

YÜKSEK SICAKLIĞIN VE NEMLİ ORTAMIN FINDIKTAKİ SU VE YAĞ DAĞILIMINA OLAN ETKİSİNİN MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME (MRG) VE NMR RELAKSOMETRE TEKNİKLERİ İLE BELİRLENMESİ

Mete Kilercioglu, Barış Ozel, Çağrı Helin Karaçam, Pelin Poçan, Mecit Halil Öztöp*

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Geliş tarihi / Received: 06.11.2014

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 29.01.2015

Kabul tarihi / Accepted: 09.03.2015

Özet

Düşük nem oranı olan fındık, yüksek nemli bir ortamda muhafaza edildiğinde fazla nemden etkilenerek kalitesinden ödün verebilir. Bu çalışmada, Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) ve Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) Relaksometre teknikleriyle yüksek nemde muhafazanın ve sıcaklığın fındığın kalitesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, kabuklu ve kabuksuz fındıklar 1 ve 3 gün boyunca 80 °C'de su banyosunda bekletilmiştir. Nem oranları kızılötesi nemölçer ile ölçülmüş ve fındıklardaki değişimleri gözlemek için Taramalı Elektron Mikroskobu ile görüntüler elde edilmiştir. NMR T1 (boylamsal) salınım zamanı muhafaza süresince değişim göstermezken; ($p>0.05$) 1. gün ve 3. gün nem içeriği değişimleri sırasıyla % 5.72, % 2.85 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, 1. ve 3. gün kabuklu fındıklarda nem değişimleri sırasıyla, % 6.46 ve % 4.99 olarak bulunmuştur. T2 (enlemsel) salınım değerleri ile nem değişimi birbiriyle ilişkilendirilmiştir. Kabuklu fındıkların nemli ortamda tutulması sonucunda T2 değerlerinde gözlemlenen değişim (% 28.12, % 44.61), kabuksuz fındıklara göre (% 8.15, % 113.57) daha az olmuştur. Çalışmada, MRG ile elde edilen görüntüler ile fındıklardaki su ve yağ dağılımı da kalitatif olarak da incelenmiştir. Bu çalışma, literatürde MRG ve NMR relaksometre tekniklerini kullanarak, fındıkta su ve yağ içeriklerini, dağılımlarını incelemek için yapılan ilk çalışmadır. Sonuçlar bu tekniklerin fındıktaki fiziksel değişimleri yorumlamak için kullanılabilme potansiyeli olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG), Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) Relaksometre, Taramalı Elektron Mikroskobu, nem, sıcaklık, fındık

INVESTIGATING OF THE EFFECT OF HIGH TEMPERATURE AND HUMIDITY ON WATER AND FAT DISTRIBUTION IN HAZELNUTS BY MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI) AND NMR RELAXOMETRY TECHNIQUES

Abstract

As being a low moisture content nut, quality of hazelnuts is affected significantly when stored in a high humid environment. The aim of this study is to explore the effect of storage in a high humid and high temperature environment, on the quality of hazelnuts by using Magnetic Resonance Imaging (MRI) and Nuclear Magnetic Resonance (NMR) Relaxation experiments. For this purpose, hazelnuts with/without shell (air-roasted) were kept in a water bath at 80 °C for 1 and 3 days. Moisture content of the samples was measured using an infrared analyzer and in order to observe the microstructural changes, Scanning Electron Microscopy images were obtained. NMR T1 (longitudinal) relaxation times of hazelnuts did not show any significant change with storage ($p>0.05$). Change in the moisture contents of hazelnuts at the end of 1st and 3rd days were 5.72% and 2.85%, respectively. Moreover, changes in the moisture contents of hazelnuts with shell at the end of 1st and 3rd days were 6.46% and 4.99%, respectively. The change in moisture contents was correlated with the T2-(transverse) relaxation times. For the shell-free hazelnuts both T2 values increased (8.15%, 113.57%) with increasing storage time whereas for the hazelnuts with shells, the increase in T2 values were less (28.12%, 44.61%). In the study MRI was also used to investigate water and fat distribution in hazelnuts qualitatively and quantitatively. This study is the first study in the literature that used MRI and NMR Relaxometry to investigate water and fat distribution in hazelnuts. Results showed that MR imaging and NMR Relaxometry techniques give promising results to interpret the changes in hazelnut physical properties at different environments.

Keywords: Magnetic Resonance Imaging (MRI), Nuclear Magnetic Resonance (NMR) Relaxometry, Scanning Electron Microscopy (SEM), humidity, temperature, hazelnut

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ mecit@metu.edu.tr,

☎ +90 312 210 5632/7327,

☎ +90 312 210 2767

GİRİŞ

Fındık, *Betulaceae* familyasının *Corylus* cinsine dâhil olup kuzey yarımkürenin ılıman bölgelerinde yetişmektedir (1). Fındık üretimi, özel iklim koşulları gerektirdiği için sınırlı sayıda bölgede yapılmaktadır. Fındık yetiştiriciliğinin yapıldığı önemli yerlerden birisi, iklim özelliklerinin oldukça uygun olması sebebiyle ülkemizde bulunan Doğu Karadeniz Bölgesi'dir. Türk fındık çeşitleri *C. avellana* ve *C. maxima*'nın melezlerinden oluşmaktadır (2). Türkiye, fındık üretiminde dünyada 1. sırada gelmekte olup dünya üretiminin %70'ini, dünya fındık ihracatının ise %82'sini sağlamaktadır. Bunu takip eden İtalya ise dünyada fındık üretiminin %20'sini oluşturmakla birlikte dünya fındık ihracatının da %15'ini oluşturmaktadır (3).

