J. Fd Hyg. Safety
Vol. 22, No. 4, pp. 257~267 (2007)

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

근적외선분광광도법을 이용한 참기름중 이종식용유지 정량법에 관한연구

김재관* · 김종찬 · 고환욱 · 이정복 · 김영숙 · 박용배 · 이명진 · 김명길 · 김경아 · 박은미
경기도보건환경연구원

Quantitative Analysis of Contents of Vegetable Oils in Sesame Oils by NIRS

Jae-Kwan Kim*, Jong-Chan Kim, Hoan-Uck Ko, Jung-Bock Lee, Young-sug Kim, Yong-Bae Park, Myung-Jin Lee, Myung-Gill Kim, Kyung-A Kim, and Eun-Mi Park
Gyeonggi-do Institute of Health and Environment
(Received October 14, 2007/Accepted December 6, 2007)

ABSTRACT - The possibility of rapid non-destructive qualitative and quantitative analysis of vegetable oils such as perilla, corn, soybean and rapaseed oils in sesame oils was evaluated. A calibration equation calculated by MPLS(Modified Partial Least Squares) regression technique was developed and coefficients of determination for perilla oil, corn oil, soybean oil and rapaseed oil contents were 0.9992, 0.9694, 0.9795 and 0.9790 respectively. According to the data obtained from validation study, R^2 of contents of perilla, corn, soybean, rapaseed oils were 0.997, 0.848, 0.957 and 0.968, and SEP of content of them 0.747, 5.069, 3.063 and 3.000 by MPLS respectively. The results indicate that the NIRS procedure can potentially be used as a non-destructive analysis method for the rapid and simple measurement of sesame oil mixed with other vegetable oils. The detection limits of the NIRS for perilla oil, corn oil, soybean oil and rapaseed oil were presumed as 2%, 15~20%, 15~20% and 10%, respectively.

Key words: NIRS, MPLS, sesame oil, perilla oil, corn oil, soybean oil and rapaseed oil

참기름은 음식의 맛을 내는 중요한 유지로서 고소한 맛과 향이 뛰어나 우리나라 사람들이 가장 선호하는 식품중 하나이다. 그러나 다른 식용유에 비해 가격이 비싸기 때문에 값싼 식용유를 혼합하여 만든 가짜 참기름 사건이 거의 매년 되풀이되고 있어 참기름에 다른 식용유가 첨가돼 불량제품이 유통되고 있진 않은지 누구나 한번쯤 의심해 볼 정도로 가장 불신받는 식품이기도 하다. 2000년 이후 언론 및 식약청 등에서 발표된 가짜참기름의 유통사례를 보면 금액으로 약 95여억원에 유통량만도 약 20여만 리터가 된다[1-2]. 이외에도 적발되지 않은 제품들을 고려한다면 그 양은 훨씬 많아질 것으로 추정된다.

가짜 참기름 제조에는 옥수수기름이 가장 많이 사용되고 있는데, 참기름 색깔을 내기 위해 식용유에 황산을 사용한 경우도 있었으며 썩은 깻묵을 이용하여 참기름을 제조한 경우도 있었다[2]. 이처럼 불량 참기름이 유통되는 이유는 제조하기가 매우 쉬울 뿐만 아니라 원가가 적게 들고 옥수수기름 등 참기름에 혼입된 이종식용유를 쉽게 검출할 수 있는 검사기법이 개발되지 않았기 때문이다.

현재 참기름의 진위판별을 위해서 다양한 방법[3)-11)]들이 보고되고 있으나 지방산중 linolenic acid 함량을 측정[3)] 하는 방법이외에는 널리 활용되지 않고 있으며 특히 참기름에 어떤 종류의 식용유가 어느 정도 포함되어 있는지에 관한 연구는 매우 미진한 실정이다. 이에 본 연구에서는 시중에 유통되는 참기름을 대상으로 기준 적합여부 및 이종 식용유 함유 여부를 알아보기 위하여 근적외선분광분석법(NIRS)을[4-5, 12-16)] 응용하여 참기름의 품질에 영향을 미치는 산가, 요오드가, 지방산 등을 측정하여 일차적으로 진위여부를 판단하고 이종식용유의 혼입비율을 측정하여 비파괴적인 방법으로 신속하게 참기름의 진위여부를 판단할 수 있는 기술을 개발하여 가짜 참기름에 대한 불안감을 해소시키고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 참기름은 2005년 1월부터 2006년 12

*Correspondence to: Jae-Kwan Kim, Gyeonggi-do Institute of Health and Environment, 324-1 Pajang-dong, Jangan-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do 440-290, Korea
Tel: 82-31-250-2542, Fax: 82-31-250-2615
E-mail: dagan@kg21.net

월까지 2년 동안 경기지역의 대・중・소형매장 및 떡・방앗간 등 에서 총 488점을 수집하여 사용하였다. 이 중 93점은 참깨를 구입하여 실험실에서 채유 후 진품용 참기름으로 사용하였다.

가짜 참기름 제조에 사용된 식용유지는 들기름 225점, 옥수수기름 90점, 콩기름 130점, 채종유 80점 등 4종으로 총 525점을 사용하였다.

가짜 참기름 제조

가짜 참기름을 제조하기 위해 실험실에서 제조한 참기름과 시중 유통 중인 참기름 중 지방산 함량을 측정하여 linolenic acid가 0.4% 이하인 제품을 선별하여 참기름 중 들기름은 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 50%가 함유 되도록 제조하였고 옥수수기름, 콩기름, 채종유는 각각 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 50%가 함유 되도록 제조하였다. 또한 참기름 중 들기름의 함량을 1%, 2%, 3%, 4%, 5%로 한 후 이외의 식용유지를 각각 5%, 10%, 15%, 20%, 25% 함유되도록 하여 참기름에 2종의 식용유지가 혼합되도록 제조하였고 들기름 1%, 2%에 이외의 식용유지를 각각 10%, 20% 함유되도록 하여 3종 및 4종의 식용유지가 혼합되도록 제조하여 사용하였다.

분석기기

근적외선분광광도계는 NIRS 6500 spectrometer(FOSS NIRS Systems, model 6500, U.S.A)를 사용하였으며 가동 및 통계프로그램은 ISI SCAN(Verson 2.85.3)과 WINISI III^{TM}(Verson 1.63, InfraSoft Inter national U.S.A)를 사용하였다. 식품공전법에 의한 지방산의 정량은 dry thermo bath MG-2200(EYELA, JAPAN)와 GC(HP-6890 system, U.S.A)를 사용하였다.

스펙트럼의 측정

실험에 사용된 참기름은 7일 이상 방치시켜 부유물을 침전시킨 후 직경 8mm의 일회용 바이알에 취한 후 투과법을 이용하여 Table 1의 조건으로 각 시료의 스펙트럼을 측정하였다. 스펙트럼은 측정오차를 줄이기 위해 시료 1건당 2회 반복 측정하였다.

Table 1. Conditions of scanning parameters

Wavelength	400~2,500 nm
Sample cell	Vial, 8×40 mm
Attachment profile	Liquid analyzer
Detection mode	Liquid transmission
Temperature	60°C
Scanning	Reference revs. 16
	Sample 1
	Sample revs. 32
Spectrum	1,050 data points

결과 및 고찰

식용유지의 근적외 스펙트럼

Fig. 1과 같이 참기름 등 각 식용유지의 스펙트럼은 매우 비슷한 것으로 나타났다. 400~700 nm 부근에서 나타나는 스펙트럼의 차이는 참기름 고유의 색택에 기인한 것이며 combination 영역에서 나타나는 스펙트럼의 차이는 유지의 생산시기, 근적외선분광광도기에 사용하는 램프의 사용시간에 따른 광원의 차이 등 여러 요인에 의한 것으로 추정된다.

