

**Limon Kabuğu Tozundan Efervesan Tablet Yapımı Sürecinde
Fiziksel, Kimyasal Değişikliklerin Ve Antimikrobiyal Etkinin
Araştırılması**

Investigation of Physical, Chemical Changes and Antimicrobial Effect
in the Process of Making Effervescent Tablets from Lemon Peel
Powder



**ANTALYA
İL MİLLÎ EĞİTİM MÜDÜRLÜğÜ**

Serpil Korkmaz ^{1*}

^{1*} Bursa Uludaę Üniversitesi, Bursa, Türkiye
Bursa Uludaę University, Bursa, Türkiye

¹ 502103004@uludag.ogr.edu.tr
ORCID: 0000-0001-5907-6681

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFORMATION

Geliş Tarihi / Date Received

13.01.2024

Kabul Tarihi / Date Accepted

29.06.2024

Yayın Tarihi / Date Published

Eylül / September 2024

Yayın Sezonu / Pub Date Season

Haziran - Aralık / June - December

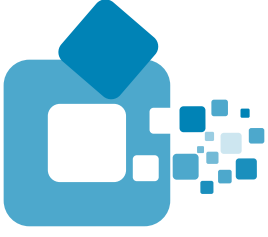
ATIF / CITE as

Serpil, K. (2024). "Limon Kabuğu Tozundan Efervesan Tablet Yapımı Sürecinde Fiziksel, Kimyasal Değişikliklerin Ve Antimikrobiyal Etkinin Araştırılması" / "Investigation of Physical, Chemical Changes and Antimicrobial Effect in the Process of Making Effervescent Tablets from Lemon Peel Powder". Bilar: Bilim Armonisi Dergisi, 7 (1): 58-77. doi: 10.37215/bilar.1419300

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bilar>

Copyright © Published by Antalya İl Millî Eğitim Müdürlüğü Since 2018, Antalya, 07100 Turkey. All rights reserved.





Limon Kabuğu Tozundan Efervesan Tablet Yapımı Sürecinde Fiziksel, Kimyasal Değişikliklerin Ve Antimikrobiyal Etkinin Araştırılması

Investigation of Physical, Chemical Changes and Antimicrobial Effect in the Process of Making Effervescent Tablets from Lemon Peel Powder



ANTALYA
İL MİLLÎ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ

ÖZET

Turuncgillerin kabuğu genellikle kalın ve lifli yapıdadır. Bu özellik, meyveleri koruyarak uzun süre taze kalmasını sağlar. Ayrıca biyoaktif bileşen bakımından meyve içeriğine göre daha zengin olması nedeniyle değerlendirilmesine yönelik çalışmalar artmıştır. Bitkisel kökenli gıda takviyeleri daha çok tercih edilmekte olup; özellikle suda çözünür efervesan tabletlerin, yutma güçlüğü ortadan kaldırması ve hızlı emilim gibi avantajları bilinmektedir. Bundan dolayı limon kabukları uygun koşullarda kurutulup efervesan tablet haline getirilerek yapısındaki faydalı etken maddelerden daha verimli bir şekilde yararlanmak hedeflenmiştir. Sitrik asit ve NaHCO_3 bazının nötrleşmesi efervesan tabletin prensibini oluşturmaktadır. Bu bileşenler önce kübik sonra V karıştırıcıda karıştırılıp homojenize edilmiş; ısı ile de partiküllerin kaynaşması sağlanmıştır. Limon kabukları, 50°C 'de etüvde kurutularak toz haline getirilip, standart boyut büyüklüğü için eleme işlemi yapılmıştır. Limon kabuğu tozu da eklenen içerik manuel tablet basma makinasında el yordamıyla preslenip tablet eldesi gerçekleştirilmiştir. Limon kabuğunun efervesan tablete dönüşümü sırasında içerik ve etki değişiminin yararlanılabilir olduğunu kanıtlamak için analizler yapılmıştır. Fenolik madde, Askorbik asit, mineral madde miktarı analizi ve antioksidan özellik tayini kimyasal analizleri; renk ve pH değişimi fiziksel analizleri yanı sıra limon kabuğu tozu ve tablet içeriklerinin antibakteriyel ve antifungal özellikleri araştırılmıştır. Bunun için disk difüzyon yöntemi kullanılmış ve Müller-Hinton besiyerinde enfeksiyon etkeni bakteri türleri ve *C. albicans* mantarı için inhibe edici etkileri ölçülüp; antibiyotik diskleri ile karşılaştırılmıştır. Tüm test mikroorganizmaları üzerinde üremeyi durdurucu etki tespit edilmiştir. Köpürme testi efervesan tablet standardında; pH değerinde azalma, renk analizinde b^* değeri dışında artış, fenolik bileşiklerde artış diğer kimyasal içeriklerde kabul edilebilir ölçüde azalma olduğu tespit edilmiştir. Tüm analiz sonuçları limon kabuğu tozunun efervesan tablet formunda bir gıda takviyesi şeklinde değerlendirilebileceği fikrini desteklemiştir.

Anahtar Sözcükler: Limon kabuğu tozu, efervesan tablet, biyoaktif bileşen, gıda takviyesi.

ABSTRACT

The peel of citrus fruits is generally thick and fibrous. This feature protects the fruits and keeps them fresh for a long time. Also, since this is richer in terms of bioactive components compared to the fruit content, studies on its evaluation have increased. Plant-based food supplements are preferred more; especially water-soluble effervescent tablets are known to have advantages such as eliminating swallowing difficulties and rapid absorption. Therefore, lemon peels were dried under suitable conditions and turned into effervescent tablets, and it was aimed to benefit from the beneficial active ingredients in their structure more efficiently. The neutralization of citric acid and NaHCO_3 base constitutes the principle of effervescent tablets. These components were first mixed and homogenized in a cubic and then V mixer; and the particles were fused with heat treatment. Lemon peels were dried in a 50°C oven, turned into powder, because of for standard size later sifted. The content, to which lemon peel powder was added, was manually pressed in a manual tablet pressing machine and tablets were obtained. Analyses were conducted to prove that the content and effect changes during the transformation of lemon peel into effervescent tablets were beneficial. Phenolic substance, Ascorbic acid, mineral substance amount analysis and antioxidant property determination chemical analyses; color and pH change physical analyses with its antibacterial and antifungal properties of lemon peel powder with tablet contents was investigated experimentally. The disk diffusion method was used in this research at the same time inhibitory effects were measured for infectious bacterial species and *C. albicans* fungus in Müller-Hinton medium; and compared with antibiotic disks. Growth inhibitory effect was detected on all test microorganisms. In foaming test effervescent tablet standard; decrease in pH value, increase except b^* value in color analysis, increase in phenolic compounds and acceptable decrease in other chemical contents were detected. All analysis results supported the idea that lemon peel powder can be evaluated as a food supplement in effervescent tablet form.

Keywords: Lemon peel powder, effervescent tablet, bioactive component, food supplement

1. GİRİŞ

Büyük bir emek ve maliyetle tarımı yapılan bitkisel ürünlerin meyvesi tüketilip; faydalı yan ürünlerinin çöp olarak nitelendirilmesi israf olduğundan (Alkaya vd. 2010), ikincil ürünlerin ekonomiye kazandırılması günümüzde oldukça önemlidir. Üretimden kalan tarımsal çıktılar hayvancılık ve toprak içeriğinin zenginleştirilmesi için kullanılabilir; ancak bitkisel ürünlere ait muhtelif kısımlar atılmakta bu da çevre açısından sorun yaratmakta ve bu faydalı kısımlar boşa gitmektedir (Ashoush ve Gadallah 2011).

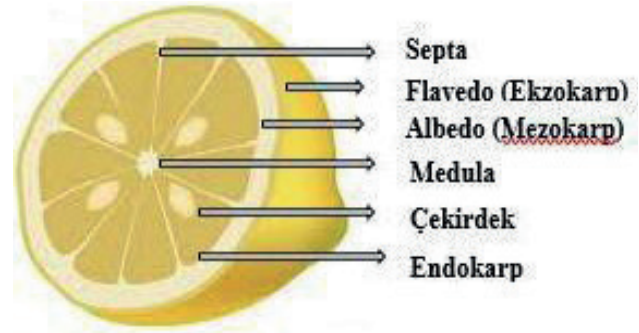
Meyve ve sebze kabukları, sağlığımız açısından faydalı, bağışıklık güçlendirici, hücre koruyucu özellikte bitkisel kimyasallarına sahiptir (Anonim 2014b, Larrauri vd. 1999, Moon ve Shibamoto 2009, Wolfe vd. 2003). Meyve ve sebze kabuklarının en az kendi içeriğinden daha yararlı oluşu (Lim vd. 2006) bu atıkların değerlendirilmesi konusundaki araştırmaların yoğunlaşmasına neden olmuştur; biyoaktif bileşen içermeleri ise bu konuda ayrı bir önem taşımaktadır.

Bitkilerin sekonder metabolitlerinden biri olan fenolik bileşikler; antioksidan, anti-alerjik, antimutajenik, anti kanserojenik, kan şekeri ve yağlarını düzenleyici, damar koruyucu, enfeksiyon önleyici, damar koruyucu, enfeksiyon önleyici etkileri oldukça önemlidir (Friedman ve Levin 2009). Biyoaktif bileşen kavramı, karbonhidratlar, proteinler ve yağlar gibi birincil metabolitler olarak adlandırılan ve organizmanın büyüme ve gelişmesi için hayati önem taşıyan temel besin maddesi olmayıp; ikincil metabolitlerdir. Organizmanın hayatta kalma yeteneğini ve zorlu çevresel koşullara dayanıklılığını artıran, sağlığını koruyan bileşiklerdir (Harborne 1982).

Biyoaktif bileşenler, yiyeceklerde az miktarda bulunmasına karşın sağlığımız için etkisi oldukça önemlidir (Kris-Etherton vd. 2002). Biyoaktif bileşenlerin enfeksiyon, kalp-damar hastalıkları, tümör oluşumu, sinirsel rahatsızlıklar, obezlik, şeker hastalığı gibi sağlık sorunlarına yönelik koruyucu etkileri vardır (Neilson ve Ferruzzi 2012). Bitkisel kaynaklar, biyoaktif bileşenler açısından zengin gıdalardır. Bitkisel kaynaklardan elde edilen biyoaktif bileşenlerin günlük tüketiminin artırılması, potansiyel sağlık sorunlarının ve hastalıkların önlenmesinde etkili bir yöntem olabilir (Lopez ve Murray 1998).

Bu faydalı bileşikler hem hücre içi hem hücre dışı ortamlarda antioksidan etki gösterdikleri tespit edilmiştir (Uyar 2010). Bitkisel ürünlerin endüstriyel işlemler sırasında açığa çıkan atıkları içindeki doğal hücre koruyucuların ekonomik ve pratik eldesi için önemli bir kaynağını oluşturmaktadır.

Turunçgiller familyasına ait meyvelerin kabukları iki tabakalıdır. Dıştaki sarı-turuncu renkli kısım daha ince tabaka flavedo olarak adlandırılır (Cesur 2014). Bu tabaka renk pigmentleri, organik bileşiklerin yapıtaşları, yapısal polisakkaritler, terpen bileşikleri ve enzimler gibi faydalı bileşenleri içerir (Izquierdo ve Sendra 2003).



