

การศึกษานูพันธ์ 2,7-บิส (2-ไฮดรอกซีโนโตรเฟนิลเอโซ) บางชนิด  
ของกรดโครโมโทรปิก เพื่อเป็นสเปกโทรเมทริกรีเอเจนต์สำหรับวิเคราะห์บิสมีธ (III)

นางสาวเสาวภา ชุมณี



สถาบันวิทยบริการ

วิทยานูพันธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมี ภาควิชาเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา พ.ศ. 2540

ISBN 974-638-632-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**STUDY OF SOME 2,7-BIS(2-HYDROXYNITROPHENYLAZO) DERIVATIVES  
OF CHROMOTROPIC ACID AS SPECTROMETRIC REAGENTS FOR  
BISMUTH(III)**



**Miss Saowapa Chumanee**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science in Chemistry**

**Department of Chemistry**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**

**Academic Year 1997**

**ISBN 974-638-632-8**

**Copyright of Graduate School, Chulalongkorn University**

**Thesis Title** Study of some 2,7-bis(2-hydroxynitrophenylazo)  
derivatives of chromotropic acid as spectrometric reagents  
for bismuth (III)

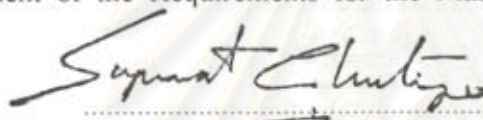
**By** Miss Saowapa Chumanee

**Department** Chemistry


**Thesis Advisor** Associate Professor Siri Varothai, Ph.D.

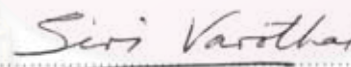
---


Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial  
Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree.


  
..... Dean of Graduate School  
( Professor Supawat Chutivongse, M.D. )

Thesis Committee

  
..... Chairman  
( Assistant Professor Somchai Pengprecha, Ph.D. )

  
..... Thesis Advisor  
( Associate Professor Siri Varothai, Ph.D. )

  
..... Member  
( Assistant Professor Warinthorn Chavasiri, Ph.D. )

  
..... Member  
( Aroonsiri Shitangkoon, Ph.D. )

  
..... Member  
( Ponwason Eamchan, M.Sc. )

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

เสาวภา ขุมณี : การศึกษาอนุพันธ์ 2,7-บิส(2-ไฮดรอกซีไนโตรเฟนิลเอโซ) บางชนิด ของกรดโครโมโทรปิก เพื่อเป็นสเปกโทรเมตริกเรเจนต์สำหรับวิเคราะห์บิสมีธ(III) (STUDY OF SOME 2,7-BIS(2-HYDROXY NITROPHENYLAZO) DERIVATIVES OF CHROMOTROPIC ACID AS SPECTROMETRIC REAGENTS FOR BISMUTH(III)) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. ศิริ วโรทัย, 129 หน้า. ISBN 974-638-632-8.

