

## 미국산 전통품종과 유전자 재조합 땅콩품종의 지방산과 토코페롤의 상관관계

신 의 철

경남과학기술대학교 식품과학부

### Relationships between Fatty Acids and Tocopherols of Conventional and Genetically Modified Peanut Cultivars Grown in the United States

Eui-Cheol Shin

Dept. of Food Science, Gyeongnam National University of Science and Technology, Gyeongnam 660-758, Korea

**ABSTRACT** Relationships between fatty acids and tocopherols in conventional and genetically modified peanut cultivars were studied by gas chromatography with flame ion detector and high performance liquid chromatography with fluorescence detection. Eight fatty acids and four tocopherol isomers in the sample set were identified and quantified. Oleic acid and linoleic acid are major fatty acids and the ratio of oleic and linoleic acids ranged from 1.11 to 16.26. Tocopherols contents were 6.76 to 12.24 for  $\alpha$ -tocopherol (T), 0.08 to 0.39 for  $\beta$ -T, 5.28 to 15.02 for  $\gamma$ -T, and 0.17 to 1.17 mg/100 g for  $\delta$ -T. Correlation coefficient ( $r$ ) for fatty acids and tocopherols indicated a strong inverse relationship between oleic & linoleic acids ( $r=-0.97$ ,  $P<0.05$ ) and positive relationships between palmitic & linoleic acids ( $r=0.95$ ,  $P<0.05$ ) and  $\gamma$ -T &  $\delta$ -T ( $r=0.83$ ,  $P<0.05$ ). Principal component analysis (PCA) of fatty acids and tocopherols gave four significant principal components (PCs, with eigenvalues $>1$ ), which together account for 85.49% of the total variance in the data set with PC1 and PC2 contributing 45.27% and 21.33% of the total variability, respectively. Eigen analysis of the correlation matrix loadings of the four significant PCs revealed that PC1 was mainly contributed by palmitic, oleic, linoleic, and gondoic acids, while PC2 was by behenic acid,  $\beta$ -T, and  $\gamma$ -T. The score plot generated by PC1-PC2 identified sample clusters in the two spatial planes based on the oleic and linoleic acids. The score plot PC3-PC4 didn't separate sample groups.

**Key words:** peanuts, high-oleic cultivar, fatty acids, tocopherols, principal component analysis

## 서 론

땅콩(*Arachis hypogaea* L.)은 남아메리카에서 기원이 되는 견과류로서, 정확한 기원은 알려지지 않았으나 대략 B.C 950년 전부터 재배되어 왔다는 역사적인 기록이 남아 있다(1). 땅콩은 국내뿐만 아니라 전 세계적으로 영양성분이 우수한 식품 소재로서 알려져 왔다(2,3). 단순한 영양성분 제공을 넘어 땅콩이 지니는 영양 기능적 우수성은 수많은 문헌을 통해 잘 나타나고 있는데, 특히 심혈관계 질환, 항고혈압, 콜레스테롤 저해효과에서 우수한 결과를 보이고 있다(4-10).

단순한 영양성분 제공의 범위를 넘어 땅콩이 지니는 영양 기능적 우수성은 수많은 문헌을 통해 잘 나타나고 있는데, 연구보고를 살펴보면 심혈관계 질환(9,10), 제2형 당뇨병(7), 암(11), 체중감소(9,12), 안구질환(13), 그리고 항산화 효과(14-16)에 우수한 효과를 보인다고 발표되었다. 특히 Kris-Etherton 등(17)에 의하면 땅콩에 가진 높은 불포화

지방산 조성이 콜레스테롤 저하 및 심혈관계 질환 예방에 직접적인 역할을 한다고 발표하였으며, 식이섬유, 비타민 E 그리고 기타 기능성 성분이 심장을 보호하는 역할을 한다고 발표하였다. 또한 Sabaté 등(10)은 땅콩이 지니는 혈중 지질 감소효과를 탐구하였고, 그 결과 약 67 g의 땅콩이 총 5.1%의 총콜레스테롤을 감소시켰으며, 7.5%까지 LDL-콜레스테롤을 감소시켜 HDL-콜레스테롤의 상대적인 함량을 높이는 결과를 발표하였다.

이처럼 우수한 영양 및 기능성 성분을 지닌 땅콩이지만 땅콩 육종학자들은 땅콩의 기존 성분을 더욱 우수한 품질의 식품소재로 개발하고자 하는 노력을 기울여 왔으며, 그 결과 기존 품종보다 우수한 품질을 가진 품종을 발표하였다(18). 기존 땅콩 품종의 구성성분을 살펴보면 전체의 50% 가량을 지질이 차지하고 있으며, 그중 oleic acid가 대략 55%를 차지하고 있으며, linoleic acid가 25%를 차지하고 있다. 더욱 우수한 지방산 조성을 만들기 위해 육종학 연구자들은 개선된 지방산 조성을 지닌 품종을 발표하였다. 개선된 품종은 일반 품종보다 높은 oleic acid 함량과 낮은 linoleic acid 함량을 가지고 있다(18-20). Norden 등(18)은 500여종의 유전자 형태에서 지방산 조성이 개선된 유전자 line 품종

(i.e. F435)을 찾아내었고, 대략 80%의 oleic acid 함량을 보이는 이 품종을 SunOleic 95R로 이름 지었다. 그 후 높은 oleic acid 함량을 지닌 품종(Flavorunner, GK-7 high-oleic, SunOleic 97R)들이 계속적으로 보급되었다. 이러한 높은 oleic acid 함량은 땅콩이 지닌 microsomal oleoyl-PC desaturase라는 효소의 활성을 억제함으로써 가능하였고, 본 효소는 oleic acid에서 linoleic acid로의 전환을 촉매하는 효소이다(21). O'Keefe 등(22)은 high-oleic 땅콩 품종에서 기존의 품종보다 14.5배 가량 우수한 산화안정성을 보고하였다. 국내에서도 관련 연구기관을 중심으로 high-oleic 품종을 개량하고자 연구를 진행하고 있다. Yang 등(23)의 연구에서 땅콩 지방산 조성이 조절된 high-oleic 품종은 땅콩 육종에서 확실한 유용함을 가지고 있으며, 그에 대한 연구를 진행 중이라 발표하였다. 하지만 아직까지 국내에서 상업적으로 시판되는 high-oleic 품종은 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 국내에서는 아직 수입이 허용되지 않았지만 연구 주제로서는 필요한 연구라고 판단하여, 미국에서 생산된 유전자 재조합 품종인 high-oleic 품종 및 일반품종의 지방산 조성을 비교하였고, 지용성 비타민인 tocopherol의 함량을 조사하여 그 상관관계를 탐구해 보았다.

## 재료 및 방법

### 시약

본 연구에서 사용된 모든 시약과 표준품은 Sigma-Aldrich Company(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. Hexane, methanol(CH<sub>3</sub>OH), ethyl acetate, ethanol chloroform(CHCl<sub>3</sub>)은 HPLC-grade를 사용하였고, anhydrous sodium sulfate(Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), sulfuric acid(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), hydroquinone crystals, butylated hydroxytoluene(BHT), anhydrous magnesium sulfate(MgSO<sub>4</sub>) isopropanol 그리고 sodium chloride(NaCl)는 ACS-grade를 이용하였다. 지방산 조성을 확인하기 위해 Supelco-37 fatty acid methyl ester(FAME) 표준품 및 heptadecanoic acid(C17:0)가 사용되었고, tocopherol 분석을 위해 α-, β-, γ-, δ-tocopherols가 사용되었다.

### 시료

본 실험에서 사용된 전통 품종 및 high-oleic 품종은 미국 남부지역(Texas, Florida, Georgia)에서 수확된 품종을 미국땅콩협회(The Peanut Institute, Albany, GA, USA)를 통해서 제공받아 연구에 사용되었다. 재배 직후 건조과정을 통해 수분함량을 약 8%까지 건조된 품종을 제공받았으며, 사용된 품종은 전통품종은 NC-V11(n=15), NC-7(n=6), Perry(n=13) 및 Tamspan-90(n=12)을 그리고 유전자 재조합 high-oleic 품종은 OLIN(n=8)으로 실험을 수행하였다.