Fındık, gıda endüstrisinde oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Unlu mamuller, çikolata ürünleri, şekerleme ve dondurma, fındığın kullanıldığı gıda ürünleri arasındadır. Özellikle, unlu mamul ve şekerleme endüstrisinde kavrulmuş fındık içi büyük oranda kullanılmaktadır (4). Kavrulmuş fındığın kullanılmasının temel sebebi, ürünlere sağladığı aromanın önemli bir role sahip olmasıdır. Fındığın, gıda işleme için belli standartlarda olması gerekmektedir. Bu nedenle yüksek kalitede fındık elde etme amacına uygun fındık bitkileri seçilerek ekimi yapılır. Bu standartlar, şekerleme endüstrisinin ihtiyaçlarına göre belirlenmektedir (5). Fındık % 60.5 oranında yağ içermektedir. Tekli ve çoklu doymamış yağ asidi bileşenlerinden oluşmakta olup bu oranlar %82.8 oleik asit (MUFA) ve %8.9 (PUFA) linoleik asit olarak belirlenmiştir (6).

Endüstride oldukça yaygın olarak kullanılan fındığın taşıma ve saklama koşulları, fındığın standart bir şekilde üretimde kullanılması açısından büyük önem taşımaktadır. Fındık, yapısından dolayı sıcaklık ve nem gibi çevresel faktörlerden oldukça kolay etkilenmektedir. Sıcaklık ve neme maruz kalan fındığın gösterdiği fiziksel ve kimyasal değişiklikler NMR (Nükleer Manyetik Rezonans) tekniği ile belirlenebilmektedir. NMR, tahribatsız ve kesin sonuç veren bir araştırma metodu olması avantajından dolayı gıda maddeleri üzerinde sık kullanılan tekniklerden biridir. Bunun yanı sıra; çabuk veri elde edilmesi, eş zamanlı tespit yapılması ve niceleyici sonuç imkânları mevcuttur (7, 8).

NMR'a dayalı yaklaşımlar kemometrik tekniklerle birleştirilerek birçok gıda ürününün

sınıflandırılmasında ve kimlik doğrulamasının yapılmasında kullanılmıştır. Balzamik sirkesi (9, 10), çay (11, 12), kahve (13), meyve suyu (14), zeytinyağı (15) örnekleri bu çalışmalar arasındadır.

Fındık yağı kullanılarak zeytinyağında yapılan taşışın belirlenmesinde de NMR spektroskopisi önemli bir yere sahiptir. Avrupa komisyonunun ve diğer uluslararası enstitülerin fındık yağının orijinalitesini tespit etmede resmi bir analitik metodunun olmamasına rağmen, bazı kimyasal bileşenlere dayanan kromatografik ve spektroskopik yöntemler kullanılmaktadır. Ancak bunu, istatistik metodlar yardımıyla ¹H ve ³¹P NMR spektroskopisi kullanarak tespit etmek mümkündür (8).

NMR Relaksometre T1 ve T2 zamanlarının ölçülmesine dayanan bir teknik olup bu zamanlar NMR için gerekli RF (Radyo Frekans Dalgaları) sinyalinin kısa süreli uygulaması sonucunda oluşan sinyalin farklı düzlemlerdeki azalış (T2) ve artışını (T1) karakterize eden zaman sabitleridir. T1 *boylamsal salınım*, T2 ise *enlemsel salınım* zamanı olarak bilinmektedir. T1 zamanı eksponansiyel olarak artan bir sinyal eğrisinden elde edilirken, T2 zamanı ise eksponansiyel olarak azalan bir sinyal eğrisinden elde edilir. Bu sinyale Ters Laplas matematiksel transformasyon uygulanması sonucunda relaksasyon spektrası elde edilir (16). NMR Relaksasyon spektrası numunelerdeki proton havuzları hakkında bilgi verir (16–20). Proton havuzları özellikle gıdalar için, yağ ve su dağılımının incelenmesinde kullanılmaktadır (17, 18, 20, 21).

Bu çalışmada kullanılan diğer bir teknik ise Manyetik Rezonans Görüntülemesidir (MRG). Bu yöntem daha çok tıpta canlıların iç yapısını görüntüleme amacıyla kullanılmaktadır. Bu yöntemin kullanımı, düşük maliyetli, düşük frekanslı ve az çözünürlüğe sahip görüntüleme sistemlerinin yaygınlaşmasından dolayı artmaya başlamıştır. Özellikle yüksek nem içerikli biyolojik materyallerin karakterizasyonunda kullanımı yaygındır. NMR Relaksometrede olduğu gibi MRG ile de gıdaların iç yapısını inceleyerek kalite parametrelerini tahribatsız şekilde inceleme olanağı vardır. Fonksiyonel gıdalar için kullanılan mikrokapsüllerin (20), jel sistemlerinin tasarımında (19), kontrollü salınımı gerçekleştirecek aktif maddelerin difüzyon katsayısının belirlenmesinde (18), mikrokapsüllerin dayanıklılığının tespitinde (20), jel sistemlerinin oluşumunda önemli bir yere sahip olan çapraz bağlaşım mekanizmasının incelenmesinde (18,21), MRG kullanımı oldukça kolaylık sağlamıştır. Diğer taraftan fındık için,

