

## Çiftlik Tipi Süt Soğutma Tanklarının Performans Değerlerinin Deneysel Olarak Belirlenmesi

Tuncay GÜNHAN, Vedat DEMİR, Hamdi BİLGİN

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, 35100-Bornova/İzmir  
tuncay.gunhan@ege.edu.tr

**Özet:** Çiğ süt, önemli bir çok gıda maddesinin hammaddesini oluşturmaktadır. Çiğ sütün işleninceye dek soğutulmuş olarak muhafazası, genellikle uygulanan bir yöntemdir. Bu amaçla kullanılan süt soğutma tanklarının teknik açıdan performansının; süt kalitesi, işletme kapasitesi, işletmenin süt satış stratejisi, işletme enerji gereksinimi ve işletme verimliliği ile doğrudan veya dolaylı bir şekilde ilişkisi bulunmaktadır. Süt soğutma tanklarının teknik özelliklerinin ve performans değerlerinin uygunluğunun belirlenmesinde, ulusal ve uluslararası standartlardan yararlanılmaktadır. Süt hayvancılığı işletmelerinde kullanılacak süt soğutma tankının uygun teknik değerlere sahip olması ve bu değerlerin standartlara uygun olması büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, standartlara uygun süt soğutma tankı performans deneyleri, koşulları ve değerlendirmelerinin ayrıntılı olarak tanıtılması amaçlanmıştır. Bu amaçla Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü "Çiftlik Tipi Süt Soğutma Tankları Deneme Laboratuvarı"nın tanıtılmasının yanısıra uygulanan deney ve değerlendirmeler açıklanmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Süt soğutma tankları, soğutma performansı

### Experimental Determination of Performances of Farm Type Bulk Milk Coolers

**Abstract:** Raw milk constitutes raw materials of numerous important foodstuffs. Conservation of raw milk by cooling until processing is a very common method. Performance of milk cooling used for this purpose, is directly or indirectly related to milk quality, enterprise capacity, milk selling strategy, energy requirement and productivity of enterprise. To determine technical specifications of milk cooling tank and to evaluate its performance, national and international standards were used. Having a proper technical values and suitability of these values to the standards are very important.

In this study, detailed introduction of proper milk cooling tank experiments according to the standards, their conditions and their evaluations are aimed. For this purpose, beside the introduction of department's experimental laboratory for farm type milk cooling tank, applied experiments and their evaluations were described.

**Key words:** Milk cooling tank, cooling performance

### GİRİŞ

Dünyadaki en besleyici maddelerden biri olan sütün içerisinde yararlı ve zararlı birçok bakteri, maya ve küf mantarları bulunmaktadır. Süt içerisinde bulunan bu bakteri ve canlıların tamamının zararlı olduğu söylenemez. İçerisinde süt işleme teknolojisinde kullanılan süt asidi bakterileri gibi yararlı bakteriler de bulunmaktadır. Tüm canlılar gibi bu bakteriler de uygun ortamı (besin maddesi, uygun sıcaklık vs.) bulduklarında çoğalmaya başlarlar. Bu çoğalma sadece yararlı bakterilerde değil, tüm bakterilerde, özellikle sütün işlenmesi sırasında

istenmeyen zararlı bakterilerde de görülmektedir. Bakteriler bölünerek çoğalan canlılar olduğundan uygun ortam koşullarını bulan bakterilerin sayıları zaman ilerledikçe logaritmik bir şekilde artmaktadır (Kleinschroth et al., 1994; Kınık, 2002). Bakterilerin bölünerek çoğalma süresi bakterinin tipine ve ortam sıcaklığına göre değişmektedir. Sütteki tüm bakteriler dikkate alındığında bu süre ortalama 1 saat kadardır. Ancak içlerindeki bazı bakterilerin (koli-bakterileri) iki katına çıkma süresi uygun koşullarda 20 dakika gibi kısa bir süredir. Zararlı bakteriler yararlı bakterilere

göre hem daha hızlı çoğalmakta ve hem de yararlı bakterilerin çoğalamadıkları düşük sıcaklıklarda yavaş da olsa çoğalabilmektedirler (Worstorff, 1994a).

Çiğ sütün bakteri içeriği 1 mL sütte ne kadar mikroorganizma olduğunu göstermektedir. 2000 yılında yayınlanan "Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği" ne göre çiftlikten işletmeye gidecek çiğ inek sütünün 1 mililitresindeki bakteri sayısının 100 000'den az, somatik hücre sayısının 500 000'den az olması gerekmektedir (Kınık, 2002).

Sütteki bakteri sayısının artması 3 etmene bağlıdır. Bunlar;

- ✓ Başlangıç bakteri içeriği,
- ✓ Bakteri cinsi,
- ✓ Ortam (süt) sıcaklığı'dır.

Başlangıç bakteri sayısının ve muhafaza sıcaklığının çiğ sütün son bakteri sayısına etkisi Çizelge 1'de görülmektedir.

**Çizelge 1. Muhafaza sıcaklığının ve başlangıç bakteri sayısının 24 saat muhafaza sonundaki bakteri sayısına etkisi (Kleinschroth et al., 1994)**

Muhafaza Sıcaklığı (°C)	Başlangıç bakteri sayısı	24 saat muhafaza sonrası bakteri sayısı
4-5	4 000	5 000
16		1 500 000
4-5	150 000	300 000
16		27 000 000

Çizelgeden görüldüğü gibi düşük başlangıç bakteri sayısına sahip sütün 4-5°C'de muhafaza edilmesi sonucu bakteri sayısında 24 saat sonunda %25 artış olurken, başlangıç bakteri sayısı yüksek olan süt 4-5 °C'de muhafaza edilse bile aynı süre sonunda bakteri sayısı %100 oranında artarak iki katına çıkmaktadır. Oda sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta aynı süre muhafaza edilen sütlerdeki bakteri sayısındaki artışlar çok daha fazla olmaktadır. En kötü durum yüksek başlangıç bakteri sayısındaki sütlerin oda sıcaklığında muhafaza edilmesi sonucu ortaya çıkmıştır (Kleinschroth et al., 1994). Bu nedenle, süt hayvancılığı işletmelerinde çiğ süt hemen işlenmeyip muhafaza edilecekse soğutulması gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak, sütü uygun sürede istenilen

sıcaklık düzeyine, dondurmada soğutabilen ve izin verilen sıcaklık artış sınırını aşmadan soğuk olarak muhafaza edebilen kaplara "Çiftlik Tipi Süt Soğutma Tankları" adı verilmektedir.

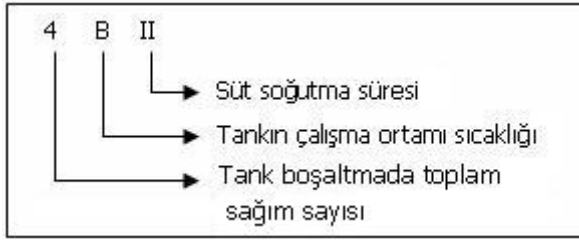
Sütün işleme tesisine ulaştırılana kadar içerisindeki bakteri sayısının belli sınır değerlerinin altında kalmasının sağlanması, sağımın bitiminden sonraki 2 saat içinde sütün uygun saklama sıcaklığına kadar soğutulmasıyla sağlanabilir. Bu işlem gerçekleştirilirken de sütün içeriğine ve bileşimine zarar verilmemesi gerekmektedir. Tüm bunlar belli teknik ve işlevsel yönden standartları sağlayan süt soğutma tankları ile gerçekleştirilebilmektedir (Vogt, 1972; Worstorff, 1994b; Ordolff, 2000).

