

**FOAMING OF NONIONIC SURFACTANTS  
AROUND THE CLOUD POINT**

Ms. Dusadeeporn Watanavitukul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science  
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University  
in Academic Partnership with  
The University of Michigan, The University of Oklahoma  
and Case Western Reserve University

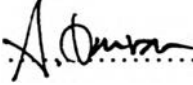
1998

ISBN 974-638-500-3

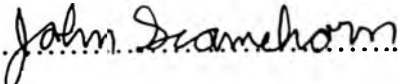
**Thesis Title** : Foaming of Nonionic Surfactants Around the Cloud  
Point  
**By** : Ms. Dusadeeporn Watanavitukul  
**Program** : Petrochemical Technology  
**Thesis Advisors** : Prof. John F. Scamehorn  
Dr. Nantaya Yanumet


---

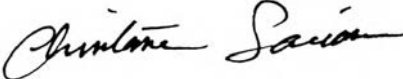
Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science.

..... Director of the College  
(Prof. Somchai Osuwan)

**Thesis Committee**

.....  
(Prof. John F. Scamehorn)

.....  
(Dr. Nantaya Yanumet)

.....  
(Asst. Prof. Chintana Saiwan)

## บทคัดย่อ

คุณฎีกพร วัฒนวิฑูกร : การศึกษาการเกิดฟองของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุในช่วงอุณหภูมิขุ่น (Foaming of Nonionic Surfactants Around the Cloud Point) อ. ที่ปรึกษา : ศ.ดร. จอห์น เอฟ สแกมฮอร์น และ ดร. นันทยา ชานูเมศ 68 หน้า ISBN 974-638-500-3

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงความสามารถในการเกิดฟองและความเสถียรของฟองของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุในช่วงอุณหภูมิขุ่น โดยใช้วิธีรอสไมล์ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานเอเอสทีเอ็มและวิธีสเปรย์ซึ่งเป็นการจำลองการเกิดฟองในเครื่องล้างจานแบบอัตโนมัติโดยทำการทดลองกับสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ 3 ชนิด ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิขุ่นของสารลดแรงตึงผิวจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มจำนวนหมู่เอทิลีนออกไซด์ในโครงสร้างทางเคมีของสารและลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าความสามารถในการเกิดฟองจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิขุ่น ในขณะที่ความเสถียรของฟองจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ที่ช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิขุ่นความสามารถของการเกิดฟองจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวและที่อุณหภูมิเหนืออุณหภูมิขุ่นความสามารถของการเกิดฟองจะลดลงไปที่ระดับต่ำมากที่สุดที่ทุกความเข้มข้น การเพิ่มจำนวนหมู่เอทิลีนออกไซด์ในโครงสร้างของสารลดแรงตึงผิวจะทำให้ความสามารถในการเกิดฟองของสารเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งวิธีรอสไมล์และวิธีสเปรย์ให้ค่าแนวโน้มของความสามารถในการเกิดฟองและความเสถียรของฟองของสารลดแรงตึงผิวเหมือนกันโดยมีการแปรผันตามอุณหภูมิ, ความเข้มข้น และโครงสร้างของสารลดแรงตึงผิวไปในทางเดียวกัน

## ABSTRACT

##961004 : PETROCHEMICAL TECHNOLOGY PROGRAM

KEY WORDS : Nonionic surfactant/Foam/Cloud point

Dusadeeporn Watanavitukul : Foaming of Nonionic Surfactants Around the Cloud Point. Thesis Advisors : Prof. John F. Scamehorn, and Dr. Nantaya Yanumet, 68 pp. ISBN 974-638-500-3

The purpose of this study was to investigate the foamability and foam stability of nonionic surfactants around the cloud point temperature. The ASTM standard method (Ross-Miles method) and the simulated foaming of automatic dishwashing machine (Spray method) were used and three nonionic surfactants were studied. The cloud point increases with an increase in the number of ethylene oxide groups and decreases with increasing surfactant concentration. Foamability decreases dramatically with increasing temperature above the cloud point. The foam stability generally decreases as the temperature increases. The foamability increases with an increase in surfactant concentration below the cloud point. Above the cloud point, the foamability decreases to a very low level at all concentrations. The higher number of ethylene oxide groups in the surfactant hydrophile increases the foamability of the surfactant. Both the Ross-Miles and the Spray methods give the same trend of foamability and foam stability with respect to temperature, concentration and surfactant structure.

