

KURU MEYVELERİN KURUYEMİŞLER İLE BİRLİKTE TÜKETİMİNİN FLAVONOİDLERİN IN VITRO BİYOYARARLILIĞINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Senem Kamiloğlu, Ayça Ayfer Paslı, Esra Çapanoğlu*, Beraat Özçelik

İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul

Geliş tarihi / Received: 10.12.2013

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 19.02.2014

Kabul tarihi / Accepted: 14.03.2014

Özet

Kuru meyveler ve kuruyemişler sağlıklı atıştırmalıklar olup, Türk diyetinde sıkça beraber tüketilmektedirler. Bu çalışmada, bazı kuru meyvelerin (incir, kayısı, üzüm) çeşitli kuruyemişler (badem, ceviz, fındık) ile birlikte tüketiminin etkisini araştırmak amacıyla gastrointestinal sindirim sistemi simülasyonunun farklı evrelerinde toplam flavonoid madde miktarı *in vitro* model kullanılarak spektrofotometrik olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar incir-badem, kayısı-fındık ve incir-fındık karışımlarının birlikte tüketiminin ayrı ayrı tüketilmesine göre sırasıyla %9, %18 ve %92 daha fazla toplam flavonoid madde emilimi sağladığını göstermiştir. Bu çalışma birlikte tüketimi yaygın olan kuru meyve ve kuruyemişlerin *in vitro* gastrointestinal sindirimi sırasında toplam flavonoid madde içeriğinde meydana gelen değişimlerle ilgili değerli bilgiler sağlamıştır.

Anahtar kelimeler: Kuru incir, kuru kayısı, kuru üzüm, badem, ceviz, fındık, gastrointestinal sindirim

INVESTIGATING THE IN VITRO BIOAVAILABILITY of FLAVONOIDS DURING CONSUMPTION of DRIED FRUITS with NUTS

Abstract

Dried fruits and nuts are considered as healthy snacks and they are often consumed together in the Turkish diet. In this study, in order to evaluate the effect of consumption of some dried fruits (figs, apricots, raisins) together with several nuts (almonds, walnuts, hazelnuts), total flavonoids have been investigated spectrophotometrically at different phases of simulated gastrointestinal digestion, using an *in vitro* model. The results revealed that consumption of fig-almond, apricot-hazelnut and fig-hazelnut mixtures resulted in respectively 9, 18 and 92% higher total flavonoid recoveries in the dialyzed fraction in comparison to their consumption alone. Current study provided valuable insights into the changes that occur in total flavonoid content during *in vitro* gastrointestinal digestion of dried fruits and nuts, commonly consumed together.

Keywords: Dried fig, dried apricot, raisin, almond, walnut, hazelnut, gastrointestinal digestion

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ capanogl@itu.edu.tr,

☎ (+90) 212 285 7340,

☎ (+90) 212 285 7333

GİRİŞ

Epidemiyolojik çalışmalar yüksek oranda meyve ve sebze tüketiminin kronik hastalık riskinin azalması ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu potansiyel yararlı etkiler flavonoidler gibi biyoaktif bileşiklerin varlığı ile ilişkilendirilmiştir (1). Flavonoid alımının koroner kalp hastalıkları ile kanser gibi hastalıkların engellenmesinde rol oynadığı çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (2, 3).

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2011 senesi istatistiksel verilerine göre Türkiye incir, kayısı ve fındık dahil olmak üzere birçok meyve ve kuruyemişin dünyada önde gelen üreticisidir (4). Kuru meyvelerin stabilitesi, onların geniş alanlara nakliyesini mümkün kılmakla beraber gıdaların bozulmasından sorumlu bazı mikroorganizmaların gelişimini önleyerek raf ömrünü de uzattığı için, taze meyveler sıkça kuru halde muhafaza edilmektedirler (5). Ayrıca, taze meyveler ile karşılaştırıldığında, düşük nem içeriği dolayısıyla kuru meyvelerin polifenol içeriğinin daha yüksek olması beklenmektedir (6).

Son zamanlarda gastrointestinal koşulları taklit etmek amacıyla hızlı ve güvenli olan, ayrıca da *in vivo* metotlar gibi etik kısıtlaması olmayan *in vitro* sindirim ve diyaliz yöntemleri oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (7). Daha önce birçok çalışmada *in vitro* gastrointestinal sindirimin meyve flavonoidlerinin stabilitesi üzerine olan etkisi incelenmiştir (8-13). Flavonoidlerin sindirim sonrası vücutta muhtemel kullanılabilirliği, birçok çalışmada da belirtildiği gibi bazı flavonoidlerin biyoyararlılığı düşük olup sağlık üzerinde sınırlı etkileri olabilmesi nedeniyle oldukça önemlidir. Meyvelerin sindirim öncesi flavonoid madde içeriklerini bilmek karşılaştırma amaçlı faydalı olmakla beraber potansiyel sağlık etkilerinin gerçek bir yansıması değildir (14). Bu nedenle, flavonoidlerin biyolojik özellikleri sindirim sırasında gıda matrisinden serbest bırakılmalarına

bağlı olup, birçok çalışmada uygulanan kimyasal ekstraksiyon metotlarından nicel ve nitel olarak farklı olabilmektedir (15).

