

ผลของอัตราส่วนของซิลิกาต่อคาร์บอนกึ่งเมทิลเซลลูโลสในสารเคลือบผิวกระดาษพิมพ์อิงก์เจ็ตต่อคุณภาพงานพิมพ์



นางสาวอุทุมพร เวทยสุขุม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-1955-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF SILICA TO CARBOXYMETHYLCELLULOSE RATIO IN INK JET COATING  
ON PRINT QUALITY

MISS UTUMPORN WETTAYASUKHUM

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirments  
for the Degree of Master of Science in Imaging Technology

Department of Imaging and Printing Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-53-1955-4



อุทุมพร เวทยสุขุม : ผลของอัตราส่วนของซิลิกาต่อคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในสารเคลือบกระดาษพิมพ์อิงก์เจ็ตต่อคุณภาพงานพิมพ์ (EFFECT OF SILICA TO CARBOXYMETHYLCELLULOSE RATIO IN INK JET COATING ON PRINT QUALITY) อ.ที่ปรึกษา : อ. ดร. พิชญดา เกตุเมฆ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ดร. สุพิน ต่างวิวัฒน์ จำนวนหน้า 190 หน้า ISBN 974-53-1955-4

ปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงในการเตรียมสารเคลือบผิวกระดาษพิมพ์อิงก์เจ็ต คือ พิกเมนต์ สารยึดและสารเติมแต่ง ซึ่งการใช้ส่วนประกอบเหล่านี้ในสารเคลือบแตกต่างกันจะส่งผลให้สมบัติของชั้นสารเคลือบและคุณภาพงานพิมพ์ที่ได้ต่างกัน งานวิจัยนี้สนใจศึกษาพิกเมนต์ชนิดซิลิกาจากจีเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย  $6.452 \mu\text{m}$  และมีพื้นที่ผิวจำเพาะ  $90 \text{ m}^2/\text{g}$  สารยัดชนิดพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVOH) และสารยัดร่วมชนิดคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) จากชานอ้อยที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 88 และค่า Degree of substitution เท่ากับ 0.67 ซึ่งเป็นสารที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของสารเคลือบ พบว่าสารเคลือบที่เหมาะสมกับการเคลือบด้วยแท่งขดลวดเคลือบผิวควรมีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 100-700 mPa.s สูตรสารเคลือบที่มีของแข็งร้อยละ 15 และมีสัดส่วนของ  $\text{SiO}_2$ :PVOH:CMC เป็น 100:30:2 เป็นสูตรสารเคลือบที่ให้คุณภาพงานพิมพ์ คือ ค่าความดำหมึกพิมพ์ คุณภาพของเส้น คุณภาพตัวอักษร ค่าร้อยละเม็ดสกปรกนวมที่ 50 ร้อยละการล้นเลอะระหว่างหมึกพิมพ์สีดำกับสีเหลืองและขอบเขตสีที่ยอมรับได้เมื่อเทียบกับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้า 3 ชนิด โดยสูตรสารเคลือบนี้เหมาะสำหรับการพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Epson แต่ไม่เหมาะกับเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Canon

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์  
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางภาพ  
ปีการศึกษา 2547

ลายมือชื่อนิสิต.....อุทุมพร เวทยสุขุม.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....พิชญดา เกตุเมฆ.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....สุพิน ต่างวิวัฒน์.....

# # 4672510223 : MAJOR TECHNOLOGY

KEY WORD: / SILICA / CARBOXYMETHYLCELLULOSE / INK JET COATING / PRINT QUALITY

UTUMPORN WETTAYASUKHUM : EFFECT OF SILICA TO CARBOXYMETHYLCELLULOSE RATIO IN INK JET COATING ON PRINT QUALITY).

