



## Tea constituents(*Camellia sinensis* L.) as antioxidants in lipid systems

이 란 속  
식품기능연구본부

식용유지나 지방질을 함유하고 있는 유지식품은 저장 및 가공 중에 산화가 일어나 식품에 바람직하지 않은 결과를 나타낸다. 그러므로 영양학적, 기술적 과정에서 불 때 저해제 첨가에 의한 산화억제가 바람직하다. 본 논문은 몇가지 지질 시스템과 식품 중에서 차 폴리페놀의 항산화 활성 메카니즘, 항산화제 작용부위 그리고 항산화 물질로서의 가능성에 대해 살펴보았다.

### I. 서론

지방질은 식품 중 가장 중요한 성분의 하나로서 식품의 맛, 냄새, 색, 조직감 뿐만 아니라 포만감까지 느끼게 하는 인간 영양에 없어서는 안 될 물질이며 하루 총 열량의 약 30%의 범위내에서 섭취하도록 권장된다(Frankel, 1998a). 식이 지방은 9 kcal(37.7 KJ)/g의 에너지를 발산해 단백질이나 탄수화물보다 약 2배 정도 더 많은 에너지를 내며, 또한 비타민 A, D, E를 위한 용제로서 흡수를 촉진시킨다. 다중 불포화 지방산에는 linoleic acid계

(n-6)와  $\alpha$ -linolenic acid계(n-3)가 있으며 이들은 신체내에서는 생산할 수가 없으므로 음식으로부터 섭취해야 한다. 다중 불포화 지방산은 prostaglandin, prostacycline, tromboxane 등의 가장 중요한 부분인 eicosanoid 합성에 중요한 역할을 한다(Dunford, 2001 and Frankel, 1998b).

식용유지나 지방질을 함유하고 있는 유지식품은 저장 및 가공 중에 산화가 발생한다. 이 과정 중에 식품은 관능적 품질, 영양학적 품질 그리고 식품 안전성에 바람직하지 않은 영향을 주면서 인간의 건강에 위협을 초래하고 경제적 손실이 발생한다(Drozdzowski, 1996, Frankel, 1998b, Gray, 1978 and Malecka, 1997).

지질 자동산화는 유리기 연쇄반응(free radical chain reaction)으로 반응 유리기와 수산화기를 증가시킨다(Frankel, 1985 and Min and Boff, 2002). 자동산화는 초기반응, 전파반응, 종결반응 등 3단계로 이루어진다(Frankel, 1998c and Gordon, 2001). 산화의 화학반응은 낮은 활성화에너지를 필요로 하며(Labuza, 1971 and Hamilton, 1989), 연쇄반응은

금속이온, 빛, 온도에 의해 촉진된다. Triacylglycerol 산화물은 그들의 포화도 및 지방산의 위치에 따라 달라지며(Szukalska, 1999 and Yanishlieva-Maslarowa, 2001a), 다중 불포화 지방산은 포화 지방산 보다 산화에 더 민감하다(Frankel, 1998c).

산화반응은 식품 뿐만 아니라 생물체에서도 일어난다. 사람에게 있어서 산화는 대사과정 중에 에너지를 세포에 전달하지만 이 과정은 동시에 유리기 생성함으로써 세포막 기능을 손상시키거나 LDL lipoprotein의 변형 및 DNA 돌연변이 등을 일으켜 질병을 유발시킨다(Frankel, 1998a, Frankel, 1998b, Frankel, 1998c and Frankel, 1998d; Ziemiński & Budzyńska-Topolowska, 1991). 그러므로 영양학적, 기술적 측면에서 식품의 품질을 증진시킬 수 있는 산화억제 물질을 첨가해 주는 것이 바람직하다.

## II. 본론

### 1. Food antioxidants

항산화제는 수세기 동안 식품에 사용되어 왔지만 그들을 정의하기엔 쉽지 않다. 가장 일반적인 정의는 저농도로 산화를 현저히 지연시키거나 억제하는 모든 물질이라고 할 수 있다. 항산화제는 식품에 첨가하는 물질로서 자유 라디칼 축적을 지연함으로써 식품의 산화 안정성을 높여준다(Halliwell & Gutteridge, 1995).

항산화제의 작용 메커니즘은 다음의 2 그룹으로 나눌 수 있다(Gordon, 1990, Szukalska, 1999 and Yanishlieva-Maslarowa, 2001a). 첫 번째 1차 항산화제 또는 공여자로 여기에는 페놀 화합물과 토코페롤 등이 포함되며 지방산의 자유 라디칼을 감소시키거나 항산화제 수소가 반응 순서를 저해함으로써 과산화물을 불활성화 시킨다. 동시에 항산화제의 활성은 손실된다. 두 번째 2차 항산화제

또는 수급자로 공기 중 산소와 결합하여 지질을 보호하거나 자동산화 연쇄반응을 파괴해서 지질산화를 지연시킨다.

여러 가지 기질에 대한 항산화제의 연구에서 보여주는 바와 같이 모든 식품에 활성을 나타내는 항산화제는 없다. 항산화제의 특징은 매우 낮은 농도(0.001-0.1%)로 효과를 나타내는 것이다. 항산화제 중 토코페롤은 사용 농도 제한이 있는데 과량으로 사용하면 항산화 활성은 감소되고 산화를 촉진시킬 수 있다.

