



PLC ile Ağırlık ve Sıcaklık Kontrollü Fırın Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi

Weight and Temperature Controlled Oven Design and Implementation with PLC

Adem Gölcük^{1*}, Abdulazim Hansu²

¹ Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Konya, TÜRKİYE

² Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Konya, TÜRKİYE

Sorumlu Yazar / Corresponding Author *: adem.golcuk@selcuk.edu.tr

Geliş Tarihi / Received: 19.12.2020

Araştırma Makalesi/Research Article

Kabul Tarihi / Accepted: 26.01.2021

DOI:10.21205/deufmd.2021236901

Atıf şekli/How to cite: GÖLCÜK A., HANSU A.(2021). PLC ile Ağırlık ve Sıcaklık Kontrollü Fırın Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi, DEUFMD, 23(69), 713-723.

Özet

Gün geçtikçe enerjinin daha verimli kullanılması amacıyla yüksek enerji verimliliğine sahip ve kullanım kolaylığı sağlayan fırınlar üzerindeki çalışmalar artmaktadır. Günümüzde, elektrikli fırınlarda kontrol yöntemleri geliştirilmekte ve kontrolü sağlamak için kullanılan veriler artmaktadır. Bu çalışmada; elektrikli fırınlarda enerji tüketimi, pişirme süresi, pişirme programları ve pişirme kalitesi gibi özellikleri etkileyen unsurların belirlenmesi amacıyla çeşitli makaleler ve patentler incelenmiştir. Bu konuya mühendislik bakış açısı ile yaklaşarak ve pişirilecek olan ürünün ağırlığını dikkate alarak sıcaklık kontrolü yapılabilen ve pişirme süresi ayarlanabilen PLC kontrollü, dokunmatik ekranlı elektrikli fırın tasarlanmıştır. Kullanıcı sıcaklık kontrolünü, pişirme süresini ve pişirme programını dokunmatik ekran ile ayarlayabilmektedir. Kullanıcı dokunmatik ekran üzerinden pişirme sürecini grafiksel olarak takip edebilmekte ve aynı grafikteki verileri de kayıt altına alabilmektedir. Bu çalışmada, ekmek hamurunun pişirme sürecindeki ağırlığının sıcaklığa göre değişimi incelenmiştir. Aynı ekmek hamurunun farklı gramajları benzer sıcaklıklarda pişirilmiş, pişirme süreleri ve ağırlık değişimleri arasındaki farklar karşılaştırılmıştır. Pişirilen hamurun ağırlığı arttıkça, pişirdikten sonraki gramaj kaybının da arttığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: PLC, Akıllı Fırın, Pişirme Programı, Pişirme Süresi, Ağırlık Kaybı

Abstract

Day by day, studies on electric ovens with high energy efficiency and ease of use are increasing in order to use energy more efficiently. Nowadays, control methods are being developed in electric ovens and the data used to control them are increasing. In this study; Various articles and patents have been examined in order to determine the factors affecting properties such as energy consumption, cooking time, cooking programs and cooking quality in electric ovens. Approaching this subject with an engineering perspective and taking into account the weight of the product to be cooked, a PLC controlled, touch screen electric oven has been designed, which can be temperature controlled and the cooking time can be adjusted. The user can adjust the temperature control, cooking time and cooking program with the touch screen. The user can follow the cooking process graphically on the touch screen and record the data in the same graphic. In this study, the change in

the weight of bread dough in the baking process according to the temperature was examined. Different weights of the same bread dough were baked at similar temperatures, and the differences between baking times and weight changes were compared. It was observed that as the weight of the cooked dough increased, the weight loss after cooking also increased.

Keywords: PLC, Intelligent Oven, Cooking Program, Cooking Time, Weight Loss

1. Giriş

Fırınlarda pişirme işlemi yıllardır yapılmakta ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak yeni nesil fırınlar üretilmektedir. Günümüzde kullanılan cihazların birçoğu program ara yüzleri sayesinde kullanıcıya göre şekil almakta, kullanıcı basit bir şekilde özgün kullanım yapabilmektedir. Örneğin; kullanıcı sıcaklık düğmesini çevirmek yerine dokunmatik ekran aracılığıyla sıcaklığı, süreyi, gıda çeşidini, pişirme programını ayarlayabilmektedir. Haberleşme teknolojilerinin gelişimiyle birlikte birçok cihazda uzaktan haberleşme de sağlanabilmektedir[1].

Akıllı fırın tasarımı ve PLC ile gerçekleştirilmesi konusunda teknolojik gelişmeler araştırılmış, yapılan çalışmalar incelenmiş olup genelde pişirme programlamasında gıda türüne göre programlamaya gidildiği sonucuna varılmıştır. Pişirme işlemine başlanılacağına gıda türü olarak balık, et, tavuk, pizza gibi otomatik sınıflandırmalar yapıldığı görülmüştür. Kullanıcı otomatik pişirme yapabileceği gibi pişirme işlemi program seçimi yapmadan basit bir şekilde sıcaklık ve süreyi seçerek de yapabilmektedir. Bazı fırınlarda, derin dondurucudan çıkarılan donmuş gıdalar için donmuş halden pişirmeye hazır hale gelene kadar ön ısıtma programları yer aldığı görülmüştür. Fırınlarla ilgili araştırmalarda, gıdanın ağırlığı dikkate alınarak yapılmış fazla bir çalışmaya rastlanılmamıştır[1].

Programlamanın yanı sıra gıda ağırlığının pişirme sürecine etkisinin de göz önüne alındığı kullanıcının kolayca kendine uyarlayabildiği bir fırın tasarımı ve araştırması ihtiyacı doğmuştur. Bu sebeple yapılan çalışmada dokunmatik ekran kullanılarak ağırlık faktörlü program seçimi oluşturulabilecek bir tasarım yapılmıştır[1].