Süt soğutma tanklarının teknik açıdan performansının; süt kalitesi, işletme kapasitesi, işletmenin süt satış stratejisi, işletme enerji gereksinimi ve işletme verimliliği ile doğrudan veya dolaylı bir şekilde etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle işletmeye konulacak bir süt soğutma tankının uygun teknik değerlere sahip olup olmadığı, yapılacak belirli inceleme, deneme ve ölçümlerle ortaya konması büyük önem taşımaktadır.

Süt soğutma tanklarının teknik özelliklerinin ve performans değerlerinin uygunluğunun belirlenmesinde, "Çiftlik Tipi Süt Soğutma Tankı" adlı Avrupa ve Türkiye Standartları (EN 13732 ve TS EN 13732) kapsamında belirtilen esaslardan yararlanılmaktadır (Anonymous, 2002a, 2002b, 2005).

Süt soğutma tankları üretici firma tarafından içerisine doldurulmasına izin verilen ve "beyan hacmi" olarak adlandırılan süt dolom kapasitelerine göre sınıflandırılmakta ve "Litre" birimiyle 500 L, 1000 L, 1800 L, 6000 L şeklinde ifade edilmektedir.

EN 13732 ve TS EN 13732'ye göre süt soğutma tankları; soğutma performans sınıfı olarak tank boşaltılıncaya kadar (tankı dolduran) toplam sağım sayısına, çalışma ortamı sıcaklığına ve tanka konulan sütün soğutma süresine göre sınıflandırılmaktadırlar. Söz konusu sınıflandırma bilgileri sırasıyla her soğutma tankının özelliğini ortaya koymakta ve etiket bilgilerinde yer alması gerekmektedir. Örneğin; 2 A III, 4 B II, 2 C I vb. Bu işaretleme ile ilgili açıklamalar Şekil 1'de verilmektedir.



**Şekil 1. Süt soğutma tankları soğutma performans sınıfı açıklaması**

### **Tank boşaltmada toplam sağımlık sayısı**

İşletmede tank dolana kadar gerçekleştirilen toplam sağımlık sayısını ifade etmektedir. 2 sağımlık tanklar her gün (24 saatte) boşaltılmakta, 4 sağımlık tanklar 2 günde (48 saatte) bir, 6 sağımlık tanklar 3 günde (72 saatte) bir boşaltılmaktadır. İlk sağımda tank içerisine yaklaşık +35°C sıcaklıkta süt konulacağından ve bu sütün de +4°C sıcaklığa kadar soğutulacağı kabul edildiğinde, bir sonraki sağımda tekrar +35°C sıcaklıkta gelen süt tank içerisinde +4°C sıcaklıktaki sütün üzerine konulup karışacağından, tank içindeki ikinci sağımdan sonraki başlangıç süt sıcaklığı  $35+4=39/2=19.5^{\circ}\text{C}$  olacaktır. Bu prensiple, tank boşaltma frekansına bağlı olarak son sağımlık sonrası tank içindeki sütün başlangıç sıcaklıkları değerleri Çizelge 3'te verilmiştir.

**Çizelge 3. Tank boşaltmada toplam sağımlık sayısı ve son sağımlık tamamlandığında tank içindeki başlangıç süt sıcaklıkları**

Tank boşaltmada toplam sağımlık sayısı	Tank içindeki başlangıç süt sıcaklığı (son sağımlık tamamlandığında)
2	19.5 °C
4	11.8 °C
6	9.2 °C

### **Çalışma ortamı sıcaklığı**

Tankin uygun performansta çalışacağı ortamdaki sıcaklık değeridir. Bu diğer bir ifadeyle tankın denemesinin gerçekleştirileceği deney ortamının sıcaklığını (performans sıcaklığını) da ifade etmektedir (Çizelge 4).

**Çizelge 4. Tank sınıfı ve deney ortamı sıcaklıkları**

Tank sınıfı	Deney ortamı sıcaklığı
A	38 °C
B	32 °C
C	25 °C

### **Süt soğutma süresi**

Denemelerde, tanktaki deney suyunun başlangıç sıcaklığından +4°C sıcaklığa kadar soğutulması için geçen süreyi ifade etmektedir (Çizelge 5). Deney suyunun başlangıç sıcaklığı, ilk sağımlık deneylerinde +35°C olmakta, son sağımlık deneylerinde ise Çizelge 3'de verilen değerler esas alınmaktadır.

**Çizelge 5. Tank sınıfı ve izin verilen en uzun süt soğutma süreleri**

Tank sınıfı	Soğutma süresi (max.) (Başlangıç sıcaklığı °C → +4°C)
0	2.0 h
I	2.5 h
II	3.0 h
III	3.5 h

Standartlar kapsamında denemeye alınan tanklar tank üzerinde öncelikle, fiziksel olarak boyutsal incelemeler gerçekleştirilerek standartlar yönünden doğrulamalar yapılmaktadır. Bu inceleme aşamasından sonra tank, performans kriterleri açısından bir dizi deneye tabi tutulur. Bu deneyler;

- \* ilk sağımlık soğutma performans deneyi,
- \* son sağımlık performans soğutma deneyi,
- \* izolasyon (ısı yalıtım) deneyi,
- \* düşük hacimli soğutma deneyi (buzlanma deneyi),
- \* boşaltma deneyi

olmak üzere beş aşamayı içermektedir. Boşaltma deneyi dışında kalan dört deneyi gerçekleştirmek, ancak özel olarak hazırlanmış, yukarıda açıklanan sınıflandırma kriterlerine uygun ortam havası sıcaklık değerlerinin kontrol edilebildiği özel olarak hazırlanmış hava koşullandırma odalarında, tank sınıflarına göre üst sıcaklık değerleri olan 38, 32 ve 25 °C'lik ortam sıcaklığındaki ve alt sıcaklık değeri olan 5°C'lik ortam sıcaklığındaki hava şartlarında yapılması

gerekmektedir. Bu deney odalarının içerisinde bütün ölçüm noktalarından gelen verilerin standartlarda belirtilen koşullara uygun olarak kayıt edilebildiği özel veri toplama düzenleri de bulunmalıdır. Söz konusu deneyleri gerçekleştirmek amacıyla Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde "Süt Soğutma Tankı Deneme Laboratuvarı" hazırlanmıştır. Denemelerde, standartlarda belirtilen şekilde soğutulan sütü temsilen "deney suyu" kullanılmaktadır. Ayrıca, kurulan deney laboratuvarının şu an için 5°C'lik ortam sıcaklığındaki deneylerin yapılmasına henüz uygun değildir.

