

## Farklı Isıl İşlem Uygulamalarının Fenolik Bileşenler Üzerine Etkisi

Raciye MERAL

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Van.  
e-mail:raciyemeral@gmail.com

**Özet:** Fenolik bileşenler bitkilerde bulunan antialerijenik, antiinflamatuvar, antimikrobiyal, antioksidan ve antitrombotik etkileri olan sekonder metabolitlerdir. Fenolik bileşenler ısıya duyarlı bileşenler olarak tanımlanır. Isıtma işlemi toplam fenolikleri, flavonoidleri antioksidan aktiviteyi etkiler. Birçok çalışma, fenoliklerin ve antioksidan aktivitenin ısıtma ile azaldığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, hücre duvarlarında esterifiye formda bulunan fenolik asitler ısıtma ile hücre matriksinden ayrılırlar. Toplam fenolik maddeler ve antioksidan aktivite üzerine ısıl işlemin etkisini araştıran çalışmaların sonuçları çelişkilidir. Bazı çalışmalar, ısıl işlem ile hücre duvarı ve hücre matriksinin yapısının bozulması nedeniyle fenolik asitlerin miktarının arttığını ifade ederken bazı çalışmalar ise ısıl işlem ile fenolik bileşenlerde ve antioksidan aktivitede azalma veya bir değişiklik olmadığını ifade etmektedir. Bu çalışmada, ısıl işlemin fenolik bileşenler üzerine etkisi üzerinde durulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Antioksidan aktivite, ekstrüzyon, fenolik bileşenler, haşlama, ısıl işlem

## The Effects of Different Thermal Applications on Phenolics Compounds

**Abstract:** Phenolic compounds are secondary metabolites that are derivatives of the pentose, phosphate, pathways in plants. Phenolic compounds exhibit a wide range of physiological properties, such as anti-allergenic, anti-atherogenic, anti-inflammatory, anti-microbial, antioxidant and anti-thrombotic effects. Phenolic compounds are very sensitive to heat. Heating effects the total phenolics, flavonoids, antioxidant activity. Most studies indicate that level of antioxidants and phenolics is reduced significantly by the heating process. However, bound phenolic acids esterified to cell walls release from the cell matrix with heating. In most studies on the effects of heat treatment on the total phenolic content, the results are contradicting. Some studies indicate that levels of phenolic acids increases after heating, due to the ability of heat to disrupt cellular matrix and cell wall whilst some studies report a reduction or no change in phenolics and antioxidant activity. In this study, effects of thermal treatment on phenolics compounds were evaluated.

**Keywords:** Antioxidant activity, extrusion, phenolics, blanching, thermal treatment

### Giriş

Günümüz toplumu sağlıksız diyet alışkanlıklarıyla iç içedir. Sağlıklı gıda tüketiminin azlığı, yetersiz ve dengesiz beslenmeye, obezite, şeker hastalığı, kardiyovasküler rahatsızlıklar ve hipertansiyon gibi bir çok soruna neden olabilmektedir. Toplumda giderek artan rahatsızlıklar, tüketilen gıdaları mercek altına almayı zorunlu kılmış ve sağlık

üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu bilinen fenolik bileşenlere olan ilgiyi arttırmıştır. Fenolik bileşenler meyve ve sebzelerde bulunan ve meyve ve sebzelerin renk, tat ve aromasından sorumlu olan sekonder metabolitlerdir. Bu biyoaktif bileşiklerin sağlık üzerinde önemli pozitif etkileri olduğu yapılan çok sayıda çalışma sonucunda ortaya konmuştur. Bu etkiler arasında,

oksidasyon sonucu oluşan hücre zararlanmasını ve yıkımını geciktirme ve/veya engelleme ve radikal yakalayıcı etkiler bulunmaktadır. Günümüzde, tahıllar, baharatlar, meyve ve sebzelerden elde edilen antioksidan bileşenlere ilgi artmaktadır. Bu antioksidanlar lipid içeren gıdalarda ve biyolojik sistemlerde metaller ile şelat oluşturarak, serbest radikalleri etkisiz hale getirirler. Meyve, sebze ve tahılların antioksidan özellikleri; bileşimlerindeki tanninler, flavanoidler, fenolik asitler gibi fenolik bileşenlerden ileri gelmektedir (Sultana ve ark., 2008).