Kuru meyveler ve kuruyemişler sağlıklı atıştırmalıklar olup, Türk diyetinde sıkça beraber tüketilmektedir. Bilindiği kadarıyla daha önce yapılmış hiçbir çalışma kuru meyvelerin kuruyemişler ile birlikte tüketiminin flavonoidlerin *in vitro* biyoyararlılığına olan etkisini değerlendirmemiştir. Yukarıdakiler göz önüne alındığında, bu çalışmanın amacı; Türkiye’de yaygın olarak tüketilen kuru meyve ve kuruyemişlerin birlikte sindiriminin flavonoidlerin biyoyararlılığına olan etkisini araştırmaktır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Kuru meyve ve kuruyemiş örnekleri İstanbul’daki bir dükkândan üç tekrarlı olarak temin edilmiştir. Örneklerin çeşitleri ve yöreleri Çizelge 1’de detaylı olarak açıklanmıştır. Meyveler güneşte kurutulmuş olarak satın alınmıştır. Çalışmada kuru meyve-kuruyemiş karışımları yarı yarıya harmanlanarak hazırlanmıştır. Tüm numuneler, önceden soğutulmuş değirmen (IKA A11, Almanya) kullanılarak sıvı azot içinde ince bir toz halinde öğütülmüş ve analizden önce -80 °C’de muhafaza edilmiştir.

Kimyasallar

Kimyasal ekstraksiyon, *in vitro* gastrointestinal sistem taklidi ve toplam flavonoid madde tayininde kullanılan metanol (≥99.9%), formik asit (≥98%), hidroklorik asit (37%), pepsin, pankreatin, safra tuzları, sodyum bikarbonat (NaHCO₃), (+)-kateşin (≥98%), sodyum nitrit (NaNO₂), alüminyum klorür (AlCl₃) ve sodyum hidroksit (NaOH) Sigma-Aldrich Chemie GmbH’den (Steinheim, Almanya), diyaliz membranı ise (Membra-Cel MD34 - 14 x 100 CLR, molekül ağırlığı:

Çizelge 1. Çalışmada incelenen kuru meyve ve kuruyemiş örnekleri
Table 1. Dried fruits and nuts examined in this study

| Örnekler Samples | Bilimsel Adı Scientific name | Çeşit Variety | Yöre Region |
|------------------|------------------------------|---------------|-------------|
| İncir Fig | <i>Ficus carica</i> | Sarılop | Aydın |
| Kayısı Apricot | <i>Prunus armeniaca</i> | Hacıhaliloğlu | Malatya |
| Üzüm Raisin | <i>Vitis vinifera</i> | Sultana | Manisa |
| Badem Almond | <i>Prunus dulcis</i> | Akbadem | Muğla |
| Ceviz Walnut | <i>Juglans regia</i> | Şebin | Giresun |
| Fındık Hazelnut | <i>Corylus avellana</i> | Tombul | Giresun |

14 kDa) Serva Electrophoresis GmbH'den (Heidelberg, Germany) satın alınmıştır. Analizde kullanılan su, arıtma sistemi (TKA GenPure, Almanya) yardımıyla saflaştırılmıştır.