Bu makalede, hazırlanan süt soğutma tankı deneme laboratuvarının tanıtılması, süt soğutma tanklarının performans değerlerinin belirlenmesi için deneme ve değerlendirme aşamaları bir deneme düzeni örneğinde açıklanmıştır.

## **SÜT SOĞUTMA TANKI DENEME LABORATUVARINI OLUŞTURAN KISIMLAR**

Süt soğutma tankları deneme laboratuvarı, deneme odası, su iletim ve boşaltma hattı, enerji ünitesi ve enerji analizörü ile veri toplama ve değerlendirme araçları olmak üzere başlıca dört ana bölümden oluşmaktadır.

### ***Deneme Odası***

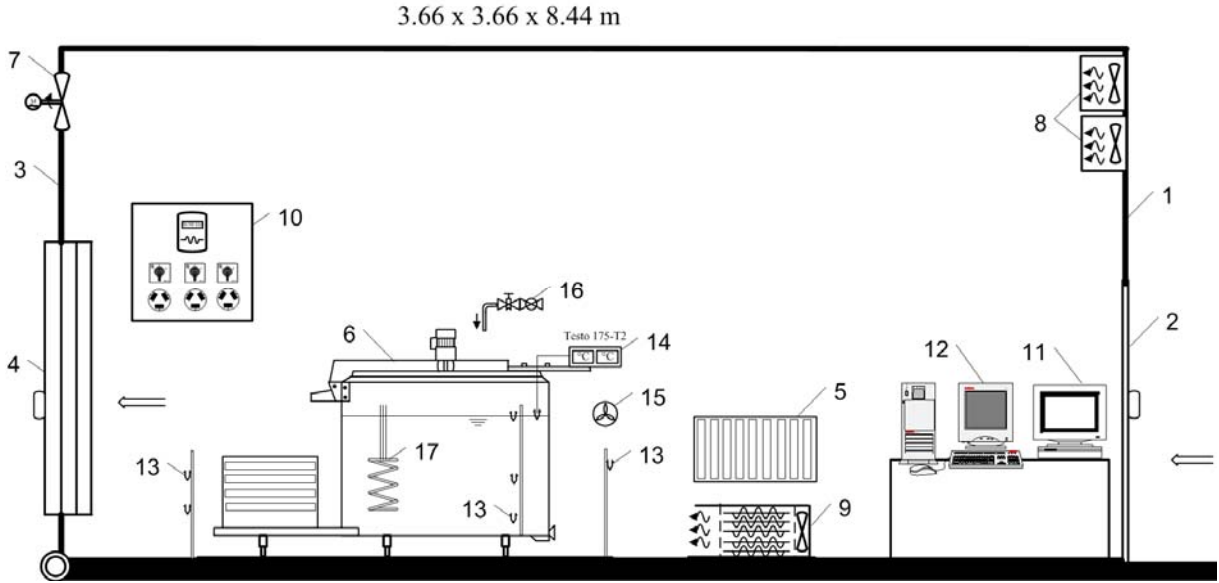
Denemeler Çizelge 4'de belirtildiği gibi standartlar kapsamında tankın ait olduğu sınıfa göre ortam sıcaklığındaki hava şartlarında yapılmaktadır. Bu nedenle tüm denemeler süresince, dış ortam hava şartlarına bağlı olmadan, istenen hava koşullarının kontrollü olarak sağlanması amacıyla çatısı 3" çaplı borulardan oluşan, 3.66×3.66×8.44 m boyutlarında bir hava koşullandırma odası hazırlanmıştır. Hazırlanan süt soğutma tankları deneme düzeninin genel şeması ve içerdiği ana parçalar Şekil 2'de verilmiştir. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Deneme Laboratuvarında hazırlanan bu odanın yüzeyleri 11 mm kalınlığındaki ısı yalıtım özelliği oldukça yüksek olan sıkıştırılmış yonga parçaları ile imal edilmiş olan OSB malzeme ile kaplanmıştır. Ayrıca kaplama malzemesinin ek yerleri sızdırmazlığı arttırmak amacıyla yapışkanlı alüminyum folye ile kaplanmış, köşe birleştirme yerlerindeki açıklıklar ise özel izolasyon malzemesi ile kapatılarak sızdırmazlık sağlanmıştır. Deney odasının dar yüzeylerinden birisi

üzerinde, tankların oda içerisine giriş çıkışının sağlanması amacıyla 3.7×2.5 m boyutlarında bir kapı bulunmaktadır. Deney görevlilerinin içeri giriş çıkışları için, diğer dar yüzey üzerinde 0.9×1.9 m boyutlarında bir başka kapı bulunmaktadır.

### ***Deney Odası Ortam Havası Şartlarının Oluşturulması***

Denemeler süresince oda havasının istenen sıcaklıkta kalmasını sağlayabilmek için içinde her biri 0.8 kW gücünde 24 adet elektriksel ısıtıcı bulunan bir kanaldan fan yardımıyla üflenmektedir. Elektriksel ısıtıcılar 12'li gruplar halinde, bilgisayardaki veri toplama ve kontrol kartları ile otomasyon yazılımı tarafından kumanda edilen iki ayrı kontaköre bağlanmıştır. Standartta belirtildiği şekilde denemeye alınan süt soğutma tankının etrafında uygun noktalara yerleştirilen sıcaklık ölçme telleri (thermocouple) yardımıyla algılanan hava sıcaklığı değeri esas alınarak, bilgisayar yardımıyla, her bir ısıtıcı üniteye birbirinden bağımsız olarak kumanda edilerek koşullandırma odası havasının istenen sıcaklık şartlarında ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) sabit kalması sağlanmaktadır. Bu ısıtıcıların yeterli olmadığı koşullarda, odanın uygun yerine yerleştirilen 34.6 MJ/h (32800 Btu/h) ısıtma, 29.9 MJ/h (28300 Btu/h) soğutma kapasitesine sahip 2 adet klima ünitesinin uygun sıcaklık değerlerine ayarlanmasıyla koşullandırma odası havasının istenen sıcaklık şartlarında ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) sabit kalması sağlanmaktadır. Ayrıca klima ünitesinden ortam sıcaklığının yüksek olduğu durumlarda ise soğutma konumuna ayarlanarak, koşullandırma odası havasının yine istenen sıcaklık şartlarında ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) sabit kalması sağlanmaktadır.

Koşullandırma odasına tankların kolayca girişinin sağlanması amacıyla hazırlanan tank giriş kapısı üzerinde 1.20×1.95 m boyutunda bir açıklık hazırlanmış ve bu açıklığın kenarlarından geçecek şekilde brandadan bir hava çıkış körüğü hazırlanmıştır. Koşullandırma odası içerisine konulan 4000 L'den daha büyük hacimli tanklara ait kondenserlerden çıkan sıcak havanın, odanın istenen sabit deney ortamı sıcaklığını değiştirmesini önlemek amacıyla, kondenserin hava çıkışları körük yardımıyla kaplanarak çıkan sıcak hava doğrudan körük yardımıyla dışarı atılmaktadır.



