

BİTKİSEL ÜRÜNLERİN ATIKLARINDAN ANTIOKSİDAN MADDELERİN ULTRASON DESTEKLİ EKSTRAKSİYONU

Şebnem TAVMAN*, Seher KUMCUOĞLU, Züleyha AKKAYA

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü 35100 Bornova-İzmir

Geliş tarihi / Received: 17.01.2008

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 07.03.2008

Kabul tarihi / Accepted: 11.03.2008

Özet

Dünyada her yıl ortalama 200 milyon ton organik atık üretilmektedir (FAOSTAT). Bu atıkların çoğu doğrudan tabiata bırakılmakta veya hiçbir işlem yapılmaksızın yakıt, hayvan yemi ya da gübre olarak kullanılmaktadır. Çevresel faktörler ve ekonomik nedenlerle son yıllarda bu atıkların değerlendirilmesi yönündeki çalışmalar giderek artmakta; enerji ve hammaddenin korunması açısından yeni uygulamalara gereksinim duyulmaktadır.

Bitkisel ürünlerden elde edilen ekstraktlar; yağlar, fitokimyasallar, biyoaktif bileşikler, aromatik maddeler ve renk maddeleri içerirler. Bitki ekstraktlarından gıda, eczacılık ve kozmetik endüstrisinde yararlanılmaktadır. Geleneksel metodlarla ekstraksiyon çok uzun zaman almakta ve çok büyük miktarlarda çözücüye ihtiyaç duyulmaktadır (1). Polifenoller kolayca okside olabilmeye özelliği nedeniyle antioksidan aktiviteye sahiptirler. Oksidasyon, gıda ürünlerinde besin değerinin ve raf ömrünün azalmasına yol açar. Doğal kaynaklı antioksidanlar gıda endüstrisinde koruyucu madde olarak kullanılmakla birlikte; insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle de önemlidirler. Antioksidan maddelerin ekstraksiyonu genellikle çözücü karışımları kullanılarak yapılır. Ultrason destekli sistemlerin ekstraksiyonda kullanımı konusundaki çalışmalar son yıllarda giderek artmaktadır. Bu makalede ultrason destekli ekstraksiyon sistemlerinin bazı uygulamalarıyla ilgili olarak yapılan çalışmaların derlemesi verilmektedir.

Anahtar kelimeler: Ultrason, atık, fenolik bileşenler, antioksidan, ekstraksiyon

ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION of ANTIOXIDANT MATERIALS FROM BY-PRODUCTS of PLANT FOOD PROCESSING

Abstract

Almost 200 million tons of organic wastes are generated in the world (FAOSTAT). As in the past these wastes often have been dumped without any treatment or used as fuel, animal feed or fertilizer. Recently, new methods and policies for waste treatment have been introduced. This may be due to the increasing necessity for prevention of environmental pollution as well as for economical reasons and the need to conserve energy and raw materials.

Plants extracts contain compounds such as lipids, phytochemicals, bioactive compounds, flavors, pharmaceuticals, fragrances and pigments. They are widely used in the food, pharmaceutical and cosmetics industries. Traditional methods, which have been used for many decades, are very time consuming and require relatively large quantities of solvents (1). Polyphenols have antioxidant activity because of their easily oxidizing characteristics. Oxidation with being one of the main reactions for the degradation of oils also cause decreased self life and nutritive value of foods. There is an increasing demand for new extraction techniques. The purpose of this review is to highlight the potential applications of ultrasound assisted extraction techniques using by-products as a source of functional compounds.

Keywords: Ultrasound, waste, phenolic compounds, antioxidant, extraction

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉ sebnem.tavman@ege.edu.tr, ☎ (+90) 232 388 40 00(3016), 📠 (+90) 232 342 75 92

GİRİŞ

Gıdalardaki antioksidanlar, oksidasyondan kaynaklanan acılaşmayı ve diğer tat bozulmalarını geciktirme veya önleme özelliğine sahip olan maddelerdir. Tokoferoller, askorbik asit, flavonoidler ve fenolik asitler en önemli doğal antioksidan gruplarıdır (2, 3). Antioksidanların oksidatif stres sonucu oluşan dejeneratif ve yaşla ilgili çeşitli hastalıkları önlemedeki rolünün anlaşılmasıyla bu maddelere olan ilgi artmıştır. Meyve ve sebzeler antioksidatif aktivite gibi farklı biyoaktif özelliklere sahip fitokimyasalları içermektedirler. Yapay antioksidanların kullanımı giderek azalmakta iken doğal kaynaklı antioksidanlara ilgi son yıllarda artış göstermekte ve bunların bitkisel materyallerden elde edilmesi önem kazanmaktadır.

