

PIŞİRME İŞLEMİNİN TARHANA HAMURUNUN KURUMA ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

EFFECT OF PRE-COOKING ON THE DRYING BEHAVIOUR OF TARHANA DOUGH

Şenol İBANOĞLU, Medeni MASKAN

Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

ÖZET: Bu çalışmada, pişmiş ve pişmemiş tarhana hamurlarının kuruma davranışları incelenmiş, kurutma işlemi değişik sıcaklık (60-80°C) ve ürün kalınlıklarında (1-6 mm) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, instant tarhana çorbası üretimi sırasında uygulanan pişirme işleminin, tarhana hamurunun kurumasını hızlandırdığını göstermiştir. Her iki tarhana hamuru da sabit kuruma hızı aşaması olmaksızın azalan hız döneminde kurumuşlardır. Kurutma işlemleri sırasında hamurdan ayrılan suyun difüzyon katsayıları (D) Fick eşitliği kullanılarak bulunmuştur (0.41×10^{-10} - 5.34×10^{-10} m²/s). Kurutma sırasındaki ürün kalınlığı arttıkça D değerleri de artmıştır. Kurutma sıcaklığının D değerleri üzerine olan etkisi (aktivasyon enerjisi, E_a) Arrhenius tipi bir denklem yardımıyla hesaplanmıştır. Tarhana hamuruna uygulanan pişirme işleminin, D değerlerinin kurutma sıcaklığına karşı olan hassasiyetini önemli ölçüde değiştirmedeği bulunurken, ürün kalınlığı arttıkça D değerlerinin kurutma sıcaklığından daha çok etkilendikleri görülmüştür.

Bu çalışmada elde edilen sonuçların, normal ve instant halde endüstriyel olarak üretilecek olan tarhana imalatını optimize ederken faydalı olacağına inanılmaktadır.

ABSTRACT: Drying behaviour of tarhana doughs before and after simmering at atmospheric pressure for 10 min was studied by changing the drying temperature (60-80°C) and sample thickness (1-6 mm). Cooking process accelerated the drying process with both type of doughs drying at falling rate period. Fick equation was used to calculate diffusion coefficient (D) at different sample thickness. An increase was observed in D values were found to be more sensitive to the drying temperature at increased sample thickness.

It is believed that the results obtained in this study can be used in the optimisation of drying process in industrial tarhana production.

GİRİŞ

Geleneksel gıdalarımızdan olan tarhana, başta Ege olmak üzere yurdumuzun her bölgesinde sevilerek tüketilen bir kuru çorbalıktır. Kurutma işleminin kolaylığı açısından ve tarhananın hammaddesi sayılabilecek girdilerin (buğday, yoğurt, domates, kırmızı biber) daha kolay bulunmasından dolayı ev tarhanaları genellikle yaz ve sonbahar aylarında hazırlanmaktadır (ÜNAL, 1997). Tarhana çorbası, besleyici özelliklerinden dolayı üzerinde çalışılması gereken bir gıda maddesidir. Tarhananın geleneksel yollarla üretimi sırasında ortaya çıkan kimyasal değişimler ve besleyici özellikleri çeşitli araştırmacılar tarafından çalışılmıştır (SİYAMOĞLU, 1961; ÖZBİLGİN, 1983; İBANOĞLU, 1996). Tarhananın besleyici değerinin artırılması için de çeşitli baklagillerin tarhana formülasyonuna eklenmesi üzerine çalışmalar da yapılmıştır (ÖNER ve ark., 1993; ÖZBİLGİN, 1983; TÜRKER, 1991). Besin değerinin yüksek olması nedeniyle özellikle çocukların ve yaşlıların beslenmesinde önemli bir yer tutan tarhana, endüstriyel olarak da üretilmektedir.

Kurutma, gıda işleminin önemli bir parçasıdır. Bu yolla gıda maddesinin nemi düşürülerek ürünün dayanıklılığı artırılmakta, taşıma ve diğer işlemler kolaylaşmaktadır. Bu anlamda, tarhana imalatı sırasında uygulanan kurutma işlemi ürün kalitesi için önemli olduğu kadar proses tasarımı ve ekonomisi açısından da önemlidir. Kurutma işleminin 60-65°C'de yapıldığı endüstriyel tarhana üretiminde sıcak hava kullanılmakta ve ürün tepsilere yayılarak 5-6 saat içerisinde yaklaşık %10 nem olacak şekilde kurutulmaktadır (ANONYMOUS, 1998).

