



Sütün Antioksidan Enzimleri ve Biyolojik Etkileri

Buse USTA, Lütfiye YILMAZ-ERSAN*

*Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa
e.mail: lutfiyey@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi: 30.09.2013; Kabul Tarihi: 18.11.2013

Özet: Son yıllarda beslenme değerinin yanı sıra sağlık üzerine olumlu etkili biyoaktif bileşenleri içeren gıdalara artan bir talep bulunmaktadır. Bu gıda maddeleri arasında, süt makro ve mikro besin elementlerini içermesinin yanı sıra, hastalık risklerini azaltıcı ya da önleyici nitelikte antioksidan bileşenleri de yapısında bulundurmaktadır. Proteinler, vitaminler (E ve C), retinol, beta karoten, katalaz, süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz gibi birçok biyoaktif bileşen sütün antioksidan aktivitesini oluşturmaktadır. Bu derlemede, sütün içerdiği doğal antioksidan etkili enzimler hakkında bilgi verilecektir.

Anahtar Sözcükler: Süt, enzim, antioksidan.

Antioxidant Enzymes of Milk and Their Biological Effects

Abstract: In recent years, an increasing interest has developed in foods including bioactive components that contribute a positive effect on health beside their nutritive value. Among these foodstuffs, antioxidants reducing or preventing the risk of diseases in addition to a number of nutritional macro- and micro-components are in bioactive components of milk. The antioxidant activity of milk has comprised numerous bioactive components such as proteins, vitamins (E and C), retinol and β -carotene, catalase, superoxide dismutase and glutathione peroxidase. In this review, information on the native antioxidant efficient enzymes of milk will be given.

Key Words: Milk, enzyme, antioxidant.

Giriş

Sağlıklı beslenme bilincinin gelişmesi ile birlikte tüketicilerin yaşamsal beklentileri artmakta, gıdaların duyuşal ve besleyici özelliklerinin yanı sıra hastalıkları önleyici ya da tedavi edici etki göstermeleri de önem kazanmaktadır. Bu yaklaşım, optimum beslenme kavramını da beraberinde getirmektedir. Optimum beslenme, “vücudun fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için gerekli olan besin öğelerinin ve biyoaktif bileşenlerin yeterli

miktarlarda alınması ve ileri dönemlerde oluşabilecek hastalık risklerinin en aza indirgenmesi” dir (Anonim 2005; Kurt ve El 2011). Son yıllarda yapılan çalışmalar ile biyoaktif bileşiklerin; biyokimyasal reaksiyonlarda substrat, enzimatik reaksiyonlarda kofaktör, bağırsaktaki istenmeyen bileşiklerin uzaklaştırılmasında absorban, yararlı bakteriler için fermentasyon substratı, zararlı bakteriler için inhibitör, reaktif ve toksik kimyasallar için yakalayıcı ajan olarak kullanılması gibi sağlık üzerine olumlu etkiler gösterdiği saptanmıştır (Kris- Etherton ve ark. 2002; Anonim 2005; Kurt ve El 2011).

Hücrelerin deforme olmasına neden olan oksijenin ve vücuda giren diğer zararlı maddelerin etkisine karşı koruyucu bir kalkan oluşturan antioksidan maddeler, son yıllarda üzerinde en fazla araştırma yapılan biyoaktif gıda bileşenleri arasında yer almaktadır (Kris-Etherton ve ark. 2002; Nayir 2008). Gıdaların bileşimlerinde yer alan antioksidanlar; *“İnsanlarda fizyolojik şartlarda oluşan serbest oksijen radikalleri ya da serbest nitrojen radikallerinden birinin ya da her ikisinin de olumsuz etkilerini azaltabilen maddeler”* şeklinde tanımlanmaktadır. Antioksidan bileşenler, aynı zamanda okside olabilen bileşiklerin oksidasyonunu önleyerek vücutta antibakteriyel, antikanserojen ve kalp-damar hastalıkları riskini azaltıcı rol oynamaktadır (Lin ve Yen 1999; Doğan ve Meral 2006; Virtanen ve ark. 2006).