ในการศึกษานี้ได้พยายามสังเคราะห์สารประกอบอนุพันธ์ บิส[(ออร์โธ,ออร์โธ'-ไดไฮดรอกซี-ไนโตรเฟนิล)เอโซ] ของกรดโครโมโทรปิกเอซิดทั้งหมด 4 ชนิดดังนี้ 2,7-บิส[(2-ไดไฮดรอกซี-4-ไนโตรเฟนิล)เอโซ]-1,8-ไดไฮดรอกซี-3,6-แนพทาลินไดซัลโฟนิคแอซิด (4N) 2,7-บิส[(2-ไดไฮดรอกซี-5-ไนโตรเฟนิล)เอโซ]-1,8-ไดไฮดรอกซี-3,6-แนพทาลินไดซัลโฟนิคแอซิด (5N) 2,7-บิส[(2-ไดไฮดรอกซี-6-ไนโตรเฟนิล)เอโซ]-1,8-ไดไฮดรอกซี-3,6-แนพทาลินไดซัลโฟนิคแอซิด (6N) และ 2,7-บิส[(2-ไดไฮดรอกซี-3,5-ไนโตรเฟนิล)เอโซ]-1,8-ไดไฮดรอกซี-3,6-แนพทาลินไดซัลโฟนิคแอซิด (3,5N) ในระหว่างสารประกอบเหล่านี้ มีเพียงสารประกอบที่ 5N เท่านั้นที่เตรียมได้สำเร็จ ได้นำเทคนิคทางทินนัลเรอร์โครมาโตกราฟี วิธีการวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบธาตุในสารประกอบ อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี และนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปีมาใช้ในการยืนยันโครงสร้างของสารที่สังเคราะห์ขึ้นมา จากนั้นได้นำเสนอสารประกอบที่ 5N เป็นอินดิเคเตอร์สำหรับวิธีคอมเพล็กซ์เมตริกโคเคเรชั่น ด้วย EDTA และใช้เป็นสารประกอบที่ทำให้เกิดสีกับบิสมีธ(III) พัฒนาวิธีการวิธีเปิด-สเปกโทรเมตริกสำหรับวิเคราะห์บิสมีธ(III) พบว่าที่ pH เท่ากับ 2.5 ให้สารประกอบเชิงซ้อนที่นำเงินในอัตราส่วน 1 โมลของบิสมีธต่อ 1 โมลของสารประกอบที่ 5N ปฏิกริยาเกิดขึ้นทันที และให้สีคงทนเป็นเวลานานไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง สารประกอบเชิงซ้อนนี้มีคุณสมบัติดูดกลืนแสงของเบียร์ ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 20.90 ถึง 146.29 ไมโครกรัมต่อ 100 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตีที่ 648 นาโนเมตรเท่ากับ  $2.3 \times 10^4$  ลิตรโมล<sup>-1</sup> เซนติเมตร จากการศึกษาพบว่า ตะกั่ว(II) แมงกานีส(II) สังกะสี(II) นิกเกิล(II) แคลเซียม(II) เงิน(I) โคบอลต์(II) แมกนีเซียม(II) โซเดียม(I) อะซิเตด คลอไรด์ ซัลเฟต และ คาร์บอเนต ในอัตราส่วน 100 ต่อ 1 จะไม่รบกวนการวิเคราะห์ การโคเคเรชันบิสมีธด้วย EDTA โดยใช้สารประกอบที่ 5N เป็นอินดิเคเตอร์ ซึ่งสังเกตได้โดยตรงด้วยตาเปล่าให้ผลการทดลองเป็นที่น่าพึงพอใจ เมื่อเทียบกับผลที่ได้จากการใช้สารประกอบไซตินอด ออร์เรนจ์

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ..... ๖๓๖  
สาขาวิชา ..... ๖๓๖  
ปีการศึกษา ..... ๒๕๔๐

ลายมือชื่อนิสิต ..... ศิริ วโรทัย  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... ศิริ วโรทัย  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

\*\* C 825265 : MAJOR CHEMISTRY

KEY WORD: CHROMOTROPIC ACID / SPECTROMETRIC REAGENT / BISMUTH(III)  
SAOWAPA CHUMANEE : STUDY OF SOME 2,7-BIS(2-HYDROXYNITROPHENYL AZO)  
DERIVATIVES OF CHROMOTROPIC ACID AS SPECTROMETRIC REAGENTS FOR  
BISMUTH(III). THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SIRI VAROTHAI, Ph.D. 129 pp.  
ISBN 974-638-632-8.