Şekil 1. Limon meyvesine ait bölümler (Tekgül 2019)

Albedo tabakası, flavedo tabakasının hemen altında bulunur ve beyaz renkte, kalın, keçe benzeri bir yapıya sahiptir. Goodrich (2003) e göre bu tabaka, pektin, protopektin, aminoasitler, çözünür karbonhidratlar, selüloz, bazı vitaminler ve flavonoidleri bulundurmaktadır. Limon meyvesinin iç kısımlarına göre beyaz ve sarı renkli kabuk katmanlarında fenolik bileşikler ve pektin maddesi oranı yüksektir (Baldwin 1993). Turunçgil kabuklarından pektin eldesi, pektin açısından zengin olan albedo tabakasından yapılmaktadır (Turhan vd. 2006).

Turunçgil meyvelerinin kabukları, günlük hayatta aromalarından dolayı yemek ve tatlılara eklenmesi yanı sıra rahatsızlar sırasında hazırlanan içeceklerle katılmaktadır (Obob ve Ademosun 2012). Araştırmalar, kabukların içeriğindeki biyoaktif bileşenlerin meyve ve suyundan daha zengin olduğunu ortaya koymuştur (Belitz ve Grosch 1999; Anonim 2014b).

Toplumda doğal, koruyucu madde buldurmamayan, daha az kimyasalla muamele edilen, besin içeriği kaybolmamış gıdalar tercih edilmektedir. Bu nedenle, gıda üretimi sırasında kullanılan geleneksel hazırlama yöntemlerine alternatif olan modern ve verimli tekniklerin bulunmasına yönelik araştırmalar yoğunluk kazanmıştır (Baysal vd. 2011).

Efervesan tabletler, sağlık ve gıda sektöründe son yıllarda kullanım sıklığı artan takviye şeklidir.

Efervesan tabletler, suda çözüldüğünde hızla kabarcıklar çıkararak eriyen ve çözelti haline gelen tablet formudur. İçeriğinde genellikle vitamin, mineral ve çeşitli ilaç etken maddelerinin bulunduğu bu tabletler, suyla temas ettiğinde asit-baz reaksiyonu gerçekleştirir. Bu reaksiyon sırasında CO₂ çıkışı olup; çoğunlukla sitrik asit ve NaCO₃ (sodyum bikarbonat) gibi maddeler kullanılır.

Efervesan tabletler, uygun dozda ilaç emilimini sağlamak, ilaca uyumu kolaylaştırmak, çabuk ve verimli emilim, hasta bireylerin sıvı tüketimine katkı sağlamak ve büyük tabletlerin yutma zorluğunu yok etmek için tercih edilmektedir. Limon kabuğunun efervesan tablet olarak kullanılmasının tercih edilme nedeni ise, tüketim, kullanım ve emilim kolaylığı sağlamasıdır (İpçi vd. 2019).

Turunçgillerin yenmeyen kısımları olan kabuklar, meyvenin toplam ağırlığının %30-60'ını oluşturmaktadır (Turhan vd. 2006, Yaman 2012, Pinzon vd. 2013). Yapılan araştırmalar, bu kabukların önemli miktarda esansiyel yağlar, polisakkaritler, şekerler ve insan sağlığı için yararlı hücre koruyucu özelliğe sahip bitki kimyasalları içerdiğini göstermiştir (Wang vd. 2008, Turhan vd. 2006, Fidrianny vd.2014, Al-Saadi vd. 2009, Wilkins vd. 2007, Yapo 2009, Canan vd.2016, Janati vd.2012, Oboh vd. 2012).Fakat, bahsi geçen ikincil ürünlerin daha değerli, fonksiyonel ürünlere dönüştürülmesi ve uygun endüstrilerde kullanılabilmesi için yapılan araştırma ve uygulamalar yeterli değildir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de üretim hacmi açısından üçüncü sırada yer alan ve geniş bir kullanım alanına sahip olan limonun kabuklarındaki antioksidan fenolik bileşikler, vitaminler ve minerallerin kullanım kolaylığını artırmaktır. Bu amacı gerçekleştirebilmek için limon kabuğunu efervesan tablete dönüştürmek, bu tabletin etkisini ve özelliklerini araştırarak kullanım potansiyelini ortaya koymak ve böylece ekonomiye kazandırmak hedeflenmiştir. Çalışmadaki temel amaç; kurutma işlemi sırasında biyoaktif bileşenlerin uygun aralıklarda bulunduğu varsayımı ile hareket edilerek, limon kabuğunun efervesan tablete dönüştürülmesi ve kullanım kolaylığının deneysel olarak kanıtlanmasıdır.

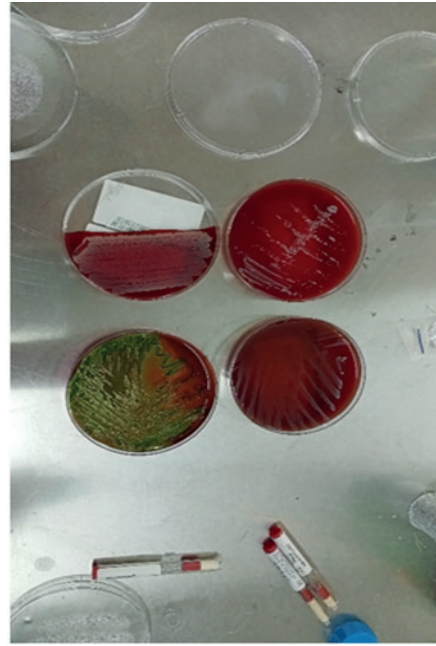
2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Limon (*Citrus limon*) örnekleri İzmir'de bir yerel üreticiden temin edilmiş; Mayer cinsi (*Citrus meyer*) limon kullanılmıştır.

2.2. Kullanılan Test Organizmaları

Antibiyogram testi için seçilen bakteri ve mantar türleri: *B. cereus* ATCC 7064, *E. coli* ATCC 25922, , *E. fecalis* ATCC 29212, *S. aureus* ATCC 25923, *S. thyphimurium* CCM 5445, *S. epidermidis* ATCC 12228 ve *C. albicans* ATCC 10239 dır. -18°C de muhafaza edilmiş mikroorganizmalar Gemlik Devlet Hastanesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı'ndan temin edilmiş, deney yapılincaya kadar aynı koşullarda muhafaza edilmiştir. (Şekil 2.)



Şekil 2. Mikrobiyolojik testlerde kullanılan bakteri suşları

2.3. Yöntem

2.3.1. Limon kabuklarının kurutulup, hazırlanması

Limon kabuğu üzerindeki pestisit ve wax kalıntılarını arındırmak için, limonlar önce %2'lik tuzlu su çözeltisinde 10 dakika bekletilmiş, daha sonra %5'lik bikarbonat çözeltisinde 20 dakika muamele edilmiştir (Chung SW. 2018) (Şekil 3). Bu işlemlerin ardından limonlar yıkanmış ve kabuk soyma işlemine geçilmiştir. Kabuklar, flavedo (sarı) ve albedo (beyaz) tabakalarını içerecek şekilde dikkatlice soyulmuştur (Şekil 4). Kurutma işleminden önce, limon kabukları 1 cm² lik kareler halinde kesilmiştir (Şekil 5). Kurutma işlemleri, 50°C'de etüv kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 6). Kurutma sürecinde örnekler, belirli aralıklarla

etüvden çıkarılmış, hızlı bir şekilde tartılmış ve tekrar etüve yerleştirilmiştir. İlk 30 dakika boyunca tartım işlemleri 5 dakika ara ile, daha sonraki aşamada her 15 dakikada bir yapılmıştır. Kurutma işlemi sonrasında nem oranı %15'e düşürülen limon kabukları kullanıma hazır hale getirilmiştir. Nem içeriği belli periyotlarla hesaplanmıştır; değerler ekte sunulmuştur.



Şekil-3. Limonların karbonatlı suda yıkanması.



Şekil-4. Limonların soyulması.



Şekil-5. Limon kabuklarının kesilip, etüve kurutulmaya hazır hale getirilmesi



Şekil 6. Kabukların etüve kurutulması.

Kurutulmuş limon kabukları Blue House marka öğütücüde toz haline getirilmiş; tablet ve analiz sürecine kadar amber şişelerde + 4 °C' de muhafaza edilmiştir.

2.3.2. Efervesan tabletlerin hazırlanması:

Tablet yapımı aşamalarında efervesan tablet hazırlama prosedürü uygulanmıştır. (Özer 2020) Limon kabuğu tozu titreşimli elekten geçirilip; 35 mesh boyutunda elenmiştir. (Şekil 7,8)



Şekil 7. Limon kabuklarının titreşimli elekten geçirilmesi.



Şekil 8. Eleme işlemi sonrası 35 mesh boyutuna getirilen limon kabuğu tozu.



Şekil 9. Limon kabuğu tozu ve kimyasalların karıştırılması.

Efervesan tabletin asit bileşeni olarak sitrik asit (billur sulu), bazik bileşen olarak sodyum bikarbonat (NaHCO_3) kullanılmıştır. Bileşenlerin teorik ve pratik kütleleri hesaplanmıştır.



Şekil 10. Elenmiş limon kabuğu tozu ve kimyasalların V tipi karıştırıcıya konması.



Şekil 11. Limon kabukları ve kimyasalların V tipi karıştırıcıda karıştırılması.



Şekil-12) Kimyasalların suyunun uçurulması için etüve ısıtma tabii tutulması.

Sitrik asit ve sodyum bikarbonat kübik karıştırıcıda 3 dakika karıştırılıp, üzeri saat camı ile kapatılarak 105 °C'lik etüve 30 dakika bekletilip, süre sonunda dışarı çıkarıldı. (Şekil 12,14)

Bagetle karıştırılarak tozların yapışması sağlandı. Daha sonra 50 °C sıcaklıkta etüve kurutuldu, 3 nolu elekten geçirildi. Hesaplanan pratik kütle göre limon kabuğu tozu ve sodyum benzoat tartıldı. V tipi karıştırıcıda bir koldan granül bir koldan limon kabuğu tozu, sitrik asit, sodyum bikarbonat ve sodyum benzoat konularak 3 dakika karıştırıldı. (Şekil 10,11) Elde edilen tablet içeriği tablet basımı makinasının ilgili gözüne bir tablet ağırlığı kadar konulup, kolu çevrilerek tabletler elde edildi. Hazırlanan karışım ile 50 efervesan tablet basıldı. (Şekil 16,17,18)



Şekil 13. Etüvden çıkan kimyasalların baget ile karıştırılması.



Şekil 14. Kimyasalların kübik karıştırıcıya konulması



Şekil 15. Kimyasalların kübik karıştırıcıda karıştırılması.



Şekil 16. İçeriğin tablet basma cihazı haznesine yerleştirilmesi.



Şekil 17. Manuel ilaç makinesinde tabletin basılması.



Şekil 18. Limon kabuğu ve kimyasalların efervesan tablet halinde basılması.



Şekil 19. İçeriğin efervesan tablete dönüşmesi.



