การศึกษาน้ำยาเคมีที่เหมาะสมในการตรวจพิสูจน์หาข้อความเดิม ที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิด

STUDY OF CHEMICAL TREATMENT TO EXAMINE WRITTEN WORDS COVERED BY CORRECTION FLUID

สำนักหอสมุด

พัชรา สินลอยมา

ดุษฎีนิพนธ์
จาก
บัณฑิตวิทยาลัย มหิดล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. 2540

Q๗
พ๕๑๗ก
๒๕๔๐

Copyright by Mahidol University

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาน้ำยาเคมีที่เหมาะสมในการตรวจพิสูจน์หาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิด

.....

พัชรา สินลอยมา

ผู้วิจัย

.....

พันตำรวจเอก สมชาย ศิริพันธุ์ , วท.บ. (เคมี) , น.บ.

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....

สมชาย ผลเอี่ยมเอก , พ.บ. , น.บ. ,

ป.ชั้นสูง (นิติเวชศาสตร์) , อ.ว. (นิติเวชศาสตร์)

Dip. Amer. Board of Pathology

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....

พันตำรวจตรี สมชาย อมรสุนทรสิริ ,

วท.บ. (เคมี)

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....

พันตำรวจโท เรวัต คติธรรมนิตย์ , วท.บ. (เคมี) ,

วท.ม. (นิติวิทยาศาสตร์)

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....

อดุลย์ วิริยเวชกุล ราชบัณฑิต ,

พ.บ. , น.บ. , F.R.C.P.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

.....

วิโรจน์ ไวยวุฒิ , พ.บ. , Ph.D.

ประธานคณะกรรมการประจำหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา นิติวิทยาศาสตร์

คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล

Copyright by Mahidol University

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาน้ำยาเคมีที่เหมาะสมในการตรวจพิสูจน์หาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิด

ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

วันที่ 7 พฤษภาคม 2540

.....

พัชรา สินลอยมา

ผู้วิจัย

.....

พันตำรวจเอก สมชาย ศิริพันธุ์ , วท.บ. (เคมี) . , น.บ.

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

สมชาย ผลเอี่ยมเอก , พ.บ. , น.บ. ,

ป.ชั้นสูง (นิติเวชศาสตร์) , อ.ว. (นิติเวชศาสตร์)

Dip. Amer. Board of Pathology

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

พันตำรวจตรี สมชาย อมรสุนทรสิริ ,

วท.บ. (เคมี)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

พันตำรวจโท เรวัต คติธรรมนิตย์ , วท.บ. ,

วท.ม. (นิติวิทยาศาสตร์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

อดุลย์ วิริยเวชกุล ราชบัณฑิต ,

พ.บ. , น.บ. , F.R.C.P.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

.....

อรุณ เผ่าสวัสดิ์ , พ.บ. , Dr . Med .

คณบดี

คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

Copyright by Mahidol University

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	พันตำรวจตรีหญิง พัชรา สินลอยมา
วัน เดือน ปีเกิด	6 เมษายน พ.ศ. 2504
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , พ.ศ. 2523 - 2527 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) มหาวิทยาลัยมหิดล, พ.ศ. 2538 - 2540 : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (นิติวิทยาศาสตร์)
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนการศึกษาประเภทมีความสามารถทางวิชาการดีเด่น ประจำปีการศึกษา 2538 จากมหาวิทยาลัยมหิดล ได้รับทุนพัฒนาอาจารย์ ประจำปีการศึกษา 2538 - 2539 จากโรงเรียนนายร้อยตำรวจ
ทุนวิจัย	ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ จากโรงเรียน นายร้อยตำรวจ

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

สารวัตร (ทำหน้าที่อาจารย์ภาควิชาวิทยาการตำรวจ)
ส่วนวิชาการสืบสวนและสอบสวน กองบังคับการวิชาการ
โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

Copyright by Mahidol University

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ พันตำรวจเอก สมชาย ศิริพันธุ์ ประธานคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ สมชาย ผลเอี่ยมเอก พันตำรวจโท เรวัต คติธรรมนิตย์ และ พันตำรวจตรี สมชาย อมรสุนทรสิริ คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาในการวางแผนการดำเนินการวิจัย ตลอดจนความกรุณาในการให้ความช่วยเหลือ แนะนำ ตรวจแก้ไขและปรับปรุงวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ พลตำรวจโท ชิดชัย วรรณสถิตย์ ผู้บัญชาการโรงเรียนนายร้อยตำรวจ และ พันตำรวจเอก กมล แก้วสุวรรณ รองผู้บังคับการวิชาการ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ ผู้บังคับบัญชาของผู้วิจัยซึ่งให้การสนับสนุนในการศึกษาด้วยดีมาตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ นายแพทย์ วิโรจน์ ไวยวุฒิ หัวหน้าภาควิชานิติเวชศาสตร์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แพทย์หญิง พิมพ์ประไพ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา อาจารย์ประจำภาควิชานิติเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและอนุญาตให้ใช้สถานที่ทำการทดลอง ขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ณรงค์ สุรินทร์วงศ์ และ อาจารย์ วิไลวรรณ กีรติวุฒิเศรษฐ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณนุชรี ปุตระเศรณี พันตำรวจโทหญิง เอมอร ไชยบัวแดง และ คุณศราวุฒิ สำรวมดี ที่กรุณาให้คำปรึกษาทางสถิติและการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นอย่างดี ขอบคุณ พันตำรวจตรี ดรัสวัต เลอวงศ์รัตน์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการถ่ายทำวิดีโอประกอบการนำเสนอวิทยานิพนธ์ และขอบคุณ คุณ สุณีย์ กัลยะจิตร น้องสาวที่คอยให้ความช่วยเหลือด้วยไมตรีจิตอันดียิ่ง ตลอดจนขอขอบคุณผู้มิได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ ซึ่งมีส่วนช่วยเหลือจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ ยุพิน สินลอยมา และบุคคลในครอบครัวของผู้วิจัยที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนในทุก ๆ ด้านตลอดมา จนการศึกษาวิจัยครั้งนี้ประสบผลสำเร็จด้วยดี

พัชรา สินลอยมา

Copyright by Mahidol University

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาน้ำยาเคมีที่เหมาะสมในการตรวจพิสูจน์หาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิด

ผู้วิจัย พันตำรวจตรีหญิง พัชรา สินลอยมา

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (นิติวิทยาศาสตร์)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

พันตำรวจเอก สมชาย ศิริพันธุ์ , วท.บ. (เคมี) , น.บ.

สมชาย ผลเอี่ยมเอก , พ.บ. , น.บ. , ป.ชั้นสูง (นิติเวชศาสตร์) , อ.ว. (นิติเวชศาสตร์) , Dip. Amer. Board of Pathology

พันตำรวจโท เรวัต คติธรรมนิตย์ , วท.บ.(เคมี) , วท.ม.(นิติวิทยาศาสตร์)

พันตำรวจตรี สมชาย อมรสุนทรสิริ , วท.บ. (เคมี)

วันที่สำเร็จการศึกษา 7 พฤษภาคม พ.ศ. 2540

บทคัดย่อ

การตรวจพิสูจน์เอกสารและการปลอมแปลงในประเด็นการอ่านข้อความเดิมที่ถูกป้ายทับด้วยน้ำยาลบคำผิดสีขาว ตัวอย่างเช่น พนักงานสอบสวนต้องการทราบเลขหมายทะเบียนรถเดิมในแผ่นป้ายวงกลมแสดงการเสียภาษีรถยนต์ที่ถูกแก้ไขโดยการใช้น้ำยาลบคำผิดสีขาวป้ายทับแล้วเขียนเลขหมายทะเบียนขึ้นใหม่ แต่เดิมผู้เชี่ยวชาญการตรวจเอกสารจะใช้วิธีการนำเอกสารขึ้นส่องแสงไฟที่มีความเข้มแสงจัด ๆ ซึ่งจะพบว่าหากน้ำยาลบคำผิดนั้นมีการป้ายทับไว้หนามาก และมีการเขียนซ้อนทับข้อความใหม่ขึ้นด้วย จะเป็นการรบกวนให้อ่านข้อความเดิมได้ยากขึ้น หรือบางครั้งก็ไม่สามารถตรวจพิสูจน์ได้

วิธีการหนึ่งที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวได้ คือการทดลองหรือค้นคว้าน้ำยาเคมีตัวใดตัวหนึ่งที่สามารถชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาวนี้ออกไปได้ดี โดยที่ไม่ทำลายข้อความเดิมที่ถูกน้ำยาลบคำผิดสีขาวป้ายทับอยู่ และข้อความเดิมนั้นผู้ตรวจก็ไม่ทราบได้ว่าเป็นข้อความที่เกิดจากหมึกชนิดใด

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาน้ำยาเคมีที่เหมาะสมในการตรวจพิสูจน์หาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิด โดยทดลองหาสารหรือตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ใกล้เคียงกับตัวเติมสารในน้ำยาลบคำผิด (Diluent) รวมทั้งสิ้น 12 ชนิด ได้แก่ คาร์บอนเตตระคลอไรด์ , คลอโรฟอร์ม , เอทิลอะซีเตท , โทลูอีน , ไตรคลอโรอีเทน , ไซลีน , เบนซีน ,

Copyright by Mahidol University

อะซีโตน , นอร์มอล เฮ็กเซน , โพรพานอล , ไอโซ บิวทิล เมทิล คีโตน และ ปิโตรเลียม สปิริต มาทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาว โดยที่ไม่ทำลายข้อความเดิม

ผลที่ได้จากการทดลองได้นำไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธี Nonparametric Statistic Test แบบ The Friedman Two-Way Analysis of Variance by Ranks ผลการวิจัย พบว่า การใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกัน จะมีประสิทธิภาพในการละลายข้อความที่เขียนด้วยหมึกชนิดต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05 และการใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกัน จะมีประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05 และปรากฏว่า โทลูอีนเป็นน้ำยาเคมีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการนำมาใช้ในการตรวจหาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิดสีขาว

ผลจากการวิจัยครั้งนี้จะได้นำไปใช้ประโยชน์ในการตรวจพิสูจน์เอกสาร โดยนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้สารเคมีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการตรวจพิสูจน์หาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิดต่อไป

Copyright by Mahidol University

Thesis Title Study of Chemical Treatment to Examine Written Words Covered by Correction Fluid

Name Pol.Maj. Patchara Sinloyma

Degree Master of Science (Forensic Science)

Thesis Supervisory Committee

Pol.Col. Somchai Siripunt , B.Sc. (Chemistry) , LL.B.

Somchai Pholeamek , M.D. , LL.B. , Dip. Th. Bd of Forensic Medicine. , Dip. Amer. Bd of Path.

Pol.Lt.Col. Rewatt Catithammanit , B.Sc. (Chemistry) , M.Sc. (Forensic Science)

Pol.Maj. Somchai Amornsoontornsiri , B.Sc. (Chemistry)

Date of Graduation 7 May B.E. 2540 (1997)

ABSTRACT

Sometimes it is important to prove a document genuine and original as opposed to one that has been illegally altered, for example if the investigator wants to know that the original number on a tax registration number license which was altered with correction fluid covering the original license number, allowing a new falsely written number to be inserted. In the past the specialist would check by looking through the paper against a bright light. If the white correction fluid was very thick together with the false number written on top, it may be difficult or impossible to prove the original number or numbers.

One way to solve this problem was to find a solution to wash away the white correction fluid without destroying the original words or numbers underneath because the examiner does not know what kind of ink those words or numbers are made of.

The purpose of this research was to find a chemical solution which proves the original words or numbers that were written underneath by conducting an experiment to find a solution from 12 solvents with physical properties similar to the diluent in the white

Copyright by Mahidol University

correction fluid i.c. Carbon tetrachloride, Chloroform, Ethyl acetate, Toluene, Trichloroethane, Xylene, Benzene, Acetone, Hexane, Propanal, Iso Butyl Methyl Ketone and Petroleum spirit , and then compare the properties and abilities of each solvent to wash away the white correction fluid without destroying the original text.

The result of this experiment was analysed by the the Nonparametric Statistic Test using the Friedman Two-Way Analysis of Variance by Ranks. It was found that different solvents have different capacities in dissolving the words that were written by different kinds of ink at the significant level 0.05 and the different solvents have different washing capacities at the significant level 0.05. Morever, it was found that Toluene was the best chemical solution for use in finding the original words covered by the white correction fluid.

The results of this reserch will be useful for document examination and can be used as a guideline to choose the proper and sufficient chemical solution to find original words that have been covered by white correction fluid.

Copyright by Mahidol University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ค
สารบัญตาราง ช
สารบัญภาพ ซ
สารบัญแผนภูมิ ฌ
บทที่

1. บทนำ
   1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
   1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
   1.3 สมมติฐานของการวิจัย 3
   1.4 ขอบเขตของการวิจัย 3
   1.5 คำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 4
   1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
   2.1 การปลอมแปลงเอกสาร 7
   2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับหมึก 10
   2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำยาลบคำผิด 18
   2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับตัวทำละลาย 24
   2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 31

3. วิธีดำเนินการวิจัย 32
   3.1 รูปแบบการวิจัย 32
   3.2 สถานที่ทำการทดลอง 32

Copyright by Mahidol University

หน้า

3.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 33
3.4 ขั้นตอนการทดลอง 38
3.4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลาย 12 ชนิด ในการละลายข้อความที่เขียนด้วยหมึกต่างชนิดกัน
3.4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลาย 12 ชนิด ในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาวที่มีเครื่องหมายการค้าแตกต่างกัน
3.4.3 การทดลองที่ 3 การหาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิดสีขาว และมีข้อความใหม่เขียนทับไว้ด้านบน
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 53

4. ผลการทดลองและผลการวิเคราะห์ข้อมูล 54
4.1 ผลการทดลองที่ 1 54
4.2 ผลการทดลองที่ 2 62
4.3 ผลการทดลองที่ 3 64

5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 65
5.1 สรุปผลการวิจัย 65
5.2 อภิปรายผล 67
5.3 ประโยชน์ที่ได้จากการทดลอง 67
5.4 ข้อเสนอแนะ 67

บรรณานุกรม 69

Copyright by Mahidol University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1 จำนวนของปากกาจำแนกตามชนิดของหมึก 54
2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการละลายหมึกของตัวทำละลาย 12 ชนิด 55
3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายในการละลายหมึกของปากกาแต่ละชนิด 57
4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดของตัวทำละลาย 12 ชนิด 62

Copyright by Mahidol University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

1 แสดงส่วนประกอบภายในของปากกาหมึกซึมและปากกาลูกลื่น 17

2 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 38

3 แสดงสภาพของหมึกข้อความ (O) ที่เกิดจากประเภทของปากกาตามชนิดและเครื่องหมายการค้าต่าง ๆ 39

4 แสดงสภาพการแพร่กระจายของหมึกข้อความ (O) ในปากกาชนิดต่าง ๆ 40

5 แสดงสภาพการแพร่กระจายของหมึกข้อความ (O) ในปากกาชนิดต่าง ๆ 41

6 แสดงสภาพการแพร่กระจายของหมึกข้อความ (O) ในปากกาชนิดต่าง ๆ 42

7 แสดงการกระจายตัวของหมึกกับระดับคะแนนที่ได้รับ 43

8 แสดงบริเวณของเอกสารที่ถูกน้ำยาลบคำผิดสีขาวตามเครื่องหมายการค้าต่าง ๆ ป้ายทับ 45

9 แสดงบริเวณของเอกสารที่ถูกป้ายทับด้วยน้ำยาลบคำผิดสีขาวตามเครื่องหมายการค้าต่าง ๆ หลังจากถูกชะล้างด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด 46

10 แสดงบริเวณของเอกสารที่ถูกป้ายทับด้วยน้ำยาลบคำผิดสีขาวตามเครื่องหมายการค้าต่าง ๆ หลังจากถูกชะล้างด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด 47

11 แสดงบริเวณของเอกสารที่ถูกป้ายทับด้วยน้ำยาลบคำผิดสีขาวตามเครื่องหมายการค้าต่าง ๆ หลังจากถูกชะล้างด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด 48

12 แสดงประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดกับระดับคะแนนที่ได้รับ 49

13 ป้ายวงกลมแสดงการเสียภาษีรถยนต์ เลขที่ 0169177 หมายเลขทะเบียน 2ศ-9518 51

14 ป้ายวงกลมแสดงการเสียภาษีรถยนต์ เลขที่ 0169177 ที่มีการแก้ไขโดยการใช้น้ำยาลบคำผิดป้ายทับเลขทะเบียนเดิมไว้ แล้วเขียนขึ้นใหม่เป็น 3ศ-8895 51

15 ภาพขยายป้ายวงกลมแสดงการเสียภาษีรถยนต์ เลขที่ 0169177 หมายเลขทะเบียนเดิม 2ศ-9518 ปรากฏขึ้น หลังจากชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาวด้วยน้ำยาโทลูอีน 52

Copyright by Mahidol University

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการละลายหมึกของตัวทำละลาย 12 ชนิด	56
2	เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายแต่ละชนิดกับข้อความที่เขียนด้วยปากกาหมึกลูกลื่น	58
3	เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายแต่ละชนิดกับข้อความที่เขียนด้วยปากกาหมึกเมจิก	59
4	เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายแต่ละชนิดกับข้อความที่เขียนด้วยปากกาหมึกซึม	60
5	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาว ของตัวทำละลาย 12 ชนิด	62

Copyright by Mahidol University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเอกสารต่าง ๆ มีการปลอมแปลงกันมากด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การเพิ่มข้อความหรือตัวเลขลงไปในเอกสาร หรือการลบข้อความเดิมออก แล้วเขียนข้อความใหม่ลงไป โดยในการลบข้อความเดิมนั้น สามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น การขูดลบ การลบด้วยยางลบหมึก หรือการใช้น้ำยาลบคำผิดป้ายทับข้อความไว้ เป็นต้น

น้ำยาลบคำผิดจัดเป็นสารเคลือบผิววัสดุ (Surface Coating) ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะพิเศษคือ สามารถปิดบังพื้นผิวได้ดี แห้งเร็ว ยึดเกาะต่อวัสดุได้ดี และทนต่อแรงกระแทกของเครื่องพิมพ์ได้ ด้วยเหตุนี้จึงนิยมนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในสำนักงาน ตลอดจนได้มีผู้นำมาใช้ในการปลอมแปลงเอกสารโดยใช้น้ำยาลบคำผิดป้ายปิดทับข้อความเดิมและเขียนข้อความใหม่ทับลงไป เช่น การแก้ไขตัวเลขในบัญชีรายรับ-รายจ่ายของบริษัท การปลอมแปลงเลขหมายรถในสมุดคู่มือจดทะเบียนรถ หรือแผ่นป้ายวงกลมแสดงการเสียภาษีรถ เป็นต้น

การตรวจพิสูจน์เอกสารและการปลอมแปลงในประเด็นการอ่านข้อความเดิมที่ถูกป้ายทับด้วยน้ำยาลบคำผิดสีขาว ตัวอย่างเช่น ในคดีที่สงสัยว่าจะเป็นการโจรกรรมรถ พนักงานสอบสวนจึงต้องการทราบเลขหมายทะเบียนรถเดิมในแผ่นป้ายวงกลมแสดงการเสียภาษีรถยนต์ที่ถูกแก้ไขโดยการใช้น้ำยาลบคำผิดสีขาวป้ายทับแล้วเขียนเลขหมายทะเบียนขึ้นใหม่ แต่เดิมหากเราต้องการอ่านข้อความที่ถูกปิดทับนั้นก็จะใช้วิธีส่องเอกสารนั้นกับแสงไฟที่มีความเข้มแสงจัด ๆ แต่จะพบว่าไม่ได้ผลในหลายกรณี ได้แก่ กระดาษที่ถูกป้ายทับมีความหนามาก น้ำยาลบคำผิดได้ถูกป้ายทับหนามาก หรือมีการเขียนข้อความใหม่ปิดทับไว้บนน้ำยาลบคำผิด

วิธีการทางเคมีอีกวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการตรวจอ่านข้อความที่ถูกป้ายทับด้วยน้ำยาลบคำผิด คือ การหยดด้วย ปิโตรเลียม อีเทอร์ (Petroleum ether) หรือ นอร์มอล เฮ็กเซน (n-Hexane) ที่ด้านหลังของกระดาษบริเวณข้อความที่ต้องการตรวจ เมื่อหยดน้ำยาเคมีดังกล่าวลงไปแล้วจะทำให้

Copyright by Mahidol University

เนื้อกระดาษบางใสจนสามารถมองเห็นข้อความเดิมในลักษณะกลับตัวอักษรกัน ผู้ตรวจจะต้องรีบถ่ายภาพเก็บไว้ทันที เพราะมิฉะนั้นข้อความดังกล่าวจะหายไป และจะต้องหยดน้ำยาเคมีใหม่อีกครั้ง ซึ่งเป็นวิธีการที่ค่อนข้างยุ่งยากและใช้ไม่ได้ผลในกรณีที่กระดาษแผ่นดังกล่าวมีข้อความเขียนไว้ในบริเวณเดียวกันทั้งด้านหน้าและด้านหลัง เช่น แผ่นป้ายวงกลมเสียภาษีรถยนต์ หรือกรณีข้อความที่มีการแก้ไขนั้นยาวมาก หรือมีการแก้ไขโดยการเขียนซ้อนทับหลายชั้น

วิธีการหนึ่งที่จะแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ คือ การใช้น้ำยาเคมีที่สามารถชะล้างน้ำยาลบคำผิดนี้ออกไปได้ดี โดยไม่ทำลายข้อความเดิมที่ถูกน้ำยาลบคำผิดป้ายทับอยู่ และข้อความเดิมนั้นผู้ตรวจก็ไม่ทราบได้ว่าเป็นตัวอักษรพิมพ์ดีด หรือเป็นข้อความที่เกิดจากหมึกลูกลื่น หมึกชนิดน้ำ หรือหมึกวิทยาศาสตร์ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาด

