



**ADAÇAYI EKSTRAKTLARININ FARKLI YÖNTEMLER İLE
KONSANTRASYONUNUN MATEMATİKSEL MODELLENMESİ VE KALİTE
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Cüneyt Dinçer*

Akdeniz Üniversitesi Gıda Güvenliği ve Tarımsal Araştırmalar Merkezi, 07058, Antalya, Türkiye
Akdeniz Üniversitesi Finike Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Bölümü, 07740, Antalya, Türkiye

Geliş / Received: 29.04.2020; Kabul / Accepted: 14.07.2020; Online baskı / Published online: 04.08.2020

Dinçer, C. (2020). Adaçayı ekstraktlarının farklı yöntemler ile konsantrasyonunun matematiksel modellenmesi ve kalite özelliklerinin araştırılması. *GIDA* (2020) 45(4)736-747 doi: 10.15237/gida.GD20058.

Dinçer, C. (2020). Mathematical modeling of concentration of sage extract by different methods and investigation of quality properties. GIDA (2020) 45(4)736-747 doi: 10.15237/gida.GD20058.

ÖZ

Bu çalışmada adaçayı ekstraktlarının konsantrasyonunun modellenmesi ve konsantrasyon işleminin adaçayı ekstraktlarının kalite özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla uygulamalar termal vakum konsantrasyon (75, 80 ve 85 °C, 250 mbar basınç) ve mikrodalga vakum konsantrasyon (180, 300, ve 450W, 250 mbar basınç) olmak üzere iki farklı konsantrasyon sisteminde gerçekleştirilmiştir. Hedeflenen 40 °Bx konsantrasyon seviyesine en kısa sürede 450 W'ta gerçekleştirilen mikrodalga vakum konsantrasyon uygulamasıyla ulaşılmıştır. Örneklerin konsantrasyon kinetiğinin modellenmesinde 13 farklı model kullanılmıştır. Termal yöntem ile konsantre edilen adaçayı örnekleriyle en iyi uyumu Modifiye Henderson ve Pabis modeli gösterirken, mikrodalga yöntemiyle konsantre edilen örnekler için en iyi uyum gösteren model Midilli olmuştur. Konsantre edilen örneklerin fizikokimyasal özelliklerinde genel olarak önemli değişimler gözlenmemiştir.

Anahtar kelimeler: Adaçayı, *Salvia fruticosa*, mikrodalga vakum konsantrasyon, matematiksel modelleme.

**MATHEMATICAL MODELING OF CONCENTRATION OF SAGE EXTRACT
BY DIFFERENT METHODS AND INVESTIGATION OF QUALITY
PROPERTIES**

ABSTRACT

In this study, the modeling of the concentration of sage extracts and the effect of concentration on the quality properties of sage extracts were investigated. For this purpose, applications were performed in two different concentration systems: thermal vacuum concentration (75, 80 and 85 °C, 250 mbar pressure) and microwave vacuum concentration (180, 300, and 450W, 250 mbar pressure). The desired 40 °Bx concentration level in the shortest time was reached by the microwave vacuum concentration application at 450 W. 13 different mathematical models were used to describe the concentration kinetics. While the best fit with the sage samples concentrated by thermal method was the Modified Henderson and Pabis model, the model that showed the best fit for the samples concentrated by the microwave method was Midilli. It was observed that there was no significant difference in the physicochemical properties of the concentrated samples.

Keywords: Sage, *Salvia fruticosa*, microwave vacuum concentration, mathematical modelling.

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: cdincer@akdeniz.edu.tr,

☎: (+90) 242 227 20 57/2598

☎: (+90) 242 310 65 06

Cüneyt Dinçer; ORCID no: 0000-0002-9160-4242

GİRİŞ

Yüzyıllardır tıbbi amaçlı olarak kullanılan bitkiler “doğaya dönüş” akımının yaşandığı günümüzde yeniden önemli hale gelmiştir. Özellikle son yıllarda yapılan çalışmalarla tıbbi ve aromatik bitkilerin içerdiği biyoaktif bileşenlerin sağlık açısından önemli faydaları olduğunun vurgulanması bu bitkilerin tüketimini ve değerini arttırmıştır. Tıbbi ve aromatik bitkiler içerisinde önemli bir yeri olan Lamiaceae (Ballıbabagiller) familyası, ülkemizde en yüksek endemizm oranına sahip familyaların başında gelmesi bakımından ayrı bir değere sahiptir (Arslan vd., 2000). Lamiaceae familyasının en önemli üyeleri arasında yer alan, ülkemizde adaçayı ismi ile bilinen *Salvia* cinsi bitkiler geleneksel olarak ilaç amaçlı kullanımının yanında, kozmetik, parfümeri ve kimya endüstrisinde de kullanılabilir. Ayrıca bu bitkiler özellikle et yemeklerinde aroma verici baharat olarak ve bitki çayı olarak da yaygın şekilde tüketilmektedir (Tunalı vd., 2002; Delamare vd., 2007; Yağcıoğlu, 2015; Gezek vd., 2019).

Salvia türleri farklı nitelikte dal, yaprak ve çiçeklere sahip tek veya çok yıllık ve 50–100 cm arasında boylanabilen bitkilerdir (Davis, 1982). Bu bitki türleri, rüzgardan korunan, sıcak ve güneşli, eğimli araziler üzerinde baskın olarak bulunur. Kış soğuklarına ve kuraklığa dayanıklı olan bu türler özellikle kireç içeriği bakımından zengin topraklarda iyi gelişir (Baydar, 2005). Latince kökenli bir kelime olan *Salvia* “iyileştirmek” veya “tedavi etmek” anlamlarını taşımaktadır. Kökeni ve yayılış alanı Akdeniz çevresi olan *Salvia* cinsinin en iyi bilinen türü ise tıbbi adaçayı olarak da tanınan *Salvia officinalis*'tir (Davis, 1982; Tepe, 2002; Baydar, 2005). Ancak *S. officinalis* ülkemizde doğal olarak yetişmemekte, kültür koşullarında yetiştirilmektedir. Türkiye’de yaygın olarak bulunan ve ticari öneme sahip *Salvia* türlerinin başında ise *Salvia fruticosa* (sinonim *S. triloba*) gelmektedir (Baser, 2002; Baydar, 2005). *S. fruticosa*'nın önemli miktarda fenolikler ve terpenoidler gibi biyoaktif bileşenler içerdiği, anti-enflamatuar, antimikrobiyal ve antioksidan aktivitelerinin de çoğunlukla rosmarinik asit (fenolik) ve 1,8-sineol (terpenoid) ile ilişkili olduğu

rapor edilmektedir (El-Sayed vd., 2001; Delamare vd., 2007; Şahin-Nadeem vd., 2013).

