

# Vegetable Fatty Acid Esters에 따른 평판 잉크의 물성 변화에 관한 연구

박정민,<sup>†</sup> 김성빈

<sup>†</sup>(주)광명 잉크, 부경대학교 공과대학 인쇄공학과

(2011년 10월 7일 접수, 2011년 11월 4일 최종 수정본 접수, 2011년 11월 18일 게재 확정)

## The Variation of Offset Ink Properties According to the Vegetable Fatty Acid Estersr

*Jung-Min Park,<sup>†</sup> Sung-Bin Kim*

<sup>†</sup>Kwang Myung Ink MFG. Co. Ltd,

Dept. of Graphic Arts Information Engineering, Pukyong National University

(Accepted on October 7, 2011, Requisitioned last revision on November 4, 2011,

Publication decision on November 18, 2011)

### Abstract

In these days, according to increased environmental regulations, to reduce the VOC content in paints and inks efforts are now in progress. A lot of research have progressed hydrocarbon solvents substitute with vegetable oil or ester in the printing ink but it is restricted to use vegetable oil in the inks because of high molecular weight and viscosity. Oil ester currently developed for printing inks still have some drawbacks, but overall the printability and print quality when using ester than hydrocarbon solvents are showing good results.

Thus, in this paper, I studied about the properties variation of the varnish and inks according to vegetable ester, after I reacted vegetable ester using the vegetable fatty acid and ethyl alcohol, butyl alcohol. The compared in order of average molecular weight by the GPC method, rheological properties were found by rotational rheometer, and emulsion behavior were compared by high speed emulsification tester.

Key-word: printing ink, vegetable oil, vegetable fatty acid ester, rheological properties.

## 1. 서 론

전편에서는 Iodine value에 따른 6종의 vegetable oil을 이용하여 vegetable methyl esters를 합성한 후<sup>1~4)</sup> varnish, 잉크화하여 이에 따른 잉크 물성 변화를 연구하였다. Vegetable oil 종류에 따른 vegetable methyl esters의 물성을 측정하고 각 varnish 및 잉크의 유화 적성 및 rheology 특성을 비교, 분석하였다. 그리고 IGT 및 RI-Tester의 인쇄 적성 시험기를 이용하여 각 시료의 인쇄 적성에 대해 연구하였다.

추가적으로, vegetable methyl esters를 이용한 적합한 offset 잉크의 formulation을 설계하기 위해 rosin modified phenolic resin의 특성에 따른 물성 변화를 연구하였다.<sup>5)</sup> 분자량과 용해 특성이 각기 다른 5종의 수지에 soy oil methyl ester를 적용하여 varnish, 잉크화한 후 이에 따른 물성 변화를 연구하였다. 하지만 hydrocarbon solvent와 비교해 저점도, 고용해성의 특성을 가진 vegetable methyl esters는 잉크의 점탄성을 저하시키고 이에 따른 misting, set-off 등의 문제가 여전히 한계로 남아있다. 이에 본 연구에서는 vegetable fatty acid esters에 ethyl alcohol, butyl alcohol을 적용하여 분자량과 점도를 높이고 용해성을 조정해 좀 더 적합한 offset 잉크의 formulation을 설계하고자 하였다.

Vegetable oil esters의 분자량과 용해성, 기타 물성을 측정하고, varnish 및 잉크의 유화적성 및 rheology 특성을 파악하였다.<sup>6~12)</sup> 그리고 IGT C-1 및 R-I tester를 이용하여 vegetable fatty acid esters에 따른 잉크의 인쇄 적성에 대해 연구하였다.

## 2. 실험

### 2-1. 시료

#### 2-1-1. Vegetable fatty acid esters

본 연구에서는 soy oil fatty acid와 methyl, ethyl, butyl alcohol를 이용하여 합성한 FAME(Fatty Acid Methyl Ester), FAEE(Fatty Acid Ethyl Ester), FABE(Fatty Acid Butyl Ester)를 사용하였다.

#### 2-1-2. Rosin modified phenolic resin

본 연구에서는 국내에서 제조된 평균 분자량이 8만, 산가가 15 정도인 고점도의 로진

변성페놀 수지를 사용하였다.

### 2-1-3. Varnish 제조

시료에 사용된 varnish는 Table 1에 나타내어진 조성에 의하여 제조되었다. Vegetable ester에 따른 점도 및 용해성의 차이를 고려하여 varnish viscosity를 유사하게 하기 위해 각각 수지함량과 ester(solvent) 함량을 변화시켜 제조하였다.

### 2-1-4. 잉크(Inks) 제조

본 연구에 사용된 잉크는 Table 2의 조성에 의하여 제조되었다. Table 3과 같이 잉크 제조 시에도 각 시료의 tack과 점도를 유사하게 조정하기 위해 hydrocarbon solvent의 사용량을 vegetable esters에 비해 5% 추가로 사용하여 제조하였다.