Fig. 2, 3, 4는 2,100~2,200 nm, 1st overtone (1,700~1,730 nm), 2nd overtone(1,100~1,300 nm) 부근의 스펙트럼을 비교한 것으로 참기름과 각 식용유지의 스펙트럼에 미세한 차이가 있는 것으로 나타났다. 특히 들기름이 참기름은 물론 다른 식용유지와 확연한 차이를 보이고 있어 참기름에 혼입되었을 경우 쉽게 혼입여부를 판단할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 들기름에 다른 식용유지가 혼입되었을 경우도 그 혼입 정도를 쉽게 판단할 수 있을 것으로 사료된다. Fig. 5는 스펙트럼을 Table 2의 조건을 사용하여 미분한 것으로 미분하기 전 큰 차이를 볼 수 없었던 파장대역에서 변화가 나타났는데 Fig. 6에서와 같이 850~1,100 nm 부근에서 옥수수기름, 채종유, 콩기름이 참기름과 뚜렷한 차이가 있는 것으로 나타났다.

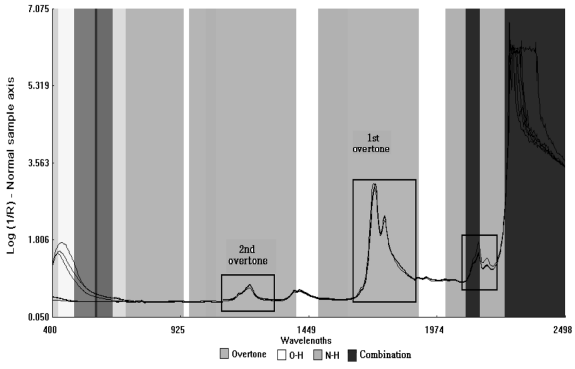

Fig. 1. Spectrum of pure sesame oil and vegetable oils.

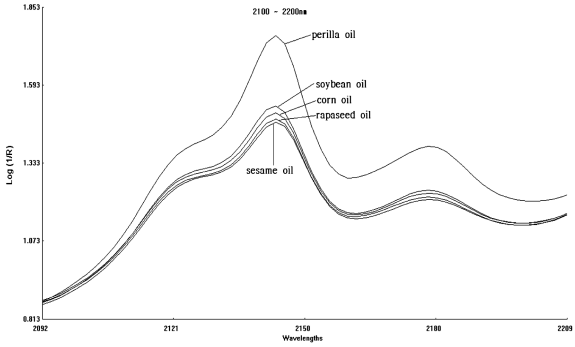

Fig. 2. Comparison of 2,100 to 2,200 nm spectrum for pure sesame oil and vegetable oils.

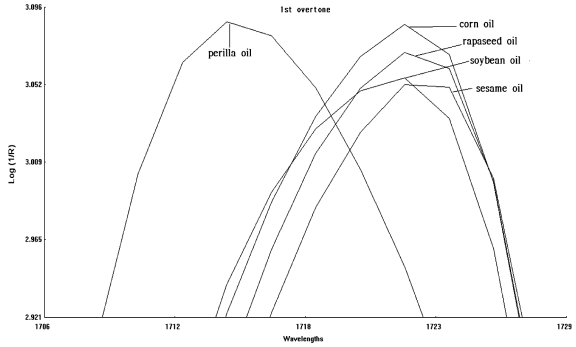

Fig. 3. Spectrum of the first overtone.

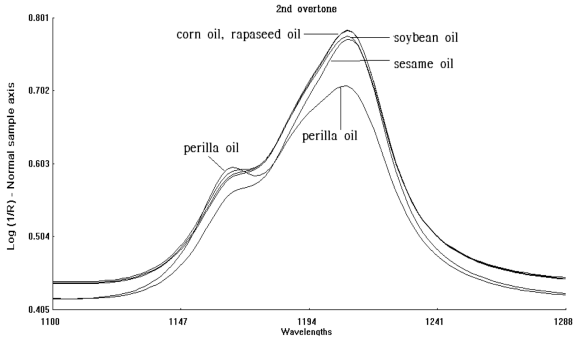

Fig. 4. Spectrum of the second overtone.

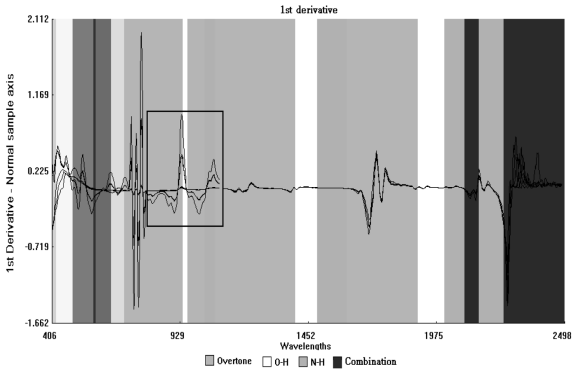

Fig. 5. The first derivative spectrum of pure sesame oil and vegetable oils.

Table 2. Conditions of the first derivative

Math treatment	1, 4, 4, 1
derivative	1st
gap	4 nm
smooth	4 point
second smooth	1 point
Scatter	SNV and Detrend

3D Graphics

Fig. 7과 8은 참기름과 식용유지 및 가짜참기름의 3D graphics로 각 점들은 스펙트럼의 NIR data를 의미한다.

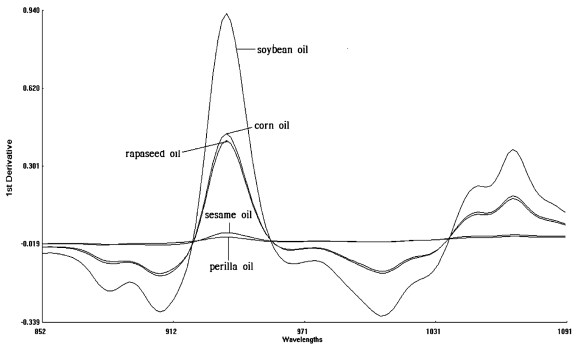

Fig. 6. Comparison of the first derivative spectrum 850~110 0nm) for pure sesame oil and vegetable oils.

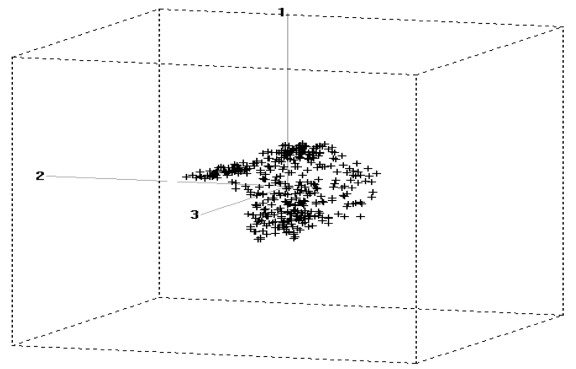

Fig. 7. 3D graphics of pure sesame oils.

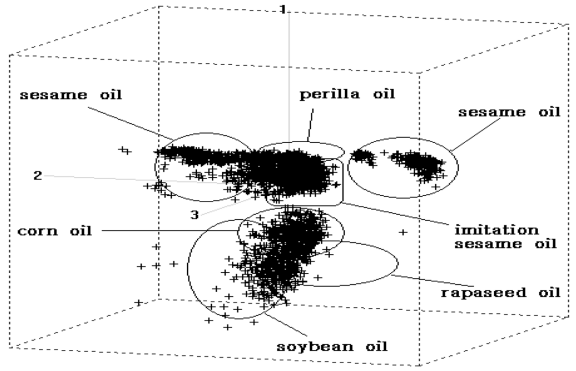

Fig. 8. 3D graphics of various vegetable oils, pure sesame oils and imitation sesame oils.