THESIS ADVISOR : PICHAYADA KATEMAKE, Ph.D., THESIS COADVISOR : SUPIN TANGWIWAT, Ph.D., 190 pp. ISBN 974-53-1955-4

The important factors for preparing ink jet coatings are pigment, binder, and additives. The difference of these ingredients in coating will affect the coating layer properties and print quality. In this thesis, the silica pigment type, obtained from rice husk ash, having an average particle size of 6.542  $\mu\text{m}$  and specific surface area of 90  $\text{m}^2/\text{g}$  were investigated. This type of silica was mixed with Poly (vinyl alcohol) (PVOH) used as a binder and Carboxymethylcellulose (CMC) obtained from bagasses having a purity of 88% and a degree of substitution (D.S.) of 0.67 as a co-binder. The coating mixtures of various proportions were coated on paper using a wire bar. The appropriate ratio of  $\text{SiO}_2$  : PVOH : CMC in this research was 100:30:2 with 15% solid content. With this ratio, the ink jet paper provided competitive ink density, line quality, dot gain, inter-color bleeding and color gamut compared to three types of commercial ink jet paper. The produced ink jet paper was more suitable to Epson printers than Canon printers.

Department Imaging and Printing Technology

Field of study Imaging technology

Academic year 2004

Student's signature.....*๑๗๒๕๑๕ ๑๒๗๐๑๒๗๒*.....

Advisor's signature.....*Pichayada K*.....

Co-advisor's signature.....*Supin Tangwivat*.....

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.พิชญดา เกตุเมฆ และ ดร.สุพิน ต่างวิวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้  
ความดูแลในการทำงาน ให้ความรู้และความเอาใจใส่ต่อปัญหาที่เกิดขึ้นในงานวิจัย

ขอบคุณบริษัท SUNOLIN ที่เอื้อเฟื้อสารเคมี และให้คำปรึกษาเกี่ยวกับแนวทางการทดลอง  
และปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง ทำให้งานวิจัยสะดวกและรวดเร็วมากขึ้น

ขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ที่คอย  
เป็นกำลังใจและแก้ไขปัญหาให้

สุดท้ายขอขอบคุณ คุณแม่และคนในครอบครัวที่คอยเป็นห่วงและกระตุ้นเตือนอยู่เสมอทำ  
ให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ทันเวลา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....	3
2.1.1 ซิลิกาหรือซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO <sub>2</sub> ).....	3
2.1.1.1 โครงสร้างของซิลิกา.....	3
2.1.1.2 ลักษณะของซิลิกา.....	4
2.1.1.3 รูปแบบของซิลิกา.....	4
2.1.2 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC).....	7
2.1.2.1 สมบัติของซีเอ็มซี.....	7
2.1.2.1.1 การละลาย.....	7
2.1.2.1.2 ความหนืด.....	8
2.1.2.1.3 เสถียรภาพ.....	8
2.1.2.1.4 ความสามารถในการเกิดฟิล์ม.....	9
2.1.2.1.5 ความปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิต.....	9
2.1.3 พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVOH).....	10
2.1.3.1 เคมีของ PVOH และกระบวนการผลิต.....	10
2.1.3.2 PVOH กับการใช้งานเป็นสารเคลือบวัสดุพิมพ์ในการพิมพ์ระบบอิงก์เจ็ต.....	11
2.1.3.2.1 กำลังการยึดติด (Binding power).....	11
2.1.3.2.2 การปรับผิวและความดำหมึกพิมพ์.....	12
2.1.3.2.3 ความดำหมึกพิมพ์ (Color optical density).....	12
2.1.3.2.4 เวลาการแห้งตัว (Drying time).....	13

2.1.3.2.5 การทำงานร่วมกับสารเพิ่มความขาวสว่าง (Synergy with optical brighteners).....	13
2.1.3.3 การใช้งานเป็นสารเคลือบ (Coating applications).....	13
2.1.3.3.1 PVOH และสารยึดลาเทกซ์.....	13
2.1.3.3.2 ความหนืด/วิทยากระแสและปริมาณของแข็งทั้งหมดใน ในสารเคลือบ.....	14
2.1.3.3.3 กำลังการยึดติดของ PVOH.....	15
2.1.3.3.4 สารเติมแต่ง (Additives).....	15
2.1.4 สารเคลือบผิวกระดาษพิมพ์อิงค์เจ็ต (Ink jet coating).....	15
2.1.4.1 สูตรน้ำยาเคลือบกระดาษอิงค์เจ็ต.....	15
2.1.4.2 ผลของสูตรสารเคลือบที่มีต่อสมบัติของกระดาษเคลือบผิว.....	17
2.1.4.2.1 สมบัติเชิงแสงของกระดาษเคลือบผิว.....	17
2.1.4.2.2 กระบวนการสุดท้ายในการปรับแต่งกระดาษเคลือบผิว.....	18
2.1.4.2.3 สภาพพิมพ์ได้ของกระดาษเคลือบผิว.....	19
2.1.5 การพิมพ์อิงค์เจ็ต (Ink jet printing).....	19
2.1.5.1 เทคโนโลยีหัวพิมพ์ (Print head technologies).....	19
2.1.2.1.1 Thermal inkjet.....	20
2.1.2.1.2 Piezo-electric inkjet.....	20
2.1.6 คุณภาพงานพิมพ์ (Print quality).....	21
2.1.6.1 ความมันวาว (Gloss).....	20
2.1.6.2 ความขาวสว่าง (Brightness).....	20
2.1.6.3 ความเรียบ (Smoothness).....	21
2.1.6.4 ความดำของหมึกพิมพ์ (Ink density).....	22
2.1.6.5 การบวมของเม็ดสกรีน (Dot gain).....	22
2.1.7 QEA test target.....	22
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	31
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	31
3.1.1 สารเคมี.....	31
3.1.2 อุปกรณ์.....	32