Şekil 20. Tablet köpürme testi.

2.3.3. Analizler

Kimyasal Analizler

Fenolik İçerik Analizi

Bu analizin yapımı sırasında, ilk aşama olarak limon kabuğu tozu örneklerinden ekstraktlar hazırlanmıştır (Şekil 21, 22). Bu işlem için, limon kabuğu tozu ve efervesan tablet tozu olmak üzere iki farklı örnekten 2'şer gram örnek tartılarak beher içerisine konulmuştur. Sonrasında, her bir örneğin üzerine 20 ml %50 (v/v) etil alkol çözeltisi eklenmiş ve karışımlar manyetik karıştırıcıda (ISO LAB) 150 devirde 2 saat süreyle karıştırılmıştır (Şekil 23).



Şekil 21. Limon kabukları tartılması.



Şekil 22. Limon kabuğu tozunun etil alkolle karıştırılıp, fenol tayini için hazırlanması.



Şekil 23. Limon kabuğu tozunun manyetik karıştırıcıda karıştırılıp, etanolde çözülmesi.

Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra, hazırlanan örnekler sürecine kadar -20°C 'de muhafaza edilmiştir. Örnekler, 4°C ' sıcaklıkta 15 dakika süresince 9000 rpm hızında santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatantlar dikkatlice alınarak analize hazır hale getirilmiştir (Şekil 24, 25).



Şekil 24. Numunelerin santrifüj cihazına yerleştirilmesi

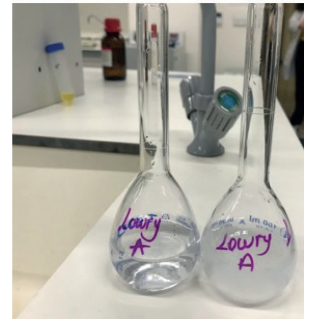


Şekil 25. Numunelerin santrifüjlenmesi

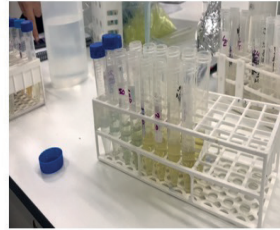
Limon kabuğu tozları ve efervesan tabletlere ait fenoliklerin miktarı, Singleton ve arkadaşları (1965) tarafından tanımlanan metodu çalışmaya uyarlayarak, 2 N Folin-Ciocalteu fenol ayırıcı kullanılarak tespit edilmiştir. Örneklere ait fenolik madde miktarı sonuçları, gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak ifade edilmiştir. Bu işlem için, ayıraç ve örnekler 100 μl miktarında, 2 mL saf su ve 1 mL %7'lik NaCO_3 çözeltisiyle karışım haline getirilmiştir. Karışımlar, 25°C 'de 120 dakika bekletildikten sonra, spektrofotometrede 750 nanometre dalga boyunda absorbans ölçümü yapılmıştır. (Şekil 30, 31). Fenolik madde analizinde kullanılan gallik asit çözeltisinin hazırlanma yöntemi ekler bölümünde (EK-2) olarak sunulmuştur.



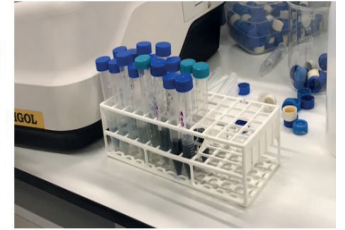
Şekil 26. Fenol tayininde kimyasalların hassas terazide tartılması.



Şekil 27. Lowry çözeltileri.



Şekil 28. Limon kabuğunun standart çözeltileri.



Şekil 29. Tablet içeriğinin standart çözeltileri.



Şekil 30. Fenolik madde tayininde kullanılan Spektrofotometre cihazı (Bursa Teknik Üniversitesi).



Şekil 31. Spektrofotometrik okuma için viyallerdeki numunelerin spektrofotometreye yerleştirilmesi.

Antioksidan Aktivite Tayini

Örneklerin antioksidan kapasitesi (DPPH) tayininde 1995 yılında Williams- Brand ark. tarafından bulunan metot dikkate alınarak yapılmıştır.

Antioksidan Aktivite Tayini İçin Standart ve Çözeltilerin Hazırlanması

Ekstraktların Hazırlanması

1,5 g örnek tartılıp, üzerine 5ml metanol: su (80: 20) eklenerek 3000 rpm de 10 dakika santrifüj

işlemine tabi tutuldu. Bu işlem 3 tekerrürlü olarak yapıldı. Süpernatant kısımları bir kaptaki toplandı. Azot altında kuruluğa kadar buharlaştırıldı. Kalıntı 4 ml metanol: su (80: 20) çözüldü.

Spektrofotometrik okuma için standartlar ve örnekleri içeren çözeltiler hazırlanıp, falkon tüplerine konuldu. Çözeltilerin üzerine 3,9 mililitre DPPH çözeltisi eklendi. 30 dakika ışıksız ortamda bekletildikten sonra spektrofotometre cihazında okuma gerçekleştirildi. Kalibrasyon eğrisi oluşturulduktan sonra örneklerdeki antioksidan kapasite değeri IC_{50} troloks eşdeğeri cinsinden hesaplandı.

Askorbik asit (C Vitamini) tayini analizi

Örneklere ait Askorbik asit miktarı belirlenmesi işlemi Tubitak Butal Laboratuvarı'nda hizmet alımı şeklinde yapılmış; L-askorbik asidin ekstraksiyonu yöntemi uygulanmıştır. İşlem HPLC cihazı yardımıyla yapılmıştır.

Ekstraksiyon Yöntemi

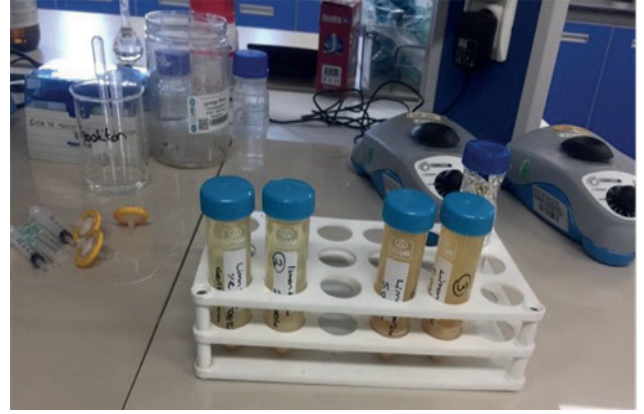
L-askorbik asidin ekstraksiyonu, Chebrolu vd. (2012) tarafından belirlenen prosedür kullanılarak yapılmıştır. Limon kabuğu tozu örnekleri beherglasına alınarak 3 g/100 mL metafosforik asit çözelti 1: 4 (g: g) 1 dakika süreyle 25.000 rpm devirde homojenize edilmiştir. Homojenize edilmiş çözelti ultrasonik banyoda 10 dakika bekletilmiştir. Daha sonra santrifüj cihazında 4500 rpm devirde 15 dakika süresince santrifüj edilmiştir. Çözeltinin süpernatant kısmı uygun boyutta olması için önce filtrelenmiş sonra ölçüm yapılan HPLC viallerine konulmuştur.

Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) Sistemi ve Kromatografik Koşullar

Askorbik asit miktar tayin analizinde kullanılan kromatografik ayırım kriterleri; 120°C, Organik Acid, Thermo Scientific Acciaim™, C18(4,0x2500 mm,5 µm) analitik kolonunda, hareketli faz olarak 100mM Na₂SO₄ kullanılan isokratik koşullarda (kolon sıcaklığı 30 °C, enjeksiyon hacmi 10 µl ,0,6 mL/dk akış hızı olacak şekilde) yapılmıştır. Askorbik asit piki 254 nm dalga boyunda okunmuştur.

Kalibrasyon

Kalibrasyon eğrisinin doğrusallığı, numunenin çalışma aralığı içinde olacak şekilde standartlar enjekte edilerek belirlenmiştir. Standart askorbik asit çözeltisinden, 3g/100mL MPA içinde hazırlanan 10, 20, 50, 100,200 mg/L konsantrasyonlu beş seri seyreltme HPLC sistemine enjekte edilmiştir. Bu askorbik asit çözeltilerine ait değerleri kullanılarak



Şekil 32. Askorbik asit analizi için hazırlanan limon kabuğu ve tablet içeriği çözeltileri.



Şekil 33. Askorbik asit tayinin yapıldığı HPLC cihazı

Mineral madde analizleri

Mineral madde analizi sırasında, mikrodalga fırın (kapalı sistem yaş yakma) yöntemi ve ardından ICP-MS yöntemi kullanılarak tespit edilmesi prensibine göredir. Limon kabuğu tozu ve tablet içeriklerinin ayrı ayrı kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), potasyum (K) mineral madde miktarları ölçülmüştür (Anonim 2007b). Analizlerin bu kısmı Tubitak BUTAL laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Kullanılan cihazlar:

ICP-MS ölçümleri Agilent 7500 cx ICP-MS kullanılarak yapılmıştır. Agilent Technologies ASX-500 Series model oto örnekleyici ile örnekler tüplerden alınmıştır. Çizelge 1'de ICP- MS çalışma koşulları belirtilmiştir.

Çizelge 1. ICP-MS çalışma koşulları (Anonim 2007b)	
Güç	1500 Watt
Püskürtme Oda Sıcaklığı	2 santigrat
Nebülizatör Pompası	0,1
Taşıyıcı gaz	0,91 L/dakika
Örnek derinliği	8 milimetre

Örnek hazırlama ve analiz süreci:

Limon kabuğu tozu ve tablet içeriklerine ait örnekler hassas terazide tartılıp, 0,5 g örnek mikrodalga kapsüllerine konulmuştur. Üzerlerine 4 mL HNO₃ ve 1 mL H₂O₂ eklendikten sonra 15-20 dakika bekletilmiştir. Daha sonra kaplar ağzı kapatılarak Çizelge 2'de belirtilen mikrodalga koşullarında yakma işlemi yapılmıştır. Yakma işlemi için Multiwave Go mikrodalga cihazı kullanılmıştır. Yakma işlemi sonrasında, örnekler soğumaya bırakılmış, ardından içerikleri 50 mL'lik balon jøjeye süzölmüştür. Aynı prosedür izlenerek bir kontrol numunesi hazırlanmıştır. ICP-MS analiz koşullarına uyum sağlamak amacıyla, çözeltiye Hidroklorik asit eklenmiştir. Daha sonra analiz için kontrol ve numuneler uygun porlara sahip membran filtreden geçirilerek HPLC cihazı için viallere aktarılmıştır. Analize hazır hale getirilen ve viallere aktarılan örneklerin miktar analizleri yapılmıştır (Şekil 34, 35, 36).

Çizelge 2. Mikrodalga yakma koşulları (Anonim 2007b)					
Yakma Basamakları	1	2	3	4	5
Basınç (bar)	30	30	30	30	30
Sıcaklık (°C)	150	180	200	100	100
Çıkış süresi (dak.)	5	5	5	1	1
Bekleme süresi (dak.)	5	15	15	1	1
Güç (%)	60	75	80	10	10



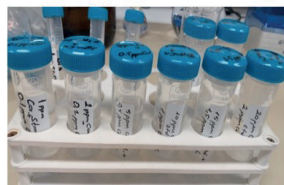
Şekil 34. Mikrodalgada numunelerin yakıldığı kartuş.



