

Makalenin Geliş Tarihi : 26.04.2009
Makalenin Kabul Tarihi : 20.05.2009

KAYNATILMIŞ BUĞDAYIN AKIŞKAN YATAKTA KURUTULMASININ DENEYSEL ARAŞTIRILMASI

Ümran ERÇETİN¹, İ. Yalçın URALCAN²

ÖZET: Bu çalışmada, ülkemizin endüstriyel gıda ürünleri arasında önemli yeri olan bulgurun üretim sürecinde, pişmiş buğdayın kurutulması işleminin, geleneksel yöntemler yerine akışkan yataklı kurutucuda gerçekleştirilmesi konu edilmiştir. Bu amaçla kurulan bir akışkan yataklı kurutucuda, pişmiş buğdayın kuruma karakteristiğine akışkanlaşma hızının etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Sabit ve akışkanlaşmış yatakta kurutma sırasında eşit kuruma süreleri elde edilmesine rağmen, sabit yatakta düzenli bir kuruma gözlemlenmemiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Bulgur, Buğday, Kurutma, Akışkan yatak, Sabit yatak.

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE DRYING OF PARBOILED WHEAT IN FLUIDIZED BED

ABSTRACT: Drying of boiled wheat during the production process of bulgur, an important industrial food product of Turkey, in a fluidized bed drier rather than conventional methods, has been the concern of this study. Effects of fluidization velocity on the drying characteristics of boiled wheat has been investigated experimentally on a fluidized bed drier test system. While drying, although obtaining the same drying time in both fixed and fluidized bed, any regular drying in the fixed bed is not observed.

KEYWORDS: Bulgur, Wheat, Drying, Fluidized bed, Fixed bed.

¹ Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, KÜTAHYA

² İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 34437, Gümüşsuyu-İSTANBUL

I. GİRİŞ

Gıda endüstrisinde kurutma, çeşitli yiyecekleri ve tarımsal ürünleri korumak için dünya çapında yüzyıllardır kullanılmaktadır. Çünkü kurutma süreci yiyeceklerin korunması için temel bir gerekliliktir.

Yiyeceklerin kurutulmasının temel amacı, ürünün raf ömrünü uzatmak için ürün içindeki su miktarını, ürünün mikrobiyal bozulmasını azaltacak bir seviyeye getirmektir. Ürün içindeki nem dengesinin kararlı hâle gelmesi, ürünün ağırlığında ve hacminde önemli bir azalmaya neden olur ve bunun yanında yiyecek maddelerinin ambalajlama, depolama ve dağıtım maliyetlerinin azalmasına da katkıda bulunur [1].

Kurutma işleminin verimi ve kurumuş olarak çıkan parçanın kalitesi; giren ham maddenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine, kurutucu tasarımına ve kurutucunun çalışma şartlarına bağlıdır. Dolayısıyla kurutucuların esas amacı besin değeri ve organik bakımdan iyi bir kaliteye sahip kuru ürünler üretirken, istenen niteliklere sahip ürünün elde edilmesinde en az enerji tüketimi ile mümkün olan en yüksek kuruma hızına ulaşabilmeleridir [1].

Kurutma işleminin uygulandığı endüstrilerde, toplam enerji tüketiminin büyük bir bölümü kurutucular tarafından harcanır. Bu büyük enerji tüketiminden dolayı endüstriler ve üniversiteler yıllarca çeşitli ürünlerin en verimli bir şekilde kurutulması için kurutucular tasarlamaya çalışmışlardır ve hâlâ da çalışmaktadırlar. Kurutulacak her ürün için tek tip bir kurutucu kullanılmamasından dolayı, her ürün için en uygun kurutucu tasarlama çalışmaları önem kazanmıştır [2].