Fig. 7에서 보는 바와 같이 참기름은 중앙부근에 점들이 모여 있으나 Fig. 8에서와 같이 식용유지 및 가짜참기름은 점들이 여러 곳에 분산되어 있는 것을 관찰할 수 있다. 가짜 참기름은 중앙에 집중되어 있으며 들기름은 중앙의 상단에 모여 있어 다른 식용유지와 겹치지 않고 참기름은 중앙을 기준으로 좌·우에 모여 있는 것을 관찰 할 수 있다. 참기름의 data point가 양쪽에 있는 것은 원산지, 제조공정의 차이 및 기기적인 측정오차 등에 의한 것으로 추정된다. 옥수수기름, 콩기름, 채종유는 서로 겹치는 부분

Table 3. Conditions of calibration curve for vegetable oils in sesame oil

Cross validation groups	4
Maximum number of terms	16
Number of outlier elimination passes	5
Missing data value	0
Critical 'T' outlier value	2.5
Critical 'GH' outlier value	10
Critical 'X' outlier value	10

도 있고 완전히 분리되는 부분도 있으나 참기름과는 많은 차이를 보이는 등 식용유지간 분리되는 경향을 나타내고 있어 3D graphics 공간에서 분리되는 식용유지에 따른 정성적 차이는 NIR을 이용하여 식용유지의 종류 판별이 가능함을 나타내고 있으며 동시에 가짜 참기름의 정성판별과 정량가능성을 나타내었다.

검량선 작성 및 검증

이화학적 실험을 통하여 진품참기름으로 인정되는 제품을 대상으로 참기름 중 들기름의 혼합비율을 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 10%, 15%, 20%, 50%, 100%로 하고 옥수수기름, 콩기름, 채종유의 혼합비율을 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 40%, 50%, 100%로 하여 검량선 작성 및 검증용 시료로 사용하였다. 진품참기름의 data는 0.001로 하였으며 들기름, 옥수수기름, 콩기름, 채종유의 data는 각각 100으로 하였다. 최적의 검량선을 선별하기위해 400~2,500 nm, 700~2,500 nm, 1,100~2,500 nm 및 1,300~2,500 nm 등 4가지 파장대역을 선정한 후 MPLS(Modified Partial Least Squares)를 이용하여 Table 3의 조건으로 검량선을 작성하였으며 검량선 작성시 포함되지 않은 진품참기름을 사용하여 검증함으로서 최적의 검량식을 도출하였다. 검량선 검증은 혼합비율에 따라 각각 5개의 시료를 사용하였다.

Table 4와 같이 들기름과 옥수수기름은 1,300~2,500 nm의 NIR 파장대역을 선택했을 때 가장 높은 상관도와 낮은 오차를 보였으나 콩기름은 700~2,500 nm, 채종유는 1,100 nm~2,500 nm의 영역에서 작성한 검량선이 좋은 결과를 보였다. 작성된 검량선은 들기름의 경우 R^2 0.9992, SEC 0.7079, SECV 0.7233이었으며 미지시료를 검증했을 때 R^2 0.997, SEP 0.747, SEPC 0.675, Bias -0.324로 나타났다. 옥수수기름은 R^2 0.9694, SEC 3.6730, SECV 3.7242였으며, 미지시료를 검증했을 때 R^2 0.848, SEP 5.069, SEPC 4.943, Bias 1.192로나타났다. 콩기름은 R^2 0.9795, SEC 3.3762, SECV 3.4355이었으며 미지시료를 검증했을 때 R^2 0.957, SEP 3.063, SEPC 3.025, Bias 0.541로 나타났다.

채종유는 R^2 0.9790, SEC 2.2885, SECV 0.979이었으며 미지시료를 검증했을 때 R^2 0.968, SEP 3.000, SEPC 2.948, Bias 0.607로 나타났다. Fig. 9~12는 각 파장대역에서 작성한 검량선으로 참기름 중 들기름, 옥수수기름, 콩기름, 채종유를 효과적으로 분석할 수 있는 것으로 나타났다.

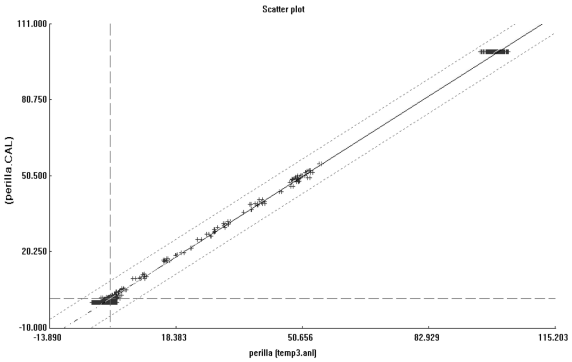

Fig. 9. Calibration curve for perilla oil in sesame oil using MPLS.

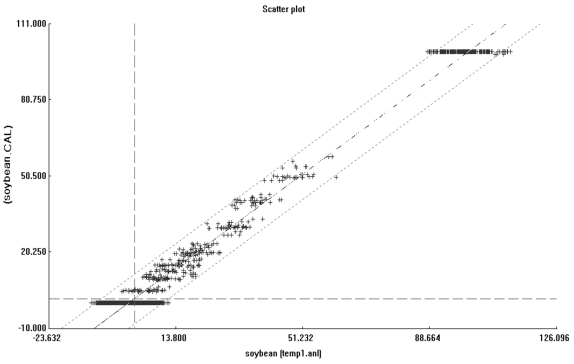

Fig. 10. Calibration curve for corn oil in sesame oil using MPLS.

Table 4. Results of MPLS analysis of perilla oil, corn oil, soybean oil and rapaseed oil in sesame oils

	Wavelength (nm)	Calibration			Validation			
		R^2	SEC	SECV	R^2	SEP	SEPC	Bias
Perilla oil	1,300~2,500	0.9992	0.7079	0.7233	0.997	0.747	0.675	-0.324
Corn oil	1,300~2,500	0.9694	3.6730	3.7242	0.848	5.069	4.943	1.192
Soybean oil	700~2,500	0.9795	3.3762	3.4355	0.957	3.063	3.025	0.541
Rapaseed oil	1,100~2,500	0.9790	2.2885	0.9790	0.968	3.000	2.948	0.607

R^2 : Coefficient of determination SEC : Standard Error of Calibration
SECV : Standard Error of Cross Validation SEP : Standard Error of Prediction
SEPC : Standard Error of Prediction Corrected for bias

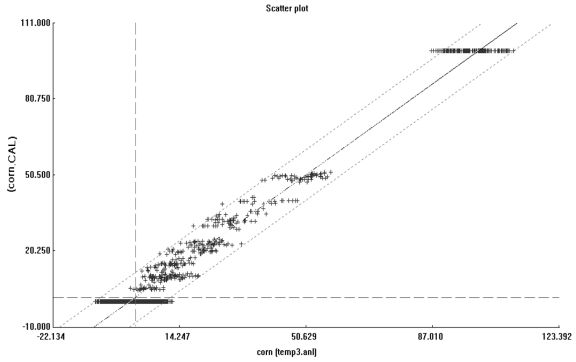

Fig. 11. Calibration curve for soybean oil in sesame oil using MPLS.

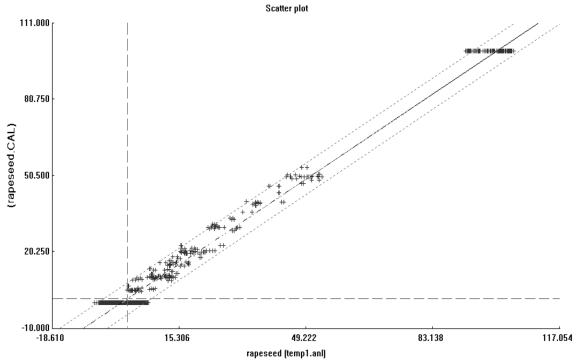

Fig. 12. Calibration curve for rapaseed oil in sesame oil using MPLS.