Fizyolojik koşullarda serbest radikaller ile antioksidan mekanizmalar denge halinde iken, bu dengeyi oksidanlar yönünde değişmesi doku hasarı olarak adlandırılan “oksidatif stres” e neden olmaktadır. Serbest radikaller, membran lipitlerinin peroksidasyonuna neden olarak membran geçirgenliğinin artmasına ve hücrenin iyon dengesinin bozulmasına neden olmaktadır. Malondialdehit gibi tiyobarbitürik asit reaktifleri, konjuge dienler ve lipit hidroperoksitlerinin ölçümü, dokulardaki oksidatif stresi gösteren lipit peroksit belirleyicileridir. Normal koşullar altında serbest radikallerin oluşumunu ve bunların meydana getirdiği hasarı önlemek için vücutta enzimatik [Süperoksit dismutaz (SOD), Katalaz ve Glutasyon peroksidaz (GSH-Px) gibi] ve enzimatik olmayan [İndirgenmiş Glutasyon ve vitaminler (A,C,E) gibi] antioksidan savunma mekanizmaları gelişmiştir. Ancak bu savunma sistemi bütün hasarlardan tam anlamıyla korunabilmek için yeterli olamamaktadır. Bu nedenle, metabolizmanın oksidatif hasardan korunabilmesi için bireyin antioksidan içeren gıda maddelerini de tüketmesi olumlu etki göstermektedir (Lin ve Yen 1999; Mercan 2004; Virtanen ve ark. 2006).

Süt, yeni doğan canlının yaşamını sürdürebilmesini sağlayacak temel besin elementleri ile birlikte antioksidan etkiler gösteren bir çok bileşeni de doğal olarak yapısında bulunduran kompleks bir gıda maddesidir. Kazein, peynir altı suyu proteinleri, bunların parçalanmasıyla oluşan peptitler ve aminoasitler, E, A ve C vitaminleri, karotenoidler, enzimler ve laktik asit bakterileri gibi birçok süt bileşeni çeşitli özelliklerinden dolayı sağlığa yararlı antioksidan özellik göstermektedirler (Lin ve Yen 1999; Lindmark-Månsson ve Åkesson 2000; Nielsen ve ark. 2001; Liu ve ark. 2005; Pihlanto 2006; Gür ve ark. 2010; Ögünç ve Yalçın 2011; Taşkın ve Bağdatlıoğlu 2011).

Sütte bulunan bazı enzimler, radikal oluşumunu engelleyebilmekte ya da radikalleri ve hidrojen peroksit ile diğer peroksitleri uzaklaştırabilmektedir. Ayrıca bu enzimler, enzimatik olmayan antioksidanların sentezi ya da yenilenmesi reaksiyonlarını da katalizlemektedirler. Sütteki antioksidan etkiye sahip enzimler, süperoksit dismutaz (SOD), katalaz ve glutasyon peroksidaz (GSH-Px)’dir. (Çizelge 1.) (Akkuş 1995; Aslan ve ark. 1995; Madi ve ark. 1999; Lindmark-Månsson ve Åkesson 2000; Aydemir ve Sarı 2009).

Süperoksit Dismutaz (SOD)

