

Salça Üretim Atıklarından Ultrason Destekli Ekstraksiyon İşlemiyle Likopen Ekstraksiyonu

Seher Kumcuoğlu¹, Tuncay Yılmaz², Şebnem Tavman¹¹Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü 35100 Bornova, İzmir²Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü 45040 Muradiye, Manisa

Geliş Tarihi (Received): 23.11.2011, Kabul Tarihi (Accepted): 28.12.2011

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): seher.kumcuoglu@ege.edu.tr (S. Kumcuoğlu)

☎ 0 232 311 30 23 📠 0 232 342 75 92

ÖZET

Bu çalışmada, salça üretimi sırasında oluşan domates atıklarından likopen ekstraksiyonu, geleneksel çözgen ekstraksiyonu ve ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi ile yapılmış; likopen konsantrasyonu spektrofotometrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Çözgen olarak %0.05 (w/v) butillenmiş hidroksitoluen (BHT) içeren hegzan:aseton:etanol (hacmen 2:1:1) karışımı kullanılmıştır. Geleneksel ekstraksiyon ve ultrason destekli ekstraksiyon işlemlerinde 35:1 (v/w) çözgen katı oranı kullanılmıştır. Geleneksel çözgen yöntemiyle likopen ekstraksiyon işlemi 20, 40 ve 60 °C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta, 10, 20, 30 ve 40 dakika süreyle yapılırken, ultrason destekli işlem 50, 65 ve 90 W ultrason güçlerinde 1, 2, 5, 10, 15, 20 ve 30 dakika süreyle yapılmıştır. Sıcaklığın, işlem süresinin ve ultrason gücünün ekstraksiyon işlemi üzerine olan etkisi incelenmiştir. Geleneksel ekstraksiyonda en verimli uygulama 60 °C'de 30 dakika olmakta iken, ultrasonik ekstraksiyonla yüksek verimlere daha kısa sürede çıkılabilmektedir. Ultrasonik uygulamayla en yüksek verim 90W güç ile 30 dakikada olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar, likopen ekstraksiyonunda ultrason uygulamasının hem süre hem de sıcaklık açısından geleneksel uygulamaya kıyasla daha avantajlı olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Likopen, Domates atığı, Ultrason destekli ekstraksiyon

Ultrasound Assisted Extraction of Lycopene from Tomato Paste Processing Wastes

ABSTRACT

In this study, lycopene extraction from the wastes of tomato paste processing line by either conventional solvent extraction or ultrasound assisted extraction was studied. Lycopene content of the extracts were determined spectrophotometrically. BHT 0.05% (w/v) added hexane:acetone:ethanol (2:1:1, v/v/v) mixture was used as a solvent. 35:1 solvent-solid ratio (v/w) was used in both conventional and ultrasound assisted extraction. Conventional solvent extraction trials performed at 3 different temperatures (20, 40 and 60°C) for 10, 20, 30 and 40 minutes whereas in ultrasound assisted extractions 3 ultrasonic powers (50, 65 and 90 W) for 1, 2, 5, 10, 15, 20 and 30 minutes were used. Effects of temperature, process cycle and ultrasonic power on lycopene extraction were determined. The most efficient extraction for conventional method was at 60 °C for 30 minutes whereas at 90 W ultrasonic power for 30 minutes for ultrasound assisted extraction. High extractability values were obtained by ultrasound application during lycopene extraction. In conclusion, ultrasonic extraction of lycopene requires less time and lower temperature than conventional extraction.

Key Words: Lycopene, Tomato waste, Ultrasound assisted extraction

GİRİŞ

Domates ve domates ürünleri tüm dünyada yaygın olarak tüketilmektedir. Zengin besin içeriğine bağlı olarak bu gıdaya olan ilgi daha da artmaktadır. Domates ve domates ürünlerinden yeteri kadar sağlanabilen karotenoidler grubundan likopen bu besin elementlerindedir. Ortalama 100 g taze domates 6.3 mg karotenoid içermektedir ve domateste bulunan karotenoidlerin %70-80'ini likopen oluşturmaktadır [1]. Likopenin yüksek antioksidan aktivite gösterdiği, kalp damar hastalığı, kanser (özellikle prostat kanseri), diyabet, osteoporoz ve hatta erkeklerde kısırlık riskini azalttığı yönünde bulgular bulunmaktadır [2, 3] Likopen hem sağlık açısından önemli bir bileşendir, hem de gıda sanayinde yaygın kullanılan bir renk maddesidir. Bu nedenle, yüksek saflıkta, standart ve ekonomik likopen üretim ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Sentetik üretimler bu ihtiyacı karşılayamamaktadır, dolayısıyla sağlıklı ve ekonomik likopen üretimi, doğal kaynaklardan ekstraksiyon ile yapılabilmektedir [4]. Domates ve atıklarında yüksek miktarda likopen bulunması bu ürünlerin ekstraksiyon için tercih edilmesine sebep olmaktadır.