3.2	ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย.....	33
3.2.1	ขั้นตอนการเตรียมชิลิกาจากขี้เถ้าแกลบและวิเคราะห์สมบัติของชิลิกา.....	33
3.2.1.1	การเตรียมชิลิกาจากขี้เถ้าแกลบ.....	33
3.2.2	ขั้นตอนการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากขานอ้อยและวิเคราะห์สมบัติของซีเอ็มซี.....	34
3.2.2.1	การเตรียมขานอ้อย.....	34
3.2.2.2	การเตรียมเยื่อเซลลูโลส.....	35
3.2.2.3	การตรวจสอบสมบัติของเยื่อเซลลูโลส.....	36
3.2.2.3.1	การหาปริมาณแอลฟา-เซลลูโลส.....	36
3.2.2.4	การสังเคราะห์ซีเอ็มซี.....	37
3.2.2.5	การตรวจสอบสมบัติของซีเอ็มซี.....	37
3.2.2.5.1	การหาปริมาณความชื้น.....	37
3.2.2.5.2	การทดสอบค่าความหนืดปรากฏ (Apparent viscosity).....	38
3.2.2.5.3	การหาค่า D.S. (Degree of substitution).....	38
3.2.2.5.4	การหาความบริสุทธิ์ (Purity) ของซีเอ็มซี.....	39
3.2.3	ขั้นตอนการเตรียมสารเคลือบ.....	40
3.2.3.1	การเตรียมสารเคลือบโดยใช้ชิลิกาและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์.....	40
3.2.3.2	การเตรียมสารเคลือบโดยใช้ชิลิกา พอลิไวนิลแอลกอฮอล์และซีเอ็มซีทางการค้า.....	42
3.2.3.3	การเตรียมสารเคลือบโดยใช้ชิลิกา พอลิไวนิลแอลกอฮอล์และซีเอ็มซีจากขานอ้อย.....	42
3.2.3.4	ตรวจสอบกระดาษอิงก์เจ็ตที่ผลิตได้.....	43
3.2.4	การวิเคราะห์คุณภาพงานพิมพ์.....	43
3.2.5	การเปรียบเทียบคุณภาพงานพิมพ์ระหว่างกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้าและกระดาษอิงก์เจ็ตที่ผลิตได้.....	44
บทที่ 4	ผลการทดลองและอภิปรายผล.....	45
4.1	การเตรียมชิลิกาจากขี้เถ้าแกลบและวิเคราะห์สมบัติของชิลิกา.....	45
4.1.1	สมบัติของชิลิกาจากขี้เถ้าแกลบ.....	45
4.2	การสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากขานอ้อยและสมบัติของซีเอ็มซี.....	46
4.2.1	สมบัติของเยื่อเซลลูโลสจากขานอ้อย.....	46
4.2.2	สมบัติของซีเอ็มซีจากขานอ้อย.....	47