- |   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
| 1 Hava şartlandırma odası               | 7 Havalandırma fanı                        | 13 Sıcaklık ölçü telleri  |
| 2 Giriş kapısı                          | 8 Klima ünitesi                            | 14 Sıcaklık ölçer         |
| 3 Tam açılır tank giriş kapısı          | 9 Hava ısıtma ünitesi                      | 15 Hava hızı ölçer        |
| 4 Kondenser havası çıkış tünelli körüğü | 10 Enerji panosu ve analizörü              | 16 Su girişi ve su sayacı |
| 5 Açılır kapanır hava giriş kanalları   | 11 Veri giriş ve kontrol bilgisayarı       | 17 Su ısıtıcı             |
| 6 Süt tankı                             | 12 Enerji analizörü veri kayıt bilgisayarı |                           |

**Şekil 2. Deney düzeninin şeması ve içerdiği ana parçalar**

Deney odası hava sıcaklığının deney için belirlenen değerin üzerine çıkması durumunda çalıştırılarak, oda içindeki sıcak havanın tahliyesi amacıyla tank giriş kapısı üzerine bir aspiratör yerleştirilmiştir. Bu aspiratör, oda içi sıcaklık değerlerine göre bilgisayardan komutlarını alarak çalışıp durmakta ve iç sıcaklığın  $\pm 1^\circ\text{C}$  sınırlarında istenen değerleri aşmasını önlemektedir.

### **Deneme Suyu ve Su Debisi Ölçümü**

Denemeler esnasında soğutulmuş sütü temsil eden kullanılan deney suyu, üzerinde vana ve 0.01 L ölçüm aralığına sahip su sayacı bulunan bir boru hattından geçirilerek günlük sağım sayısına ve yapılacak deney kriterlerine uygun olarak tank içerisine doldurulmaktadır. Su sayacının ölçüm doğruluğu, denemelerden önce ölçülü kap yöntemi ile sınanmış ve güvenilir bir hassasiyetle çalıştığı belirlenmiştir. Deneme sonucu tank içerisindeki su bir boşaltma borusu yardımıyla oda dışındaki bir su kanalına akıtılmaktadır.

Tank içerisindeki deneme suyunun sıcaklığının Çizelge 3'de verilen değerlerde olabilmesi, özel olarak hazırlanmış izolasyonlu 4.5 kW gücündeki 3 adet daldırma tip elektrikli su ısıtıcıları yardımıyla sağlanmaktadır. Isıtma sırasında tank içerisindeki suyun sıcaklığı, tank üzerindeki kontrol panelinden ve daldırma tip proba sahip Testo 175-T2 (Testo GmbH & Co, Germany) sıcaklık ölçme cihazı yardımıyla sürekli olarak ölçülmekte ve istenen su sıcaklığı sağlandıktan sonra denemelere başlanmaktadır.

### **Hava Hızı Ölçümü**

Tank çevresinden geçen hava akımının hızı ise,  $0.1 \text{ ms}^{-1}$  ölçüm aralığı olan pervaneli bir anemometre ile ölçülmektedir. Kullanılan anemometrenin ölçüm doğruluğu Testo 400 (Testo GmbH&Co, Germany) hava hızı ölçme duyargası ile zaman zaman kontrol edilmekte ve anemometre değerleriyle aralarında önemli bir farklılık olup olmadığı sınanmaktadır.

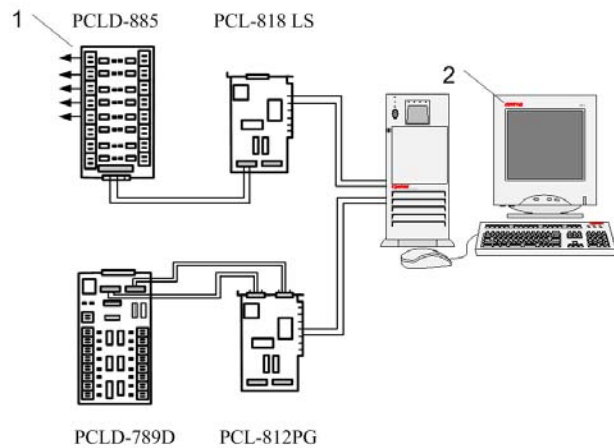
### **Sıcaklık Değerlerinin Ölçümü**

Standartlarda belirtilen şekilde, Çizelge 4'te verilen tank sınıflarına göre hazırlanan deney odasının ortam sıcaklığı ile Çizelge 3'te verilen tank sınıflarına göre hazırlanan tank içerisindeki deneme suyu sıcaklığı değerlerini ölçmek amacıyla T tipi (bakır-konstantan) sıcaklık ölçüm tellerinden yararlanılmaktadır. Ortam havasının sıcaklığı tankın yarı yüksekliği seviyesinde, tanktan standartta belirtildiği uzaklıkta yerleştirilen 4 adet sıcaklık algılayıcısı ile ölçülmektedir. Ayrıca, kondenserden belirli uzaklığa yerleştirilen 2 adet sıcaklık algılayıcısı ile kondensere giren hava sıcaklığı ölçülmektedir. Tank içerisindeki suyun sıcaklığı, standartta belirtildiği üzere 3 farklı noktaya yerleştirilen sıcaklık algılayıcılarıyla ölçülmektedir.

Ayrıca, deney odasının ortam sıcaklığı ve tank içerisindeki suyun sıcaklığı, cihaz içi ve dört adet proba sahip veri kayıt özelliği bulunan Testo 177-T4 (Testo GmbH&Co, Germany) sıcaklık ölçme cihazı ile sürekli ölçülmekte ve standartların ön gördüğü 1 dakika süre aralığıyla kaydedilmektedir.

### **Bilgisayarlı Veri Akış ve Kontrol Ünitesi**

Bilgisayarlı veri akış ve kontrol ünitesi, bir bilgisayar, Advantech (Advantech Automation Corp., USA) marka PCL 818LS analog/dijital çevirici karta bağlı PCLD 885 röle kartı ile yine aynı marka PCL 812PG analog/dijital çevirici karta bağlı 16 kanallı PCLD 789D sinyal giriş ve çoğaltıcı kartlarından oluşmaktadır (Şekil 3).



