



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 15.12.2021  
Kabul Tarihi : 06.02.2022

Received Date : 15.12.2021  
Accepted Date : 06.02.2022

## SORPSİYON İZOTERMLERİNİN KURUTMA VE DEPOLAMA PROSESLERİNDE ÖNEMİ: KAHRAMANMARAŞ TARHANASI ÖRNEĞİ

### THE IMPORTANCE OF SORPTION ISOTHERMS IN DRYING AND STORAGE PROCESSES: THE CASE OF KAHRAMANMARAŞ TARHANASI

Beyza Nur KOCABAŞ<sup>1\*</sup> (ORCID: 0000-0002-0743-6398)  
İnci DOĞAN<sup>2</sup> (ORCID:0000-0002-7715-7423)

<sup>1</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye  
<sup>2</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: İnci DOĞAN, icinar@ksu.edu.tr

#### ÖZET

Ülkemizin elverişli iklim koşulları birçok gıdanın kurutulmuş muhafazasına olanak sağlamaktadır. Kurutulmuş gıdalar uzun süre bozulmadan korunabilmektedir. Depolama süresince küf ve bakteri oluşumunun ve muhtemel kalite kayıplarının önlenmesi ürünlerin nem oranının kritik değerinin altına düşürülmesiyle mümkündür. Kahramanmaraş tarhanası yöreye özgü olup yüzyıllardır çorbalık ve atıştırmalık olarak tüketilen fermente kurutulmuş bir gıdadır. Geleneksel üretiminde güneşte kurutma kullanılmakta olup son yıllarda endüstriyel üretimi de giderek artan ilgi görmektedir. Yaz aylarında kurutulan tarhana kışın tüketilmek üzere depolanmaktadır. Depolamadaki olumsuzluklar tarhanada istenmeyen fiziksel, kimyasal, mikrobiyel ve duyu kalite kayıplarına yol açmaktadır. Kurutulmuş tarhananın kalite parametrelerinin belirlenmesinde sorpsiyon izotermlerinden faydalanılmaktadır. Sorpsiyon izotermleri sabit sıcaklıkta tutulan gıdanın nem içeriği ile depo ortamının bağıl nemi arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır. Sorpsiyon izotermleri su ve gıda bileşenleri arasındaki etkileşimin ve optimum depolama koşullarının tahmin edilmesinde önemli bir termodinamik yardımcıdır.

Bu çalışmanın amacı, gıdalar ve özelde Kahramanmaraş tarhanası açısından sorpsiyon izotermlerinin önemi ve sorpsiyon izotermlerinin oluşturulmasında esas alınan matematiksel modeller hakkında bilgi verilmesidir.

**Anahtar Kelimeler:** : Sorpsiyon izotermi, matematiksel modeller, nem içeriği, denge bağıl nemi, Kahramanmaraş tarhanası

#### ABSTRACT

Suitable climate conditions of Turkey enable large number of agricultural products to be preserved by drying. Dried products could be stored for long period of time without quality losses. Bacterial and fungal growth and possible quality losses can be avoided by holding food under its critical moisture ratio during storage. Kahramanmaraş tarhanası, being a dry fermented product, is indigenous to region and has been consumed as soup and snack for years. Traditional production involves sun drying and industrial scale production has gained interest over the past years. Tarhana dough is dried in summer and stored for consumption in winter. Improper storage conditions cause undesired physical, chemical and sensoral quality losses. Sorption isotherms are used to determine the quality parameters of dried Tarhana. Sorption isotherms explain the relationship between moisture content of food at the constant storage or processing temperature. Sorption isotherms are thermodynamic tools for water-food component interactions and optimum storage conditions. Therefore, the purposes of the study are to elaborate on

To Cite: KOCABAŞ, B. & DOĞAN İ. (2022). SORPSİYON İZOTERMLERİNİN KURUTMA VE DEPOLAMA PROSESLERİNDE ÖNEMİ: KAHRAMANMARAŞ TARHANASI ÖRNEĞİ. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(1), 41-51.

the importance of sorption isotherms for food, Kahramanmaraş Tarhana in particular, and to give information on the fundamentals of mathematical models defining sorption phenomena for Tarhana in light of recent studies from the literature.

**Keywords:** Sorption isotherm, mathematical models, moisture content, equilibrium moisture content, Kahramanmaraş tarhana

## GİRİŞ

Besin ögesi ve sağlıklı yaşam farkındalığı ile ürün çeşitliliği isteyen ve iş dünyasında sayıları giderek artan tüketiciler son yıllarda besin içeriği yüksek, hazırlama kolaylığına sahip ve uzun ömürlü fonksiyonel ürünlere yönelmektedir. Ürün portföyünü geliştirmek amacıyla yapılan çalışmalarda ürünlerin tekstürel, duyuşsal, besinsel, mikrobiyel kaliteleri ön plana alınmış ve böylece uzun raf ömürlü ve sağlıklı gıdalar önem kazanmıştır (Şimşekli ve Doğan, 2015).

Geleneksel tarzda beslenen tüketiciler tarafından sıklıkla tercih edilen tarhana aslında fermente bir üründür. Tarhana TS 2282’de ‘buğday unu, buğday kırmısı, irmik veya bunların karışımı ile yoğurt, biber, tuz, soğan, domates ve tat, koku verici sağlığa zararsız maddelerin karıştırılıp fermente edildikten sonra kurutulması, öğütülmesi ve elenmesiyle elde edilen besin maddesi’ şeklinde tanımlanmaktadır (Ertop ve Atasoy, 2019). Ürün bileşenleri, üretim şekilleri ve tüketilme biçimleri bölgesel farklılıklar göstermektedir. Kahramanmaraş tarhanası da kendine has özellikleriyle dövme (yarma), tam yağlı yoğurt, kekik ve isteğe göre çörekotundan hazırlanır ve üretimi uzun ve zorlu bir süreçtir (Dağ ve İnanç, 2019) Kurutulmuş plaka (çerezlik), yarı kuru (firik) ve çorbalık çeşitleri bulunmaktadır (Yıldırım ve Güzeler, 2016).

