NIR spectroscopy for Engine Oil characterisation

M. Casale\*, M. Hooshyari, C. Malegori, E. Mustorgi, P. Oliveri

Department of Pharmacy, University of Genova, Viale Cembrano 4, 16148, Italy,

monica@difar.unige.it  
\*Corresponding author

Engine (or motor) oil is a lubricant used in internal combustion engines, produced by the blending of 80% (w/w) base oil and 20% (w/w) of different additives1. The American Petroleum Institute (API) has categorized base oils into five categories2; the first three groups are mineral stocks, refined from crude oil with different processes, Group IV are full synthetic (polyalphaolefin) and Group V is for all other base oils not included in Groups I through IV. To date, it is possible to identify the base oil of a lubricant only by looking at the combination of physical properties (such as viscosity index, density, colour, flash point, pour point, aniline point, thermal stability) but the measurement of these parameters is expensive and time consuming. The aim of the present study was to investigate, for the first time, the capability of near infrared (NIR) spectroscopy as low-cost, green and non-destructive method in order to identify the type of base oil into engine oil. In order to reach this goal, 53 pure base oils belonging to different API groups and 43 engine oils were analysed without any pre-treatments.

NIR spectra were acquired in transmittance mode with a FT-NIR spectrophotometer (Buchi NIRFlex N-500) in the 4000-10000 cm-1 range and 4 cm-1 resolution, using a quartz cuvette with 10 mm pathlength.

Principal component analysis performed on the NIR spectra (as the average of 3 spectra) showed that samples form clusters according to their API groups and so to their chemical composition. Thanks to the interesting results obtained in PCA; PLS-DA, as a multivariate classification tool, was applied in order to distinguish among different API groups and satisfactory results were achieved: the prediction abilities in the external test set composed of 20% of samples randomly selected was 87%.

**Keywords:** NIR spectroscopy, lubricants, base oil, classification, PLS-DA.

**Acknowledgements:** The base stuck and engine oil samples were obtained from Eni S.p.A., Milano (Italia); Afzoon Ravan Co., Teheran (Iran) and Bellini SPA, Bergamo (Italia).

**REFERENCES**

1. Leslie RR (2006) Synthetics, mineral oils, and bio based lubricants. CRC Press Taylor & Francis Group

2. American Petroleum Institute (2012) Engine Oil Licensing and Certification System Seventeenth Edition. 201

Spettroscopia NIR per la caratterizzazione dell’olio motore

M. Casale\*, M. Hooshyari, C. Malegori, E. Mustorgi, P. Oliveri

Department of Pharmacy, University of Genova, Viale Cembrano 4, 16148, Italy,

monica@difar.unige.it  
\*Corresponding author

L’olio motore è un lubrificante usato nei motori a combustione interna e viene prodotto miscelando quasi l'80% (p/p) di oli base e il 20% (p/p) di diversi additivi1. L'American Petroleum Institute (API) ha classificato gli oli base in cinque categorie2: i primi tre gruppi sono oli minerali, raffinati dal petrolio greggio con diversi processi, il gruppo IV è completamente sintetico (polialfaolefina) e il gruppo V è per tutti gli altri oli base non inclusi nei gruppi da I a IV. Ad oggi, è possibile identificare il tipo di olio base utilizzato nelle miscele commerciali osservando la combinazione di proprietà fisiche quali: l’indice di viscosità, la densità, il colore, il punto di infiammabilità-scorrimento-anilina, la stabilità termica. La misurazione di questi parametri è, però, dispendiosa in termini di costi e tempo. Lo scopo del presente studio è stato quindi quello di studiare, per la prima volta, la capacità della spettroscopia nel vicino infrarosso (NIR) come metodo a basso costo, ‘green’ e non distruttivo al fine di identificare il tipo di olio base nell'olio motore.

Per raggiungere questo obiettivo, sono stati analizzati 53 oli base appartenenti a diversi gruppi API e 43 oli motore, senza procedere con alcuna preparazione del campione.

Gli spettri NIR sono stati acquisiti in trasmittanza con uno spettrofotometro FT-NIR (Buchi N-Flex N-500) nell'intervallo 4000-10000 cm-1 e risoluzione 4 cm-1, utilizzando cuvette in quarzo con cammino ottico da 10 mm

L’analisi delle componenti principali eseguita sugli spettri NIR acquisiti (come media di 3 repliche) ha mostrato che i campioni formano dei cluster in base ai loro gruppi API e quindi alla loro composizione chimica. Alla luce dei risultati promettenti in PCA, come tecnica di classificazione multivariata è stata applicata PLS-DA, al fine di caratterizzare i diversi gruppi di oli base e sono stati raggiunti risultati soddisfacenti: l’abilità in predizione sul test set esterno, composto dal 20% di campioni selezionati in maniera random, è stata dell'87%.

**Parole chiave**: spettroscopia NIR, oli motore, lubrificanti, olio base, classificazione, PLS-DA.

**Ringraziamenti**: i campioni di olio base e olio motore sono stati ottenuti grazie a una collaborazione con Eni S.p.A., Milano (Italia); Afzoon Ravan Co., Teheran (Iran) e Bellini SPA, Bergamo (Italia).

**Bibliografia**

1. Leslie RR (2006) Synthetics, mineral oils, and bio based lubricants. CRC Press Taylor & Francis Group

2. American Petroleum Institute (2012) Engine Oil Licensing and Certification System Seventeenth Edition. 2019