

Sıvılarda Ultrasonik Hız Ölçümlerine Uygun Bir Düzeneğin Geliştirilmesi

Ali Bülent KOÇ^{1,*}, Caner KOÇ², Mustafa VATANDAŞ²

¹Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Şanlıurfa

²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Ankara
koc@harran.edu.tr

Özet: Bu çalışmanın amacı sıcaklığa bağlı ultrasonik hız ölçümlerini bilgisayar ortamında otomatik olarak yapabilecek bir düzeneğin geliştirilmesidir. Bu amaçla iki adet 1 MHz merkez frekansına sahip ultrasonik dönüştürücü, örnek materyalin konulacağı alüminyum ve akrilik malzemeden imal edilmiş 80 ml kapasiteli bir ölçüm ünitesinin iki yan yüzeyine karşılıklı olarak yerleştirilmiştir. Ölçüm ünitesinin altına 30 W gücünde elektrikli bir ısıtıcı, yan yüzeyine ise düşey ekseninde 2 cm aralıkla ve örnek sıvı ile temas edecek şekilde iki sıcaklık algılayıcısı konulmuştur. Ayrıca bir veri algılama kartı, GPIB bağlantılı bir dijital osiloskop ve bir bilgisayar, otomatik ölçümler için kullanılmıştır. G-programlama dilinde geliştirilen bir program ile sistemin örnek sıvının sıcaklığı ve ultrasonik hız değerlerini otomatik olarak ölçmesi sağlanmıştır. Geliştirilen ölçüm düzeneği etanol, metanol, kanola yağı ve su gibi sıvıların ısıtma esnasındaki ultrasonik hız değerlerinin ölçülmesinde başarılı bir şekilde kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ultrasonik hız, dönüştürücü, G-programlama, etanol, metanol.

Development of an Ultrasonic Velocity Measurement System for Liquids

Abstract: The purpose of this study is to develop an automated experiment system to measure the ultrasonic velocity of a liquid over varying temperatures. For this purpose, two ultrasonic transducers with 1 MHz central frequency were placed on the two opposite sides of a measurement cell. The measurement cell was manufactured from aluminum and plexiglass materials and had the capacity of 80 ml. A 30 W electric heater was placed underneath the measurement cell. Two temperature sensors in contact with the sample liquid were placed 2 cm apart in vertical direction to one side of the measurement cell. A data acquisition card, a digital storage oscilloscope with GPIB connection and a computer was used for the measurement system. A computer program written in G-programming language was developed for automatic measurement of ultrasonic velocity over temperature. The developed experiment system was successfully used for the ultrasonic velocity measurements of ethanol, methanol, canola oil and water at various temperatures during heating.

Keywords: Ultrasonic velocity, transducer, G-programming, ethanol, methanol.

GİRİŞ

Ultrasonik ölçüm yöntemlerinin tarım ve gıda işleme veya karakterizasyonunda kullanımı son yıllara kadar oldukça sınırlı kalmıştır. Ancak teknolojik gelişmeler ve ultrasonik dönüştürücü üreten firmaların sayısındaki artış, özel amaçlı dahi olsa, ultrasonik ölçümler yapabilmek için gerekli cihazların bulunması ve satın alınmasını kolaylaştırmıştır. Ultrasonik ölçüm yöntemi hijyenin önemli olduğu işlemlerde tahribatsız ve işleme dahil olmadan ölçüm yapılabilmesine olanak verdiği için, bu tekniğin ürün işleme ve gıda sanayinde uygulamaları da giderek yaygınlaşmıştır.