เนื่องจากน้ำยาเคมีมีอยู่หลายชนิด เราจึงต้องทำการทดลองเพื่อหาน้ำยาเคมีชนิดที่สามารถชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาวออกไปได้ดีที่สุด โดยที่ไม่มีการทำลายข้อความเดิมที่ถูกน้ำยาลบคำผิดสีขาวป้ายทับไว้ ซึ่งหากเราสามารถเลือกน้ำยาเคมีที่ถูกต้องเหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง เป็นน้ำยาที่ไม่มีอันตรายรุนแรงต่อร่างกาย มีราคาถูก และหาได้ตามห้องปฏิบัติการทั่วไป ก็จะทำให้เกิดประโยชน์ในงานด้านการตรวจพิสูจน์เอกสารเป็นอย่างยิ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาหาชนิดของน้ำยาเคมีที่มีคุณสมบัติเหมาะสม สำหรับจะนำไปใช้ในการตรวจพิสูจน์หาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิดสีขาว

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลาย 12 ชนิด ในการละลายข้อความที่เขียนด้วยหมึกต่างชนิดกัน

3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลาย 12 ชนิด ในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาว

Copyright by Mahidol University

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1. ตัวทำละลายต่างชนิดกัน มีประสิทธิภาพในการละลายข้อความที่เขียนด้วยหมึกจากปากกาลูกลื่น ปากกาเมจิก และปากกาหมึกซึม แตกต่างกัน

2. ตัวทำละลายต่างชนิดกัน มีประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาว แตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. สารเคมีที่จะนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จะต้องเป็นสารประเภทตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ คือ

1.1 ไม่ทำให้เกิดพิษอย่างรุนแรงต่อร่างกาย

1.2 ไม่เป็นกรดหรือด่างเข้มข้น

1.3 ไม่เป็นสารที่มีคุณสมบัติละลายหมึกทุกชนิด

1.4 สามารถชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาวได้

1.5 เป็นสารที่มีคุณสมบัติระเหยได้เร็ว

1.6 หาได้ง่าย และมีราคาถูก

2. จากการทดลองเบื้องต้นโดยใช้ตัวทำละลายที่หาได้ในห้องปฏิบัติการทั่วไป จำนวน 42 ชนิด กับปากกาที่มีเครื่องหมายการค้าต่างกัน 100 ชนิด แบ่งเป็นหมึกปากกาลูกลื่น 60 ชนิด หมึกปากกาเมจิก 30 ชนิด หมึกปากกาหมึกซึม 10 ชนิด และน้ำยาลบคำผิดที่มีวางขายในท้องตลาดทั่วไปทั้งสิ้น 25 ชนิด แล้ว พบว่าตัวทำละลายที่ได้รับการคัดเลือกมาทำการวิจัย มีทั้งสิ้น 12 ชนิด ได้แก่

1. คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon tetrachloride)
2. คลอโรฟอร์ม (Chloroform)
3. เอทิลอะซีเตท (Ethyl acetate)
4. โทลูอีน (Toluene)
5. 1,1,1 ไตรคลอโรอีเทน (1,1,1 Trichloroethane)

© Copyright by Mahidol University

6. ไซลีน (Xylene)

7. เบนซีน (Benzene)

8. อะซีโตน (Acetone)

9. นอร์มอล เฮ็กเซน (n-Hexane)

10. โพรพานอล (Propanol)

11. ไอโซ บิวทิล เมทิล คีโตน (Iso Butyl Methyl Ketone)

12. ปิโตรเลียม สปิริต (Petroleum spirit)

1.5 คำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1.5.1 พิสูจน์หลักฐาน หมายถึง งานที่เกี่ยวกับการตรวจพิสูจน์หลักฐานวัตถุพยานต่าง ๆ ที่เก็บได้จากสถานที่ที่มีเหตุเกิดขึ้น

1.5.2 เอกสาร หมายถึง กระดาษหรือวัตถุอื่นใดที่ทำให้ปรากฏความหมาย ตัวเลข ตัวอักษร แผนผัง หรือแบบแผน สัญลักษณ์ หรือเครื่องหมายอย่างหนึ่งอย่างใดจะเป็นโดยวิธีถ่ายรูป วิธีพิมพ์ วิธีเขียน หรือวิธีอื่นใดที่เป็นหลักฐานแห่งความหมายนั้น

1.5.3 การปลอมแปลงเอกสาร หมายถึง การปลอมและการดัดแปลงแก้ไข มีการเลียนแบบทำเอกสารให้ดูคล้ายของจริง อาจทำทั้งฉบับหรือบางส่วน เพื่อให้ผู้อื่นหลงเชื่อและก่อให้เกิดการเสียหายทั้งนี้เพื่อประโยชน์ของตนเอง

1.5.4 น้ำยาเคมี หมายถึง สารประเภทตัวทำละลาย ที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้

1.5.5 น้ำยาลบคำผิด หมายถึง ของเหลวสีขาว ใช้สำหรับป้ายทับคำผิดหรืออื่น ๆ ที่ต้องการแก้ไขบนกระดาษพิมพ์หรือเขียน

1.5.6 หมึก หมายถึง ของเหลวชนิดหนึ่งที่มีสีแตกต่างกัน และใช้เป็นเครื่องมือประกอบในการเขียน สำหรับงานวิจัยนี้หมายถึง หมึกที่ใช้สำหรับเขียนที่ได้จากปากกาชนิดหมึกลูกลื่น

Copyright by Mahidol University

ปากกาแมจิก หรือปากกาหมึกซึม

1.5.7 ข้อความเดิม หมายถึง ข้อความที่ได้เขียนหรือพิมพ์ลงบนกระดาษ ก่อนที่จะมีการแก้ไขโดยการป้ายน้ำยาลบคำผิดทับลงบนข้อความนั้น

1.5.8 น้ำยาเคมีที่เหมาะสม หมายถึง ตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นรุนแรง ระเหยง่าย
2. ไม่มีพิษหรือพิษน้อยมาก ถ้าไม่ได้ใช้ในปริมาณมากหรือติดต่อกันเป็นเวลานาน
3. มีราคาถูก และหาได้ตามห้องปฏิบัติการทั่วไป
4. เป็นสารที่มีคุณสมบัติไม่ละลายหมึก
5. มีประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดได้เป็นอย่างดี

1.5.9 ประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิด หมายถึง ความสามารถของตัวทำละลายในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดออกไปจากข้อความเดิมที่ถูกปิดทับอยู่

ประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิด แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

ระดับที่ 1 ชะล้างน้ำยาลบคำผิดไม่ออกเลย

ระดับที่ 2 ชะล้างน้ำยาลบคำผิดไม่ค่อยออก และเกิดคราบของน้ำยาลบคำผิดเป็นสีขาวเห็นชัดเจน

ระดับที่ 3 ชะล้างน้ำยาลบคำผิดออกหมด

1.5.10 คราบ หมายถึง ตัวทำละลายที่หลงเหลืออยู่

1.5.11 การกระจายตัวของสีหมึก หมายถึง ปรากฏการณ์ที่ตัวทำละลายละลายสีของหมึกแล้วทำให้ร่องรอยที่ปรากฏใหม่แตกต่างจากเดิม

การกระจายตัวของสีหมึก แบ่งออกเป็น 3 ระดับ

ระดับที่ 1 หมึกมีการกระจายตัวมาก

ระดับที่ 2 หมึกมีการกระจายตัวบางส่วน

ระดับที่ 3 หมึกไม่มีการกระจายตัว

Copyright by Mahidol University

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงชนิดของน้ำยาเคมีที่เหมาะสม สำหรับนำไปใช้ในการตรวจพิสูจน์หาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิดสีขาว

2. ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของตัวทำละลาย 12 ชนิด เกี่ยวกับคุณสมบัติในการละลายข้อความที่เกิดจากการเขียนด้วยหมึกต่างชนิดกัน

3. ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของตัวทำละลาย 12 ชนิด เกี่ยวกับคุณสมบัติในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาว

4. นำผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้เสนอต่อกองพิสูจน์หลักฐาน กรมตำรวจ เพื่อนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในงานด้านการตรวจพิสูจน์เอกสารต่อไป

5. สามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษา ค้นคว้า และวิจัยแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้ที่สนใจ

Copyright by Mahidol University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การปลอมแปลงเอกสาร

ปัจจุบันเอกสารมีความสำคัญในชีวิตประจำวันของคนเรามากขึ้น ทั้งนี้เพราะเอกสารใช้เป็นสื่อในการติดต่อซึ่งกันและกัน และใช้เป็นหลักฐานในการดำเนินชีวิตประจำวัน อาทิ เช่น สัญญา หรือนิติกรรมต่าง ๆ เป็นต้น เนื่องจากความสำคัญของเอกสารดังกล่าวนี้ จึงได้มีผู้คิดปลอมแปลง หรือ ดัดแปลงแก้ไขเอกสารนั้น ๆ เพื่อประโยชน์ของตน จึงทำให้การตรวจพิสูจน์เอกสารเข้ามามีบทบาทและความสำคัญเพื่อพิสูจน์ความถูกต้อง หรือความเป็นจริงในเอกสารนั้น

"เอกสาร" หมายความว่า กระดาษหรือวัตถุอื่นใดซึ่งทำให้ปรากฏความหมาย ด้วยตัวเลข ตัวอักษร แผนผัง หรือแบบแผนสัญลักษณ์หรือเครื่องหมายอย่างหนึ่งอย่างใด จะเป็นโดยวิธีถ่ายรูป วิธีพิมพ์ วิธีเขียน หรือวิธีอื่นใดที่เป็นหลักฐานแห่งความหมายนั้น

"ปลอม" หมายความว่า กระทำขึ้นใหม่

"แปลง" หมายความว่า แก้ไขให้ผิดไปจากเดิม

การปลอมแปลงเอกสาร คือ การปลอมและดัดแปลงแก้ไข มีการเลียนแบบทำเอกสารให้ดูคล้ายเป็นของจริง อาจทำทั้งฉบับหรือบางส่วน เพื่อให้ผู้อื่นหลงเชื่อและก่อให้เกิดความเสียหาย ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ของตนเอง

ลักษณะของการปลอมแปลงเอกสาร แบ่งออกเป็น

1. <u>ปลอมแปลงเป็นบางส่วน</u> คือ การแก้ไขเปลี่ยนแปลงเฉพาะบางแห่ง มักจะเปลี่ยนจากของเดิมให้เป็นของใหม่ ได้แก่ การขูดลบด้วยยางลบ หรือใบมีดโกน , ต่อเติมตัวเลขหรือตัวอักษรลงในช่องว่างที่มีอยู่เดิม การลบล้างข้อความเดิมออกด้วยยาลบหมึก หรือการป้ายปิดทับข้อความเดิมด้วยน้ำยาลบคำผิด แล้วเขียนข้อความใหม่ขึ้นมาแทน เป็นต้น

Copyright by Mahidol University

2. การปลอมแปลงทั้งฉบับ คือ การปลอมใหม่หมดเลย โดย

2.1 ปลอมทั้งกระดาษหรือวัสดุและสิ่งอื่น ๆ ที่เป็นส่วนประกอบ เช่น ลายมือเขียน ลายมือชื่อ ตรายางประทับ ตราชื่อสำนักงาน องค์การหรือห้างร้าน

2.2 ปลอมโดยแอบไปเอาแบบฟอร์มหรือกระดาษของจริงมา อาจปลอมเฉพาะตัวอักษรพิมพ์ดีด ลายมือเขียน ลายมือชื่อ ตรายาง ตรานูนและสิ่งอื่น ๆ ที่ประกอบเป็นรูปร่างของเอกสารนั้นขึ้นมา

3. ปลอมแปลงเฉพาะลายมือชื่อ

3.1 ปลอมโดยวิธีลากทาบแบบ

3.2 ปลอมโดยเลียนแบบ

3.3 ปลอมขึ้นเองโดยไม่เคยเห็นลายมือชื่อของจริงมาก่อน (ประชุม สถาปิตานนท์ 2519 : 58-59)

การตรวจการปลอมแปลงเอกสาร เช่น การตรวจหาชนิดของหมึก ตรวจรอยขูดลบ แก้ไข ได้มีการนำประโยชน์ของวิทยาศาสตร์มาใช้ในงานด้านนี้คือ การใช้หลักการตรวจทางเคมีและฟิสิกส์เข้าช่วยในการตรวจเอกสาร ซึ่งสามารถให้คำตอบต่อสิ่งที่เกิดขึ้นจากเอกสารปัญหานั้นๆ ได้ทั้งในวิธีการที่ไม่เป็นการทำลาย (Non-destructive Method) และวิธีการที่เป็นการทำลาย (Destructive Method) (Arthur 1965 : 140) การตรวจพิสูจน์ด้วยวิธีนี้จะแน่นอนกว่าการตรวจเปรียบเทียบลายมือเขียนหรือลายเซ็น ทั้งนี้เพราะในการถามค้านของทนายความฝ่ายตรงข้ามทนายไม่อาจหาข้อโต้แย้งได้มากเท่ากับการตรวจเปรียบเทียบลายมือเขียนหรือลายเซ็น ซึ่งคนเป็นจำนวนมากคุ้นเคย และคิดว่าตนมีความรู้ในการดูลายมือพอสมควร เพราะฉะนั้น การใช้หลักการตรวจทางเคมีและฟิสิกส์เข้าช่วยในการตรวจเอกสารจึงเป็นประโยชน์มากทั้งในด้านการลงความเห็นและผลที่มีต่อคดี แต่อาจน้อยกว่าอย่างแรกในข้อที่ไม่อาจระบุตัวผู้กระทำผิดได้ (สมประสงค์ ปรารถนาดี 2515 : 54)

การตรวจรอยขูดลบแก้ไข

รอยขูดลบ รอยขูดลบบนเอกสารทำให้ตัวอักษรหายไปทั้งตัวหรือทั้งประโยค ทำให้ไม่สามารถจะทราบได้ว่าอักษรที่เขียนไว้แต่เดิมมีข้อความว่าอย่างไร การขูดลบอาจทำได้โดยใช้ใบ

Copyright by Mahidol University

มีดโกนขูดข้อความออกไป หรือใช้ยางลบลบออกไป บางครั้งข้อความที่ไม่ต้องการให้เห็นนั้นอาจถูกทำให้ไม่เห็นได้โดยใช้หมึกขีดเขียนทับลงไปก็ได้ การตรวจสามารถจะพบได้ดังนี้

1. การตรวจโดยใช้กล้องขยาย จะทำให้มองเห็นร่องรอยการขูดลบนี้ และอาจจะพบข้อความที่เหลืออยู่

2. สังเกตโดยใช้มองด้วยตาเปล่าให้มองกระดาษผ่านแสงสว่างจะเห็นรอยขูดลบนั้นเพราะส่วนที่ขูดลบออกจะบางกว่าส่วนนั้น หรืออาจใช้มือลูบดูจะรู้สึกมีขุยตรงบริเวณที่ขูดลบนั้น

3. ใช้แสงอุลตราไวโอเลต หรือแสงเลเซอร์ ถ้าหากตัวอักษรมิได้ถูกลบไปจนหมดจริงและมีคุณสมบัติเรืองแสงแล้ว เมื่อใช้แสงอุลตราไวโอเลตหรือแสงเลเซอร์ส่องจะทำให้เห็นร่องรอยปรากฏชัดขึ้น

4. ถ่ายด้วยแสงอินฟราเรด มักจะทำให้วัตถุที่ถูกขูดลบปรากฏขึ้นมา โดยถือหลักว่าถ้าการขูดลบนั้นกระทำไปไม่สมบูรณ์จริง สิ่งที่เหลืออยู่โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือเหล็ก จะทำให้ร่องรอยของการเขียนปรากฏขึ้นถ้าถ่ายรูปโดยใช้แสงอินฟราเรดนี้

5. รมด้วยควันบางอย่าง เช่น ควันแอมโมเนียมซัลไฟด์ หรือกรดไฮโอไซยานิค หลักในการรมนี้มีอยู่ว่า ในหมึกที่ใช้เขียนมีสารบางชนิด เช่น หมึก Permanent Blue ที่มีเหล็กผสมอยู่ด้วย เมื่อรมด้วยสารเคมีดังกล่าวข้างต้น เหล็กนั้นจะเปลี่ยนเป็นเหล็กซัลไฟด์ในกรณีใช้แอมโมเนียมซัลไฟด์ และจะมีสีน้ำตาลไหม้ปรากฏให้เห็นด้วยตาเปล่าได้

<u>รอยแก้ไข</u> การแก้ไขมีวัตถุประสงค์แตกต่างกับรอยขูดลบที่การแก้ไขมักจะมีการตบแต่งของที่เขียนไว้เดิมให้มีข้อความผิดไป โดยไม่พะวงถึงการขูดลบให้ของเดิมหมดไปเสียก่อนอาจทำได้โดยเขียนเติมลงไปเฉย ๆ จะมองเห็นรอยแก้ไขต่อเติมได้โดยใช้กล้อง Stereoscopic Binocular Microscope มักจะทำให้มองการต่อเติมแก้ไขโดยง่าย ในบางกรณีอาจมีการเขียนเติมลงไปเฉย ๆ โดยมิได้ตบแต่งที่ตัวเขียนเดิมเลยก็เป็นได้ ลักษณะของเครื่องเขียน เช่น หมึกที่ใช้ย่อมบอกถึงความแตกต่างของอักษรที่ถูกเติมลงไปทับของเดิมได้เป็นอย่างดี

เครื่องมือที่ใช้ในการลบ

1. ยางลบ
2. ใบมีด

Copyright by Mahidol University

3. ยาลบหมึก

ชนิดแรกและชนิดที่ 2 เป็นการลบโดยใช้การเสียดสี ส่วนชนิดหลังเป็นการลบโดยทำให้สีถูกฟอกตามหลักเคมี เครื่องมือที่ใช้ในการลบมักจะเข้ามาเกี่ยวข้องกับการขูดลบแก้ไขต่อเติมเอกสารอยู่เสมอ

การใช้ยางลบและใช้ใบมีดขูด (Erasure) ทำให้ตัวอักษรถูกลบออกไปจากแผ่นกระดาษจนหมดจึงไม่อาจทำให้ปรากฏแก่สายตาขึ้นมาอีกได้ นอกจากว่าการลบอาจไม่ละเอียดเรียบร้อย มักจะมีเศษของตัวเขียนเหลืออยู่ ตัวอักษรเขียนด้วยดินสอย่อมลบง่าย โดยวิธีนี้เขียนด้วยหมึกย่อมลบยากกว่า ตัวพิมพ์ดีดอาจถูกลบได้หมด แต่ก็ตรวจได้ว่ามีการลบ ณ จุดนั้น เพราะเส้นใยของกระดาษถูกขูดออกไปย่อมมีร่องรอยเหลือให้เห็นได้

ส่วนการลบด้วยยาลบหมึก (Sodium Hypochlorite) ใช้สารเคมีที่มีอยู่ในส่วนผสมเข้าไปทำปฏิกิริยากับเส้นของตัวอักษรและฟอกให้สีจางหายไป การใช้ยาลบหมึกนี้ไม่ได้ผลกับดินสอ เพราะไส้ดินสอมีถ่านไม่อาจถูกฟอกให้จางลงไปได้ นอกจากนั้น หมึกอินเดียนอิงค์หรือหมึกจีนซึ่งมีคาร์บอนเป็นส่วนผสม ก็ไม่อาจถูกฟอกด้วยยาลบหมึกเช่นกัน การลบด้วยยางลบหรือขูดด้วยของมีคมจึงทำได้ผลกว่ายาลบหมึก (สมประสงค์ ปรารถนาดี , 2515 : 55-57)

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับหมึก

ในปัจจุบันนี้ เราจะแบ่งหมึก (Inks) ออกได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้คือ

1. หมึกที่ใช้สำหรับเขียนสื่อความหมาย (Writing Inks)
2. หมึกที่ใช้ในการพิมพ์(Printing Inks)
3. หมึกที่มีลักษณะพิเศษบางชนิด (Special Inks) เช่น พวก Fluorescence ในหลอดไฟ พวก Magnetic Ink (Iron - Oxide) ในเทป เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยนี้ จะศึกษาเฉพาะหมึกที่ใช้สำหรับเขียน

Copyright by Mahidol University

หมึกที่ใช้สำหรับเขียน (Writing Inks)

1. ประวัติความเป็นมา

จากหลักฐานการค้นคว้าและบันทึกไว้ในทางประวัติศาสตร์ เราพบหลักฐานต่าง ๆ เป็นที่แน่ชัดว่า หมึกได้เกิดขึ้นในสมัยอียิปต์ไปสู่สมัยกรีกและโรมัน ในสมัยนั้น หมึก (Common Ink) ประกอบด้วย Lamp-Black กับกาว หรือยางของพืช (Vegetable Varnish)

การค้นหาหลักฐานในทางประวัติศาสตร์ได้ค้นพบปากกาที่ทำจากไม้รวก มีหมึกติดอยู่ที่ปลายปากกานั้น จึงได้นำไปวิเคราะห์หาส่วนประกอบของหมึกที่ติดอยู่ ปรากฏว่าเป็นคาร์บอน (Carbon) ซึ่งต่อมาได้กลายเป็นส่วนสำคัญของ หมึกชนิดที่ทำด้วยคาร์บอน (Carbon or Carbonaceous Ink) ในปัจจุบัน

ในศตวรรษที่ 11 ได้เริ่มมีการทำหมึกขึ้นจากการนำเศษไม้ที่ฉีกชาดเล็ก ๆ (ผง) นำไปเคี่ยวและผสมด้วยกรด (Vitrol) โดยเคี่ยวให้แห้ง จากนั้นนำไปใช้เป็นหมึก ซึ่งวิธีนี้ได้วิวัฒนาการไปสู่ Iron Gallotannate Ink หรือ Iron - Tannin Ink ในปัจจุบัน

