โครงการ

การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ

Application of Negative Film Developer for Positive Film Developing Process

ชื่อนิสิต นางสาววันนิษา แสนอินทร์ **เลขประจำตัว** 6032631023

นางสาวอิสราภรณ์ ขวาอุ่นหล้า **เลขประจำตัว** 6032645823

ภาควิชา เทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์

ปีการศึกษา 2563

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ปีการศึกษา 2563

การประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ

Application of Negative Film Developer for Positive Film Developing Process

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

ผศ.ดร.ภัสสร์พล งามอุโฆษ

อาจารย์ธำรงรุจน์ ฮุนตระกูล

จัดทำโดย

นางสาววันนิษา แสนอินทร์ รหัสนิสิต 6032631023

นางสาวอิสราภรณ์ ขวาอุ่นหล้า รหัสนิสิต 6032645823

ภาควิชาเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2563

หัวข้อ การประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ

นิสิตผู้ดำเนินโครงการ	นางสาววันนิษา แสนอินทร์ นางสาวอิสราภรณ์ ขวาอุ่นหล้า
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์
คณะวิทยาศาสตร์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	ผศ.ดร. ภัสสร์พล งามอุโฆษ อาจารย์ธำรงรุจน์ ฮุนตระกูล

ภาควิชาเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ยอมรับรายงานวิทยาศาสตร์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี

..... หัวหน้าภาควิชา
(รศ.ดร. พิชญดา เกตุเมฆ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก
(ผศ.ดร. ภัสสร์พล งามอุโฆษ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม
(อาจารย์ธำรงรุจน์ ฮุนตระกูล)

หัวข้องานวิจัย การประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ
โดย นางสาววันนิษา แสนอินทร์
นางสาวอิสราภรณ์ ขวาอุ่นหล้า
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัสสร์พล งามอุโฆษ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ธำรงรุจน์ ฮุนตระกูล
ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

การถ่ายภาพเป็นศิลปะแขนงหนึ่งที่ทั่วโลกนิยมนำมาสร้างผลงานตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ฟิล์มถ่ายภาพถูกใช้เป็นสื่อบันทึกภาพเพื่อใช้ในการผลิตวารสาร และสิ่งพิมพ์มาอย่างยาวนาน แต่ต่อมาก็ถูกแทนที่ด้วยสื่อดิจิตอลที่มีความยืดหยุ่นและน่าเชื่อถือมากกว่าปัจจุบันนี้การถ่ายภาพโดยใช้กล้องฟิล์มนั้นกลายมาเป็นที่นิยมมากขึ้น โดยดูได้จากจำนวนร้านล้างฟิล์มที่มีมากในปัจจุบัน ภาควิชาเทคโนโลยีทางภาพฯ มีการเรียนล้างฟิล์มในภาคปฏิบัติเฉพาะฟิล์มเนกาทีฟเท่านั้น ไม่สามารถจัดให้มีการเรียนล้างฟิล์มพอสิทีฟเนื่องจากน้ำล้างฟิล์มพอสิทีฟมีราคาแพงและหาได้ยากในปัจจุบัน โครงการนี้ต้องการหาวิธีการทดแทนโดยประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟขาวดำ (D-72) ร่วมกับน้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟสี (C-41) และทำการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในแต่ละขั้นตอน รวมทั้งเวลาที่ทำให้เกิด Fog โดยนำพอสิทีฟฟิล์มที่ได้จากการทดลองนี้ ไปเปรียบเทียบค่าความดำและค่าความอิ่มตัวของสีเทียบกับฟิล์มพอสิทีฟที่ล้างด้วยน้ำยา TETENAL COLORTEC© (E-6) ซึ่งเป็นกระบวนการมาตรฐาน ผลการทดลองพบว่าเวลาที่เหมาะสมในขั้นตอน D-72 คือ 12.15 นาที ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเกิด Fog คือ 3.30 นาที พบว่าเวลาที่เหมาะสมในขั้นตอน C-41 และเวลาที่ใช้ในการ bleach คือ 3 นาที และ 10 นาที ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากระบวนการนี้สามารถใช้ล้างฟิล์มพอสิทีฟได้ดี และสามารถใช้ในการเรียนล้างฟิล์มพอสิทีฟภาคปฏิบัติของภาควิชาได้

ภาควิชา เทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์
ปีการศึกษา 2563

ลายมือชื่อนิสิตผู้ดำเนินงาน.....วันนิษา แสนอินทร์.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาหลัก.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

.

Project Title Application of Negative Film Developer for Positive Film Developing Process

Student Wannisa Seanin

Israporn Kwaounlha

Study Program Bachelor of Science in Imaging and Printing Technology

Advisor Asst. Prof. Passapol Ngamukot, Ph.D.

Co Advisor Instructor Dhamrongruchana Hoontrakul

Academic Year 2020

Abstract

Photography is another art form that is popular around the world to create works from the past to the present. The photographic film has normally been used in news media or magazine editorials. Later, the film media has been replaced by a digital media which provide more flexibility and reliability. Until now, photography using film cameras has become increasingly popular once again. This can be seen from the increasing number of film processing and scanning service available today. There are many practical film processing classes for negative film available at Department of Imaging and Printing Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University. Unfortunately, a practical film processing class for positive film cannot be arranged due to a limited availability of a standard developer. In this project, an alternative approach for positive film processing has been developed using both black & white negative solution (D-72) and color negative solution (C-41). The developing time in each step including a fogging period have been studied. The data obtained from this approach such as a film density and a color saturation has been compared with the data obtained from TETENAL COLORTEC© (E-6) standard procedure. The results showed that the optimal developing time in D-72 step is 12.15 minutes. The suitable fogging period is 3.30 minutes. The optimal developing time in C-41 step and a bleaching period are 3 minutes and 10 minutes, respectively. The results also indicated that the developed approach not only produce good quality images but can also be used as a replacement process in a practical positive film processing class.

Department of Imaging and Printing Technology

Academic year 2020

Student's signature.....วันนิษา แสนอินทร์.....

Student's signature.....อิสราภรณ์ ขาอุ่นหล้า.....

Advisor's signature.....ภัทรครุชนา ฮานตระกูล.....

Advisor's signature.....ภัสพล อิ่นคำ.....

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีหากขาดบุคคลดังต่อไปนี้ กราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ภัสสร์พล งามอุโฆษ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักของโครงการวิจัย ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ กำลังใจ รวมถึงการจัดหาอุปกรณ์เพื่ออำนวยความสะดวกในการทำวิจัย ตลอดจนความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ จนโครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กราบขอบพระคุณ อาจารย์ธำรงรุจน์ ฮุนตระกูล อาจารย์ที่ปรึกษาของโครงการวิจัยนี้อีกท่านหนึ่ง ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ รวมถึงสละเวลามาคอยช่วยเหลือ ดูแล และผสมสารเคมีในการทำวิจัย จนโครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ทางด้านฟิล์ม รวมถึงให้คำแนะนำในด้านต่าง ๆ ทำให้ผู้วิจัยมีความคิดแบบเป็นเหตุเป็นผลและมีความเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ดีตลอดการศึกษา

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้งบประมาณในการทำโครงการวิจัยนี้ ตลอดจนอนุเคราะห์ด้านสถานที่ รวมถึงอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ให้ผู้วิจัยทำโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ นิสิตภาควิชาเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ทุกคนที่คอยพูดคุย ให้คำปรึกษา แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ตลอดจนให้ข้อมูลกำหนดการต่าง ๆ ในการดำเนินงาน

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
สารบัญกราฟ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ฟิล์มสไลด์สี	3
2.2 หลักการทำงานของฟิล์มสี	4
2.3 กระบวนการสร้างภาพฟิล์มสไลด์สี	5
2.4 การล้างฟิล์มสไลด์ด้วยกระบวนการ E-6	6
2.5 สารเคมีที่ทำให้เกิดภาพบนฟิล์ม	7
2.6 ความเปรียบต่าง	11
2.7 การส่งผ่านของความเปรียบต่าง	12
2.8 ลักษณะกราฟของค่าความดำและค่าการฉายแสง	13
บทที่ 3 การทดลอง	
3.1 สารเคมี	15
3.2 วัสดุและอุปกรณ์	15
3.3 วิธีการทดลอง	17
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ผลการศึกษาค่าความเข้มแสงที่เหมาะสมในการล้างฟิล์มพอสิทีฟ ด้วยน้ำยาล้างฟิล์มสไลด์สี TETENAL COLORTEC© (E-6) ตามคู่มือการใช้งานของน้ำยาล้างฟิล์มสไลด์สี TETENAL COLORTEC© (E-6)	22
4.2 ผลการศึกษาค่าความเข้มแสงที่เหมาะสมในการล้างฟิล์มพอสิทีฟ โดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟ	24

4.3 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการล้างฟิล์มพอสิทีฟที่ฉายแสง 26
ด้วยความเข้มแสง 5 โวลต์ เป็นเวลา 1 วินาที โดยการประยุกต์ใช้
น้ำยาล้างเนกาทีฟขาว-ดำ (D-72) ที่เวลา 6.15, 9.15 และ 12.15 นาที
และล้างน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) ตามเวลาปกติของการฟิล์มเนกาทีฟสี
4.4 ผลการศึกษาเวลาการ Bleach ที่เหมาะสมในการล้างฟิล์มพอสิทีฟที่ 28
ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 5 โวลต์ เป็นเวลา 1 วินาที โดยการประยุกต์
ใช้น้ำยาล้างเนกาทีฟขาว-ดำ (D-72) เป็นเวลา 12.15 นาที
และล้างน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) ซึ่งใช้เวลาในการ Bleach ที่ 4, 6 และ 10 นาที
4.5 ผลการศึกษาเวลาการ Fog (การนำฟิล์มออกมาโดนแสง) ที่เหมาะสม 30
ในการล้างฟิล์มพอสิทีฟที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 5 โวลต์ เป็นเวลา 1 วินาที
โดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างเนกาทีฟขาว-ดำ (D-72) เป็นเวลา 12.15 นาที
แล้วใช้เวลาในการ Fog 1.30, 2.30 และ 3.30 นาที และล้างน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41)
ซึ่งใช้เวลาในการ Bleach 10 นาที
4.6 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการล้างฟิล์มพอสิทีฟที่ฉายแสง 32
ด้วยความเข้มแสง 5 โวลต์ เป็นเวลา 1 วินาที โดยการประยุกต์ใช้
น้ำยาล้างเนกาทีฟขาว-ดำ (D-72) เป็นเวลา 12.15 นาที แล้วใช้
เวลาในการ Fog เป็นเวลา 3.30 นาที และล้างน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41)
โดยใช้เวลาในการทำ Color developer เป็นเวลา 3, 6 และ 9 นาที
แล้วใช้เวลาในการ Bleach 10 นาที
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการทดลอง 34
5.2 ข้อเสนอแนะ 34
เอกสารอ้างอิง 35
ภาคผนวก
ก ตารางแสดงค่าความดำ 36
ข ภาพฟิล์ม และภาพถ่ายที่อัดขยายจากการทดลอง 42
ค ประวัติผู้วิจัย 48

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ใช้ระยะเวลาในการล้างฟิล์มตามระยะเวลาปกติของฟิล์มนากาทีฟสี (C-41) แต่เปลี่ยนระยะเวลาของน้ำยาเนกาทีฟขาวดำเป็นเวลา 6.15, 9.15 และ 12.15 นาที	18
2	ใช้ระยะเวลาในการล้างฟิล์มตามระยะเวลาปกติของฟิล์มนากาทีฟขาวดำ (D-72) และเนกาทีฟสี (C-41) แต่เปลี่ยนระยะเวลาในขั้นตอนการฉายแสงเป็น 1.30, 2.30 และ 3.30 นาที	19
3	ใช้ระยะเวลาในการล้างฟิล์มตามระยะเวลาปกติของฟิล์มนากาทีฟขาวดำ (D-72) และระยะเวลาในขั้นตอนการฉายแสง แต่เปลี่ยนระยะเวลาในขั้นตอน Color Developer เป็น 3.00, 6.00 และ 9.00 นาที	20
4	ใช้ระยะเวลาในการล้างฟิล์มตามระยะเวลาปกติของฟิล์มนากาทีฟขาวดำ (D-72) และระยะเวลาในขั้นตอนการฉายแสง แต่เปลี่ยนระยะเวลาในขั้นตอน Bleach เป็น 4.00, 6.00 และ 10.00 นาที	21

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างของชั้นฟิล์ม Fujichrome Velvia 100F Professional (RVP100F)	3
2	ขั้นตอนการล้างฟิล์มสไลด์สีด้วยน้ำยาล้างฟิล์มสไลด์สี TETENAL COLORTEC© (E-6)	7
3	ความสัมพันธ์ระหว่างคอนทราสต์ของการฉายแสงและคอนทราสต์ของฟิล์ม	11
4	แสดงการเปลี่ยนแปลงในความคมชัดกับการฉายแสง	12
5	กราฟเส้นโค้งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำและการฉายแสง	13
6	กราฟเส้นโค้งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า density และการฉายแสงของฟิล์มพอสิทีฟ	14
7	กล้องฟิล์มรุ่น Nikon FM2	16
8	แทงค์ล้างฟิล์ม	16
9	เครื่อง Densitometer	16
10	TETENAL COLORTEC© (E-6)	16
11	Kodak photographic step tablet no.2 21 steps (step wedge)	17

สารบัญกราฟ

กราฟที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำของการฉายแสงบนฟิล์มพอสิทีฟที่ 5, 6 และ 7 โวลต์ ที่เวลา 1 วินาที โดยล้างน้ำยาล้างฟิล์มสไลด์สี TETENAL COLORTEC© (E-6) กับค่าระดับ Relative logH บน Step wedge	22
2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำของการฉายแสงบนฟิล์มพอสิทีฟที่ 5, 6 และ 7 โวลต์ ที่เวลา 1 วินาที โดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟกับค่าระดับ Relative logH บน Step wedge	24
3	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำของฟิล์มพอสิทีฟที่ล้างด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72) ที่เวลา 6.15, 9.15 และ 12.15 นาที และล้างน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) กับค่าระดับ Relative logH บน Step wedge เพื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มพอสิทีฟที่ล้างด้วยน้ำยา E-6	26
4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำของฟิล์มพอสิทีฟที่ล้างด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72) และล้างน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) ใช้ Bleach เป็นเวลา 4, 6 และ 10 นาที กับค่าระดับ Relative logH บน Step wedge เพื่อเปรียบเทียบกับ ฟิล์มพอสิทีฟที่ล้างด้วยน้ำยา E-6	28
5	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำของฟิล์มพอสิทีฟที่ล้างด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72) นำฟิล์มออกมาโดนแสงที่เวลา 1.30, 2.30 และ 3.30 นาที ล้างน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) กับค่าระดับ Relative logH บน Step wedge เพื่อเปรียบเทียบกับ ฟิล์มพอสิทีฟที่ล้างด้วยน้ำยา E-6	30
6	ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการล้างฟิล์มพอสิทีฟที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 5 โวลต์ เป็นเวลา 1 วินาที โดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างเนกาทีฟขาว-ดำ (D-72) เป็นเวลา 12.15 นาที แล้วใช้เวลาในการ Fog เป็นเวลา 3.30 นาที และล้างน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) โดยใช้เวลาในการทำ Color developer เป็นเวลา 3, 6 และ 9 นาที แล้วใช้เวลาในการ Bleach 10 นาที	32

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ

การถ่ายภาพเป็นศิลปะอีกแขนงหนึ่งที่ทั่วโลกนิยมนำมาสร้างผลงานตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ถึงแม้วิวัฒนาการของกล้องถ่ายภาพที่เปลี่ยนผ่านจากกล้องฟิล์มในยุคอนาล็อคกลายมาเป็นกล้อง DSLR หรือ Mirrorless ในยุคดิจิทัลที่สะดวกสบาย รวดเร็ว และให้คุณภาพของภาพที่ละเอียดและคมชัด แต่ยังมีคนอีกจำนวนไม่น้อยที่ยังคงเลือกที่จะใช้งานกล้องฟิล์ม ในอดีตการถ่ายงานสารคดีนิยมใช้ฟิล์มสไลด์ในการถ่ายภาพและนำภาพมาลงบนนิตยสาร จนมาถึงปัจจุบันที่การถ่ายภาพโดยใช้กล้องฟิล์มนั้นกลายมาเป็นที่นิยมในวงกว้างขึ้น โดยดูได้จากจำนวนร้านล้างฟิล์มที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งพบว่าการกลับมาของกล้องฟิล์มในครั้งนี้ถือได้ว่ามีบทบาทในวงการศิลปะในสังคมไทยมากขึ้นด้วย

การกลับมาของกล้องฟิล์มนั้นย่อมควบคู่มากับกระบวนการล้างฟิล์มหรือการทำให้ฟิล์มที่หลังจากถูกฉายแสง (Exposure) ในปริมาณที่พอเหมาะ ภาพของวัตถุจะถูกบันทึกไว้ในเยื่อไวแสงในลักษณะของภาพแฝง (Latent image) ซึ่งเป็นภาพที่ยังมองไม่เห็นจนกว่าจะผ่านกระบวนการล้างฟิล์ม โดยน้ำยาที่ใช้ในกระบวนการล้างฟิล์มนั้นจะแบ่งตามประเภทของฟิล์มที่ใช้ถ่ายภาพ โดยแบ่งออกเป็น 4 ชนิดหลัก คือ ฟิล์มเนกาทีฟขาวดำ ฟิล์มเนกาทีฟสี ฟิล์มพอสิทีฟขาวดำ และฟิล์มพอสิทีฟสีหรือที่เรารู้จักกันดีในชื่อของฟิล์มสไลด์สี ซึ่งในปัจจุบันพบว่าทั้งฟิล์มเนกาทีฟขาวดำ และฟิล์มเนกาทีฟสีนั้นเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการถ่ายภาพด้วยกล้องฟิล์มเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีน้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟ เช่น D-76 ที่ใช้ล้างฟิล์มเนกาทีฟขาวดำ หรือ C-41 ที่ใช้ล้างฟิล์มเนกาทีฟสี ที่สามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาดและมีราคาถูก แต่ฟิล์มพอสิทีฟสีหรือฟิล์มสไลด์สีให้คุณภาพสีและรายละเอียดของภาพนั้นสวยงามไม่แพ้กับภาพที่ถ่ายบนกล้องดิจิทัลไม่ถูกนิยมนำมาใช้เพราะน้ำยาที่ใช้ล้างฟิล์มของฟิล์มสไลด์สีนั้นหายากและมีราคาแพงในท้องตลาด จึงเกิดการล้างฟิล์มแบบ cross-process ขึ้นมา โดยการใช้น้ำยาล้างฟิล์มของฟิล์มเนกาทีฟมาใช้ล้างฟิล์มสไลด์สี และการล้างฟิล์มแบบ cross-process นั้นทำให้เกิดภาพบนฟิล์มพอสิทีฟขึ้น แต่สีและรายละเอียดของภาพฟิล์มที่ได้นั้นให้โทนสีจัด อาจให้โทนสีส้มแดง หรือโทนสีเขียวเหลืองในโทนสีจัดไปทางใดทางหนึ่ง ซึ่งสีที่ได้นั้นเพี้ยนจากสีจริงของวัตถุรวมถึงเพี้ยนไปจากฟิล์มที่นำมาผ่านกระบวนการล้างฟิล์มด้วยน้ำยาที่ใช้ล้างฟิล์มสไลด์โดยตรง ดังนั้นการเลือกใช้น้ำยาล้างฟิล์มให้ตรงกับชนิดของฟิล์มนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญ แต่เมื่อทราบว่าสามารถนำน้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟมาล้างฟิล์มสไลด์แล้วทำให้เกิดภาพขึ้นได้ เราจึงต้องการศึกษาผลที่เกิดขึ้นเมื่อใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟแทนน้ำยาล้างฟิล์มสไลด์ว่าจะสามารถใช้นำมาประยุกต์ใช้และมีประสิทธิภาพเทียบเท่าน้ำยาล้างฟิล์มพอสิทีฟหรือไม่