Isıl işlem, gıda üretiminde sıkça kullanılan ve genel olarak gıdanın raf ömrünü uzatmak ya da yeni bir ürün üretmek için kullanılan yöntemlerden birisidir. Ancak ısıl işlem sırasında, ısıya duyarlı fenolik bileşikler gibi bazı biyoaktif bileşenlerin yıkımı nedeniyle gıdanın besin değerinin önemli oranda azaldığı ifade edilmektedir. Ayrıca ısıl işlem görmüş gıdanın sağlık üzerine olumlu etkisinin ısıl işlem görmemiş ham gıdaya göre daha düşük olduğu belirtilmektedir (Choi ve ark., 2006). Meyve, sebze ve tahıllarla ilgili çok sayıda çalışma, ısıl işlemin fenolik bileşenler üzerine negatif etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalar, ısıl işlemin fenolik

bileşenlerin miktarını arttırabileceğini de göstermiştir. Bu çalışmada; çeşitli ısıl işlem uygulamalarının fenolik bileşenler ve antioksidan aktivite üzerine etkisi üzerinde durulmuştur

### **Pişirme, Kavurma, Kaynatma Gibi Isıl İşlem Uygulamalarının Etkisi**

Isıl işlem, gıdaların işlenmesi sırasında kullanılan en popüler yöntemlerden birisidir. Isı muamelesi sırasında gıdanın depolama stabilitesi, duyuşal özellikleri, besinsel özellikleri gibi kalite özelliklerini değiştiren bir takım kompleks olaylar meydana gelir. Gıdanın yapısı ve bileşimi, uygulanan ısıl işlemin türü ve sıcaklık derecesi fenolik bileşenlerin miktarında artışa neden olabilmektedir (Sakac ve ark., 2011). Isıl işlem ile sütün antioksidan aktivitesinin proteinlerin açılması ve hidrojen verici olarak rol alan tiol gruplarının açığa çıkması nedeniyle arttığı belirtilmektedir. Uygulanan ısıl işlemin derecesine bağlı olarak pro-oksidan ve antioksidan moleküller oluşabilir. Isıl işlem sırasında gıdada doğal olarak bulunan antioksidanların yıkıma uğrayabileceği ve antioksidan aktiviteye sahip yeni bileşenlerin oluşabileceği ifade edilmektedir. Bu yeni antioksidan bileşikler Maillard reaksiyonu sırasında özellikle başlangıç safhasında oluşan

bileşiklerdir. Uygulanan ısı işlemi derecesi ve süresi antioksidan özellikleri değiştirebilmektedir (Calligaris ve ark., 2004). Gahler ve ark. (2003), ısı işlemi uygulanan domatesin antioksidan aktivitesinin, gıda matriksinden likopen gibi fitokimyasalların serbest kalması nedeniyle arttığını ifade etmişlerdir. Choi ve ark. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada 121°C’ de 15 ve 30 dk ısı işlemi uygulanan ve uygulanmayan mantarlarda serbest ve bağlı fenoliklerin miktarı ve antioksidan aktivite araştırılmıştır. Bu çalışmada 121° C’ de 15 ve 30 dk ısı işlemi uygulanan mantarlarda bağlı ve serbest fenolik maddelerin miktarının ham mantara göre önemli oranda arttığı belirlenmiştir. Bu araştırmacılar, fenolik bileşenlerin ısı işlemi sonrası serbest hale geçmesi nedeniyle böyle bir sonucun ortaya çıktığını ifade etmişlerdir. Turkmen ve ark. (2005) ise kaynatma, mikrodalga pişirme ve buğulama işleminin brokoli, biber, yeşil fasulye ve ıspanağın antioksidan aktivitesinde önemli artışa neden olduğunu ortaya koymuştur. Rakic ve ark. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, Quercus robur (QR) ve Quercus cerris (QC) bitkilerine ısı işlemi uygulanmış, ısı işlemi uygulanan ve uygulanmayan bitkilerin toplam fenolik madde miktarı,

