

대두유 에스테르계 절연유의 합성과 분석

한동희, 조한구, 한세원, 안명상, 오대희*

한국전기연구원, 부경대학교

Study on the synthesis and characterization of soybean based transformer oils

Dong-Hee Han, Han-Goo Cho, Se-Won Han, Myeong-Sang Ahn and Dae-Hee Oh*

KERI, Pukyong National Univ.*

Abstract : Electrical insulation is one of the most important parts in a high voltage apparatus. Traditionally mineral oils and synthetic esters have been widely used as dielectric coolants for power transformers. Recently, researchers are interested in the environmental friendly vegetable oil from environmental viewpoint. This paper reports on the synthesis and characterization of soybean based ester oils. Two different types of soybean based transformer oils, named as methyl ester and isopropyl ester were synthesized. The synthesis of these esters was achieved by transesterification reactions of soybean oil and alcohol in the presence of catalyst. The GC and NMR spectroscopic analysis of the esters have been performed. The thermal stability of the esters was determined by thermal gravimetric analysis(TGA).

Key Words : soybean oil, transformer, transesterification, ester, thermal stability

1. 서론

1885년 미국에서 처음으로 배전급 건식변압기가 제작된 이래 1892년 광유를 적용한 변압기가 GE사에 의해 처음으로 개발되었다. 당시 유입변압기의 냉각매체로서 광유의 성능을 향상시키려는 연구와 더불어 식물유를 이용하려는 여러 가지 실험이 이루어졌으나 식물유는 산화안정성의 부족과 높은 점도로 인한 흐름성의 부족으로 상용화되지는 못하였다.

1976년 PCB의 인체위험성 및 심각한 환경오염 등을 문제로 독극물질 규제법안에 따라 강도 높은 비난이 시작되었고 EPA의 규제가 가해짐에 따라 마침내 PCB의 추가적인 생산과 상업화에 대한 금지조치가 단행되었다. 이러한 계기를 바탕으로 화재에 대한 안정성을 확보할 수 있는 다른 변압기의 연구 개발이 시작되었고 대체방안으로서 PCB가 포함되지 않은 불연성 냉각매체가 개발되었다.

광유 및 실리콘 오일의 경우 환경규제가 심각해 질 것으로 예측되며, 비식용으로서 자연적인 분해가 거의 되지 않는 단점을 가지고 있다. 이러한 먹을 수 없는 오일을 포함하는 책임위험과 환경적인 규제에 따라 결과적으로 확대된 연구개발의 노력으로 1990년대 초에 식물유에 대한 연구가 다시 시작되었다.

미국의 경우 1990년대 말부터 ETV 프로그램을 활용하여 ABB, Cooper 등의 기관에서 전력기기용 친환경성 오일을 적극 개발하여 200 MVA급 변압기 등에 적용하였으며, 일본의 경우 관선편력에서 3R(Reduce, Reuse, Recycle) 프로젝트의 일환으로 2000년 이후 환경친화형 식물성 오일 변압기를 연구·개발하여 환경 적합성과 성능의 우수성을 검증하고 있다.

따라서 본 연구에서는 대두유를 기초로 하는 식물계 절연성 에스테르유를 제조하고 GC 및 NMR을 이용하여 분석하였으며 TGA를 이용하여 내열특성을 조사하였다.

2. 실험

그림 1에 식물성 에스테르유를 합성하는 공정을 간단하게 나타내었다.

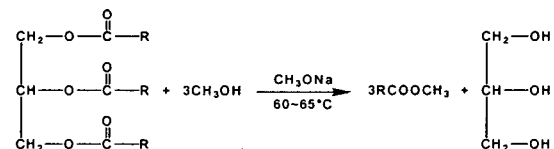


그림 1. Methyl ester의 합성

3. 결과 및 고찰

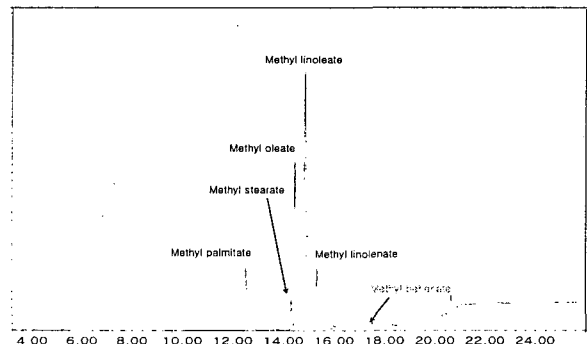


그림 1. Methyl ester의 GC spectrum

그림 1은 대두유를 사용하여 합성된 methyl ester의 GC 스펙트럼을 나타낸 것이다.

표 1과 2는 합성된 ester유를 GC/MS를 사용하여 정량 분석을 한 결과이다.