ผู้จัดทำจึงต้องการประยุกต์ใช้โดยนำน้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟขาวดำและเนกาทีฟสีมาใช้ล้างฟิล์มสไลด์หรือฟิล์มพอสิทีฟ โดยกระบวนการสร้างภาพขาวดำบนฟิล์มพอสิทีฟจะใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟขาวดำ (D-72) และกระบวนการสร้างภาพสีจะใช้น้ำยาล้างฟิล์มพอสิทีฟสี (C-41) และตรวจสอบประสิทธิภาพของภาพที่

เกิดขึ้นโดยเปรียบเทียบกับภาพที่ใช้น้ำยาล้างฟิล์มพอสิทีฟโดยตรง ซึ่งข้อมูลที่ได้นั้นสามารถนำมาปรับใช้ในการล้างฟิล์มเพื่อให้ได้คุณภาพของภาพตามความต้องการ ประหยัดค่าใช้จ่ายในกระบวนการล้างฟิล์มพอสิทีฟ เนื่องจากน้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟสีและขาวดำมีราคาถูกและสามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาด รวมถึงสามารถนำไปใช้งานได้จริงในรายวิชาปฏิบัติการการล้างฟิล์มของภาควิชาเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ ซึ่งมีการเรียนการสอนเกี่ยวกับฟิล์มพอสิทีฟสี

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อประยุกต์ขั้นตอนการล้างฟิล์มพอสิทีฟสีโดยใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟสีและขาวดำที่หาได้ง่ายและราคาถูกแทนน้ำยาล้างฟิล์มพอสิทีฟสีที่มีราคาแพง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟขาวดำ (D-72) และเนกาทีฟสี (C-41) สร้างภาพบนฟิล์มพอสิทีฟสีได้

1.3.2 ได้ข้อมูลขั้นตอนวิธีการล้างและระยะเวลาในการล้างฟิล์มพอสิทีฟด้วยขั้นตอนการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟขาวดำ (D-72) และเนกาทีฟสี (C-41) แทนน้ำยาล้างฟิล์มพอสิทีฟสี

1.3.3 ประหยัดค่าใช้จ่ายในการล้างฟิล์มพอสิทีฟสี

บทที่ 2

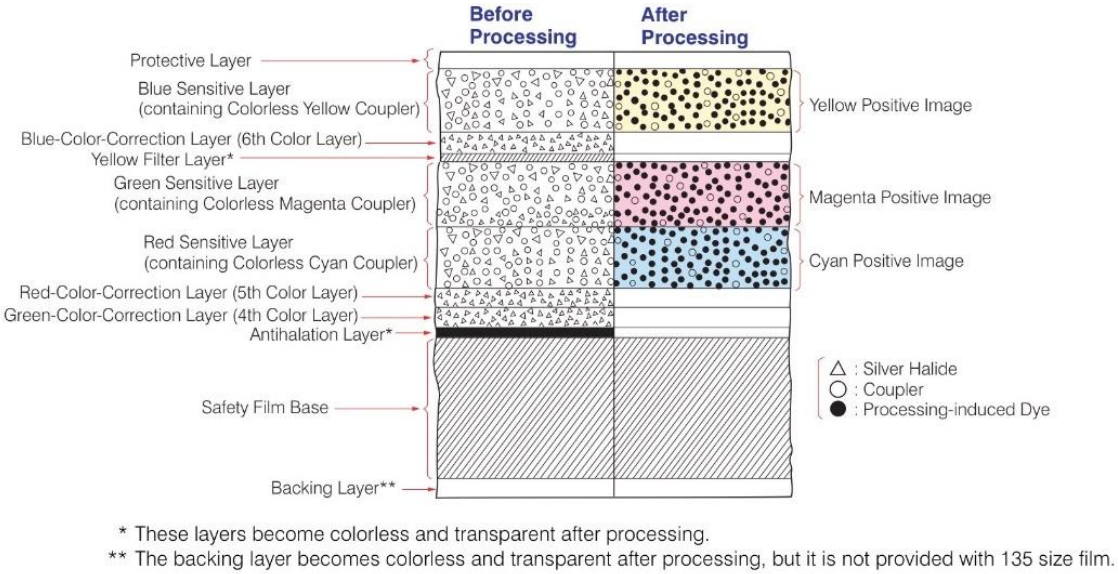
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฟิล์มสไลด์สี (Color Slide Film)

ฟิล์มสไลด์สี (Color Slide Film, Color Reversal Film หรือ Color Positive Film) เป็นฟิล์มสีที่เมื่อนำไปถ่ายภาพ เมื่อผ่านกระบวนการล้างฟิล์มแล้ว จะได้ภาพโปร่งใสที่มีสีตรงตามความเป็นจริงของวัตถุ (positive image) และภาพที่ได้มีความละเอียดสูง ซึ่งฟิล์มสไลด์สีมีลักษณะเป็น Multi-Layered Film คือ ฟิล์มหลายชั้นทำหน้าที่แทนสีแต่ละสี คิดค้นโดย Rudolph Fischer คือฟิล์มสามชั้นแทนแม่สีทั้งสาม การทำให้เกิดสีคือการถูกย้อมโดยผสมเข้ากันในแต่ละชั้นสี และ Develop ด้วยเกลือเงิน เมื่อเกลือเงินถูกขัดออกไป สีที่ผสมแล้วจะคงอยู่บนภาพ ปัญหาคือ Rudolph Fischer หาวิธีหยุดการผสมสีกันในแต่ละชั้นนั้นไม่ได้ ทำให้ไม่สามารถควบคุมให้ได้สีที่ต้องการได้ หลังจากนั้น Leopold Godowsky, Jr. และ Leopold Mannes ได้พัฒนาทดสอบวิธีการเคลือบฟิล์มด้วยชั้นน้ำยาไวแสงสองชั้น ชั้นบนเป็นน้ำยาไวแสงช้ากว่า ไวต่อแสงสีเขียวและน้ำเงิน ส่วนชั้นล่างเป็นน้ำยาไวต่อแสงสีแดง ซึ่งจะไวแสงกว่า ดังนั้น ชั้นบนจะเป็นการย้อมสีเหลืองเพื่อกรองสีน้ำเงินออกก่อนจะไปถึงชั้นล่างซึ่งเป็นสีแดง เมื่อมีแสงผ่านเข้ามา ทั้งสองชั้นนี้จะปรับสีต่าง ๆ ให้ถูกต้อง

โครงสร้างของฟิล์มสไลด์สีนั้นคล้ายกับ color negative film ซึ่งประกอบไปด้วยเกลือเงินหรือ silver halides ได้แก่ผลึก silver chloride, bromide และ iodide ผสมกับเจลาติน และอิมัลชันของฟิล์มสไลด์สีมี 3 ชั้นที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ประกอบด้วยชั้นเยื่อไวแสงสีน้ำเงิน ชั้นเยื่อไวแสงสีเขียว และชั้นเยื่อไวแสงสีแดง และในแต่ละชั้นเลเยอร์นั้นมีชั้นเลเยอร์ย่อยอีกชั้นหนึ่ง



* These layers become colorless and transparent after processing.
** The backing layer becomes colorless and transparent after processing, but it is not provided with 135 size film.

ภาพที่ 1 ภาพแสดงโครงสร้างของชั้นฟิล์ม Fujichrome Velvia 100F Professional (RVP100F)

จากภาพที่ 1 ที่แสดงโครงสร้างของชั้นฟิล์ม โดยแสดงชั้นบนสุดทำหน้าที่ป้องกันผิวหน้าของเยื่อไวแสง (Protective Layer) ป้องกันการเกิดรอยขูดขีดและการเสียดสีต่าง ๆ ซึ่งอาจทำให้ฟิล์มชำรุดเสียหายได้

ชั้นต่อมาคือชั้นเยื่อไวแสงสีน้ำเงิน (Blue Sensitive Layer) เป็นชั้นเยื่อไวแสงที่บันทึกเฉพาะสีน้ำเงิน ประกอบด้วย silver halides ซึ่งไวต่อแสงสีน้ำเงินและมีสารคู่ควบสีเหลืองเกาะอยู่โดยรอบ ชั้นถัดมาคือชั้นแยกเยื่อไวแสงสีน้ำเงิน (Blue-Color-Correction Layer) เพื่อป้องกันการเหลื่อมของสารสี ช่วยให้ได้ภาพสีที่มีความคมชัด และถัดมาเป็น Yellow Filter Layer ทำหน้าที่กรองแสงสีน้ำเงินและรังสีอัลตราไวโอเลตไม่ให้ทะลุผ่านไปรบกวนชั้นไวแสงอื่น ๆ และต่อมาเป็นชั้นเยื่อไวแสงสีเขียว (Green Sensitive Layer) เป็นชั้นเยื่อไวแสงที่ใช้บันทึกเฉพาะแสงสีเขียว ประกอบด้วย silver halide ซึ่งไวต่อแสงสีเขียวและสารคู่ควบสี magenta ที่เกาะอยู่รอบผลึก silver halide และชั้นถัดมาเป็นชั้นเยื่อไวแสงสีแดง (Red Sensitive Layer) เป็นชั้นเยื่อไวแสงที่บันทึกเฉพาะสีแดง ประกอบด้วย silver halide ซึ่งไวต่อแสงสีเขียวและสารคู่ควบสี cyan ที่เกาะอยู่รอบผลึก silver halide เช่นกัน ถัดมาอีก 2 ชั้นเป็นชั้นที่แยกเยื่อไวแสงสีแดง (Blue-Color-Correction Layer) และชั้นที่แยกเยื่อไวแสงสีเขียว (Green-Color-Correction Layer) ตามลำดับ และชั้นต่อมาคือชั้นสารป้องกันการสะท้อนกลับของแสง (Antihalation Layer) เป็นชั้นของสารป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาของรัศมี อันเนื่องมาจากการสะท้อนกลับของแสงเมื่อกระทบพื้นฟิล์ม โดยสารป้องกันนี้จะดูดกลืนแสงที่ทะลุผ่านฟิล์มบางส่วนไว้ทั้งหมด และชั้นสุดท้ายเป็นพื้นฟิล์ม (Base) เป็นฐานรองรับชั้นล่างสุดของฟิล์มทำด้วยวัสดุโปร่งใสจำนวนพลาสติก แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

โพลีเอสเตอร์ ซึ่งมีชื่อทางเคมีว่า Polyethylene terephthalate polyester มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้ทำพื้นฟิล์ม เพราะเหนียว ไม่ยืดหรือหดง่าย เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป มีผิวเรียบสม่ำเสมอ นิยมนำมาใช้เป็นพื้นฟิล์มขนาดใหญ่ เช่น 4” x 5” หรือ 8” x 10” เป็นต้น

เซลลูโลสไตรอาซิเตต (Cellulose triacetate) เป็นวัสดุที่บาง เหนียว และม่วนงอได้ดี นิยมนำมาใช้เป็นพื้นฟิล์มชนิดม้วน, ฟิล์มเบอร์ 135, 126, และ 110

2.2 หลักการทำงานของฟิล์มสี

ฟิล์มสีทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นฟิล์มสีเนกาทีฟหรือฟิล์มสีพอซิทีฟ จะมีโครงสร้างของชั้นเยื่อไวแสงสีเช่นเดียวกัน การเรียงชั้นเยื่อไวแสงจากบนลงล่าง เป็นสีน้ำเงิน เขียว และแดง ตามลำดับ ก็เพื่อให้เกิดความสมดุลสอดคล้องกับความยาวของคลื่นแสงสีปฐมภูมิ ซึ่งคลื่นแสงสีน้ำเงินมีความยาวคลื่นสั้นที่สุด ถัดมาคือคลื่นแสงสีเขียวและคลื่นแสงสีแดงจะมีความยาวคลื่นยาวที่สุด

นอกจากเยื่อไวแสงสี 3 ชั้น ดังกล่าวแล้ว ฟิล์มยังมีสารคู่ควบสี ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดสีเป็นคู่ ๆ กับสีปฐมภูมิ คือสีน้ำเงินคู่กับสีเหลือง สีเขียวคู่กับสีมาเจนตา และสีแดงคู่กับสีไซแอน จากโครงสร้างของฟิล์มดังกล่าวมานั้นพอจะอธิบายกระบวนการทำงานของฟิล์มสีได้ดังนี้

เมื่อกดชัตเตอร์ถ่ายภาพ แสงจะผ่านเลนส์เข้าไปตกกระทบที่ฟิล์ม silver halide ในเยื่อไวแสงสีแต่ละชั้นจะบันทึกสีปฐมภูมิเฉพาะสีที่เยื่อไวแสงสีที่ฟิล์มชั้นนั้นไวเท่านั้น คือชั้นเยื่อไวแสงสีน้ำเงิน จะบันทึกเฉพาะแสงสีน้ำเงิน ขณะที่ชั้นเยื่อไวแสงสีเขียวจะบันทึกเฉพาะแสงสีเขียวและชั้นเยื่อไวแสงสีแดงจะบันทึกเฉพาะแสงสีแดงเท่านั้น โดย silver halide ที่บันทึกแสงสีดังกล่าวจะทำให้เกิดภาพแฝง (Latent image) ติดอยู่ที่ฟิล์ม

เมื่อนำฟิล์มไปผ่านกระบวนการสร้างภาพ (Processing) ด้วยน้ำยาสร้างภาพสี (Color developer agent) น้ำยาจะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับ silver halide ที่เป็นภาพแฝงให้กลายเป็นเม็ดโลหะเงินสีดำ (Black-metallic silver) จนเกิดเป็นภาพเงินดำ ขณะเดียวกันน้ำยาสร้างภาพสีที่เจือจางลงจะทำปฏิกิริยากับสารคู่ควบสี ซึ่งเกาะอยู่โดยรอบเม็ดโลหะสีดำ ให้แปรสภาพเป็นภาพสี (color image) ประกอบด้วยสี yellow, magenta และ cyan

หลังจากนั้นนำฟิล์มไปล้างในน้ำยาฟอกจางภาพ (Bleach bath) น้ำยาชนิดนี้จะทำปฏิกิริยากับเม็ดเงินโลหะสีดำให้กลับมาเป็น silver halide อีกครั้ง จากนั้นนำฟิล์มไปล้างในน้ำยาคงสภาพ (Fixing bath) ซึ่งน้ำยาชนิดนี้จะทำปฏิกิริยากับ silver halide ให้กลายเป็นสารประกอบเกลือ (Soluble complexes) และจะหลุดออกจากฟิล์มโดยละลายผสมอยู่กับน้ำยาคงภาพ

ดังนั้นในที่สุดแล้วชั้นต่าง ๆ ของฟิล์มจะคงเหลืออยู่แต่เพียงสีที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารสีกับน้ำยาสร้างภาพเท่านั้น ภาพสีที่ปรากฏบนฟิล์มหลังผ่านกระบวนการล้างฟิล์มครบทุกขั้นตอนแล้ว จึงเป็นผลมาจากการซ้อนทับของสีทั้งสาม คือสี yellow magenta และ cyan

ขั้นตอนสุดท้ายของการล้างฟิล์มคือ การนำฟิล์มที่ชะน้ำเพื่อทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วไปเคลือบน้ำยาป้องกัน ก่อนจะนำไปอบแห้งซึ่งถือว่าเป็นการสิ้นสุดกระบวนการล้างฟิล์มสี

2.3 กระบวนการสร้างภาพฟิล์มสไลด์สี

กระบวนการสร้างภาพฟิล์มไสลด์สีที่นิยมใช้ในปัจจุบันเป็นกระบวนการสร้างภาพด้วยน้ำยา E-6 ส่วนกระบวนการ K-14 เป็นกระบวนการสร้างภาพที่ใช้เฉพาะกับฟิล์มสไลด์สี Kodachrome ซึ่งกระบวนการของ K-14 มีความแตกต่างจากกระบวนการของ E-6 ถึงแม้จะล้างฟิล์มสไลด์สีเหมือนกัน ทั้งในเรื่องของความซับซ้อนและระยะเวลาในการสร้างภาพ แต่ฟิล์ม Kodachrome นี้เลิกผลิตไปเมื่อปี 2009 จึงทำให้กระบวนการสร้างภาพด้วย K-14 นี้หายไปด้วย นอกเหนือจากนั้นฟิล์มสไลด์สียังสามารถล้างด้วยกระบวนการสร้างภาพด้วยน้ำยา C-41 ซึ่งเป็นน้ำยาสำหรับใช้ล้างฟิล์มสีเนกาทีฟทั่วไป เรียกว่าการล้างแบบ cross-process คือการใช้น้ำยาล้างฟิล์มสีเนกาทีฟมาใช้ล้างกับฟิล์มสไลด์สีหรือฟิล์มสีพอซิทีฟที่สามารถทำกระบวนการล้างแบบ cross-process ได้เพราะฟิล์มทั้งสองประเภทมีโครงสร้างฟิล์มที่คล้ายกันจึงสามารถนำมาล้างได้ แต่ทำให้โทนสีภาพที่ได้ออกมานั้นเพี้ยนไปทางสีใดสีหนึ่ง เช่น yellow cyan หรือ magenta ออกมามากกว่าปกติ และเนื่องจากต้องการภาพที่ได้จากฟิล์มสไลด์สีที่ตรงกับวัตถุจริง ดังนั้นทางเลือกในการใช้น้ำยา E-6 จึงเหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ความสมดุลของสีรวมถึง คอนทราสต์ในภาพถ่ายนั้นออกมาค่อนข้างที่จะตรงกับภาพจริง และบริษัทที่ผลิตฟิล์ม เช่น Kodak และ Fuji ได้ผลิตฟิล์มสไลด์สีที่ใช้ในกระบวนการล้างแบบ E-6 ออกมาหลายตัว และอายุความคงทนของฟิล์มสไลด์สีที่ล้างแบบ E-6 ก็มีอายุมากถ้าเก็บไว้ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ซึ่งควรเก็บไว้ที่มีอุณหภูมิต่ำ ในที่ซึ่งไม่สว่างมากจนเกินไป และใช้แฟ้มเก็บฟิล์มสไลด์ที่ผลิตมาได้มาตรฐาน