Domates işleme sırasında yüksek oranda atık oluşmaktadır, tüm dünyada tüketilen domatesin %80'inin işlenmiş olarak tüketildiği düşünüldüğünde bu durum daha ciddi bir hal almaktadır [5]. Domates yan ürünleri, domates işlemedeki artışa paralel olarak her geçen yıl artış göstermektedir. Avrupa'da 10 milyon ton domatesin işlendiği, dolayısı ile 100 bin ton atık olduğu tahmin edilmektedir [4]. Çeşitli kaynaklara göre salça üretiminde işlenen domatesin yaklaşık %7'lik kısmı posa olarak atılmaktadır [6]. Atıklar %10-40 oranında kabuk ve çekirdek içermektedir [7]. Salça üretiminde oluşan domates işleme atıkları büyük oranda palperden geçirme aşamasında oluşur. Islak atıkta %33 çekirdek, %27 kabuk ve %40 pulp, kuru atıkta ise %44 çekirdek, %56 pulp ve kabuk bulunmaktadır [8]. Bu durum atıkta ağırlıklı olarak kabuk ve çekirdeğin bulunduğunu göstermektedir. Çekirdekler, yüksek oranda yağ içermektedir ve posaları ise proteince zengin olduğundan genelde hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir [7, 9]. Kabuk kısmı ise tüm ürünlerdeki likopenin büyük çoğunluğunu bünyesinde bulundurmaktadır. Çünkü ekstrakte edilen likopenin %72-92'si suda çözünmeyen fraksiyonda ve kabukta bulunmaktadır [10]. Domates işleme sırasında oluşan kabukça zengin atık kısmında likopen miktarının yüksek oluşu sağladığı ekonomik değer açısından domates işleme atıklarının da değerlendirilebilir olduğunu göstermektedir [11-13].

Günümüzde likopen eldesi yaygın olarak çözgen ekstraksiyonu yöntemi ile yapılmaktadır. Geleneksel ekstraksiyon yöntemlerinde uzun sürelere ve büyük miktarlarda çözgene ihtiyaç duyulmaktadır. Ekstraksiyon süresini kısaltan, solvent tüketimini azaltan, çevre dostu yeni ekstraksiyon tekniklerine olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bitkisel ürünlerin ekstraksiyonunda kullanılan, ultrason destekli, mikrodalga destekli, süperkritik ve hızlandırılmış çözgen ekstraksiyon sistemleri hızlı ve etkilidirler. Bu tekniklerin yüksek

basınç ve/veya yüksek sıcaklıklarda çalışmaya olanak sağlaması, ekstraksiyon kinetiğinin artışına bağlı olarak, ekstraksiyon süresini ve çözgen ihtiyacını büyük oranda azaltmaktadır [14].

Ultrasonik özellik gösteren ses dalgalarını üreten cihazlar, alternatif akımı, mekanik titreşime dönüştürmektedir [15]. Mekanik titreşimler mekanik basınç dalgalarına dönüşerek ortamdaki maddeye iletilmektedir [16]. Ultrasonik dalgalar bir ortamdan geçerken kütle transferine olan hem iç ve hem de dış dirence tesir eden bir seri etkiye bulunmaktadır [17]. Yüksek şiddetli ultrason sıvı içinde karıştırma uygulamasıyla kütle transferine dış direnci düşürmektedir [16]. Bu karıştırma işlemi ultrasonik dalgaların sebep olduğu ses rüzgarı etkisiyle ortaya çıkmakta, bu şekilde katı-sıvı ara yüzeyinde ultrason etkisiyle mikro düzeyde karışma sağlanmaktadır [18]. Bu mikro karışma olayı çok önemlidir, çünkü katı yüzeyin çok yakınında gerçekleşmektedir ve difüzyon sınır tabakasında azalma sağlamaktadır [19].