### 땅콩지질 추출

본 실험에 사용된 땅콩지질은 Bligh-Dyer법(24)을 이용하였다. 약 20 g의 땅콩을 분쇄기(Tipo 203, Krups, New York, NY, USA)를 이용하여 곱게 갈아서, 이 중 5 g을 정확히 무게를 달아 250-mL Erlenmeyer flask에 넣은 후 20 mL의 물을 넣어 땅콩샘플을 수화시킨 후 50 mL의 메탄올을 넣고 25 mL의 CHCl<sub>3</sub>를 넣어 homogenizer(Pro Scientific Inc., Monroe, CT, USA)를 이용하여 2분간 균질화 시켰다. 시료의 산화방지를 위해서 10 mg의 hydroquinone을 첨가하였다. 연속적으로 25 mL의 CHCl<sub>3</sub>를 넣어 Whatman No. 1 filter paper를 통과시켜 샘플을 여과시켰다. Filter-cake를 다시 수거하여 25 mL의 CHCl<sub>3</sub>를 넣은 후 다시 homogenizer를 이용하여 2분간 균질화 시켰다. 여과과정을 거친 slurry 상태의 샘플은 250-mL 분액깔때기에 넣은 후 1 g의 NaCl과 함께 30초간 흔들어서 균질시켰다. 16시간을 방치한 후 지질을 함유한 아래층을 포집하여 회전진공농축기(R-4, Büchi Corporation, New Castle, DE, USA)를 이용하여 유기용매를 건조시킨 후 남은 지질을 이용하여 지방산 실험에 사용하였다.

### 지방산 조성

추출된 땅콩지질을 지방산 조성을 알아보기 위해 사용되었다. 지방산 분석을 위해 Dhanda 등(25)의 변형된 방법을 사용하였다. 약 100 mg의 추출된 지질을 Reacti-vial™ reaction vial(5 mL size, Thermo Fisher Scientific Co., Rockford, IL, USA)에 옮긴 후, 100 µL의 내부표준물질 heptadecanoic acid(C17:0)(2.5 mg/mL hexane)를 함께 vial에 첨가하였다. 땅콩시료는 2 mL의 transmethylation reagent인 6% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/CH<sub>3</sub>OH를 이용하여 65°C의 온도에서 Reacti-Therm III Heating/Stirring Module(Thermo Fisher Scientific Co.)을 이용하여 16시간 동안 유도체화 시켰다. 16시간 후 샘플은 실온에 방치하여 냉각시킨 후 1 mL의 물을 첨가하고 1분간 vortex시킨 후 2 mL의 hexane을 첨가하여 1분간 vortex시킨 후 hexane 층을 수집하였다. 2 mL의 hexane 첨가 과정을 3번 반복하여 hexane 층을 수집한 후 질소가스를 이용하여 hexane을 제거한 후 샘플을 다시 1 mL의 hexane에 녹여 지방산 분석을 위한 실험에 사용하였다.

### 지방산 동정

땅콩에서 추출한 지방산의 동정을 위해 지방산의 표준품으로 Supelco 37 FAME 제품이 사용되었다. 개별 지방산의 상대반응지수(relative response factor)를 구하기 위해 내부표준물질로 methyl heptadecanoate가 이용되었고, 각 지방산은 탄소사슬의 길이, 포화도, 그리고 cis/trans형에 따라 다른 반응지수를 보였다. 상대반응지수는 다음과 같이 계산되었다(26).

$$R_i = (P_{S_i} \times W_{S_{17:0}}) / (P_{S_{17:0}} \times W_{S_i})$$

R<sub>i</sub>: 각 지방산의 상대반응지수

PS<sub>i</sub>: 지방산의 표준품의 피크면적

WS<sub>17:0</sub>: 표준품 heptadecanoate(C17:0)의 mg수

PS<sub>17:0</sub>: 표준품 heptadecanoate(C17:0)의 피크면적

WS<sub>18</sub>: 각 지방산 표준품의 mg수

지방산의 조성을 통한 땅콩 지질의 특성을 파악하기 위해 oleic acid와 linoleic acid의 비율(O/L), 요오드가(IV), 불포화지방산과 포화지방산의 비율(U/S)을 측정하였고, 각각의 계산은 아래와 같이 수행되었다.

Oleic acid와 linoleic acid의 비율(O/L)= $\frac{\%oleic\ acid}{\%linoleic\ acid}$

요오드가(IV)=(0.8601×%oleic acid)+(1.7321×%linoleic acid)+(0.7854×%gondoic acid)

불포화지방산과 포화지방산의 비율(U/S)=(%oleic+linoleic+gondoic acids)/(%palmitic+stearic+arachidic+behenic+lignoceric acids)

### Gas chromatography 분석

지방산 분석을 위해서 사용된 gas chromatography는 Agilent Technologies 6890N 장치가 사용되었다. 분석 칼럼은 DB-23 capillary column(60 m×0.25 mm i.d., 0.25-μm film thickness, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)이 사용되었고, carrier gas로 helium(2.7 mL/min)이 이용되었다. 주입구 및 검출기 온도는 모두 250°C였고 split ratio는 50:1이며, 불꽃이온을 위한 수소와 air는 검출기에서 분당 40 mL와 450 mL가 각각 사용되었다. Oven 온도는 초기 130°C에서 5분간 머문 후 분당 4°C 증가시켜 240°C까지 상승시켜 15분간 유지시켰다. 모든 분석은 3회 반복하여 실시하였다. 분석된 결과는 지방산 표준품을 이용하여 각각의 머무름 시간을 이용하여 동정하였다.

### Tocopherols 분석

지용성 비타민으로 알려진 tocopherols를 분석하기 위해 Shin 등(27)의 방법을 이용하였다. 대략 20 g의 땅콩을 앞서 사용했던 분쇄기를 이용하여 마쇄한 후 그중 1 g을 취해 125 mL 플라스크에 넣은 후 4 mL의 가열된 탈이온수(80°C 이상)를 가하여, 산화효소를 불활성화 시킨 후 10 mL의 isopropanol과 5 g의 anhydrous magnesium sulfate powder 및 25 mL의 추출용매(hexane:ethyl acetate, 90:10, v/v; 0.01%(w/v) BHT)를 가한 후 약 2분간 homogenizer를 사용하여 5,600 rpm 하에서 약 90초간 균질시켰다. 균질 후 vacuum bell jar filtration unit(Kontes Glass Co., Vineland, NJ, USA)을 이용하여 여과한 후 filter cake를 다시 125 mL 플라스크에 넣어 5 mL isopropanol과 25 mL 추출용매를 넣은 후 균질 및 여과를 수행하였다. 여과물은 농축과정과 0.45 μm nylon membrane filter(GE Osmonics Labstore, Minnetonka, MN, USA)를 통과시킨 후 HPLC 시스템을 이용하여 분석하였다. 모든 실험

과정은 tocopherol의 산화를 방지하고자 노란빛의 filter를 처리한 조명 하에서 수행하였다.

### HPLC 분석

추출된 비타민 추출물은 형광검출기를 이용한 Normal-HPLC 시스템을 이용하여 분석되었다. 사용된 HPLC 시스템은 RF-10A<sub>XL</sub> fluorescence detector(Shimadzu Corp., Columbia, MD, USA)와 Spectra SERIES AS100 auto sampler(Thermo Separation Products, Inc., SanJose, CA, USA), Waters 746 Data Module integrator(Waters Corp.) 및 Shimadzu LC-6A pump로 구성되었다. 분리를 위한 칼럼은 순상조건의 LiChrosorb Si-60 column(4 mm×250 mm, 5 μm particle size; Hibar<sup>®</sup> Fertigsäule RT, Merck, Darmstadt, Germany)이 사용되었으며, 이동상은 0.85% isopropanol/hexane이었고 유속은 분당 1.0 mL를 유지하였다. 검출을 위한 형광검출기의 조건은 excitation과 emission wavelength를 각각 290과 330 nm로 설정하였다. 주입된 시료는 20 μL였다.

### Tocopherol 표준품 제조

Tocopherol의 정량을 위해 α-, β-, γ-, 그리고 δ-tocopherols 표준품이 사용되었고, 각각의 tocopherols의 순도를 측정하기 위해 ethanol에 용해시킨 후 UV-spectrophotometer(DU-62, Beckman Instruments, Inc., Fullerton, CA, USA)를 이용하여 extinction coefficient를 측정하였다. 각 이성질체별 측정 파장은 각 294(α-T), 297(β-T), 298(γ-T), 그리고 298(δ-T) nm였다.

