

YAŞ GIDA KURUTUCU SİSTEMLERİNDE GENEL AMAÇLI İZLEME VE OTOMASYON KONTROLÜNDE KULLANILABİLECEK ARDUİNO TEMELLİ HASSAS TERAZİ UYGULAMASI

ARDUINO BASED PRECISION SCALE APPLICATION THAT CAN BE USED IN GENERAL PURPOSE MONITORING AND AUTOMATION CONTROL IN WET FOOD DRYER SYSTEMS

Kazım DURAKLAR 

Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri Alanı, ASO Teknik Koleji, Ankara, Türkiye

Mustafa BURUNKAYA 

Doç. Dr., Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Geliş Tarihi / Received: 01.07.2020
Kabul Tarihi / Accepted: 23.07.2020

Araştırma Makalesi/Research Article
DOI: 10.38065/euroasiaorg.215

ÖZET

Yaş gıdaların hassas olarak ve belirli bir değerde kurutulması ürün kalitesini doğrudan etkileyen faktörlerden birisidir. Bunun için süreçte kontrol parametrelerine hızlı cevap ve doğru kontrol önem taşımaktadır. Bu çalışmada yaş gıdaların daha verimli kurutulabilmesi için kullanılabilecek bir endüstriyel kurutucu tasarımının parametrelerinin belirlenebilmesi için gerekli olan deneysel analizlerde kullanılabilecek, fonksiyonları kontrol edilebilen bir hassas terazi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Doğal ortamında yaş olarak bulunan defneyaprağı, kayısı, fındık vb. gıdaların çeşitli amaçlarla kurutulması enerji mühendisliğinin önemli çalışma konuları arasında yer almaktadır. Endüstriyel kurutucu tasarımında doğru kurutma yönteminin belirlenmesi, doğru eyleyicinin ve parametrelerin seçimi amacıyla yapılan kurutma düzeneği deneylerinde kurutma işlemlerinin etkinliği öncelikle yaş gıdaların ağırlıklarının ölçümü ile test edilmektedir. Bu sistemlerde kurutulacak gıdanın cinsine göre gram ya da kilogram cinsinden hassas ölçüm yapılması gerekebilen uygulamalar ve kurutma işlemi için devreye alınması gereken mikrodalga, kızılötesi, motor vb. eyleyicilerin kontrolü ihtiyacı bulunmaktadır. Bu çalışmada ağırlığın deneyler sırasında gözlenebilmesi amacıyla bir LCD Ekran, bilgisayar ile veri analizlerin yapılabilmesi amacı ile bilgisayara veri aktarımı için ATmega2560 işlemcisine sahip arduino mega programlama kartı kullanılmıştır. Ölçümlerde yüksek hassasiyet için ZEMIC marka L6D-C3-5kg-0.4B model loadcell ve 24-bit yüksek çözünürlüklü HX711 ADC işlemcisi kullanan bir loadcell kuvvetlendiriciye yer verilmiştir. Ortama hava sağlayan asenkron motor vb. cihazların otomatik kontrolü de sağlanmaktadır. Arduino işlemcinin sayısal ve analog girişleri ve fonksiyonları kullanılarak ağırlık ölçümünün yanı sıra sıcaklık, nem, ultraviyole (UV) ışık miktarı vb. ortama dair değişkenlerin de ölçümü ve gözlenmesi mümkündür. Yapılan testlere göre, oluşturulan algoritma sayesinde veri değişimleri ile eş zamanlı ortamdaki eyleyicilerin kontrolü yapılabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yaş gıda kurutucu, Arduino, Loadcell, Hassas ağırlık ölçümü

ABSTRACT

Drying wet foods precisely and at a certain value is one of the factors directly affecting product quality. For this, fast response to the control parameters and correct control are important in the process. In this study, a precision scale application that can be used in experimental analysis, which can be used in determining the parameters of an industrial dryer design that can be used to dry wet foods more efficiently, has been implemented. Laurel leaves, apricots, hazelnuts, etc., which are found in their natural environment as wet. Drying of food for various purposes is one of the important study subjects of energy engineering. The efficiency of the drying processes is tested first by measuring the weight of the wet foods in the experiments of the dryer, which is carried out for the determination of the correct drying method in the industrial dryer design and the selection of the

correct actuator and parameters. In these systems, microwave, infrared, motor etc. should be used for applications that may need to be measured precisely in grams or kilograms according to the type of food to be dried, and drying process. actuators need control. In this study, an LCD Screen and arduino mega programming board with ATmega2560 processor are used to transfer data to the computer in order to analyze the data with the computer in order to observe the weight during the experiments. For high precision measurements, a loadcell amplifier using ZEMIC brand L6D-C3-5kg-0.4B model and 24-bit high resolution HX711 ADC processor is included. Asynchronous motor providing air to the environment, etc. Automatic control of the devices is also provided. Temperature measurement, humidity, ultraviolet (UV) amount of light, etc. as well as weight measurement using the Arduino processor's digital and analog inputs and functions. It is also possible to measure and observe the variables of the environment. According to the tests carried out, thanks to the created algorithm, the control of the actuators in the environment can be controlled simultaneously with the data changes.