Şekil 35. Yakma işlemi gerçekleştirildiği mikrodalga cihazı (BUTAL).



Şekil 36.a. Minerallerin standart çözeltileri.



Şekil 36.b. Minerallerin standart çözeltileri.

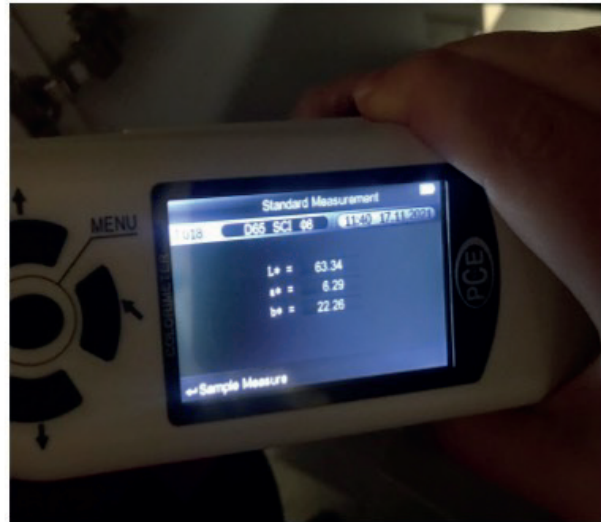


Şekil 37. Mineral miktar tayininde kullanılan ICP-MS cihazı (BUTAL).

Fiziksel analizler

Renk Değişim(L*a*b*) Analizi:

Limon kabuklarının efervesan tablete dönüşüm sürecinde tercih edilen kurutma tekniğinin doğruluğunu renk açısından değerlendirmek için bu analiz yapılmıştır. Limon kabuğu örnekleri ve tablet içeriği renk değerleri Chromometer cihazı ve Data Processor DP-400 kullanılarak L*, a*, b* verileri değerlendirilmiştir. (Şekil 38)



Şekil 38. Numunelerin karanlık ortamda renk analizinin yapılması.

Elde edilen değerlerden açık ve koyu renk değeri L ile, kırmızılılaşma +a değeri, +b değeri sarı rengi belirlemede kullanılmıştır. (Tamer 2017) Numune yüzeylerinde üç farklı noktada, karanlık bir ortamda ölçüm yapılmıştır. Elde edilen tüm verilerin ortalaması alınarak renk değerlerine ait en doğru sonuca ulaşılması hedeflenmiştir.

pH analizi

pH ölçümleri 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır. pH analizi için 2 şer gram limon kabuğu tozu ve tablet içeriği hassas terazide tartılıp, 20 ml saf suya eklenmiştir. Vorteks cihazında (WiseMix VM-10) 5 dakika homojenize edilmiş; ardından 4000 rpm devirde santrifüj işlemine tabi tutulmuştur. Süpernatant süzülerek pH ölçümü yapılmıştır. (Şekil

39) pH metre (Ohaus marka dijital pH ölçer) probu daldırılarak pH metrenin dijital göstergesindeki değerler kaydedilmiştir. Ölçümlerin aynı sıcaklıkta gerçekleştirilmesine özen gösterilmiştir.



Şekil 39. pH ölçümü.

Mikrobiyolojik Analizler

Limon kabuğu tozu ve tablet içeriğinin antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi için disk difüzyon yöntemi kullanılmıştır. (CLSI 2009). 2 şer gram limon kabuğu tozu ve tablet içeriği hassas terazide tartılıp, 20 ml saf suya eklenmiştir. Vorteks cihazında (Heidolph Vortex- Reax Top marka) 5 dakika homojenize edilmiş (Şekil 40); ardından 4000 rpm devirde santrifüj (Universal 320) işlemi yapılmıştır (Şekil 41). Süpernatant süzülerek antimikrobiyal etki ölçülmüş; tablet içeriği ve limon kabuğu tozuna ait zon çapları kıyaslanmıştır. Antimikrobiyal analiz için numune çözeltileri Bursa Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Laboratuvarında hazırlanmıştır.



Şekil 40. Vorteks cihazında numunelerin homojenize edilmesi



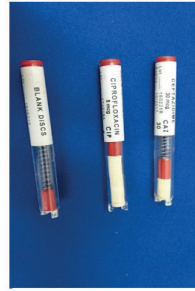
Şekil 41. Numunelerin santrifüj cihazına yerleştirilmesi

Disk Difüzyon Yöntemi

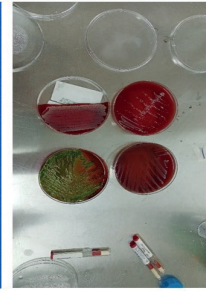
Antimikrobiyal testi için kullanılan bakteri ve mantar örnekleri test öncesi Mueller-Hinton Agar besi yerinde 18 saat veya bir gün süresince etkin hale getirilmiştir. Uygun yoğunlukta alınan test mikroorganizmaları steril eküvyon çubukları ile besi yerine ekilmiştir. (Şekil 45) Daha sonra

antimikrobiyal etkisi incelenecek limon kabuğu örnekleri ile hazırlanan çözeltiler 30µl miktarında blank disklere absorbe ettirilmiş ve kıyaslama için kullanılan antibiyotik diskleriyle birlikte ekimi yapılmış besi yerlerine yerleştirilmiştir. (Şekil 43,44,46,47) İnkübasyon işleminden önce 2 saat 4°C'de bekletilen ekimi yapılan petriler 37°C'ye ayarlanmış etüve alınmıştır. 24 saat inkübasyon süresi sonunda disklerin çevresinde oluşan inhibisyon zonları kumpas yardımıyla ölçülmüş ve mm cinsinden ifade edilmiştir. (Şekil 48,49,50)

Antibiyoqram testinde; bakteriler için Ciprofloxacın (Bioanalyse, 5mcg / disk) ve Candida mantarı için Nystatin (Oxoid, 30µg / disk) antibiyotik diskleri pozitif kontrol grubu olarak kullanılmıştır (CLSI 2009). (Şekil 42) Tüm test mikroorganizmaları için antibiyoqram testi üç tekrarlı olarak yapılmıştır. (Kılınç 2018)



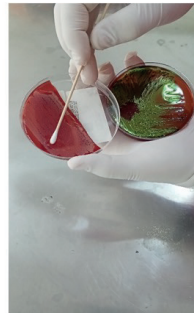
Şekil 42. Mikrobiyolojik testlerde kullanılan antibiyotik diskleri ve boş diskler



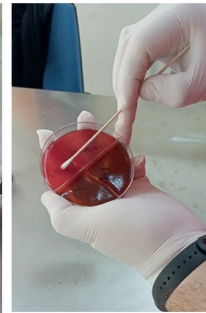
Şekil 43. Mikrobiyolojik testlerde kullanılan bakteri suları



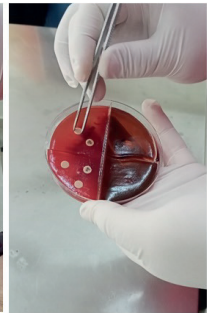
Şekil 44. Sterilize edilmiş öze ile besi yerlerinin pasajlanması



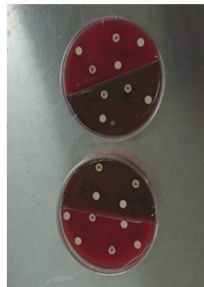
Şekil 45.a. Eküvyon çubuğuyla bakteri ekiminin yapılması.



Şekil 45.b. Besi yerlerine bakteri ekimi.



Şekil 46. Ekimi yapılmış besi yerine içerik emdirilmiş diskler ve antibiyotik disklerinin yerleştirilmesi.



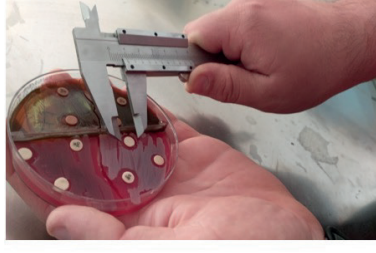
Şekil 47. Diskleri yerleştirilmiş besi yerleri



Şekil 48. Besi yerlerinin etüve inkübasyona bırakılması



Şekil 49. İnkübasyon sonrası oluşmuş zon çapları



Şekil 50. Kumpasla zon çaplarının ölçülmesi

3.BULGULAR

3.1.Fenolik içerik tayini sonuçları

Folin- Ciocalteu yöntemi uygulanarak örneklerin toplam fenol içeriği tespit edilmiştir (Okan vd.2013). Kurutulmuş limon tozunda 68,88 mg GAE/g; limon (standart sapma=4.89) tablet içeriğinde 62,08 mg GAE/g (standart sapma= 1.65) olarak bulunmuştur.

Çizelge 3. Limon kabuğu numunelerinin fenolik madde içerikleri			
mg GAE/g	İşlem görmemiş kabukta	Limon kabuğu tozu	Tablet içeriği
Fenolik madde içeriği	39,7± 0,83 ^{ab}	68,88± 4,89 ^{ab}	62,08±1,65 ^{AB}

(p<0.05). Sonuçların istatistiki değerlendirilmesinde Duncan testi kullanılmış;3 değerın ortalaması alınarak değerler ifade edilmiştir.

Limon kabuklarından efervesan tablet oluşum sürecinde fenolik madde miktarında artış tespit edilmiştir. Kurutulmamış limon kabuklarındaki toplam fenolik madde miktarı 39,7 mg GAE/g kuru madde iken, limon kabuğu tozunda 68,88 mg GAE/g, tablet içeriğinde ise 62,08 mg GAE/g aralığında tespit edilmiştir.

Artış oranı: Kurutulmuş kabukta %73,50; tablet içeriğinde ise %56,37 olarak tespit edilmiştir.

3.2.Askorbik asit

Vitamin C (askorbik asit) antioksidan özelliğe sahip olup, taze meyvelerde bulunmaktadır. Laboratuvar koşullarında üretilen askorbik asidin büyük bir kısmı gıda endüstrisinde kullanılmaktadır (Çakmakçı vd.1992). Kurutulmuş limon kabukları ve tablet içeriğinin C vitamini miktarları Çizelge 4'te verilmiştir. Limon kabuğu tozu ve tablet içeriğinin C vitamini miktarı 163-185 mg/100g arasında değişmekte olup; limon kabuklarının C vitamini miktarları istatistiksel açıdan yakın değerlerde bulunmuştur (p>0.05). Taze limon kabuklarında askorbik asit miktarı 288,96 iken limon kabuğu

tozunda 163mg/100g, tablet içeriğinde 185 mg/100 g olarak bulunmuştur. Kurutma sonucu C vitamini miktarında azalma saptanmıştır.

Çizelge 4. Limon kabuğu numunelerinde L-Askorbik asit (Vitamin C) içeriği

mg/100g	İşlem görmemiş kabukta	Limon kabuğu tozu	Tablet içeriği
Askorbik asit içeriği	288,96 ±6,5 ^a	163±7,6 ^b	185 ± 3,8 ^c

mg/100 g cinsinden sonuçlar 3 paralelin ortalaması alınarak, ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

3.3.Antioksidan kapasite

Antioksidan kapasite değerleri çizelge 5 'te sunulmuştur.