Geleneksel olarak, adaçayı yaprakları 3–5 dakika boyunca sıcak kaynamış suda demlenerek bitkisel çay olarak kullanılır. Son yıllarda öğütülmüş adaçayı süzen poşetler içerisinde de yaygın olarak tüketilmektedir. Ancak bu yöntemlerde ekstraksiyonun etkin bir şekilde gerçekleştirilememesi, atık problemi ve bu işlemlerin pratik olmaması nedeniyle, yenilikçi ekstraksiyon yöntemlerinin yanı sıra ekstraktların konsantrasyonu ve instant bitki çayı üretim çalışmaları da önem kazanmıştır (Torun vd., 2014; Şahin-Nadeem vd., 2013). Bitki çaylarının istenen amaca uygun olarak çözünebilir formda kurutulması amacıyla, genel olarak ekstraksiyon, aroma ayırma, konsantrasyon ve kurutma gibi işlemler uygulanması gerekmektedir. Konsantrasyon işlemi instant içecek tozu üretiminde kritik bir aşamadır ve uygun maliyetli bir kurutma işlemi elde etmek için püskürtmeli kurutucudan önce kurutucuya verilecek sıvı konsantre edilir (Torun vd., 2014; Tontul ve Topuz, 2017).

Konsantrasyon işlemi genellikle termal yöntemler ile gerçekleştirilir. Ancak bu işlemde özellikle sürenin uzamasına bağlı olarak ısıya hassas bileşenlerce zengin ürünlerde önemli kayıplar, renk ve aromada istenmeyen değişiklikler meydana gelebilmektedir. Bu kayıpların azaltılmasına yönelik olarak, termal yöntemle kombine olarak kullanılan sistemlerin yanı sıra alternatif konsantrasyon yöntemleri üzerine de çalışmalar yürütülmektedir. Bu kapsamda termal yöntemle kıyasla daha kısa sürede, enerji ve kütle transferine imkân tanıyan mikrodalga vakum konsantrasyonu gibi yöntemler ön plana çıkmaktadır (Bozkır ve Baysal, 2017).

Mikrodalga ile ısıtma tekniğinde gıda maddesinde hacimsel ısıtma meydana gelmektedir. Hacimsel ısıtma, gıdaların mikrodalga enerjisini doğrudan ve dahili olarak emme ve ısıya dönüştürme yeteneği olarak ifade edilmektedir. Geleneksel ısıtmada ısı genellikle yüzeyden iç kısma doğru aktarılırken, mikrodalga ısıtmada ürün boyunca ısı üretilir. Bu nedenle, bir mikrodalga işleminde,

ısıtma oranları genellikle geleneksel ısıtmadan daha yüksektir (Chandrasekaran vd., 2013).

Diğer taraftan mikrodalga ısıtmanın sürekli modda uygulanması aşırı ve düzensiz ısınmaya dolayısıyla ürünün kalite özelliklerinde istenmeyen bazı değişikliklere neden olabilmektedir. Araştırmalar, aralıklı mikrodalga işleminin hem enerji verimliliğini hem de ürün kalitesini artırdığını göstermektedir (Kumar vd., 2016). Bu nedenle mikrodalga uygulamaları genelde kesikli uygulama modunda tercih edilmektedir. Mikrodalga ısıtmada dezavantajlardan biri de uygulamalarda elektromanyetik alan dağılımını ve etkisini izlemek veya kontrol etmek için yaygın ve basit bir yöntemin olmamasıdır (Vadivambal ve Jayas, 2007). Ancak, mikrodalga konsantrasyon işleminin modellenmesi, mikrodalga konsantrasyon işlemlerinin kontrolü ve optimizasyonunda fayda sağlayabilir. Ayrıca, matematiksel modellerin belirlenmesi mikrodalga konsantrasyon işlemlerinin verimliliğini artırabilir. Bu noktadan hareketle, bu çalışmanın amacı adaçayı ekstraktlarının mikrodalga ve termal yöntemler ile konsantrasyon karakteristiklerinin tanımlanmasında, matematiksel modellerin kullanılması ve ekstraktların fizikokimyasal özellikleri üzerine farklı konsantrasyon yöntem ve koşullarının etkilerinin değerlendirilmesidir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Çalışmada materyal olarak, yaklaşık 1.4 °Briks seviyesinde suda çözünür kuru madde içeriğine sahip adaçayı ekstraktı kullanılmıştır. Ekstraktı hazırlamak için Antalya’da faaliyet gösteren bir aktardan temin edilen adaçayı (*Salvia fruticosa*) bitkisinin kurutulmuş yaprakları kullanılmıştır. Örnekler blendırda (Beko BKK–2155 Maxi El Blendır, Türkiye) öğütüldükten sonra eleklerden (Retsch, Almanya) elenerek partikül büyüklüğünün 0.5-1 mm arasında olması sağlanmıştır. Ekstraksiyon işlemi için öğütülmüş numuneden alınan yaklaşık 6 g örnek 250 mL’lik cam şişelere aktarılmış ardından, katı sıvı oranı 4/100 olacak şekilde üzerine (144 mL) ekstraksiyon sıcaklığındaki (80 °C) distile su ilave edilmiştir. Ekstraksiyon çalkalamalı su banyosunda (Memmert WNE 29, SV 2945

Almanya), 80 °C’de, 150 devir/dk çalkalama hızında ve yaklaşık 90 dk süreyle gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon sonunda elde edilen ekstraktlar kaba filtre kağıdından süzöldükten sonra denemelere kadar +4 °C’de muhafaza edilmiştir.

Yöntem

Termal vakum konsantrasyon

Termal vakum konsantrasyon işlemi rotary evaporatör (Heidolph Hei VAP Precision, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla elde edilen ekstraktan (1.4 °Bx) her bir deneme için 250 mL, cam balon içerisine aktarılmıştır. Ardından cam balonun sisteme bağlantısı gerçekleştirilerek örneklerin rotary evaporatörün su banyosunda 75 (T 75), 80 (T 80) ve 85 °C (T 85) olmak üzere, üç farklı sıcaklıkta 75 devir/dk döndürme hızında, 250 mbar mutlak basınç değerinde yaklaşık 40 °Bx’e kadar konsantrasyonu gerçekleştirilmiştir.

Mikrodalga vakum konsantrasyon

Mikrodalga vakum konsantrasyon işlemi, programlanabilir SAMSUNG ME86V mikrodalga fırın (100-800W 2450 MHz) ile evaporatör (Heidolph Hei VAP Precision, Almanya) entegre edilerek gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla her bir deneme için 250 mL ekstrakt evaporatörün cam balonuna aktarılmış ve 30 cm uzunluğunda sıcaklığa dayanıklı şilifli (29/32) bir cam boru ile mikrodalga fırında açılan delikten evaporatöre entegre edilmiştir. Benzer sistemler nar (Yousefi vd., 2012) ve ananas sularının (Assawarachan ve Noomhorm, 2011) konsantrasyonlarında da kullanılmıştır. Örnekler (köpürme ve yanma gibi olumsuzlukların meydana gelmemesi için) ön denemeler ile belirlenen üç farklı güç seviyesinde (180 (MW 180, 8 sn açık 22 sn kapalı), 300 (MW 300, 12 sn açık 18 sn kapalı) ve 450 W (MW 450, 18 sn açık 12 sn kapalı)) ve 250 mbar mutlak basınç altında 40 °Bx’e kadar konsantre edilmiştir.