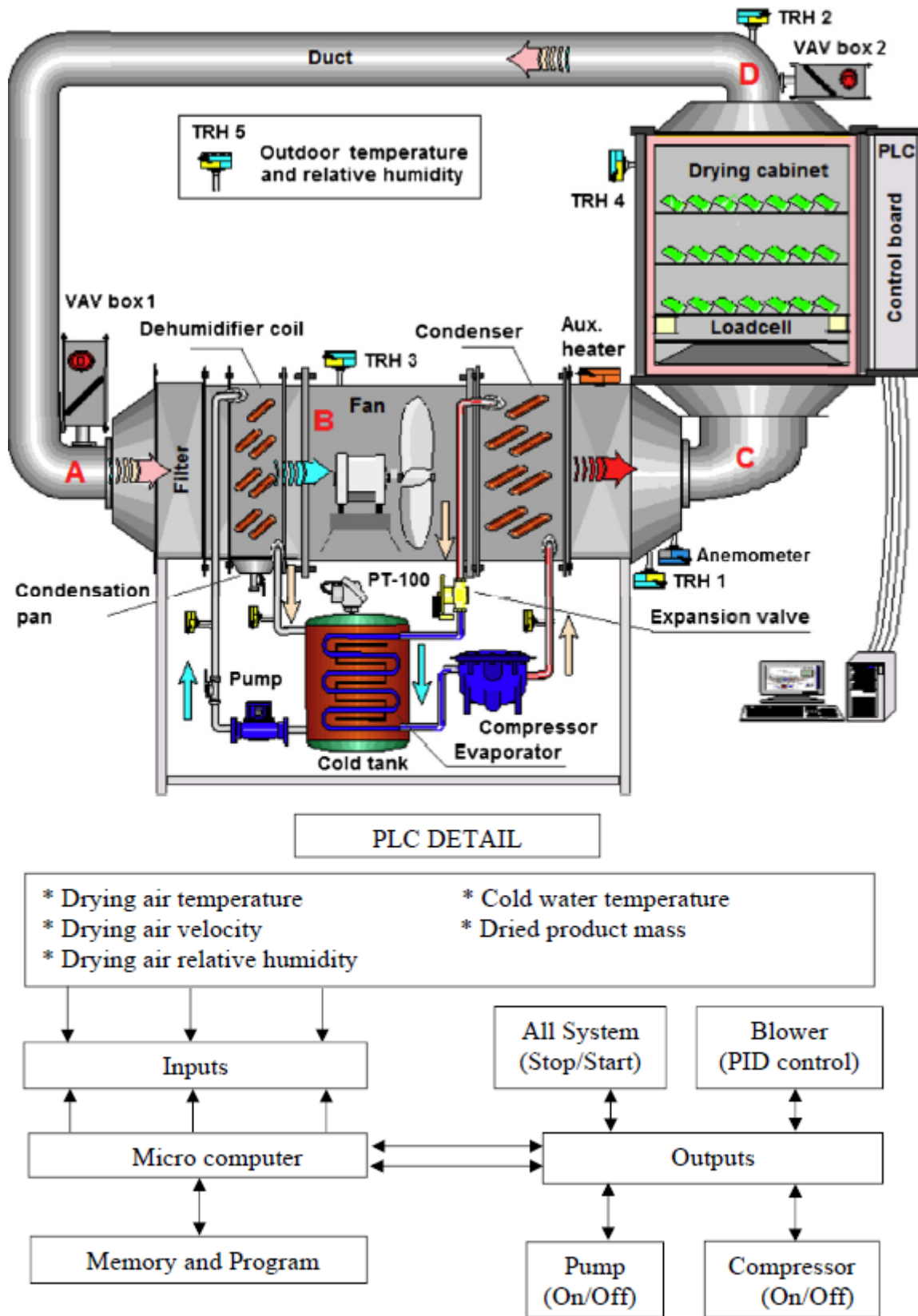
Keywords: Wet Food Dryer, Arduino, Loadcell, Precision Weight Measurement

1. GİRİŞ

Yaş gıda kurutulmasında geleneksel olarak serpmeye yöntemi uygulama açısından değerlendirildiğinde fazla alan gerektirmesi, doğal koşullarda zaman alması ve meteorolojik koşullarda risk teşkil etmesi sebebiyle son yıllarda yaş gıda kurutulmasında endüstriyel ürün tasarımlarının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Gerçekleştirilen bu yaş gıda kurutucu tasarımlarında ürün kalitesi, enerji ve maliyet verimliliği enerji mühendisliği dalında geniş yer kaplamaktadır. Farklı yaş gıda türleri için yapılan farklı kurutma tipli tüm tasarımların ortak noktası ise yaş gıdanın kurutulmasındaki başarıyı ölçmek amacıyla loadcell(ağırlık sensörü) vasıtasıyla gıdanın ağırlığının kurutma işlemi süresince ölçülmesidir. Yaş gıdanın türüne ve tasarlanan sisteme göre ölçülmek istenen ağırlık 5gr ile 2500gr arasında değişmektedir. Enerji Mühendisliğinde çalışma yapan bilim insanlarının profesyonel bir yazılım veya donanım uzmanına ihtiyaç duymadan ölçüm işlemini düşük maliyet ile yapabilmesi amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Açık kaynak kodlu, internet ortamında kaynaklarına fazlasıyla ulaşılabilir olan düşük maliyetiyle de öne çıkan arduino işlemcinin kullanılmasına karar verilmiştir. Ağırlık ölçümünde kullanılacak loadcell'in hassas olması amacıyla sertifikalı bir ürün tercih edilmiştir. Mekanik malzeme kullanımında ise kurutma ortamında elektromanyetik ve iletkenlikten etkilenmemesi için pleksiglass ve polyamid malzeme tercih edilmiştir. Ağırlık ölçümünde dikkat edilmesi gereken hususlardan en önemlisi yazılımda kalibrasyon ayarlarıdır. Yazılım için algoritma oluşturulurken programın kendini değişken bir ölçüm aralığında kalibre etmesi düşünülmüş ve uygulanmıştır. Bununla birlikte çalışmanın kullanılabilirliğini ortaya koymak amacıyla ölçüm performansı ortaya konulmuştur. Arduino ağırlık ölçüm sonucuna göre kurutucu veya eyleyici tüm sistemleri belirlenen parametrelere göre devreye alabilmekte veya devreden çıkarabilmektedir. Gerek duyulması halinde başka sensör verilerinin kullanımına da uygundur. Bu çalışma düşük maliyetiyle ağırlık ölçümü gerektiren benzer tüm çalışmalarda kullanılabilir.