1- Veri toplama ve kontrol kartları 2- Değerlendirme ve otomasyon bilgisayarı

**Şekil 3. Veri akış ve kontrol düzeni**

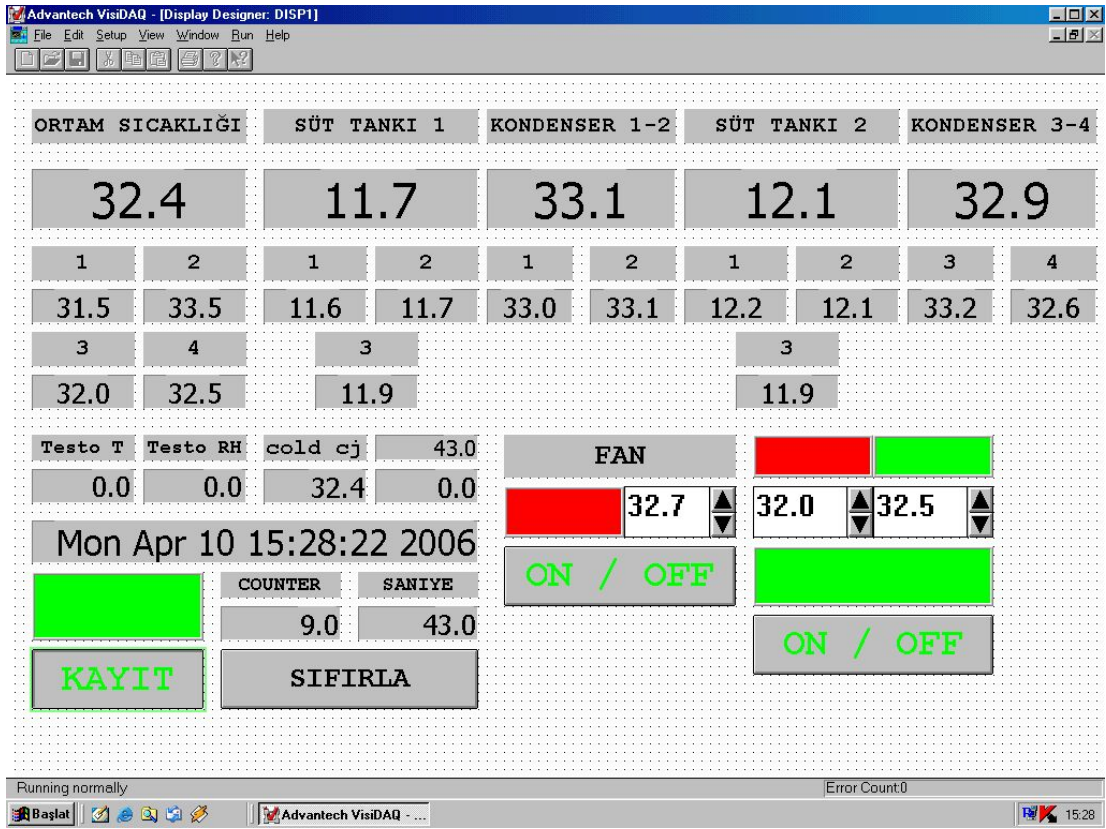
Soğutma ve izolasyon denemelerine başlandığında ortam havasının, kondensere giren havanın ve tank içerisindeki suyun sıcaklıklarını kayıt etmek ve ortam havasının istenen sıcaklıkta kalmasını sağlayabilmek için, "Advantech" firmasının veri akış, kontrol kartları ve "VisiDAQ" veri akış yazılımıyla, veri algılama ve değerlendirme stratejisi oluşturulmuştur (Şekil 4). Hazırlanan strateji ile deneme odasına konulabilecek uygun büyüklüklerdeki iki adet tank denemesinin aynı anda gerçekleştirilmesi mümkün olabilmektedir.

Hazırlanan strateji ile sıcaklık ölçüm tellerinden gelen veriler ve ölçüm anı, 1 dakika aralıklarla bilgisayara sürekli kayıt edilmektedir. Ayrıca, yazılım üzerinde oluşturulan çeşitli stratejiler ile belirli bir zaman diliminde her sıcaklık ölçme telindeki ölçüm değerlerinin ortalaması ile çeşitli ölçüm noktalarından algılanan bu ortalama değerlerin de ortalaması alınarak ortam havası, kondenser giriş ve tank ortalama sıcaklık değerleri görüntülenerek kaydedilmektedir (Şekil 4).

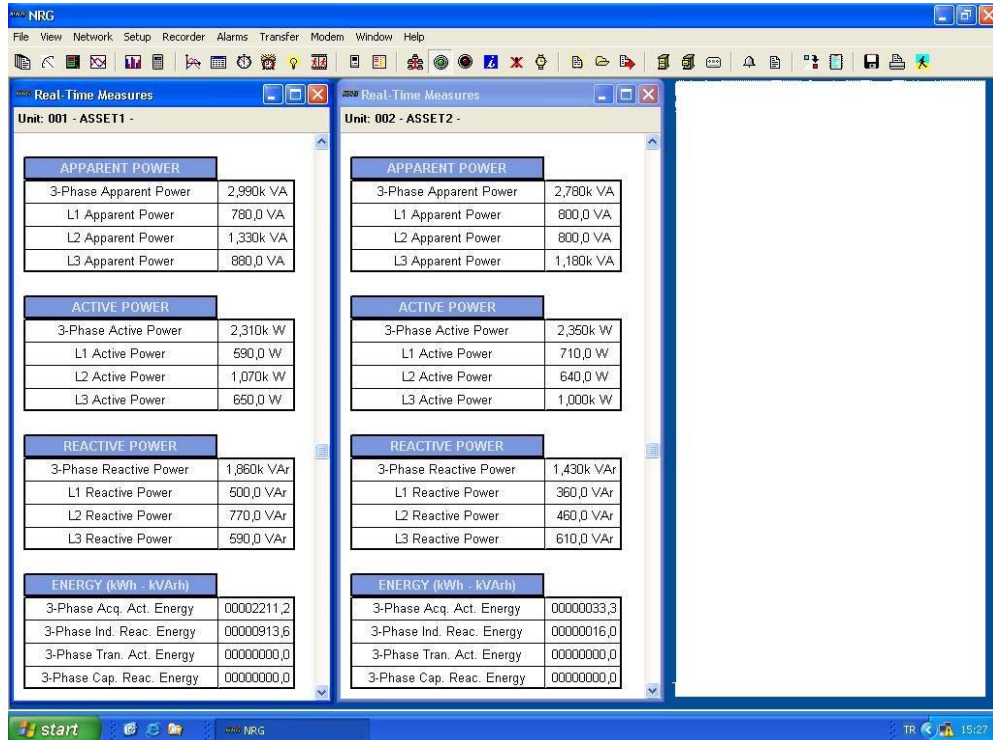
Bilgisayarda veri akış ve kontrol yazılımıyla oluşturulan strateji yardımıyla, yazılıma girilen komutlara, yani standartlarda belirtilen uygun sıcaklık değerlerine göre röle kartı yardımıyla ısıtıcılar ve havalandırma fanı için gerekli otomatik kontrol kumandaları çalıştırılmaktadır.

### **Enerji Analizörü**

Süt soğutma tankının enerji tüketiminin ölçülmesinde, tankın elektrik enerji hattı üzerine bağlanan bir adet 3 fazlı enerji analizöründen (Asset NPM 250) yararlanılmakta ve deneme süresince cihaz üzerinden RS485 protokolü ile gelen veriler bir çevirici yardımıyla RS232 protokolüne çevrilerek bilgisayardaki yazılım tarafından 1 dakika aralıklarla bilgisayara kayıt edilmektedir. Aynı anda iki tank birden deney ediliyorsa mevcut olan aynı marka model ikinci bir enerji analizörü yardımıyla da diğer tankın enerji tüketimi yine aynı yazılım tarafından farklı bir dosyaya kayıt edilmektedir. Şekil 5'te iki enerji analizörünün aynı anda çalışması sırasında alınmış bir ekran görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 4. Süt soğutma tank denemeleri veri algılama ve kontrol stratejisi



Şekil 5. Süt soğutma tank denemeleri enerji analizörü kayıt programı

## SÜT SOĞUTMA TANKLARININ PERFORMANS DENEYLERİ ve DEĞERLENDİRMESİ

Süt soğutma tankının deneme odasındaki deneyleri; ilk sağım soğutma deneyi, son sağım soğutma deneyi, izolasyon deneyi ve düşük hacimli soğutma deneyi (buzlanma deneyi) olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmektedir.

