

Baklanın Vakum, Su ve Havayla Soğutulması Sırasındaki Bazı İşletim Parametreleri ve Depolanması Sırasındaki Kalite Parametrelerinin Belirlenmesine Yönelik Karşılaştırmalı Bir Çalışma*

İlknur ALİBAŞ, Rasim OKURSOY

Uludag University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering,
16059 Bursa, Turkey
ialibas@uludag.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 09.05.2012

Accepted (Kabul Tarihi): 29.06.2012

Özet: Bu çalışmada baklanın havayla, suyla ve vakumla ön soğutulmasına çalışılmıştır. Ön soğutmaya alınacak baklar ağırlığı 5000 ± 5 g olacak şekilde tartılarak standart plastik kasalara konulmuşlardır. İlk sıcaklık değerleri $23.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ olan bakla sıcaklık değerleri 1°C oluncaya kadar soğutulmuştur. Ön soğutma işlemi süresince zamana bağlı sıcaklık ve enerji tüketimi değerleri ile soğutma sırasında oluşan ağırlık farkı değerleri ölçülmüştür.

Ön soğutma sonrasında üç farklı yöntemle soğutulmuş olan baklaların bir kısmı soğuk depolama koşullarında dayanımlarının belirlenmesi amacıyla 1000 ± 5 g ağırlığında tartılarak kontrollü atmosfer odasına (KAO), bir kısmı ise yine aynı ağırlıkta olmak kaydıyla pazar koşullarında dayanımlarının belirlenmesi amacıyla oda koşullarında (OK) konulmuşlardır. Kontrollü atmosfer odasının sıcaklığı 1°C , oransal nemi 90 ± 5 ve atmosfer bileşimi ise $0:21$ [(%CO₂ : %O₂) – (0:21)kontrol]'dir. Üç farklı yöntem ile ön soğutulmuş bakla KAO'nda 30 gün boyunca depolanmışlardır. KAO depolama süresince 0. 15. ve 30. günlerde bozulma oranı, ağırlık kaybı, genel görünüm derecesi, sertlik ve renk kriterlerine (*L*, *a*, *b*, *C*, *d*) bakılmıştır. Sıcaklığı $22 \pm 1^\circ\text{C}$ ve oransal nemi $55-60$ olan OK'da baklar 10 gün boyunca bekletilmişlerdir. Oda koşullarındaki kalite parametreleri 0, 5 ve 10. günlerde ölçülmüştür. Tüm kalite parametrelerine bakılarak baklanın KAO ve OK' da depolanması sırasında kullanılabilecek en uygun ön soğutma yöntemi sırasıyla vakumla, havayla ve suyla ön soğutma yöntemleri olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Havayla ön soğutma, enerji tüketimi, bakla, suyla ön soğutma, kontrollü atmosfer odası, vakumla ön soğutma.

A Comparison Study of Some Operating Parameters During Vacuum, Air and Hydro Pre-cooling of Faba Beans, and Determination of the Quality Parameters During Storage Period^a

Abstract: In the present study, faba beans (*Vicia faba* L.) was intended to pre-cool by air, hydro and vacuum. Broad beans taken into pre-cooling were weighted constituting weights in the range of 5000 ± 5 g and replaced into standard plastic boxes. Broad beans in $23.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ initial temperature levels were cooled until having 1°C temperature value. During pre-cooling variations in weight between time dependent on temperature, energy consumption, weight loss/gain parameters and pressure for vacuum cooling values during the cooling sequence were recorded.

Following the pre-cooling operation, with the intention of determining the resistance of cooled broad beans by means of three different methods were weighted in the range of 1000 ± 5 g and replaced into both modified atmosphere room (MAC) and normal room (RC). Temperature of the modified atmosphere room (MAC) was corresponding to 1°C , rational humidity was corresponding to $90 \pm 5\%$ and atmosphere composition was corresponding to $0:21$ [(CO₂ : O₂) – (0:21) control]. Pre-cooled by three different methods and non-precooling implemented broad beans owing to their more susceptible nature stored 30 days in MAC and 15 days in RC. During MAC storage faba bean

* Bu yayın İlknur Alibaş'ın 2008 yılında Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda yapmış olduğu "Bazı Tarımsal Ürünlerin Farklı Ön Soğutma Yöntemleri ile Soğutulmasında İşletim ve Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi" isimli "Doktora Tez"inden üretilmiştir.

decomposition, weight loss, overall composition, hardness and colour criterions (L, a, b, C, a) were measured at 0th, 15th and 30th days. Investigating the entire quality parameters in faba bean, most convenient pre-cooling method pertaining to MAR was intended to be diagnosed. Temperature of the normal room (RC) was corresponding to 22±1°C, rational humidity was corresponding to %55-60. The quality parameters in RC were measured at 0th, 5th and 10th days. The most convenient cooling method was indicated as a vacuum cooling with air, and hydro pre-cooling of faba bean considering with the total quality parameters in MAC and RC process.