Gerçekleştirilen tasarımda, güncel teknoloji kullanılarak üretilen fırınlarda bulunan özelliklere ilave olarak ağırlık kontrollü program oluşturulabilen, özgün bir şekilde adlandırılabilen ve süre-sıcaklık eğrisi izlenip istenildiğinde pişirme verileri kaydedilen bir sistem tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bu

konuda PLC'nin avantajları da kullanılarak programlama işlemi yapılmış ve ağırlığa göre pişirme sürecini gözlemleme amaçlı örnek uygulama yapılmıştır. Çalışmada, basit ev tipi fırın kullanılarak tasarlanan sisteme uygun olması amacıyla fırının sadece rezistans ve gövde kısmı kullanılıp diğer kısımları devre dışı bırakılmıştır. Tasarlanan sistemde, fırında pişirme işlemi kontrol ve kumanda etmek için PLC modülü, sıcaklık modülü ve güç kaynağı kullanılmıştır[1].

Ekmek yapımında, pişirme sırasında ısı ve su taşınımı üzerine bir çalışma yapılmıştır. Ekmek somunları fırında 225 °C'de, 35 dakika süreyle pişirilmiştir. Buğday unu ile pişirilen ekmeğin pişirme sırasındaki sıcaklığı ölçülmüştür. Sonuçlar, yapısal bir değişikliğin gerçekleştiği 70 ± 5 °C'ye kadar merkezdeki su içeriğinin çok az değiştiğini göstermiştir. Bu sonuçlara göre bu sıcaklığa ulaştıktan sonra somun merkezindeki su içeriği, ılık bölgelerden buhar taşınımı nedeniyle arttığı gözlemlenmiştir. Somun içindeki suyun geometrik merkeze değil de en soğuk bölgeye doğru hareket ettiği gözlemlenmiştir[2]. Ekmek hamurunun pişirilmesi esnasında kabuk ve iç arasında gerçekleşen yaklaşık 100°C'deki buharlaşmanın etkisiyle sıcaklık ve nem içeriğindeki değişimlerin tanımlandığı fenomenolojik bir model geliştirilmiştir. Buharlaşma sayesinde ürün içerisinde iç ve kabuk olmak üzere iki farklı bölge oluştuğunu tespit edilmiştir. Kabuktaki nem miktarının çok düşük olduğu ve kabuktaki sıcaklığın fırın sıcaklığına çok yakın olduğu tespit edilmiştir. İç bölgede ise nem miktarı sabit olup sıcaklığın da yaklaşık 100°C olduğu gözlemlenmiştir[3]. Kontrol uygulamalarında tercih edilen kontrolör olan PID (Proportional İntegral Derivative) kullanılarak sıcaklığın denetimi incelenmiştir. Sıcaklık denetimi konusunda PID yöntemi kullanılması ve PID parametreleri üzerine birçok uygulama gerçekleştirilmiştir[4]. Ev tipi elektrikli fırınlarda pişirme performansını artırmak için hava dağıtım kanalı tasarlanmıştır. Fırın performansının belirlenmesinde enerji tüketimi ve pişirme kalitesinin önemine binaen

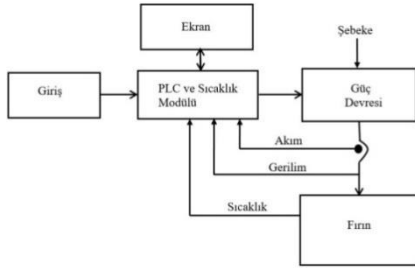
literatür araştırmaları yapılmıştır. Hava dağıtım kanalının pişirme performansındaki önemini fark etmiş ve hava dağıtım kanalı tasarlama aşamalarıyla ilgili de araştırmalarda bulunmuştur. Yapılan araştırmalar sonucu fırın içi sıcaklık dağılımını da dikkate alarak deneyler yapılmıştır. Kullanılan programlar sayesinde elde edilen sayısal verilerle nihai hava dağıtım kanalı tasarımı oluşturulmuştur. Bu tasarımdan faydalanılarak bir prototip hazırlanmış ve bu prototiple fırın içi sıcaklık ölçümü de yapılarak sayısal veriler elde edilmiştir. Elde edilen bu sayısal veriler kullanılarak pişirme deneyleri yapılmıştır. Pişirme süresi, sıcaklık dağılımı ve pişme kalitesi karşılaştırılmıştır. Deney sonuçları ile sayısal çözümler sonucu karşılaştırıldığında, toplam debide %15,1 fark bulunduğu görölmüştür[5]. PLC kullanarak oluşturulan otomatik ekme üretim hattı, yoğurma kısmından pişirme kısmına kadar olan süreci kapsamaktadır. Bu süreç üç aşamada değerlendirilmiştir. Bu aşamalar hamur yoğurma, hamur şekil alma ve son olarak da pişirme aşamasıdır. Bu aşamaları yaklaşık 100 adet giriş, çıkış sayısına sahip üç adet PLC üzerinden kontrol etmişlerdir. Haberleşme için RS232 protokolü kullanılmıştır. Bu sayede ekme üretim hattındaki birçok karmaşıklık PLC sayesinde basit bir şekilde çözülmüştür. Üretim hatlarında meydana gelen arızalar azalmıştır. alışan işçi sayısı azalmış, yakıt tüketimi düşmüş, ekme maliyeti düşmüş, kalite artmış ve hijyen sağlanmıştır [6]. Prototip olarak bir seramik fırın tasarlanmışlardır. Sıcaklık kontrolünü karşılaştırmak için değişken modlu bir kontrolör uygulaması kullanılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar ve deneyler sonrasında PID kontrolünün daha verimli olduğu düşünülmektedir[7]. Ekme hamuru tasarımı için farklı avdar unları kullanılmış ve 8 farklı hamur elde edilmiştir. Elde edilen bu hamurlar Farinograf, Ekstensograf ve Amylograf cihazlarını kullanarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen ekmeğin kalitesinde kullanılan avdar oranının değişiklik oluşturduğu sonucuna varılmıştır. avdar oranı aynı zamanda ekmeğin hacmini de etkilemiştir. Yapılan deneyler sonucu avdar unu oranının; ekme içi rengini, kabuk rengini, dokusunu, elastikiyetini ve tadını etkilediği sonucuna varılmıştır [8]. PID denetleyicilerin yapısı, tasarımı ve uygulaması araştırılmış ve çift cidarlı (ceketli) reaktör tank ısıtma sistemi tasarlanmıştır. Yapılan bu tasarımda PID yöntemiyle PLC kullanılarak

