

EKMEK FIRINININ DİZAYNI VE OPTİMİZASYONU*

Design And Optimization Of Commercial Bread Oven

Bahri DEMİR

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Beşir ŞAHİN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Bu tez döner arabalı ekmek fırınlarının özellikle ısı hücresi bölümünün incelenerek ısı hesaplarının yapılması amacıyla hazırlandı. pişirilecek malzeme olan ekmek hakkında bilgilere değinildi, ekmeğin oluşum süreci anlatıldı. fırın tanıtımı yapıldı. Fırın ana grupları, emniyet sistemleri ve buhar verme sistemleri hesaplamalar yapıldı. İlk olarak ısı hesapları ve daha sonrasında maliyet hesapları yapıldı. Bütün bu hesaplamalar üç farklı yakıt ile çalışması öngörülen ısı hücresi için ayrı ayrı yapılarak bir adet ekmek için toplam yakıt maliyetleri bulundu. Mikrodalga ve konveksiyon sistemlerin kombinasyonu prototip dizayn edilip deneylerle avantajları araştırıldı.

Anahtar kelimeler: ekmek fırını, mikrodalga, ekmek

ABSTRACT

The hereby thesis was prepared in order to conduct the thermal calculations of the bakery ovens with rotating carts especially by examining the thermo-chamber. It was referred to detailed information regarding bread which was the material to be cooked, and the constitution process of bread was explained. The presentation of oven was introduced. Main groups of oven, security systems and vapor delivery systems were presented. All calculations were made. Firstly thermal calculations and then cost calculations were prepared. All these calculations were performed for each thermo-chamber anticipated to operate with three different fuel types and total fuel cost for one bread was found. Microwave and convention combined oven was designed and used for experiments.

Key words: bakery oven, microwave, bread

Giriş

Ekmek 300 gram buğday ununa, içme suyu, tuz, maya ve tuz gerektiğinde sadece C vitamini, malt unu katılarak hazırlanan hamurun yoğrulup tekniğine uygun bir şekilde işlenip fermantasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan bir mamuldür. Ekmeğin yapımında başlıca üç işlem yer alır. Yoğurma, mayalama ve

* Yüksek Lisans Tezi-MSc. Thesis

pişirme. Yoğurma, unu hamura çevirir. Mayalama, hamuru ekşitip kabartır, pişirme ise hamuru ekmek haline getirir. Geleneksel ekmek fırınları endirekt ısıtmalı, cebri hava sirkülasyonla ve döner tava arabası ile donatılmış olup unlu mamulün istenilen pişirme özelliklerine uygun olarak pişirilmesini sağlayan kullanışlı ve ekonomik fırınlardır. Fırınlarda motorin veya gaz (doğalgaz ve LPG) yakan brülörler kullanılmaktadır. Ayrıca elektrikle çalışanları da bulunmaktadır.

G. Sumnu ve ark. (2005) mikrodalga, infrared ve infrared-mikrodalga kombinasyonu fırınların ekmek pişirme methodlarının etkilerini karşılaştırmışlardır. IR-mikrodalga fırının zaman yönünden avantajlı olduğunu tespit etmişlerdir.

J. Zhang, A.K. Datta (2006) ekmek pişirimi üzerine matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Mikrodalga ile pişirimin sonucunda ısınmanın çok daha eşit şekilde oluştuğunu ancak geleneksel pişirim yönteminde olduğu gibi kuru ve sert bir yüzey oluşmadığını tespit etmişlerdir.

G. Sumnu ve ark. (2003) halojen lamba-mikrodalga kombinasyonunun ekmek kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda bu kombine fırını kullanarak özellikle mikrodalga kullanımından dolayı oluşan yüzey problemlerinin çözüldüğünü belirtmişlerdir.

N. Therdtthai ve ark. (2002) beyaz sandviç ekmeği için en uygun sıcaklık profilini sağlayabilmeyi hedeflemişler ve en iyi kalitede ürün elde etmeyi amaçlamışlardır. Sıcaklığın ve pişirim zamanının ekmek kalitesine olan etkilerini tanımlayabilmek için matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Deney modellerinde endüstriyel fırının dört farklı bölüme ayırılmış, ve optimizasyon için hamurun 27.4 dakika süresinde birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü bölümlerde sırasıyla sıcaklıkların 115 °C, 130 °C, 156 °C, 176 °C olması gerektiğini tespit etmişlerdir.