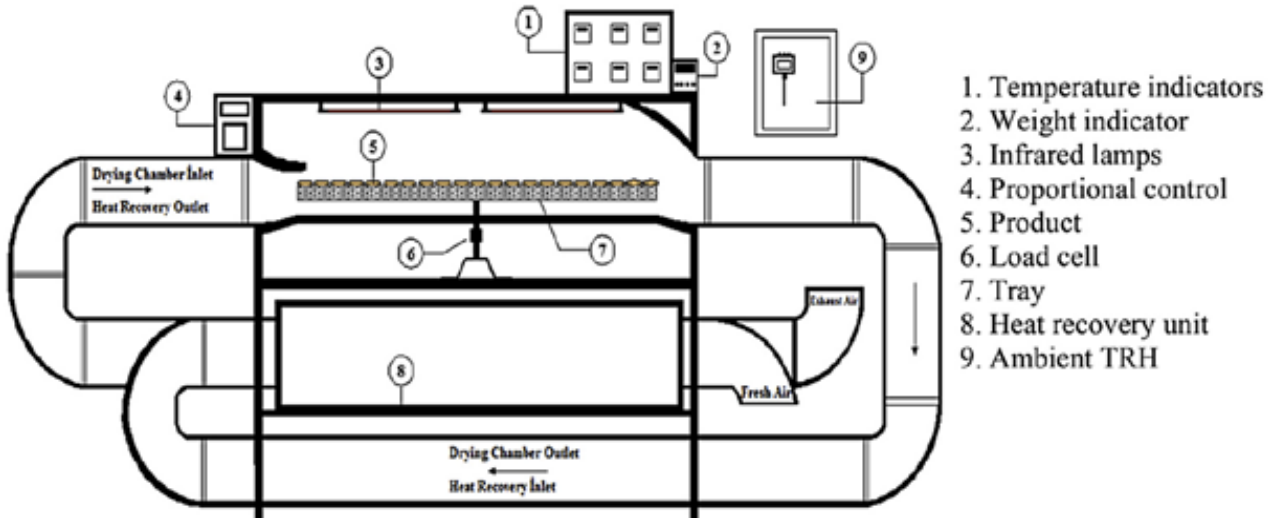
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

M. Aktaş ve arkadaşları (2015) yaptıkları çalışmada, kapalı devre bir ısıda defne yapraklarının kurutulmasının performans analizi ve modellenmesi tartışmaktadır. İhtiyaç duyulan ağırlık ölçüm sisteminin kontrolünü PLC (Programmable Logic Controller) ile sağlamışlardır (Şekil 1).



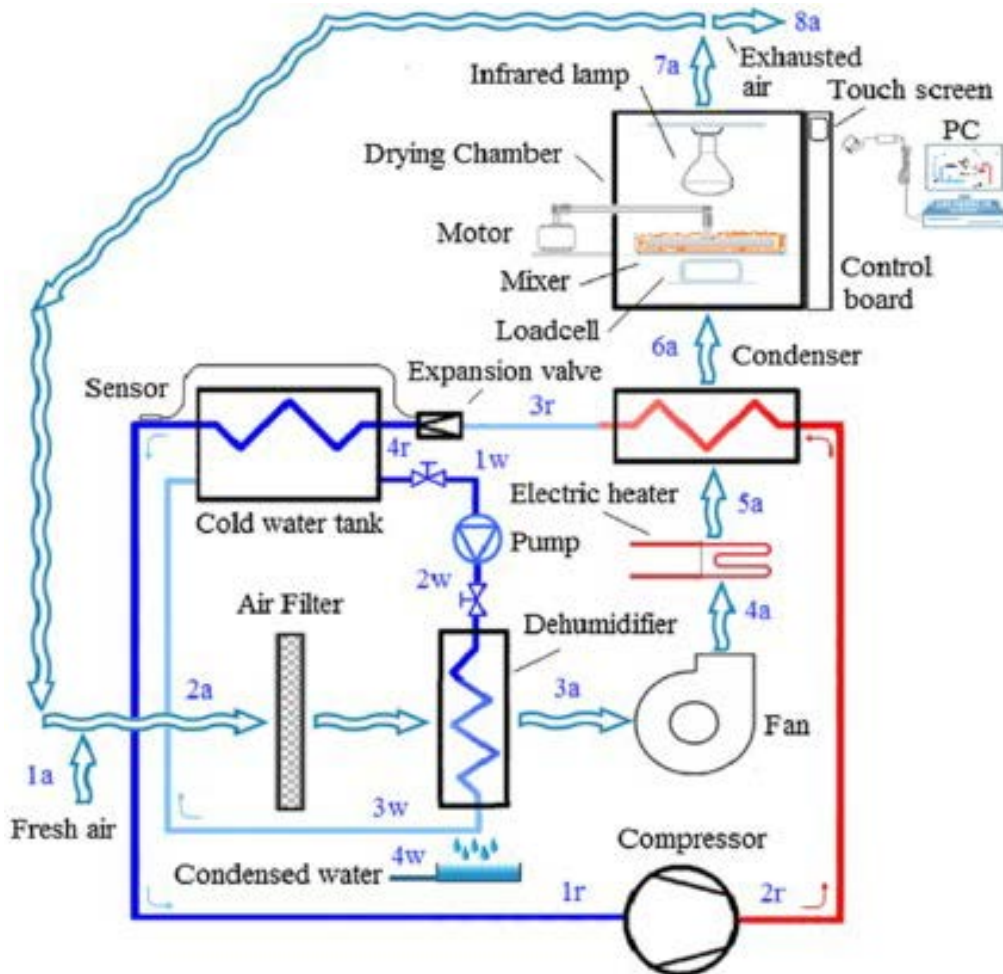
Şekil 1. Defne Yaprığı Kurutucu Sistem Şeması

Özdemir B. M. ve arkadaşları (2017) çalışmada konvektif-kızılötesi bir sistemin deneysel performansını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Loadcell ile verilerin ölçümünde ve analizinde doğrudan bilgisayar kullanılmıştır (Şekil 2).