α-, β-, γ-, 그리고 δ-tocopherols의 순도(purity)는 각각 99.07, 82.47, 98.71, 그리고 89.16%를 보였다. 표준품 순도를 바탕으로 α-, β-, γ-, 그리고 δ-tocopherols의 stock solution의 농도는 각 1.96, 1.65, 3.65, 그리고 1.80 mg/mL이었으며 stock solution은 -40°C에서 보관하였고, 매번 HPLC의 injection에 사용된 표준품(daily working standard)을 위해 0.01%(w/v)의 BHT를 함유한 hexane으로 희석하여 각각 1.96, 0.26, 1.46, 그리고 0.18 μg/mL로 만들어 실험에 사용되었다.

### 통계처리

땅콩에서 추출한 지방산과 tocopherol의 함량은 평균값과 표준편차로 나타내었고, 각 품종별 data의 유의적 차이를 알아보기 위해 사용된 ANOVA test는 Tukey's multiple test( $P < 0.05$ )를 이용하였고, SAS 프로그램(Statistical Analysis System, Version 9.0, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 나타내었다.

실험 결과의 통계적 접근을 위해 주성분 분석(principal component analysis, PCA)이 사용되었다. PCA를 통해서 새로운 변수집단 PC(principal component)를 생산하였고, 이 변수집단은 각각 연관성이 없는 집단이며, 배열순서는

편차 정도(variation)가 높은 순서(PC1, PC2, PC3, ...PCn)로 나타내었다. 각각의 PC는 eigenvalue의 값에 따라 나타내었다. 유의성을 가지는 PC는 Kaiser's rule(28)을 바탕으로 eigenvalue가 1.0 이상인 값만 유의한 PC로 간주하였다. 각 변수에 대한 결과는 loading plot을 이용하였고, 샘플에 대한 결과는 score plot을 이용하여 분포도와 유의성을 나타내었다.

## 결과 및 고찰

### 지방산 조성

땅콩 품종에 관한 보고를 살펴보면(29) 땅콩 품종은 크게 4가지 타입으로 분류하는데, 땅콩버터를 제조하는데 사용되는 Runner 타입, 크기가 굵고 모양이 보기 좋아 일반적인 견과류처럼 식용 낱땅콩으로 사용되는 Virginia 타입, 크기가 작고 기름함량이 높아 압착을 통해 기름으로 사용되는 Spanish 타입, 그리고 단맛을 가지고 있어 볶음 땅콩이나 삶은 땅콩으로 사용되는 Valencia 타입이 있다. 국내에서 생산되는 품종에 대해서는 땅콩의 크기에 따른 분류를 통해서 소립종과 대립종으로 분류하고 있다. Runner와 Spanish 타입이 소립종에 속하며, Virginia 타입은 대립종으로 분류되고 있다(30). 이전의 연구에서 Runner 타입에 대한 결과를 보고한 바 있어(31), 본 연구에서는 전통적인 Virginia 타입으로 분류되는 NCV-11(n=15), NC-7(n=6) 그리고 Perry(n=13)와 Spanish 타입으로 알려진 Tamspan-90(n=12)을 사용하였고, Spanish 타입이자 high-oleic 품종인 OLIN(n=8)이 사용되었다. 각 품종에 대한 지방산의 조성은 Table 1에 나타내었다.

땅콩 품종이 가지는 지방산 조성을 보면 모든 품종에서 oleic acid와 linoleic acid 품종이 전체의 70% 이상을 차지하고 있다. 땅콩의 지방산 연구에서는 oleic acid와 linoleic acid의 비율(O/L)에 중점을 두는데 그 이유는 O/L이 땅콩 기름의 안정성과 관련이 높기 때문이다. 땅콩 기름을 이용한 제품에서 저장 안정성을 높이기 위해서는 linoleic acid의 함량이 낮고, oleic acid의 함량이 높은 품종을 육성하는 것이 기름이나 유제품을 장기저장 할 수 있는 방법이 될 수 있기 때문이다(30). O/L의 비율을 살펴보면 Virginia 타입인 NCV-11, NC-7, Perry의 경우 1.61에서 1.74로 유의적 차이가 나타나지 않은 반면에 Spanish 타입인 Tamspan-90은 1.15로써 전통 품종들과의 유의적 차이( $P < 0.05$ )를 나타내었다. USDA Nutrient Databank(32)의 Virginia 품종에 대한 O/L이 약 1.68을 보였고, Spanish 품종은 1.21의 O/L값을 보인다고 발표하였다. 이러한 결과는 본 연구에서 나타난 Virginia와 Spanish 품종의 O/L값과 유사한 결과를 나타내었다. 본 연구의 결과와 USDA의 표준 결과(32)를 보면 Spanish 품종이 Virginia 품종보다 높은 linoleic acid 함량과 낮은 oleic acid 함량을 보인다는 것을 알 수 있다. 하지만 high-oleic 품종에 대한 결과는 아직 발표된 바가

없다.

높은 O/L을 보일 것으로 판단된 high-oleic 품종인 OLIN은 13.43이라는 높은 값을 보이며, high-oleic 품종의 O/L 기준값(31)인 9를 상회하는 결과를 보였다. 이러한 결과는 서론에서 설명한 microsomal oleoyl-PC desaturase라는 효소의 활성을 통한 desaturation을 효과적으로 억제하였다는 점을 말해준다(21). 또한 본 결과는 Andersen 등(26)이 보여주는 전통품종과 high-oleic 품종이 보여주는 O/L 결과와 동일한 결과를 나타내었다. 특히 OLIN은 높은 포화 지방산 비율을 차지하는 palmitic acid(C16:0) 함량에서도 유의적으로 낮은  $6.69 \pm 0.44\%$ 를 보여 high-oleic 품종이 영양학적 관점에서 더 나은 식품 소재로서의 역할을 할 것으로 판단된다(전통품종: 9.11~11.47%). 단일불포화지방산 중 하나인 gondoic acid(C20:1)의 함량을 살펴보면, 전통품종의 경우는 1.11~1.36%의 범위를 보이가 있는 반면, OLIN은  $2.11 \pm 0.33\%$ 의 범위를 보인다. 이는 OLIN의 gondoic acid 함량이 전통품종보다 높은 결과로써 유의적인 차이를 보이는 함량이다. 이러한 결과는 Andersen 등(26)연구에서도 나타났으며, 이에 대한 경향을 지방산의 합성의 관점에서 볼 때 oleic acid(C18:1)에서 acyl group의 첨가로 일어나는 elongation을 통해서 gondoic acid가 생합성 되는 경로를 이용해 설명이 가능하다. OLIN의 높은 oleic acid 함량은 비례적인 gondoic acid의 증가를 제공하게 되는 것이다. 대표적인 포화지방산인 palmitic acid와 oleic acid의 반비례 관계 역시 지방산의 생합성 경로를 통해 설명이 가능하다. Palmitic acid는 elongation 과정을 거쳐서 stearic acid로 변환되어 빠르게  $\Delta^9$ -desaturase의 촉매하에서 desaturation을 통해서 oleic acid로 변화되기 때문에 palmitic acid와 oleic acid의 함량은 반비례 관계를 가지게 된다(33).

지방산의 불포화 정도를 나타내는 요오드 값은 oleic acid에 대해서 반비례 관계를 보였다. 이러한 반비례 관계는 linoleic acid의 감소와 연관이 있으며, oleic acid와 linoleic acid가 가지는 반비례 관계에서 확인할 수 있다. 일반적으로 토양의 온도 하강은 linoleic acid의 함량의 증가를 초래하며, 그러한 이유를 지방산의 생합성의 관점에서 desaturation을 촉매하는  $\Delta^{12}$ -desaturase의 효소활성을 촉진하기 때문으로 알려져 있다(34).