2.4 การล้างฟิล์มสไลด์สีด้วยกระบวนการ E-6

- E-6 reversal film process with 3-bath kits ล้างแบบใช้น้ำยา 3 ขั้นตอน

1. การสร้างภาพขาว-ดำ (first developer) : คล้ายกับการล้างฟิล์มขาว-ดำ กล่าวคือเป็นการสร้างภาพเนกาทีฟ โดยสารเคมีในน้ำยาสร้างภาพจะทำปฏิกิริยากับส่วนที่ถูกแสงของฟิล์มด้วยการเปลี่ยนโครงสร้างอะตอมของผลึกเกลือเงินแฮไลด์ (Silver halide crystal) ให้กลายเป็นโลหะเงินที่สามารถมองเห็นได้
2. การล้างด้วยน้ำ (washing) : เป็นการหยุดปฏิกิริยาของน้ำยาสร้างภาพขาว-ดำ
3. การสร้างภาพสี (color developer) : เป็นการสร้างสีของสไลด์ ฟิล์มสไลด์สีจะมีตัวยึดสีที่เพิ่มเข้ามาจากการผลิตและจะทำปฏิกิริยากับน้ำยาสร้างภาพสีเพื่อทำให้เกิดสีในส่วนต่าง ๆ ตามค่าความดำของภาพ
4. การล้างด้วยน้ำ (washing) : หยุดปฏิกิริยาของน้ำยาสร้างภาพสี
5. การฟอกสีและการคงสภาพของภาพ (bleach-fix or blix) : เป็นการทำปฏิกิริยากับเงินแฮไลด์ให้กลายเป็นสารประกอบของเกลือที่ละลายน้ำได้เพื่อให้หลุดออกจากฟิล์มไปในขั้นตอนการล้างด้วยน้ำ และคงสภาพไว้ให้เหลืออยู่เพียงแค่สีย้อมบนฟิล์ม
6. การล้างด้วยน้ำ (wash) : เป็นการล้างน้ำยาคงสภาพและสารประกอบอื่น ๆ ที่ละลายน้ำให้ได้ออกไปจากฟิล์ม
7. การเคลือบหรือปรับสภาพฟิล์ม : ทำให้สีที่อยู่บนฟิล์มมีความคงตัวและทำให้ฟิล์มแห้งตัว

- E-6 reversal film process with 6-bath kits ล้างแบบใช้น้ำยา 6 ขั้นตอน

1. การสร้างภาพ (first developer) : คล้ายกับการล้างฟิล์มขาว-ดำ กล่าวคือเป็นการสร้างภาพเนกาทีฟ โดยสารเคมีในน้ำยาสร้างภาพจะทำปฏิกิริยากับส่วนที่ถูกแสงของฟิล์มด้วยการเปลี่ยนโครงสร้างอะตอมของผลึกเกลือเงินแฮไลด์ (Silver halide crystal) ให้กลายเป็นโลหะเงิน ที่สามารถมองเห็นได้
2. การล้างด้วยน้ำ (washing) : เป็นการหยุดปฏิกิริยาของน้ำยาสร้างภาพขาว-ดำ
3. การปรับภาพ (inversion) : ใช้ขั้นตอนทางเคมีในการปรับภาพ
4. การสร้างภาพสี (color developer) : เป็นการสร้างสีของสไลด์ ฟิล์มสไลด์สีจะมีตัวยึดสีที่เพิ่มเข้ามาจากการผลิตและจะทำปฏิกิริยากับน้ำยาสร้างภาพสีเพื่อทำให้เกิดสีในส่วนต่าง ๆ ตามค่าความดำของภาพ
5. ก่อนการฟอกสี (pre bleach) : ทำให้สีย้อมบนฟิล์มอยู่คงที่ตลอดกระบวนการที่เหลือ
6. การฟอกสี (bleach) : เป็นการทำปฏิกิริยากับเงินแฮไลด์ให้กลายเป็นสารประกอบของเกลือที่ละลายน้ำได้เพื่อให้หลุดออกจากฟิล์มไปในขั้นตอนการล้างด้วยน้ำ

7. การคงสภาพฟิล์ม (fixing) : ทำการขจัดสารประกอบเงินต่าง ๆ ออกไปจนหมด เหลือไว้เพียงแค่สีย้อมบนฟิล์ม
8. การล้างด้วยน้ำ (washing) : ล้างน้ำยาคงสภาพและสารประกอบอื่น ๆ ที่ละลายน้ำให้ได้ออกไปจากฟิล์ม
9. การปรับสภาพฟิล์มหรือการล้างครั้งสุดท้าย (stabilizer or final rinse) : ทำให้สีที่อยู่บนฟิล์มมีความคงตัว รวมไปถึงการเติมสารที่ช่วยให้ฟิล์มแห้งตัว
    - ขั้นตอนการล้างฟิล์มสไลด์สีด้วยน้ำยาล้างฟิล์มสไลด์สี TETENAL COLORTEC© (E-6)

PROCESSING

STANDARD DEVELOPMENT AT 38 °C / 100 °F

	Temp. °F	Processing time					
Step		500 ml 1-2 Films	1000 ml 1-4 Films	500 ml 3-4 / 1-6 Films	1000 ml 5-8 / 1-12 Films	500 ml 5-6 Films	1000 ml 9-12 Films
0 Pre-heat the developer drum	100 ± 0.5			5' 00"			
1 First Developer	100 ± 0.5	6' 15"		6' 30"		6' 45"	
2 Washing	100 ± 1.0			2' 30"			
3 Colour Developer	100 ± 1.0	6' 00"		7' 00"		8' 00"	
4 Wash	97 ± 5.0			2' 30"			
5 Bleach Fix	97 ± 5.0	6' 00"		7' 00"		8' 00"	
6 Wash	97 ± 5.0			4' 00"			
7 Stabilizer	68 - 77			1' 00"			

ภาพที่ 2 ภาพขั้นตอนการล้างฟิล์มสไลด์สีด้วยน้ำยาล้างฟิล์มสไลด์สี TETENAL COLORTEC© (E-6)

2.5 สารเคมีที่ทำให้เกิดภาพบนฟิล์ม

2.5.1 น้ำยาสร้างภาพ (Developer)

เป็นน้ำยาที่จะสร้างภาพให้เกิดขึ้นบนฟิล์ม โดยสารเคมีในน้ำยาจะทำปฏิกิริยากับส่วนที่ถูกแสงข องฟิล์มด้วยการเปลี่ยนโครงสร้างอะตอมของผลึกเกลือเงินแฮไลด์ (Silver halide crystal) ให้กลายเป็นโลหะเงินดำ (Black metallic silver) ที่สามารถมองเห็นได้ กล่าวคือ บริเวณที่มีความสว่างมากหรือถูกแสงมากจะมีสีดำมาก ส่วนบริเวณที่ถูกแสงน้อยก็จะดำน้อย จากความแตกต่างของระดับสีดำที่เกิดขึ้นบนฟิล์มนี้เองที่ทำให้เกิดเป็นภาพขึ้นมา แต่ก็ยังเป็นภาพที่ไม่สมบูรณ์เพราะเป็นภาพเนกาทีที่ยังอยู่ในลักษณะตรงข้ามกับความเป็นจริงของสิ่งที่ถ่าย เช่น ถ้าสิ่งที่ถ่ายเป็นบุคคล สีผมหรือสีดำ ซึ่งสะท้อนแสงไปที่ฟิล์มน้อยก็จะกลายเป็นสีขาว ส่วนที่เป็นใบหน้าซึ่งสะท้อนแสงไปที่ฟิล์มมากก็จะกลายเป็นสีดำ เป็นต้น

โดยทั่วไปแล้ว น้ำยาสร้างภาพมีหลายสูตร หลายยี่ห้อ แต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติทางเคมีแตกต่างกัน เช่น สามารถสร้างภาพได้เร็วหรือช้า สีของภาพมีความเปรียบต่างกันมากหรือน้อย ให้ภาพที่มีเม็ดเนื้อหรือเกรน

ละเอียด ปานกลาง หรือหยาบ ดังนั้นในการล้างฟิล์มแต่ละครั้ง จึงต้องเลือกชนิดของน้ำยาสร้างภาพให้เหมาะสมกับชนิดของฟิล์มและลักษณะภาพที่ต้องการ

2.5.1.1 ส่วนประกอบของน้ำยาสร้างภาพ

- ตัวทำละลาย (Solvent) ได้แก่ เพราะน้ำสามารถแทรกซึมเข้าไปในวัสดุไวแสงได้ง่าย ทำให้วัสดุไวแสงพองตัวเล็กน้อย เป็นการช่วยให้สารสร้างภาพเข้าไปทำปฏิกิริยาได้ดียิ่งขึ้น
- สารสร้างภาพ (Developer agent) เป็นสารประกอบรีดิวเซอร์หรือสารสกัดบาง (Reducer) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ silver ion บริเวณ silver halide ที่ถูกฉายแสงได้เร็วกว่าบริเวณที่ไม่ถูกฉายแสงแล้วเปลี่ยน silver ion เป็นโลหะเงินสีดำ (Black-metallic silver) ทำให้เป็นภาพขึ้นมา สารเคมีที่เป็นที่รู้จักและนิยมใช้ ได้แก่ เมทอล (Metol), อีลอน (Elon), ไฮโดรควิโนน (Hydroquinone หรือ Quinol), ไมโครดอล (Microdol) และอมิดอล (Amidol) เป็นต้น ในการใช้อาจใช้สารสร้างภาพหลายชนิดผสมกันกลายเป็นสูตรน้ำยาหลายสูตร ซึ่งจะทำให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน สำหรับการล้างฟิล์มทั่วไปนิยมใช้ เมทอล ผสมกับไฮโดรควิโนน ซึ่งมักจะเรียกชื่อว่า MQ โดยจะมีอัตราส่วนประมาณ 1:4
- ตัวเร่งปฏิกิริยาสร้างภาพ (Activator, Accelerator หรือ Alkali) เนื่องจากปฏิกิริยาสร้างภาพจะเกิดขึ้นได้ดีในสารละลายสร้างภาพที่เป็นด่างหรือ pH สูง ๆ ดังนั้นตัวเร่งปฏิกิริยาสร้างภาพซึ่งมีหน้าที่เร่งปรากฏภาพให้เร็วขึ้นจึงต้องเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง เช่น บอแรกซ์ (Borax) โกดัลก์ (Kodalk) หรือโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate) และโพแทสเซียมคาร์บอเนต (Potassium Carbonate) โดยตัวเร่งปฏิกิริยาสร้างภาพมีความสำคัญต่อการล้างฟิล์มอย่างยิ่ง เพราะถ้าไม่มี การปรากฏภาพจะช้ามาก โดยจะใช้เวลาประมาณชั่วโมงเศษ
- สารกันเสียหรือตัวยารักษา (Preservation) ออกซิเจนในอากาศและน้ำถือเป็นศัตรูสำคัญของน้ำยาสร้างภาพ เพราะสารละลายสร้างภาพที่เป็นด่างอาจถูกทำลายหรือถูกออกซิไดส์ด้วยออกซิเจนทำให้ได้สารมีสี น้ำยาจะกลายเป็นสีน้ำตาลหรือสีดำ แล้วเสื่อมสภาพไป จึงจำเป็นต้องใส่สารกันเสียคือ โซเดียมซัลไฟท์ (Sodium Sulphite) โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ (Potassium Metabisulphite) ซึ่งเป็นสารที่จะไปช่วยลดปฏิกิริยาออกซิไดส์ของสารสร้างภาพกับออกซิเจนและลดสีของน้ำยาที่ใช้แล้ว นอกจากนี้โซเดียมซัลไฟท์ยังเป็นสารที่เป็นตัวทำละลายเกลือเงินแฮไลด์ และช่วยทำให้น้ำยามีฤทธิ์เป็นด่าง

- สารป้องกันการเกิดฟ็อก (Anti-Foggants) เนื่องจากสารสร้างภาพจะทำปฏิกิริยากับ silver ion ของบริเวณที่ถูกฉายแสงได้เร็วกว่าบริเวณที่ไม่ถูกฉายแสง ดังนั้นเมื่อครบกำหนดเวลาในการล้างฟิล์มด้วยน้ำยาสร้างภาพตามปกติ ฟิล์มที่ได้จะเกิด silver halide เฉพาะส่วนที่ถูกฉายแสงเท่านั้น ถ้าเกิด silver halide ขึ้นในบริเวณที่ไม่ถูกแสง เรียกว่าการเกิดฝ้าหรือฟ็อก (Fog) ซึ่งจะทำให้เนกาทีฟที่ได้ไม่สมบูรณ์สวยงามเท่าที่ควร
- ตัวอย่างของสูตรน้ำยาสร้างภาพ

  สูตรน้ำยาสร้างภาพดี – 76 (Kodak Developer D-76)

  1. น้ำอุ่น (ประมาณ 50 องศาสเซลเซียส) 750 ซี.ซี.
  2. Metol หรือ Elon 2 กรัม
  3. Sodium Sulphite (Anhydrous) 100 กรัม
  4. Hydroquinone 5 กรัม
  5. Borax 2 กรัม
  6. เติมน้ำเย็นให้ครบ 1 ลิตร

  น้ำยาสร้างภาพ D-76 นิยมใช้สำหรับล้างฟิล์มขาวดำ โดยทั่วไปเวลาล้างฟิล์มจะผสมน้ำ 1:1 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส น้ำยาที่ผสมน้ำแล้ว 1 ลิตร ล้างฟิล์มได้ประมาณ 9 ม้วน

  สูตรน้ำยาสร้างภาพดี – 72 ((Kodak Developer D-72)

  1. น้ำอุ่น (ประมาณ 50 องศาสเซลเซียส) 500 ซี.ซี.
  2. Metol หรือ Elon 3 กรัม
  3. Sodium Sulphite (Anhydrous) 45 กรัม
  4. Hydroquinone 12 กรัม
  5. Sodium Carbonate 80 กรัม
  6. Potassium Bromide 2 กรัม
  7. เติมน้ำเย็นให้ครบ 1 ลิตร

  น้ำยา D-72 เป็นน้ำยาเก็บไว้ใช้ล้างฟิล์มและกระดาษ ถ้าจะล้างฟิล์มต้องผสมกับน้ำในอัตรา 1:1 ล้างกระดาษในอัตรา 1:2 ที่อุณหภูมิน้ำ 20 องศาเซลเซียส

2.5.2 น้ำยาหยุดภาพ (Stopbath)

น้ำยาหยุดภาพเป็นน้ำยาที่ใช้ทำลายความเป็นด่างของน้ำยาสร้างภาพก่อนที่จะนำฟิล์มไปใส่ในน้ำยาคงภาพซึ่งเป็นกรด เพื่อยืดอายุของน้ำยาคงภาพ

2.5.3 น้ำยาคงภาพ (Fixer)

น้ำยาคงภาพมักจะเรียกว่า ไฮโป (Hypo) ตามชื่อทางการค้าของสารที่ทำให้ภาพคงตัวซึ่งได้แก่ โซเดียไทโอซัลเฟต (Sodium Thiosulphate) หรือแอมโมเนียมไทโอซัลเฟต (Ammonium Thiosulphate) น้ำยาคงสภาพเป็นน้ำยาที่ใช้ละลายเกลือเงินที่ไม่ถูกแสงหรือไม่ทำปฏิกิริยาสร้างภาพบนฟิล์ม โดยจะทำปฏิกิริยากับ silver halide ดังกล่าวให้กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเกลือที่ละลายน้ำได้ (Soluble complex silver salts) และหลุดออกจากฟิล์มไปในขั้นตอนการชะล้างด้วยน้ำ บนฟิล์มยังคงเหลืออยู่เพียงโลหะเงินสีดำ (Black metallic silver) หรือเฉพาะส่วนที่เป็นภาพเท่านั้น ภาพบนฟิล์มจึงคงตัวไม่เปลี่ยนแปลงอีกต่อไป

น้ำยาคงภาพมีส่วนประกอบที่สำคัญ ๆ ดังนี้

- สารที่ทำให้ภาพคงตัว (Fixing agent) ได้แก่ โซเดียมไทโอซัลเฟตหรือแอมโมเนียมไทโอซัลเฟต
- กรด ใช้เติมลงไปเพื่อช่วยทำให้ด่างที่ติดมาจากน้ำยาสร้างภาพเป็นกลาง กรดที่ใช้ควรเป็นกรดอ่อน เช่น กรดน้ำส้ม (Acetic acid) หรืออาจใช้สารโซเดียมไบซัลไฟด์แทนก็ได้ โดยมีข้อควรระวังที่สำคัญคือ ต้องควบคุมค่า pH ของน้ำยาให้อยู่ระหว่าง 4.5 - 5.5 เท่านั้น เพราะถ้าใช้กรดแก่ผสมในน้ำยาคงภาพจนน้ำยามีค่า pH ต่ำกว่า 4.5 จะมีผลทำให้ไฮโปสลายตัวเกิดกำมะถันลอยตัวอยู่ในน้ำยา (Colloidal Sulfer) และกำมะถันอาจจะติดบนภาพทำให้ฟิล์มขุ่น หรือแทรกซึมเข้าไปในวัสดุไวแสงชะล้างไม่ออก ซึ่งจะเห็นผลเสียหายชัดเจนเมื่อนำฟิล์มไปอัดขยายเป็นภาพ
- สารกันเสีย (Preservative) นิยมใช้โซเดียมซัลไฟท์ หรือโซเดียมไบซัลไฟท์ เป็นสารที่จะทำปฏิกิริยากับกำมะถันแล้วได้ไทโอซัลเฟตหรือไฮโปกลับคืนมา
- สารช่วยให้วัสดุไวแสงแข็งตัว (Hardener) ได้แก่ โพแทสเซียมอะลั่ม (Potassium alum) หรือโครมอะลั่ม (Chrome alum) สารชนิดนี้มีความจำเป็นเพราะถ้าวัสดุไวแสงไม่แข็งตัวหรือพองตัวมากเกินไปอาจจะหลุดออกจากฟิล์มขณะทำการล้างได้ และนอกจากนี้การที่เยื่อไวแสงแข็งตัวจะช่วยเพิ่มความทนทานต่อการเกิดรอยขูดขีดได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย
- บัฟเฟอร์ (Buffer) ได้แก่ กรดน้ำส้ม, โซเดียมซัลไฟท์ และกรดบอริค ทำหน้าที่ช่วยให้สารละลายมีค่า pH ที่คงที่หรือมีการเลี่ยนแปลงน้อยมาก สามารถคงความเป็นกรดไว้ได้ดี แม้ว่าจะปนมาจากน้ำยาสร้างภาพก็ตาม