Gıda kurutma tarihin bilinen en eski muhafaza yöntemlerindendir (Cemeroğlu, 2013). Kurutma prosesi gıdanın içerdiği suyun kritik eşige kadar düşürülerek raf ömrünün arttığı, taşıma ve depolama kolaylığı sağlayan bir işlemdir (İbanoğlu ve Maskan, 2001). Fiziksel, kimyasal ve mikrobiyel stabilite için gıdanın içerdiği nem oldukça önemlidir (Jothi, Dang and Kawai, 2020; Doh, Lee and Parka, 2019; Jin, Tang and Sablani, 2019). Ayrıca gıdanın farklı işleme ve depolama koşullarındaki davranışları hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Kurutma işlemi gıdaların özelliklerinin tespitinde sabit sıcaklıktaki gıdanın nem içeriği ile ortamın bağıl nemi arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır (Atalar, 2019; Iaccheri et al., 2019; Zhou et al., 2019). Sorpsiyon izotermelerini oluşturmakta farklı matematiksel modeller (teorik, yarı-ampirik, ampirik) önerilmiştir. Bununla birlikte hiçbir model tüm su aktivitesi ( $a_w$ ) aralığında kesin sonuçlar vermemektedir. En yaygın kullanılan modellerin başında, hemen hemen her türlü gıdaya başarıyla uygulanabilen Brunauer-Emmet-Tetter (BET) deneysel verilere yüksek uyumlu olan ve literatürde geniş su aktivitesi aralığında ( $0,1 < a_w < 0,9$ ) Guggenheim Anderson-Boer (GAB) modelleri gelmektedir. (İşleroğlu, 2019).

Kurutulmuş gıdaların özelliklerinin bilinmesi, optimum ambalaj materyali ve depolama koşullarının tespiti için önemlidir. Sorpsiyon izotermi bu özelliklerinin belirlenmesinde yardımcı olmaktadır. Bu sebeple mevcut çalışma sorpsiyon izotermi kurutulmuş gıdalar ve Kahramanmaraş tarhanası üzerindeki önemine vurgu yaparak sorpsiyon izotermi oluşturulmasında esas alınan matematiksel modeller hakkında bilgi vermeyi amaçlamaktadır.

### **Tarhana Hakkındaki Son Çalışmalar**

Dünya genelinde tahıl tüketimi oldukça yaygındır ve tahıllar geleneksel fermente gıdaların da hammaddesini oluşturmaktadır. Geleneksel gıdalarımızdan olan tarhana, özellikle Anadolu insanı için kışlık atıştırma malzemeleri arasında yer alan bir besindir ve evsel tüketimi oldukça yaygındır (Sormaz vd., 2019). Tarhananın besinsel içeriği açısından un ve yoğurt önemlidir. Mineraller açısından zengindir. Farklı bileşenlerle farklı lezzetlerin oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. (Ertop ve Atasoy, 2019).

Literatürde gıdaların sorpsiyon izotermi üzerine çalışmalar çok yaygın olmakla beraber tarhananın sorpsiyon izotermi üzerine çalışmalar sınırlıdır. Yapılan bir çalışmada çorba yapımında kullanılan ticari tarhana tozunun nem adsorpsiyon izotermi 10, 20 ve 30°C sıcaklıklarda gravimetrik statik yöntemle 0,08- 0,92 su aktivitesi aralığını çalışmışlardır. Oswin modelinin çalışılan koşullarda adsorpsiyon davranışını karakterize etmek için en iyi model olduğunu ve 0,08-0,58  $a_w$  aralığında en iyi BET modelinin yansıttığını saptamışlardır (İbanoğlu, Kaya ve Kaya,

1999). Ertugay, Certel ve Gürses (2000) tarhananın nem adsorpsiyon izotermelerini 25 ve 35°C’ de belirlemişlerdir. Sorpsiyon verileri için Halsey, Harkins-Jura ve Smith izoterm modelleriyle oldukça iyi uyum sağladığını belirtmişlerdir.

Erbaş, Certel ve Uslu (2005) ıslak ve kuru tarhananın kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerini depolama süresince ve üretimin fermentasyon aşamasında tarhana hamurunun bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerindeki değişiklikleri incelemişlerdir. Fermentasyonun duyuşal kalitenin önemli bir aşaması olduğu ve geleneksel üretimde kurutmanın duyuşal özelliklerde kayıplara yol açtığını saptamışlardır. Orta nemli tarhana, hava korunaklı olarak paketlenğinde 6 ay boyunca koruyucu ilavesiz buzdolabında (+4°C) veya 6,5g/100g tuz ilavesiyle oda sıcaklığında saklanabilmektedir.

Bu konuyla ilgili bir diğer çalışma ise Kaya, İbanoğlu ve Kaya (1999) tarhananın adsorpsiyon ve desorpsiyon izotermi üzerine yaptığı incelemeleridir. Bu çalışmada farklı sıcaklıklar (10, 20 ve 30°C) ve su aktivitelerinde (0,08- 0,92) gravimetrik yöntem kullanılarak incelemişlerdir. Tarhananın tip III BET sınıflandırması olduğunu ve nem içeriği %10’un altında tutulmasının mikrobiyel bozulma ve topaklanmayı önlemede uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Su aktivitesi, gıdaların depolama sırasındaki mikrobiyel ve fizikokimyasal stabilitesini kontrol etmek için çok önemlidir (Wei et al., 2019, Yap et al., 2019). Su aktivitesi değeri, mikrobiyel büyümeyi ve ürünün karakteristik dokusunun, lezzetinin ve aromasının gelişmesine katkıda bulunan enzimlerin aktivitesini etkilemektedir (Benbettaieba et al., 2019; Castro et al., 2019). Farklı kimyasal reaksiyonlar için bir gıdada suyun daha fazla veya daha az mevcut olduğunu gösteren bir parametredir. Bu nedenle işleme koşullarının analizi ve raf ömrünün tahmini için önemlidir.