Key words: Air blast cooling, energy consumption, faba bean, hydro precooling, modified atmosphere room, vacuum cooling.

GİRİŞ

Bakla başta Akdeniz olmak üzere Hindistan, Pakistan ve Çin’de hem önemli bir gıda maddesi hem de hayvan beslenmesi amacıyla yaygın olarak kullanılan tarımsal bir üründür (Köpke ve Nemecek, 2010; Vioque *ve ark.*, 2012). Yüksek orandaki protein ve karbonhidrat içeriğinin yanı sıra lif, vitamin ve mineraller açısından da zengin olan bakla (Ofuya ve Akhidue, 2005; Vioque *ve ark.*, 2012) aynı zamanda kolestrol düşürücü bir etkiye de sahiptir (Frühbeck *ve ark.*, 1997; Macarulla *ve ark.*, 2001; Vioque *ve ark.*, 2012). Baklagiller familyasına adını da veren bakla, ülkemiz koşullarında da üretimi ve tüketimi bol miktarda yapılan bir sebzedir. Diğer tüm tarımsal ürünler gibi ışığa, sıcaklık ve neme duyarlı olan bakla hasat işleminden hemen sonra her hangi bir işlem görmez ise hızlı bir şekilde bozulmaya uğramaktadır (Alibaş ve Okursoy, 2009).

Tarımsal ürünler hasattan sonra solunuma devam ettikleri için bünyelerinde nem kaybı oluşmaya başlamaktadır. Bu da ürünlerde pörsüme ve sararma gibi istenmeyen etkilere neden olmaktadır (Sun ve Wang, 2004; Wang ve Sun, 2001). Aynı zamanda hasat edilmiş tarımsal ürünlerin bünyesindeki mikroorganizma faaliyetlerinin zamana bağlı olarak artması ile ürünlerde çürümeler oluşmakta ve bu tarımsal ürünler zamanla kullanılmayacak hale gelmektedir (Alibaş ve Okursoy, 2009). Artan dünya nüfusuna bağlı olarak ekilen alanların azalması, sanayileşmenin artması gibi faktörler düşünüldüğünde tarımsal ürünlerin herhangi bir bozulmaya uğramadan etkili bir şekilde değerlendirilebilmesi istenmektedir. Ürün kaybını en aza indirmek, ürünün kalitesini koruyarak dayanım süresini uzatmak için pek çok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri de ürünün sıcaklığını, hasat sıcaklığından depolama sıcaklığına kadar hızlı bir şekilde düşürülmesi olarak tanımlanan ön soğutma yöntemidir (Brosnan ve Sun, 2003). Tarımsal ürünlerin bozulma süreçleri, hücre yapıları, dayanıklılıkları, yapısal ve teknik özellikleri birbirinden

farklı olduğu için ön soğutma tekniğinin soğutulmak istenen ürüne göre seçilmesi gerekmektedir (Teruel *ve ark.*, 2001). Havayla, suyla ve vakumla ön soğutma yöntemleri yaygın olarak kullanılan ön soğutma yöntemlerindedir (Alibaş ve Okursoy, 2009).

Havayla ön soğutma yöntemi, bilinen en eski soğutma yöntemidir. Soğutucu akışkan olarak kullanılan havanın soğutulacak olan materyalin bulunduğu ortama sabit hızla ya da basınçlı olarak gönderilmesi ile gerçekleştirilen yöntemde soğuma, materyalin dış yüzeyinden başlayarak iç yüzeye doğru ısı taşınımı (konveksiyon) yoluyla olmaktadır. Suyun materyalle temas etmesi ile soğutma sağlanan suyla ön soğutma yöntemi ise hızlı ve etkin bir soğutma yöntemidir. Ürünlerin donma tehlikesinin olduğu bu yöntemde soğutulacak ürünlerin ve kullanılan ambalaj malzemelerinin suya dayanıklı olması gerekmektedir. Vakumla ön soğutma yöntemi ise soğutulacak materyalde bulunan suyun gizli (buharlaşma) ısısının materyalden uzaklaştırılması ve bunun sonucunda materyalin bünyesinde bulunan su sıcaklığının hızlı bir şekilde azaltılması olarak tanımlanmaktadır (Brosnan ve Sun, 2003). Bu yöntemde, materyalin yapısında serbest halde bulunan su, kaynama noktasına yakın bir sıcaklık değerinde buharlaşmaktadır (Dostal ve Petera, 2004). Tarımsal ürün ya da gıda maddesi vakuma maruz bırakıldığında, materyalin bünyesinde bulunan suyun kaynama sıcaklığı düşmekte ve suyun bir kısmı yeni denge şartları oluşana dek kaynamaktadır (Wang ve Sun, 2004). Vakumla soğutma işleminin başlaması ile materyalin iç kısmında bulunan su, düşük basıncın etkisi ile kaynarak materyalin dış kısımlarına çıkmakta ve dış kısımdan da buharlaşmaktadır (Alibaş ve Okursoy, 2009). Bu buharlaşma sırasında ortamdan ısı çekildiği için tarımsal ürünler soğumaktadır. Böylece soğutma süresinde önemli ölçüde azalma sağlanmaktadır (Houska *ve ark.*, 1996; Houska *ve ark.*, 2003; McDonald ve Sun, 2000; 2001a; 2001b; McDonald *ve*

