1.5	1.5
Water	(g)	150	150	150	150

a) 70 °C, 12 h, N_2
b) 5,000 rpm, 5 min

Characterization of microcapsules: An optical microscope (OM) (SK-100EB & SK-100ET, Seek, Seek Inter Corporation Ltd., Thailand) were used to investigate the morphology of the surface and the inner structure of the microcapsules. The OD content in microcapsule was determined with thermo-gravimetric analyzer (TGA) (TGA 4000, Perkin-Elmer, USA) using heating rate of 10 °C/min. The latent heats of solidification (H_s), melting (H_m), solidification (T_s), and melting (T_m) temperatures of OD encapsulated in microcapsule particles in aqueous solution (solid content: ca 10%) were measured with a DSC (DSC 4000, Perkin-Elmer, USA) under a N_2 flow with the scanning temperature range and rate of 0-40 °C and 5 °C/min, respectively. To compare H_s and H_m of the encapsulated OD having different wt% in the capsule particles and also pure OD, the H_s and H_m values were used in the unit of joule per 1 g of encapsulated OD (J/g-OD). They were calculated from the cooling/heating peak area of DSC thermogram and OD content obtained from TGA analysis using the following equation.

$$\text{J/g-OD} = (A/B) \times 100$$

Where

A = H_s or H_m of encapsulated OD in microcapsule dispersion obtained from DSC thermogram (J/g-sample)

B = %OD in microcapsule dispersion obtained from TGA thermogram

Results and Discussion

The PDVB/NR/OD microcapsules prepared with various weight percents of NR were observed with OM as shown in Figure 1. PDVB/OD capsules were shown in Figure 1(a). The particles were spherical and OD core was completely encapsulated with PDVB shell. When low NR contents were incorporated, microcapsules were also prepared. At 1 and 2.5 %wt of NR, the capsules were spherical with complete encapsulation of OD as shown in Figure 1(b) and (c). However, at higher NR content, heterogeneous particles were formed.

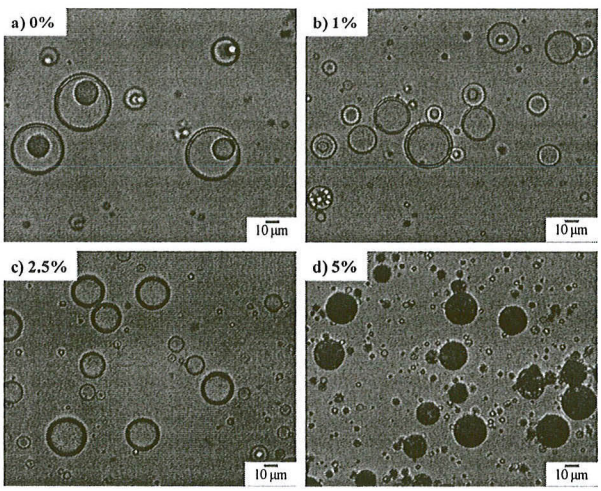


Figure 1. The optical micrographs of PDVB/NR/OD particles. NR (%wt of DVB): (a) 0; (b) 1; (c) 2.5 and (d) 5

These results suggested that the present of low concentration NR did not inhibit phase separation of PDVB chains formed during polymerization in the monomer droplets. Therefore, polymer capsule could be formed. Nevertheless, the increases of NR until reach the critical value reduced phase separation due to high internal viscosity. In this case, the formed PDVB could not diffuse to the droplet interface resulting in heterogeneous morphology particles.

The thermal properties of encapsulated OD were measured with DSC. DSC thermograms of encapsulated OD in PDVB capsules (Figure 2) showed that the H_m (153.0 J/g-OD) and H_s (151.8 J/g-OD) of encapsulated OD were lower than those of the bulk OD (241.7 and 247.0 J/g of H_m and H_s, respectively). In the case of phase transition temperature, T_m of encapsulated OD (28.3 °C) was almost the same as that of bulk OD (30.0 °C). In contrast, T_s was shifted to the lower temperature comparing to bulk OD. This occurrence is namely supercooling.

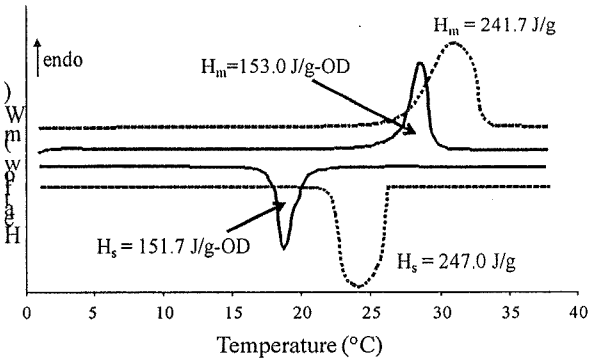


Figure 2. DSC thermograms of bulk OD (dot line) and encapsulated OD (solid line) in PDVB particles measured at the scanning rate of 5°C/min

In the case of PDVB/NR capsules, the thermal properties of encapsulated OD were similar as those of OD in PDVB capsule. H_m and H_s of encapsulated OD were much lower than those of the bulk ones and a little lower than those of OD in PDVB capsule. It may be due to the present of NR in OD matrix reduces the crystallization of encapsulated OD. However, the increase of NR weight percent from 1 to 5 did not show significant effect on the thermal properties of encapsulated OD (Table 2). T_m of encapsulated OD was almost the same as that of bulk OD while T_s was shifted to the lower temperature comparing to bulk OD.

Table 2: Thermal properties of encapsulated OD in PDVB/NR capsule prepared with various weight percent of NR

NR (%wt of DVB)	Heat of transition (J/g-OD)	
	Hs	Hm
0	151.8	153.0
1	124.2	129.2
2.5	126.3	124.8
5	128.1	144.2

TGA analysis showed the degradation temperature and the composition of the capsule. The degradation of PDVB/NR/OD capsule composes of three steps of water, OD and PDVB, respectively (Figure 3(d)). The NR (1 %wt of DVB) degradation was not observed due to low content.

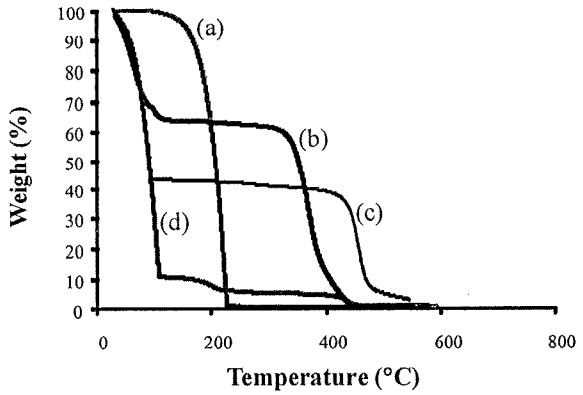


Figure 3. TGA thermograms of (a) bulk OD, (b) NR latex, (c) PDVB and (d) PDVB/NR/OD capsule (1 %wt of DVB) measured at the heating rate of 5°C/min

Conclusions

The microcapsule of PDVB/NR encapsulated OD was successfully prepared by microsuspension polymerization utilizing the SaPSeP method. The increase of NR content gradually reduced phase separation of PDVB formed during polymerization due to the increase of internal viscosity. At low NR content, 1 and 2.5 %wt, the capsules were obtained. However, at 5% wt, only heterogeneous particles were found. The thermal properties of encapsulated OD in the capsule were lower than those of bulk as in the case of PDVB capsule. However, there is no significant influence of NR content on the thermal properties of encapsulated OD.

References

[1] J.F. Su, L.X. Wang and L. Ren, *J. Appl. Polym. Sci.* **97** (2005), pp. 1755-1762.

[2] S. Peng, A. Fuchs and R.A. Wirtz, J. *Appl. Polym. Sci.* **93** (2004), pp.1240-1251.

[3] J. Cho, A. Kwon and C. Cho, *Colloid Polym. Sci.* **280** (2002), pp. 260-260.

[4] G. Sun and Z. Zhang, *Int J. Pharm.* **242** (2002), pp.307-311.

[5] X.X. Zhang, Y.F. Fan, X.M. Tao and K.L. Yick, *Mater Chem Phys.* **88** (2004), pp. 300-307.

[6] H. Zhang and X. Wang, *Colloids and Surfaces A: Physicochem Eng Aspects* **332** (2009), pp. 129-138.

[7] E. Onder, N. Sarier and E. Cimena, *Thermochim Acta.* **467** (2008), pp. 63-72.

[8] P. Sánchez, M.V. Sánchez-Fernandez, A. Romero, J.F. Rodríguez and L. Sánchez-Silva, *Thermochim Acta* **498** (2010), pp. 16-21.

[9] M. Okubo, Y. Konishi and H. Minami, *Progr. Colloid Polym. Sci.* **124** (2003), pp. 54-59.

[10] P. Chaiyasat, Y. Ogino, T. Suzuki, H. Minami and M. Okubo, *Colloid Polym Sci.* **286** (2008), pp. 217-223.

[11] P. Chaiyasat, Y. Ogino, T. Suzuki and M. Okubo, *Colloid Polym Sci.* **286** (2008), pp. 753-759.

[12] P. Chaiyasat, T. Suzuki, H. Minami and M. Okubo, *J Appl Polym Sci.* **112** (2009), pp. 3257-32

Oral Presentation

Preparation of Polydivinylbenzene/Natural Rubber Capsule Encapsulated Heat Storage Materials

Preeyaporn Chaiyasat, Ph.D.

Amorn Chaiyasat, Ph.D.
Piyawan Sirithip, Vilawan Voranuch,
Chunchay Waree and Katsaraporn Songkhamrod

Department of Chemistry,
Faculty of Science and Technology,
Rajamangala University of Technology Thanyaburi

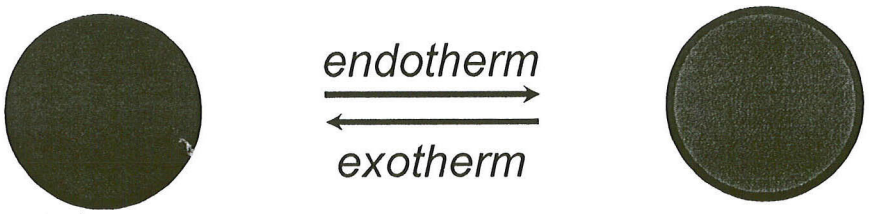
2011. 01. 6

Introduction

Heat Storage Materials (Phase Change Materials)

Latent heat

Phase transition



Paraffin
(C_nH_{2n+2})