Ultrason uygulamasının çözgen çeşidine bağımlılığı azalttığı ve su:etanol karışımlarının da kullanımını mümkün kıldığı saptanmıştır. Bununla beraber ultrason destekli ekstraksiyonla hegzan ve metanol gibi çözgenlere alternatif olarak su bazlı karışımların kullanılabilir olması da önemli bir husustur. Ayrıca ultrason destekli ekstraksiyonun ekstraksiyon veriminde % 50'lere varan artış sağladığı tespit edilmiştir [20]. Ultrasonun doğal ürünlerin ekstraksiyonunda kullanılabilir olması, enerji tasarrufu sağlaması, ekstraksiyon süresini kısaltması, verimi artırması gibi avantajlar sağlaması sebebi ile kullanımı son yıllarda yaygınlaştırmaktadır [21]

Bu çalışmada, domates işleme atıklarından likopenin geleneksel yöntemle ekstraksiyonunu etkileyen sıcaklık, süre, çözgen katı oranı gibi faktörler ile ultrason destekli ekstraksiyonu etkileyen sıcaklık, süre, ultrason gücü, çözgen katı oranı gibi özelliklerin ekstraksiyon verimine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Ultrason uygulamasının likopen ekstraksiyonu üzerindeki etkisi kontrol örnekleriyle yapılan kıyaslamalar sonucunda saptanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal ve Örnek Hazırlama

Bu çalışmada, materyal olarak Menemen Araştırma Uygulama ve Üretim çiftliğinde yetiştirilen salçalık (*Solanum Lycopersicum esculentum*) domateslerin Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi bünyesinde bulunan Tarım Ürünleri İşletmesi Salça Üretim Tesisinde işlenmesi sırasında oluşan domates işleme atıkları kullanılmıştır. Yaklaşık %75 nem içeriğine sahip olan bu atık, tepsili kurutucuda kurutulmuş ve toz haline getirilerek -40°C'de ışık görmeyecek şekilde analiz edilinceye kadar depolanmıştır. Kurutulmuş örneğin nem içeriği ise %4.86 olarak belirlenmiştir. Materyal olarak kullanılan kurutulmuş örnek %48.8±4.7 kabuk, %40.80±3.1 çekirdek, %10.5±1.5 sap içermektedir. Bu değerler Kaur ve arkadaşlarının [2]

çalışmasındaki değerler ile kıyaslandığında, çekirdek yüzdesine dayalı bir oranlama yapılması sureti ile benzer görülmektedir.

Yöntem

Ekstraksiyon İşlemi

Geleneksel ekstraksiyon ve ultrason destekli ekstraksiyon işlemleri için hegzan:aseton:etanol (2:1:1) karışımı %0.05 (w/v) BHT içerecek şekilde stok çözelti olarak hazırlanmıştır. Geleneksel ekstraksiyon işleminde, 50 ml'lik santrifüj tüplerine çözgen katı oranı 35:1 (v/w) olacak şekilde toz numune tartılmış ve üzerine 40 mL çözelti eklenmiştir. Karışım su banyosunda (DKZ Series, DKZ-1) 20, 40 ve 60°C sıcaklıklarda 10, 20, 30 ve 40 dakika ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur.

Ultrason destekli ekstraksiyon işleminde ise; 100 mL behelere çözgen katı oranı 35:1 (v/w) olacak şekilde toz numune tartılmış ve 5°C'de 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30 dakika süre ile ekstraksiyon yapılmıştır. Ultrason uygulaması sonrasında sıvı kısım 50 mL'lik santrifüj tüplere alınmıştır. 24 kHz'lik ultrason cihazı (Hielscher UP400S, Almanya) ve 14 mm çaplı H14/Tip 14 Sonotrod kullanılmıştır. Standart 200 W ultrasonik enerji üreten cihazın gücü bu çalışmada %25, %32.5 ve %45.0 oranlarında kullanılmış ve sisteme sırayla 50, 65 ve 90 W enerji verilmiştir. Bu değerlere karşılık gelen

akustik şiddetler ise sırası ile 32.50, 42.25 ve 58.50 W/cm²'dir.