들기름 혼합비율에 따른 근적외분광분석 결과

Table 5와같이 참기름에 들기름을 1% 혼합했을 때의 계산값이 들기름은 0.67%~2.20%로 나타났으며 옥수수기름은 -2.52% ~8.22%, 콩기름은 -10.16%~1.09%, 채종유는 -2.09~1.75%의 계산값을 나타내었다. 2% 혼합했을 때 들기름은 1.15%~2.85%로 나타났으며 옥수수기름은 1.34%~10.03%, 콩기름은 -9.41%~7.71%, 채종유는 -21.34~0.99%의 계산값을 나타내었다. 3% 혼합했을 때 들기름은 1.65%~3.39%로 나타났으며 옥수수기름은 -3.27%~9.96%, 콩기름은 -6.39%~1.43%, 채종유는 -24.24~1.31%의 계산값을 나타내었다. 4% 혼합했을 때 들기름은 2.97%~3.96%로 나타났으며 옥수수기름은 -1.41%~10.70%, 콩기름은 -2.14%~4.50%, 채종유는 -1.89~3.48%의 계산값을 나타내었다. 5% 혼합했을 때 들기름은 3.87%~4.98%로 나타났으며 옥수수기름은 1.20%~8.24%, 콩기름은 -2.29%~4.43%, 채종유는 -20.55~0.07%의 계산값을 나타내었다. 50% 혼합했을 때 들기름은 49.12%~52.65%로 나타났으며 옥수수기름은 0.66%~8.60%, 콩기름은 -5.08%~10.91%, 채종유는 -10.13~4.97%의 계산값을 나타내었다.

옥수수기름 혼합비율에 따른 근적외분광분석 결과

Table 5. Validation results of sesame oil by the mixing rate of perilla oil

Mixing rate (%)		Perilla oil	Corn oil	Soybean oil	Rapaseed oil
1	Min.	0.67	-2.52	-10.16	-2.09
	Max.	2.20	8.22	1.09	1.75
	Mean	1.02	2.57	-3.82	0.27
2	Min.	1.15	1.34	-9.41	-21.34
	Max.	2.85	10.03	7.71	0.99
	Mean	1.82	3.85	-2.26	-7.63
3	Min.	1.65	-3.27	-6.39	-24.24
	Max.	3.39	9.96	1.43	1.31
	Mean	2.31	2.98	1.41	-8.36
4	Min.	2.97	-1.41	-2.14	-1.89
	Max.	3.96	10.70	4.50	3.48
	Mean	3.32	5.29	0.28	0.53
5	Min.	3.87	1.20	-2.29	-20.55
	Max.	4.98	8.24	4.43	0.07
	Mean	4.47	4.11	1.71	-7.10
50	Min.	49.12	0.66	-5.08	-10.13
	Max.	52.65	8.60	10.91	4.97
	Mean	50.25	5.49	-1.60	-0.94

Perilla oil : 1, 2, 3, 4, 5, 50%
Corn oil, soybean oil, rapaseed oil : 0%

Table 6과 같이 진품참기름에 옥수수기름을 5% 혼합했을 때 옥수수기름은 2.0%~9.91%로 나타났으며 들기름은 -0.99%~0.80%, 콩기름은 -4.91%~5.67%, 채종유는 -20.45~2.04%의 계산값을 나타내었다. 10% 혼합했을 때 옥수수기름은 7.63%~13.97%로 나타났으며 들기름은 -0.58%~1.63%, 콩기름은 -8.80%~2.49%, 채종유는 -2.24~4.65%의 계산값을 나타내었다. 15% 혼합했을 때 옥수수기름은 10.48%~16.76%로 나타났으며 들기름은 -0.86%~0.56%, 콩기름은 -4.71%~5.29%, 채종유는 -21.47~2.65%의 계산값을 나타내었다. 20% 혼합했을 때 옥수수기름은 14.35%~25.71%로 나타났으며 들기름은 -0.95%~1.45%, 콩기름은 -8.44%~1.53%, 채종유는 -1.56~2.11%의 계산값을 나타내었다. 30% 혼합했을 때 옥수수기름은 15.10%~25.76%로 나타났으며 들기름은 -1.14%~0.91%, 콩기름은 -3.70%~4.55%, 채종유는 -2.64~3.99%의 계산값을 나타내었다. 50% 혼합했을 때 옥수수기름은 31.43%~53.06%로 나타났으며 들기름 -0.47%~0.81%, 콩기름은 -9.01%~7.48%, 채종유는 -14.42~1.28%의 계산값을 나타내었다.

콩기름 혼합비율에 따른 근적외분광분석 결과

Table 7과 같이 진품참기름에 콩기름을 5% 혼합했을 때 콩기름은 -1.07%~15.98%로 나타났으며 들기름은 -1.75%~1.13%, 옥수수기름은 -2.22%~6.66%, 채종유는 -22.13~2.43%의 계산값을 나타내었다. 10% 혼합했을 때 콩기름

Table 6. Validation results of sesame oil by the mixing rate of corn oil

Mixing rate (%)		Corn oil	Perilla oil	Soybean oil	Rapaseed oil
1	Min.	2.00	-0.99	-4.91	-20.45
	Max.	9.91	0.80	5.67	2.04
	Mean	5.55	-0.44	-0.17	-4.96
2	Min.	7.63	-0.58	-8.80	-2.24
	Max.	13.97	1.63	2.49	4.65
	Mean	9.26	0.14	-1.90	0.92
3	Min.	10.48	-0.86	-4.71	-21.47
	Max.	16.76	0.56	5.29	2.65
	Mean	9.89	-0.50	2.60	-12.58
4	Min.	14.35	-0.95	-8.44	-1.56
	Max.	25.71	1.45	1.53	2.11
	Mean	17.99	-0.58	-1.84	0.73
5	Min.	15.10	-1.14	-3.70	-2.64
	Max.	25.76	0.91	4.55	3.99
	Mean	18.94	-0.29	0.98	0.29
50	Min.	31.43	-0.47	-9.01	-14.42
	Max.	53.06	0.81	7.48	1.28
	Mean	39.03	-0.05	-1.12	-5.63

Corn oil : 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40%, 50%.
Perilla oil, soybean oil, rapaseed oil : 0%

Table 7. Validation results of sesame oil by the mixing rate of soybean oil

Mixing rate (%)		Soybean oil	Perilla oil	Corn oil	Rapaseed oil
1	Min.	-1.07	-1.75	-2.22	-22.13
	Max.	15.98	1.13	6.66	2.43
	Mean	4.47	-0.30	3.10	-3.66
2	Min.	4.17	-0.71	1.29	-3.88
	Max.	15.43	0.88	9.22	2.27
	Mean	7.63	-0.27	3.51	-1.52
3	Min.	9.51	-0.96	-0.32	-19.40
	Max.	21.28	0.85	9.08	0.00
	Mean	13.75	-0.10	3.59	-7.66
4	Min.	12.28	-1.11	-1.81	-3.54
	Max.	20.70	1.03	6.74	0.22
	Mean	16.86	-0.13	3.76	-1.16
5	Min.	24.39	-2.05	0.81	-5.69
	Max.	32.49	2.48	12.93	2.26
	Mean	26.33	-1.01	4.10	-4.23
50	Min.	43.48	-0.59	-0.40	-4.64
	Max.	62.64	0.46	12.49	-13.74
	Mean	41.57	-0.01	4.03	1.28

Soybean oil : 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40%, 50%.
Perilla oil, corn oil, rapaseed oil : 0%