Düşük yoğunluklu ultrasonik ölçüm yöntemi, test edilecek materyal içinden yüksek frekanslı ses

dalgalarının gönderilmesi ve bu esnada geçiş özelliklerinin incelenmesi esasına dayanmaktadır. Ultrasonik ölçümlerde, oluşturulan bir ses dalgasının materyal içerisinden geçiş hızı ve ses dalgasının materyalin bir yüzeyinden diğer yüzeyine ulaşana kadar oluşan yansımalar görüntülenebilir. Bu esnada ses dalgasının birkaç kez materyal içerisinden yansması sonucu oluşan sinyal zayıflama (attenuation) katsayısı gibi büyüklükler ölçülebilir. Ölçülebilen bu ultrasonik büyüklükler ile materyalin fiziksel/kimyasal özellikleri arasında bir ilişkinin geliştirilmesi, ultrasonik ölçüm tekniğinin temelini oluşturmaktadır.

Ses hızı ultrasonik parametreler arasında en kolay ölçülebilen parametredir. Ses hızı sesin içerisinden geçtiği materyalin sıkıştırılabilirliği ve özgül ağırlığının karekökü ile ters orantılı olarak değişmektedir (Hykes ve ark., 1992) (Eşitlik 1).

$$c = \frac{1}{\sqrt{\beta * \rho}} \quad (1)$$

c : ses hızı (m/s)

ρ : özgül ağırlık (kg/m^3)

β : sıkıştırılabilirlik katsayısı (ms^2/kg)

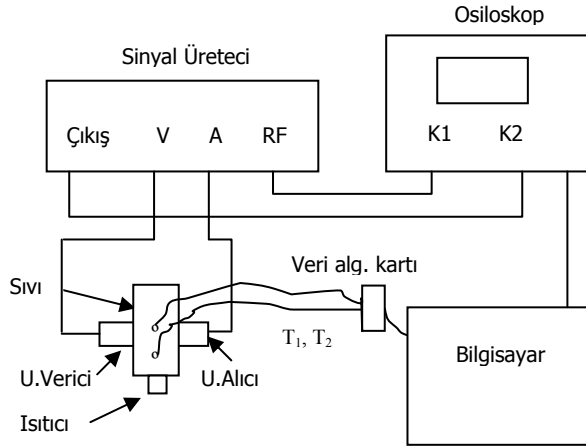
Özgül ağırlık ve sıkıştırılabilirlik, birbiri ile ters orantılı olarak değişmektedir. Özgül ağırlık arttıkça materyalin sıkıştırılabilirliği azalmaktadır. Genellikle materyalin sıkıştırılabilirliğinde meydana gelen değişimler özgül ağırlığında meydana gelen değişimlerden çok daha büyük olduğu için, ultrasonik hız değeri özgül ağırlıktan çok sıkıştırılabilirlikten etkilenmektedir. Bu nedenledir ki katılarda ölçülen ultrasonik hız değerleri, özgül ağırlıkları katılardan daha düşük olan, sıvılardan yüksektir (McClements, 1997). Bu nedenle genel olarak materyal yoğunluğu arttıkça ses hızı da artmaktadır. Ultrasonik ses hızını etkileyen en önemli çevresel parametrelerden biri sıcaklıktır. Örneğin iki veya daha çok sıvı karışımında, karışımı oluşturan sıvıların karışım oranlarının ultrasonik hız ölçümleri ile belirlenebilmesi için farklı sıcaklıklardaki ultrasonik hız değerlerinin bilinmesi, çoğu zaman yeterli olabilmektedir. Ultrasonik hız değerleri maddeden maddeye farklı sıcaklıklarda farklı değerler aldığı için bu özellikten yararlanılarak karışım oranı bulunabilmektedir. Sıcaklığa bağlı ultrasonik hız ölçümlerinden yararlanılarak balık (Ghaedian et al., 1998), tavuk (Chanamai ve McClements, 1999), et (Benedito ve ark., 2001), şeker-su (Resa ve ark., 2004), alkol-su (Resa ve ark., 2005; Vatandas ve ark., 2006), zeytinyağı üretim tesislerinden çıkan atıklar içerisindeki yağ miktarının tayini (Benedito ve ark., 2004) gibi değişik gıda ve sıvıların karışım içerisindeki oranlarının tahmin edilmesine yönelik çalışmalar literatürde bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı sıvılarda sıcaklığa bağlı olarak ultrasonik hız ölçümü yapmaya uygun otomatik bir ölçüm düzeneğinin geliştirilmesi ve çeşitli sıvıların ultrasonik hız ölçümlerinin yapılmasında kullanılarak test edilmesidir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Sıcaklığa bağlı olarak sıvılarda ultrasonik hız değerlerini ölçmeye yönelik geliştirilen ölçüm sistemi direkt geçiş (through transmission) ölçüm metoduna göre çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Ölçüm sistemi iki ultrasonik dönüştürücü, bir ölçüm ünitesi, GPIB (general purpose interface bus) bağlantılı bir dijital osiloskop, ultrasonik sinyal üretici, bir elektrikli ısıtıcı, iki adet sıcaklık algılayıcısı ile bir bilgisayar ve bilgisayar programından oluşmaktadır (Şekil 1).