Advantages

- High latent heat
- Low supercooling
- Non-toxic
- Non-corrosive
- Stable

Disadvantages

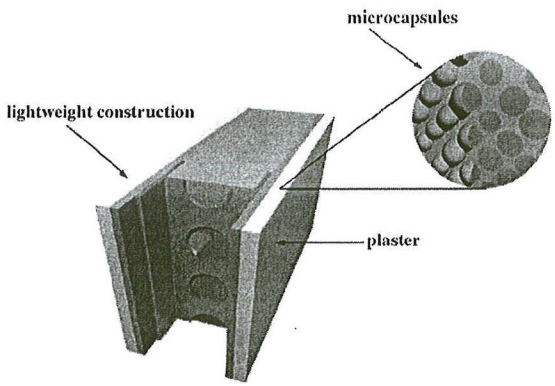
- Low thermal conductivity

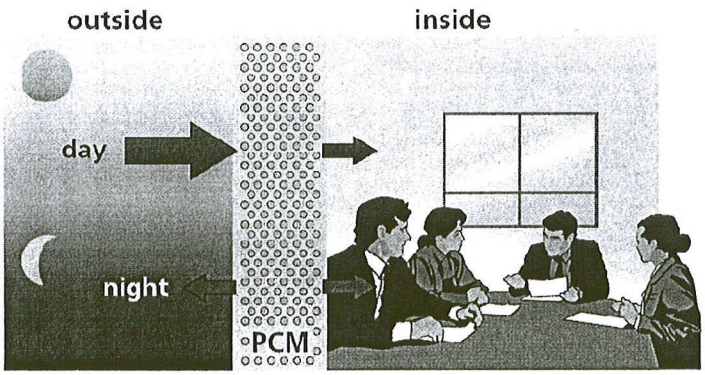
Surface area → **Encapsulation**

Applications of Heat Storage Capsules

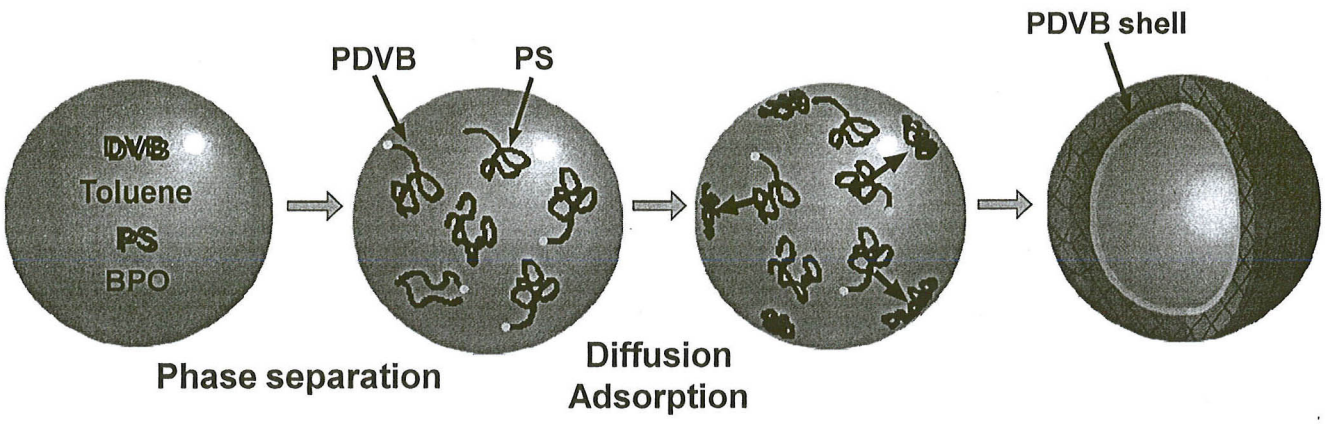
Paraffin (C_nH_{2n+2})
e.g. Octadecane, Hexadecane

Air-conditioning





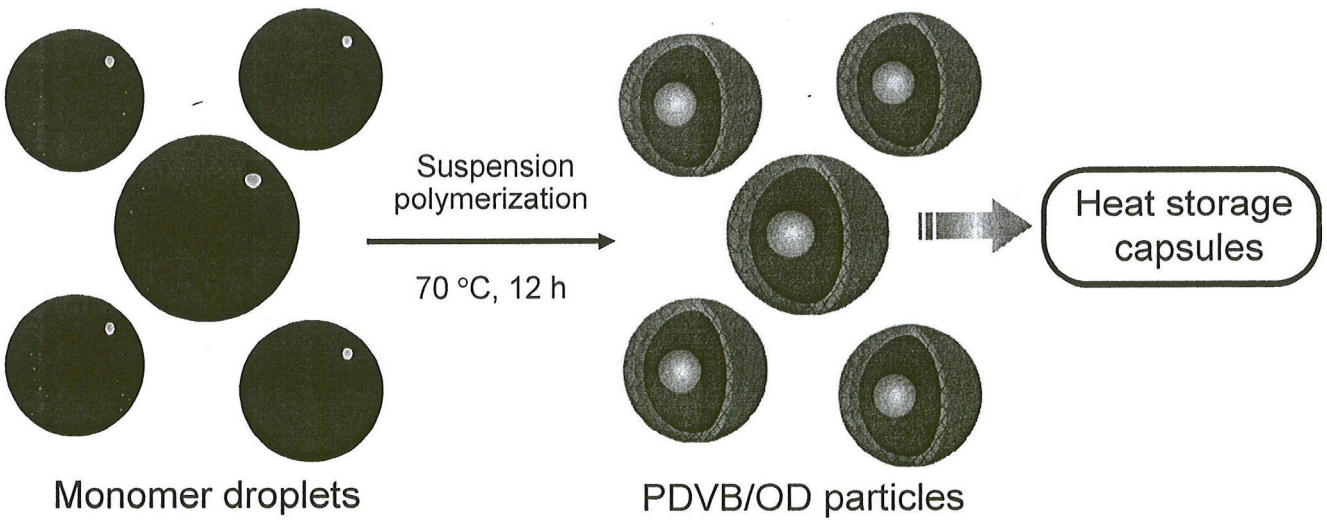
Preparation of hollow polymer particles utilizing the SaPSeP method



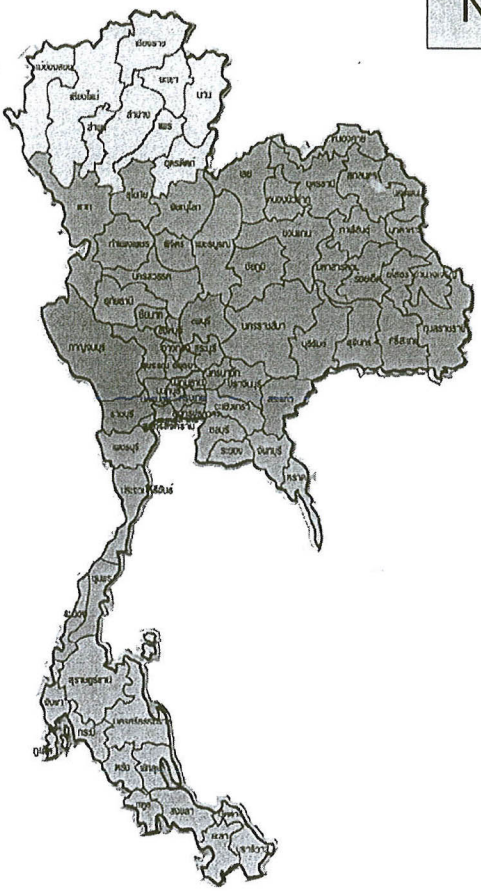
Self-assembling of Phase Separated Polymer Method
(SaPSeP Method)

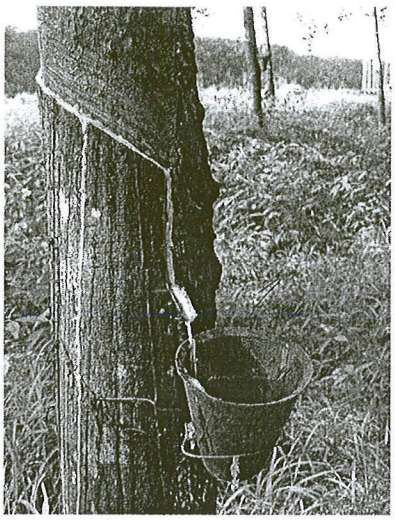
M. Okubo, Y. Konishi, H. Minami, *Colloid Polym. Sci.*, **279**, 519 (2001)
Y. Konishi, M. Okubo, H. Minami, *Colloid Polym. Sci.*, **281**, 123 (2003)

PDVB particles with encapsulated OD as heat storage capsules



Natural Rubber





http://en.wikipedia.org/wiki/Natural_rubber

- **cis-1,4- polyisoprene**
- **Amorphous polymer with Tg = -70 °C**
- **High flexibility**

Experimental

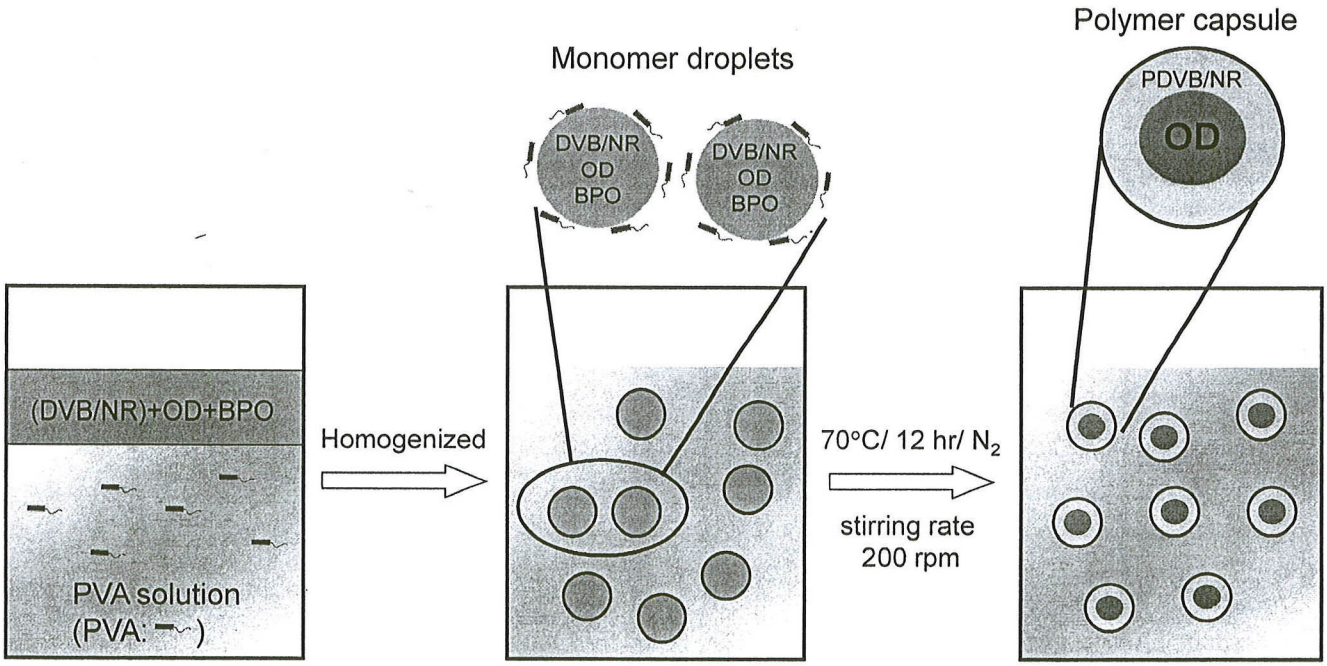


Fig. 1 Schematic of the preparation process of PDVB/NR/OD capsules by suspension polymerization

Table 1 Recipes for the preparation of PDVB capsules with encapsulated OD by suspension polymerizations [a] of DVB/NR/OD droplets prepared by homogenization [b]

Ingredients		NR (wt%) 0	1.0	2.5	5.0
DVB	(g)	7.5	7.5	7.5	7.5
NR [c]	(g)	-	0.08	0.2	0.4
OD	(g)	7.5	7.5	7.5	7.5
BPO	(g)	0.6	0.6	0.6	0.6
PVA	(g)	1.5	1.5	1.5	1.5
Water	(g)	150	150	150	150

[a] N_2, 70 °C, 12 h

[b] 5,000 rpm, 5 min

[c] Molecular weight: 65,000 and 48,000

Abbreviations: DVB, divinylbenzene; NR, Natural rubber; OD, octadecane; BPO, benzoyl peroxide; PVA, poly(vinyl alcohol)