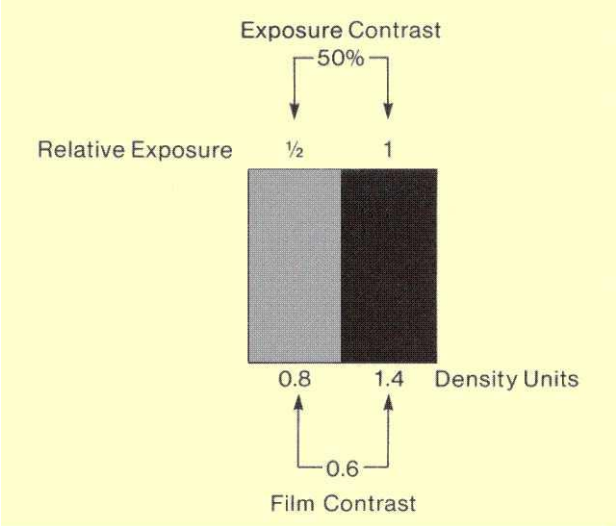
2.6 ความเปรียบต่าง (Contrast)

เป็นคุณสมบัติของฟิล์มที่สืบเนื่องมาจากความสามารถในการบันทึกและแยกระดับน้ำหนักสี (Tone) ว่ามีช่วงกว้างหรือมีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด โดยปกติแล้วค่าระดับน้ำหนักสีในฟิล์มจะมีอยู่หลายระดับจากสีขาว สีเทาอ่อน สีเทาปานกลาง สีเทาเข้ม ไปจนถึงสีดำ ฟิล์มที่มีช่วง น้ำหนักของสีแตกต่างกันมากจะบันทึกแต่เฉพาะส่วนที่สว่างที่สุด (Highlights) กับส่วนที่เป็นเงามืด (Shadows) เท่านั้น ผลก็คือส่วนที่ดำก็จะดำมาก ส่วนที่ขาวก็จะขาวมาก แต่สีกลาง ๆ หรือสีเทา (Grays) จะไม่มี เราเรียกฟิล์มแบบนี้ว่า ฟิล์มที่มีความเปรียบต่างสูง (Hight contrast) เหมาะสำหรับ การถ่ายภาพก๊อปปี้ ภาพลายเส้น และภาพทางการพิมพ์เป็นต้น ส่วนฟิล์มที่มีความเปรียบต่างต่ำ (Low contrast) จะให้ค่าระดับน้ำหนักสีที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย สีกลาง ๆ หรือสีเทาจะเป็นสีส่วนใหญ่ของภาพ โดยมีส่วนสว่างที่สุดและส่วนเงามืดที่สมดุลสวยงาม ตามระบบโซน (Zone system) เหมาะสำหรับใช้ถ่ายภาพที่ต้องการระดับน้ำหนักสีต่อเนื่องหลายระดับอย่างเช่น ภาพบุคคล ภาพทิวทัศน์ และภาพทั่ว ๆ ไป

ปกติแล้วฟิล์มที่มีความไวแสงต่ำจะเป็นฟิล์มที่มีความเปรียบต่างสูง จะมีความไวแสงเพียง ISO 5 - 10 เท่านั้น แต่ให้ค่าน้ำหนักสีดำถึง 6 ส่วน ขณะที่ฟิล์มธรรมดาและกระดาษอัดขยายภาพจะมีเพียง 3 และ 2 ส่วน ตามลำดับ ในทางกลับกัน ฟิล์มที่มีความไวแสงสูงจะมีความเปรียบต่างต่ำ ให้ค่าน้ำหนักสีหลาย ระดับอย่างต่อเนื่องกันมากกว่า

จากความรู้เรื่องความเปรียบต่างของฟิล์มทำให้เราสามารถเลือกใช้ฟิล์มได้อย่างเหมาะสมกับงานถ่ายภาพ เช่น ภาพที่มีความเปรียบต่างมาก ก็ควรใช้ฟิล์มที่มีความไวแสงสูง เพื่อลดการตัดกันของน้ำหนักสี ส่วนภาพที่มีความเปรียบต่างต่ำควรใช้ฟิล์มที่มีความไวแสงต่ำ เพื่อเพิ่มการตัดกันของน้ำหนักสี

ฟิล์มสามารถเปลี่ยนแปลงความเปรียบต่าง (contrast) จากความเปรียบต่างของการฉายแสง (exposure) ของวัตถุมาเป็นความเปรียบต่างของภาพบนฟิล์ม สามารถดูได้จาก Density หรือค่าความดำบนฟิล์ม

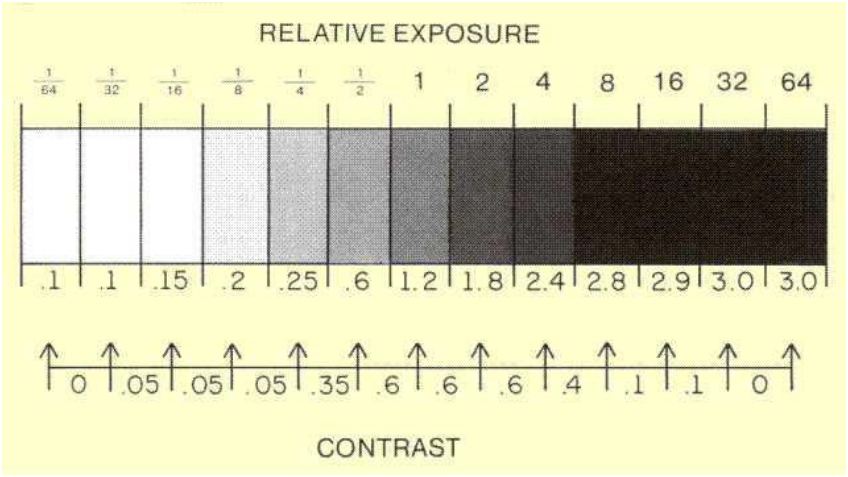


ภาพที่ 3 ภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคอนทราสต์ของการฉายแสงและคอนทราสต์ของฟิล์ม

จากภาพที่ 3 ความแตกต่างของการฉายแสงระหว่างสองพื้นที่ที่แตกต่างกัน สามารถแสดงเป็นอัตราส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างดังภาพที่ 3 ที่มีความเปรียบต่างของการฉายแสงอยู่ที่ 50% จากการฉายแสงที่มีค่าเป็น Relative Exposure ซึ่งแสดงให้เห็นอยู่ในหน่วยของค่าความดำหรือ density อยู่ที่ 0.6 ซึ่งความต่างของความดำที่ต่างกันนี้ทำให้ภาพที่เกิดขึ้นบนฟิล์มมีความคมชัดมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับส่วนที่มืดและส่วนที่สว่างของภาพมีความต่างกันมากน้อยเพียงใดดังภาพ

2.7 การส่งผ่านของความเปรียบต่าง (Contrast Transfer)

ความสามารถของฟิล์มในการสร้างความเปรียบต่างสามารถพิจารณาได้จากการสังเกตความแตกต่างของdensity ระหว่างสองพื้นที่ที่ได้รับความแตกต่างที่ระบุในการฉายแสงดังแสดงในรูปภาพบน อย่างไรก็ตามเนื่องจากปริมาณคอนทราสต์นั้นได้รับผลกระทบจากระดับการฉายแสงจึงต้องส่งช่วงของค่าการเปิดรับแสงไปยังลักษณะของความดำเพื่อแสดงลักษณะคอนทราสต์อย่างเต็มที่ดังภาพที่ 4

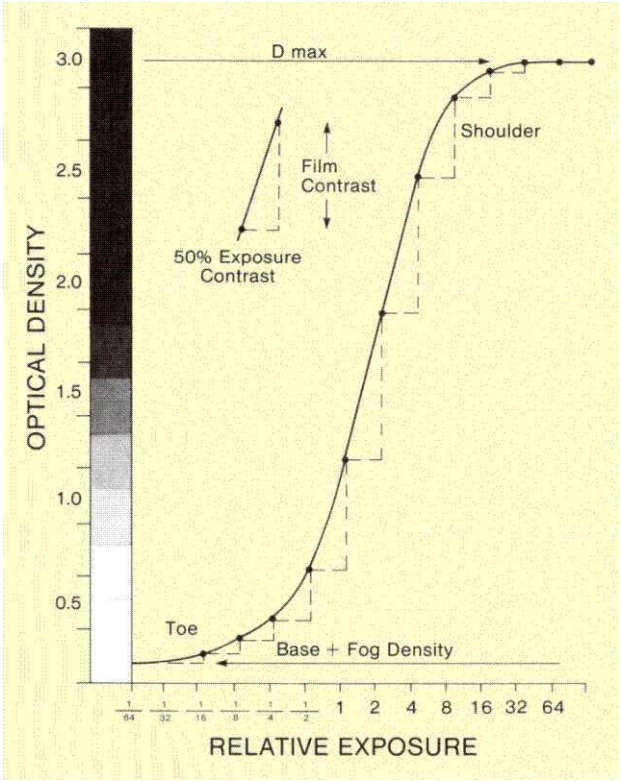


ภาพที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงในความคมชัดกับการฉายแสง

จากภาพที่ 4 ฟิล์มจะถูกแบ่งออกเป็นช่อง ๆ โดยผ่านการฉายแสงในระดับที่ต่างกัน ซึ่งเครื่องมือที่สามารถนำมาช่วยในเรื่องของการฉายแสงแบบนี้ได้คือ Step Wedge หรือ Step Tablet (แผ่นที่ลักษณะเป็นขั้นความไวแสงของการฉายแสง) ประกอบด้วยค่าความดำที่ต่างกัน 21 ขั้น เป็นช่องแถบที่มีความทึบแสงจากมืดสนิทจนไปถึงใส เมื่อฟิล์มถูกฉายแสงผ่าน Step Wedge ผลที่เกิดขึ้นคือค่าความดำของทั้ง 21 ขั้น ซึ่งสามารถวัดได้โดยเครื่อง Densitometer โดยในภาพที่ 4 เป็นการฉายแสงจะเปลี่ยนไปโดยแตกต่างกัน 2 ระดับ (คอนทราสต์ 50%) ระหว่างพื้นที่ที่อยู่ติดกัน สังเกตว่าความคมชัดไม่เท่ากันระหว่างแต่ละคู่ของพื้นที่ที่อยู่ติดกันตลอดช่วงของการฉายแสง ไม่มีความเปรียบต่างระหว่างสองพื้นที่แรก แต่คอนทราสต์จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามระดับแสงถึงค่าสูงสุดแล้วลดลงสำหรับระดับการรับแสงที่สูงขึ้น กล่าวอีกนัยหนึ่งฟิล์มบางประเภทไม่ได้สร้างคอนทราสต์ในปริมาณเท่ากันในทุกระดับของการเปิดรับแสง ต้องคำนึงถึงลักษณะสำคัญนี้เมื่อใช้ฟิล์มบันทึกภาพทางการแพทย์

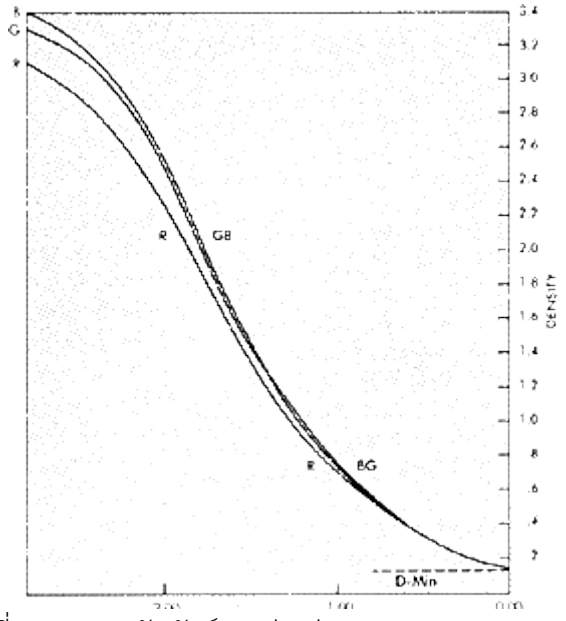
2.8 ลักษณะของกราฟค่าความดำและค่าการฉายแสง

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำหรือ density ของฟิล์มและการฉายแสงมักถูกนำเสนอในรูปแบบของกราฟดังที่ภาพที่ 5 ที่แสดงด้านล่าง



ภาพที่ 5 ภาพกราฟเส้นโค้งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำและการฉายแสง

จากภาพที่ 5 ภาพกราฟประเภทนี้เรียกว่าเส้นโค้งลักษณะฟิล์มหรือเส้นโค้ง H และ D (Hurter and Driffield) รูปร่างที่สม่ำเสมอของเส้นโค้งขึ้นอยู่กับลักษณะของอิมัลชันและกระบวนการล้างฟิล์ม การใช้เส้นโค้งลักษณะเฉพาะนี้คือการอธิบายลักษณะความเปรียบต่างของฟิล์มตลอดช่วงการฉายแสงที่ได้รับแสงที่ค่า การฉายแสงใด ๆ ลักษณะความคมชัดของฟิล์มจะแสดงด้วยความชันของเส้นโค้ง ณ จุดใดจุดหนึ่ง ความชันแสดงถึงความแตกต่างของค่าความดำ (density) ที่เกิดจากความแตกต่างของค่าแสงที่ฉายไปสู่ฟิล์มช่วงเวลาเดียวกัน โดยที่ค่าความดำที่วัดได้จะแสดงบนแกน y ส่วนค่าแสงหรือปริมาณแสงที่ฉายจะแสดงบนแกน x และเส้นโค้งของกราฟประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ Toe คือส่วนล่างสุดของกราฟที่ค่อย ๆ ไล่ระดับความดำ (density) เพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ อย่างสม่ำเสมอ โดยในฟิล์มพอสิทีฟนั้นส่วนนี้จะสว่างที่สุด (Highlights) แต่ในฟิล์มเนกาทีฟจะตรงกันข้ามคือเป็นส่วนที่ดำที่สุด (Shadows) และส่วนตรงกลางของกราฟหรือความชันของกราฟคือการไล่ระดับความความเปรียบต่างของการฉายแสงหรือที่เรียกกันว่า mid-tone ที่แสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของภาพบนฟิล์มในส่วนนี้ส่วนใหญ่จะเป็นสีเทากลาง และส่วนสุดท้ายคือ Shoulder คือส่วนมืดของฟิล์มเนกาทีฟแต่เป็นส่วนสว่างของภาพจริง ซึ่งตรงกันข้ามกับฟิล์มพอสิทีฟที่จะเป็นส่วนที่สว่างที่สุด ซึ่งกราฟที่แสดงเส้นโค้งของฟิล์มพอสิทีฟจะตรงข้ามกับฟิล์มเนกาทีฟ ดังภาพที่ 6 ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 6 แสดงกราฟเส้นโค้งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า density และการฉายแสงของฟิล์มพอสิทีฟ

โดยจากภาพที่ 5 และภาพที่ 6 ที่แสดงค่า D-max และ D-min บนกราฟ ซึ่งค่า D-max (density maximum) คือส่วนที่ค่าความดำสูงสุดบนฟิล์ม และค่า D-min (density-minimum) คือส่วนที่ค่าความดำต่ำที่สุด

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 สารเคมี

3.1.1 น้ำยาล้างฟิล์มสไลด์สี TETENAL COLORTEC© (E-6)

3.1.1.1 First Developer FD	500 ml
3.1.1.2 Colour Developer CD Part 1	500 ml
3.1.1.3 Colour Developer CD Part 2	500 ml
3.1.1.4 Bleach Fix BX Part 1	500 ml
3.1.1.5 Bleach Fix BX Part 2	500 ml
3.1.1.6 Stabilizer	500 ml

3.1.2 น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟขาวดำ (D-72)

3.1.3 น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟสี (C-41)

3.1.3.1 Color Developer	300 ml
3.1.3.2 Bleach	300 ml
3.1.3.3 Fix	300 ml
3.1.3.4 Stabilizer	300 ml

3.2 วัสดุและอุปกรณ์

3.2.1 ฟิล์มสไลด์สี (Kodak Professional Ektachrome Film E100)	12 ม้วน

3.2.2 กล้องฟิล์มรุ่น **Nikon FM2**

3.2.3 ขาตั้งกล้อง

3.2.4 ColorChecker Passport

3.2.5 แทงค์ล้างฟิล์ม (Developing tank)

3.2.6 วงล้อใส่ฟิล์ม (Spirals)

3.2.7 ที่ตวงวัดทรงกระบอก (Measuring cylinder)

3.2.8 เหยือกตวงวัด (Measuring jug)

3.2.9 เครื่องฉายแสงแบบอัดสัมผัส (Contact Copy)

3.2.10 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

3.2.11 นาฬิกาจับเวลา (Timer)

3.2.12 แหนบหนีบฟิล์ม (Film clips)

3.2.13 หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent tube)

3.2.14 กาน้ำร้อน

3.2.15 กะละมัง

3.2.16 ถุงมือ

3.2.17 กรรไกร

3.2.18 ซองบรรจุฟิล์ม

3.2.19 ตู้ตากฟิล์ม

3.2.20 ฟองน้ำไว้สำหรับเช็ดฟิล์ม

3.2.21 Kodak photographic step tablet no.2 21 steps (step wedge)

3.2.22 X-rite 810 Transmission/Reflection Color Photographic Densitometer

3.2.23 เครื่องสแกนฟิล์ม รุ่น Fujifilm Frontier SP3000

ภาพที่ 7 กล้องฟิล์มรุ่น Nikon FM2

ภาพที่ 8 แทงค์ล้างฟิล์ม

ภาพที่ 9 เครื่อง Densitometer

ภาพที่ 10 TETENAL COLORTEC© (E-6)

ภาพที่ 11 Kodak photographic step tablet no.2 21 steps (step wedge)

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ตัดฟิล์มในห้องมืด ให้มีขนาด 3.5x25 เซนติเมตร จำนวน 18 แผ่น โดยแยกแต่ละแผ่นมาเก็บแยกกันในกล่องบรรจุฟิล์มที่สามารถกันแสงได้

3.3.2 นำฟิล์มที่ได้จากข้อ 3.3.1 จำนวน 6 แผ่น มาฉายแสงโดยให้แสงผ่าน Step Wedge มายังฟิล์มด้วยเครื่องฉายแสงแบบอัดสัมผัส เพื่อหาระยะเวลาฉายแสงที่เหมาะสม โดยกำหนดกำลังไฟในการฉายแสงที่ 5 volt, 6 volt และ 7 volt ในเวลา 1 วินาที โดยแบ่งฟิล์มไปฉายแสงที่กำลังไฟละ 2 แผ่น

3.3.3 นำฟิล์มที่ผ่านการฉายแสงในข้อที่ 3.3.2 มาแบ่งเป็น 2 เซต โดยในแต่ละเซตประกอบด้วยฟิล์มที่ผ่านการฉายแสงที่ 5 volt, 6 volt และ 7 volt อย่างละ 1 แผ่น