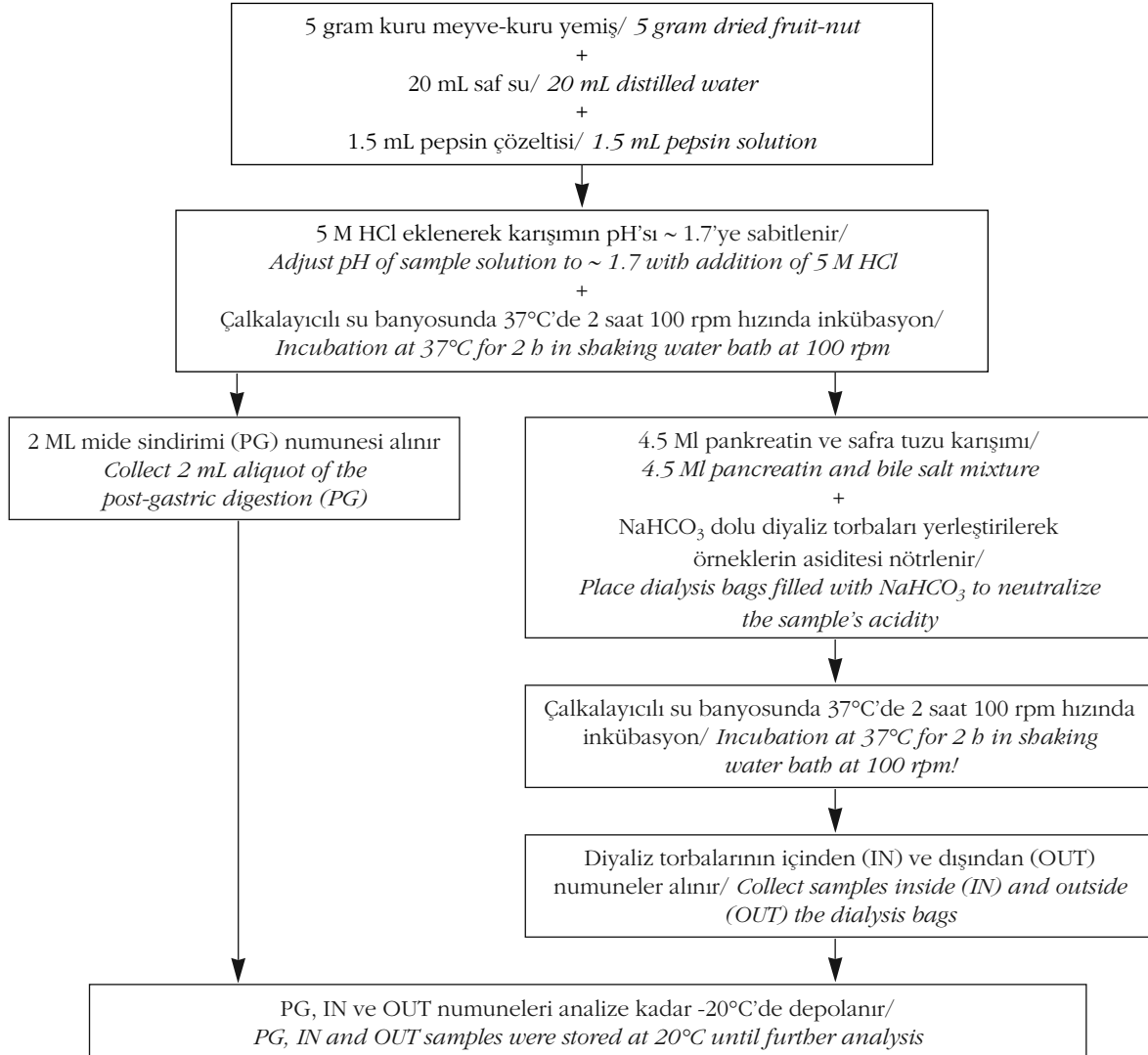
Kimyasal Ekstraksiyon

Her numune için daha önce Çapanoğlu ve diğerleri (16) tarafından tarif edilen şekilde birbirinden bağımsız üç ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Her örnekten 2.00 ± 0.01 gram, 5 mL %0.1 formik asit içeren %75'lik metanol ile 15 dakika boyunca önceden soğutulmuş ultrasonik banyoda (USC900TH, VWR ultrasonik temizleyici, ABD) ekstrakte edilmiştir. Muamele edilen numuneler 4°C 'de 10 dakika boyunca 2700 g hızda santrifüjlenip (Universal 32R, Hettich Zentrifugen, Tuttlingen,

Almanya), süpernatantlar toplanmıştır. Daha sonra tekrar 5 mL %0.1 formik asit içeren %75'lik metanol pelete ilave edilip bu işlem iki kez daha tekrar edilmiştir. Bu üç süpernatant birleştirip, son hacim 15 mL olarak ayarlanmıştır. Hazırlanan ekstraktlar, analiz edilinceye kadar -20°C 'de saklanmıştır.

In vitro Gastrointestinal Sindirim

McDougall ve diğerlerinin (17) çalışmasından uyarlanan *in vitro* gastrointestinal sindirim modeli Şekil 1'de gösterilmiştir. Mide ve bağırsak sindirimi aşamalarından oluşan prosedür Memmert çalkalayıcı su banyosu kullanılarak (Nürnberg, Almanya) her numune için üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Numuneler hariç aynı kimyasallarla aynı koşullar tekrarlanarak kör



Şekil 1. In vitro gastrointestinal sindirim metodunun akım şeması
Figure 1. Flow chart of the *in vitro* gastrointestinal digestion method

(blank) hazırlanmıştır. -20 °C'de depolanan örnekler analizlenmeden önce çözülmüş ve 23000 g hızında santrifüjlenmiştir (Universal 32R, Hettich Zentrifugen, Tuttlingen, Almanya).