Ekstraksiyon süresini kısaltan, organik solvent tüketimini azaltan, çevre kirliliğini önleyen yeni ekstraksiyon tekniklerine olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Antioksidan maddelerin bitkilerden ekstraksiyonunda kullanılan yeni tekniklerden ultrason destekli, mikrodalga destekli, süperkritik ve hızlandırılmış ekstraksiyon sistemleri oldukça hızlı ve etkilidirler. Bu tekniklerde yüksek basınç ve/veya yüksek sıcaklıklarda çalışma imkanının olması ekstraksiyon süresini büyük oranda azaltmaktadır (4, 5).

Bitkisel Gıda Atıklarında Bulunan Antioksidan Maddeler

Kateşin, epikateşin, epikateşingallat ve epigallocateşinler üzüm kabuğunda bulunan antioksidan maddelerdir (6, 7). Üzüm posanın yüksek sıcaklıklarda kurutulması ekstrakte edilebilir polifenol miktarını azaltarak ve antioksidan aktivitesini ve serbest radikal tutma kapasitesini etkilemektedir (8, 9). Karadeniz ve ark.(10) tarafından kuru üzümün polifenol içerikleri konusunda yapılan çalışmada, kuru üzümün flavanol ve glikozitler bakımından iyi bir kaynak olduğunu göstermektedir. Makris ve ark. (11) beyaz üzüm sap ve kabuklarının önemli miktarlarda antioksidan polifenoller içerdiğini göstermiştir.

Salça üretimi için domates suyu preslenmesi sırasında ham maddenin %3-7'si atık olarak kaybedilmektedir (12). Domates posası meyvenin kurutulmuş ve ezilmiş kabuk ve çekirdek kısımlarından oluşur (13). Likopen domatese kırmızı rengini veren temel karotenoiddir. Likopenin büyük kısmı

suda çözünmeyen kısımlarda ve kabukta bulunmaktadır (14). Bu nedenle kabuk ekstraktları likopen yönünden zengindir. Baysal ve ark.(15) karotenoidlerin önemli bir miktarının domates işlenmesi sırasında atık olarak kaybedildiğini belirtmiştir.

Enginarın çiçek ve çiçek tablası sebze olarak tüketilmektedir. Enginar kendine has lezzeti ile birçok sebze ile birlikte pişirilerek yemek, salata, çorba şeklinde özellikle Akdeniz mutfaklarında kullanılmaktadır. Ayrıca içki, boya, eczacılık, hayvan yemi gibi sanayi kollarında önemli bir hammaddedir. Enginarın bazı tıbbi etkileri şunlardır: Safra sıvısı oluşumunu teşvik eder, kolesterol ve trigliserid seviyesini düşürür, koruyucu kolesterol (HDL) seviyesini artırır, sindirimi kolaylaştırır, yüksek ateşe karşı önerilmektedir, mide ve karaciğer fonksiyonlarında da etkili olduğu bildirilmektedir (16).

Zeytin yağı üretimi sırasında yan ürün olarak karasu ile kabuk ve çekirdekleri içeren zeytin posası elde edilmektedir (17). Kurutulmuş posa yakıt veya hayvan yemi olarak kullanılabilir (18). Pirinanın içerdiği tirozol ve hidroksitirozollerin sağlık açısından yararlı oldukları belirlenmiştir (19).

Laufenberg ve Kunz (20) ve Laufenberg (21) tarafından yapılan çalışmalarda sebze yan ürünlerinin katma değerli ürünlere dönüştürülmesinde fenolik bileşenlerin ekstraksiyonu konusunda çalışmalar yapılmıştır. Peschel ve ark. (16) tarafından yapılan çalışmada 11 çeşit meyve ve sebze yan ürünü ve iki bitki endüstriyel olarak polifenollerini değerlendirilme potansiyeli açısından araştırılmıştır. Bunun için ekstraksiyon verimi, toplam fenolik içerikleri ve antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir. Bu çalışma meyve sebze atıklarından yüksek miktarlarda antioksidan özelliklere sahip fenolik bileşenlerin ekstraksiyonunun kazanılmasının sadece gıda olarak kullanım açısından değil aynı zamanda kozmetik uygulamaları açısından da mümkün olduğunu göstermiştir. Domates posasından yüksek hidrosatik basınç uygulamasıyla likopen ekstraksiyon çalışmasında, ekstraksiyon işleminin optimizasyonu için işlem süresi, çözücü tipi, basınç katı/çözücü oranı gibi değişik parametrelerin etkileri araştırılmıştır. Çözücü olarak kloroform, etanol ve su karşılaştırılmıştır (22).

Geleneksel ekstraksiyon yöntemlerinde uzun sürelere ve büyük miktarlarda çözücüye ihtiyaç duyulmaktadır. Ekstraksiyon süresini kısaltan, çözücü tüketimini azaltan, çevre dostu yeni ekstraksiyon tekniklerine olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bit-

kisel ürünlerin ekstraksiyonunda kullanılan; ultrason destekli, mikrodalga destekli, süperkritik ve hızlandırılmış çözücü ekstraksiyon sistemleri hızlı ve etkilidirler. Bu tekniklerde yüksek basınç ve/veya yüksek sıcaklıklarda çalışma imkanının olması ekstraksiyon süresini büyük oranda azaltmaktadır (5).