การผลิตคิดค้นการทำหมึกในสมัยนั้น มีผู้ค้นพบว่าผลิตจากพวกยางไม้ ซึ่งมีสูตรในการผลิตเป็น ยางไม้ 1 ส่วน กรด 2 ส่วน และ แกลโลแทนเนต (Galls) 3 ส่วน ในน้ำ 30 ส่วน หมึกที่เกิดขึ้นจะมีสีจาง จนกระทั่งในศตวรรษที่ 15 หมึกที่ผลิตก็มีสีจางลงไปอีกจนกลายเป็นสีเทา

วิวัฒนาการของหมึกจากหมึกคาร์บอน (Carbon Ink) ในสมัยศตวรรษที่ 15 ค่อย ๆ เปลี่ยนไปอย่างช้า ๆ จนเป็นหมึกที่ใช้กันอยู่ทุกวันนี้ ซึ่งเราอาจจะแบ่งออกได้เป็นหลายประเภท ตามชนิดของสารที่ผลิตขึ้นและเป็นที่ใช้กันอยู่ทุกวันนี้ ได้แก่

1. หมึกชนิดที่ทำด้วยคาร์บอน (Carbon & Carbonaceous Inks)
2. หมึกไอออนแกลโลแทนเนต (Iron Gallotoanate Inks)
3. หมึกสีย้อม (Dye Inks)

Copyright by Mahidol University

2. ชนิดของหมึกที่ใช้สำหรับเขียน

รายละเอียดของหมึกแต่ละชนิด มีดังนี้ (Harrison 1958 : 12-19)

2.1 หมึกจำพวกคาร์บอน (Carbon & Carbonaceous Inks)

หมึกชนิดนี้เป็นชนิดแรกที่เริ่มใช้กันมาตั้งแต่ในสมัยโบราณ ซึ่งยังสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.1.1 Sepia

2.1.2 Indian หรือ Chinese Inks

2.1.1 Sepia แหล่งกำเนิดเป็น Pigment สีดำ หรือน้ำตาลไหม้ ซึ่งมีอยู่ใน Special Glandular Organ ของสัตว์ทะเลเปลือกแข็งมีหนวดยาวคล้ายปลาหมึก (Cephalopoda) เช่น Sepia Officinalis , Sepia Tunicata หรือที่ชาวบ้านทั่วไป เรียกว่า หมึกกระดอง นั่นเอง

เมื่อนำถุงหมึก (Ink-Bag) ของ Sepia Officinalis ไปวิเคราะห์หาส่วนประกอบต่าง ๆ พบว่าเป็นสารประกอบพวก คาร์บอน , โปรตีน , แคลเซี่ยม และ ฟอสเฟต ในรูป Complex Organic Compound พวก อัลบูมิน และ เจลาติน ซึ่งสามารถตกตะกอนได้ดีในตัวทำละลายพวก แอลกอฮอล์ , กรดเกลือ , แทนนิน และเมอร์คิวริค คลอไรด์ ซึ่งจะทำให้มีคุณสมบัติที่เหนียวเพิ่มมากขึ้น และมีกลิ่นคาวเล็กน้อย

2.1.2 Indian หรือ Chinese Inks (หมึกจีน) ต้นกำนิดของหมึกชนิดนี้อยู่ในประเทศจีน ในสมัยโบราณทำจากพวกยางพืช (Vegetable Varnish) จนกระทั่ง 3 ปี ก่อนคริสตศักราชจึงได้ผลิตจาก Lamp - Black และกาว (glue)

Copyright by Mahidol University

Lamp - Black ผลิตได้จากสารประกอบคาร์บอน ซึ่งเป็นพวก น้ำมัน , ยางสน , ทาร์ (น้ำมันดิบ) นำไปเผาไหม้ โดยให้มีออกซิเจนไม่เพียงพอ ก็จะได้ Lamp - Black ซึ่งมีคาร์บอนอยู่ประมาณ 80 % ส่วนที่เหลือเป็นพวกน้ำมัน ยาง เกลืออนินทรีย์ (Ammonium Sulphate) ถ้าต้องการ Lamp - Black ที่บริสุทธิ์มากขึ้นอีก จะต้องย้าย (remove) เอาสารพวกเกลืออนินทรีย์ออกไป โดยการเติมกรดเกลือ แล้วจึงล้างด้วยน้ำ หรืออาจจะทำได้โดยการผ่าน slow current of turpentine vapour แล้ว heat ให้ร้อนแดง เพื่อไล่ไฮโดรเจนออกไป โดยให้จับตัวกับคลอรีน

ในขบวนการผลิต Indian Inks เราใช้ Lamp - Black ผสมกับ กาว (glue) ที่ทำจากปลาหรือหนังวัวพอเหมาะ ถ้าเราใช้กาวน้อยเกินไป หมึกที่ได้ออกมาจะดำเกินไป และไม่คงทน ของผสมระหว่าง Lamp-Black กับ กาว จะมีลักษณะคล้ายแป้งเคล้ากับน้ำ เรานำไปทำให้ร้อน (heat) ในท่ออัดแน่นเหนือจุดเดือด หรืออาจจะต้มที่ความดันสูง ๆ ก็ได้ จากนั้นนำไปบดด้วยครก ซึ่งคงต้องใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง จึงจะทำให้ละเอียดและอ่อนยุ่ยได้ แล้วจึงเติม การบูร ลงไป มันจะเกาะเป็นก้อน หนักประมาณ 114 - 140 กรัม และนำไปดูดความชื้นด้วยขี้เถ้า เป็นเวลานาน 1 - 3 วัน หรือ 4 วัน หรืออาจจะมากกว่าก็ได้ แต่ถ้าใช้เวลานานเกินไปจะทำให้หมึกซีดและไม่มัน

ในส่วนผสมของ Indian Ink ถ้าเติม Dried Ox-Tongue ลงไป จะทำให้เกิดสีม่วง แต่ถ้าเติม finely powered vegetable matter ลงไป จะให้สีฟ้า โดยมีข้อแม้ว่า กาว ที่ใช้จะต้อง ใส และไม่มีสี เท่านั้น

ผลิตภัณฑ์ของหมึกชนิดนี้ที่ผลิตขึ้น อาจทำได้เป็นหลาย ๆ แบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับบริษัท หรือโรงงานผู้ผลิต แต่ละแบบจะมีส่วนผสมต่างกันออกไป

2.2 <u>ไอออน แกลโลแทนเนต หรือ หมึกแกลเลต</u> (Iron Gallotanate & Gallate Inks)

ขณะนี้ก็ยังคงใช้เป็นพื้นน้ำหมึกที่จำหน่ายทั่ว ๆ ไปในตลาด และนิยมใช้กันมากในปัจจุบัน หมึกชนิดนี้ได้วิวัฒนาการมาจาก หมึกคาร์บอน (Carbon Inks) มีความคงทนกว่า Carbon Inks และเมื่อเขียนไว้นาน ๆ ก็จะไม่จางหายไป หรือแม้จะจางหายไปก็สามารถที่จะทำให้ปรากฏเห็นได้ชัด โดยอาศัยวิธีการทางเคมี เพราะในหมึกมีธาตุเหล็กอยู่ประมาณ 0.6 %

Copyright by Mahidol University

ส่วนประกอบของ ไอออน แกลโลแทนเนต ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ ๆ คือ

2.2.1 เฟอร์รัส ซัลเฟต (Ferrous Sulphate) สูตรทางเคมี $FeSO_4.7H_2O$

2.2.2 แทนนิน หรือ กรดแทนนิน สูตรทางเคมี $C_{14}H_{10}O_9$

2.2.3 กรดแกลลิค (Gallic acid) สูตรทางเคมี $C_6H_2(OH)_3COOH$ หมึกบางชนิดอาจจะไม่มีก็ได้ หรืออาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า 3,4,5 Trihydroxybenzoic acid กรดแกลลิค ที่นิยมใช้อยู่ในรูปของคริสตัล (Crystal)

2.2.4 Dye-Stuff เพื่อให้หมึกมีสีต่าง ๆ ได้หลายสี

2.2.5 Mineral Acid มีไว้เพื่อช่วยให้หมึกชนิดนี้คงทนได้นาน

2.2.6 วัตถุกันเน่า เช่น กรดคาร์บอนิก (carbonic acid) , ฟีนอล (C_6H_5 OH ; Hydroxybenzene)

2.2.7 Perfuming Agent หมึกบางชนิดอาจจะเติมสารพวกนี้ เพื่อทำให้มีกลิ่นดีขึ้น สารที่เป็น Perfuming Agent เป็นพวก เมทิลหรือเอทิล ซาลิไซเลท หรือพวก ไทมอล (Thymol)

ตามโรงงานอุตสาหกรรมทำหมึกแต่ละโรงงาน ก็จะมีสูตรและรายละเอียดในการผลิตแตกต่างกันออกไป โดยมี Solvent Dye และส่วนผสมต่างกัน ทำให้สีสรรของหมึกต่างกันออกไปด้วย (พิศ ปัณยาลักษณ์ 2498 : 40-41)

common solvent เป็นตัวทำละลายที่จะช่วยทำให้หมึกบางชนิดใช้ในปากกาหมึกซึมได้ ปริมาณที่ใช้ประมาณ 20-30 ซีซี/ หมึก 1 ลิตร ได้แก่

1. เอทิลีน ไกลคอล (Ethylene Glycol) หรือ ไดไฮดรอกซีอีเทน (Dihydroxyethane)

2. กลีเซอรีน (Glycerine หรือ 1, 2 , 3 Trihydroxypropane)

3. เอทิลีน ไกลคอล โมโนเมทิล อีเทอร์ (Ethylene Glycol Monomethyl Ether หรือ 2 Hydroxyethyl Methyl Ether)

หมึกจำพวก ไอออน แกลโลแทนเนต มีลักษณะพิเศษก็คือเปลี่ยนสีเมื่อทิ้งเอาไว้เฉย ๆ หรือไม่ได้ใช้ ทั้งนี้ก็เพราะว่าการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบที่เป็นสีของหมึก ดังนั้นหมึกชนิด

Copyright by Mahidol University

เดียวกันเก็บไว้ในสถานที่เดียวกัน แต่เวลาเขียนผิดกัน จะเห็นว่าสีแตกต่างกัน นี้เป็นวิธีหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่า อายุของหมึกแตกต่างกัน

2.3 หมึกสีย้อม (Dye Inks)

โดยทั่ว ๆ ไปอาจจะเป็นชนิดเดียวหรือเป็นส่วนผสมของสีย้อมหลายชนิด สีย้อมเหล่านี้เอามาเปลี่ยนแปลงใส่ส่วนผสมเข้าไป เพื่อป้องกันไม่ให้แห้งและขึ้นรา และป้องกันในการกระจายของน้ำหมึก สีย้อมที่ใช้ตามธรรมดาเป็นพวกที่ทำขึ้นโดยทางวิทยาศาสตร์ สีจำพวกที่ทำขึ้นโดยสีย้อม ส่วนมากเป็นสารละลายของสีที่ละลายน้ำ (water soluble dyes) หรือเรียกว่า น้ำหมึกที่ล้างออก (washable) (Conway 1978 : 159)

Dry Inks ทำจาก สีย้อมที่เหมาะสม (suitable dye) ในน้ำกลั่นในอัตราส่วนที่กำหนดกับวัตถุกันเน่า เช่น ฟีนอล หรือ กรดคาร์บอนิค ในอัตราส่วน 1 กรัมต่อลิตร และสิ่งที่ใช้ป้องกันการห่อหุ้มของสีย้อม (dye) บนปากกาไม่ให้แข็งเป็นก้อน คือ กลีเซอรีน ซึ่งจะใช้ประมาณ 50 - 100 กรัม ต่อลิตรของหมึก

ในโรงงานบางแห่ง อาจจะใช้สูตรต่างกันออกไป ดังเช่น

สีย้อม (soluble blue)	5.0	กรัม
กลีเซอรีน	10.0	กรัม
ไทมอล	0.5	กรัม
เติมน้ำผสมให้เป็น 1 ลิตร		

3. ชนิดของปากกา

โดยทั่วไปแล้วปากกาที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดในปัจจุบัน จะสามารถแบ่งตามชนิดของหมึกออกเป็น 2 ชนิด คือ (Arthur 1965 : 140)

Copyright by Mahidol University

3.1 หมึกน้ำ (Fluid Ink) ที่ใช้อยู่ในขณะนี้แยกได้ 3 ประเภท

3.1.1 หมึกคงทน (Permanent) หมึกชนิดนี้มีส่วนผสมของธาตุเหล็ก สามารถทำให้หาอายุของการเขียนได้ และเป็นหมึกที่ดีที่สุด เพราะทนทานต่อการซักล้าง เขียนที่ผ้าหรือพลาสติกจะซักล้างไม่ออก (Arthur 1965 : 140)

3.1.2 หมึกสีย้อม (Washable Ink) หรือ หมึกโรงเรียน (School Ink) ไม่มีส่วนผสมของธาตุเหล็กจึงไม่สามารถหาอายุของการเขียนได้ เป็นหมึกราคาถูก ซักล้างออกได้ง่าย เนื่องจากส่วนผสมของ dry stuff นิยมใช้ในโรงเรียน

3.1.3 หมึกแห้งเร็ว (Alkaline Quick Drying Ink) มีความเป็นด่าง ใช้กับปากกาเมจิก โดยใช้ชื่อว่า Super Chrome เป็นการใช้สีละลายในตัวทำละลาย (solvent)

3.2 หมึกแห้ง (หมึกปากกาลูกลื่น)

ในปี ค.ศ. 1939 ลาดิสเลา เจ บิโร (Ladisloa J. Biro) จิตรกรและนักหนังสือพิมพ์ชาวฮังการีได้เริ่มคิดค้นปากกาลูกลื่นขึ้นที่กรุงบูดาเปสต์ ต่อมา ในปี ค.ศ.1940 สมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 เขาต้องลี้ภัยไปอยู่ที่ประเทศอาร์เจนตินา และได้ปรับปรุงปากกาลูกลื่นที่เขาผลิตให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น จนสามารถวางขายในท้องตลาดได้ แต่ในปี ค.ศ.1944 ลาดิสเลา เจ บิโร ก็ขายผลประโยชน์จากสิ่งประดิษฐ์นี้แก่ผู้ที่ให้ทุนเขาซึ่งบุคคลผู้นี้ได้ผลิตปากกาลูกลื่นให้แก่กองทัพอากาศของพันธมิตร เนื่องจากเป็นปากกาที่ใช้งานได้ดีแม้ความดันอากาศจะเปลี่ยนไป

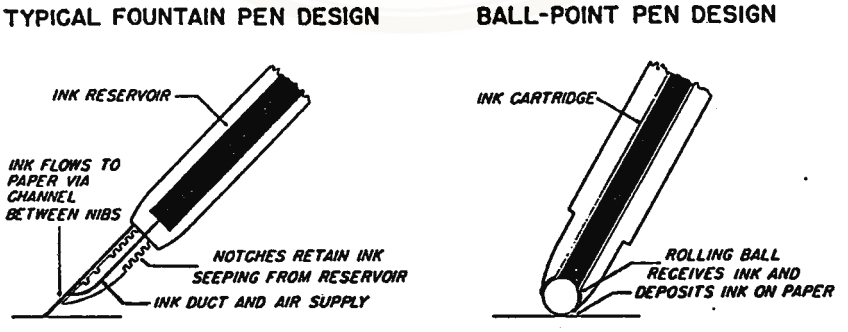
ตัวลูกลื่นมักจะทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมหรือเหล็กกล้าที่แข็งปานกลาง มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตร หรืออาจทำจากสารประกอบทังสเตนกับคาร์บอนซึ่งมีความแข็งแกร่งเท่ากับเพชร ลูกลื่นจะถูกบรรจุเข้าไปในเบ้า ซึ่งทำด้วยเหล็กกล้าหรือทองเหลือง เบ้านี้ออกแบบให้ลูกลื่นสามารถหมุนไปได้โดยรอบ และมีขอบเบ้าที่แคบลง เพื่อไม่ให้ลูกลื่นเคลื่อนหลุดออกมา

Copyright by Mahidol University

น้ำหมึกจะไหลผ่านทางท่อแคบ ๆ ออกมาจากที่เก็บน้ำหมึกซึ่งมีช่องเปิดให้อากาศเข้าได้ เพราะถ้าหากน้ำหมึกลดระดับลง จะเกิดสภาพสุญญากาศบางส่วนขึ้นทำให้น้ำหมึกไม่ไหล และขณะที่ลูกลื่นเคลื่อนที่ไปบนกระดาษ สันที่อยู่ในเบ้าโลหะจะทำหน้าที่จ่ายน้ำหมึกไปเลี้ยงลูกลื่นอย่างสม่ำเสมอจนเกิดเป็นเส้นหมึกได้ (Conwey 1978 : 159)

หมึกในปากกาหมึกแห้ง (Ball Point Ink) นี้แตกต่างกับหมึกที่ใช้เขียนธรรมดา คือมีลักษณะเป็นของเหลวที่มีความหนืด ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ สีย้อม (Dye Stuff) และตัวนำพา (Vehicle) ซึ่งจะมีอยู่ 3 ประเภท คือ น้ำมัน , ไกลคอล เช่น โพลีเอททีลีน ไกลคอล (Polyethylene Glycol) และยางสน ใส่ softenner เพื่อทำให้นุ่ม เป็นโครงสร้างทั่ว ๆ ไป เช่น ไตรกลีเซอรีน ฟอสเฟต (Triglycerine Phosphate)

หมึกจำพวกปากกาหมึกแห้งเมื่อเทียบกับจำพวกปากกาหมึกแห้งด้วยกันแล้ว หมึกเหล่านี้แตกต่างกันมาก และได้มีผู้ค้นคว้าคิดทำให้หมึกดีขึ้นอยู่เสมอ ปัจจุบันปากกาหมึกแห้งจึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในหมู่นักธุรกิจ นักเรียน นักศึกษา เนื่องจากใช้สะดวก สีที่ใช้ก็มีด้วยกันหลายสี และในการใช้ปากกาหมึกแห้งเขียนเช็คนั้น จะมีประโยชน์กว่าหมึกธรรมดาคือเมื่อถูกน้ำแล้ว หมึกจะไม่ละลาย (พิศ ปัณยาลักษณ์ 2498 : 41)



ภาพที่ 1 แสดงส่วนประกอบภายในของปากกาหมึกซึมเปรียบเทียบกับปากกาลูกลื่น

Copyright by Mahidol University

4. การทุจริตในเอกสารที่เกี่ยวกับหมึก

การทุจริตในเอกสารที่เกี่ยวกับหมึกที่ทำกันอยู่มี 3 วิธีด้วยกันคือ

1. เปลี่ยนแปลง (Alteration) หรือเพิ่มตัวหนังสือจากที่เขียนเอาไว้แล้ว เช่น เลข 3 แก้เป็น เลข 8 หรือตัว ล เติมหางเข้าไปเป็นตัว ส เป็นต้น

2. เอาหมึกป้ายทับที่เขียนไว้เดิมทำให้อ่านไม่ออก (Obliteration) เช่น เขียนตัวหนังสืออะไรไว้ ภายหลังเปลี่ยนใจเอาหมึกเขียนทับหรือเอาน้ำยาลบคำผิดป้ายทับตัวหนังสือเดิมจนอ่านไม่ออก แล้วเขียนตัวหนังสือเติมลงไปใหม่

3. ลบหมึกออก (Erasures) การลบหมึกออกนั้นสามารถที่จะแยกออกไปได้อีกสองอย่างคือวิธีทางเคมี และวิธีทางแมกคานิเคิล (Mechanical) ในทางเคมีนั้นก็เอาน้ำยาลบหมึกลบออก ส่วนทางแมกคานิเคิลก็คือการขูดออกโดยมีดหรือสิ่งที่มีคม

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำยาลบคำผิด

2.3.1 บทนำเกี่ยวกับน้ำยาลบคำผิด

ปัจจุบันนี้ ได้มีการใช้เครื่องพิมพ์ดีดกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งในบางครั้งอาจเกิดการพิมพ์ผิด หรือในกรณีที่มีการเขียนข้อความหรือตัวเลขผิดไป วิธีการที่จะแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อไม่ให้ปรากฏแก่สายตา โดยใช้น้ำยาลบคำผิดเคลือบทับส่วนผิดนั้นไว้ และสามารถแก้ไขส่วนผิดนั้นโดยการพิมพ์หรือเขียนทับชั้นบนของเคลือบ

น้ำยาลบคำผิดสีขาวที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป มีเครื่องหมายการค้าแตกต่างกันหลายชนิด พบว่ากำลังเป็นที่นิยมใช้สำหรับ นักเรียน นิสิต นักศึกษา และในธุรกิจสำนักงาน ทั้งนี้เนื่องจากน้ำยาลบคำผิดสีขาวสามารถปกปิดข้อความเดิมที่เขียนด้วยปากกาหรือหมึกพิมพ์ได้เป็นอย่างดี โดยไม่ทำให้เกิดร่องรอยสกปรกเหมือนยางลบหมึก มีวิธีการใช้สะดวก และพกพาง่าย

Copyright by Mahidol University

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์ลบคำผิดสำหรับกระดาษพิมพ์และเขียน (มอก. 1023-2534) ได้กำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ลบคำผิด ไว้ดังนี้

1. "ผลิตภัณฑ์ลบคำผิด" หมายถึง ของเหลวสีขาว ใช้สำหรับป้ายทับคำผิดหรืออื่น ๆ ที่ต้องการแก้ไขบนกระดาษพิมพ์และเขียน

2. ผลิตภัณฑ์ลบคำผิดแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามตัวทำละลาย คือ

2.1 ชนิดสารอินทรีย์เป็นตัวทำละลาย (organic solvent type)

2.2 ชนิดน้ำเป็นตัวทำละลาย (water type)

3. ผลิตภัณฑ์ลบคำผิดประกอบด้วย ไทเทเนียมไดออกไซด์ หรือผงสีอื่นใดที่เหมาะสม สิ่งนำสี ตัวทำละลาย สารเติมแต่ง

4. ลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์ลบคำผิด ต้องเป็นสีขาว และเมื่อเปิดฝาออกมาใหม่ ๆ หรือเมื่อเขย่าด้วยมือต้องมีความข้นเหลวเหมาะสำหรับป้ายด้วยอุปกรณ์ที่ติดมากับขวด เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่เป็นวุ้นเหนียว ข้นแข็ง นอนก้น หรือเป็นก้อน ปราศจากสิ่งแปลกปลอมและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ หลังจากเก็บไว้ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทเป็นเวลา 1 ปีแล้ว ต้องยังคงสภาพเดิม

5. สมรรถนะในการใช้งาน เมื่อได้ป้ายทับลงไปแล้ว ฟิล์มที่แห้งต้องเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่ปรากฏรอยของอุปกรณ์ที่ใช้ป้าย ไม่ล่อน พองหรือแตก ไม่เกิดการคายสี หรือรอยเปื้อนน้ำหมึก ไม่ทำความเสียหายแก่ตัวอักษรที่อยู่ข้างเคียง ไม่ทำให้กระดาษย่น และตัวอักษรที่พิมพ์ทับรอยลบต้องชัดเจน

6. ต้องมีคุณลักษณะทางฟิสิกส์ ดังนี้

6.1 ชนิดสารอินทรีย์เป็นตัวทำละลาย ความละเอียด ไม่เกิน 40 ไมโครเมตร ระยะเวลาการแห้ง ไม่เกิน 1 นาที สมบัติของฟิล์ม ต้องไม่ล่อนหรือหลุด และกำลังซ่อนแสง ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90

Copyright by Mahidol University

6.2 ชนิดน้ำเป็นตัวทำละลาย ความละเอียด ไม่เกิน 40 ไมโครเมตร ระยะเวลาการแห้ง ไม่เกิน 3 นาที สมบัติของฟิล์ม ต้องไม่ล่อนหรือหลุด และกำลังซ่อนแสง ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 90

สำหรับส่วนประกอบโดยทั่วไปของน้ำยาลบคำผิด แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่เป็นตัวทำละลาย (Solvent) และส่วนที่เป็นเนื้อแข็ง (Solid Material) ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเรซิน (Resin) ทำหน้าที่เป็นตัวยึดเกาะ (Binder) ซึ่งจะใช้ในปริมาณน้อย และส่วนของผงสี (Pigment) ซึ่งใช้ในปริมาณมาก ปริมาณของสารทั้งสองนี้จะต้องใช้ให้เหมาะสม เพื่อให้น้ำยาลบคำผิดมีคุณสมบัติที่ดี (วิไลลักษณ์ รัตนศิรินทรวุธ และ สุพรรณี บุญเรือง 2529 : 3)

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า น้ำยาลบคำผิดประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

1. ตัวยึดเกาะ (Resin or Binder) คือ สารที่ทำหน้าที่ยึดประสานอนุภาคขององค์ประกอบในเคลือบ (Coating) เข้าไว้ด้วยกัน ทำให้เกิดฟิล์มของเคลือบติดบนผิว

2. ตัวทำละลาย (Solvent) ทำหน้าที่ละลายเรซินและปรับความหนืด เพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน ในผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ตัวละลายจะมีสมบัติพิเศษ คือ แห้งได้เร็วมาก

3. ผงสี (Pigment) คือ วัสดุให้สี ทำให้ฟิล์มมีความสวยงาม มีความสามารถในการปิดบังพื้นผิว (hiding power) และป้องกันผิวจากการถูกสารอื่นทำลาย หรือจากการผุกร่อนตามวันเวลา รวมทั้งการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วย โดยทั่วไปนิยมใช้เม็ดสีสีขาวที่ได้รับการบดอย่างละเอียด

ผงสีทุกชนิด (ไม่ว่าจะเป็นสีอะไร) จะมีคุณสมบัติในการปิดบังพื้นผิว และไม่ละลายในตัวทำละลาย (ทินเนอร์) หรือตัวยึดเกาะ (Binder) ในสี จึงเป็นข้อแตกต่างระหว่างผงสีกับ Dyes

4. Additive เป็นสารที่ช่วยเพิ่มคุณสมบัติต่าง ๆ ให้ดีขึ้น โดยเติมเพียงเล็กน้อย แต่สามารถปรับให้เคลือบ มีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพตามต้องการ

2.3.2 <u>ส่วนประกอบของน้ำยาลบคำผิด</u>

ส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำยาลบคำผิด มีดังนี้ คือ

Copyright by Mahidol University

1. <u>ส่วนที่เป็นตัวทำละลาย</u> (Solvent) มีอยู่ในอัตราส่วน 40 - 60 % โดยน้ำหนัก เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญมากส่วนหนึ่งในน้ำยาลบคำผิด หน้าที่ของตัวทำละลาย คือ ละลายเรซิน และช่วยในการกระจายตัวของผงสี ซึ่งจะแบ่งออกเป็น

1.1 Halogenated Hydrocarbon Solvent มีอยู่อย่างน้อย 75 % โดยปริมาตร ตัวทำละลายประเภทนี้มีจุดเดือดอยู่ระหว่าง 70-170 °C และมีสมบัติไม่ติดไฟที่จุดเดือด โดยทั่วไปจะใช้พวก Polychlorohydrocarbon Solvent

1, 1, 1 - Trichloroethane
1, 1, 2 - Trichloroethane
2, 1, 2, 2 - Trichloroethane
Pentachloroethane
1, 1, 2 - Trichloroethylene
1, 1, 2, 2 - Tetrachloroethylene

การใช้ 1,1,2 - Trichloroethane เป็นตัวทำละลาย เมื่อเคลือบบนตัวอักษรที่เขียนด้วยหมึกแห้งจะละลายหมึกแห้งออกมา จึงนิยมใช้ 1, 1, 1 - Trichloroethane และบางครั้งอาจใช้ตัวทำละลาย 2 ตัวผสมกันได้

1.2 Halogenated Hydrocarbon Solvent ผสมกับ Organic Solvent ในอัตราส่วนที่มี Organic Solvent มากกว่า 25 % โดยปริมาตรของของผสมนี้

ตัวทำละลายที่นิยมใช้ ได้แก่ สารประกอบ Polychloroaliphatic , สารประกอบ Polychloroalkyl และสารประกอบ Alkenyl สารประกอบเหล่านี้มีจุดเดือดอยู่ในช่วง 70-170 ° C และมีคุณสมบัติไม่ติดไฟที่จุดเดือด

Copyright by Mahidol University

สำหรับ Acrylic Resin , Volatile Organic Solvent ที่นิยมใช้ได้แก่ Toluene , Xylene , 2-Ethoxyethanol , 2-Ethoxyethyl acetate , Ethyl Acetate , Butyl Acetate รวมทั้งสารที่มีความสามารถในการละลาย (Solvency) Acrylic Resin สูงกว่า Hydrocarbon Solvent ด้วย

2. ส่วนที่เป็นเนื้อของแข็ง ประกอบด้วยสารต่าง ๆ ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ดังนี้

2.1 Film-Forming Resin ทำหน้าที่เป็นตัวยึดเกาะ (Binder) ซึ่งจะใช้ในอัตราส่วน 10-20 % โดยน้ำหนักของส่วนประกอบที่เป็นของแข็งทั้งหมด โดยมากมักใช้ Acrylic Resin ซึ่งอาจเป็น Homopolymer ของ Acrylic Acid หรือ Ethacrylic Acid หรืออาจเป็น Copolymer ระหว่าง Acrylic Acid กับ Ethacrylic Acid ก็ได้ นอกจากนี้อาจได้มาจาก Ester ที่มี Carbon Atom ไม่เกิน 4 Atom มาทำ Copolymer กับ Acrylic Acids ก็ได้

2.2 Special Pigment ประกอบด้วย Rutile Titanium Dioxide อย่างน้อย 88 % โดยน้ำหนัก Organic Optical Brightner 0.05-0.6 % โดยน้ำหนัก และ Silica Dioxide 10-20 % โดยน้ำหนัก ทำหน้าที่เป็นผงสีสีขาวให้แก่ผลิตภัณฑ์และมีความสามารถในการปิดบังพื้นผิวได้สูงมาก

2.3 Flatting and Extender Pigment ได้แก่ Diatomaceous Silica ซึ่งใช้ในอัตราส่วน 5-20 % โดยน้ำหนักของส่วนที่เป็นของแข็ง ส่วนนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวเพิ่มเนื้อสี และลดความเงามันของเรซิน

2.3.3 ขบวนการเกิดฟิล์ม (Film-Forming)

คือ ขบวนการเปลี่ยนสภาพจากวัสดุที่เป็นของเหลว ไปเป็นเคลือบหรือฟิล์มที่ติดกับผิวและทำให้ผิวมีความทนทานขึ้น ขบวนการเกิดฟิล์มมีอยู่ 3 ขั้นตอน คือ

1. Application เป็นการนำวัสดุหรือสารเคลือบไปทาผิว หรือทำให้ผิวเกิดเป็นเคลือบบาง ๆ ขึ้นมาหลายชั้น การทำอาจใช้แปรง , ลูกกลิ้ง , จุ่ม หรือพ่นก็ได้

Copyright by Mahidol University

2. Fixation เป็นการทำให้เคลือบเสถียร ไม่หลุดออกจากผิวหน้า และไม่เกิดเป็นชั้นของเคลือบที่ไม่ต้องการ ปัจจัยสำคัญของการยึดติดเป็นฟิล์มของสารเคลือบ มี 2 ประการ คือ

2.1 <u>การระเหย</u> ในการเกิดฟิล์มนั้น ตัวทำละลายจะต้องระเหยออกไปหมด ซึ่งการระเหยมีกลไก (Mechanism) 2 ประการ คือ ระเหยจากผิวหน้า (Surface) ของฟิล์มโดยตรง และตัวทำละลายแพร่กระจายจากชั้นล่างของฟิล์ม ออกมาสู่ผิวหน้าแล้วเกิดการระเหยจากผิวหน้าอีกครั้ง การระเหยขึ้นอยู่กับแรงตึงผิวของไอ (Vapor Tension) ของตัวทำละลายที่บริสุทธิ์ ถ้ามีแรงตึงผิวของไอมากก็จะระเหยได้ในอัตราที่ต่ำ

2.2 <u>การไหลของสารเคลือบ</u> สารเคลือบจะต้องไม่มีการไหลตัวมากเกินไป เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการไหลย้อย (Sagging) ในแนวดิ่ง ถึงแม้ว่าจะมีความหนืดมากสารเคลือบก็ยังมีการเคลื่อนที่ลงเสมอ แต่จะมีคุณสมบัติบางอย่างในสารเคลือบที่ช่วยป้องกันไม่ให้มีการไหลลงมากได้ ซึ่งจะพบในสารที่มีคุณสมบัติเป็นทั้ง Thixotropy และ Flocculation

Thixotropy เกิดกับสารที่มีโครงสร้างไม่แข็งแรง เป็นคุณสมบัติประจำตัวของโพลิเมอร์ทั้งหลาย ที่ละลายในตัวทำละลาย เป็นคุณสมบัติที่สำคัญ และต้องการในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น ในสีทาบ้านที่ดี เมื่อเอาแปรงจุ่มลงไปแล้วยกขึ้น สีจะต้องติดแปรงโดยไม่หกเลอะเทอะ และเมื่อเอาแปรงไปทาบ้าน ซึ่งเป็นการเขย่ากวนอย่างหนึ่ง สีก็จะต้องเหลว และไหลลงมาตามแปรงที่ทา ส่วน Flocculation คือการกระจายลอยตัวของสาร

2.3 <u>Cure</u> เป็นการเปลี่ยนสภาพของฟิล์มที่ผ่านขั้น Fixation ให้มีความทนทานดีขึ้น ซึ่งทำได้โดยอาศัย แสง ความร้อน และอากาศ (วิไลลักษณ์ รัตนศิรินทรวุธ และ สุพรรณี บุญเรือง 2529 : 4-11)

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับตัวทำละลาย

ตัวทำละลาย (Solvents) เป็นสารที่มีคุณสมบัติละลายสารอื่นหรือทำให้สารอื่นเจือจางได้ เช่น ละลายไขมัน หมึก น้ำมัน สี พลาสติก ยางและอื่น ๆ เป็นของเหลว ส่วนใหญ่เป็นสารระเหยมีกลิ่นหอม หรือกลิ่นแรงและไวไฟ ได้แก่ เบนซีน โทลูอีน ไตรคลอโรอีเทน และอื่น ๆ

Copyright© by Mahidol University

ในการดำเนินชีวิตปัจจุบัน ตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ได้เข้ามามีบทบาทกับเรามากทั้งในชีวิตการทำงานและการดำเนินชีวิตปกติ ใช้เป็นสารทำละลายในน้ำยาเคมีที่เราใช้ตามบ้านเรือน น้ำยาทำความสะอาด กาว และมีใช้มากในสารผลิตอุตสาหกรรม เพื่อเป็นสารตัวทำละลายสารอื่น เจือจางสารอื่น และทำความสะอาดชิ้นงานและเครื่องจักร โดยสารดังกล่าวไม่เป็นสารจำเป็นต่อร่างกาย ส่วนใหญ่ทำให้เกิดพิษต่อร่างกายผู้สัมผัส เมื่อได้สัมผัสติดต่อกันเป็นเวลานาน โดยการสูดดมเข้าไป จะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดแล้วส่งต่อไปยังอวัยวะต่าง ๆ เช่น ตับและสมอง บางชนิดสามารถซึมผ่านเข้าทางผิวหนังได้ เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะมีผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลาง โดยมีพิษกดระบบประสาท ทำให้มีอาการหน้ามืด ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย ความจำเสื่อมและเฉื่อยชาและก่อให้เกิดอาการคล้ายถูกยาสลบ บ่อยครั้งทำให้ผู้ป่วยหมดความรู้สึกและเสียชีวิตได้ นอกจากนั้นยังมีพิษต่อระบบอื่น ๆ ด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลาย (จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก 2536 : 58)

ตัวทำละลายอินทรีย์ (Organic Solvents) หมายถึง สารละลายประเภทอินทรีย์ที่ใช้สำหรับละลายสารอื่น ๆ เป็นสารที่ใช้เพื่อเปลี่ยนสารต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปของสารละลาย เพื่อที่จะให้สารนั้น ๆ มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในลักษณะต่าง ๆ สารละลายอินทรีย์มีความเป็นพิษน้อยกว่าสารละลายอนินทรีย์ แบ่งเป็น 10 ประเภท

ตัวทำละลายประเภทอะลิฟาติก ไฮโดรคาร์บอน (Aliphatic Hydrocarbon) ใช้ในการผลิตของผสมที่เป็นเชื้อเพลิง สารให้ความเย็น เป็นตัวทำละลายสำหรับสี ยาฆ่าแมลง พลาสติก น้ำยาซักแห้ง น้ำยาล้างไขมัน และน้ำมันหล่อลื่นต่าง ๆ เมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกาย จะมีฤทธิ์ในการกดประสาทส่วนกลาง ซึ่งถ้าสูดดมเข้าไปปริมาณมาก จะทำให้มีอาการเวียนศีรษะ มึนเมา และอาจทำให้สลบได้ ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ที่ใช้ศึกษา คือ นอร์มอล เฮ็กเซน (n-Hexane) ซึ่งมีค่ามาตรฐานความปลอดภัย 400 ส่วนต่ออากาศล้านส่วน มีความเป็นพิษ คือจะทำให้เกิดอาการชาที่ประสาทส่วนปลาย

ตัวทำละลายประเภทอะลิไซคลิก ไฮโดรคาร์บอน (Alicyclic Hydrocarbon) ลักษณะการนำไปใช้และความเป็นพิษคล้ายกับ อะลิฟาติก ไฮโดรคาร์บอน

Copyright by Mahidol University

ตัวทำละลายประเภทอะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Aromatic Hydrocarbon) ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี และยา ใช้ในการสังเคราะห์สารเคมีได้หลายชนิด ใช้เป็นทินเนอร์ เมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกาย จะทำให้เกิดการระคายเคืองเฉพาะที่ และถ้าหากหายใจเข้าไปในปริมาณมากทำให้หลอดเลือดขยายตัว ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้มีการบาดเจ็บที่หลอดเลือด และเนื้อเยื่อทำให้เจ็บปวดอย่างรุนแรง นอกจากนี้อาจทำให้เกิดอาการเมาอย่างรุนแรง (Haley and Berndt 1987 : 507-513) ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ที่ใช้ศึกษา คือ โทลูอีน (Toluene), เบนซีน (Benzene) และไซลีน (Xylene)

ผลิตภัณฑ์ของพวก Aromatic Hydrocarbons นี้คือ ทินเนอร์ แลคเกอร์ กาวพลาสติก กาวติดเครื่องบิน น้ำมันล้างสี น้ำมันเคลือบเงา กาวยาง น้ำยาทำความสะอาด น้ำมันก๊าด ยาฆ่าแมลง หมึกปากกาลูกลื่น

<u>เบนซีน</u> (Benzene)

มีสูตรเคมี C_6H_6 เป็นของเหลวใส ไม่มีสี มีกลิ่นหอม ใช้เป็นสารละลายและสารทำให้เจือจางในอุตสาหกรรมมากมายหลายประเภท เช่น ทำยาง ทำรองเท้า หนังเทียม อัดภาพสี ทาสี พ่นสี ผสมน้ำมันชักเงา ทำเซลลูลอยด์ กาวยาง เป็นต้น สารนี้ได้มีการใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมมาตั้งแต่ครั้งโบราณ จนกระทั่งเมื่อประมาณ 50 ปีที่ผ่านมา ได้เริ่มพบพิษภัยที่เกิดขึ้นจากสารนี้ จึงได้คิดค้นหาสารใหม่ที่ไม่มีพิษหรือมีพิษบ้างแต่อ่อนกว่า ในที่สุดบางประเทศได้ประกาศเลิกใช้สารเบนซีน แล้วให้ใช้สารตัวใหม่ซึ่งได้แก่ โทลูอีน หรือ นอร์มอล เฮ็กเซน แทน แม้กระนั้นก็ยังพบว่า โทลูอีน ยังคงแสดงความเป็นพิษอยู่ เบนซีนมีค่ามาตรฐานความปลอดภัย 25 ส่วนต่ออากาศล้านส่วน

สำหรับอาการแพ้พิษ ที่เกิดจากเบนซีน แบ่งเป็น 2 ชนิด

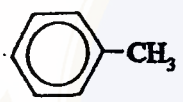
1. <u>พิษเฉียบพลัน</u> เกิดขึ้นกับผู้ที่สูดเอาไอระเหยเข้าไป เริ่มแรกจะมีอาการตื่นเต้น พูดไม่ค่อยชัด หน้าแดง อารมณ์ฝันหวาน ปวดศีรษะ คลื่นไส้ นอนไม่หลับ ต่อมาจะชาตามปลายมือและเท้า อ่อนเปลี้ยไม่มีแรง หมดสติและตายได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไอระเหยที่สูดดมอยู่นั้น

Copyright by Mahidol University

2. <u>พิษเรื้อรัง</u> เกิดในผู้สูดดมไอระเหยเข้าไปเป็นเวลานาน ๆ ทำให้เกิดอาการซึม เนื่องจากเบนซีนไปกดการทำงานของไขกระดูก มีให้มีการสร้างเม็ดเลือด เกิดโรคที่เรียกว่า "อะพลาสติกอะนีเมีย" นอกจากนั้นยังมีรายงานยืนยันว่าสามารถทำให้เกิดโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาวที่เรียกว่า "ลิวคีเมีย" ได้ด้วย (Winex and Collom , 1971 : 259)

<u>โทลูอีน</u> (Toluene)

มีสูตรโครงสร้างทางเคมี ดังนี้



โทลูอีนมีชื่ออื่น ๆ ได้แก่ Methyl Benzene , Phenylmethane , Methacide , Toluol เป็นสารอินทรีย์ที่มีสูตรเคมี $C_6H_5CH_3$ เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ไวไฟ มีกลิ่นเฉพาะตัว มีจุดเดือด 110.6 องศาเซลเซียส จุดวาบไฟ 4.4 องศาเซลเซียส ละลายได้ในแอลกอฮอล์ คลอโรฟอร์ม อะซีโตน เบนซีน และอีเทอร์ แต่ไม่ละลายในน้ำ มักพบเป็นส่วนประกอบในปริมาณแตกต่างกันไปของตัวทำละลายอินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ (Gosselin , R.E. et.al.,1984 : 220)

โทลูอีน เป็นไฮโดรคาร์บอนซึ่งชอบติดไขมัน ได้มาจากเบนซีน เป็นสารระเหยชนิดที่ทำให้เกิดการเสพติด พิษของโทลูอีนเกิดเนื่องจากมีการดูดซึมโทลูอีนเข้าสู่ร่างกาย อาจโดยการหายใจเข้า การซึมผ่านทางผิวหนัง หรือโดยการกิน พิษโดยทั่วไปของโทลูอีน คือ การกดระบบประสาทส่วนกลาง และกดการทำงานของไขกระดูก พิษของโทลูอีนนี้จัดอยู่ในระดับ 4 ซึ่งหมายถึงความมีพิษสูง ระดับที่เป็นอันตรายต่อชีวิต คือ 50-1,000 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (Arena , 1979) และได้มีการกำหนดปริมาณของโทลูอีนในอากาศที่จะไม่เกิดอันตรายต่อร่างกายเป็น 200 ส่วนต่ออากาศล้านส่วน โดย the American Conference of Government Industrial Hygienst in 1967 และ the Japanese Association of Industrial Health in 1968 (Browning , 1965 : 591)

Copyright by Mahidol University

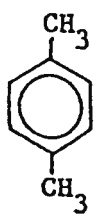
สำหรับอาการแพ้พิษ ที่เกิดจากโทลูอีน แบ่งเป็น 2 ชนิด

1. <u>พิษเฉียบพลัน</u> เกิดขึ้นกับผู้ที่สูดเอาไอระเหยเข้าไปมาก เริ่มแรกจะมีอาการตื่นเต้น พูดไม่ค่อยชัด หน้าแดง อารมณ์ฝันหวาน ปวดศีรษะ คลื่นไส้อาเจียน แน่นหน้าอก เดินเซ มือสั่น หายใจถี่และสั้น หัวใจเต้นไม่สม่ำเสมอ มีน้ำคั่งตามอวัยวะต่าง ๆ (Congestion of all organs) อัมพาต หรือชักก่อนหมดสติไปและตายได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไอระเหยที่สูดดมอยู่นั้น

2. <u>พิษเรื้อรัง</u> เกิดในผู้สูดดมไอระเหยเข้าไปเป็นเวลานาน มีอาการสั่น มือสั่น ตัวสั่น เดินโซเซ กล้ามเนื้ออ่อนแรง สมองฝ่อ มีพิษต่อตับและไต มีพิษต่อระบบเลือดโดยกดการทำงานของไขกระดูก มีให้มีการสร้างเม็ดเลือด เกิดโรคที่เรียกว่า "อะพลาสติกอะนีเมีย" นอกจากนั้นยังมีรายงานยืนยันว่าสามารถทำให้เกิดโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาวที่เรียกว่า "ลิวคีเมีย" ได้ด้วย (Casaret, L.J. and Doull , J. , 1980.)