9

Results and Discussion

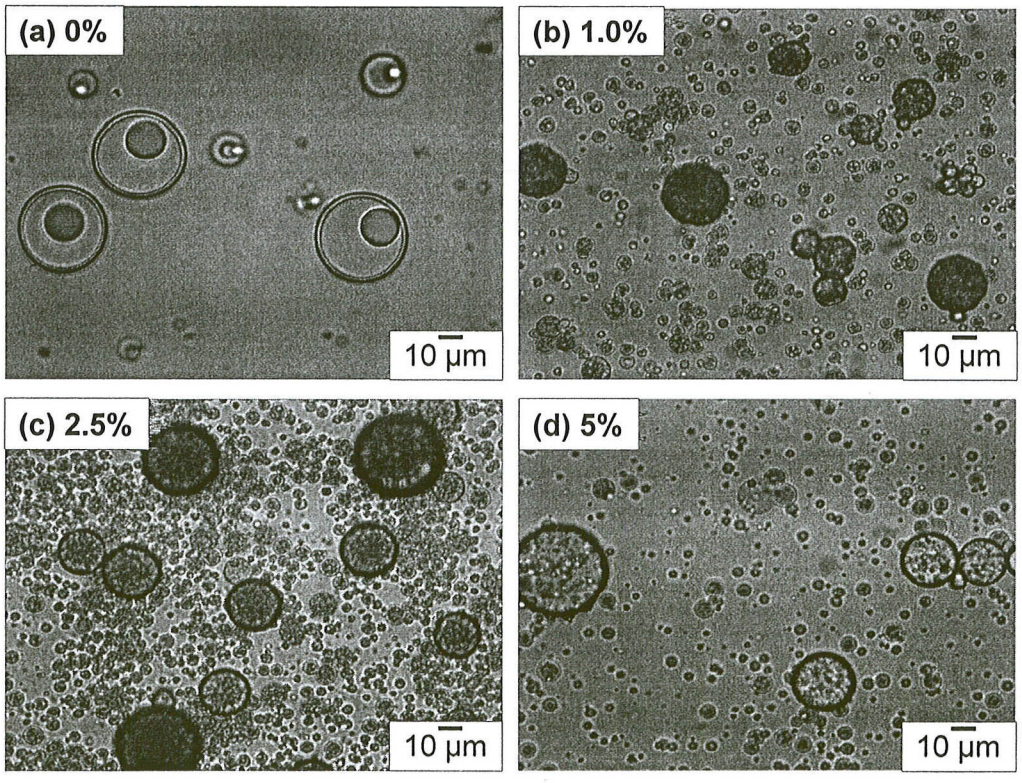


Fig. 2 Optical micrographs of PDVB/NR/OD particles prepared with various amount of NR (Mn = 65,000). NR (wt%): (a) 0; (b) 1.0; (c) 2.5 and (d) 5.0

10

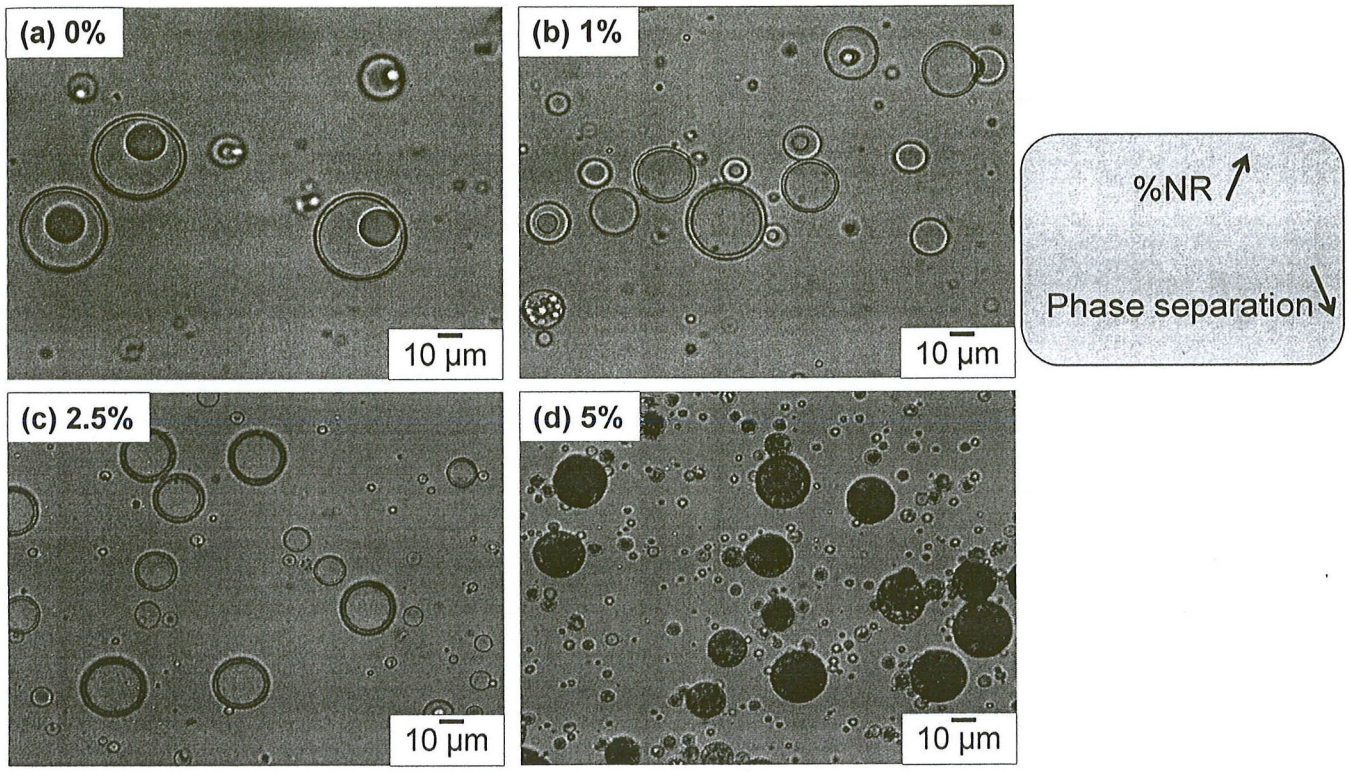


Fig. 3 Optical micrographs of PDVB/NR/OD particles prepared with various amount of NR (Mn = 48,000). NR (wt%): (a) 0; (b) 1.0; (c) 2.5 and (d) 5.0

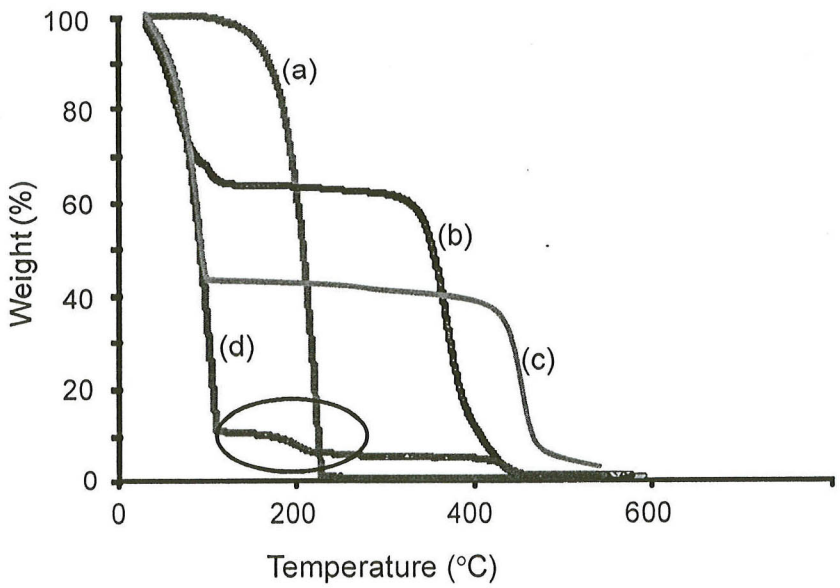
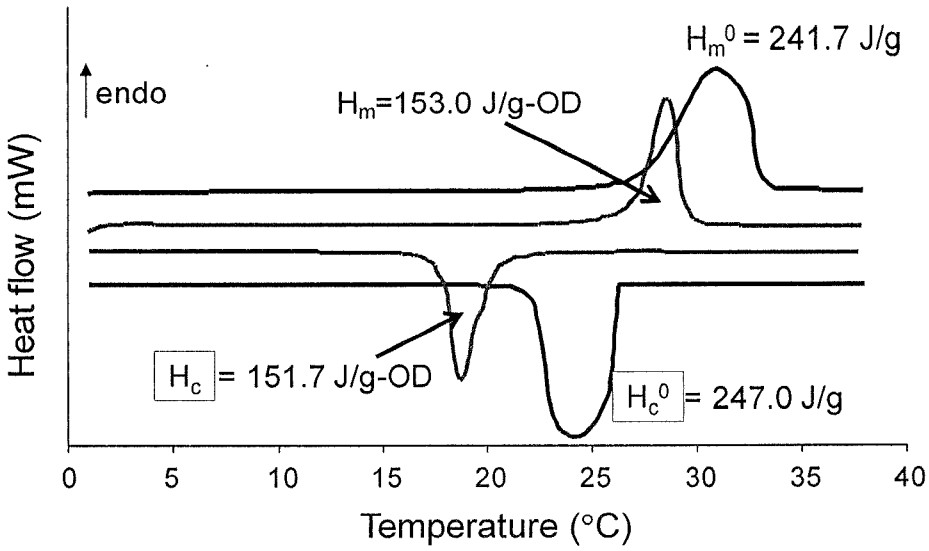


Fig. 4 TGA thermograms of (a) OD, (b) NR latex, (c) PDVB particles and (d) PDVB/NR/OD capsule, recorded with a heating rate of 5 °C/min



OD

H_m^0: Heat of melting

H_c^0 : Heat of crystallization

Encapsulated OD

H_m: Heat of melting

H_c : Heat of crystallization

Fig. 5 DSC thermograms of OD (——) and encapsulated OD in PDVB (DVB/OD = 1/1, w/w) particles (——), recorded with a scanning rate of 5 °C/min

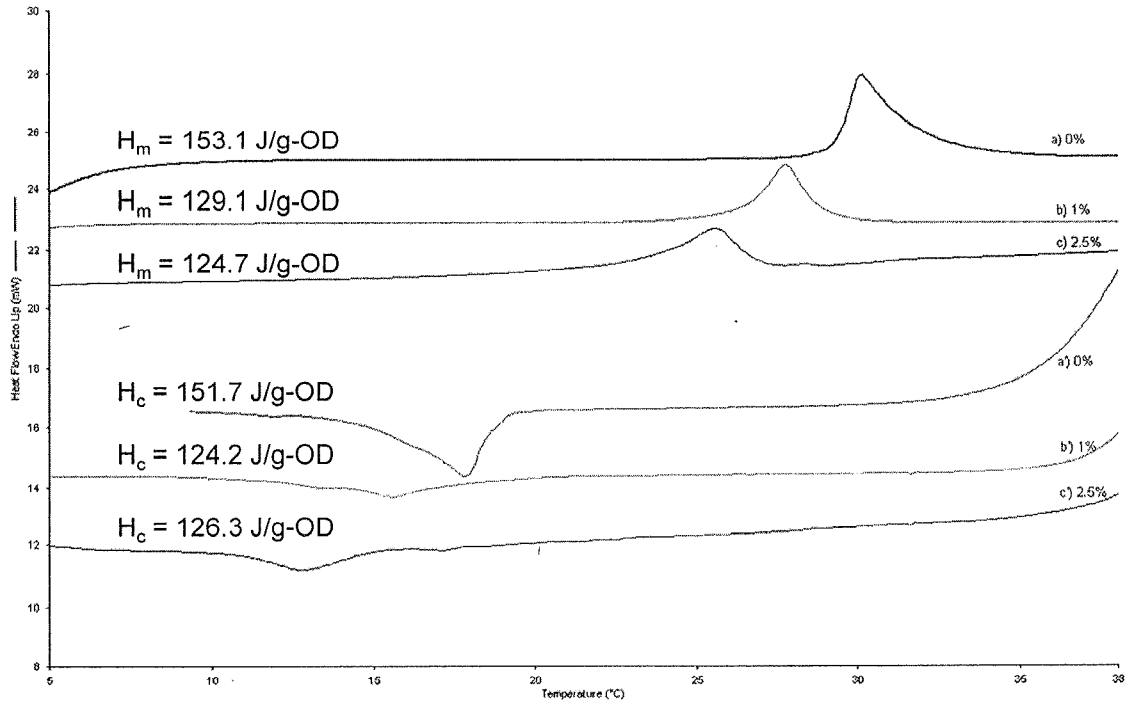
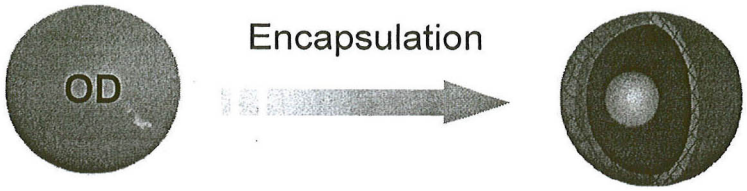
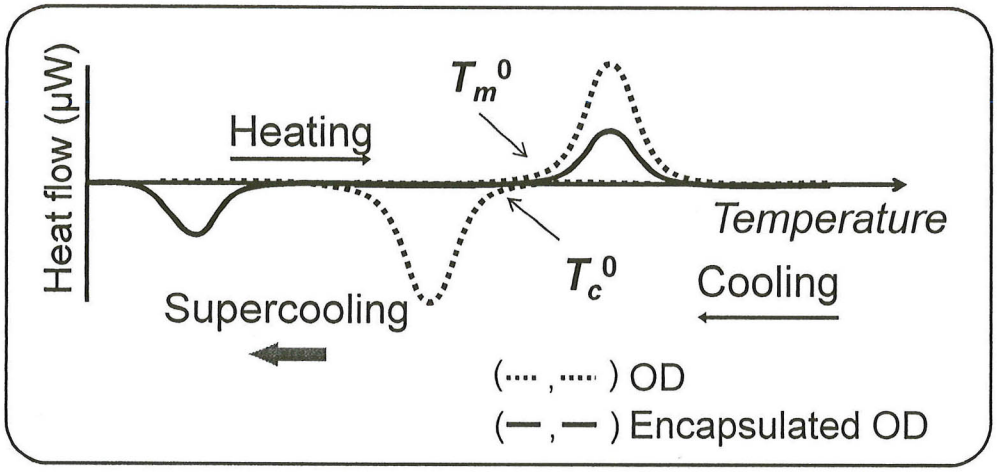