fenolik profili ve antioksidan aktivitesi incelenmiştir. Isıl işlem uygulanan bitkilerde, fenolik madde miktarı ve tannin içeriği ısı işlemi görmeyenlere göre düşüş göstermiştir. Ancak ısı işlemi uygulanmış olan örneklerde, tannin olmayan fenoliklerin ve gallik asitin miktarında önemli bir artış olduğu belirlenmiştir. Bu durum, ısı işlemi uygulanmamış doğal QR ve QC bitkilerinde bulunan ve ısıyla parçalanabilen hidrolize tanninlerin varlığıyla açıklanmıştır. Aynı çalışmada gallik asit ve gallik asitin düşük molekül ağırlıklı türevlerinin antioksidan aktiviteyi artırdığı ifade edilmiştir. Bu çalışma sonucunda, fenolik maddelerin yalnızca miktarının değil aynı zamanda türünün de antioksidan aktivitede önemli rol oynadığı ortaya konulmuştur. Başka bir çalışmada soğan tozu ekmeğin bileşimine üç farklı seviyede (% 2, 4, 6) eklenmiş ve soğan tozunun ekmeğinin antioksidan özellikleri ve fenolik profili üzerine etkisi araştırılmıştır. Soğan tozunu % 6 oranında içeren ekmeğin gallik asitin miktarı, kontrole kıyasla 450 kat artış göstermiştir. Çalışma sonucunda, bazı gallat türevlerinin ısı etkisiyle gallik asite dönüştüğü ifade edilmiştir. Aynı çalışmada gıdanın yapısında bulunan bileşenlerin ve oranlarının, bunların

birbirleriyle ve fenolik bileşenlerle etkileşiminin ve ısı işlem sonucu oluşan bir takım reaksiyonların gıdanın antioksidan özelliklerini ve fenolik madde profilini değiştirebileceği belirtilmiştir (Meral, 2011). Isıl işlemin, portakal suyunda bulunan hidroksisünamik asitlerin miktarını arttırdığı ifade edilmiştir. Bu durum ısı işlem etkisi ile fenolik bileşenlerin daha iyi ekstrakte olması, veya katabolizma içinde yer alan ve inaktivasyona neden olan enzimlerin aktif bölümlerinin ısı işlem ile alıkonulması şeklinde açıklanmıştır (Szalzo ve ark., 2004). Gupta ve Nagar (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, pişirme işleminin darı ununun antioksidan aktivitesi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışma yapılmış ve pişirme sonrası antioksidan aktivitenin önemli oranda arttığı belirlenmiştir. Fares ve Menga (2012) tarafından yapılan ve nohut ile zenginleştirilmiş makarnanın, besinsel özelliklerini, antioksidan aktivitesini ve fenolik bileşimini belirlemek için yapılan bir çalışmada, nohut örnekleri kavrulmuş, nohutun bileşimindeki serbest ve bağlı fenoliklerin değişimi belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre; ısı işlem ile serbest vanilik asit miktarının azaldığı belirlenmiştir. Serbest ve bağlı *p*-

hidroksibenzoik asit, *p*-kumarik asit ve ferulik asitin miktarında ısı işlem ile artış meydana gelmiştir. Pişirme sonrası bağlı fenolik madde miktarında kontrol örneğine göre önemli bir artış olmuştur. Aynı çalışmada pişirme sırasında kullanılan kaynama suyunun gıda matriksinden bağlı fenolik bileşenlerin ekstraksiyonunu kolaylaştırdığı ortaya konmuştur. Tsai ve ark. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada dut ekstraktlarında ısıtma ile demir indirgeme kapasitesinin arttığı, TEAK değerinin ise önemli bir değişiklik göstermediği ifade edilmiştir. Üzüm çekirdeğinde bulunan fenolik bileşiklerin ısıtmayla birlikte serbest hale geçtiği ve fenolik bileşiklerin miktarının sıcaklığın artmasına bağlı olarak artış gösterdiği ifade edilmektedir. Başka bir çalışmada fenolik madde miktarındaki artış, bitki hücre duvarlarındaki matriksin bozulması nedeniyle fenolik bileşenlerin açığa çıkması şeklinde açıklanmıştır.