4.3	ขั้นตอนการเตรียมสารเคลือบ.....	48
4.3.1	การเตรียมสารเคลือบโดยใช้ซิลิกาและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์.....	48
4.3.2	การเตรียมสารเคลือบโดยใช้ซิลิกา พอลิไวนิลแอลกอฮอล์และซีเอ็มซีทางการค้า.....	49
4.3.3	การเตรียมสารเคลือบโดยใช้ซิลิกา พอลิไวนิลแอลกอฮอล์และซีเอ็มซีจาก ซานอ้อย.....	51
4.3.4	ตรวจสอบกระดาษอิงก์เจ็ตที่ผลิตได้เทียบกับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้า.....	52
4.3.4.1	น้ำหนักสารเคลือบ.....	54
4.3.4.2	ความเรียบของกระดาษ.....	55
4.3.4.3	ความขาวสว่าง.....	56
4.3.4.4	ความขาว.....	58
4.3.4.5	ความมันวาวของกระดาษ.....	60
4.3.4.6	ความพรุนของกระดาษ.....	61
4.3.4.7	ความสม่ำเสมอของสารเคลือบบนกระดาษ.....	63
4.4	ขั้นตอนวิเคราะห์คุณภาพงานพิมพ์.....	66
4.4.1	คุณภาพงานพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Epson รุ่น stylus photo 2100.....	66
4.4.1.1	ความดำหมึกพิมพ์.....	66
4.4.1.2	ความมันวาวหมึกพิมพ์.....	70
4.4.1.3	คุณภาพของเส้น.....	72
4.4.1.4	คุณภาพตัวอักษร.....	80
4.4.1.5	ค่าร้อยละเม็ดสกรีนบวมที่ 50.....	82
4.4.1.6	การล้นเลอะระหว่างสี.....	85
4.4.1.7	ความกลมของเม็ดสกรีนสีดำ.....	87
4.4.1.8	ขอบเขตสี.....	90
4.4.2	คุณภาพงานพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Canon รุ่น i9100.....	91
4.4.2.1	ความดำหมึกพิมพ์.....	91
4.4.2.2	ความมันวาวหมึกพิมพ์.....	93
4.4.2.3	คุณภาพของเส้น.....	94
4.4.2.4	คุณภาพตัวอักษร.....	96
4.4.2.5	ค่าร้อยละเม็ดสกรีนบวมที่ 50.....	98
4.4.2.6	การล้นเลอะระหว่างสี.....	98
4.4.2.7	ความกลมของเม็ดสกรีนสีดำ.....	99

4.4.1.8 ขอบเขตสี.....	101
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	103
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	103
5.1.1 คุณภาพงานพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Epson รุ่น stylus photo 2100.....	104
5.1.2 คุณภาพงานพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Canon รุ่น i9100.....	106
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	107
รายการอ้างอิง.....	108
ภาคผนวก.....	110
ภาคผนวก ก.....	111
ภาคผนวก ข.....	150
ภาคผนวก ค.....	160
ภาคผนวก ง.....	170
ภาคผนวก จ.....	182
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	190

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณลักษณะของซีเอ็มซีสำหรับการประยุกต์ในงานต่าง ๆ (Thai Cellulose Products Ltd.).....	9
2.2	ชนิดของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ทางการค้า.....	11
2.3	ค่าความด่างภาพพิมพ์สีด้าและสีที่มีสีด้าเป็นองค์ประกอบและสีไซแอนบนกระดาษเคลือบผิวที่ทำจากสารยี่ดลาเทกซ์ 3 ชนิด เปรียบเทียบกับ PVOH .....	14
2.4	คุณลักษณะคุณภาพงานพิมพ์พื้นฐาน.....	23
3.1	สูตรสารเคลือบที่มีซิลิกาและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็นส่วนประกอบในสัดส่วนต่าง ๆ .....	40
3.2	สูตรสารเคลือบที่มีซิลิกา พอลิไวนิลแอลกอฮอล์และซีเอ็มซีทางการค้าเป็นส่วนประกอบ.....	42
4.1	สมบัติของซีเอ็มซีจากชานอ้อย.....	47
4.2	สมบัติของสารเคลือบที่มีซิลิกาและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ด้วยสัดส่วนต่าง ๆ.....	48
4.3	สมบัติของสารเคลือบที่มีซิลิกา พอลิไวนิลแอลกอฮอล์และซีเอ็มซีทางการค้าเป็นส่วนประกอบที่มีร้อยละของแข็งเท่ากับ 15-19 .....	50
4.4	ความหนืดที่แรงเนียนสูงและความสามารถในการอุ้มน้ำของสารเคลือบที่มีซิลิกาเป็นพิกเมนต์ PVOH เป็นสารยี่ดและซีเอ็มซีเป็นสารยี่ดรวม ในสัดส่วนต่าง ๆ ที่มีร้อยละของแข็งเท่ากับ 15.....	50
4.5	สมบัติของสารเคลือบที่มีซิลิกา พอลิไวนิลแอลกอฮอล์และซีเอ็มซีจากชานอ้อยเป็นส่วนประกอบในสัดส่วน 100:30:2 ที่มีร้อยละของแข็งเท่ากับ 15-19 .....	51
4.6	สมบัติพื้นฐานของกระดาษอิงก์เจ็ตที่ผลิตได้.....	52
4.7	สมบัติพื้นฐานของกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้า.....	54
4.8	ความเรียบของกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้า.....	56
4.9	ความขาวสว่างของกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้า.....	57
4.10	ความขาวของกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้า.....	59
4.11	ความมันวาวของกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้า.....	61