Fig. 6 DSC thermograms of encapsulated OD in PDVB particles, prepared with various amount of NR. NR (wt%): (a) 0; (b) 1 and (c) 2.5

Problems with OD encapsulation

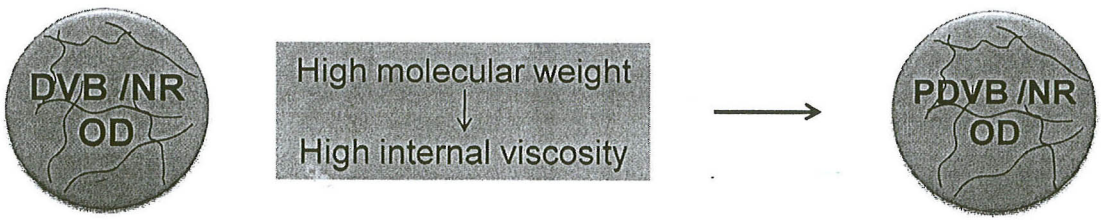


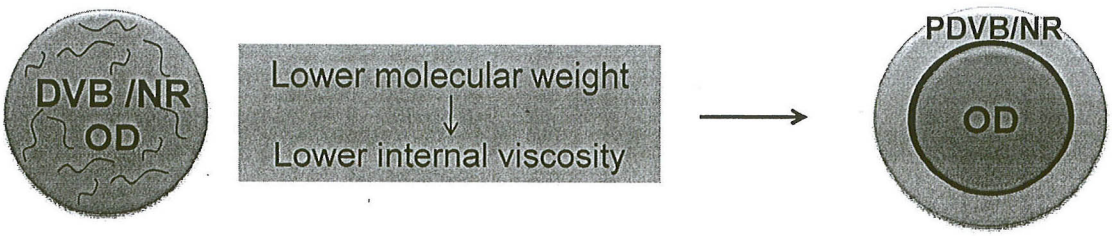


Problems: *** Supercooling**

*** Reduced heats of crystallization and melting**

Conclusions





Acknowledgements

- National Research Council of Thailand
- Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi
- Thai Rubber Latex Co.,Ltd.

...Thank You...

แบบเสนอโครงการวิจัย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ **แบบ ว-1ด**

(ฉบับปรับปรุงปี พ.ศ. 2551)

แบบเสนอโครงการวิจัย (research project)

ประกอบการเสนอของบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 ตามมติคณะรัฐมนตรี

ชื่อโครงการวิจัย

การปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์แคปซูลที่หุ้มวัสดุเก็บความร้อนโดยใช้ยางธรรมชาติ

Improvement of Polymer Capsule Encapsulated Heat Storage Material with Natural Rubber

(ภายใต้ "โครงการเสริมสร้างความเข้มแข็งทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี"
กลุ่มเรื่อง: เทคโนโลยีอุตสาหกรรม)

ส่วน ก : ลักษณะโครงการวิจัย

⊘ โครงการวิจัยใหม่

◯ โครงการวิจัยต่อเนื่องระยะเวลา2.ปี ปีนี้เป็นปีที่...1.. รหัสโครงการวิจัย.....

I ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผน พัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554) (กรุณาระบุความสอดคล้องเพียง 1 ยุทธศาสตร์ ที่มีความสอดคล้องมากที่สุด โดยโปรดดูรายละเอียดในผนวก 2)

ยุทธศาสตร์ การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุลและยั่งยืน.

- ระบุความสำคัญกับเรื่องที่สอดคล้องมากที่สุดในยุทธศาสตร์นั้นๆ (โปรดดูรายละเอียดในผนวก 2)

  การปรับโครงสร้างการผลิตเพื่อเพิ่มผลิตภาพและคุณค่าของสินค้าและบริการบนความรู้ และความเป็นไทย

II ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2551-2553) (กรุณาระบุความสอดคล้องเพียง 1 ยุทธศาสตร์ 1 กลยุทธ์ และ 1 แผนงานวิจัย ที่มีความสอดคล้องมากที่สุด โดยโปรดดูรายละเอียดในผนวก 3)

- ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 3 การสร้างศักยภาพและความสามารถเพื่อการพัฒนาทางวิทยาการและทรัพยากรบุคคล

- กลยุทธ์การวิจัยที่ 1 การพัฒนานวัตกรรมและองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ ทางสังคมศาสตร์ และการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ในวิทยาการต่าง ๆ
- แผนงานวิจัยที่ 1.1 การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมและองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น เทคโนโลยีชีวภาพ วัสดุศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสาร นาโนเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์การแพทย์และสาธารณสุข เทคโนโลยีด้านอาวุธยุทโธปกรณ์ เป็นต้น

III ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับกลุ่มเรื่องที่ควรวิจัยเร่งด่วนตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2551-2553) (โปรดดูรายละเอียดในผนวก 3)

- กลุ่มเรื่อง การเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออกและลดการนำเข้า

IV ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับนโยบายรัฐบาล (กรุณาระบุความสอดคล้องเพียง 1 หัวข้อที่มีความสอดคล้องมากที่สุด โดยโปรดดูรายละเอียดในผนวก 4)

- นโยบายเร่งด่วนที่จะเริ่มดำเนินการในปีแรก : เรื่อง ดำเนินมาตรการลดผลกระทบจากราคาพลังงาน
- นโยบายระยะการบริหารราชการ 4 ปี ของรัฐบาล : นโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม

<u>ส่วน ข</u> : องค์ประกอบในการจัดทำโครงการวิจัย

1. **ผู้รับผิดชอบ** [คณะผู้วิจัย บทบาทของนักวิจัยแต่ละคนในการทำวิจัย และสัดส่วนที่ทำการวิจัย (%)] และหน่วยงานประกอบด้วยหน่วยงานหลักและหน่วยงานสนับสนุน

ที่ปรึกษาโครงการ

Prof. Dr. Masayoshi Okubo

(ให้คำปรึกษาทางด้านการสังเคราะห์พอลิเมอร์และสมบัติคอลลอยด์ของพอลิเมอร์)

หัวหน้าโครงการ

ดร. ปรียาภรณ์ ไชยสัตย์ สัดส่วนที่ทำวิจัย 50%

(สังเคราะห์ หาลักษณะเฉพาะและทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์แคปซูล)

ผู้วิจัยหลัก

ดร.อมร ไชยสัตย์ สัดส่วนที่ทำวิจัย 35%

(สังเคราะห์ หาลักษณะเฉพาะและทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์แคปซูล)

ผู้ร่วมวิจัย

ผศ.ดร.สมหมาย ผิวสอาด สัดส่วนที่ทำวิจัย 15%

(สังเคราะห์อนุภาคพอลิเมอร์)

ผู้สนับสนุนงานวิจัย

Prof. Dr. Masayoshi Okubo

Assoc. Prof. Dr. Hideto Minami

Assoc. Prof. Dr. Per B. Zetterlund

Dr.Toyoko Suzuki

(ให้คำปรึกษาแนะนำการสังเคราะห์อนุภาคพอลิเมอร์ และการทดสอบสมบัติต่างๆที่เกี่ยวข้อง)

หน่วยงานหลักที่รับผิดชอบงานวิจัย

- คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 02-549-3404

หน่วยงานร่วม

- คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 02-549-3480 โทรสาร 02-549-3483

- Department of Chemical Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Kobe University, Kobe 657-8501, JAPAN, Tel/Fax: +81-78-803-6161

-Centre for Advanced Macromolecular Design, School of Chemical Sciences & Engineering, The University of New South Wales, UNSW SYDNEY NSW 2052, Australia
Tel: +61 2 9385 4331; Fax: +61 2 9385 6250

2. ประเภทของการวิจัย

การวิจัยประยุกต์ (applied research)

3. สาขาวิชาการและกลุ่มวิชาที่ทำการวิจัย

สาขาวิชาการของสภาวิจัย สาขาวิทยาศาสตร์เคมีและเภสัช

4. คำสำคัญ (Keywords) ของโครงการวิจัย

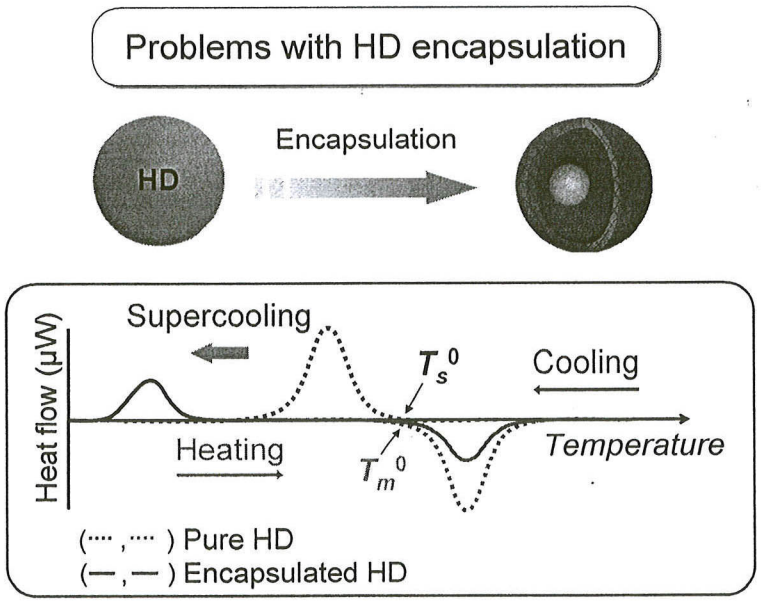
พอลิเมอร์แคปซูล วัสดุเก็บความร้อน พอลิเมอไรเซชันแบบแขวนลอย ยางธรรมชาติ

Polymer capsule, Heat storage material, Suspension polymerization, Natural rubber

5. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบัน พอลิเมอร์แคปซูลมีการศึกษาและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น สิ่งทอ สีการเคลือบ การแพทย์ เป็นต้น สารที่นำมาหุ้มในพอลิเมอร์แคปซูลมีอยู่หลายชนิดขึ้นอยู่กับการใช้งาน วัสดุที่เปลี่ยนแปลงวัฏภาคได้ (Phase Change Materials; PCMs) หรือวัสดุเก็บความร้อน (Heat Storage Materials) เป็น

สารชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมนำมาหุ้มด้วยพอลิเมอร์เพื่อใช้งานในด้านต่างๆ เช่น ด้านพลังงาน ด้านการเกษตร และด้านสิ่งทอ เนื่องจากมีความสามารถในการดูดซับความร้อนได้มากกว่าน้ำนับสิบเท่า ตัวอย่างเช่นเมื่อใส่เสื้อผ้าที่มีแคปซูลของวัสดุเก็บความร้อนในเนื้อผ้า (Thermal adaptable clothes) ออกไปภายนอกอาคารที่มีอุณหภูมิต่ำ ความร้อนที่สะสมอยู่ในวัสดุเก็บความร้อนภายในแคปซูลจะค่อยๆปล่อยออกมาจากเนื้อผ้าและให้ความอบอุ่นแก่ผู้สวมใส่ ในขณะเดียวกันหากอยู่ในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง แคปซูลที่มีสารเก็บความร้อนจะเริ่มกระบวนการสะสมความร้อนเข้าไปในตัวเอง ทำให้ผู้สวมใส่ยังรู้สึกเย็นอยู่ ทำให้รู้สึกเย็นสบายเมื่อสวมใส่กันร้อนกันหนาว ซึ่งหมายถึงใส่ในที่ร้อนก็ไม่ร้อน ใส่ในที่เย็นก็ไม่หนาว [1-3] อย่างไรก็ตาม จากประสบการณ์วิจัยของทีมผู้วิจัยพบว่า การหุ้มสาร (Encapsulation) ด้วยเทคนิคต่างๆให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ยังคงเป็นที่สนใจศึกษาของนักวิจัยในการพัฒนาแคปซูลนี้ นอกจากนี้ การถ่ายเทความร้อนของสารกลุ่มนี้จะให้ประสิทธิภาพที่ต่ำเมื่ออยู่ในแคปซูล เปรียบเทียบกับเมื่อเป็นสารบริสุทธิ์ที่ไม่มีการห่อหุ้มด้วยวัสดุต่างๆ จะเห็นได้จากการที่มีการเลื่อนตำแหน่งของอุณหภูมิแข็งตัว (Solidification temperature, *Ts*) ซึ่งเรียกว่า "การเกิดการเย็นตัวอย่างยิ่งยวด" (Supercooling) ขณะเดียวกันประสิทธิภาพของการเก็บความร้อนของวัสดุเก็บความร้อนก็ยังลดลงด้วย ดังในการเตรียมแคปซูลของพอลิไดไวนิลเบนซีน (Polydivinybenzene) ที่หุ้มเฮกซะเดคเคน (Hexadecane) [4-7] (รูปที่ 1) และในการเตรียมแคปซูลของพอลิไดไวนิลเบนซีนที่หุ้มออกตะเดคเคน (Octadecane) เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ



รูปที่ 1 การเกิดการลดลงของประสิทธิภาพในการเก็บและถ่ายเทความร้อน และการเกิดการเย็นตัวยิ่งยวดของแคปซูลของพอลิไดไวนิลเบนซีนที่หุ้มเฮกซะเดคเคน

นอกจากนี้ ทีมผู้วิจัยยังพบว่าเปลือก (Shell) ของพอลิเมอร์แคปซูลซึ่งมีโครงสร้างแบบร่างแห (Crosslink) จะมีความแข็งแรงสูง แต่มีความยืดหยุ่นต่ำ ซึ่งถ้าได้รับการปรับปรุงให้มีความยืดหยุ่นสูงขึ้น จะสามารถนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ยางธรรมชาติ (Natural rubber; NR) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีลักษณะเป็นพอลิเมอร์ในสถานะอสัณฐาน (Amorphous) ที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากมีค่าอุณหภูมิคล้ายแก้ว (Glass Transition Temperature; Tg) อยู่ที่ประมาณ -70 องศาเซลเซียส ทำให้มีสมบัติเด่นในแง่ของความยืดหยุ่น เหมาะแก่การนำไปทำเป็นวัสดุรับแรงกระแทกหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความแข็งแรงและยืดหยุ่นสูง

ดังนั้น การใช้ยางธรรมชาติเพื่อปรับปรุงสมบัติของแคปซูลโดยการเพิ่มความยืดหยุ่นของเปลือกพอลิเมอร์จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจอย่างยิ่ง ซึ่งนอกจากจะช่วยในการปรับปรุงสมบัติของแคปซูลให้ดีขึ้นแล้ว ยังจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุจากธรรมชาติและพืชเศรษฐกิจของประเทศได้ทางหนึ่ง

6. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

6.1.เพื่อเตรียมพอลิเมอร์แคปซูลที่หุ้มวัสดุเก็บความร้อนโดยใช้ไดไวนิลเบนซีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติ ด้วยวิธีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ในระบบวิวิธพันธ์ เช่น การสังเคราะห์พอลิเมอร์แบบมินิอิมัลชัน และแบบแขวนลอย

6.2. เพื่อศึกษาสมบัติต่างๆของพอลิเมอร์แคปซูลที่เตรียมได้

6.3 เพื่อเปรียบเทียบสมบัติของพอลิเมอร์แคปซูลที่เตรียมได้ในข้อ 6.1 กับพอลิเมอร์แคปซูลที่เตรียมโดยใช้ไดไวนิลเบนซีนมอนอเมอร์ชนิดเดียว

7. ขอบเขตของโครงการวิจัย

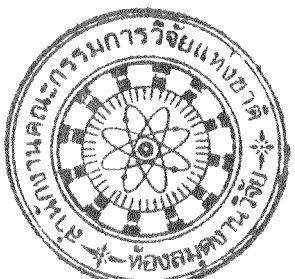
7.1 ทำการเตรียมแคปซูลพอลิเมอร์ของไดไวนิลเบนซีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่หุ้มวัสดุเก็บความร้อน โดยการสังเคราะห์แบบมินิอิมัลชัน และ การสังเคราะห์แบบแขวนลอย

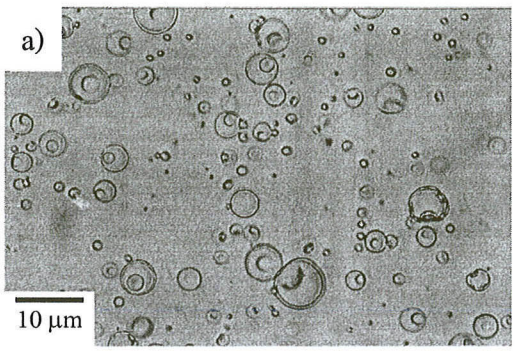
7.2 ทดสอบและวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของแคปซูลพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ เช่น ประสิทธิภาพการหุ้มวัสดุเก็บความร้อนของพอลิเมอร์ ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของวัสดุเก็บความร้อนที่อยู่ในแคปซูล และความคงทนของแคปซูล เป็นต้น

7.3 เปรียบเทียบสมบัติของพอลิเมอร์แคปซูลที่เตรียมได้ในข้อ 7.1 กับพอลิเมอร์แคปซูลที่เตรียมโดยใช้ไดไวนิลเบนซีนมอนอเมอร์ชนิดเดียว

8. ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ในการศึกษาการเตรียมแคปซูลของพอลิไดไวนิลเบนซีนที่หุ้มออกตะเดคเคน เพื่อใช้ในอุตสาห- กรรมสิ่งทอ (รูปที่ 2) ทีมผู้วิจัยพบว่าเปลือกของพอลิเมอร์แคปซูลซึ่งมีโครงสร้างแบบร่างแหของไดไวนิลเบนซีน มีความแข็งแรงสูง แต่มีความยืดหยุ่นต่ำ ซึ่งถ้าได้รับการปรับปรุงให้มีความยืดหยุ่นให้สูงขึ้น จะสามารถนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพมากขึ้น





รูปที่ 2 Optical micrograph ของพอลิไดไวนิลเบนซีนแคปซูลที่หุ้มออกตะเคคเคนเป็นวัสดุเก็บความร้อนที่เตรียมได้

การปรับปรุงสมบัติเชิงกลของเปลือกพอลิเมอร์แคปซูลโดยการเพิ่มความยืดหยุ่นนั้น สามารถทำได้โดยใช้มอนอเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบอสัณฐานมาผสมหรือทำการโคพอลิเมอไรเซชัน เช่น บิวทิล- อะคริเลต เอทธิลอะคริเลต เป็นต้น มอนอเมอร์เหล่านี้ได้มาจากปิโตรเคมีซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้แล้วหมดไป ทีมผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าหากสามารถใช้มอนอเมอร์ที่มาจากวัสดุการเกษตรซึ่งมีอยู่มากในประเทศจะเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับประเทศได้อีกทางหนึ่ง ดังนั้นยางธรรมชาติจึงเป็นสารที่น่าสนใจเนื่องจากมีสมบัติเด่นในแง่ของความยืดหยุ่นหากนำมาผสมกับไดไวนิลเบนซีนมอนอเมอร์ในขั้นตอนการเตรียมพอลิเมอร์แคปซูล โดยวิธีการสังเคราะห์แบบมินิอิมัลชัน และ การสังเคราะห์แบบแขวนลอย น่าจะทำให้แคปซูลที่ได้มีเปลือกที่มีความยืดหยุ่นสูงขึ้นโดยที่ยังคงมีความแข็งแรงเหมาะแก่การนำไปใช้งานในด้านต่างๆ

9. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

วัสดุเก็บความร้อน มีบทบาทที่สำคัญในการอนุรักษ์และปรับปรุงการใช้พลังงานจากธรรมชาติ เนื่องจากแหล่งพลังงานต่างๆในธรรมชาติไม่ได้มีความต่อเนื่อง เช่น พลังงานแสงอาทิตย์มีเฉพาะในเวลากลางวัน ดังนั้นการใช้ประโยชน์พลังงานเหล่านี้จึงจำเป็นต้องมีการเก็บพลังงานที่มีประสิทธิภาพ เพื่อที่พลังงานที่ถูกเก็บเอาไว้ในช่วงเวลากลางวันจะสามารถนำมาใช้ในช่วงเวลากลางคืน [8] ในปัจจุบันวัสดุเก็บความร้อนได้รับความสนใจอย่างมากจากนักวิจัย เทคโนโลยีของวัสดุเก็บความร้อนได้เริ่มมีการพัฒนาโดยองค์การนาซา (National Aeronautics and Space Administration; NASA) เมื่อช่วงปลายของ ค.ศ. 1970 ถึง ช่วงต้น 1980 [1] วัสดุเก็บความร้อนที่ดีจะต้องมีความจุความร้อนสูง มีค่าการนำความร้อนที่สูง หลอมเหลวที่อุณหภูมิในช่วงของการใช้งาน แข็งตัวโดยเกิดการเย็นตัวยิ่งยวดน้อยที่สุด มีความเสถียรต่อสารเคมี ราคาต่ำ ไม่เป็นพิษ และไม่เกิดการกัดกร่อน [8] การเลือกวัสดุเก็บความร้อนขึ้นกับอุณหภูมิการใช้งานและความจุความร้อน ควรเลือกใช้สารที่มีอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะใกล้เคียงกับอุณหภูมิการใช้งาน [8, 2] มีวัสดุเก็บความร้อนจำนวนมากซึ่งหลอมเหลวและแข็งตัวในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง ทำให้สารกลุ่มนี้ได้รับความสนใจสำหรับการประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ

พาราฟินเป็นสารกลุ่มหนึ่งที่มีค่าความจุความร้อนค่อนข้างสูงและมีลักษณะเฉพาะสำคัญที่เหมาะสมสำหรับการนำไป ใช้เป็นวัสดุเก็บความร้อน เช่น ไม่เป็นพิษ ไม่เกิดการกัดกร่อน และมีความเสถียรในระยะยาว แต่มีการนำความร้อนที่ต่ำ ดังนั้น จึงต้องการพื้นที่ผิวในการถ่ายเทความร้อนมาก [8] ซึ่งการหุ้มสารเหล่านี้ให้เป็นแคปซูลขนาดเล็กๆจำนวนมากเป็นเทคนิคหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิว

แคปซูลที่หุ้มวัสดุเก็บความร้อน ได้รับความสนใจและมีการศึกษากันมากขึ้น แคปซูลเหล่านี้ได้ถูกนำไปใช้งานกันอย่างกว้างขวาง เช่น ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิของอาคาร [8, 9] ใช้เก็บพลังงานแสงอาทิตย์และนิวเคลียร์ [10] ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิและสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูก [11] เทคนิคในการเตรียมแคปซูลที่มีพอลิเมอร์เป็นเปลือก (Shell) และมีของเหลวหรือของแข็งเป็นแกน (Core) สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่นที่พื้นผิว (Interfacial polycondensation) [12, 13] การพอลิเมอไรเซชันแบบอินซิทู (In situ polymerization) [1, 14-16] การแยกวัฏภาคภายใน (Internal phase separation) [17-19] Okubo และคณะ [20-25] ได้นำเสนอเทคนิคการเตรียมอนุภาคพอลิเมอร์แบบร่างแหที่มีช่องว่าง (Hollow crosslinked polymer particles) โดยการสังเคราะห์แบบแขวนลอย โดยใช้เทคนิคการจัดเรียงตัวเองของพอลิเมอร์ที่แยกวัฏภาค (Self-assembling of Phase Separated Polymer; SaPSeP) และต่อมาเทคนิคนี้ได้มีการพัฒนาและนำมาใช้ในการเตรียมแคปซูลพอลิเมอร์ที่หุ้มเฮกซะเดคเคน ซึ่งมีขนาดระดับไมโครเมตร [4-7, 25, 26] Ma และคณะ [27] ได้พัฒนากระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบแขวนลอยเพื่อหุ้มวัสดุเก็บความร้อน