Soğutma deneylerine başlamadan önce örnek alınan süt soğutma tankının soğutma sınıfı, etiket bilgilerine göre; Örneğin 4 B II olan süt soğutma tankının performans denemeleri standartlarda belirtilen (Çizelge 4) +32°C ortam sıcaklığında yapılmaktadır. Bu amaçla tankın, kondenserlerin ve soğutma ünitesinin yerleştirildiği ortam havasının sıcaklığı standartta belirtildiği şekilde performans sıcaklığına (+32°C) ayarlanmakta ve tank bu sıcaklıkta 2 saat bekletildikten sonra denemelere başlanmaktadır. Ortam havasının sıcaklığı tankın yarı yüksekliği seviyesinde, tanktan 100 mm uzaklıkta yerleştirilen 4 adet sıcaklık algılayıcısı ile ölçülmekte ve kayıt edilmektedir. Ayrıca, kondenserdan 300 mm uzaklığa yerleştirilen 2 adet sıcaklık algılayıcısı ile kondensere giren hava sıcaklığı ölçülmektedir. Tank içerisindeki suyun sıcaklığı standartta belirtildiği üzere 3 farklı noktaya yerleştirilen sıcaklık algılayıcısıyla ölçülerek kayıt edilmektedir. Denemeler sırasında tank etrafındaki hava hızının 1 ms<sup>-1</sup> değerini geçmemesine dikkat edilmektedir. Soğutma ve izolasyon denemelerine başlandığında ortam havasının, kondensere giren havanın ve tank içerisindeki suyun sıcaklıkları veri akış ve kontrol yazılımı ile 1 dakika aralıklarla bilgisayara sürekli kayıt edilmektedir.

### İlk Sağım Soğutma Deneyi

Örnek alınan süt soğutma tankı, çalışma ortamı sıcaklığına ve soğutma süresine göre sınıflandırmada etiket bilgilerine göre B II sınıfı olduğu için her sağımdaki sütü +32°C ortam sıcaklığı koşullarında en çok 3 saat içerisinde başlangıç sıcaklığından +4°C'ye soğutabilmelidir. İlk sağım soğutma deneyi için tankın ilk sağım kapasitesi kadar deney suyu tanka konulmakta ve sıcaklığı daldırma tip ısıtıcılar yardımıyla +35°C'ye ısıtılmaktadır. Daha sonra tank çalıştırılarak sıcaklık ve enerji tüketim verilerinin kayıt edilmesine başlanmakta, tank içerisindeki deney suyunun +4°C'ye ulaşma süresi belirlenmektedir.

Örnek alınan süt soğutma tankının ilk sağım denemesine ilişkin tank ve deneme ortamı sıcaklığı değişimini gösteren sonuçlar grafik halinde Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6'dan da görüldüğü gibi örnek alınan tank, +35°C'deki deneme suyunu, tank içerisine yerleştirilen sıcaklık algılayıcılarının ortalamalarına göre 02h 06min (2.1 h) içerisinde +4°C'ye soğutmaktadır. Tank deneme odası içerisinde deneyin başlamasından itibaren otomatik çalışma konumunda 12 saat süresince (bir sonraki sağıma kadar) bırakılarak bu süre sonundaki enerji tüketim değeri de kaydedilmektedir. İlk sağım soğutma deneyine ait sonuçlar Çizelge 6'da verilmiştir.

### Son Sağım Soğutma Deneyi

Örnek alınan süt soğutma tankı son sağım denemesinde tankın anma hacmi kadar deneme suyu ile doldurulmakta ve su sıcaklığı 4 sağımlık bir tank olduğu için standartta belirtilen +11.8°C'deki sıcaklığa ayarlanmaktadır. Tank +32°C ortam sıcaklığında tekrar 2 saat bekletildikten sonra süt soğutma tankı çalıştırılmakta, ortam ve tank içerisindeki suyun sıcaklıkları ve enerji tüketim değerleri bilgisayara sürekli kayıt edilmekte ve deney suyunun +4°C'ye ulaşma süresi belirlenmektedir.

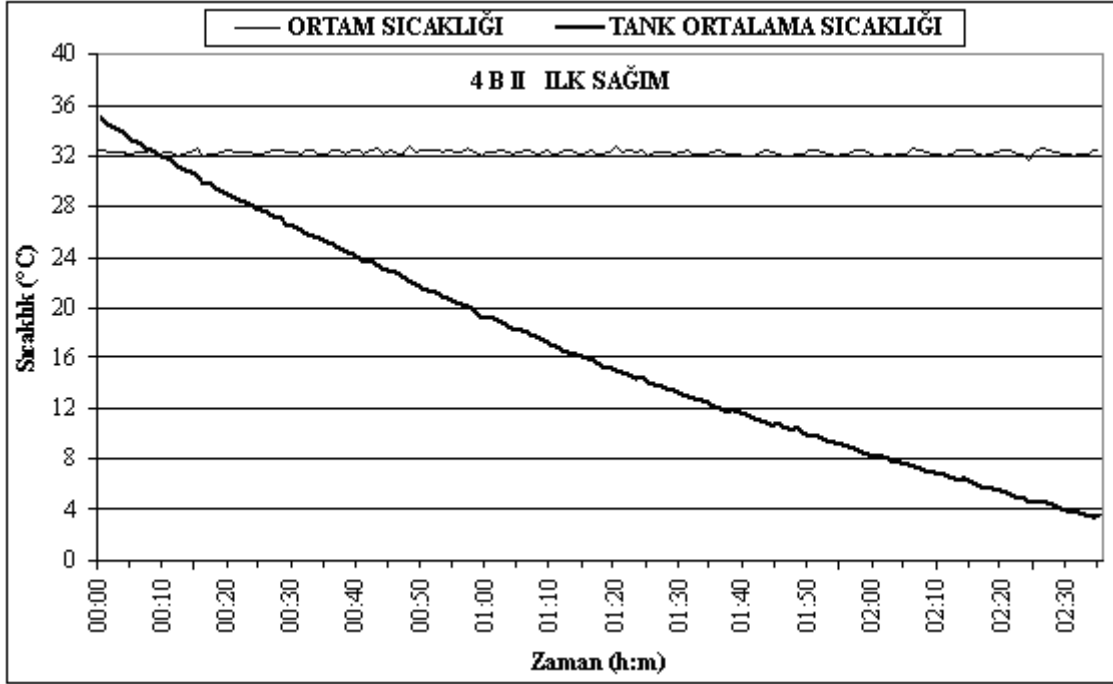
Örnek alınan süt soğutma tankının son sağım denemesine ilişkin sonuçlar grafik halinde, Şekil 7'de verilmektedir. Şekil 7'den de görüldüğü gibi örnek alınan süt soğutma tankı, son sağım denemesinde +11.8°C'deki deneme suyunu 02h 44min (2.73 h) içerisinde +4°C'ye soğutmaktadır.