Örnek sıvının içerisine konulduğu ölçüm ünitesi alüminyum ve akrilik malzemelerden imal edilmiştir. Ölçüm ünitesinin ana gövdesi 20x77x80 mm boyutlarında bir alüminyum plakadan yapılmıştır. Alüminyum plaka ortada olacak şekilde iki yanına yerleştirilen akrilik plakaların ortasına iki adet ultrasonik dönüştürücü aralarındaki mesafe 31,271 mm olacak şekilde karşılıklı olarak yerleştirilmiştir. İki dönüştürücü arasındaki bu mesafe 20 °C'deki saf suyun literatürde verilen ultrasonik ses hızı (1482,3 m/s) (Kaye ve Laby, 1986) değerinden yararlanılarak doğrulanmıştır. Dönüştürücülerin akrilik plakalara temas eden kenarları silikonlanarak sızdırmazlık sağlanmıştır. İmal edilen ölçüm ünitesinin kapasitesi 80 ml'dir. Ayrıca 30 W'lık kalem tipi elektrikli bir ısıtıcının yerleştirilebilmesi için ölçüm ünitesinde kullanılan alüminyum plakanın ve ölçüm ünitesi altına yerleştirilen iki milimetre kalınlığında 15 cm çapındaki pirinç plakanın ortasından birer oyuk açılmıştır. Örnek sıvı ölçüm ünitesine atmosfere açık olan üst kenardan konulmaktadır. Ayrıca alüminyum plakanın bir yanına 3 cm aralıkla iki adet sıcaklık algılayıcı (LM35) örnek sıvı ile temas edecek şekilde düşey ekseninde yerleştirilmiştir. Bu algılayıcıların besleme gerilimleri 5 V, kazanç katsayıları +10.2 mV/°C ve ölçüm aralığı ise -55 °C ile +150 °C'dir.



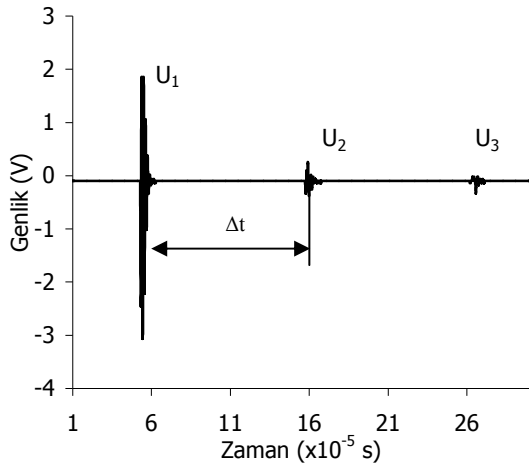
Şekil 1. Araştırmada kullanılmak üzere geliştirilen ultrasonik ölçüm düzeneğinin şematik görünüşü (T_1 , T_2 : sıcaklık algılayıcılarını göstermektedir).