ark., 2000; 2001; McDonald ve ark., 2002; Sun ve Wang, 2004; Wang ve Sun, 2001; 2002a; 2002b; 2004).

Ön soğutma işleminden sonra soğutulmuş ürün, soğutma sıcaklığı korunarak ya pazara gönderilmekte ya da depolanmaktadır. Depolanacak ürünlere daha önceden ön soğutma yapılması, depolama sırasında harcanan soğutma gücünden tasarruf sağlanmasına ve soğutma kapasitesi düşük olan taşıyıcı araçların soğutma yükünün azaltılmasına olanak tanımaktadır (Işık, 1994; Alibaş ve Okursoy, 2009).

Bu çalışmanın amacı; I) havayla, suyla ve vakumla ön soğutma işlemi uygulanan, baklanın soğutulması sırasında meydana gelen sıcaklık düşüşü, ağırlık kaybı, enerji tüketimi, basınç azalması gibi işletim parametrelerinin ölçülmesi, II) ön soğutma işlemlerinden sonra soğutulmuş baklaların hem kontrollü atmosfer koşullarında (KAO) hem de oda koşullarında (OK) bekletilerek dayanma sürelerinin kontrol edilmesi, genel görünüm, ağırlık kaybı, bozulma oranı, sertlik ve renk değerleri açısından en uygun ön soğutma yönteminin saptanmasıdır.

MATERYAL

Soğutma Materyali

Soğutulacak olan bakla (*Vicia faba* L.) Bursa ilinin Yenişehir İlçesinde üretim yapan bir üreticiden hasat işleminden hemen sonra temin edilmiştir. Ürünler seri ve etkin bir şekilde laboratuvar ortamına taşınmış ve vakit kaybetmeden ön soğutma işlemlerine tabi tutulmuşlardır.

Ön Soğutma Sistemleri

Havayla ön soğutma sistemi

Soğutma kabini, fan, kontrol panosu ve içinde buharlaştırıcı, yoğuşturucu, kompresör, genişleme valfi ve soğutucu akışkan bulunan soğutucu ünitelerden oluşan havayla ön soğutma sisteminde (HÖS) soğutma kabini 2 mm kalınlığındaki galvanizli sacdan boyutları 850 x 800 x 1100 mm, hacmi ise 0.748 m³ olacak şekilde yapılmıştır. Isı yalıtımının sağlanması amacıyla soğutma kabininin çevresine, 12 mm kalınlığında 0.147 kJ / m² h °C ısı geçiş katsayısına sahip cam yünü sarılmış ve soğutma kabininin arka duvarına buharlaştırıcı (evaporatör) ve fan (vantilatör) yerleştirilmiştir. Soğutucu kabinin dış kısmında, sistemin sıcaklığını ayarlamaya yarayan, dijital bir

kontrol panosu bulunmaktadır. Sistemde 40 W'lık bir elektrik motoru ile tahrik edilen ve devir sayısı 1400 min⁻¹ olan 160 mm çark çapına sahip 5 kanatlı aksiyal bir fan kullanılmıştır. Fanın materyalin üzerine gönderdiği havanın hızı 1 m s⁻¹'dir (Dinçer, 1993; Dincer, 1995; Teruel ve ark., 2001; Wang ve Sun, 2002c; Wang ve Sun, 2002d; Alibaş ve Okursoy, 2009). Soğutucu akışkan olarak Freon 12 (R12)'nin kullanıldığı sistemde, 13.5 mm çapında, 8160 mm uzunluğunda 0.3459 m² yüzey alanına sahip bakır borudan yapıli buharlaştırıcı ve 12 mm çapında, 16400 mm uzunluğunda, 0.6180 m² yüzey alanına sahip bakır borudan yapıli yoğuşturucu (kondanser) kullanılmıştır.