Table 1. Varnish Formulation and Cooking Condition

Component	A	B	C
Resin	50	45	40
Soy oils	15	15	15
Ester	35	40	-
Solvent	-	-	45
Total	100	100	100
Varnish Cooking Condition	200℃ / 30min		
Formulation A	Using the FAME, FAEE		
Formulation B	Using the FABE		
Formulation C	Using the Hydrocarbon Solvent		

\* Solvent: Mineral Distillate, Boiling Range 290~360℃, Aniline Point 72℃

\* Rosin Modified Phenolic Resins: Mw 8만, AV 15, High Viscosity Resin

\* Varnish cooker: Novamatic Themotronic Varnish Cooker

Table 2. Inks Formulation

Component	A	B
Varnish	50(Varnish A, B)	50(Varnish C)
Pigment	15	15
CaCO <sub>3</sub>	10	10
Esters	15	-
Solvent	-	20
Total	90	95
Condition	3 Roll Mill/ 3 Pass	
Formulation A	Using the Vegetable Ester	
Formulation B	Using the Hydrocarbon Solvent	

\* Pigment: Phthalocyanine Beta Blue(CI Pigment Blue 15:3)

Table 3. The Condition of Three Roll Mill(3pass)

30±2°C Roll Temperature		
0 Roll Gap Setting		
10bar Roll Pressure		
Knife Pressure	Dispersion Stage	8bar

### 2-2. Vegetable fatty acid esters의 물성 측정

Vegetable fatty acid esters의 분자량을 확인하기 위해 Agilent technologies 1200 series HPLC를 사용하여 분자량 분포도를 측정하였다. 그리고 Novamatics사의 Chemitronic cloud point tester를 이용하여 cloud point를 측정하였고 KS M 2014, 2002에 따라 Kinematic viscosity와 specific gravity를 측정하였다.

### 2-3. Varnish 물성 측정

#### 2-3-1. Tack, viscosity

Varnish의 tack은 Thwing Albert, USA사의 Inkometer에 의해 측정되었고 Laray viscometer에 의해 plastic viscosity를 측정하였다.

#### 2-3-2. 유화 적성

각 시료의 유화 적성을 파악하기 위해 Novomatic사의 Lithotronic tester를 사용하여 vegetable fatty acid esters에 따른 varnish의 유화 적성 변화를 검토하였다. 시료 25g을 cup에 넣고 spindle를 1,200rpm으로 고속회전 시키면서 2.0g/min의 물을 연속적으로 가했을 때 시간에 따른 torque를 측정하였다.

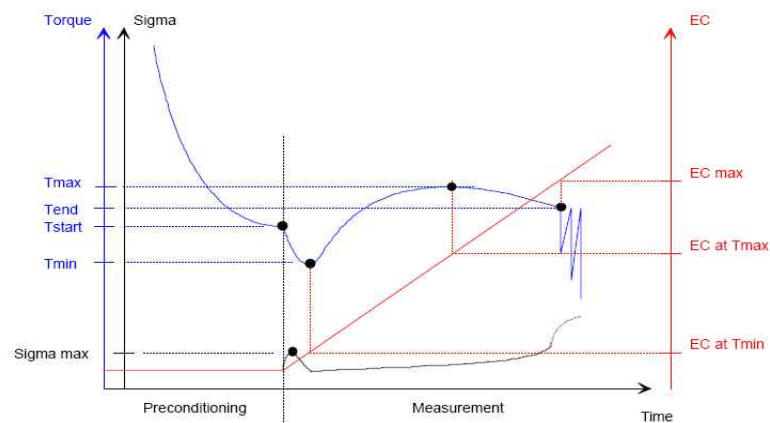


Figure 1. The result graph of emulsification tester.

### 2-3-3. Rheology 특성

각 시료의 rheology 특성을 파악하기 위해 shear rate에 따른 shear stress와 viscosity의 변화를 측정하였고 shear stress와 frequency에 따른 loss modulus( $G''$ ) 및 storage modulus( $G'$ )의 변화를 측정하였다. Rheology 측정은 Hakke Mars II rheometer를 이용하여 시험을 진행하였다. 사용 geometry는 C60/4°Ti이다.

## 2-4. Ink의 물성 측정

### 2-4-1. Tack, flow, viscosity

Tack 및 viscosity는 2-3-1의 실험과 동일한 방법에 의해 측정되었고 flow의 경우 spread-o-meter에 의해 측정되었다.

### 2-4-2. 유화 적성

2-3-2의 실험과 동일한 방법에 의해 측정되었다.

### 2-4-3. Rheology 특성

2-3-3의 실험과 동일한 방법에 의해 측정되었다.

### 2-4-4. 잉크의 인쇄 적성

#### 2-4-4-1. Ink film thickness에 따른 density, gloss 변화

잉크의 film thickness에 따른 density, gloss 변화를 측정하기 위해 IGT C-1 model을 이용하여 초기 잉크량을 0.15g으로 하여 10쇄까지 인쇄한 후, density와 gloss 변화를 측정하였다. Density는 gretag D-196 densitometer에 의해 측정되었고 gloss는 BYK gardener glossmeter에 의해 측정되었다.

#### 2-4-4-2. Density, gloss, setting time, rub resistance

각 시료를 R-I Tester에 초기 잉크량을 0.075cc로 공급하여 전색한 후 동일 조건에서의 density와 gloss를 측정하였다. 각 시료에 따른 setting time를 측정하기 위해 R-I tester로 coated paper상에 전색한 후, 동일한 용지를 사용하여 3초(sec)간격으로 set-off를 측정하였다. 각 시료의 rub resistance는 R-I tester로 전색한 시편을 24시간 방치 후, prufbau rub resistance tester로 20회 조건으로 측정되었다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3-1. Vegetable fatty acid esters의 물성 측정

Vegetable esters 및 hydrocarbon solvent의 동점도를 측정한 결과 FAME와 FAEE는 상대적으로 낮은 편이었고 FABE의 경우 hydrocarbon solvent와 유사한 수준으로 높은 동점도 값을 나타내었다. 비중의 경우 FAME와 FAEE가 FABE에 비해 다소 높은 결과를 나타내었다.