Her iki ekstraksiyon işleminden sonra, 10 mL saf su ilave edilen tüpler ışıktan etkilenmemesi için alüminyum folyo ile sarılarak laboratuvar tipi separatörde 5°C'de önce 1 dakika hızlanma ve 5 dakika boyunca 1000 rpm'de santrifüj edilmiştir. 1 dakika yavaşlama sonrasında faz ayrımı sağlanan tüplerin üst fazı (Hegzan+Likopen) likopen tayini için ayrılarak koyu renkli vial tüplere alınmıştır.

Likopen tayini

Ekstraktlardaki likopen tayini spektrofotometrik yöntem ile yapılmıştır [22]. Absorbanslar, 503nm'de spektrofotometrede (Varian Inc., Carry 50 Scan, Australia) okunmuştur. Spektrofotometrede yapılan değerlendirmede, 503nm'de okunan absorbans 0.2-0.6 aralığında olacak şekilde örnekler 1:5 oranında seyreltilmiştir ve hegzan körüne karşı absorbansları okunmuştur. Her bir likopen çözeltisi için 3 tekrarlı okuma yapılmış ve sonuçların ortalamaları dikkate alınmıştır.

Saf likopen çözeltileri ile hazırlanan kalibrasyon grafikleri dikkate alınarak sonuçlar valide edilmiştir. Hesaplamalar, likopenin hegzan içindeki ekstinksiyon faktörü kullanılarak aşağıda verilen denklemden hesaplanmıştır [23].

$$Likopen (ppm) = \frac{Absorbans(503nm)}{17.2 \times 10^4 / M \times cm} \times \frac{536.9 g}{mol} \times \frac{1L}{10^3 mL} \times \frac{10^6 g}{1kg} \times \frac{Çözücü(mL)}{Örnek(g)}$$

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Geleneksel Ekstraksiyon

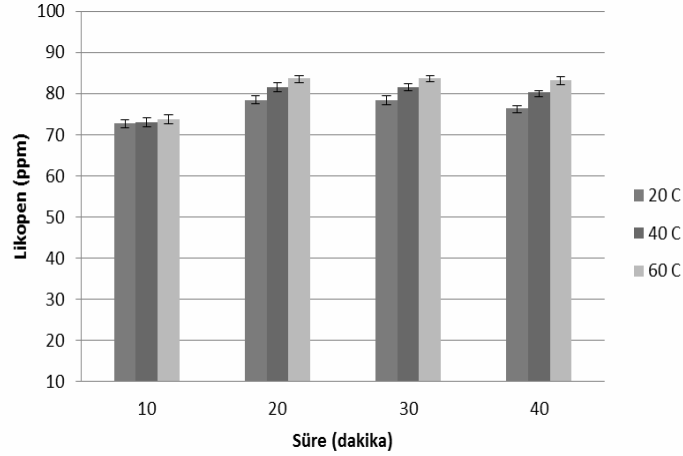
Bu çalışmada geleneksel ekstraksiyon parametresi olarak belirlenen sıcaklık ve süre faktörlerinin likopen verimi üzerine etkileri incelenmiştir. Likopen miktarının sıcaklık ve ekstraksiyon süresi ile değişimi Şekil 1'de verilmiştir. Ekstrakte edilen en düşük likopen miktarının 72.77 ppm ile 20°C'de, en yüksek miktarın 83.83 ppm ile 60°C'de gerçekleştirilen ekstraksiyon işleminde olduğu görülmektedir. 20°C'de yapılan ekstraksiyonda 10. dakikada 72.77 ppm likopen elde edilirken bu değer 30 dakikada 78.33 ppm olmakta ve 40. dakikada 76.33 ppm'e düşmektedir. Benzer şekilde 40°C'de yapılan ekstraksiyonda 10. dakikada 73.02 ppm, 30. dakikada 81.62 ppm ve 40. dakikada 80.28 ppm likopen elde edilmektedir. Bu durum maksimum likopen eldesinin sağlandığı 60°C'deki ekstraksiyon için de geçerlidir, bu sıcaklıkta da sırası ile 73.72 ppm, 83.83 ppm ve 83.22 ppm likopen elde edilmiştir. Genel anlamda sıcaklık ile elde edilen likopen arasında pozitif bir korelasyon olduğu görülmektedir. Tüm sıcaklıklarda; 30. dakikadan sonra likopen miktarında artış gözlenmemiştir. Ekstraksiyonun ilk 30 dakikasındaki değişim %8-12 iken son 10 dakikadaki değişim %2-0 şeklindedir. Bu durum katı yüzey ile çözgen katmanı arasında ozmotik

dengeyin oluşmasına bağlı olarak difüzyon hızının çok yavaşlaması ve daha fazla ekstraksiyonun mümkün olmaması şeklinde yorumlanabilmektedir