kontrol ve kumanda işlemi sağlanmıştır. Bu tasarım gerçekleştirilirken kontrol sistemleri ve çeşitli denetleyiciler araştırılmıştır[9]. Demirelik ve gıda üretimi sahalarında endüstriyel fırınların kullanılmasından faydalanılarak geniş bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Elektrikli fırınların sıklıkla tercih edilmesinin nedeni birçok avantaja sahip olmasıdır. Bu avantajlar; çevreci, güvenli, ucuz olması ve depo edilmesine gerek olmamasıdır. Bu avantajlarla birlikte elektrikli fırınlarda sıcaklık kontrolünün de daha kolay olduğu sonucuna varılmıştır. Bu araştırmalar değerlendirilerek PLC sayesinde kontrol sağlanan bir SCADA sistemi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu sistem fırının sıcaklığını kontrol etmek için kullanılmıştır. Fırının sıcaklığını uzaktan kontrol ve kumanda etmek amacıyla operatör paneli kullanılmıştır. Sıcaklık, sensörler yardımıyla anlık ölçülerek istenen değerle karşılaştırılmış ve en kısa sürede istenen sıcaklığı sağlamak için fırın gerilimi analog olarak kontrol edilmiştir[10]. Günümüz teknoloji ve biliminin çok hızlı bir şekilde gelişmesi sonucu ihtiyaçların da aynı oranda artmasından dolayı hızlı, kaliteli ve güvenli üretim sistemlerinin önemine dikkat çekilmiştir. Bu konuda, PLC ve SCADA sistemleri sayesinde kolay, kaliteli ve hızlı bir şekilde üretim sağlandığı yapılan araştırmalar sonucu elde edilmiştir. Prototip bir endüstriyel sistem üzerinde PLC kontrollü bir SCADA sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem uzaktan kumanda edilerek basınç, ağırlık, seviye, sıcaklık ve debi gibi değişkenler kontrol edilmiştir[11]. Mevcut fırınlarda kontrol ısıtıcı elemanın sıcaklığına veya fırının içerisindeki havanın sıcaklığına göre yapılmaktadır. Pişme sırasında, ışınım ile ısı transferinin önemli olduğu tespit edilmiştir. ışınım ile ısı transferi, kondüksiyon durumunda konveksiyona göre daha etkili olmaktadır. Konveksiyon ile pişirme yapılması durumunda toplam ısı akısının pişirilen ekmeğin farklı yüzeylerine homojen olarak dağıtılmadığı gözlemlenmiştir. Gerçekte, alt ve üst ısı akısı arasında %50 fark oluşması fırınlarda pişirme kalitesi açısından olumlu değerlidir. Kontrol stratejisi olarak sıcaklık ölçümlerine dayanan geleneksel kontrol stratejilerinin yerine ısı akısına dayanan yaklaşım kullanılmalıdır[12, 13].

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada evlerde kullanılan fırının kontrolü için PLC'li bir sistem tasarlanmıştır. Pişirme programı ve pişme süresi gibi ayarları kullanıcı dokunmatik panel üzerinden yapmaktadır. Sensörlerden gelen tüm veriler PLC'de işlenmekte ve dokunmatik ekran üzerinden bu veriler takip edilmektedir. Sensörlerden gelen bilgiler ile kullanıcının ayarladığı değerler, PLC'ye yüklenen program ile kontrol edilmektedir. Kontrol için gerekli bilgiler çıkış birimi olan rezistans kontrolüne aktarılmıştır[1].

Bu çalışmada gerçekleştirilen akıllı fırın ve tasarımıyla ilgili blok diyagram Şekil 1'de yer verilmiştir. Blok diyagramda; akıllı fırın tasarımında kullanılan PLC modülü, sıcaklık modülü, güç kaynağı ve diğer bileşenler gösterilmiştir.



Şekil 1. Tasarlanan sistemin blok diyagramı[1]

Bu blok şemada da görüldüğü üzere akıllı fırının kontrolü PLC ile gerçekleştirilmektedir. Dokunmatik ekran üzerinden kullanıcı fırının kontrolünü sağlamaktadır. Fırının içerisindeki sıcaklığı ölçmek için kullandığımız PT 1000 sıcaklık sensörü kullanılmıştır. PT 1000 sıcaklık sensörünün ürettiği değerler DTC 1000 sıcaklık modülüne iletilir. Sıcaklık modülünden gelen bu değerler PLC tarafından okunup değerlendirilir. Akım ve gerilim değerleri ise PLC modülü ile anlık kontrol edilerek geri dönüşleri alınır.

2.1. Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (PLC)

“Programmable Logic Controller” kelimelerinin baş harflerinin birleşiminden PLC kısaltması oluşturulmuştur. PLC'ler, EEPROM programlayıcılar ve PIC işlemciler kullanılarak oluşturulmaktadır. PLC sistemlerinde, gelişmiş otomatik kumanda aygıtları kullanılır. Bu aygıtların kontrolü PLC tarafından her bir aygıtta bir adres tanımlanarak sağlanır. PLC'ye bu aygıtlardan herhangi biriyle ilgili komut

verildiğinde verilen komuta göre kontrolü istenen lamba, kontaktör, motor veya röle gibi çıkışına bağlanan elemanları aktif hale getirmektedir. PLC'de yazılan programda süre kontrolü varsa veya herhangi bir hesap işlemi sonucunda elemanlarla ilgili veri kontrolü varsa PLC bu işlemleri matematiksel hesaplamalar yaparak gerçekleştirebilmektedir [14].