Table 4. Properties of Vegetable Fatty Acid Esters

	FAME	FAEE	FABE	H.S
Kinematic Viscosity (KV 40°C cSt)	4.679	4.840	8.300	8.537
Specific Gravity (15/4°C, $g/cm^3$ )	0.8824	0.8870	0.8660	0.8796
Cloud Point	1	-3	-5	32

\* FAME : Fatty Acid Methyl Ester, FAEE : Fatty Acid Ethyl Ester,  
FABE : Fatty Acid Butyl Ester, H.S : Hydrocarbon Slovent

Cloud point의 경우 hydrocarbon solvent에 비해 vegetable esters가 전반적으로 상당히 낮는데 이는 수지 용해성이 상당히 양호하다는 것을 의미한다. 다만 esters에 따른 수지 용해성은 크게 차이가 나지 않는다는 것을 알 수 있다.

Table 5. Molecular Weight of Vegetable Fatty Acid Esters and Hydrocarbon Solvent

	FAME	FAEE	FABE	H.S
Mw	353.76	383.89	434.88	275.25

Agilent technologies 1200series HPLC를 사용하여 중량 평균 분자량을 측정한 결과 지방산과 결합된 alcohol의 분자량이 커질수록 esters의 분자량도 비례하여 증가하는 것을 알 수 있다. 반면, hydrocarbon solvent의 경우 esters에 비해 비교적 낮은 분자량을 나타내었다.

각 시료의 GPC 크로마토그램을 분석해보면 esters의 경우 특정 범위에서만 강한 peak를 나타내지만 hydrocarbon solvent의 경우 넓은 범위에서의 분자량 분포를 가지는

것을 알 수 있다.

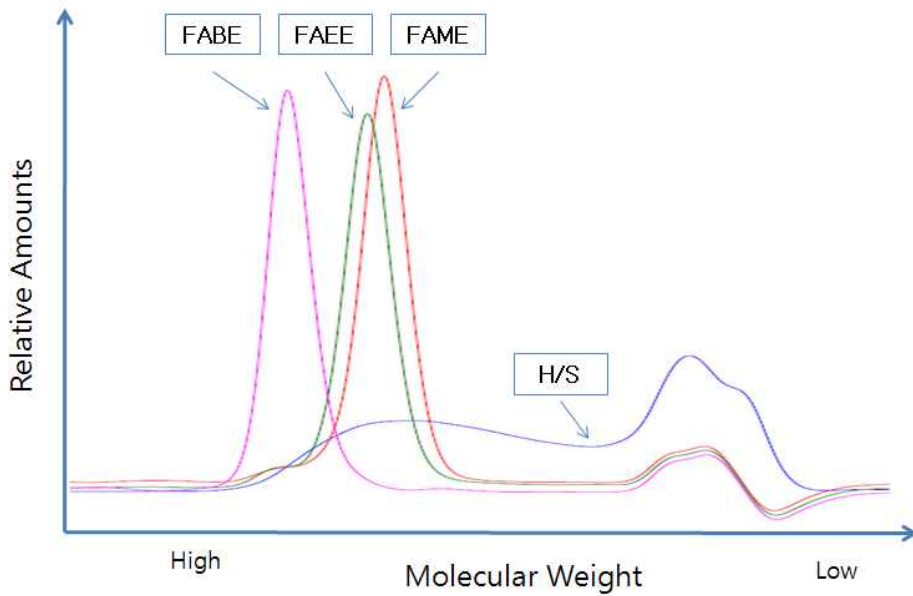


Figure 2. GPC chromatography of vegetable fatty acid esters and hydrocarbon solvent.

### 3-2. Vegetable fatty acid esters에 따른 varnish의 물성 변화

#### 3-2-1. Varnish의 tack, viscosity

동일한 수지에 각 시료를 적용하여 varnish화 했을 때 hydrocarbon solvent의 경우 수지함량이 낮은데도 불구하고 점도가 상당히 높은 결과를 나타내었다. 이는 esters에 비해 높은 동점도와 낮은 수지 용해성에 기인하는 것으로 판단된다. Vegetable esters로 제조된 varnish간의 tack 및 점도의 차이는 vegetable esters의 분자량과 동점도에 비례한 수지 희석 능력의 차이로 판단된다.

Table 6. Basic Properties of Varnishes according to Diluent Solvents

	FAME	FAEE	FABE	H.S
Resin Content(%)	50.0	50.0	45.0	40.0
Tack	27.1	26.7	21.2	15.9
Viscosity	509.1	674.1	391.5	781.1

### 3-2-2. Varnish의 유화 적성

각 시료를 varnish화 했을 때 유화 적성을 분석해 본 결과 varnish의 유화 적성은 수지에 대한 Diluent solvent의 희석 능력에 영향을 많이 받는 것을 알 수 있다. 수지 용해성이 낮은 hydrocarbon solvent의 경우 유화율이 높은 반면 고용해성의 vegetable esters는 비교적 안정한 함수 특성을 가지는데 이 역시 희석 능력이 낮아질수록 함수량은 증가하는 것을 알 수 있다.

