

Vakumlu emdirim tekniği ile patates dilimlerinin C ve D vitaminlerince zenginleştirilmesi

Zehra GÜNEL

Cite this article as:

Günel, Z. (2022). Vakumlu emdirim tekniği ile patates dilimlerinin C ve D vitaminlerince zenginleştirilmesi. *Food and Health*, 8(3), 181-192. <https://doi.org/10.3153/FH22018>

¹ Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi,
Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü, 42080,
Konya, Türkiye

ORCID IDs of the authors:

Z.G. 0000-0002-3431-7984

Submitted: 12.09.2021

Revision requested: 18.01.2022

Last revision received: 13.02.2022

Accepted: 14.02.2022

Published online: 06.05.2022

Correspondence:

Zehra GÜNEL

E-mail:

zehra.gunel@gidatarim.edu.tr



© 2022 The Author(s)

Available online at
<http://jfhscientificwebjournals.com>

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, vakumlu emdirim yöntemi ile patates dilimlerinin literatür çalışmalarınca insan sağlığı üzerine olan faydalı etkileri kanıtlanmış olan C ve D vitaminlerince zenginleştirilmesidir. Bu amaçla C ve D vitamini içeren solüsyonlarla vakumlu emdirim yapılan patates örneklerinin, vitamin içerikleri ile antioksidan kapasiteleri belirlenmiştir. Ayrıca örnekler buharda ve derin yağda kızartılarak pişirilmiş, pişirme kayıpları belirlenmiş ve pişirilen örneklerle duyu analizler yapılmıştır. Vakumlu emdirim uygulanmamış patates dilimlerinin C vitamini içeriği 14.13 ± 0.08 mg/100g olarak belirlenirken, vakumlu emdirme işlemi ile bu miktar %65 oranında artırılarak 39.42 ± 0.15 mg/100g olarak belirlenmiştir. Patates dilimlerinin kontrol örneğinde tespit limit değerinin (LOD) altında olan D vitamini içerikleri vakumlu emdirim işlemi ile yaklaşık 6 kat artırılmıştır. Kontrol örneğine göre vakumlu emdirim uygulanan örneklerin antioksidan kapasite değerlerinde de artış (DPPH yönteminde yaklaşık %23 oranında ve ABTS yönteminde yaklaşık %6.5 oranında) gözlenmiştir. Buharda pişirme yönteminde vitamin içeriğinde oldukça düşük kayıplar gözlenirken, kızartma işleminde D vitamini içeriği yarı yarıya azalmıştır. Duyusal analizler sonucunda vakumlu emdirim uygulanan örneklerle kontrol örneği arasında istatistiki açıdan fark bulunamamıştır. Genel beğeni skorları değerlendirildiğinde panelistler tarafından en çok beğenilen örnekler derin yağda kızartılan örnekler olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Vakumlu emdirim, C vitamini, D vitamini, Patates dilimi

ABSTRACT

Enrichment of potato slices with vitamins C and D by vacuum impregnation

This study aims to enrich the potato slices with vitamins C and D, whose beneficial effects on human health have been proven by literature studies, using the vacuum impregnation method. For this purpose, the vitamin contents and antioxidant capacities of potato samples vacuum impregnated with solutions containing vitamins C and D were determined. In addition, the samples were cooked by steaming and deep-fried, cooking losses were determined, and sensory analyzes were carried out on the cooked samples. While the vitamin C content of potato slices without vacuum impregnation was determined as 14.13 ± 0.08 mg/100g, this amount was increased by 65% with the vacuum impregnation process and determined as 39.42 ± 0.15 mg/100g. The vitamin D contents of the potato slices, which were below the limit of detection value (LOD) in the control sample, were increased approximately six times by the vacuum impregnation process. The antioxidant capacity values of the vacuum impregnated samples were also increased (approximately 23% in the DPPH method and approximately 6.5% in the ABTS method) compared to the control sample. While very low losses were observed in the vitamin content in the steam cooking method, the vitamin D content was reduced by half in the frying process. As a result of sensory analysis, no statistical difference was found between the vacuum-impregnated samples and the control sample. When the general appreciation scores were evaluated, the most liked samples by the panelists were deep-fried.

Keywords: Vacuum impregnation, Vitamin C, Vitamin D, Potato slices

Giriş

Son yıllarda gıdaların sağlık üzerine faydaları gıda endüstrisinin ilgilendiği özel konulardan birisi haline gelmiştir. Bu nedenle gıda şirketleri sağlıklı bir yaşam tarzı için tüketici taleplerini karşılayan fonksiyonel gıdalara yönelmiştir. Literatürde fonksiyonel gıdalar, hastalıkları önleyen veya insan sağlığını destekleyen, ek faydalar sağlayan gıdalar olarak tanımlanmıştır (Menrad, 2003; Hironaka ve ark., 2015). Gıdaların mevcut vitamin ve mineral içeriğini arttırmak, insan sağlığına daha faydalı olabilecek yeni ürünler, bir diğer deyişle fonksiyonel gıdalar geliştirmek amacıyla günümüzde sıklıkla kullanılan tekniklerden biri vakumlu emdirim uygulamasıdır. Vakumlu emdirim yöntemi gıda materyalinin genellikle kapalı bir sistemde emdirilmesi istenen solüsyon içerisine bırakılıp, sisteme vakum uygulanması, uygulanan vakum ile gıda materyalinin porlarında bulunan gazın dışarı çıkması ve çıkan gazlardan boşalan gözeneklere atmosferik basınç altında emdirilmesi istenen sıvının doldurulması prensibine göre çalışmaktadır (Ursachi ve ark., 2009; Bellary ve ark., 2016; Yılmaz ve Ersus Bilek, 2017). Vakumlu emdirme işlemi uygulandığı gıda materyalinde önemli fizikokimyasal değişikliklere yol açan bir yöntem olup, günümüzde tuzlama işlemi (Chiralt vd., 2001), ozmotik dehidrasyon (Bellary vd., 2011; Adsare vd., 2016), pH düşürme (Derossi vd., 2010, 2013), probiyotik mikroorganizmalarca zenginleştirme (Betoret vd., 2003), farklı fonksiyonel bileşiklerce zenginleştirme (Barat vd., 2002; Park vd., 2005; Blanda vd., 2008; Hironaka vd., 2015;), C vitamini (Hironaka vd., 2011) ve D vitamini (Cortés vd., 2015) ile zenginleştirme amaçlarıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Nitekim son zamanlarda vakumlu emdirme yöntemi ile yapılan çalışmalar daha çok meyve ve sebzelerin vitamin ve mineraller açısından zenginleştirilmesine yönelik olmakta, zenginleştirme amacıyla kullanılan vitaminlerin başında da C ve D vitaminleri gelmektedir (Xie ve Zhao, 2003; Xie ve Zhao, 2004; Henríquez Arias vd., 2012; Duarte-Correa vd., 2020).