PLC, sistemi kontrol ettiği sahada oluşan fiziksel olayları, kontrol edilmek istenen durumları ve hareketleri çeşitli ölçüm cihazları veya sensörler ile belirlemektedir. Sensörler üzerinden modüller aracılığıyla gelen bilgileri, belleğindeki programa göre değerlendirmeye tabi tutar. Mantıksal işlemler yaparak ve verileri değerlendirip ortaya çıkan sonuçları kumanda ettiği elemanlara çıkış sinyali olarak yansıtır. Sahadan gelen veriler, meydana gelen olayların elektriksel sinyallere dönüşmüş halidir. Bu veriler analog ya da dijital olabilir. Gelen veri analog ise gelen değer sistemde kodlanan değerleri için sorgulama yapılabilir. Dijital bir veri geldiğinde ise sinyalin özelliğine göre sorgulama yapılabilir. Bu değerlendirme olayları giriş kartları ile müdahale olayları da çıkış kartları ile yapılmaktadır [15].

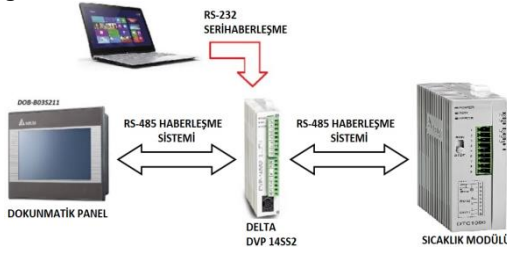
PLC kullanılarak gerçekleştirilen sistemlerde meydana gelen hatalar program kontrol edilerek ivedi bir şekilde düzeltilebilir. Üretim tesisleri için hazırlanmış olan PLC'ler, sayısal kodlamalarına göre kontrol işlemini yaparlar. Bellek birimlerini kullanarak program üzerinde gerçekleştirilen düzeltmeleri ve eklemeleri, PLC hızına göre anlık işleyip sisteme aktarırlar. Bellek özelliğini kullanarak yapılan bu işlem PLC'nin üretim sistemlerinde tercih edilmesindeki temel sebeplerden biridir [16].

Gerçekleştirilen sistemde kullanılan PLC, DELTA-DVP14SS211R / 8DI-6DO AC/DC Röle SS Serisi'dir. Kullanılan delta PLC; 8 dijital giriş, 6 dijital çıkış ve 24 V DC beslemeye sahip röle çıkışlıdır. Şekil 3.7'de kullanılan PLC'nin; girişleri, çıkışları ve genel şekli görülmektedir.



Şekil 2. Tasarlanan sistemde kullanılan röle çıkışlı PLC[17]

PLC'nin bilgisayar ve dokunmatik ekranla olan bağlantıları RS-232 ve RS-485 portları kullanılarak sağlanmıştır. Bu bağlantılarla alakalı örnek bir diyagram Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. PLC'nin bilgisayar ve dokunmatik ekranla haberleşme bağlantıları[1]

PLC, ISPSOFT V3.02 programı kullanılarak programlanmıştır. Programlama aşamasında merdiven diyagramı olan Ladder ve fonksiyon blok diyagramı olan FBD kullanılmıştır. Programlama aşamasında, modüller ve dokunmatik ekran da göz önüne alınmıştır. Bu sayede ekrandan kontrolü de kolaylaştıracak şekilde gruplandırılmalar yapılarak programlar yazılmıştır. Örneğin; pişirilecek gıda manuel olarak pişirmek isteniyorsa bunun için manuel olarak adlandırılan alt program kullanılmaktadır. Detaylı bir şekilde hazırlanan alt programlar sayesinde manuel veya otomatik pişirme seçenekleri ekrandan seçilerek kullanıcı ekrana gitmektedir.

Fırındaki ürünün pişirilmesini programlayabilmek için altı adet blok şeklinde grup program hazırlanmıştır. Bu blok şekiller amacına yönelik olarak adlandırılmıştır. Bu blok programlar;

- Main (temel) program
- Manuel program
- Otomatik program
- Reçete programı

- Alarm programı
 - Grafik programı
- şeklinde adlandırılmıştır. Bu programlardan; Main (temel) program, genel işleyişle alakalı ana programı oluşturmaktadır. Manuel olan program; pişirilecek olan gıdanın sıcaklık, süre gibi değerlerini manuel olarak kontrol etmektedir. Otomatik olan programda, kullanıcı sistemde kayıtlı olan herhangi bir programı seçebilmektedir. Reçete programı kullanılarak kaydedilen programlar ile kullanıcı; kayıtlı olan programı seçtiğinde, bellekteki kayıtlı bilgilere göre pişirme işlemi gerçekleşmekte veya kullanıcı önceden test ettiği süre, sıcaklık ve ağırlık bilgilerini girerek bir program oluşturabilmekte ve bunu otomatik olarak çalıştırabilmektedir.

2.2. Sıcaklık Kontrol Modülü

Tasarlanan sistemde kullanılan sıcaklık kontrol modülü, PLC ve PT1000 sıcaklık modülleriyle bağlantılıdır. Sıcaklık kontrol modülü; fırının iç kısmındaki sıcaklığı homojen olarak ölçmeyi sağlayan PT1000 sıcaklık sensörünün ürettiği değeri okur ve PLC'ye iletir. PLC'nin okumuş olduğu bu sıcaklık değeri dokunmatik ekranda santigrat derece (°C) olarak gösterilir. Tasarlanan sistemde kullanılan sıcaklık kontrol modülü; Delta-DTC1000R, Röle + Röle çıkışlıdır. Sistemde kullanılan sıcaklık kontrol modülünün örneği Şekil 4'de görülmektedir.



Şekil 4. Sıcaklık kontrol modülü[18]

Sıcaklık kontrol modülü, PT1000 sıcaklık sensörü tarafından kendisine gelen direnç değerini dijital sinyale dönüştürerek çalışır. Dönüştürme işleminden sonra PLC'ye anlık olarak sıcaklık değerini iletir kullanıcıya anlık olarak takip etmesine imkân sağlar.