표 1. 합성된 methyl ester의 조성

Ester Name	composition(%)	Molecular formula
Methyl Palmitate	12.58	C ₂₀ H ₄₀ O ₂
Methyl stearate	6.90	C ₂₂ H ₄₄ O ₂
Methyl oleate	23.57	C ₂₂ H ₄₂ O ₂
Methyl linoleate	34.71	C ₂₂ H ₄₀ O ₂
Methyl linolenate	11.02	C ₂₂ H ₃₈ O ₂
Methyl behenate	2.3	C ₂₃ H ₄₆ O ₂

표 2. 합성된 IPA ester의 조성

Ester Name	composition(%)	Molecular formula
IPA Palmitate	12.58	C ₂₂ H ₄₄ O ₂
IPA stearate	6.90	C ₂₄ H ₄₈ O ₂
IPA oleate	23.57	C ₂₄ H ₄₆ O ₂
IPA linoleate	34.71	C ₂₄ H ₄₄ O ₂
IPA linolenate	11.02	C ₂₄ H ₄₂ O ₂
IPA behenate	2.3	C ₂₅ H ₅₀ O ₂

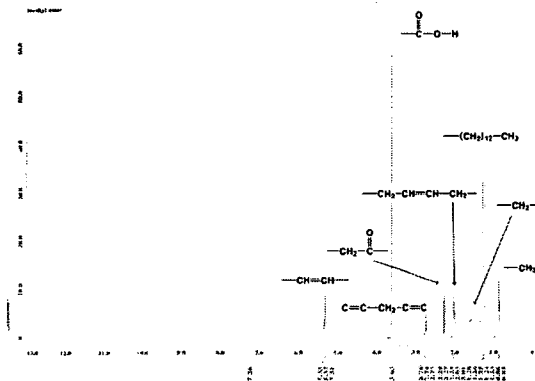


그림 2. Methyl ester의 1H-NMR 스펙트럼

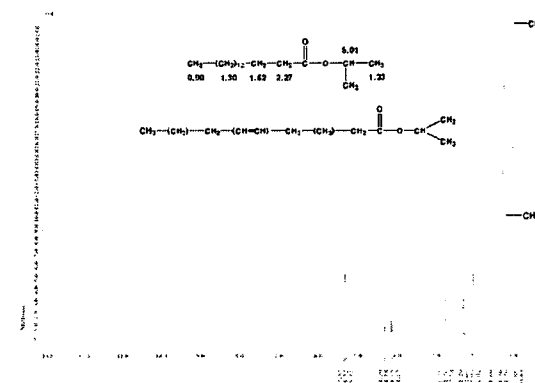


그림 3. IPA ester의 1H-NMR 스펙트럼

그림 2와 3은 합성된 methyl ester 및 IPA ester의 1H-NMR 스펙트럼이다.

그림 4와 5는 methyl ester 및 IPA ester의 열적 안정성을 조사한 TGA thermogram을 나타낸 것이다. 두 오일의 열분해 거동을 비교하면 IPA ester가 methyl ester보다 초기 열분해 온도가 훨씬 높고 50% 감량온도도 IPA ester가 높기에 내열성은 IPA ester가 훨씬 높은 것을 알 수 있다.

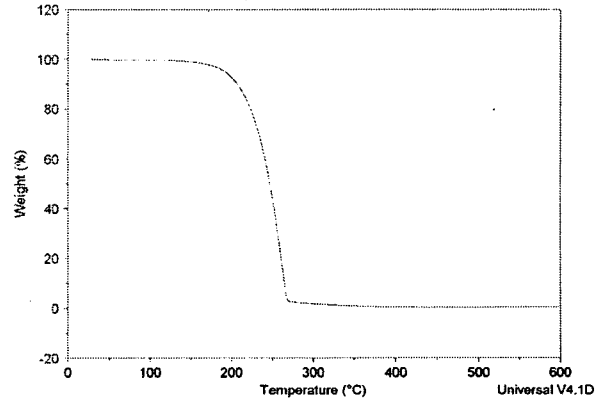


그림 4. Methyl ester의 TGA thermogram

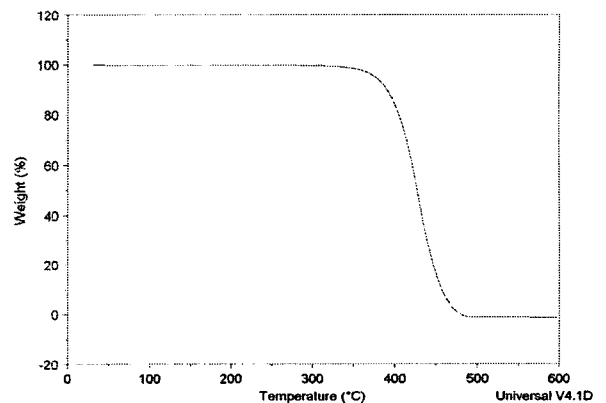


그림 5. IPA ester의 TGA thermogram

4. 결론

본 연구에서는 대두유를 기초로 하는 식물계 절연성 에스테르유를 제조하여 GC 및 NMR을 이용하여 분석하였다. TGA를 이용한 열분석 결과를 통하여 methyl ester보다 IPA ester가 내열특성이 우수한 것을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] C. Patrick McShane, IEEE Trans. on Industry Application, Vol. 37, No. 4, pp. 1132-1139, 2001.
- [2] Y. Bertrand and L. C. Hoang, Proceedings of 7th ICPADM, pp. 491-494, 2003.
- [3] Karel Komers, etc., Fett/Lipid, pp. 507-512, 1998.
- [4] Mohamed M. Soumanou and Uwe T. Bornscheuer, Eur. J. Lipid Sci. Technol., pp. 656-660, 2003.