Antioksidan aktivitede meydana gelen artışı, antioksidan aktiviteyi engelleyen oksidatif enzimlerin ısı işlem ile inaktivasyonu, ısı işlemin hücre duvarını bozması ve çözünmez formdaki fenolik bileşenlerin serbest hale geçmesi ve ısı işlem ile yeni antioksidan bileşiklerin oluşması şeklinde özetlemek mümkündür (Pinelo ve ark., 2005). Bununla birlikte

200 °C'nin üstündeki sıcaklıkların fenolik bileşiklere zarar verdiği de vurgulanmaktadır (Kim ve ark., 2006). Boskov-Hansen ve ark. (2001), çavdar ekmeği yapımı sırasında fenolik bileşiklerin değişimini inceledikleri çalışma sonucunda, ester bağlı fenolik asit miktarında azalma meydana geldiğini belirlemişlerdir. Zhang ve Hamauzu (2004), brokolinin antioksidan aktivitesinde ısı işlem sonrasında azalma meydana geldiğini belirlemiştir. Gelinaz ve McKinnon (2006), tam buğday unlarından yapılan ekmeklerin fenolik madde konsantrasyonunun, bu ekmeklerin yapıldığı una kıyasla daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Öte yandan, ekmek formülünde fonksiyonel bileşen olarak kullanılan karabuğdayın flavonoid içeriğine termal prosesin olumsuz etkisi olduğu bulunmuştur (Dietrych-Szostak ve Oleszek, 1999). Sultana ve ark. (2008), haşlama, kızartma ve mikrodalga pişirmenin bazı sebzelerin antioksidan aktivitesi üzerine etkilerini incelemiş ve pişirme yönteminin antioksidan aktiviteyi önemli oranda etkilediğini belirlemişlerdir. Bu çalışma sonucunda mikro dalga yöntemiyle pişirmenin, haşlama ve kızartma işlemlerine göre antioksidan aktiviteyi daha fazla düşürdüğü ifade edilmiştir.

Michalska ve ark. (2008), çavdar ekmeğinin üretimi sırasında oluşan Maillard reaksiyonu ürünlerinin antioksidan aktiviteye katkısını araştırdıkları çalışmalarında, Maillard reaksiyonunun başlangıç safhasında oluşan ara ürünlerin antioksidan aktivitesinin bulunmadığını ve Maillard reaksiyonunu ileri aşamalarında meydana gelen ürünlerin, serbest radikal yakalayıcısı olduğunu belirlemişlerdir. Bu araştırmacılar, kahverengileşme reaksiyonuyla birlikte antioksidan özelliklerin arttığını ifade etmişlerdir. Perla ve ark. (2012), farklı patates çeşitlerine ısı işlem uyguladıkları çalışmalarında ısı işlemin antioksidan aktiviteyi ve toplam fenolik madde miktarını azalttığını ifade etmişlerdir.

Isıl işlem ile bazı fenolik bileşenler ve antioksidan maddeler yıkıma uğramakta ve azalabilmektedir. Genel olarak ısı işlem ile antioksidan aktivitenin ve toplam fenolik madde miktarının azalması beklenmektedir. Ancak gıdalara uygulanan ısı işlem sonucunda bağlı halde bulunan fenolik bileşenlerin serbest hale geçmesi, antioksidan maddelerin etkilerini engelleyen enzimler gibi birtakım gıda bileşenlerinin yıkıma uğraması, büyük molekül ağırlığına sahip olan maddelerin

düşük molekül ağırlıklı antioksidan bileşiklere degrade olması ve Maillard reaksiyonu sonucu oluşan ara ürünlerin varlığı nedeniyle antioksidan aktivite artabilmektedir.

### **Ekstrüzyon İşleminin Etkisi**

Ekstrüzyon teknolojisi; kahvaltılık tahılların ve atıştırmalık gıdaların üretiminde kullanılan, yüksek sıcaklıkta ve basınç altında gerçekleştirilen kısa süreli bir pişirme işlemidir (Brennan ve ark., 2011; Nayak ve ark., 2015). Hammaddenin özellikleri, karıştırma koşulları, ekstrüderin sıcaklığı, uygulanan basınç, sıcaklık, ürünün nem içeriği, vida konfigürasyonu gibi ekstrüzyon parametreleri son ürünün özelliklerini önemli oranda etkiler. Çeşitli çalışmalar ekstrüzyon işleminin biyoaktif bileşenlere zarar verdiğini göstermiştir. Delgado-Licon ve ark. (2009), ekstrüzyon işleminin fasulye-mısır karışımının fenolik madde içeriğini ve antioksidan aktivitesini düşürdüğünü ortaya koymuşlardır. Shih ve ark., (2009); ekstrüzyon işleminin sarı ve turuncu tatlı patateslerin  $\beta$ -karoten ve antosiyanin içeriğini azalttığını ifade etmişlerdir. Benzer şekilde çim bezelyede (Grela ve ark., 1999) ve sorgumda (Dlamini ve ark., 2007), ekstrüzyon işleminin antioksidan