2.3. Sıcaklık Sensörü

Tasarlanan sistemde kullanılan sıcaklık sensörü PT1000'dir. Bu sensörün öz direnci ısı değerine göre değişkenlik gösteren elektronik devre elemanıdır. Sıcaklık ölçümünü yapabilmek için üretilmiş olan, ortam sıcaklığı değiştiğinde değeri değişen bir tür dirençtir. Sıcaklık değerine bağlı olarak PT1000'in ürettiği direnç, Callendar-Van Dusen denklemi ile hesaplanabilmektedir. Sıcaklık-direnç değişimleri arasında aşağıdaki formülle belirtilen bir ilişki vardır[19, 20]

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2) \quad (1)$$

$R_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}'\text{deki direnç } (0^\circ\text{C}'\text{de } \pm 0.1 \text{ ohm toleransla } 1000 \text{ ohm})$

$R_t = \text{Herhangi bir T sıcaklığındaki direnç}$
 $t = \text{Sıcaklık } (^\circ\text{C})$

$A = 0.390784 \times 10^{-2} \text{ C-1 (sabit)}$

$B = 0.578408 \times 10^{-6} \text{ C-2 (sabit)}$.

Bu formüle göre sıcaklıktaki her $1 \text{ }^\circ\text{C}$ artış, direnç değerinde ortalama $3.84 \text{ ohm}'\text{luk}$ bir artış demektir. PT1000, tür olarak bir termodirençtir. Termodirençler RTD (Rezistans Termo Direnç) olarak adlandırılırlar. Termodirençlerin kullanıldıkları sıcaklık ölçüm aralığı 80 ile $600 \text{ }^\circ\text{C}'\text{dir}$. Termodirençler ısındıkça çıkış sinyalindeki direnç değeri parabolik olarak artar. Endüstriyel alanda ve sanayide farklı tiplerde RTD'ler üretilir.

Kullanılan sıcaklık sensörü fırının orta noktasına yerleştirilerek daha hassas bir sıcaklık ölçümü yapılması amaçlanmıştır. Bu sayede fırın içi sıcaklığı ortalama bir değer olarak elde edilmiştir. PT1000 sıcaklık sensörünün ürettiği direnç değeri PLC'ye aktarılırken PLC ile uyumlu olarak seçilen sıcaklık kontrol modülünde işlenmektedir. Sistemdeki sıcaklık ölçümü anlık olarak PLC'ye iletilmektedir. Fırın içi oluşturulmak istenilen sıcaklık değeri, dokunmatik ekran üzerinden veya program üzerinden girilerek sağlanmaktadır.

2.4. Dokunmatik Ekran

Tasarlanan sistemde kullanılan dokunmatik ekran; Delta DOPB03S211, TFT (Thin Film Transistör), 4.3 inç, 65536 renk (480×272 pixels) operatör paneldir. Kullanılan bu dokunmatik ekran, sistemdeki PLC ile uyumlu ve bağlantılıdır. Bu sayede dokunmatik ekran üzerinden sistem kontrol edilebilmektedir.

Kontrol işlemi esnasında yapılan pişirme işlemini grafiksel olarak anlık izleme imkânı ve kayıt altına alma imkânı da sunmaktadır. Dokunmatik ekranın teknik özellikleri[21]:

- ARM 32-bit RISC işlemci
- Tüm delta ürünleriyle haberleşebilmesinin yanı sıra tanınmış birçok kontrol cihazıyla da haberleşebilme
- USB, COM1(RS232), COM2&COM3 (RS-485/RS-422/RS-232)
- USB&RS-232 güncelleme ve indirme
- 65536 renk TFT LCD
- LED arka ışık
- Programlamada 8 ayrı dil seçeneği
- Üç ayrı porttan aynı anda farklı kontrol cihazlarıyla haberleşebilme
- Reçete güncelleme ve indirme
- Online/Offline simülasyon
- Ekran koruyucu tanımlayabilme
- Takvim ve gerçek zaman saati
- Yardımcı fonksiyon tuşları
- Kullanıcı dostu ekran yazılımı

şeklinde sıralanabilir. Dokunmatik ekranı programlamak için Delta IA HMI DOPSOFT adlı program kullanılmıştır. Dokunmatik ekran programlanırken kullanıcının kolay bir şekilde müdahale edebilmesi hedeflenerek programlama yapılmıştır. Bu amaca binaen kontrol ekranları oluşturulmuştur. Program çalıştırılıp ana sayfa açıldığında, Şekil 5'deki ekran gelmektedir.



Şekil 5. DOPSOFT ana ekran[1]

Ana ekranda; izleme, manuel kontrol, sistem ayarları, program seçimi, analiz ve alarm olmak üzere seçenekler mevcuttur. Yapılacak işleme göre bu seçeneklerden herhangi biri seçilebilir. İzleme işlevi seçildiğinde 1. Pişirme İşlemi Başlat, 2. Ön Hazırlama Başlat, 3. El İşareti, 4. Ana Sayfa ve 5. Program Seçimi komutlarından herhangi biri seçilebilir. Bu ekranda aynı zamanda fırının o andaki sıcaklık değeri, istenen

sıcaklık değeri ve istenen sıcaklık değerine kalan fark derece cinsinden sayısal değer olarak görülebilir.

İzleme butonu altındaki “Ön Hazırlama Başlat” komutu seçildiğinde, fırın pişirilecek olan gıdayı ön hazırlık sıcaklığına getirir ve o sıcaklıkta bırakır. Bu sayede gıda, pişirilmesi istenen sıcaklığa hazır bir hale getirilerek fırında pişirilebilir. Gıda pişene kadar geçen süre, kullanıcıya göre şekillendirilebilir. Bu komut, genelde donmuş gıdalar için tercih edilmekte olup gıdanın çözülmesini sağlar ve pişme işlemine hazır hale getirir.

“Pişirme İşlemi Başlat” komutu seçildiğinde, sisteme kaç derece sıcaklıkta ve ne kadar süre pişirme işlemi yapılacağı bilgileri girilerek pişirme işlevi gerçekleştirilir. Pişirme esnasındaki sistem verileri dokunmatik ekrandan izlenebilir.