S.S.R. Geedipalli ve ark. (2007) mikrodalga fırınlarda döner tabla kullanımının ısının üniform oluşumunu etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla fizik tabanlı bilgisayar modeli geliştirmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda sabit tabla ile döner tablayı karşılaştırdıklarında ürünün döner tabla kullanımının sıcaklığın üniform bir şekilde dağılımını % 37 ile %43 oranında arttırdığını tespit etmişlerdir.

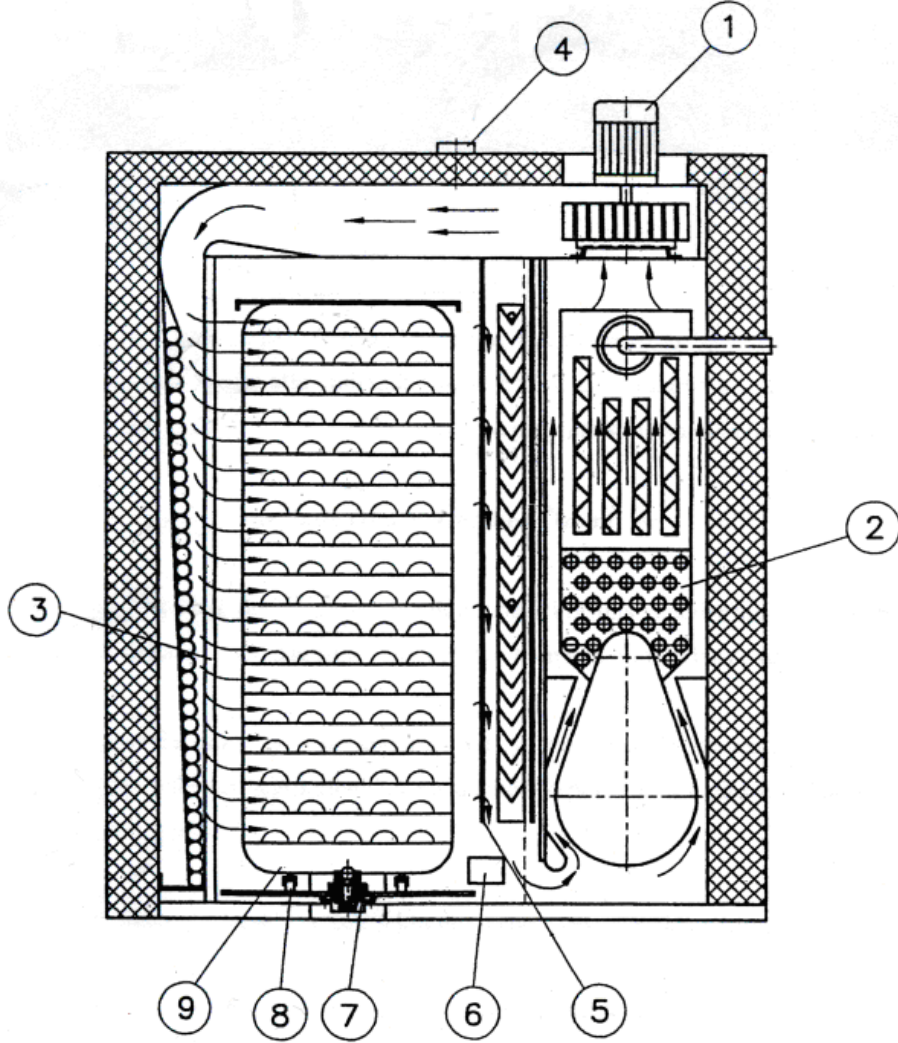
B. M. Shaughnessy ve M. Newborough (2000) düşük emisyonu sahip bir fırını dizayn edip prototip oluşturmuş ve bur prototiple deneyler yaparak daha önceden geleneksel fırınlarla yapılmış olan testlerle karşılaştırmışlardır. Bu çalışmanın sonucunda düşük emisyonu sahip fırının diğer doğal ve zorlamalı konveksiyonel fırınlara nazaran enerji tasarrufu sağladığını tespit etmişlerdir.