Suyla ön soğutma sistemi

Havayla ön soğutma ile aynı ölçü ve hacimde imal edilmiş olan suyla ön soğutma sistemi (SÖS) genel olarak; soğutma odası, su deposu, su devir-daim pompası, su püskürtme sistemleri, kontrol panosu ve içinde buharlaştırıcı, yoğuşturucu, kompresör, genişleme valfi ve soğutucu akışkan bulunan soğutma ünitesinden oluşmaktadır. Soğutma odasının tavanına, debisi 2.5 L min⁻¹ olan üzerinde 3 adet meme bulunan su püskürtme sistemi yerleştirilmiştir. Kalınlığı 2 mm olan paslanmaz çelik malzemeden, 980 x 780 x 700 mm boyutlarında ve 0.5351 m³ hacminde imal edilmiş olan su deposu ana şasinin arka kısmında bulunmaktadır. İçerisine 450 mm çapındaki sarmal yaylardan oluşan biri 10 sarımlı diğeri 9 sarımlı 2 adet serpantin şeklinde buharlaştırıcı yerleştirilmiştir. Bakır borudan yapıli buharlaştırıcı 17.5 mm çapında, 19.1 m uzunluğunda ve 1.05 m² yüzey alanına sahiptir. Soğutucu kabinden tekrar sisteme dönen su, doğal akışı ile depoya geri dönmekte ve buradan tekrar sisteme 55 W gücündeki bir devir-daim su pompası yardımıyla basılmaktadır. Soğutma kabininin ve su deposunun çevresine, ısı yalıtımının sağlanması amacıyla 12 mm kalınlığında 0.146538 kJ / m² h °C ısı geçiş katsayısına sahip cam yünü sarılmıştır. Sistemde; 10 mm çapında, 59.28 m uzunluğunda, 1.8623 m² yüzey alanına sahip bakır borudan yapıli hava soğutmalı yoğuşturucu bulunmaktadır. Soğutma amacıyla devir sayısı 1750 min⁻¹, devidgen çark çapı 400 mm olan, 5 kanatlı aksiyal tipte bir fan kullanılmıştır. Fan hareketini 60 W gücündeki monofaze elektrik motorundan almaktadır.

Vakumla ön soğutma sistemi

Vakumla ön soğutma sistemi (VÖS); vakum tankı, vakum pompası ve içinde buharlaştırıcı, yoğuşturucu, kompresör, genleşme valfi ve soğutucu akışkan bulunan soğutma ünitesinden oluşmaktadır. Vakum tankı 6 mm kalınlığında çelik sacdan, 0.6 m çapında ve 1 m uzunluğunda silindirik şekilde tasarlanmış ve tankın çevresine, ısı yalıtımının sağlanması amacıyla 12 mm kalınlığında 0.146538 kJ /m² h °C ısı geçiş katsayısına sahip cam yünü sarılmıştır. Vakumla ön soğutma sisteminde 13.5 mm çapında 7350 mm uzunluğunda 0.3116 m² yüzey alanına sahip bakır borudan yapılmış buharlaştırıcı kullanılmıştır. Vakum pompasının etkinliğinin artırılması amacıyla, düşük basınçlarda ürün üzerinden buhar halinde uzaklaşan suyun tekrar sıvı hale gelerek ürüne dönmesi, buharlaştırıcı yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, sistemdeki buharlaştırıcı, vakum tankı içine yerleştirilmiştir (Işık, 1994). Sistemde 11.8 mm çapında, 7.33 m uzunluğunda, 0.2716 m² yüzey alanına sahip bakır borudan yapılmış yoğuşturucu kullanılmıştır. Yoğuşturucunun soğutulması amacıyla devir sayısı 1400 min⁻¹, devidgen çark çapı 260 mm olan 5 kanatlı aksiyal tipte bir fan kullanılmıştır. Fan hareketini 40 W gücündeki monofaze elektrik motorundan almaktadır.

Sistemde döner hareketli ve yağlı tip bir vakum pompası (Carpanelli MMDE80B4, Italy) sistem basıncının düşürülmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Ölçme Aletleri

Ön soğutma sistemlerinde soğutma sırasında zamana bağlı sıcaklık azalmasının ölçülmesi amacıyla, 10 kanaldan sıcaklık ölçümü yapabilen bir veri toplama cihazından faydalanılmıştır.