II. MATERYAL VE METOT

Ülkemize özgü bir ürün olan bulgur hâlen, makarnalık buğday olarak bilinen sert buğdayların yaş bazda % 48-50 nem oranına gelene kadar pişirilip, hedik olarak adlandırılan bu pişmiş buğdayların, yaklaşık 6-8 m² taban alanına sahip 35-40 m yüksekliğindeki kurutma kulelerine üstten verilmesi ve hediklerin aşağıya doğru hareket ederlerken buradaki farklı sıcaklıklardaki pasalardan geçerken kurutulmasıyla elde edilmektedir.

Bulgurun üretim sürecinde kalitesini etkileyen en önemli etmenler; kullanılan buğdayın cinsi, pişirilme miktarı ve kurutma sıcaklığıdır. Bu nedenle deneylerde bulgur fabrikalarındaki değerlere uygun şekilde hedikler üretilmiş ve kurulan deney sistemi ile kurutularak bulgur imal edilmiştir.

Deneylerde, nemlendirilecek numuneler hassas terazi ile tartıldıktan sonra kaynamakta olan suya atılmış ve farklı zamanlarda bu numuneler alınıp tekrar tartılarak % olarak aldıkları nem oranları tayin edilmiştir.

$$W_y = \frac{\text{Nem miktarı}}{\text{Toplam ağırlık}} \times 100 \quad (1)$$

$$W_k = \frac{\text{Nem miktarı}}{\text{Kuru miktar}} \times 100 \quad (2)$$

W_y : Yaş bazdaki nem oranı

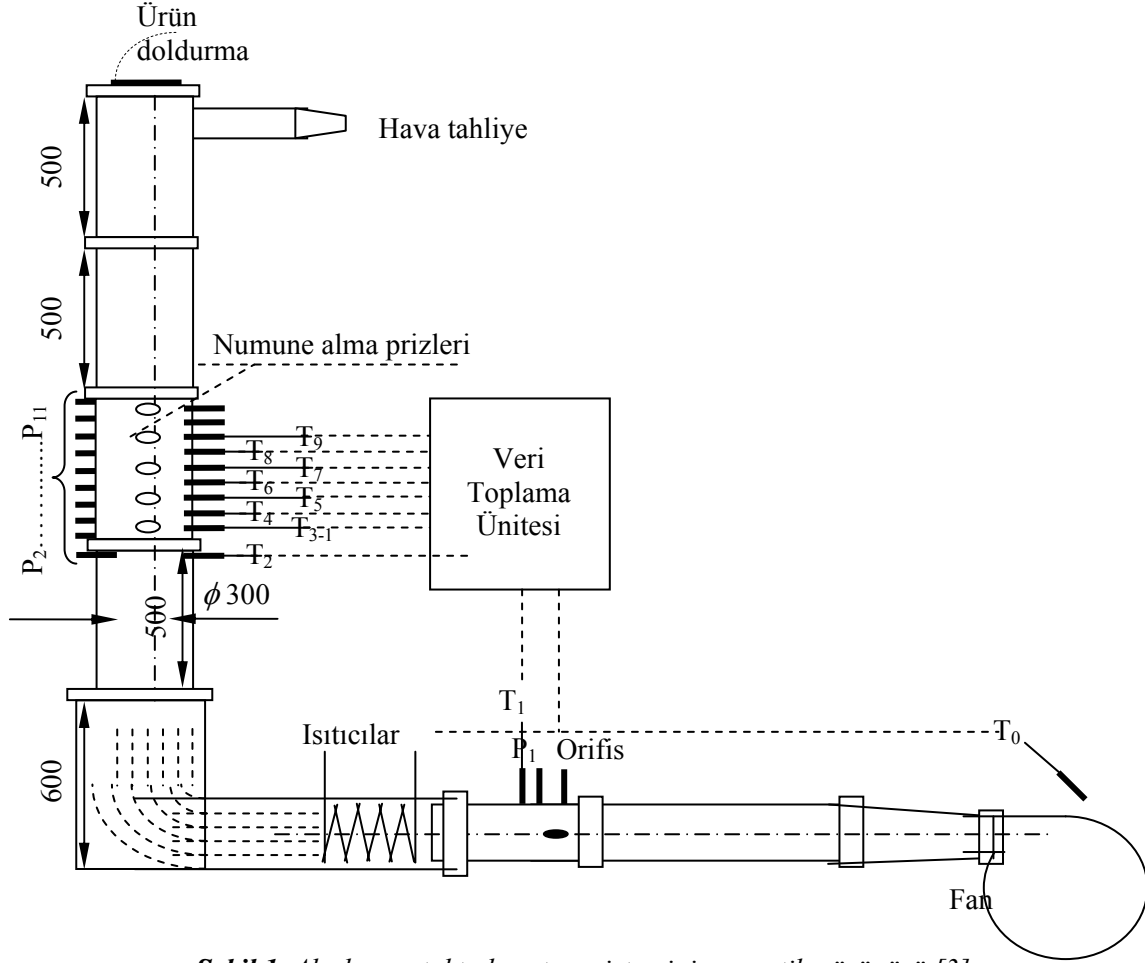
W_k : Kuru bazdaki nem oranı

Yaş bazda % 48-50 nem içeriğine gelene kadar kaynatılarak pişirilen buğdaylar bu süre sonunda; yüzey neminin alınması, içlerinde olabilecek pişmeyen tanelerin pişmesi ve nem içeriklerinin sabit bir değere ulaşması için dinlendirilmişlerdir.