In this study, syntheses of four bis-[(O,O'-dihydroxy-nitrophenyl)azo] derivatives of chromotropic acid, namely, 2,7-bis[(2-hydroxy-4-nitrophenyl)azo]-1,8-dihydroxy-3,6-naphthalenedisulfonic acid (4N), 2,7-bis[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo]-1,8-dihydroxy-3,6-naphthalenedisulfonic acid (5N), 2,7-bis[(2-hydroxy-6-nitrophenyl)azo]-1,8-dihydroxy-3,6-naphthalenedisulfonic acid (6N), and 2,7-bis[(2-hydroxy-3,5-nitrophenyl)azo]-1,8-dihydroxy-3,6-naphthalenedisulfonic acid (3,5N) were attempted. Among these, only 5N-dye was successfully prepared. Thin layer chromatography, elemental analysis, infrared spectrometry and nuclear magnetic resonance were used to confirm the structure of synthesized dye. The 5N-dye was proposed as a EDTA complexometric titration indicator and as a metallochromic reagent for bismuth(III). A visible spectrometric method for bismuth(III) was also systematically developed at pH 2.5, 5N-dye reacted with bismuth(III) instantaneously giving a blue 1:1 metal to dye complex and was stable for at least 24 hours. The complex obeyed Beer's law in the concentration range of bismuth(III) between 20.90 to 146.29 micrograms per 100 millilitre showing a molar absorptivity of  $2.3 \times 10^4 \text{ Lmol}^{-1}\text{cm}^{-1}$  at 648 nanometer. Lead(II), manganese(II), zinc(II), nickel(II), cadmium(II), silver(I), cobalt(II), magnesium(II), sodium(I), acetate, chloride, sulfate, and carbonate in the mole ratio of 100:1 did not interfere. A EDTA titration of bismuth(III) using 5N-dye as direct visual indicator gave a satisfactory result comparing to those obtained from xylenol orange method.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....๒๗๓  
สาขาวิชา.....๒๗๓  
ปีการศึกษา.....๒๕๔๐

ลายมือชื่อผู้ผลิต.....*Sowapa Chumanee*  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*Siri Varolthai*  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



## ACKNOWLEDGEMENT

I would like to express my sincerest gratitude to Associate Professor Dr. Siri Varothai and Dr. M.R.R. Bhagwanth for their kindness, guidance, suggestions and assistance throughout the course of study. I am very obliged to Assistant Professor Dr. Somchai Pengprecha, Assistant Professor Dr. Warinthorn Chavasiri, Mr. Ponwason Eamchan and Dr. Aroonsiri Shitangkoon for their valuable comments as thesis examiners.

This thesis could have not been completed without generous help of the following people: faculty staff in the Department of Chemistry, Chulalongkorn University, and staff in the Scientific and Technological Research Equipment Center of Chulalongkorn University.

I am also grateful to the Graduate School of Chulalongkorn University and the Department of Chemistry, Faculty of Science, Chulalongkorn University for their financial support throughout this research works.

I would like to take this opportunity to express my greatest sincere thank to Mr. Rachaphum Suriyant, the manager of K. World Textile Co., Ltd., for his hospitality in granting me the leave for further education, and also providing the financial support of this thesis.

Finally, I would like to express my deepest gratitude to my parents for their encouragement and understanding throughout the entire course of study.

Saowapa Chumanee

# CONTENTS

	<b>Page</b>
ABSTRACT IN THAI.....	iv
ABSTRACT IN ENGLISH.....	v
ACKNOWLEDGEMENT.....	vi
CONTENTS.....	vii
LIST OF TABLES.....	x
LIST OF FIGURES.....	xii
LIST OF ABBREVIATIONS.....	xv
<b>CHAPTER I INTRODUCTION</b>	
1.1 Problem Definition.....	1
1.2 Scope and Objectives.....	6
<b>CHAPTER II PRINCIPLE AND THEORY</b>	
2.1 Visible Spectrometry.....	7
2.2 Metallochromic Reagents.....	13
2.3 General Method for Preparation of Azo Dyes.....	16
2.3.1 The Diazotization.....	16
2.3.2 The Coupling Reaction.....	18
<b>CHAPTER III EXPERIMENTAL</b>	
3.1 Apparatus.....	23
3.2 Reagents.....	23
3.3 Proposed Bisazo Dyes to be Synthesized.....	24
3.4 Attempts to Prepare the Proposed Bisazo Dyes.....	26
3.5 Isolation of the Dyes.....	34
3.6 Thin-Layer Chromatography Studies of the Dyes.....	34
3.7 Solutions Used in Preliminary Studies and Visible Spectrometric Studies.....	37