## ACKNOWLEDGMENTS

This work would not have been possible without the assistance of the following individuals and organizations.

First of all, the author is deeply indebted to Professor John F. Scamehorn and Dr. Nantaya Yanumet, her thesis advisors, for providing useful recommendations, creative comments, and encouragement throughout the course of her work.

The author would like to thank Asst. Prof. Chintana Saiwan for her kind advice and for being on the thesis committee.

The author would like to sincerely thank Rhone-Poulenc (Thailand) Co., Ltd. for chemicals donated for her thesis.

Special thanks to all of the Petroleum and Petrochemical College's Staff especially Poon Arjpru.

Finally, the author would like to take this opportunity to thank all of her friends for their friendly help, cheerfulness, creative suggestions and encouragement. The author had a most enjoyable time working with them all. The author is also greatly indebted to her parents and her family for their support, love, and understanding.

## TABLE OF CONTENTS

	<b>PAGE</b>	
Title Page	i	
Abstract	iii	
Acknowledgments	v	
List of Table	ix	
List of Figures	x	
<b>CHAPTER</b>		
<b>I</b>	<b>INTRODUCTION</b>	1
<b>II</b>	<b>BACKGROUND AND LITERATURE SURVEY</b>	
2.1	Surfactants	3
2.2	Foam	3
2.2.1	Foam Formation	3
2.2.2	Foam Structure	4
2.2.3	Foaming Properties	6
2.3	Phase Separation in Nonionic Surfactants and the Cloud Point	7
<b>III</b>	<b>EXPERIMENTAL SECTION</b>	
3.1	Materials	11
3.2	Experimental Equipment	11
3.2.1	Ross-Miles Method Equipment	11
3.2.2	Spray Method Equipment	14

<b>CHAPTER</b>	<b>PAGE</b>
3.3 Experimental Methods	15
3.3.1 Cloud Point Test	15
3.3.2 Ross-Miles Method	15
3.3.3 Spray Method	16
<b>IV RESULTS AND DISCUSSION</b>	
4.1 Determination of Cloud Point	17
4.2 Foaming Tests by Ross-Miles Method	18
4.2.1 Effect of Temperature on Foamability and Foam Stability	18
4.2.2 Effect of Concentration on Foamability	23
4.2.3 Effect of Surfactant Structure on Foamability	23
4.3 Foaming Tests by Spray Method	26
4.3.1 The Effect of Spraying Time	26
4.3.2 Effect of Temperature on Foamability and Foam Stability	27
4.3.3 Effect of Surfactant Concentration on Foamability and Foam Stability	36
4.3.4 Effect of Surfactant Structure on Foamability and Foam Stability	36
4.4 Comparison of the Ross-Miles and Spray Methods	39

<b>CHAPTER</b>		<b>PAGE</b>
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONS</b>	<b>41</b>
	<b>REFERENCES</b>	<b>42</b>
	<b>APPENDIX</b>	<b>45</b>
	<b>CURRICULUM VITAE</b>	<b>68</b>



**LIST OF TABLE**

<b>TABLE</b>		<b>PAGE</b>
4.1	Data of cloud point tests	17

## LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
2.1 Formation of foam	4
2.2 The Structure of foam	5
2.3 The two types of foam : polyederschaum, kugelschaum	6
2.4 Schematic diagram of phase separation in nonionic surfactant	8
3.1 The Ross-Miles pipette	12
3.2 The Ross-Miles receiver	12
3.3 Schematic of equipment for Ross-Miles foam test	13
3.4 Schematic diagram of the Spray method	14
4.1 Effect of Temperature on Foamability and Foam Stability of 0.01 vol% NP(EO) <sub>8</sub> (Ross-Miles Method)	19
4.2 Effect of Temperature on Foamability and Foam Stability of 0.1 vol% NP(EO) <sub>8</sub> (Ross-Miles Method)	19
4.3 Effect of Temperature on Foamability and Foam Stability of 1.0 vol% NP(EO) <sub>8</sub> (Ross-Miles Method)	19
4.4 Effect of Temperature on Foamability and Foam Stability of 0.01 vol% NP(EO) <sub>9</sub> (Ross-Miles Method)	20
4.5 Effect of Temperature on Foamability and Foam Stability of 0.1 vol% NP(EO) <sub>9</sub> (Ross-Miles Method)	20
4.6 Effect of Temperature on Foamability and Foam Stability of 1.0 vol% NP(EO) <sub>9</sub> (Ross-Miles Method)	20
4.7 Effect of Temperature on Foamability and Foam Stability of 0.01 vol% NP(EO) <sub>10</sub> (Ross-Miles Method)	21