Ekrandaki “El İşareti” seçildiğinde, dokunmatik kalibrasyon işlemi gerçekleştirilir. Bu sayede dokunmatik hassasiyet güncellenmiş olur.

“Program Seçim” komutu kullanılarak sistemde kayıtlı olan programlardan herhangi bir pişirme programı seçilir ve pişirme işlevi gerçekleştirilebilir.

“Ana Sayfa” komutu, açılış ekranına dönüşü sağlar.



Şekil 6. DOPSOFT ayarlar ekranı[1]

Şekil 6’da görüleceği üzere, ayarlar ekranı seçildiğinde sistemin genel ayarlamaları yapılabilir. Pişme işlemi gerçekleştirildikten sonra rezistans kontrolü sayesinde pişme işleminden sonra durma zamanı seçilerek rezistans kontrolü üzerinden süre kontrolü yapılabilir. Uykuya geçme zamanı seçilerek kaç dakika boyunca işlem yapılmadığında ekranın uyku moduna geçeceği seçilebilir. Fırın içi ısıtıcılar bu ekrandan açık veya kapalı olarak ayarlanabilir. Bu sayede olası bir program hatası durumunda

manuel kontrol sağlanabilir. Saat simgesinden zaman ve tarih ayarları yapılabilir.



Şekil 7. DOPSOFT program seçimi ekranı[1]

Şekil 7’deki ekran, ana ekrandan “Program Seçimi” komutuna gidildiğinde açılmaktadır. Bu ekrandan pişirilecek gıda türüne göre görsel şekillerden de faydalanılarak seçim yapılabilir. Programda kayıtlı pişirme işlemlerinden herhangi biri gerçekleştirilebilir. Ekrandaki programlar kullanılarak pişirme işlemi gerçekleştirmenin yanı sıra iki adet ilave program seçeneği ve dört adet ağırlığa göre ekmek pişirme programı bulunmaktadır. Görsel olarak balık, tavuk, et, pizza, kek, pasta, kurabiye imgeleri ekrana yerleştirilmiştir.

Tasarlanan sistemde, otomatik ve manuel kontrol seçeneklerini geliştirmek için grafik özelliği eklenmiştir. Grafik özelliği kullanılarak pişirilen gıdanın ne kadar sürede, hangi sıcaklık değerlerinde piştiği anlaşılmaktadır. Bu grafik, fırının içindeki anlık sıcaklığı zaman ekseninde göstermekte ve pişirme işlemi esnasında sistemdeki bilgileri kullanıcıya sunmaktadır. Bu grafikteki veriler kayıt edilebilmektedir. Bu verilerden yola çıkarak daha kaliteli pişirme işlemi için fikir geliştirilebilir ve çalışmalar yapılabilir. Kullanıcı, yapacağı bu çalışmalar sonrasında kendisine uygun olan pişirme grafiğinden faydalanarak pişirme programlarını kendine özgü bir hale getirebilir.

Bu çalışmada pişirilecek gıdanın gramajı da pişirme işlemi etkilediği gözlemlenmiştir. Gıdanın hacmi ve şekli de pişme sürecinde farklılıklar oluşturmaktadır. Bu etkenler düşünülerek hazırlanan otomatik pişirme programlarında, pişirilecek gıdanın ağırlık bilgisinin de kaydedildiği program oluşturabilmesine olanak sunulmuştur.

3. Uygulama ve Bulgular

Yapılan uygulama çalışmasında, eşdeğer malzemeler kullanılarak hazırlanan üç farklı ağırlıkta ekmek hamuru kullanılmıştır. Buradaki amaç ağırlığın pişme sürecine etkisini

incelemek olmuştur. Şekil ve hacim açısından birbirine benzer olmak üzere hazırlanan üç hamurun ağırlıkları sırasıyla; 220 g, 440 g ve 660 g olarak seçilmiştir. Bu üçlü hamur seti pişirilerek elde edilen veriler kaydedilmiş ve değerlendirilmiştir. Sonrasında; 178 g, 340 g ve 479 g ağırlıktaki ekmek hamurları hazırlanarak pişirilmiştir. Pişme sürecine ait veriler incelenerek ağırlığın zamana göre değişimi incelenmiştir. Ekmek hamurlarının piştiğindeki ağırlık değişimleri, yüzde olarak hesaplanmış ve pişen hamurun yüzde olarak ne kadar ağırlık kaybına uğradığı tespit edilmiştir.

tablodan da anlaşılacağı üzere hamurun ağırlığı arttıkça pişme süresi de artmaktadır.

3.1. Pişme Sürecindeki Ağırlığın Zamana Göre Değişimi

Aynı özellikte 3 farklı ağırlıkta ekmek hamuru hazırlanmıştır. Bu ekmek hamurlarının ağırlıkları; 178 g, 340 g ve 479 g olarak seçilmiştir. Akıllı fırın, hazırlanan Loadcell sisteminin üzerine yerleştirilerek hamurun pişme esnasındaki ağırlık değişiminin ölçülmesi ve anlık olarak izlenmesi amaçlanmıştır. Hazırlanan ağırlık ölçümü sisteminde 3 adet

Tablo 1 Ağırlığın Pişirilme süresine olan etkisi[1]

220g			440g			660g		
Başlama Saati	Bitiş Saati	Süre	Başlama Saati	Bitiş Saati	Süre	Başlama Saati	Bitiş Saati	Süre
11.11	11.29	18dk	12.35	12.59	24dk	11.51	12.16	25dk

Yapılan araştırmalarda ve testlerde, ağırlığın yanı sıra hacmin ve şeklin de pişme sürecinde etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Hacmin ve şeklin çok az miktarda olsa da pişme sürecinde değişiklik oluşturabileceği düşünülerek farklı ağırlıklarda hazırlanan hamurların, şekil ve hacim olarak birbirine yakın olmasına önem verilmiştir.