Sıcaklık ölçümlerinin bilgisayar aracılığıyla gerçekleştirilebilmesi için NI-USB 6008 veri algılama kartı (National Instruments, Mopac Expwy, Austin, TX, USA) kullanılmıştır. Sıcaklık algılayıcılarından veri algılama kartı aracılığıyla elde edilen gerilim değerleri kazanç katsayısı ile çarpılarak sıcaklık bilgisine dönüştürülmüştür. Ultrasonik hız ölçümünde iki adet 1 MHz geniş bant (broadband) merkez frekansına (central frequency) sahip 38 mm çapında daldırma yöntemine (örnek sıvı ile temas ederek ölçüm yapan) göre çalışan dönüştürücüler (Panametrics V392, Waltham, MA, USA) kullanılmıştır. Ultrasonik dönüştürücülerin birinin ses dalgası (pulse) üretebilmesi, diğerinin ise üzerine gelen ses dalgasını elektriksel sinyale dönüştürebilmesi için bir sinyal üreticiden (Panametrics 500 PR, Waltham, MA, USA) yararlanılmıştır. Sinyal üretici iki dönüştürücü kullandığında birinin verici (transmitter) diğerinin ise alıcı (receiver) olarak çalıştırılmasına olanak verebilmektedir. Sinyal üretici üzerinden, gönderilen dalgaların frekansı, gürültü kontrolü ve kazanç faktörleri ayarlanabilmektedir. Sinyal üretici ile dönüştürücüye gönderilen ve alınan sinyaller iki kanallı bir dijital kayıt osiloskobu (Tektronix TDS 3032, Tektronix Inc., Wilsonville, OR, USA) ekranında görüntülenmektedir. Dijital osiloskop GPIB bağlantısı ile 866 MHz işlemci hızına sahip bir kişisel bilgisayara bağlanmıştır. Osiloskobun sinyali algılaması esnasında

oluşabilecek gürültü hatalarını önlemek için 512 ses dalgası ölçülerek ortalamaları osiloskop ekranına yansıtılmıştır. Osiloskop ekranında görüntülenen tipik bir ultrasonik dalga formu Şekil 2’de verilmiştir.

Otomatik sıcaklık ve ultrasonik hız ölçümlerinin bilgisayar aracılığıyla yapılabilmesi, görüntülenmesi ve kayıt edilmesi için Labview 8.0 (National Instruments, Mopac Expwy, Austin, TX, USA) ortamında yazılmış bir program kullanılarak analiz edilmiş ve veriler bilgisayarda depolanmıştır. Geliştirilen programa ait akış şeması Şekil 3’de görülmektedir. Buna göre program başlatıldıktan sonra, T_i (karşılaştırmada kullanılacak ilk sıcaklık değeri, °C), T_f (ölçümlerin sonlandırılacağı son sıcaklık değeri, °C), i (sıcaklık ölçüm sıklığı, °C), d (dönüştürücüler arasındaki mesafe, m) değerleri girilmektedir. Bu değerler girildikten sonra program bir “while” döngüsüne girmektedir. “While” döngüsünün sonlanma koşulu $T_c = T_f$ ’dir. Burada T_c ölçüm ünitesi yan yüzeyine yerleştirilmiş iki sıcaklık algılayıcısından alınan sıcaklık değerlerinin ortalamasını göstermektedir. Eğer okunan T_c değeri T_i -i değerine eşit değilse sıcaklık ölçümü devam etmektedir, ancak dalga formu bilgisayara aktarılmamakta, eşit ise Osiloskop ekranında görülen dalga formu bilgisayara “binary” dosya olarak aktarılmaktadır. Bilgisayara aktarılan dalga formu “binary” dalga formundan ASCII formuna dönüştürülmektedir. Dönüştürülen ultrasonik dalga formunda görülen (Şekil 2) birinci ve ikinci yansının maksimum olduğu zaman değerleri (t_1) ve (t_2) bulunmaktadır.