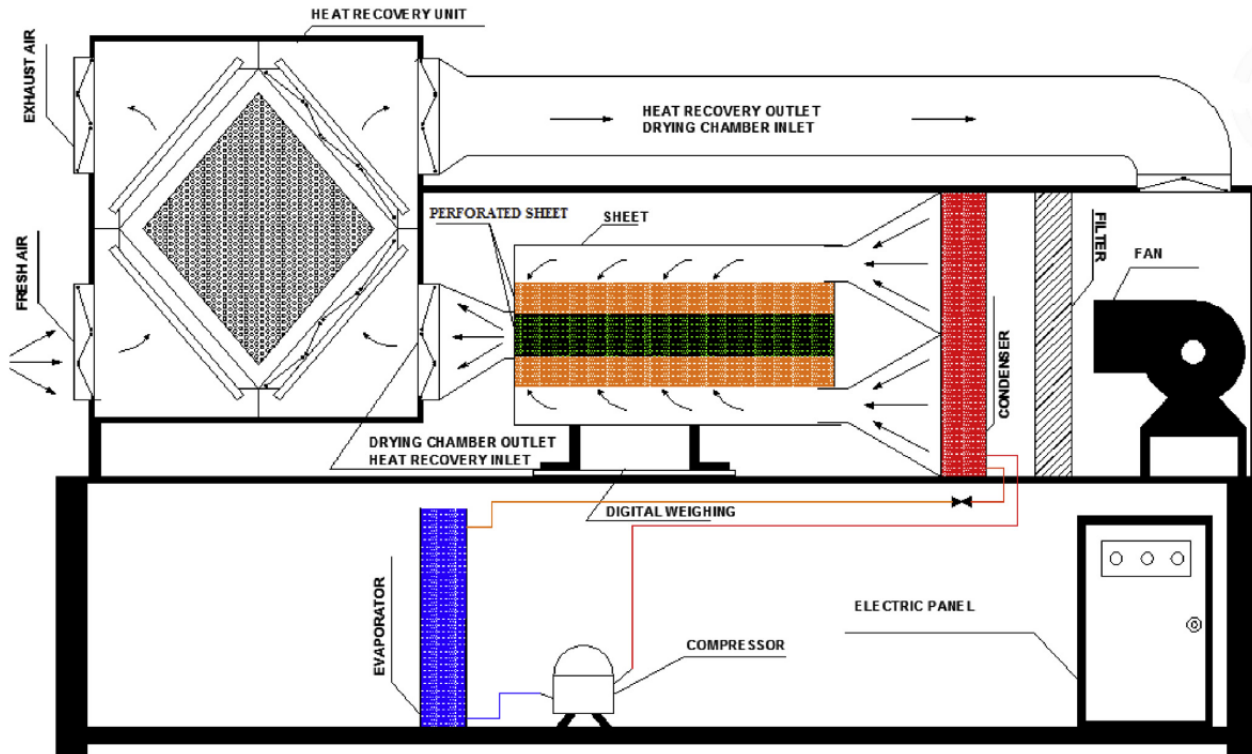
Şekil 2. Kivi Kurutucu Sistem Şeması

M. Aktaş ve arkadaşları (2019) bir ısı pompası kurutucusunun (HPD) ve bir kızılötesinin deneysel sonuçlarını karşılaştırmayı amaçladıkları bu çalışmada bilgisayar kontrollü loadcell düzeneği kullanmışlardır (Şekil 3).



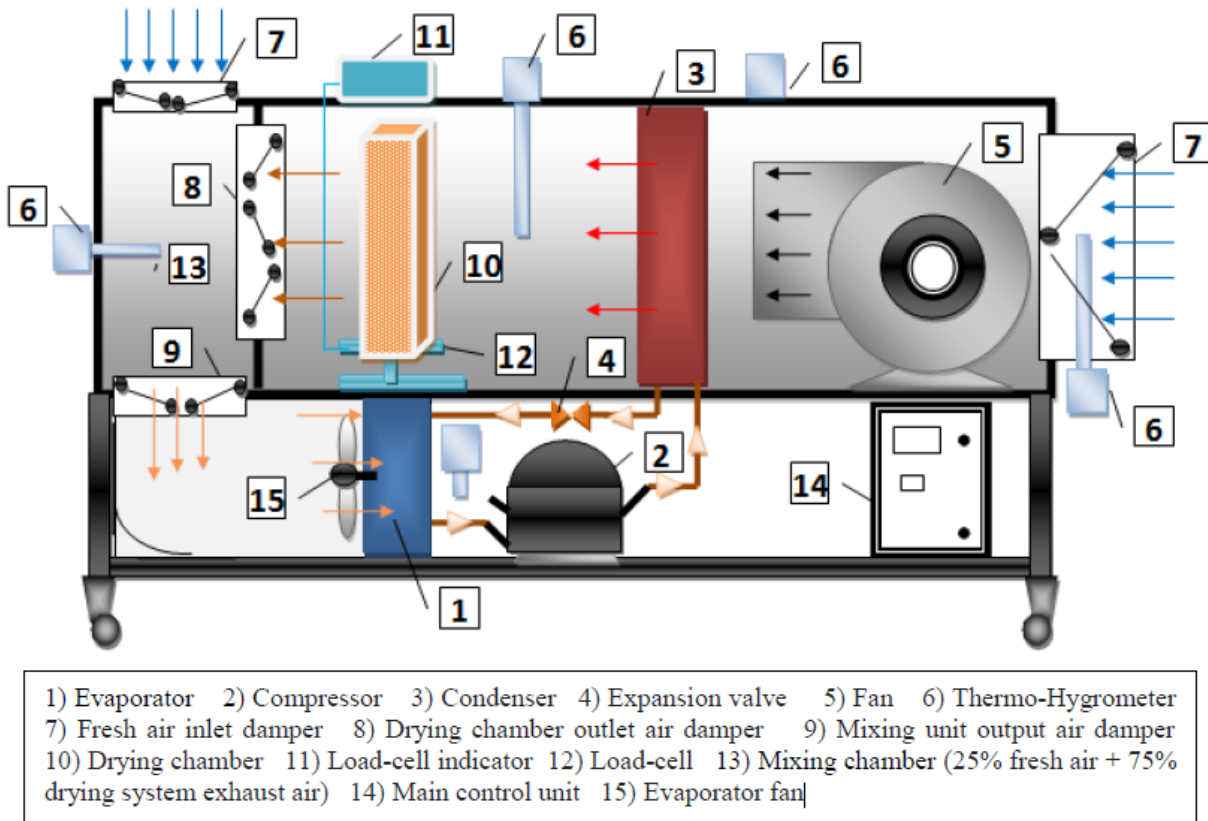
Şekil 3. Rendelenmiş Havuç Kurutucu Sistem Şeması

M. Aktaş ve arkadaşları (2017) bu çalışma ile nane yapraklarının kurutma özelliklerini analiz etmektedir. Doğrudan gözlem amacıyla dijital ağırlık görüntüleyici kullanılmıştır(Şekil 4).