Sun ve arkadaşları [24] tarafından turuncu kabuklarından all-trans-β-karoten ekstraksiyonu üzerine yapılan çalışmada, ekstraksiyon sıcaklığının artırılması ile hücre duvarlarının zarar görmesine bağlı olarak karoten eldesinde artış sağlandığı ortaya konmuştur. Sıcaklığın 25°C'den 45°C'ye çıkarılması ile all-trans-β-karoten'in çözünürlüğü ve difüzyon hızı artış göstermektedir. Likopen'de β-karoten ile benzer davranış göstermektedir.

Kaur ve arkadaşları [2], geleneksel ekstraksiyonda domates işleme atıklarındaki kabuklardan farklı koşullarda likopen ekstrakte etmişlerdir. Çalışmada, hegzan:aseton:etanol (2:1:1) ve %0.05 BHT içeren çözelti 20:1, 30:1, 40:1, 50:1 ve 60:1 (v/w) çözgen katı oranlarında kullanılmış ve 20°C, 30°C, 40°C, 50°C, ve 60°C'de her bir deneme için 5 ekstraksiyon yapılmış ve 5 partikül büyüklüğü dikkate alınmıştır. Likopen miktarının 0.639 mg/100 g ve 1.98 mg/100 g aralığında olduğu tespit edilmiştir. En iyi sonucun 30:1 (v/w) çözgen katı oranında, her bir ekstraksiyon için 8 dakikada, 4 ekstraksiyonda (32 dakika), 50°C'de sağlandığı belirlenmiştir. Bu çalışma, optimum süreyi geçen ekstraksiyon sürelerinde verimin düştüğünü,

sıcaklık artışının verimliliği arttırdığını ve çözgen oranının yüksek olmasının avantaj olduğunu göstermektedir.



Şekil 1. Geleneksel ekstraksiyon işleminde ekstrakte edilen likopen miktarının sıcaklık ve süre ile değişimi

Baysal ve arkadaşlarının [9] domates işleme atıklarından süper kritik CO₂ ile likopen ve β-karoten ekstraksiyonu üzerine yaptıkları çalışmada süre ve sıcaklığın ekstraksiyon verimi üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada, ekstraksiyon sıcaklığı 35°C'den 65°C'ye çıkartıldıkça likopen verimliliği artış göstermiştir. Sıcaklık karotenoidlerin çözünürlüğünü arttıran bir faktör olarak görülmektedir. Aynı çalışmada sürenin etkisi incelenmiş, optimum sürenin üzerindeki ekstraksiyon sürelerinde degradasyona bağlı kayıplar neticesinde verimliliğin olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir.

Ultrason Destekli Ekstraksiyon

Ultrason destekli ekstraksiyon parametresi olarak belirlenen ultrason gücü ve süre faktörlerinin likopen verimi üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla 35:1 (v/w) çözgen katı oranında, 50, 65 ve 90 W ultrason güçlerinde ve 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30 dakika süre ile ekstraksiyon işlemi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'de de görüldüğü gibi artan süreye paralel olarak ekstrakte edilen likopen miktarı artış göstermektedir. Ultrason destekli ekstraksiyon işlemlerinde ekstrakte edilen en düşük likopen miktarının 50 W'da 62.53 ppm, en yüksek miktarın 90 W'da 89.85 ppm olduğu görülmektedir.