Konsantrasyonun Modellenmesi

Konsantrasyon prosesleri süresince ekstraktlardan düzenli aralıklarla (75 T ve MW 180 örneklerinde 20 dk, 80 T ve MW 300 örneklerinde 10 dk, 85 T ve MW 450 örneklerinde

7.5 dk) örnekleme yapılarak °Bx değerleri belirlenmiştir. Örnekleme yapılırken vakum sistemi durdurularak örnek alımı gerçekleştirilmiş ardından aynı şartlarda sistem yeniden

çalıştırılmıştır. Adaçayı ekstraktlarının konsantrasyon değişiminin tanımlanmasında Çizelge 1’de verilen modeller kullanılmıştır.

Çizelge 1. Adaçayı ekstraktlarının konsantrasyonu için uygulanan matematiksel modeller
Table 1. Mathematical models applied to concentration of sage extracts

Model adı <i>Model name</i>	Model eşitliği <i>Model equation</i>	Kaynak <i>Reference</i>
Lewis	$B-B_0 = \exp(-k.t)$	Goula vd., 2014
Henderson ve Pabis <i>Henderson and Pabis</i>	$B-B_0 = a.\exp(-k.t)$	Goula vd., 2014
Page	$B-B_0 = \exp(-k.t^n)$	Goula vd., 2014
İki-terimli <i>Two-term</i>	$B-B_0 = a.\exp(-k_0.t) + b.\exp(-k_1.t)$	Delgado vd., 2014
İki-terimli üssel <i>Two-term exponential</i>	$B-B_0 = a.\exp(-k.t) + (1-a).\exp(-k.a.t)$	Delgado vd., 2014
Logaritmik <i>Logarithmic</i>	$B-B_0 = a.\exp(-k.t) + c$	Delgado vd., 2014
Wang ve Singh <i>Wang and Singh</i>	$B-B_0 = 1 + a.t + b.t^2$	Goula vd., 2014
Modifiye Henderson ve Pabis <i>Modified Henderson and Pabis</i>	$B-B_0 = a.\exp(-kt) + b.\exp(-g.t) + c.\exp(-ht)$	Delgado vd., 2014
Midilli	$B-B_0 = a.\exp(-kt^n) + b.t$	Midilli vd., 2002
Verma	$B-B_0 = a.\exp(-kt) + (1-a).\exp(-g.t)$	Swain vd., 2012
Difüzyon yaklaşımı <i>Diffusion approach</i>	$B-B_0 = a.\exp(-kt) + (1-a).\exp(-k.b.t)$	Swain vd., 2012
B-B ₀ ’ın kökü <i>Root of B-B₀</i>	$B-B_0 = (n + k.t)^2$	Vega-Gálvez vd., 2008
Modifiye Page <i>Modified Page</i>	$B-B_0 = \exp(-(kt)^n)$	Delgado vd., 2014

t: konsantrasyon süresi (dk); B: ekstraktların herhangi bir süredeki çözünür katı konsantrasyonu (Briks), B₀: ekstraktların başlangıçtaki çözünür katı konsantrasyonu (Briks), k, a, b, c, g, h, n, k₀, k₁ model sabitleri.
t: concentration time (min); B: soluble solid concentration of the extracts at any time (Brix), B₀: soluble solid concentration of the extracts at initial (Brix), k, a, b, c, g, h, n, k₀, k₁ are model constants.

Tüm modellerdeki parametreler Sigma Plot 11.0 (Systat Software, Inc., San Jose, CA, A.B.D.) programı kullanılarak belirlenmiştir. Modellerin uygunluğu belirtme katsayısı (coefficient of determination, R²), azaltılmış kıkare (reduced chi-square, χ^2) ve hata kareler ortalamasının karekökü (Root mean square error, RMSE) ile değerlendirilmiştir. Bu üç parametre Assawarachan ve Noomhorm (2011)’in çalışmasında bildirdiği gibi aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır.

$$R^2 = 1 - (RSS) / (TSS) \quad (1)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum(\Delta B_{exp,i} - \Delta B_{pred,i})^2}{N - n_p} \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\Delta B_{exp,i} - \Delta B_{pred,i})^2} \quad (3)$$

Burada,

RSS: Artık Kareler Toplamı

TSS: Ortalamadan Ayrılmış Kareler Toplamı

$\Delta B_{exp,i}$ ve $\Delta B_{pred,i}$ sırasıyla gözlenen ve tahmin edilen konsantrasyon değişimi (°Bx), N gözlem sayısı, n_p modeldeki sabit sayısıdır.

Yaklaşık 40 °Bx'e konsantre edilen örnekler analizler öncesi başlangıç konsantrasyonu olan 1.4 °Bx'e destile su ile seyreltilmiş ve analizler bu örneklerde gerçekleştirilmiştir.

Suda çözünür kuru madde tayini (SÇKM)

Örneklerin suda çözünebilir kuru madde miktarı refraktometre (PAL- α ATAGO, Tokyo, Japonya) ile oda sıcaklığında ölçülmüştür.

pH ve İletkenlik ölçümü

Örneklerin pH ve iletkenlik değerleri oda sıcaklığında dijital pH metre (Orion 4-Star pH meter, Thermo Scientific, ABD) ve iletkenlik ölçer (Mettler Toledo S230, Switzerland) kullanılarak ölçülmüştür.

Renk analizi

Örneklerin renk analizi Konica-Minolta CR-400 (Japonya) renk ölçer cihazı ve sıvı kabı kullanılarak yapılmıştır. Renk, L* (koyuluk-açıklık), a* (yeşillik-kırmızılık), b* (mavilik-sarılık) renk parametreleri cinsinden ifade edilmiştir. Ayrıca Hue açısı (h) ve Chroma (C) değerleri aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmıştır.

$$h^{\circ} = \frac{180}{\pi} \tan^{-1}(b/a) \quad (4)$$

$$C = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad (5)$$

Bulanıklık

Örneklerdeki bulanıklık değeri ölçümü için örnek 95 mm yüksekliği ve 25 mm çapa sahip örnek kabına yerleştirilmiş ve türbidimetre (Hach 2100 N Turbidimeter, A.B.D.) kullanılarak NTU (Nephelometric Turbidity Unit) değeri cinsinden belirlenmiştir (Tajchakavit vd., 2001).