ตารางที่	ฐ หน้า
4.12	ความพรุนของกระดาษอิงก์เจ็ททางการค้า..... 62
4.13	คุณภาพของเส้นของกระดาษอิงก์เจ็ทที่เคลือบด้วยสารเคลือบที่ร้อยละของแข็งใน สารเคลือบเท่ากับ 13-19 และมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เท่ากับ 100:40..... 73
4.14	คุณภาพของเส้นของกระดาษอิงก์เจ็ทที่เคลือบด้วยสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็ง ในสารเคลือบเท่ากับ 15 และมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่างกัน 74
4.15	คุณภาพของเส้นของกระดาษอิงก์เจ็ทที่เคลือบด้วยสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็ง ในสารเคลือบเท่ากับ 16 และมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่างกัน 75
4.16	คุณภาพของเส้นของกระดาษอิงก์เจ็ทที่เคลือบด้วยสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็ง ในสารเคลือบเท่ากับ 17 และมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่างกัน 76
4.17	คุณภาพของเส้นของกระดาษอิงก์เจ็ทที่เคลือบด้วยสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็ง ในสารเคลือบเท่ากับ 15-19 และมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อ ซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซีทางการค้า..... 77
4.18	คุณภาพของเส้นของกระดาษอิงก์เจ็ทที่เคลือบด้วยสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็ง ในสารเคลือบเท่ากับ 15-19 และมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อ ซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซีจากชานอ้อย..... 78
4.19	คุณภาพของเส้นของกระดาษอิงก์เจ็ททางการค้า 3 ชนิด..... 79
4.20	ร้อยละการล้นเลอะระหว่างเส้นสีดำบนพื้นสีเหลืองของกระดาษอิงก์เจ็ทที่ผลิตได้ 86
4.21	ร้อยละการล้นเลอะระหว่างเส้นสีดำบนพื้นสีเหลืองของกระดาษอิงก์เจ็ททางการค้า 87
4.22	คุณภาพของเส้นของกระดาษอิงก์เจ็ทที่ผลิตได้ (พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Canon) 94
4.23	คุณภาพของเส้นของกระดาษอิงก์เจ็ททางการค้า (พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Canon) 95
4.24	ร้อยละการล้นเลอะระหว่างเส้นสีดำบนพื้นสีเหลืองของกระดาษอิงก์เจ็ทที่ผลิตได้ (พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Canon)..... 98
4.25	ร้อยละการล้นเลอะระหว่างเส้นสีดำบนพื้นสีเหลืองของกระดาษอิงก์เจ็ททาง การค้า (พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Canon)..... 99
4.26	ค่าความกลมของเม็ดสกรีนของกระดาษอิงก์เจ็ททางการค้า (พิมพ์ด้วยเครื่องยี่ห้อ Canon)..... 100