Literatür çalışmalarında insan vücudunda bir enfeksiyon başladığında serum ve lökosit C vitamini düzeylerinin azaldığı rapor edilmiş olup, enfeksiyon öncesi ve sırasında C vitamini takviyesinin hastalığın önlenmesi/hızlı atlatılabilmesi için elzem olduğu belirtilmiştir (Bauer ve ark., 2020). Konu ile alakalı yapılmış klinik çalışmalarda C vitamini takviyesinin solunum yolu viral enfeksiyonlarının şiddetini ve süresini azalttığı bildirilmiştir (Abobaker ve ark., 2020; Bauer ve ark., 2020). Ayrıca yapılan çalışmalar C vitamininin böbrek ve meme kanseri üzerinde faydalı etkileri bulunduğunu, C vitamini takviyesinin söz konusu kanser hücrelerini önemli ölçüde inhibe edebileceğini rapor etmişlerdir (Naidu, 2003). Bu nedenle C vitamini yönünden zengin gıdalarla beslenmenin

insan sağlığına önemli ölçüde faydalar sağlayacağı bildirilmiştir (Bendich ve Langseth, 1995; Naidu, 2003). Bunun dışında D vitamininin de literatür çalışmalarınca insan sağlığı üzerine pek çok faydalı etkisi olduğu bildirilmiş olup, özellikle alzheimer gibi nöropatik hastalıklara karşı koruyucu etki sağladığı rapor edilmiştir (Holick, 2011). D vitamininin bakterisit etkisinin yanı sıra rinovirüs ve influenza gibi virüsler üzerinde virüs etkisinin olduğu, zarlı virüslere karşı antiviral etki gösterdiği bildirilmiştir (Griffin ve ark., 2020). Tüm bu sebeplerden dolayı hem C hem de D vitamini takviyesi insan sağlığı için oldukça önemli olup, günlük beslenmede bulunmalarının pek çok hastalığa karşı koruyucu etki göstereceği bildirilmiştir (Abobaker ve ark., 2020; Bauer ve ark., 2020; Griffin ve ark., 2020). Söz konusu vitaminlerin günlük diyetle alınabilmesi için tüketilmesi gereken gıdalardan hem dünyada hem de ülkemizde en çok tüketilen (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019) sebzelerden birisi olan patates öne çıkmaktadır. Ancak literatür çalışmalarında patatesin C ve D vitaminleri açısından zengin bir sebze olmadığı (Singh ve Bradbury, 1988; Aburjai vd., 1998; Boland vd., 2003) var olan vitaminlerinin de kavurma, kızartma, fırınlama gibi ısı işlemlerinin etkisi ile neredeyse tamamının kaybolduğu bildirilmiştir (Burg ve Fraile, 1995).

Bu çalışmanın amacı günlük beslenmede hemen her hanede sıklıkla tüketilen patatesin vakumlu emdirim yöntemi ile C ve D vitaminlerince zenginleştirilmesidir. Bu bağlamda literatür çalışmalarınca C ve D vitaminleri açısından fakir olduğu bildirilen patatesin hem vakumlu emdirme ile vitamin içeriğinin artırılması hem de pişirme esnasında oluşan vitamin kayıplarının en aza indirilmesi amaç edinilmiştir.

Materyal ve Metot

Materyal

Çalışmada kullanılan patatesler Uşak/Türkiye’de yer alan yerel bir marketten aynı hasat döneminden olmasına dikkat edilerek temin edilmiştir. Kızartma işlemi için kullanılan ayçiçeği yağı (Yudum, Türkiye) yerel bir firmadan satın alınmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan kimyasallar ve vitaminler (C vitamini 50-81-7 CAS numarası ve 200-066-2 EC numarası, D vitamini 67-97-0 CAS numarası ve 200-673-2 EC numarası) niteliğine uygun olarak analitik ve kromatografik safılıkta Merck (Darmstadt, Almanya) ve Sigma-Aldrich (St. Louis, ABD) firmalarından alınmıştır.

Vakum İmpregnasyon İşlemi

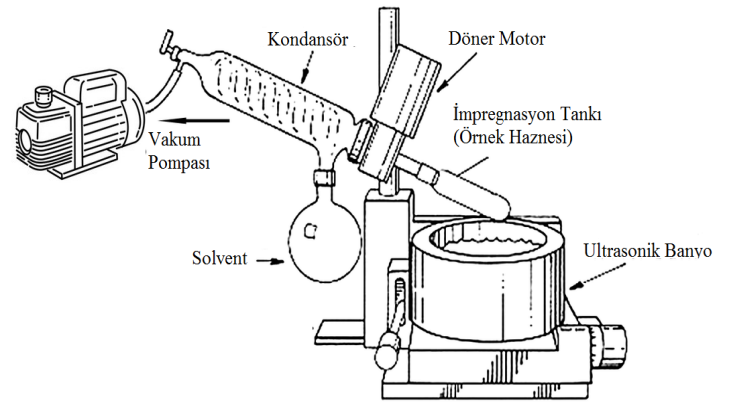
Vakumlu emdirim işleminde patates örneklerine emdirilecek olan solüsyonun hazırlanması için Duarte-Correa ve ark. (2020) tarafından uygulanan yöntem bazı modifikasyonlarla uygulanmıştır. Buna göre, %2 C vitamini ve %2 D vitamini

içeren emdirme solüsyonu hazırlanmıştır. (Vitaminlerin emdirme solüsyonu içerisindeki oranlarına ön denemeler ile karar verilmiştir. %0.5 ile %5 arasında farklı vitamin konsantrasyonlarına sahip on farklı solüsyon ile patates dilimlerine vakumlu emdirme yapılmış, %2'lik vitamin konsantrasyonundan sonra emilebilen vitamin miktarının aynı olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle çalışma kapsamında hem C vitamini hem de D vitamini için %2'lik konsantrasyon belirlenmiştir.) Söz konusu vitaminler %0.8 NaCl içeren izotonik bir sulu baz üzerinde emülsiyon haline getirilmiştir. Emülgatör olarak %0.05 oranında Tween 80 ve Span 60 kullanılmıştır. Emdirme solüsyonu için elde edilen karışım 20000 rpm hızda ve 3 dakika boyunca bir homojenizatör (T-25, IKA, Staufen, Almanya) yardımıyla homojenize edilmiştir. Homojenizasyon işlemi olası ısınmayı engellemek amacıyla 3'er dakikalık dinlenme ile aynı koşullarda 3 defa tekrar edilmiştir. Ardından elde edilen emülsiyon bekletilmeksizin detayları Şekil 1'de gösterilen vakumlu emdirim sistemi içerisinde eklenmiştir. İmpregnasyon solüsyonunun hazırlanmasını takiben patates örnekleri soyulmuş ve dilimleyici yardımıyla 5x1x1 cm ebatlarında dilimlenmiştir. Dilimlenen patates örnekleri olası esmerleşmeyi önlemek amacıyla bekletilmeksizin vakumlu emdirim tankına ilave edilmiştir. Vakumlu emdirim işlemi için döner evaporatöre (Heidolph, Laborota 4000, Schwabach, Almanya) bir vakum pompası (Heidolph, Rotavac, Schwabach, Almanya) bağlanıp, sistem ultrasonik bir banyo (Bandelin Electronic, RK 100 H, Berlin, Almanya) ile desteklenmiştir (Şekil 1). Sisteme 75 mmHg vakum basıncı uygulanmış ve her 5 dakikalık uygulama arasında 2 dakikalık atmosfer basıncı döngüsü (restorasyon) tekrar edilmiştir. İşlem süresi toplam 30 dakika vakum basıncı olacak şekilde 5 defa dinlenme (atmosferik basınca bırakma) ile tamamlanmıştır. (Vakumlu emdirim işlemi boyunca vakuma maruz kalma süresinin etkisini ölçebilmek amacıyla her 5 dakikalık vakum uygulaması sonunda C ve D vitamini içerikleri belirlenmek üzere örnekler alınmıştır. Örnekler alınmadan restorasyon sürelerinin de dolması beklenmiştir) Vakumlu emdirim işlemi tamamlandıktan sonra analize tabi tutulacak örnekler ağız kapalı polietilen poşetler içerisinde -18 ± 2 °C sıcaklıkta saklanırken, pişirme işlemine tabi tutulacak örnekler fazla yüzey suları kağıt havlu yardımı ile alındıktan sonra pişirmeye alınmıştır. Analizlerde kontrol örneği olarak hiçbir işlem uygulanmamış patates dilimleri kullanılmıştır.