Ekmek fırınları genellikle iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlar;

- Isıtma bölümü
- Ekmek pişirme bölümü

Isıtma ünitesinde yakıt bir brülör yardımıyla yakılmaktadır. Ekmek pişirme işleminde kullanılan hava, ısı hücresi ve alev boruları etrafında bir sirkülasyon fanı ile cebri olarak dolaştırılarak ısıtılmaktadır. Sıcak hava ekmek pişirme odasına giriş kesitine yerleştirilen kanatlar ve mandallar yardımıyla homojen bir şekilde girmektedir. Ekmekler raflı bir araba üzerinde sıralanmış alüminyum tepsilerde pişirilmektedir. Araba döner bir tabla üzerine yerleştirilmekte ve pişirme işlemi

sırasında yavaş yavaş dönmektedir. Fırın içerisindeki hava dolaşımı “Şekil 1” de gösterilmiştir.



Şekil 1. Fırın içerisindeki hava sirkülasyonu şeması. (1-Sirkülasyon 2-Hava ısıtıcısı 3-Hava üfleme kanalları 4-Buhar çıkış borusu 5-Emiş sacı 6-Buhar atma klapesi 7-Araba tertibatı 8-Araba tekerleği 9-Araba tavası)

Farklı yakıt kullanımının ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin bulunması hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalar üç farklı yakıt; doğalgaz, dizel ve elektrik için ayrı ayrı yapılmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda sistemin farklı yakıtlar ile çalıştırılması sonucunda maliyet açısından farklılıkları ortaya çıkarılmıştır. Farklı yakıtların maliyet analizi “ Çizelge 1” de gösterilmiştir.

Çizelge 1: Farklı yakıtlar için yatırım ve işletme maliyeti tablosu

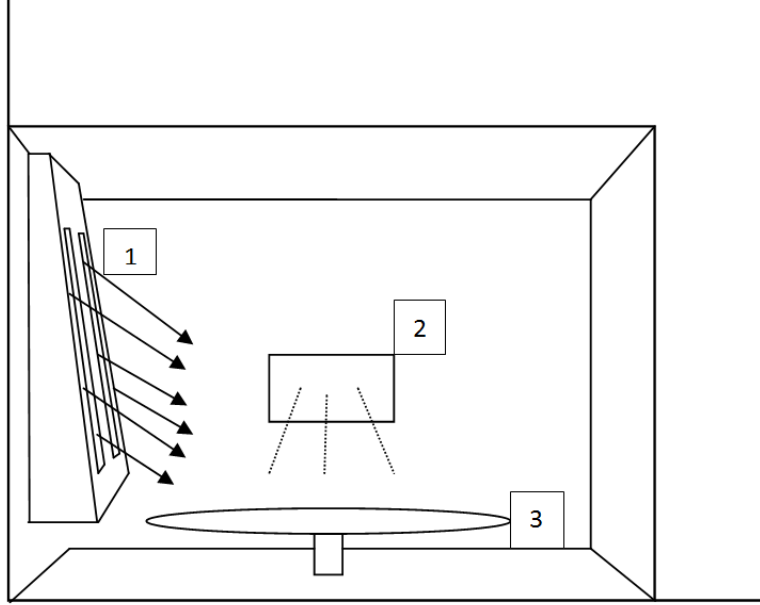
| | Yakıt | | |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | Doğalgaz | Elektrik | Dizel |
| Isı hücresi yatırım maliyeti | 6570 TL | 3267,4 TL | 6173 TL |
| İşletme maliyeti | 0,009 TL/adet | 0,029 TL/adet | 0,047 TL/adet |

Materyal ve Method

Materyal

Hamur belirli miktar unun su tuz ve mayanın belirli oranlarda karıştırılıp uygun koşullarda bekletilerek hazırlanmasıdır.

Deneyler mikrodalga ve konveksiyon sistemlerin kombinasyonu ile oluşturulmuş bir prototip ile yapılmıştır. Mikrodalga magnetron 2450 MHz’ de 900 W güçte çalıştırılabilir ve mikrodalga çalışma süresi harici kontrol ünitesi ile değiştirilmektedir. Prototip 3 adet 1000 W güçte rezistans yardımıyla havanın ısıtılıp ekmeğin dış kısmının istenilen koşula getirilmesi ve mikrodalga yardımıyla da iç kısmının pişmesi planlanarak dizayn edilmiştir. Prototipin şematik gösterimi “ Şekil 3 ” te gösterilmiştir.