จากสมบัติเด่นของยางธรรมชาติในแง่ของความยืดหยุ่น เหมาะแก่การนำไปทำเป็นวัสดุรับแรงกระแทกหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความแข็งแรงและยืดหยุ่นสูง แต่เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ มีการจัดเรียงตัวของสายโซ่พอลิเมอร์ไม่เป็นระเบียบ (มีความเป็นอสัณฐานสูง) ทำให้มีความนิ่มหรือมีค่ามอดูลัสต่ำกว่าพอลิเมอร์ที่มีสายโซ่จัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ การนำพอลิเมอร์ชนิดอื่นที่มีความแข็งแรงและความคงตัวสูงที่อุณหภูมิห้อง เช่น ไวนิล และ อะคริเลตพอลิเมอร์ มาผสม จุดประสงค์เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของยางธรรมชาติที่ยังคงข้อดีของพอลิเมอร์แต่ละชนิด [28-35] นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาอย่างแพร่หลายในการปรับปรุงสมบัติของยางธรรมชาติเพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ เช่นการผลิตถุงมือยาง ถุงยางอนามัย ท่อนำเลือด ท่อสอดเข้าในร่างกาย เป็นต้น [36-38] โดยเติมผงถ่านกัมมันต์ (carbon black) [39], แคลเซียมคาร์บอเนตขนาดเล็ก (ultra-fine calcium carbonate) [40] แป้ง (starch) [41] วัสดุเคลย์ (clay materials) [42, 43] ไคติน [44-46] และอนุภาคระดับนาโนเมตรที่มีขนาดใกล้เคียงกันของซิลิกาที่ล้อมรอบด้วยสายโซ่พอลิไดอัลลิวไดเมธิล- แอมโมเนียม คลอไรด์ (poly (diallyldimethylammonium chloride)) ที่มีประจุบวก โดยที่พีเอชที่เหมาะสมจะจับกับประจุลบของของโปรตีนในยางธรรมชาติ [47, 48] ด้วยแรงดึงดูดไฟฟ้าสถิต ในการเสริมแรงในยางธรรมชาติชนิดผงและอนุภาค

จากสมบัติของยางธรรมชาติที่สามารถเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับวัสดุได้ดี ในงานวิจัยนี้จะทำการปรับปรุงสมบัติของพอลิไดไวนิลเบนเคปซูลที่หุ้มออกตะเดคเคนเป็นวัสดุเก็บความร้อน โดยการสัง-เคราะห์ด้วยวิธีมินิอิมัลชันและแบบแขวนลอย ซึ่งมีเปลือกที่มีความยืดหยุ่นต่ำ โดยการนำยางธรรมชาติมาผสมกับไดไวนิลเบน

ซีนมอนอเมอร์ในขั้นตอนการสังเคราะห์ โดยมีจุดประสงค์ในการเพิ่มความยืดหยุ่น (จากยางธรรมชาติ) และยังคงความแข็งแรง (จากไดไวนิลเบนซีนมอนอเมอร์) ให้กับเปลือกแคปซูล

10. เอกสารอ้างอิงของโครงการวิจัย

1. Shin Y, Yoo D, Son K, *J. Appl. Polym. Sci.*, 2005; **96**:2005.

2. Sanchez L, Sanchez P, Lucas A, Carmona M, Rodriguez JF, *Colloid Polym Sci..*, 2007; **285**:1377

3. Cho JS, Kwon A, Cho CG, *Colloid Polym. Sci.*, 2002; **280**:260.

4. Ogino Y, Suzuki T, Okubo M, *Kobunshi Ronbunshu*, 2007; **64 (3)**:171.

5. **Chaiyasat P**, Ogino Y, Suzuki T, Minami H, Okubo M., *Colloid Polym. Sci.*, 2008; **286**:217.

6. **Chaiyasat P**, Ogino Y, Suzuki T, Okubo M, *Colloid Polym. Sci.*, 2008; **286**:753.

7. **Chaiyasat P**, Suzuki T, Minami H, Okubo M, *J. Applied Polym. Sci.*, in press.

8. Farid MM, Khudhair AM, Razack SAK, Al-Hallaj S, *Energ. Convers. Manage,*. 2004; **45**: 1597.

9. Su JF, Wang LX, Ren L, *J. Appl. Polym. Sci.*, 2005; **97**:1755.

10. Peng S, Fuchs A, Wirtz RA, *J. Appl. Polym. Sci.*, 2004; **93**:124

11. Covin DP, Cartwright DK. USP 2000.

12 Ni P, Zhang M, Yan N, *J. Membrane Sci.*, 1995; **103**: 51.

13. Yadav SK, Khilar KC, Suresh AK, *J. Membrane Sci.*, 1997; **125**: 213.

14. Comiskey B, Albert JD, Yoshizawa H, Jacobson J, *Nature*, 1998; **394**: 253.

15. Zhang XX, Fan YF, Tao XM, Yick KL, *Mater. Chem. Phys.*, 2004; **88**: 300.

16. Zhang XX, Fan YF, Tao XM, Yick KL, *J. Colloid Interface Sci.*, 2005; **281**: 299.

17. Jiang Y, Wang D, Zhao T, *J. Appl. Polym. Sci.*, 2007; **104**: 2799.

18. Dowding PJ, Atkin R, Vincent B, Bouillot P, *Langmuir*, 2004; **20**: 11374.

19. Dowding PJ, Atkin R, Vincent B, Bouillot P, *Langmuir*, 2005; **21**: 5278.

20. Okubo M, Minami H, Yamashita T, *Macromol. Symp.*, 1996; **101**: 509.

21. Okubo M, Minami H, *Colloid Polym. Sci.*, 1996; **274**: 433.

22. Okubo M, Shiozaki M, Tsujihiro M, Tsukuda Y, *Colloid Polym. Sci.* , 1991; **269**: 222.

23. Okubo M, Shiozaki M, *Polym. Int.*, 1993; **30**: 469.

24. Okubo M, Minami H, Colloid Polym. Sci. , 1997; **275**: 992.

25. Okubo M, Konishi Y, Minami H, *Colloid Polym. Sci.*, 1998; **276**: 638.

26. Konishi Y, Okubo M, Minami H, *Colloid Polym. Sci.*, 2003; **281**: 123

27. Ma GH, Su ZG, Omi S, Sundberg D, Stubb J, *J. Colloid Interface Sci.*, 2003; **266**: 282.

28. Nakason C, Kaesaman A, and Supasanthitikul P. *Polymer Testing*, 2004;**23**:35.

29. Kochthongrasamee T, Prasassarakich P, and Kiatkamjornwong S. *J Appl Polym Sci*, 2006;**101**:2587.

30. Kangwansupamonkon W, Gilbert RG, and Kiatkamjornwong S. *Macromol. Chem. Phys,*. 2005;**206**:2450.

31. Lehrle RS and Willist SL. *Polymer*, 1997;**38**:5937.

32. Arayapranee W and Rempel GL. *J Appl Polym Sci*, 2008;**110**:2475.

33. George V, Britto IJ, and Sebastian MS. *Radiation Physics and Chemistry*, 2003;**66**:367.

34. Bogner A, Guimarães A, Guimarães RCO, Santos AM, Thollet G, Jouneau PH, and Gauthier C. *Colloid Polym Sci*, 2008;**286**:1049.

35. Man SHC, Hashim AS, and Akil HM. *J Appl Polym Sci*, 2008;**109**:9.

36. Bode HB, Kerkhoff K, and Jendrossek D. *Biomacromolecules*, 2001;**2**:295.

37. Schwerin M, Walsh D, Richardson D, Kisielewski R, Kotz R, and Routson L. *J Biomed Mater Res*, 2002;**63**:739.

38. Walsh D, Schwerin M, Kisielewski R, Kotz R, Chaput M, and Varney G. *J Biomed Mater Res B*, 2004;**68**:81.

39. Busfield J, Deeprasertkul C, and Thomas A. *Polymer* 2000;**41**:9219.

40. Cai H, Li S, Rian T, Wang H, and Wang J. *J Appl Polym Sci*, 2003;**87**:982.

41. Angellier H, Molina-Boisseau S, and Dufresne A. *Macromolecules*, 2005 **38**:9161.

42. Varghese S and Karger-Kocsis J. *J Appl Polym Sci*,2004;**91**:813.

43. Varghese S and Karger-Kocsis J. *Polymer*, 2003;**44**:4921.

44. Nair K and Dufresne A. *Biomacromolecules*, 2003;**4**:657.

45. Nair K and Dufresne A. *Biomacromolecules*, 2003;**4**:666.

46. Nair K, Dufresne A, Gandini A, and Belgacem M. *Biomacromolecules*, 2003;**4**:1835.

47. Li S, Peng Z, Kong L, and Zhong J. *J Nanosci Nanotechno*, 2006;**6**:541.

48. Peng Z, Kong LX, Li S-D, Chen Y, and Huang MF. *Composites Science and Technology*, 2007;**67**:3130.

11. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผล การวิจัยไปใช้ประโยชน์

11.1.ได้พอลิเมอร์แคปซูลที่หุ้มวัสดุเก็บความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูงในการถ่ายเทความร้อน และมีความคงทนสามารถนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง

11.2. ได้พอลิเมอร์แคปซูลที่หุ้มวัสดุเก็บความร้อนที่สามารถเป็นวัสดุพื้นฐานในการวิจัยพัฒนาสิน- ค้า และผลิตภัณฑ์ที่มีการแข่งขันอย่างมากมายในปัจจุบันและอนาคต

11.3. ได้ความรู้เกี่ยวกับการปรับปรุงสมบัติของเปลือกของพอลิเมอร์แคปซูล

11.4 จดสิทธิบัตรหรืองานตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติ รวมทั้งการนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติที่เป็นที่ยอมรับในทางวิชาการ

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี

สถาบันการศึกษาต่าง ๆ

อุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมด้านวัสดุ พอลิเมอร์ และการแพทย์

12. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

12.1. เผยแพร่ผลงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกหน่วยงาน เช่น สถานศึกษาที่มีการเปิดสอนในสาขา วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์และนาโนเทคโนโลยี

ระยะเวลา	ภาคเรียนที่ 1 และ 2 ปีการศึกษา 2554 และ 2555
สถานที่	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.ธัญบุรี
	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ธัญบุรี
	ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านการวิจัยและจัดการพลังงานที่ยั่งยืน (ไทย-ญี่ปุ่น) มทร.ธัญบุรี
ผู้รับผิดชอบ	ดร.ปรียาภรณ์ ไชยสัตย์ (หัวหน้าโครงการ)
	ดร.อมร ไชยสัตย์ (ผู้วิจัยหลัก)
	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

12.2. เผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วัสดุศาสตร์ นาโน-เทคโนโลยี

13. วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

13.1. สังเคราะห์พอลิไดไวนิลเบนซินแคปซูลที่หุ้มออกตะเดคเคน ด้วยวิธีการสังเคราะห์แบบแขวนลอยและแบบมินิอิมัลชัน

13.2. หาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์แคปซูลของพอลิไดไวนิลเบนซินกับยางธรรมชาติที่หุ้มออกตะเดคเคน เช่น อัตราส่วนระหว่างไดไวนิลเบนซีนมอนอเมอร์กับยางธรรมชาติ ชนิดและปริมาณของตัวเริ่มปฏิกิริยา ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว เป็นต้น