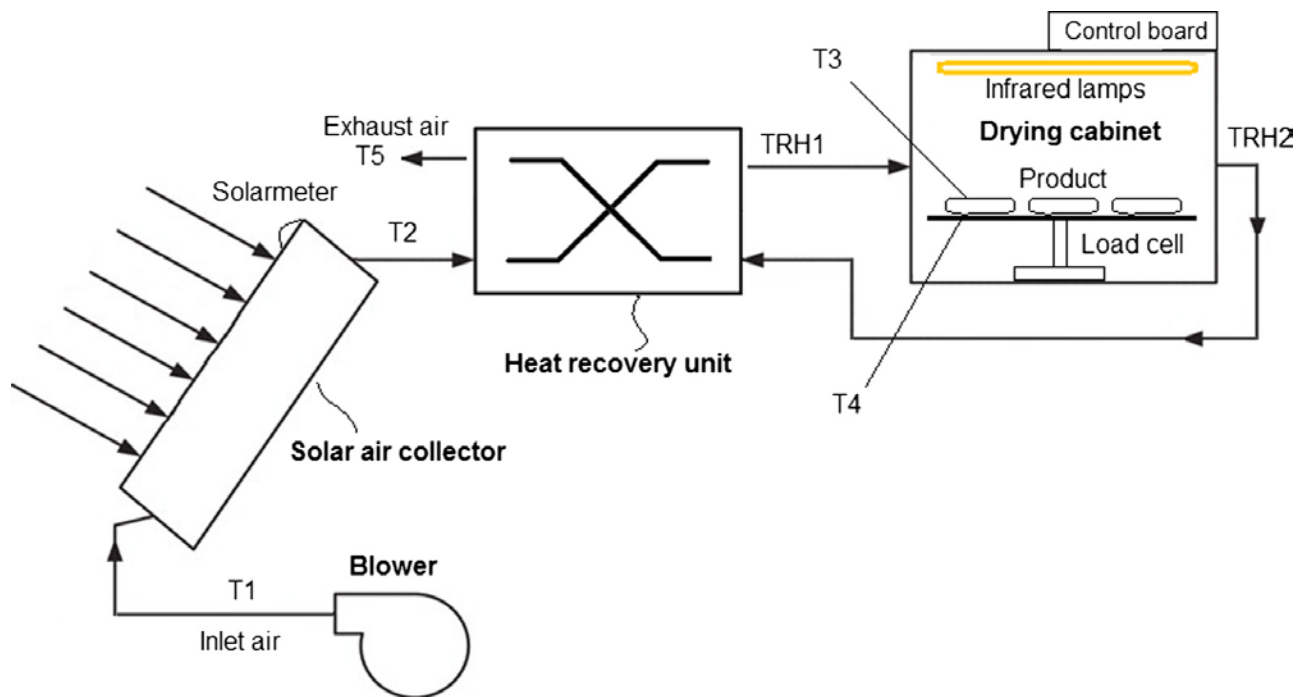
Şekil 4. Nane Yaprığı Kurutucu Sistem Şeması

L. Taşeri ve arkadaşları (2018) bu çalışma ile prima üzüm kurutma özelliklerini analiz etmektedir. Loadcell değerlerinden yararlanmak maksadıyla ağırlık sensör eyleyici kullanmışlardır. Sensör eyleyici pano kontrolünü sağlamaktadır(Şekil 5).



Şekil 5. Prima Üzüm Kurutucu Sistem Şeması

M. Aktaş ve arkadaşları (2016) kavun kurutmada kullandıkları bu düzenekte enerji verimliliği üzerine çalışma yapmışlardır. Kurutma miktarını yine loadcell üzerinden aldıkları veri ile tespit etmişlerdir(Şekil 6).



Şekil 5. Kavun Kurutucu Sistem Şeması

3. YÖNTEM

Bu çalışma hassas terazinin mekanik tasarımı, donanım seçimi ve yazılım olarak üzere 3 yönden incelenmiştir.

3.1. Hassas Terazinin Mekanik Tasarımı

Hassas terazinin mekanik tasarımı yapılırken değişik kurutma metotlarında ısıyı üzerine konan yaş gıdaya mümkün olduğunca az iletmesi ve elektromanyetik temelli ısıtıcı kullanılması durumunda manyetik etken oluşturmaması amaçlı pleksiglass malzeme kullanılmıştır. Yine kullanılacağı kapalı metal alan içerisinde elektriksel bir yüklenme oluşmasını önlemek amacıyla temelinde polyamid malzeme kullanılmıştır. Loadcell'in üzerinde bulunan vida yuvalarına kolay erişilecek şekilde bir tasarım yapılmıştır.



Resim 1. Hassas Terazinin alt ve üst tabla görünüşleri

3.2. Donanım seçimi

Atmega2560 işlemciye sahip mikrodenetleyici kartı olan arduino mega üzerinde 15 tanesi PWM çıkışı olarak kullanılabilen 54 adet dijital giriş/çıkış pini 16 analog giriş, 4 UART içermesi nedeniyle bu çalışmada programlanabilir kart olarak seçilmiştir. Ölçümlerde yüksek hassasiyet için ZEMIC marka L6D-C3-5kg-0.4B model loadcell kullanılmıştır(Resim 2). Loadcell'in detaylı teknik özellikleri tablo 1'de sunulmuştur.



Resim 2.Arduino Mega Fotoğrafi



Resim 3. Loadcell Fotoğrafi

Tablo 1. L6D-C3-5kg-0.4B Teknik Özellikleri

Accuracy class		C3	OIML R60 C3	OIML R60 C4	OIML R60 C5
Output sensitivity (= FS)	mV/V	1.8 ± 0.2	2.0 ± 0.2		
Maximum capacity (E _{max})	kg	2.5	3, 5, 6, 8, 10, 15, 20, 30, 35, 40, 50		
Max. number of load cell intervals	n _{LC}	3000	3000	4000	5000
Ratio of min. LC verification interval	Y = E _{max} /	7000	10000	15000	20000
Combined Error	%FS	≤± 0.0230		≤± 0.0175	≤± 0.0140
Minimum dead load	Of E _{max}	0%			
Safe overload	of E _{max}	150 %			
Ultimate overload	of E _{max}	300 %			
Zero balance	of FS	< ± 2.0 %			
Excitation, recommended voltage	V	5 ~ 12			
Excitation maximum	V	18			
Input resistance	Ω	409 ± 6			
Output resistance	Ω	350 ± 3			
Insulation resistance	MΩ	≥5000 (at 50VDC)			
Compensated temperature	°C	-10...+40			
Operating temperature	°C	-35...+65			
Storage temperature	°C	-40...+70			
Element material		Aluminium			
Ingress Protection (acc. to EN 60529)		IP65			
Recommended torque on fixation bolts	Nm	< 30kg: 6		>30kg: 10	