Gıda maddeleri için en çok kullanılan kurutma yöntemleri arasında sıcak havayla kurutma, dondurularak kurutma ve mikrodalga uygulayarak kurutma sayılabilir. İBANOĞLU (1999), tarhana çorbasını seyreltik asitle muamele ederek hidroliz etmiş ve püskürtmeli kurutucuda kurutarak ürünün fonksiyonel

özelliklerini incelemiştir. XIONG ve ark. (1991) farklı kompozisyon ve gözeneklere sahip ekstrude edilmiş makarnaların, KARATHANOS ve KOSTAROLOPOUS (1995) hamur-üzüm pulpunun ve AGUERRE ve ark. (1982) ise pirinç bazlı hububat ürünlerinin kuruma davranışlarını inceleyerek Fick eşitliği ile açıklamışlardır.

Ülkemizde kullanımı yaygınlaşmaya başlanan kuru çorbalıklar, çoğunlukla soğuk suyla karıştırılmak suretiyle pişirildikten sonra servis yapılmaktadır. Bunun yanı sıra, önceden pişirme işlemine tabii tutularak değişik yöntemlerle kurutulup paketlenen hazır (instant) çorbalıklar da pişirme işleminin olmaması nedeniyle kullanım kolaylığı ve pratikliğine sahiptir. Instant tarhana çorbasının değişik metotlarla hazırlanması ile ilgili olarak çeşitli araştırmalar yapılmıştır (İBANOĞLU ve ark., 1996; İBANOĞLU ve AINSWORTH, 1997; İBANOĞLU ve ark., 1998; İBANOĞLU, 1999). Bu çalışmada, pişmiş ve pişmemiş tarhana hamuru elektrik rezistanlı-üstten ısıtmalı laboratuvar tipi bir kurutucu kullanılarak değişik sıcaklık (60-80°C) ve ürün kalınlıklarında (1-6 mm) kurutulmuş, suyun difüzyon katsayıları ve kurutma işleminin aktivasyon enerjileri hesaplanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Tarhana Hamurunun Hazırlanması

Tarhana hamurunu laboratuvar koşullarında hazırlamak için, orta büyüklükteki kuru soğanlar (120 g) rendelenerek domates salçası (38 Brix, 120 g), yemeklik tuz (80 g) ve toz kırmızı biber (20 g) ile 100 mL su eklenmek suretiyle karıştırılmış, 10 dakika orta ateşte pişirilerek oda sıcaklığına soğutulmuştur. Daha sonra bu karışıma yoğurt (500 g), buğday unu (1000 g), yaş ekmek mayası (20 g) ve 200 mL su eklenerek homojen bir hamur elde edilinceye kadar yoğrulmuştur. Elde edilen hamur 2 litrelik bir cam beherde ağzı alüminyum folyo ile kapatılarak 30°C de 24 saat süreyle fermentasyona bırakılmıştır. Elde edilen hamurun su oranı %58.3 (toplam ağırlık esasına göre) olarak bulunmuştur.

Tarhana Hamurunun Pişirilmesi

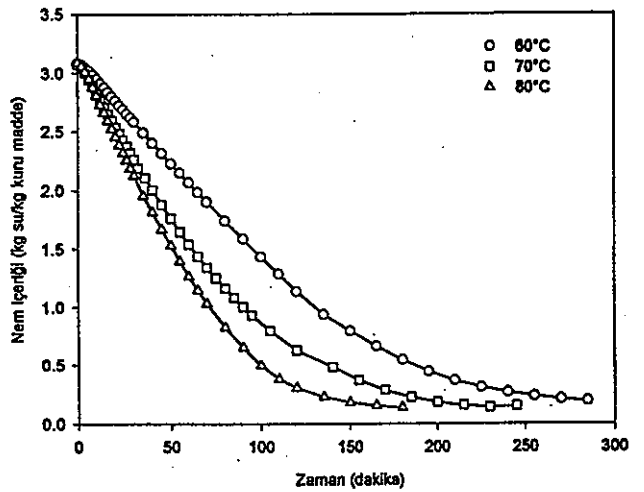
Yukarıda tanımlandığı şekilde hazırlanan tarhana hamurunun bir bölümü alınarak, fermentasyon sonrası toplam ağırlık esasına göre %75.5 su içerecek şekilde suyla karıştırılıp atmosferik basınçta orta ateşte 10 dakika pişirilmiştir.