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
2.1	รูปแบบต่าง ๆ ของการเชื่อมต่อของ SiO <sub>4</sub> Tetrahedral ในโครงสร้างพื้นฐานของซิลิกาเกิด.....	3
2.2	การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของซิลิกา ในสารละลายต่าง (B) อนุภาคในโซลมีขนาดเพิ่มขึ้น ในสารละลายกรดหรือเกลือ (A) อนุภาคเกิดการรวมกลุ่มเป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติเกิดเป็นเจล.....	5
2.3	ผลของ pH ของคอลลอยคอลลซิลิกาในน้ำ.....	6
2.4	การสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส.....	7
2.5	แสดงการผลิตพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVOH).....	10
2.6	ปริมาณสูงสุดของซิลิกา (พื้นที่ผิว 260 m <sup>2</sup> /g) ที่สามารถใส่ลงไปในสารเคลือบได้โดยไม่ทำให้เกิดฟุ้งเปรียบเทียบระหว่างสารยึด PVOH และแป้ง.....	12
2.7	การเกิดขอบภาพไม่คมชัดอันเนื่องมาจากการซึมของหมึก ของกระดาษที่มีPVOH เป็นสารยึดในสารเคลือบเทียบกับสารยึดลาเทกซ์.....	14
2.8	หลักการจ่ายหมึกของ Bubble jet.....	20
2.9	หลักการจ่ายหมึกของ Piezo-electric.....	20
2.10	QEA test target สำหรับวิเคราะห์คุณภาพงานพิมพ์.....	23
2.11	แสดงลักษณะพื้นผิวสื่อสิ่งพิมพ์ คุณภาพของเม็ดสกรีน คุณภาพของเส้นและความละเอียดและสัญญาณรบกวนภาพของสื่อที่เป็นฟิล์ม กระดาษเคลือบผิว ชนิดมัน กระดาษเคลือบผิวชนิดด้านและกระดาษไม่เคลือบผิว.....	24
2.12	ผลของสื่อสิ่งพิมพ์ที่มีผลต่อคุณภาพงานพิมพ์ในระบบการพิมพ์อิงค์เจ็ต.....	25
4.1	ขนาดของอนุภาคซิลิกาที่ผลิตได้จากซีเถ้าแอลบ.....	45
4.2	รูปร่างซิลิกาที่ผลิตจากซีเถ้าแอลบ (กำลังขยาย 1000 เท่า).....	46
4.3	รูปร่างซิลิกาที่ผลิตจากซีเถ้าแอลบ (กำลังขยาย 10000 เท่า).....	46
4.4	กราฟแสดงน้ำหนักสารเคลือบบนกระดาษเมื่อเปลี่ยนแปลงร้อยละของแข็งในสารเคลือบ โดยมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:40.....	54
4.5	กราฟแสดงความเรียบของกระดาษที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 13-19 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:40.....	55



รูปที่	หน้า
4.19 กราฟแสดงความพรุนของกระดาษที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15-19 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยใช้ ซีเอ็มซีทางการค้าและจากซานอ้อย.....	62
4.20 ภาพ SEM ของกระดาษที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 13 และมีสัดส่วน ซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:40 (กำลังขยาย 100 เท่า).....	63
4.21 ภาพ SEM ของกระดาษที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 13 และมีสัดส่วน ซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:40 (กำลังขยาย 500 เท่า).....	63
4.22 ภาพ SEM ของกระดาษที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 และมีสัดส่วน ซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:40 (กำลังขยาย 100 เท่า).....	64
4.23 ภาพ SEM ของกระดาษที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 และมีสัดส่วน ซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:40 (กำลังขยาย 500 เท่า).....	64
4.24 ภาพ SEM ของกระดาษที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 และมีสัดส่วน ซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซีจาก ซานอ้อย (กำลังขยาย 100 เท่า).....	64
4.25 ภาพ SEM ของกระดาษที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 และมีสัดส่วน ซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซีจาก ซานอ้อย (กำลังขยาย 500 เท่า).....	64
4.26 ภาพ SEM ของกระดาษที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 และมีสัดส่วน ซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซีทางการค้า (กำลังขยาย 100 เท่า).....	64
4.27 ภาพ SEM ของกระดาษที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 และมีสัดส่วน ซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซีทางการค้า (กำลังขยาย 500 เท่า).....	64
4.28 ภาพ SEM ของกระดาษอิงก์เจ็ต A (กำลังขยาย 100 เท่า).....	65
4.29 ภาพ SEM ของกระดาษอิงก์เจ็ต A (กำลังขยาย 500 เท่า).....	65
4.30 ภาพ SEM ของกระดาษอิงก์เจ็ต B (กำลังขยาย 100 เท่า).....	65
4.31 ภาพ SEM ของกระดาษอิงก์เจ็ต B (กำลังขยาย 500 เท่า).....	65
4.32 ภาพ SEM ของกระดาษอิงก์เจ็ต C (กำลังขยาย 100 เท่า).....	65
4.33 ภาพ SEM ของกระดาษอิงก์เจ็ต C (กำลังขยาย 500 เท่า).....	65