Tank deneme odası içerisinde deneyin başlamasından itibaren otomatik çalışma konumunda 12 saat süresince bırakılarak bu süre sonundaki enerji tüketim değeri de kaydedilmektedir. İlk ve son sağım soğutma deneyine ait sonuçlar topluca Çizelge 6'da verilmiştir. Ayrıca süt soğutma tankının özgül enerji ihtiyacı standartta belirtilen şekilde aşağıdaki formüle göre hesaplanmış ve çizelgede verilmiştir.

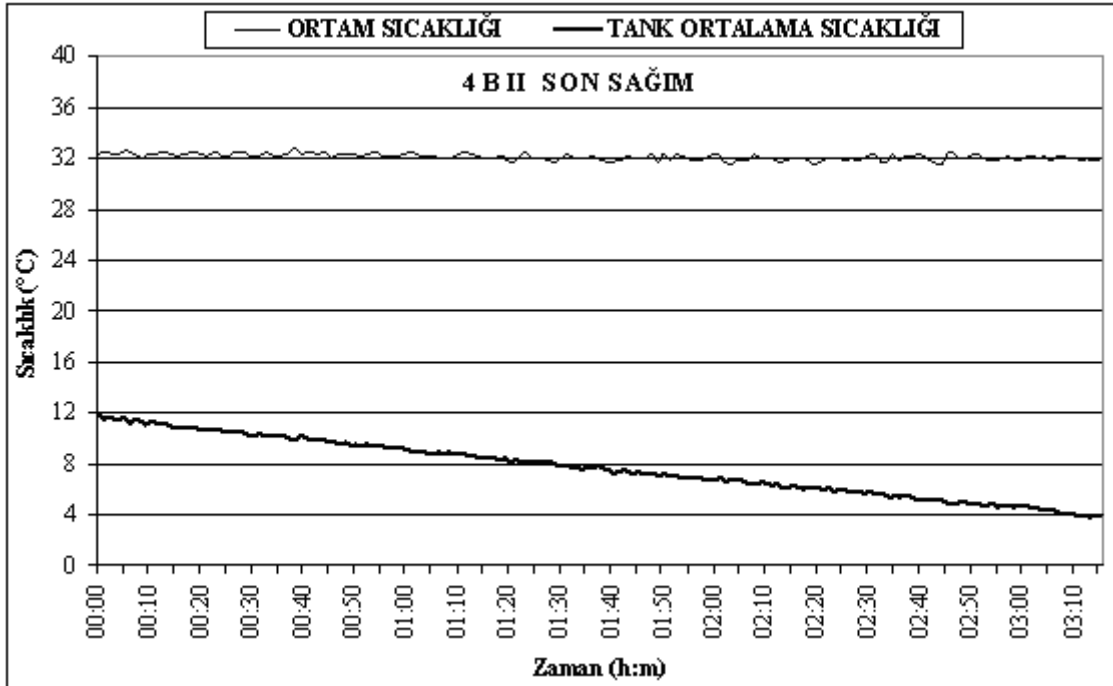
$$E_T = \frac{(E_{ilk} + E_{son}) \cdot n}{(V_a \cdot 2)}$$

Eşitlikte :  $E_T$ , özgül enerji ihtiyacı;  $E_{ilk}$ , ilk sağım enerji tüketimi;  $E_{son}$ , son sağım enerji tüketimi;  $V_a$ , Tankın beyan hacmi;  $n$ , tank boşaltmadaki sağım sayısıdır.





Şekil 6. Örnek alınan süt soğutma tankının ilk sağım denemesinde soğutma süresine bağlı deney suyu ve ortam sıcaklığı değişimi



Şekil 7. Örnek alınan süt soğutma tankının son sağım denemesinde soğutma süresine bağlı deney suyu ve ortam sıcaklığı değişimi

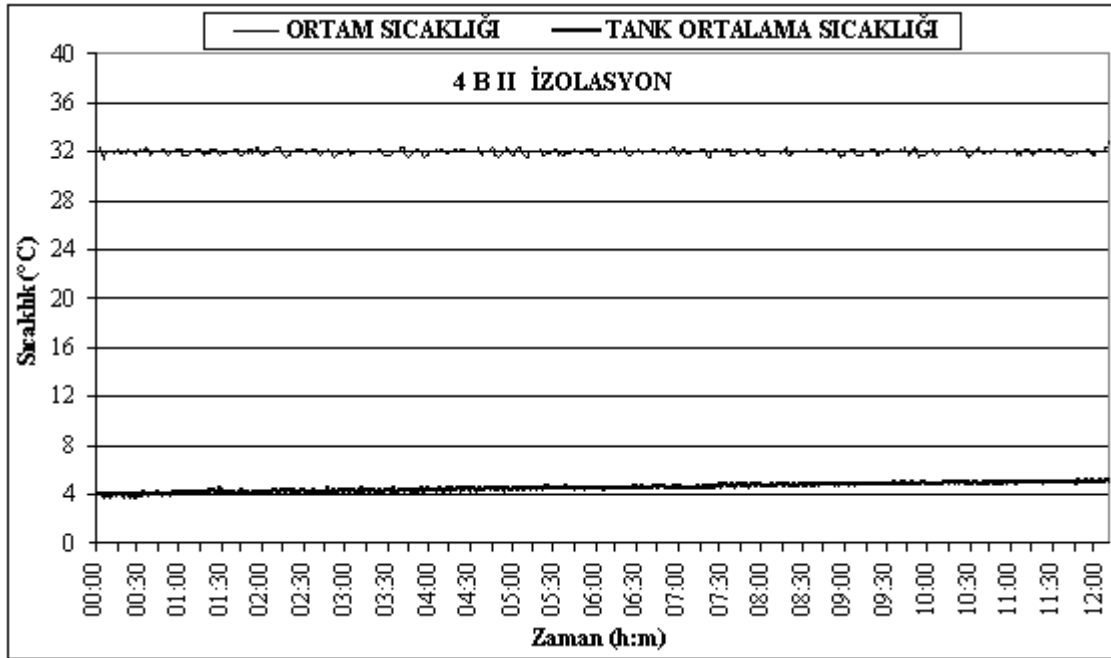
**Çizelge 6. Örnek alınan süt soğutma tankının +32°C ortam sıcaklığında performans ve enerji ölçüm sonuçları**

		İlk Sağıım	Son Sağıım
4°C'ye soğutma süresi (saat, dakika)		02h 06min	02h 44min
Enerji tüketimi	(kWh)	5.3	6.2
Maksimum güç tüketimi	(kW)	2.560	2.240
Ortalama güç tüketimi	(kW)	2.295	2.071
Özgül enerji ihtiyacı	(Wh/L)	23.47	

**İzolasyon Deneyi**

İzolasyon deneyinde soğutma tankı anma hacmi kadar deney suyu ile doldurulup +4°C'ye soğutulduktan sonra tankın enerjisi kesilerek soğutma ünitesi ve karıştırıcı çalıştırılmadan deney odası performans sıcaklığı sabit tutularak 12 saat süresince beklenmekte ve tankın içerisindeki sıcaklık değişimi üç farklı noktaya yerleştirilen sıcaklık algılayıcıları ile kayıt edilmektedir. 12 saat sonunda tank içerisindeki su, 2 dakika karıştırılarak bu süre sonunda tank içerisindeki suyun sıcaklığındaki artış belirlenmektedir. İlgili

standartlara göre soğutma tankının izolasyon özelliğinin iyi olarak tanımlanabilmesi için, tank içerisindeki +4°C sıcaklıktaki suyun, performans sıcaklığında 12 saat içerisinde maksimum sıcaklık artışının +3°C'yi geçmemesi gerekmektedir. Örnek alınan süt soğutma tankının izolasyon denemesine ilişkin sonuçlar grafik halinde Şekil 8'de verilmektedir. Yapılan denemelerde, performans sıcaklığında örnek süt soğutma tankının içerisindeki soğutulmuş deney suyunun sıcaklığının 12 saat içerisinde +3°C'den daha fazla yükselmediği görülmektedir.