Kurutma İşlemi

Normal ve pişirilmiş tarhana hamurları MB 200 model Ohaus kurutucu kullanılarak kurutulmuştur. Kurutma işlemi 60, 70, 80°C'de ve 1, 3, 6 mm ürün kalınlıklarında gerçekleştirilmiştir. Kurutma sırasındaki ağırlık kaybı numuneyi kurutucudan çıkarmadan kurutucu üzerindeki teraziden periyodik olarak okunup kaydedilmiş ve hamurlardaki su miktarı %10'a (toplam ağırlık esasına göre) düşünceye kadar kurutma işlemi sürdürülmüştür. Bu değer, kuru çorbalıkların ortalama nem miktarına tekabül ettiği için seçilmiştir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

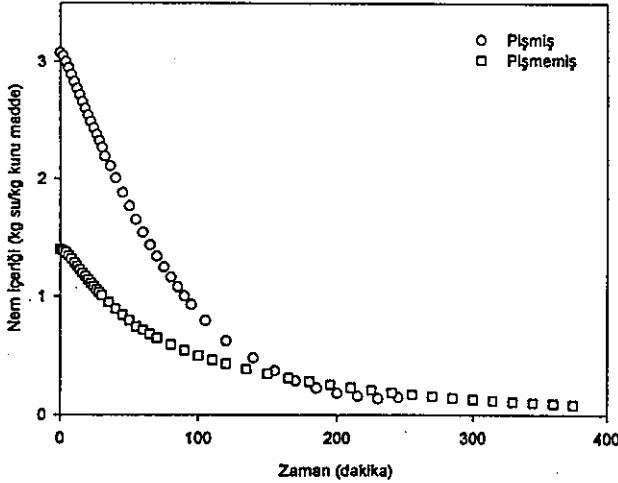
Bu çalışmada, ön pişirme işleminin tarhana hamurunun kuruma davranışı üzerine olan etkileri incelenmiştir. Pişmiş ve pişmemiş tarhana hamurunun (3 mm ürün kalınlığı) farklı sıcaklıklarda zamana karşı nem içerikleri sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir. Kurutma sıcaklığı arttıkça kurutma sırasındaki nem kaybı artmış, diğer bir deyişle kuruma



Şekil 1. Pişmiş tarhana hamurunun farklı kurutma sıcaklıklarındaki nem içeriğinin kurutma zamanına göre değişimi (Ürün kalınlığı: 3 mm).

hızlanmıştır. Bu sayede ürünün %10 nem oranına gelmesi için gereken kurutma süresi göreceli olarak kısalmıştır. Diğer ürün kalınlıklarında da (1 ve 6 mm) benzer sonuçlar elde edildiği için, 1 ve 6 mm ürün kalınlıklarında kurutulan hamurların sonuçları bu makalede sunulmamıştır. Kurutma sıcaklıkları ve nem kayıplarının zaman göre değişimi ile ilgili benzer sonuçlar hububatlar (TOLABA ve ark. 1997), beyaz dut (MASKAN ve GÖĞÜŞ, 1998) ve bamya kurutulması (GÖĞÜŞ ve MASKAN, 1999) sırasında da gözlemlenmiştir.

