

**DEVELOPMENT OF DENTAL RUBBER DAM FOR DENTAL  
APPLICATION**

Mr. Jaruwat Khamsook

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science  
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University  
in Academic Partnership with  
Case Western Reserve University, The University of Michigan,  
The University of Oklahoma, and Institut Français du Pétrole  
2004  
ISBN 974-9651-52-9

*216/605x*

**Thesis Title:** Development of Dental Rubber Dam for Dental Application  
**By:** Mr. Jaruwat Khamsook  
**Program:** Polymer Science  
**Thesis Advisors:** Asst. Prof. Rathanawan Magaraphan

---

Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.

*K. Bunyakiat.*

College Director

(Assoc. Prof. Kunchana Bunyakiat)

**Thesis Committee:**

*R. Magaraphan*

(Asst. Prof. Rathanawan Magaraphan)

*Ratana Rujiravanit*

(Asst. Prof. Ratana Rujiravanit)

*Nuchanat Na-Ranong*

(Dr. Nuchanat Na-Ranong)

**ABSTRACT**

4572006063: POLYMER SCIENCE (PETROCHEMICAL TECHNOLOGY)

Jaruwat Khamsook: Development of Dental Rubber Dam for  
Dental Application

Thesis Advisors: Asst. Prof. Rathanawan Magaraphan, 45 pp.

ISBN 974-9651-52-9

Keywords: Natural Rubber Latex / Dental Rubber Dam / Silica Reinforcement

The needs for isolation of the oral working area are rather obvious. A tooth bathed in saliva, a tongue, and a gingival bleeding are the obstacles that must be overcome in performing a good dental treatment. "A Dental Rubber Dam (DRD)" is the best tool to resolve these obstacles. This work focuses on the formulation both of compounded Natural Rubber Latex (NRL) and Deproteinized Natural Rubber Latex (DPNR) with three kinds of filler namely, Calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ), Admicelled silica and Precipitated silica. The results of mechanical properties of vulcanized NRL films were greater than vulcanized DPNR films. This was due to the reducing of vulcanization efficiency by surfactant treatment and the lower mechanical stability time of DPNR. The relationship between the contact angle measurement and the friction test was that a higher contact angle gives lower surface friction when increasing the amount of  $\text{CaCO}_3$ . The precipitated silica did not affect on removing water-extractable protein. These may be due to the non-efficient filler that cannot substitute the more non-polar lipid-protein complex from the non-polar hydrocarbon of the rubber particles. Finally, further efficient chemical and technique must be used to achieve the commercial dental rubber dam specification.

## บทคัดย่อ

จารูวัตร ขำสุข : การพัฒนาแผ่นยางกันน้ำลายเพื่อการใช้ในทางทันตกรรม (Development of dental rubber dam for dental application) อ. ที่ปรึกษา: ผศ.ดร. รัตนวรรณ มกรพันธุ์ 45 หน้า ISBN 974-9651-52-9

ความต้องการที่จะแยกแยะพื้นที่การทำงานภายในช่องปากคนไข้ในการทำฟันให้เห็นเด่นชัดจากการบดบังของฟัน, ลิ้น และแม้แต่การมีเลือดคั่งภายในช่องปาก ซึ่งอาจทำให้การทำฟันไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร “แผ่นยางกันน้ำลาย” จึงถูกนำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหานี้ ในการวิจัยนี้ได้เน้นไปที่การเตรียมแผ่นยางจากการผสมน้ำยางธรรมชาติทั้งแบบรักษาด้วยแอมโมเนียมาก และแบบปริมาณโปรตีนต่ำ ด้วยสารตัวเติม 3 ชนิดคือ แคลเซียมคาร์บอเนต, ซิลิกาแบบเตรียมด้วยสไตรีน-ไอโซพรีน แอติไมเซลลาโพลีเมอไรเซชัน และซิลิกาแบบตกตะกอน ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นยางที่เตรียมได้ของน้ำยางธรรมชาติชนิดแอมโมเนียสูงค่อนข้างจะดีกว่าน้ำยางธรรมชาติชนิดโปรตีนต่ำ เนื่องมาจากการใช้สารลดแรงตึงผิวในกระบวนการลดโปรตีนทำให้ประสิทธิภาพการบ่มเร่งยางลดลง และรวมไปถึงความคงตัวต่อแรงกลต่ำของน้ำยางธรรมชาติแบบปริมาณโปรตีนต่ำ ส่วนความสัมพันธ์ของค่าที่ได้จากการวัดมุมสัมผัสของหยดน้ำบนผิวของแผ่นยางกันค่าแรงเสียดทานที่ผิวของแผ่นยางคือ เมื่อมีมุมสัมผัสมาก แรงเสียดทานจะน้อยเมื่อเพิ่มอัตราส่วนการผสมของแคลเซียมคาร์บอเนต ในส่วนของซิลิกาแบบตกตะกอนไม่สามารถลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้อย่างที่เกิดขึ้นในการใช้ฟุ้งซิลิกา ซึ่งเกิดจากการเตรียมไซเลน-ซิลิกาที่ไม่มีประสิทธิภาพทำให้ไม่สามารถแทนที่อนุภาคไลปิด-โปรตีนได้ดีเท่าที่ควรเพราะความไม่มีขั้วที่สูงกว่าของอนุภาคไลปิด-โปรตีนยังคงเกาะอยู่กับความไม่มีขั้วของอนุภาคยาง.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to express his deep appreciation to the following individuals and organization:

First of all, the author is deeply indebted to Asst. Prof. Rathawan Magaraphan, his thesis advisors, for providing useful recommendations, creative comments, and encouragement throughout the course of his work.

The author would like to thank Asst. Prof. Ratana Rujiravanit and Dr. Nuchanat Na-Ranong for his kind advice and for being on the thesis committee.