은 4.17%~15.43%로 나타났으며 들기름은 -0.71%~0.88%, 옥수수기름은 1.29%~9.22%, 채종유는 -3.88~2.27%의 계산값을 나타내었다. 15% 혼합했을 때 콩기름은 9.51%~21.28%로 나타났으며 들기름은 -0.96%~0.85%, 옥수수기름은 -0.32%~9.08%, 채종유는 -19.40~0.00%의 계산값을 나타내었다. 20% 혼합했을 때 콩기름은 12.28%~20.70%로 나타났으며 들기름은 -1.11%~1.03%, 옥수수기름은 -1.81%~6.74%, 채종유는 -3.54~0.22%의 계산값을 나타내었다. 30% 혼합했을 때 콩기름은 24.39%~32.49%로 나타났으며 들기름은 -2.05%~2.48%, 옥수수기름은 0.81%~12.93%, 채종유는 -5.69~2.26%의 계산값을 나타내었다. 50% 혼합했을 때 콩기름은 43.48%~62.64%로 나타났으며 들기름 -0.59%~0.46%, 옥수수기름은 -0.40%~12.49%, 채종유는 -4.64~-13.74%의 계산값을 나타내었다.

채종유 혼합비율에 따른 근적외분광분석 결과

Table 8과 같이 진품참기름에 채종유를 5% 혼합했을 때 들기름은 3.11%~8.07%로 나타났으며 들기름은 -0.76%~1.29%, 옥수수기름은 -1.66%~5.76%, 콩기름은 -8.63~-2.28%의 계산값을 나타내었다. 10% 혼합했을 때 채종유는 5.44%~12.66%로 나타났으며 들기름은 -1.65%~0.06%, 옥수수기름은 -3.33%~9.99%, 콩기름은 -7.06~2.28%의 계산값을 나타내었다. 15% 혼합했을 때 채종유는 9.27%~

Table 8. Validation results of sesame oil by the mixing rate of rapaseed oil

Mixing rate (%)		Rapaseed oil	Corn oil	Soybean oil
1	Min.	3.11	-1.66	-8.63
	Max.	8.07	5.76	-2.28
	Mean	4.95	3.32	-5.80
2	Min.	5.44	-3.33	-7.06
	Max.	12.66	9.99	2.28
	Mean	8.75	4.32	-0.83
3	Min.	9.27	0.72	-8.23
	Max.	17.70	11.78	0.27
	Mean	13.20	6.66	-3.70
4	Min.	18.28	-4.59	-7.30
	Max.	24.55	5.14	3.60
	Mean	20.67	1.14	0.04
5	Min.	23.95	0.02	-9.77
	Max.	30.32	11.18	6.69
	Mean	26.46	6.90	1.29
50	Min.	46.42	-4.21	-9.26
	Max.	53.83	13.18	1.82
	Mean	50.32	0.24	-2.59

Rapaseed oil : 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40%, 50%.
Perilla oil, corn oil, soybean oil : 0%

17.70%로 나타났으며 들기름은 -0.89%~1.28%, 옥수수기름은 0.72%~11.78%, 콩기름은 -8.23~0.27%의 계산값을 나타내었다. 20% 혼합했을 때 채종유는 18.28%~24.55%로 나타났으며 들기름은 -1.54%~0.48%, 옥수수기름은 -4.59%~5.14%, 콩기름은 -7.30~3.60%의 계산값을 나타내었다. 30% 혼합했을 때 채종유는 23.95%~30.32%로 나타났으며 들기름은 -1.43%~1.36%, 옥수수기름은 0.02%~11.18%, 채종유는 -9.77~6.69%의 계산값을 나타내었다. 50% 혼합했을 때 채종유는 46.42%~53.83%로 나타났으며 들기름 -0.51%~2.22%, 옥수수기름은 -4.21%~13.18%, 콩기름은 -9.26~1.82%의 계산값을 나타내었다.

이상과 같이 참기름에 한 종류의 식용유지를 첨가하여 근적외분광분석을 한결과 혼합한 시료 이외에 혼합하지 식용유지도 양수의 계산값을 나타내고 있는 것으로 나타났는데 들기름만을 혼합했을 경우 옥수수기름, 콩기름, 채종유의 최고값은 각각 10.7, 10.91, 4.97로 나타났으며, 옥수수기름만 혼합했을때 들기름, 콩기름, 채종유의 최고값은 각각 1.63 7.48, 4.65 로 나타났으며 콩기름만 혼합했을때 들기름, 옥수수기름, 채종유의 최고값은 각각 2.48, 12.93, 2.43로 나타났으며, 채종유만을 혼합했을 때 들기름, 옥수수기름, 콩기름의 최고값은 각각 2.22, 13.18, 6.69로 나타났다. 이러한 결과는 참기름과 식용유지의 스펙트럼이 비슷해서 나타나는 현상으로 추정된다. 혼합하지 않은 식용유지의 최고값이 들기름과 채종유에서 비교적 낮게 나타났는데 이는 linolenic acid 와 erucic acid 등 지방산 함량이 참기름과 매우 상이하기 때문에 스펙트럼 상에서도 많은 차이를 나타내고 있어 비교적 쉽게 검출이 가능한 것으로 사료된다.

한편 옥수수기름과 콩기름을 혼합한 시료는 그 혼합량의 절반 정도만 계산되는 경향이 나타났는데 순수한 옥수수기름과 콩기름의 스펙트럼을 추가함으로써 그러한 현상을 줄일 수 있었다. 옥수수기름과 콩기름을 혼합하지 않았을때 최고값이 높게 나타나는 것은 참기름과 화학적 조성이 비슷하기 때문에 발생하는 현상으로 추정된다. 옥수수기름은 linolenic acid의 함량이 1~2% 내외로 참기름과 비슷하기 때문에 검출이 더 어려운 것으로 사료되며 콩기름이 옥수수기름보다는 검출이 조금 용이한 것으로 나타났는데 이는 콩기름과 참기름이 일부 파장대역에서 차이를 보이고 있는 것에 기인한 것으로 사료된다. 이와 같이 혼합하지 않은 식용유지에서 양수의 계산값을 나타내는 것은 참기름의 진위판별에 방해가 될 뿐만 아니라 최고값보다 낮은 계산값을 나타내면 일정 농도 이하에서는 정성 및 정량이 불가능함을 의미한다. 따라서 많은 데이터를 축적해야 하는 근적외분광분석법의 특성을 감안하여 지속적으로 시료를 업데이트 하여 최고값을 낮춰야 할 것으로 사료된다.

2종의 식용유지가 혼합된 참기름의 근적외 분광분석

가짜 참기름 제조시 보통 하나의 식용유지를 사용하고 있으나 향미유 등을 사용할 경우 2종류이상의 식용유지가 혼합되기 때문에 2종 이상의 식용유지가 혼합되었을 때의 근적외분광분석법의 검출능력을 검토하였다.

들기름의 배합비율을 1%, 2%, 3%, 4%, 5%로 하였고 옥수수기름, 콩기름, 채종유의 배합비율을 5%, 10%, 15%, 20%, 25%로 하여 4종류의 식용유지를 각각 2개씩 혼합하여 근적외분광분석을 하였다.

들기름과 옥수수기름을 혼합하여 측정한 결과 Table 9와 같이 들기름 1%(옥수수기름 5%)를 혼합했을 때 들기름, 옥수수기름, 콩기름, 채종유의 계산값은 각각 1.62, 10.69, -5.09, 0.98로 나타났으며 2%(10%)를 혼합했을 때는 2.12, 11.85, -5.19, 0.42, 3%(15%)를 혼합했을 때 3.11, 14.29, -2.89, -0.56,. 4%(20%)를 혼합했을 때 3.81, 19.76, -1.14, 0.50, 5%(25%)를 혼합했을 때 3.88, 15.13, 1.92, -0.27로 나타났다.