50 W ultrason gücü ile yapılan ekstraksiyonda 1. dakikada 62.53 ppm likopen elde edilirken bu değer 10. dakikada 76.4 ppm olmaktadır ve 30. dakikanın sonunda 86.21 ppm likopen elde edilmektedir. 65 W ultrason gücü ile yapılan uygulamada ise 15. dakikadan itibaren geleneksel ekstraksiyon ile 60°C'de elde edilen maksimum değer olan 84 ppm seviyelerine ulaşmakta ve 30. dakikada likopen miktarı 87.33 ppm olmaktadır. Bu durum 0-5°C ile başlayan ultrasonik ekstraksiyon işlemine ortamdaki sıcaklığın ultrason enerjisi ile artmasının bir sonucu olarak düşünülebilir ancak bu etki ile absorblanabilen sıcaklık 70°C'nin üstüne

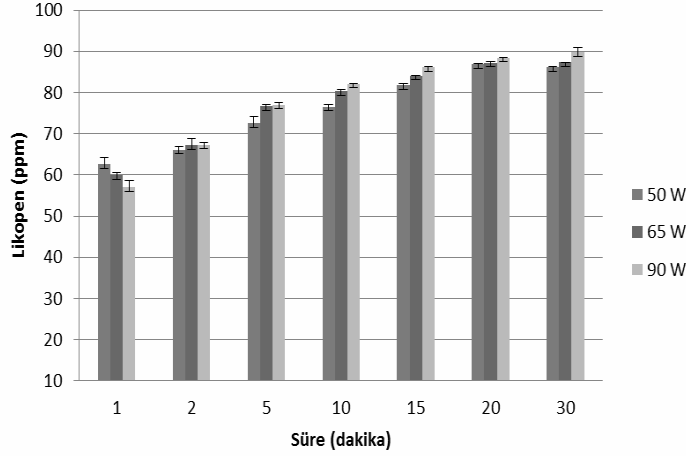
çıkılmaktadır [25]. 90 W ultrason uygulaması ile ekstrakte edilen likopen 10. dakikada 82.10 ppm, 30. dakikada 89.85 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu durumda geleneksel ekstraksiyonun maksimum değeri olan 83.83 ppm'in yaklaşık %8 fazlasıdır. Tüm güçlerde ultrasonik ekstraksiyonun 10. dakikasına kadar likopen kazancındaki artış %20-30 iken son 10 dakikada bu değişim %0-1 ile sınırlı kalmaktadır. Bu durumun oluşmasının muhtemel sebebi, ozmotik dengenin sağlanmasının ötesinde ultrason işleminin olumsuz bir sonucu olan radikal oluşumu olarak yorumlanabilmektedir. Çünkü su molekülleri ultrason şiddeti ile parçalanarak serbest radikaller oluşturmaktadır (H₂O →H + OH). Bu radikaller diğer moleküllerle etkileşime girerek o bileşenleri değişime uğratabilmekte, likopen gibi okside olabilen gıda bileşenleri ile reaksiyona girebilmektedir [26]. Ayrıca sonikasyon sırasında oluşan ekstrem fiziksel ve kimyasal koşullar (sıcaklık, basınç) karotenoid izomerizasyonuna sebep olabilmektedir [27,28]. Bu sebeple ultrasonik uygulamalar avantajlı olabileceği gibi farklı proses koşullarında zarar verici de olabilmektedir.

Adekunte ve arkadaşları [28] çalışmalarında sonikasyonun domates suyundaki renk, askorbik asit ve maya inaktivasyonunu incelemişlerdir. 24.4–61.0 µm aralığında genlik uygulanmış 20 kHz sabit frekansta 2-10 dakika ve 5 saniyelik pulslar ile ekstraksiyon yapılmıştır. Bu uygulamanın renk ve enzim aktivitesini etkilediği tespit edilmiştir. Çalışmaya göre likopen ekstraksiyonu için süre en önemli faktördür. Renkteki değişimin de kavitasyondan kaynaklandığı ortaya konmuştur. Bu durum ultrason uygulaması ile sıcaklığa dirençli trans-likopende izomerizasyonun hızlanması şeklinde yorumlanmaktadır.

Ma ve arkadaşları [29] ultrasonun turuncu kabuğundaki fenoliklerin ekstraktlarına etkilerini inceledikleri çalışmada, ultrason gücündeki artışın ekstraksiyon verime olumlu etkisi olduğu, ekstrakte edilen tüm

fenoliklerin 56 W'daki verimlerinin 3.2 W'daki verimlerine oranla oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Bazı

fenolikler için optimum koşulların 40 dakika, 30°C ve 30 W olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2. Ultrason destekli ekstraksiyon işleminde ekstrakte edilen likopen miktarının ultrason gücü ve süre ile değişimi

Lianfu ve Zelog [30] likopen eldesinde kullanmak üzere ultrason/mikrodalga destekli ekstraksiyon (UMAE) ve ultrason destekli ekstraksiyon (UAE)'un optimizasyonu ve kıyaslaması üzerinde yaptıkları çalışmada, ultrason destekli ekstraksiyon için 10-50 dakikalık ekstraksiyon uygulamaları arasında en yüksek likopen eldesinin 29. dakikada olduğu tespit edilmiştir.