รูปที่	หน้า
4.34 กราฟแสดงความต้านทานไฟฟ้าที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 13-19 เมื่อมี สัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:40.....	67
4.35 กราฟแสดงความต้านทานไฟฟ้าที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 เมื่อมี สัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่างกัน.....	67
4.36 กราฟแสดงความต้านทานไฟฟ้าที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 16 เมื่อมี สัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่างกัน.....	67
4.37 กราฟแสดงความต้านทานไฟฟ้าที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 17 เมื่อมี สัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่างกัน.....	67
4.38 กราฟแสดงความต้านทานไฟฟ้าที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15-19 เมื่อ มีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยใช้ ซีเอ็มซีทางการค้า.....	68
4.39 กราฟแสดงความต้านทานไฟฟ้าที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15-19 เมื่อมี สัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซี จากชานอ้อย.....	68
4.40 กราฟแสดงความต้านทานไฟฟ้าบนกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้า 3 ชนิด.....	68
4.41 กราฟแสดงความต้านทานไฟฟ้าที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 13-19 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:40.....	70
4.42 กราฟแสดงความต้านทานไฟฟ้าที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 เมื่อมี สัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่างกัน.....	70
4.43 กราฟแสดงความต้านทานไฟฟ้าที่มี ร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 16 เมื่อ มีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่างกัน.....	70
4.44 กราฟแสดงความต้านทานไฟฟ้าที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 17 เมื่อมี สัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่างกัน.....	70
4.45 กราฟแสดงความต้านทานไฟฟ้าที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15-19 เมื่อมี สัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซีทาง การค้า.....	71
4.46 กราฟแสดงความต้านทานไฟฟ้าที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15-19 เมื่อมี สัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซีจาก ชานอ้อย.....	71

รูปที่	หน้า
4.47 กราฟแสดงความมั่นใจวาทะหมึกพิมพ์บนกระดาษอิงก์เจ็ดทางการค้า 3 ชนิด.....	71
4.48 ภาพถ่ายเส้นพอลิทีฟและเนกาทีฟตามแนวนอนและแนวตั้งของสีดำที่มีขนาดต่างกัน.....	72
4.49 ภาพถ่ายตัวอักษรของสูตรสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:30.....	80
4.50 ภาพถ่ายตัวอักษรของสูตรสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:40.....	80
4.51 ภาพถ่ายตัวอักษรของสูตรสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 16 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:30.....	81
4.52 ภาพถ่ายตัวอักษรของสูตรสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 17 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:30.....	81
4.53 ภาพถ่ายตัวอักษรของสูตรสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซีทางการค้า.....	81
4.54 ภาพถ่ายตัวอักษรของสูตรสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซีจากชานอ้อย.....	81
4.55 ภาพถ่ายตัวอักษรของกระดาษอิงก์เจ็ดทางการค้าชนิด A.....	82
4.56 ภาพถ่ายตัวอักษรของกระดาษอิงก์เจ็ดทางการค้าชนิด B.....	82
4.57 ภาพถ่ายตัวอักษรของกระดาษอิงก์เจ็ดทางการค้าชนิด C.....	82
4.58 กราฟแสดงค่าร้อยละเม็ดสกรีนบวมที่ 50 ที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 13-19 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:40.....	83
4.59 กราฟแสดงค่าร้อยละเม็ดสกรีนบวมที่ 50 ที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่างกัน.....	83
4.60 กราฟแสดงค่าร้อยละเม็ดสกรีนบวมที่ 50 ที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 16 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่างกัน.....	83
4.61 กราฟแสดงค่าร้อยละเม็ดสกรีนบวมที่ 50 ที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 17 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่างกัน.....	83