들기름과 콩기름을 혼합하여 측정한 결과는 Table 10과 같이 들기름1%(콩기름 5%)를 혼합했을 때 들기름, 옥수수기름, 콩기름, 채종유의 계산값은 각각 1.05, 7.52, 1.37, 0.24로 나타났으며 2%(10%)를 혼합했을 때 2.46, 3.43, 7.34, 1.78, 3%(15%)를 혼합했을 때 2.85, 2.49, 11.80, -0.01, 4%(20%)를 혼합했을 때 3.53, 1.66, 21.97, 1.75, 5%(25%)를 혼합했을 때 4.66, 3.01, 21.03, 0.41로 나타났다.

들기름과 채종유를 혼합하여 측정한 결과 Table 11에서와 같이 들기름 1%(채종유 5%)를 혼합했을 때 들기름, 옥수수기름, 콩기름, 채종유의 계산값은 각각 1.07, 5.86,-4.31,

Table 9. Validation results of sesame oil by the mixing rate of perilla oil and corn oil

Mixing rate(%)	Perilla oil	Corn oil	Soybean oil	Rapaseed oil
1*(5)**	1.62	10.69	-5.09	0.98
2*(10)**	2.12	11.85	-5.19	0.42
3*(15)**	3.11	14.29	-2.89	-0.56
4*(20)**	3.81	19.76	-1.14	0.50
5*(25)**	3.88	15.13	1.92	-0.27

* : perilla oil ** : corn oil

Table 10. Validation results of sesame oil by the mixing rate of perilla oil and soybean oil

Mixing rate(%)	Perilla oil	Corn oil	Soybean oil	Rapaseed oil
1*(5)**	1.05	7.52	1.37	0.24
2*(10)**	2.46	3.43	7.34	1.78
3*(15)**	2.85	2.49	11.80	-0.01
4*(20)**	3.53	1.66	21.97	1.75
5*(25)**	4.66	3.01	21.03	0.41

* : perilla oil, ** :soybean oil

Table 11. Validation results of sesame oil by the mixing rate of perilla oil and rapaseed oil

Mixing rate(%)	Perilla oil	Corn oil	Soybean oil	Rapaseed oil
1*(5)**	1.07	5.86	-4.31	2.72
2*(10)**	2.72	5.86	-4.96	9.39
3*(15)**	3.13	5.87	-3.01	14.39
4*(20)**	3.69	2.79	-4.85	19.28
5*(25)**	4.40	9.13	-5.27	22.46

* : perilla oil, ** : rapaseed oil

2.72로 나타났으며 2%(10%)를 혼합했을 때 2.72, 5.86, -4.96, 9.39, 3%(15%)를 혼합했을 때 3.13, 5.87, -3.01, 14.39, 4%(20%)를 혼합했을 때 3.69, 2.79, -4.85, 19.28, 5%(25%)를 혼합했을 때 4.40, 9.13, -5.27, 22.46으로 나타났다.

옥수수기름과 콩기름을 혼합하여 측정한 결과 Table 12에서와 같이 옥수수기름과 콩기름을 각각 5%씩 혼합했을 때 들기름, 옥수수기름, 콩기름, 채종유의 계산값은 각각 1.07, 5.68, -3.67, -7.09로 나타났으며 10%를 혼합했을 때 0.89, 12.41, 1.81, -5.27, 15%를 혼합했을 때 0.55, 13.90, 8.79, -4.56, 20%를 혼합했을 때 -0.47, 19.82, 19.04, -1.30, 25%를 혼합했을 때 -0.23, 21.74, 24.51-5.17로 나타났다.

옥수수기름과 채종유를 혼합하여 측정한 결과 Table 13에서와 같이 옥수수기름과 채종유를 각각 5%씩 혼합했을 때 들기름, 옥수수기름, 콩기름, 채종유의 계산값은 각각 -0.06, 7.2, -1.24, 3.81로 나타났으며 10%를 혼합했을 때 0.08, 7.12, -0.02, 8.43, 15%를 혼합했을 때 0.84, 21.01,

Table 12. Validation results of sesame oil by the mixing rate of corn oil and soybean oil

Mixing rate(%)	Perilla oil	Corn oil	Soybean oil	Rapaseed oil
5*	1.07	5.68	-3.67	-7.09
10*	0.89	12.41	1.81	-5.27
15*	0.55	13.90	8.79	-4.56
20*	-0.47	19.82	19.04	-1.30
25*	-0.23	21.74	24.51	-5.17

* : corn oil, soybean oil

Table 13. Validation results of sesame oil by the mixing rate corn oil and rapaseed oil

Mixing rate(%)	Perilla oil	Corn oil	Soybean oil	Rapaseed oil
5*	-0.06	7.2	-1.24	3.81
10*	0.08	7.12	-0.02	8.43
15*	0.84	21.01	-4.77	10.14
20*	0.60	19.03	-2.49	16.34
25*	0.65	24.16	0.22	20.24

* : corn oil, rapaseed oil

Table 14. Validation results of sesame oil by the mixing rate of soybean oil and rapaseed oil

Mixing rate(%)	Perilla oil	Corn oil	Soybean oil	Rapaseed oil
5*	-0.56	5.49	2.73	4.04
10*	-0.44	2.84	6.53	8.96
15*	0.87	3.78	8.32	12.26
20*	1.14	3.01	15.16	16.83
25*	1.06	4.01	20.71	17.61

* : soybean oil, rapaseed oil

-4.77, 10.14, 20%를 혼합했을 때 0.60, 19.03, -2.49, 16.34, 25%를 혼합했을 때 0.65, 24.16, 0.22, 20.24로 나타났다.

Table 14와 같이 콩기름과 채종유를 혼합하여 측정한 결과 콩기름과 채종유를 각각 5%씩 혼합했을 때 들기름, 옥수수기름, 콩기름, 채종유의 계산값은 각각 -0.56, 5.49, 2.73, 4.04로 나타났으며 10%를 혼합했을 때 -0.44, 2.84, 6.53, 8.96, 15%를 혼합했을 때 0.87, 3.78, 8.32, 12.26, 20%를 혼합했을 때 1.14, 3.01, 15.16, 16.83, 25%를 혼합했을 때 1.06, 4.01, 20.71, 17.61로 나타났다. 혼합하지 않은 다른 식용유지의 최대값은 들기름 1.14, 옥수수기름 9.13, 콩기름 1.92 채종유 1.78로 나타나 일정농도 이상에서는 2종의 식용유지가 섞여 있어도 정성판별 및 정량분석이 가능한 것으로 나타났다.

3종의 식용유지가 혼합된 참기름의 근적외분광분석

가짜 참기름 제조시 여러 종류의 식용유지를 소량씩 혼합했을 경우를 가정하여 근적외분광분석법을 검토하였다. 참기름에 3종의 식용유지가 혼합되었을 때의 근적외분광분석결과는 Table 15~18과 같다. 들기름의 배합비율은 1%, 2%로 하고 옥수수기름, 콩기름, 채종유의 배합비율을 10%, 20%로 하여 4종류의 식용유지를 각각 3개씩 혼합하여 근적외분광분석을 하였다.