Toplam Fenolik madde

Toplam fenolik madde miktarı spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir. Bu amaçla, 0.5 mL örnek üzerine sırasıyla 2.5 mL Folin-Ciocalteu çözeltisi (saf su ile 10 kat seyreltilmiş) ve (0.5 ile 2 dk arasında bekleme süresinden sonra) 2 mL %7.5'lik Na₂CO₃ çözeltisi eklenmiştir. Elde edilen karışım vorteksle karıştırıldıktan sonra 50°C'deki su banyosunda 5 dk bekletilmiştir. Daha sonra oda sıcaklığına soğutulurak spektrofotometrede

(Thermo Scientific Evolution 160 UV-Vis, ABD) 760 nm dalga boyunda, okunmuştur. Elde edilen absorbans değerleri gallik asit çözeltileri ile oluşturulan kurve yardımıyla mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/L ekstrakta dönüştürülmüştür (Skerget vd., 2005).

İstatiksel analizler

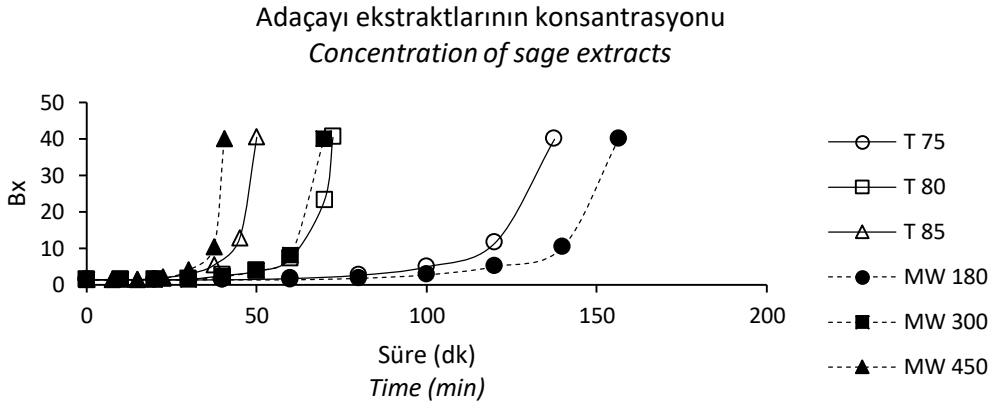
Araştırma tesadüf parselleri deneme desenine göre iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş analizler paralelli olarak yürütülmüştür. Ortalamalar varyans analizine tabi tutularak, önemli bulunan farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile ortaya konulmuştur.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Adaçayı ekstraktlarının konsantrasyon kinetiği

Adaçayı ekstraktlarının farklı konsantrasyon yöntemleri kullanılarak elde edilen konsantrasyon eğrileri Şekil 1'de sunulmuştur. Başlangıç seviyesi olan 1.4 °Bx'ten adaçayı ekstraktlarının 40 °Bx'e konsantrasyonu için gerekli süre, T75, T80 ve T85 örnekleri için sırasıyla 137.5, 72.5 ve 50 dk olarak belirlenirken, MW180, MW300 ve MW450 örnekleri için ise sırasıyla 156.5, 69.75 ve 40.5 dk olarak belirlenmiştir. Hedeflenen konsantrasyon değerine ulaşmak için gerekli sürenin sıcaklık (75°C'ten 85°C'ye) ve mikrodalga gücü (180W'tan 450W'a) artışıyla azaldığı görülmektedir.

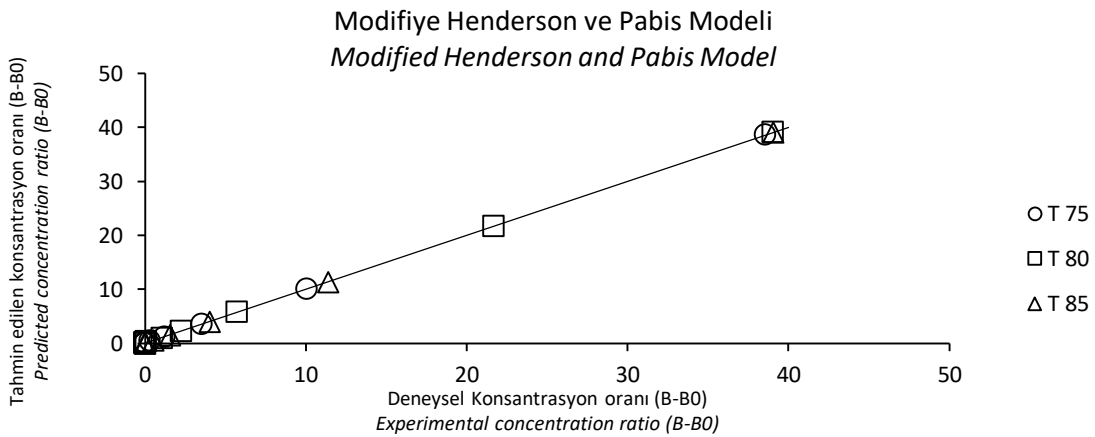
Vakum prosesi çözeltilerin kaynama noktasının düşmesine buna bağlı olarak hedeflenen konsantrasyon seviyesine daha kısa sürede ulaşılmasına imkan tanımaktadır. Diğer taraftan konsantrasyon sürecinde, çözeltilerin suda çözünür kuru madde artışına bağlı olarak kaynama noktası da yükselmektedir (Yousefi vd., 2012). Bununla birlikte çözeltilerin kaynama noktasındaki artışın suda çözünür kuru madde artışı yanında konsantrasyon yöntemi ile de ilişkili olduğu; nitekim mikrodalga vakum yöntemiyle konsantre edilen nar suyu örneklerinin kaynama noktalarının geleneksel vakum yöntemiyle konsantre edilenlerden daha fazla olduğu bildirilmektedir (Yousefi vd., 2012). Ayrıca bu farkın konsantrasyon aşamasının sonuna doğru daha belirgin olduğu ve bu olayın süper ısınma olgusundan kaynaklandığı rapor edilmektedir.



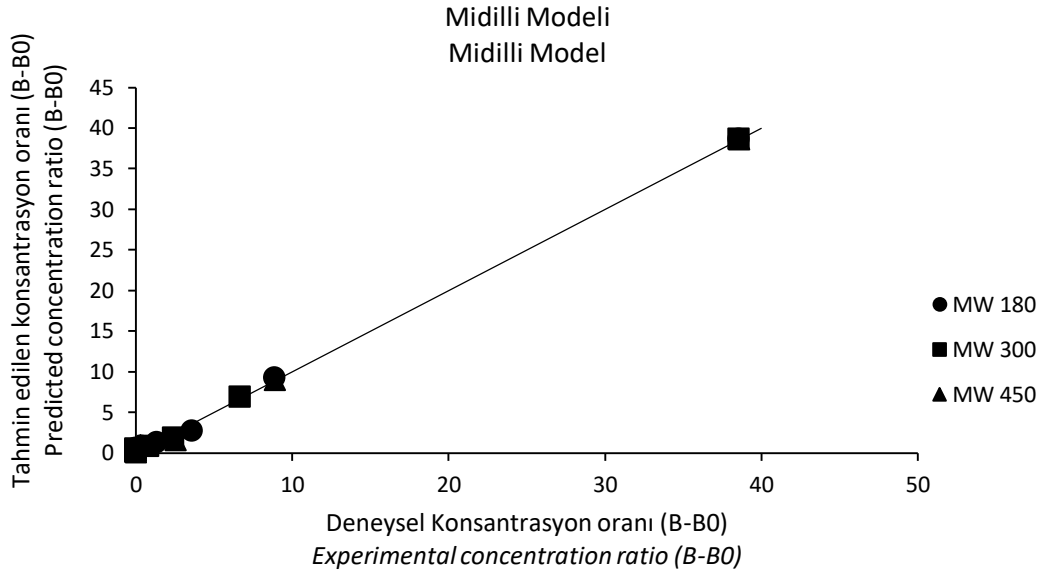
Şekil 1. Farklı yöntemler kullanılarak konsantre edilen adaçayı ekstraktlarının konsantrasyon kurvesi
Figure 1. The concentration curves for sage extracts concentrated using the various techniques