Pişirme

Vakumlu emdirim işlemine tabi tutulan patates dilimleri buharda pişirme ve derin yağda kızartma olmak üzere 2 farklı pişirme işlemine tabi tutulmuştur. Buharda pişirme işlemi için 1000 W gücünde paslanmaz çelik bir buharda pişirici (Tolero, Fakir Hausgeräte, Stuttgart, Almanya) kullanılmıştır. Örnekler (20 adet patates dilimi) atmosferik basınç altında

25 dakika boyunca pişirilmiş, pişirme işleminin akabinde analize alınmıştır (Hironaka ve ark., 2014). Derin yağda kızartma işlemi için 1.2 litre ürün kapasiteli, 1800 W güçte çalışan ve döner kızartma haznesine sahip ticari bir fritöz (RotoFry F28311.W1, De'Longhi, Treviso, İtalya) kullanılmıştır. Fritöz içerisine yaklaşık 500 ml yağ yerleştirilmiş, yağ sıcaklığı 165 ± 2 °C olunca 20 adet patates dilimi kızarmaya bırakılmıştır. Kızartma işlemi boyunca homojen kızarmayı sağlamak amacıyla fritöz haznesi 300 rpm hızda döndürülmüş ve işlem 5 dakika sürmüştür (Moreira ve Almohaimed, 2018). Tüm pişirme işlemleri iki tekerrür halinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Vakumlu emdirim düzeneği

Figure 1. Vacuum impregnation apparatus

C ve D Vitaminlerinin Belirlenmesi

Kontrol örnekleri ve vakumlu emdirim işlemi uygulanmış örneklerin C vitamini içeriklerini belirlemek amacıyla 2,4-dinitrofenilhidrazin kullanılan spektroskopik yöntem uygulanmıştır (İkanone ve Oyekan, 2014). C vitamini analizi için öncelikle %5 metafosforik asit-%10 asetik asit çözeltisi hazırlanmış, 15 g metafosforik asit (MFA) 40 ml asetik asit (AA) içerisinde çözündürülmüştür. Ardından 450 ml distile su karışıma ilave edilmiştir. Analiz edilecek örnekler bir ezici yardımıyla püre haline getirilmiş ve bu püreden 10 g örnek alınıp, 50 ml MFA-AA ile karıştırılmış ve homojen bir karışım elde edilene kadar karıştırma işlemi devam ettirilmiştir. Elde edilen karışım 100 ml hacme sahip balon jöje içerisine aktarılmış ve hacim MFA-AA ile çizgisine kadar tamamlanmıştır. Elde edilen miks filtre edilmiş ve berrak süzöntü C vitamini analizi için kullanılmıştır (Rahman ve ark., 2007). Örneklerin C vitamini içerikleri mg/100 g olarak ifade edilmiştir.

D vitamini yağda çözünen vitaminlerden biri olduğu (Barba ve ark., 2012) için örneklerin D vitamini içeriklerini belirlemek amacıyla öncelikle sabunlaştırma işlemi yapılmıştır. Sa-

bunlaştırma işlemi için bir ezici yardımıyla püre haline getirilmiş 5 g patates örneği 50 ml alkolik KOH (50 g KOH 50 ml distile su içerisinde çözündürüldükten sonra hacim %95'lik etanol ile 500 ml tamamlanmıştır) ile karıştırılmış ve bir homojenizatör yardımıyla 2 dakika boyunca homojenize edilmiştir. Elde edilen bulamaç 80-85 °C sıcaklıkta 1 saat boyunca ısıtılmış ve üzerine 50 ml saf su ilave edilerek soğutulmuştur. Ardından soğutulan bulamaç her biri 30 ml olmak üzere 3 defa hekzanla yıkanmıştır. Karışım hekzanla yıkama işleminden sonra her biri 50 ml olmak üzere 3 defa da saf su ile yıkanmıştır. Daha sonra susuz sodyum sülfatla süzme işlemi yapılarak, elde edilen bulamaç döner buharlaştırıcıda kuruyana kadar buharlaştırılmıştır. Kuruyan tortu 5 ml hekzan içerisinde çözündürülüp, filtreden geçirildikten sonra D vitamini analizi için toplanmıştır (Singh ve Bradbury, 1988). Toplanan örneklerin D vitamini analizi için kromatografik yöntem kullanılmıştır (Barba ve ark., 2011; Barba ve ark., 2012). Örnekler LiChro-Spher C18 kolonda (5 µm, 25 x 0.4 cm), 1 mL/dk akış hızına sahip hareketli faz (hekzan-kloroform, 50:50) yardımıyla HPLC'de (HP1100, Agilent, Waldbronn, Almanya) analiz edilmiş, bireysel pikler SPD-M20A Diode Array dedektör ile tespit edilmiştir. Analizde kolekal-siferol internal standart (0-10 µg) olarak kullanılmış olup, örneklerin D vitamini içerikleri µg/kg cinsinden ifade edilmiştir. D vitamininin kromatografik yöntemle analizinde gözlemlenebilirlik sınırı (LOD) 0.80 µg/kg olarak belirlenirken, tayin sınırı (LOQ) 1.00 µg/kg olarak hesaplanmıştır.

Antioksidan Kapasite

Vakumlu emdirim işlemi ile C ve D vitamini açısından zenginleştirilen patates dilimlerinin antioksidan kapasitelerindeki değişimi belirlemek amacıyla DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil ve ABTS (3-etil-benzotiazolin-6-sülfonik asit) olmak üzere 2 farklı metot kullanılmıştır. Her iki metot için de Reddivari ve ark. (2007) tarafından kullanılan yöntem uygulanmıştır. Örneklerin antioksidan kapasiteleri µg Trolox eşdeğeri/g cinsinden ifade edilmiştir.

Duyusal Analiz

Vakumlu emdirim yöntemi ile C ve D vitamini içerikleri artırılmış olan patates örnekleri buharda pişirilmiş ve derin yağda kızartılmış olarak duyusal analize tabi tutulmuştur. Ayrıca vakumlu emdirim uygulanmamış ancak buharda pişirme ve derin yağda kızartma işlemleri uygulanmış olan kontrol örnekleri de duyusal analizlerde kullanılmıştır. Duyusal analizlerde temel olarak C ve D vitamini içeriği vakumlu emdirim ile arttırılan patates örneklerinin duyusal karakteristiklerinin kontrol örneği ile benzer/aynı olması, vakumlu emdirim ile söz konusu karakteristiklerin değiştirilmemesi amaç edilmiştir. Duyusal analiz, patatesin karakteristik özellikleri konusunda önceden bilgilendirilmiş 25-50 yaş aralığında 7'si

erkek 5'i kadın toplamda 12 panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Duyusal analizlerde panelistlerden 1 ile 9 (1-çok kötü ve 9-çok iyi) arasında puanlama sistemine sahip, patatesin duyusal özelliklerini (görünüş, tat, koku, renk, aroma, genel beğeni) analiz eden bir formu doldurmaları istenmiştir (Bough ve ark., 2020). Duyusal analizler iki paralel şekilde gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Vakumlu emdirim işlemi üç tekerrürlü ve analizler ise iki paralelli olarak yürütülmüştür. Analiz sonuçları varyans analizi (SPSS paket programı, Versiyon 23.0, IBM, New York, ABD) ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi (SAS, Windows V7, SAS Enstitüsü, Cary, NC, ABD) kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Patates dilimlerinin C ve D Vitamini İçerikleri