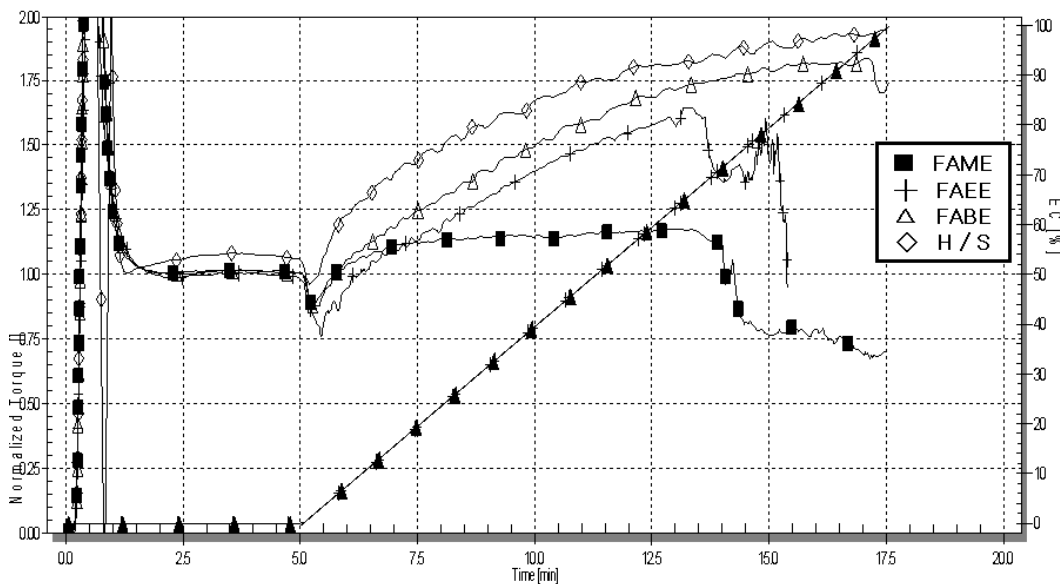


Figure 3. Torque curves of varnishes according to Diluent solvents.

### 3-2-3. Varnish의 rheology특성

#### 3-2-3-1. Viscosity, shear stress profile curve

각 시료를 varnish화 했을 때 유동학적인 특성을 파악하기 위해 shear rate에 따른 viscosity profile curve와 shear stress profile curve를 Figure 4에 나타내었다. 수지에 대한 Diluent solvent의 희석 능력이 감소함에 따라 비례적으로 shear rate에 따른 viscosity와 shear stress가 증가하는데 다만, FBE의 경우 낮은 수지함량에 의해 상대적으로 낮은 값을 나타내었다.

Hydrocarbon solvent의 경우 가장 낮은 수지 용해성과 희석 능력에 의해 수지 함량이 낮음에도 불구하고 높은 viscosity와 shear stress를 나타내었다. 다만, shear rate가 증가할수록 viscosity의 감소폭이 큰 편으로 이는 높은 shear rate로 갈수록 수지 함량의 영향이 크게 작용하는 것을 알 수 있다.



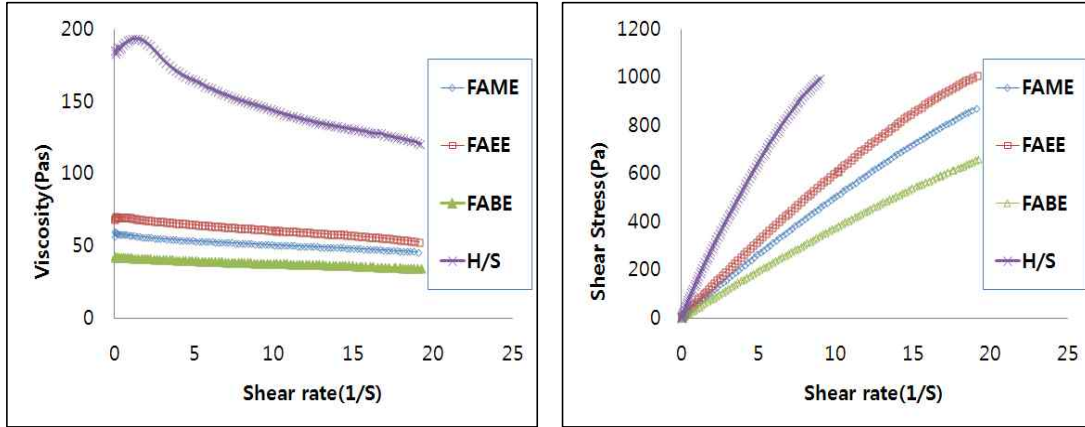


Figure 4. Viscosity, SS curves of varnishes according to shear rate.

### 3-2-3-2. Oscillation measurement

Figure 5와 Figure 6의 경우 각각 shear stress와 frequency에 따른 elastic modules와 viscous modules를 나타내었다. Shear stress에 따른 elastic modules와 viscous modules의 변화는 viscosity profile curve에서의 결과와 동일한데 수지와 상용성이 낮은 hydrocarbon solvent의 경우  $G'$ ,  $G''$ 가 높은 값을 나타내었으며 vegetable esters간에는 수지의 희석 능력보다는 수지 함량의 영향을 크게 받는다는 것을 알 수 있다.

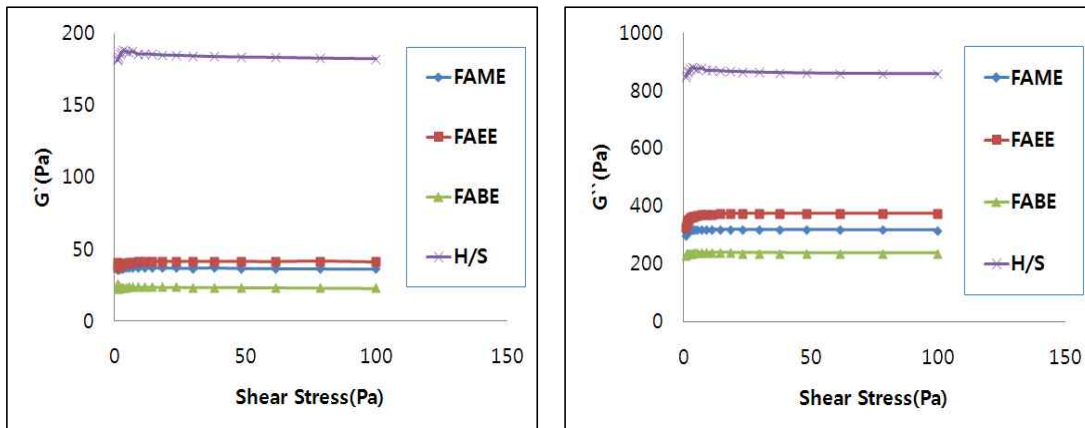


Figure 5. Storage and loss modules curves of varnishes according to shear stress.