영양학적 관점에서 palmitic acid의 함량이 낮은 high-oleic 품종의 섭취는 일반 품종에 비해 포화지방산의 함량이 낮은 식이효과를 얻을 수 있다(33). 미국보건협회(The American Health Foundation)는 낮은 비율의 포화지방산 섭취를 강조하고 있는 추세에서 high-oleic 품종의 이용은 심장 및 혈관에 관련된 건강 증진 효과를 가져 올 것으로 판단되며(35), 단일불포화지방산인 oleic acid의 섭취는 콜레스테롤 및 low density lipoprotein의 감소효과를 가져온다고 알려져 있다(36). 또한 Kris-Etherton 등(37)은 콜레스테롤 감소효과를 가지는 단일불포화지방산이 땅콩을 포

**Table 1.** Fatty acid profiles of lipid extracts from peanut cultivars<sup>1)</sup>

Cultivar	Fatty acids (%weight)								O/L <sup>2)</sup>	IV <sup>3)</sup>	U/S <sup>4)</sup>
	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C20:1	C22:0	C24:0			
<i>NCV-11</i>											
#1	10.26	2.31	42.52	31.16	1.17	1.35	2.80	1.60	1.36	91.60	4.14
#2	9.90	2.50	47.20	27.10	1.21	1.17	2.52	1.42	1.74	88.46	4.30
#3	10.18	2.61	47.07	27.34	1.23	1.06	2.43	1.35	1.72	88.67	4.24
#4	9.54	2.48	48.12	24.44	1.17	0.99	2.21	1.22	1.97	84.50	4.43
#5	9.86	2.46	46.73	28.38	1.22	1.16	2.47	1.44	1.65	90.26	4.37
#6	9.77	2.35	46.18	28.80	1.17	1.15	2.35	1.37	1.60	90.51	4.48
#7	9.90	2.49	47.41	27.74	1.24	1.17	2.49	1.46	1.71	89.74	4.34
#8	9.58	2.60	46.61	25.95	1.20	1.00	2.21	1.27	1.80	85.82	4.36
#9	9.69	2.35	45.23	26.57	1.12	1.02	2.17	1.27	1.70	85.73	4.39
#10	10.03	2.45	44.63	30.00	1.21	1.60	2.51	1.73	1.49	91.61	4.25
#11	10.01	2.66	46.43	29.08	1.24	1.26	2.43	1.71	1.60	91.29	4.25
#12	10.06	2.18	46.00	31.00	1.01	1.29	2.28	1.04	1.48	94.27	4.72
#13	10.22	2.43	46.11	30.36	1.15	1.22	2.40	1.46	1.52	93.20	4.40
#14	10.14	2.64	46.90	30.00	1.13	1.26	2.10	1.70	1.56	93.29	4.41
#15	10.04	2.33	46.24	30.20	1.15	1.28	2.35	1.45	1.53	93.09	4.49
Mean±SD	9.95± 0.22 <sup>b5)</sup>	2.46± 0.14 <sup>b</sup>	46.23± 1.33 <sup>b</sup>	28.54± 1.99 <sup>b</sup>	1.17± 0.06 <sup>c</sup>	1.20± 0.16 <sup>bc</sup>	2.38± 0.18 <sup>b</sup>	1.43± 0.19 <sup>b</sup>	1.63± 0.15 <sup>b</sup>	90.14± 3.00 <sup>b</sup>	4.37± 0.14 <sup>b</sup>
<i>NC-7</i>											
#1	8.98	2.61	45.40	26.30	1.35	1.17	3.01	1.28	1.73	85.52	4.23
#2	8.97	2.29	40.06	28.54	1.26	1.42	2.97	1.51	1.40	85.01	4.12
#3	8.85	2.60	48.96	26.59	1.38	1.38	3.08	1.47	1.84	89.25	4.43
#4	9.60	3.24	48.01	27.23	1.51	1.35	2.96	1.60	1.76	89.52	4.05
#5	9.06	2.38	48.26	29.78	1.22	1.51	2.85	1.14	1.62	94.28	4.78
#6	9.19	2.74	49.72	28.86	1.25	1.32	2.75	0.70	1.72	93.79	4.80
Mean±SD	9.11± 0.27 <sup>d</sup>	2.64± 0.34 <sup>b</sup>	46.74± 3.58 <sup>b</sup>	27.88± 1.38 <sup>b</sup>	1.33± 0.11 <sup>bc</sup>	1.36± 0.11 <sup>b</sup>	2.94± 0.12 <sup>a</sup>	1.28± 0.33 <sup>b</sup>	1.68± 0.15 <sup>b</sup>	89.56± 3.93 <sup>b</sup>	4.40± 0.33 <sup>b</sup>
<i>Perry</i>											
#1	9.31	2.38	43.17	28.63	1.12	1.08	2.42	1.17	1.51	87.57	4.44
#2	9.38	2.13	42.12	29.46	1.04	1.16	2.46	1.16	1.43	88.17	4.50
#3	9.50	3.68	46.58	28.07	1.17	1.00	2.19	1.02	1.66	89.47	4.31
#4	9.19	2.62	47.70	26.91	1.23	1.10	2.36	1.15	1.77	88.50	4.57
#5	9.19	2.70	49.30	26.31	1.34	1.12	2.49	1.32	1.87	88.85	4.50
#6	9.52	2.94	49.63	25.30	1.42	1.11	2.69	1.39	1.96	87.38	4.23
#7	9.76	2.86	50.57	25.77	1.34	1.07	2.46	1.28	1.96	88.97	4.37
#8	9.63	2.18	46.63	30.28	1.15	1.51	3.02	1.51	1.54	93.74	4.48
#9	9.25	2.74	48.21	29.69	1.28	1.21	2.54	1.32	1.62	93.84	4.62
#10	9.30	2.78	48.34	29.60	1.34	1.22	2.54	1.39	1.63	93.81	4.56
#11	10.29	3.12	52.49	25.15	1.53	1.35	1.54	0.89	2.09	89.77	4.55
#12	10.01	3.00	51.54	26.97	1.43	1.30	2.32	1.00	1.91	92.07	4.49
#13	9.28	2.76	48.00	28.03	1.37	1.30	2.75	1.66	1.71	90.86	4.34
Mean±SD	9.51± 0.34 <sup>c</sup>	2.76± 0.41 <sup>b</sup>	48.02± 2.97 <sup>b</sup>	27.71± 1.77 <sup>b</sup>	1.29± 0.14 <sup>bc</sup>	1.19± 0.14 <sup>bc</sup>	2.44± 0.34 <sup>b</sup>	1.25± 0.22 <sup>b</sup>	1.74± 0.20 <sup>b</sup>	90.23± 2.39 <sup>b</sup>	4.46± 0.11 <sup>b</sup>
<i>Tamsan-90</i>											
#1	11.78	3.96	41.82	35.55	1.64	0.97	3.05	1.23	1.18	98.31	3.62
#2	11.53	3.51	42.22	36.33	1.41	1.04	2.83	1.13	1.16	100.06	3.90
#3	11.66	3.90	42.99	33.90	1.75	1.09	3.27	1.44	1.27	96.55	3.54
#4	11.59	3.87	42.75	34.89	1.68	0.93	3.03	1.26	1.23	97.93	3.67
#5	11.56	3.40	41.31	36.23	1.58	1.14	3.34	1.44	1.14	99.18	3.69
#6	11.78	3.63	39.57	37.85	1.58	1.03	3.21	1.35	1.05	100.40	3.64
#7	11.21	3.90	41.82	36.14	1.55	1.19	3.08	1.11	1.16	99.50	3.80
#8	11.32	3.32	41.87	37.03	1.39	1.10	2.94	1.03	1.13	101.02	4.00
#9	11.36	2.87	41.48	37.50	1.32	1.29	3.15	1.03	1.11	101.64	4.07
#10	11.40	3.30	41.78	36.98	1.43	1.14	2.95	1.02	1.13	100.88	3.98
#11	11.07	3.36	41.99	37.04	1.35	1.07	2.97	1.15	1.13	101.11	4.03
#12	11.34	2.99	41.43	37.48	1.33	1.32	3.10	1.02	1.11	101.59	4.06
Mean±SD	11.47± 0.22 <sup>a</sup>	3.50± 0.36 <sup>a</sup>	41.75± 0.85 <sup>c</sup>	36.41± 1.17 <sup>a</sup>	1.50± 0.15 <sup>a</sup>	1.11± 0.12 <sup>c</sup>	3.08± 0.15 <sup>a</sup>	1.18± 0.16 <sup>b</sup>	1.15± 0.06 <sup>b</sup>	99.85± 1.60 <sup>a</sup>	3.83± 0.19 <sup>c</sup>

Table 1. Continued

Cultivar	Fatty acids (%weight)								O/L	IV	U/S
	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C20:1	C22:0	C24:0			
<i>OLIN</i>											
#1	7.00	3.59	74.70	6.82	1.63	1.53	3.12	1.61	10.95	77.26	4.90
#2	6.03	2.19	79.34	4.88	1.14	2.13	2.59	1.70	16.26	78.37	6.33
#3	6.12	2.19	79.17	4.95	1.13	2.14	2.59	1.71	15.99	78.35	6.28
#4	6.78	2.45	75.38	6.29	1.32	2.47	3.43	1.88	11.98	77.67	5.31
#5	6.59	2.45	76.50	5.86	1.24	2.43	3.15	1.78	13.05	77.86	5.57
#6	6.72	2.58	75.83	5.77	1.34	2.41	3.41	1.94	13.14	77.11	5.25
#7	7.31	3.80	75.93	5.75	1.60	1.83	2.48	1.31	13.21	76.70	5.06
#8	6.97	3.14	75.36	5.88	1.51	1.94	3.39	1.81	12.82	76.53	4.95
Mean±SD	6.69± 0.44 <sup>c</sup>	2.80± 0.63 <sup>b</sup>	76.53± 1.76 <sup>a</sup>	5.78± 0.64 <sup>c</sup>	1.36± 0.20 <sup>ab</sup>	2.11± 0.33 <sup>a</sup>	3.02± 0.40 <sup>a</sup>	1.72± 0.20 <sup>a</sup>	13.43± 1.83 <sup>a</sup>	77.48± 0.70 <sup>c</sup>	5.46± 0.57 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Data represents the mean±standard deviation of triplicate analyses for each cultivar.