<b>FIGURE</b>	<b>PAGE</b>
4.8 Effect of Temperature on Foamability and Foam Stability of 0.1 vol% NP(EO) <sub>10</sub> (Ross-Miles Method)	21
4.9 Effect of Temperature on Foamability and Foam Stability of 1.0 vol% NP(EO) <sub>10</sub> (Ross-Miles Method)	21
4.10 Effect of Temperature on Foam Stability of NP(EO) <sub>8</sub> (Ross-Miles Method)	22
4.11 Effect of Temperature on Foam Stability of NP(EO) <sub>9</sub> (Ross-Miles Method)	22
4.12 Effect of Temperature on Foam Stability of NP(EO) <sub>10</sub> (Ross-Miles Method)	22
4.13 Effect of Temperature on Foamability of NP(EO) <sub>8</sub> at Different Concentrations (Ross-Miles Method)	24
4.14 Effect of Temperature on Foamability of NP(EO) <sub>9</sub> at Different Concentrations (Ross-Miles Method)	24
4.15 Effect of Temperature on Foamability of NP(EO) <sub>10</sub> at Different Concentrations (Ross-Miles Method)	24
4.16 Effect of Surfactant Structure on Foamability of 0.01 vol% Solution (Ross-Miles Method)	25
4.17 Effect of Surfactant Structure on Foamability of 0.1vol% Solution (Ross-Miles Method)	25
4.18 Effect of Surfactant Structure on Foamability of 1 vol% Solution (Ross-Miles Method)	25
4.19 Effect of Temperature on Foamability of 0.01vol% NP(EO) <sub>9</sub> (Spray Method)	28
4.20 Effect of Temperature on Foamability of 0.1vol% NP(EO) <sub>9</sub> (Spray Method)	28

<b>FIGURE</b>	<b>PAGE</b>
4.21 Effect of Temperature on Foamability of 0.5 vol% NP(EO) <sub>9</sub> (Spray Method)	29
4.22 Effect of Temperature on Foamability of 1.0 vol% NP(EO) <sub>9</sub> (Spray Method)	29
4.23 Effect of Temperature on Foamability of 0.01 vol% NP(EO) <sub>10</sub> (Spray Method)	30
4.24 Effect of Temperature on Foamability of 0.1 vol% NP(EO) <sub>10</sub> (Spray Method)	30
4.25 Effect of Temperature on Foamability of 0.5 vol% NP(EO) <sub>10</sub> (Spray Method)	31
4.26 Effect of Temperature on Foamability of 1.0 vol% NP(EO) <sub>10</sub> (Spray Method)	31
4.27 Effect of Temperature on Foam Stability of 0.01 vol% NP(EO) <sub>9</sub> (Spray Method)	32
4.28 Effect of Temperature on Foam Stability of 0.1 vol% NP(EO) <sub>9</sub> (Spray Method)	32
4.29 Effect of Temperature on Foam Stability of 0.5 vol% NP(EO) <sub>9</sub> (Spray Method)	33
4.30 Effect of Temperature on Foam Stability of 1.0vol% NP(EO) <sub>9</sub> (Spray Method)	33
4.31 Effect of Temperature on Foam Stability of 0.01vol% NP(EO) <sub>10</sub> (Spray Method)	34
4.32 Effect of Temperature on Foam Stability of 0.1vol% NP(EO) <sub>10</sub> (Spray Method)	34
4.33 Effect of Temperature on Foam Stability of 0.5 vol% NP(EO) <sub>10</sub> (Spray Method)	35

<b>FIGURE</b>		<b>PAGE</b>
4.34	Effect of Temperature on Foam Stability of 1.0vol% NP(EO) <sub>10</sub> (Spray Method)	35
4.35	Effect of Concentration on Foamability of NP(EO) <sub>9</sub>	37
4.36	Effect of Concentration on Foamability of NP(EO) <sub>10</sub>	37
4.37	Effect of Concentration on Foam Stability of NP(EO) <sub>9</sub>	38
4.38	Effect of Concentration on Foam Stability of NP(EO) <sub>10</sub>	38