Toplam Flavonoid Madde Analizi

Toplam flavonoid madde miktarı daha önce Kim ve diğerleri (18) tarafından uygulanan şekilde UV-Vis spektrofotometre (Optima SP-3000 nano, Tokyo, Japonya) yardımıyla 510 nm'de ölçülmüştür. Başlangıçta 1 mL ekstrakta 0.3 mL %5'lik NaNO₂ eklenmiştir. Beş dakika sonra 0.3 mL %10'luk AlCl₃ ilave edilmiştir. Altıncı dakikada karışıma 2 mL 1 M NaOH eklenmiştir. Hemen ardından 2.4 mL saf su ilave edilip, karışım vortekslenmiştir. Örneklerin toplam flavonoid madde miktarları (+)-kateşin standart eğrisi kullanılarak belirlenip, sonuçlar miligram (+)-kateşin eşitliği (KE)/ 100 gram örnek şeklinde ifade edilmiştir. Her bir ekstrakt üç tekrarlı olarak analizlenmiştir.

İstatistiksel Analiz

Üç bağımsız deneyden toplanan veriler ortalama ± standart sapma şeklinde rapor edilmiştir. Çoklu karşılaştırmalar için, veriler SPSS yazılımı kullanılarak (sürüm 20.0) tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Örnekler arasındaki farklılıkları görmek amacıyla Duncan testi kullanılmıştır ($P<0.05$).

SONUÇ ve TARTIŞMA

Çizelge 2 *in vitro* gastrointestinal sindirimin kuru meyve, kuruyemiş ve karışımlarının toplam flavonoid madde miktarlarına olan etkilerini göstermektedir. Başlangıç değerleri arasında en yüksek değere sahip kuru meyve, en düşük değere sahip olan kuru incirden 32 kat fazla toplam flavonoid madde miktarına sahip olan kuru üzümdür. Kuru üzümün elma, dut, incir, kayısı, erik, kıvılcık ve vişne gibi diğer bazı kuru meyvelere göre daha yüksek miktarda toplam flavonoid madde içerdiği daha önceki bir çalışmamızda da tespit edilmiştir (19). Kuruyemiş örnekleri arasından en yüksek başlangıç değerine sahip olan ceviz ise en düşük değere sahip bademden 6 kat daha fazla toplam flavonoid madde içermektedir. Literatür bu sonuçların aksine bademin ceviz, fındık ve şam fıstığı gibi diğer birçok kuruyemiştenden daha yüksek miktarda

toplam flavonoid madde içeriğine sahip olduğu göstermektedir (20). Bu çelişkinin sebebinin kullanılan farklı analitik teknikler, farklı kuruyemiş varyeteleri, ya da farklı işleme veya depolama koşullarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Birkaç örnek hariç (ceviz, fındık, üzüm karışımları) diğer tüm örneklerde mide sindirimi neticesinde tespit edilen toplam flavonoid madde miktarının (PG) başlangıç değerinden daha yüksek olduğu görülmüştür (0.3-3.9 kat). Bu artış midedeki asit hidrolizi neticesinde flavonoid glikozitlerin aglikonlarına parçalanmasına bağlı olabilir. Bu sonuçlar kimyasal ekstraksiyon ile elde edilen değerlerin, mide sindirimden sonraki serbest miktarla karşılaştırıldığında, flavonoidler gibi gıdaların bazı aktif bileşenlerinin kullanılabilirliğini azımsadığını vurgulamaktadır. Benzer şekilde meyve sularında yapılan bir çalışmada da mide sindirimi sonrasında aktif bileşenlerin miktarında artışlar gözlenmiştir (21).

Bağırsak sindiriminden sonra diyalize uğrayan toplam flavonoid madde miktarı (IN) başlangıçta tespit edilen toplam flavonoid madde miktarının %2-30'unu oluşturmuştur. Bu yüksek kaybın sebebi mideden sonra pH'daki ani artış (pH=7) ve de safra tuzlarının varlığı ile açıklanabilir. Ayrıca pankreatik sindirimin flavonoidlerle birleşerek diyaliz membranından geçmelerini engelleyerek diyalize uğramayan kısımda kalmalarını sağlayan (OUT) birçok bileşeni (proteinler ve lif gibi bazı makro moleküller) de açığa çıkarması mümkündür (22). Başka bir yaklaşım da kuru meyvelerde bulunan yüksek şeker miktarının (39-65%) *in vitro* gastrointestinal sindirim sırasında flavonoidlerin difüzyonunu etkileyebileceği yönündedir. Daha önce Gil-Izquierdo ve diğerleri (23) tarafından yapılan bir çalışmada yüksek şeker içeriğine sahip numunelerde şekerin, suyun diyaliz torbasının içinden dışına doğru difüzyona uğrayarak diyalize uğrayan kısmın hacmini azaltmasına sebep olduğunu belirtmiştir. Diğer taraftan, yine yüksek şeker içeriğine sahip olan pekmez ve pestil örnekleri için de yüzdesel olarak benzer aralıkta (3-17%) flavonoid emilimi tespit edilmiştir (24).