Ökaryotik hücrelerin serbest radikallere karşı geliştirdikleri korunma mekanizmaları arasında en başta süperoksit dismutaz enzimi gelmektedir. Antioksidan enzimlerden en önemlisi olan SOD; hepatositlerin, eritrositlerin ve beyin hücrelerinin mitokondri matriksinde bulunmaktadır (Armstrong 1998; Mc. Intyre ve ark. 1999; Ekici ve Sağdıç 2008; Yining ve ark. 2011). Süperoksit dismutazın manganez, bakır/çinko veya demir içeren üç tipi mevcuttur ve sütte bakır/çinko süperoksit dismutaz (Cu/Zn SOD) tipi bulunmakla birlikte anne sütünde Mn-SOD aktivitesi olduğu da saptanmıştır (Harris 1992; Kiyosawa ve ark. 1993; Mates ve ark. 1999; Lindmark-Månsson ve Åkesson 2000). İnek sütünde bulunan ve her monomeri yaklaşık 153 amino asitten oluşan Cu/Zn SOD enzimi, bir disülfid bağı, Cu^{2+} ve Zn^{2+} iyonu içermektedir. Cu^{2+} , enzimin aktif kısmında yer almakta olup, enzim aktivitesi süresince elektron transferinden sorumludur. Sütte süperoksit dismutaz aktivitesi hayvan türüne göre değişmekle birlikte; Holstein tipi ineklerde 0-92 U/ml, Jersey tipi ineklerde 1-27 U/ml ve Ayrshire tipi ineklerde 0-89U/ml'dir (Hoolbrook ve Hicks 1978; Kankare ve Antila 1982). Anne sütünde SOD inek sütünden yaklaşık 2 kat daha fazla bulunmaktadır. Bu enzim, pastörizasyon sıcaklığına dayanıklı olup pastörize ürünlerde de aktivitesini devam ettirebilmektedir (Ekici ve Sağdıç 2008; Yining ve ark. 2011).

Çizelge 1. Sütte yer alan antioksidan enzimlerin etki mekanizmaları

ENZİM	REAKSİYON	ÖZELLİK
Süperoksit Dismutaz	Süperoksit serbest radikalının (O_2^-) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) radikallerinin moleküler oksijene dönüşümünü katalizler. $O_2^- + O_2^- + 2H^+ \longrightarrow H_2O_2 + O_2$	Antioksidan
Katalaz	Hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil (OH) radikallerinin oluşumunu önlemek için bunları suya ve oksijene parçalar. $2H_2O_2 \longrightarrow O_2 + 2H_2O$	Mastitis indeksi
Glutasyon Peroksidaz	Hidroperoksitlerin indirgenmesinden sorumludur. Özellikle eritrositlerde oksidatif strese karşı en etkili antioksidan enzimdir. $H_2O_2 + GSH \longrightarrow GSSG + H_2O$ $ROOH + 2GSH \longrightarrow GSSG + ROH + H_2O$	İçeriğinde Selenyum bulunur

SOD, antioksidan savunmanın ilk basamağı olan süperoksit anyonunun bozunarak hidrojen peroksit dönüşümünü katalize eden bir metaloenzimdir. Süperoksit radikali oksijene bir elektron eklenmesi ya da aerobik hücrelerde moleküler oksijenin bir elektron alarak indirgenmesi sonucu oluşmaktadır. Süperoksit radikali, bir eşlenmemiş elektron içerdiğinden ne çok fazla reaktif, ne de güçlü bir oksidan olmasına rağmen hücresel enerji depolarının boşalması ve toksik metabolitlerin birikmesi sonucunda hücre ölümüne yol açmaktadır (Günaydın ve Çelebi 2003; Lee ve ark. 2004; Şener 2009). Bu radikalın en önemli fonksiyonu hidrojen peroksit kaynağı olması ve geçiş metallerinin varlığında Fenton ve Haber Weiss reaksiyonu ile son derece aktif hidroksil radikaline dönüşmesidir. Bu durumda katalaz ve glutasyon peroksidaz enzimlerinin aktivitesi artmakta ve oluşan hidrojen peroksit düzeyi kontrol altında tutulmaktadır (Velioglu 2000; Lee ve ark. 2004). Katalaz ve süperoksit dismutaz kombinasyonunun butilhidroksianisolden daha etkili bir antioksidan olduğu bildirilmektedir (Fox 2003). Prasad ve ark (1995) tarafından yapılan bir

çalışmada, buzağular 25 ppm Cu ve 100 ppm Zn içeren sütte beslendiğinde bağışıklık sisteminin iyileştiği ve SOD aktivitesinin daha güçlü olduğu saptanmıştır.