Denge bağılı nemi, ürünün fiziksel yapısı, kimyasal bileşimi ve çevresel hava koşulları gibi birçok faktöre bağılıdır. Denge bağılı nemi, ortam sıcaklığı ve bağılı neme bağılı olarak artmaktadır. Sabit sıcaklık ve nemdeki bir ortamda kuru gıdanın nem kazanarak dengeye ulaşması ile elde edilen izoterm “adsorpsiyon izotermi”, nemli gıdanın nem kaybederek dengeye ulaşmasıyla elde edilen izoterm ise “desorpsiyon izotermi” olarak adlandırılır. Sorpsiyon terimi adsorpsiyon ve desorpsiyon izotermlerinin bütününe kapsamaktadır (Abduljabbar, 2018).

Adsorpsiyon, başlangıçta ürün yüzeyindeki iyonik bağlar etrafında bir su tabakası oluşması, ardından zayıf bağlar yoluyla çoklu tabakalarda adsorpsiyon, gözeneklerde ve kılcal boşluklarda su alımı ve çözünen maddelerin çözünmesiyle gerçekleşmektedir. Desorpsiyon,  $a_w$  ile gıdanın nem içeriği arasındaki ilişkiyi gösterdiği için gıda kurutma işleminde önemlidir. Nem kazanımı, düşük nemli gıdaların kalitesini ve raf ömrünü belirlemede kritik bir rol oynamaktadır. Kalite değişimleri ise kurutulmuş ürünün belirli bir nem içeriğine (kritik nem) ulaşma süresini ve raf ömürlerini belirlemede kullanılmaktadır. Sorpsiyon izoterm modelleri kurutma, karıştırma, paketlenme, depolama gibi kapsamlı kullanım alanlarına sahiptir. Sorpsiyon izotermi gıdaya özgüdür ve ayrı değerlendirilmelidir (Majid, Hussain and Nanda, 2019). Tablo 1’de çeşitli gıdalar için araştırmacılar tarafından yapılan sorpsiyon izotermi çalışmaları örnekler verilmektedir.

**Tablo.1.** Gıdaların Bazı Sorpsiyon İzotermleri ve Çalışma Sıcaklıkları

Gıdalar	A / D	T(°C)	Kaynaklar
<b>Süt ve Süt ürünleri</b>			
Yoğurt tozu	A ve D	10-40	(Atalar, 2019)
Kefir tozu	A	5-35	(İşleroğlu, 2019)
Süt tozu	A ve D	21	(Maidannyk et al., 2019)
Tatlandırılmış yoğurt tozu	A	20-50	(Seth et al., 2018)
Kurutulmuş süt protein tozu	A ve D	21	(Maidannyk et al., 2020)
<b>Meyve ve sebzeler</b>			
Yeşil dolmalık biber	A ve D	60-75	(Gandolfi et al., 2018)
Soğan tozu	A ve D	20-50	(Majid, Hussain and Nanda, 2019)
Tatlı patates	A ve D	30-50	(Oh, Lee and Hong., 2018)
Mor etli patates	A	30-60	(Fan and Roos, 2019)
Argan (yaprak, küspe ve meyve)	A ve D	30-50	(Moussaoui et al., 2019)
Kırmızı soğan	A	25-45	(Pineda et al., 2019)
Kurutulmuş meyve tozları	A ve D	25	(Dantas et al., 2019)
Kurutulmuş elma, mango ve muz	A ve D	25-40	(Ceron et al., 2018)
Açai suyu ve soya sosu	A	25	(Tejeda ve Figueroa, 2019)
Semizotuyla zenginleştirilmiş atıştırmalık	A ve D	27	(Shanker et al., 2019)
Üzüm suyu	A ve D	70	(Moser et al., 2018)
Spreyle kurutulmuş <i>Anna muricata</i> L.	A	25-38	(Chang et al., 2019)
Biber ( <i>Capsicum baccatum</i> )	A	25	(Mendes et al., 2019)
Nar kabuğu kapsülleri	A ve D	30-60	(Kaderides ve Goula, 2019)
Soya fasulyesi	A ve D	10-20	(Yang, Zhu and Zhu, 2015)
<i>Camelia olifera</i> tohumu	A ve D	20-40	(Zhu et al., 2019)
Chia tohumu	A	15-35	(Gutierrez et al., 2015)
Dondurularak kurutulmuş jeller	A	25	(Ciurzynska et al., 2019)
Kavrulmuş kahverengi pirinç	A ve D	20-30	(Mahanti ve Chakraborty, 2019)
Doymamış yağ asitlerinin kapsülleri	A	4-25	(Esquerdo, Monte and Pinto, 2019)
Baklagiller ( ırmik, pirinç, mısır, bakla ve nohut)	A	25	(Boucheham et al., 2019)
Öğütülmüş pirinç	A ve D	15-35	(Chen et al., 2019)

## Sorpsiyon İzotermi Modelleri

Gıdaların denge bağıl nemi ve su aktivitesi arasındaki ilişkiyi ifade etmek için teorik, yarı deneysel ve deneysel birçok sorpsiyon izoterm modeli geliştirilmiştir (Koç, 2019; Yu et al., 2019). Literatürde çeşitli gruplara ayrılabilen çok sayıda izoterm modeli mevcuttur. Adsorbe edilen tek tabaka su içeriğine dayanan kinetik modeller (BET (Brunauer-Emmett-Teller) modeli), çok katmanlı ve yoğunlaştırılmış kinetik modeller (GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer) modeli), yarı deneysel (Halsey modeli), ve tamamen deneysel modeller (Freundlich, Oswin ve Smith gibi modeller) sık kullanılan modellere örnek verilebilir.