항산화제는 천연 항산화제와 합성 항산화제로 나눌 수 있으며 BHT, BHA, TBHQ, GP, 토코페롤, 로즈마리 추출물, ascorbic acid 등이 가장 일반적으로 사용된다 (Frankel et al., 1996 and Nguyen et al., 1999). 최근 몇 년 동안 많은 연구자들은 합성 항산화제의 사용 제한을 주장 (Barlow, 1990, Kaur and Kappor, 2001, Prior and Cao, 2000a and Prior and Cao, 2000b)해 왔으며 소비자들도 천연 항산화제에 대해 높은 관심을 나타내고 있다(Jedrusek-Golińska and Heś, 2000 and Pszczola, 2001).

식품은 천연 항산화제의 풍부한 자원이지만 그들 특유의 향, 맛, 색과 합성 항산화제에 비해 낮은 효율, 지방에 대한 낮은 용해도, 고생산 비용 및 알려지지 않은 독성 등에 의해 제한을 받아 왔다(Houlihan and Ho, 1985 and Pokorny, 1991).

최근 폴리페놀 물질에 대한 관심이 고조되어 왔으며(Gramza et al., 2004, Herrmann, 1976, Parr and Bolwell, 2000, Prior and Cao, 2000a and Prior and Cao, 2000b), 폴리페놀 자원 중의 하나인 차잎은 항산화제 성격을 갖는 물질을 함유하고 있다 (Harbowy & Balentine, 1997).

### 2. Tea polyphenols

녹차 폴리페놀은 flavonoid로서 flavones, flavanones,

isoflavones, flavonols, flavanols 및 anthocyanines 으로 세분화된다. 그들의 화학구조는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 C6-C3-C6 탄소 골격을 갖고 있다(Wang, Provan, & Helliwell, 2000a).

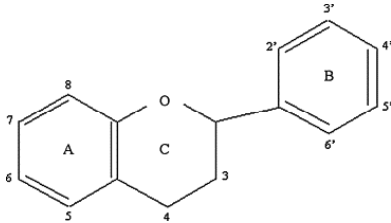


Fig. 1. Flavonoid의 기본 구조

차 polyphenol은 다른 화학구조를 갖는 화합물을 포함하고 있으며 이에 따라 여러 가지 생물학적 특성을 갖는다. 녹차잎에는 6가지의 주요 카테킨 즉, (+)-catechin (C), (-)-epicatechin (EC), (-)-gallocatechin (GC), (-)-epicatechin gallate (ECG), (-)-epigallocatechin (EGC), (-)-epigallocatechin gallate (EGCG) (Ninomiya, Unten, & Kim, 1997) 를 함유하고 있다. 카테킨의 화학구조는 Fig. 2에 나타낸 바와 같으며 화학적으로 카테킨은 수용성이고 무색이며 차 침출액에서 떫은맛을 나타낸다.

발효가 진행되는 동안 카테킨은 산화되어 홍차 특유의 향, 색, 맛을 나타낸다. 홍차의 주요 색소에는 오렌지 색의 theaflavin과 갈색의 thearubigen을 들 수 있으며, 이것은 catechin과 gallocatechin의 quinone 반응에 의해 생성된다. Theaflavin은 홍차 건엽 기준 약 2%(Balentine *et al.*, 1997), thearubigen은 10-20% 정도 함유되어 있다(Sanderson, 1972). 녹차와 홍차의 주요 차이점은 카테킨과 산화 축합물의 함유 정도이다(Graham, 1992 and Millin, 1987).

차 polyphenol의 또다른 중요 그룹으로 차 건엽에 약 3%를 차지하는 myricetin, quercetin, kaempferol

등의 수용성물질이다(Balentine *et al.*, 1997 and Cheng and Chen, 1994). 이들은 glycoside와 aglycone 형태로서 식물체에 존재한다. 당으로는 glucose, rhamnose, galactose, arabinose, fructose 등으로 구성되어 있다(Engelhardt, Finger, Herzig, & Kuhr, 1992).

차잎 성분은 차 제조기술 뿐만 아니라 품종, 토양, 생산지, 환경오염, 건조조건 등에 따라 차이 (Chu and Juneja, 1997, Fernandez *et al.*, 2002, Lin *et al.*, 1998 and Wang *et al.*, 2000b)가 나타내며 분석방법이나 사용된 용매 종류에 따라서도 차이가 난다(Wang *et al.*, 2000a and Wang *et al.*, 2000).