Çizelge 5. 'Fibonacci Sayıları Aracılığıyla Sayma' Teoremi Algoritması

µmol TE/g	İşlem görmemiş kabukta	Limon kabuğu tozu	Tablet içeriği
	181,7 ±0,56	28.78±0. 36	27,90 ± 5,9

(p<0.05)

Taze limon kabuklarındaki antioksidan aktivite değeri 181,7 ±0,56 µmol TE/g kuru madde iken, limon kabuğu tozunda 28.78±0. 36 µmol TE/g; tablet içeriğinde ise 27,90 ± 5,9 µmol TE/g olarak ölçülmüştür. Kurutma işlemi sırasında %84,16; tablet yapımı sırasında ise %84,64 düşüş meydana gelmiş olup; numuneler bu açıdan benzerlik göstermektedir.

3.4.Mineral analizi

Mineral madde içeriği taze limon kabuğu, kurutulmuş limon kabuğu tozu ve tablet içeriği arasında kıyaslama yapıldığında kurutulmuş ve tablet içeriği numunelerinin değerleri birbirine yakın bulunmuş olup; taze limon kabuklarından düşük değerdedir. Mg için %81, Ca için %82, K için %80 azalma olmuştur. Sonuçlar çizelge 6'da görülmektedir.

Çizelge 6. Mineral madde içerikleri			
Mineral(m-g/100g)	Ölçüm Sonucu / Ortalama \pm s		
Örnek	İşlem görmemiş kabukta	Limon kabuğu tozu	Tablet içeriği
Magnezyum	142,29 \pm 0,008	25,8 \pm 1,6	27,7 \pm 0,4
Kalsiyum	845,25 \pm 0,050	143,4 \pm 2,7	146,7 \pm 3,8
Potasyum	860,0 \pm 0,025	166,3 \pm 5,2	165,5 \pm 4,9

\pm standart sapmayı göstermektedir.

3.5. L*a*b* analiz sonuçları

Sabit kurutma şartlarında (50°C/180 W) kurutulmuş limon kabuğu tozu ve aynı koşullarda hazırlanan tablet içeriği örneklerine ait L*, a*,b* değerleri Çizelge 7,8 ve 9'da verilmiştir.

Çizelge 7. Kurutulmuş limon kabuğu tozu ve tablet içeriği örneklerine ait L* değerleri ve yüzde değişimleri			
	İşlem görmemiş kabuk	Limon kabuğu tozu	Tablet içeriği
L* değeri	67,87 \pm 0,26	73,91 \pm 0.24 ^a	72,34 \pm 0.5 ^d
%Değişim oranı		%5,86	%3,53

(p<0,05)

Taze limon kabuklarının L* değeri 67,87 olarak bulunmuştur. Limon kabuğu tozuna ait L* değerleri ölçüm sonuçları 71,39-75,45 aralığındadır. Kurutulan örneklerin L* değeri artış göstermiştir. Tablet içeriğindeki L*değerleri 70,64-74,68 arasında değişiklik göstermiştir. Limon kabuklarının a*değerleri 9,07 ile 10,18 arasında; tablet içeriğinin ise 6,29 ile 7,76 arasında değişmiştir. Tablet hazırlanması sırasında a* değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır. (p<0,05). Limon kabuğu örneklerinin ve tablet içeriğinin a* değerleri Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8. Kurutulmuş limon kabuğu tozu ve tablet içeriği örneklerine ait a* değerleri ve yüzde değişimleri			
	İşlem görmemiş kabuk	Limon kabuğu tozu	Tablet içeriği
a* değeri	6,27 \pm 0,43	9,50 \pm 0.24 ^b	6,96 \pm 0.28 ^c
%Değişim oranı		%51,51	%11,00

(p<0,05)

Taze limon kabuğunda b* değeri Numunelerimizde b* değerlerinde kurutma sonrası ve limon kabuğu tozlarının tablet içeriğine dönüşümü sırasında azalma belirlenmiştir. Limon kabuğu tozunda b* değeri 27,19 -29,15 arasında değişirken tablet içeriğinde ise 22,26-25,49 arasındadır. Kurutma esnasındaki kararlamalar bu duruma yol açmış olabilir.

Çizelge 9. Kurutulmuş limon kabuğu tozu ve tablet içeriği örneklerine ait b* değerleri ve yüzde değişimleri			
	İşlem görmemiş kabuk	Limon kabuğu tozu	Tablet içeriği
b* değeri	57,02 \pm 0,97	28,24 \pm 0.35 ^a	23,35 \pm 0.79 ^d
%Değişim oranı		%50,47	%59,04

(p<0,05)

3.6.pH testi sonucu

Numunelerin pH değerleri 4,3-4,8 arasında değişmekte olup; limon kabuğu örnekleri arasında pH değerleri üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamıştır. (p<0.05).Taze ,kurutulmuş özellikteki limon kabuğu örnekleri ve tablet içeriğine ait pH değişimleri Çizelge 10'da görülmektedir.

Çizelge 10. Limon kabuğu numunelerinin pH ölçüm değerleri			
Örnek	İşlem görmemiş kabukta	Limon kabuğu tozu	Tablet içeriği
pH	4,6 \pm 0,20	4,43 \pm 0,152	4,74 \pm 0,01

\pm standart sapmayı göstermektedir

3.7. Antimikrobiyal aktivite

Limon kabuğu tozu ve limon kabuğu tozu tablet içeriğinin antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi disk difüzyon yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Limon kabuğu tozu ve tablet içeriği çözeltilerinin test mikroorganizmalarının üremelerini inhibe edici etkileri Çizelge 11'de görülmektedir. Antibiyogram testi sonuçlarına göre; numunelerin antimikrobiyal etkili olduğu,

limon kabuğu tozunun tablet içeriğine göre daha fazla etkili olduğu bulunmuştur. *S. epidermidis* ATCC 12228, *E. faecalis* ATCC 29212 'e karşı daha yüksek antimikrobiyal etkisi olduğu saptanmıştır.

Çizelge 11. Limon kabuk tozu ve tablet içerik çözeltilerinin antimikrobiyal aktivitesi (Disk difüzyon testi)				
Mikroorganizmalar / İnhibisyon zonu (mm)*	L.K.T	T.İ	CF	NYS
<i>S. aureus</i> ATCC 25923	15±0.4	15±0.3	19±0.8	-
<i>S. epidermidis</i> ATCC 12228	19 ±0.6	19±0.8	21±0.6	-
<i>E. faecalis</i> ATCC 29212	19 ±1.2	19±0.7	18±0.5	-
<i>B. cereus</i> ATCC 7064	15 ±0.7	15±0.4	16±0.2	-
<i>E. coli</i> ATCC 25922	14±0.4	10±0.1	15±0.2	-
<i>C. albicans</i> ATCC 10239	14 ±0.5	11±0.2	-	18±0.1

L.K.T: Limon Kabuğu Tozu; T.İ: Tablet içeriği; NYS: Nystatine (30 µg/disk) CF; Ciprofloxacın(5 mcg/disk), Disk çapı (6 mm), Ortalama± standart sapma

Tüm deney organizmalarına karşı üremeyi inhibe edici etki saptanmıştır. İnhibisyon zon çapları pozitif kontrol grubu olan antibiyotik disklerine yakın değerlerde olduğu görülmektedir. (Çizelge 11) Limon kabuğu tozuna ait zon çapları 14-19 mm; tablet içeriğinin zon çapları ise 11- 19 mm arasında değişmektedir.

4.SONUÇ ve TARTIŞMA

Kullanım yelpazesi ve zaman aralığı en geniş turuncgil olan limon kabuğunun atık oranı da yüksek olduğu için değerlendirmek için tercih edilmiştir. Çalışmamızda kurutma esnasında gözlenen değişimler analiz edilmiş; biyoaktif bileşenlerce zengin içeriğin kolay ve etkili kullanımı için efervesan tablet yapılabileceği deneysel olarak kanıtlanmıştır. Literatürde limon kabuğunun kullanım alanları mevcut olup; bunlara alternatif sunulmaya çalışılmıştır.

Limon kabuğunda bulunan biyoaktif bileşenlerin atılmasının önüne geçilip; pratik bir şekilde ulaşılabilir ürün fikri sunulmaya çalışılmıştır. Zira kabuğun faydaları bilinmektedir fakat kabukları biriktirip yararlanılabilir hale getirilmeyip ev ve gıda sektöründe çöpe atılmaktadır. Tablet hazırlanırken

uygulanan işlemler sırasında kayıplar alternatif kurutma yöntemleriyle minimuma indirilebilir. Piyasada C vitamini ve Ca, Mg içerikli efervesan tabletler mevcuttur. Bahsedilen ürünlerden çalışmada yapılmaya çalışılan tablette kabuğun albedo tabakası da kullanıldığı için pektin maddesi de mevcuttur. Analiz numuneleri hazırlanırken öğütülmüş kabuklar manyetik karıştırıcıda su ile muamele edilirken jelleşmiş olup; bu durumu kanıtlar niteliktedir. İlaç kategorisinde olmayan ürünümüzün insan üzerinde duyuşsal analiz dahil deneyleri yapılmamıştır. Çalışmamız tavsiye niteliğinden öteye geçmemektedir.

Toplam fenolik madde miktarı değerleri incelendiğinde limon kabukları kurutma sonrasında bu değer bakımından artış göstermiştir. Taze limon kabuklarındaki toplam fenolik madde miktarı 39,7 mg GAE/g kuru madde iken, limon kabuğu tozunda 68,88 mg GAE/g, tablet içeriğinde ise 62,08 mg GAE/g aralığında tespit edilmiştir.

Artış oranı: kurutulmuş kabukta %73,50; tablet içeriğinde ise %56,37 olarak ölçülmüştür. Bu artışın nedeni; hücrelerde bağlı bulunan fenolik maddelerin ısıyla birlikte ayrışma reaksiyonlarını hızlandırdığı düşünülmektedir. Yapılan literatür taramasında çalışmalar incelendiğinde; portakal, limon ve mandalina kabukları ile yapılan bir çalışmada, kabuklara sonikasyon uygulaması sonucunda elde edilen toplam fenolik madde içeriklerinin sırasıyla 66,36 mg GAE/g ,74,80 mg GAE/g ve 58,68 mg GAE/g olarak tespit edilmiş (Londono vd. 2010); portakal kabuklarının aseton ile ekstraksiyonunda toplam fenolik madde içeriğinin 10,5 mg GAE/g ve etil asetat ekstraksiyonunda ise 6.8 mg GAE/g olduğunu saptanmıştır (Obob vd. 2012). Farklı tatlı portakal çeşitleri ile yapılan bir başka çalışmada ise kabuklar farklı çözücülerle (hekzan, etil asetat ve etanol) muamele edilmiş ve elde edilen ekstraktlarda en yüksek fenolik madde verimi etanollü ekstraktlarında (8.85-10.08 g GAE/100 g) saptanmıştır (Fidrianny vd. 2014). (Güzel vd. 2017). Farklı yöntemlerle kurutulan limon kabuklarında toplam fenolik madde miktarı 151.39-227,20 mg GAE/100g km arasında bulunmuştur (Tekgül 2019). Mandalina kabuğu numunelerinde 141 mg GAE /100 g ve 128 mg GAE /100 g olarak fenolik madde içeriği bulunmuştur. (Tokuşoğlu 2018)

Çalışmamızda bulunan sonuçlar, literatürde bulunan toplam fenolik madde değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Tablet içeriğindeki kimyasallar fenolik madde oranını düşürmüş olabileceği düşünülmektedir.