<u>ไซลีน</u> (Xylene)

มีสูตรโครงสร้างทางเคมี ดังนี้



มวลโมเลกุลของไซลีน 106.16 ประกอบด้วย คาร์บอน 90.50% และไฮโดรเจน 9.50% มีความหนาแน่นประมาณ 0.86 จุดเดือดอยู่ในช่วง 137-140°C มีคุณสมบัติที่ติดไฟได้ (flammable) Flash point = 29 ° C

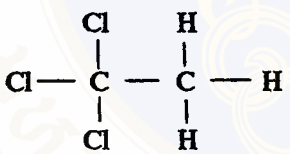
ถ้าร่างกายได้รับสารนี้ในปริมาณสูง จะเกิดอาการมึนงง แต่ความเป็นพิษน้อยกว่า เบนซิน

Copyright by Mahidol University

ตัวทำละลายประเภทฮาโลจีเนทเต็ด ไฮโดรคาร์บอน (Halogenated hydrocarbon) ใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ใช้ในน้ำยาซักแห้ง สารเคมีกำจัดแมลง เมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกายจะมีผลในการกดระบบประสาทส่วนกลาง อาจทำให้เกิดการระคายเคืองต่อตา จมูก และคอ จะมีผลในการกดระบบประสาทส่วนกลาง อาจทำให้เกิดการระคายเคืองต่อตา จมูก และคอ ทำให้มีอาการคลื่นไส้ และรบกวนต่อระบบทางเดินอาหาร ตัวอย่างของสารกลุ่มนี้ที่ใช้ศึกษา คือ คลอโรฟอร์ม ซึ่งมีค่ามาตรฐานความปลอดภัย 100 ส่วนต่ออากาศล้านส่วน ไตรคลอโรอีเทนและคาร์บอนเตตระคลอไรด์

1,1,1 ไตรคลอโรอีเทน (1,1,1Trichloroethane)

มีสูตรโครงสร้างทางเคมี ดังนี้



มวลโมเลกุลของสารนี้เท่ากับ 133.42 ประกอบด้วยคาร์บอน 18.00 % ไฮโดรเจน 2.27% และคลอรีน (Chlorine) 79.72 % มีความหนาแน่น 1.3376 จุดเดือด 74.1° C มีคุณสมบัติไม่ติดไฟ (nonflammable)

ถ้าสารนี้สะสมในร่างกายปริมาณสูง จะทำให้เกิดอาการมึนงง และเป็นอันตรายต่อเยื่อหุ้มปอดและทางเดินหายใจ

คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon tetrachloride)

เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ระเหยได้ดีแต่กลิ่นคล้ายคลอโรฟอร์ม ใช้ประโยชน์ทำเป็นน้ำยาซักแห้ง ส่วนใหญ่สารนี้ใช้ในการผลิตฟรีออนสำหรับเครื่องทำความเย็น นอกจากนี้ยังใช้เป็นน้ำยา

Copyright by Mahidol University

เคมีสำหรับดับเพลิง โดยเฉพาะกับรถยนต์ เรือยนต์และเครื่องบินได้ผลดีอีกด้วย ทางการแพทย์ก็ได้เคยนำสารนี้มาใช้เป็นยาถ่ายพยาธิชนิดหนึ่ง ประโยชน์อื่น ๆ เช่นเดียวกันกับไตรคลอโรเอธิลีน

อาการพิษเนื่องจากการสูดดมไอระเหยของสารนี้เริ่มแรก ได้แก่ ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ต่อมาเกิดพิษต่อตับอย่างรุนแรง ทำให้เซลล์ของตับเสีย, พิการ และเป็นมะเร็ง (ไมตรี สุทธิจิตต์ 2520 : 247) และยังพบว่ามีพิษต่อไตด้วย ผู้สูดดมมักจะไม่หมดสติ เพราะสารนี้มีกลิ่นไม่ชวนดมเหมือนไตรคลอโรเอธิลีน พิษที่เกิดขึ้นอีกประการหนึ่ง คือ ต่อประสาทตา ทำให้มีการตาอักเสบถึงขั้นตาบอดได้ในที่สุด (วิฑูรย์ อัตนโถ 2525 : 20-21) คาร์บอนเตตระคลอไรด์มีค่ามาตรฐาน 10 ส่วนต่ออากาศล้านส่วน (ACGIH , 1976b)

ตัวทำละลายประเภทแอลกอฮอล์(Alcohols) เป็นตัวทำละลายที่สำคัญมากในอุตสาหกรรมโดยทั่วไป แอลกอฮอล์มีคุณสมบัติทำให้มึนเมา รวมทั้งก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย เช่น เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อบุต่าง ๆ ปวดศีรษะ มีอาการทางประสาท

ตัวทำละลายประเภท อีเทอร์ (Ethers) ส่วนใหญ่ใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกายจะเกิดอาการปวดศีรษะ มึนงง จิตใจหวั่นไหว รวมทั้งอาจทำให้เกิดการระคายเคืองต่อตา และจมูก

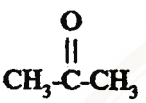
ตัวทำละลายประเภทไกลคอล (Glycols) ใช้เป็นส่วนผสมของน้ำยาป้องกันน้ำแข็งตัวในหม้อน้ำรถยนต์ และน้ำมันไฮโดรลิกส์ ใช้เป็นตัวทำละลายและเป็นสารตัวกลางในปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ เมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกายปริมาณมากจะมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ไตและตับ

ตัวทำละลายประเภทคีโตน(Ketones) ใช้เป็นตัวทำละลายสำหรับสารต่าง ๆ เช่น เซลลูโลส กาวยาง เรซิน แลกเกอร์ วาร์นิช และยังใช้ในการผลิตยา เครื่องสำอาง ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ใช้ศึกษาคือ อะซีโตน และไอโซ บิวทิล เมทิล คีโตน (Iso Butyl Methyl Ketone) ซึ่งมีค่ามาตรฐานความปลอดภัย 200 ส่วนต่ออากาศล้านส่วน

Copyright by Mahidol University

อะซีโตน (Acetone)

มีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังนี้



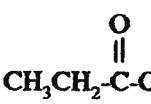
ชื่ออื่น ๆ ได้แก่ ไดเมทิล คีโตน (Dimethylketone) , 2 โพรพาโนน (2-Propanone) และไพโรอะซีติก อีเทอร์ (Pyroacetic ether) มีมวลโมเลกุล 58.08 จุดเดือด 56.2° C ลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี มีกลิ่นหอมหวาน ติดไฟได้ Flash point -9.4°C , -20°C ละลายได้ดีในน้ำ , แอลกอฮอล์ , อีเทอร์, คลอโรฟอร์มและน้ำมัน ใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมผลิตสี แลคเกอร์ ทินเนอร์ น้ำยาล้างเล็บ ยางและพลาสติก

อะซีโตนมีค่ามาตรฐานความปลอดภัย 1000 ส่วนต่ออากาศล้านส่วน เมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมาก จะเกิดอาการปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน อ่อนเพลีย เบื่ออาหาร จนถึงพิษเรื้อรัง ทำให้เกิด เยื่อตาอักเสบ และเป็นอัมพาตได้ (กรมการแพทย์ , 2533)

ตัวทำละลายประเภทเอสเทอร์ (Esters) ใช้เป็นตัวทำละลายที่ดีมาก โดยเฉพาะสำหรับการเคลือบผิว นอกจากนี้ยังมีการใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ เครื่องบิน อาหาร ยา สบู่ เครื่องสำอาง ผ้า เครื่องหนัง และใช้ในอุตสาหกรรมเคมีเกือบทุกประเภท เมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกาย ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง ทางเดินหายใจและตา อาจทำให้สลบ สารในกลุ่มนี้ที่จะทำการศึกษาคือ เอทิลอะซีเตท (Ethyl acetate)

เอทิล อะซีเตท (Ethyl acetate)

มีสูตรโครงสร้างดังนี้



Copyright by Mahidol University

ชื่ออื่น ๆ ของเอทิล อะซีเตท ได้แก่ อะซีติก อีเทอร์ (Acetic ether) , อะซีติก เอสเทอร์ (Acetic ester) และ อะซีติก แอซิด เอทิล เอสเทอร์ (Acetic acid ethyl ester) มีมวลโมเลกุล 88.10 จุดเดือด 77° C ลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี มีกลิ่นหอมหวาน (fragrant) ติดไฟง่าย Flash point -5° C และระเบิดง่าย ละลายน้ำได้น้อย ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ อีเทอร์ อะซีโตน และคลอโรฟอร์ม นำไปใช้ในอุตสาหกรรมทำสารแต่งกลิ่น และเป็นตัวทำละลายสำหรับ Nitrocellulose , สีต่าง ๆ , แลคเกอร์ พลาสติก

เอทิล อะซีเตท มีค่ามาตรฐานความปลอดภัย 400 ส่วนต่ออากาศล้านส่วน หากสูดดมจะทำให้มีอาการมึนศีรษะ และทำให้เกิดหลอดลมอักเสบ (กรมการแพทย์ , 2533)

ตัวทำละลายประเภทอัลดีไฮด์ (Aldehyde) ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเรซิน แอลกอฮอล์ กรด ยาง ฟอกหนัง กระดาษ ยา สีย้อม และใช้ในด้านเกษตรกรรม เมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกาย ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง ตา และเยื่อเมือกทางเดินหายใจและอาจทำให้เกิดอาการอื่น ๆ เช่น คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ร.ต.ต. สมชาย อมรสุนทรสิริ (2532 : 7) ได้ทำการทดลองหาตัวทำละลายที่มีความสามารถชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาวตามเครื่องหมายการค้าต่าง ๆ ได้ดีที่สุด โดยทดลองใช้ตัวทำละลาย 5 ชนิด และน้ำยาลบคำผิดที่มีเครื่องหมายการค้าแตกต่างกัน 5 ชนิด ผลการทดลอง พบว่า คาร์บอนเตตระคลอไรด์ มีความสามารถในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดได้ดีและสะอาดกว่าตัวทำละลายอื่น ๆ ซึ่งเรียงความสามารถการชะล้างน้ำยาลบคำผิดตามลำดับได้ดังนี้

1. คาร์บอนเตตระคลอไรด์
2. คลอโรฟอร์มและเอทิลอะซีเตท
3. ไตรคลอโรอีเทน
4. เอทานอล

Copyright by Mahidol University

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการทดลอง

3.1 รูปแบบการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลาย 12 ชนิด ในการละลายข้อความที่เขียนด้วยหมึกต่างชนิดกัน

2. ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลาย 12 ชนิด ในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาวที่มีเครื่องหมายการค้าแตกต่างกัน

3. หลังจากการทดลองที่ 1 และ 2 แล้ว นำผลที่ได้จากการทดลองมาพิจารณาให้คะแนนตัวทำละลายแต่ละตัว โดยดูจากประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดและการไม่ละลายข้อความที่เขียนด้วยหมึกชนิดต่าง ๆ นำตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดไปทำการทดลองต่อไปในการทดลองขั้นที่ 3

3.2 สถานที่ทำการทดลอง

3.2.1 ห้องปฏิบัติการกองกำกับการ 2 กองพิสูจน์หลักฐาน กรมตำรวจ

3.2.2 ห้องปฏิบัติการพิษวิทยา ภาควิชานิติเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

Copyright by Mahidol University

สำนักหอสมุด

3.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลาย 12 ชนิด ในการละลายข้อความที่เขียนด้วยหมึกต่างชนิดกัน อุปกรณ์และสารเคมี มีดังนี้

1. หมึกชนิดต่าง ๆ

1.1 ปากกาหมึกลูกลื่น ที่มีเครื่องหมายการค้าต่าง ๆ 60 ชนิด ได้แก่

- LANCER CLIC 878
- CROSS
- NIJI HI-SUPER
- GROS D9450
- HORSE NM 506
- PARKER
- STEADLER NORIS STICK 434
- PASTELLA
- FIBER CASTELL
- SAPPHIRE 101
- SWALLOW
- REYNOLD
- PILOT
- OSAKA
- PAPER MATE
- GROSS
- STANDARD
- TEXT-SUPER
- BENSIA

ฯลฯ

Copyright by Mahidol University

41438

1.2 ปากกาหมึกเมจิก ที่มีเครื่องหมายการค้าต่าง ๆ จำนวน 60 ชนิด ได้แก่

- MARVY GT 500
- LE PEN
- WORKMAN U-5
- ROTRING XENOX
- MICRO
- EDDING 2100
- WORKMAN PISMA
- PILOT V 5
- UNIBALL BOXY UB-105
- ZIG PZ-02
- HYBRID
- BIC ROLLER
- SAKURA
- ARTLINE 1500

ฯลฯ

1.3 ปากกาหมึกซึม ที่มีเครื่องหมายการค้าต่าง ๆ 10 ชนิด ได้แก่

- QUINK
- PILOT
- PELIKAN (BLUE)
- PELIKAN (GREEN)
- PARKER
- GEHA (BLUE)
- GEHA (RED)
- MICRO (BLUE)
- SHEAFFER (BLACK)
- SHEAFFER (RED)

Copyright by Mahidol University

2. ตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ได้แก่

2.1 คาร์บอนเตตระคลอไรด์

2.2 คลอโรฟอร์ม

2.3 เอทิลอะซีเตท

2.4 โทลูอีน

2.5 ไตรคลอโรอีเทน

2.6 ไซลีน

2.7 เบนซีน

2.8 อะซิโตน

2.9 นอร์มอล เฮ็กเซน

2.10 โพรพานอล

2.11 ไอโซบิวทิล เมทิล คีโตน

2.12 ปิโตรเลียมสปิริต

3. หลอดหยด

4. บิกเกอร์ขนาด 25 มล.

5. ปิเปตขนาด 0.5 มล.

6. กระดาษสีขาวมัน

3.3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลาย 12 ชนิด ในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาวที่มีเครื่องหมายการค้าแตกต่างกัน อุปกรณ์และสารเคมี มีดังนี้

1. น้ำยาลบคำผิด ที่มีเครื่องหมายการค้ายี่ห้อต่าง ๆ

1.1 COLLEEN

Copyright by Mahidol University

1.2 DELO

1.3 ELEPHANT

1.4 EDDING 7000

1.5 KATO

1.6 KOLOK

1.7 LIQUID PAPER

1.8 MISNON

1.9 PASSOLA

1.10 PILOT

1.11 PENTEL สูตร ZLC-1-W

1.12 PENTEL สูตร ZLC-21-W

1.13 PRO-PEN

1.14 SAKURA

1.15 SAILOR JUMBO

1.16 SAPPHIRE

1.17 SNOPAKE

1.18 SAILOR

1.19 STANDARD

1.20 SWALLOW

1.21 TIP-EX

1.22 UNI

1.23 ZEBRA

1.24 GROSS

1.25 PRESS

2. ตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ได้แก่

2.1 คาร์บอนเตตระคลอไรด์

Copyright by Mahidol University

2.2 คลอโรฟอร์ม

2.3 เอทิลอะซีเตท

2.4 โทลูอีน

2.5 ไตรคลอโรอีเทน

2.6 ไซลีน

2.7 เบนซีน

2.8 อะซิโตน

2.9 นอร์มอล เฮ็กเซน

2.10 โพรพานอล

2.11 ไอโซบิวทิล เมทิล คีโตน

2.12 ปิโตรเลียมสปิริต

3. บิกเกอร์ขนาด 25 มล.

4. ปิเปต ขนาด 0.5 มล.

5. กระดาษถ่ายเอกสารสีเหลือง

6. สำลีพันก้าน

Copyright by Mahidol University

ภาพที่ 2 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.4 ขั้นตอนการการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลาย 12 ชนิด ในการละลายข้อความที่เขียนด้วยหมึกต่างชนิดกัน

วิธีการทดลอง

1. นำกระดาษมาทำเป็นตารางแยกหมวดหมู่ต่าง ๆ ตามชนิดของหมึก และชนิดของตัวทำละลาย 12 ชนิด

2. นำหมึกที่จะใช้ทดสอบเขียนลงบนกระดาษที่เตรียมไว้ โดยกำหนดให้เขียนเป็นสัญญลักษณ์วงกลม (O)

Copyright by Mahidol University

3. ทิ้งไว้จนหมึกแห้ง

4. นำกระดาษที่ถูกบันทึกแล้วไปถ่ายภาพเพื่อใช้เปรียบเทียบหลังสิ้นสุดการทดสอบ

5. หยดตัวทำละลายที่ใช้ทดสอบลงไปบนสัญลักษณ์รูปวงกลม (O)ที่เตรียมไว้ ในตำแหน่งละ 1 หยด เท่า ๆ กัน

6. ทิ้งไว้จนสารละลายแห้ง

7. สังเกตการทดลอง

สภาพของเอกสารก่อนทำการทดสอบ

ชนิดและเครื่องหมายการค้าของปากกา	ตัวทำละลาย			
	A	B	C	D
LANCER 825 (หมึกลูกลื่น)	○	○	○	○
HORSE NM 403 (หมึกลูกลื่น)	○	○	○	○
LE PEN (หมึกเมจิก)	○	○	○	○
PARKER (หมึกซึม)	○	○	○	○

ภาพที่ 3 แสดงสภาพของหมึกข้อความ (O) ที่เกิดจากประเภทของปากกาตามชนิดและเครื่องหมายการค้าต่าง ๆ

Copyright by Mahidol University

จากภาพที่ 3 เป็นส่วนหนึ่งของการทดลองที่ 1 โดยนำปากกาที่มีเครื่องหมายการค้าต่าง ๆ ได้แก่ ปากกาหมึกลูกลื่น ยี่ห้อ LANCER 825 และ ยี่ห้อ HORSE NM 403 , ปากกาหมึกเมจิก ยี่ห้อ LEE PEN และปากกาหมึกซึม ยี่ห้อ PARKER มาทำการทดลองกับตัวทำละลายทั้ง 12 ชนิด เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการละลายหมึก ผลการทดลอง แสดงดังภาพที่ 4-6

สภาพของเอกสารหลังทำการทดสอบ

ชนิดและเครื่องหมายการค้าของปากกา	ตัวทำละลาย			
	คาร์บอนเตตระคลอไรด์	คลอโรฟอร์ม	เอทิลอะซีเตท	โทลูอีน
LANCER 825 (หมึกลูกลื่น)	○	○	○	○
HORSE NM 403 (หมึกลูกลื่น)	○	○	○	○
LE PEN (หมึกเมจิก)	○	○	○	○
PARKER (หมึกซึม)	○	○	○	○

ภาพที่ 4 แสดงสภาพการแพร่กระจายของหมึกข้อความ (O) ในปากกาชนิดต่าง ๆ

จากภาพที่ 4 หลังจากหยดตัวทำละลาย คาร์บอนเตตระคลอไรด์ , คลอโรฟอร์ม , เอทิลอะซีเตท และโทลูอีน ลงไปที่หมึกข้อความ (O) ที่เขียนจากปากกาแต่ละชนิดแล้ว ผลปรากฏว่า คาร์บอนเตตระคลอไรด์ และโทลูอีน ไม่สามารถละลายข้อความได้

Copyright by Mahidol University

ชนิดและเครื่องหมายการค้าของปากกา	ตัวทำละลาย			
	ไตรคลอโรอีเทน	ไซลีน	เบนซิน	อะซิโตน
LANCER 825 (หมึกลูกลื่น)				
HORSE NM 403 (หมึกลูกลื่น)				
LE PEN (หมึกเมจิก)				
PARKER (หมึกซึม)				

ภาพที่ 5 แสดงสภาพการแพร่กระจายของหมึกข้อความ (O) ในปากกาชนิดต่าง ๆ

จากภาพที่ 5 หลังจากหยดตัวทำละลาย ไตรคลอโรอีเทน , ไซลีน , เบนซีน และอะซิโตน ลงไปที่หมึกข้อความ (O) ที่เขียนจากปากกาแต่ละชนิดแล้ว ผลปรากฏว่า ไตรคลอโรอีเทน , อะซิโตน และเบนซิน สามารถละลายหมึกลูกลื่นและเมจิก ในขณะที่ไซลีนละลายหมึกได้เพียงเล็กน้อย และพบว่าตัวทำละลายทั้ง 4 ชนิดไม่ละลายข้อความที่เขียนด้วยปากกาหมึกซึม

Copyright by Mahidol University

ชนิดและเครื่องหมายการค้าของปากกา	ตัวทำละลาย			
	เฮ็กเซน	โพรพานอล	ไอโซบิวทิล เมทิล คีโตน	ปิโตรเลียม สปิริต
LANCER 825 (หมึกลูกลื่น)	○	○	○	○
HORSE NM 403 (หมึกลูกลื่น)	○	○	○	○
LE PEN (หมึกเมจิก)	○	○	○	○
PARKER (หมึกซึม)	○	○	○	○