Modellerin adaçayı ekstraktlarından elde edilen verilere (Çizelge 1) uygunluğunu belirlemek için hesaplanan regresyon katsayıları (R^2), azaltılmış ki-kare (χ^2) ve hata kareler ortalaması (RMSE) değerleri, Çizelge 2’de sunulmuştur. Termal yöntem ile konsantre edilen adaçayı örneklerinde, modellerin hesaplanan R^2 değerleri 0.747 ile 1 arasında belirlenirken, χ^2 ve RMSE değerleri ise sırasıyla 0.0161 ile 53.699 ve 0.1269 ile 7.328 arasında tespit edilmiştir. Mikrodalga yöntemiyle konsantre edilen örnekler için R^2 , χ^2 ve RMSE değerleri ise sırasıyla 0.658 ile 0.9995, 0.1628 ile 83.0046 ve 0.4035 ile 9.1107 arasında hesaplanmıştır.

Yüksek R^2 ile düşük χ^2 ve RMSE değerleri, modellerin verilere uygunluğunu ifade etmektedir. Bu doğrultuda termal yöntem ile konsantre edilen adaçayı örneklerine en iyi uyumu Modifiye Henderson ve Pabis modeli ($R^2 \geq 0.9999$; $\chi^2 \leq 0.0443$; $RMSE \leq 0.2104$) gösterirken, mikrodalga yöntemiyle konsantre edilen örnekler için en iyi uyum gösteren model Midilli ($R^2 \geq 0.9985$; $\chi^2 \leq 0.6066$; $RMSE \leq 0.7789$) olmuştur (Çizelge 2). Ayrıca Şekil 2 ve Şekil 3’te sunulan deneysel veriler ile tahmin edilen veriler karşılaştırıldığında, Modifiye Henderson ve Pabis ile Midilli modellerinin adaçayı ekstraktlarının konsantrasyon karakteristiklerini tahmin etmede oldukça başarılı oldukları görülmektedir.



Şekil 2. Modifiye Henderson ve Pabis Modeli için adaçayı ekstraktlarındaki termal vakum konsantrasyonu değişiminin deneysel ve tahmin edilen değerleri.
Figure 2. Experimental and predicted values of thermal vacuum concentration change in sage extracts for Modified Henderson and Pabis Model



Şekil 3. Midilli Modeli için adaçayı ekstraktlarındaki mikrodalga vakum konsantrasyonu değişiminin deneysel ve tahmin edilen değerleri.

Figure 3. Experimental and predicted values of microwave vacuum concentration change in sage extracts for Midilli Model

Çizelge 2. Farklı yöntemler ile konsantr edilen adaçayı ekstraktlarının konsantrasyon verileri için kullanılan kinetik modellerin parametreleri

Table 2. Parameters of the kinetic models used to fit concentration data for sage extracts concentrated by various concentration techniques.

Matematiksel model Mathematical model	Parametreler Parameters	Konsantrasyon metodu Concentration method					
		T 75	T 80	T 85	MW 180	MW 300	MW 450
Lewis	R ²	0.7637	0.77	0.747	0.6774	0.7062	0.658
	χ ²	41.9819	42.8731	46.0277	51.3596	52.3378	69.1705
	RMSE	6.4793	6.5478	6.7844	7.1666	7.2345	8.3169
Henderson ve Pabis <i>Henderson and Pabis</i>	R ²	0.9984	0.9907	0.9954	0.9961	0.9985	0.9955
	χ ²	0.3375	1.988	0.9789	0.7035	0.3099	1.0869
	RMSE	0.5809	1.41	0.9894	0.8387	0.5567	1.0426
Page	R ²	0.9966	0.9958	0.9969	0.9924	0.9963	0.9893
	χ ²	0.7067	0.9015	0.6633	1.3886	0.7697	2.5994
	RMSE	0.8407	0.9495	0.8144	1.1784	0.8773	1.6123
İki-terimli <i>Two-term</i>	R ²	0.9984	0.9907	0.9954	0.9961	0.9985	0.9955
	χ ²	0.5062	2.7832	1.4684	0.9849	0.4648	1.8116
	RMSE	0.7115	1.6683	1.2118	0.9924	0.6818	1.3459
İki-terimli üssel <i>Two-term exponential</i>	R ²	0.9967	0.9924	0.9957	0.9951	0.9964	0.9955
	χ ²	0.6784	1.6249	0.9133	0.8861	0.7452	1.0835
	RMSE	0.8237	1.2747	0.9556	0.9413	0.8633	1.0409
Logaritmik <i>Logarithmic</i>	R ²	0.9987	0.9926	0.9965	0.9969	0.9988	0.9965
	χ ²	0.3278	1.8274	0.8865	0.6676	0.3095	1.0554
	RMSE	0.5726	1.3518	0.9416	0.817	0.5564	1.0273
Wang ve Singh <i>Wang and Singh</i>	R ²	0.8244	0.8275	0.8018	0.7579	0.7835	0.7221
	χ ²	36.4107	36.7478	42.0765	44.0582	45.0053	67.4573
	RMSE	6.0341	6.062	6.4866	6.6376	6.7086	8.2132