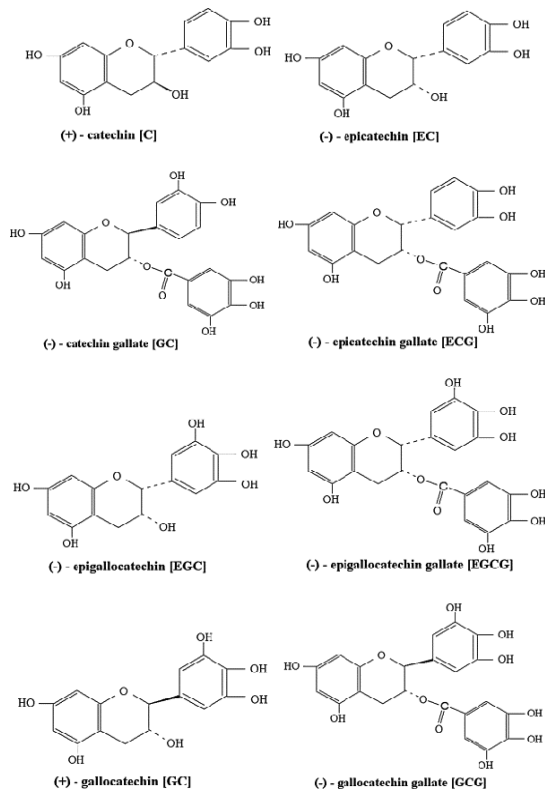


Fig. 2. 차 카테킨 구조

### 3. Antioxidative proprieties of tea polyphenols

많은 연구자들은 차 polyphenol의 항산화성에 대한 가능성을 보여주었다. 차 카테킨은 자유 라디칼에 수소원자를 제공함에 의해 연쇄반응의 진행을 지연시킴으로써 항산화제로서 작용한다(Gramza & Korczak, 2004). Wanasundara and Shahidi (1996)는 카테킨 분자에 수산기가 결합하여 BHT, BHA,  $\alpha$ -tocopherol에 비교해서 강한 항산화 작용을 나타낸다고 주장하였다.

차잎의 발효과정 동안 flavonoid 형태의 변형에도 불구하고 LDL fraction에서 녹차와 홍차의 항산화력은 비슷하다고 보고되었고(Leung et al., 2001) 몇몇 연구자들은 aliphatic system에서 녹차는 홍차보다 40% 더 높은 항산화성을 나타낸다고 보고하였다(Hodgson et al., 1999). 그러나 Gardner, McPhail, and Duthie (1998)는 hydrous와 aliphatic system에서 녹차 추출물은 홍차 추출물 보다 자유 라디칼 소거능이 약 21-24% 정도 더 높다고 보고하였다. 녹차와 홍차 추출물의 각각 flavonol 혼합물에 대한 항산화력 비교실험 결과 특별한 차이는 나지 않았다. Amarowicz and Shahidi (1995)는  $\beta$ -carotene/linoleate 유화물에서 녹차 추출물과 카테킨 조합물간의 항산화력 비교 결과 녹차 추출물이 카테킨 조합물 보다 항산화력이 더 높다고 하였다. 상승 그리고 반대적 상호작용은 소위 'the mixture effect'라고 불리워지는데 Cuvelier 등 (1996)과 Korczak 등(1998b)은 녹차 추출물 실험 시 페놀 화합물 함량 뿐 만 아니라 상호작용 가능성도 고려되어야 한다고 보고하였다. 녹차와 홍차 추출물 항산화력은 루이보스티 뿐만 아니라 우롱차와도 비교되며 DPPH 라디칼 소거능은 녹차>루이보스티>홍차>우롱차 순으로 나타난다(Von Gadow, Joubert, & Hansmann, 1997)고 보고하였으며 Yokozawa 등(1998)에 의해 확인되었다. Salah 등

(1995)에 따르면 카테킨의 자유 라디칼 소거능은 ECG>EGCG>EGC>EC>C 순이며 Chen and Ho (1995)에 따르면 EGCG> ECG>EGC>EC>C 순이라고 보고하였으며 여기서 catechin은 EGCG 활성의 절반정도 나타낸다고 하였다.

Theaflavin과 thearubigen의 항산화성에 대한 Yoshino, Hara, Sano, and Tomita(1994) 연구에 의하면 이들 화합물의 항산화력은 ascorbic acid, glutathione,  $\alpha$ -tocopherol 보다는 높지만 EGCG, ECG, EGC 보다는 낮은 것으로 보고하였다(Wilska-Jeszka, 1999). 또한 홍차 polyphenol인 theaflavin과 thearubigen은 좋은 항산화성 물질이지만 카테킨 보다는 낮다고 보고하였다(Wilska-Jeszka, 1999).

Miller, Castellucio, Tijnburg and Rice-Evans (1996a)은 theaflavin과 이들의 gallic ester 물질에 대한 항산화성은 에스테르화 정도에 따라 라디칼 소거능이 증가한다고 보고하였다. 즉, flavonol의 경우 수산기의 수가 증가할수록 차 polyphenol의 항산화력은 증가됨을 말해주고 있다.

Hagerman and Carlson(1998)과 Hagerman 등 (1998)은 산화적 손상으로부터 영양성 물질을 보호함으로서 항산화제로서 작용하는 tannin에 대해 연구하였고 Higashi-Okai, Taniguchi, and Okai (2000) 등 또한 녹차의 비폴리페놀성 물질에서도 그들의 농도에 따라 linoleic acid의 산화를 낮추는 등 뛰어난 항산화력을 가짐을 보고하였다. Pheophytin a, b는 비슷한 항산화력을 보여주며  $\alpha$ -tocopherol과 녹차 카테킨 보다는 더 높았다. 즉 차추출물의 항산화력은 단지 카테킨에만 의존하지 않음을 나타내 주었다.