MRG ve NMR Relaksometre tekniklerinin karakterizasyon amaçlı kullanıldığı başka bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, MRG ve NMR Relaksometre teknikleri kullanarak yüksek nemde ve sıcaklıkta muhafaza edilen kabuklu/kabuksuz fındık örneklerindeki su ve yağ içeriğinin dağılımını incelemektir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada Ordu'dan alınan kabuklu fındıklar ve kavrulmuş fındık içleri kullanılmıştır. Yüksek nem oranının ve sıcaklığın fındıklar üzerindeki etkisini incelemek için, numuneler uygun boyutlardaki NMR tüplerinde 80 °C su banyosunda 1 ve 3 gün boyunca bekletilmiş ve zamana bağlı olarak nem miktarındaki değişimin, örneklerin T1 ve T2 relaksasyon zamanları üzerindeki etkisi 0.32 Tesla NMR Konsolu (Spin Track SB4, Rusya) kullanılarak analiz edilmiştir. Bu sistemin en büyük avantajı çok küçük eko zamanlarına (eko zamanı: 90 ve 180° pulslar arasındaki sürenin yarısı veya 90 °lik pulslar sonra maksimum sinyali alana kadar geçen süre) inebilmesi ve T1-T2 zamanlarını direkt olarak, görüntü almadan ölçebilmesidir. 1 ve 3 gün boyunca su banyosunda bekletilen kabuklu fındıklar ve kavrulmuş fındık içlerinin nem analizi, kızılötesi nem ölçer cihazı kullanılarak saptanmış ve bu veriler kullanılarak T1 ve T2 relaksasyon zamanları ile korelasyon oluşturulmaya çalışılmıştır. Her iki örnekten de beş tekerrür kullanılarak deneyler yapılmıştır. NMR deneyleri Carr-Purcell-Meiboom-Gill (CPMG) ve Doğunluk Toparlanması (Saturation Recovery) sekansları kullanılarak yapılmıştır. T2 relaksasyon zamanlarını belirlemek için kullanılan CPMG sekansında, sinyal 1000 µs eko zamanı ve 300 ms relaksasyon periyodu kullanılarak toplam 32 skan ile elde edilmiştir. T1 relaksasyon zamanı ise Doğunluk Toparlanması sekansı kullanılarak, CPMG sekansında olduğu gibi 1000 µs eko zamanı ve 300 ms relaksasyon periyodu ile 32 skan kullanılarak relaksasyon eğrisi elde edilmiştir. Ayrıca, T1 ölçümleri için 32 farklı bekleme zamanı kullanılmıştır. Gözleme zamanı ise 500000 µs de tutulmuştur.

Depolama süresine bağlı olarak ölçülen T1 ve T2 relaksasyon zamanlarındaki değişimlerin, istatistiksel önemini bulmak için MINITAB yazılımı kullanılarak Varyans Analizi yapılmış, nem ve sıcaklığa maruz tutulan kabuklu ve kabuksuz fındıkların nem, T1,

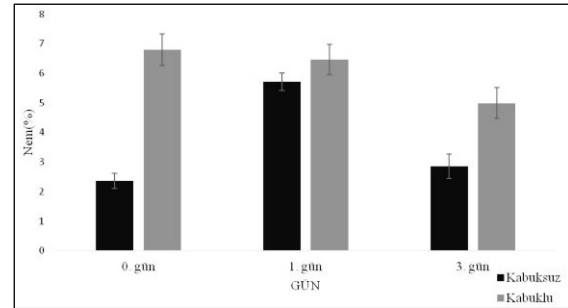
T2 değerleri arasında fark olup olmadığı istatistiksel olarak belirlenmiştir. Çoklu karşılaştırmalar için Tukey testi kullanılmıştır.

Fındıkların görüntülerinin alınmasında, su süpresyonu sekansı ve spin eko sekansı kullanılmıştır. Bu görüntüler, Bilkent Üniversitesi Uluslararası Manyetik Rezonans Araştırma Merkezi'ndeki (UMRAM) 3T gücündeki klinik tarayıcı kullanılarak alınmıştır. Kullanılan tarayıcı, yüksek rezolüsyonlu olduğundan su ve yağı baskılayarak farklı kontrastlarda görüntü almak mümkün olmuştur.

Elektron mikroskobu çalışmaları için hiçbir işleme maruz bırakılmamış fındıklar ile 1 ve 3 gün boyunca 80 °C'de su banyosunda bekletilmiş olan fındıklar altın paladyum ile kaplanmıştır. Elektron mikroskobu görüntüleri, ODTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'ndeki Taramalı Elektron Mikroskobu ile elde edilmiştir.

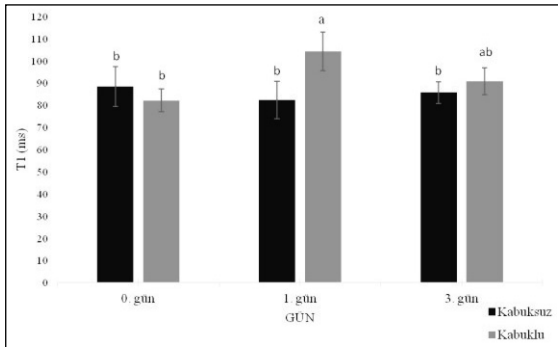
SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Yapılan deneyde, fındıklar üzerinde iki değişkenin etkisi incelenmiştir. Bu değişkenler yüksek sıcaklık ve nemdir. Fındık çok düşük miktarda nem (%3.39) içerir (22). Buna bağlı olarak, fındığın bulunduğu ortamdaki nem oranı fındığın kalitesini önemli ölçüde etkiler. Sıcaklık da fındığın içindeki nem miktarını etkilediğinden, diğer incelenen parametre olarak seçilmiştir. Belirlenen parametrelerin fındıklara etkisi Manyetik Rezonans Görüntüleme ve Nükleer Manyetik Relaksometre deneyleriyle incelenmiştir. Değerlendirmelerde farklı NMR sekansları kullanılarak elde edilen T1 (boylamsal rahatlama zamanı) ve T2 (enlemsel rahatlama zamanı) değerleri karşılaştırılmıştır. Kabuklu ve kabuksuz fındık taneleri iki farklı deney grubu olarak seçilmiştir.