Frequency에 따른 viscous modules와 elastic modules의 변화의 경우 frequency가 증가함에 따라  $G'$ ,  $G''$ 가 비례적으로 증가하고 있으며 시료에 따른 차이는 shear stress와

동일한 결과를 나타내었다.

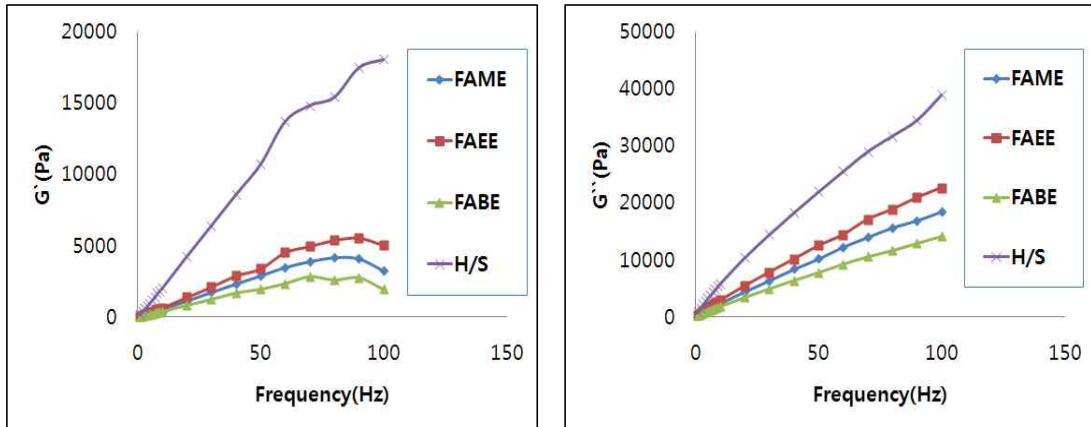


Figure 6. Storage and loss modulus curves of varnishes according to frequency.

### 3-3 Vegetable fatty acid esters에 따른 ink 물성 변화

#### 3-3-1. Ink의 tack, flow, viscosity

각 시료를 잉크화했을 시 tack 및 viscosity의 경우 varnish에서의 결과와 다르게 FABE의 viscosity가 FAME, FAEE보다 높은 값을 나타내었다. 이는 잉크화 과정에서 Diluent solvents의 량이 증가함에 따라 잉크의 물성은 수지 함량 보다는 희석 능력의 영향에 더 크게 좌우된다는 것을 알 수 있다.

Hydrocarbon solvent의 경우 낮은 수지 용해성의 특성으로 인해 수지 함량이 적음에도 불구하고 tack 및 viscosity는 높은 반면 flow가 적은 결과를 나타내었다.

Table 7. Basic Properties of Inks according to Diluent Solvents

	FAME	FAEE	FABE	H.S
Tack	5.6	5.6	5.9	6.7
Flow	37.0	38.0	40.5	37.0
Viscosity	63.4	68.7	86.3	115.4

#### 3-3-2. Inks의 유화 적성

각 시료를 잉크화하여 유화 적성을 분석한 결과 varnishes와 유사한 경향성을 가지는

것을 알 수 있다. 다만, FAME의 경우 varnish에 비해 ink의 유화율이 낮은 편이나 FAEE, FAFE, hydrocarbon solvent의 경우 ink화했을 때 유화율이 상당히 증가하는 결과를 나타내었다.

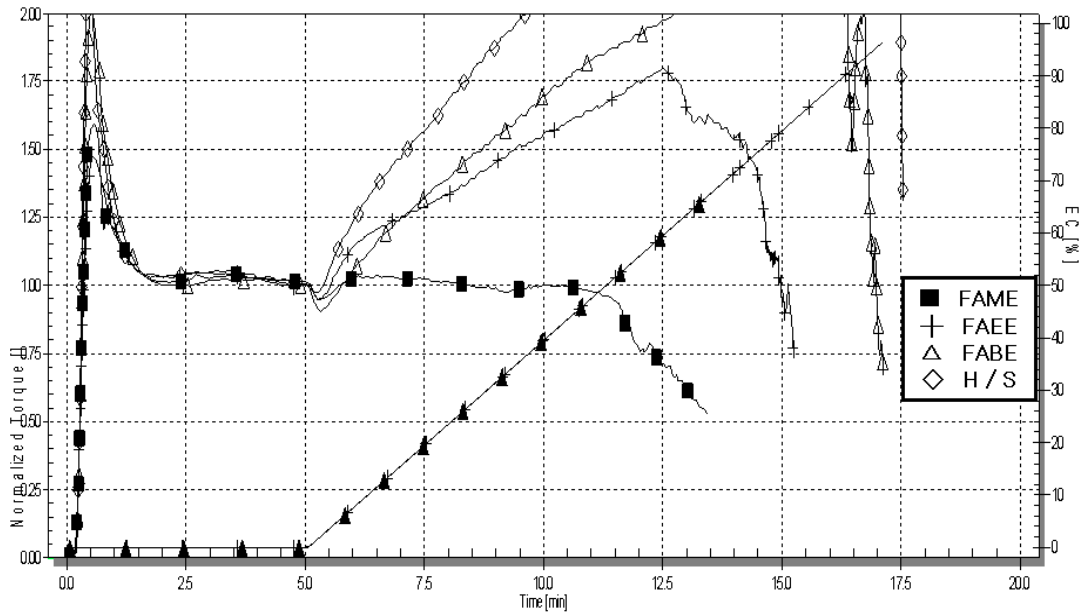


Figure 7. Torque curves of inks according to Diluent solvents.