Şekil 3. Prototip fırının şematik gösterimi: (1) Sıcak hava, (2) Mikrodalga, (3) Döner tabla

Method

Ekmeğin mikrodalga ve konveksiyon sistemleri ile pişirilmesi yeni bir uygulamadır. Bu çalışmada daha önceden hazırlanmış ve fermante olması için uygun koşullarda bekletilmiş hamurun mikrodalga ve konveksiyon yöntemi kullanılarak pişirilmesinin araştırılması amaçlanmaktadır. Pişirime hazır hale getirilmiş hamurlar sıcaklık ve zaman parametreleri değiştirilerek deneyler yapılmıştır.

Deneme sıcaklıkları ve süreleri aşağıdaki gibi uygulanmıştır.

4 dakika - 240 °C, 250 °C, 260 °C, 270 °C, 280 °C

5 dakika - 240 °C, 250 °C, 260 °C, 270 °C, 280 °C

6 dakika - 240 °C, 250 °C, 260 °C, 270 °C, 280 °C

7 dakika - 240 °C, 250 °C, 260 °C, 270 °C, 280 °C

- Deney sonuçları aşağıdaki kriterlere göre değerlendirilmiştir.
- Rengi kahverengi olmalı, her tarafı aynı renkte olmalı açık, koyulu, benekli olmamalıdır.
- Ekmeğin yanları ve altı düzgün ve simetrik kızarmalıdır.
- İnce ve kolay kırılabilir olmalıdır.

- Ekmek kesildiğinde gözenekler ince, elips şeklinde, homojen ve ince duvarlı olmalıdır.
- Ekmek içi beyaz ve parlak renkte ve üniform olmalı
- Hamurumsu, fazla kuru, sert veya yapışkan olmamalıdır

Araştırma Bulguları

Mikrodalga'nın etki süresi yeterli olmadığı için dört dakika denemeleri sonucunda ekmeğin iç kısmı gerekli niteliklere ulaşmamış genel olarak hamurumsu olmuştur. Hamurun dış yüzeyinin incelenmesi ile dört dakikalık sürenin düşük sıcaklıklarda kabuk oluşumuna izin vermediği yüksek sıcaklıklarda ise bölgesel farklılıklar gösteren kimi zaman yanan ve homojen olmayan bir kabuk yapısının oluştuğu tespit edilmiştir.

Dört dakika deneylerinde olduğu gibi mikrodalga'nın etki ettiği süre yeterli olmadığı için beş dakika deneylerinde de pişen ürünün iç yapısı istenilen değerlere ulaşmamış ve hamurumsu kalmıştır. Dış yapıya bakıldığında dört dakika denemelerinden daha iyi olduğu ancak yine de geleneksel yöntemle pişen ekmekle karşılaştırıldığında kabuk renginin istenilen homojen şekilde kahverengi olmadığı fakat kabuk yapısının genel olarak düzgün olduğu görülmüştür.

Beş dakika ve dört dakika deneylerinden farklı olarak altı dakika deneylerinde ekmeğin iç kısmı mikrodalga'nın etki süresinin yeterli olması nedeniyle uygun şekilde pişmiş gözenekler ince, elips şeklinde, homojen olduğu gözlenmiştir. Ekmeğin dış yapısı ise 250 °C ideale yakın ve 260 °C de ideal şekilde olduğu tespit edilmiştir. "Resim 1" de T= 260 °C ve t =6 dakika deneyi sonucunda elde edilen ekmek görülmektedir.



Resim 1. T = 260 °C ve t = 6 dakika şartlarında pişmiş ekme

Bu deneylerde hamurun içyapısının mikrodalga etki süresinin yeterli olmasından dolayı 7 dakika 280 °C haricindeki deneylerde uygun homojen ve ince yapılı olduğu görülmüştür. Dış kısmının incelendiğinde istenilen kabuk renginin, düzgün kızarmanın genel olarak elde edilemediği tespit edilmiştir.

Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada konveksiyonel yöntem ve mikrodalga-konveksiyonel yöntemin kombine halde uygulanması durumunda fırının ekmeğin pişme durumu incelenmiştir. Kombine sistemin uygulanması avantajlara sahiptir. Daha düşük sıcaklıklarda ve daha kısa sürede ekmeğin pişirilmesi mümkün olmuştur.

Geleneksel sistem incelendiğinde baca kayıplarının yüksek olduğu görülmüştür. Bu kayıpların önüne geçebilmek için baca çıkışına bir ısı değiştirici yerleştirilerek kayıp enerjinin bir miktarı yakma havasını ısıtılması için kullanılıp geri kazanılabilir.