Table 15. Validation results of sesame oil by the mixing rate of perilla oil, corn oil and soybean oil

Mixing rate (%)	Perilla oil	Corn oil	Soybean oil	Rapaseed oil
1*(10)**	1.11	10.66	4.8	-0.88
2*(20)**	2.67	16.85	11.27	-2.77

* : perilla oil, ** : corn oil, soybean oil

Table 16. Validation results of sesame oil by the mixing rate of perilla oil, corn oil and rapaseed oil

Mixing rate (%)	Perilla oil	Corn oil	Soybean oil	Rapaseed oil
1*(10)**	1.15	12.97	-9.03	5.38
2*(20)**	3.47	15.37	-14.83	15.92

* : perilla oil, ** : corn oil, rapaseed oil

Table 17. Validation results of sesame oil by the mixing rate of perilla oil, soybean oil and rapaseed oil

Mixing rate (%)	Perilla oil	Corn oil	Soybean oil	Rapaseed oil
1*(10)**	0.92	-0.69	4.06	4.07
2*(20)**	2.55	-2.74	14.87	17.2

* : perilla oil, ** : soybean oil, rapaseed oil

Table 18. Validation results of sesame oil by the mixing rate of corn oil, soybean oil and rapaseed oil

Mixing rate (%)	Perilla oil	Corn oil	Soybean oil	Rapaseed oil
10*	0.15	6.77	1.71	7.8
20*	1.01	20.71	14.57	15.38

** : corn oil, soybean oil, rapaseed oil

들기름과 옥수수기름 및 콩기름을 혼합하여 측정한 결과 Table 15에서와 같이 들기름 1%(옥수수기름 및 콩기름 10%)를 혼합했을 때 들기름, 옥수수기름, 콩기름, 채종유의 계산값은 각각 1.11, 10.66, 4.8, -0.88로 나타났으며 2%(20%)를 혼합했을 때는 각각 2.67, 16.85, 11.27, -2.77로 나타났다.

들기름과 옥수수기름 및 채종유를 혼합하여 측정한 결과 Table 16에서와 같이 들기름 1%(옥수수기름 및 채종유 10%)를 혼합했을 때 들기름, 옥수수기름, 콩기름, 채종유의 계산값은 각각 1.15, 12.97, -9.03, 5.38로 나타났으며 2%(20%)를 혼합했을 때 3.47, 15.37, -14.83, 15.92로 나타났다.

들기름과 콩기름 및 채종유를 혼합하여 측정한 결과 Table 17에서와 같이 들기름 1%(콩기름 및 채종유 10%)를 혼합했을 때 들기름, 옥수수기름, 콩기름, 채종유의 계산값은 각각 0.92, -0.69, 4.06, 4.07로 나타났으며 2%(20%)를 혼합했을 때는 각각 2.55, -2.74, 14.87, 17.2로 나타났다.

옥수수기름와 콩기름 및 채종유를 혼합하여 측정한 결과 Table 18에서와 같이 각각 10%씩 혼합했을 때 들기름, 옥수수기름, 콩기름, 채종유의 계산값은 각각 0.15, 6.77, 1.71, 7.8로 나타났으며 20%를 혼합했을 때는 각각 1.01, 20.71, 14.57, 15.38로 나타났다. 혼합하지 않은 식용유지의 최대 값은 각각 들기름 1.01, 옥수수기름 -0.69, 콩기름 -9.03, 채종유 -0.88로 나타나 3종이 섞여 있어도 각각의 정성판별 및 정량분석이 가능한 것으로 나타났다.

Table 19. Validation results of sesame oil by the mixing rate of perilla oil, corn oil, soybean oil and rapaseed oil

Mixing rate (%)	Perilla oil	Corn oil	Soybean oil	Rapaseed oil
1*(10)**	1.64	7.58	6.65	9.72
2*(20)**	2.65	23.59	16.02	16.86

* : perilla oil, ** : corn oil, soybean oil, rapaseed oil

4종의 식용유지가 혼합된 참기름의 근적외분광분석

Table 19와 같이 들기름의 배합비율을 1%, 2%로 하고 옥수수기름, 콩기름, 채종유의 배합비율을 10%, 20%로 하여 4종류의 식용유지를 혼합하여 근적외분광분석을 하였다. 각 식용유지를 1%(10 %) 혼합했을 때 들기름, 옥수수기름, 콩기름, 채종유의 계산값은 각각 1.64, 7.58, 6.65, 9.72로 나타났으며 2%(20%)를 혼합했을 때는 각각 2.65, 23.59, 16.02, 16.86으로 나타나 4종의 식용유지가 혼합돼 있어도 각각의 정성 판별 및 정량분석이 가능한 것으로 나타났다.

이상과 같이 작성된 검량식의 정확도를 검증하기 위하여 검량식 작성때 포함되지 않은 시료를 이용하여 검량식의 확인시험을 하였다. 참기름에 여러종류의 식용유지를 혼합하여 근적외분광분석을 한 결과 혼합하지 않은 시료의 최대값이 들기름 2.48, 옥수수기름 13.18, 콩기름 10.91, 채종유 4.65로 나타났기 때문에 각 식용유지의 검량식에 의한 계산값이 들기름은 2이상, 옥수수기름 및 콩기름은 15이상, 채종유는 10이상이 나올 경우 참기름에 혼입된 것으로 기준치를 설정하였으며 각 식용유지의 검출한계는 들기름 약 1~2%, 옥수수기름 약 15~20%, 콩기름 약 15~20%, 채종유 약 10~15% 정도인 것으로 나타났다.

옥수수기름, 콩기름 및 채종유가 30~50%의 고농도로 혼입되었을 경우 들기름의 최대 계산값이 2이상으로 높게 나타나는 경향이 있었으나 들기름만이 혼입되었을 경우 기타 식용유지의 값은 모두 15 이하로 나타났으므로 들기름의 기준값은 2로 설정하였다. 들기름의 계산값이 2근처로 나타나고 옥수수기름 및 콩기름의 계산값이 30 이상으로 나타날 경우 들기름이 실제로 혼입되어있는지 판단의 혼란이 있을 수 있으나 본 연구에서는 불검출로 기준치를 설정하였다.

참기름에 혼입된 이종식용유 분석결과

2006년 유통중인 참기름 181건을 분석한 결과 산가는 1(약 0.55%)건, 요오드가는 6건(3.3%), linolenic acid는 48건(약 26.5%)이 규격기준을 초과하였다. 요오드가 부적합 제품은 linolenic acid에서도 부적합으로 나타났으며 산가 부적합 제품은 다른 항목과 중복되지 않아 총 49건이 규격기준을 초과하여 약 27.1%의 부적합률을 보였다.

요오드가 및 linolenic acid 부적합 제품을 대상으로 근적외선 분광분석법을 이용하여 이종식용유 혼입비율을 측정하였다. 식용유지의 혼합여부는 산가, 요오드가, 지방산의 검량선에[5] 의한 계산값과 이화학 분석을 병행하여 요오드가 및 linolenic acid 함량이 0.5% 이상이 되는 시료를 1차 선별하고 다시 이 시료들을 본 연구에서 개발한 들기름, 옥수수기름, 콩기름, 채종유의 검량선으로 계산하

Table 20. Analysis results of perilla oil contained in sesame oil

Mixing rate(%)	Detected sample	Detection rate(%)
Total	40	22.1
1~5	36	19.89
5~10	2	1.1
10~15	1	0.55
15 and above	1	0.55

Table 21. Results of sesame oil mixed with contents of other vegetable oils

	Mixing rate (%)	Detected sample	Detection rate (%)
Total		48	26.52
Corn oil	40	3	1.66
Soybean oil	40	1	0.55
Rapaseed oil	-	-	-
Below det- ection limit	-	4	2.21

는 방법으로 수행하였다. 그 결과 유통되는 참기름 중 상당수에 이종 식용유지가 혼입되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 이 중 들기름이 가장 많이 혼입되어 있었는데 Table 20에서와 같이 유통 제품 중 약 22.1%인 40건에서 들기름이 검출되었으며 혼입농도는 약 1~16%인 것으로 나타났다. 들기름의 혼입량은 1~5%가 36건으로 가장 많았으며 5~10%가 2건, 10~15% 및 15% 이상 혼입된 것이 각각 1건으로 나타났다. 이 중 품질관리가 어려울것으로 예상되는 일부 중소기업제품과 떡·방앗간 등에서 판매되고 있는 제품에 문제가 있는 것으로 나타났다. 들기름이 5% 이하로 검출된 36건의 제품은 1대의 착유기를 이용하여 참기름과 들기름을 번갈아 가면서 생산하는 과정에서 여과포 및 착유기의 청소불량 등으로 인해 각각의 기름이 소량씩 섞이는 것으로 추정되며 생산공정에 대한 적절한 지도로 품질관리에 대한 의식수준을 향상시켜야 할 것으로 판단된다.