Çizelge 1. Kabuklu (gri) ve kabuksuz (siyah) fındıkta 0., 1. ve 3. gün için gerçek nem oranları
Figure 1. Actual moisture contents of hazelnuts with (gray) and without shell (black) for 0th, 1st and 3rd days

Yüksek sıcaklık ve neme maruz bırakılan fındığın nem değerleri ölçülerek deney süresince fındığın zamana göre tuttuğu nem miktarı grafiği Çizelge 1'de gösterilmiştir. Alınan sonuçlara göre kabuklu fındığın 1. gündeki nem miktarı ile herhangi bir işleme maruz bırakılmamış olan fındık arasında bir farklılık gözlenmemiş olup, 3. gündeki nem miktarında ise azalma gözlenmiştir. Bu durumun sebebi, fındık kabuğunu oluşturan selüloz, lignin ve hemiselüloz yapılarının serbest suyu tutmasına bağlı olarak gözlemlendiği şeklinde açıklanabilir. Kabuksuz fındığın nem değerlerine bakıldığında, 1. gündeki nem miktarında, herhangi bir işleme maruz kalmayan fındığın nem miktarına göre artış olduğu gözlenmiştir. 3. günde ise nem miktarında azalma görülmektedir. Buna ek olarak, kabuksuz fındıklarda 3. gündeki işlem sonucunda fındıkların renginde kararırma gözlemlenmiştir. Bu durum Maillard reaksiyonu ile ya da fındıktaki şekerin karamelize olması durumlarıyla açıklanabilir. Yapılan çalışmalar, fındığa uygulanan ısıl işlemin, fındığın karbonhidrat, yağ ve protein yapısını değiştirdiğini belirtmektedir (23). Protein ve amino asitlerin parçalanabileceği, yağların oksidasyona uğrayabileceği ve hatta vitamin ve amino asitlerin yok edilebileceği ya da başka reaksiyonlar tarafından etkisiz hale getirilebileceği belirtilmektedir (24). Oligosakkaritlerin parçalanması ya da karamelize olma durumu da ısıl işlem sonucu fındıkta ortaya çıkabilecek reaksiyonlardır (24). Buna bağlı olarak kabuksuz fındığın 3. gündeki nem değerinde olan azalma bu reaksiyonlarla ilişkilendirilebilir. 1.günde sıcak su banyosundan alınan fındıkta nemli yapı fark edilirken, 3.günde alınan fındıkta oldukça kuru bir yapı gözlenmektedir. Fındıkta oluşan reaksiyonların sonucunda, hem kuru yapının hem de kararmanın aynı anda

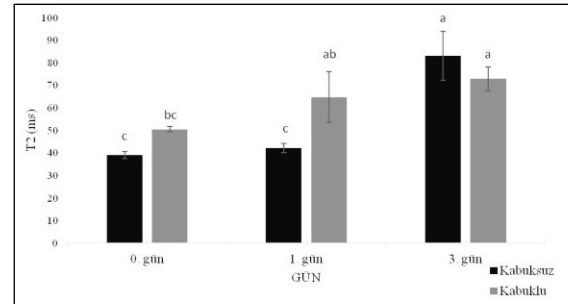


Çizelge 2. Kabuklu (gri) ve kabuksuz (siyah) fındıkta 0., 1. ve 3. gün için istatistiksel analiz yapılmış T1 değerleri
Figure 2. T1 values of hazelnuts with (gray) and without shell (black) for 0th, 1st and 3rd days with statistical analyses

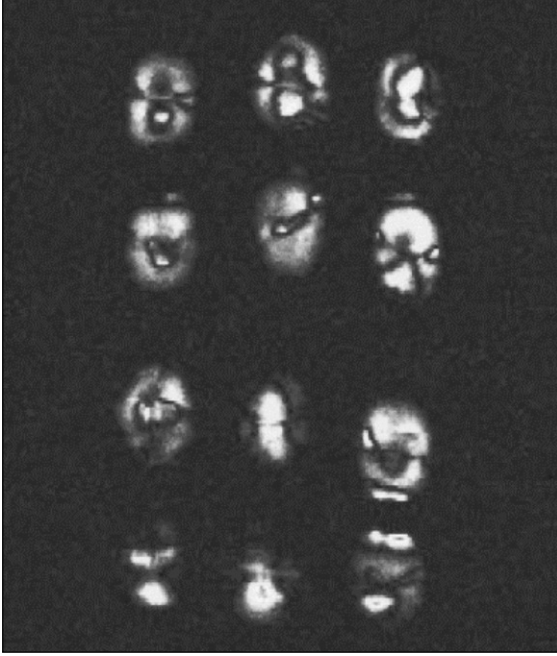
gözlemlenmiş olması, fındığın nem oranını düşürdüğü söylenebilir.