Vakumlu emdirim yöntemi ile C vitamini açısından zenginleştirilmiş patates dilimlerine ait veriler Tablo 1'de yer almaktadır. Patates dilimlerine vakumlu emdirim uygulamasının patates dilimlerinin C vitamini içeriği üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) etkisi bulunmuştur (Tablo 1). Benzer şekilde vakum uygulama süresinin de patates dilimlerinin C vitamini içerikleri üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) etki gösterdiği bulgulanmıştır. Tabloda yer alan sonuçlara göre, kontrol örneğinin C vitamini içeriği 14.13 ± 0.08 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Bu veri literatürde daha önce patates ile yapılmış çalışmalarla da uyumlu bulunmuştur (Burg ve Fraile, 1995; Külen vd., 2013). Vakumlu emdirim uygulaması ile 30 dakikalık işlem süresi sonunda patates dilimlerinin C vitamini içeriği yaklaşık %65 oranında arttırılarak 39.42 ± 0.15 mg/100 g seviyesine ulaşmıştır. Vakum uygulama süresindeki artışla birlikte örneklerin C vitamini içeriklerinin arttığı, 10. dakikadan itibaren ise daha keskin bir artış gösterdiği saptanmıştır. Literatür çalışmalarında vakum uygulamaları arasında uygulanan restorasyonun da oldukça önemli bir parametre olduğu, vakum uygulaması ile gevşeyen/deforme olan porlara asıl kütle transferinin restorasyon sırasında gerçekleştiği bildirilmiştir (Hironaka vd., 2011; Panarese vd., 2013; Yılmaz ve Ersus Bilek, 2017). Nitekim konu ile alakalı yapılan çalışmalarda vakumlu emdirim yönteminde emdirilmesi istenen sıvının gıda materyaline geçişini, vakum uygulamasından çok restorasyon periyodunun etkilediği rapor edilmiştir (Panarese vd., 2013; Senturk Parreidt vd., 2018). Bu verilere dayanarak, minimum 10 dakikalık bir vakum uygulaması ve bu vakum uygulamaları arasında verilen 4 dakikalık bir restorasyon süresi ile patates porlarındaki havanın boşaltılabileceği, söz konusu bu boşluklara 10. daki-

kadan sonra vakumlu emdirim solüsyonunun emdirilebileceği öngörülmüştür. Nitekim literatürde yapılan benzer çalışmalarda da patates porlarındaki havanın boşaltılabilmesi ve emdirim solüsyonunun porlara emdirilebilmesi için gerekli bir minimum basınç ve restorasyon süresi (patates çeşidi ve türüne göre değişmekle birlikte) olduğu bildirilmiştir (Hironaka vd., 2011; Hironaka vd., 2014; Hironaka vd., 2015).

Mevcut çalışmada patates dilimlerinin C vitamini içeriğini yaklaşık %65 oranında arttırabilmek için gerekli olan vakumlu emdirim süresi 30 dakika vakum ve 10 dakika restorasyon olarak belirlenmiş olup, bu süre literatürde patates ile

yapılmış olan çalışmalarda belirtilen vakum uygulama sürelerinden neredeyse 2 kat daha düşüktür (Hironaka vd., 2014; Hironaka vd., 2015). Bu durumun temel sebebinin patates dilimlerinin boyutu olduğu düşünülmektedir. Zira Salvatori ve ark. (1998) yaptıkları çalışmada 2 cm kalınlığa sahip meyve ve sebze dilimlerinin, daha yüksek kalınlıklara sahip meyve ve sebze dilimlerine göre vakum uygulamasına daha hızlı yanıt verdiğini, emdirim solüsyonunun boşalmış porlara daha hızlı dolduğunu rapor etmişlerdir. Mevcut çalışmada kullanılan patates dilimleri 1 cm kalınlığa sahip olduğu için, bazı literatür çalışmalarından daha kısa sürede vakumlu emdirim işleminin tamamlandığı düşünülmüştür.

Tablo 1. Vakumlu emdirim uygulanan patates dilimlerinin C ve D vitamini içerikleri

Table 1. Vitamin C and D contents of vacuum impregnated potato slices

Uygulanan işlem	C vitamini (mg/100 g)	D vitamini (µg/kg)	Antioksidan Kapasite (µg Trolox eşdeğeri/g)	
			DPPH	ABTS
Kontrol	14.13 ^b ±0.08	<LOD ^b	270.56 ^b ±10.45	931.55 ^b ±18.56
Vakumlu emdirim	39.42 ^a ±0.15	6.30 ^a ±0.00	350.56 ^a ±22.51	996.58 ^a ±24.45
Önem Düzeyi	**	**	**	**
Vakum Süresi (dk)				
0	14.13 ^f ±0.08	<LOD ^f	270.56 ^f ±10.45	931.55 ^f ±18.56
5	14.18 ^f ±0.06	<LOD ^e	275.46 ^{ef} ±10.02	935.51 ^{ef} ±12.51
10	14.59 ^e ±0.05	<LOD ^{de}	282.58 ^e ±11.06	941.23 ^e ±10.47
15	16.22 ^d ±0.11	1.02 ^d ±0.01	321.21 ^d ±10.14	957.88 ^d ±14.75
20	20.26 ^c ±0.13	3.52 ^c ±0.04	333.57 ^c ±10.05	971.01 ^c ±10.09
25	26.56 ^b ±0.22	4.90 ^b ±0.02	341.86 ^b ±18.45	982.07 ^b ±17.06
30	39.42 ^a ±0.18	6.30 ^a ±0.07	350.56 ^a ±22.45	996.58 ^a ±24.45
Önem Düzeyi	**	**	**	**

**p<0.01; LOD: Tespit limiti; Aynı sütundaki farklı harfler istatistiki açıdan önemli etki ifade eder.

Tablo 1’de yer alan sonuçlara göre vakumlu emdirim işleminin patates dilimlerinin D vitamini içerikleri üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) etkisi olduğu görülmüştür. Vakumlu emdirim işleminde artan vakum uygulama süresinin de örneklerin D vitamini içeriklerine istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) etki gösterdiği bulunmuştur. Mevcut çalışmada D vitamini analizi için LOD değeri 0.80 µg/kg olarak belirlenmiş olup, kontrol örneğinde D vitamini miktarı LOD değerinin altında kaldığı için hesaplanamamıştır. Patatesin, tür ve cinsine göre değişmekle birlikte, D vitamini açısından fakir bir sebze olduğu literatür çalışmalarında da rapor edilmiştir (Singh ve Bradbury, 1988; Aburjai vd., 1998; Boland vd., 2003). Mevcut çalışmada D vitamini açısından fakir bir sebze olan patatesin vakumlu emdirim yöntemi ile D vitamini içeriği yaklaşık 6 kat arttırılarak, 6.30 µg/kg seviyesine ulaşmıştır. Vakum uygulama süresindeki artış ile birlikte D vitamini içeriği de artış göstermiş, C vitamininin vakumlu emdiriminde karşılaşılan durum ile benzer şekilde bu artış 10. dakı-

kadan sonra daha keskin olmuştur. Bu sonuçlardan yola çıkılarak patatesin vakumlu emdirim ile D vitamini içeriğinin arttırılabilmesi için uygulanması gereken minimum 10 dakikalık vakum ve bu vakumlar arasında minimum 4 dakikalık bir restorasyon süresi olması gerektiği belirlenmiştir. Literatürde patates dilimlerine D vitamini solüsyonunun vakumlu emdirim ile emdirildiği bir çalışmaya rastlanmamasına rağmen, patates örneklerine farklı vitamin ve mineral solüsyonlarının emdirildiği çalışmalarda da aşılması gereken minimum bir vakum süresi ve vakum süreleri arasında uygulanması gereken minimum restorasyon süresi olduğu rapor edilmiştir (Joshi vd., 2016).