Çizelge 1’de ultrasonun gıdalardaki mevcut ve potansiyel uygulamaları özetlenmiştir. Mevcut uygulamalardan boyut küçültmede ve eleme işlemlerindeki uygulamaları günümüzde kullanılmakta olan yöntemlerdir (23).

Ultrasonun gıdalardaki mevcut ve potansiyel uygulamaları

Ultrason uygulamaları konusunda yapılan çalışmalar gıda koruma ve işlemedeki kullanıma potansiyeli nedeniyle son yıllarda artış göstermiştir.

Ultrason Uygulamalarının Temel Prensipleri

Ultrason etkisi, basınç dalgalarının elastik özelliklere sahip fiziksel bir ortamdan yayılması sonucu oluşur. Mekanik titreşimler mekanik basınç dalgalarına dönüşerek enerjiyi ortama ve ortam da dalgayla temas eden maddeye aktarır.

Çizelge 1. Ultrasonun gıdalardaki mevcut ve potansiyel uygulamaları (23)

UYGULAMA	ETKİ
Katı yağların ve şekerlerin kristalizasyonu	Kristalizasyon akısını artırır, nükleasyonu uniformize eder
Gaz giderme	Fermentasyon sonrası CO ₂ gazını giderir
Köpük kırma	Kazanların doldurulması sırasında sıvıların pompalanmasında oluşan köpük giderme
Ekstraksiyon	Ekstraksiyon hızı ve etkinliğinin artırılmasında
Ultrason yardımıyla kurutma	Sıcak havayla kurutmada kuruma etkinliğini artırarak daha düşük sıcaklıklarda ve hava hızlarında yüksek verimle kurumayı sağlar
Karıştırma ve emülsifikasyon	Ticari olarak uygulanmaktadır aynı zamanda emülsiyon kırmada da kullanılabilir
Alkollü içeceklerin olgunlaşması ve oksidasyonu	Alkollü içeceklerin hızlı okside olmasını sağlar
Etin olgunlaşması	Kürlenmiş etlerde miyofibriler proteinlere etki eder
Nemlendirme ve fogging (sisleme)	Havanın nemlendirilmesinde kullanılan sistemlerde, dezenfektan olarak gazlama işleminde
Temizleme ve yüzey dekontaminasyonu	Kümes hayvanları kesiminde kullanılan ekipmanın temizlenmesinde ticari olarak kullanılmakta olan sistemlerde, özellikle mevcut yöntemlerle kolay temizlenemeyen boru iç temizliğinde kullanılır
Kesme	Çok yumuşak/ sert/ kırılgan özellikteki zor ürünlerin kesilmesinde daha hijyenik, daha az kayıplı ve daha hızlı olan ticari uygulamalar
Atık işleme	Pestisit kalıntılarının giderilmesinde
Hava kaynaklı tozların çöktürülmesi	Duvar tipi sistemlerle havadaki tozların giderilmesi ve atık gazların tozlarının giderilmesinde
Enzim aktivitesinin inhibisyonu	Sükroz inversiyonunu ve pepsin aktivitesini durdurabilir; genellikle oksidazlar ultrason uygulamasıyla inaktive edilebilir fakat katalazlar sadece düşük konsantrasyonlarda etkilenir; redüktazlar ve amilazlar ultrason uygulamasına çok dirençlidir
Canlı hücrelerin uyarılması	Düşük güçteki ultrason uygulaması hücre duvarı zarar görmeksizin hücrelerin etkinliğini artırır, örneğin yoğurt üretiminde Lactobacillus etkinliği %40 artırılmıştır, ayrıca tohum çimlenmesi ve balık yumurtası oluşumunda da etkinliği gösterilmiştir
Ultrason destekli dondurma	Donmada kristal büyüklüğü kontrolü ve buz kristal oluşum bölgesinde geçen sürenin kısaltılması
Ultrason destekli filtrasyon	Filtre ortamından birim alandan birim zamanda geçen madde miktarında artış meydana gelir
Mikrobiyal inaktivasyon	Sıcaklık ve basınçla kombine olarak uygulanan ultrason işlemiyle mikrobiyal inaktivasyonu daha etkinleştirir bunun sonucunda aynı letaliteyi sağlamak için gerekli işlem süresi kısalmış ve/veya sıcaklığı azalır.

Titreşim halindeki nesne hareketini ortamdaki moleküllere aktarır ve her molekül bu hareketi komşu moleküle ileterek başlangıç konumuna geri döner.

Ultrasonik dalga hava içinden geçerken, basınçta değişimlere sebep olur. Moleküllerin sıkıştığı noktalarda basınç normal değerinin üstüne çıkarken, moleküllerin birbirinden uzaklaştığı noktalarda basınç normal değerinin altına iner.