aktiviteyi düşürdüğü ortaya konmuştur. Yagcı ve Gogus (2010), ekstrüder gövdesinin sıcaklığının ve eklenen suyun miktarının toplam fenolik madde içeriğini değiştirdiğini ifade etmişlerdir. Ekstrüder gövdesi içindeki yüksek sıcaklıkla birlikte, yüksek parçalama etkisi biyoaktif bileşenlerin fonksiyonelliğini etkileyerek gıda matriksini değiştirebilmektedir (Nayak ve ark., 2015). Fenolik bileşenler yüksek basınç ve yüksek nem nedeniyle dekarboksilasyona uğramakta ve fenoller ve tanninlerin polimerizasyonunun ilerlemesi nedeniyle antioksidan aktivite azalmaktadır (Brennan ve ark., 2011). Bununla birlikte bazı araştırmacılar ekstrüde ürünlerde biyoaktif bileşenlerin ve antioksidan aktivitenin arttığını belirlemişlerdir. Zielinski ve ark., (2001) tarafından yapılan bir çalışmada; buğday, arpa, çavdar ve yulafta serbest ve bağlı şekilde bulunan vanilik, siringik, kumarik, ferulik ve kafeik asit miktarı üzerine, ekstrüzyon pişirme işleminin etkisi incelenmiştir. Bu tahılların fenolik kompozisyonunda, ısı işlem uygulaması sonucunda önemli değişiklikler olduğu belirlenmiştir. Buğdaydaki vanilik, siringik ve ferulik asitin serbest ve bağlı formlarının miktarlarında ısı işlem ile artış belirlenirken, arpadaki serbest

vanilik ve ferulik asit miktarında azalma olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklığın artmasıyla birlikte çavdardaki serbest ve bağlı vanilik asit miktarı azalmış, serbest ve bağlı ferulik asit miktarı ise önemli artış göstermiştir. Isıl işlem yulafta bulunan vanilik, siringik ve ferulik asitin serbest formlarının miktarında artışa neden olmuş ancak artan sıcaklık derecesi bu fenoliklerin bağlı formlarının miktarını azaltmıştır. Araştırmacılar, elde ettikleri bulgular ışığında fenolik asitler ve fenolik asitlerin konjuge formlarının, farklı fizyolojik ve teknolojik koşullar altında farklı formlara dönüşebileceğini ifade etmişlerdir. Sensoy ve ark. (2006), ekstrüzyon işleminin karabuğdayın antioksidan aktivitesi üzerine etkisinin olmadığını, kavurma işleminin ise antioksidan aktiviteyi düşürdüğünü ifade etmişlerdir. Bu araştırmacılar, orta derecede ısı uygulamalarıyla, fenolik bileşenlerin miktarının ve antioksidan aktivitenin artırılabilceğini ifade etmişlerdir. Korus ve ark., (2007) tarafından yapılan ve üç farklı fasulye türünün antioksidan aktivitesi üzerine ekstrüzyon işleminin etkisinin incelendiği bir çalışmada, bir fasulye türünden elde edilen ekstrudatın toplam fenolik madde miktarının, ham fasulyeye göre % 14 arttığı, diğer iki türden elde edilen

ekstrudatın ise fenolik madde miktarının % 19-21 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Shih ve ark. (2009), tatlı patatesin antioksidan aktivitesinin ekstrüzyon işlemiyle arttığını ortaya koymuştur.