Mide sindiriminde elde edilen sonuçlarla benzer şekilde, bağırsak sindiriminden sonra diyalize uğramayan toplam flavonoid madde miktarlarında (OUT) da birçok örnekte başlangıç değerinden daha yüksek değerler saptanmıştır (0.1-2.9 kat).

Çizelge 2. *In vitro* gastrointestinal sindirim sırasında kuru meyve, kuruyemiş ve karışımların toplam flavonoid madde miktarlarında meydana gelen değişimler (mg KE/ 100 gram örnek)

Table 2. Changes in the total flavonoid content of dried fruits, nuts and their mixtures during *in vitro* gastrointestinal digestion (mg CE/ 100 gram sample)

| Gruplar Group | Örnekler Samples | Başlangıç Initial | PG | IN | OUT |
|---------------|------------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| 1 | İncir Fig | 14±3 ^b | 68±4 ^a | 3.3±0.8 ^a | 41±6 ^b |
| | Badem Almond | 24±5 ^a | 60±8 ^{ab} | 1.5±0.9 ^b | 70±3 ^a |
| | İncir - Badem Fig - Almond | 21±3 ^{ab} | 51±7 ^b | 2.7±0.1 ^{ab} | 82±8 ^a |
| 2 | İncir Fig | 14±3 ^c | 68±4 ^c | 3.3±0.8 ^c | 41±6 ^c |
| | Ceviz Walnut | 162±16 ^a | 156±6 ^a | 22±1 ^a | 114±8 ^a |
| | İncir - Ceviz Fig - Walnut | 79±18 ^b | 136±4 ^b | 10±2 ^b | 59±8 ^b |
| 3 | İncir Fig | 14±3 ^c | 68±4 ^b | 3.3±0.8 ^b | 41±6 ^a |
| | Fındık Hazelnut | 90±4 ^a | 76±8 ^b | 1.9±0.3 ^b | 44±10 ^a |
| | İncir - Fındık Fig - Hazelnut | 36±5 ^b | 97±13 ^a | 5±1 ^a | 48±9 ^a |
| 4 | Kayısı Apricot | 25±1 ^a | 84±11 ^a | 7.4±0.7 ^a | 55±13 ^{ab} |
| | Badem Almond | 24±5 ^a | 60±8 ^b | 1.5±0.9 ^b | 70±3 ^a |
| | Kayısı - Badem Apricot - Almond | 19±2 ^a | 64±4 ^b | 2.5±0.3 ^b | 46±6 ^b |
| 5 | Kayısı Apricot | 25±1 ^c | 84±11 ^c | 7.4±0.7 ^c | 55±13 ^c |
| | Ceviz Walnut | 162±16 ^a | 156±6 ^a | 22±1 ^a | 114±8 ^a |
| | Kayısı - Ceviz Apricot - Walnut | 94±27 ^b | 119±5 ^b | 15±2 ^b | 85±7 ^b |
| 6 | Kayısı Apricot | 25±1 ^c | 84±11 ^b | 7.4±0.7 ^a | 55±13 ^b |
| | Fındık Hazelnut | 90±4 ^a | 76±8 ^b | 1.9±0.3 ^b | 44±10 ^b |
| | Kayısı - Fındık Apricot - Hazelnut | 36±4 ^b | 113±9 ^a | 5±2 ^a | 107±13 ^a |
| 7 | Üzüm Raisin | 461±56 ^a | 670±79 ^a | 33±3 ^a | 482±28 ^a |
| | Badem Almond | 24±5 ^c | 60±8 ^b | 1.5±0.9 ^c | 70±3 ^b |
| | Üzüm - Badem Raisin - Almond | 200±16 ^b | 52±2 ^b | 9±2 ^b | 61±6 ^b |
| 8 | Üzüm Raisin | 461±56 ^a | 670±79 ^a | 33±3 ^a | 482±28 ^a |
| | Ceviz Walnut | 162±16 ^c | 156±6 ^b | 22±1 ^b | 114±8 ^b |
| | Üzüm - Ceviz Raisin - Walnut | 313±17 ^b | 167±8 ^b | 18±3 ^b | 114±16 ^b |
| 9 | Üzüm Raisin | 461±56 ^a | 670±79 ^a | 33±3 ^a | 482±28 ^a |
| | Fındık Hazelnut | 90±4 ^c | 76±8 ^b | 1.9±0.3 ^c | 44±10 ^c |
| | Üzüm - Fındık Raisin - Hazelnut | 355±18 ^b | 90±12 ^b | 11±3 ^b | 83±5 ^b |