SONUÇ

Sonuç olarak, geleneksel ekstraksiyonda en verimli uygulamanın yaklaşık 83 ppm ile 60°C'de 30 dakika olduğu, ultrason destekli ekstraksiyonun ise yaklaşık 90 ppm ile 90 W güç ile 30 dakika olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklığın ekstraksiyon kinetiği açısından önemli bir parametre olduğu düşünüldüğünde geleneksel ekstraksiyonda en yüksek sıcaklıktaki uygulama ile maksimum değere ulaşılmasının yanında ultrasonik uygulamada 0-5°C'de geleneksel ekstraksiyonla 60°C'de elde edilen değerden daha yüksek değere ulaşılabilmiştir. Bu durum ultrason uygulamasının sağladığı önemli bir avantajdır. Ayrıca 65 W ultrason gücünden itibaren ekstraksiyonun 10. dakikasından sonra geleneksel ekstraksiyonun 40. dakikasında elde edilen likopen değerlerinin üzerine çıkmaktadır. Bu durum da ultrasonun zaman konusunda sağladığı ikinci büyük avantajdır.

Geleneksel ekstraksiyon uygulamasında dikkat edilmesi gereken bir diğer konu ise 30. dakikadan uzun ekstraksiyon sürelerinde likopen miktarındaki azalmalardır. Geleneksel ekstraksiyonda optimum sürenin 30 dakika olduğu görülmektedir. Ultrason destekli ekstraksiyonda ise etkin karıştırma neticesinde katı yüzeydeki yüksek konsantrasyonlu çözelti ile düşük konsantrasyondaki çözeltinin hızla yer değiştirmesine bağlı olarak ozmotik denge oluşmamaktadır. Böylece artan sürelerdeki denge ve verimde düşüş ultrasonik ekstraksiyonda gözlenmemektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Canene, A.K., Campbell, J. K. Zaripheh, S., Jeffery, E. H., Erdman, J. W., 2005. The tomato as a functional food. *Journal of Nutrition* 135(5):1226-1230.
- [2] Kaur, D., Wani, A.A., Oberoi, D.P.S., Sogi, D.S., 2008. Effect of extraction conditions on lycopene extractions from tomato processing waste skin using response surface methodology. *Food Chemistry* 108(2): 711-718.
- [3] Baysal, T. ve Ersus, S., 1999. Karotenoidler ve İnsan Sağlığı. *Gıda Dergisi* 24(3): 177-185
- [4] Naviglio, D., Caruso, T., Iannece, P., Aragon, A., Santini, A., 2008. Characterization of high purity lycopene from tomato wastes using a new pressurized extraction approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(15): 6227-6231.
- [5] Rao, A.V., Agarwal, S., 1999. Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic diseases: A review. *Nutrition Research* 19(2): 305-323.
- [6] Yurdagel, Ü., Yaman, Ü.R. ve Baysal, T., 1997. Meyve-Sebze İşleme Sanayiinde Su, Atık Su Arıtılması, Artık ve Atıkların Değerlendirilmesi. Tire Meslek Yüksek Okulu, Yayın No:1, E.Ü. Basımevi, İzmir, 67
- [7] Al-Wandawi, H., Abul-Rahman, A., Al Shaikhly, K., 1985. Tomato processing wastes as essential raw materials source. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 33(5): 804-807.
- [8] Sogi, D.S., Bawa A.S., 1998. Studies on dehydration of tomato processing waste. *Indian Food Packer* 52: 26-29.
- [9] Baysal, T., Ersus, S., Starmans DA., 2000. Supercritical CO₂ extraction of β- carotene and