3.3.4 ล้างฟิล์มเซตที่ 1 ด้วยน้ำยาล้างฟิล์มสไลด์สี TETENAL COLORTEC© (E-6) และล้างฟิล์มเซตที่ 2 ด้วยวิธีการล้างโดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ โดยทำตามขั้นตอนในตารางที่ 1 (1)

3.3.5 วิเคราะห์ผลเลือกกำลังไฟในการฉายแสงที่มีกำลังไฟที่เหมาะสม โดยวัดความเปรียบต่างของฟิล์มด้วย X-rite 810 Densitometer ซึ่งนำผลที่ได้มาเขียนกราฟ วิเคราะห์ผล และได้ค่ากำลังไฟที่เหมาะสมคือ 5 volt เวลา 1 วินาที

3.3.6 นำฟิล์มที่เหลือทั้งหมดไปฉายแสงโดยให้แสงผ่าน step wedge มายังฟิล์มด้วยเครื่องฉายแสงแบบอัดสัมผัส ด้วยกำลังไฟ 5 volt เป็นเวลา 1 วินาที ซึ่งเป็นกำลังไฟในการฉายแสงและเวลาที่เหมาะสม

3.3.7 นำฟิล์มพอสิทีฟที่ได้จากข้อ 3.3.6 ไปล้างโดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ โดยขั้นแรกใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟขาวดำ (D-72) หลังจากนั้นนำฟิล์มออกมา

จากแทงค์ล้างฟิล์มเพื่อให้ถูกแสงด้านนอกในระยะเวลาที่กำหนด จากนั้นนำฟิล์มกลับเข้าแทงค์ล้างฟิล์มและใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟสี (C-41) ล้างฟิล์มเป็นขั้นตอนต่อไป ถัดมาหลังจากที่ล้างฟิล์มเรียบร้อยแล้วให้นำฟิล์มไปตากในตู้ตากฟิล์มเป็นเวลา 5 นาที

โดยแต่ละขั้นตอนการล้างฟิล์มนั้นแตกต่างกันออกไปตามลำดับขั้นตอนการพัฒนาภาพและสีที่เกิดบนฟิล์มพอสิทีฟ (Kodak Ektrachrome E100) ซึ่งต้องล้างให้ครบตามเงื่อนไข โดยมีขั้นตอนการพัฒนา ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ใช้ระยะเวลาในการล้างฟิล์มตามระยะเวลาปกติของฟิล์มนากาทีฟสี (C-41) แต่เปลี่ยนระยะเวลาของน้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72) เป็นเวลา 6.15, 9.15 และ 12.15 นาที ตามลำดับ

ขั้นตอน	อุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลาในการล้าง (นาที)
ขั้นตอนสร้างภาพด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72)		
น้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72)	38	6.15 (1) / 9.15 (2) / 12.15 (3)
น้ำ	38	2.30
ขั้นตอนการฉายแสง ระยะเวลา 3.30		
ขั้นตอนสร้างภาพด้วยน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41)		
Color Developer	38	3.00
น้ำ	36	0.15
Bleach	38	4.00
น้ำ	36	1.00
Fix	38	3.30
น้ำ	36	2.00
Stabilizer	25 (อุณหภูมิห้อง)	1.05
ตากแห้ง	30-40	5.00

ตารางที่ 2 ใช้ระยะเวลาในการล้างฟิล์มตามระยะเวลาปกติของฟิล์มนากาทีฟขาวดำ (D-72) และเนกาทีฟสี (C-41) แต่เปลี่ยนระยะเวลาในขั้นตอนการฉายแสงเป็น 1.30, 2.30 และ 3.30 นาที ตามลำดับ

ขั้นตอน	อุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลาในการล้าง (นาที)
ขั้นตอนสร้างภาพด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72)		
น้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72)	38	6.15
น้ำ	38	2.30
ขั้นตอนการฉายแสง ระยะเวลา 1.30 (1) / 2.30 (2) / 3.30 (3)		
ขั้นตอนสร้างภาพด้วยน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41)		
Color Developer	38	3.00
น้ำ	36	0.15
Bleach	38	4.00
น้ำ	36	1.00
Fix	38	3.30
น้ำ	36	2.00
Stabilizer	25 (อุณหภูมิห้อง)	1.05
ตากแห้ง	30-40	5.00

ตารางที่ 3 ใช้ระยะเวลาในการล้างฟิล์มตามระยะเวลาปกติของฟิล์มนากาทีฟขาวดำ (D-72) และระยะเวลาในขั้นตอนการฉายแสง แต่เปลี่ยนระยะเวลาในขั้นตอน Color Developer เป็น 3.00, 6.00 และ 9.00 นาที ตามลำดับ

ขั้นตอน	อุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลาในการล้าง (นาที)
ขั้นตอนสร้างภาพด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72)		
น้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72)	38	6.15
น้ำ	38	2.30
ขั้นตอนการฉายแสง ระยะเวลา 3.30		
ขั้นตอนสร้างภาพด้วยน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41)		
Color Developer	38	3.00 (1) / 6.00 (2) / 9.00 (3)
น้ำ	36	0.15
Bleach	38	4.00
น้ำ	36	1.00
Fix	38	3.30
น้ำ	36	2.00
Stabilizer	25 (อุณหภูมิห้อง)	1.05
ตากแห้ง	30-40	5.00

ตารางที่ 4 ใช้ระยะเวลาในการล้างฟิล์มตามระยะเวลาปกติของฟิล์มนากาทีฟขาวดำ (D-72) และระยะเวลาในขั้นตอนการฉายแสง แต่เปลี่ยนระยะเวลาในขั้นตอน Bleach เป็น 4.00, 6.00 และ 10.00 นาที ตามลำดับ

ขั้นตอน	อุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลาในการล้าง (นาที)
ขั้นตอนสร้างภาพด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72)		
น้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72)	38	6.15
น้ำ	38	2.30
ขั้นตอนการฉายแสง ระยะเวลา 3.30		
ขั้นตอนสร้างภาพด้วยน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41)		
Color Developer	38	6.00
น้ำ	36	0.15
Bleach	38	4.00 (1) / 6.00 (2) / 10.00 (3)
น้ำ	36	1.00
Fix	38	3.30
น้ำ	36	2.00
Stabilizer	25 (อุณหภูมิห้อง)	1.05
ตากแห้ง	30-40	5.00

3.3.8 นำฟิล์มที่ได้จากการล้างโดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ ตามข้อ 3.3.7 มาวัดค่าความดำและบันทึกผลที่ได้

3.3.9 วิเคราะห์ผลเพื่อหาขั้นตอนการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟที่ทำให้เกิดภาพและสีบนฟิล์มพอสิทีฟ (Kodak Ektrachrome E100) ที่มีคุณภาพที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มพอสิทีฟที่ล้างด้วยน้ำยาล้างฟิล์มสไลด์สี TETENAL COLORTEC© (E-6) โดยดูจากความเปรียบต่าง (contrast) จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำที่ได้จากการล้างฟิล์มเนกาทีฟในเงื่อนไขต่าง ๆ กับค่าระดับ Relative logH บน Step wedge และสังเกตภาพที่เกิดขึ้นบนฟิล์มด้วยตาเปล่า

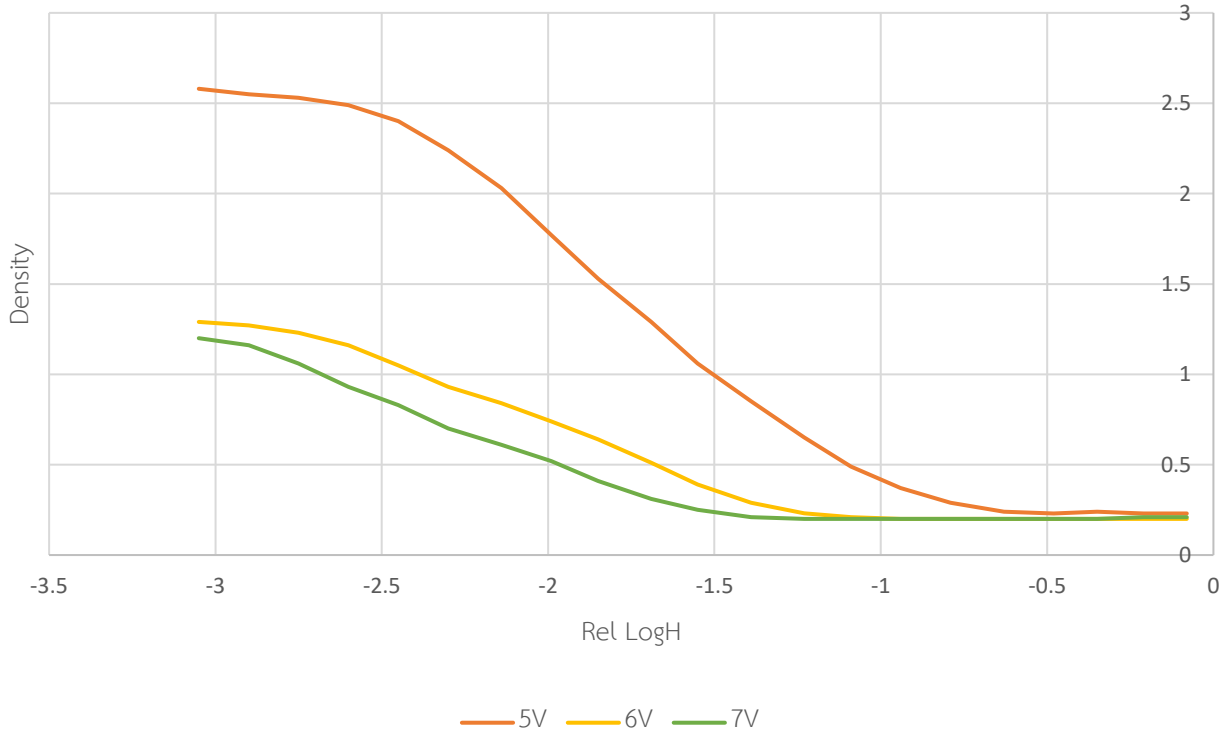
บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่า เมื่อนำฟิล์มพอสิทีฟมาล้างด้วยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟนั้นฟิล์มเกิดภาพและสีที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกับฟิล์มที่ล้างด้วยน้ำยาล้างฟิล์มสไลด์สี TETENAL COLORTEC© (E-6) ดังแสดงในกราฟดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาค่าความเข้มแสงที่เหมาะสมในการล้างฟิล์มพอสิทีฟด้วยน้ำยาล้างฟิล์มสไลด์สี TETENAL COLORTEC© (E-6) ตามคู่มือการใช้งานของน้ำยาล้างฟิล์มสไลด์สี TETENAL COLORTEC© (E-6)

กราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำของการฉายแสงบนฟิล์มพอสิทีฟที่ 5, 6 และ 7 โวลต์ ที่เวลา 1 วินาที โดยล้างน้ำยาล้างฟิล์มสไลด์สี TETENAL COLORTEC© (E-6) กับค่าระดับ Relative logH บน Step wedge

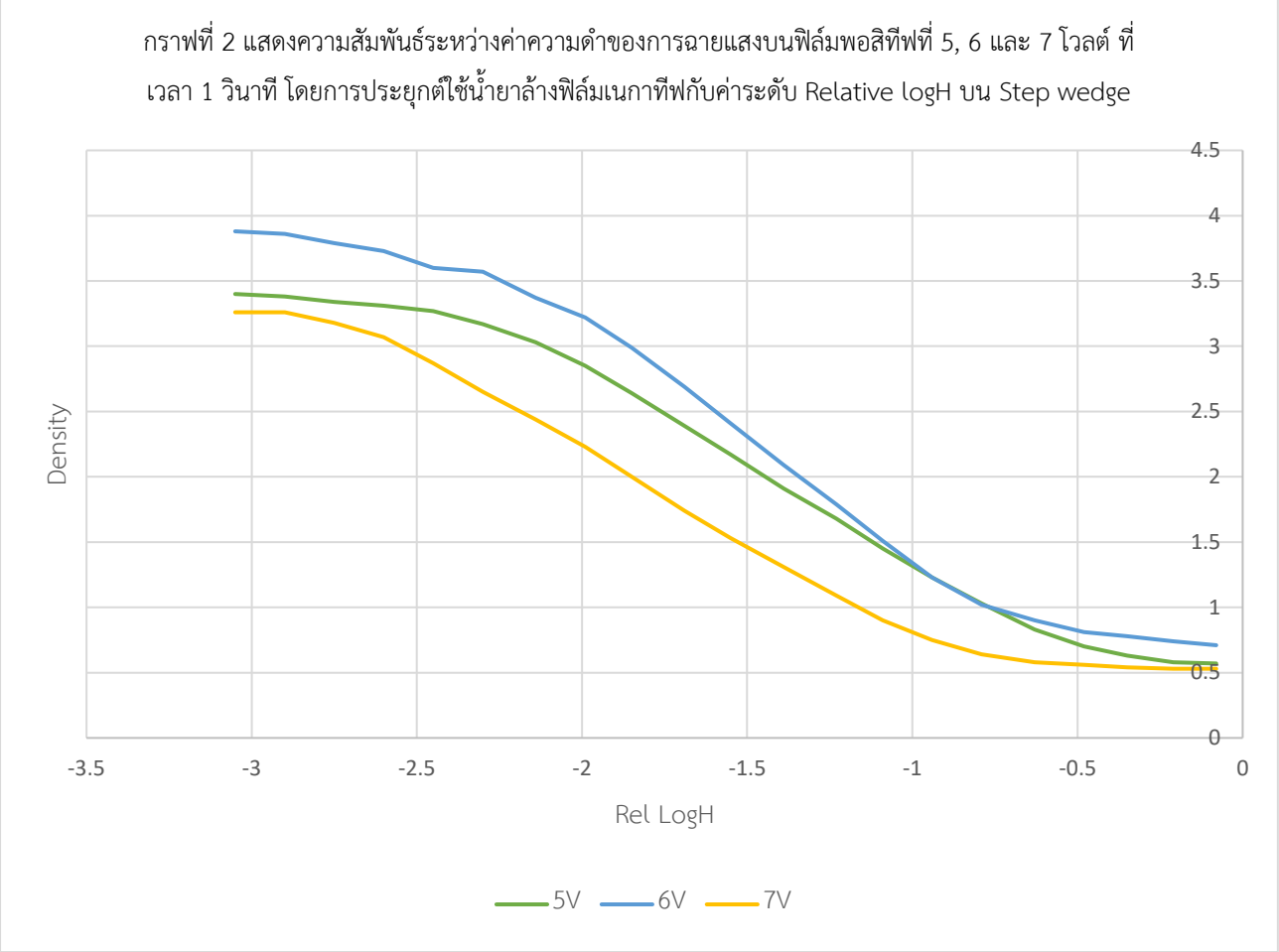


กราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำของการฉายแสงบนฟิล์มพอสิทีฟด้วยความเข้มแสงที่ 5, 6 และ 7 โวลต์ เป็นเวลา 1 วินาที โดยล้างฟิล์มด้วยน้ำยาล้างฟิล์มสไลด์สี TETENAL COLORTEC© (E-6) กับค่าระดับ Relative logH บน step wedge ซึ่งค่า Relative logH นั้นมีค่าเป็นลบ จากสมการ Density = log (1/T) = log1 – logT = 0 – logT = -logT อีกทั้งค่าการฉายแสงที่ฟิล์มได้รับ (ค่า H) จะแปรผันตามค่าส่องผ่าน (ค่า T) เนื่องจากช่อง step wedge ที่มีค่าความดำมากจะมีการส่องผ่านของแสงไปบนฟิล์มได้ในปริมาณที่น้อย ดังนั้น ค่า logH จะแปรผันตาม logT หรือ -density ของ step wedge

จากกราฟที่ 1 แสดงให้เห็นว่าฟิล์มที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 5 โวลต์ เป็นเวลา 1 วินาที ให้เส้นกราฟที่มีความสูงที่สุด รองลงมาคือเส้นกราฟของฟิล์มที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 6 โวลต์ และ 7 โวลต์ ตามลำดับ ซึ่งความสูงของเส้นกราฟนั้นเป็นตัวบ่งชี้ว่าฟิล์มที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 5 โวลต์ ให้ค่าความดำที่มากที่สุดและค่าความดำของฟิล์มชิ้นอื่น ๆ นั้นก็มีค่าลดหลั่นลงไปตามระดับความสูงของเส้นกราฟ

นอกจากจะให้เส้นกราฟและค่าความดำที่สูงที่สุดแล้ว ค่าการฉายแสงที่ความเข้มแสง 5 โวลต์ เป็นเวลา 1 วินาที ยังแสดงให้เห็นรายละเอียดในส่วนที่มืดและสว่างบนฟิล์มในรูปแบบของเส้นกราฟแบบ S curve ที่มีความสม่ำเสมอและช่วงตรงกลางของกราฟนั้นมี Dynamic Range (ขอบเขตรายละเอียดของภาพ) ที่ต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้ภาพที่เกิดบนฟิล์มนั้นมีรายละเอียดที่ดี แตกต่างจากกราฟของการฉายแสงที่ความเข้มแสง 6 และ 7 โวลต์ ซึ่งมีลักษณะที่ใกล้เคียงกันและช่วงตรงกลางของกราฟนั้นไม่ได้มีความโค้งที่สม่ำเสมอเท่ากับกราฟของฟิล์มที่มีค่าการฉายแสงที่ความเข้มแสง 5 โวลต์ ทำให้รายละเอียดของภาพบนฟิล์มทั้ง 2 ชิ้น ที่เหลือมีคุณภาพของภาพที่ต่ำกว่า

4.2 ผลการศึกษาค่าความเข้มแสงที่เหมาะสมในการล้างฟิล์มพอสิทีฟโดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟ



กราฟที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำของการฉายแสงบนฟิล์มพอสิทีฟด้วยความเข้มแสงที่ 5, 6 และ 7 โวลต์ เป็นเวลา 1 วินาที โดยล้างฟิล์มด้วยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟ D-72 และ C-41 กับค่าระดับ Relative logH