일부 연구자들은 또한 polyphenol의 산화촉진성에 대해서도 주장한 바 있는데, 이것은 조직과 세포의 안정성 뿐만 아니라 환원력, 금속 킬레이트성, pH, 용해도 등 여러 인자에 의해 영향을 받을 수 있다(Decker, 1997).

#### 4. Emulsified lipid systems

항산화제는 조건에 따라 항산화력이 달라진다. Porter, Black, and Drolet (1989)은 극성 항산화제는 bulk oil에서는 활성이 더 크지만 비극성 항산화제는 에멀전 상태에서 활성이 더 크다고 보고하였다. 이는 polyphasic system에서 항산화제의 위치와 농도는 그들의 극성과 용해도에 의존함을 나타내 주고 있다(Huang and Frankel, 1997a, Huang et al., 1997b and Huang et al., 1996). 항산화제 효과는 지질이나 분산층 구성물의 물리적 상태에 영향을 받는다(McClements & Decker, 2000). 친유성 항산화제는 'oil in water' 유화물에서 더 효과적이며 친수성 항산화제는 bulk oil에서 더 효과적이다(Frankel et al., 1994). Lecithin liposome과 옥수수기름에서 녹차 카테킨의 항산화 활성에 대해 연구된 바 있는데 lecithin liposome에서는 극성 catechin gallate가 뛰어난 항산화제였고(Huang & Frankel, 1997a), epicatechin과 catechin은 lipid phase에서 더 효과적인 항산화제로 작용하였으며 gallic acid는 hydrous phase에서 자유 라디칼 소거능이 뛰어났다(Salah et al., 1995).

Pekkarinen 등(Pekkarinen, Heinonen, & Hopia, 1999)은 methyl linoleate에서 myricetin, quercetin, kaempferol, (+)-catechin의 항산화 활성에 대해 연구하였는데 그 결과 liposome과 LDL처럼 물을 함유하는 system에서와 달리 비극성 methyl linoleate에서는  $\alpha$ -tocopherol 활성보다 더 높았다. Samotyja 등(Samotyja, Gramza, Małeczka, & Korczak, 2004)도 차 polyphenol이 유화된 지질 시스템, 즉, rapeseed와 sunflower oil triacylglycerol에서 높은 항산화 활성을 나타냄을 보여 주었다. 차 flavonol의 항산화 활성은 기질의 pH와 농도에 영향을 받는다(Gordon and Roedig-Penman, 1998 and Roedig-Penman and Gordon, 1997).

#### 5. Bulk oil

제품의 수명을 연장 및 산패가 일어나는 산화 과정 지연 등에 대한 폴리페놀의 이용 가능성에 대한 연구가 진행되어 왔다. Wanasundara and Shahidi (1996)의 녹차 카테킨의 항산화력에 대한 연구에 의하면 어유에 대해 카테킨은  $\alpha$ -tocopherol, BHT, BHA, TBHQ 보다 더 높음을 보여주었다. 카테킨의 항산화력은 ECG>EGCG>EGC>EC 순으로 나타났다. Flavonoid 중 특히 myricetin과 (-)epicatechin은 평지씨 oil에서 높은 항산화력을 나타냈다(Wanasundara & Shahidi, 1994). 녹차, 홍차, 우롱차 알콜 추출물을 이용한 rapeseed oil의 안정화 실험(Chen, Chan, Ma, Fung, & Wang, 1996b)에서 녹차 추출물은 BHT에 비해 oil의 산화과정을 매우 강하게 저해함을 알 수 있었고 우롱차 추출물도 상당한 항산화력을 갖는 것으로 나타났지만, 홍차 추출물은 발효 동안에 본래 polyphenol의 일부 또는 전체가 분해되어 특별한 항산화력을 보여주지 않았다. AOM 방법을 사용한 녹차 물추출물의 항산화력에 대한 실험에서도  $\alpha$ -tocopherol이나 BHT 보다 더 높은 항산화력을 보여 주었다(Koketsu and Satoh, 1997).

#### 6. Food products

Tang 등(Tang, Kerry, Sheehan, and Buckley, 2002)은 닭 가슴 근육의 동결 저장(-20°C에서 12개월) 동안 닭 먹이에 첨가된 녹차 카테킨의 영향과  $\alpha$ -tocopherol 안정성에 대해 연구하였는데 그 결과 카테킨 첨가가  $\alpha$ -tocopherol를 보호하고 또한 산화를 조절함을 보여 주었다. 그러나 다른 연구자들은 동결 meat ball에 대한 녹차 추출물의 항산화 활성은 나타나지 않았다고 보고하였다(Korczak, Hes, Gramza, & Jedrusek-Golinska, 2004).

육류는 튀기는 동안 매우 강한 화합물의 변이가 일어난다(Frankel, 1998a). 차 polyphenol이 육류의 튀김 과정에 미치는 영향에 대해 고찰된 바 있는데 육류의 양면을 녹차와 홍차의 polyphenol 물질로 코팅 시킨 후 튀겼을 때 변이 화합물의 생성이 억제되었음을 보여 주었다(Weisburger *et al.*, 2002). 몇몇 연구자들도 튀김 기름에 녹차 polyphenol을 첨가하여 면을 튀겼을 때 튀김면의 산화 안정성이 현저히 증가되었음을 보여 주었다(Koketsu & Satoh, 1997).