<sup>2)</sup>O/L: Ratio of oleic and linoleic acids.

<sup>3)</sup>IV: Iodine value.

<sup>4)</sup>U/S: Ratio of unsaturated to saturated fatty acids.

<sup>5)</sup>Means in the same column with different letters are significantly different by Tukey's multiple range test ( $P<0.05$ ).

함한 여러 nut류에 충분히 존재하고 있고, 이러한 식품을 섭취하게 되면 심혈관 질환을 예방하는 효과를 효과 있다고 발표하였다.

#### Tocopherols 분포

땅콩의 각 품종별 지용성 비타민인 tocopherols 함량을 Table 2에 나타내었다. Tocopherol은 일반적인 명칭으로 vitamin E라고도 불리는데, 이는  $\alpha$ -T의 활성을 지닌 6-hydroxychroman 구조를 가진 물질의 총칭으로 정의되며, 구조적으로 8가지의 이성질체를 가진다(38). 총 44종의 샘플에서 4가지 이성질체인  $\alpha$ -T,  $\beta$ -T,  $\gamma$ -T, 그리고  $\delta$ -T가 검출되었다. Vitamin E의 이성질체 중에서 phytyl 꼬리 부분에 이중결합을 가지는  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, 그리고  $\delta$ -tocotrienol은 검출되지 않았다. 모든 품종에서  $\alpha$ -T와  $\gamma$ -T가 주요 tocopherol 성분이었으며, 전체의 90% 가량을 차지하였다. 전체 품종의 분포를 보면 total-T의 경우 13.87 mg/100 g에서 26.38 mg/100 g의 편차를 보였고,  $\alpha$ -T와  $\gamma$ -T가 6.76 mg/100 g에서 12.24 mg/100 g 그리고 5.28 mg/100 g에서 15.02 mg/100 g의 분포를 각각 나타내었다. 통계적 해석으로 Perry 품종의  $\alpha$ -T 함량은 high-oleic 품종인 OLIN 품종보다 유의적( $P<0.05$ )으로 높은 결과를 보였다. Tocopherol 이성질체 중  $\alpha$ -T는 가장 우수한 항산화능력을 가지고 있어 식품의 tocopherol 함량에서 가장 중요한 요소이다(38). USDA Nutrient Databank에 최근 보고된 Virginia 품종의  $\alpha$ -T 함량은 6.56 mg/100 g으로 본 결과에서는 NCV-11, NC-7, Perry 품종에서 각각 150, 151, 그리고 159% 가량이 증가한 결과를 보였다. 하지만 Spanish 품종에 대한 USDA의 표준 결과는 아직 없는 실정이다(32). 일반 품종과 high-oleic 품종의 vitamin E 함량의 비교를 살펴보면, 품종 간의 유의적 차이는 보이지 않지만 평균값에서는 일반 품종보다 다소 낮은 함량을 보였다. 이전에 수행되었던 연구(27)에서 Runner 품종에 대한 tocopherol 함량에서는

일반 품종과 high-oleic 품종 간의 차이가 유의적으로 나타났다. High-oleic 품종에서 유의적( $P<0.05$ )으로 낮은  $\alpha$ -T 함량을 보였으며, 유의적( $P<0.05$ )으로 높은  $\gamma$ -T의 함량을 보였다. 이러한 결과는 Yamaki 등(40)과 Isleib 등(41)의 연구에서도 나타났다. 특히 Isleib 등(41)의 연구에서는 Runner 및 Virginia 품종에서도 동일한 결과를 나타내었다. Yamaki 등(40)에서도 high-oleic 품종에서 얻은 땅콩 기름의 지방산과 tocopherol에 대한 결과가 앞서 기술한 Isleib 등(41)이 보여주는 결과와 동일한 결과를 보고하였다. 하지만 본 연구에서는 이전의 연구(27)에서 보였던 차이는 발견되지 않았다. Tocopherol isomers는 6-chromanol 고리의 methyl group의 수와 위치에 따라 결정이 되며, tocopherol의 함성은 6-chromanol 고리에 결합된 methyl기가 변화되어 생긴다. 이제까지의 연구를 볼 때 땅콩 및 견과류를 포함한 식물성 유지가 가지는 fatty acid와 tocopherol의 함량을 토대로 oxidative stability를 보고한 결과는 있으나(42), 지방산의 비율이나 함량의 변화가 tocopherol의 함량에 직접적인 연관을 미친다는 연구결과는 보고된 바가 없다. 본 연구 역시 지방산과 tocopherol의 연관성을 생화학적 관점으로 설명할 수는 없으나, 선행 연구들이 수치적인 값으로 보여주는 지방산과 tocopherol의 correlation에 대해서는 더욱 다양한 품종과 샘플 양을 통해서 밝혀내어야 할 부분으로 판단된다.

#### 다중회귀분석

다중회귀분석을 위해 땅콩에 존재하는 지방산과 tocopherol의 상관관계를 Table 3에서 나타내었다. 앞서 개별 지방산의 상관관계를 보면, 주요 포화지방산인 palmitic acid(C16:0)은 oleic acid와 불포화비율인 U/S와 강한 반비례( $r=-0.89$  &  $-0.91$ ,  $P<0.05$ )를 보였고, 단일불포화지방산인 oleic acid(C18:1)는 앞서 설명한 이유로 인해 linoleic acid와의 강한 반비례( $r=-0.97$ ,  $P<0.05$ )를 보였다. 지방산