Verilerin yüksek çözünürlükte işlenebilmesi için 24-bit yüksek çözünürlüklü HX711 ADC işlemcisi kullanan bir loadcell kuvvetlendiriciye yer verilmiştir. HX711 Ağırlık Sensör Modülü, Amplifikatör kartı, yükseltici kart, yük hücresi kartı olarak da adlandırılmaktadır. HX711, Arduino gibi mikrodenetleyici kartlar ile beraber kullanılarak yük hücreleri üzerinde ağırlık sebebi ile meydana gelen değişimleri izlemek, gözlemlemek ve ölçmek için tasarlanmış bir amplifikatör/ yükseltici karttır. HX711 Kart, çift kanalıdır ve 2 tane yük hücresi bağlanabilmektedir. HX711 Amplifikatör kartı ile ağırlık, tartı ve proses kontrol ve algılama projelerinde kullanılabilmektedir.



Resim 4. HX711 ADC Fotoğrafi

Philps PCD8544 sürücüsüne sahip 84x48 ekran çözünürlüğüne sahip Grafik LCD eş zamanlı ağırlık izleme ekranı olarak kullanılmıştır. İsteğe bağlı diğer sensör görüntülemelerini ve programlama menüsünü kullanmak içinde uygundur.



Resim 5. Grafik LCD Fotoğrafi



Resim 6. Hassas Terazı Sistemi Fotoğrafi

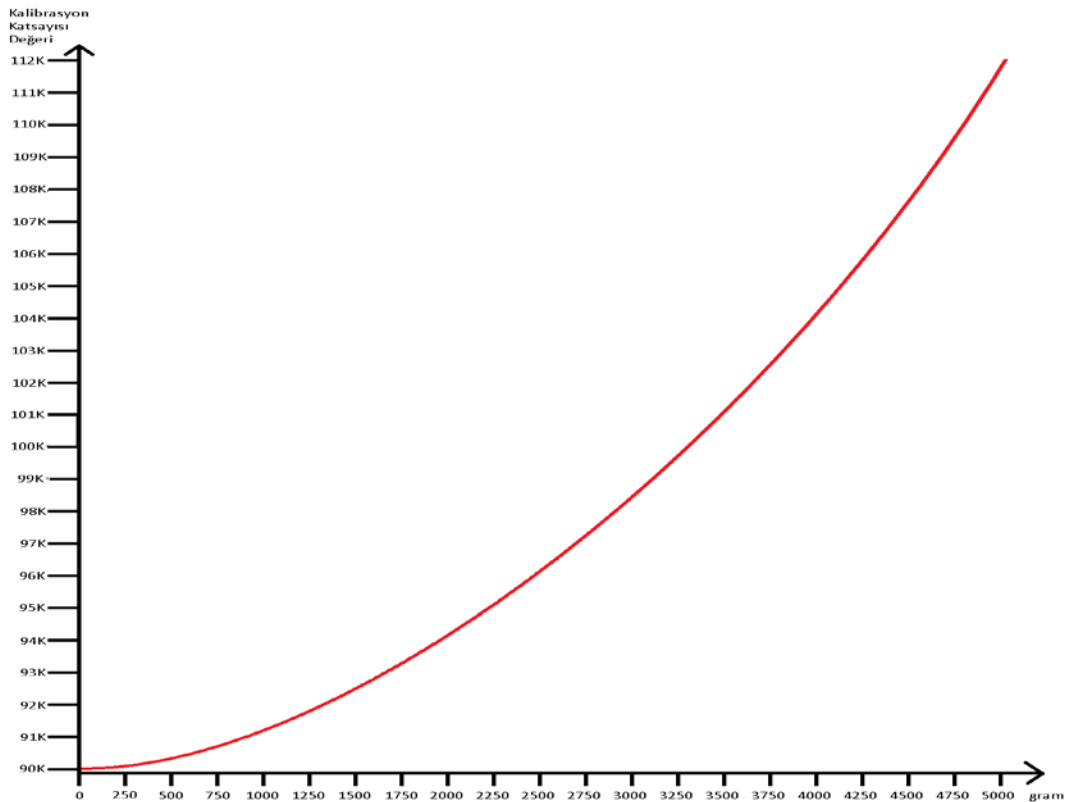
Eğer sistemle yüksek güçlü motor veya farklı gerilimlerde çalışacak bir eyleyici kullanılacaksa invertör, röleli sürücü sistemlere ihtiyaç duyulacaktır. Bu durumlar için örnek pano çalışması yapılmıştır.