Pişmiş buğdaylar dinlendirilirken, Şekil 1'de de şematik olarak gösterilen kurutma sistemi çalıştırılmış ve sistem içindeki hava sıcaklığının 70°C'ye geldiği görüldüğünde, yatak fanı durdurulup ısıtıcılar kapatılmış ve hedikler, deney tesisatının üzerinde bulunan ürün doldurma kapağından yatağa boşaltıldıktan sonra fan ve ısıtıcılar tekrar çalıştırılarak kurutma işlemi başlatılmıştır. Bu işlemler sırasında fan devri, deney başlangıcında bir kere ayarlanmış daha sonra deney boyunca bu devirde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

Bu andan itibaren mümkün olan en kısa zaman aralıklarında ve yatak karakterini de bozmayacak şekilde yatağın en alttaki numune alma prizi olan yatağın 5.cm'sindeki numune alma prizinden numuneler alınıp, tartıldıktan sonra numuneler fırında tamamen kurutularak nem miktarları hesaplanmıştır. Böylece pişmiş buğdayın bulgur haline getirilirken oluşan kuruma

eğrisi elde edilmiştir. Kuruma sırasında yataktaki hız değerleri ile farklı yüksekliklerdeki basınç ve sıcaklık değerleri de ölçülerek bu değerlerin kuruma süresi boyunca değişimi belirlenmiştir.

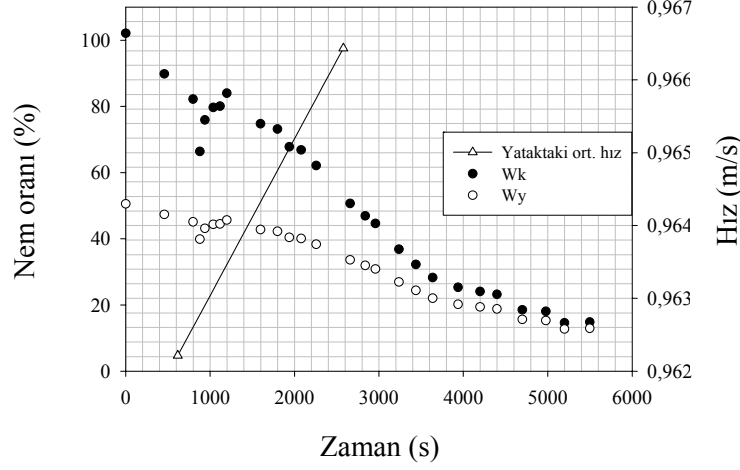


Şekil 1. Akışkan yataқта kurutma sisteminin şematik görünüşü [3].