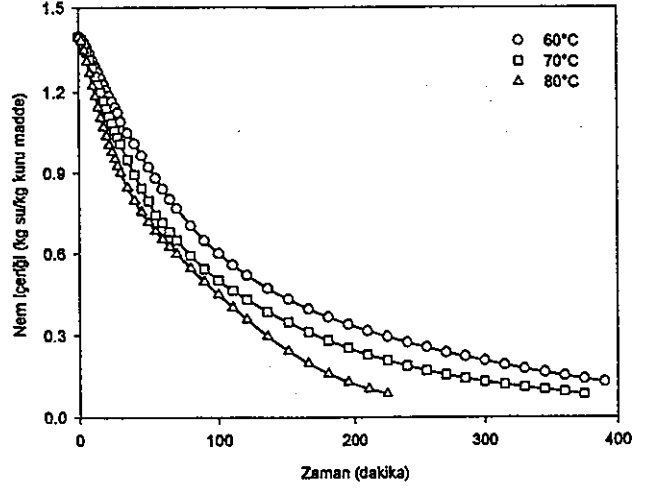
Pişirme işleminin tarhana hamurunun kuruma davranışına olan etkisine daha iyi kıyaslamak amacıyla pişmiş ve pişmemiş tarhana hamurlarının 70°C de ve 3 mm ürün kalınlığındaki nem oranları Şekil 3'te



Şekil 3. Pişmiş ve pişmemiş tarhana hamurlarının nem içeriğinin zamana göre değişimi (kurutma sıcaklığı: 70°C, ürün kalınlığı: 3 mm).

olmaktadır (VACCAREZZA ve ark., 1974). Bu değişimler sonucunda hamur daha hızlı kurumaktadır. Pişmiş tarhana hamurunun daha hızlı kurumasının bir diğer olası nedeni ise, hamurların gözenek yapısıyla açıklanabilir. Pişirme sırasında karıştırmanın da etkisiyle jelatinize olan hamur pişmemiş örneğe göre daha çok büyük gözeneklere sahip olmakta, bu da kuruma esnasında suyun hareket kabiliyetini artırmaktadır. Böylece kuruma daha kısa bir sürede gerçekleşmektedir (XIONG ve ark., 1991). Benzer sonuçlar ham, pişmiş ve şeker ilavesiyle kurutulmuş nişasta örneklerinde de gözlenmiştir (MAROUSIS ve ark., 1989; MAROUSIS ve ark. 1991).

Kurutma işlemleri sırasında dikkat edilmesi gereken bir diğer özellik ise, kurutma hızının nem oranına göre nasıl değiştiğidir. Bu amaçla, pişmiş ve pişmemiş tarhana hamurlarının kuruma hızları hamurların ortalama nem oranlarına karşı çizilerek Şekil 4'te verilmiştir. Her iki örnek de bütünüyle azalan hız döneminde kurumuşlar ve sabit hız dönemi oluşmamıştır (Şekil 4). Bu sonuçlar literatürdeki biyolojik maddelerin kurutulması verileriyle uyum içindedir (VACCAREZZA ve ark., 1974; MAZZA, 1984; MASKAN, 2000). Kurutmanın ilk anlarında kuruma hızları ani bir artış göstermiştir (Şekil 4). Hamurların kurutmaya başlamadan önceki sıcaklıklarıyla (~20°C) kurutma sıcaklıklarının farklı olması, kurutma hızında gözlenen bu ani yükselişe neden olmuş olabilir. (GEANKOPLIS, 1983). Ayrıca, pişmiş hamurun kuruma hızı pişmemiş hamura göre daha



Şekil 2. Pişmemiş tarhana hamurunun farklı kurutma sıcaklıklarındaki nem içeriğinin kurutma zamanına göre değişimi (Ürün kalınlığı: 3 mm).

verilmiştir. Benzer sonuçlar 1 ve 6 mm ürün kalınlıklarında da elde edildiği için ayrıca bu makalede sunulmamıştır. Kurutma işlemine başlamadan önce pişmiş ve pişmemiş tarhana hamurlarının nem oranları farklı olduğu için, bu grafikte verilen nem oranları kuru madde esasına göre hesaplanmıştır. Pişmiş tarhana hamurunun kurutma öncesi nem oranının (%75.5) pişmemiş tarhana hamurunun nem oranına göre daha fazla olmasına rağmen (%58.3), kurutma işleminin yaklaşık 150. dakikasında hamurların nem oranlarının aynı olduğu görülmektedir (Şekil 3). Pişmiş tarhana hamurunun daha çabuk kurumasını çeşitli mekanizmalarla açıklamak mümkündür. Pişirme işlemi sırasında tarhana hamurunda bulunan sebzelerin dokuları yumuşamakta, bu da dokuların fiziksel özelliklerinin değişmesine ve hücre zarlarının bozulmasına neden

yüksektir. Pişmemiş örneğin kuruma hızı 0.5 kg su/kg kuru madde noktasından sonra yavaşlamaya başlamasına rağmen, pişmiş örneğin kuruma hızı gittikçe artan bir eğimle devam etmektedir (Şekil 4).