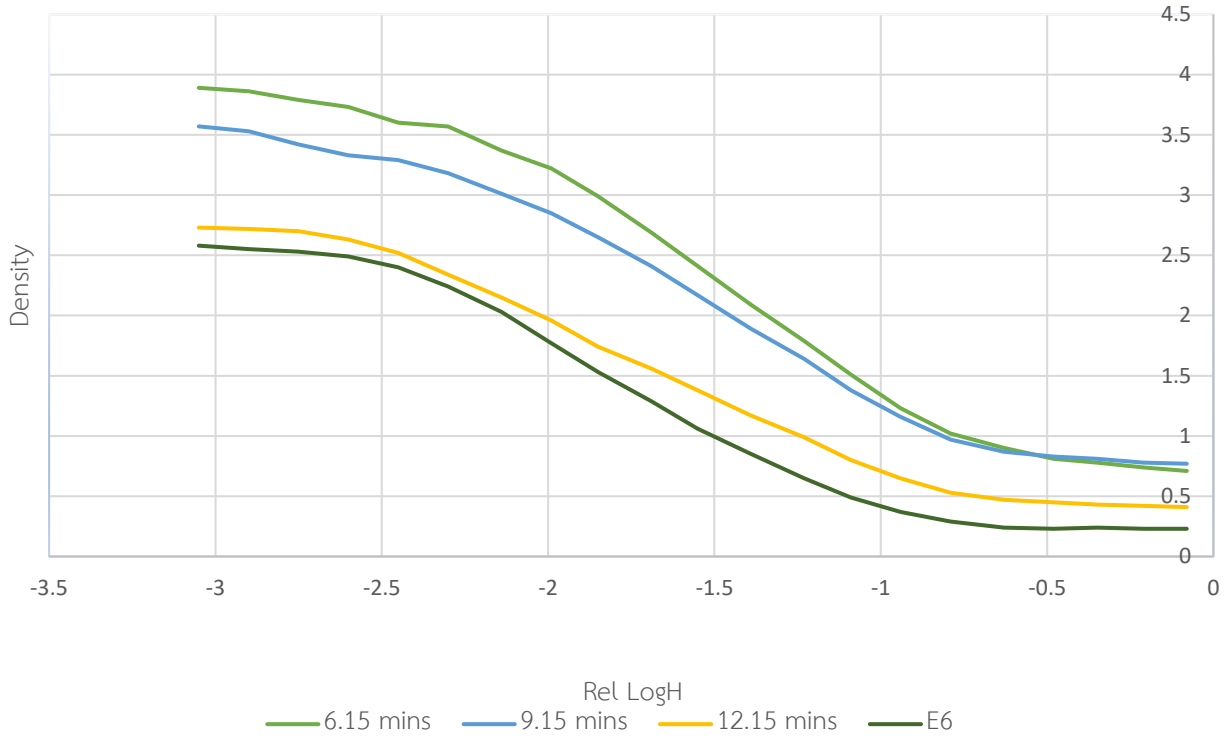
จากกราฟที่ 2 แสดงให้เห็นว่าเส้นกราฟของฟิล์มที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 6 โวลต์ เป็นเวลา 1 วินาที ให้เส้นกราฟที่มีความสูงที่สุด รองลงมาคือเส้นกราฟของฟิล์มที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 5 โวลต์ และ 7 โวลต์ ตามลำดับ ซึ่งความสูงของเส้นกราฟนั้นเป็นตัวบ่งชี้ว่าฟิล์มที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 6 โวลต์ ให้ค่าความดำที่มากที่สุด จากความสูงของเส้นกราฟทำให้เห็นว่าฟิล์มที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 5 โวลต์ ให้ค่าความดำที่ลดลงมาจากเส้นกราฟของ 6 โวลต์ และเส้นกราฟของฟิล์มที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 7 โวลต์ ให้ค่าความดำที่น้อยที่สุด

แม้ว่าผลที่ได้จากกราฟที่ 2 จะแสดงให้เห็นว่าฟิล์มที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 6 โวลต์ ให้ค่าความดำที่มากที่สุด แต่จากลักษณะของเส้นกราฟของ 6 โวลต์ เริ่มจากจุดเริ่มต้น (บริเวณต่ำสุดของกราฟ) ที่อยู่สูงกว่าเส้นกราฟอื่น ๆ ส่วนที่ใสที่สุดของฟิล์มมีความดำมากกว่าของ 5 โวลต์ และ 7 โวลต์ แต่เมื่อถึงช่วงกลางของกราฟซึ่งเป็นส่วนที่แสดงขอบเขตรายละเอียดของภาพกลับมีความชันที่ลดลงมาใกล้เคียงกับเส้นกราฟ 5 โวลต์

อีกทั้งยังมีความไม่สม่ำเสมอของเส้นกราฟในส่วนปลายด้านที่สูงที่สุด ทำให้คุณภาพของภาพบนฟิล์มที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 6 โวลต์ ไม่ดีเท่าที่ควร เช่นเดียวกับฟิล์มที่ผ่านการฉายแสงด้วยความเข้มแสง 7 โวลต์ ที่ให้ค่าความดำน้อยที่สุดและยังมีส่วนที่มืดที่สุดค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นกราฟอื่น ๆ ดังนั้นเมื่อดูลักษณะโดยรวมของเส้นกราฟแล้วจะเห็นได้ว่าฟิล์มที่ผ่านการฉายแสงด้วยความเข้มแสง 5 โวลต์ จะให้คุณภาพของภาพบนฟิล์มที่ดีที่สุด เนื่องจากเส้นกราฟมีลักษณะเป็น S curve ที่สม่ำเสมอ ตรงจุดเริ่มต้น (บริเวณต่ำสุดของเส้นกราฟ) แสดงถึงรายละเอียดในส่วนที่ใสของภาพได้ดี ถัดมาคือช่วงตรงกลางของกราฟก็แสดง Dynamic Range (ขอบเขตรายละเอียดของภาพ) ที่ต่อเนื่องซึ่งส่งผลให้ภาพที่เกิดบนฟิล์มนั้นมีรายละเอียดที่ดี ทำให้ความเข้มแสง 5 โวลต์ เป็นค่าการฉายแสงที่เหมาะสมที่สุด

4.3 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการล้างฟิล์มพอสิทีฟที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 5 โวลต์ เป็นเวลา 1 วินาที โดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างเนกาทีฟขาว-ดำ (D-72) ที่เวลา 6.15, 9.15 และ 12.15 นาที และล้างน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) ตามเวลาปกติของการฟิล์มเนกาทีฟสี

กราฟที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำของฟิล์มพอสิทีฟที่ล้างด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72) ที่เวลา 6.15, 9.15 และ 12.15 นาที และล้างน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) กับค่าระดับ Relative logH บน Step wedge เพื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มพอสิทีฟที่ล้างด้วยน้ำยา E-6



กราฟที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำของฟิล์มพอสิทีฟที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 5 โวลต์ เป็นเวลา 1 วินาที แล้วนำมาล้างด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาว-ดำ (D-72) ที่เวลา 6.15, 9.15 และ 12.15 นาที และน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) ตามเวลาปกติของการล้างฟิล์มเนกาทีฟสี กับค่าระดับ Relative logH

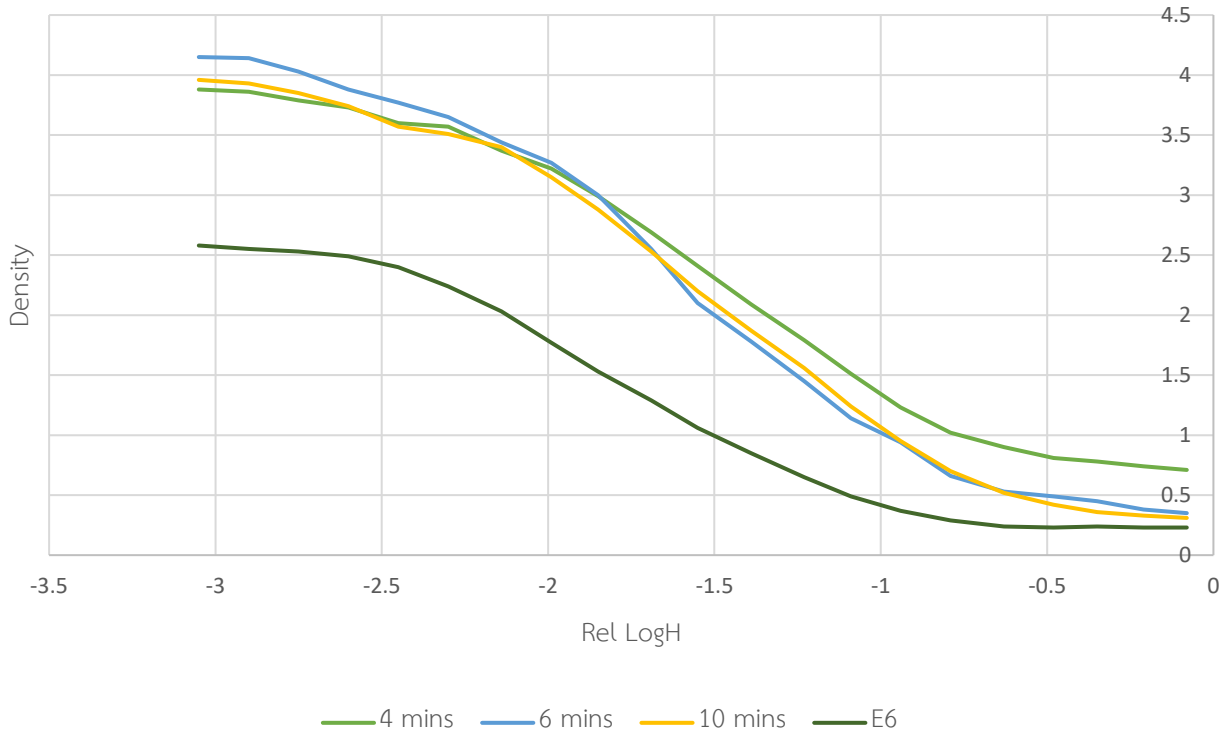
จากกราฟที่ 3 แสดงให้เห็นว่าเส้นกราฟของฟิล์มที่นำมาล้างด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาว-ดำ (D-72) ที่เวลา 6.15, 9.15 และ 12.15 นาที และน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) ตามเวลาปกติของการล้างฟิล์มเนกาทีฟสี เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเส้นกราฟของฟิล์มที่ล้างด้วยน้ำยาล้างฟิล์มพอสิทีฟสี TETENAL COLORTEC© (E-6) แล้วนั้น เห็นได้ชัดเจนว่า ฟิล์มที่ล้างด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาว-ดำ (D-72) ที่เวลา 12.15 นาที และน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) ตามเวลาปกติของการล้างฟิล์มเนกาทีฟสี ให้ผลที่มีความใกล้เคียงกับฟิล์มที่ล้างด้วยน้ำยาล้างฟิล์มพอสิทีฟสี TETENAL COLORTEC© (E-6) มากที่สุด

ถึงแม้ว่าจะค่าความดำทั้งในส่วนที่มืดและสว่างของภาพจะสูงกว่าฟิล์มที่ล้างด้วยน้ำยาล้างฟิล์มพอสิทีฟสี TETENAL COLORTEC© (E-6) ไปบ้างแต่ในภาพรวมนั้นก็ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ ช่วงกลางของกราฟแสดงถึงขอบเขตรายละเอียดของภาพที่ครบถ้วน ไม่มีส่วนใดส่วนหนึ่งหายไป ต่างจากเส้นกราฟของฟิล์มที่ล้าง

ด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาว-ดำ (D-72) เป็นเวลา 6.15 นาที และ 9.15 นาที ที่กราฟมีความสูงมากกว่าฟิล์มที่ล้างที่เวลา 12.15 ทั้งในจุดเริ่มต้นและส่วนปลายของกราฟ แสดงให้เห็นว่าฟิล์มที่ล้างด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาว-ดำ (D-72) เป็นเวลา 6.15 นาที และ 9.15 นาที มีค่าความดำที่มากกว่าฟิล์มที่ล้างด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาว-ดำ (D-72) เป็นเวลา 12.15 นาที ที่มีคุณภาพของภาพใกล้เคียงกับฟิล์มที่ล้างด้วยน้ำยา TETENAL COLORTEC© (E-6)

4.4 ผลการศึกษาเวลาการ Bleach ที่เหมาะสมในการล้างฟิล์มพอสิทีฟที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 5 โวลต์ เป็นเวลา 1 วินาที โดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างเนกาทีฟขาว-ดำ (D-72) เป็นเวลา 12.15 นาที และล้างน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) ซึ่งใช้เวลาในการ Bleach ที่ 4, 6 และ 10 นาที

กราฟที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำของฟิล์มพอสิทีฟที่ล้างด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72) และล้างน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) ใช้ Bleach เป็นเวลา 4, 6 และ 10 นาที กับค่าระดับ Relative logH บน Step wedge เพื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มพอสิทีฟที่ล้างด้วยน้ำยา E-6



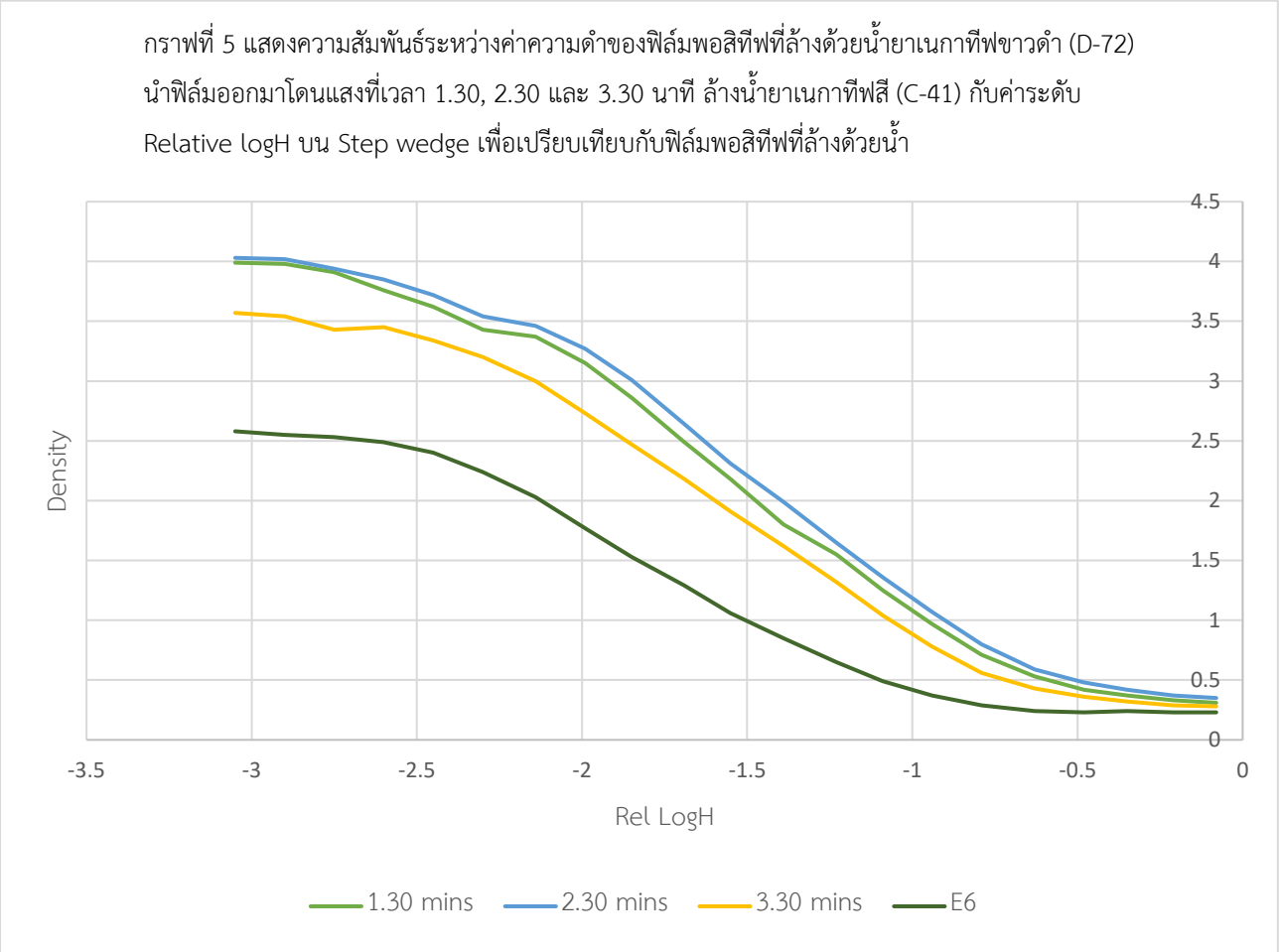
กราฟที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำของฟิล์มพอสิทีฟที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 5 โวลต์ เป็นเวลา 1 วินาที แล้วนำมาล้างด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาว-ดำ (D-72) เป็นเวลา 12.15 นาที และน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) โดยใช้เวลาในการ Bleach ที่ 4, 6 และ 10 นาที กับค่าระดับ Relative logH

จากกราฟที่ 4 แสดงให้เห็นว่าเส้นกราฟของฟิล์มที่ Bleach เป็นเวลา 6 นาที มีส่วนปลายของเส้นกราฟที่สูงที่สุด แสดงให้เห็นว่ามีค่าความดำในบริเวณที่เป็นส่วนที่มืดที่สุดของภาพสูงที่สุด รองลงมาคือเส้นกราฟของฟิล์มที่ผ่านการ Bleach เป็นเวลา 10 นาที และ 4 นาที ตามลำดับ แต่ในบริเวณที่เป็นส่วนที่สว่างที่สว่างที่สุดของภาพ กราฟของฟิล์มที่ผ่านการ Bleach เป็นเวลา 4 นาที ให้ค่าความดำที่สูงที่สุด รองลงมาคือเส้นกราฟของฟิล์มที่ผ่านการ Bleach เป็นเวลา 6 นาที และ 10 นาที ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน

จากกราฟที่ 4 แม้ว่าเส้นกราฟของฟิล์มที่ Bleach เป็นเวลา 10 นาที จะไม่ได้มีค่าความดำที่ใกล้เคียงกับฟิล์มที่ล้างด้วยน้ำยา TETENAL COLORTEC© (E-6) แต่เมื่อสังเกตลักษณะของกราฟของฟิล์มที่ Bleach เป็นเวลา 10 นาที จะเห็นว่ามีลักษณะเป็น S curve คล้ายกับเส้นกราฟที่ล้างด้วยน้ำยาล้างฟิล์มพอสิทีฟสี TETENAL COLORTEC© (E-6) เส้นกราฟมีความสม่ำเสมอ ส่วนที่สว่างที่สุดของภาพก็มีค่าความดำที่น้อย

เหมาะสมกับการเป็นส่วนที่สว่าง ส่วนกลางของกราฟก็มีความชันรวมถึงความโค้งที่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดรายละเอียดของภาพบนฟิล์มชัดเจน และส่วนที่มืดที่สุดของภาพก็มีค่าความดำที่สูงพอสมควร เหมาะสมกับที่เป็นส่วนที่มืดที่สุดของภาพ

4.5 ผลการศึกษาเวลาการ Fog (การนำฟิล์มออกมาโดนแสง) ที่เหมาะสมในการล้างฟิล์มพอสิทีฟที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 5 โวลต์ เป็นเวลา 1 วินาที โดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างเนกาทีฟขาว-ดำ (D-72) เป็นเวลา 12.15 นาที แล้วใช้เวลาในการ Fog 1.30, 2.30 และ 3.30 นาที และล้างน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) ซึ่งใช้เวลาในการ Bleach 10 นาที