Bu çizelgede sunulan veriler birbirinden bağımsız üç örneğin ortalama ± standart sapma değerlerinden oluşmaktadır. Sütunlarda bulunan farklı harfler her bir grubun (1'den 9'a kadar) kendi içerisindeki istatistiksel olarak anlamlı farklılıklarını temsil etmektedir ($P<0.05$). Başlangıç: *In vitro* gastrointestinal sindirimden önce %0.1 formik asit içeren %75'lik metanol kullanılarak kimyasal ekstraksiyon ile belirlenen değer, PG: Mide sindiriminden sonra tespit edilen değer, IN: Bağırsak sindiriminden sonra diyalize uğrayan değer, OUT: Bağırsak sindiriminden sonra diyalize uğramayan değer.

*The data presented in this table consist of average values ± standard deviation of three independent samples. Different letters in the columns within each group (1 through 9) represent statistically significant differences ($P<0.05$). Initial, as initially determined from sample matrix using 75% aqueous-methanol containing 0.1% formic acid; PG, compounds remaining after gastric digestion; IN, dialyzed fraction after intestinal digestion; OUT, non-dialyzed fraction after intestinal digestion.

Hatta badem örneği için tespit edilen OUT değeri PG değerinden de yüksektir. Bu durum ek ekstraksiyon süresi (artı iki saat) ve/veya bağırsak sindirim enzimlerinin (pankretin) gıda matriksine bağlı bileşiklerin serbest kalmasını kolaylaştırması ile açıklanabilir (10).

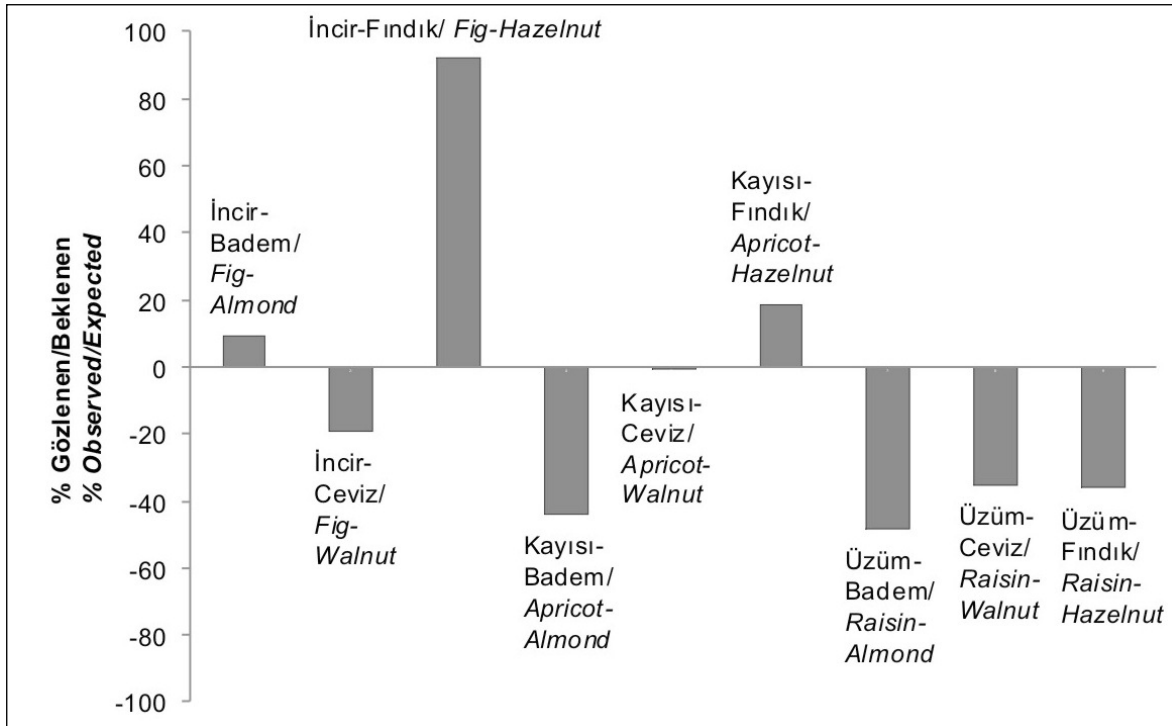
Kuru meyve ve kuruyemişlerin beraber tüketilmesinin başlangıç, PG, IN ve OUT değerlerine olan etkisine bakıldığında, incir-ceviz ve kayısı-ceviz örneklerinde meyvelerin kendileri ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli artışlar görülürken, üzüm-kuruyemiş karışımlarında ise istatistiksel olarak önemli düşüşler görülmüştür ($P<0.05$). Gözlenen (kuru meyve + kuruyemiş karışımı) ve beklenen (sadece kuru meyve + sadece kuruyemiş) diyalize uğrayan toplam flavonoid