Herhangi bir zamandaki basınç (P_a), zaman (t) ve frekansa (f) bağlıdır.

$$P_a = P_A \sin 2\pi ft \quad (1)$$

Burada, P_A ise basınç genliğini ifade eder (24).

Diğer bir önemli parametre ise ses şiddetidir. Şiddet ($W.cm^{-2}$), üretilen ses dalgasının enerjisini ifade etmek için kullanılır. Ultrason düşünüldüğünde, farklı şiddet varyasyonları genliği değiştirerek elde edilir. Şiddetin mutlak tanımı, dalga tarafından birim alanda birim zamanda taşınan enerjidir.

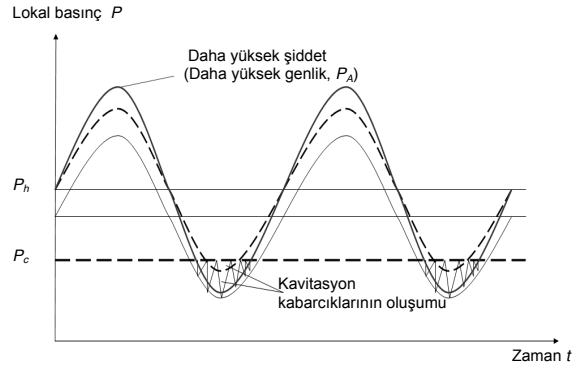
Ses dalgasını ortama yaymak için ultrasonik ses üreten cihazlar kullanılır. Belirli bir frekansla çalışan bu cihazlar (endüstriyel kullanım için genellikle 20-50 kHz dir) alternatif akımı, bir dönüştürücü sayesinde mekanik titreşimlere dönüştürürler. Bu titreşimler probu uygulanan frekansta titreterek titreşimlerin ortama iletilmesini sağlar. Eğer ortam sıvı ise, uygulanan akustik alan ortamda bulunan moleküllerin orijinal pozisyonlarında titremesine sebep olur ve ortamın basıncı (genellikle hidrostatik basınç, P_h) uygulanan akustik basınçla ($P_a = P_A \sin 2\delta ft$) birlikte artar. Herhangi bir zamanda oluşan yeni basınç denklem (2) de verilmiştir.

$$P = P_h + P_a \quad (2)$$

Burada, P_a , uygulanan akustik basıncı, P_h , hidrostatik basıncı ifade eder.

Basıncın pozitif olduğu sıkışma evresinde, moleküller arasındaki ortalama uzaklık azalır. Buna karşın seyrelme evresinde, moleküller arası ortalama uzaklık artar ve basınç negatif değerlere ulaşır. Basınç kritik değer, P_c altına düştüğünde (seyrelme evresinde gerçekleşir, $P_c = P_h - P_a$), moleküller arası ortalama uzaklık molekülleri bir arada tutmak için gerekli olan kritik değer üstüne çıkar ve sıvı kırılı-

larak boşluk veya başka bir deyişle kavitasyon oluşur (24). Şekil 1'de negatif basınç kritik değerine (P_c) bağlı olarak kavitasyon kabarcıklarının oluşumu gösterilmektedir.



Şekil 1. Kavitasyon kabarcıklarının oluşumu (Kavitasyon kabarcıkları, negatif basınç kritik değerinin (P_c) altına indiğinde gözlemlenebilmektedir)

Bu kavitasyonlar, boşluklar veya kabarcıklar bir kez oluştuğundan sonra, basınç maksimum negatif değerine ulaşana kadar büyürler. Basınç osilasyon sebebiyle sıkışma evresine gelerek pozitif değerlere ulaştığında, bu kavitasyon kabarcıkları çökmeye zorlanırlar (hacimleri küçülür, hatta bazıları tamamen kaybolur). Bu kabarcıkların tamamen veya kısmen çökmesi sonucu çok yüksek bir enerji açığa çıkarak şok dalgaları ve mikro-jetler oluşur (25, 26). Ortaya çıkan bu mekanizma ultrasonun çeşitli endüstriyel alan ve proseslerde uygulanabilirliğini mümkün kılmaktadır.

Ultrason Destekli Ekstraksiyon Uygulamaları

Ultrasonik dalgalar bir ortamdan geçerken kütle transferine olan hem iç ve hem de dış dirence tesir eden bir seri etkide bulunurlar (27). Yüksek şiddetli ultrason sıvı içinde karıştırma uygulamasıyla sıvıdaki taşınımı arttırarak kütle transferine dış direnci düşürür (28). Bu karıştırma işlemi ultrasonik dalgaların sebep olduğu ses rüzgarı etkisiyle ortaya çıkmakta, bu şekilde katı- sıvı ara yüzeyinde ultrason etkisiyle mikro düzeyde karışma sağlanmaktadır (29). Bu mikro karışma olayı çok önemlidir çünkü katı yüzeyin çok yakınında gerçekleşmektedir ve difüzyon sınır tabakasını azaltma sağlamaktadır (30). Sıvı sistemlerde ultrason kavitasyon