Yapılan ölçümlerde T1 değerlerinin hem kabuklu hem de kabuksuz fındıklarda deney süresince önemli ölçüde değişmediği gözlemlenmiştir ($P>0.05$) (Çizelge 2). Isı etkisi sonucu fındıkların içindeki yağın salınması beklendiğinden T1 değerinin sudan dolayı artması beklenmiştir. Çünkü suyun T1 değeri yağinkinden yüksektir. Ancak, deney sonuçları göstermektedir ki yağın fındıktan çıkmasının yanı sıra içeride bulunan suyun ısıyla birlikte tükenmesi T1 değerini neredeyse sabit tutmuştur. T1 değerlerinde kabuğun varlığının önemli bir etkisi gözlemlenmemiştir.

Diğer taraftan ölçülen T2 değerleri ise kabuklu ve kabuksuz örnekler için artış göstermiştir (Çizelge 3). Nem oranları ile T2 değerleri arasında belirli bir korelasyon olduğundan dolayı (25) nem miktarı arttıkça T2 değerlerinde de artış gözlenmiştir. T2 değeri kabuksuz fındık için 3. gün sonunda 113.57% artış gösterirken kabuklu fındık için artış 44.61% olmuştur. T2 değerlerinin artması proteinlerin Maillard reaksiyonuyla tüketilmesiyle açıklanabilir. Çünkü proteinler yağ tutma özelliğine sahiptir. Proteinler bozulduğunda yağ dışarı salınmış ve T2 değerinin artmasını sağlamıştır. Kabuklu örneklerdeki T2 artışının daha az olması kabuğun yağ salınımına kısmen engel olmasıdır. Böylece daha fazla yağ fındığın içinde kalmış ve T2 artışını düşürmüştür (26). Yapılan istatistiksel analizde, kabuksuz fındıkların T1 değerleri arasında fark görülmemiştir ($P>0.05$) (Çizelge 2). Kabuklu fındıkların T1 değerleri arasında ise ilk gün ve 1.gün değerleri arasında fark gözlemlenirken ($P<0.05$), 1. gün ile 3. gün değerleri arasında fark görülmemiştir ($P>0.05$) (Çizelge 2). T2 değerlerinde ise kabuksuz fındıkların ilk gün ve 1. gün değerleri arasında fark

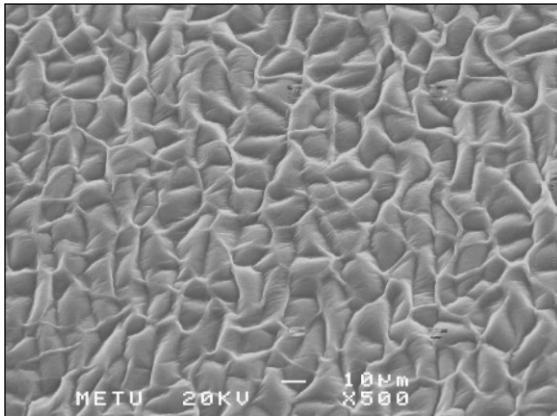


Çizelge 3. Kabuklu (gri) ve kabuksuz (siyah) fındıkta 0., 1. ve 3. gün için istatistiksel analiz yapılmış T2 değerleri
Figure 3. T2 values of hazelnuts with (gray) and without shell (black) for 0th, 1st and 3rd days with statistical analyses

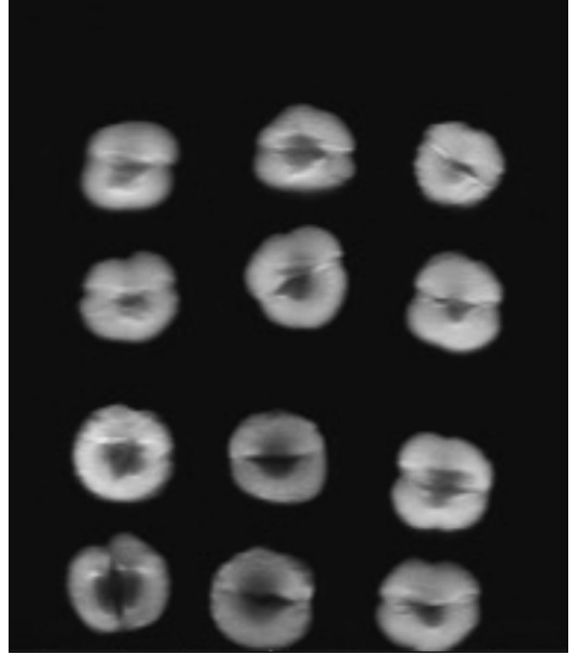


Şekil 1: Su süpresyonu sekansı kullanılarak alınan fındık görüntüleri (soldan sağa : 0., 1., 3. gün)
Figure 1: Hazelnuts magnetic resonance (MR) images by using water suppression sequence (Left to right; 0th, 1st, 3rd days)

görülmezken ($P>0.05$), 3. gün değerlerinin ilk gün ve 1. günden farklı olduğu görülmüştür ($P<0.05$) (Çizelge 3). Kabuklu fındıkların T2 değerinde 0. gün ve 3. gün arasında benzerlik var iken ($P>0.05$), İlk gün ve 1. gün değerleri arasında fark gözlenmemiştir ($P>0.05$) (Çizelge 3). Aynı şekilde 1. gün ve 3.gün değerleri arasında da fark gözlenmemiştir ($P>0.05$) (Çizelge 3).