220g, 440g ve 660g ağırlığındaki 3 farklı ekmek hamuru tasarlanan fırında pişirilerek pişme süreleri kayıt altına alınmıştır. Pişirme işlemi manuel olarak dokunmatik ekran üzerinden oda sıcaklığında başlatılmıştır. Fırın iç sıcaklığı 190°C olduğunda pişirme işlemi sonlandırarak şekilde pişirme işlemi programlanmıştır. Şekil 8'de 220 gram ekmek hamurunun pişmiş görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 8. 220 gram ekmek hamurunun pişmiş görüntüsü[1]

Tablo1'de 220g, 440g ve 660g ağırlığındaki hamurların pişme sürelerini göstermektedir. Bu

Loadcell kullanılarak ağırlığın belirlenmesi hedeflenmiştir. Loadcell sisteminin üzerine yerleştirilen fırınla yapılan pişirme işlemine ait fotoğraf Şekil 9'da görülmektedir. Bu sistem kullanılarak yapılan pişirme işleminde hem anlık sıcaklık değişimi hem de ağırlıktaki değişim ölçülmüştür.



Şekil 9. Loadcell ve akıllı fırın kullanılarak yapılan pişirme işlemi[1]

Şekil 10'da fırındaki pişen gıdanın anlık ağırlık takibini yapabilmek ve veri tabanına kaydedebilmek için hazırlanan C# yazılımının ekran görüntüsü yer almaktadır.

Şekil 10. Fırın ağırlık takibi için hazırlanan C# yazılımı[1]

178g, 340g ve 479g ekmek hamurları için yaptığımız pişirme işleminde elde edilen veriler Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4'de verilmektedir. Bu veriler C#'da hazırlanan yazılım tarafından Access veritabanına kaydedilen verilerdir.

Tablo 2. 178g hamurun pişirilme zamanına göre ağırlık değişimi[1]

Ağırlık 1 (Loadcel-1)	Ağırlık 2 (Loadcel-2)	Ağırlık 3 (Loadcel-3)	Toplam Ağırlık	Zaman (dk)	Sıcaklık (°C)
85	49	44	178	Başlangıç	23.7
85	47	43	175	1	24.9
87	45	40	172	2	31.7
87	44	38	169	3	44.0
88	43	35	166	4	60.6
90	42	32	164	5	79.2
90	42	30	162	6	99.7
89	41	30	160	7	119.1
90	40	27	157	8	136.2
91	39	25	155	9	152.3
94	39	20	153	10	167.3
94	38	16	148	11	181.1
95	38	13	146	12	190.8
94	37	11	142	13	198.7
95	37	8	140	14	204.1
90	34	12	136	15	207.3

Tablo 2'den anlaşılacağı üzere, 178 g ekmek hamuru saat 23.7 °C sıcaklıktan itibaren pişirmeye başlanmıştır. Pişirme işlemi 207.3 °C'ye kadar sürmüştür. Bu süreçteki ağırlık değişimi de program üzerinden izlenmiştir. Pişirme işlemi başladığında ağırlığı 178 g olarak ölçülmüş olan ekmek hamuru, piştikten sonra 136 g olarak ölçülmüştür. Pişme sürecinde 42g bir ağırlık kaybı oluşmuştur. Yüzde olarak hesaplandığında %23,6 oranında bir ağırlık kaybı oluşmuştur. Pişme işlemi 15 dk. sürmüştür. Tablo 3'den anlaşılacağı üzere, pişirme işlemine başlandığında sıcaklık 33.2 °C olarak ölçülmüştür. Pişirme işlemi 206.8 °C'ye kadar sürmüştür. Pişirme işlemi başladığında ağırlığı 340 g olarak ölçülmüş olan ekmek hamuru, piştikten sonra 294 g olarak ölçülmüştür. Pişme sürecinde 46 g bir ağırlık

kaybı oluşmuştur. Yüzde olarak hesap edildiğinde %13,53 oranında bir ağırlık kaybı oluşmuştur. Pişme işlemi 15 dk. sürmüştür.

Tablo 3. 340g hamurun pişirilme zamanına göre ağırlık değişimi[1]

Ağırlık 1 (Loadcel-1)	Ağırlık 2 (Loadcel-2)	Toplam Ağırlık	Zaman (dk)	Sıcaklık (°C)
110	230	340	Başlangıç	33.0
102	229	331	1	36.4
101	228	329	2	45.7
99	228	327	3	63.8
98	228	326	4	83.7
97	226	323	5	103.7
96	226	322	6	121.9
94	226	320	7	139.2
93	226	319	8	154.2
89	227	316	9	167.8
88	225	313	10	179.4
90	220	310	11	188.9
90	217	307	12	196.4
89	214	303	13	201.8
88	210	298	14	205.2
87	207	294	15	206.8

Tablo 4. 479g hamurun pişirilme zamanına göre ağırlık değişimi[1]

Ağırlık 1 (Loadcel-1)	Ağırlık 2 (Loadcel-2)	Ağırlık 3 (Loadcel-3)	Toplam Ağırlık	Zaman (dk)	Sıcaklık (°C)
49	156	274	479	Başlangıç	31.1
47	154	275	476	1	33
45	154	275	474	2	40.2
43	153	276	472	3	54.4
42	152	275	469	4	74.3
44	151	272	467	5	93.9
41	149	275	465	6	112.7
43	153	266	462	7	129
43	155	263	461	8	143.6
44	154	261	459	9	157.1
45	152	258	455	10	169.4
44	151	256	451	11	179
44	150	253	447	12	187
43	149	252	444	13	193.6
43	147	249	439	14	198.1
42	147	246	435	15	201.2
41	146	243	430	16	203.1
41	145	240	426	17	204.4
40	144	240	424	18	205.5

Pişirme işlemi başladığında ağırlığı 479 g olan ekme hamuru, piştikten sonra 424 g olarak ölçülmüştür. Pişme sürecinde 54 g ağırlık kaybı oluşmuştur. Yüzde olarak hesap edildiğinde %11,48 oranında bir ağırlık kaybı oluşmuştur. Pişme işlemi 18dk sürmüştür.