## CHAPTER IV RESULTS AND DISCUSSION

- 4.1 Discussion on General Method for the Synthesis of 2,7-Bis  
(2-hydroxynitrophenylazo) Derivatives of Chromotropic Acid....39
- 4.2 Discussion on the Synthesis of 2,7-Bis[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)  
azo]-1,8-dihydroxy-3,6-naphthalenedisulfonic acid (5N-Dye)....41
- 4.3 Discussion on the Synthesis of 2,7-Bis[(2-hydroxy-4-nitrophenyl)  
azo]-1,8-dihydroxy-3,6-naphthalenedisulfonic acid (4N-Dye)....48
- 4.4 Discussion on the Synthesis of 2,7-Bis[(2-hydroxy-6-nitrophenyl)  
azo]-1,8-dihydroxy-3,6-naphthalenedisulfonic acid (6N-Dye)....49
- 4.5 Discussion on the Synthesis of 2,7-Bis[(2-hydroxy-3,5-nitrophenyl)  
azo]-1,8-dihydroxy-3,6-naphthalenedisulfonic acid (3,5N-Dye)...49

## CHAPTER V PRELIMINARY STUDIES OF METALLOCHROMIC PROPERTY

### OF 2,7-BIS[(2-HYDROXY-5-NITROPHENYL)AZO]

### -1,8-DIHYDROXY-3,6-NAPHTHALENEDISULFONIC ACID (5N-DYE)

- 5.1 Experiment on Metallochromic Property of 5N-Dye..... 51
- 5.2 Possible Application of 5N-Dye as Visual Indicator in a  
Complexometric Titration of Bismuth(III)..... 53

## CHAPTER VI VISIBLE SPECTROMETRIC STUDIES OF 2,7-BIS

### [(2-HYDROXY-5-NITROPHENYL)AZO]-1,8-DIHYDROXY -3,6-NAPHTHALENEDISULFONIC ACID (5N-DYE)

- 6.1 Acid-Base Property of 5N-Dye.....54
- 6.2 Visible Spectra of 5N-Dye at Various pH Values.....55
- 6.3 Visible Spectra of Bismuth(III)-5N Dye at Various pHs in Final  
Volume 100 mL.....58
- 6.4 Development of Spectrometric Method for the Determination of  
Bismuth(III) Using the 5N-Dye as Metallochromic Reagent in  
Final Volume 100 mL.....61
- 6.5 Visible Spectrometric studies of Bismuth(III)-5N Dye in Final  
Volume 25 mL.....86



6.6 Development of Spectrometric Method for the Determination of Bismuth(III) Using the 5N-Dye as Metallochromic Reagent in Final Volume 25 mL.....	89
<b>CHAPTER VII CONCLUSION AND SUGGESTION FOR FUTURE WORK.....</b>	<b>104</b>
<b>REFERENCES.....</b>	<b>106</b>
<b>APPENDIX.....</b>	<b>110</b>
<b>VITA.....</b>	<b>129</b>



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## LIST OF TABLES

Table	Page
1.1	Metallochromic reagents for bismuth(III) from 1991-1997.....3
3.1	The various composition of mixed solvent systems.....35
3.2	Average $R_f$ of the dyes.....36
3.3	Solutions for pH adjustment.....38
4.1	Elemental analyses of the dyes.....43
4.2	FTIR absorption characteristic of 2-[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo] -1,8-dihydroxy-3,6-naphthalenedisulfonic acid.....44
4.3	FTIR absorption characteristic of 2,7-bis[(2-hydroxy-5-nitrophenyl) azo]-1,8-dihydroxy-3,6-naphthalenedisulfonic acid.....44
4.4	Carbon position of 2-[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo]-1,8-dihydroxy -3,6-naphthalenedisulfonic acid and 2,7-bis[(2-hydroxy-5-nitrophenyl) azo]-1,8-dihydroxy-3,6-naphthalenedisulfonic acid.....47
4.5	FTIR absorption characteristic of 2-[(2-hydroxy-4-nitrophenyl)azo] -1,8-dihydroxy-3,6-naphthalenedisulfonic acid.....49
4.6	FTIR absorption characteristic of 2-[(2-hydroxy-3,5-nitrophenyl)azo] -1,8-dihydroxy-3,6-naphthalenedisulfonic acid.....50
5.1	Visual color change studies of the 5N-dye.....52
5.2	Complexometric titration of bismuth(III) with xylenol orange and 5N-dye as indicator.....53
6.1	Colors observed at particular pH values for the 5N-dye.....55
6.2	Optimal pH of bismuth(III)-5N dye complex.....64
6.3	Sequence of addition.....65
6.4	Absorbance of solution from the above table.....65
6.5	Optimal amount of dye for bismuth(III)-5N dye complex.....66
6.6	Effect of time on color development of complex.....68