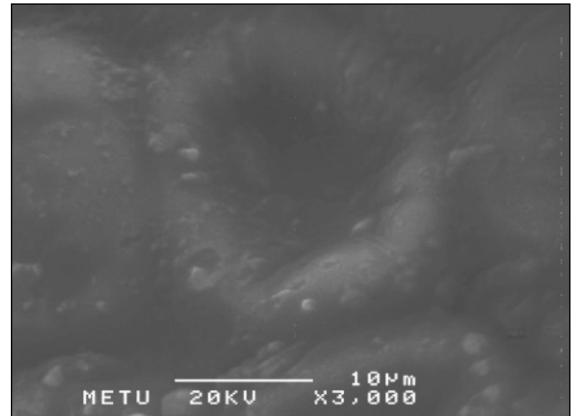


Şekil 3: Herhangi bir işlem uygulanmamış fındığın iç yüzeyinin elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (500 kat büyütülmüş)
Figure 3: Scanning Electron Microscope (SEM) image of the inner surface of a hazelnut that was not exposed to any treatment (500 times magnified)

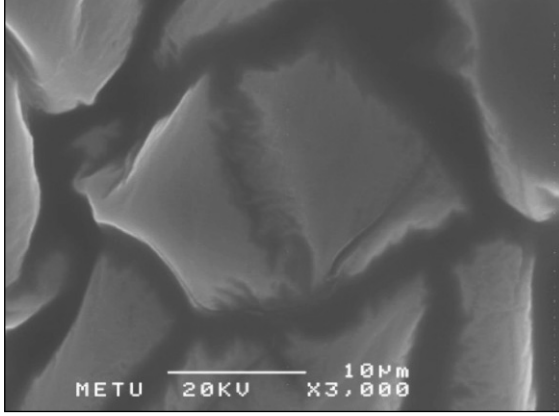


Şekil 2: Spin eko sekansı kullanılarak alınan fındık manyetik rezonans (MR) görüntüleri (soldan sağa : 0., 1., 3. gün)
Figure 2: Hazelnuts magnetic resonance (MR) images by using fat suppression sequence (Left to right; 0th, 1st, 3rd days)

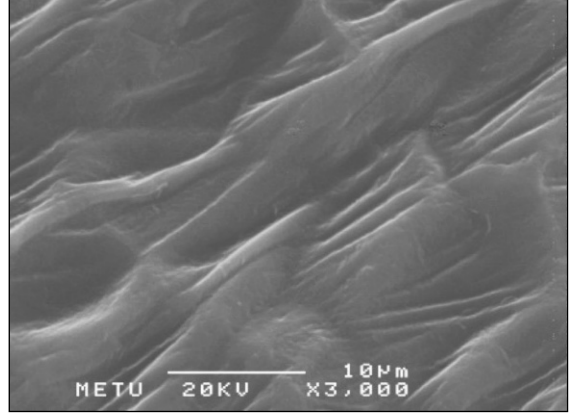
MRG ile alınan görüntüler su süpresyonu sekansı ve spin eko sekansı kullanılarak alınmış olup (Şekil 1, 2), spin eko sekansı kullanılarak alınan görüntüde su ve yağdan gelen sinyaller var iken, su süpresyonu sekansı kullanılarak alınan görüntüde sudan gelen sinyaller engellenerek sadece yağdan gelen sinyallerden görüntü alınmıştır (27). MR görüntüleri kalitatif olarak yorumlanmıştır.



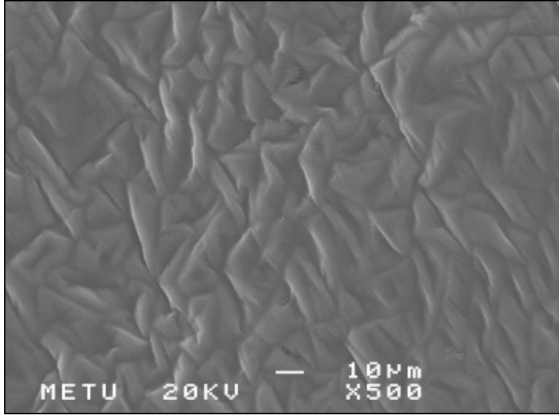
Şekil 4: Herhangi bir işlem uygulanmamış fındığın dış yüzeyinin elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (3000 kat büyütülmüş)
Figure 4: Scanning Electron Microscope (SEM) images of the outer surface of hazelnut that was not exposed to any treatment (3000 times magnified)



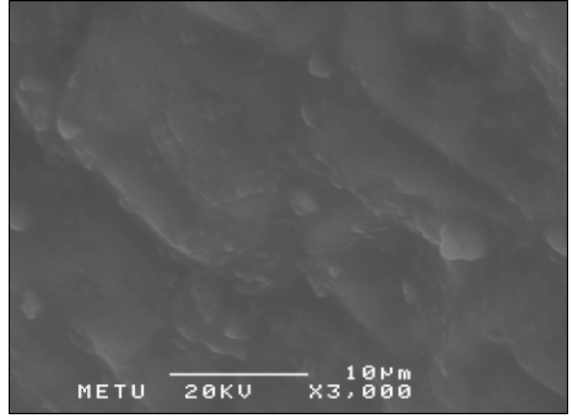
Şekil 5: Bir gün su banyosunda bekletilmiş fıñdığın iç yüzeyinin elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (3000 kat büyütölmüş)
Figure 5: Scanning Electron Microscope (SEM) image of the inner surface of a hazelnut that was kept in water bath for 1 day (3000 times magnified)