차 polyphenol의 항산화 활성 관련 실험에서 polyphenol과 단백질의 상호작용 가능성이 시사되었고 이것은 최종 항산화 효과에 바람직하지 않은 영향을 줄 수 있는데 항산화 활성의 억제 정도는 단백질 종류 뿐만 아니라 polyphenol의 영향도 있음을 나타냈다(Arts *et al.*, 2002).

### III. 결론

식품 polyphenol은 다양한 화학구조를 가지며 또한 다양한 성질을 가지고 있다. 많은 연구자들은 이들의 이점을 *in vitro* 또는 *in vivo* 실험에서 보여 주었다. 이처럼 많은 연구자들이 여러 가지 가능성을 보여주었음에도 불구하고 인간 건강에 대한 차 polyphenol의 이해와 더 상세한 연구는 여전히 필요하다. 차(*Camellia sinensis* L.)는 식이 polyphenol의 중요한 자원으로서 많은 연구자들은 이들의 항산화성에 대해 연구해왔다. Polyphenol의 항산화력과 이들의 메카니즘 그리고 다른 상에서의 분포 등 여러 가지 의문점 등이 여전히 있으며 이러한 관점에서 이들의 항산화 효과 등을 설명하기 위해 더 많은 연구가 필요하다.

### IV. 참고문헌

1. Amarowicz, R. and F. Shahidi, (1995). Antioxidants activity of green tea catechins in a beta-carotene-linoleate model system, *Journal of Food Lipids*, **2**, 47 - 56.
2. Arts M.J.T.J. Arts, G.R.M.M. Haenen, L.C. Wilms, S.A.J.N. Beetstra, C.G.M. Heijnen and H. Voss *et al.*,(2002). Interactions between flavonoids and proteins: Effect on the total antioxidant capacity, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 1184 - 1187
3. Balentine, D.A. Wiseman, S.A. and Bouwens, L.C.M. (1997). The chemistry of tea flavonoids, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **37**, 693 - 704.
4. Barlow, S.M. (1990). Toxicological aspects of antioxidants used as food additives. In: B.J.F. Hudson, Editor, *Food antioxidants*, Elsevier, New York, pp. 253 - 307.
5. Beare-Rogers, J. (1988). Challenges for lipid nutritionists. In *Dietary fat requirements in health and development* (pp. 201 - 206). Champaign Illinois: AOCS.
6. Chen Z.Y. Chen, P.T. Chan, H.M. Ma, K.P. Fung and J. Wang, (1996b). Antioxidative effect of ethanol tea extracts on oxidation of canola oil, *JAOCs*, **73**, 375 - 380.
7. Chen C.W., and Ho, C.T. (1995). Antioxidant properties of polyphenols extracted from green and black teas, *Journal of Food Lipids*, **2**, 35 - 46.
8. Cheng, Q.K. and Chen, Z.M. (1994). Tea and health, Press of Chinese Agricultural Sciences, Beijing China.
9. Chu, D.C. and Juneja, L.R.(1997). General chemical composition of green tea and its infusion. In: T. Yamamoto, L.R. Juneja, D.C. Chu and K. Mujo, Editors, *Chemistry and*

- applications of green tea*, CRC Press, New York, pp. 13 - 22.
10. Cuvelier, M.E., Bondet, V. and Berset, C. (2000). Behavior of phenolic antioxidants in a partitioned medium: Structure - activity relationship, *JAOCS*, **77**, 819 - 823.
  11. Cuvelier, M. E., Maillard, M. N., & Berset, C. (1996). Synergistic and antagonistic effect in pure phenolic antioxidant mixtures and in plant extracts. In *1st congress of the European section of AOCS, Dijon, 19 - 20*
  12. Decker, E.A. (1997). Phenolics: Prooxidants and antioxidants?, *Nutrition Reviews*, **55**, 396 - 398.
  13. Dreosti, I.E. (1996). Bioactive ingredients: Antioxidants and polyphenols in tea, *Nutrition Reviews*, **54** (11), S1 - S8.
  14. Drozdowski, B. (1996). Lipids Chemical and functional properties of food constituents. In: Z.E. Sikorski, Editor, PWNT, Warsaw , pp. 167 - 252.
  15. Dunford, N.T.(2001). Health benefits and processing of lipid-based nutritionals, *Food Technology*, **55**(11), 38 - 44.
  16. Engelhardt, U.H. Finger, A., Herzig, B. and Kuhr, S. (1992). Determination of Flavonol Glycosides in Black Tea, *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, **88** 69 - 73.
  17. Fernandez, P.L. Fernandez, F. Pablos, M.J. Martin and A.G. Gonzales, (2002). Study of catechin and xantine tea profiles as geographical tracers, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 1833 - 1839.
  18. Frankel, E.N. (1985). Chemistry of autoxidation: Mechanism, products and flavor significance. In: D.B. Min and T.H. Smouse, Editors, *Flavor chemistry of fats and oils*, AOCS, Champaign, Illinois, pp.1 - 37.
  19. Frankel, E.N. (1998a). Foods. In *Lipid oxidation* (pp. 187 - 226). Scotland: The Oily Press Ltd.
  20. Frankel, E.N. (1998b). Biological systems. In *Lipid oxidation* (pp. 249 - 292). Scotland: The Oily Press Ltd.
  21. Frankel, E.N. (1998c). Free radical oxidation. In *Lipid oxidation* (pp. 13 - 22). Scotland: The Oily Press Ltd.
  22. Frankel, E.N. (1998d). Antioxidants. In *Lipid oxidation* (pp. 129 - 167). Scotland: The Oily Press Ltd.
  23. Frankel, E.N., S.W. Huang, J. Kanner and J.B. German, (1994). Interfacial phenomena in the evaluation of antioxidants: Bulk oils vs emulsions, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **42**, 1054 - 1059.
  24. Frankel, E.N., S.W. Huang, E. Prior and R. Aeschbach, (1996). Evaluation of antioxidant activity of rosemary extracts, carnosol and carnosic acid in bulk vegetable oils and fish oil and their emulsions, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **72**, 201 - 208.
  25. Gardner, P.T.r, D.B. McPhail and G.G. Duthie, (1998). Electron spin resonance spectroscopic assessment of the antioxidant potential of teas in aqueous and organic media, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **76**, 257 - 262.
  26. Giese, J. (1996). Antioxidants: Tools for preventing lipid oxidation, *Food Technology*,