13.3. ศึกษาสมบัติต่างๆ ของพอลิเมอร์แคปซูลที่เตรียมได้ทั้งสองชนิด เช่น รูปร่างอนุภาคแคปซูล โดยใช้เครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและแบบส่องผ่าน สมบัติการถ่ายเทความร้อนของวัสดุเก็บความร้อนในแคปซูลเทียบกับที่ไม่ถูกหุ้มด้วยพอลิเมอร์ ความคงทนของเปลือกพอลิเมอร์แคปซูล

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

- คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 0 2549 3404
- คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 02-549-3480 โทรสาร 02-549-3483
- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ 114 ถ.พหลโยธิน กม.42 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 0 2564 6500 โทรสาร 0 2564 6501-5
- ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
เลขที่ 130 อาคารศูนย์ประชุมอุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน
ต.คลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 0 2564 7100 โทรสาร 0 2564 6985
- Department of Chemical Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Kobe University, Kobe 657-8501, JAPAN, Tel/Fax: +81-78-803-6161

15. ปัจจัยที่เอื้อต่อการวิจัย (อุปกรณ์การวิจัย, โครงสร้างพื้นฐาน ฯลฯ) ระบุเฉพาะปัจจัยที่ต้องการเพิ่มเติม

15.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว

15.1.1 อุปกรณ์เครื่องแก้วต่าง ๆ

15.1.2 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

15.1.3 ตู้อบสูญญากาศ

15.1.4 เครื่อง Thermal Gravimetric Analysis (TGA)

15.1.5 เครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC)

15.1.6 เครื่อง Gel Permeation Chromatography (GPC)

15.1.7 เครื่อง Fourier-transform Infrared Spectrophotometer (FT-IR)

15.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ต้องการเพิ่มเติม

15.2.1 อุปกรณ์เครื่องแก้วต่าง ๆ

15.2.2 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมนาโนแคปซูลพอลิเมอร์ที่หุ้มสารเรืองแสง เช่น มอนอเมอร์ ตัวริเริ่มปฏิกิริยา สารเรืองแสง

15.2.3 เครื่อง Particles Analyzer หรือ Dynamic Light Scattering (DLS)

15.2.4 เครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission Electron Microscope, TEM)

16. งบประมาณของโครงการวิจัย

16.1 รายละเอียดงบประมาณการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย จำแนกตามงบประเภทต่าง ๆ (ปีงบประมาณที่เสนอขอ)

รายการ	จำนวนเงิน
1. งบบุคลากร	
ค่าจ้างชั่วคราว	-
ฯลฯ	
2. งบดำเนินงาน	**139,650**
2.1 ค่าตอบแทน ใช้สอยและวัสดุ	**14,700**
2.1.1 ค่าตอบแทน เช่น ค่าอาหารทำการนอกเวลา ค่าตอบแทน ผู้ปฏิบัติงานให้ราชการ ค่าเบี้ยประชุมกรรมการ ฯลฯ	**44,950**
2.1.2 ค่าใช้สอย เช่น	10,000
1) ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์	
2) ค่าจ้างเหมาบริการ เช่น	10,000
- ค่าทดสอบตัวอย่างโดย TEM (5 ตัวอย่าง อัตรา ตัวอย่างละ 2,000 บาท)	5,000
- ค่าทดสอบตัวอย่างโดย DLS (5 ตัวอย่าง อัตรา ตัวอย่างละ 1,000 บาท)	15,000
3) ค่าใช้จ่ายในการนำเสนอผลงานวิชาการ การจดสิทธิบัตร และการตีพิมพ์ในวารสารทั้งในและต่างประเท	4,950
4) ค่าใช้สอยอื่น ๆ (ค่าจัดทำรูปเล่มรายงาน ค่าถ่ายเอกสาร)	**80,000**
2.1.3 ค่าวัสดุ เช่น	5,000
1) วัสดุสำนักงาน	50,000
2) วัตถุดิบ สารเคมี สารมาตรฐานต่าง ๆ	25,000
3) อุปกรณ์เครื่องแก้วต่าง ๆ	**7,350**
2.2 ค่าสาธารณูปโภค (5%) เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์โทรเลข ค่าบริการด้านสื่อสารและโทรคมนาคม	-
3. งบลงทุน	
ค่าครุภัณฑ์	
ฯลฯ	
รวมงบประมาณที่เสนอขอ	**147,000**

หมายเหตุ * ค่าใช้จ่ายทั้งหมดขอถัวเฉลี่ยจ่ายทุกรายการ

17. ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

ผลสำเร็จเบื้องต้น (Preliminary results, P)

17.1 ได้พอลิไดไวนิลเบนซีนแคปซูลที่หุ้มวัสดุเก็บความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูงในการถ่ายเทความร้อน

17.2 ได้แคปซูลที่เปลือกมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย

17.3 จดสิทธิบัตร หรืองานตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติ รวมทั้งการนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติที่เป็นที่ยอมรับในทางวิชาการ

18. โครงการวิจัยต่อเนื่องปีที่ 2 ขึ้นไป

18.1 คำรับรองจากหัวหน้าโครงการวิจัยว่าโครงการวิจัยได้รับการจัดสรรงบประมาณจริงในปีงบประมาณที่ผ่านมา

18.2 ระบุว่าโครงการวิจัยนี้อยู่ระหว่างเสนอของบประมาณจากแหล่งเงินทุนอื่น หรือเป็นการวิจัยต่อยอดจากโครงการวิจัยอื่น (ถ้ามี)

18.3 รายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัย **(แบบ ต-1ช/ด)**

19. คำชี้แจงอื่น ๆ (ถ้ามี)

20. ลงลายมือชื่อ หัวหน้าโครงการวิจัย พร้อมวัน เดือน ปี

ลงชื่อ.....หัวหน้าโครงการวิจัย

(ดร. ปรียาภรณ์ ไชยสัตย์)

วันที่ 15 มีนาคม พ.ศ.2553

ส่วน ค : ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย) นางปรียาภรณ์ ไชยสัตย์
   ชื่อ – นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mrs. Preeyaporn Chaiyasat
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 8205 00059 49 4
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 6 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
   คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
   โทรศัพท์ 02-549-3529 โทรสาร 02-549-3526 E-mail address p_chaiyasat@yahoo.com;
   p_chaiyasat@rmutt.ac.th
5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	วุฒิการศึกษา	สาขาวิชา	สถาบัน	ประเทศ
2551	Ph.D.	Material Chemistry and Engineering	Kobe University	ญี่ปุ่น
2544	M.Sc	Chemistry	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย
2540	B.Sc.	Chemistry	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   Preparation of polymer microcapsule and microspheres; Radical polymerization in dispersed systems; Preparation of polymers for biomedical applications
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องงานวิจัย
   7.1 โครงการวิจัย
   1) การผลิตแวกซ์เพื่อใช้เป็นแม่แบบในอุตสาหกรรมอัญมณี
   แหล่งทุน: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (ผู้วิจัยหลัก)
   2) การผลิตไคโตซานจากเปลือกกุ้ง
   แหล่งทุน: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (หัวหน้าโครงการ)
   3) การตรวจสอบสารปนเปื้อนบางตัวที่ตกค้างในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์
   แหล่งทุน: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (ผู้วิจัยหลัก)
   4) การปนเปื้อนของสารปราบศัตรูพืชในแหล่งน้ำธรรมชาติ
   แหล่งทุน: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (ผู้ร่วมวิจัย)
   5) การเตรียมพอลิเมอร์แคปซูลระดับนาโนที่หุ้มวัสดุเก็บความร้อน
   แหล่งทุน: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (ผู้วิจัยหลัก)

7.2 รายการบทความทางวิชาการวิจัยที่ได้ตีพิมพ์ในวารสารในประเทศ/ต่างประเทศ

1) **P. Chaiyasat**, Y. Ogino, T. Suzuki, H. Minami, M. Okubo, Preparation of divinylbenzene copolymer particles with encapsulated hexadecane for heat storage application, *Colloid Polym. Sci.*, **286**, 217-223 (2008).

2) **P. Chaiyasat**, Y. Ogino, T. Suzuki, M. Okubo, Influence of water domain formed in hexadecane core inside cross-linked capsule particle on thermal properties for heat storage application, *Colloid Polym. Sci.*, **286**, 753-759 (2008).

3) **P. Chaiyasat**, T. Suzuki, H. Minami, M. Okubo, Thermal properties of hexadecane encapsulated in poly(divinylbenzene) particles, *J. Applied Polym. Sci.*, **112**, 3257-3266 (2009).

7.3 รายการการนำเสนอบทความในการประชุมวิชาการในประเทศและต่างประเทศ

1) Amorn Chaiyasat, **Preeyaporn Sukunthanon** and Churairat Duangduen, "Simplex Aided Optimization for High-Performance Liquid Chromatographic Analysis of Abamectin in Insecticide Samples", *"28th Congress on Science and Technology of Thailand"* October 2002, Bangkok, Thailand

2) Amorn Chaiyasat and **Preeyaporn Sukunthanon**, "Simplex Optimization of Simultaneous Determination of Some Preservatives by Ion Chromatography, *"29th Congress on Science and Technology of Thailand"*, October 2003, Khon kaen, Thailand.

3) Amorn Chaiyasat and **Preeyaporn Chaiyasat** "Simultaneous Determination of Methanol Ethanol and Fusel oil in Alcoholic Beverage Samples by High Performance Liquid Chromatography", *"30th Congress on Science and Technology of Thailand"*, October 2004, Bangkok, Thailand

4) **Preeyaporn Chaiyasat**, Yumiko Ogino, Toyoko Suzuki, Masayoshi Okubo, "Preparation of P(DVB-BA) capsule particles containing hexadecane as heat storage materials by the SaPSeP method", *The 52th Polymer Research Symposium*, 21 July 2006, Kobe, JAPAN.

5) **Preeyaporn Chaiyasat**, Yumiko Ogino, Toyoko Suzuki, Masayoshi Okubo, "Preparation of cross-linked polymer particles with encapsulated hexadecane for heat storage application", *The 2nd International Conference on Advances in Petrochemicals and Polymers,* 25-28 June 2007, Bangkok, THAILAND.

6) **Preeyaporn Chaiyasat**, Yumiko Ogino, Toyoko Suzuki, Masayoshi Okubo, "Preparation of PDVB-based capsule particles containing hexadecane as heat storage materials by the SaPSeP method", *The 56th SPSJ Symposium on Macromolecules,* 19-21 September 2007, Nagoya, JAPAN.

7) **Preeyaporn Chaiyasat,** Yumiko Ogino, Toyoko Suzuki, Masayoshi Okubo, "Influence of water domain formed in hexadecane core inside cross-linked capsule particle on thermal properties for heat storage application", *The 10th Pacific Polymer Conference,* 4-7 December 2007, Kobe, JAPAN.

8) **Preeyaporn Chaiyasat**, Yumigo Ogino, Toyoko Suzuki, Masayoshi Okubo "Thermal properties of encapsulated hexadecane in cross-linked capsule particles with water and/or air domain", *The 57th SPSJ Annual Meeting,* 28-30 May 2008, Yokohama, Japan

ผู้วิจัยหลัก

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย อมร ไชยสัตย์
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Amorn Chaiyasat
3. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 3404 00316 18 0
4. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 6 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
5. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
   คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
   โทรศัพท์ 02-549-3529 โทรสาร 02-549-3526 E-mail address a_chaiyasat@yahoo.com;
   a_chaiyasat@rmutt.ac.th
6. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	วุฒิการศึกษา	สาขาวิชา	สถาบัน	ประเทศ
2551	Ph.D.	Material Chemistry and Engineering	Kobe University	ญี่ปุ่น
2543	M.Sc	Chemistry	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย
2539	B.Sc.	Chemistry	ม.มหาสารคาม	ไทย

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

Radical polymerization in dispersed systems; Controlled/living radical polymerization; Preparation of polymer particles for analytical chemistry applications

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องงานวิจัย

7.1 โครงการวิจัย

1) การปนเปื้อนของสารปราบศัตรูพืชในแหล่งน้ำธรรมชาติ (Pesticides Contamination in Natural Water in Thunyaburi Agricultural area, Pathumthani) แหล่งทุน: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (ผู้วิจัยหลัก)

2) การตรวจสอบสารปนเปื้อนบางตัวที่ตกค้างในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (Determination of Some Contaminants in Alcohol Beverages) แหล่งทุน: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (หัวหน้าโครงการ)

3) การเตรียมพอลิเมอร์แคปซูลระดับนาโนที่หุ้มวัสดุเก็บความร้อน (Preparation of Nanopolymer Capsules Encapsulated Heat Storage Materials) แหล่งทุน: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (หัวหน้าโครงการ)

7.2 รายการบทความทางวิชาการวิจัยที่ได้ตีพิมพ์ในวารสารในประเทศ/ต่างประเทศ

1) P. Siwarasak, W. Wiriwuttikorn, **A. Chaiyasat**: Isoflavones extraction from defatted soybean with ethanol, *J. Research and Training: Rajamangala Institute of Technology*, **5**, 53 (2001)

2) **A. Chaiyasat**, H. Kobayashi, M. Okubo: Incorporation of nonionic emulsifier inside methacrylic polymer particles in emulsion polymerization, *Colloid Polym. Sci.*, **285**, 557 (2007).