**Table 2.** Tocopherol contents of lipid extracts from peanut cultivars<sup>1)</sup>

Cultivar	Tocopherols (mg/100 g of kernels)					Total-T
	$\alpha$ -T	$\beta$ -T	$\gamma$ -T	$\delta$ -T		
NCV-11	#1	12.00	0.17	8.22	0.46	20.84
	#2	11.49	0.17	9.25	0.54	21.44
	#3	9.04	0.27	14.52	1.17	24.99
	#4	8.95	0.24	15.66	1.07	25.91
	#5	9.15	0.23	12.99	0.81	23.19
	#6	9.84	0.24	14.81	1.02	25.92
	#7	9.44	0.39	15.02	1.14	25.99
	#8	10.46	0.25	11.29	0.82	22.90
	#9	10.04	0.31	14.91	1.13	26.38
	#10	8.96	0.30	8.92	0.50	18.68
	#11	8.58	0.30	10.16	0.67	19.71
	#12	9.19	0.32	8.76	0.48	18.75
	#13	10.27	0.33	8.82	0.53	19.95
	#14	10.09	0.36	8.49	0.54	19.48
	#15	10.44	0.30	9.84	0.53	21.11
Mean $\pm$ SD	9.86 $\pm$ 0.97 <sup>ab2)</sup>	0.28 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	11.44 $\pm$ 2.86 <sup>a</sup>	0.76 $\pm$ 0.28 <sup>a</sup>	22.35 $\pm$ 2.87 <sup>a</sup>	
NC-7	#1	10.99	0.10	7.70	0.30	19.09
	#2	10.25	0.09	6.71	0.25	17.31
	#3	9.67	0.10	6.58	0.32	16.67
	#4	10.12	0.29	5.28	0.25	15.94
	#5	9.18	0.19	5.91	0.17	15.45
	#6	9.36	0.28	7.74	0.38	17.77
	Mean $\pm$ SD	9.93 $\pm$ 0.67 <sup>ab</sup>	0.18 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>	6.65 $\pm$ 0.97 <sup>b</sup>	0.28 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	17.04 $\pm$ 1.32 <sup>b</sup>
Perry	#1	10.49	0.24	11.32	0.82	22.88
	#2	10.00	0.34	10.49	0.73	21.56
	#3	10.57	0.19	13.45	0.75	24.97
	#4	11.52	0.11	7.68	0.31	19.61
	#5	10.95	0.10	7.65	0.30	19.10
	#6	10.85	0.10	7.54	0.27	18.76
	#7	12.24	0.14	9.97	0.56	22.92
	#8	9.65	0.20	7.75	0.25	17.84
	#9	10.74	0.22	6.74	0.28	17.98
	#10	10.25	0.22	9.25	0.36	20.08
	#11	7.95	0.10	6.71	1.02	15.78
	#12	9.92	0.20	8.30	0.24	18.66
	#13	10.54	0.22	7.99	0.27	19.02
Mean $\pm$ SD	10.44 $\pm$ 1.01 <sup>a</sup>	0.18 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	8.83 $\pm$ 1.98 <sup>b</sup>	0.47 $\pm$ 0.27 <sup>ab</sup>	19.94 $\pm$ 2.51 <sup>ab</sup>	
Tamsparn-90	#1	9.70	0.10	7.73	0.51	18.04
	#2	9.00	0.08	7.22	0.36	16.66
	#3	9.93	0.10	6.97	0.37	17.36
	#4	10.43	0.11	7.71	0.38	18.63
	#5	11.18	0.11	9.22	0.47	20.98
	#6	9.61	0.10	7.77	0.41	17.89
	#7	8.30	0.21	9.01	0.64	18.16
	#8	8.43	0.28	9.16	0.72	18.59
	#9	8.14	0.24	9.06	0.69	18.14
	#10	7.61	0.16	8.61	0.33	16.71
	#11	7.27	0.17	7.88	0.31	15.62
	#12	7.53	0.16	6.80	0.24	14.73
Mean $\pm$ SD	8.93 $\pm$ 1.25 <sup>ab</sup>	0.15 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	8.10 $\pm$ 0.88 <sup>b</sup>	0.45 $\pm$ 0.16 <sup>b</sup>	17.63 $\pm$ 1.60 <sup>b</sup>	
OLIN	#1	8.16	0.36	6.56	0.68	15.76
	#2	9.01	0.26	6.37	0.35	16.00
	#3	7.47	0.22	6.44	0.26	14.39
	#4	6.76	0.24	6.58	0.30	13.87
	#5	7.59	0.25	7.34	0.30	15.49
	#6	8.51	0.17	7.95	0.62	17.25
	#7	11.70	0.14	11.26	0.65	23.75
	#8	11.23	0.12	9.64	0.94	21.93
Mean $\pm$ SD	8.80 $\pm$ 1.78 <sup>b</sup>	0.22 $\pm$ 0.08 <sup>ab</sup>	7.77 $\pm$ 1.79 <sup>b</sup>	0.51 $\pm$ 0.25 <sup>ab</sup>	17.43 $\pm$ 3.61 <sup>b</sup>	

<sup>1)</sup>Data represents the mean $\pm$ standard deviation of triplicate analyses for each cultivar.

<sup>2)</sup>Means in the same column with different letters are significantly different by Tukey's multiple range test ( $P<0.05$ ).

**Table 3.** Pearson correlation coefficients between percent levels of fatty acids and contents of vitamin E in peanut cultivars

	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C20:1	C22:0	C24:0	O/L	IV	U/S	$\alpha$ -T	$\beta$ -T	$\gamma$ -T	$\delta$ -T
C16:0	1														
C18:0	0.42*	1													
C18:1	-0.89*	-0.12	1												
C18:2	0.95*	0.23	-0.97*	1											
C20:0	0.25	0.87*	0.04	0.06	1										
C20:1	-0.80*	-0.28*	0.86*	-0.82*	-0.08	1									
C22:0	-0.04	0.33*	0.16	-0.07	0.50*	0.34*	1								
C24:0	-0.55*	-0.28*	0.54*	-0.58*	-0.05	0.62*	0.30*	1							
O/L	-0.85*	-0.09	0.97*	-0.93*	0.04	0.87*	0.25	0.56*	1						
IV	0.92*	0.36*	-0.82*	0.94*	0.19	-0.66*	0.08	-0.57*	-0.78	1					
U/S	-0.91*	-0.51*	0.86*	-0.86*	-0.40*	0.79*	-0.12	0.40*	0.83*	-0.76*	1				
$\alpha$ -T	0.06	-0.01	-0.21	0.10	0.01	-0.37	-0.22	0.01	-0.25	-0.08	-0.22	1			
$\beta$ -T	-0.18	-0.42*	0.10	-0.12	-0.53*	0.10	-0.32*	0.15	0.06	-0.13	0.27*	-0.26	1		
$\gamma$ -T	0.12	-0.16	-0.19	0.08	-0.35*	-0.35*	-0.46*	-0.13	-0.20	-0.08	-0.13	0.16	0.35*	1	
$\delta$ -T	0.05	-0.06	-0.03	-0.06	-0.16	-0.22	-0.42*	-0.08	-0.04	-0.18	-0.06	0.01	0.37*	0.83*	1

\*Significant at  $P < 0.05$ .

과 tocopherol의 상관관계를 살펴보면,  $\beta$ -T의 경우는 lignoceric acid(C24:0)를 제외한 모든 포화지방산과 반비례 관계를 보였다. 개별 tocopherol isomer의 관계에서는  $\gamma$ -T와  $\delta$ -T가 높은 비례관계( $r=0.83$ ,  $P < 0.05$ )를 나타내었다.

PCA분석을 통해 얻은 15개의 PCs에서 Kaiser's rule (28)에 해당되는 variance(eigenvalue $>1$ )를 가진 PCs 4개를 얻어 각각의 변수와의 관계를 살펴보았으며, 그 결과를 Table 4에 나타내었다. 가장 variance가 큰 PC1의 경우는 전체의 45.27%를 차지하였고, PC1에 강한 상관관계를 가진 변수는 palmitic acid(0.96), oleic acid(-0.95), linoleic

**Table 4.** Eigen analysis of the correlation matrix loadings of the significant PCs

Variable	PC1 <sup>1)</sup>	PC2	PC3	PC4
C16:0	<b>0.96</b> <sup>2)</sup>	0.06	-0.01	-0.15
C18:0	0.39	<b>0.63</b>	0.55	-0.19
C18:1	<b>-0.95</b>	0.16	0.19	-0.07
C18:2	<b>0.97</b>	-0.03	-0.23	-0.06
C20:0	0.21	<b>0.79</b>	0.51	-0.08
C20:1	<b>-0.90</b>	0.23	-0.15	-0.15
C22:0	-0.11	<b>0.76</b>	-0.06	-0.19
C24:0	<b>-0.65</b>	0.11	-0.02	0.11
O/L	<b>-0.93</b>	0.21	0.17	-0.11
IV	<b>0.88</b>	0.17	-0.27	-0.23
U/S	<b>-0.92</b>	-0.17	-0.16	0.00
$\alpha$ -T	0.20	-0.13	0.25	<b>0.88</b>
$\beta$ -T	-0.21	<b>-0.64</b>	-0.18	-0.45
$\gamma$ -T	0.16	<b>-0.75</b>	0.51	-0.11
$\delta$ -T	0.04	-0.60	<b>0.65</b>	-0.28
Eigenvalue	6.79	3.20	1.56	1.27
%variance	45.27	21.33	10.41	8.48
Cumulative% <sup>3)</sup>	45.27	66.59	77.01	85.49

<sup>1)</sup>Only PCs which have eigenvalue above 1 are presented. Eigenvalues of PC5 to PC15 were below 1.<sup>2)</sup>Bold numbers correspond to each PC.<sup>3)</sup>Sum of total PCs (PC1 to PC15) generated in the matrix are 100%.

acid(0.97), gondoic acid(-0.90), lignoceric acid(-0.65), O/L(-0.93), IV(0.88), U/S(-0.92)이며, 전체의 21.33%를 차지하는 PC2의 경우는 behenic acid(0.76),  $\beta$ -T(-0.64), 그리고  $\gamma$ -T(-0.75)와의 높은 상관관계를 보였다. 그리고 PC3와 PC4는 각각  $\delta$ -T(0.65)와  $\alpha$ -T(0.88)와의 높은 상관관계를 나타내었다. 주요한 PC로 분류된 PC1~PC4는 전체의 variance 중 85.49%를 설명하는 높은 variance를 보였다.