Adaçayı ekstraktlarının konsantrasyonunun matematiksel modellenmesi

Modifiye Henderson ve Pabis <i>Modified Henderson and Pabis</i>	R ²	1	0.9999	1	0.9961	0.9985	0.9955
	χ^2	0.0161	0.0443	0.0244	1.6415	0.9297	5.4347
	RMSE	0.1269	0.2104	0.1561	1.2812	0.9642	2.3312
Midilli	R ²	0.9995	0.9977	0.9989	0.9987	0.9995	0.9985
	χ^2	0.1503	0.6866	0.353	0.3237	0.1628	0.6066
	RMSE	0.3877	0.8286	0.5941	0.5689	0.4035	0.7789
Verma	R ²	0.9976	0.99	0.9946	0.9953	0.9977	0.9947
	χ^2	0.605	2.486	1.3747	0.9874	0.5719	1.6087
	RMSE	0.7778	1.5767	1.1725	0.9937	0.7562	1.2683
Difüzyon yaklaşımı <i>Diffusion approach</i>	R ²	0.9976	0.99	0.9946	0.9953	0.9977	0.9947
	χ^2	0.605	2.486	1.3747	0.9874	0.5719	1.6087
	RMSE	0.7778	1.5767	1.1725	0.9937	0.7562	1.2683
B-B0'nin kökü <i>Root of B-B0</i>	R ²	0.78	0.7899	0.7612	0.7099	0.7304	0.6767
	χ^2	45.6088	44.7391	50.6788	52.7933	56.0375	78.4657
	RMSE	6.7534	6.6887	7.1189	7.2659	7.4858	8.8581
Modifiye Page <i>Modified Page</i>	R ²	0.7637	0.77	0.747	0.6774	0.7062	0.658
	χ^2	48.9789	48.9978	53.699	58.6967	61.0608	83.0046
	RMSE	6.9985	6.9998	7.328	7.6614	7.8141	9.1107

Literatürde bitki çaylarının konsantrasyonunun modellendiği çalışmalara rastlanılmamıştır. Bununla birlikte benzer yöntemler ile meyve sularının konsantrasyonunun modellendiği sınırlı sayıda çalışmalar mevcuttur. Bu kapsamda Assawarachan ve Noomhorm (2011) ananas suyunun mikrodalga yöntem ile konsantrasyonunda deneysel verilere en uygun modelin modifiye Page olduğunu rapor etmiştir. Yousefi vd. (2012) nar suyunun mikrodalga ve geleneksel yöntem ile konsantrasyonunu tanımlamada birinci derece reaksiyon modelini kullandıklarını rapor ederken, Goula vd. (2014) nar suyunun termal yöntem ile konsantrasyonunda logaritmik modelin daha iyi sonuç verdiğini bildirmişlerdir. Diğer taraftan Dinçer vd. (2019) ve Sabancı ve İçier (2017) farklı yöntemler ile konsantre ettikleri meyve sularında, konsantrasyon karakteristiklerinin tanımlanmasında Midilli modelin en uyumlu model olduğunu rapor etmişlerdir.

Çizelge 3'te en uyumlu modeller olarak belirlenen Modifiye Henderson ve Pabis ile Midilli modellerine ait kinetik parametreleri sunulmuştur. Termal yöntem ile konsantre edilen adaçayı örneklerinde Modifiye Henderson ve Pabis modeli için hesaplanan k değerinin -0.2287 ile -

0.0729 arasında olduğu belirlenirken, mikrodalga yöntem ile konsantre edilen örneklerde Midilli model için hesaplanan k değeri ise -6.7307.10⁻⁶ ile -0.0003 arasında belirlenmiştir (Çizelge 3).

Fizikokimyasal özellikler

Sıvı gıdaların iletkenliğinin vitaminler, mineraller, yağ asitleri ve proteinler gibi besin maddelerinden kaynaklandığı ifade edilmekte (Aadil vd., 2013) ayrıca, iletkenliğin, ohmik ısıtma, ultrason, darbeli elektrik alanları, radyo frekanslı ısıtma veya mikrodalga ısıtma ile işlenmesi için önemli olduğu bildirilmektedir (Siguemoto ve Gut, 2016). Bununla birlikte Çizelge 4. incelendiğinde örneklerin iletkenlik değerlerinin 1518 ile 1723 $\mu\text{s}/\text{cm}$ arasında tespit edildiği, konsantrasyon işleminin örneklerin iletkenlik değerlerinde önemli bir değişime neden olmadığı görülmektedir. Konsantrasyon işlemlerinin adaçayı ekstraktlarının pH değerlerinde ise istatistiki açıdan önemli seviyede azalmaya neden olduğu ancak konsantrasyon yöntemleri arasında önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir. Nitekim Onsekizoğlu (2013)'da nar suyu ile gerçekleştirdiği çalışmada pH ve titrasyon asitliği değerlerinde konsantrasyon yöntemine göre (termal ve membran konsantrasyon yöntemleri) önemli değişiklikler olmadığını rapor etmektedir.

Çizelge 3. Farklı yöntemler ile konsantrasyon edilmiş adaçayı ekstraktları için Midilli ve Henderson ve Pabis modellerinin kinetik parametreleri.

Table 3. Kinetic parameters of Midilli and Henderson and Pabis models for sage extracts concentrated by various techniques.

Matematiksel Model <i>Mathematical Model</i>	Konsantrasyon metodu <i>Concentration method</i>	Model sabitleri <i>Model constants</i>			
		a	k	n	b
Henderson ve Pabis <i>Henderson and Pabis</i>	T 75	0.0017	-0.0729		
	T 80	4.4859.10 ⁻⁵	-0.1883		
	T 85	0.0004	-0.2287		
	MW 180	8.6647.10 ⁻⁵	-0.0831		
	MW 300	0.0002	-0.1733		
	MW 450	1.3587.10 ⁻⁷	-0.4806		
Midilli	T 75	0.1058	-0.0004	1.9263	0.0045
	T 80	0.1696	-3.5871.10 ⁻⁶	3.3200	0.0261
	T 85	0.1136	-0.0005	2.3901	0.0302
	MW 180	0.1177	-6.7307.10 ⁻⁶	2.7035	0.0059
	MW 300	0.0902	-0.0003	2.3261	0.0074
	MW 450	0.0749	-4.7926.10 ⁻⁶	3.8025	0.0347

Çizelge 4. Adaçayı örneklerinin bazı fizikokimyasal özellikleri

Table 4. Physicochemical analysis results of sage samples

	Kontrol <i>Control</i>	T 75	T 80	T 85	MW 180	MW 300	MW 450
pH	5.76±0.02	5.66±0.02	5.66±0.00	5.69±0.01	5.67±0.03	5.68±0.01	5.70±0.02
İletkenlik ($\mu\text{s}/\text{cm}$) <i>Conductivity</i>	1528±56	1648±15	1628±5	1518±179	1687±102	1608±79	1723±17
L*	18.36±0.10	17.72±0.55	18.15±0.06	18.23±0.13	18.02±0.02	17.96±0.05	18.07±0.03
a*	1.88±0.08	2.06±0.15	1.98±0.14	1.97±0.05	1.55±0.10	1.65±0.07	1.65±0.15
b*	1.92 ^{ab} ±0.16	2.04±0.02	1.81± ^{abc} 0.11	1.94± ^{ab} 0.19	1.52± ^c 0.04	1.52± ^c 0.07	1.62± ^{bc} 0.05
C	2.68± ^{abc} 0.17	2.92±0.14	2.68± ^{abc} 0.17	2.76± ^{ab} 0.16	2.17± ^d 0.09	2.24± ^{cd} 0.10	2.31± ^{bcd} 0.07
h	45.44±1.14	45.07±1.63	42.51±0.31	44.51±2.16	44.39±1.18	42.62±0.12	44.56±3.43
NTU	78.2±4.2	56.3±0.2	66.7±1.1	69.8±5.0	103.6±8.5	78.3±7.8	75.4±3.3
TFM (mg/L) <i>TPM</i>	3.73±0.03	3.54±0.10	3.55±0.15	3.62±0.04	3.67±0.02	3.66±0.04	3.66±0.01

T 75, T 80 ve T 85: 75°C, 80°C ve 85°C deki termal vakum konsantrasyon. MW 180, MW 300 ve MW 450: 180 W, 300 W ve 450W mikrodalga vakum konsantrasyon. Aynı satırdaki farklı harfler örnekler arası farkın istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) olduğunu gösterir. Ortalama değer±standart hata.