Geliştirilen program çıktılarında, ses hızı y ekseninde, ses hızının ölçüldüğü sıcaklık ise x ekseninde olacak şekilde veriler bilgisayar ekranında görüntülenmekte ve bir dosyaya kaydedilmektedir. Daha sonra, program sonlandırma koşulu kontrol edilmekte, eğer ($T_c = T_f$) koşulu gerçekleşmişse program sonlanmakta; gerçekleşmemişse yeni sıcaklık değeri okunarak döngü içerisindeki işlemler devam etmektedir.

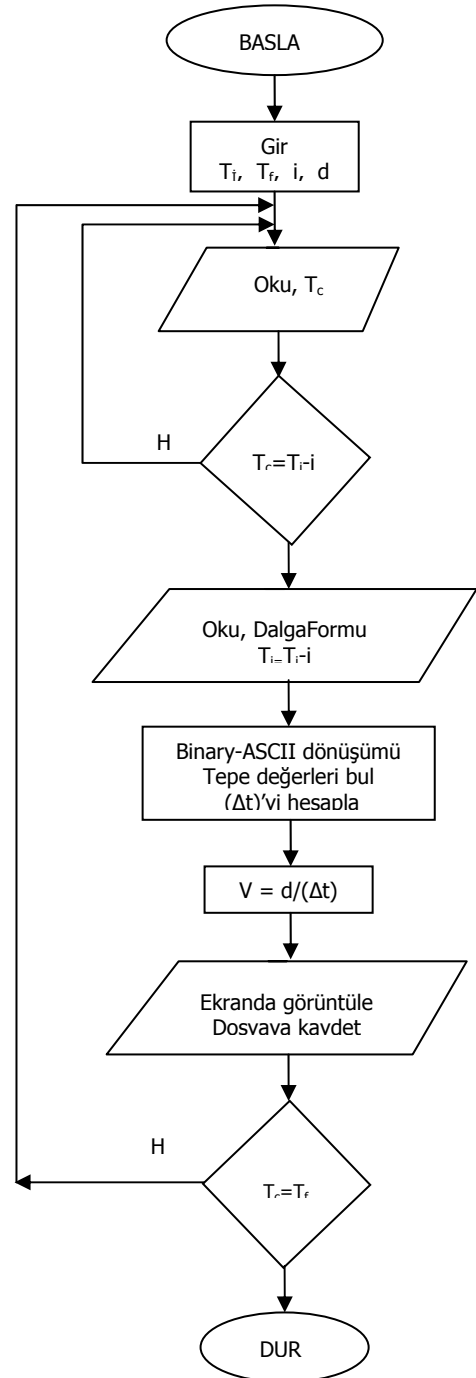


Şekil 2. Osiloskop ekranında elde edilen tipik bir ultrasonik dalga formu ve ultrasonik hız ölçümü için kullanılan genlikler

Ultrasonik Ölçüm Düzeneğinin Test Edilmesi

Geliştirilen ultrasonik hız ölçüm düzeneği saf su, etanol, metanol ve kanola yağı gibi sıvıların sıcaklığa bağlı ultrasonik hız değerlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Ultrasonik hız değerleri ölçülecek bu sıvılar +4 °C sıcaklığa ulaşana kadar buzdolabında soğutulduktan sonra 80 ml örnek alınarak ölçüm ünitesine konulmuştur.