### **Haşlama İşleminin Etkisi**

Haşlama, gıda üretiminde kullanılan önemli proseslerden birisidir. Haşlamayla, ürünün yumuşaması sağlanırken aynı zamanda kahverengileşme ve diğer bazı reaksiyonlara neden olabilecek enzimlerin inaktivasyonu gerçekleştirilir (Amin ve Lee, 2005; Nayak ve ark., 2015). Ayrıca haşlamayla birlikte yapının yumuşaması sağlanır, esneklik ve uzayabilirlik gibi mekaniki özellikler geliştirilmiş olur (Amin ve Lee, 2005). Bu işlem genellikle sıcak suda ve buharda gerçekleştirilir (Obob, 2005). Amin ve Lee, (2005) 98°C'de 5-10 dakikalık haşlama işlemiyle, lahana ve hardal lahana türleri dışındaki lahana türlerinde antioksidan aktivitenin ve fenolik bileşenlerin önemli oranda azaldığını ortaya koymuşlardır. Aynı çalışmada 15 dakikalık haşlama işleminin Çin lahanasında toplam fenolik madde miktarını arttırdığı tespit edilmiştir. Chuah ve ark. (2008), farklı tür biberlere

farklı pişirme teknikleri uygulayarak antioksidan aktiviteyi ve toplam fenolik madde miktarını araştırdıkları çalışmalarında, daha az su kullanılarak yapılan pişirme işleminin antioksidan aktivitenin ve biyoaktif bileşiklerin korunmasına yardımcı olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada antioksidan aktiviteye en az zarar veren pişirme yönteminin, su kullanmaksızın yapılan mikrodalga pişirme işlemi olduğu ifade edilmiştir. Volden ve ark. (2008), haşlama işlemi sonrasında kırmızı lahananın antosiyanin içeriğinde % 59 oranında azalma olduğunu ortaya koymuşlardır. Mazzeo ve ark. (2011), haşlama ve buğulama işleminin havuç ve karnabarda bulunan kafeik, sinapik, *p*-kumarik, klorogenik ve ferulik asit gibi fenolik bileşenler üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada haşlama işleminin, havuçtaki *p*-kumarik asit dışındaki fenolikler üzerine negatif etkisi olduğu belirlenmiştir. Haşlama işlemi havuçtaki fenolik bileşenlerin neredeyse tamamını yıkıma uğratmıştır. Aynı çalışmada buğulama işlemiyle havuçtaki kafeik asit dışındaki fenolik bileşenlerin arttığı tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda, buğulama işlemi uygulanan karnabardaki fenolik bileşenlerin miktarında da artış olduğu tespit

edilmiştir. Zenginleştirilmiş makarnaların fenolik bileşimine pişirme işleminin ve prosesin etkisinin incelendiği bir çalışmada ısı işleminin serbest fenolik asitlerin özellikle *p*-kumarik asitin miktarında önemli bir azalmaya, bağlı fenolik asit miktarında ise önemli bir artışa neden olduğu belirlenmiştir. Makarnaların haşlanması sırasında kullanılan sıcak su, hücre duvarlarında ester bağlı olarak bulunan ferulik asitin gıda matriksinden ekstraksiyonunu kolaylaştırmıştır (Fares ve ark., 2010). Haşlama işlemiyle hücre matriksinin açıldığı böylece fenolik veriminin arttığı (Nayak ve ark., 2015), ve haşlama sırasında sebzelerin suyla temas eden yüzeylerinde artış meydana gelmesi nedeniyle antioksidan aktivitede azalma meydana geldiği ifade edilmektedir (Amin ve Lee, 2005).

### Sonuç

Fenolik maddeler çoğunlukla ısıya duyarlı bileşenler olarak tanımlanmaktadır. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalar, ısı işleminin fenolik bileşenlerin miktarını olumlu ve/veya olumsuz bir şekilde etkilediğini kesin bir şekilde söylemenin mümkün olmadığını göstermiştir. Fenolik maddelerin kompleks yapıları, onların ısı işlem