Kombine sistem kullanılarak yapılan deneyler incelendiğinde sıcaklık yükseldikçe dış kabuk renginin koyulaştığı, belirli bir düzeye kadar zaman arttıkça ekmeğin iç kısmının daha iyi piştiği gözlenmiştir.

Sürenin dört dakika olduğu sıcaklığın değiştiği uygulamalarda genel olarak ekmeğin iç kısmının pişmesi için yeterli bir süre olmadığı dış kısmı içinse düşük sıcaklıklarda kızarmadığı yüksek sıcaklıklarda ise çok koyulaştığı görülmüştür. Bu uygulamada dört dakika 270 °C sıcaklık şartları en uygun kriter olarak bulunmuştur.

Sürenin beş dakika olduğu sıcaklığın değiştiği uygulamalarda genel olarak ekmeğin iç kısmının pişmediği ve gözenek yapısının uygun şartlara ulaşmadığı tespit edilmiştir. Ekmeğin dış kısmı düşük sıcaklıklarda açık sarı sıcaklık arttıkça önce kahverengi ardından koyu kahverengi olmuştur. Bu uygulamada beş dakika 270 °C sıcaklık şartları en uygun kriterler olarak bulunmuştur.

Sürenin altı dakika olduğu sıcaklığın ise değiştiği uygulamalarda genel olarak ekmeğin iç kısmının piştiği ve gözenek yapısının uygun şekilde olduğu gözlenmiştir. Ekmeğin dış kısmı düşük sıcaklıklarda açık kahverengi yüksek sıcaklıklarda ise yanacak kadar koyu bir hal aldığı görülmüştür. Bu uygulamada altı dakika 260 °C sıcaklık şartları en uygun kriterler olarak bulunmuştur.

Sürenin yedi dakika olduğu sıcaklığın ise değiştiği uygulamalarda genel olarak ekmeğin iç kısmının piştiği ve gözenek yapısının normal şekilde geliştiği tespit edilmiştir. Ekmeğin dış kısmı fazla koyulaştığı yer yer yandıği gözlenmiştir. Bu uygulamada yedi dakika 250 °C sıcaklık şartları en uygun kriterler olarak bulunmuştur.

Bütün deney verileri bir arada değerlendirildiğinde altı dakika boyunca 260 derece sıcaklıkta, mikrodalga ve konveksiyonel sistemlerinin kombine olarak kullanıldığı fırında ekmeğin pişmesi için yeterli şartlar olduğu ve geleneksel pişirme

yöntemlerine göre hem zaman hem enerji hem de işletme maliyeti açısından daha avantajlı olduğu bulunmuştur.

Yapılan hesaplamalar sonucunda ilk yatırım maliyeti açısından elektrik ile çalışan sistemin en düşük yatırım maliyeti gerektirdiği tespit edilmiş, ikinci olarak dizel yakıt ile çalışacak sistemin uygun olduğu son olarak ta doğalgaz ile çalışacak sistemin en yüksek yatırım maliyeti gerektirdiği tespit edilmiştir. Hesaplamaların sonuçlar işletme maliyetleri açısından incelendiğinde doğalgaz ile çalıştırılan sistemin en uygun maliyetli sistem olduğu, ikinci olarak elektrik ile çalıştırılan sistemin ekonomik olduğu görülmüştür.

Kaynaklar

- B. M. SHAUGHNESSY VE M. NEWBOROUGH, 2000. Energy performance of a low-emissivity electrically heated oven Applied Thermal Engineering Volume 20, Issue 9, Pages 813-830 ,
- G. SUMNU VE ARK., 2003. Bread baking in halogen lamp–microwave combination oven Food Research International, Volume 37, Issue 5, June 2004, Pages 489 495
- G. SUMNU VE ARK., 2003. Microwave, infrared and infrared-microwave combination baking of cakes, Journal of Food Engineering, 71 (2005) 150–155.
- J. ZHANG, A.K. DATTA, 2006. Mathematical modeling of bread baking process, Journal of Food Engineering, 75 (2006) 78–89.
- N. THERDTHAI VE ARK., 2002. Optimization of the temperature profile in bread baking, Journal of Food Engineering 55 (2002) 41–48.
- S.S.R. GEEDIPALLI VE ARK., 2007. Modeling the heating uniformity contributed by a rotating turntable in microwave ovens, Journal of Food Engineering 82 (2007) 359 368.