olarak adlandırılan bir etki yaratmaktadır. Bu olay sıvı içinde kabarcıkların oluşma, büyüme ve sönmeleriyle ilgilidir. Kabarcıkların sönmeleri (Çökmesi) asimetrik olarak ara yüzey yakınında gerçekleşmekte ve katı yüzeyine çarpan mikrojetler oluşturmaktadır (31). Yüksek şiddetli ultrasonun bu özelliği temizleme işlemlerinde kullanılmaktadır. Katı yüzeyine çarpan mikrojetler sıvının katı içine enjekte olmasına da yol açar (32). Sistem yapısına bağlı olarak kabarcıklar bazen çökmez ve uygulanan ultrasonla aynı frekansta titreşmeyi sürdürür (33). Bu titreşim hareketi aynı zamanda sıvının karışmasını sağlar. Tüm bu olaylar, dış direncin etkilenecek mekanik karıştırma uygulamalarında olduğu gibi kütle transferini de kolaylaştırır. Materyalde bir seri hızlı olarak gerçekleşen sıkışma ve genişleme meydana gelir. Katılarda bu basınç değişimleri süngerin sürekli sıkılıp bırakılması gibi bir etki yapar (34). Bu "sünger etkisi" katıdan içindeki sıvının çıkmasına ve dış ortamdaki sıvının katının içine girmesine neden olur.

Ultrason destekli ekstraksiyon uygulamalarındaki yüksek yoğunlukta ve yüksek frekanstaki ultrason dalgalarının gıda materyali üzerindeki etkilerine yönelik çalışmalar literatürde bulunmaktadır (35). Ultrasona maruz kalan bitkisel dokularda fiziksel değişimler meydana gelmektedir (31). Ultrason etkisiyle hücre duvarları hasar görerek doku içindeki ekstrakte edilebilir bileşenlerin ortaya çıkması kolaylaşmaktadır. Çözücü fazına bu maddelerin kütle transferi ile aktarımı artmaktadır (36). Bu nedenle ultrason destekli ekstraksiyon gelecekteki uygulamalar için önemli potansiyele sahiptir (36, 37, 38).

Ultrasonik ekstraktörün dizaynında ekstraktör içerisindeki ultrasonik dalgaların dağılımı önemli bir parametredir. Ultrasonik probun dalga yayan yüzeyinin yakınlarında maksimum ultrasonik güç bulunmaktadır. Proba olan uzaklık arttıkça ultrasonik yoğunluk (etki) azalmaktadır. Ayrıca katı partiküllerin artması da ultrason yoğunluğunu azaltmaktadır. Dalgaların sabit kalmasını önlemek için genellikle karıştırma veya çalkalama yapılır (35).

Ultrason destekli ekstraksiyon sistemi ucuz, basit ve verimli olması nedeniyle geleneksel ekstraksiyon tekniklerine iyi bir alternatiftir. Ultrasonun katı-sıvı ekstraksiyonunda kullanılmasının başlıca yararları hızlı kinetik ve verim artışıdır. Ayrıca ultrason, düşük sıcaklıklarda da etkin olarak uygulanabildiğinden sıcaklığa duyarlı maddelerin ekstrakte edilmesini mümkün kılar. Mikrodalga

destekli ekstraktörler vb. yeni tip ekstraksiyon sistemleriyle karşılaştırıldığında ultrason sistemi daha ucuz ve kullanımının kolay olması nedeniyle daha avantajlıdır. Çizelge 2'de literatürde verilen ultrason destekli ekstraksiyon uygulamalarının bir özeti verilmektedir.

Ultrason destekli ekstraksiyon yağ ve esansiyel yağlar, antioksidantlar gibi maddelerin ekstraksiyonunda kullanılmaktadır. Mason ve ark.(50) ultrasonun gıdaların işlenmesinde uygulanan ekstraksiyon, kristalizasyon, dondurma, emülsifikasyon, filtrasyon ve kurutmada gibi işlemlerde kullanımı ile ilgili örnekler vermiştir. Vinatoru (36) ise şifalı otlardan biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonunda ultrason destekli ekstraksiyon sisteminin kullanımından söz etmektedir. Ultrason ekstraksiyon verimini arttırmaktadır. Sharma ve Gupta (51) tarafından yapılan çalışmada badem, kayısı ve pirinç kepeğinden yağın ekstrakte edilmesinde yüksek verim elde etmek için ultrason uygulamasının kritik ön işlem olduğu belirtilmiştir. Soyadan yağ ekstraksiyonunda ultrason uygulaması ekstraksiyon verimini önemli ölçüde arttırmıştır (37).