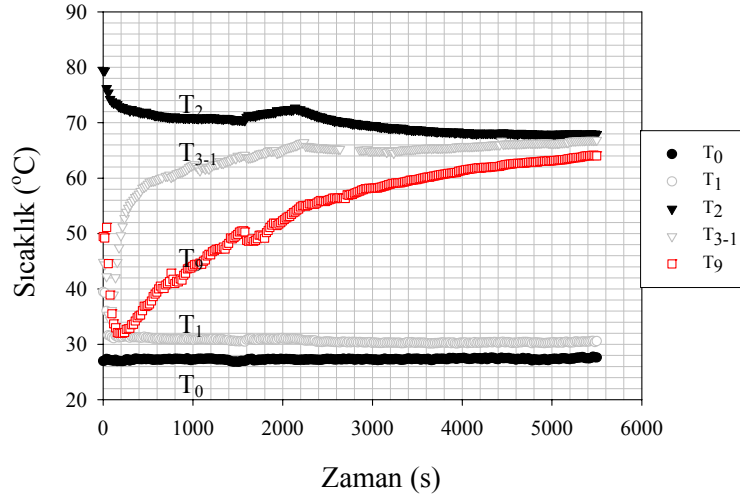
II.1. Sabit Yataқта Düşük Hızla ($V < 1$ m/s) Kurutma

Şekil 2, nemlendirilmiş 3 kg ham buğdayın yaklaşık 70 °C'de, sabit yataқтаki kuruma eğrisini ve hızlarını göstermektedir. 3 kg ham buğday, nem içeriği yaş bazda % 49 oranına ulaşmaya kadar pişirilip dinlendirildikten sonra kurutucu eleğine boşaltılarak kurumaya bırakılmıştır. Şekil 2'de kuruma eğrisinin yeterince düzgün olmadığı, dolayısıyla yataқта içindeki malzemenin de düzenli bir nem dağılımına sahip olamayacağı, Şekil 3'de de yataқта yüksekliği boyunca olan sıcaklık dağılımının benzer olmadığından dolayı kurutulmaya bırakılan hediklerin

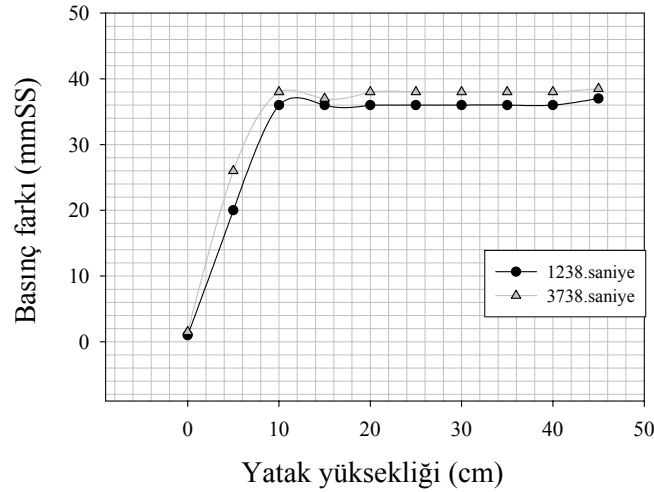
deney süresince akışkanlaşmadan kuruduğu açıktır. Pişirilen 3 kg ham buğdayın akışkan yatak içinde 10 cm'lik bir yükseklik oluşturduğu dolayısıyla yatak içinde bu yükseklik boyunca basınç düşüsünün arttığı, daha sonra ise sabit kaldığı, Şekil 4'deki basınç diyagramından görülebilir [3].



Şekil 2. Hediklerin, sabit yatakta, düşük hızda kurutulurken, yaş bazda (W_y) ve kuru bazdaki (W_k) nem oranları ile hız değerlerinin zamana göre değişimi.