Vakumlu emdirim uygulaması sırasında negatif basınç sebebiyle örneklerin porlarındaki dahili gazın genleştiği ve kılcal penetrasyon ile kısmen dışarı aktığı bilinmektedir. Her bir vakum uygulaması arasında uygulanan restorasyon (2 dakikalık atmosferik basınca bırakma) sırasında da basınç artışı nedeniyle gaz sıkışmakta ve emdirim solüsyonu gözeneklere emdirilmektedir (Zhao ve Xie, 2014; Mashkour vd., 2018). Söz

konusu bu mekanizma ile patates dilimlerine C ve D vitaminlerinin emdirildiği düşünülmektedir. Ayrıca mevcut çalışmada vakumlu emdirim düzeneğinin ultrasonik banyo ile desteklenmesinin de vakumlu emdirim sürecini hızlandırdığı düşünülmüştür. Literatür çalışmalarında da belirtildiği üzere ultrason uygulamasının kavitasyon sebebiyle bitki dokusunun geçirgenliğini arttırdığı, geçirgenliği artan dokulardan da emdirim solüsyonunun rahatlıkla geçebildiği gözlenmiştir (Yılmaz ve Ersus Bilek, 2018; Mashkour vd., 2018).

Antioksidan Kapasite

Literatürde konu ile ilgili yapılmış çalışmalarda C ve D vitaminlerinin oldukça yüksek antioksidan etki gösterdiği bildirilmiştir (Padayatty vd., 2003; Mokhtari vd., 2016). Mevcut çalışmada vakumlu emdirim ile C ve D vitamini solüsyonu emdirilen patates dilimlerinin antioksidan kapasitelerindeki değişim incelenmiş, analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir. Şekilde yer alan sonuçlara göre kontrol örneğinin antioksidan kapasite değerleri DPPH ve ABTS analizleri sonucunda sırasıyla 270.56 ve 931.55 µg Trolox eşdeğeri/g olarak hesaplanmıştır. Vakumlu emdirim işlemi sonucunda C ve D vitaminlerinin antioksidan kapasitesinin yüksek olmasından dolayı patates dilimlerinin de antioksidan kapasite değerleri yaklaşık olarak %23 oranında artmıştır. Vakumlu emdirim uygulanan patates dilimlerinin DPPH ve ABTS sonuçları ise sırasıyla 350.56 ve 996.58 µg Trolox eşdeğeri/g olarak belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre vakumlu emdirim uygulamasının patates dilimlerinin antioksidan kapasite değerleri üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) etki gösterdiği bulunmuştur.

Literatürde vakumlu emdirim ile doğrudan patatesin antioksidan kapasitesinin geliştirildiği bir çalışmaya rastlanmamakla birlikte, vakumlu emdirim ile farklı meyve ve sebzelerin antioksidan kapasitesinin geliştirildiği çalışmalar mevcuttur. Söz konusu bu çalışmalardan birinde aronya (chokeberry) adı

verilen bir meyvenin elma-armut suyu karışımı ile vakumlu emdirimi yapılmış, çalışma sonunda meyvenin antioksidan kapasitesinin yükseldiği bildirilmiştir (Nawirska-Olszańska vd., 2020). Bir diğer çalışmada ise farklı konsantrasyondaki bal solüsyonları ile impregne edilen elma dilimlerinin vakumlu emdirim işlemi ile konsantrasyona bağlı olarak antioksidan kapasitesinin arttığı rapor edilmiştir (Röfle vd., 2011).

Pişirme İşleminin C ve D Vitaminini İçeriği Üzerine Etkisi

Vakumlu emdirim yöntemi ile C ve D vitaminleri açısından zenginleştirilen patates dilimleri, C ve D vitamini içeriklerindeki değişimi belirleyebilmek amacıyla buharda pişirme ve derin yağda kızartma yöntemleri ile pişirilmiştir. Pişirilmiş patates örneklerinin antioksidan kapasite, C vitamini ve D vitamini içeriklerindeki değişim Tablo 2’de verilmiştir. Tabloda yer alan sonuçlara göre, pişirme işleminde vakumlu emdirim uygulanan patates dilimlerinin antioksidan kapasite, C vitamini ve D vitamini değerlerindeki değişim ile kontrol örneğinde meydana gelen değişimler arasında istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) fark bulunmuştur. Aynı zamanda buharda pişirme ve derin yağda kızartma işlemleri arasında da istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) fark olduğu belirlenmiştir.

Vakumlu emdirim uygulanan patates dilimlerinin antioksidan kapasitesindeki en yüksek kayıp yaklaşık %7’lik bir değerle kızartma uygulanan örneklerde gözlenmiştir. Kontrol örneklerinde ise kızartma işlemi yapılan örneklerde yaklaşık %25’lik bir kayıp gözlenmiştir. Pişirme işlemi sonrasında vakumlu emdirim uygulanan örneklerin antioksidan kapasite değerlerinde kontrol örneğine göre daha az kayıplar olduğu belirlenmiştir. Ayrıca buharda pişirme yöntemi ile pişirilen örneklerin (hem kontrol hem de vakumlu emdirim uygulanan örnekler) antioksidan kapasite değerlerinin kızartma yöntemi ile pişirilen örneklere göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Tablo 2. Pişirmenin patates dilimlerinin antioksidan kapasite, C vitamini ve D vitamini değerlerine etkisi

Table 2. The effect of cooking on antioxidant capacity, vitamin C and vitamin D values of potato slices

Pişirme Yöntemi	C vitamini (mg/100 g)	D vitamini (µg/kg)	Antioksidan kapasite (µg Trolox eşdeğeri/g)	
			DPPH	ABTS
Kontrol-B	14.06 ^c ±0.06	<LOD ^c	250.41 ^c ±12.11	876.50 ^c ±9.59
Kontrol-K	13.75 ^d ±0.07	<LOD ^c	201.03 ^d ±11.16	721.48 ^d ±10.00
VE-B	39.03 ^a ±0.02	6.04 ^a ±0.20	337.56 ^a ±12.52	961.77 ^a ±11.10
VE-K	38.21 ^b ±0.06	3.52 ^b ±0.08	325.45 ^b ±11.13	936.13 ^b ±9.85
Önem Düzeyi	**	**	**	**
Ön İşlem				
Kontrol	14.09 ^b ±0.04	<LOD ^b	243.52 ^b ±10.03	903.78 ^b ±10.04
VE	39.27 ^a ±0.09	6.18 ^a ±0.10	341.13 ^a ±10.78	982.01 ^a ±11.13
Önem Düzeyi	**	**	**	**

** $p<0.01$; LOD: Tespit limiti; VE: Vakumlu emdirim; B: Buharda pişirme, K: Derin yağda kızartma

Aynı sütundaki farklı harfler istatistiki açıdan önemli etki ifade eder.