Kuruma Kinetiği

Tarhana hamurlarının kuruma davranışları incelendiğinde kuruma işleminin azalan hız dönemlerinde gerçekleştiği bulunmuştur. Azalan hız döneminde kuruyan gıda maddeleri için Fick eşitliğini kullanmak mümkündür. Sonsuz levha geometrisine göre bu eşitlik aşağıdaki gibidir:

$$\frac{x - x_e}{x_0 - x_e} = \frac{8}{\pi^2} \exp \left\{ \frac{-\pi^2 Dt}{L^2} \right\} \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Eşitlik 1'de X_0 kurutma öncesi numunenin nem miktarını (kg su/kg kuru madde), X_e numunenin dengedeki nem miktarını (kg su/kg kuru madde), X numunenin herhangi bir kuruma zamanındaki nem miktarını (kg su/kg kuru madde), D suyun difüzyon katsayısını (m^2/s) ve L ise ürünün kalınlığını (m) göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan kurutucunun çalışma prensibi gereği hamurlar üst taraftan kurutulmuş, denge nem miktarının (X_e) sıfır olduğu ve kurutma sırasında üründe önemli ölçüde büzülme olmadığı varsayılmıştır. Suyun difüzyon katsayıları (D) Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmış ve bu hesaplamaları yaparken boyutsuz nem değerlerine karşı ($\ln(X/X_0)$) zaman grafiği çizilmiş, elde edilen doğruların eğimlerinden difüzyon katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplanan D değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Bu hesaplamalar sırasında elde edilen yüksek korelasyon katsayıları (0.969-0.999), Fick modelinin tarhana hamurlarının kurutulmasında, D değerlerinin hesaplanması için uygun olduğu anlamını vermektedir. Çizelge 1'de verilen D değerleri 0.41×10^{-10} ile $5.34 \times 10^{-10} m^2/s$ arasında değişmektedir. Bu

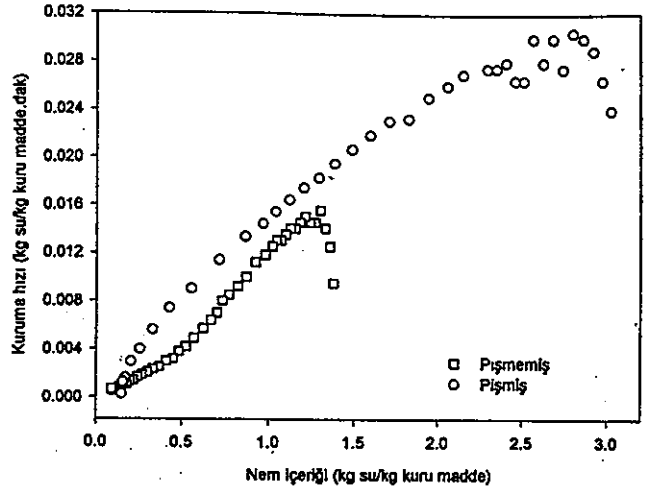
sonuçlar literatürde yer alan jelatinize olmuş nişasta ile ham nişastanın D Değerleri ile uyum içindedir. (MAROUSIS ve ark., 1991; VAGENAS ve KARATHANOS, 1993).

Çizelge 1'den görüldüğü gibi pişmiş tarhana hamurunun D değerleri, çalışılan bütün sıcaklık ve ürün kalınlıklarında pişmemiş hamur için elde edilen D değerlerinden daha yüksektir. Bu sonuç, pişirmenin tarhana hamurundaki suyun D

değerleri üzerinde (dolayısıyla kurutma işleminin hızı üzerinde) etkili olduğunu göstermektedir. Her iki örnekte de ürün kalınlığı ve kurutma sıcaklığı arttıkça D değerleri artmaktadır. Benzer sonuçlar YUSHENG ve POULSEN (1988) tarafından farklı kalınlıklardaki patates dilimlerinin değişik sıcaklıklarda kurutulmasında elde edilmişlerdir.