ภาพที่ 6 แสดงสภาพการแพร่กระจายของหมึกข้อความ (O) ในปากกาชนิดต่าง ๆ

จากภาพที่ 6 หลังจากหยดตัวทำละลาย นอร์มอล เฮ็กเซน , โพรพานอล, ไอโซ บิวทิล เมทิล คีโตน และปิโตรเลียม สปิริต ลงไปที่หมึกข้อความ (O) ที่เขียนจากปากกาแต่ละชนิดแล้ว ผลปรากฏว่า นอร์มอล เฮ็กเซน และปิโตรเลียม สปิริตไม่สามารถละลายข้อความที่เขียนจากหมึกชนิดต่าง ๆ และพบว่า โพรพานอล มีคุณสมบัติละลายหมึกที่เขียนจากปากกาทั้ง 4 ชนิด

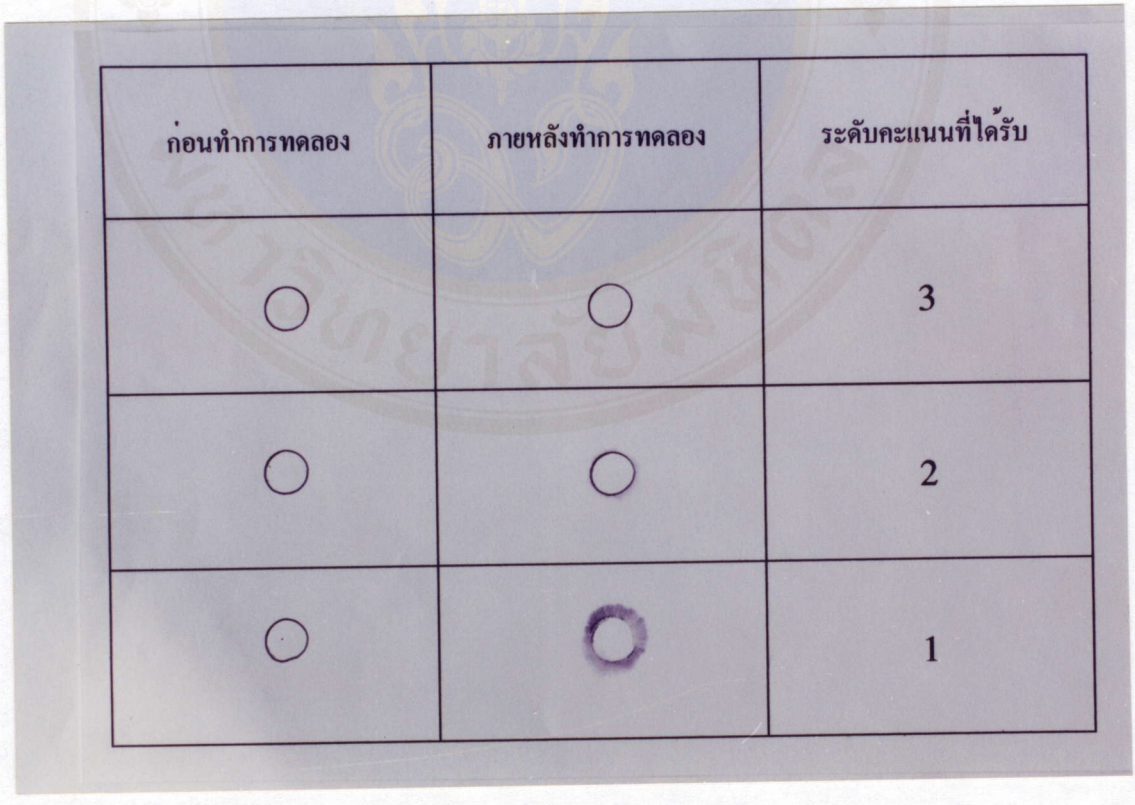
Copyright by Mahidol University

การบันทึกผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

เปรียบเทียบผลการละลายของข้อความเหล่านั้นซึ่งดูได้จากการแพร่กระจายของสีหมึกที่เกิดขึ้น พิจารณาให้คะแนนตัวทำละลายแต่ละตัว โดยใช้หลักเกณฑ์ ดังนี้

หมึกไม่มีการกระจายตัว	คะแนนที่ให้	3	คะแนน
หมึกมีการกระจายตัวบางส่วน	คะแนนที่ให้	2	คะแนน
หมึกมีการกระจายตัวมาก	คะแนนที่ให้	1	คะแนน

(วิธีพิจารณาคะแนน ดังแสดงในภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 แสดงการกระจายตัวของหมึกกับระดับคะแนนที่ได้รับ

Copyright by Mahidol University

การทดลองที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลาย 12 ชนิด ในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาวที่มีเครื่องหมายการค้าแตกต่างกัน

วิธีการทดลอง

1. นำกระดาษถ่ายเอกสารสีเหลืองมาทำเป็นตารางแยกหมวดหมู่ต่าง ๆ ตามชนิดของตัวทำละลาย และน้ำยาลบคำผิดสีขาวที่มีเครื่องหมายการค้าแตกต่างกัน
2. นำน้ำยาลบคำผิดสีขาวที่จะใช้ทดสอบมาป้ายลงบนกระดาษที่เตรียมไว้ โดยป้ายไปทางเดียวกัน เป็นรูปสี่เหลี่ยม (□) และปริมาณของน้ำยาลบคำผิดสีขาวที่ป้ายลงไปจะต้องมีขนาดเท่า ๆ กัน
3. ทิ้งไว้จนกระทั่งน้ำยาลบคำผิดแห้ง
4. บันทึกภาพเก็บไว้เพื่อใช้เปรียบเทียบหลังสิ้นสุดการทดลอง
5. ใช้สำลีพันก้านชุบตัวทำละลายที่จะใช้ทดสอบนำมาเช็ดบริเวณที่ป้ายน้ำยาลบคำผิดสีขาว (ความถี่และความแรงของการทำแต่ละครั้งต้องเท่ากัน)
6. ทิ้งไว้จนสารละลายแห้ง
7. สังเกตผลการทดลอง

Copyright by Mahidol University

สภาพของเอกสารก่อนทำการทดสอบ

เครื่องหมายการค้าของน้ำยาลบคำผิดสีขาว	ตัวทำละลาย			
	A	B	C	D
GROSS				
KOLOK				
PROPEN				
SAILOR				

ภาพที่ 8 แสดงบริเวณของเอกสารที่ถูกน้ำยาลบคำผิดสีขาวตามเครื่องหมายการค้าต่าง ๆ ป้ายทับ

จากภาพที่ 8 เป็นส่วนหนึ่งของการทดลองที่ 2 โดยนำน้ำยาลบคำผิดสีขาวที่มีเครื่องหมายการค้าต่าง ๆ ได้แก่ GROSS , KOLOK , PROPEN และ SAILOR มาทำการทดลองกับตัวทำละลายทั้ง 12 ชนิด เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาว ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 9-11

Copyright by Mahidol University

สภาพของเอกสารหลังทำการทดสอบ

เครื่องหมายการค้าของน้ำยาลบคำผิดสีขาว	ตัวทำละลาย			
	คาร์บอนเตตระคลอไรด์	คลอโรฟอร์ม	เอทิลอะซีเตท	โทลูอีน
GROSS				
KOLOK				
PROPEN				
SAILOR				

ภาพที่ 9 แสดงบริเวณของเอกสารที่ถูกป้ายทับด้วยน้ำยาลบคำผิดสีขาว ตามเครื่องหมายการค้าต่าง ๆ หลังจากถูกชะล้างด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด

จากภาพที่ 9 หลังจากเช็ดด้วยตัวทำละลาย คาร์บอนเตตระคลอไรด์ , คลอโรฟอร์ม , เอทิลอะซีเตท และโทลูอีน แล้ว พบว่า โทลูอีนมีประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดได้ดีและสะอาดกว่าตัวทำละลายอื่น ๆ สำหรับคาร์บอนเตตระคลอไรด์ มีประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดไม่ดีนัก เนื่องจากทำให้เกิดคราบสีขาวเห็นได้ชัดเจน

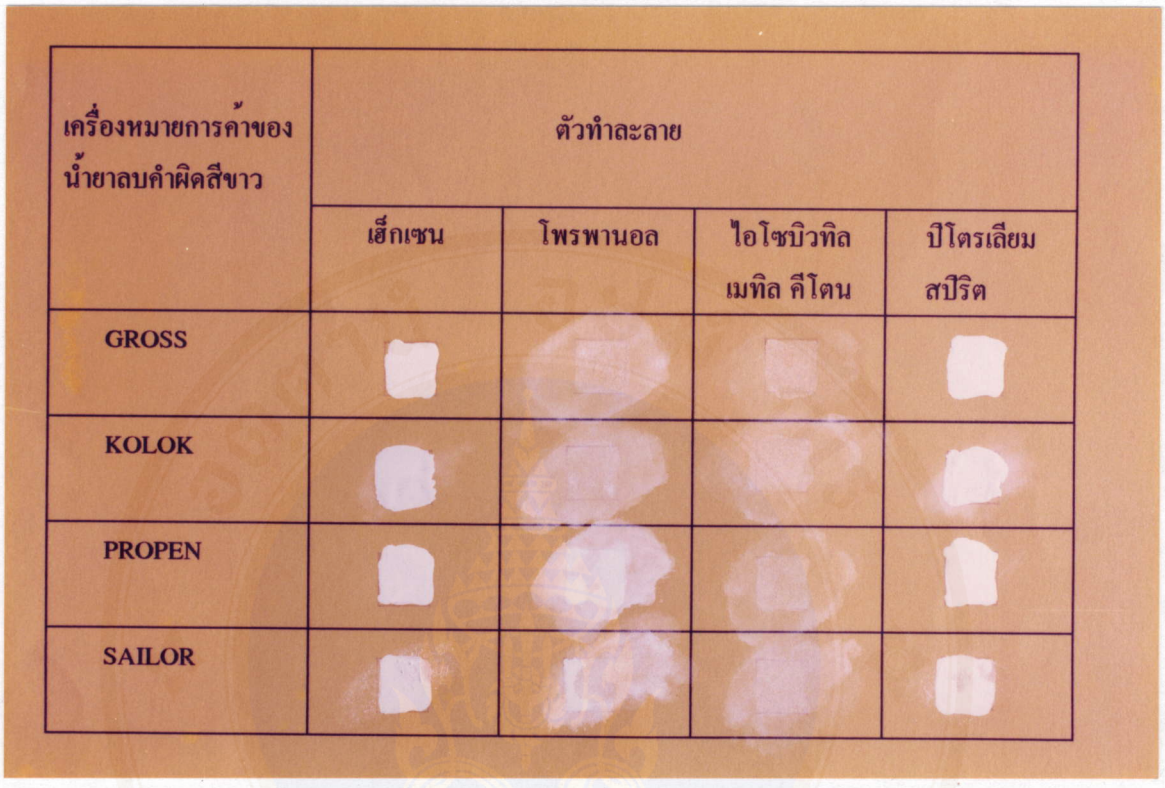
Copyright by Mahidol University

เครื่องหมายการค้าของปากกา	ตัวทำละลาย			
	ไตรคลอโรอีเทน	ไซลีน	เบนซิน	อะซิโตน
GROSS				
KOLOK				
PROPEN				
SAILOR				

ภาพที่ 10 แสดงบริเวณของเอกสารที่ถูกป้ายทับด้วยน้ำยาลบคำผิดสีขาว ตามเครื่องหมายการค้าต่าง ๆ หลังจากถูกชะล้างด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด

จากภาพที่ 10 หลังจากเช็คด้วยตัวทำละลาย ไตรคลอโรอีเทน , ไซลีน , เบนซีน และอะซิโตนแล้ว ผลปรากฏว่า ไซลีนมีประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดได้ดีและสะอาดกว่าไตรคลอโรอีเทน เบนซีน และอะซีโตน

Copyright by Mahidol University



เครื่องหมายการค้าของน้ำยาลบคำผิดสีขาว	ตัวทำละลาย			
	เฮ็กเซน	โพรพานอล	ไอโซบิวทิล เมทิล คีโตน	ปิโตรเลียม สปิริต
GROSS				
KOLOK				
PROPEN				
SAILOR				

ภาพที่ 11 แสดงบริเวณของเอกสารที่ถูกป้ายทับด้วยน้ำยาลบคำผิดสีขาว ตามเครื่องหมายการค้าต่าง ๆ หลังจากถูกชะล้างด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด

จากภาพที่ 11 หลังจากเช็ดด้วยตัวทำละลาย นอร์มอล เฮ็กเซน , โพรพานอล, ไอโซบิวทิล เมทิล คีโตน และปิโตรเลียม สปิริต แล้ว ผลปรากฏว่า ไอโซ บิวทิล เมทิล คีโตน มีประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดได้ดีและสะอาดกว่าตัวทำละลายอื่น ๆ สำหรับ นอร์มอล เฮ็กเซน และปิโตรเลียม สปิริตไม่สามารถชะล้างน้ำยาลบคำผิดได้

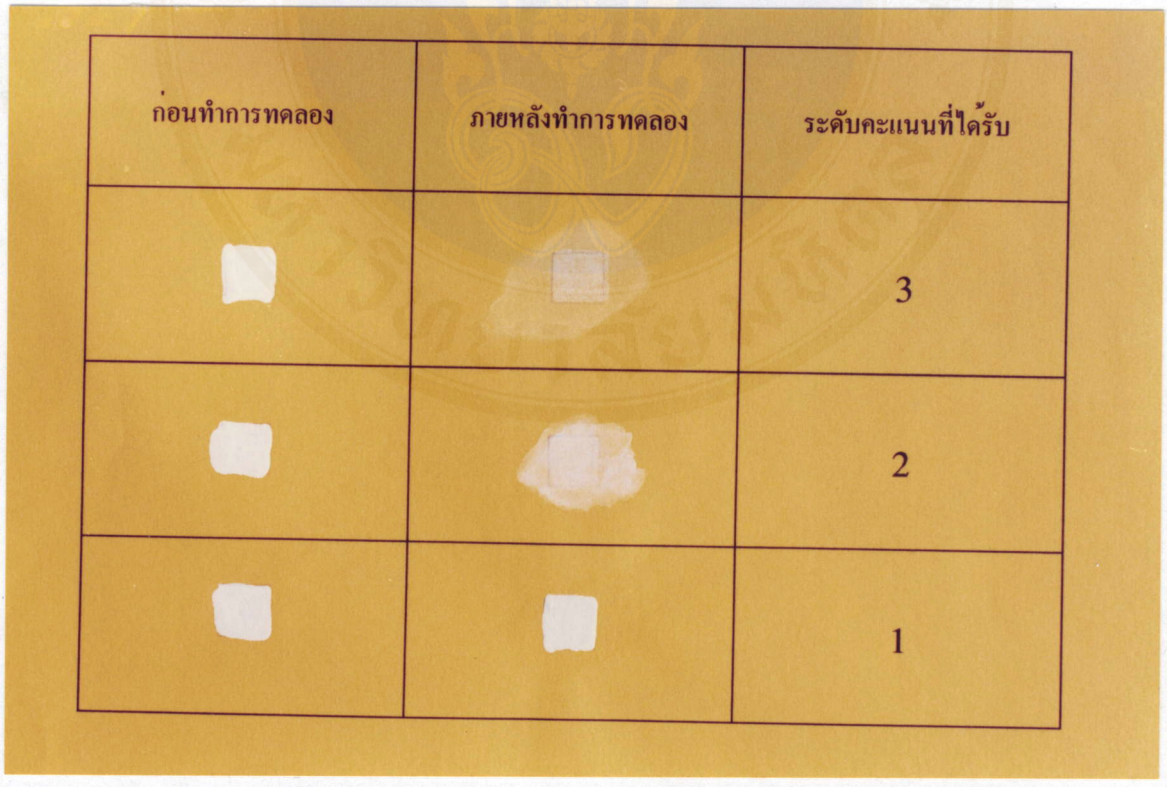
Copyright by Mahidol University

การบันทึกผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

เปรียบเทียบผลการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาวว่าตัวทำละลายใด มีประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาคำผิดเหล่านั้นได้ดีที่สุด ซึ่งดูได้จากความสามารถในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดออกไปได้ดีที่สุด พิจารณาให้คะแนนตัวทำละลายแต่ละตัว โดยใช้หลักเกณฑ์ ดังนี้

ชะล้างน้ำยาลบคำผิดออกหมด	คะแนนที่ให้ 3 คะแนน
ชะล้างน้ำยาลบคำผิดไม่ค่อยออก และมีคราบสีขาว	คะแนนที่ให้ 2 คะแนน
ชะล้างน้ำยาลบคำผิดไม่ออกเลย	คะแนนที่ให้ 1 คะแนน

(วิธีพิจารณาคะแนน ดังแสดงในภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 แสดงความสามารถในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดกับระดับคะแนนได้รับ

Copyright by Mahidol University

หลังจากการทดลองที่ 1 และ 2 นำตัวทำละลายที่พิจารณาแล้วว่า มีความสามารถในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดได้ดีที่สุด โดยไม่ทำลายข้อความที่เขียนด้วยหมึกชนิดต่าง ๆ จากการเปรียบเทียบผลการทดลองแล้ว พบว่า โทลูอีน เป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดที่จะนำไปทดสอบต่อไปในการทดลองที่ 3

การทดลองที่ 3 การหาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิดสีขาว และมีข้อความใหม่เขียนทับไว้ด้านบน

วิธีการทดลอง

1. นำแผ่นป้ายวงกลมแสดงการเสียภาษีรถยนต์ประจำปี จำนวน 10 แผ่น มาถ่ายภาพเก็บไว้ โดย Close up ให้เห็นในส่วนของหมายเลขทะเบียนรถ
2. นำน้ำยาลบคำผิดสีขาว ที่มีเครื่องหมายการค้าแตกต่างกัน จำนวน 10 ชนิด มาป้ายลงบนหมายเลขทะเบียนรถที่อยู่บนแผ่นป้ายวงกลมดังกล่าวแต่ละแผ่น
3. ทิ้งไว้จนกระทั่งน้ำยาลบคำผิดแห้ง
4. ใช้ปากกาหมึกชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ปากกาหมึกลูกลื่น ปากกาหมึกเมจิก และปากกาหมึกซึมเขียนหมายเลขทะเบียนใหม่ทับลงไปบนน้ำยาลบคำผิดที่ป้ายไว้ ในแผ่นป้ายวงกลมแต่ละแผ่น
5. ทิ้งไว้จนกระทั่งหมึกแห้ง
6. นำแผ่นป้ายวงกลมที่ถูกบันทึกเลขหมายทะเบียนใหม่แล้ว ไปถ่ายรูป โดย Close Up ให้เห็นในส่วนหมายเลขทะเบียน เพื่อใช้เปรียบเทียบหลังสิ้นสุดการทดลอง
7. ใช้สำลีพันก้านชุบโทลูอีน นำมาเช็ดบริเวณที่ป้ายน้ำยาลบคำผิดสีขาว
8. สังเกตผลการทดลอง

การบันทึกผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลองที่ได้ ปรากฏว่าตัวทำละลายโทลูอีนที่นำมาใช้ในการทดลองที่ 3 นี้ สามารถชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาวออกไปจากแผ่นป้ายวงกลม ฯ ทั้ง 10 แผ่น ได้เป็นอย่างดี โดยที่ไม่ทำลายข้อความเดิมเลยแม้แต่น้อย

Copyright by Mahidol University

ภาพที่ 13 ป้ายวงกลมแสดงการเสียภาษีรถยนต์ เลขที่ 0169177 หมายเลขทะเบียน 2ศ-9518

ภาพที่ 14 ป้ายวงกลมแสดงการเสียภาษียนต์ เลขที่ 0169177 มีการแก้ไขโดยการใช้น้ำยาลบคำผิดสีขาวป้ายทับเลขทะเบียนเดิมไว้ แล้วเขียนขึ้นใหม่เป็น 3ศ-8895

Copyright by Mahidol University

ภาพที่ 15 ภาพขยายป้ายวงกลมแสดงการเสียภาษีรถยนต์ เลขที่ 0169177 หมายเลขทะเบียน รถ 2ศ-9518 ปรากฏขึ้น หลังจากชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาวด้วยน้ำยาโทลูอีน

Copyright by Mahidol University

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

<u>สถิติที่ใช้ในการวิจัย</u>

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ผู้วิจัยจะนำมาพิจารณาให้คะแนน เป็น 1, 2 หรือ 3 ตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้เบื้องต้น (ข้อมูลในลักษณะนี้เรียกว่า เป็นข้อมูลที่มีลักษณะเป็นอันดับสเกล คือมีการให้ค่าอันดับเป็น 1, 2 และ 3) แล้วบันทึกข้อมูลลงในตารางคะแนน เป็นแถวและคอลัมน์ (การทดลองที่ 1 ในแต่ละคอลัมน์คือตัวทำละลายแต่ละชนิด , ในแต่ละแถว คือปากกาที่มีเครื่องหมายการค้าแตกต่างกัน ส่วนในการทดลองที่ 2 ในแต่ละคอลัมน์คือตัวทำละลายแต่ละชนิด , ในแต่ละแถว คือ น้ำยาลบคำผิดที่มีเครื่องหมายการค้าแตกต่างกัน) หลังจากนั้นนำข้อมูลไปประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม SPSS/PC^{+} (Statistical Package for Social Science) เพื่อหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คะแนนรวม และทำการวิเคราะห์ทางสถิติ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ Nonparametric Statistical Test แบบ The Friedman Two-Way Analysis of Variance by Ranks (วิเชียร เกตุสิงห์ 2526 : 123) การใช้สถิติวิธีนี้นับว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในกรณีที่ข้อมูลไม่ได้เป็นไปตามข้อกำหนดของการวิเคราะห์ โดยวิธีวิเคราะห์ว่าเรียนซ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ข้อมูลที่มีลักษณะเป็นอันดับสเกล (ordinal scale)

การทดสอบ ใช้สูตร $\chi^2 = \frac{12}{Nk\,(k+1)} \sum_{j=1}^{k} R_j^2 - 3N\,(k+1)$