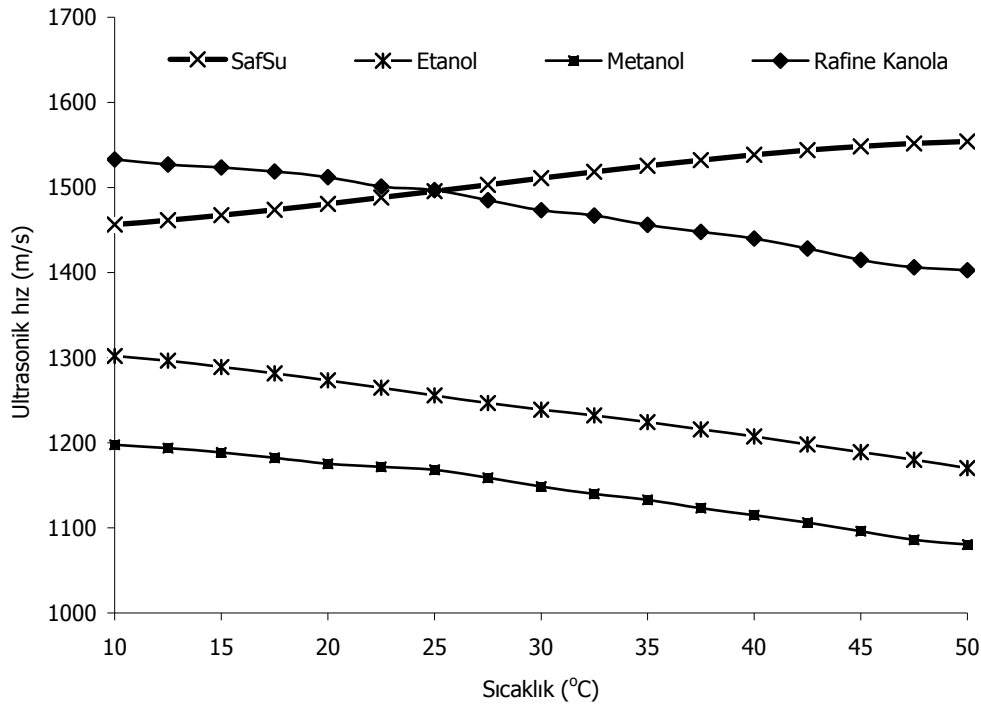
Ölçüm ünitesi altına yerleştirilen ısıtıcı ile örnek 50 °C'ye kadar ısıtılmıştır. Isıtma esnasında her 2,5 °C'de bir ultrasonik hız ölçümü yapılarak sıcaklık değerleri ile birlikte bir dosyaya kayıt edilmiştir.



Şekil 3. Sıcaklığa bağlı ultrasonik hız ölçümlerinde kullanılmak üzere geliştirilen programa ait akış diyagramı

Saf su, etanol, metanol ve kanola yağı için ölçülen ultrasonik hız değerlerinin sıcaklığa bağlı değişimi Şekil 4'de görülmektedir. Saf sudaki ultrasonik hız değeri sıcaklık arttıkça artarken, etanol, metanol ve kanola yağında sıcaklık arttıkça azalmıştır. Aynı sıcaklıkta etanol ve metanol için ölçülen ultrasonik hız değerleri arasında ortalama 94,4 m/s hız farkı görülmektedir. Bu farkın iki alkolün özgül ağırlıkları (etanol 13,3 °C'de 0,747 g/cm³ ve metanol 20 °C'de 0,790 g/cm³) arasındaki farktan ileri geldiği düşünülmektedir. Saf su ve alkoldeki ultrasonik hız değerlerinin sıcaklık artışı ile farklı seyir göstermesi, alkol-su karışımlarındaki karışım oranlarının tahmin edilmesinde kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Nitekim alkol (etanol) oranları önceden bilinen çeşitli alkollü sıvılar üzerinde yapılan sıcaklığa bağlı ultrasonik hız ölçümleri Vatandaş ve ark. (2006) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmadan yola çıkılarak, alkol oranı bilinmeyen bir alkollü içkideki alkol oranının sıcaklığa bağlı ultrasonik hız ölçümleriyle tahmin edilebilmesi olanaklı hale getirilebilecektir. Koç ve Vatandaş (2006) yukarıda belirtilen ultrasonik ölçüm düzeneğini kullanarak, 5 °C ile 50 °C arasında ısıtma ve soğutmaya maruz bırakılan çeşitli sıvıların ultrasonik hız değerlerini ölçmüşlerdir. Isıl çevrim altındaki sıvılarda, aynı sıcaklıkta ısıtırken ölçülen ultrasonik hız değerinin soğuturken ölçülen ultrasonik hız değerinden farklı olduğunu (ultrasonik hız histerezisini) tespit etmişlerdir. Biyo-proseslerde ve gıda üretiminde sıkça yer alan sıvı gıdaların ısıl çevrimlerinde histerezis varlığının belirlenmesi, ultrasonik ölçüm metodunun bu işlemlerde daha doğru kullanımı ve hassas kontrol uygulamalarının geliştirilmesi bakımından önemlidir.