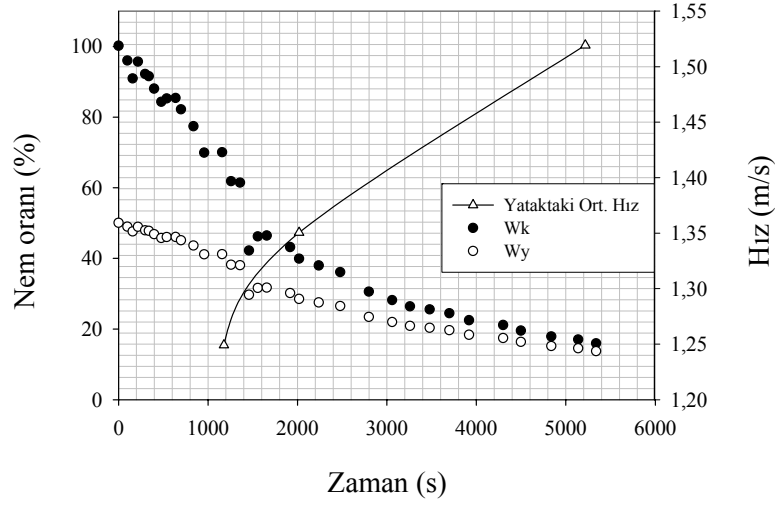
Şekil 3. Hediklerin, sabit yatakta düşük hızda kurutulurken, fan girişi (T_0), fan çıkışı (T_1), ısıtıcı çıkışı (T_2) ve akışkan yatağın $h=5$ cm'deki (T_{3-1}) ve $h=35$ cm'deki (T_9) sıcaklıklarının zamanla değişimi.



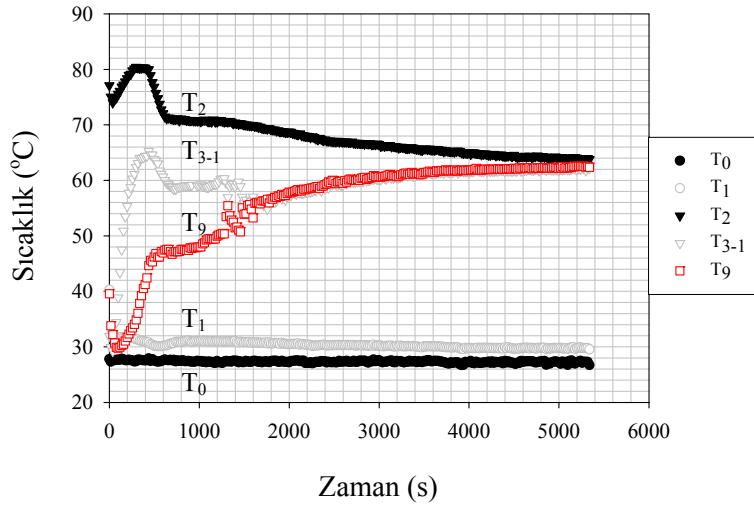
Şekil 4. Hediklerin, sabit yatakta düşük hızda kurutulurken yatak boyunca basınç farkları.