เมื่อ N แทน จำนวนแถว

K แทน จำนวนคอลัมน์

R_j แทนผลรวมของลำดับที่ในคอลัมน์ที่

การกระจายทางสถิติ เป็นแบบ χ^2 - distribution ที่ df = k - 1

ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ กำหนดที่ α เท่ากับ 0.05

Copyright by Mahidol University

บทที่ 4

ผลการทดลองและผลการวิเคราะห์

4.1 ผลการทดลองที่ 1

4.1.1 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 1 จำนวนของปากกาจำแนกตามชนิดของหมึก

ชนิดของหมึก	จำนวน (ด้าม)
1. ปากกาหมึกลูกลื่น	60
2. ปากกาเมจิก	30
3. ปากกาหมึกซึม	10
รวม	100

4.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลที่ได้จากการทดลองได้นำไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธี Nonparametric Statistic Test แบบ The Friedman Two-Way Analysis of Variance by Ranks ทดสอบความแตกต่างของตัวทำละลายทั้ง 12 ชนิด ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่

จากการคำนวณทางสถิติได้ค่า χ^2 = 307.0450 , มีค่าความเป็นอิสระ (D.F.) เท่ากับ 11, N = 100 , ระดับนัยสำคัญ (Significance) = .0000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ที่กำหนดไว้ สรุปได้ว่าการใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกัน จะมีประสิทธิภาพในการละลายหมึกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P-value < 0.05)

Copyright© by Mahidol University

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการละลายหมึกของตัวทำละลาย 12 ชนิด

ตัวทำละลาย	$\sum X$	$\bar{X}$	S.D.	ค่า P
คาร์บอนเตระคลอไรด์	298	2.980	.200	
คลอโรฟอร์ม	164	1.640	.905	
เอทิล อะซีเตท	213	2.130	.906	
โทลูอีน	294	2.940	.312	
ไตรคลอโรอีเทน	238	2.380	.801	
ไซลีน	293	2.930	.326	< 0.05
เบนซีน	260	2.600	.667	
อะซีโตน	179	1.79	.92	
นอร์มอล เฮ็กเซน	300*	3.000	.000	
โพรพานอล	172	1.720	.911	
ไอโซบิวทิล เมทิล คีโตน	214	2.140	.888	
ปิโตรเลียม สปิริต	300*	3.000	.000	

หมายเหตุ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เป็นค่าความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้ ถ้าเข้าใกล้หรือเท่ากับ 0 แสดงว่าข้อมูลนี้เป็นค่าใกล้ค่าเฉลี่ยจริง

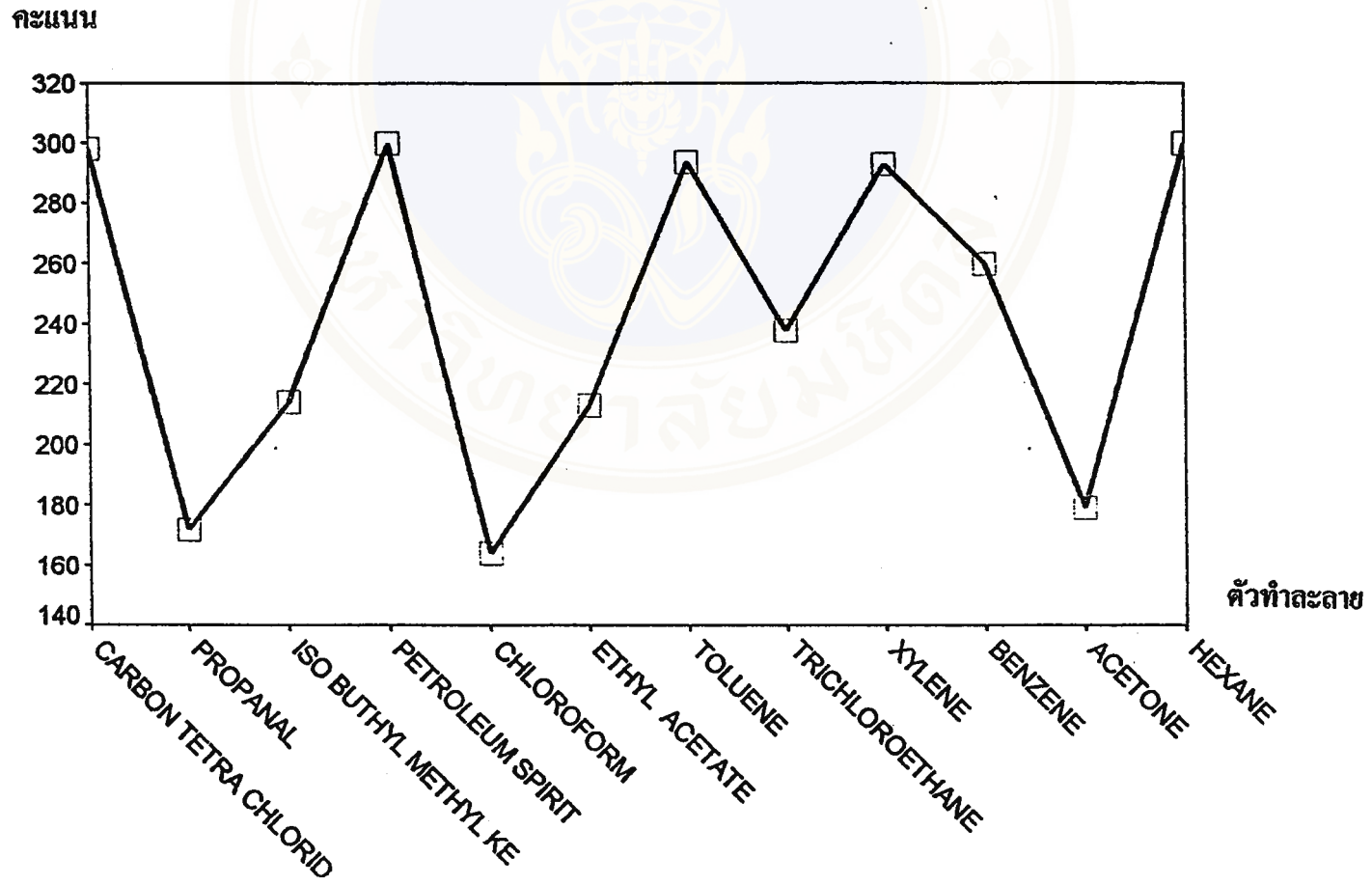
* คะแนนสูงสุด

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาจากคะแนนรวม ปรากฏว่าตัวทำละลายที่มีคะแนนรวมสูงสุด (ได้คะแนนเต็ม 300 คะแนน) แสดงว่าไม่สามารถละลายข้อความที่เกิดจากการเขียนด้วยหมึกชนิดต่าง ๆ ได้แก่ นอร์มอล เฮ็กเซน และ ปิโตรเลียม สปิริต รองลงมา สามารถละลายข้อความได้เล็กน้อย ได้แก่ คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (298 คะแนน) โทลูอีน (294 คะแนน)

Copyright by Mahidol University

และ ไซลีน (293 คะแนน) ตามลำดับ ซึ่งการไม่ละลายข้อความที่เขียนด้วยหมึกหรือการทำให้หมึกมีการกระจายตัวน้อย เป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมของน้ำยาเคมีที่จะนำไปใช้ในการตรวจพิสูจน์หาข้อความเดิมต่อไป ส่วนตัวทำละลายที่มีคะแนนรวมต่ำที่สุด แสดงว่ามีประสิทธิภาพในการละลายหมึกดีที่สุด คือ คลอโรฟอร์ม (164 คะแนน) รองลงมา ได้แก่ โพรพานอล (172 คะแนน) และอะซีโตน (179 คะแนน) ตามลำดับ

ข้อมูลจากตารางที่ 2 สามารถแสดงเป็นกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายทั้ง 12 ชนิด โดยพิจารณาจากคะแนนรวมของตัวทำละลายแต่ละตัว ดังแสดงในแผนภูมิที่ 1



แผนภูมิที่ 1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการละลายหมึก ของตัวทำละลาย 12 ชนิด

Copyright by Mahidol University

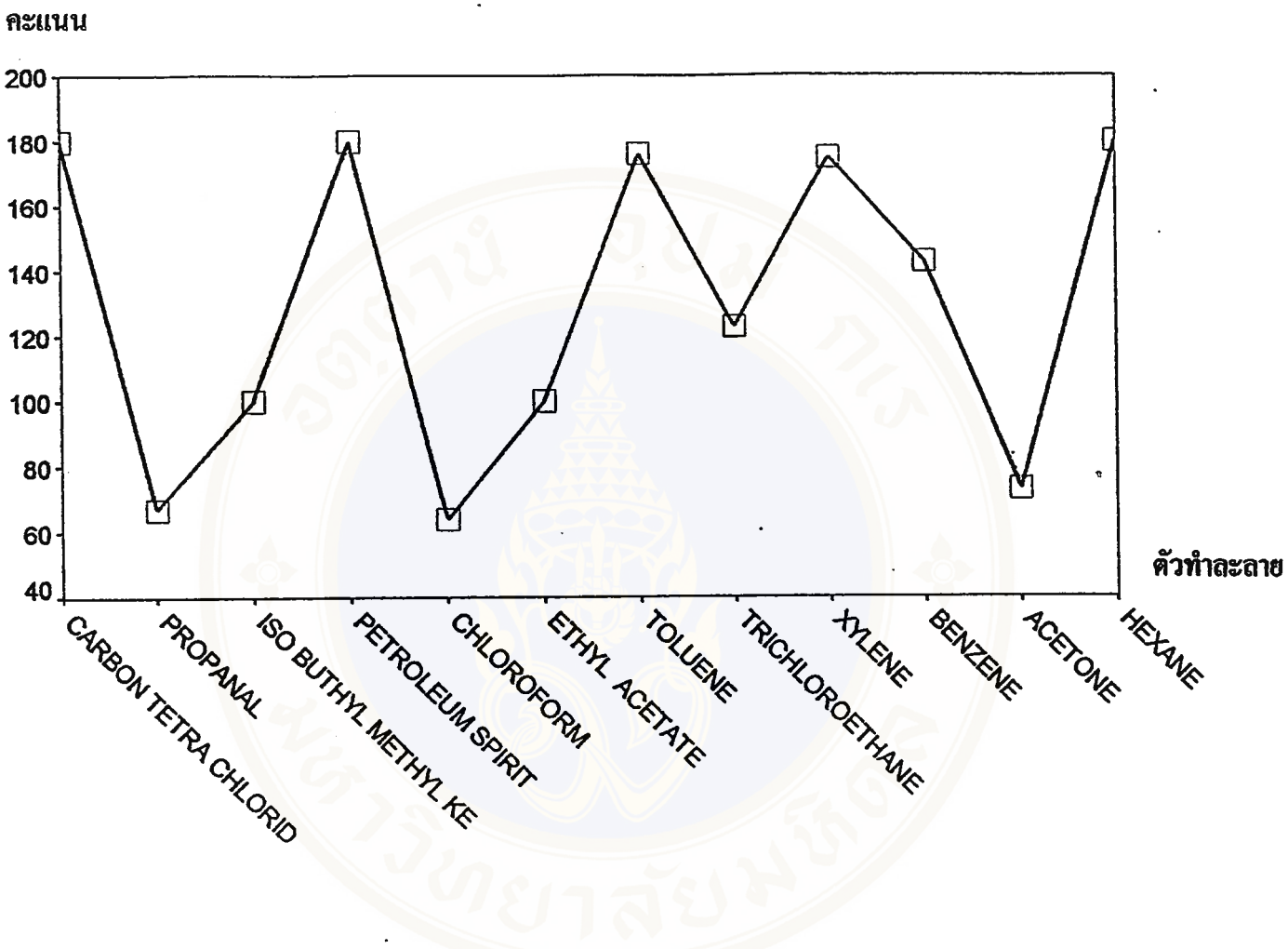
ข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพของตัวทำละลายแต่ละชนิด ในการละลายหมึกที่เขียนด้วยปากกาลูกลื่น ปากกาเมจิก และปากกาหมึกซึม สรุปจากคะแนนรวมของหมึกแต่ละชนิด ได้ดังนี้

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายในการละลายหมึกของปากกาแต่ละชนิด

ชนิดของตัวทำละลาย	ปากกาลูกลื่น	ปากกาเมจิก	ปากกาหมึกซึม
คาร์บอนเตตระคลอไรด์	180	88	30
คลอโรฟอร์ม	64	70	30
เอทิลอะซีเตท	100	83	30
โทลูอีน	176	88	30
ไตรคลอโรอีเทน	123	85	30
ไซลีน	175	88	30
เบนซีน	143	87	30
อะซีโตน	73	76	30
นอร์มอลเฮ็กเซน	180	90	30
โพรพานอล	67	76	29
ไอโซบิวทิล เมทิล ฯ	100	84	30
ปิโตรเลียม สปิริต	180	90	30

ข้อมูลจากตารางที่ 3 สามารถแสดงเป็นกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายทั้ง 12 ชนิด กับหมึกที่เขียนจากปากกาแต่ละชนิด ดังแสดงในแผนภูมิที่ 2-4

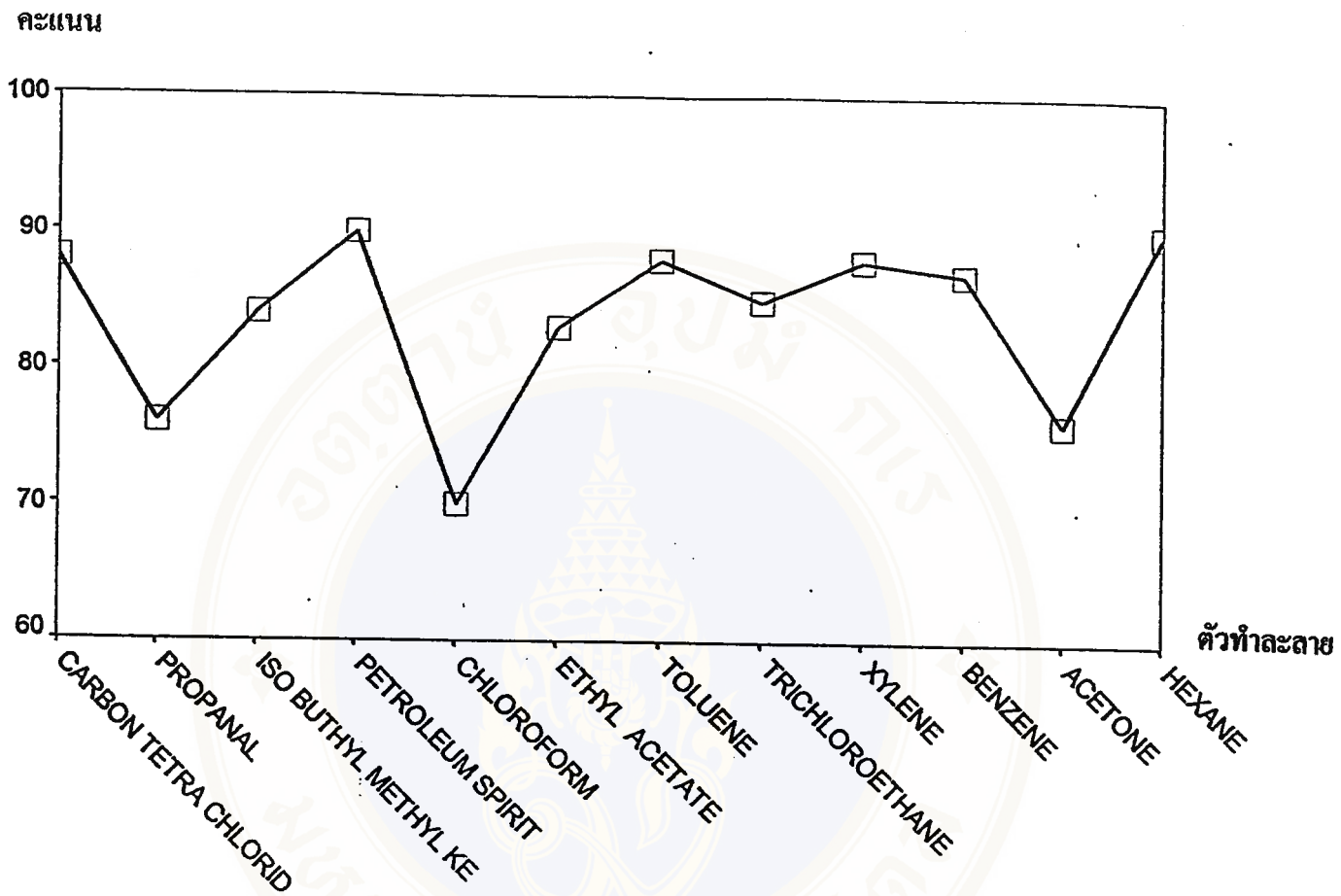
Copyright by Mahidol University



แผนภูมิที่ 2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายแต่ละชนิดกับข้อความที่เขียนด้วยปากกาหมึกลูกลื่น

จากตารางที่ 3 และแผนภูมิที่ 2 แสดงให้เห็นว่า คาร์บอนเตตระคลอไรด์ นอร์มอล เฮ็กเซน และปิโตรเลียม สปิริต ไม่สามารถละลายข้อความที่เขียนด้วยหมึกจากปากกาลูกลื่น และพบว่า โทลูอีนและไซลีน จะละลายหมึกลูกลื่นได้เพียงเล็กน้อย สำหรับตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติในการละลายหมึกลูกลื่นได้ดี ได้แก่ คลอโรฟอร์ม โพรพานอล และอะซีโตน ตามลำดับ

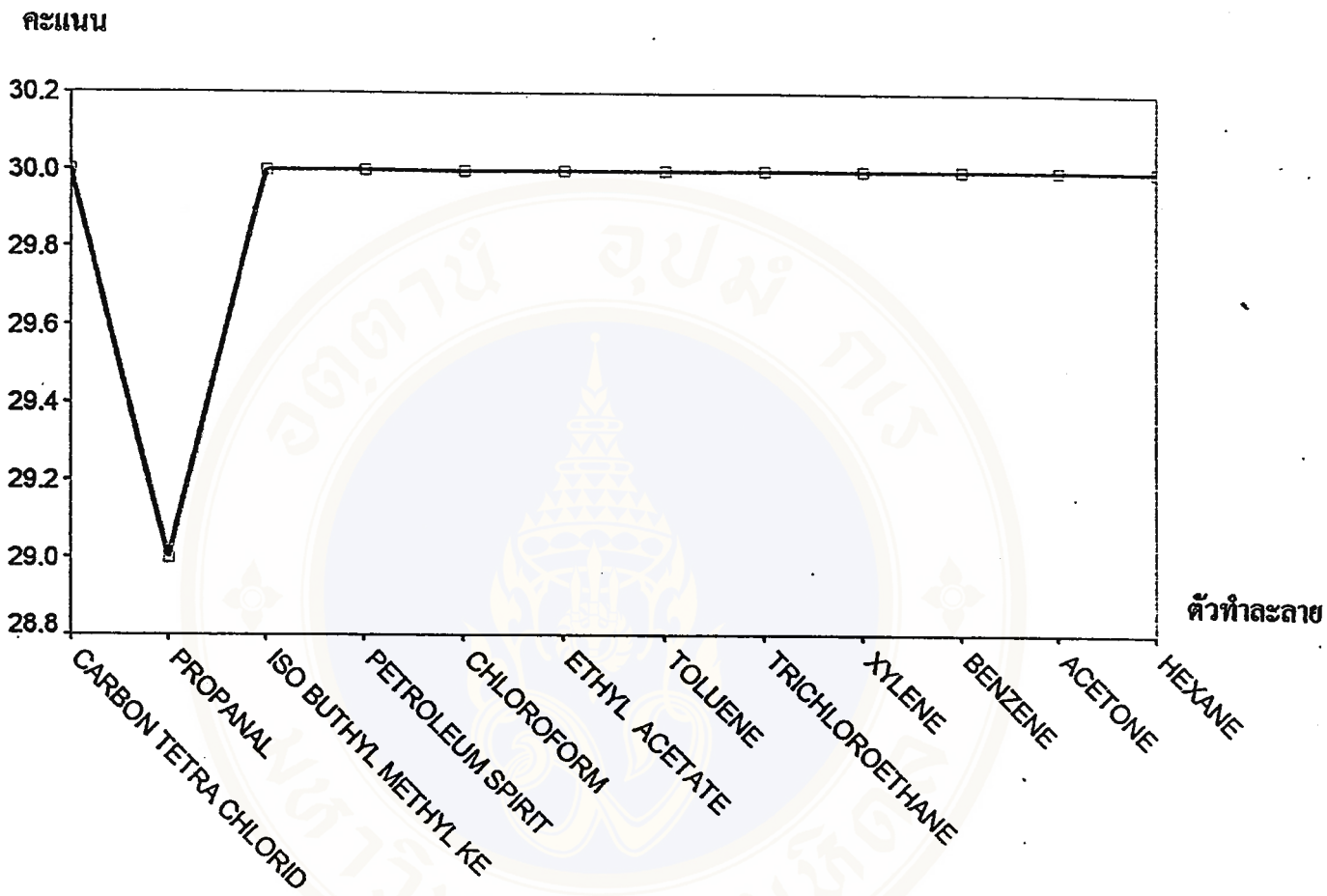
Copyright by Mahidol University



แผนภูมิที่ 3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายแต่ละชนิดกับข้อความที่เขียนด้วยปากกาหมึกเมจิก

จากตารางที่ 3 และแผนภูมิที่ 3 แสดงให้เห็นว่า นอร์มอล เฮ็กเซน และปิโตรเลียม สปิริต ไม่สามารถละลายหมึกที่เขียนด้วยปากกาเมจิก ตัวทำละลายที่ไม่ละลายหมึกรองลงมา ได้แก่ คาร์บอนเตตระคลอไรด์ โทลูอีนและไซลีน (จากผลการทดลองพบว่าส่วนใหญ่จะไม่ละลายหมึกเมจิก ยกเว้นหมึกเมจิก ยี่ห้อ SAKURA เท่านั้น) สำหรับตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติในการละลายหมึกเมจิกได้ดี ได้แก่ คลอโรฟอร์ม โพรพานอล และอะซีโตน ตามลำดับ