sırasındaki davranışlarını değiştirebilmektedir. Bazı fenolik bileşenler, ısı işlem sonucunda inaktif olurken bazı fenolik bileşenler serbest hale geçebilmektedir. Ayrıca fenolik bileşenlerin fonksiyonel gruplarında bulunan daha düşük molekül ağırlığına sahip fenolik bileşikler ısı işlem sonucunda serbest kalabilmektedir. Antioksidan aktivite ve fenolik bileşenler gıdanın bileşiminden, gıdanın bileşimindeki maddelerin miktarı ve birbirine oranından, bu bileşenlerin birbirleriyle etkileşimlerinden, proses sırasında uygulanan teknolojik işlemlerden, ısı işlemin süresi ve sıcaklığından, ortamda bulunan su gibi fenolik bileşenleri ekstrakte eden çözücülerin oranından, analiz sırasında kullanılan çözücünün tipi ve oranından fazlasıyla etkilenmektedir. Ekstraksiyon solventi, ekstraksiyon metodu ve depolama koşulları gibi deneysel koşullar, metodolojideki farklılıklar, gıda üretim prosesi ve proses sırasında uygulanan çeşitli işlemler, farklı araştırmacılar tarafından yapılan araştırma sonuçlarının farklı olmasına neden olmaktadır. Isıl işlemin bu biyoaktif bileşikler üzerine etkisini açıklayabilmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

## Kaynaklar

- Amin, I., Lee, W. Y. 2005. Effect of different blanching times on antioxidant properties in selected cruciferous vegetables. *Journal of Science Food and Agriculture*, 85: 2314-2320.
- Boskov-Hansen, H., Andreasen, M.F., Nielsen, L.M., Larsen, L.M., Knudsen, K.E., Meyer, A.S., Christensen, L.P., Hansen, A., 2002. Changes in dietary fibre, phenolic acids and activity of endogenous enzymes during rye bread-making. *European Food Research Technology*, 214: 33-42.
- Brennan, C., Brennan, M., Derbyshire, E., Tiwari, B., 2011. Effects of extrusion on the polyphenols, vitamins and antioxidant activity of foods. *Trends in Food Science and Technology*, 22: 570-575.
- Calligaris, S., Manzocco, L., Anese, M., Nicoli, M.C., 2004. Effect of heat-treatment on the antioxidant and pro-oxidant activity of milk. *International Dairy Journal*, 14: 421-427.
- Choi, Y., Lee, S.M., Chun, J., Lee, H.B., Lee, J., 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic

- compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. Food Chemistry, 99: 381-387.
- Chuah, A.M., Lee, Y.C., Yamagaguchi, T., Takamura, H., Yin, L.J., Matoba, T., 2008. Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. Food Chemistry, 111: 20-28.
- Delgado-Licon, E., Ayala, A. L.M., Rocha-Guzman, N.E., Gallegos-Infante, J.A., Atienzo-Lazos, M., Drzewiecki, J., 2009. Influence of extrusion on the bioactive compounds and the antioxidant capacity of the bean/corn mixtures. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 60(6): 522-532.
- Dietrych-Szostak, D., Oleszek, W., 1999. Effect of processing on the flavonoid content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) grain. Journal of Agricultural Food Chemistry, 47: 4384-4387.
- Dlamini, N. R., Taylor, J. R. N. and Rooney, L.W. 2007. The effect of sorghum type and processing on the antioxidant properties of African sorghum-based foods. Food Chemistry, 105:1412-1419.
- Fares, C., Platani, C., Baiano, A., Menga, V., 2010. Effect of processing and cooking on phenolic profile and antioxidant capacity of durum wheat pasta enriched with debranning fractions of wheat. Food Chemistry, 119: 1023-1029.
- Fares, C., Menga, V., 2012. Effects of toasting on the carbohydrate profile and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour added to durum wheat pasta. Food Chemistry, 131: 1140-1148.
- Gahler, S., Otto, K., Bohm, V., 2003. Alterations of vitamin C, total phenolics and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 51: 7962-7968.
- Gelinas, P., McKinnon, C.M., 2006. Effects of wheat variety, farming site, and bread-baking on total phenolics. International Journal of Food Science and Technology, 41: 329-332.
- Grela, E. R., Jensen, S.K., Jakobsen, K., 1999. Fatty acid composition and content of tocopherols and carotenoids in raw and extruded grass pea (*Lathyrus sativus* L).