กราฟที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำของฟิล์มพอสิทีฟที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 5 โวลต์ เป็นเวลา 1 วินาที แล้วนำมาล้างด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาว-ดำ (D-72) เป็นเวลา 12.15 นาที แล้วทำการ Fog (นำฟิล์มออกมาโดนแสง) เป็นเวลา 1.30, 2.30 และ 3.30 นาที และน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) โดยใช้เวลาในการ Bleach 10 นาที กับค่าระดับ Relative logH

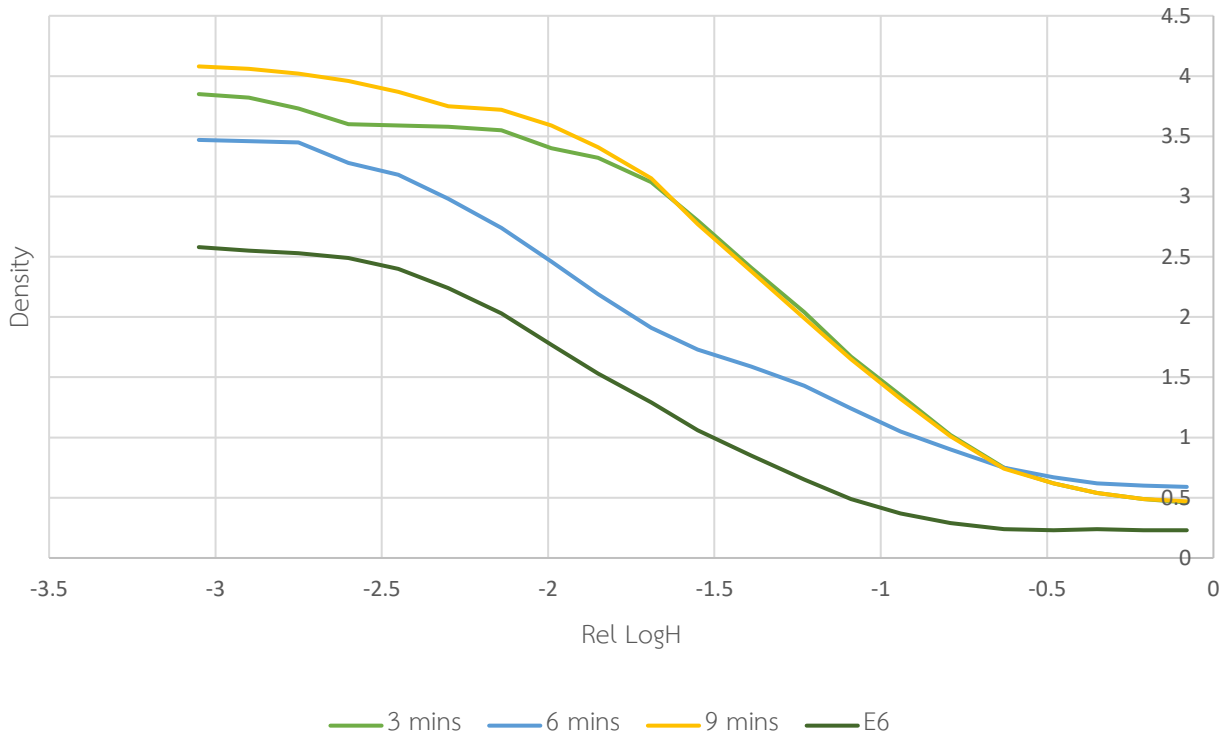
จากกราฟที่ 5 แสดงให้เห็นว่าเส้นกราฟของฟิล์มที่ Fog เป็นเวลา 2.30 นาที มีเส้นกราฟที่อยู่สูงกว่าและมีค่าความดำที่สูงกว่าเส้นกราฟเส้นอื่นๆ แต่มีความชันที่ใกล้เคียงกับเส้นกราฟของฟิล์มที่ Fog เป็นเวลา 1.30 นาที

จากการพิจารณาความสูงของเส้นกราฟของฟิล์มที่ Fog เป็นเวลา 3.30 นาที จะเห็นได้ว่า เส้นกราฟดังกล่าวถึงแม้จะไม่ได้มีความชัน ค่าความดำ รวมถึงลักษณะของเส้นกราฟที่ใกล้เคียงกับเส้นกราฟของฟิล์มที่ล้างด้วยน้ำยาล้างฟิล์มพอสิทีฟสี TETENAL COLORTEC© (E-6) แต่ก็มีตำแหน่งที่อยู่ใกล้กับเส้นกราฟของฟิล์มที่ล้างด้วยน้ำยาพอสิทีฟ (E-6) มากที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากระยะเวลาในการ Fog (การนำฟิล์มออกมา

โดนแสง) เนื่องจากการนำฟิล์มออกมาโดนแสงนั้นเป็นการทำให้เกิดการกลับภาพเนกาทีฟขาวดำที่ได้หลังจากการล้างฟิล์มพอสิทีฟด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72) ให้กลายเป็นภาพพอสิทีฟขาวดำ ดังนั้นเมื่อใช้เวลาในการ Fog 3.30 นาทีซึ่งเป็นเวลามากขึ้นจาก 1.30 และ 2.30 นาที ก็จะทำให้เกิดภาพพอสิทีฟขาวดำได้ดีกว่า เนื่องจากฟิล์มมีเวลาโดนแสงมากขึ้น ส่งผลให้ฟิล์มที่ Fog เป็นเวลา 3.30 นาที มีตำแหน่งของเส้นกราฟและเกิดภาพบนฟิล์มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับฟิล์มที่ล้างด้วยน้ำยาล้างฟิล์มพอสิทีฟสี TETENAL COLORTEC© (E-6) มากที่สุด

4.6 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการล้างฟิล์มพอสิทีฟที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 5 โวลต์ เป็นเวลา 1 วินาที โดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างเนกาทีฟขาว-ดำ (D-72) เป็นเวลา 12.15 นาที แล้วใช้เวลาในการ Fog เป็นเวลา 3.30 นาที และล้างน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) โดยใช้เวลาในการทำ Color developer เป็นเวลา 3, 6 และ 9 นาที แล้วใช้เวลาในการ Bleach 10 นาที

กราฟที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำของฟิล์มพอสิทีฟที่ล้างด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72) และล้างน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) ใช้ Color developer ที่เวลา 3, 6 และ 9 นาที กับค่าระดับ Relative logH บน Step wedge เพื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มพอสิทีฟที่ล้างด้วยน้ำยา E



กราฟที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำของฟิล์มพอสิทีฟที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสง 5 โวลต์ เป็นเวลา 1 วินาที แล้วนำมาล้างด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาว-ดำ (D-72) เป็นเวลา 12.15 นาที แล้วทำการ Fog (นำฟิล์มออกมาโดนแสง) เป็นเวลา 3.30 นาที และน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) โดยใช้เวลาในการทำ Color developer เป็นเวลา 3, 6 และ 9 นาที แล้วใช้เวลาในการ Bleach 10 นาที กับค่าระดับ Relative logH

จากกราฟที่ 6 แสดงให้เห็นว่าเส้นกราฟของฟิล์มที่ทำ Color developer เป็นเวลา 3 นาที และ 9 นาที มีค่าความดำที่ใกล้เคียงกัน แต่เส้นกราฟของฟิล์มที่ทำ Color developer เป็นเวลา 6 นาที กลับมีค่าความดำมากกว่าเส้นกราฟอื่นในช่วงแรก แต่ค่าความดำก็ลดลงไปมากในช่วงกลางถึงปลายของกราฟ ทำให้ลักษณะของเส้นกราฟมีความผิดแปลกไปจากเส้นอื่นๆ รวมถึงสีของฟิล์มก็มีความแปลกไปจากฟิล์มชิ้นอื่นๆ ซึ่งสามารถดูได้ในภาคผนวก ส่งผลให้ผู้วิจัยมีความเห็นว่าจะตัดผลที่ได้จากเส้นกราฟนี้ออกไป แล้วทำการวิเคราะห์ผลจากเส้นกราฟของการทำ Color developer จาก 2 ช่วงเวลาเท่านั้น ได้แก่ 3 นาที และ 9 นาท

จากเส้นกราฟของฟิล์มที่ทำ Color developer เป็นเวลา 3 นาที และ 9 นาที นั้น สามารถสังเกตได้ว่า ผลของค่าความดำที่ได้จากกราฟทั้ง 2 เส้น มีค่าที่ใกล้เคียงกัน นับตั้งแต่จุดเริ่มต้นซึ่งเป็นส่วนที่แสดงถึงค่าความดำในบริเวณที่สว่างที่สุดของภาพ ไปจนถึงจุดปลายของเส้นกราฟซึ่งเป็นส่วนที่แสดงถึงค่าความดำในบริเวณที่มืดที่สุดของภาพ ดังนั้นเนื่องจากค่าความดำที่ใกล้เคียงกัน รวมถึงเส้นกราฟของการทำ Color developer เป็นเวลา 3 นาที มีตำแหน่งที่อยู่ใกล้กับเส้นกราฟของฟิล์มที่ล้างด้วยน้ำยาล้างฟิล์มพอสิทีฟสี TETENAL COLORTEC© (E-6) รวมถึงจากขั้นตอนในการล้างฟิล์มขั้นเดียวกันนั้น หากได้ผลที่มีคุณภาพที่ใกล้เคียงกันก็ควรเลือกขั้นตอนที่ใช้เวลาที่น้อยที่สุดเพื่อประหยัดเวลา ทำให้เวลาในการทำ Color developer ที่เหมาะสมคือเวลา 3 นาที

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

เมื่อนำฟิล์มพอสิทีฟมาล้างด้วยน้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72) เป็นเวลา 12.15 นาที แล้วนำฟิล์มออกมา Fog (นำฟิล์มออกมาโดนแสง) เป็นเวลา 3.30 นาที จากนั้นนำฟิล์มไปล้างต่อด้วยน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) โดย Color developer และ Bleach เป็นเวลา 3 นาที และ 10 นาที ตามลำดับ ทำให้เกิดภาพบนฟิล์มที่เป็นภาพพอสิทีฟเช่นเดียวกับภาพที่เกิดบนฟิล์มพอสิทีฟที่ล้างด้วยน้ำยาล้างฟิล์มพอสิทีฟสี TETENAL COLORTEC© (E-6) ซึ่งภาพที่เกิดขึ้นบนฟิล์มนั้นมีความแตกต่างกันเพียงแค่สีของภาพ โดยภาพที่เกิดขึ้นบนฟิล์มพอสิทีฟที่ล้างโดยการประยุกต์ใช้เนกาทีฟขาวดำร่วมกับน้ำยาเนกาทีฟสีนั้น ค่อนข้างมืด รวมถึงมีสีสันที่ไม่สดเท่าภาพที่เกิดขึ้นบนฟิล์มพอสิทีฟที่ล้างด้วยน้ำยาล้างฟิล์มพอสิทีฟสี TETENAL COLORTEC© (E-6) ดังนั้นจากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า น้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72) และน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) สามารถนำมาใช้ล้างฟิล์มพอสิทีฟทดแทนน้ำยาล้างฟิล์มพอสิทีฟสี TETENAL COLORTEC© (E-6) ที่มีราคาแพงและหายากในปัจจุบันได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 หากต้องการนำขั้นตอนจากการประยุกต์ใช้น้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72) และน้ำยาเนกาทีฟสี (C-41) ที่พัฒนาโดยผู้วิจัยไปใช้ล้างฟิล์มพอสิทีฟเพื่อใช้งานจริง แนะนำให้ถ่ายภาพ over 2 stop เพื่อให้ภาพที่ได้หลังจากการล้างฟิล์มมีคุณภาพใกล้เคียงกับการใช้น้ำยาล้างฟิล์มพอสิทีฟสี TETENAL COLORTEC© (E-6)

5.2.2 หลังการใช้สารเคมีชนิดต่าง ๆ ในการล้างฟิล์มแล้ว เมื่อใช้เสร็จควรเก็บในขวดที่มิดชิด เพื่อป้องกันการเข้าไปของอากาศ เนื่องจากอากาศจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารเคมี ทำให้เมื่อนำมาล้างฟิล์มในครั้งต่อไป อาจส่งผลให้คุณภาพของภาพที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควร

5.2.3 หากน้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72) มีสีเปลี่ยนไปหรือเปลี่ยนเป็นสีดำ ก็ไม่ควรนำมาใช้งานเพราะอาจทำให้การเกิดภาพขาวดำมีข้อบกพร่อง นำไปสู่ภาพพอสิทีฟที่มีคุณภาพไม่ดีได้

5.2.4 ในการล้างฟิล์มควรควบคุมอุณหภูมิของน้ำและสารเคมีให้อยู่ในช่วงตามที่คำแนะนำในการล้างฟิล์มกำหนด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการล้างฟิล์ม

เอกสารอ้างอิง

โกวิท จิตบรรจง. **การถ่ายภาพเพื่อการสื่อสาร**. สงขลา : โปรแกรมวิชานิเทศศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการ สถาบันราชภัฏสงขลา, 2542.

Alvandi. (2013). **How to develop color slide film with Tetenal Colortec E-6 3-bath kits**. Retrieved October 31, 2020 from http://www.mr-alvandi.com/technique/developing-slide-film.html

Andrae, Marquardt. **The Film Photography Hand book**. USA : Ingram Publisher Services, 2016

Claudio Bonavolta. **E-6 Slides Processing**. Retrieved October 31, 2020 from http://bonavolta.ch/hobby/en/photo/e6.html

Fujifilm Data sheet. **Fujichrome Velvia 100F Professional (RVP100F).** Retrieved October 31, 2020 from https://www.fujifilm.com/products/professional_films/pdf/velvia_100f_datasheet.pdf

Ford, Fox and Smith. **Langford's BASIC PHOTOGRAPHY** (9th ed.). USA : Elsevier, 2010

Henri-Dominique Petit. **Sensitometric and Image-structure data.** Retrieved March 24, 2021 from http://ljoyeux.free.fr/univ-lr/public_html/sensit.html

Phil Malpas. **Basics Photography 03: Capturing Colour**. Switzerland : AVA Publishing SA, 2007

Perry Sprawls. **Film Contrast Characteristics.** Retrieved March 24, 2021 from http://www.sprawls.org/ppmi2/FILMCON/

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงค่าความดำ

ตารางที่ ก1 แสดงค่าความดำของฟิล์มที่ได้จากการล้างด้วยน้ำยาล้างฟิล์มสไลด์สี TETENAL COLORTEC© (E-6)

แถบที่	ค่าความดำ (Density)			
	ค่าการฉายแสง (Volts) ระยะเวลา 1 วินาที			
	5 V	6 V	7 V	Step Wedge
0	0.23	0.20	0.21	0.08
1	0.23	0.20	0.21	0.21
2	0.24	0.20	0.20	0.35
3	0.23	0.20	0.20	0.48
4	0.24	0.20	0.20	0.63
5	0.29	0.20	0.20	0.79
6	0.37	0.20	0.20	0.94
7	0.49	0.21	0.20	1.09
8	0.65	0.23	0.20	1.23
9	0.85	0.29	0.21	1.39
10	1.06	0.39	0.25	1.55
11	1.29	0.51	0.31	1.69
12	1.53	0.64	0.41	1.85
13	1.77	0.74	0.52	1.99
14	2.03	0.84	0.61	2.14
15	2.24	0.93	0.70	2.30
16	2.4	1.05	0.83	2.45
17	2.49	1.16	0.93	2.60
18	2.53	1.23	1.06	2.75
19	2.55	1.27	1.16	2.90
20	2.58	1.29	1.20	3.05

ตารางที่ ก2 แสดงค่าความดำของฟิล์มที่ได้จากการล้างด้วยวิธีการล้างโดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ

แถบที่	ค่าความดำ (Density)			
	ค่าการฉายแสง (Volts) ระยะเวลา 1 วินาที			
	5 V	6 V	7 V	Step Wedge
0	0.57	0.71	0.53	0.08
1	0.58	0.74	0.53	0.21
2	0.63	0.78	0.54	0.35
3	0.70	0.81	0.56	0.48
4	0.83	0.90	0.58	0.63
5	1.03	1.02	0.64	0.79
6	1.23	1.23	0.75	0.94
7	1.45	1.51	0.90	1.09
8	1.68	1.79	1.09	1.23
9	1.91	2.09	1.31	1.39
10	2.17	2.41	1.53	1.55
11	2.39	2.69	1.74	1.69
12	2.64	2.99	2.00	1.85
13	2.85	3.22	2.23	1.99
14	3.03	3.37	2.44	2.14
15	3.17	3.57	2.65	2.30
16	3.27	3.60	2.87	2.45
17	3.31	3.73	3.07	2.60
18	3.34	3.79	3.18	2.75
19	3.38	3.86	3.26	2.90
20	3.40	3.88	3.26	3.05

ตารางที่ ก3 แสดงค่าความดำของฟิล์มที่ล้างด้วยวิธีการล้างโดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ โดยใช้ระยะเวลาในการล้างฟิล์มตามระยะเวลาปกติของฟิล์มนากาทีฟสี (C-41) แต่เปลี่ยนระยะเวลาของน้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72) เป็นเวลา 6.15, 9.15 และ 12.15 นาที

แถบที่	**ค่าความดำ (Density)**			
	ระยะเวลาของน้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72)			
	6.15 นาที	**9.15 นาที**	**12.15 นาที**	**Step Wedge**
0	0.71	0.77	0.41	0.08
1	0.74	0.78	0.42	0.21
2	0.78	0.81	0.43	0.35
3	0.81	0.83	0.45	0.48
4	0.90	0.87	0.47	0.63
5	1.02	0.97	0.53	0.79
6	1.23	1.16	0.65	0.94
7	1.51	1.38	0.80	1.09
8	1.79	1.64	0.99	1.23
9	2.09	1.89	1.17	1.39
10	2.41	2.17	1.38	1.55
11	2.69	2.41	1.56	1.69
12	2.99	2.65	1.74	1.85
13	3.22	2.85	1.96	1.99
14	3.37	3.01	2.15	2.14
15	3.57	3.18	2.34	2.30
16	3.60	3.29	2.52	2.45
17	3.73	3.33	2.63	2.60
18	3.79	3.42	2.70	2.75
19	3.86	3.53	2.72	2.90
20	3.89	3.57	2.73	3.05

ตารางที่ ก4 แสดงค่าความดำของฟิล์มที่ล้างด้วยวิธีการล้างโดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ โดยใช้ระยะเวลาในการล้างฟิล์มตามระยะเวลาปกติของฟิล์มนากาทีฟขาวดำ (D-72) และเนกาทีฟสี (C-41) แต่เปลี่ยนระยะเวลาในขั้นตอนการฉายแสงเป็น 1.30, 2.30 และ 3.30 นาที