Ultrason uygulaması ekstraksiyon kinetiğini ve ekstraktın kalitesini de artırır. Wang ve ark. (39) tarafından yapılan çalışmada buğday kepeğinden fenolik bileşenlerin ekstraksiyonu işleminin optimizasyonu sonucunda en uygun işlemin %64 lük etanolle 60 °C'de 25 dakika süreyle uygulanan ultrasonik ekstraksiyonla elde edildiği vurgulanmıştır. Dereotunun ekstraksiyonunda kullanılan ultrason destekli ekstraksiyon sisteminde alınan sonuçların geleneksel ekstraksiyona göre 1.3-2 kat daha hızlı olduğu bulunmuştur (5). Ultrason kolza, soya ve ayçiçeği gibi yağlı tohumlardan yağ ekstraksiyonunda da kullanılmıştır. Ultrason uygulamasının ekstrakte edilen yağ kompozisyonunda değişiklik olmadan işlem süresini yarıya indirdiği belirtilmiştir (52). Wu ve ark. (38) tarafından yapılan çalışmada ginseng saponinlerinin ekstraksiyonunun ultrason destekli sistemde geleneksel Soxhlet ekstraksiyonundan üç kat daha hızlı olduğu bulunmuştur.

Teşekkür

Bu makale Ege Üniversitesi "2008.Müh.009" No. lu BAP Projesi çalışma raporu kapsamından hazırlanmıştır.

Çizelge 2. Ultrason destekli ekstraksiyon uygulamalarının özeti

Ekstrakte edilen ürün	Ekstrakte edilen bileşenler	Ultrason tipi	Güç	Frekans	Çözücü tipi	Sıcaklık	Süre	Literatür
Buğday kepeği	Fenolik bileşenler	Ultrasonik banyo	250 W	40 kHz	Ön denemelerde: %70 metanol, %70 etanol, %70 aseton Esas denemede: %20-%95 (v/v) arasında etanol	33-40-50-60-67 °C	11-15-20-25-29 dakika	(39)
Hindistan cevizi kabuğu tozu	Fenolik bileşenler	Ultrasonik banyo	150 W	25 kHz	%50 (v/v) etanol-su karışımı	30-45-60 °C	20-40-60 dakika	(40)
Hindistan cevizi kabuğu tozu	Fenolik bileşenler	Ultrasonik banyo	150 W	25 kHz	%50 (v/v) etanol-su karışımı	30 °C	20-40-60 dakika	(41)
Pirina	Fenolik bileşenler	Ultrasonik prob	450 W	25 kHz	su/metanol (3:1) akış hızı: 2mL/dk	Oda sıcaklığı	13 dakika	(42)
Biberiye	Karnosik asit	Ultrasonik prob	-	20 kHz	Butanone Etanol	25-35-50 °C	30-60-120-180 dakika	(43)
		Ultrasonik banyo		40 kHz	Etil asetat	47-53 °C	15-30-45 dakika	
Adaçayı	Cineole, Thujone Borneol	Ultrasonik prob	300 W	20 kHz	%65'lik etanol	8-33 °C	12 saat	(44)
		Ultrasonik banyo	130 W	37-42 kHz		20-30-50 °C	2 saat	
Ilex paraguariensis yaprakları	Organik bileşenler	Ultrasonik banyo	90 W	40 kHz	n-hekzan metanol	25-75 °C aralığı	60-180 dakika	(45)
Ilex paraguariensis yaprakları	Organik bileşenler	Ultrasonik banyo	90 W	40 kHz	Hekzan, toluen dikromometane etilacetate, aseton , metanol	75 °C	Hekzan ve metanol için 180 dakika	(46)
Ginseng kökü	Saponin	Ultrasonik prob	600 W	20 kHz	Metanol Suyala doyurulmuş	25-27 °C	1-2 saat	(38)
		Ultrasonik banyo	810 W	38.5 kHz	n- butanol ve %10 metanol içeren su (hac.%)	38-39 °C		
Erik	Fenolik fitokimyasallar	Ultrason destekli metot	-	-	%80 sulu metanol	-	20 dakika sürekli N ₂ gazı purge sistemiyle	(47)
Gala elması	Fenolik fitokimyasallar	Ultrason destekli metot	-	-	%80 sulu metanol	-	20 dakika sürekli N ₂ gazı purge sistemiyle	(47)
Zeytin yaprağı	Biyofenoller	Ultrasonik prob	450W	20 kHz,	%70-90 etanol Akış hızı: 4-6 ml/dk	25-40 °C	6-30 dakika	(48)
Japon soforası	Rutin	Ultrasonik prob	27 W	20 kHz	Su Metanol	Oda sıcaklığı (23 °C)	200 dakika	(49)