4. Tartışma ve Sonuç

Tasarlanan sistemde yapılan pişirme işlemlerinden elde edilen verilere göre şu sonuçlar bulunmuştur. Bulunan sonuçlar;

220 g ekme hamuru, yazdığımız PLC programı verilerinden elde edilen anlık verilere göre 18 dakikada, 440 g ekme hamuru, yazdığımız PLC programı verilerinden elde edilen anlık verilere göre 24 dakikada, 660 g ekme hamuru, yazdığımız PLC programı verilerinden elde edilen anlık verilere göre 25 dakikada pişmiştir. Elde edilen bu verilere göre pişirilecek olan ekme hamurunun ağırlığı pişme süresini etkilemektedir. Pişme süresi, gramajdaki artışla doğrusal bir artış göstermemiştir.

Sonrasında yapılan çalışmada; 178 g, 340 g ve 479 g ekmek hamurları pişirilmiştir. C# programında yazdığımız programı kullanarak Loadcell verileriyle anlık ağırlık takibi kontrol edilmiştir. Bu kontrol PLC'deki ekrandan da süreç olarak izlenmiştir. Yapılan bu kontrolde, fırının darasını aldıktan sonra elde edilen hamur ağırlıklarına göre yapılan pişirme işlemine ait bulunan sonuçlar;

- 178g ekmek hamuru 15 dakikada pişmiştir. Piştikten sonra 42g'lık bir kayıpla 136g olarak ölçülmüştür. Ekmek hamuru pişme sürecinde %23,6 oranında bir ağırlık kaybına uğramıştır.
- 340g ekmek hamuru 15 dakikada pişmiştir. Piştikten sonra 46g'lık bir kayıpla 294g olarak ölçülmüştür. Ekmek hamuru pişme sürecinde %13,53 oranında bir ağırlık kaybına uğramıştır.
- 479 g ekmek hamuru 18 dakikada pişmiştir. Piştikten sonra 55g'lık bir kayıpla 424g olarak ölçülmüştür. Ekmek hamuru pişme sürecinde %11,48 oranında bir ağırlık kaybına uğramıştır.

Bu verilerden de anlaşıldığı üzere pişirilen hamurun ağırlığı arttıkça pişen hamurdaki ağırlık kaybı gramaj olarak da artmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 18201061 nolu proje ile desteklenmiştir.

Kaynakça

- [1] A. Hansu, "Ağırlığa Duyarlı Sıcaklık Kontrollü Fırın Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi," Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, Konya, 2019.
- [2] K. Thorvaldsson and C. Skjöldebrand, "Water Diffusion in Bread During Baking," *Lwt - Food Science and Technology*, vol. 31, pp. 658-663, 1998.
- [3] E. Purlis and V. Salvadori, "Bread baking as a moving boundary problem. Part 1: Mathematical modelling," *Journal of food engineering*, vol. 91, pp. 428-433, 2009/04// 2009.
- [4] K. J. Astrom and T. Hagglund, "Advanced PID Control," Instrument Society of America, Research Triangle Park, North Carolina/USA, 1995.
- [5] M. Kantaş, "Ev tipi elektrikli fırınların performansının sayısal ve deneysel incelenmesi," 2007.
- [6] H. Yılmaz and M. Sarıtaş, "Ekmek Üretim Hattında PLC Cihazının Kullanılması."
- [7] C. Edwards and S. K. Spurgeon, "Application of Sliding Modes to the Control of Industrial Furnaces," *Industrial Electronics, Control and Instrumentation*, 1994., IECON '94., 20th International Conference, Bologna, 1994.
- [8] E. Mankan, "Hamurun fiziksel özelliklerinin çavdar ekmeğinin kalitesi üzerine etkisi," İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- [9] M. A. Yersel, "PID Yönteminin PLC'de Yazılarak Gerçeklenmesi: Çift cidarlı reaktör tank sıcaklık kontrolü örneği," 2007.
- [10] M. A. S. Usalan, "Bir endüstriyel fırın otomasyonu / Automation of an industrial furnace," Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, 2015.
- [11] A. Özer, "Endüstriyel sistemlerde plc ve scada uygulaması," 2016.
- [12] B. Shaughnessy and M. J. A. T. E. Newborough, "Energy performance of a low-emissivity electrically heated oven," vol. 20, pp. 813-830, 2000.
- [13] A. Bozgeyik, "Elektrikli Fırınların Enerji Tüketimini Azaltmaya Yönelik Yöntemlerin Deneysel Olarak Etkisinin Araştırılması," Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
- [14] R. Çetin, S7-200 Plc'lerle Otomasyon Temel Seviye. Ankara, Türkiye., 2010.
- [15] H. Bayazıt, Uygulamalı Plc programlama ve Operatör Panel Konfigurasyonu. İstanbul, Türkiye.: Dora Yayınevi, 2012.
- [16] M. Yağmırlı and F. Akar, Programlanabilir Lojik Denetleyiciler. İstanbul, Türkiye.: Beta Yayınevi, 2008.
- [17] DeltaACDrives.com. (25.01.2021). Delta DVP14SS211R DVP-SS Series PLC. Available: <https://deltaacdrives.com/delta-dvp14ss211r-dvp-ss-series-plc/>
- [18] DeltaACDrives.com. (25.01.2021). Delta DTC1000R DTC Controller. Available: <https://deltaacdrives.com/delta-dtc1000r-dtc-controller/>
- [19] B. İ. TOKMAK. (2013, 17.12.2020). Sıcaklık Ölçüm Enstrümanı Termodirenç Pt100 ve Endüstride Kullanımı. Available: <https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/scaklk-olcum-enstruman-termodiren-pt100-ve-endustride-kullanm/8506#ad-image-0>
- [20] A. W. WİKA. (2014, 17.12.2020). Callendar-Van Dusen equations for the calibration of platinum resistance thermometers. Available: https://www.wikapolska.pl/upload/DS_IN0029_en_co_59667.pdf
- [21] Delta. (2012, 25.01.2021). DOP-B Quick Start Kullanım Klavuzu. Available: <https://www.deltaacdrives.com/Delta-DOP-B-Quick-Start.pdf>