BET modeli, 1938 yılında Brunauer- Emmett-Teller tarafından geliştirilmiştir. 0,05 ile 0,30 arasında değişen bağıl basınca sahip çok katmanlı adsorpsiyon sistemleri, 0,5 ile 1,50 arasındaki tek katman kapsamına karşılık gelen BET izoterminden türetilmiştir. BET modeli (Eşitlik 1) gıdaların tek tabaka nem içeriğini belirlemede en çok kullanılan modellerdendir.

$$q_e = \frac{q_m(C_{BET})C_e}{(C_e - C_s) \left[ \frac{C_e}{C_s}(C_{BET} - 1) + 1 \right]} \quad (1)$$

Bu eşitlikte,  $q_e$  dengedeki adsorbat miktarını (gsu/10 g kuru madde),  $q_m$  tek tabaka (monomoleküler) nem miktarını (gsu/100g kuru madde),  $C_{BET}$  yüzeyle etkileşim enerjisini açıklayan izoterm sabitini (L/mg),  $C_e$  adsorban üzerindeki adsorbatın denge konsantrasyonunu (mg/L),  $C_s$  adsorbatın tek tabakalı doygunluk konsantrasyonunu açıklayan izoterm sabitini (mg/L) temsil etmektedir.

GAB modeli (Guggenheim- Anderson- de Boer), 1970'lerin sonlarından beri Avrupalı gıda araştırmacıları tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır ve şimdi dünya çapında kabul görmüştür. Üç parametrelili bir model olup Eşitlik 2'de verilmektedir:

$$\frac{m}{m_0} = \frac{C_g K_{aw}}{(1 - K_{aw})(1 - K_{aw} + C_g K_{aw})} \quad (2)$$

Bu eşitlikte,  $a_w$  su aktivitesini,  $m$  su aktivitesindeki denge nem içeriğini,  $m_0$  tek tabaka nem içeriğini,  $K_{aw}$  çok tabakalı bölgenin (multi moleküler) bağlanma enerjisiyle ilgili sabiti temsil etmektedir.

GAB modelinin avantajı, 0,1-0,9  $a_w$  aralığındaki gıdaların çoğu için sorpsiyon izoterm verilerinin uyumuna objektif bir yöntem sunmasıdır. Bu nedenle farklı gıdalarda sıklıkla kullanılan izoterm modellerindendir.

Halsey modeli (Eşitlik 3), 1948 yılında Halsey tarafından çok katmanlı adsorpsiyon sistemini değerlendirmiş ve yüzeyden nispeten büyük bir mesafede yoğunlaştığını tanımlamıştır.

$$\ln q_e = \left( \frac{1}{n_H} \right) \ln K_H - \left( \frac{1}{n_H} \right) \ln C_e \quad (3)$$

Bu eşitlikte,  $q_e$  denge nem içeriğini,  $C_e$  adsorban üzerindeki adsorbatın denge konsantrasyonunu,  $K_H$  ve  $n_H$  Halsey sabitlerini temsil etmektedir.

1946 yılında Oswin tarafından Tip II izotermine uygulanan sigmoidal eğriler için Pearson'un seri açılımına dayandırılmıştır. Oswin modeli özellikle gıdaların izotermelerinin modellenmesinde kullanılmaktadır ve Eşitlik 4'te verilmiştir:

$$M = C \left[ \frac{a_w}{1 - a_w} \right]^n \quad (4)$$

Bu eşitlikte,  $M$  denge nem içeriğini,  $a_w$  su aktivitesini,  $C$  ve  $n$  eşitlik sabitlerini temsil etmektedir.

Matematiksel modeller gıdadan gıdaya farklılık gösterebilmektedir. Gıdaların sorpsiyon özellikleri hakkında literatürde fazla sayıda çalışma mevcuttur. Tablo 2’de çeşitli gıdalar için araştırmacılar tarafından yapılan sorpsiyon izoterm modellerinin bir özeti verilmektedir.

**Tablo.2.** Literatürdeki Bazı Gıdaların Sorpsiyon İzoterm Modellerinin Özeti

Modeller	Gıdalar	Kaynaklar
BET (Brauner-Emmett-Teller)	Yeşil dolmalık biber, soğan tozu, açai suyu ve soya sosu, yoğurt tozu, chia tohumu,	(Gandolfi et al., 2018), (Majid, Hussain and Nanda, 2019), (Tejeda ve Figuerou, 2019), (Atalar, 2019), (Arslan-Tontul, 2020)
GAB (Gungenheim-Anderson-de Boer)	Kurutulmuş tatlı patates, mor etli patates, argan (yaprak, küspe ve meyvesi), dondurularak kurutulmuş jeller, kavrulmuş kahverengi pirinç, kırmızı soğan, kurutulmuş meyve tozları, kurutulmuş (elma, mango ve muz), doymamış yağ asitlerinin nanokapsülleri, yeşil dolmalık biber, pirinç unu, üzüm suyu, spreyle kurutulmuş Anna muricata L., nohut,bezelye ve sarı mercimek, süt tozu ,biber (Capsicum baccatum), baklagiller (irmik, pirinç, mısır, bakla ve nohut), süt tozu, sprey kurutulmuş süt protein tozu, sakız, pirinç unu ,soğan tozu, nar kabuğu kapsülleri, açai suyu ve soya sosu, yoğurt tozu, kefir tozu, kivi	(Oh, Lee and Hong, 2019), (Fan, Zhang and Bhandari, 2019), (Moussaoui et al., 2019), (Ciurzynska et al., 2019), (Mahanti ve Chakraborty, 2019), (Pineda et al., 2019), (Link et al., 2019), (Ceron et al., 2019), (Esquardo, Monte and Pinto, 2019), (Gandolfi et al., 2018), (Moser et al., 2018), (Chang et al., 2018), (Xu et al., 2019), (Mendes et al., 2019), (Boucheham et al., 2019), (Maidannyk et al., 2019), (Maidannyk et al., 2020), (Vasile, Judis and Mazzobre, 2020), (Torres and Seijo, 2016), (Majid, Hussain and Nanda, 2019), (Kaderides and Goula, 2019), (Tejeda and Figuerou, 2019), (Atalar, 2019), (İşleröglü, 2019), (Diken et al., 2020)
Halsey	Soya fasulyesi	(Maciel et al., 2020)
Oswin	Soğan tozu, yoğurt tozu, kefir tozu,	(Majid, Hussain and Nanda, 2019), (Atalar, 2019), (İşleröglü, 2019),
Page	Kivi	(Diken et al., 2020)
Peleg	Semizotuyla zenginleştirilmiş atıştırma, camelia olifera tohumları, nar kabuğu kapsülleri, sprey kurutulmuş tatlandırılmış yoğurt tozu, kurutulmuş gıda tozları (avokado, inülin, maltodekstrin),chia tohumu, kivi	(Shanker et al., 2019), (Zhu et al., 2019), (Kaderides and Goula, 2019), (Seth et al., 2018), (Stepien, Witczak and Witczak, 2020), (Arslan- Tontul, 2020), (Kızmaz, 2019)
Chung-Pfost	Pirinç unu, öğütülmüş pirinç	(Torres and Seijo, 2019), (Chen et.al, 2019),
Harkins ve Jura	Kakao çekirdekleri	(Barreiro and Sandoul, 2020)