Kaynaklar

- (1) Castro L, Garcia L. 2003. Ultrasound: a powerful tool for leaching. *Trends in Analytical Chemistry*, 22(1): 41–47.
- (2) Heinonen IM. 2002. Antioxidants in fruits, berries and vegetables. In: *Fruit and Vegetable Processing – Improving Quality*, W. Jongen (ed), CRC Press, USA, pp.23-44
- (3) Maslarova NVY. 2001. Inhibiting oxidation. In: *Antioxidants in Food*, J Pokorny, N. Yanishlieva and M. Gordon (eds), CRC Press, USA, pp. 7-20.
- (4) Perez-Serradilla JA, Capote PF, Castro LMD, 2007. Simultaneous ultrasound-assisted emulsification-extraction of polar and nonpolar compounds from solid plant samples. *Analytical Chemistry*, 79: 6767-6774.
- (5) Wang L, Weller CL. 2006. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science & Technology*, 17: 300-312.
- (6) Souquet JM, Cheynier V, Brossaud F, Moutounet M. 1996. Polymeric proanthocyanidins from grape skins. *Phytochemistry*, 43: 509–512.
- (7) Torres JL, Bobet R. 2001. New flavanol derivatives from grape (*Vitis vinifera*) by products, antioxidant aminoethylthio-flavan-3-ol conjugates from a polymeric waste fraction used as a source of flavanols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 4627–4634.
- (8) Larrauri JA, Ruperez P, Saura-Calixto F. 1997. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 1390–1393.
- (9) Larrauri JA, Sanchez-Moreno C, Saura-Calixto F. 1998. Effect of temperature on the free radical scavenging capacity of extracts from red and white grape pomace peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 2694–2697.
- (10) Karadeniz F, Durst RW, Wrolstad RE. 2000. Polyphenolic composition of raisins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48:5343-5350.
- (11) Makris DP, Boskou G, Andrikopoulos NK. 2007. Recovery of antioxidant phenolics from white vinification solid by-products employing water/ethanol mixtures. *Bioresource Technology*, 98: 2963-2967.
- (12) Otto K, Sulc D. 2001. Herstellung von Gemüsesäften. In: *Frucht- und Gemüsesäfte*, U. Schobinger (ed.) , Ulmer, Stuttgart, pp. 278-297.
- (13) Avelino A, Avelino H T, Roseiro JC, Collaco MTA. 1997. Saccharification of tomato pomace for the production of biomass. *Bioresource Technology*, 61: 159–162.
- (14) Sharma SK, Maguer ML. 1996. Lycopene in tomatoes and tomato pulp fractions. *Italian Journal of Food Science*, 2: 107–113.
- (15) Baysal T, Ersus S, Starmans DAJ. 2000. Supercritical carbon dioxide extraction of beta-carotene and lycopene from tomato paste waste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 5507-5511.
- (16) Peschel W, Sanchez-Rabaneda F, Diekmann W, Plescher A, Gartzia I, Jimenez D, Lamuela-Raventos R, Buxaderas S, Codina C., 2006. An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. *Food Chemistry*, 97: 137–150.
- (17) Vitolo S, Petarca L, Bresci B. 1999. Treatment of olive oil industry wastes. *Bioresource Technology*, 67:129-137.
- (18) Gasparrini R. 1999. Treatment of olive oil processing residues. *Oils & Fats International*, 15 (1): 32- 33.
- (19) Visioli F, Galli C, Bornet F, Mattei A, Patelli R, Galli G, Caruso D. 2000. Olive oil phenolics are dose-dependently absorbed in humans. *FEBS Letters*, 468: 159–160.
- (20) Laufenberg G, Kunz B M. 2003. Nystroem: Transformation of vegetable waste into value added products: a) the upgrading concept b) practical implementations. *Bioresource Technology*, 87(2): 167-198.
- (21) Laufenberg G. 2001. Adding value to vegetable waste - Synergy of new utilisation routes and latest processing technology. Eurocaft 2001, European conference on Advanced Technology for Safe and High Quality Foods, 5-7 December, Berlin, Germany.
- (22) Jun X. 2006. Application of high hydrostatic pressure processing of food to extracting lycopene from tomato paste waste. *High Pressure Research*, 26(1): 33–41.
- (23) Brennan J G. 2006. *Food Processing Handbook*. Wiley VCH Germany, 582 p.
- (24) Mason TJ, Lorimer JP. 2002. *Applied Sonochemistry: Uses of Power Ultrasound in Chemistry and Processing*, Wiley-VCH Weenheim, 303p.
- (25) Neduzhii SA. 1962. Investigation of emulsification brought by sonic and ultrasonic oscillations. *Soviet Physics-Acustics*, 7: 221-235.
- (26) Lauterborn W, Ohl CD. 1997. Cavitation bubble dynamics. *Ultrasonics Sonochemistry*, 4: 65-75.
- (27) Liang H. 1993. Modeling of ultrasound assisted and osmotically induced diffusion in plant tissue. PhD Dissertation, Purdue University, Indiana, US.
- (28) Mulet A, Carcel JA, Benedito J, Simal S., Rossello C. 1999. Ultrasonic mass transfer enhancement in food

processing. In: *Proceedings of 6th Conference of Food Engineering AIChE Annual Meeting*, G. Barbosa-Canovas and SP Lombardo (eds.), pp. 74–85, Dallas.