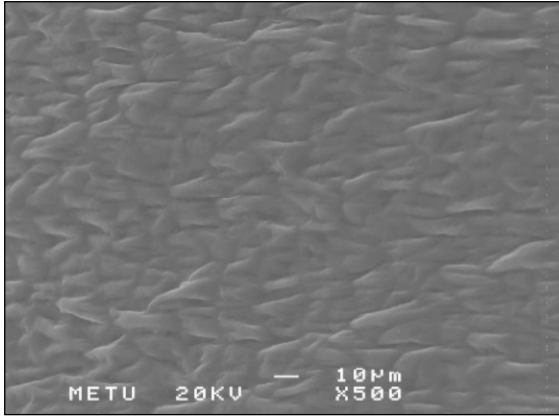
Şekil 6: Herhangi bir işlem uygulanmamış fıñdığın iç yüzeyinin elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (3000 kat büyütölmüş)
Figure 6: Scanning Electron Microscope (SEM) images of the inner surface of hazelnut that was not exposed to any treatment (3000 times magnified)



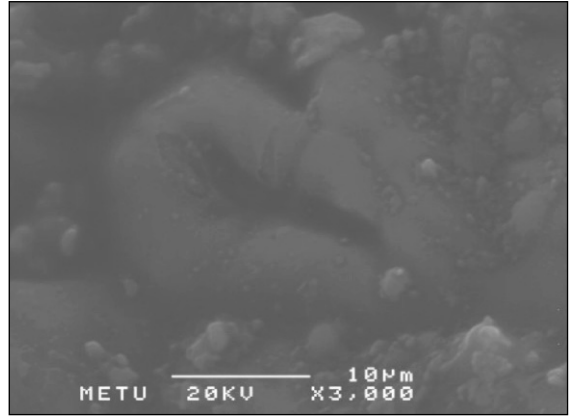
Şekil 7: Bir gün su banyosunda bekletilmiş fıñdığın iç yüzeyinin elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (500 kat büyütölmüş)
Figure 7: Scanning Electron Microscope (SEM) images of the inner surface of hazelnut that was kept in water bath for 1 day (500 times magnified)



Şekil 8: Bir gün su banyosunda bekletilmiş fıñdığın dış yüzeyinin elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (3000 kat büyütölmüş)
Figure 8: Scanning Electron Microscope (SEM) images of the outer surface of hazelnut that was kept in water bath for 1 day (3000 times magnified)



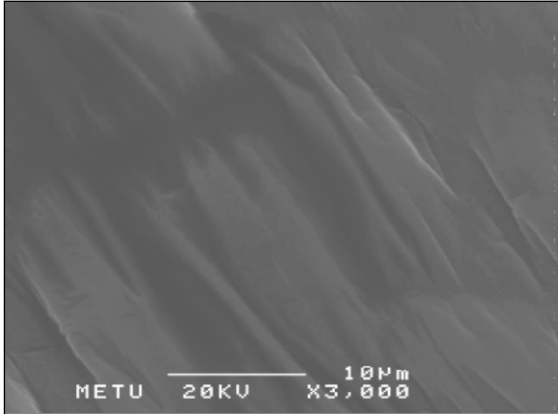
Şekil 9: Üç gün su banyosunda bekletilmiş fıñdığın iç yüzeyinin elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (500 kat büyütölmüş)
Figure 9: Scanning Electron Microscope (SEM) images of the inner surface of hazelnut that was kept in water bath for 3 days (500 times magnified)



Şekil 10: Bir gün su banyosunda bekletilmiş fıñdığın dış yüzeyinin elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (3000 kat büyütölmüş)
Figure 10: Scanning Electron Microscope (SEM) images of the outer surface of hazelnut that was kept in water bath for 1 day (3000 times magnified)

Suyun baskılandığı MR görüntülerinde (Şekil 1) 3. gün sonunda yağ sinyalinde ciddi bir artış olduğu görülmüştür. Daha önceden de açıldığı üzere yağın dışarı çıkmış olması yağ sinyalinin daha fazla görünmesine sebep olmuştur. Diğer taraftan yağın baskılandığı görüntülerde belirgin bir fark görülmemiştir. Daha belirgin farklar görebilmek için sekans parametrelerinin değiştirilmesi gerektiği gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak NMR ve MRG deneyleri fındıkların içindeki madde dağılımının, değişik sıcaklık ve nem altındaki değişimini gözlemlemekte etkili bir yöntem olarak kullanılmıştır (28, 29). Nem miktarının fındıkların iç ve dış yüzeyinde sebep olduğu yapısal değişiklikler taramalı elektron mikroskobu kullanılarak belirlenmiş olup, nem miktarı arttıkça porların genişlediği gözlemlenmiştir (30). (Şekil 3-11).



Şekil 11: Üç gün su banyosunda bekletilmiş fındığın iç yüzeyinin elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (3000 kat büyütülmüş)
Figure 11: Scanning Electron Microscope (SEM) images of the inner surface of hazelnut that was kept in water bath for 1 day (3000 times magnified)