Taze limon kabuklarındaki antioksidan aktivite değeri 181,7 ±0,56 µmol TE/g kuru madde iken, limon kabuğu tozunda 28.78±0. 36 µmol TE/g; tablet içeriğinde ise 27,90 ± 5,9 µmol TE/g olarak ölçülmüştür. Kurutma işlemi sırasında %84,16;

tablet yapımı sırasında ise %84,64 düşüş meydana gelmiş olup; numuneler bu açıdan benzerlik göstermektedir.

Literatürde, meyvelerin en yüksek antioksidan aktivite gösterdiği etanol konsantrasyonlarının meyve çeşidine göre farklılık gösterdiği belirtilmiştir. Singh vd. (2014) tarafından greyfurt, portakal ve limon kabuklarının antioksidan kapasiteleri (DPPH) karşılaştırıldığında en yüksek antioksidan kapasite için sırasıyla greyfurt, limon ve portakal kabuğuna ait olduğu ifade edilmiştir.

Mandalina kabuğu numunelerinde %27,10 ve %26,56 olarak bulunmuştur. (Tokuşoğlu 2018) Antioksidan kapasite sonuçlarımız mandalina kabuğu değerlerinden yüksek çıkmış olup; kabuk içeriklerinin farkından kaynaklanmaktadır. (Çizelge 5)

Limon kabuk tozu ve tablet içeriği antioksidan kapasite ve fenolik madde içeriği açısından kıyaslandığında kurutma sonrasında örneklerde antioksidan aktivite değerlerinde düşüş meydana gelirken, fenolik madde miktarı açısından artış tespit edilmiştir.

Kurutulmamış limon kabuklarında askorbik asit miktarı 288,96 iken limon kabuğu tozunda 163mg/100g, tablet içeriğinde 185 mg/100 g olarak bulunmuştur.

Yapılan literatür taramasında portakal, limon ve greyfurt kabuklarının askorbik asit miktarlarının 425-650 ppm (Ali vd.2010) arasında olduğu tespit edilmiştir. Örneğin çeşitli portakal türlerine ait kabuklarda etil alkol ekstraksiyonu ile 21-37 mg/100g (Fidrianny vd. 2014), N- heksan çözeltisi ekstraksiyonu ile 509,5 mg/100 g (Fidrianny vd.2015) olarak ifade edilmiştir. Mohammed vd. (2013) yaptığı çalışmada limonun askorbik asit miktarını 700 ppm olarak bulmuşlardır. Tokuşoğlu,2018'e ait çalışmada C vitamini (Askorbik asit) mandalin tablette 89,3 mg/100 g; mandalina kabuk tozunda ise 216,4 mg/100 g olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4 'te görüldüğü gibi kurutulmuş limon kabuğunda 163 mg/100g; limon kabuğu tozundan üretilen tablette ortalama 185 mg/100g Askorbik asit ölçülmüştür. Askorbik asit ısıya karşı duyarlı bir vitamin olup, limon kabukları kurutulurken bir kayıp yaşandığı; tablet içeriğine katılan kimyasallar sebebiyle kısmen de olsa artış sağlandığı söylenebilir. Kabuk tozu ve tablet içeriğinin değerleri paralellik göstermekle birlikte portakal ve mandalina kabuğu ile yapılan çalışmalara yakın değerlerde bulunmuştur. Tekgül(2019)'nin çalışmasında ise Vakumlu infrared kurutucu marifetiyle kurutulan kabukların C vitamini içeriği (245,78 mg/g km) en yüksek değerde bulunurken; mikrodalga cihazında kurutulmuş kabukların C

vitamini miktarı en düşük (103,66 mg/g km) olarak bulunmuştur. Sonuçlarımız mikrodalga kurutma yöntemine göre daha verimli; vakumlu infrared kurutma tekniğine göre daha düşüktür. Bu durumda farklı ölçüm değerlerinin ekstraksiyon yönteminin, limon cinsinin, hasat süresinin ve numunelerin deneyde bekletmeden kullanımının, kurutma tekniği, sıcaklığı ve süresinin farkının etkili olduğu söylenebilir.

Mineral madde içeriği taze limon kabuğu, kurutulmuş limon kabuğu tozu ve tablet içeriği arasında kıyaslama yapıldığında kurutulmuş ve tablet içeriği numunelerinin değerleri birbirine yakın bulunmuş olup; taze limon kabuklarından düşük değerdedir. Mg için %81, Ca için %82, K için %80 azalma olmuştur. Isıl işlemin kabuğun sıvı içeriğindeki nitelik ve nicelik değişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. (Çizelge 6) Tokuşoğlu (2018)'in yaptığı çalışmada mandalina kabuğu tozunda kalsiyum, potasyum, magnezyum, alüminyum, fosfor mineral içeriklerini(mg/kg) sırasıyla 4616,0; 2988,4; 417,2; 4,0; 367 mg/kg bulunmuştur. Çalışmamızda tespit edilen mineral madde bileşenleri daha düşük bir seviyede bulunmuştur. Bu durum kurutma tekniği ve bitki içerik farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Potasyum ve kalsiyum majör element olarak dikkat çekmektedir.

Renk analiz sonuçları incelendiğinde limon kabuğu tozu ve tablet içeriklerinde L* değerlerimizde artış yani renkte açılma; a* değerleri bakımından kurutma sonucu kırmızılık değerleri artıp; tablete dönüşünce azalmıştır. b* değerlerinde ise yani sarılık değerlerinde azalma tespit edilmiştir.

İşlem görmemiş limon kabuklarının L* değeri 69,87 olarak bulunmuştur. Limon kabuğu tozuna ait L* değerleri ölçüm sonuçları 71,39-75,45 arasında değişmektedir. Örneklerin kurutulmasıyla birlikte L* değerinde artış meydana gelmiştir. Tablet içeriğindeki değerler 70,64-74,68 arasında değişiklik göstermiştir. Tablete eklenen kimyasallar ve ısıl işlem sebebiyle L* değerinde artış gözlenmiştir. Yapılan bir çalışmada vakumlu mikrodalga cihazında kurutulan kekik örneklerinin parlaklık değerlerinin tepsili kurutucuda kurutulan örneklerine göre parlaklık değerinden daha yüksek olduğunu ifade etmiştir (Yousif vd.2000). Kurutma yöntemlerinin ürünlerin renk değerleri üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada dondurularak ve tepsili kurutucu kullanılarak kurutulan mantar dilimleri karşılaştırılmıştır. Dondurularak kurutulmuş mantar örneklerinin daha parlak olduğu ifade edilmiştir (Argyropoulos vd. 2011). Çalışmamız kapsamında elde edilen L* değeri sonuçlarının daha önce yapılan çalışmalar ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Baysal vd. (2003) havuç dilimlerini mikrodalga

cihazında kuruttuğunda örneklerin a* değerinin azaldığını tespit etmiştir. Guiné ve Barroca (2012) tarafından yürütülen bir çalışmada yeşilbiber ve kabak ve örnekleri tepsili kurutucuda kurutulduğunda, örneklerin kurut a* değerlerinin arttığını bulmuştur.

Karabulut vd. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada kayısı örnekleri açık havada kurutulmuş ve örneklerin a* değerinin 4,5' den 11,2'ye yükseldiği belirtilmiştir. a* değerinin artışı Maskan (2000), yaptığı çalışmada sıcak hava, mikrodalga ve sıcak hava mikrodalga cihazlarını kullanarak yaptığı kurutma işleminde muz dilimlerini L*, a*, b* ve ΔE* değerlerine göre incelemiştir. Taze örneğin L*değeri 71,01 iken, kurutma işlemi sonrasında bu değerleri 40,815-62,08 şeklinde bulmuştur. Taze örnekte 3,96 olan a* değerinde kurutma sonrasında artış olduğunu tespit etmiştir. Bu değişimlerin enzimatik reaksiyon kaynaklı olmadığı, kurutmaya bağlı esmerleşme olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Örneklerin b* değerleri kurutma işlemleri sonucunda artmıştır. Bunun sonucunda örneğin sahip olduğu sarılık değeri yükselmiştir. (Uysal 2019)

Çalışmamıza ait sonuçlarla kıyaslanırsa; L* değerlerimiz bu sonucun aksine artmış; a* değerleri ise kurutma sonucu artıp; tablete dönüşünce azalmıştır. b* değerleri de azalmış olup bu çalışmayla farklılıklar göstermiştir.

Limon kabukları kurutulduğunda pH değerleri 4,74 'ten 4,6 ya; tablet haline dönüştüğünde 4,43 'e düşmüştür. Bu değişimde kurutma esnasında kabuk yapısındaki bileşenlerin buharlaşması; tablet içeriğine eklenen kimyasal maddelerin neden olduğu söylenebilir.

Mandalina kabukları ile yapılan bir çalışmada; mandalina kabuğu tozu numunelerinde pH değerleri 3.03 ve 2,74 olarak ölçülmüştür. (Tokuşoğlu 2018). Limon kabukları ile yürütülen bir çalışma sırasında pH değerleri 5,62-5,95 şeklinde bulunmuştur. (Tekgül 2019) Çalışmamızda pH değerleri limon kabuğu tozunda ortalama 4,6; tabletimizde ise 4,43'tür. Bu değerlerin mandalina kabuğu değerlerine göre daha az asidik oluşu olumlu karşılanmakta; kurutma tekniğindeki farklılık, limon kabuğu bileşiminin farklı oluşu, üretim sırasında albedo tabakasını da kullanmamız etkili olmuştur. Limon kabuğu ile yapılan çalışmaya (Tekgül 2019) göre daha asidik pH değeri çıkmasında, kabuktaki asidik bileşenlerin daha az kaybı ve kurutma tekniğinin farklılığı etkili olmuştur.

Çalışma sonuçlarına göre limon kabuğu tozu ve tablet içeriğinin antimikrobiyal etkisinin olduğu; pozitif kontrol grubunu oluşturan antibiyotik disklerine göre daha dar bir zon çapı olduğu; limon kabuğu tozunun tablet içeriğine göre daha

başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Akgül ve Kıvanç (1989)'da defne, nane, kimyon ve rezene uçucu yağlarının *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* ve *Proteus vulgaris* bakterilerinin üremelerini inhibe ettiği sonucuna varmıştır. Altuğ ve Karapınar (1998)'da defneyaprağı ekstraktının *S. aureus* bakterisinin üremesini inhibe ettiğini tespit etmiştir.