Katalaz

Katalaz, aktif kısmında hem-bağlı demir içeren, hemen hemen tüm hayvansal ve bitkisel dokularda bulunan hemoprotein özelliğinde bir enzimdir. Sütün katalaz aktivitesi, yağsız süt fazında bulunan membranlarla ilişkilendirilmektedir. Polarografik yöntemle belirlenen çiğ sütteki ortalama katalaz aktivitesi 1-95 U/ml'dir. Katalazın %60'ı kremada %40 ise yağsız sütte bulunmaktadır. Kremada bulunan katalazın çoğu, yağ globülü membranlarına sıkıca bağlı olarak yer almaktadır. Çiğ süt örneklerindeki katalaz konsantrasyonlarının mevsimsel değişikliklere bağlı olarak nisan ayında kasım ayına oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sütte bulunan katalaz, süt enzimleri içinde ısıya karşı en dayanıksız olanıdır. Bu enzim hidrojen peroksidi son derece etkin bir şekilde su ve moleküler oksijene dönüştürmektedir (Gutteridge ve Halliwell 1994; Lindmark-Månsson ve Åkesson 2000; Ekici ve Sağdıç 2008).

Katalaz; oksido-redüksiyon olayları sonucunda oluşan ve toksik etki gösteren hidrojen peroksitten hücreleri korumaktadır. Bu enzimin etkisi ile hidrojen peroksit parçalanarak zararsız hale getirilmekte ve parçalanma ürünü olan oksijen serbest halde bulunmaktadır (Speranza ve ark. 1993; Mates ve ark. 1999). Ayrıca katalaz'ın süperoksit dismutazın antioksidatif özelliklerini optimize etmek için gerekli olduğu bildirilmektedir (Stauffer 1989; Fox ve ark. 1998; Yüzüğüllü ve Özel 2013). Katalaz normal şartlar altında bazı hücre tipleri için elzem olmasa bile, oksidatif stres durumunda önemli bir role sahiptir. Sıçanlara süperoksit dismutaz ve katalaz içeren lipozomlar enjekte edildiğinde; %100 oksijene maruz bırakılan sıçanların canlı kalma oranının yükseldiği görülmüştür. Ayrıca hücrelerin bazı ilaçlara ve oksidanlara karşı duyarlılığının artırılması, hem H₂O₂'i oksijene parçalaması hem de direk interaksiyon sonucu ilaçlara bağlı oksijen tüketimini engellemesi, hücrelerdeki katalazın özelliğine bağlı olduğu bildirilmektedir (Van Klaveren ve Nemery 1999; Urso ve Clarkson 2003).

Glutasyon peroksidaz (GSH-Px)

Glutasyon peroksidaz, hücre içi hidroperoksitlerin yok edilmesinden sorumlu en etkin antioksidan enzimdir. Glutasyon peroksidazın, selenyum bağlı ve selenyum bağlı olmayan olmak üzere iki farklı türü bilinmektedir. Selenyum bağlı glutasyon peroksidaz, enzim aktivitesi için gerekli olan dört alt biriminde seleno sistein içermektedir. Her iki glutasyon türü de organik hidrojen peroksidin indirgenmesi için kullanılmaktadır. Eritrositlerde ve diğer dokularda, prostetik grup olarak selenyum içeren glutasyon peroksidaz enzimi, indirgenmiş glutasyon tarafından hidrojen peroksit ve lipit peroksidlerinin parçalanmasını katalize eder; böylece membran lipidlerini ve hemoglobini, peroksidler tarafından oksidasyona karşı korur (Harris 1992; Cheeseman ve Slater 1993; Armstrong 1998; Chen ve ark. 2000; Stagsted 2005; Şit 2011; Yining ve ark. 2011). Ökaryot hücrelerin sitoplazmasında % 60-75, mitokondride ise % 25-40 oranında enzim aktivitesi göstermektedir. Gelişmiş organizmalarda enzim aktivitesinin en fazla olduğu dokular ise eritrositler ve karaciğerdir. Çiğ sütte glutasyon peroksidaz aktivitesi selenyum

konsantrasyonuna bağlı olarak 12-32 U/ml arasında değişmektedir (Hojo 1982; Debski ve ark. 1987; Lindmark-Månsson ve Åkesson 2000).