Sorpsiyon izotermi gıda bileşenleri ve nem içeriği arasındaki ilişkiyi ortaya koyan nitelikte olduğundan gıdaların işlenme ve depolanmasında kullanılan önemli bir veridir. Aynı zamanda aroma, lezzet, renk, doku, besinlerin tutulmasını maksimize eden optimum depolama koşullarını tahmin etmede yardımcı olmaktadır ve mikrobiyel bozulma hızını azaltmaktadır (Suhag, Nayik and Nanda, 2018). Sorpsiyon izotermi, gıdaların raf ömrü ve depolama süresinin hesaplanması, ambalajlı ürünün özelliklerinin korunması, farklı nem içeriğinde kuru ürünlerin

harmanlanmasında ortalama denge nem içeriğinin hesaplanmasında ve kalite özelliklerindeki değişimin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Gandolfi et al. (2018) çalışmasında yeşil dolmalık biberlerin nem sorpsiyon izotermleri belirleyerek, farklı sıcaklık (60°C ve 75°C) ve hava hızının (1,5 ve 3ms<sup>-1</sup>) ince tabaka kurutma üzerine etkilerini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Denge nem içeriği aynı su aktivitesi değerleri için sıcaklıktaki artışla azalmaktadır. Sıcaklık artışı BET ve GAB modellerinde tek tabakalı içerikte bir azalmaya neden olurken, çalışılan koşullarda yeşil biberin adsorpsiyon davranışını tanımlamak için GAB modelinin daha uygun model olduğunu tespit etmişlerdir.

Torres and Seijo, (2016) pirinç ununda adsorpsiyon ve desorpsiyon izotermleri ve izole edilmiş nişasta, statik gravimetrik metot kullanılarak farklı sıcaklıklarda (25, 35, 45 ve 55°C) belirlemişlerdir. Ayrıca 0,09- 0,91 aralığında farklı su aktivitesi oluşturmak için birkaç doymuş tuz çözeltisi seçilmiştir. GAB ve Chung- Pfof modelleri test edilmiş pirinç unu ve nişastanın sorpsiyon işlemleri için deneysel verileri iyi bir şekilde temsil ettiğini belirtmişlerdir. Denge nem içeriği aynı su aktivitesi değerinde adsorpsiyon izotermlerinden ziyade desorpsiyon izotermleri için daha büyük olduğu sonucuna varmışlardır.

Atalar (2019) çalışmasında aglomerasyon işleminin ve aglomerasyon aşamasında kullanılan bağlayıcıların yoğurt tozunun nem sorpsiyon izotermleri üzerine etkisini belirlemeyi amaçlamıştır. Aglomere yoğurt tozu ile aglomere edilmemiş yoğurt tozunun 4, 20 ve 40°C sıcaklıklarda nem sorpsiyon izotermlerini tespit etmiştir. Çalışma sonunda yüksek sıcaklıkta kurutulmuş yoğurt tozlarının daha az higroskopik olduğu gözlenmiştir. Bağlayıcı olarak laktozun kullanılması saf suya kıyasla yüksek su aktivitesi değerlerinde nem sorpsiyon oranını arttırdığını belirlemiştir. Buna benzer süt ve süt ürünlerinde yapılan son çalışmalar sprey kurutulmuş şekerli yoğurt tozunun depolama kararlılığı (Seth vd., 2018), sprey kurutulmuş süt protein tozlarında sorpsiyon izotermi (Maidannyk et al., 2020), kefir tozunun kurutma ve adsorpsiyon kinetiği (İşlereroğlu, 2019) üzerine olmuştur.

## SONUÇ

Son yıllarda ve özellikle içinde bulunduğumuz pandemi süreci ve sonrasında yaşanabilecek gıda tedarik sorunları sebebiyle kurutulmuş gıdalara talep tüm dünyada giderek artmaktadır. Bu anlamda kurutulmuş gıdaların kaliteli ve güvenli olarak muhafazası ve raf ömürlerinin doğru tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır. Sorpsiyon izotermleri gıdaların işlenmesi ve depolanması sırasında olması muhtemel değişimleri önceden tahmin etmekte etkin bir yardımcıdır. Kahramanmaraş tarhanası dövme, kekik ve yoğurttan yapılan geleneksel fermente ve fonksiyonel bir gıdadır. Ayrıca piyasadaki diğer atıştırılabilir ürünler ve cipslerle kıyaslandığında sağlıklı bir alternatiftir. Tarhananın en uygun koşullarda işlenmesi ve depolanması sorpsiyon eğrilerinden elde edilecek verilerin projeksiyonlarıyla mümkündür. Literatürde sorpsiyon eğrilerine yer veren pek çok çalışma olmasına rağmen Kahramanmaraş Tarhanası'na ait çalışmalar çok sınırlıdır. Mevcut çalışmanın konuyla ilgili çalışmak isteyen araştırmacılar için bir kaynak niteliği taşıması hedeflenmiştir. Tarhananın standart kalitede ve güvenli olarak tüketilmesi endüstriyel üretimler açısından da önem taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

Abduljabbar, I.A. (2018). Isparta Güllü (*Rosa Damascena* Mill.) nem sorpsiyon izotermlerinin ve en uygun kurutma havası koşullarının belirlenmesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, 185, Isparta.