Mejholm ve Dalgaard (2002)'de materyal olarak kullandığı bakterinin inhibisyonunda en etkili antibakteriyel etkiyi mercanköşkü ve tarçından esansiyel yağın gösterdiğini; bu bitkileri sırasıyla limon otu, kekik, karanfil, defne, keklik otu, adaçayı ve fesleğen yağın takip ettiğini ifade etmişlerdir.

Campo vd. (2000) tarafından yapılan çalışmada kullanılan biberiye ekstraktının

Escherichia coli, *Erwinia carotovora* ve *Salmonella enteritidis* türü bakteriler üzerine antimikrobiyal etkisi olmadığı fakat *Bacillus cereus*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Streptococcus mutans*'ın üremelerini inhibe ettiği saptanmıştır. Ekstraktların her bakteri için

farklı engelleyici etkisinin olması, bakteri ve mantarların hücre yüzeyindeki reseptör

farklılığı; hücre duvarı kalınlığı farkına göre değişiklik göstermektedir. Limon kabuğundaki

fenolik bileşen oranı tablet hazırlanırken eklenen kimyasallar sebebiyle azalmakta; bu

nedenle antimikrobiyal etki kısmen azalmıştır.

Pandey vd (2011) yapmış oldukları çalışmalarında, limon kabuklarından hazırladıkları etil asetat, metanol, etanol ve su ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitelerini belirlemek amacıyla agar difüzyon yöntemini kullanmışlardır. En yüksek antimikrobiyal aktiviteyi *P. aeruginosa* bakterisine karşı metanol ekstraktının gösterdiğini belirtmişlerdir.

Daha önce yapılan araştırmalarda bitkilerden hazırlanan ekstraktların antimikrobiyal etkilerinin bakteri türlerine göre farklılık gösterdiği bulunmuştur. Ulaşılan bulgular, çalışmamızda limon kabuğu tozu çözeltisinin tablet içeriğinden elde edilen çözeltiye göre test mikroorganizmaları üzerinde daha fazla inhibe edici etki göstermesi açısından paralellik göstermektedir.

Taze limon kabuklarının etüvde kurutulup; tablete dönüşümü sırasında fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimler kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu literatür çalışmaları ile

kıyaslandığında anlaşılmıştır. Köpürme testi sonucunda hedeflenen efervesan tablet örneğinin yapılabildiği deneysel olarak tespit edilmiştir. Limon kabuklarının daha ileri Ar-Ge çalışmaları ile efervesan tablete dönüşüp; değerlendirilmesi sağlanabilir.

Sınırlılıklar: Çalışmamızda limon kabukları biyoaktif bileşenlerin en az etkileneceği sıcaklık olan 50 °C'de etüvde kurutulmuştur. Diğer kurutma yöntemleri olan açık havada kurutma, vakumlu kurutma ve liyofilizasyon ile kurutularak sonuçlar kıyaslanabilir.

TEŞEKKÜR

Efervesan tablet basımı aşamasında cihazları ve laboratuvarı kullanma imkanı sağlayan Ege Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Öğretim Üyesi Dr. Sakine Tuncay TANRIVERDİ hocamıza, fiziksel analizlerin yapımı sırasında laboratuvarı ve cihazları kullanma anlamında destek sağlayan Bursa Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Rasim Alper ORAL hocamıza, kimyasal analizlerin yapımı aşamasında çalışmamıza destek veren Tubitak BUTAL laboratuvarı görevlisi Dr. Güler ÇELİK hocamıza, mikrobiyolojik analizler sırasında yardımlarını esirgemeyen Gemlik Devlet Hastanesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı Biyolog Burhan KILIÇ' a teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

Akgül, A., Kıvanç, M. (1989). "Sensitivity of four foodborne moulds to essential oils from Turkish spices, herbs, and citrus peel". (Journal of the Science of Food and Agriculture, 47), 129-132. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740470115>

Ali, J., Abid, H., Hussain, A. (2010). "Study of some macronutrients composition in peels of different citrus fruits grown in NWFP. "(Journal of the Chemical Society of Pakistan, 32)(1), 83-86.

Alkaya, E., Ergüder, T. H., Demirer, G. N. (2010). "Effect of operational parameters on anaerobic co-digestion of dairy cattle manure and agricultural residues: A case study for the Kahramanmaraş region in Turkey."

Al-Saadi, N. H. M., Ahmad, N. S., Saeed, S. E. (2009). "Determination of some chemical compounds and the effect of oil extract from orange peel on some pathogens". (Journal of Kerbala University, 7) (2), 33-39.

Altuğ, S. E., Karapınar, M. E. (1988). "Sensitivity of some common food poisoning bacteria to thyme, mint, and bay leaves." (International Journal of Food Microbiology, 3)(6), 349-354.

Anonim. (1992). (TS 1466 Kasım 1992, 1. Baskı). Türk Standartları Enstitüsü.

Anonim. (2007b). "Trace elements As, Cd, Hg, Pb and other elements. Determination by ICP-MS after pressure digestion." (Newsletter for the Nordic Committee on Food Analysis NMKL Method) (No. 186).

Argyropoulos, D., Heindl, A., Muller, J. (2011). "Assessment of convection, hot-air combined with microwave-vacuum, and freeze-drying methods for mushrooms with regard to product quality." (International Journal of Food Science and Technology, 46), 333-342.

Ashoush, I. S., Gadallah, M. G. E. (2011). "Utilization of mango peels and seed kernels powders as sources of phytochemicals in biscuit." (World Journal of Dairy Food Sciences, 6)(1), 35-42.

Baldwin, E. A. (1993). "Citrus. In Biochemistry of fruit ripening" (pp. 107-159).

Baysal, T., Icier, F., Ersus, S.; Yıldız, H. (2003). "Effects of microwave and infrared drying on the quality of carrot and garlic" (European Food Research and Technology, 218), 68-73.

Baysal, T., Demirdöven, A., Rayman, A. (2011). "Effects of electrical pre-treatment applications on yield and quality of grape juice". (Gıda, 36)(3), 145-152.

Belitz, H. D., Grosch, W. (1999). "Fruits and fruit products. In D. Hadziyev (Ed.)", 8Food chemistry) (pp. 748-799). Springer-Verlag.

Büyüktuncel, E. (2013). "Toplam fenolik içerik ve antioksidan kapasite tayininde kullanılan başlıca spektrofotometrik yöntemler"

Canan, İ., Gündoğdu, M., Seday, U., Oluk, C. A., Karşahin, Z., Eroğlu, Ç. E., Yazıcı, E., Ünlü, M. (2016). "Determination of antioxidant, total phenolic, total carotenoid, lycopene, ascorbic acid and sugar contents of Citrus species and mandarin hybrids". (Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 40), 894-899.

Cesur, H. (2014). "Kurutulmuş turuncgil kabuklarının kefirin bazı mikrobiyal, kimyasal ve fiziksel özelliklerine etkisi" (Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

Chung, S. W. (2018). "How effective are common household preparations on removing pesticide residues from fruit and vegetables". (Journal of the Science of Food and Agriculture, 98) (8), 2857-2870. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8821>

CLSI. (2009). "Performance standards for antimicrobial susceptibility testing, nineteenth informational supplement. Approved Standard M100-S19". (Clinical Laboratory Standards Institute).

Campo, J., Amiot, M. J., Nguyen-The, C. (2000). "Antimicrobial effect of rosemary extracts". (Journal of Food Protection, 63), 1359-1368.

Fidrianny, I., Harnovi, M., Insanu, M. (2014). "Evaluation of antioxidant activities from various extracts of sweet orange peels using DPPH, FRAP assays and correlation with phenolic, flavonoid, carotenoid content". (Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, 7)(3), 186-190.

Friedman, M., Levin, C. E. (2009). "Analysis and biological activities of potato glycoalkaloids, calystegine alkaloids, phenolic compounds and anthocyanins" (. In J. Singh; L. Kaur (Eds.), (Advances in Potato Chemistry and Technology) (pp. 127-161).

Goodrich, R. (2003). "Lemons. In Encyclopaedia of Food Sciences and Nutrition" (2nd ed., pp. 1354-1359). Elsevier.

Guiné, R. P. F., Barroca, M. J. (2012). "Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper)." (Food and Bioproducts Processing, 90), 58-63.

Güzel, M., Akpınar, Ö. (2017). "Turuncgil kabuklarının biyoaktif bileşenleri ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi." (Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7)(2), 153-167.

Harborne, J. B. (1982). (Introduction to ecological biochemistry". Academic Press.

İpçi, K., Öktemer, T., Birdane, L. (2019). "Effervescent tablets: A safe and practical delivery system for drug administration." (Journal of Marmara University, 60) (1), 48-59. <https://doi.org/10.2399/jmu.2016001009>

Janati, S. S. F., Beheshti, H. R., Feizy, J.; Fahim, N. K. (2012). "Chemical composition of lemon (Citrus limon) and peels its considerations as animal food." (Gıda, 37) (5), 267-271.

Karabulut, I., Topçu, A., Duran, A., Turan, S., Öztürk, B. (2007). "Effect of hot air drying and sun drying on color values and β -carotene content of apricot (*Prunus armeniaca* L.). (LWT- Food Science and Technology, 40), 753-758.

Katsanidis, E., Addis, P. B. (1999). "Novel HPLC analysis of tocopherols and cholesterol in tissue." (Free Radical Biology and Medicine, 27)(11-12), 1137-1140.