### 3-3-3. Inks의 rheology 특성

#### 3-3-3-1. Viscosity, shear stress profile curve

각 시료를 ink화 했을 때 유동학적인 특성을 파악하기 위해 shear rate에 따른 viscosity와 shear stress profile curve를 Figure 8에 나타내었다. Ink화 과정에서 잉크 내부의 Diluent solvents의 량이 증가함에 따라 그 특성이 좀 더 명확하게 나타나는 것을 알 수 있다. 수지 용해성이 가장 낮은 hydrocarbon solvent의 경우 수지 함량이 가장 적고 용제 함량이 많음에도 불구하고 viscosity 및 shear stress가 상당히 높게 나타났다. Vegetable esters 간에서도 수지 함량이 적은 FAFE가 낮은 희석 능력에 기인하여 viscosity와 shear stress가 높았고 FAEE의 경우도 초반에는 FAME에 비해 다소 낮았으나 shear rate가 증가함에 따라 점차적으로 값이 역전되는 것을 알 수 있다.

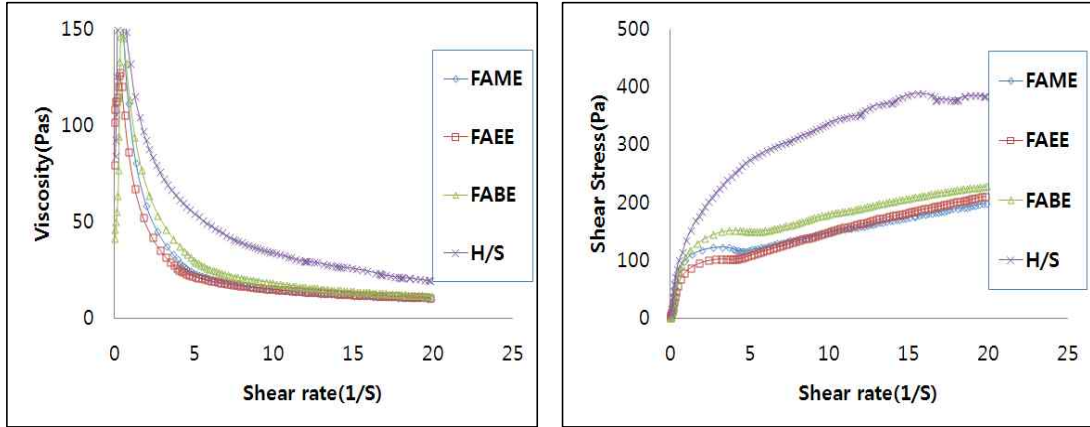


Figure 8. Viscosity, SS curves of inks according to shear rate.

### 3-3-3-2. Oscillation measurement

Figure 9의 경우 각 ink의 shear stress에 따른 elastic modulus와 viscous modulus의 변화를 나타내었다. FAME와 FAEE의 경우 낮은 shear stress에서의  $G'$ ,  $G''$ 가 상당히 증가하는데 이는 낮은 점도의 잉크 내부에서는 pigment간의 정전기적 인력이 강하게 작용하여 일시적으로 외력에 대한 저항성이 증가하는 것으로 판단된다. 반면, hydrocarbon solvent의 경우 낮은 shear stress영역에서 높은 shear stress영역까지 지속적으로 일정 수준의  $G'$ ,  $G''$ 를 유지한다는 것을 알 수 있다.

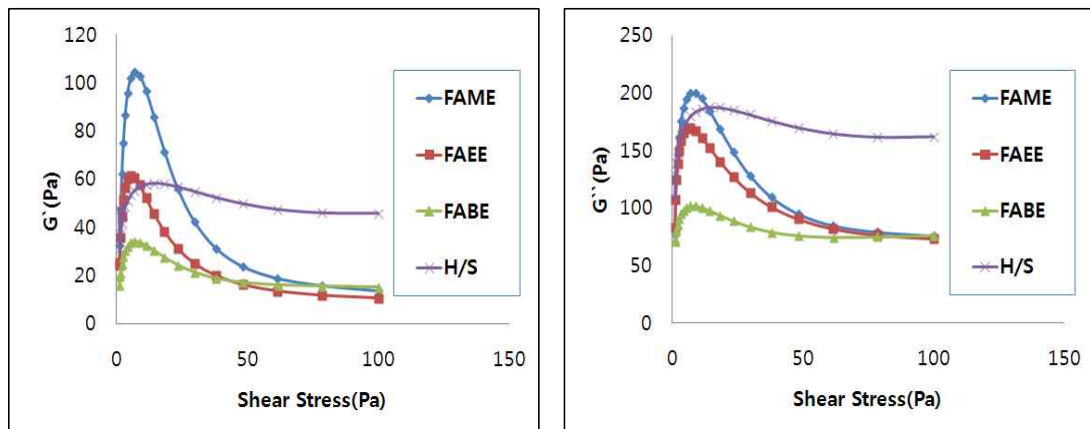


Figure 9. Storage and loss modulus curves of inks according to shear stress.