Copyright by Mahidol University



แผนภูมิที่ 4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายแต่ละชนิดกับข้อความที่เขียนด้วยปากกาหมึกซึม

จากตารางที่ 3 และแผนภูมิที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ตัวทำละลายทุกชนิด ยกเว้น โพรพานอล จะไม่สามารถละลายข้อความที่เขียนด้วยหมึกจากปากกาหมึกซึม

Copyright by Mahidol University

4.1.3 สรุปผลการทดลองที่ 1

ผลการวิจัยพบว่า

1. การใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกัน จะมีประสิทธิภาพในการละลายข้อความที่เขียนด้วยหมึกชนิดต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (P-value< 0.05)

2. เมื่อพิจารณาจากคะแนนรวมจะเห็นว่าตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ คือ เมื่อนำหมึกทุกชนิดมาทดสอบแล้วมีผลทำให้หมึกนั้น ๆ มีการกระจายตัวของสีหมึกน้อยมากหรือไม่มีการกระจายของหมึกเลย ซึ่งตัวทำละลายเหล่านี้ ได้แก่ ปิโตรเลียม สปิริต, นอร์มอล เฮ็กเซ็น , คาร์บอนเตตระคลอไรด์ , โทลูอีน , และไซลีน

ส่วนตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพในการละลายหมึกได้ดีได้แก่ คลอโรฟอร์ม โพรพานอล และอะซีโตน ตามลำดับ

Copyright by Mahidol University

4.2 ผลการทดลองที่ 2

4.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดของตัวทำละลาย 12 ชนิด

ตัวทำละลาย	$\sum x$	$\bar{x}$	S.D.	ค่า P
คาร์บอนเตระคลอไรด์	57	2.28	.46	
คลอโรฟอร์ม	61	2.44	.51	
เอทิล อะซีเตท	60	2.40	.50	
โทลูอีน	74*	2.96	.20	
ไตรคลอโรอีเทน	59	2.36	.49	
ไซลีน	72	2.88	.33	< 0.05
เบนซิน	56	2.24	.44	
อะซีโตน	55	2.20	.65	
เฮ็กเซน	56	2.24	.60	
โพรพานอล	53	2.12	.78	
ไอโซบิวทิล เมทิล คีโตน	71	2.84	.37	
ปิโตรเลียม สปิริต	42	1.68	.48	

หมายเหตุ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เป็นค่าความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้ ถ้าเข้าใกล้หรือเท่ากับ 0 แสดงว่าข้อมูลนี้เป็นค่าใกล้ค่าเฉลี่ยจริง

* คะแนนสูงสุด

ผลที่ได้จากการทดลองได้นำไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธี Nonparametric Statistic Test แบบ The Friedman Two-Way Analysis of Variance by Ranks ทดสอบความแตกต่างของ

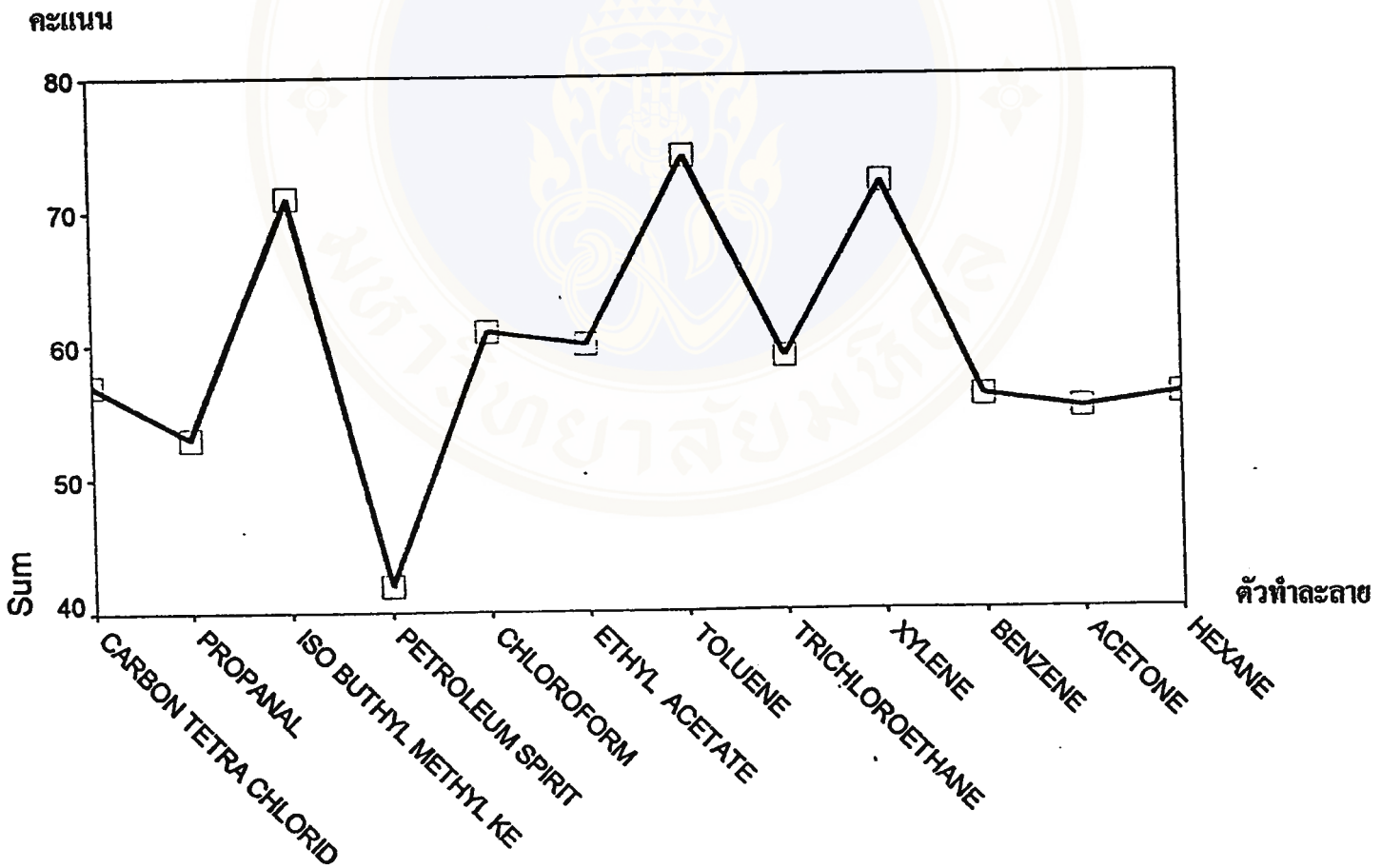
Copyright by Mahidol University

สำนักหอสมุด

ตัวทำละลายทั้ง 12 ชนิด ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่

จากการคำนวณทางสถิติได้ค่า χ^2 = 77.1154 , มีค่าความเป็นอิสระ (D.F.) เท่ากับ 11 , N เท่ากับ 25 และระดับนัยสำคัญ (Significance) = .0000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ที่กำหนดไว้ สรุปได้ว่าการใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกัน จะมีประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P-value < 0.05)

จากตารางที่ 4 แสดงเป็นกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดของตัวทำละลายทั้ง 12 ชนิด ดังแผนภูมิที่ 5



แผนภูมิที่ 6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดของตัวทำละลาย 12 ชนิด

Copyright by Mahidol University

41438

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาจากคะแนนรวมปรากฏว่าตัวทำละลายที่มีคะแนนรวมสูงสุด แสดงว่ามีประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาวได้ดีที่สุด คือ โทลูอีน (74 คะแนน) รองลงมา ได้แก่ ไซลีน (72 คะแนน) และ ไอโซ บิวทิล เมทิล คีโตน (71 คะแนน) ตามลำดับ ซึ่งการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาวได้ดีเป็นคุณสมบัติของน้ำยาเคมีที่เหมาะสมสำหรับจะนำไปใช้ในการตรวจพิสูจน์หาข้อความเดิม ส่วนตัวทำละลายที่มีคะแนนรวมต่ำที่สุด แสดงว่ามีประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดได้น้อยที่สุด คือ ปิโตรเลียม สปิริต (42 คะแนน) รองลงมา คือ โพรพานอล (52 คะแนน)

4.2.2 <u>สรุปผลการทดลองที่ 2</u>

ผลการวิจัย พบว่า

1. การใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกัน จะมีประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ 0.05

2 . เมื่อพิจารณาจากคะแนนรวมจะเห็นว่า

2.1 ตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดได้ดีที่สุด คือ โทลูอีน รองลงมา คือ ไซลีน และไอโซ บิวทิล เมทิล คีโตน ตามลำดับ

2.2 ตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาวในระดับปานกลาง คือสามารถชะล้างน้ำยาลบคำผิดได้บ้าง แต่ผลที่ได้ไม่ดีนัก เพราะส่วนใหญ่จะเกิดคราบขาวเห็นได้ชัดเจน ได้แก่ คาร์บอนเตตระคลอไรด์ คลอโรฟอร์ม เอทิลอะซีเตท และไตรคลอโรอีเทน

2.3 ตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพต่ำมาก คือชะล้างน้ำลบคำผิดได้น้อยมาก ได้แก่ ปิโตรเลียมสปิริต และโพรพานอล

4.3 ผลการทดลองที่ 3

เมื่อพิจารณาผลการทดลองที่ได้จากการทดลองที่ 3 แล้ว สรุปได้ว่าโทลูอีนเป็นตัวทำละลายที่สามารถชะล้างน้ำยาลบคำผิดออกไปได้ดี โดยสีของหมึกยังมีสภาพชัดเจน อ่านง่าย

Copyright by Mahidol University

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับจะนำมาใช้ในการหาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิดสีขาว และจะได้นำไปใช้ประโยชน์ในการตรวจพิสูจน์เอกสารของกองพิสูจน์หลักฐานต่อไป ในการทดลองแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลาย 12 ชนิด ในการละลายข้อความที่เขียนด้วยหมึกชนิดต่าง ๆ โดยทดลองกับหมึกจากปากกาที่มีเครื่องหมายการค้าแตกต่างกัน จำนวน 100 ชนิด โดยแบ่งเป็นปากกาลูกลื่น 60 ชนิด ปากกาเมจิก 30 ชนิด และปากกาหมึกซึม 10 ชนิด

การทดลองที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลาย 12 ชนิด ในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาวที่มีเครื่องหมายการค้าแตกต่างกัน โดยใช้น้ำยาลบคำผิดที่มีเครื่องหมายการค้าแตกต่างกัน 25 ชนิด

การทดลองที่ 3 การหาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิดสีขาว และมีข้อความใหม่เขียนทับไว้ด้านบน โดยใช้น้ำยาโทลูอีนทดสอบกับแผ่นป้ายวงกลมแสดงการเสียภาษีรถยนต์ จำนวน 10 แผ่น

นำผลที่ได้จากการทดลองที่ 1 และ 2 มาทำการให้คะแนน เป็น 1 , 2 และ 3 โดยการสังเกตผลที่เกิดขึ้นจากการทดลอง จากนั้นนำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Nonparametric Statistic Test แบบ The Friedman Two-Way Analysis of Variance by Ranks ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม SPSS/PC$^+$ ซึ่งสรุปผลได้ว่า การใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกัน ให้ผลแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

Copyright by Mahidol University

ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

5.1.1 การทดลองที่ 1 พบว่าตัวทำละลายต่างชนิดกัน มีประสิทธิภาพในการละลายหมึกแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และพบว่า ปิโตรเลียม สปิริต และนอร์มอล เฮ็กเซน เป็นตัวทำละลายที่มีคะแนนรวมสูงที่สุด คือ 300 คะแนน คือ มีคุณสมบัติไม่ละลายหมึกทุกชนิดที่ใช้ในการทดลอง รองลงมา มีความสามารถละลายข้อความที่เขียนด้วยหมึกชนิดต่าง ๆ ได้เล็กน้อย ได้แก่ คาร์บอนเตตระคลอไรด์ โทลูอีน และไซลีน ตามลำดับ

5.1.2 การทดลองที่ 2 พบว่าประสิทธิภาพของตัวทำละลายในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และพบว่า โทลูอีน เป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการชะล้างน้ำยาลบคำผิด รองลงมา คือ ไซลีน และไอโซบิวทิล เมทิล คีโตน ตามลำดับ และตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดต่ำที่สุด คือ ปิโตรเลียมสปิริต รองลงมา คือ โพรพานอล

5.1.3 ผลที่ได้จากการทดลองที่ 1 และ 2 จะเห็นได้ว่าโทลูอีน เป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพในการชะล้างน้ำยาลบคำผิดได้ดีที่สุด โดยไม่ทำลายข้อความเดิม จึงได้นำโทลูอีนไปทดสอบกับแผ่นป้ายวงกลมแสดงการเสียภาษีรถยนต์ประจำปี จำนวน 10 แผ่น โดยนำน้ำยาลบคำผิดมาป้ายทับหมายเลขทะเบียนเดิม และเขียนหมายเลขทะเบียนใหม่ขึ้นมาแทน หลังจากนั้นทดสอบโดยใช้โทลูอีนเช็ดที่ข้อความที่เขียนขึ้นใหม่ ผลปรากฏว่าโทลูอีน มีประสิทธิภาพในการหาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิดได้ดีในแผ่นป้ายวงกลมทุกแผ่น โดยสามารถทำให้แผ่นฟิล์มของน้ำยาลบคำผิดที่ป้ายทับอยู่หลุด (remove) ออกไปพร้อมกับข้อความที่เขียนขึ้นใหม่ และสามารถมองเห็นข้อความเดิมได้ชัดเจน และเนื่องจากโทลูอีน เป็นสารที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในหลายด้าน เช่น ราคาถูก มีความเป็นพิษน้อย ถ้าไม่ได้ใช้ในปริมาณมาก หรือใช้ติดต่อกันเป็นเวลานาน และสามารถหาได้ตามห้องปฏิบัติการทั่วไป

การนำน้ำยาเคมีไปใช้ในการตรวจพิสูจน์หาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิด ผู้ตรวจพิสูจน์จะใช้ระยะเวลาตรวจเพียงช่วงสั้น ๆ เท่านั้น และปริมาณที่ใช้ก็น้อยมาก จึงไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายของผู้ตรวจ การวิจัยครั้งนี้จึงสรุปได้ว่า โทลูอีน เป็นน้ำยาเคมีที่เหมาะสมในการตรวจพิสูจน์หาข้อความเดิมที่ถูกทับด้วยน้ำยาลบคำผิด

Copyright by Mahidol University

5.2 อภิปรายผล

จากการทดลองในครั้งนี้ พบว่าผลการศึกษาเป็นไปตามสมมติฐานและวัตถุประสงค์ทุกข้อ คือ ตัวทำละลายต่างชนิดกัน มีประสิทธิภาพในการการชะล้างน้ำยาลบคำผิดสีขาว และละลายข้อความที่เขียนด้วยหมึกจากปากกาลูกลื่น ปากกาเมจิก และปากกาหมึกซึม แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และปรากฏว่าโทลูอีน เป็นน้ำยาเคมีที่มีประสิทธิภาพในการหาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิดได้ดี และมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้สำหรับการตรวจพิสูจน์หาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิด แต่เมื่อพิจารณาผลจากการทดลองแล้วจะเห็นว่าประสิทธิภาพของโทลูอีนกับไซลีนใกล้เคียงกันมาก เช่น ความสามารถในการชะล้างน้ำยาลบคำผิด โดยไม่ทำลายข้อความเดิม ทั้งนี้เนื่องจาก โทลูอีนและไซลีนมีค่าความสามารถในการละลาย (ค่า Solubility Parameter) ใกล้เคียงกันมาก นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ ตลอดจนราคาใกล้เคียงกันอีกด้วย ดังนั้นในการตรวจพิสูจน์เอกสารในประเด็นการหาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิด เราจึงสามารถนำไซลีนมาใช้แทนโทลูอีนได้

5.3 ประโยชน์ที่ได้จากการทดลอง

1. สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารมาตรฐานในการใช้ตรวจพิสูจน์หาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิด
2. ทำให้เป็นที่ยอมรับได้ว่าการใช้โทลูอีนตรวจสอบหาข้อความเดิมที่ถูกปิดทับด้วยน้ำยาลบคำผิด ให้ผลที่มีประสิทธิภาพสูง
3. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำวิจัยขั้นต่อ ๆ ไป

5.4 ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยต่อไป

จากการทดลองในครั้งนี้มีข้อเสนอแนะเพื่อให้ผลการวิจัยสมบูรณ์ขึ้น และสามารถนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวางดังนี้

1. ควรทำการวิจัยด้วยวิธีเดียวกันนี้ แต่ใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันออกไปจากการทดลองในครั้งนี้ เพื่อคิดค้นตัวทำละลายที่อาจจะมีประสิทธิภาพดีกว่าโทลูอีน

Copyright by Mahidol University

2. ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ จะเป็นแนวทางให้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเรื่องการตรวจพิสูจน์หมึกต่อไป เนื่องจากผลการทดลองที่ได้ทำให้ทราบว่าหมึกชนิดใดสามารถละลายในตัวทำละลายประเภทใด

Copyright by Mahidol University

บรรณานุกรม

การแพทย์ , กรม. เอกสารทางวิชาการเกี่ยวกับสารระเหย. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ราชทัณฑ์ , 2533.

จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก . ภัยมืดจากสารพิษ . ศูนย์บริการสาธารณสุข 51 วัดไผ่ตัน. กรุงเทพมหานคร , 2536 : 58-60.

ไทพีศรีนิวัติ ภักดีกุล . ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหลักการสืบสวนสอบสวนและพิสูจน์หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ . คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ , 2535.

ธวัชชัย ศรีวิบูลย์ . เคมีวิเคราะห์ 2. มหาวิทยาลัยรามคำแหง , 2530.

ประชุม สถาปิตานนท์ , พ.ต.อ. นิติวิทยาศาสตร์ (พิสูจน์หลักฐาน) . มหาวิทยาลัยรามคำแหง , 2519 : 58-60.

พิศ ปัณยาลักษณ์ . การพิสูจน์ลายมือในเอกสาร . เอกสารเผยแพร่ความรู้ของกรมตำรวจ , 2498 : 36-41.

ไมตรี สุทธิจิตต์ . สารพิษในสิ่งแวดล้อมและการเกิดมะเร็ง . ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ , 2520 : 247.

วิเชียร เกตุสิงห์ . สถิติการวิเคราะห์สำหรับการวิจัย . กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช , 2526 : 123.

วิไลลักษณ์ รัตนศิรินทรวุธ และ สุพรรณี บุญเรือง . รายงานการวิจัยการผลิตน้ำยาลบคำผิดโดยใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ภายในประเทศ . ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2529 : 3-14.

วิทูร อัตนโถ . "อันตรายจากไอระเหยของทินเนอร์และน้ำมันเบนซิน" . แพทยสภาสาร . 2525 ; (11 , 1) : 21-22.

สมชาย อมรสุนทรสิริ , ร.ต.ต. รายงานการวิจัยเกี่ยวกับน้ำยาลบคำผิด . กองพิสูจน์หลักฐาน , 2532 : 7 .

สมประสงค์ ปรารถนาดี , พ.ต.อ. (พิเศษ) . นิติวิทยาศาสตร์ว่าด้วยการพิสูจน์หลักฐาน . มหาวิทยาลัยรามคำแหง , 2515 : 54-57 .

อุตสาหกรรม , กระทรวง. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ลบคำผิดสำหรับกระดาษพิมพ์และเขียน (มอก.1023-2534) . 2534 : 1-2 .

Arena , J.M. Poisoning . 7 th ed., Springfield , Illinois : Charles C. Thomas ,1979.

Copyright by Mahidol University

สำนักหอสมุด

B.S.Bahl, Arun Bahl. Advanced Organic Chemistry. Ram Nagar New Delhi : S. Chand & Company Ltd., 1979 : 11055.

Browning E. Toxicology and metabolism of industrial solvent . 1965, 529-532 , 591-593.

Casarett , L.J. and Doull, J.eds . Toxicology , The Basic Sciences of Poisons. New York : Macmillan Publishing Co. , 1978 , 266 ,268 , 278 , 343.

Fischman CM , Oster JR , Toxic Effect of Toluene . JAMA 1979 ; 241 : 1713-5.

Gosselin , R.E. et.al. Clinical Toxicology of Commercial Products. 5th ed., Baltimore, London: William & Wilkins, 1984 : 220-225.

Haley J. and Berndt O. Toxicology . Hemisphere Publishing Coropration . U.S.A. ,1987 : 507-511.

James V.P. Conway . Examination of Question Documents . "Evidental Document ". Springfield , Illinoid , U.S.A. : Charles C Thomas Publisher , 1978 : 157-160.

Richard L. Brunelle , Robert W. Reed. Forensic Examination of Ink and Paper. Springfield , Illinoid , U.S.A. : Charles C Thomas Publisher , 1984.

Richard O. Arthur , " Signed , Sealed , and Deliverd --- to the Pen " The Scientific Investigator (Illinois : Charles C Thomas) , 1965 : 140.

Saferstein, R. Criminalistic : An Introduction to Forensic Science . Prentice Hall Englewood Cliffs, 1994.

Terkevich , Smyth U.S.P. Dictionary of Organic Compound Vol. 5. Prints, Rec trav. chin , 1926 , 45, 80, Dreisbach Sharder , Ind , Eng, Chem. 1949 : 41 , 2879.

Wilson R. Harrison . "Ink" Suspect document. New york : Frederick A. praeger Inc., Publisher , 1958 : 12-18.

Winex CL, Collom WD. Benzene and Toluene Fatalities J Occup Med 1971 : 259-61.

Copyright by Mahidol University

41438