- Kılınç, B., Yalçın, H. T., Sürengil, G. (2018). "Meyve kabuklarının antimikrobiyal özellikleri ile yenilebilir film üretiminde kullanım potansiyelinin belirlenmesi". (Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 8) (1), 144–157. <https://doi.org/10.31466/kfbd.436317>
- Kris-Etherton, P. M., Hecker, K. D., Bonanome, A., Coval, S. M., Binkoski, A. E., Hilpert, K. F., Griel, A. E., Etherton, T. D. (2002). "Bioactive compounds in foods: Their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer". (The American Journal of Medicine, 113), 71-88.
- Kumar, P. S., Suresh, E., Kalavathy, K. (2013). "Review on a potential herb *Calotropis gigantea* (L.) R. Br." (Scholars Academic Journal of Pharmacy) (2), 135-143.
- Larrauri, J. A., Ruperez, P., Saura-Calixto, F. (1999). "New approaches in the preparation of high dietary fiber from fruit by-products. (Trends in Food Science Technology, 29), 729–733.
- Lim, Y. Y., Lim, T. T., Tee, J. J. (2006). "Antioxidant properties of guava fruit: Comparison with some local fruits". (Sunway Academic Journal, 3), 9–20.
- Londono, J. L., Lima, V. R., Lara, O., Gil, A., Pasa, T. B. C. (2010). "Clean recovery of antioxidant flavonoids from citrus peel: Optimizing an aqueous ultrasound-assisted extraction method". (Food Chemistry, 119), 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.045>
- Lopez, A. D., Murray, C. (1998). "The global burden of disease" (Nature Medicine, 4), 1241–1243. <https://doi.org/10.1038/3218>
- Lopez-Cervantes, J., Sanchez-Machado, D. I., Rios-Vazquez, N. J. (2006). "High-performance liquid chromatography method for the simultaneous quantification of retinol, α -tocopherol, and cholesterol in shrimp waste hydrolysate". (Journal of Chromatography A, 1105) (1-2), 135–139. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2005.12.051>
- Maskan, M. (2000). "Microwave/air and microwave finish drying of banana". (Journal of Food Engineering, 44)(2), 71–78. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00062-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00062-0)
- Mejlhom, O., Dalgaard, P. (2002). "Antimicrobial effect of essential oils on the seafood spoilage microorganisms" (*Photobacterium phosphoreum*) in liquid media and fish products. (Letters in Applied Microbiology, 34), 27–31. <https://doi.org/10.1046/j.1472-765X.2002.01094.x>
- Moon, J. K., Shibamoto, T. (2009). "Antioxidant assays for plant and food components." (Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57), 1655–1666. <https://doi.org/10.1021/jf8035377>
- Neilson, A., Ferruzzi, M., Coulston, A., Boushey, C. (2012). "Bioavailability and metabolism of bioactive compounds from foods. In" (Nutrition in the Prevention and Treatment of Disease) (pp. 407–423). Academic Press.
- Oboh, G., Ademosun, A. O. (2012). "Characterization of the antioxidant properties of phenolic extracts from some citrus peels". (Journal of Food Science and Technology, 49)(6), 729–736. <https://doi.org/10.1007/s11483-012-0278-2>
- Okan, O. T., Varlıbaş, H., Öz, M., Deniz, İ. (2013). "Antioksidan analiz yöntemleri ve Doğu Karadeniz Bölgesinde antioksidan kaynağı olarak kullanılabilir odun dışı bazı bitkisel ürünler." (Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13)(1), 48–59. <https://doi.org/10.17475/kastorman.705023>
- Özer, Ö. (2020). "Farmasotik teknoloji pratik el kitabı" (I–IV, p. 204). Ege Üniversitesi Yayınları.
- Pandey, G., Dixit, S. (2011). "Growth mechanism and optical properties determination of CdS nanostructures." (The Journal of Physical Chemistry C, 115)(36), 17633–17642. <https://doi.org/10.1021/jp204122q>
- Pinzon, K. M., Rodriguez, M. C., Sandoval, E. R. (2013). "Effect of drying conditions on the physical properties of impregnated orange peel". (Brazilian Journal of Chemical Engineering, 30)(3), 667–676. <https://doi.org/10.1590/S0104-66322013000300020>

- Prior, R. L., Wu, X., Schaich, K. (2005). "Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements". (Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53), 4290-4303. <https://doi.org/10.1021/jf0502698>
- Singleton, V. L., Rossi, J. A. (1965). "Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents." (American Journal of Enology and Viticulture, 16), 144-158.
- Song, F., Parekh, S., Hooper, L., Loke, Y. K., Ryder, J. J., Sutton, A. J., Hing, C., Kwok, C. S., Pang, C., Harvey, I. (2010). "Dissemination and publication of research findings: An updated review of related biases". (Health Technology Assessment, 14)(8). <https://doi.org/10.3310/hta14080>
- Tamer, C. (2017). "Kurutmanın portakal kabuğunun fiziksel özelliklerine etkileri" (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tekgül, Y. (2019). "Limon kabuğunun farklı kurutma yöntemleriyle optimum kurutma koşullarının belirlenmesi ve kurutma yöntemlerinin bazı kalite özellikleri ile uçucu bileşenler üzerine etkileri" (Doktora Tezi). Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü.
- Tokuşoğlu, O. (2018). "Innovative mandarin peel effervescent tablet as antioxidant and anticarcinogen food supplement: Bioactive flavanones and phenolic acids by HPLC-DAD and LC-ESI-QTOF-mass spectrometry." (Journal of Food Science and Technology.)
- Turhan, S.; Üstün, N. Ş. (2006). "Doğal antioksidanlar ve gıdalarda kullanımı." (Türkiye 9. Gıda Kongresi), 24-26 Mayıs, Bolu.
- Turhan, İ., Tetik, N., Karhan, M. (2006). "Turunçgil kabuk yağlarının elde edilmesi ve gıda endüstrisinde kullanımı." (Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3), 71-77.
- Uyar, B. B., Sürücüoğlu, S. (2010). "Besinlerdeki biyolojik aktif bileşenler." (Beslenme ve Diyet Dergisi, 38) (1-2), 69-76.
- Uysal, M. B. (2019). "Limon ve portakal kabuklarının sıcak hava, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombinasyonu ile kurutulması" (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi.
- Wang, Y. C., Chuang, Y. C., Hsu, H. W. (2008). "The flavonoid, carotenoid, and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan". (Food Chemistry, 106), 277-284. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.034>
- Wilkins, M. R., Widmer, W. W., Grohmann, K. (2007). "Simultaneous saccharification and fermentation of citrus peel waste by *Saccharomyces cerevisiae* to produce ethanol." (Process Biochemistry, 42), 1614-1619. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2007.06.017>
- Wolfe, K., Wu, X., Liu, R. H. (2003). "Antioxidant activity of apple peels." (Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51), 609-614. <https://doi.org/10.1021/jf020700e>
- Yaman, K. (2012). "Bitkisel atıkların değerlendirilmesi ve ekonomik önemi". (Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 12)(2), 339-348. <https://doi.org/10.17475/kastorman.634178>
- Yapo, B. M. (2009). "Biochemical characteristics and gelling capacity of pectin from yellow passion fruit rind as affected by acid extractant nature".
- Yousif, A. N., Durance, T. D., Scaman, C. H., Girard, B. (2000). "Headspace volatiles and physical characteristics of vacuum-microwave, air, and freeze-dried oregano" (*Lippia berlandieri* Schauer). Journal of Food Science, 65(6), 926-930. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb16015.x>
- Zambak, Ö. (2015). "Ultras ses ön işleminin sığır bonfile ve tavuk göğüs etlerinin kurutma davranışları üzerine etkisi" (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Şekiller Listesi

Şekil 1.Limon Meyvesi ve Bölümleri

Şekil 2. Mikrobiyolojik testlerde kullanılan bakteri suşları

Şekil-3. Limonların karbonatlı suda yıkanması.

Şekil 4.Limonların soyulması

Şekil-5. Limon kabuklarının kesilip, etüvde kurutulmaya hazır hale getirilmesi

Şekil 6.Kabukların etüvde kurutulması.

Şekil 7. Limon kabuklarının titreşimli elekten geçirilmesi

Şekil 8. Eleme işlemi sonrası 35 mesh boyutuna getirilen limon kabuğu tozu

Şekil 9. Limon kabuğu tozu ve kimyasalların karıştırılması.

Şekil 10. Elenmiş limon kabuğu tozu ve kimyasalların V tipi karıştırıcıya konması.

Şekil 11. Limon kabukları ve kimyasalların V tipi karıştırıcıda karıştırılması.

Şekil-12) Kimyasalların suyunun uçurulması için etüvde ısı ileme tabi tutulması.

Şekil 13. Etüvden çıkan kimyasalların baget ile karıştırılması.

Şekil 14.Kimyasalların kübik karıştırıcıya konulması

Şekil 15.Kimyasalların kübik karıştırıcıda karıştırılması.

Şekil 16. İçeriğin tablet basma cihazı haznesine yerleştirilmesi.

Şekil 17. Manuel ilaç makinesinde tabletin basılması.

Şekil 18.Limon kabuğu ve kimyasalların efervesan tablet halinde basılması.

Şekil 19. İçeriğin efervesan tablete dönüşmesi

Şekil 20.Tabletin köpürme testi.

Şekil 21.Limon kabukları tartılması

Şekil 22.Limon kabuğu tozunun etil alkolle karıştırılıp, fenol tayini için hazırlanması.

Şekil 23. Limon kabuğu tozunun manyetik karıştırıcıda karıştırılıp, etanolde çözünmesi

Şekil 26.Fenol tayininde kimyasalların hassas terazide tartılması.

Şekil 27. Lowry çözeltileri.

Şekil 28.Limon kabuğunun standart çözeltileri.

Şekil 29.Tablet içeriğinin standart çözeltileri.

Şekil 30.Fenolik madde tayininde kullanılan Spektrofotometre cihazı (Bursa Teknik Üniversitesi).

Şekil 31.Spektrofotometrik okuma için viyallerdeki numunelerin spektrofotometreye yerleştirilmesi

Şekil 32. Askorbik asit analizi için hazırlanan limon kabuğu ve tablet içeriği çözeltileri.

Şekil 33.Askorbik asit tayinin yapıldığı HPLC cihazı

Şekil 34.Mikrodalgada numunelerin yakıldığı kartuş

Şekil 35.Yakma işlemini gerçekleştirdiğimiz mikrodalga cihazı (BUTAL).

Şekil 36.a. Minerallerin standart çözeltileri.

Şekil 36.b. Minerallerin standart çözeltileri

Şekil 37.Mineral miktarı tayininde kullanılan ICP-MS cihazı (BUTAL).

Şekil 38.Numunelerin karanlık ortamda renk analizinin yapılması.

Şekil 39. pH ölçümü.

Şekil 40.Vorteks cihazında numunelerin homojenize edilmesi

Şekil 41.Numunelerin santrifüj cihazına yerleştirilmesi

Şekil 42.Mikrobiyolojik testlerde kullanılan antibiyotik diskleri ve boş diskler

Şekil 43. Mikrobiyolojik testlerde kullanılan bakteri suşları

Şekil 44. Sterilize edilmiş öze ile besi yerlerinin pasajlanması

Şekil 45.a. Eküvyon çubuğuyla bakteri ekiminin yapılması.

Şekil 45.b. Besi yerlerine bakteri ekimi.

Şekil 46.Ekimi yapılmış besi yerine içerik emdirilmiş diskler ve antibiyotik disklerinin yerleştirilmesi.

Şekil 47.Diskleri yerleştirilmiş besi yerleri

Şekil 48.Besi yerlerinin etüvde inkübasyona bırakılması

Şekil 49. İnkübasyon sonrası oluşmuş zon çapları

Şekil 50.Kumpasla zon çaplarının ölçülmesi

Çizelgeler Listesi

Çizelge 1. ICP-MS çalışma koşulları	Çizelge 6. Mineral madde içerikleri	Çizelge 11. Limon kabuk tozu ve tablet içerik çözeltilerinin antimikrobiyal aktivitesi
Çizelge 2. Limon kabuğu numunelerinin fenolik madde içerikleri	Çizelge 7. Kurutulmuş limon kabuğu tozu ve tablet içeriği örneklerine ait L* değerleri ve yüzde değişimleri	
Çizelge 3. Limon kabuğu numunelerinde L-Askorbik asit (Vitamin C) içeriği	Çizelge 8. Kurutulmuş limon kabuğu tozu ve tablet içeriği örneklerine ait a* değerleri ve yüzde değişimleri	
Çizelge 4. ICP-MS çalışma koşulları	Çizelge 9. Kurutulmuş limon kabuğu tozu ve tablet içeriği örneklerine ait b* değerleri ve yüzde değişimleri	
Çizelge 5. Limon kabuğu numunelerinin DPPH tekniğine göre antioksidan kapasiteleri	Çizelge 10. Limon kabuğu numunelerinin pH ölçüm değerleri	