Figure 10의 경우 각 ink의 frequency에 따른 elastic modulus와 viscous modulus의

변화를 나타내었다. 이 경우도 그림에서 보는 바와 같이 hydrocarbon solvent의 경우 높은  $G'$ ,  $G''$  값을 나타내었고 반면 FABE의 경우 viscosity, shear stress profile curve에서와 달리 낮은  $G'$ ,  $G''$  값을 나타내었다.

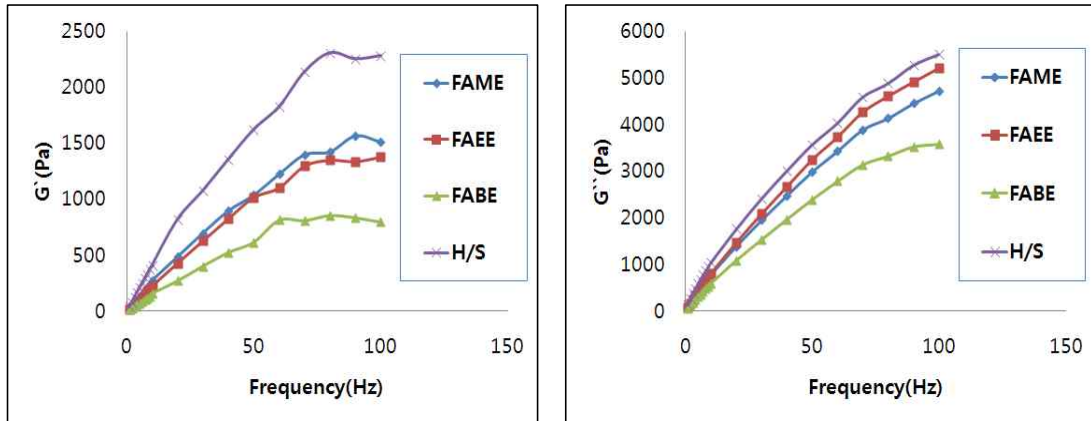


Figure 10. Storage and loss modules curves of inks according to frequency.

### 3-4 Vegetable fatty acid esters에 따른 ink의 인쇄 적성 변화

#### 3-4-1. Ink film thickness에 따른 density, gloss 변화

각 시료의 인쇄 적성을 분석하기 위해 ink film thickness에 따른 density와 gloss 변화를 측정된 결과 Figure 11, 12와 같이 hydrocarbon solvent의 경우 vegetable esters에 비해 전반적인 density와 gloss가 상당히 낮은 것을 알 수 있다. 또한, 잉크 전이량에서도 초기에서부터 낮은 값을 나타내고 인쇄 횟수에 따른 감소폭도 큰 편으로 이는 낮은 수지 함량과 수지 용해성에 기인하는 것으로 판단된다.

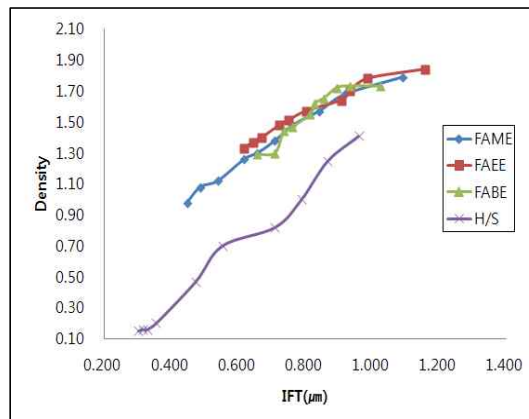


Figure 11. IFT VS density of inks according to Diluent solvents.

Vegetable esters간에서는 density는 유사한 편이나 gloss의 경우 FAME가 상대적으로 낮는데 이는 낮은 점도의 잉크 및 Diluent solvent의 특성에 의해 인쇄 후 피인쇄체 표면으로의 침투가 증가하여 잉크 도막의 표면 평활도 저하가 나타나는 것으로 판단된다.

Ink의 mileage 측면에서 인쇄 횟수에 따른 잉크 전이량을 분석한 결과 FAME에서 FABE로 갈수록 인쇄 횟수에 따른 잉크 전이의 감소폭이 적다는 것을 알 수 있다.

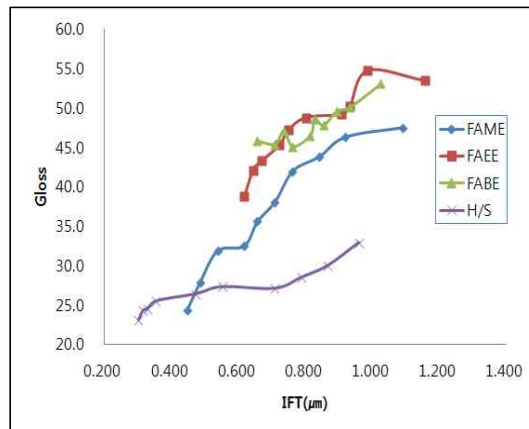


Figure 12. IFT VS gloss of inks according to resin Diluent solvents.

### 3-4-2. Density, gloss, setting time, rub resistance

각 시료를 동일 조건으로 R-I tester로 인쇄한 후 density와 gloss를 측정된 결과 Table 8과 같이 hydrocarbon solvent의 경우 상당히 떨어지는데 비해 vegetable esters 간에서는 크게 차이가 나지 않았다.

Setting time의 경우 동일한 수지를 사용했을 때 Diluent solvent의 용해성보다는 동점도에 영향을 크게 받는 것으로 판단된다. 각 시료의 수지 함량이나 수지 용해성과 상관 없이 동점도가 낮은 FAME, FAEE가 상대적으로 setting time이 빠르게 나타났다.