madde değerleri (IN) arasındaki fark yüzde cinsinden Şekil 2'de gösterilmektedir. Buna göre elde edilen sonuçlar incir-badem, kayısı-fındık ve incir-fındık karışımlarının birlikte tüketiminin ayrı ayrı tüketilmesine göre sırasıyla %9, %18 ve %92 daha fazla toplam flavonoid madde emilimi sağladığını açığa çıkarmıştır. McDougall ve diğerlerinin (17) ahududu antosiyaninlerinin çeşitli gıda maddeleri (ekmek, dondurma, kıyama, öğütülmüş buğday) ile birlikte sindiriminin etkisini araştırdıkları çalışmalarında da emilime uğrayan toplam antosiyanin miktarında sindirim sonucu artışlar görülmüştür. Benzer şekilde Green ve diğerlerinin (25) çalışmasında % 50 sığır, soya ve pirinç sütü ile formüle edilen çaylarda sade çaya kıyasla kateşin emiliminde istatistiksel olarak

önemli artışlar görülmüştür. Bu durumun sebebi reaktif kateşinin fiziksel hapsine neden olan protein-kateşin etkileşimi ile açıklanmıştır. Benzer şekilde bizim çalışmamızda gözlenen artışın sebebi de birlikte sindirim esnasında kuru meyve flavonoidlerinin kuruyemişlerdeki proteinlere bağlanarak korunabilmeleri şeklinde açıklanabilir. Diğer yandan bu üç karışım haricindeki diğer tüm örneklerde birlikte sindirim, emilen toplam flavonoid madde miktarında azalmaya neden olmuştur (%1-48).

In vitro çalışmaları kullanılan farklı hammaddeler ve de farklı *in vitro* sindirim prosedürlerinden dolayı birbirleri ile karşılaştırmak oldukça zordur. Diyaliz için kullanılan çözeltinin hacmi ve kompozisyonu, örneğin şeker konsantrasyonu ya da bazı moleküllerin membrana bağlanması gibi çeşitli faktörlerden etkilenen karmaşık bir süreçtir. Bütün bu parametreler belirli bir bileşiğin diyalizini etkileyebilir ve bu etki doğrudan bileşiğin *in vivo* sindirimi ile bağlantılı olmayabilir (8).

Literatürde daha önce yapılmış hiçbir çalışma kuru meyvelerin kuruyemişler ile birlikte tüketiminin flavonoidlerin *in vitro* biyoyararlılığına olan etkisini değerlendirmemiştir. Bu çalışmada *in vitro* sindirim sonucunda kuru meyve ve kuruyemiş karışımlarının toplam flavonoid madde miktarları ölçülerek test edilen örneklerin biyoyararlılıkları ile ilgili ayrıntılı bilgi sağlanmıştır. Bu çalışma, incir-badem, kayısı-fındık ve incir-fındık karışımlarının birlikte tüketiminin ayrı ayrı tüketilmesine göre daha fazla toplam flavonoid madde emilimini sağladığını açığa çıkarmıştır. *In vitro* gastrointestinal sindirim modelleri yeni teknikler olup, bu çalışmada elde edilen verileri doğrulamak için daha fazla çalışma yapılmalıdır. Daha sonraki çalışmalarda daha net sonuçlar elde edilmesi amacıyla toplam flavonoid miktarı yerine *in vitro* biyoyararlılık sonrası elde edilen fraksiyonlardaki bireysel flavonoidlerin HPLC gibi yöntemlerle incelenmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.



Şekil 2. Birlikte sindirim deneyleri sonucunda gözlenen (kuru meyve + kuruyemiş karışımı) ve beklenen (sadece kuru meyve + sadece kuru yemiş) IN değerleri arasındaki farkın yüzdesel ifadesi
Figure 2. Expression of the percentage difference between the observed (dried fruit + nut) and the expected (dried fruit alone + nut alone) IN values obtained as a result of codigestion experiments.