- Journal of Agriculture and Food Chemistry, 79:2075–2078.
- Grupta, V., Nagar, R., 2010. Effect of cooking, fermentation, dehulling and utensils on antioxidants present in pearl millet *rabadi*-a traditional fermented food. Journal of Food Science and Technology, 47(1): 73-76.
- Kim, S.Y., Jeong, S.M., Park, W.P., Nam, K.C., Ahna, D.U., Lee, S.C., 2006. Effect of heating conditions of grape seeds on the antioxidant activity of grape seed extract. Food Chemistry, 97: 472-479.
- Korus, J., Gumul, D., Czechowska, K. 2007. Effect of extrusion on the phenolic composition and antioxidant activity of dry beans of *Phaseolus vulgaris*. L. Food Technology and Biotechnology, 45:139–146.
- Mazzeo, T., N'Dri, D., Chiavaro, E., Visconti, A., Fogliano, V., 2011. Effect of two cooking procedures on phytochemical compounds, total antioxidant capacity and colour of selected frozen vegetables. Food Chemistry, 128: 627-633.
- Meral, 2011. Fonksiyonel Öneme Sahip Doğal Bileşenlerin Hamur ve Ekmek Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. (doktora tezi, yayınlanmamış). YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Michalska, A., Amigo-Benavent, M., Zielinski, H., Doloresvdel Castillo, M., 2008. Effect of bread making on formation of Maillard reaction products contributing to the overall antioxidant activity of rye bread. Journal of Cereal Science, 48: 123-132.
- Nayak, B., Liu, R.H., Tang, J., 2015. Effects of processing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables and grains. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 55(7): 887-918.
- Oboh, G., 2005. Effect of blanching on the antioxidant properties of some tropical green leafy vegetables. LWT, 38(5): 513-517.
- Peral, V., Holm, d.G., Jayanty, S.S., 2012. Effects of cooking methods on polyhenols, pigments and antioxidant activity in patato tubers. LWT, 45: 161-171.
- Pinelo, M., Rubilar, M., Sinerio, J., Nunez, M.J., 2005. A thermal treatment to increase the antioxidant capacity of natural phenols: catechin, resveratrol and grape extract cases. European Food

- Research and Technology, 221: 284-290.
- Rakic, S., Petrovic, S., Kukic, J., Jadranin, M., Tesevic, V., 2007. Influence of thermal treatment on phenolic compounds and antioxidant properties of oak acorns from Serbia. *Food Chemistry*, 2: 830-834.
- Sakac, M., Torbica, A., Sedej, I., Hadnadev, M., 2011. Influence of breadmaking on antioxidant capacity of gluten free breads based on rice and buckwheat flours. *Food Research International*, 44: 2806-2813.
- Scalzo, R.L., Iannocari, T., Summa, C., Morelli, R., Rapisarda, P., 2004. Effect of thermal treatments on antioxidant and antiradical activity of blood orange juice. *Food Chemistry*, 85: 41-47.
- Sensoy, I., Rosen, R.T., Ho, C., Karwe, M.V., 2006. Effect of processing on buckwheat phenolics and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 99: 388-393.
- Shih, M. C., Kuo, C. C., Chiang, W., 2009. Effects of drying and extrusion on colour, chemical composition, antioxidant activities and mitogenic response of spleen lymphocytes of sweet potatoes. *Food Chemistry*, 117(1), 114e121.
- Sultana, B., Anwar, F., Iqbal, S., 2008. Effect of different cooking methods on the antioxidant activity of some vegetables from Pakistan. *International Journal of Food Science and Technology*, 43: 560-567.
- Tsai, P.J., Delva, L., Yu, T.Y., Huang, Y.T., Dufosse, L., 2005. Effect of sucrose on the anthocyanin and antioxidant capacity of mulberry extract during high temperature heating. *Food Research International*, 38: 1059-1065.
- Turkmen, N. Sari, F., Velioglu, Y.S., 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, 93: 713-718.
- Volden, J., Borge, G. I. A., Bengtsson, G. B., Hansen, M., Thygesen, I. E., Wicklund, T., 2008. Effect of thermal treatment on glucosinolates and antioxidant-related parameters in red cabbage (*Brassica oleracea* L. ssp *capitata* f. *rubra*). *Food Chemistry*, 109: 595–605.
- Yagci, S., Gogus, F., 2009. Effect of incorporation of various food by-

products on some nutritional properties of rice-based extruded foods. *Food Science and Technology International*, 15(6), 571-581.

Zielinski, H., Kozłowska, H., Lewczuk, B., 2001. Bioactive compounds in the cereal grains before and after hydrothermal processing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2: 159-169.

Zhang, D., Hamazu, Y., 2004. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry*, 88: 503-509.