KAYNAKLAR

- Muharrem Y. 2009. Bazı Fındık Çeşit ve Genotiplerinin Pomolojik, Morfolojik ve Moleküler Karakterizasyonu. Çukurova Üniversitesi-Fen Bilim Enstitüsü-Bahçe Bitk Anabilim Dalı-Doktora Tezi;1-3.
- Okay AN. 1986. Fındık Tarımı. TKB, Teşkilatlanma ve Destekleme Genel Müdürlüğü;142(12):85.
- Köksal Aİ. 1999. Inventory of Hazelnut Research, Germplasm and References. FAO Reg. Office European Cooperative Research Network of Nuts.
- Caligiani A, Coisson JD, Travaglia F, Acquotti D, Palla G, Palla L. 2014. Application of ¹H NMR for the characterisation and authentication of Tonda Gentile Trilobata" hazelnuts from Piedmont (Italy). *Food Chem*, 2014;148:77-85.
- Mehlenbacher SA. 1991. Hazelnuts (Corylus)-Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops. *Acta Horti*;290:791-836.
- Sobutay T. 2006. Fındık Sektör Araştırması. İstanbul.
- Consonni R, Cagliani L. 2010. Nuclear Magnetic Resonance and Chemometrics to Assess Geographical Origin and Quality of Traditional Food Products. *Adv Food Nutr Res*. 59:87-165.
- Agiomyrgianaki A, Petrakis P V., Dais P. 2010. Detection of refined olive oil adulteration with refined hazelnut oil by employing NMR spectroscopy and multivariate statistical analysis. *Talanta*, 80(5): 2165-71.
- Consonni R, Cagliani LR, Benevelli F, Spraul M, Humpfer E, Stocchero M. 2008. NMR and chemometric methods: a powerful combination for characterization of Balsamic and Traditional Balsamic Vinegar of Modena. *Anal Chim Acta*, 611(1):31-40.
- Caligiani A, Acquotti D, Palla G, Bocchi V. 2007. Identification and quantification of the main organic components of vinegars by high resolution ¹H NMR spectroscopy. *Anal Chim Acta*, 585(1): 110-9.
- Lee JE, Lee BJ, Chung JO, Hwang JA, Lee SJ, Lee CH. 2010. Geographical and climatic dependencies of green tea (Camellia sinensis) metabolites: a (¹H)NMR-based metabolomics study. *J Agric Food Chem*; 58(19):10582-9.
- Tarachiwin L, Ute K, Kobayashi A, Fukusaki E. 2007. ¹H NMR based metabolic profiling in the evaluation of Japanese green tea quality. *J Agric Food Chem*, 55(23):9330-6.
- Charlton AJ, Farrington WHH, Brereton P. 2002. Application of (¹h) NMR and multivariate statistics for screening complex mixtures: quality control and authenticity of instant coffee. *J Agric Food Chem*, 50(11):3098-103.
- Spraul M, Schütz B, Humpfer E, Mörtter M, Schäfer H, Koswig S. 2009. Mixture analysis by NMR as applied to fruit juice quality control. *Magn Reson Chem*, 47 Suppl 1(August):S130-7.

15. Mannina L, Segre AL. 2009. High Resolution Nuclear Magnetic Resonance of Olive Oils. *Basic NMR Foods Charact*, 39-62.
16. Hills B. 1998. *Magnetic Resonance Imaging in Food Science*.: A Wiley Interscience Publication, New York, USA.
17. Ersus S, Oztop MH, McCarthy MJ, Barrett DM. 2010. Disintegration efficiency of pulsed electric field induced effects on onion (*Allium cepa* L.) tissues as a function of pulse protocol and determination of cell integrity by ¹H-NMR relaxometry. *J Food Sci*, 75(7):E444-52.
18. Oztop MH, McCarthy KL, McCarthy MJ, Rosenberg M. 2012. Uptake of divalent ions (Mn⁺² and Ca⁺²) by heat-set whey protein gels. *J Food Sci*, 77(2):E68-73.
19. Oztop MH, Rosenberg M, Rosenberg Y, McCarthy KL, McCarthy MJ. 2010. Magnetic resonance imaging (MRI) and relaxation spectrum analysis as methods to investigate swelling in whey protein gels. *J Food Sci*, 75(8):E508-15.
20. Wichchukit S, Oztop MH, McCarthy MJ, McCarthy KL. 2013. Whey protein/alginate beads as carriers of a bioactive component. *Food Hydrocoll*, 33(1):66-73.
21. Williams PD, Oztop MH, McCarthy MJ, McCarthy KL, Lo YM. 2011. Characterization of water distribution in xanthan-curdlan hydrogel complex using magnetic resonance imaging, nuclear magnetic resonance relaxometry, rheology, and scanning electron microscopy. *J Food Sci*, 76(6):E472-8.
22. Özdemir F, Topuz A, Dođan Ü, Karkacıer M. 1998. Fındık Çeşitlerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. *GIDA*, 23(1):37-41.
23. Ghirardello D, Contessa C, Valentini N, Zeppa G, Rolle L, Gerbi V. 2013. Effect of storage conditions on chemical and physical characteristics of hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Postharvest Biol Technol* ;81:37-43.
24. Ac F, Yildiz M, Biringen E, Gu E, Lo M. 2001. Effect of Roasting on Some Nutrients of Hazelnuts (*Corylus Avellena* L.). *Food Chem*, 73:185-90.
25. Horigane AK, Kawabuchi M, Uchijima S, Yoshida M. 2009. Effects of seasonings on physical properties and MRI T2 map of cooked spaghetti. *Food Res Int*, 42(1):41-50.
26. Oztop MH, Bansal H, Takhar P, McCarthy KL, McCarthy MJ. 2014. Using multi-slice-multi-echo images with NMR relaxometry to assess water and fat distribution in coated chicken nuggets. *LWT - Food Sci Technol* 55(2):690-4.
27. Konez O. 1995. *Manyetik Rezonans Görüntüleme*, İstanbul, Türkiye. Alınmışır: konez.com
28. Zion B, Chen P. 1995. Detection of bruises in magnetic resonance images of apples. *Comput Electron Agric*,1699(95):289-99.
29. Létal J, Jirák D, Suderlová L, Hájek M. 2003. MRI "texture" analysis of MR images of apples during ripening and storage. *LWT - Food Sci Technol*, 36(7):719-27.
30. Altan A. 2014. Effects of pretreatments and moisture content on microstructure and physical properties of microwave expanded hull-less barley. *Food Res Int*, 56:126-35.