Glutasyon peroksidaz lipit peroksidasyonundan ortaya çıkan hidroperoksitleri parçalayarak yeni radikal üretimini ve oksidasyonunu engellemekte ve kanda bulunan eritrositleri hemoglobin oksidasyonuna karşı korumaktadır. Ayrıca aşırı hidrojen peroksit varlığında glutasyonun (GSH) okside glutatyona (GSSG, glutasyon disülfid) oksidasyonunu katalize eder; bu arada H₂O₂ de suya dönüştürülerek detoksifiye edilmiş olur (Yu 1994; Zima ve ark. 1995; Yalçın 1998; Velioęlu 2000).

Debski ve ark. (1987), bağlı peroksidaz aktivitesinin toplam peroksidaz aktivitesinin yaklaşık olarak üçte biri olduğunu, insan ve inek sütüne benzer özellikler taşıdığını bildirmiştir. Yining ve ark. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada fareleri 30 gün süresince peynir altı suyu protein hidrolizatları ile beslenmesinin antioksidan aktiviteyi artırdığı özellikle karaciğer ve serumda süperoksit dizmutaz ve GSH-Px düzeyinde artış olduğu saptanmıştır.

Sonuç

Beslenmede önemli yeri olan süt ve ürünlerinin dokuların serbest radikal hasarından korunmasında etkin koruyucu bileşikleri içerdiği ve bu bileşiklerin tedavi edici özelliklerinin bulunduğu birçok çalışmada vurgulanmaktadır. Çalışmalar, süt ve ürünlerinin düzenli tüketilmesinin yalnız bireyin oksidatif hasardan korunmasına değil, aynı zamanda genel sağlık durumunun iyileşmesine de katkı sağlayacağını göstermektedir. Fakat süt enzimlerinin antioksidan mekanizması ile ilgili sonuçların zenginleşmesi ve etki mekanizmalarının tam olarak aydınlatılması için, *in vivo* çalışmalarındaki etkilerin de görülebileceği çok sayıda araştırmaya gereksinim bulunmaktadır.

Kaynaklar

- Akkuş, İ. 1995. Serbest radikaller ve fizyopatolojik etkileri. Mimoza Yayınları. 1: 3-95. Konya.
- Anonim 2005. "What is optimum nutrition?", The Institute For Optimum Nutrition, <http://www.ion.ac.uk/optimum>.
- Armstrong, D.A. 1998. Methods in molecular biology. Humana Pres: 108. Toronto.
- Aslan, R., Şekeroğlu, M.R. ve Bayiroęlu, F. 1995. Serbest radikal türlerinin membran lipid peroksidasyonuna etkileri ve hücre sel antioksidan savunma. Sağlık Bilimleri Dergisi, Vol. 2: 137-42
- Aydemir, B., Sarı, K.E. 2009. Antioksidanlar ve büyüme faktörleri ile ilişkisi. Kocatepe Veteriner Dergisi, Vol. 2: 56-60.
- Cheeseman, K.H., Slater, T.F. 1993. An introduction to free radical biochemistry. Elsevier Applied Science, pp 339-367.
- Chen, J., Lindmark-Mainsson, H. and Akesson, B. 2000. Optimisation of a coupled enzymatic assay of glutathione peroxidase activity in bovine milk and whey. International Dairy Journal, Vol. 10: 347-351.
- Debski, B., Piccano, M.F. and Milner. J.A. 1987. Selenium content and distribution of human, cow and goat milk. Journal of Nutrition, Vol. 117: 1091-1097.