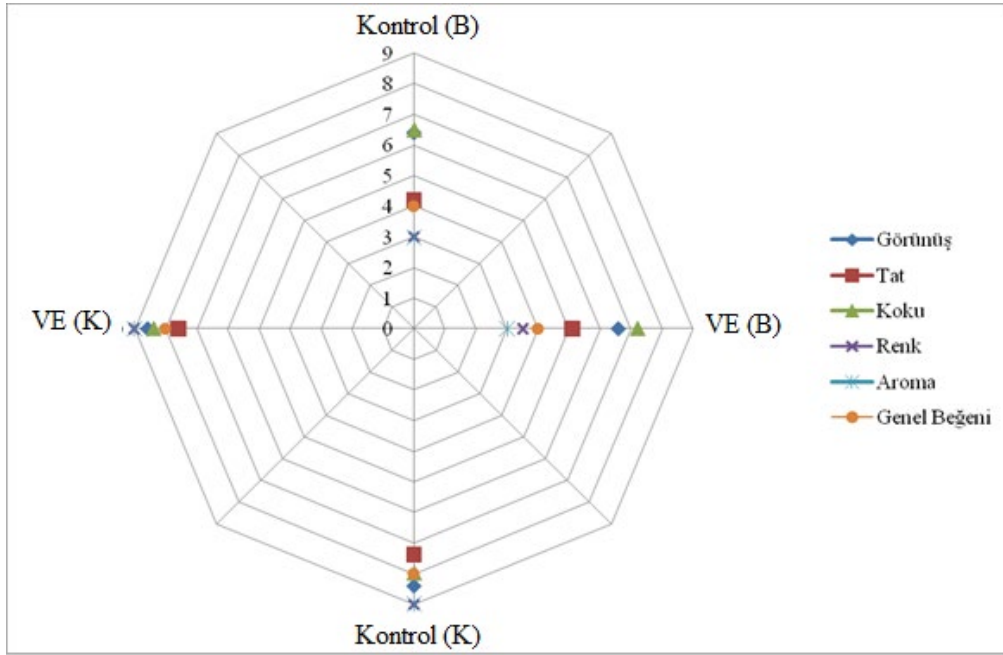
Kontrol örneği ve vakumlu emdirim uygulanan örneklerin C vitamini içeriklerinde istatistiki açıdan önem arz etmekle birlikte oldukça küçük değişiklikler belirlenmiştir. Antioksidan kapasitede elde edilen verilere benzer şekilde vakumlu emdirim uygulanan örneklerdeki kayıp kontrol örneğine göre daha düşük kalmıştır. Ayrıca buharda pişirilen örneklerin C vitamini içeriklerindeki kaybın kızartma ile pişirilen örnekler göre daha düşük olduğu bulgulanmıştır.

Kontrol örneğinin D vitamini içeriği LOD değerinin altında kaldığı için tespit edilememiş olup, vakumlu emdirim uygulanan örneklerin D vitamini içerikleri pişirme yöntemine göre değişen değerlerde hesaplanmıştır. Buarda pişirme işlemi kızartma işlemine göre patateslerin D vitamini içeriğinde nispeten daha az değişime neden olurken, kızartılan örneklerin D vitamini içerikleri yaklaşık 2 kat azalmıştır. Kızartma işleminde karşılaşılan bu büyük kaybın temel sebebinin D vitamininin yağda çözünen bir vitamin (Barba ve ark., 2012) olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Doğrudan konu ile alakalı literatürde yapılmış bir çalışmaya rastlanılmasa da benzer çalışmalarda buharda pişirme yönteminin derin yağda kızartma işlemine göre vitamin ve mineral kayıplarını önlemede daha etkili bir yöntem olduğu rapor edilmiştir (Moreira ve Almohaimeed, 2018). Ayrıca vakumlu emdirim yönteminde hücreler arası ve hücre içi boşluklara emdirim solüsyonunun doldurulması ile porlarda dışarı sızacak suyun azalması, vitamin ve mineral kayıplarının pişirme işlemine dahi minimize edilebileceği de literatür çalışmalarında bildirilmiştir (Hironaka vd., 2011; Hironaka vd., 2013; Hironaka vd., 2014; Moreira ve Almohaimeed, 2018). Bu bağlamda mevcut çalışmada elde edilen veriler literatür çalışmaları ile uyumlu bulunmuştur.

Duyusal Analiz

Vakumlu emdirim ile C ve D vitamini açısından zenginleştirilen patates dilimleri ve herhangi bir işlem uygulanmayan kontrol örnekleri buharda pişirme ve derin yağda kızartma olmak üzere iki farklı yöntemle pişirilmiş ve 10 kişilik bir panelist grubu tarafından duyusal değerlendirmeleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerin duyusal analiz sonuçlarına ilişkin verilen Şekil 2 ve Tablo 3'te yer almaktadır. Analiz sonuçlarına göre vakumlu emdirim uygulamasının patates dilimlerinin duyusal karakteristikleri üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p>0.01$) bir etkisi gözlenmemiştir. Bunun yanı sıra buharda pişirme ve derin yağda kızartma işlemleri arasında istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) bir farklılık belirlenmiştir. Vakumlu emdirim uygulamasında tüketici beğenisindeki temel amaç vakumlu emdirim işlemi uygulanan örneklerin şayet emdirim solüsyonu kokusuz ve/veya tatsız ise örneğin duyusal karakteristiklerini değiştirmemesidir (Park vd., 2005; Joshi vd., 2010). Mevcut çalışmada da duyusal analizlerde temel amaç kontrol örnekleri ile vakumlu emdirim işlemi uygulanmış örneklerin duyusal karakteristiklerinin farklı olmamasıdır. Bu bağlamda duyusal analizler sonucunda panelistlerin verdiği puanlara göre, kontrol örneği ile vakumlu emdirim uygulanan örnekler arasında fark gözlenmemiş olup, pişirme yöntemleri arasında fark belirlenmiştir. Tüm duyusal parametrelerde derin yağda kızartılmış örneklere en yüksek puanlar verilmiş olup, genel beğenide de kızartılan örnekler buharda pişirilen örneklerden yaklaşık 2 kat fazla puan almıştır. Tüketicilerin alışkın olduğu parlak sarı/hafif kırmızı kızarmış patates rengi buharda pişirme yöntemi ile elde edilemediği için özellikle renk ve aroma parametrelerinde buharda pişirilmiş örnekler düşük puanlar almıştır. Literatürde konu ile alakalı yapılmış çalışmalarda kızartma işlemi ile bazı fonksiyonel bileşiklerin azalabildiği, ancak duyusal parametreler konusunda tüketiciler tarafından kızartılan örneklerin beğenildiği rapor edilmiştir (Moreira ve Almohaimeed, 2018; Lopez ve Moreira, 2019).



Şekil 2. Buharda (B) ve derin yağda kızartma (K) ile pişirilen kontrol ve vakumlu emdirim (VE) uygulanmış patates dilimlerinin duyu analizi sonuçları

Figure 2. Sensory analysis results of control and vacuum impregnated (VE) potato slices cooked by steaming (B) and deep frying (K)

Tablo 3. Pişirilmiş patates örneklerine ait duyu analizi sonuçları

Table 2. Sensory analysis results of cooked potato samples

Piştirme Yöntemi	Görünüş	Tat	Koku	Renk	Aroma	Genel Beğeni
Kontrol-B	6.40 ^d ±0.01	4.22 ^d ±0.00	6.52 ^c ±0.04	3.02 ^c ±0.05	3.11 ^b ±0.08	4.01 ^b ±0.02
Kontrol-K	8.42 ^b ±0.03	7.41 ^b ±0.04	8.08 ^a ±0.05	9.00 ^a ±0.00	8.98 ^a ±0.02	8.88 ^a ±0.06
VI-B	6.63 ^c ±0.02	5.12 ^c ±0.06	7.22 ^b ±0.04	3.52 ^b ±0.02	3.14 ^b ±0.00	4.06 ^b ±0.00
VI-K	8.62 ^a ±0.00	7.63 ^a ±0.02	8.11 ^a ±0.03	9.00 ^a ±0.00	9.00 ^a ±0.00	8.82 ^a ±0.00
Önem Düzeyi	**	**	*	*	*	*
Uygulanan Yöntem						
Kontrol	7.63 ^a ±0.02	7.03 ^a ±0.04	8.04 ^a ±0.00	6.07 ^a ±0.07	6.14 ^a ±0.04	6.22 ^a ±0.02
VI	7.57 ^a ±0.03	7.09 ^a ±0.02	8.07 ^a ±0.04	6.04 ^a ±0.02	6.11 ^a ±0.08	6.27 ^a ±0.00
Önem Düzeyi	-	-	-	-	-	-

**p<0.01; VI: Vakumlu emdirim; B: Buharda piştirme, K: Derin yağda kızartma
Aynı sütundaki farklı harfler istatistikî açıdan önemli etki ifade eder.