Havayla, suyla ve vakumla ön soğutma sistemlerinin çalışma esnasında şebekeden çektiği elektrik enerjisini ölçmek amacıyla, Kaan marka monofaze ve trifaze elektrik sayaçlarından yararlanılmıştır. Havayla ve vakumla ön soğutma sistemlerinde monofaze, suyla ön soğutma sisteminde ise trifaze elektrik sayacı kullanılmıştır.

Soğutulacak ürünlerin soğutucu kabinlere eşit ağırlıkta yerleştirilmesi amacıyla, ± 1 g hassasiyetli terazi kullanılmıştır.

Vakumla soğutma sisteminde vakummetre ve civalı U-manometreden ölçülen zamana bağlı basınç azalmasının kaydedilmesi amacıyla bir kamera

kullanılmıştır. Ön soğutma işlemlerinin zamanı dijital bir kronometre aracılığıyla ölçülmüştür.

Çalışmalarda dış ortam neminin ölçülmesi amacıyla ölçme aralığı %2.5 olan analog bir higrometre, dış ortam sıcaklığının ölçülmesi amacıyla ise ölçme aralığı 0.1°C olan 5 adet analog termometre kullanılmıştır.

Deneme materyallerinin ön soğutma öncesinde, ön soğutma işleminden sonra ve kontrollü atmosfer odasındaki dayanımlarının belirlenmesi amacıyla CR 300 colorimeter (Konica- Minolta, Osaka, Japan) renk ölçüm cihazından yararlanılmıştır.

Materyal sertlikleri FT 327 marka penetrometrenin 5/16" lik ucuyla "kg" cinsinden ölçülmüştür. Penetrometre Bosch BS 45 marka bir taşıyıcı sehpa üzerine yerleştirilmiştir.

Kontrollü Atmosfer Odası (KAO) ve Oda Koşulları (OK)

Ön soğutulmuş ürünlerin dayanım süresinin ölçülmesi amacıyla Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait Kontrollü Atmosfer Odası (KAO) kullanılmıştır. Kontrollü atmosfer odasının sıcaklığı 1°C, oransal nemi %90 ± 5 ve atmosfer bileşimi ise 0:21 [(%CO₂: %O₂) – (0:21)kontrol]'dir (Özer ve Masatçı, 2000; Özer, 2002; Akbudak ve Özer, 2003; Akbudak ve ark., 2003).

Oda sıcaklığı 22 ± 1°C ve oransal nemi %55-60 olan Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümüne ait Mekanik Teknoloji Laboratuvarı oda koşullarını sağlayan ortam olarak kullanılmıştır (Özer ve Masatçı, 2000; Akbudak ve Özer, 2003).

YÖNTEM

Ön Soğutma Yöntemleri

Ön soğutma denemelerinin tümünde soğutulacak olan bakla ağırlığı 5000 ± 5 g olacak şekilde ayarlanarak kasalara yerleştirilmiştir.

Materyalde meydana gelen sıcaklık düşüşünün belirlenmesi için ön soğutucular içine 10 adet sıcaklık probu yerleştirilmiştir. Bu sıcaklık problemlerinin ikisi ürünlerin konulduğu kasanın merkezine; dördü kasanın sağ, sol, ön ve arka yanlarına; ikisi kasanın alt ve üstüne; diğer ikisi ise ortam sıcaklığını ölçmek üzere tank içine yerleştirilmiştir. Böylece zamana bağlı sıcaklık azalması değerleri, 1 s aralıklarla veri toplama cihazı aracılığıyla bilgisayara kaydedilmiştir. Dış ortam sıcaklığının ölçülmesi amacıyla 5 adet analog termometre kullanılmıştır.

Denemeler 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Bu üç tekerrürden elde edilen verilerin ortalaması alınarak, sisteme ait değerler elde edilmiştir.

Enerji tüketiminin belirlenmesi amacıyla, ön soğutma sistemleri enerji sayaçlarına bağlanmış ve bir kronometre yardımıyla zamana bağlı enerji tüketimi saptanmıştır.

Tüm ön soğutma işlemleri soğutulacak olan ürünün konulduğu kasanın merkezine konulan her iki prob da 1°C'yi gösterinceye kadar sürdürülmüştür (Gormley ve MacCanna, 1967; Chen, 1988; Everington, 1993; Artes ve Martinez, 1996; Nunes ve ark., 1995; Zhang ve Sun 2006a; 2006b).