- Dogan, S., Meral, R. 2006. Buğdayda bulunan antioksidan maddeler. Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi. 7-8 Eylül 2006, Gaziantep.
- Ekici, L., Sağdıç, O. 2008. Serbest radikaller ve Antioksidan Gıdalarla İnhibisyonu. Gıda Dergisi, Vol. 33 (5): 251-260.
- Fox, F.P. 2003. Exogenous enzymes in dairy technology. University Colage. Vol. 17 (3): 173-199. Cock, Ireland.
- Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. and Lynch, C.M. 1998. Significance of non-starter lactic acid bacteria in Cheddar cheese. Australian Journal of Dairy Technology, Vol. 53: 83–89.
- Gutteridge, J.M.C., Halliwell, B. 1994. Antioxidant in nutrition, health and disease. Oxford University Press: New York.
- Günaydın, B., Çelebi, H. 2003. Genel anesteziklerin serbest radikaller ve antioksidanlarla ilişkisi. Anestezi Dergisi, Vol. 11 (2): 87-98.
- Gür, F., Güzel, M., Öncül, H., Yıldırım, Z. ve Yıldırım M. 2010. Süt serum proteinleri ve türevlerinin biyolojik ve fizyolojik aktiviteleri. Akademik Gıda, Vol. 8 (1): 23-31.
- Harris, E.D. 1992. Regulation of antioxidant enzymes. Journal of Nutrition, Vol. 122: 625-626.
- Hoolbrook, J.J., Hicks, C.L. (1978) Variation of superoxide dismutase in bovine milk. Journal of Dairy Science, Vol. 61: 1072-1077.
- Hojo, Y. 1982. Selenium concentration and glutathione peroxidase activity in cows milk. Biological Trace Element Research, Vol. 4: 233-239.
- Kankare, V., Antila, V. 1982. The effect of xanthine oxidase and superoxide dismutase as well as cell counts on the oxidation of fat in bovine milk. Finnish Journal of Dairy Science, Vol. 2: 32-40.
- Kiyosawa, I., Matuyama, J., Nyui, S. and Yoshida, K. 1993. Cu, Zn and Mn- superoxide dismutase concentration in human colostrum and mature milk. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, Vol. 57: 676-677.
- Kris-Etherton, P.M., Hecker, K.D., Bonanome, A., Coval, S.M., Binkoski, A.E., Hilpert, K.F., Griel, A.E. and Etherton, T.D. 2002. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. Am. J. Med., Vol. 113 (9): 71–88.
- Kurt, Ö., El, N.S. 2011. Biyoaktif bir gıda bileşeni L-karnitin : Beslenme ve sağlık açısından önemi ve biyoyararlılığı. TUBAV Bilim Dergisi, Vol. 2: 97-102.
- Lee, J., Koo, N. and Min, D.B. 2004. Reactive oxygen species, aging, and antioxidative nutraceuticals. Comprehensive Reviews in Food Science and Technology, Vol. 3: 21-33.
- Lin, M.Y., Yen, C.L. 1999. Antioxidative ability of lactic acid bacteria. J. Agric. Food Chem., Vol. 47:1460-1466.
- Lindmark-Månsson, H., Åkesson, B. 2000. Antioxidative factors in milk. British Journal of Nutrition, Vol. 84:103-110.
- Liu, J.R., Lin, Y.Y., Chen, M.J., Chen, L.J. and Lin, C.W. 2005. Antioxidative activities of kefir. Asian-Australian Journal of Animal Science, Vol. 18:547-573.
- Madi, B.C., Sandal, J. and Bannet, R. 1999. Effects of female relative in labor: A randomized controlled trial. Birth, Vol. 26(1): 4–8.
- Matés JM, Pérez-Gómez C. and de Castro, N.I. 1999. Antioxidant enzymes and human diseases. Clinical Biochemistry, Vol. 32 (8): 595-603.
- Mc Intyre, M., Bohr, D.F. and Dominiczak, A.F. 1999. Endothelial function in hypertension: The role of superoxide anion. Hypertension, Vol. 34: 539-545.