Rub resistance의 경우 vegetable esters가 hydrocarbon solvent에 비해 양호한데 이는 잉크 내부의 상대적으로 높은 수지 함량과 vegetable esters의 double bond에서 산화중합이 일어나 잉크도막 강도에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

Vegetable esters간에서는 FAME의 경우 잉크 도막의 낮은 표면 평활도에 의해 상대적으로 낮은 rub resistance를 나타내었고 Diluent solvent의 동점도는 낮음에도 불구하고 수지 함량이 상대적으로 높은 FAEE가 FABE에 비해 양호한 rub resistance를 나타내었다.

Table 8. Printing Properties of Inks according to Resin Molecular Weight

	FAME	FAEE	FABE	H.S
Density	2.41	2.43	2.40	2.21
Gloss	51.5	54.7	52.4	31.4
Setting times(Sec)	18	23	28	27
Rub Resistance	6.0	4.5	5.0	8.5

\* Rub Resistance ( 1.0 : Good ↔ 10.0 : Bad)

#### 4. 결 론

본 연구에서 vegetable esters를 포함한 Diluent solvent에 따른 varnish와 잉크의 물성과 인쇄 적성에 대해 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. FAME에서 FAEE, FABE로 갈수록 분자량 및 동점도는 증가하였으나 수지 용해성과 관련된 cloud point는 크게 차이가 나지 않았다.
2. Vegetable esters에서 alcohol부분의 분자 구조가 커질수록 수지에 대한 희석 능력이 떨어져 varnish/잉크화시 tack, viscosity가 증가하는 것을 확인할 수 있었다.
3. Diluent solvent의 유화 적성은 수지에 대한 용해성 및 희석 능력에 크게 좌우되며 고용해성, 고희석 능력으로 갈수록 유화 적성이 양호하다는 것을 확인할 수 있었다.
4. varnish의 shear rate에 따른 viscosity 및 shear stress 변화는 전반적으로 newtonian flow에 가까운 유동 특성을 나타내었고 수지의 함량이 높고 Diluent solvent의 희석 능력이 낮을수록 증가하였다.
5. Varnish는 viscously fluid에 가까운 물성을 나타내었고 shear stress나 frequency에 따른 viscous modules( $G''$ )와 elastic modules( $G'$ ) 역시 수지의 함량이 높고 Diluent solvent의 희석 능력이 낮을수록 증가하였다.
6. 잉크의 shear rate에 따른 viscosity 및 shear stress 변화는 Diluent solvents의 희석 능력이 낮을수록 증가하였고 viscous modules( $G''$ )와 elastic modules( $G'$ )의 경우 수지함량의 높을수록 증가하였다.
7. IGT에 의한 인쇄 적성 연구에 의해 Diluent solvent의 용해성이 높을수록 density, gloss, ink mileage가 우수한 반면 vegetable esters간에서는 희석능이 낮을수록 인쇄 품질이 양호한 것을 확인할 수 있었다.
8. Setting time은 Diluent solvent의 용해성보다는 동점도에 크게 좌우되며 rub resistance의 경우 동점도가 낮고 잉크내의 수지 함량이 높을수록 양호하였다.

## 참고 문헌

- (1) S. F. Cheng, Y. M. Choo, A. N. Ma and C. H. Chuah, "Kinetics Study on Trans-esterification of Palm oils", *Journal of oil Palm Research*, Vol. **16** No. 2 pp. 19~ 29(2004).
- (2) H. Nouredini and D. Zhu, "Kinetics Study on Transesterification of Soybean oils", *JAACS*, Vol. **74**, No. 11, pp. 1457~1463(1997).
- (3) K. W. Lee, J. X. Yu, J. H. Mei, Li Yan, Y. W. kim, and K. W. Chung "A Kinetics Study on Transesterification of Glyceryl Monooleate and Soybean Used Frying Oil to Biodiesel" *Journal. Ind. Eng. Chem.*, Vol. **13**. No. 5, pp. 799~ 807(2007).
- (4) Y. M. Choo, "Transesterification of Palm oils: Effect of Reaction Parameters" *Journal of Oil Palm Research*, Vol. **16**, No. 2, pp. 1~11(2004).
- (5) S. B. Kim, "The Effect of Changing Molecular Weight Of Rosin Modified Phenol Resin on Physical Properties of Litho Printing Inks", *Journal of the Korean Printing Society*, Vol. **12** No. 1, pp. 145~157(1994).
- (6) S. M. Chou and M. Cher, "Rheological Studies of Emulsion Ink Stability" , TAGA Proceeding, pp. 257~280(1989).
- (7) T. Amari, W. Xianfu, T. Hayashi and K. Morita, "Dynamics and Rheology of Inks Including Various Types of Gelling Agents", TAGA Proceeding, pp. 354 ~ 357 (1994).
- (8) A. Rosenberg, "Influence of Fillers on Rheology Emulsification and Printing Properties of Offset Inks", *Adv. Printing Science and Technology*, Vol. **21**, pp. 328 ~ 345(1992).
- (9) D. M. Desjumaux, D. W. Bousifield and P. Aurenty, "Dynamics of Ink Gloss: Influence of Ink Rheology on Leveling", TAGA Proceeding, pp. 618~637(1998).
- (10) S. M. Chou, T. A. Fadner and L. J. Bain, "Structural Recovery Of Printing Inks Studied By Steady Shear Rheometry", TAGA Proceeding, pp. 280~312(1990).
- (11) R. W. Bassemir and F. Shubert, "The Rheology of Lithographic Inks and their Press Performance", TAGA Proceeding, pp. 298~308(1985).
- (12) A. Blayo, A. Gandini and F. Medlege, "Rheological Characterization of Printing Inks: Correlations Between Laboratory Measurements and Press Performance", TAGA Proceeding, pp. 662~679(2000).