3) M. Okubo, **A. Chaiyasat**, M. Yamada, T. Suzuki, H. Kobayashi: Influence of hydrophilic-lipophilic balance of nonionic emulsifiers on emulsion copolymerization of styrene and methacrylic acid, *Colloid Polym. Sci.*, **285**, 1755 (2007).

4) **A. Chaiyasat**, M. Yamada, H. Kobayashi, T. Suzuki, M. Okubo: Incorporation of nonionic emulsifiers inside styrene-methacrylic acid copolymer particles prepared by emulsion copolymerization, *Polymer*, **49**, 3042 (2008).

5) H. Kobayashi, **A. Chaiyasat**, Y. Oshima, T. Suzuki, M. Okubo: Incorporation of nonionic emulsifier inside carboxylated polymer particles during emulsion copolymerization: influence of methacrylic acid content, *Langmuir*, **25**, 101 (2009).

6) Y. Kitayama, **A. Chaiyasat,** M. Okubo: Emulsifier-free, organotellurium-mediated living radical emulsion polymerization of styrene, *Macromol. Symp.*, in press.

7.3 รายการการนำเสนอบทความในการประชุมวิชาการในประเทศและต่างประเทศ

1) **Amorn Chaiyasat** and Monkon Rayanakorn, "A Systematic Approach to the Determination of Phenols by High Performance Liquid Chromatography",*"25th Congress on Science and Technology of Thailand"* , October 1999, Pitsanuloke, Thailand

2) **Amorn Chaiyasat**, Preeyaporn Sukunthanon and Churairat Duangduen, "Simplex Aided Optimization for High-Performance Liquid Chromatographic Analysis of Abamectin in Insecticide Samples", *"28th Congress on Science and Technology of Thailand"* October 2002, Bangkok, Thailand

3) **Amorn Chaiyasat** and Preeyaporn Sukunthanon, "Simplex Optimization of Simultaneous Determination of Some Preservatives by Ion Chromatography,*"29th Congress on Science and Technology of Thailand"*, October 2003, Khon kaen, Thailand.

4) **Amorn Chaiyasat** and Preeyaporn Chaiyasat "Simultaneous Determination of Methanol Ethanol and Fusel oil in Alcoholic Beverage Samples by High Performance Liquid Chromatography",*"30th Congress on Science and Technology of Thailand"*, October 2004, Bangkok, Thailand

5)Preecha Mansalai, Siriwun Suwunsa-ard, **Amorn Chaiyasat**, Chaiyoot Changsarn and Winai Oungpipat "Determination of Sulfite in Wine by Ion Chromatography After Oxidizes Sulfite to Sulfate with Hydrogen peroxide", *"30th Congress on Science and Technology of Thailand"*, October 2004, Bangkok, Thailand

6) **Amorn Chaiyasat**, Hiroshi Kobayashi, Masayoshi Okubo,"Incorporation of Nonionic Emulsifier Inside Methacrylic Polymer Particles in Emulsion Polymerization", *The 55th SPSJ Annual Meeting,* May 2006, Nagoya, JAPAN

7) **Amorn Chaiyasat**, Masahiro Yamada, Toyoko Suzuki, Hiroshi, Kobayashi, Masayoshi Okubo,"Influence of HLB value of nonionic emulsifiers on the distribution of carboxyl groups within styrene-methacrylic acid copolymer particles prepared by emulsion copolymerization", *The 2nd International Conference on Advances in Petrochemicals and Polymers*, 25-28 June 2007, Bangkok, THAILAND

8) **Amorn Chaiyasat**, Masahiro Yamada, Hiroshi Kobayashi, Masayoshi Okubo, "Incorporation behavior of nonionic emulsifiers inside styrene-methacrylic acid copolymer particles prepared by emulsion copolymerization", *The 10th Pacific Polymer Conference,* 4-7 December *2007,* Kobe, JAPAN

9) **Amorn Chaiyasat**, Masahiro Yamada, Hiroshi Kobayashi, Masayoshi Okubo, "Incorporation of Emulsifiers inside Polymer Particles in Emulsion Polymerization",*The 57th SPSJ Annual Meeting,* 28-30 May 2008, Yokohama, Japan

10) **Amorn Chaiyasat**, Preeyaporn Chaiyasat, Toyoko Suzuki, Masayoshi Okubo, "Influence of incorporated nonionic emulsifier inside polymer particles prepared by emulsion polymerization on the glass transition temperature", *The 15th Polymeric Microspheres Symposium*, 12-14 November 2008, Kobe, Japan

11) Yukiya Kitayama, **Amorn Chaiyasat**, Masayoshi Okubo, "Organotellurium-Mediated Living Radical Emulsifier-Free Emulsion Polymerization of Styrene", *The 2nd International Symposium on Advanced Particles*, 26-29 April 2009, Yokohama, Japan

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ผศ. ดร. สมหมาย ผิวสอาด
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Asst. Prof. Dr. Sommai Pivsa-Art
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 1701 00269 00 5
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
   ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต.คลองหก อ. ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 0-2549-3480-5 โทรสาร 0-2549-3406
5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	วุฒิการศึกษา	สาขาวิชา	สถาบัน	ประเทศ
2541	Ph.D. in Engineering	Chemical Engineering	Osaka University	ญี่ปุ่น
2538	M. Eng.	Applied Chemistry	Osaka University	ญี่ปุ่น
2527	B.Sc.	Chemistry	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

Polymer Blends, Organic Synthesis using Transition Metal Catalyst, Biodegradable Polymer Synthesis, Molecular Imprinting, Plastics degradation

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องงานวิจัย

7.1 โครงการวิจัย

1. ทุนโครงการ IPUS ปี 2546 เลขที่โครงงาน : FE0143/46 เรื่อง การเตรียมโพลิเมอร์ผสมระหว่างโพลิคาร์บอเนตและโพลิคาร์บอเนตโอลิโกเมอร์

2. ทุนโครงการ IPUS ปี 2547 เลขที่โครงงาน : FE0148/47 เรื่อง การเตรียมและการพัฒนาวัตถุดิบเพื่อใช้ในการผลิตรองเท้ากอล์ฟและรองเท้าเบสบอล

3. ทุนโครงการ IPUS ปี 2548 เลขที่โครงงาน : I4808009 เรื่อง การเตรียมและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์หนังเทียม จากพลาสติกพีวีซีที่แต่งเติมกลิ่น

4. ทุนโครงการ IPUS ปี 2548 เลขที่โครงงาน : I48080010 เรื่อง การเตรียมพลาสติกผสมจากโพลิยูรีเทนเพื่ออุตสาหกรรมชิ้นส่วนรองเท้ากีฬา

5. ทุนโครงการ IPUS ปี 2548 เลขที่โครงงาน : I48080010 เรื่อง การเตรียมวัตถุดิบในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์หนังเทียมเพื่อใช้ทดแทนพลาสติกพีวีซี

6. ทุนโครงการ IPUS ปี 2549 เลขที่โครงงาน : I24906006 เรื่อง แผ่นวัสดุอัดเรียบจากเศษพลาสติกและกระดาษที่นำกลับมาใช้ใหม่ในโรงงานกระดาษ

7. ทุนโครงการ IPUS ปี 2549 เลขที่โครงงาน : I24906007 เรื่อง การนำเศษพีวีซีจากกระบวนการผลิตกลับมาใช้ใหม่

8. ทุนโครงการ IPUS ปี 2549 เลขที่โครงงาน : I24906013 เรื่อง การควบคุมกระบวนการเป่าขึ้นรูปโดยใช้ระบบควบคุมคุณภาพด้วยวิธีการทางสถิติ

9. ทุนโครงการ IPUS ปี 2550 เลขที่โครงงาน : I350A11004 เรื่อง การจำลองกระบวนการผลิตพอลิแลคติกแอซิดเพื่อออกแบบสร้างโรงงานต้นแบบ

10. ทุนโครงการ IPUS ปี 2550 เลขที่โครงงาน : I250A05025 เรื่อง การลดปัญหาฟองอากาศในกระบวนการชุบเคลือบพีวีซีเหลว

7.2 รายการบทความทางวิชาการวิจัยที่ได้ตีพิมพ์ในวารสารในประเทศ/ต่างประเทศ

1. **S. Pivsa-Art**, K. Okuro, M. Miura, S. Murata, and M. Nomura, "Acylation of 2-Methoxynaphthalene with Acyl Chlorides in the Presence of a Catalytic Amount of Lewis Acids", **J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1,** 1703-1707 (1994).

2. **S. Pivsa-Art**, Y. Fukui, M. Miura, and M. Nomura, "Copper-Promoted Reaction of Aryl Iodides with Activated Methine Compounds", **Bull. Chem. Soc. Jpn.**, 69, 2039-2042 (1996).

3. **S. Pivsa-Art**, T. Satoh, M. Miura, and M. Nomura, "Palladium-Catalyzed Reaction of Aryl Bromides with Dialkylacetylenes to Produce Allenic Compounds", **Chem. Lett.**, 823-824 (1997).

4. **S. Pivsa-Art**, T. Satoh, Y. Kawamura, M. Miura, and M. Nomura, "Palladium-Catalyzed Arylation of Azole Compounds with Aryl Halides in the Presence of Alkali Metal Carbonates and the Use of Copper Iodide in the Reaction", **Bull. Chem. Soc. Jpn.**, 71, 467-473 (1998).

5. M. Miura, **S. Pivsa-Art, G.** Dyker, J. Heiermann, T. Satoh, and M. Nomura, (1998): Palladium-Catalyzed Reaction of Aryl Bromides with Metallocenes to Produce Pentaarylated Cyclopentadienes. **J. Chem. Soc., Chemical Communication**, 1889-1890 (1998).

6. Dyker, G., Heiermann, J., Miura, M., Inoh, J.-I., **Pivsa-Art, S.**, Satoh, T. and Nomura, M. (2000): Palladium-Catalyzed Arylaction of Cyclopentadienes. **Chemistry: A European Journal** 6, 3426-3433.

7. **Pivsa-Art, S.**, Nakayama, A., Kawasaki, N., Yamamoto, N. and Aiba, S. (2002): Biodegradability Study of Copolyesteramides based on Diacid Chlorides, Diamines, and Diols, **Journal of Applied Polymer Science**, 85, 4, 774-784.

7.3 รายการการนำเสนอบทความในการประชุมวิชาการและฝึกอบรมในประเทศและต่างประเทศ

1. September 1991-December 1991; Training on Polymer Materials and Technology at Plastic Engineering Department, Osaka Municipal Technical Research Institute, Osaka, **JAPAN**.

2. May 1999 – August 1999; STA Post-Doctoral Research Fellowship in Department of Organic Materials, Osaka National Research Institute, AIST, Ministry of International Trade and Industry, **JAPAN**.

3. March 2002 – February 2003; Alexander von Humboldt Scholarship, Department of Organic Chemistry, Bochum University, Bochum, **GERMANY**. Research Themes: Synthesis of Nanosized π-Conjugated Compounds.

4. January 2005; Visiting Professor, Institute of Advanced Energy, Kyoto University, Uji, Kyoto, **JAPAN**. Research Themes: Composite nano-structures for photo-electrochemical functional materials.