Şekil 4. Saf su, etanol, metanol ve kanola yağı üzerinde ölçülen ultrasonik hız değerlerinin sıcaklıkla değişimi

SONUÇ ve ÖNERİLER

Sıvıların karakterizasyonu ve başka sıvılarda karışım oranlarının belirlenmesinde kullanılan ultrasonik hız değerleri, sıvıların yoğunluğu ve sıkıştırılabilirliği yanında sıcaklıkla değişmektedir. Bu nedenle ultrasonik hız değerlerinin ölçüm yapılan sıcaklık değeriyle birlikte ifade edilmesi gereklidir. Sıvıların sıcaklığına bağlı olarak otomatik ultrasonik hız ölçümleri yapabilecek bir

düzenek bu çalışmada geliştirilmiştir. Geliştirilen düzenek çeşitli sıvıların sıcaklığa bağlı ultrasonik hız değerlerinin ölçümünde başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Geliştirilen düzenek, bazı alkollü içkiler içerisindeki alkol tipi (metanol, etanol) ve alkol oranı ve değişik sıvı yağ karışımları içerisindeki yağların oranlarının belirlenmesinde kullanılabilecektir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Benedito J., J. A. Carcel, C. Rossello, A. Mulet, 2001. Composition assessment of raw meat mixtures using ultrasonics. *Meat Science*, 57:365-370.
- Benedito J., A. Mulet, G. Clemente, J.V. Garcia-Perez, 2004. Use of ultrasonics for the composition assessment of olive mill wastewater (alpechin). *Food Research International*, 37(6):595-601.
- Chanamai R., D.J. McClements, 1999. Ultrasonic determination of chicken composition. *J. Agric. Food Chem.*, 47:4686-4692.
- Ghaedian R., J. N. Coupland, E.A. Decker, D. J. McClements, 1998. Ultrasonic determination of fish composition. *J. Food Engineering*, 35:323-335.
- Hykes, D.L, W. R. Hedrick, D. E. Starchman, 1992. *Ultrasound physics and instrumentation*. Second Edition. Mosby-Year Book, Inc., St.Louis, Missouri. Pp. 5-23.
- Kaye, G. W. C., T. H. Laby, 1986. *Tables of Physical and Chemical Constants- and Some Mathematical Functions*. Longman, London and New York. (In *Instrumentation and Sensors for the Food Industry* Editor : Erika Kress-Rogers).
- Koç, A.B. ve M. Vatandaş (2006). Ultrasonic velocity measurements on some liquids under thermal cycle : Ultrasonic velocity hysteresis. *Food Research International*, 39:1076-1083.
- McClements, D. J., 1997. Ultrasonic characterization of Foods and Drinks : Principles, Methods, and Applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37(1) :1-46.
- Resa P., L. Elvira, F. M. Espinosa, 2004. Concentration control in alcoholic fermentation processes from ultrasonic velocity measurements. *Food Research International*, 37:587-594.
- Resa P., L. Elvira, F.M. Espinosa, Y. Gomez-Ullate, 2005. Ultrasonic velocity in water-ethanol-sucrose mixtures during alcoholic fermentation. *Ultrasonics*, 43: 247-252.
- Vatandas, M., A.B. Koc ve C. Koc, 2006. Ultrasonic velocity measurements in ethanol-water and methanol-water mixtures. *Eur Food Res Tech*. DOI 0.1007/s00217-006-0448-0