(29) Pugin B, Turner AT. 1990. Influence of ultrasound on reaction with metals. In: *Advances in Sonochemistry, Vol.1*, TJ Mason (ed.), pp.81-118, JAI Pres, London.

(30) Borisov YY, Gynkina NM. 1973. Acoustic drying. In: *Physical Principles of Ultrasonic Technology, Vol. 2*, LD Rosenger (ed.), pp.381-474, Plenum Pres, New York.

(31) Mason TJ. 1998. Power ultrasound in food processing. The way forward. In: *Ultrasound in Food Processing*, MJW Povey and TJ Mason (eds), pp.105-126, Chapman & Hall, London.

(32) Mason TJ, Cordemans ED. 1996. Ultrasonic intensification of chemical processing and related operations: A review. *Transactions of the Institute of Chemical Engineers*, 74: 511–516.

(33) Leighton TG. 1998. The principles of cavitation. In: *Ultrasound in Food Processing*, MJW Povey and TJ Mason (eds), pp.151-182, Chapman & Hall, London.

(34) Floros JD, Liang H. 1994. Acoustically assisted diffusion through membranes and biomaterials. *Food Technology*, December: 79–84.

(35) Vinatoru M, Toma M, Mason TJ. 1999. Ultrasound-assisted extraction of bioactive principles from plants and their constituents. In *Advances in Sonochemistry*, Mason TJ (ed), Volume 5, JAI Press, UK, pp. 209–248.

(36) Vinatoru M. 2001. An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry*, 8: 303–313.

(37) Li H, Pordesimo L, Weiss J. 2004. High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans. *Food Research International*, 37: 731–738.

(38) Wu J, Lin L, Chau F. 2001. Ultrasound-assisted extraction of ginseng saponins from ginseng roots and cultured ginseng cells. *Ultrasonics Sonochemistry*, 8: 347-352.

(39) Wang J, Sun B, Cao Y, Tian Y, Li X. 2008. Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from wheat bran. *Food Chemistry*, 106:804-810.

(40) Rodrigues S, Pinto GAS, Fernandes FAN. 2008. Optimization of phenolic compounds from coconut (*Cocos nucifera*) shell powder by response surface methodology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15: 95-100.

(41) Rodrigues S, Pinto GAS. 2007. Ultrasound extraction of phenolic compounds from coconut (*Cocos nucifera*) shell powder. *Journal of Food Science and Chemistry*, 80: 869-872.

(42) Priego-Capote F, Jimenez RJ, Leaque de Castro M D. 2004. Fast separation and determination of phenolic compounds by capillary electrophoresis-diode array detection Application to the characterization of alperujo after ultrasound assisted extraction. *Journal of Chromatography A*, 1045 (1-2): 239-246.

(43) Albu S, Joyce E, Paniwnyk L, Lorimer JP, Mason TJ. 2004. Potential for the use of ultrasound in the extraction of antioxidants from *Rosmarinus officinalis* for the food and pharmaceutical industry. *Ultrasonics Sonochemistry*, 11: 261–265.

(44) Salisova M, Toma S, Mason TJ, 1997. Comparison of conventional and ultrasonically assisted extractions of pharmaceutically active compounds from *Salvia officinalis*. *Ultrasonics Sonochemistry*, 4: 131-134.

(45) Jacques R, Freitas LS, Peres V F, Dariva C, Oliveira JV, Caramao EB. 2007. The use of ultrasound in the extraction of *Ilex paraguariensis* leaves: A comparison with maceration. *Ultrasonics Sonochemistry*, 14: 6–12.

(46) Jacques R, Freitas LS, Peres VF, Dariva C, Oliveira JV, Caramao EB. 2006. Chemical composition of mate tea leaves (*Ilex paraguariensis*): A study of extraction methods. *Journal of Separation Science*, 29: 2780 – 2784.

(47) Kim D, Jeong SW, Lee CY. 2003. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals various cultivars of plums. *Food chemistry*, 81: 321-326.

(48) Lujan JR, Luque-Rodriguez JM, Luque de Castro MD. 2006. Dynamic ultrasound-assisted extraction of oleuropein and related biophenols from olive leaves. *Journal of Chromatography A*, 1108: 76–82.

(49) Paniwnyk L, Beaufou E, Lorimer JP, Mason TJ. 2001. The extraction of rutin from flower buds of *Sophora japonica*. *Ultrasonics Sonochemistry*, 8: 299-301.

(50) Mason TJ, Paniwnyk L, Lorymer JP. 1996. The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasonic Sonochemistry*, 3: 253-260.

(51) Sharma A, Gupta MN. 2004. Oil extraction from almond, apricot and rice bran by three-phase partitioning after ultrasonication. *European Journal Lipid Science and Technology*, 106: 183–186

(52) Luque-García JL, Luque de Castro MD. 2004. Ultrasound-assisted Soxhlet extraction: an expeditive approach for solid sample treatment Application to the extraction of total fat from oleaginous seeds. *Journal of Chromatography A*, 1034 (1-2) :237-242.