- 11, 73 - 79.
27. Gordon, M.H. (1990). The mechanism of antioxidant action in vitro. In: B.J.F. Hudson, Editor, *Food antioxidants*, Elsevier, London, pp. 1 - 8.
28. Gordon, M.H. (2001). The development of oxidative rancidity in foods. In: J. Pokorny, N. Yanishlieva and M. Gordon, Editors, *Antioxidants in food-practical applications*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, pp. 7 - 20.
29. Gordon, M.H. and Roedig-Penman (1998). The antioxidant properties of quercetin and myricetin in liposomes, *Chemistry and Physics of Lipids*, **97**, 79 - 85.
30. Graham, H.N. (1992). Green tea composition, consumption and polyphenol chemistry, *Preventive Medicine*, **21**, 334 - 350.
31. Gramza A., Khokhar, S., Korczak, J., Gliszczyńska-świętło, A., Klimczak, I., Małecka, M. (2004). Antioxidant activity of tea extracts in lipids. In *XXIX international FEBS congress, Warsaw, 26 June -1 July 2004*.
32. Gramza, A. and J. Korczak, (2004). Tea extracts influence on catalytical properties of Fe<sup>2+</sup> in lipids, *Polish Journal of Environmental Studies*, **13**, 143 - 146.
33. Gray, J. (1978). Measurement of lipid oxidation: A review, *JAACS*, **55**, 539 - 546.
34. Hagerman, A.E. and D.M. Carlson, (1998). Biological responses of tannins and other polyphenols, *Recent Result in Development of Agricultural Food and Chemistry*, **2**, 689 - 704.
35. Hagerman, A.E. K.M. Riedl, G.A. Jones, K.N. Sovik, N.T. Ritchard and P.W. Hartzfeld, (1998). High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **46**, 1887 - 1892.
36. Halliwell, B. (1995). How to characterise an antioxidant: An update, *Biochemical Society Symposium*, **61**, 73 - 101.
37. Halliwell, B. and Gutteridge, J.M.C. Gutteridge, (1995). The definition and measurement of antioxidants in biological systems, *Free Radical Biology and Medicine*, **18**, 125 - 126. Hamilton, R.J. (1989). The chemistry of rancidity in foods. In: J.C. Allen and R.J. Hamilton, Editors, *Rancidity in foods*, Applied Science Publishers, New York, pp. 123 - 145.
38. Harbowy, M.E., and Balentine, D.A. (1997). Tea chemistry, *Critical Reviews in Plant and Science*, **16**, 415 - 480.
39. Herrmann, K. (1976). Flavonols and flavones in food plants: A review, *Journal of Food Technology*, **11**, 433 - 448.
40. Higashi-Okai, K. M. Taniguchi and Y. Okai, (2000). Potent antioxidative activity of non-polyphenolic fraction of green tea (*Camellia sinensis* L) - association with pheophytins a and b, *Journal of Science and Food Agriculture*, **80**, 117 - 120.
41. Hodgson, J.M., Proudfoot, K.D. Croft, I.B. Puddey, T.A. Mori and L.J. Beilin, (1999). Comparison of the effect of black and green tea in vitro lipoprotein oxidation in human serum, *Journal of Science and Food*