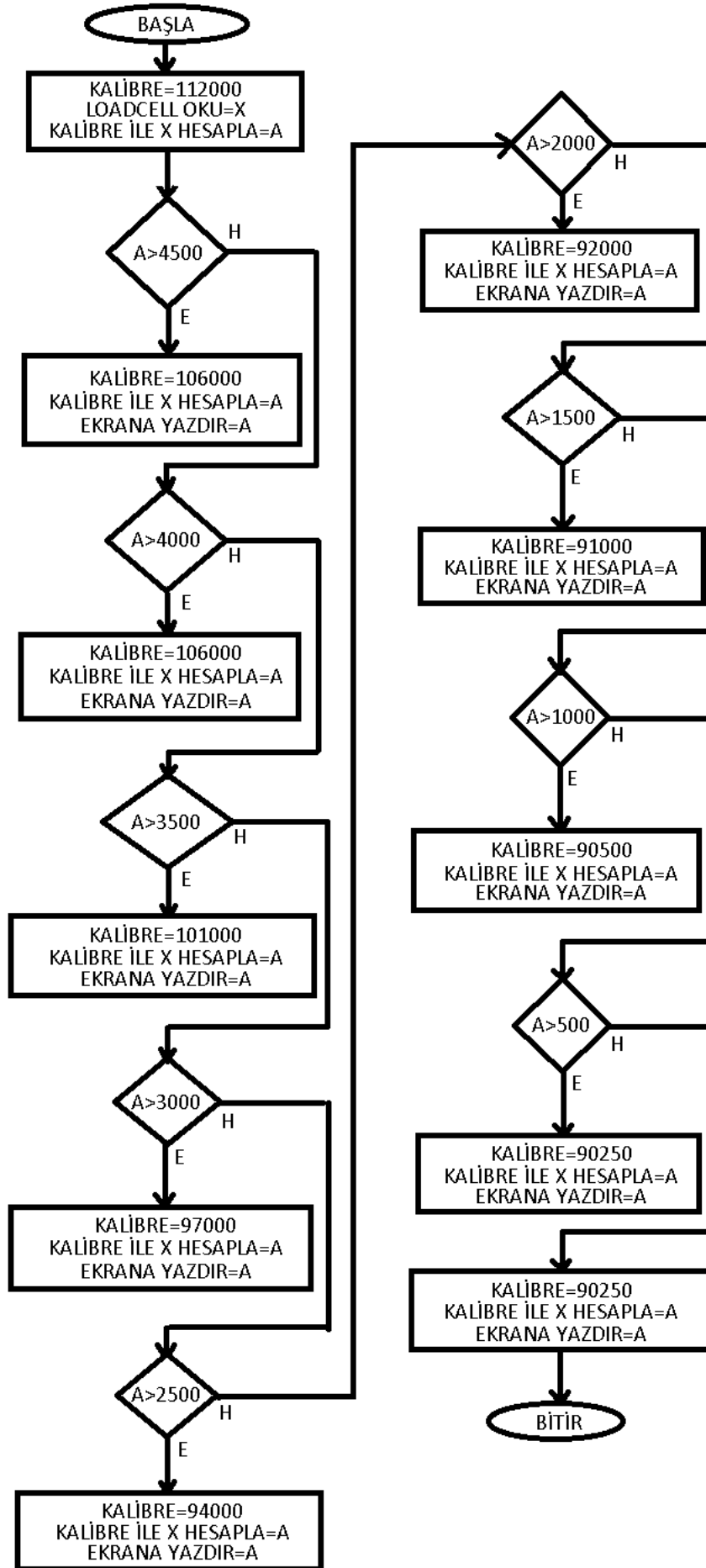
Resim 7. Pano Yerleşimi Fotoğrafi

3.3. Yazılım

Arduino açık kaynak kodlu olması sebebiyle internette birçok donanımı çalıştıracak hazır kod bulunmaktadır. Asıl önemli olan doğru algoritmayı oluşturmak ve belirlenecek doğru parametreleri kullanacağımız sisteme uygulamaktır. Hassas terazi algoritmasında uygulanacak en önemli husus kalibrasyon değerini ilk ortalama kalibrasyonla varsayılan değere uyguladıktan sonra ekrana yazdırmaktır. Kalibrasyon katsayı değerinin ilk ölçülen veriye göre değişik değerler alması gerekmektedir. Bu değerler algoritmaya yerleştirilmeden önce değeri bilinen ağırlıklar üzerinden ölçüm ile belirlenmiştir(Grafik 1). Bu çalışmada uygulanan algoritma Tablo 2’de sunulmuştur.



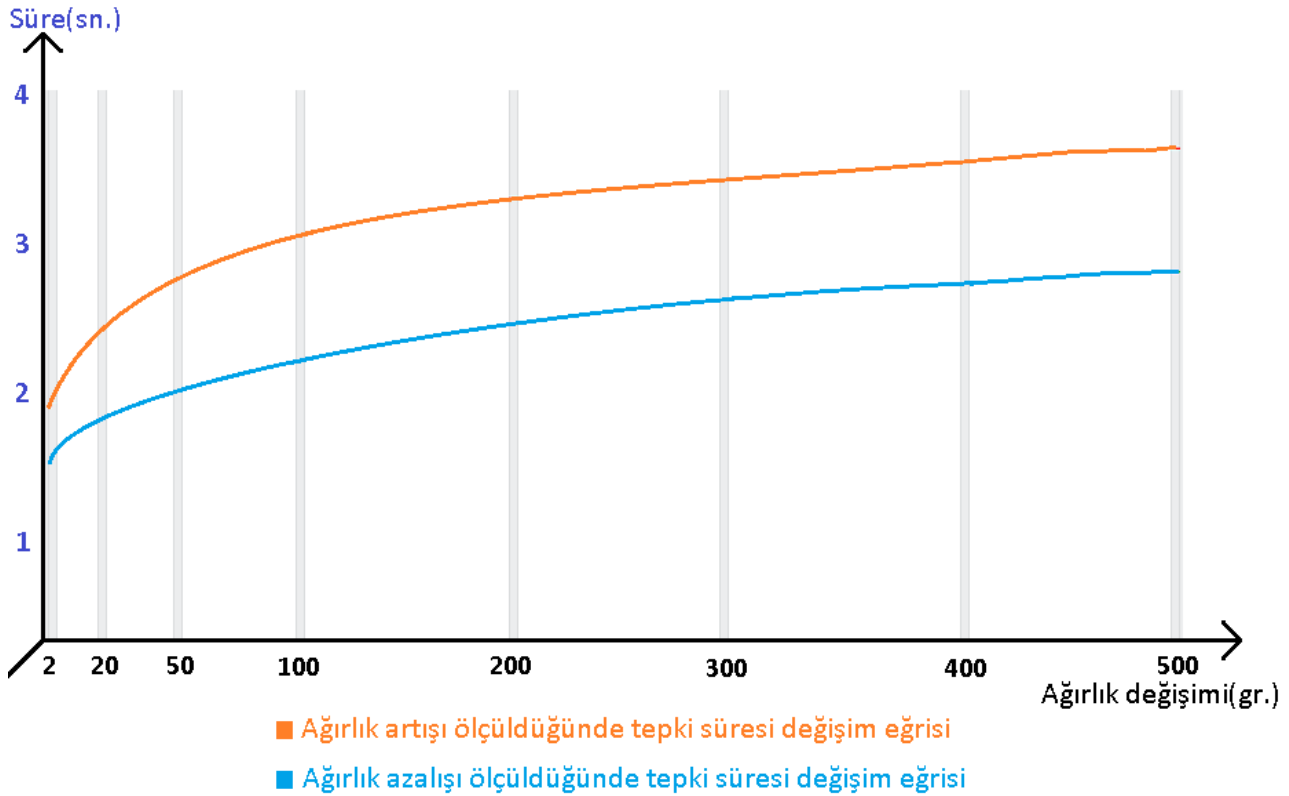
Grafik 1. Ölçüm yapılacak ağırlık aralığında uygulanacak kalibrasyon katsayı değeri eğrisi