To Petroleum and Petrochemical Collage, Chulalongkorn University, where he have gained his knowledge and enriched his skill in polymer science.

To all staffs at the Rubber Research Institute of Thailand for generous providing of chemicals, permitting the author to use rubber cutting machines and for their kind suggestions on the concept of rubber compounding used in this work..

To Sumitomo Rubber Industries, Malaysia, PPA-Siam Silica Co., Ltd., J.J. Degussa Co., Ltd. and Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej's research for providing DPNR, precipitated silica, SI-69 and admicelled silica which led to the more detailed investigations of this work.

This thesis work is partially funded by Postgraduate Education and Research Program in Petroleum and Petrochemical Technology (PPT Consortium).

Finally, the author would like to take this opportunity to thank PPC Ph.D. students and all his PPC friends for their friendly assistance, cheerfulness, creative suggestions, and encouragement. The author had the most enjoyable time working with all of them. Also, the author is greatly indebted to his parents and his family for their financial support, love and understanding.

## TABLE OF CONTENTS

	<b>PAGE</b>
Title Page	i
Abstract (in English)	iii
Abstract (in Thai)	iv
Acknowledgements	v
Table of Contents	vi
List of Tables	viii
List of Figures	ix
<b>CHAPTER</b>	<b>PAGE</b>
<b>I INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
1.1 Dental Rubber Dam	1
1.2 Deproteinization of Natural Rubber Latex	3
1.3 Silica	5
1.4 Silane Coupling Agent	7
<b>II LITERATURE REVIEW</b>	<b>9</b>
<b>III EXPERIMENTAL</b>	<b>11</b>
3.1 Rubber Compounding	11
3.1.1 Materials	11
3.1.2 Procedure	13
3.2 Characterization	17
3.2.1 Materials	17
3.2.2 Instruments	19
3.2.3 Procedure	20
3.2.4 Aging Condition	21

<b>CHAPTER</b>	<b>PAGE</b>
<b>IV RESULTS AND DISCUSSION</b>	22
4.1 Mechanical Testing	22
4.1.1 Mechanical Properties	23
4.2 Contact Angle Measurement	32
4.2.1 Calcium Carbonate	32
4.2.2 Admicelled Silica	33
4.2.3 Precipitated Silica	34
4.3 Friction test	35
4.4 Water-Extractable Protein Testing	37
<b>V CONCLUSIONS</b>	38
<b>REFERENCES</b>	39
<b>APPENDIX</b>	40
<b>Appendix A</b> Scanning electron microscopy	40
<b>Appendix B</b> The effect of sulphur content on the mechanical properties of rubber film	
<b>CURRICULUM VITAE</b>	45

**LIST OF TABLES**

<b>TABLE</b>	<b>PAGE</b>
1.1 Basic formulation for medical glove	2
1.2 Commercial dental rubber dam	2
3.1 Formulation for vulcanized rubber film with 50% calcium carbonate	13
3.2 Formulation for vulcanized rubber film with 10% admicelled silica	14
3.3 Formulation for vulcanized rubber film with 10% precipitated silica	15
4.1 Results for the testing of NRL and DPNR vulcanized rubber films	22



**LIST OF FIGURES**

<b>FIGURE</b>	<b>PAGE</b>
1.1 Deproteinization of NR-latex	3
1.2 Presumed functional groups act as branch-points in NR	4
1.3 Surface chemistry of silica	5
1.4 Compatibility of inorganic filler and rubber matrix	6
1.5 Reaction of silane coupling agent	7
1.6 Structure of SI-69	8
3.1 Flow diagram of vulcanized rubber film	16
3.2 Dumbbell specimen for tensile test	17
3.3 An un-nicked test piece for tearing test	18
3.4 Unpowdered films for contact angle measurement and friction test	19
4.1 Tensile strength of unaged vulcanized NRL and DPNR films with 50% calcium carbonate	23
4.2 %Elongation of unaged vulcanized NRL and DPNR films with 50% calcium carbonate	24
4.3 Tear strength of unaged vulcanized NRL and DPNR films with 50% calcium carbonate	24
4.4 Hardness of unaged vulcanized NRL and DPNR films with 50% calcium carbonate	25
4.5 Tensile strength of unaged vulcanized NRL and DPNR films with 10% admicelled silica	26
4.6 %Elongation of unaged vulcanized NRL and DPNR films with 10% admicelled silica	27
4.7 Tear strength of unaged vulcanized NRL and DPNR films with 10% admicelled silica	27
4.8 Hardness of unaged vulcanized NRL and DPNR films with 10% admicelled silica	28

<b>FIGURE</b>	<b>PAGE</b>
4.9 Tensile strength of unaged vulcanized NRL and DPNR films with 10% precipitated silica	29
4.10 %Elongation of unaged vulcanized NRL and DPNR films with 10% precipitated silica	30
4.11 Tear strength of unaged vulcanized NRL and DPNR films with 10% precipitated silica	30
4.12 Hardness of unaged vulcanized NRL and DPNR films with 10% precipitated silica	31
4.13 Contact angle of unaged vulcanized NRL and DPNR films with 50% calcium carbonate	32
4.14 Contact angle of unaged vulcanized NRL and DPNR films with 10% admicelled silica	33
4.15 Contact angle of unaged vulcanized NRL and DPNR films with 10% precipitated silica	34
4.16 Coefficient of static friction of unaged vulcanized NRL and DPNR films with 50% calcium carbonate	35
4.17 The relationship between the contact angle and the friction of rubber surface after compounding the latex with 50% calcium carbonate	36
4.18 The total water-extractable protein per gram of unaged vulcanized NRL and DPNR films with 50% calcium carbonate	37