- lycopene from tomato paste waste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(11): 5507p.
- [10] Sharma, S. K., Le Maguer, M. 1996. Lycopene in tomatoes and tomato pulp fractions. *Italian Journal of Food Science* 8(2): 107-113.
- [11] Chandler, L.A., Schwartz, S.J., 1987. HPLC separation of cis-trans carotene isomers in fresh and processed fruits and vegetables. *Journal of Food Science* 52(3): 669-672.
- [12] Heinonen, M.I., Ollilainen, V., Linkola, E. K., Varo, P.T., Koivistoinen, P. E., 1989. Carotenoids in Finnish foods, vegetables, fruits, and berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 37(3): 655-659.
- [13] Sadler, G., Davis, J., Dezman, D., 1990. Rapid extraction of lycopene and β -carotene from reconstituted tomato paste and pink grapefruit homogenates. *Journal of Food Science* 55(5): 1460-1461.
- [14] 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(2): 804-810.
- [15] Mason, T.J., Lorimer J.P., 2002. Applied Sonochemistry, Wiley-VCH, Coventry, UK.
- [16] Mulet, A., Carcel, J.A., Benedito, J., Simal, S., Rossello, C., 2003. Ultrasonic mass transfer enhancement in food processing. In Transport Phenomena in Food Processing, Edited by Jorge Welti-Chanes and Jorge F, CRC Press, Florida, US, Bölüm 18/2.
- [17] Liang, H., 1993. Modelling of ultrasound assisted and osmotically induced diffusion in plant tissue. PhD Dissertation, Purdue University, Indiana, US.
- [18] Pinillos, S.C., Fernandez, T.C., Briongos, M.G., Pascual, L.P., Barrio, C.S., 2006. Ultrasound-assisted extraction of volatile compounds from wine samples: Optimisation of the method. *Talanta* 69(5): 1123-1129.
- [19] Borisov, Y.Y., Gynkina, N.M., 1973. Acoustic Drying, In Physical Principles of Ultrasonic Technology, Edited by Rosenger L.D, New York, US, Plenum Press, 2, 381-474.
- [20] Vilku, K., Mawson, R., Simons, L., Bates, D., 2008. Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry- A review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 9(2): 161-169.
- [21] Rodrigues, S., Pinto, G.A.S., 2007. Ultrasound extraction of phenolic compounds from coconut (*Cocos nucifera*) shell powder. *Journal of Food Engineering* 80(3): 869-872.
- [22] Perkins-Veazie, P., Collins, J.K., Pair, S.D., Roberts, W., 2001. Lycopene content differs among red-fleshed watermelon cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81(10): 983-987.
- [23] Zechmeister, L., Le Rosen, A.L., Schroeder, W.A., Polgar, A., Pauling, L., 1943. Spectral characteristics and configuration of some stereoisomeric carotenoids including pro lycopene and provitamin-A or antioxidant properties. *Cancer Research* 52: 5707-5712.
- [24] Sun, Y., Ma, G., Ye, X., Kakuda, Y., Meng, R., 2010. Stability of all-trans- β -carotene under ultrasound treatment in a model system: Effects of different factors, kinetics and newly formed compounds. *Ultrasonics Sonochemistry* 17(4): 654-661.
- [25] Soria, A.C., Villamiel, M., 2010. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. *Trends in Food Science and Technology* 21(7): 323-331.
- [26] Riesz, P., Kondo, T., 1992. Free radical formation induced by ultrasound and its biological implications. *Free Radical Biology and Medicine* 13(3): 247-270.
- [27] Chen, J., Shi, J., Xue, S. J., Ma, Y., 2009. Comparison of lycopene stability in water and oil based food model systems under thermal and light-irradiation treatments. *LWT-Food Science and Technology* 42(3): 740-747.
- [28] Adekunle, A.O., Tiwari, B.K., Cullen, P.J., Scannel, A.G., O'Donnell, C.P., 2010. Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. *Food Chemistry* 122(3): 500-507.
- [29] Ma, Y., Ye, X., Hao, Y., Xu, G., Xu, G., Liu, D., 2008. Ultrasound-assisted extraction of hesperidin from Penggan (*Citrus reticulata*) peel. *Ultrasonics Sonochemistry* 15(3): 227-232.
- [30] Lianfu, Z., Zelong, L., 2008. Optimization and comparison of ultrasound/microwave assisted extraction (UMAE) and ultrasonic assisted extraction (UAE) of lycopene from tomatoes. *Ultrasonics Sonochemistry* 15(5): 731-737.