Tablo 2. Kalibrasyon Amacıyla Uygulanan Algoritma

4. BULGULAR

Yaş gıda kurutucularında kurutma işlemi belirli bir zaman diliminde gerçekleşmesi sebebiyle sensör ağırlık değişiminin hızlı olmasına gerek duyulmamaktadır. Ölçümde gerek duyulmayan bu süre programlamada kalibrasyon amacıyla kullanılmaktadır. İhtiyaca göre bu süre yazılımda harcanmayarak daha hızlı sonuç elde edilebilir. Ayrıca uygulamada arduino işlemci kullanılmasının sınırlılıkları vardır. Alternatif akım ile beslenen yüksek güçlü motorlar için invertör veya röleli sürme devresi kullanılması zorunluluğu bulunmaktadır. Ancak istenirse sistem içi hava transferi daha düşük güçlerde birden fazla motor veya verimli doğru akım motoru kullanılarak sağlanabilir. Bu durum güneş enerji paneli gibi besleme kaynağı kullanılan durumlarda avantaja dönüştürülebilir. Loadcell düzeneğinin ölçüm performansı da tespit edilerek grafik olarak sunulmuştur(Grafik 2).



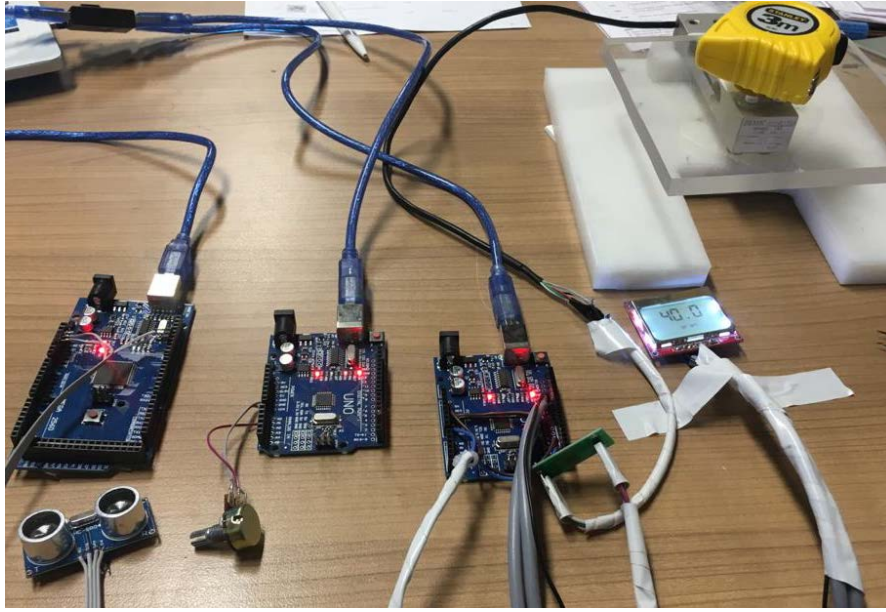
Grafik 2. Ağırlık değişimi ölçüm performansı

5. SONUÇ

Bu çalışmada Yaş Gıda Kurutucu Sistemlerinde Genel Amaçlı İzleme ve Otomasyon Kontrolünde Kullanılabilecek Arduino Temelli Hassas Terazi Uygulaması tasarımı başarıyla gerçekleştirilmiştir. Enerji Mühendisliği ve ağırlık ölçümü gereksinimi duyulan diğer alanlarda uygun maliyetli bir çözüm getirildiği düşünülmüştür. Hassas terazi ölçüm sisteminin performansı ölçüldüğünde 1,5-2,5 sn.. aralığında 2-500 gr. anlık ağırlık azalışını ölçebildiği görülmektedir. Yaş gıda kurutma sistemleri için bu süre yeterlidir.

6. ÖNERİLER

Uygulamada daha yüksek hassasiyet ihtiyacı duyulması durumunda çift loadcell ile kurulmuş bir düzenek ölçüm amacıyla kullanılabilir ve daha yüksek çözünürlüklü ADC kullanılabilir. Daha yüksek işlemci gücü gerektiren uygulamalarda ise ARM Tabanlı daha güçlü işlemciler kullanılabilir. Sistemin giriş çıkış pinlerinin yeterli gelmemesi halinde birden fazla arduino birbirleriyle haberleştirilerek kullanılabilir.



Resim 8. Birden fazla arduino kullanılarak oluşturulmuş ağ örneği

KAYNAKLAR

- Aktaş, M., Şevik, S., Özdemir, M., B., Gönen E. (2015). “Performance analysis and modeling of a closed-loop heat pump dryer for bay leaves using artificial neural network” . *Applied Thermal Engineering*, 87(714-723)
- Aktaş M., Khanlari A., Aktekeli B., Amini, A., (2017). Analysis of a New Drying Chamber for Heat Pump Mint Leaves Dryer. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42, (18034-18044)
- Aktaş M., Şevik, S., Amini, A., Khanlari A., (2016). Analysis of drying of melon in a solar-heat recovery assisted infrared dryer. *Solar Energy*, 137(500-515)
- Özdemir, M., B., Aktaş, M., Şevik, S., Khanlari A., (2017). Modeling of a Convective-Infrared Kiwifruit Drying Process. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42 (18005-18013)
- Şevik S, Aktaş M., Dolgun E. C. Arslan E., Tuncer A. D., (2019). Performance analysis of solar and solar-infrared dryer of mint and apple slices using energy-exergy methodology. *Solar Energy*, 180(537-549)
- Taşeri, L., Aktaş M., Şevik, S., Gülcü M., Seçkin G. U., Aktekeli B., (2018). Determination of drying kinetics and quality parameters of grape pomace dried with a heat pump dryer. *Food Chemistry*, 260(152-159)