Arslan-Tontul, S. (2020). Moisture sorption isotherm, isosteric heat and adsorption surface area of whole chia seeds. *Food Science and Technology*, 108859, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108859>.

Atalar, İ. (2019). Aglomerasyon işleminin yoğurt tozunun nem sorpsiyon izotermi ve termodinamik özellikleri üzerine etkisi. *The Journal of Food*, 44(5): 837-848, <https://doi.org/10.15237/gida.GD19100>.

Benbettaieba, N., O'Connell, C., Viaux, A., Bou-Maroun, E., Seuvre, A., Brachais, C.H. & Debeaufort, F. (2019). Sorption kinetic of aroma compounds by edible bio-based films from marine-by product macromolecules: Effect of relative humidity conditions. *Food Chemistry*, 298, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125064>.

Boucheham, N., Galet, L., Patry, S. & Zidoune, M.N. (2019). Physicochemical and hydration properties of different cereal and legume gluten-free powders. *Food Science Nutrition*, 1-12, <https://doi.org/10.1002/fsn3.1170>.

- Castro, A.M., Mayorga, E.Y. & Moreno, F.L. (2019). Mathematical modelling of convective drying of feijoa (*Acca sellowiana* Berg) slices. *Journal of Food Engineering*, 252: 44-52, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.02.007>.
- Cemeroğlu, B.S. (2013). Meyve ve sebze teknolojisi, Cilt:2. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Ceron, C., Moreno, V., Velazquez, G., Torres, J.A. & Chanes, J. (2018). Hygroscopic properties and glass transition of dehydrated mango, apple and banana. *Food Science and Technology*, 55(2):540-549, <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2963-3>.
- Chang, L.S., Karim, R., Mohammed, A.S., Chai, K.F. & Ghazali, H.M. (2019). Moisture sorption isotherm and shelf- life prediction of anticaking agent incorporated spray- dried soursop (*Annona muricata* L.) powder. *Journal of Food Processing Engineering*, 42, <https://doi.org/10.1111/jfpe.13134>.
- Chen, C. (2019). Validation of the component model for prediction of moisture sorption isotherms of two herbs and other products. *Foods* 8:191-198, <https://doi.org/10.3390/foods8060191>.
- Chen, Z., Wang, R., Li, X., Zhu, J., Xu, Y. & Liu, J. (2019) Sorption equilibrium moisture and isosteric heat of cold plasma treated milled rice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 55: 35-47, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.05.012>.
- Ciurzynska, A., Jasiorska, A., Ostrowka-Ligeza, E. & Lenart A. (2019). The influence of the structure on the sorption properties and phase transition temperatures of freeze- dried gels. *Journal of Food Engineering*, 252: 18-27, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.02.008>.
- Dağ, Ü. ve İnanç, A.L. (2019). Endüstriyel yoğurt kültürleri ile üretilen Maraş tarhanasındaki uçucu aroma maddelerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 6(1): 34-43, <http://dx.doi.org/10.30910/turkjans.515345>.
- Dantas, S.C.M., Junior, S.M.P., Medeiros, F.G.M., Junior, L.C.S., Alsina, O.L.S. & Medeiros M.F.D. (2019). Spouted- bed drying of acerola pulp (*Malpighia emarginata* DC): Effects of adding milk and protein on process performance and characterization of dried fruit powders. *Journal of Food Process Engineering*, <https://doi.org/10.1111/jfpe.13205>.
- Diken, B., Eremkere, M., Demirtaş, G., Kayışoğlu, B. & Aktaş, T. (2020). Kivi Meyvesinin İnce Tabaka Kurutma Karakteristiklerinin ve Sorpsiyon Özelliklerinin Saptanması. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 249-261, [10.31202/ecjse.629317](https://doi.org/10.31202/ecjse.629317).
- Doh, H., Lee, M.H. & Parka H.J. (2019). Investigation of the moisture- induced caking behavior with various dietary salts. *Journal of Food Engineering*, 241: 67-74, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.08.001>.
- Erbaş, M., Certel, M. & Uslu M.K. (2005). Microbiological and chemical properties of tarhana during fermentation and storage as wet- sensorial properties of tarhana soup. *LWT-Journal of Food Technology*, 38(4): 409-416, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.06.009>.
- Ertop, M. & Atasoy, R. (2019). Farklı tahıl ve bakliyat unları ile üretilen tarhanaların fizikokimyasal, reolojik ve duyuşal nitelikleri. *The Journal of Food*, 44 (5): 781-793, <https://doi.org/10.15237/gida.GD19018>.
- Ertugay, M.F., Certel, M. & Gürses, A. (2000). Moisture adsorption isotherms of tarhana at 25°C and 35°C and the investigation of fitness of various isotherm equations to moisture sorption data of tarhana. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 2001-2004, [http://dx.doi.org/10.1002/1097-0010\(200011\)80:14%3C2001::AID-JSFA724%3E3.0.CO;2-D](http://dx.doi.org/10.1002/1097-0010(200011)80:14%3C2001::AID-JSFA724%3E3.0.CO;2-D).
- Esquardo, V.M., Monte, M.L. & Pinto, L.A.A. (2019). Microstructures containing nanocapsules of unsaturated fatty acids with biopolymers: Characterization and thermodynamic properties. *Journal of Food Engineering*, 248: 28-35, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.12.015>.
- Fan, F. & Roos, Y.H. (2019). Physicochemical properties, structural transformation and relaxation time in strength analysis for powder models. *Food Research International*, 122: 137-148, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.003>.
- Fan, K., Zhang, M. & Bhandari, B. (2019). Osmotic-ultrasound dehydration pretreatment improves moisture adsorption isotherms and water state of microwave-assisted vacuum fried purple-fleshed sweet potato slices. *Food and Bioproducts Processing*, 115: 154-164, <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2019.03.011>.