Difüzyon katsayılarının kurutma sıcaklıklarına göre nasıl bir değişim gösterdiği Arrhenius tipi bir denklemlerle ifade edilebilir:

$$D = D_0 \exp \left\{ \frac{-E_a}{RT} \right\} \quad (\text{Eşitlik 2})$$



Şekil 4. Ön pişirmenin tarhana hamurlarının kuruma hızı üzerinde etkisi (kurutma sıcaklığı: 70°C, ürün kalınlığı: 3 mm).

Çizelge 1. Tarhana Hamurlarının Kurutulması Sırasında Elde Edilen Difüzyon Katsayıları ($D \times 10^{10}$, m^2/s) ve Aktivasyon Enerjileri (kJ/mol).

Kurutma sıcaklığı (°C)	Normal			Pişmiş		
	Kurutma sırasındaki ürün kalınlığı (mm)					
	1	3	6	1	3	6
60	0.41	0.95	1.32	0.55	1.55	2.83
70	0.63	1.15	1.33	0.76	2.13	5.34
80	0.79	1.77	2.11	0.95	2.89	5.34
Aktivasyon enerjisi	22.2	30.6	31.7	25.8	30.2	31.0

Eşitlik 2'de D_0 sıcaklık sonsuza yaklaşırken difüzyon sabitini (m^2/s), E_a aktivasyon enerjisini (kJ/mol), R gaz sabitini ($8.314 kJ/mol.K$), T ise sıcaklığı (K) ifade etmektedir. Tarhana hamurlarının değişik ürün kalınlıklarındaki aktivasyon enerjilerini hesaplarken $\ln(D)$ değerlerine karşı $1/T$ değerleri çizilmiş ve elde edilen doğrunun eğiminden E_a değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 1). Her iki tarhana hamurunda da ürün kalınlığı arttıkça E_a değerleri artmaktadır (Çizelge 1). Buradan D değerlerinin yüksek ürün kalınlıklarında kurutma sıcaklıklarına karşı daha hassas olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu sonuçlar VAGENAS ve KARATHANOS (1993)'ün sonuçları ($13.9-30.5 kJ/mol$) ile paralellik göstermektedir. Ayrıca pişmiş ve pişmemiş hamur örneklerinin aynı ürün kalınlıklarında E_a değerleri arasında önemli bir farklılığın olmadığı görülmektedir (Çizelge 1). Diğer bir değişle, aynı ürün kalınlıklarında sıcaklığın kurutma üzerine olan etkisi her iki hamur içinde aynıdır.

SONUÇ

Tarhana hamurunun kuruma davranışı, kullanılan kurutucu tipine ve tarhana formülasyonlarına bağlı olmakla beraber, bu çalışmada elde edilen sonuçların tarhana hamurunun genel kuruma özellikleri konusunda yol göstereceği düşünülmektedir. Ayrıca laboratuarda elde edilen bu sonuçlar, endüstriyel tarhana üretimi sırasında gerçekleştirilen kurutma işleminin optimizasyonu için kullanılabilir. Bu yolla kurutma işleminin daha hızlı ve ekonomik olarak gerçekleştirilmesi mümkün olabilir. Besleyici değeri yüksek geleneksel bir gıda olan tarhana çorbasının instant olarak üretilmesi sırasında uygulanan ısı işlem kadar, pişmiş tarhana hamurunun kuruma özellikleri de ürün kalitesi ve ekonomisi açısından önemlidir. Bu açıdan, bu çalışmada elde edilen sonuçların ticari instant tarhana çorbası üretiminde hem ürün kalitesi, hem de işlemlerin ekonomik olması açısından faydalı olacağına inanılmaktadır.