- Agriculture*, **79**, 561 - 566.
42. Honglian, S., N. Noriko and N. Etsuo, (2001). Introducing natural antioxidants. In: J. Pokorny, N. Yanishlieva and M. Gordon, Editors, *Antioxidants in food—practical applications*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, pp. 147 - 155.
43. Houlihan, C.M. and C.T. Ho, (1985). Natural antioxidants. In: D.B. Min and T.H. Smouse, Editors, *Flavor chemistry of fats and oils*, AOCS, Champaign Illinois, pp. 117 - 143.
44. Huang, S.W. and E. Frankel, (1997a). Antioxidant activity of tea catechins in different lipid systems, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **45**, 3033 - 3038.
45. Huang, S.W., E.N. Frankel and P. Lambelet, (1997b). Partition of selected antioxidants in corn-oil in water model systems, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **45**, 1991 - 1994.
46. Huang, S.W., E.N. Frankel, K. Schwarz, R. Aeschbach and J.B. German, (1996). Antioxidant activity of carnosic acid and methyl carnosate in bulk oils and oils-in-water emulsions, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **44**, 2951 - 2956.
47. Jedrusek-Golińska, A. M. Heś, (2000). Consumers and food antioxidants, *Food Industry (in Polish)*, **2**, 51.
48. Kaur, C. and H.C. Kappor, (2001). Antioxidants in fruits and vegetables—the millennium's health, *International Journal of Food and Science Technology*, **36**, 703 - 725
49. Keller, J. S. (2000). Lipids metabolism. In *Basics of human nutrition physiology* (pp. 338 - 357). Warsaw, Poland: SGGW.
50. Koketsu, M. and Y.I. Satoh, (1997). Antioxidative activity of green tea polyphenols in edible oils, *Journal of Food Lipids*, 1 - 9.
51. Korczak, J. and M. Heś, A. Gramza and A. Jedrusek-Golińska, (2004). Influence of fat oxidation on the stability of lysine and protein digestibility in frozen meat products, *EJPAU* (7), 1 - 13.
52. Korczak, J., W. Janitz, J. Pokorny and M. Nogala-Kałużka, (1998). Synergism of natural antioxidants in stabilizing fat and oils. In: S.S. Koseoglu, K.C. Rhee and R.F. Wilson, Editors, *In Proceeding of World Conference on oilseed and edible oils processing, Istanbul, 1996, World Conference on oilseed and edible oils processing, Advances in oils and fats, antioxidants and oilseed by-products*, **2**, AOCS Press, Champaign, pp. 253 - 255.
53. Labuza, T.P. (1971). Kinetics of lipid oxidation in foods—a review, *Critical Reviews in Food Technology*, **2**, 355 - 405.
54. Leung, L.K., Y. Su, R. Chen, Z. Zhang, Y. Huang and Z.Y. Chen, (2001). Theaflavins in black tea and catechins in green tea are equally effective antioxidants, *Journal of Nutrition*, **131**, 2248 - 2251.
55. Lin, J.K., C.L. Lin, Y.C. Liang, S.Y. Lin-Shiau and I.M. Juan, (1998). Survey of catechins, gallic acid and methylxanthines in green, oolong, pu-erh and black teas, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **46**, 3635 - 3642.

56. Małecka, M. (1997). Economic aspects of using antioxidants. In *Proceedings of the 11th IGWT symposium, commodity sciences in sustainable development, Wien* (pp. 228 - 230).
57. McClements, D.J. and E.A. Decker, (2000). Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: Impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems, *Journal of Food and Science*, **65**, 1270 - 1282.
58. Miller, N.J., C. Castellucio, L. Tijburg and C. Rice-Evans, (1996). The antioxidant properties of theaflavins and their gallate esters—radical scavengers or metal chelator, *FEBS Letters*, **392**, 40 - 44.
59. Millin, D.J. (1987). Factors affecting the quality of tea. In: S.M. Herschdoerfer, Editor (2nd ed.), *Quality control in the food industry*, **4**, Academic Press, London, pp. 127 - 160.
60. Min, D.B. and J.M. Boff, (2002). Chemistry and reaction of singlet oxygen in foods, *CRFSFS Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **1**, 58 - 72.
61. Miyashita, K., E. Nara and T. Ota, (1993). Oxidative stability of polyunsaturated fatty acids in aqueous solution, *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, **57**, 1638 - 1640.
62. Nguyen, H.T., J. Pokorny and J. Korczak, (1999). Antioxidant activity of rosemary and sage extracts in rapeseed and sunflower oil, *Czech Journal of Food Science*, **17**, 121 - 126.
63. Ninomiya, M., L. Unten and M. Kim, (1997). Chemical and physicochemical properties of green tea polyphenols. In: T. Yamamoto, L.R. Juneja, D.C. Chu and K. Mujo, Editors, *Chemistry and applications of green tea*, CRC Press, New York, pp. 23 - 35.
64. Parr, A.J. and G.P. Bolwell, (2000). Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile, *Journal of Science and Agriculture*, **80**, 985 - 1012.
65. Pekkarinen, S.S., M. Heinonen and A. Hopia, (1999). Flavonoids quercetin, myricetin, kaempferol and (+)-catechin as antioxidants in methyl linoleate, *Journal of Science and Food Agriculture*, **79**, 499 - 506.
66. Pokorny, J. (1991). Natural antioxidants for food use, *Trends Food Science Technology*, **9**, 223 - 227.
67. Porter, W.I., E.D. Black and A.M. Drolet, (1989). Use of polyamide oxidative fluorescence test on lipid emulsions: Contrast in relative effectiveness of antioxidants in bulk vs. dispersed systems, *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, **37**, 615 - 624.
68. Prior, R.L. and G. Cao, (2000). Antioxidant phytochemicals in fruits and vegetables: Diet and health implications, *Horticulture Science*, **35**, 588 - 592.
69. Prior, R.L. and G. Cao, (2000). Flavonoids: Diet and health relationships, *Nutrition in Clinical Care*, **3**, 279 - 288.
70. Pszczola, D.E. (2001). Antioxidants: From preserving food quality to quality of life, *Food Technology*, **55**, 51 - 59