T 75, T 80 and T 85: Thermal vacuum concentration at 75 °C, 80 °C and 85 °C. MW 180, MW 300 and MW 450: Microwave vacuum concentration at MW 180, MW 300 and MW 450. Different letters on the same line represent that the difference between the samples is statistically significant ($P<0.05$). Mean values ±standard error

Örneklerin L*, a* ve h açısı renk değerlerinin uygulanan konsantrasyon yöntemlerine göre önemli bir değişim göstermediği belirlenirken b* ve C (Chroma) değerinin istatistiki açıdan önemli seviyede değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte b* ve C renk değerlerindeki bu değişimin kontrol örneğine kıyasla artış ya da

azalış şeklinde net bir eğilim göstermediği görülmektedir. Benzer şekilde örneklerin bulanıklık (NTU) değerlerinde de istatistiki açıdan önemli seviyede bir değişim belirlenirken, bu değişim artış ya da azalış şeklinde net bir eğilim göstermemiştir. Diğer taraftan Bozkir ve Baysal (2016) mikrodalga vakum evaporasyon (668 W,

500 mbar, 82 °C), rotary evaporasyon (500 mbar, 82 °C) ve yükselen film evaporator (500 mbar, 82 °C) olmak üzere üç farklı yöntem ile konsantre ettikleri elma sularının L* ve b* renk değerlerinin kontrol örneğine göre daha düşük bulunduğunu rapor etmişlerdir. Aynı çalışmada mikrodalga vakum evaporasyon ve rotary evaporasyon ile konsantre edilen örneklerin a* değeri azalırken, yükselen film evaporator ile konsantre edilen örneklerin a* değerinin % 4.69 arttığı bildirilmiştir. Karadut suyu ile gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise ozmotik distilasyon ve termal evaporasyon (250 mbar, 80 °C) ile konsantre edilen örneklerin L ve a değerlerinde önemli bir değişim bildirilmezken, b değerinin arttığı rapor edilmiştir (Dinçer vd., 2016).

Biyoaktif maddelerce oldukça zengin olduğu ifade edilen adaçayı ekstraktlarında fenolik madde içeriği 3.54 ile 3.73 mg/L arasında tespit edilmiştir. Bununla birlikte uygulanan konsantrasyon işlemlerinin ekstraktların fenolik içeriğinde önemli bir değişime neden olmadığı belirlenmiştir. Bu fenolik madde sonuçları göz önüne alındığında; adaçayı ekstraktlarının içerdiği fenolik bileşenlerin genel olarak uygulanan 75-85 °C'deki termal vakum konsantrasyon ve 180-450 W mikrodalga vakum konsantrasyon şartlarına karşı dayanıklı olduğu değerlendirilebilir. Nitekim adaçayı fenoliklerinin, ekstraksiyon (Torun vd., 2015) ve püskürterek kurutma (Şahin-Nadeem vd., 2013) gibi farklı sıcaklıklarda (60-80 °C ve 145-165 °C) gerçekleştirilen proses şartlarında da önemli bir değişime uğramadığı rapor edilmektedir. Adaçayı ekstraktlarının ters ozmoz ve ardından ozmotik distilasyon yöntemi ile konsantre edildiği başka bir çalışmada ise ters ozmoz işleminin toplam fenolik madde içeriğinde önemli düzeyde azalmaya neden olduğu bununla birlikte ozmotik distilasyon yöntemi ile konsantre edilen adaçayı ekstraktlarında toplam fenolik bileşen analizinde geri kazanım oranının %95 gibi oldukça yüksek bir seyir izlediği bildirilmektedir (Torun vd., 2014).

SONUÇ

Bu çalışmada adaçayı ekstraktları (1.4 °Bx) 40 °Bx'e kadar termal ve mikrodalga yöntemleriyle başarıyla konsantre edilmiştir. Konsantrasyon

süresi, mikrodalga gücü (180W'dan 450W'a) ve sıcaklık (75 °C'den 85 °C'ye) artışıyla azaltılmıştır. Adaçayı ekstraktlarının konsantrasyonunun modellenmesinde 13 farklı matematiksel model kullanılmıştır. Termal yöntemle konsantre edilen örneklerde en iyi uyumu Modifiye Henderson ve Pabis modeli sergilerken, mikrodalga yöntemiyle konsantre edilen örnekler için en iyi uyum gösteren model Midilli olarak belirlenmiştir. Konsantrasyon işlemleri adaçayı ekstraktlarının fizikokimyasal özelliklerinde genel olarak önemli değişimlere neden olmamıştır. Özellikle fenolik bileşenlerin konsantrasyon şartlarında önemli bir değişim göstermediği belirlenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazar, bu makalenin araştırılması, yazılışı ve/veya yayınlanması ile ilgili potansiyel çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Aadil, R. M., Zeng, X. A., Han, Z., Sun, D. W. (2013). Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. *Food Chem.* 141(3), 3201-3206.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.008>
- Arslan, N., Yılmaz, G., Akınerdem, F., Özgüven, M., Kırıcı, S., Arıoğlu, H., Gümüşçü, A. Telci, İ. (2000). Nişasta-Şeker, tütün ve tıbbi-aromatik bitkilerin tüketim projeksiyonları ve üretim hedefleri. Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi, 1. Cilt, 453-483 ss, 17-21 Ocak, Ankara.
- Assawarachan, R., Noomhorm, A. (2011). Mathematical models for vacuum-microwave concentration behavior of pineapple juice. *J. Food Process Eng.* 34(5), 1485-1505.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2009.00536.x>
- Baser, K. H. C. (2002). Aromatic biodiversity among the flowering plant taxa of Turkey. *Pure Appl. Chem.* 74(4), 527-545.
<https://doi.org/10.1351/pac200274040527>
- Baydar, H. (2005). Tıbbi, Aromatik ve Keyf Bitkileri Bilimi ve Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi 51, 216 ss, Isparta.