KAYNAKLAR

- ANONYMOUS, 1998. Endüstriyel tarhana üretimi. Gıda Bilimi ve Teknolojisi, 3(4), 5-8.
- AQUERRE, R. SUAREZ, C. And VIOLLAZ, P.E. 1982. Drying kinetics of rough rice grain. Journal of Food Technology, 17, 679-686.
- GEANKOPLIS, C.J. 1983. Transport Processes and Unit Operations. Allyn and Bacon, Inc., Second Edition, 524-526. Boston, London, Sydney, Toronto
- GÖĞÜŞ, F. and MASKAN, M. 1999. Water Adsorption and Drying Characteristics of Okra (*Hibiscus esculentus* L.). Drying Technology, 17, 883-894.
- İBANOĞLU, Ş. 1996. An Investigation into the Properties of Tarhana produced by Traditional and Extrusion Methods. PhD Thesis, The Manchester Metropolitan University, MANCHESTER.
- İBANOĞLU, Ş. 1999. Functional properties of spray dried tarhana. Drying Technology, 17, 327-334.
- İBANOĞLU, Ş., AINSWORTH, P. And HAYES, G. 1996. Extrusion of tarhana: Effect of operating variables on starch gelatinization. Food Chemistry, 57, 541-544.
- İBANOĞLU, Ş., İBANOĞLU, E. and AINSWORTH, P. 1998. Effect of dilute acid hydrolysis on the cooked viscosity of tarhana. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 49, 463-466.
- İBANOĞLU, Ş. and AINSWORTH, P. 1997. Kinetics of starch gelatinization during extrusion of tarhana. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 48, 201-204.
- KARATHANOS, V.T and KOSTAROPOULOS, A.E. 1995. Diffusion and equilibrium of water in dough/raisin mixtures. Journal of Food Engineering, 25, 113-121.
- MAROUSIS, S.N., KARATHANOS, V.T. and SARAVACOS, G.D. 1989. Effect of Sugars on the Water Diffusivity in Hydrated Granular Starches. Journal of Food Science, 54, 1496-1500, 1552.
- MAROUSIS, S.N., KARATHANOS, V.T. and SARAVACOS, G.D. 1991. Effect of Physical Structure of Starch Materials on Water Diffusivity. Journal of Food Processing and Preservation, 15, 183-195.
- MASKAN, M. 2000. Microwave/Air and Microwave Finish Drying of Banana. Journal of Food Engineering. (Basımda).
- MASKAN, M. and GÖĞÜŞ, F. 1998. Sorption Isotherms and Drying Characteristics of Mulberry (*Morus alba*). Journal of Food Engineering, 37, 437-449.
- MAZZA, G. 1984. Sorption Isotherms and Drying Rates of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). Journal of Food Science, 49, 384-388.
- ÖNER, M.D., TEKİN, A.R. ve ERDEM, T. The use of soybeans in the traditional fermented food-tarhana. Lebensm. Wiss. u. Technol. 26, 371-372.

- ÖZBİLGİN, S. 1983. The Chemical and Biological Evaluation of Tarhana Supplemented with Chickpea and Lentil. PhD Thesis, Cornell University, Ithaca, NEW YORK.
- SİYAMOĞLU, B. 1961. Türk Tarhanalarının Yapılışı ve Terkibi Üzerine Araştırma. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İZMİR.
- TOLABA, M.P., AGUERRE, R.J. and SUAREZ, C. 1997. Modeling Cereal Grain Drying with Variable Diffusivity. *Cereal Chemistry*, 74, 842-845.
- TÜRKER, S. 1991. Sağlam, pişirilmiş ve çimlendirilmiş çeşitli baklagil katkılarıyla, mayasız ve maya ilavesiyle fermente edilen tarhananın bazı fiziksel, kimyasal ve besinsel özellikleri üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, ERZURUM.
- ÜNAL, S. 1997. Hububat Teknolojisi. Ege Üniversitesi Ders Notları, İZMİR.
- VACCAREZZA, L.M., LOMBARDI, J.L. and CHIRIFE, J. 1974. Kinetics of Moisture Movement During Air Drying of Sugar Beet Root. *Journal of Food Technology*, 9, 317-327.
- VAGENAS, G.K. and KARATHANOS, V.T. 1993. Prediction of the Effective Moisture Diffusivity in Gelatinized Food Systems. *Journal of Food Engineering*, 18, 159-179.
- XIONG, X., NARSIMHAN, G. and OKOS, M.R. 1991. Effect of Composition and Pore Structure on Binding Energy and Effective Diffusivity of Moisture in Porous Food. *Journal of Food Engineering*, 15, 187-208.
- YUSHENG, Z. and POULSEN, P.K. 1988. Diffusion in Potato Drying, *Journal of Food Engineering*, 7, 249-262.