II.2. Sabit Yatakta Yüksek Hızla ($1 \text{ m/s} < V < 1.5 \text{ m/s}$) Kurutma

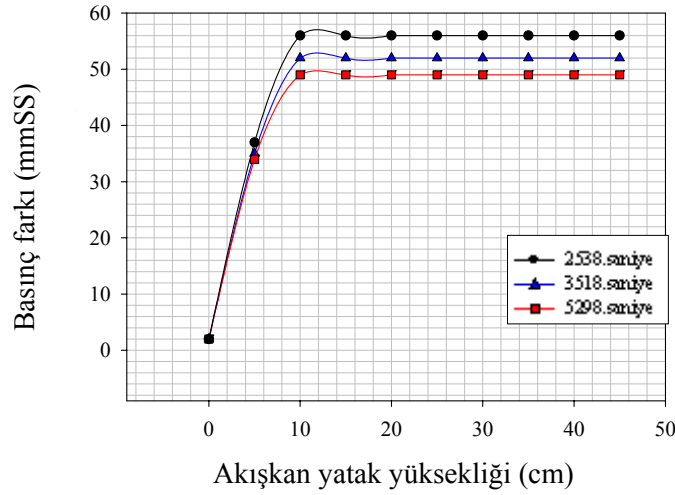
Şekil 5, nemlendirilmiş 3 kg ham buğdayın yaklaşık $70 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de, sabit yaktan akışkan yatağa geçiş durumundaki kuruma eğrisini ve hızlarını göstermektedir. Şekil 5'deki kuruma ve Şekil 6'daki sıcaklık eğrilerinden, yatağın, yaklaşık 1500. saniyeye kadar sabit yatak olduğu ve bu zamandan sonra diyagramlarda da görüldüğü gibi eğrilerde bir düzensizliğin oluştuğu, akışkanlaşmanın başladığı duruma gelindiği görülmektedir. Diyagramdan okunan minimum akışkanlaşma hızının, buğdayın yaş bazda % 43 nem oranı için literatürde verilen, 1,3 m/s olan minimum akışkanlaşma hızına yakın olduğu Şekil 5'de görülmektedir. Deneyler esnasında akışkan yatak içindeki hız artışı kurumadan kaynaklanmakta olup, fan devri ile hız değişimi yapılmamıştır. Akışkanlaşma başlamadan önce farklı olan yatağın alt ve üst noktalarındaki sıcaklıklar, akışkanlaşmanın başlamasıyla eşitlenmiştir. Bu da, yatakta çok iyi bir karışım/akışkanlaşma olduğunu göstermektedir. Geçiş bölgesinde yataktaki hız, hızla artarken, daha sonra, artışını azalan bir şekilde devam ettirmektedir. Şekil 7'deki basınç farkları incelenirse, sabit yatak durumunda basınç ölçümü alınmadığından dolayı sabit yaktan akışkan yatağa geçişte görülen yatak yüksekliğindeki artış, basınç grafiğinde görülememekte, fakat kuruma miktarı ile yatak yüksekliğindeki azalma, akışkan yatak boyunca olan basınç düşümü eğrilerinden açıkça görülmektedir [3].



Şekil 5. Hediklerin, sabit yatakta, yüksek hızda kurutulurken, yaş bazda (W_y) ve kuru bazdaki (W_k) nem oranları ile hız değerlerinin zamana bağlı olarak değişimi.



Şekil 6. Hediklerin, sabit yatakta yüksek hızda kurutulurken, fan girişi (T_0), fan çıkışı (T_1), ısıtıcı çıkışı (T_2) ve akışkan yatağın $h=5. \text{ cm}$ 'deki (T_{3-1}) ve $h=35. \text{ cm}$ 'deki (T_9) sıcaklıklarının zamanla değişimi.