- Bozkir, H., Baysal, T. (2017). Concentration of apple juice using a vacuum microwave evaporator as a novel technique: Determination of quality characteristics. *J. Food Process Eng.* 40(5), e12535. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12535>
- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S., Basak, T. (2013). Microwave food processing—A review. *Food Res. Int.* 52(1), 243-261. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.033>.
- Davis, P. H. (1982). Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. 3. Edinburg University Press, Vol.7, 947 ss, Edinburg.
- Delamare, A. P. L., Moschen-Pistorello, I. T., Artico, L., Atti-Serafini, L., Echeverrigaray, S. (2007). Antibacterial activity of the essential oils of *Salvia officinalis* L. and *Salvia triloba* L. cultivated in South Brazil. *Food Chem.* 100(2), 603-608. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.078>
- Delgado, T., Pereira, J. A., Baptista, P., Casal, S., Ramalhosa, E. (2014). Shell's influence on drying kinetics, color and volumetric shrinkage of *Castanea sativa* Mill. fruits *Food Res. Int.* 55, 426-435. doi:10.1016/j.foodres.2013.11.043
- Dinçer, C., Çam, İ. B., Torun, M., Gülmez, H. B., Topuz, A. (2019). Mathematical modeling of concentrations of grape, pomegranate and black carrot juices by various methods. *Gıda*, 44(6), 1092-1105. <https://doi.org/10.15237/gida.GD19080>
- Dincer, C., Tontul, I., Topuz, A. (2016). A comparative study of black mulberry juice concentrates by thermal evaporation and osmotic distillation as influenced by storage. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.* 38, 57-64. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.09.012>
- El-Sayed, N. H., Khalifa, T. I., Ibrahim, M. T., Mabry, T. J. (2001). Constituents from *Salvia triloba*. *Fitoterapia*, 72(7), 850-853. [https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(01\)00327-6](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(01)00327-6)
- Gezek, G., Hashemi, P., Kalaycıoğlu, Z., Kaygusuz, H., Sarıoğlu, G., Döker, S., ... Erim, F. B. (2019). Evaluation of some Turkish *Salvia* species by principal component analysis based on their vitamin B2, mineral composition, and antioxidant properties. *LWT Food Sci. Technol.* 100, 287-293. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.066>
- Goula, A. M., Tzika, A., Adamopoulos, K. G. (2014). Kinetic models of evaporation and total phenolics degradation during pomegranate juice concentration. *Int. J. Food Eng.* 10(3), 383-392. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2014-0016>
- Kumar, C., Joardder, M. U. H., Farrell, T. W., Millar, G. J., Karim, M. A. (2016). Mathematical model for intermittent microwave convective drying of food materials. *Drying Technol.* 34(8), 962-973. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1087408>
- Midilli, A., Kucuk, H., Yapar, Z. (2002). A new model for single-layer drying. *Drying Technol.* 20(7), 1503-1513. <https://doi.org/10.1081/DRT-120005864>.
- Onsekizoglu, P. (2013). Production of high quality clarified pomegranate juice concentrate by membrane processes. *J. Membr. Sci.* 442, 264-271. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2013.03.061>
- Sabancı, S., İcier, F. (2017). Applicability of ohmic heating assisted vacuum evaporation for concentration of sour cherry juice. *J. Food Eng.* 212, 262-270. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.06.004>
- Siguemoto, É. S., Gut, J. A. W. (2016). Dielectric properties of cloudy apple juices relevant to microwave pasteurization. *Food Bioprocess Technol.* 9(8), 1345-1357. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1723-0>
- Škerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hraš, A. R., Simonič, M., Knez, Ž. (2005). Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chem.* 89(2), 191-198. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.025>
- Swain, S., Samuel, D. V. K., Bal, L. M., Kar, A., Sahoo, G. P. (2012). Modeling of microwave assisted drying of osmotically pretreated red sweet

- pepper (*Capsicum annum* L.). *Food Sci. Biotechnol.* 21(4), 969-978. <https://doi.org/10.1007/s10068-012-0127-9>
- Şahin-Nadeem, H., Dinçer, C., Torun, M., Topuz, A., & Özdemir, F. (2013). Influence of inlet air temperature and carrier material on the production of instant soluble sage (*Salvia fruticosa* Miller) by spray drying. *LWT Food Sci. Technol.* 52(1), 31-38. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.01.007>
- Tajchakavit, S., Boye, J. I., Bélanger, D., Couture, R. (2001). Kinetics of haze formation and factors influencing the development of haze in clarified apple juice. *Food Res. Int.* 34(5), 431-440. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00188-5](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00188-5)
- Tepe, B. (2002). Lamiaceae familyasına ait bazı bitki türlerinin antimikrobiyal aktivitelerinin araştırılması. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yüksek Lisans Tezi) 66 ss, Sivas.
- Tontul, I., Topuz, A. (2017). Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. *Trends Food Sci. Technol.* 63, 91-102. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.009>
- Torun, M., Rácz, G., Fogarassy, E., Vatai, G., Dinçer, C., Topuz, A., Özdemir, F. (2014). Concentration of sage (*Salvia fruticosa* Miller) extract by using integrated membrane process. *Sep. Purif. Technol.* 132, 244-251. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2014.05.039>
- Torun, M., Dincer, C., Topuz, A., Sahin-Nadeem, H., Ozdemir, F. (2015). Aqueous extraction kinetics of soluble solids, phenolics and flavonoids from sage (*Salvia fruticosa* Miller) leaves. *J. Food Sci. Technol.* 52(5), 2797-2805. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1308-8>
- Tunalier, Z., Öztürek, N., Koşar, M., Başer, K.H.C., Duman, H. ve Kırimer, N. 2002. Bazı Sideritis türlerinin antioksidan etki ve fenolik bileşikler yönünden incelenmesi. Bitkisel ilaç hammaddeleri toplantısı, bildiriler, 29-31 Mayıs, Eskişehir.
- Vadivambal, R., Jayas, D. S. (2007). Changes in quality of microwave-treated agricultural products—a review. *Biosyst. Eng.* 98(1), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.06.006>
- Vega-Gálvez, A., Puente-Díaz, L., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., & Torres, M. J. (2014). Mathematical Modeling of Thin-Layer Drying Kinetics of Cape Gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *J. Food Process. Preserv.* 38(2), 728-736. Doi: 10.1111/jfpp.12024
- Yağcıoğlu, P. (2015). Farklı Ekstraksiyon Metotları ile Adaçayı (*Salvia Officinalis* L.) Bitkisinden Antioksidan Ekstraksiyonunun Optimizasyonu. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye, 95 s.
- Yousefi, S., Emam-Djomeh, Z., Mousavi, S. M. A., Askari, G. R. (2012). Comparing the effects of microwave and conventional heating methods on the evaporation rate and quality attributes of pomegranate (*Punica granatum* L.) juice concentrate. *Food Bioprocess Technol.* 5(4), 1328-1339. <http://doi.org/10.1007/s11947-011-0603-x>