Sonuç

Vakumlu emdirim yöntemi ile insan sağlığına pek çok faydaları bulunan C ve D vitaminlerince, dünyada en çok tüketilen sebzelere birisi olan patatesin zenginleştirilmesinin amaçlandığı bu çalışmada, elde edilen son ürünlerdeki bazı değişimler incelenmiştir. Çalışma sonucunda patates dilimlerinin vakumlu emdirim yöntemi ile C ve D vitaminleri açısından başarılı bir şekilde zenginleştirilebileceği, söz konusu vitaminlerin antioksidan etkilerinden dolayı patates dilimlerinin antioksidan etkilerinin de artırılabilirliği gözlenmiştir. Nitekim vakumlu emdirim uygulanan patates dilimlerinin C vitamini içerikleri %65 oranında artırılırken, D vitamini içeriklerinde yaklaşık 6 katlık bir artış belirlenmiştir. Ayrıca buharda pişirme ve yağda kızartma olmak üzere iki farklı teknikle pişirilen patates dilimlerinin pişirme sonrası da vitamin içeriklerini belirli bir seviyede koruyabildiği belirlenmiştir. Buharda pişirme yönteminde daha yüksek oranda vitamin korunumu gözlenirken, kızartma işleminde vakumlu emdirim uygulanan patates dilimlerinin D vitamini içeriklerinin yarı yarıya azaldığı gözlenmiştir. Tüm bunların yanı sıra yapılan duyu analizler sonucunda vakumlu emdirim uygulanan patates dilimlerinin kontrol örneğine göre farklılık arz etmediği, tat ve koku gibi kalite karakteristiklerinin değişmediği gözlenmiştir. Sonuç olarak, günlük diyetinde en çok tüketilen sebzelerden biri olan patatesin vakumlu emdirim yöntemi ile C ve D vitamini açısından zengin bir besine başarıyla dönüştürülebileceği görülmüştür. Gelecek çalışmalarda vakumlu emdirim uygulamasını etkileyen en önemli parametrelerden olan restorasyon süresi ve farklı vakum güçleri üzerinde çalışmalar gerçekleştirilebilir. Daha yüksek vakum gücü ve daha uzun restorasyon süresi uygulamaları ile patates dilimlerinin vakumlu emdirim süresinin kısaltılması çalışılabilir. Ayrıca ultrasonik destekli sistemde farklı ultrasonik güçler çalışılarak, kavitasyon gücünün patates dilimlerine emdirilen vitamin miktarı üzerindeki etkisi incelenebilir.

Etik Standart ile Uyumluluk

Çıkar çatışması: Yazarlar bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Etik izin: Araştırma niteliği bakımından etik izne tabii değildir.

Finansal destek: -

Teşekkür: -

Açıklama: -

Kaynaklar

Abobaker, A., Alzwi, A., Alraied, A.H.A. (2020). Overview of the possible role of vitamin C in management of COVID-19. *Pharmacological Reports*, 1-12.

<https://doi.org/10.1007/s43440-020-00176-1>

Aburjai, T., Al-Khalil, S., Abuirjeie, M. (1998). Vitamin D3 and its metabolites in tomato, potato, egg plant and zucchini leaves. *Phytochemistry*, 49(8), 2497-2499.

[https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(98\)00246-5](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(98)00246-5)

Barat, J.M., Talens, P., Barrera, C., Chiralt, A., Fito, P. (2002). Pineapple candying at mild temperature by applying vacuum impregnation. *Journal of Food Science*, 67(8), 3046-3052.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb08857.x>

Barba, F.J., Esteve, M.J., Frígola, A. (2011). Determination of vitamins E (α -, γ - and δ -tocopherol) and D (cholecalciferol and ergocalciferol) by liquid chromatography in milk, fruit juice and vegetable beverage. *European Food Research and Technology*, 232(5), 829-836.

<https://doi.org/10.1007/s00217-011-1450-8>

Barba, F.J., Esteve, M.J., Frígola, A. (2012). Impact of high-pressure processing on vitamin E (α -, γ -, and δ -tocopherol), vitamin D (cholecalciferol and ergocalciferol), and fatty acid profiles in liquid foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(14), 3763-3768.

<https://doi.org/10.1021/jf205355h>

Bauer, S.R., Kapoor, A., Rath, M., Thomas, S.A. (2020). What is the role of supplementation with ascorbic acid, zinc, vitamin D, or N-acetylcysteine for prevention or treatment of COVID-19?. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 1-3.

<https://doi.org/10.3949/ccjm.87a.ccc046>

Bellary, A.N., Indiramma, A.R., Prakash, M., Baskaran, R., Rastogi, N.K. (2016). Anthocyanin infused watermelon rind and its stability during storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33, 554-562.

<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.10.010>

Bendich, A., Langseth, L. (1995). The health effects of vitamin C supplementation: a review. *Journal of the American College of Nutrition*, 14(2), 124-136.

<https://doi.org/10.1080/07315724.1995.10718484>

Betoret, N., Puente, L., Diaz, M., Pagán, M., Garcia, M., Gras, M., Martínez-Monzó, J., Fito, P. (2003). Development of probiotic-enriched dried fruits by vacuum impregnation. *Journal of Food Engineering*, 56(2), 273-277.

[https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00268-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00268-6)

Blanda, G., Cerretani, L., Bendini, A., Cardinali, A., Scarpellini, A., Lercker, G. (2008). Effect of vacuum impregnation on the phenolic content of Granny Smith and Stark Delicious frozen apple cvv. *European Food Research and Technology*, 226(5), 1229-1237.

<https://doi.org/10.1007/s00217-007-0624-x>

Boland, R., Skliar, M., Curino, A., Milanesi, L. (2003). Vitamin D compounds in plants. *Plant Science*, 164(3), 357-369.

[https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00420-X](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00420-X)

Bough, R.A., Holm, D.G., Jayanty, S.S. (2020). Evaluation of cooked flavor for fifteen potato genotypes and the correlation of sensory analysis to instrumental methods. *American Journal of Potato Research*, 97(1), 63-77.

<https://doi.org/10.1007/s12230-019-09757-0>

Burg, P., Fraile, P. (1995). Vitamin C destruction during the cooking of a potato dish. *LWT-Food Science and Technology*, 28(5), 506-514.

<https://doi.org/10.1006/fstl.1995.0085>

Cortés, M., Herrera, E., Rodríguez, E. (2015). Experimental optimization of the freeze dry process of cape gooseberry added with active compounds by vacuum impregnation. *Vitae*, 22(1), 47-56.

<https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v22n1a06>

Duarte-Correa, Y., Díaz-Osorio, A., Osorio-Arias, J., Sobral, P.J., Vega-Castro, O. (2020). Development of fortified low-fat potato chips through vacuum impregnation and microwave vacuum drying. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 64, 102437.

<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102437>

Griffin, G., Hewison, M., Hopkin, J., Kenny, R., Quinton, R., Rhodes, J., Thickett, D. (2020). Vitamin D and COVID-19: evidence and recommendations for supplementation. *Royal Society Open Science*, 7(12), 201912.