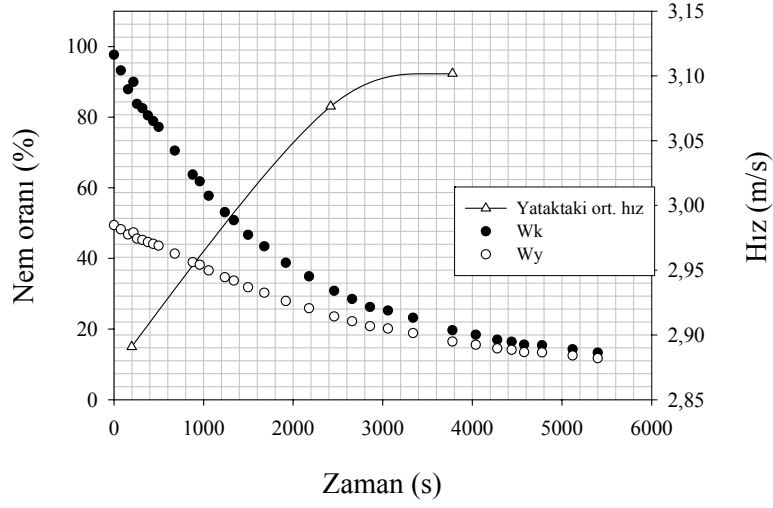


Şekil 7. Hediklerin, sabit yatakta yüksek hızda kurutulurken akışkan yatak boyunca basınç farkları.

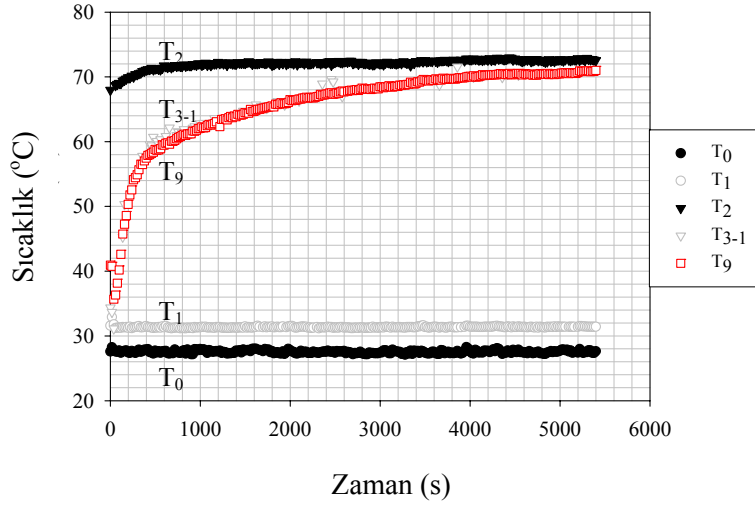
II.2. Tam Akışkanlaşmış Yatakta Yüksek Hızla ($V > 2$ m/s) Kurutma

Şekil 8, nemlendirilen 3 kg ham buğdayın, tam akışkan yatakta, yüksek hızla kurutulması sırasındaki kuruma ile hız değerlerini, Şekil 9, akışkan yatak sisteminde de belirtilen bazı noktaların sıcaklıklarını Şekil 10 ise yatak boyunca basınç farklarını ve göstermektedir.

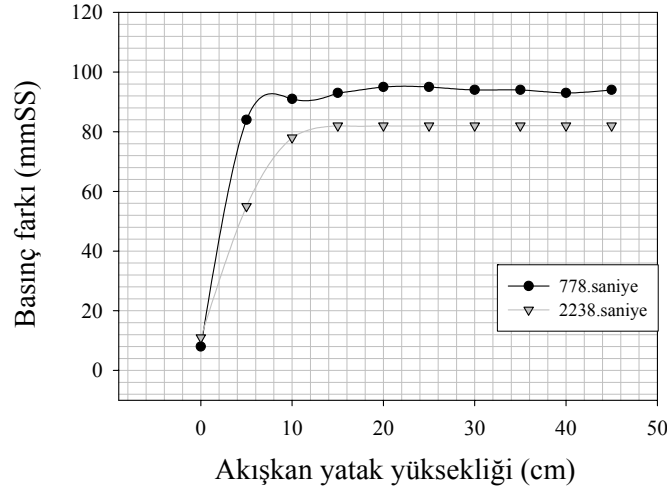
Yatak içinde taneciklerin güçlü karışımı/akışkanlaşması ile hediklerin düzenli kurumaya sahip olduğu Şekil 8'deki kuruma ve Şekil 9'daki sıcaklık grafiklerinden görülmektedir. Kuruma sırasında artan yatak hızı, kurumanın sonuna doğru sabit bir değere yaklaşmaktadır [3].