แถบที่	**ค่าความดำ (Density)**			
	ระยะเวลาในขั้นตอนการฉายแสง			
	1.30 นาที	**2.30 นาที**	**3.30 นาที**	**Step Wedge**
0	0.31	0.35	0.28	0.08
1	0.33	0.37	0.29	0.21
2	0.37	0.42	0.32	0.35
3	0.42	0.48	0.36	0.48
4	0.53	0.59	0.43	0.63
5	0.71	0.80	0.56	0.79
6	0.97	1.07	0.78	0.94
7	1.25	1.36	1.04	1.09
8	1.55	1.65	1.32	1.23
9	1.8	1.99	1.62	1.39
10	2.18	2.31	1.91	1.55
11	2.49	2.64	2.18	1.69
12	2.86	3.01	2.47	1.85
13	3.15	3.27	2.73	1.99
14	3.37	3.46	3.00	2.14
15	3.43	3.54	3.20	2.30
16	3.62	3.72	3.34	2.45
17	3.76	3.85	3.45	2.60
18	3.91	3.94	3.43	2.75
19	3.98	4.02	3.54	2.90
20	3.99	4.03	3.57	3.05

ตารางที่ ก5 แสดงค่าความดำของฟิล์มที่ล้างด้วยวิธีการล้างโดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ โดยใช้ระยะเวลาในการล้างฟิล์มตามระยะเวลาปกติของฟิล์มนากาทีฟขาวดำ (D-72) และระยะเวลาในขั้นตอนการฉายแสง แต่เปลี่ยนระยะเวลาในขั้นตอน Color Developer เป็น 3.00, 6.00 และ 9.00 นาที

แถบที่	**ค่าความดำ (Density)**			
	ระยะเวลาในขั้นตอน Color Developer			
	3.00 นาที	**6.00 นาที**	**9.00 นาที**	**Step Wedge**
0	0.46	0.59	0.47	0.08
1	0.49	0.6	0.49	0.21
2	0.54	0.62	0.54	0.35
3	0.62	0.67	0.62	0.48
4	0.75	0.75	0.74	0.63
5	1.02	0.9	1.01	0.79
6	1.35	1.05	1.32	0.94
7	1.67	1.24	1.65	1.09
8	2.04	1.43	1.99	1.23
9	2.41	1.59	2.38	1.39
10	2.8	1.73	2.77	1.55
11	3.12	1.91	3.15	1.69
12	3.32	2.19	3.41	1.85
13	3.4	2.46	3.59	1.99
14	3.55	2.74	3.72	2.14
15	3.58	2.98	3.75	2.30
16	3.59	3.18	3.87	2.45
17	3.6	3.28	3.96	2.60
18	3.73	3.45	4.02	2.75
19	3.82	3.46	4.06	2.90
20	3.85	3.47	4.08	3.05

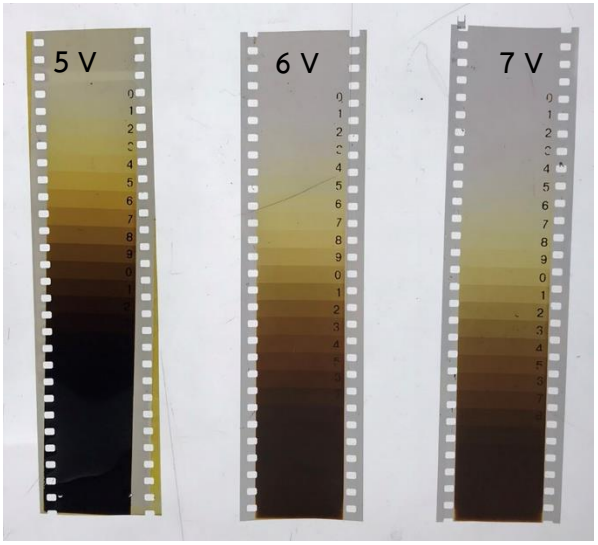
ตารางที่ ก6 แสดงค่าความดำของฟิล์มที่ล้างด้วยวิธีการล้างโดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ ใช้ระยะเวลาในการล้างฟิล์มตามระยะเวลาปกติของฟิล์มนากาทีฟขาวดำ (D-72) และระยะเวลาในขั้นตอนการฉายแสง แต่เปลี่ยนระยะเวลาในขั้นตอน Bleach เป็น 4.00, 6.00 และ 10.00 นาที

แถบที่	**ค่าความดำ (Density)**			
	ระยะเวลาในขั้นตอน Bleach			
	4.00 นาที	**6.00 นาที**	**10.00 นาที**	**Step Wedge**
0	0.71	0.35	0.31	0.08
1	0.74	0.38	0.33	0.21
2	0.78	0.45	0.36	0.35
3	0.81	0.49	0.42	0.48
4	0.90	0.53	0.52	0.63
5	1.02	0.66	0.70	0.79
6	1.23	0.94	0.95	0.94
7	1.51	1.14	1.24	1.09
8	1.79	1.45	1.56	1.23
9	2.09	1.78	1.87	1.39
10	2.41	2.10	2.20	1.55
11	2.69	2.55	2.53	1.69
12	2.99	3.00	2.88	1.85
13	3.22	3.27	3.15	1.99
14	3.37	3.44	3.40	2.14
15	3.57	3.65	3.51	2.30
16	3.60	3.77	3.57	2.45
17	3.73	3.88	3.74	2.60
18	3.79	4.03	3.85	2.75
19	3.86	4.14	3.93	2.90
20	3.88	4.15	3.96	3.05

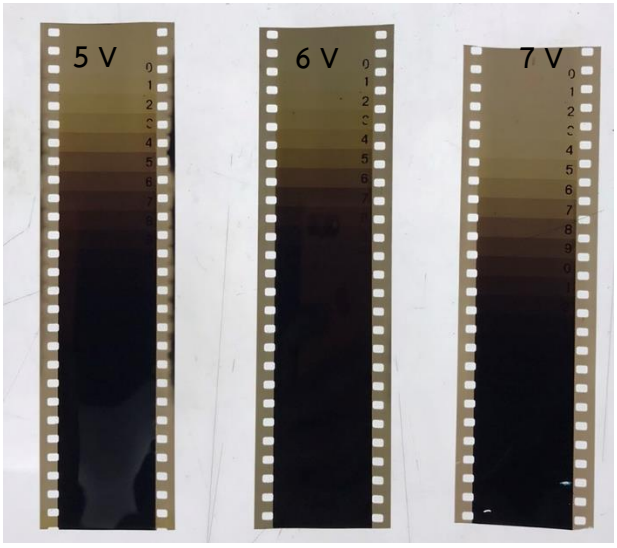
ภาคผนวก ข

ภาพฟิล์ม และภาพถ่ายจากเครื่องสแกนฟิล์ม

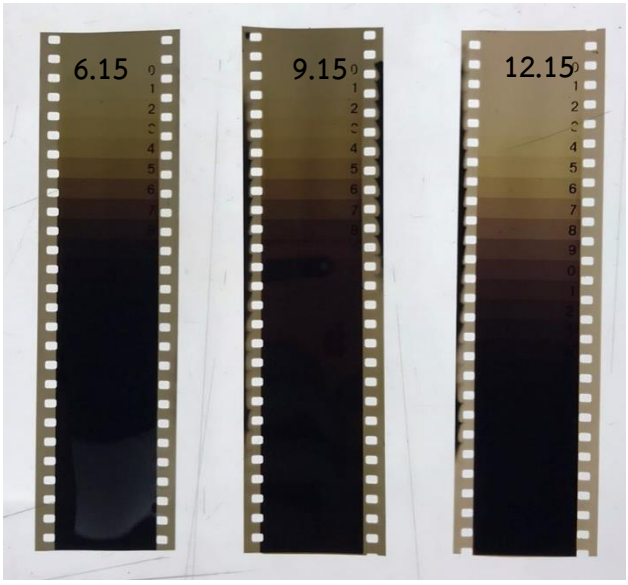
ภาพที่ ข1 ฟิล์มที่ได้จากเครื่องอัดสัมผัสฉายแสงผ่าน Step Wedge ที่ค่าการฉายแสง 5, 6 และ 7 V เวลาฉายแสง 1 วินาที ล้างด้วยน้ำยาล้างฟิล์มสไลด์สี TETENAL COLORTEC© (E-6)



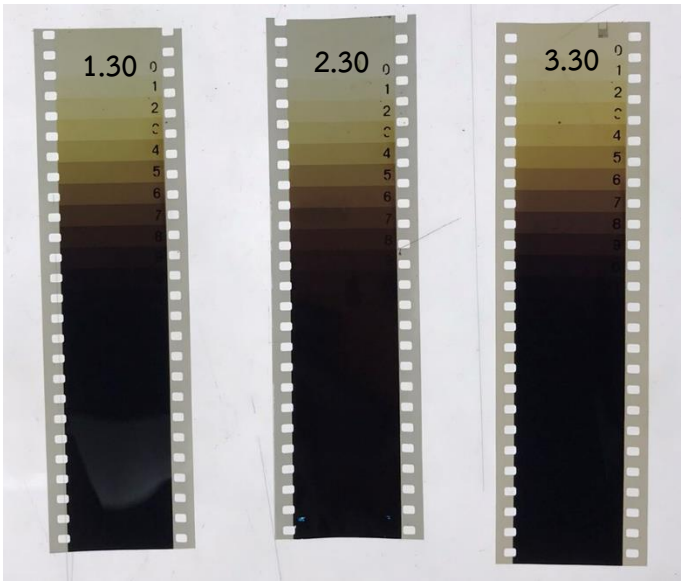
ภาพที่ ข2 ฟิล์มที่ได้จากเครื่องอัดสัมผัสฉายแสงผ่าน Step Wedge ที่ค่าการฉายแสง 5, 6 และ 7 V เวลาฉายแสง 1 วินาที ล้างด้วยวิธีการล้างโดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ



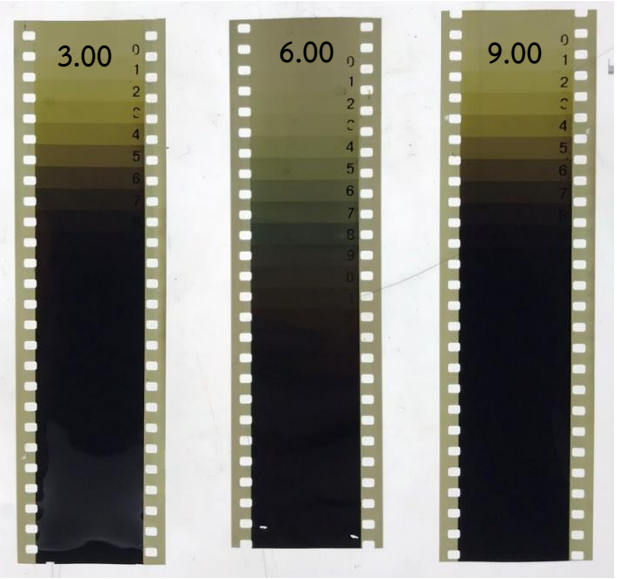
ภาพที่ ข3 ฟิล์มที่ล้างด้วยวิธีการล้างโดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ โดยใช้ระยะเวลาในการล้างฟิล์มตามระยะเวลาปกติของฟิล์มนากาทีฟสี (C-41) แต่เปลี่ยนระยะเวลาของน้ำยาเนกาทีฟขาวดำ (D-72) เป็นเวลา 6.15, 9.15 และ 12.15 นาที



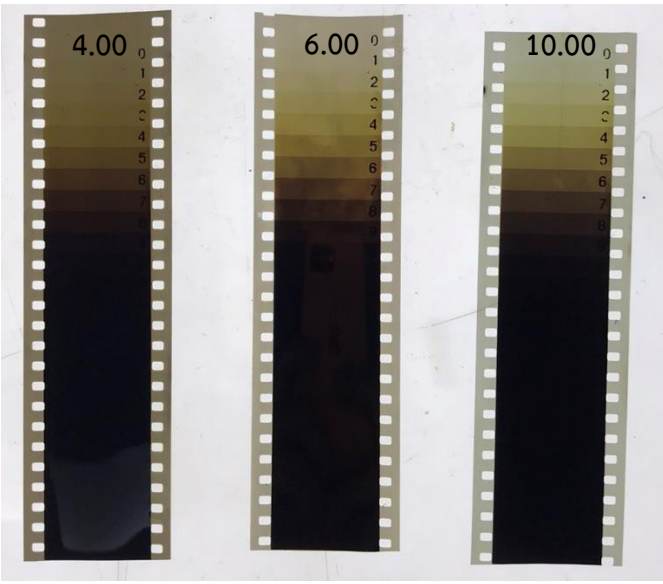
ภาพที่ ข4 ฟิล์มที่ล้างด้วยวิธีการล้างโดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ โดยใช้ระยะเวลาในการล้างฟิล์มตามระยะเวลาปกติของฟิล์มนากาทีฟขาวดำ (D-72) และเนกาทีฟสี (C-41) แต่เปลี่ยนระยะเวลาในขั้นตอนการฉายแสงเป็น 1.30, 2.30 และ 3.30 นาที



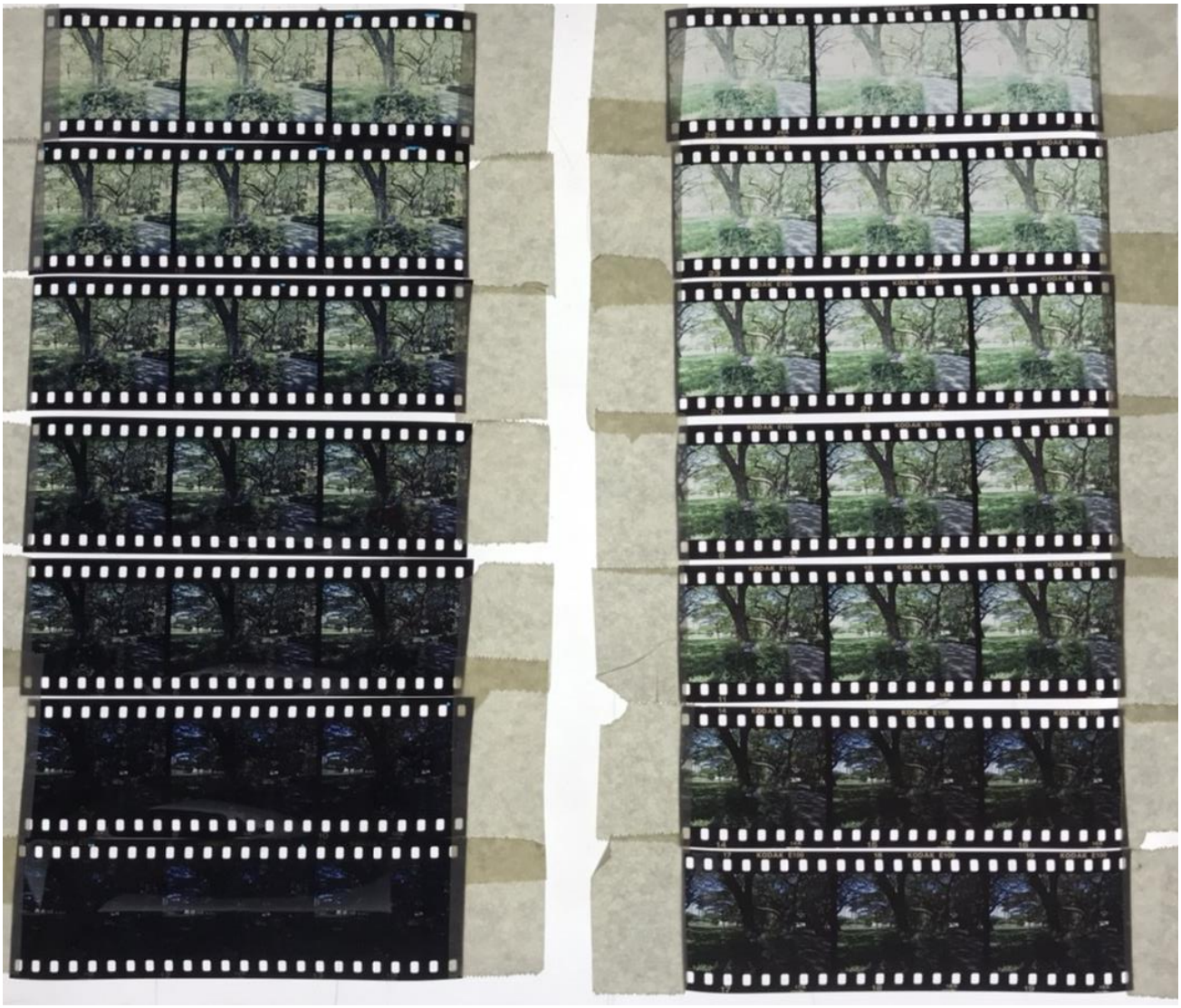
ภาพที่ ข5 ฟิล์มที่ล้างด้วยวิธีการล้างโดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ โดยใช้ระยะเวลาในการล้างฟิล์มตามระยะเวลาปกติของฟิล์มนากาทีฟขาวดำ (D-72) และระยะเวลาในขั้นตอนการฉายแสง แต่เปลี่ยนระยะเวลาในขั้นตอน Color Developer เป็น 3.00, 6.00 และ 9.00 นาที



<u>ภาพที่ ข6</u> ฟิล์มที่ล้างด้วยวิธีการล้างโดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ ใช้ระยะเวลาในการล้างฟิล์มตามระยะเวลาปกติของฟิล์มนากาทีฟขาวดำ (D-72) และระยะเวลาในขั้นตอนการฉายแสง แต่เปลี่ยนระยะเวลาในขั้นตอน Bleach เป็น 4.00, 6.00 และ 10.00 นาที



ภาพที่ ข7 ภาพที่ได้จากการถ่ายในแสงธรรมชาติ โดยถ่ายจากฟิล์ม ถ่ายทั้งหมด 7 ช่วงแสง ได้แก่ ภาพ over 1, 2 และ 3 stop ภาพ normal และภาพ under 1, 2 และ 3 stop ซึ่งได้จากการล้างด้วยน้ำยาล้างฟิล์มสไลด์สี TETENAL COLORTEC© (E-6) และล้างด้วยวิธีการล้างโดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ



น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟ

TETENAL COLORTEC© (E-6)

ภาพที่ ข8 ภาพที่ได้จากการถ่ายในแสงธรรมชาติ โดยผ่านเครื่องสแกนฟิล์ม ถ่ายทั้งหมด 7 ช่วงแสง ได้แก่ ภาพ over 1, 2 และ 3 stop ภาพ normal และภาพ under 1, 2 และ 3 stop ซึ่งได้จากการล้างด้วยน้ำยาล้างฟิล์มสไลด์สี TETENAL COLORTEC© (E-6) และล้างด้วยวิธีการล้างโดยการประยุกต์ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟเพื่อล้างฟิล์มพอสิทีฟ

TETENAL COLORTEC© (E-6)

น้ำยาล้างฟิล์มเนกาทีฟ

ภาคผนวก ค

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาววันนิษา แสนอินทร์
ตำแหน่ง	หัวหน้าโครงการ
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2563
โทรศัพท์	0645437611
Email	theskyflyblue@gmail.com

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวอิสราภรณ์ ขวาอุ่นหล้า
ตำแหน่ง	ผู้ร่วมวิจัย
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2563
โทรศัพท์	0863682309
Email	ninine.israporn@gmail.com