KAYNAKLAR

1. Lemos MRB, Siqueira EMDA, Arruda SF, Zambiasi RC. 2012. The effect of roasting on the phenolic compounds and antioxidant potential of Baru nuts [*Dipteryx alata* Vog.]. *Food Res Int* 48: 592-597.
2. Chen ZY, Chan PT, Ho KY, Fung KP, Wang J. 1996. Antioxidant activity of natural flavonoids is governed by number and location of their aromatic hydroxyl groups. *Chem Phys Lipids* 79: 157-163.
3. Serafini M, Villano D, Spera G, Pellegrini N, 2006. Redox molecules and cancer prevention: the importance of understanding the role of the antioxidant network. *Nutr Cancer* 56: 232-240.
4. Anon 2011. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [http://apps.fao.org/page/collections?subset= agriculture](http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture).
5. Santos PHS, Silva MA. 2008. Retention of vitamin C in drying processes of fruits and vegetables-A review. *Drying Technol* 26: 1421-1437.
6. Reddy CVK, Sreeramulu D, Raghunath M, 2010. Antioxidant activity of fresh and dry fruits commonly consumed in India. *Food Res Int* 43: 285-288.
7. Liang L, Wu X, Zhao T, Zhao J, Li F, Zou Y, Mao G, Yang L. 2012. *In vitro* bioaccessibility and antioxidant activity of anthocyanins from mulberry (*Morus atropurpurea* Roxb.) following simulated gastro-intestinal digestion. *Food Res Int* 46: 76-82.
8. Bermudez-Soto MJ, Tomas-Barberan FA, Garcia-Conesa MT. 2007. Stability of polyphenols in chokeberry (*Aronia melanocarpa*) subjected to *in vitro* gastric and pancreatic digestion. *Food Chem* 102: 865-874.
9. Tagliazucchi D, Verzelloni E, Bertolini D, Conte A. 2010. *In vitro* bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols. *Food Chem* 120: 599-606.
10. Bouayed J, Hoffmann L, Bohn T. 2011. Total phenolics, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity following simulated gastro-intestinal digestion and dialysis of apple varieties: Bioaccessibility and potential uptake. *Food Chem* 128: 14-21.
11. Chiang CJ, Kadouh H, Zhou K. 2013. Phenolic compounds and antioxidant properties of gooseberry as affected by *in vitro* digestion. *LWT-Food Sci Technol* 51: 417-422.
12. Kamiloglu S, Capanoglu E. 2013. Investigating the *in vitro* bioaccessibility of polyphenols in fresh and sun-dried figs (*Ficus carica* L.). *Int J Food Sci Technol* 48: 2621-2629.
13. Toydemir G, Capanoglu E, Kamiloglu S, Boyacioglu D, de Vos RC, Hall RD, Beekwilder J. 2013. Changes in sour cherry (*Prunus cerasus* L.) antioxidants during nectar processing and *in vitro* gastrointestinal digestion. *J Funct Foods* 5: 1402-1413.
14. Ryan L, Prescott SL. 2010. Stability of the antioxidant capacity of twenty-five commercially available fruit juices subjected to an *in vitro* digestion. *Int J Food Sci Technol* 45: 1191-1197.
15. Serrano J, Goni I, Saura-Calixto F. 2007. Food antioxidant capacity determined by chemical methods may underestimate the physiological antioxidant capacity. *Food Res Int* 40: 15-21.
16. Capanoglu E, Beekwilder J, Boyacioglu D, Hall R, De Vos R. 2008. Changes in antioxidant and metabolite profiles during production of tomato paste. *J Agric Food Chem* 56: 964-973.
17. McDougall GJ, Dobson P, Smith P, Blake A, Stewart D. 2005. Assessing potential bioavailability of raspberry anthocyanins using an *in vitro* digestion system. *J Agric Food Chem* 53: 5896-5904.
18. Kim D, Jeong SW, Lee CY. 2003. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chem* 81: 321-326.
19. Capanoglu E. 2014. Investigating the antioxidant potential of Turkish dried fruits. *Int J Food Prop* 17: 690-702.
20. Alasalvar C, Shahidi F. 2009. Natural antioxidants in tree nuts. *Eur J Lipid Sci Technol* 111: 1056-1062.
21. Wootton-Beard PC, Moran A, Ryan L. 2011. Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available vegetable juices before and after *in vitro* digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin-Ciocalteu methods. *Food Res Int* 44: 217-224.
22. Vallejo F, Gil-Izquierdo A, Perez-Vicente A, Garcia-Viguera C. 2004. *In vitro* gastrointestinal digestion study of broccoli inflorescence phenolic compounds, glucosinolates, and vitamin C. *J Agric Food Chem* 52: 135-138.
23. Gil-Izquierdo A, Zafrilla P, Tomas-Barberan FA. 2002. An *in vitro* method to simulate phenolic compound release from the food matrix in the gastrointestinal tract. *Eur Food Res Technol* 214: 155-159.
24. Kamiloglu S, Capanoglu E. 2013. *In vitro* gastrointestinal digestion of polyphenols from different molasses (pekmez) and leather (pestil) varieties. *Int J Food Sci Technol*, doi:10.1111/ijfs.12396.
25. Green RJ, Murphy AS, Schulz B, Watkins BA, Ferruzzi MG. 2007. Common tea formulations modulate *in vitro* digestive recovery of green tea catechins. *Mol Nutr Food Res* 51:1152-1162.