Vakumla ön soğutma sisteminin vakum değeri 1 adet analog vakummetre ve bir adet civalı U-manometre ile ölçülmüştür. Sistemin basıncı, sistemde buharlaşmanın en fazla olduğu parlama noktasına karşılık gelen 2.9 kPa değerine ulaşınca, sistemde oluşan yoğun buharlaşmanın engellenmesi amacıyla, soğutma sistemi devreye sokulmuştur. Soğutma sistemi, soğutma amacıyla değil, sistemde oluşan su buharının yoğunlaştırılması için kullanılmaktadır. Bu nedenle soğutma sistemi en düşük ayarda çalıştırılmıştır.

Renk Ölçüm Yöntemi

Renk okumaları bakla kapsüllerinin her iki yüzünden de ölçüm alınarak gerçekleştirilmiştir. Rastgele seçilen 10 kapsülün renk ölçümlerinin ortalamaları alınarak renk değerleri belirlenmiştir. Cihazın gösterdiği "L" rengin parlaklığını, "a" ise rengin kırmızılık/yeşillik değerini, "b" rengin sarılık/mavilik oranını, "C" rengin kromasını, "a^o" ise renk açısını vermektedir (Alibas, 2006; Alibas-Ozkan ve ark., 2007).

3. Kontrollü Atmosfer Odasında (KAO) ve Oda Koşullarında (OK) Depolama Yöntemi

Hem KAO hem de OK'da ön soğutma yapılmamış, havayla, vakumla ve suyla ön soğutulmuş materyallerden 1000 ± 5 g (1 g hassasiyetli Baster marka terazi kullanılarak) olacak şekilde 3'er örnek konulmuştur.

KAO'de baklanın renk ve sertlik parametreleri 0, 15 ve 30. günlerde; OK'de ise 0, 5 ve 10. günlerde 3 tekerrürlü olarak ölçülmüştür (Özer ve Masatçı, 2000; Rennie ve ark., 2001; He ve ark., 2004; Tao ve ark., 2006). Hem KAO hem de OK'de depolama süresi boyunca her gün ağırlık kaybı değerleri belirlenmiştir

(Özer ve Masatçı, 2000; Özer, 2002; Akbudak ve Özer, 2003). Genel görünüm belirleme yöntemi doktoralı bitki fizyologlarından oluşan 5 kişilik bir jüri tarafından yapılmıştır. Genel görünüm testinde biyolojik materyallere bir puanlama sistemi uygulanmıştır. Bu puanlama; 10-9: çok iyi, 8-7: iyi, 6-5: satılabilir, 4-3: satılmaz, 2-1: kullanılmaz şeklinde yapılmıştır (Özer ve Masatçı, 2000; Özer, 2002; Akbudak ve Özer, 2003; Akbudak ve ark., 2003).

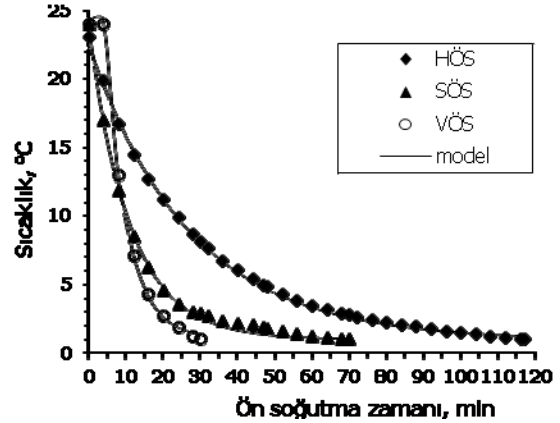
İstatistik Yöntemleri

Çalışma 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Elde edilen verilerin ortalamaları ve diğer istatistik değerleri SPSS 13.0 aracılığıyla saptanmış ve sonuçlar LSD testine (P<0.01) göre harflendirilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Ön Soğutma Eğrileri ve Parametreleri

Baklanın havayla, vakumla ve suyla ön soğutulması sırasında zamana bağlı sıcaklık azalması Çizelge 1'de verilmiştir. İlk sıcaklıkları havayla, vakumla ve suyla ön soğutma yöntemlerinde sırasıyla 23°C, 24°C ve 24°C olan baklalar sıcaklıkları 1°C'ye düşüncüye kadar ön soğutulmuşlardır.