รูปที่	หน้า
4.62 กราฟแสดงค่าร้อยละเมล็ดสกรีนบวมที่ 50 ที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15-19 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซี เป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซีทางการค้า.....	84
4.63 กราฟแสดงค่าร้อยละเมล็ดสกรีนบวมที่ 50 ที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15-19 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซี เป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซีจากชานอ้อย.....	84
4.64 กราฟแสดงค่าร้อยละเมล็ดสกรีนบวมที่ 50 ของกระดาดยอังก์เจ็ดทางการค้า 3.....	84
4.65 ภาพต้นฉบับ เส้นสีดำมีความกว้าง 1 mm (บน) ภาพที่ผลิตได้เกิดการล้นเลอะระหว่างสี (ล่าง).....	85
4.66 ลักษณะความไม่กลมของเมล็ดสกรีน โดยระยะของเมล็ดสกรีนตามแนวแกน y มากกว่า x (ซ้าย) และระยะของเมล็ดสกรีนตามแนวแกน y น้อยกว่า x (ขวา).....	87
4.67 ความกลมของเมล็ดสกรีนของกระดาดยอังก์เจ็ดทางการค้า.....	88
4.68 ความกลมของเมล็ดสกรีนที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:40.....	88
4.69 ความกลมของเมล็ดสกรีนขนาด 0.1 mm ที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15-17 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่างกัน.....	88
4.70 ความกลมของเมล็ดสกรีนขนาด 0.2 mm ที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15-17 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่างกัน.....	88
4.71 ความกลมของเมล็ดสกรีนขนาด 0.3 mm ที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15-17 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่างกัน.....	88
4.72 ความกลมของเมล็ดสกรีนขนาด 0.4 mm ที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15-17 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่างกัน.....	88
4.73 ความกลมของเมล็ดสกรีนขนาด 0.5 mm ที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15-17 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่างกัน.....	89
4.74 ความกลมของเมล็ดสกรีนขนาด 0.6 mm ที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15-17 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่างกัน.....	89
4.75 ความกลมของเมล็ดสกรีนที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15-19 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซีทางการค้า	90
4.76 ความกลมของเมล็ดสกรีนที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15-19 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซีจากชานอ้อย	90

รูปที่	หน้า
4.77 ขอบเขตสีของงานพิมพ์บนกระดาษที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เป็น 100:30 และกระดาษที่มีร้อยละของแข็งเท่ากับ 15 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซี เป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซีทางการค้าและซีเอ็มซีจากซานอ้อย .....	90
4.78 ขอบเขตสีของกระดาษอิงก์เจ็ททางการค้า 3 ชนิด.....	91
4.79 กราฟแสดงความดำหมึกพิมพ์ของกระดาษอิงก์เจ็ทที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Canon รุ่น i9100.....	92
4.80 กราฟแสดงความมันวาวหมึกพิมพ์ของกระดาษอิงก์เจ็ทที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Canon รุ่น i9100.....	93
4.81 ภาพถ่ายตัวอักษรของสูตรสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:30 (พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Canon).....	96
4.82 ภาพถ่ายตัวอักษรของสูตรสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซีทางการค้า (พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Canon).....	96
4.83 ภาพถ่ายตัวอักษรของสูตรสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกา ต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซีจากซานอ้อย (พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Canon).....	96
4.84 ภาพถ่ายตัวอักษรของกระดาษอิงก์เจ็ททางการค้าชนิด A .....	97
4.85 ภาพถ่ายตัวอักษรของกระดาษอิงก์เจ็ททางการค้าชนิด B.....	97
4.86 ภาพถ่ายตัวอักษรของกระดาษอิงก์เจ็ททางการค้าชนิด C.....	97
4.87 กราฟแสดงค่าร้อยละเม็ดสกรีนบวมที่ 50 ของกระดาษอิงก์เจ็ทที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Canon.....	98
4.88 ความกลมของเม็ดสกรีนขนาด 0.1-0.6 mm ที่พิมพ์บนกระดาษอิงก์เจ็ทที่ผลิตได้ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Canon.....	99
4.89 ขอบเขตสีของงานพิมพ์บนกระดาษที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เป็น 100:30 และกระดาษที่มีร้อยละของแข็งเท่ากับ 15 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซี เป็น 100:30:2 โดยใช้ซีเอ็มซีทางการค้าและซีเอ็มซีจากซานอ้อย (พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Canon)	101

รูปที่

หน้า

4.90	ขอบเขตสีของกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้า 3 ชนิด (พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Canon).....	101
------	---	-----