6.7	Calibration curve of bismuth(III)-5N dye complex: fixed concentration of 5N-dye $10^{-4}$ F 10.0 mL and pH 2.50.....	70
6.8	Standard deviation study of the method, fixed concentration of 5N-dye $10^{-4}$ F 10.0 mL, bismuth(III) $10^{-4}$ F 4.00 mL, and pH 2.50.....	73
6.9	Effect of some cations.....	74
6.10	Effect of some anions.....	76
6.11	Tolerable amount of some coexisting ions.....	77
6.12	The detailed data of the continuous variation method (Job's method).....	79
6.13	The detailed data of the molar ratio method.....	81
6.14	The detailed data of the slope ratio method.....	83
6.15	Optimal pH of bismuth(III)-5N dye complex in final volume 25 mL.....	91
6.16	Sequence of the addition in final volume 25 mL.....	93
6.17	Absorbance of solution from the above table in final volume 25 mL.....	93
6.18	Optimal amount of dye for bismuth(III)-5N dye complex in final volume 25 mL.....	94
6.19	Effect of time on color development of complex in final volume 25 mL.....	95
6.20	Calibration curve of bismuth(III)-5N dye complex: fixed concentration of dye $10^{-4}$ F 12.00 mL and pH 3.50.....	97
6.21	Standard deviation study of the method, fixed concentration of 5N-dye $10^{-4}$ F 12.00 mL, bismuth(III) $10^{-4}$ F 3.00 mL, and pH 3.50, in final volume 25 mL.....	99
6.22	The detailed data of the continuous variation method in final volume 25 mL.....	100
6.23	The detailed data of the molar ratio method in final volume 25 mL.....	102

## LIST OF FIGURES

Figure	Page
1.1	Structures of disazo compound.....5
2.1	Continuous variation method..... 10
2.2	Molar-ratio method, showing different curves.....11
2.3	Slope-ratio method for the complex $ML_2$ ..... 13
2.4	The well known coupling components..... 20
4.1	General method for the synthesis of 2,7-bis(2-hydroxynitrophenylazo) derivatives of the chromotropic acid.....40
4.2	Tautomerize effects of 2-[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo]-1,8-dihydroxy-3,6-naphthalenedisulfonic acid and 5N-dye..... 46
6.1	Absorption spectra of the 5N-dye at various pHs (1.00-12.00)..... 56
6.2	Absorption spectra of the 5N-dye at pH 1.00..... 57
6.3	Absorption spectra of bismuth(III)-5N dye complex at various pHs (1.50-5.50) measured against water..... 59
6.4	Absorption spectra of bismuth(III)-5N dye complex at various pHs (1.50-5.50) measured against dye as reagent blank..... 60
6.5	Optimal wavelength of the dye and its bismuth(III)-5N dye complex at pH 2.50..... 62
6.6	Effect of pH on absorbance of bismuth(III)-5N dye complex measured against reagent blank at 648 nm.....64
6.7	Effect of reagent concentration..... 67
6.8	The influence of time on the absorbance of the bismuth(III)-5N dye complex.....68
6.9	Calibration curve of bismuth(III)-5N dye complex..... 71
6.10	Continuous variation method.....80
6.11	Mole ratio method.....82
6.12	Slope ratio method..... 84