이러한 PCA 결과에서 각각의 변수들과의 관계를 Fig. 1에 나타내었다. Loading plot PC1-PC2(Fig. 1A)의 관계를 보면, 단일 불포화 지방산인 oleic acid와 gondoic acid가 palmitic acid, linoleic acid, 그리고 IV와의 높은 반비례 관계를 보여주고 있으며, PC2와 포화지방산(stearic acid, arachidic acid, behenic acid)과의 상관관계를 보여주고 있다. Loading plot PC3-PC4(Fig. 1B)에서는  $\alpha$ -T와  $\beta$ -T와의 높은 반비례 관계를 제외하고는 큰 차이를 보이지 않았다.

각 땅콩 품종별 상관관계를 나타내는 score plot은 Fig. 2에 나타내었다. Score plot PC1-PC2(Fig. 2A)에서는 일반 품종과 high-oleic 품종과의 확연한 그룹별 분리를 확인할 수 있었다. 이러한 분리는 high-oleic 품종이 PC1에 의한 강한 반비례 관계에 의한 결과로 볼 수 있다. PC2에 의한 관계는 PC2와 비례적인 관계를 보이는 Spanish 품종인 Tamspan-90과 반비례적인 상관관계를 보이는 NCV-11 품종과의 차이를 확인할 수 있었다. Score plot PC1-PC2에 비해 PC3-PC4의 plot(Fig. 2B)에서는 특별한 그룹별 분리는 나타나지 않았다.

## 요 약

미국산 땅콩의 지용성 성분의 연구를 위해 일반 품종과 hi-oleic 품종이 가지는 지방산과 지용성 vitamin 중 하나인 tocopherol의 구성과 그에 대한 상관관계를 살펴보았다. 두



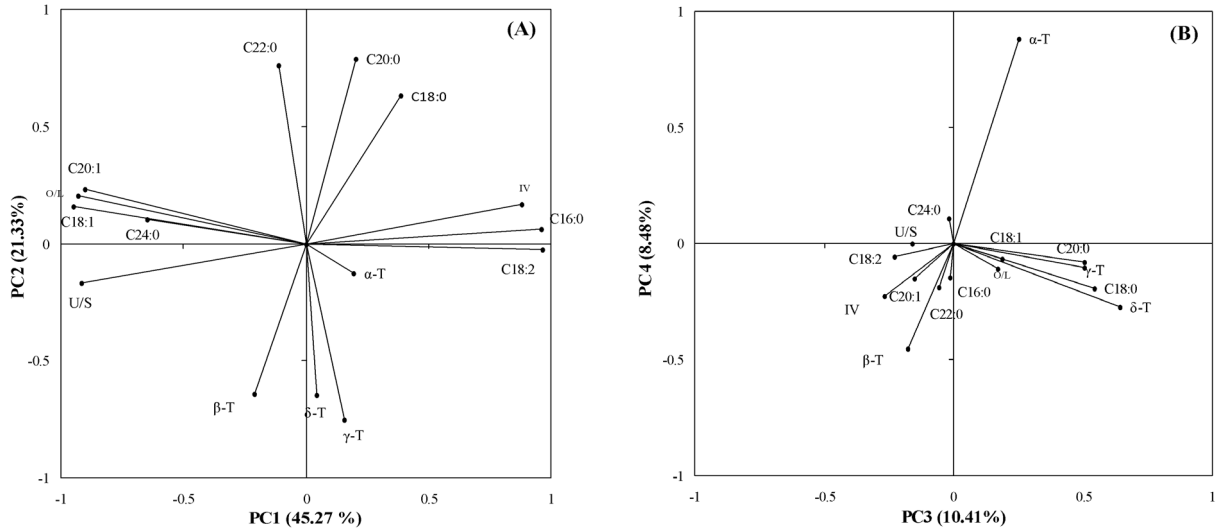


Fig. 1. Loading plots of PC1-PC2 and PC3-PC4 for fatty acids and tocopherols in peanuts. (A) PC1-PC2, (B) PC3-PC4.

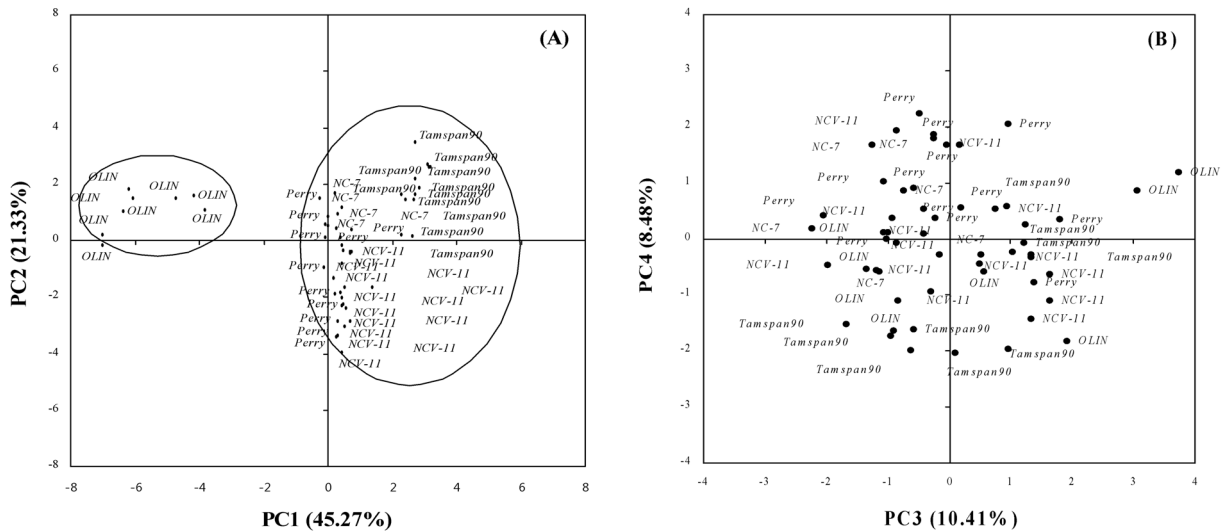


Fig. 2. Score plots of PC1-PC2 and PC3-PC4 for fatty acids and tocopherols in peanuts. (A) PC1-PC2, (B) PC3-PC4.

가지 품종에서 확인한 지방산 조성의 차이를 대표적 지방산인 palmitic acid, oleic acid, 그리고 linoleic acid를 중심으로 상관관계를 확인할 수 있었으며, 포화지방산과  $\beta$ -T 반비례 관계를 통계적 접근을 통해 확인할 수 있었다. 또한 correlation을 통해서  $\gamma$ -T와  $\delta$ -T가 높은 비례관계를 가지는 것을 확인하였다. 다변량 분석을 위한 통계기법 중 대표적인 PCA를 통해서 땅콩의 지용성 성분에 대한 해석을 시도하였고, 그 결과 변수로 분류한 지방산과 tocopherol과의 관계를 loading plot을 통해서 확인하였고, score plot을 통해 개별 땅콩 품종들이 보이는 그룹간의 유의성과 차이를 확인할 수 있었다. 통계적 접근을 통해서 일반적인 분석 데이터에서 보여주는 정보 이외의 숨은 결과를 수학적 계산을 근거로 얻을 수 있다는 점에서 PCA를 이용한 통계적 접근법은 앞으로 여타의 땅콩품종이 가진 지용성 및 수용성 성분의

상관관계 및 품종간 그룹별 분류에 좀 더 체계적인 수단으로써 이용될 것으로 판단된다. 그리고 우수한 영양 및 기능성 성분을 가진 땅콩이 육종이라는 과정을 통해서 개량된 high-oleic 품종은 더욱 우수한 영양성분 및 식품으로서의 가공 안정성을 가지고 있어, 식품소재로서의 high-oleic 품종은 전통 품종보다 더욱 유리한 위치에 있다고 판단된다. 또한 연구에서는 선행 연구들에서 발견한 fatty acid와 tocopherol 함량의 유의적인( $P < 0.05$ ) 상호관계가 나타나지는 않았으나 향후 땅콩을 포함한 식품소재의 성분 분석에 대한 연구 과정에서 잠재적으로 발생 가능한 영양 및 기능성 성분에 대한 상호관계를 탐색 연구하는 연구가 계속적으로 시도되어야 할 것이다.