71. Roedig-Penman, A. and M.H. Gordon, (1997). Antioxidant properties of catechins and green tea extracts in model food emulsions, *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, **45**, 4267 - 4270.
72. Rosas Romero, A.J. and I.D. Morton, (1975). A kinetic study of the competitive oxidation of oleic acid - linoleic acid mixtures, *Journal of Science and Food Agriculture*, **26**, 1353 - 1356.
73. Salah, N., N.J. Miller, G. Paganga, L. Tijburg, G.P. Bolwell and C. Rice-Evans, (1995). Polyphenolic flavanols as scavengers of aqueous phase radicals and as chain-breaking antioxidants, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **22**, 339 - 346.
74. Samotyja, U., A. Gramza, M. Małeczka and J. Korczak, (2004). The use of plant extracts in stabilization of triacylglycerols, III Euro Fed lipid congress: Fats and lipids in a changing world, Edinburgh, Scotland .
75. Sanderson, G.W. (1972). The chemistry of tea and tea manufacturing. In: V.C. Runeckles, Editor, *Structural and functional aspects of phytochemistry*, Academic Press, New York, pp. 247 - 316.
76. Sosnowska, D., Pawlak, M., & Wilska-Jeszka, J. (2002). Antioxidant activity changes of flavanols as a result of enzymatic oxidation. In *XXXIII Scientific Session of KTiChZ PAN, Science - achievements and perspectives, Lublin, 23 - 25 September 2002*.
77. Szukalska, E. (1999). Oxidation processes and antioxidants role in lipids technology. In *Scientific conference, foods and health, antioxidants in food-technological and nutritional aspects, Lodz, Poland, 25th June*.
78. Tang, S.Z., J.P. Kerry, D. Sheehan and D.J. Buckley, (2002). Antioxidative mechanism of tea catechins in chicken meat systems, *Food Chemistry*, **76**, 45 - 51.
79. Von Gadow, A., E. Joubert and C.F. Hansmann, (1997). Comparison of the antioxidant activity of rooibos (*Aspalathus linearis*) with green, oolong and black tea, *Food Chemistry*, **60**, 73 - 77.
80. Wanasundara, U.N. and F. Shahidi, (1994). Stabilization of canola oil with flavonoids, *Food Chemistry*, **50**, 393 - 396.
81. Wanasundarai, U.N. and F. Shahidi, (1996). Stabilization of seal blubber and menhaden oils with green tea, *JAOCs*, **73**, 1183 - 1190.
82. Wang, H., Cai, Y., Davies, A. P., & You, X. (1998). Study on Bitterness and Astringency of Green Tea. In *Proceedings of the 7th annual meeting of LSSCB, Cambridge, UK* (pp. 58 - 59).
83. Wang, H., K. Helliwell and X. You, (2000). Isocratic elution system for the determination of catechins, caffeine and gallic acid in green tea using HPLC, *Food Chemistry*, **68**, 115 - 121.
84. Wang, H., G.J. Provan and K. Helliwell, (2000). Tea flavonoids, their functions, utilization and analysis, *Trends Food Science Technology*, **11**, 152 - 160.
85. Wang, L.F., D.M. Kim and C.Y. Lee, (2000). Effects of heat processing and storage on flavanols and sensory qualities of green tea beverage, *Journal of Agricultural and Food*

- Chemistry*, **48**, 4227 - 4232.
86. Weisburger, J.H., E. Veliath, E. Larios, B. Pittman, E. Zang and Y. Hara, (2002). Tea polyphenols inhibit the formation of mutagens during the cooking of meat, *Mutation Research*, **516**, 19 - 22.
87. Wilska-Jeszka, J. (1999). Structure and antioxidant properties of polyphenols. In *Scientific conference food and health, antioxidants in food-technological and nutritional aspects, Lodz, Poland*.
88. Yanishlieva-Maslarowa, N.Y. Yanishlieva-Maslarowa, (2001a). Inhibiting oxidation. In: J. Pokorny, N. Yanishlieva and M. Gordon, Editors, *Antioxidants in food-practical applications*, Woodhead Publishing, Cambridge England, pp. 22 - 57.
89. Yokozawa, T., E. Dong, T. Nakagawa, H. Kashiwagi, H. Nakagawa and S. Takeuchi, (1998). In vitro and in vivo studies on the radical-scavenging activity of tea, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **46**, 2143 - 2150.
90. Yoshino, K., Y. Hara, M. Sano and I. Tomita, (1994). Antioxidative effects of black tea theaflavins and thearubigins on lipid peroxidation of rat liver homogenates induced by *tert*-butyl hydroperoxide, *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, **17**, 146 - 149.
91. Ziemiański, S., & Budzyńska-Topolowska, J. (1991). Structure lipids and its changes. In *Food and structural lipids* (pp. 160 - 225) (in Polish). Warsaw, Poland: PWN.
- <출처 : Trends in Food Sci. & Technol., 16, 351-358, 2005>
- 