- Memisogulları, R. 2005. Diyabette serbest radikallerin rolü ve antioksidanların etkisi. Düzce Tıp Fakültesi Dergisi, Vol. 3:30-39.
- Mercan, U. 2004. Toksikolojide serbest radikallerin önemi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi Dergisi, Vol. 15(1-2): 91-96.
- Nayir, M.S. 2008. Sütün yoğurda dönüşümü sırasında içerdiği fenolik antioksidan maddelere prebiyotik bakteri etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Nielsen, J.H., Hald, G., Kjeldsen, L., Andersen, H.J. and Ostdal, H. 2001. Oxidation of ascorbate in raw milk induced by enzymes and transition metals. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 49: 2998–3003.
- Öğünç, A.V., Yalçın, A.S. 2011. Süt serumu proteinlerinin in vitro koşullardaki antioksidan etkileri. Marmara Eczacılık Dergisi, Vol.15: 18-24.
- Pihlanto, A. 2006. Antioxidative peptides derived from milk proteins. International Dairy Journal, Vol. 16: 1306–1314.
- Prasad, T., Kundu, M.S. 1995. Serum IgG and IgM responses to sheep red blood cells (SRBC) in weaned calves fed milk supplemented with Zn and Cu. Nutrition, Vol. 11: 712–15.
- Speranza, M.J., Bagley, A.C. and Lynch, B.E. 1993. Cells enriched for catalase are sensitized to the toxicities of bloomycin, adriamycin and paraquat. J Biol Chem, Vol. 268:190,39–43.
- Stagsted, J. 2005. Absence of both glutathione peroxidase activity and glutathione in bovine milk. International Dairy Journal, Vol. 16: 662–668.
- Stauffer, C.E. 1989. Enzyme assays for food scientists. Van Nostrand Reinhold: 87. New York.
- Şener, G. 2009. İskemi reperfüzyon hasarı. Klinik Gelişim. Vol. 3 (22): 5-13.
- Şit, L. 2011. Çeşitli bitkilerin antioksidan özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayınlanmamış tez).
- Taşkın, B., Bağdatlıoğlu, N. 2011. Süt ve fermente süt ürünlerinin *antioksidan* özellikleri. Akademik Gıda, Vol. 9(5): 67-74.
- Urso, M.L., Clarkson, P.M. 2003. Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. Toxicology, Vol. 189: 41–54.
- Van Klaveren, R.J., Nemery B. 1999. Role of reactive oxygen species in occupational and environmental obstructive pulmonary diseases. Current Opinion in Pulmonary Medicine, Vol 5: 118-128.
- Veliöğlu, S. 2000. Doğal antioksidanların insan sağlığına etkileri. Gıda. 25 (3): 167-176.
- Virtanen, T., Pihlanto, A., Akkanen, S. and Korhonen, H. 2006. Development of antioxidant activity in milk whey during fermentation with lactic acid bacteria. Journal of Applied Microbiology, Vol 102(1): 106-115.
- Yalçın, A.S 1998. Antioksidanlar. Klinik Gelişim, 11:342-6
- Yining, B., Wenbo, Z., Zheng, Z., Zhengshan and Wang, Z. 2011. Antioxidant Property in vivo of Cheese Whey Enzymatic Hydrolysates. The 5 th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering. p:1-4 May 2011, Wuhan, China.
- Yu, B.P. 1994. Cellular defenses against damage from reactive oxygen species. Physiol Rev, Vol 74(1):139-62.
- Yüzüğüllü, Y., Ögel, B.Z. 2013. Çift aktiviteli katalaz-fenol oksidazın ve diğer katalazların gıda sanayisindeki önemi. GIDA. 38 (2): 111-118.

Zima, T., Crkowska, J., Merta, M., Stipek, S., Nemecek, K. and Tesar, V. 1995. Activity of the antioxidant enzymes, glutathione peroxidase, on autosomal dominant 54 polycystic kidney disease patient. *Biochemical Molecular Biology International*, Vol 35(4): 699-704.