Table 21에서와 같이 옥수수기름은 약 1.66%인 3건에서 검출되었으며 혼입농도는 약 40%인 것으로 나타났다. 옥수수기름은 참기름과 이화학적 특성이 비슷하고 혼합이 잘되기 때문에 가짜 참기름 제조시 많이 이용되고 있으나 적발 및 검출이 용이하지 않은 큰 문제점을 가지고 있다. 특히 20~30%정도 혼합돼 있어도 linolenic acid가 0.5%이하로 나타나는 경우가 있어 혼입여부 판단사항으로 크게 고려하지 않았으나 이 제품들은 이화학적인 분석에서도 linolenic acid 함량이 0.5% 이상으로 나타났다. 콩기름은 약 0.55%인 1건에서 검출되었으며 혼입농도는 약 40%인 것으로 나타났다. 채종유가 혼입된 참기름은 없는 것으로 나타났다. 유통 중인 채종유는 linolenic acid의 함량이 비교적 높고 erucic acid도 소량 함유하고 있기 때문에 5~10% 정도만 혼합되어도 매우 쉽게 그 혼입여부를 판단할 수 있어 가짜 참기름 제조에는 거의 사용하지 않고 있는 것으로 사료된다. 한편 어떤 종류의 식용유지가 혼합되었는지 확인이 불가능한 것이 4건으로 나타나 총 26.52%에 이종식용유가 혼입된 것으로 나타났다.

본 연구에서 개발한 시험법은 시료의 주기적인 업데이트가 필요하고 일부 시료에서 비교적 크게 나타나는 측정오차를 줄여 분석결과의 신뢰도를 높여야 하는 과제가 남아 있다. 또한 들기름을 제외하고 검출한계가 약간 높은 단점이 있다. 그러나 이화학적 분석과정이 없는 비파괴 분석법으로1~2분 정도의 짧은 시간에 참기름의 진위여부를 파악할 수 있을 뿐만 아니라 혼입된 식용유지의 종류와 그 농도까지 파악할 수 있는 매우 의미 있는 결과를 얻어 스크리닝 방법으로서 활용한다면 가짜참기름 근절에 많은 기여를 할 것으로 판단된다.

요 약

근적외선 분광분석법을 이용하여 참기름에 혼입된 식용유지를 정성판별 및 정량할 수 있는 가능성을 조사하였다. MPLS를 이용하여 도출된 들기름, 옥수수기름, 콩기름, 채종유 검량선의 상관도는 각각 0.9992, 0.9694, 0.9795, 0.9790이었으며 검증했을때의 상관도는 각각 0.997, 0.848, 0.957, 0.968이었으며 SEP는 0.747, 5.069, 3.063, 3.000로 나타나 참기름 중 이종식용유지 분석에 활용할 수 있는 방법임이 입증되었다. 참기름에 혼입된 각 식용유지는 들기름 약 2%, 옥수수기름 및 콩기름 약 15~20%, 채종유 약 10% 수준에서 정성 판별 및 정량 분석이 가능한 것으로 나타났으며 이 방법을 이용하여 규격기준을 초과한 제품 48건의 이종식용유 혼입비율을 측정한 결과 들기름은 1~16%의 비율로 40건(22.1%), 옥수수기름은 약 40%의 비율로 3건(1.66%), 콩기름은 약 40%의 비율로 1건(0.55%)이 혼입된 것으로 나타났다. 채종유가 혼입된 참기름은 없는 것으로 나타났으며 확인이 불가능한 것이 4건으로 나타났다.

참고문헌

1. http://www.kfda.go.kr/
2. http://find.joins.com/search_result01.asp?schcol_sub=&sch_col=all&query=%B0%A1%C2%A5%C2%FC%B1%E2%B8%A7& revjamo=
3. 식품의약품안정청 : 식품공전, (2005).
4. 노미정, 정진일, 민승식, 박유신, 김수정 : 근적외선 (NIR) 분광광도계에 의한 참기름의 진위판별에 관한연구 한국식품과학회지, **36**(4), 527~530, (2004).
5. 김재관, 이명진, 김명길, 김경아, 박은미, 김영숙, 고환욱, 손진석 : 근적외선분광광도법을 이용한 참기름의 산가, 요오드가, 지방산정량법에관한 연구, 한국식품위생안전성

학회지, **21**(4), 204~ 212, (2006).
6. 유영찬, 박유신, 정희선, 정진일 : 시중참기 름에 혼입된 이종기름에 관하여, 한국식품위 생안전성학회, **7**(1), 29~36, (1992).
7. 신정아, 이기택 : 수입 참깨로 착유된 브랜드별 참기름의 전자코를 이용한 향 구분 및 혼합 참기름의 판별연구, 한국식품과학회지, **37**(5), 856~860, (2005).
8. 서정희, 정윤희, 이기동, 권중호 : 참기름의 옥배유 혼합에 따른 이화학적 특성 및 산화안정성 비교, 한국식품위생안전성학회, **3(1)**, 24~28, (1998).
9. 강치희, 박재갑, 박정웅, 전상수, 이승철, 하정욱, 황용일 : 국내산 및 중국산 참기름과 변조 참기름의 지방산 조성에 관한 연구, 한국식품영양과학회지, **31**(1), 17~20, (2002).
10. 하재호, 허우덕, 황진봉 : 지방산조성과 탄소 동위원소 분석에 의한 참기름에 혼입된 타 식용유의 검출방법, 한국식품과학회지, **25**(4), 345~350, (1993).
11. 박일용, 팽기정, 정진일, 민승식, 노미정, 박유신, 박성우 : 식물성 식용 유지류의 특성 연구(참기름을 중심으로), 한국분석과학회지, **18**(5), 444~451, (2005).
12. E. Bertran, M. Blanco, J. Coello, H. Iturriaga, S. Maspoch and I. Montoliu : Near infrared spectro metry and pattern recognition as screening methods for the authentication of virgin olive oils of very close geographical origins, *J. Near Infrared Spectrosc*. 8, 45~52. (2000).
13. Hitoshi Takamura, Noriko Hyakumoto, Naoko Endo and Teru yoshi Matoba : Determination of lipid oxidation in edible oils by near infrared spectroscopy, *J. Near Infrared Spectrosc.* **3**, 219~225, (1995).
14. Jaeho Ha, Minseon Koo and Hyunee Ok : Determination of the constituents of sesame oil by near infrared spectroscopy, *J. Near Infrared Spectrosc*. **6**, 371–373, (1998).
15. Sato T, Kawano S and Iwamoto M : Near infrared pectral pattrens of fatty acid analysis from fats and oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **68**, 827~833, (1994).
16. Seung-Yong Cho, Jee-Young Kim and Chul Rhee : Determination of rancidity of soybean oil by near infrared spectroscopy, *J. Near Infrared Spectrosc*. **6**, 349–354, (1998).
17. T. Golebiowski : Near infrared reflectance spectroscopy of oil in intact canola seed (*Brassica napus*, L.). I. Attributes of the intact seed spectrum, *J. Near Infrared Spectrosc*. **12**, 325~330, (2004).