Şekil 1. Baklanın vakumla, havayla ve suyla ön soğutulmasındaki zamana bağlı sıcaklık düşümü

Şekil 1'e göre, vakumla ön soğutma yönteminin 30 dakika ile en kısa ön soğutma yöntemi (Alibaş ve Okursoy, 2009; Alibaş ve Okursoy, 2011) olduğu, bunu sırasıyla 70 dakika ile suyla ve 117 dakika ile en uzun yöntem olan havayla ön soğutma yönteminin (Frost ve ark., 1989; Desmond ve ark., 2002; Jackman ve ark., 2007; Cheng, 2006; Zhang ve Sun, 2006a; 2006b; Alibaş ve Okursoy, 2011) izlediği belirlenmiştir. Vakumla ön soğutma yönteminin

havayla ön soğutma yöntemine göre 3.9 kat, suyla ön soğutma yöntemine göre ise 2,33 kat daha hızlı bir ön soğutma yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar literatürdeki bazı çalışmalarla paralellik göstermiştir (McDonald *ve ark.*, 2001; McDonald *ve ark.*, 2000; Sun ve Wang, 2000; Alibaş ve Okursoy, 2011).

Bakla bitkisinin çalışmada kullanılan ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında lineer olmayan istatistiksel analiz yapan istatistik programı aracılığıyla elde edilen istatistik veriler Çizelge 1’de verilmiştir. Denemeler sırasında veri toplama cihazı aracılığıyla ölçülen zamana bağlı sıcaklık değerleri ile istatistiksel model aracılığıyla belirlenen zamana bağlı sıcaklık değerleri arasındaki regresyon modeli karar katsayısının “R²” en yüksek olduğu ön soğutma yönteminin 0.9995 değeri ile vakumla ön soğutma yöntemi olduğu, bunu sırasıyla 0.9990 değeri ile havayla ve 0.9968 değeri ile suyla ön soğutma yöntemlerinin izlediği belirlenmiştir. Ayrıca Çizelge 1’de tahminin standart hatası ve soğutma katsayıları da verilmiştir. Buna göre vakumla, suyla ve havayla ön soğutma yöntemlerinin soğutma katsayısının sırasıyla 0.165, 0.090 ve 0.037 olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Bakla bitkisinin farklı ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistik veriler

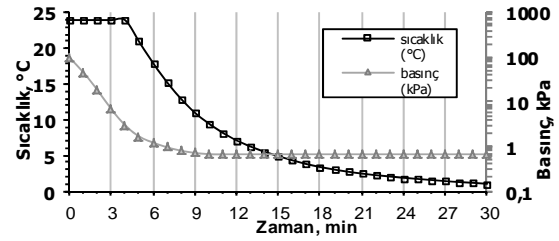
Ön Soğutma Yöntemi	Tahminin Standart Hatası (SEE) **	Regresyon modeli karar katsayısı R ² **	Soğutma Katsayısı (CR)**
HÖS	0.187179	0.9990	0.0368819133
VÖS	0.153960	0.9995	0.1654319020
SÖS	0.328116	0.9968	0.0900602439

** p<0.01 olasılık düzeyinde istatistik olarak önemlidir.

Baklanın vakumla ön soğutulması sırasında ölçülen sıcaklık, basınç ve zaman arasındaki ilişkiler Şekil 2’de verilmiştir. Vakumla soğutma sisteminde soğutma işlemi 30 dakika sürmüş, sistem parlama noktasına karşılık gelen 3.01 kPa’lık basınca 4 dakikada, minimum basınç değeri olan 0.66 kPa basınca ise 10 dakikada ulaşmıştır. Bu dakikadan sonra sistem basıncı soğutma işleminin sonuna kadar maksimum vakum değerine karşılık gelen 0.66 kPa basınç değerinde sabit kalmıştır. Parlama noktasına kadar olan ilk 4 dakikalık soğutma evresi boyunca materyalde her hangi bir sıklık düşümü meydana gelmemiş, sıcaklık başlangıç değeri olan 24°C’de sabit kalmıştır. Sonuçlar Alibaş ve Okursoy (2009; 2011) yılında yaptıkları çalışmalar ile paralellik göstermektedir.

Baklanın ön soğutulması sırasındaki enerji tüketimi, güç ve ağırlık farkı değerleri Çizelge 2’de istatistiksel farkları ile birlikte verilmiştir.

Ön soğutma yöntemleri enerji tüketimleri açısından incelendiğinde baklanın soğutulmasındaki en yüksek enerji tüketimi 0.75 kWh değeri ile havayla ön soğutma yönteminde ölçülmüştür (Adas, 1989; Alibaş ve Okursoy, 2009; 2011). Bunu sırasıyla 0.52 kWh ve 0.35 kWh değerleri ile suyla ve vakumla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. Tüm soğutma yöntemleri içinde enerji tüketimi açısından en pahalı yöntem olan havayla ön soğutma yönteminin enerji tüketiminin, enerji tüketimi açısından en ekonomik yöntem olan vakumla ön soğutma yöntemine göre 2.14 kat, suyla ön soğutma yöntemine göre ise 1.44 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir.