Şekil 8. Hediklerin, tam akışkan yatakta yüksek hızda kurutulurken yaş bazda (W_y) ve kuru bazdaki (W_k) nem oranları ile hız değerlerinin zamanla değişimi.



Şekil 9. Hediklerin, tam akışkan yatakta yüksek hızda kurutulurken, fan girişi (T_0), fan çıkışı (T_1), ısıtıcı çıkışı (T_2) ve akışkan yatağın $h=5. \text{ cm}$ 'deki (T_{3-1}) ve yatağın çıkışı olan $35. \text{ cm}$ 'deki (T_9) sıcaklıklarının zamanla değişimi.



Şekil 10. Hediklerin, tam akışkan yatakta yüksek hızda kurutulurken akışkan yatak boyunca basınç farkları.

III. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada, pişmiş buğdayların (hedik) akışkan yatakta farklı hızlarda kurutulması esnasında kuruma davranışları incelenmiştir.

3 kg ham buğdayın nemlendirilmesiyle yapılan bu akışkan yatak deneylerinde kuruma diyagramları incelenirse, ürünlerin nem içeriklerinin yaklaşık 5500. saniyede sabit yatakta yaş bazda % 13, sabit yaktan hareketli yatağa geçişte % 14 ve tam akışkan yatakta % 11 civarına geldiği görülmektedir. Sabit yataktaki kurutmanın, sabit yaktan akışkan yatağa geçişteki kurutmadan az da olsa daha çabuk olduğu verilerden anlaşılrsa da, sabit yataktaki ürünlerin karışmamasından dolayı numune alınan prizın üzerindeki hediklerin nem içeriklerinin, yatağın alt kısımlarındaki hediklerin nem içeriklerinden daha yüksek olacağı açıktır. Sabit yatak içinde karışım/akışkanlaşma olmadığı, sıcaklık grafiklerinde yatağın alt noktasındaki sıcaklık (T_{3-1}) ile yatak çıkışındaki sıcaklığın (T_9) çakışmış olmamasından görülebilir. Sabit yaktan akışkan yatağa geçiş ile tam akışkan yataktaki kurutma verileri incelenirse, her iki yatakta da düzenli bir

karişim olduğu, yatak yüksekliği boyunca homojen olan sıcaklıklardan, hızın daha yüksek olduğu tam akışkan yataktaki ürünlerin daha çabuk kuruduğu, dolayısıyla hızdaki artışın kurutma zamanını kısalttığı kuruma eğrilerinden görülebilir. Fakat bu durumda tam akışkan yatakta geçen hava debisinin yüksek olması ve daha fazla miktardaki havanın ısıtılmak zorunda kalınmasından dolayı, tam akışkan yatağın sabit yatakta veya minimum akışkanlaşma hızında yapılan kurutmaya kıyasla ne derecede ekonomik olacağı araştırılmalıdır.

Bundan sonraki aşamalarda bulgur üretimi için pişirilen buğdayların farklı hız, sıcaklık ve yatak yüksekliklerinde kurutulması sırasında enerji ve kalite analizleri yapılarak, birim kütle başına en az enerji ile elde edilecek en kaliteli ürün için uygun kurutma şartları belirlenmelidir.

IV. KAYNAKLAR

- [1] H. C. Guillermo and R. Enrique, “*Design And Performance Evaluation Of Dryers, Handbook of food engineering practise*”, Chapter 4, CRC Press, pp. 736, 1997.
- [2] A. S. Mujumdar, “*Handbook Of Industrial Drying*”, Vol. 1. Chapter 7, Marcel Dekker Inc., pp. 742, 1995
- [3] Ü. Erçetin, “*Tanecikli Gıda Maddelerinin Akışkan Yatakta Kurutulması*”, Doktora Tezi, Osmangazi Üniv. Fen Bil. Enst., 2007.