**Şekil 8. Örnek alınan süt soğutma tankının +4°C'ye soğutulmuş deneme suyunun +32°C ortam koşullarında 12 saat içerisindeki sıcaklık değişimi**

### ***Düşük Hacimli Soğutma Deneyi (Buzlanma Deneyi)***

Düşük hacimli buzlanma deneyi için tank içerisine ilk sağım miktarının %40'ı kadar deney suyu doldurulup sıcaklığı +35°C'ye ayarlandıktan sonra tank performans sıcaklığında 2 saat bekletilmektedir. Daha sonra süt soğutma tankı çalıştırılmakta ve deney suyunun 4°C'ye soğutulması sırasında ve termostat soğutma sistemini kapattığında, deney su seviyesinin altındaki tank cidarlarında ve deney suyunda buzlanma olup olmadığı kontrol edilmektedir.

Daha önce belirtildiği gibi, standartların öngördüğü tanklarda ayrıntısıyla açıklanan bu soğutma performansı deneylerinin yanısıra, hızlı ve tümüyle sütün dışarı alınıp alınmadığının kontrolü amacıyla boşaltma deneyi de yapılmaktadır.

### **SONUÇ ve ÖNERİLER**

Çiğ süt, bilindiği gibi önemli bir gıda maddesidir. Süt ürünlerinin işlenmesinde verimlilik açısından, işlenecek bu hammaddenin içeriği itibarıyla zengin, temiz ve sağlıklı olması gerekmektedir. Zengin besin maddesi içeriğinde, zararlı mikroorganizmalardan mümkün olduğunca arındırılmış, her türlü hijyenik ortamın sağlandığı koşullarda elde edilen çiğ süt, üretildiği hayvancılık işletmelerindeki tanklarda soğutulmakta ve muhafaza edilmektedir. Bu amaçla kullanılan "Çiftlik Tipi Süt Soğutma Tankları" uygun teknik ve işlevsel özelliklere sahipse, önemli bir birçok süt ürününün hammaddesi olan çiğ sütü istenilen

### **LİTERATÜR LİSTESİ**

- Anonymous; 2002a. EN 13732, European Standard, Food processing machinery - Bulk milk coolers on farms - Requirements for construction, performance, suitability for use, safety and hygiene (English version), European Committee for Standardization, Nov. 2002, 61 s.
- Anonymous; 2002b. EN 13732, Europaeische Norm, Nahrungsmittelmaschinen-Behältermilchkühlanlagen für Milcherzeugerbetriebe-Anforderungen für Konstruktion, Leistung, Gebrauchstauglichkeit, Sicherheit und Hygiene (Deutsche Fassung), Europaeisches Komite für Normung, Nov. 2002, 60 s.
- Anonymous; 2005. TST EN 13732, Türk Standardı Tasarısı, Gıda İşleme Makinaları-Çiftliklerdeki Dökme Süt Soğutucular-Yapım, Performans, Kullanıma Uygunluk, Güvenlik ve Hijyen Kuralları, Türk Standardları Enstitüsü, Mart 2005, 53 s.
- Kınık, Ö.: 2002. "Avrupa Birliğine Uyum Sürecinde Çiğ Süt Kalitesi", Süt Sağım Tekniği Çalıştayı, 16-17 Mayıs 2002, E.Ü.Z.F. Tarım Makinaları Bölümü Çalıştaylar Dizisi No: 3, İzmir, S.: 1-16.

şekilde soğutmakta ve muhafaza etmektedir. Çiğ sütün uygun şekilde soğutma ve muhafazasını sağlayacak teknik ve işlevsel özellikler konusunda ulusal ve uluslararası platformda kabul edilmiş ve yayınlanmış olan standartlar (EN 13732 ve TS EN 13732) bulunmaktadır. Bu standartlarda, tanklarda olması zorunlu görülen veya önerilen fiziksel boyutlar gibi bazı büyüklükler, ergonomik özellikler, riskler ve önlemler ile soğutma ve muhafaza teknik özellikleri ayrıntısıyla açıklanmıştır. Yine bu standartlarda, çiftlik tipi süt soğutma tanklarının deney koşulları ve değerlendirme kriterleri ayrıntılı olarak verilmektedir.

Bu makalede, çiftlik tipi süt soğutma tankı deneylerinin yapılması amacıyla Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde kurulan deney laboratuvarının fiziksel özelliklerinin, yapılmakta olan soğutma ve muhafaza deneylerinin, uygulanan ölçüm tekniklerinin ve elde edilen deney sonuçlarının sunum ve değerlendirme şeklinin açıklanması amaçlanmıştır. Söz konusu laboratuvarda yapılan denemelerde, ilgili standartlarda belirtilen bazı deneyler, örneğin bakteri yükü analizi vb. yapılmamaktadır. Ancak, teknik ve işlevsel yönden kalitenin göstergesi olarak bu açıklanan deney koşullarında sözü edilen deney ve değerlendirmelerin yapılması asgari, olmazsa olmaz ölçütler olarak ele alınmalıdır. Değişen koşullar ve gelişen olanaklar ölçüsünde deney ve değerlendirmelerin de geliştirilmesi olanaklıdır.

- Kleinschroth, E.; K. Rabold; J. Deneke; 1994. "Durch Kühlung der Milch die Keime bremsen", Top Agrar Extra/Mastitis (Euterkrankheiten erkennen, vorbeugen und behandeln), LV-Druckerei, Münster/Deutschland, S.: 94-95.
- Ordolff, D.; 2000. "Milchkühlung: direkt oder indirekt?", Milchpraxis, 38 Jg.(1), S.: 4-8.
- Vogt, C.; 1972. Milchkühlung und Milchstapelung im landwirtschaftlichen Betrieb. DLG Merkblatt 100, Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, Frankfurt, 8 s.
- Worstorff, H.; 1994a. "Wo Wissenschaft und Praxis die Probleme sehen-Qualitätsmilch erzeugen", Top Agrar Extra/Melktechnik (Melken, Milch und Melkmaschinen), Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster/Deutschland, S.: 14-15.
- Worstorff, H.; 1994b. "Milch erster Qualitaet erzeugen", Top Agrar Extra/Melktechnik (Melken, Milch und Melkmaschinen), Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster/Deutschland, S.: 88-94.