<https://doi.org/10.1098/rsos.201912>

Henríquez Arias, L. E., Patiño Gómez, J. H., Salazar, J. A. (2012). Application of the matrix engineering on the development of minimally processed Hass avocado (Persea

americana Mill) with additions of vitamin C and calcium. *Revista Lasallista de Investigación*, 9(2), 44-54.

Hironaka, K., Kikuchi, M., Koaze, H., Sato, T., Kojima, M., Yamamoto, K., Tsuda, S. (2011). Ascorbic acid enrichment of whole potato tuber by vacuum-impregnation. *Food Chemistry*, 127(3), 1114-1118.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.01.111>

Hironaka, K., Oda, Y., Koaze, H. (2014). Iron enrichment of whole potato tuber by vacuum impregnation. *LWT-Food Science and Technology*, 59(1), 504-509.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.043>

Hironaka, K., Koaze, H., Oda, Y., Shimada, K. (2015). Zinc enrichment of whole potato tuber by vacuum impregnation. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 2352-2358.

<https://doi.org/10.1007/s13197-013-1194-5>

Holick, M. F. (2011). Health benefits of vitamin D and sunlight: a D-bate. *Nature Reviews Endocrinology*, 7(2), 73-75.

<https://doi.org/10.1038/nrendo.2010.234>

Ikanone, C.E.O., Oyekan, P.O. (2014). Effect of boiling and frying on the total carbohydrate, vitamin C and mineral contents of Irish (*Solanum tuberosum*) and sweet (*Ipomea batatas*) potato tubers. *Nigerian Food Journal*, 32(2), 33-39.

[https://doi.org/10.1016/S0189-7241\(15\)30115-6](https://doi.org/10.1016/S0189-7241(15)30115-6)

Joshi, A.P.K., Rupasinghe, H.P.V., Pitts, N.L. (2010). Sensory and nutritional quality of the apple snacks prepared by vacuum impregnation process. *Journal of Food Quality*, 33(6), 758-767.

<https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2010.00349.x>

Joshi, A., Kar, A., Rudra, S.G., Sagar, V.R., Varghese, E., Lad, M., Singh, B. (2016). Vacuum impregnation: a promising way for mineral fortification in potato porous matrix (potato chips). *Journal of Food Science and Technology*, 53(12), 4348-4353.

<https://doi.org/10.1007/s13197-016-2424-4>

Külen, O., Stushnoff, C., Holm, D.G. (2013). Effect of cold storage on total phenolics content, antioxidant activity and vitamin C level of selected potato clones. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(10), 2437-2444.

<https://doi.org/10.1002/jsfa.6053>

- Lopez, S.V., Moreira, R.G. (2019). Increased phenolic compounds in potato chips vacuum impregnated with green tea. *Journal of Food Science*, 84(4), 807-817. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14492>
- Mashkour, M., Maghsoudlou, Y., Kashaninejad, M., Aalami, M. (2018). Effect of ultrasound pretreatment on iron fortification of potato using vacuum impregnation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(5), e13590. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13590>
- Menrad, K. (2003). Market and marketing of functional food in Europe. *Journal of Food Engineering*, 56(2), 181-188. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00247-9](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00247-9)
- Mokhtari, Z., Hekmatdoost, A., Nourian, M. (2016). Antioxidant efficacy of vitamin D. *Journal of Parathyroid Disease*, 5(1), 11-16.
- Moreira, R.G., Almohaimeed, S. (2018). Technology for processing of potato chips impregnated with red rootbeet phenolic compounds. *Journal of Food Engineering*, 228, 57-68. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.02.010>
- Naidu, K. A. (2003). Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. *Nutrition Journal*, 2(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-2-7>
- Nawirska-Olszańska, A., Pasławska, M., Stępień, B., Oziębłowski, M., Sala, K., Smorowska, A. (2020). Effect of vacuum impregnation with apple-pear juice on content of bioactive compounds and antioxidant activity of dried chokeberry fruit. *Foods*, 9(1), 108. <https://doi.org/10.3390/foods9010108>
- Padayatty, S.J., Katz, A., Wang, Y., Eck, P., Kwon, O., Lee, J.H., Levine, M. (2003). Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. *Journal of the American College of Nutrition*, 22(1), 18-35. <https://doi.org/10.1080/07315724.2003.10719272>
- Panarese, V., Dejmek, P., Rocculi, P., Galindo, F. G. (2013). Microscopic studies providing insight into the mechanisms of mass transfer in vacuum impregnation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 18, 169-176. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.01.008>
- Park, S.I., Kodihalli, I., Zhao, Y. (2005). Nutritional, sensory, and physicochemical properties of vitamin E-and mineral-fortified fresh-cut apples by use of vacuum impregnation. *Journal of Food Science*, 70(9), S593-S599. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb08334.x>
- Rahman, M.M., Khan, M.M.R., Hosain, M.M. (2007). Analysis of vitamin C (ascorbic acid) contents in various fruits and vegetables by UV-spectrophotometry. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 42(4), 417-424. <https://doi.org/10.3329/bjsir.v42i4.749>
- Röbke, C., Brunton, N., Gormley, T.R., Butler, F. (2011). Quality and antioxidant capacity of fresh-cut apple wedges enriched with honey by vacuum impregnation. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(3), 626-634. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02526.x>
- Salvatori, D., Andrés, A., Chiralt, A., Fito, P. (1998). The response of some properties of fruits to vacuum impregnation. *Journal of Food Process Engineering*, 21(1), 59-73. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.1998.tb00439.x>
- Senturk Parreidt, T., Schmid, M., Müller, K. (2018). Effect of dipping and vacuum impregnation coating techniques with alginate based coating on physical quality parameters of cantaloupe melon. *Journal of Food Science*, 83(4), 929-936. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14091>
- Singh, U., Bradbury, J.H. (1988). HPLC determination of vitamin A and vitamin D2 in South Pacific root crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 45(1), 87-94. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740450111>
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. (2019, Aralık). Dünyada patates. <https://www.tarimorman.gov.tr/bugem/belgeler/m%c4%b01l%c4%b0%20tarim/patates%20aralik%20b%c3%9clten%c4%b0.pdf> adresinden alındı. (Erişim 03.09.2021).
- Ursachi, C., Segal, R., Muresan, C. (2009). Vacuum impregnation viability of some fruits. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 15(2), 316-319.
- Xie, J., Zhao, Y. (2003). Nutritional enrichment of fresh apple (Royal Gala) by vacuum impregnation. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(5), 387-398. <https://doi.org/10.1080/09637480310001595261>
- Xie, J., Zhao, Y. (2004). Use of vacuum impregnation to develop high quality and nutritionally fortified frozen strawberries. *Journal of Food Processing and Preservation*, 28(2), 117-132. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2004.tb00815.x>

Yılmaz, F. M., Ersus Bilek, S. (2017). Vakumlu Emdirim (İmpregnasyon) Teknolojisinin Fonksiyonel Meyve ve Sebze Ürünlerinin Geliştirilmesinde Kullanımı. *Akademik Gıda*, 15(2), 163-171.

<https://doi.org/10.24323/akademik-gida.333673>

Yılmaz, F. M., Bilek, S. E. (2018). Ultrasound-assisted vacuum impregnation on the fortification of fresh-cut apple with calcium and black carrot phenolics. *Ultrasonics Sonochemistry*, 48, 509-516.

<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.07.007>

Zhao, Y., Xie, J. (2004). Practical applications of vacuum impregnation in fruit and vegetable processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15(9), 434-451.

<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.01.008>