## 감사의 글

이 논문은 2012년도 경남과학기술대학교 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

## REFERENCES

- Woodroof JG. 1983. *Peanuts: production, processing, products*. 3rd ed. AVI Pub. Co., Westport, CT, USA. p 1-50.
- King JC, Blumberg J, Ingwersen L, Jenab M, Tucker KL. 2008. Tree nuts and peanuts as components of a healthy diet. *J Nutr* 138: 1736S-1740S.
- Resurreccion AVA, Sales JM, Potrebko I, Francisco MLLD, Hitchcock HL. 2009. Peanuts: bioactive food in a shell. *Food Tech* 63: 30-36.
- Jenkins DJ, Hu FB, Tapsell LC, Josse AR, Kendall CW. 2008. Possible benefit of nuts in type 2 diabetes. *J Nutr* 138: 1752S-1756S.
- Kris-Etherton PM, Hu FB, Ros E, Sabaté J. 2008. The role of tree nuts and peanuts in the prevention of coronary heart disease: multiple potential mechanisms. *J Nutr* 138: 1746S-1751S.
- Mattes RD, Kris-Etherton PM, Foster GD. 2008. Impact of peanuts and tree nuts on body weight and healthy weight loss in adults. *J Nutr* 138: 1741S-1745S.
- Li TY, Brennan AM, Wedick NM, Mantzoros C, Rifai N, Hu FB. 2009. Regular consumption of nuts is associated with a lower risk of cardiovascular disease in women with type 2 diabetes. *J Nutr* 139: 1333-1338.
- Ros E. 2009. Nuts and novel biomarkers of cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr* 89: 1649S-1656S.
- Sabaté J, Ang Y. 2009. Nuts and health outcomes: new epidemiologic evidence. *Am J Clin Nutr* 89: 1643S-1648S.
- Sabaté J, Oda K, Ros E. 2010. Nut consumption and blood lipid levels: a pooled analysis of 25 intervention trials. *Arch Intern Med* 170: 821-827.
- Awad AB, Chan KC, Downie AC, Fink CS. 2000. Peanuts as a source of  $\beta$ -sitosterol, a sterol with anticancer properties. *Nutr Cancer* 36: 238-241.
- Bes-Rastrollo M, Wedick NM, Martinez-Gonzalez MA, Li TY, Sampson L, Hu FB. 2009. Prospective study of nut consumption, long-term weight change, and obesity risk in women. *Am J Clin Nutr* 89: 1913-1919.
- Seddon JM, Cote J, Rosner B. 2003. Progression of age-related macular degeneration: association with dietary fat, transunsaturated fat, nuts, and fish intake. *Arch Ophthalmol* 121: 1728-1737.
- Pan Y, Zhu J, Wang H, Zhang X, Zhang Y, He CH, Ji X, Li H. 2007. Antioxidant activity of ethanolic extract of *Cortex fraxini* and use in peanut oil. *Food Chem* 103: 913-918.
- Davis JP, Dean LL, Price KM, Sanders TH. 2010. Roast effects on the hydrophilic and lipophilic antioxidant capacities of peanut flours, blanched peanut seed and peanut skins. *Food Chem* 119: 539-547.
- Jamdar SN, Rajalakshmi V, Pednekar MD, Juan F, Yardi V, Sharma A. 2010. Influence of degree of hydrolysis on functional properties, antioxidant activity and ACE inhibitory activity of peanut protein hydrolysate. *Food Chem* 121: 178-184.
- Kris-Etherton PM, Zhao G, Binkoski AE, Coval SM, Etherton TD. 2001. The effects of nuts on coronary heart disease risk. *Nutr Rev* 59: 103-111.
- Norden AJ, Gorbet DW, Knauff DA, Young CT. 1987. Variability in oil quality among peanut genotypes in the Florida breeding program. *Peanut Sci* 14: 7-11.
- Moore KM, Knauff DA. 1989. The inheritance of high oleic acid in peanut. *J Hered* 80: 252-253.
- Gorbet DW, Knauff DA. 1997. Registration of 'SunOleic 95R' peanut. *Crop Sci* 37: 1392.
- Ray TK, Holly SP, Knauff DA, Abbott AG, Powell GL. 1993. The primary defect in developing seed from the high oleate variety of peanut (*Arachis hypogaea* L.) is the absence of  $\Delta^{12}$ -desaturase activity. *Plant Sci* 91: 15-21.
- O'Keefe SF, Wiley VA, Knauff DA. 1993. Comparison of oxidative stability of high-and normal-oleic peanut oils. *J Am Oil Chem Soc* 70: 489-492.
- Yang KW, Pae SB, Park CH, Lee MH, Jung CS, Son JH, Park KY. 2010. Development of selectable marker of high oleate trait in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Kor J Breed Sci* 42: 507-514.
- Bligh EG, Dyer WJ. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37: 911-917.
- Dhanda JS, Pegg RB, Shand PJ. 2003. Tenderness and chemical composition of elk (*Cervus elaphus*) meat: Effects of muscle type, marinade composition, and cooking method. *J Food Sci* 68: 1882-1888.
- Andersen PC, Gorbet DW. 2002. Influence of year and planting date on fatty acid chemistry of high oleic acid and normal peanut genotypes. *J Agric Food Chem* 50: 1298-1305.
- Shin EC, Huang YZ, Pegg RB, Phillips RD, Eitenmiller RR. 2009. Commercial Runner peanut cultivars in the United States: tocopherol composition. *J Agric Food Chem* 57: 10289-10295.
- Kaiser HF. 1960. The application of electronic computers to factor analysis. *Educ Psychol Meas* 20: 141-151.
- Acquaah G. 2007. Breeding peanut. In *Principles of plant genetics and breeding*. Blackwell Publishing Co., Malden, MA, USA. p 529-536.
- Park CH, Park HW. 2002. Review of the studies on the qualities in peanut. *Korean J Crop Sci* 47: 163-174.
- Shin EC, Craft BD, Pegg RB, Phillips RD, Eitenmiller RR. 2010. Chemometric approach to fatty acid profiles in Runner-type peanut cultivars by principal component analysis (PCA). *Food Chem* 119: 1262-1270.
- US. Department of Agriculture. 2012. USDA National Nutrient Database for Standard Reference. USA. Release 25.
- Groff JL, Gropper SS, Hunt SM. 1996. Lipid. In *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. West Publishing, Minneapolis, St. Paul, MN, USA. p 113-146.
- Golombok SD, Sridhar R, Singh U. 1995. Effect of soil temperature on the seed composition of three Spanish cultivars of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *J Agric Food Chem* 43: 2067-2070.
- Mensink RP, Katan MB. 1989. Effect of a diet enriched with monounsaturated or polyunsaturated fatty acids on levels of low-density and high-density lipoprotein cholesterol in healthy women and men. *N Engl J Med* 321: 436-441.
- Kris-Etherton PM, Pearson TA, Wan Y, Hargrove RL, Moriarty K, Fishell V, Etherton TD. 1999. High-monounsaturated fatty acid diets lower both plasma cholesterol and triacylglycerol concentrations. *Am J Clin Nutr* 70: 1009-1015.
- Kris-Etherton PM, Yu-Poth S, Sabaté J, Ratcliffe HE, Zhao G, Etherton TD. 1999. Nuts and their bioactive constituents: effects on serum lipids and other factors that affect disease

- risk. *Am J Clin Nutr* 70: 504S-511S.
38. Eitenmiller RR, Lee JS. 2004. *Vitamin E*. Marcel Dekker Inc., New-York, NY, USA. p 1-38.
  39. Food and Nutrition Board. 2000. *Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids*. National Academy of Sciences Press, Washington, DC, USA. p 186-283.
  40. Yamaki T, Nagamine I, Fukumoto K, Yano T, Miyahara M, Sakurai H. 2005. High oleic peanut oil modulates pro-  
motion stage in lung tumorigenesis of mice treated with methyl nitrosourea. *Food Sci Technol Res* 11: 231-235.
  41. Isleib TG, Pattee HE, Sanders TH, Hendrix KW, Dean LO. 2006. Compositional and sensory comparisons between normal- and high-oleic peanuts. *J Agric Food Chem* 54: 1759-1763.
  42. Kamal-Eldin A. 2006. Effect of fatty acids and tocopherol on the oxidative stability of vegetable oils. *Eur J Lipid Sci Technol* 58: 1051-1061.