- Gandolfi, O.R.R., Gonçalves, G.R.F., Bonomo, R.C.F. & Fontan, R.C.I. (2018). Sorption equilibrium and kinetics of thin-layer drying of green bell peppers. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30(2): 137-143, <http://dx.doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i2.1606>.
- Tejeda, Y.V. & Figueroa, V. (2019). Least squares fitting- polynomials for determining inflection points in adsorption isotherms of spray-dried açai juice (*Euterpe oleracea* Mart.) and soy sauce powders. *Powder Technology*, 342: 829-839, <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.10.058>.
- Gutierrez, S.K., Figueria, A.C., Huezo, M.E., Guerrero, A.R., Navas, H. & Alonso, C. (2015). Sorption isotherms, thermodynamic properties and glass transition temperature of mucilage extracted from chia seeds (*Salvia hispanica* L.). *Carbohydrate Polymers*, 411-419, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.11.068>.
- Iaccheri, E., Ragni, L., Cevoli, C., Romani, S., Rosa, M.D. & Rocculi, P. (2019). Glass transition of green and roasted coffee investigated by calorimetric and dielectric techniques. *Food Chemistry*, 301-309, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125187>.
- İbanoğlu, Ş. & Maskan, M. (2002). Effect of cooking on the drying behaviour of tarhana dough, a wheat flour-yoghurt mixture. *Journal of Food Engineering*, 54: 119-123, [http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00192-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00192-3).
- İbanoğlu, Ş., Kaya, S. & Kaya, A. (1999). Evaluation of sorption properties of Turkish tarhana powder. *Nahrung*, 43(2): 122-125, [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-3803\(19990301\)43:2%3C122::AID-FOOD122%3E3.0.CO;2-3](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-3803(19990301)43:2%3C122::AID-FOOD122%3E3.0.CO;2-3).
- İşleröğlü, H. (2019). Freeze drying and moisture adsorption kinetics of kefir powder. *Journal of Food Science* 31: 514-530, <https://doi.org/10.14674/IJFS-1382>.
- Jin, Y., Tang, J. & Sablani, S.S. (2019). Food component influence on water activity of low-moisture powders at elevated temperatures in connection with pathogen control. *Food Science and Technology*, 112-118, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108257>.
- Jothi, J.S., Dang, L.T.N. & Kawai, K. (2020). Effects of trehalose and corn starch on the mechanical glass transition temperature and texture properties of deep-fried food with varying water and oil contents. *Journal of Food Engineering*, 267-275, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109731>.
- Kararides, K. & Goula, A.M. (2019). Encapsulation of pomegranate peel extract with a new carrier material from orange juice by-products. *Journal of Food Engineering*, 1-13, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.02.019>.
- Kaya, S., İbanoğlu, Ş. & Kaya, A. (1999). Moisture sorption characteristics of tarhana: A fermented Turkish cereal food. *Journal of Food Quality*, 22: 95-100, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4557.1999.tb00930.x>.
- Kızmaz, A. (2019). Farklı kurutma teknikleriyle kurutulan kivi dilimlerinin adsorpsiyon izotermelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 93, Ordu.
- Koç, A. (2019). Buğday embriyosunun farklı sıcaklıklarda nem sorpsiyon izotermelerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 56, Antalya.
- Link, J.V., Tribuzi, G., Moraes, J.O. & Laurindo, J.B. (2018). Assessment of texture and storage conditions of mangoes slices dried by a conductive multi-flash process. *Journal of Food Engineering*, 239: 8-14, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.06.024>.
- Maciel, G., Torre, D.A., Cardoso, L.M., Cendoya, M.G., Wagner, J.R. & Bartosik, R.E. (2020). Determination of safe storage moisture content of soybean expeller by means of sorption isotherms and product respiration. *Journal of Stored Products Research*, 101567, <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101567>.
- Mahanti, N.K. & Chakraborty, S.K. (2019). Thermodynamic properties of ready-to-puff pressure parboiled preconditioned brown rice. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13: 1469-1478, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-019-00062-2>.
- Maidannyk, V., McSweeney, D.J., Hogan, S.A., Miao, S., Montgomery, S., Auty, M.A.E. & McCarthy, N.A. (2020). Water sorption and hydration in spray-dried milk protein powders: Selected physicochemical properties. *Food Chemistry*, 304-311, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125418>.