6.13	Absorption spectra of various bismuth(III)-5N dye ratios at pH 2.50.....	85
6.14	Absorption spectra of bismuth(III)-5N dye complex at various pHs (2.00-6.00) measured against water.....	87
6.15	Absorption spectra of bismuth(III)-5N dye complex at various pHs (2.00-6.00) measured against dye as reagent blank.....	88
6.16	Optimal wavelength of the dye and its bismuth(III)-5N dye complex at pH 3.50.....	90
6.17	Effect of pH on absorbance of bismuth(III)-5N dye complex measured against reagent blank at 648 nm in final volume 25 mL.....	91
6.18	Effect of reagent concentration in final volume 25 mL.....	94
6.19	The influence of time on the absorbance of the bismuth(III)-5N dye complex in final volume 25 mL.....	96
6.20	Calibration curve of bismuth(III)-5N dye complex in final volume 25 mL.....	98
6.21	Continuous variation method in final volume 25 mL.....	101
6.22	Mole ratio method in final volume 25 mL.....	103
A-1	Chromatogram of attempt to prepare 5N-dye and 4N-dye.....	111
A-2	Chromatogram of attempt to prepare 5N-dye with method 1.....	112
A-3	Chromatogram of attempt to prepare 5N-dye with method 3 and method 4.....	113
A-4	Chromatogram of attempt to prepare 5N-dye with method 5 and method 6.....	114
A-5	Chromatogram of attempt to prepare 5N-dye with method 6.....	115
A-6	Chromatogram of attempt to prepare 4N-dye with method 1.....	116
A-7	Chromatogram of attempt to prepare 4N-dye with method 4.....	117
A-8	Chromatogram of attempt to prepare 4N-dye with method 6.....	118
A-9	Chromatogram of attempt to prepare 3,5N-dye with method 1.....	119
A-10	Chromatogram of attempt to prepare 3,5N-dye with method 6.....	120
A-11	IR spectrum of 2[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo]-1,8-dihydroxy -3,6-naphthalenedisulfonic acid.....	121

A-12	IR spectrum of 2[(2-hydroxy-4-nitrophenyl)azo]-1,8-dihydroxy -3,6-naphthalenedisulfonic acid.....	122
A-13	IR spectrum of 2[(2-hydroxy-3,5-nitrophenyl)azo]-1,8-dihydroxy -3,6-naphthalenedisulfonic acid.....	123
A-14	IR spectrum of 2,7-bis[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo]-1,8-dihydroxy -3,6-naphthalenedisulfonic acid.....	124
A-15	<sup>1</sup> H-NMR spectrum of 2-[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo]-1,8-dihydroxy -3,6-naphthalenedisulfonic acid.....	125
A-16	<sup>1</sup> H-NMR spectrum of 2,7-bis[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo]-1,8- dihydroxy-3,6-naphthalenedisulfonic acid.....	126
A-17	<sup>13</sup> C-NMR spectrum of 2-[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo]-1,8- dihydroxy-3,6-naphthalenedisulfonic acid.....	127
A-18	<sup>13</sup> C-NMR spectrum of 2,7-bis[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo]-1,8- dihydroxy-3,6-naphthalenedisulfonic acid.....	128

## LIST OF ABBREVIATIONS

3NAP	2-amino-3-nitrophenol
4NAP	2-amino-4-nitrophenol
5NAP	2-amino-5-nitrophenol
4N	2,7-bis[(2-hydroxy-4-nitrophenyl)azo]-1,8-dihydroxy -3,6-naphthalenedisulfonic acid
5N	2,7-bis[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo]-1,8-dihydroxy -3,6-naphthalenedisulfonic acid
6N	2,7-bis[(2-hydroxy-6-nitrophenyl)azo]-1,8-dihydroxy -3,6-naphthalenedisulfonic acid
3,5N	2,7-bis[(2-hydroxy-3,5-nitrophenyl)azo]-1,8-dihydroxy -3,6-naphthalenedisulfonic acid
CTA	chromotropic acid disodium salt dihydrate
EDTA	ethylenediaminetetraacetic acid disodium salt dihydrate
DMSO	dimethyl sulfoxide
$\delta$	chemical shift
ppm	part per million
mL	milliliter (s)
g	gram (s)
$\text{cm}^{-1}$	unit of wavenumber
cm	centimeter
nm	nanometer
$R_f$	the retardation factor
TLC	Thin Layer Chromatography
M.W.	molecular weight
b	broad (IR)
m	medium (IR)
s	sharp (IR)
w	weak (IR)