- Maidannyk, V., Lutjes, E., Montgomery, S., McCarthy, N. & Auty, M.A.E. (2019). Measurement of effective diffusion coefficients in dairy powders by confocal microscopy and sorption kinetic profiles. *Food Structure* 20: 100-108, <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2019.100108>.
- Majid, I., Hussain, S. & Nanda, V. (2019). Moisture sorption isotherms and quality characteristics of onion powder during storage as affected by sprouting. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13: 775-784, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-018-9990-2>.
- Mendes, N., Santos, M.C.P., Santos, M.C.B., Cameron, L.C., Ferreira, M.S.L. & Goncalves, E.C.BA. (2019). Characterization of pepper (*Capsicum baccatum*): A potential functional ingredient. *Food Science and Technology*, 108-209, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.107>.
- Mochizuki, T., Sogabe, T., Hagura, Y. & Kawai K. (2019). Effect of glass transition on the hardness of a thermally compressed soup solid. *Journal of Food Engineering*, 247: 38-44, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.11.019>.
- Moser, P., Gallo, T.C.B., Zuanon, L.A.C., Pereira, G.E. & Nicoletti, V.R. (2018). Water sorption and stickiness of spray dried grape juice and anthocyanins stability. *Journal of Food Processing Preservation*, 42-49, <https://doi.org/10.1111/jfpp.13830>.
- Moussaoui, H., Bahammou, Y., Idlimama, A., Lamharrar, A. & Abdenouri, N. (2019). Investigation of hygroscopic equilibrium and modeling sorption isotherms of the argan products: A comparative study of leaves, pulps and fruits. *Food and Bioproducts Processing*, 114: 12-22, <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.11.002>.
- Oh, S., Lee, E., & Hong, G. (2018). Quality characteristics and moisture sorption isotherm of three varieties of dried sweet potato manufactured by hot air semi-drying followed by hot pressing. *Journal Food Science and Technology*, 73-78, <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.044>.
- Pineda, L.A., Rascon, M.P., Quintanilla- Carvajal, M.X., Castillo- Morales, M., Marin, U.R. & Flores-Andrade E. (2019). Effect of porous structure and spreading pressure on the storage stability of red onion microcapsules produced by spray freezing into liquid cryogenic and spray drying. *Journal of Food Engineering* 245: 65-72, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.10.018>.
- Saavedra, F.M., Favre, L.C., Beltran, L.A., Mazzobre, F., Lopez, F.G. & Buera, M.P. (2019). Thermal transitions and enthalpic relaxations as related to the stability of microencapsulated paprika powders. *Journal of Food Engineering*, 245: 88-95, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.10.010>.
- Seth, D., Dash, K.K., Mishra, H. N., & Deka, S.C. (2018). Thermodynamics of sorption isotherms and storage stability of spray dried sweetened yoghurt powder. *Journal Food Science and Technology*, 55(10):4139–4147.
- Shanker, N., Kumar, M.M., Juvvi, P. & Debnath, S. (2019). Moisture sorption characteristics of ready-to-eat snack food enriched with purslane leaves. *Journal Food Sciences Technology*, 56(4): 1918-1926, [10.1007/s13197-019-03657-1](https://doi.org/10.1007/s13197-019-03657-1). Epub 2019 Mar 4.
- Sormaz, Ü., Onur, N., Güneş, E. & Nizamlioğlu, H.F. (2019). Türk mutfağı geleneksel ürünlerinde yöresel farklılıklar: Tarhana örneği. *Aydın Gastronomi Dergisi*, 3(1):1-9.
- Stepien, A., Witczak, M., & Witczak, T. (2020). Moisture sorption characteristics of food powders containing freeze dried avocado, maltodextrin and inulin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 149: 256-261, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.154>.
- Suhag, Y., Nayik, G.A. & Nanda, V. (2018). Modelling of moisture sorption isotherms and glass transition temperature of spray- dried honey powder. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12: 2553-2560, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-018-9872-7>.
- Şimşekli, N., & Doğan İ. (2015). Geleneksel ve fonksiyonel ürün olarak Maraş tarhanası. *Iğdır University Journal of the Institute of Science and Technology*, 5(4): 33-40.
- Tejeda, Y. & Figueroa, V. (2019). Least squares fitting-polynomials for determining inflection points in adsorption isotherms of spray-dried açai juice (*Euterpe oleracea* Mart.) and soy sauce powders. *Powder Technology*, 342: 829-839, <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.10.058>.
- Tham, W.Y.T., Wang, C., Yeoh, A.T. & Zhou W. (2016). Moisture sorption isotherm and caking properties of infant formulas. *Journal of Food Engineering*, 175: 117-126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.12.014>.

- Torres, M.D. & Seijo, J. (2016). Water sorption behaviour of by-products from the rice industry. *Industrial Crops and Products* 86: 273-278, <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.014>.
- Vasile, F.E., Judis, M.A. & Mazzobre, M.F. (2020). Moisture sorption properties and glass transition temperature of a nonconventional exudate gum (*Prosopis alba*) from northeast Argentina. *Food Research International*, 109033, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109033>.
- Wei, Y., Wub, F., Xuc, J., Shaa, J., Zhaod, Z., Hea, Y. & Lia, X. (2019). Visual detection of the moisture content of tea leaves with hyperspectral imaging technology. *Journal of Food Engineering*, 248(1): 89-96, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.01.004>.
- Xu, M., Jin, Z., Şimşek, Ş., Hall, C., Rao, J. & Chen, B. (2019). Effect of germination on the chemical composition, thermal, pasting and moisture sorption properties of flours from chickpea, lentil and yellow pea. *Food Chemistry*, 295: 579-587, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.167>.
- Yang, Z., Zhu, E. & Zhu, Z. (2015). Water desorption isotherm and drying characteristics of green soybean. *Journal of Stored Products Research*, 25-30, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2014.10.006>.
- Yap, S.K, Chin, N.L., Yusof, Y.A. & Chong, K.Y. (2019). Quality characteristics of dehydrated raw Kelulut honey. *International Journal of Food Properties*, 22(1): 556-571, <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1590398>.
- Yıldırım, Ç. & Güzeler, N. (2016). Tarhana cipsi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TARGİD*, 1-8, <https://doi.org/10.17100/nevbiltek.210953>.
- Yu, D., Kwon, G., Kim, M., Kim, Y., Choi, S., Kim, G. & Chung, D. (2019). Moisture characteristics of probiotic-fermented sea tangle powder and its thermodynamic properties. *Journal of Food Processing Preservation*, 43(7): 1-11, DOI:10.1111/jfpp.13991.
- Zhou, M., Bi, J., Jin, X., Lyu, J. & Li, X. (2019). Towards understanding the enhancement of moisture diffusion during intermediate-infrared drying of peach pomace based on the glass transition theory. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 54(5): 143-151, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.04.003>.
- Zhu, G., Liu, H., Xie, Y., Liao, Q., Lin, Y., Liu, Y., Xiao, H., Gao, Z. & Hu, S. (2019). Postharvest processing and storage methods for *Camellia oleifera* seeds. *Food Reviews International*, 319-339, <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1649688>.