Şekil 2. Baklanın vakumla ön soğutulmasındaki sıcaklık-vakum-zaman arasındaki eğrileri

Çizelge 2. Bakla bitkisinin ön soğutma parametreleri

Ön Soğ. Yönt.	Enerji Tüketimi (kWh) **	Güç (kW) **	Ağırlık Farkı (%) **
HÖS	0.75±(0.0153) ^c	0.3846±(0.00278) ^a	-0.50±(0.0458) ^c
VÖS	0.35±(0.0173) ^a	0.7000±(0.00387) ^d	-2.28±(0.0723) ^d
SÖS	0.52±(0.0153) ^b	0.4457±(0.00454) ^b	3.30±(0.0666) ^b

** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistik olarak önemlidir.

Tüm ön soğutma işlemleri içinde en fazla güç gereksinimi vakumla ön soğutma yönteminde 0.7 kW değeri ile meydana gelirken; bunu sırasıyla 0.4457 kW değeri ile suyla ön soğutma ve 0.3846 kW değeri ile havayla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. En fazla gücün harcandığı vakumla ön soğutma yöntemindeki güç gereksiniminin, en az gücün tüketildiği havayla ön soğutma yöntemindeki güç gereksinimine göre 1.82 kat, suyla ön soğutma yöntemindeki güç gereksinimine göre ise 1.57 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar literatürdeki bazı çalışmalar ile uyumaktadır (Adas, 1989; Alibaş ve Okursoy, 2009; 2011).

Çizelge 3. Bakla bitkisinin KAO'da ölçülen kalite parametreleri

Soğ. Yönt.	Dep. Süresi (gün)	Renk Değerleri					Meyve Eti Sertliği (kg)	Ağırlık Kaybı (%)	Bozulma Oranı (%)	Genel Görünüm (1-10)**
		L	a	b	C	a°				
ÖS	0	40.63±(0.205) ^a	-11.53±(0.050) ^a	19.70±(0.079) ^a	22.83±(0.091) ^a	120.35±(0.05) ^{bc}	2.650±(0.032) ^a	0.000±(0.000) ^a	0.000±(0.000) ^a	10.000±(0.000) ^a
	15	36.93±(0.061) ^{de}	-9.99±(0.075) ^d	16.85±(0.064) ^e	19.59±(0.093) ^e	120.68±(0.10) ^{abc}	2.227±(0.023) ^{cd}	11.500±(1.760) ^{bc}	7.000±(1.530) ^{abc}	8.000±(0.500) ^{bc}
	30	34.24±(0.127) ^f	-8.80±(0.150) ^e	16.43±(0.053) ^f	18.64±(0.069) ^f	118.16±(0.44) ^d	1.707±(0.041) ^f	21.500±(1.260) ^{de}	42.000±(1.530) ^d	4.500±(0.289) ^d
HÖS	0	39.87±(0.049) ^b	-11.36±(0.052) ^{ab}	18.69±(0.140) ^b	21.87±(0.146) ^b	121.29±(0.08) ^a	2.607±(0.038) ^{ab}	0.000±(0.000) ^a	0.000±(0.000) ^a	10.000±(0.000) ^a
	15	37.23±(0.124) ^d	-10.83±(0.189) ^c	17.91±(0.026) ^c	20.93±(0.117) ^c	121.15±(0.41) ^{ab}	2.513±(0.022) ^b	6.000±(1.530) ^{ab}	2.000±(0.577) ^{ab}	9.000±(0.289) ^{ab}
	30	36.59±(0.135) ^{fg}	-9.94±(0.044) ^d	17.09±(0.053) ^e	19.77±(0.046) ^e	120.18±(0.15) ^c	2.213±(0.018) ^{cd}	16.000±(3.060) ^{cd}	13.000±(1.530) ^c	7.000±(0.289) ^c
VÖS	0	40.05±(0.040) ^b	-11.52±(0.018) ^a	19.49±(0.142) ^a	22.64±(0.128) ^a	120.58±(0.16) ^{abc}	2.637±(0.029) ^a	0.000±(0.000) ^a	0.000±(0.000) ^a	10.000±(0.000) ^a
	15	38.98±(0.081) ^c	-11.14±(0.070) ^b	18.45±(0.147) ^b	21.55±(0.146) ^b	121.13±(0.19) ^{ab}	2.517±(0.018) ^b	6.000±(2.080) ^{ab}	1.000±(0.577) ^{ab}	10.000±(0.000) ^a
	30	36.67±(0.164) ^{ef}	-10.24±(0.041) ^d	17.52±(0.047) ^d	20.29±(0.054) ^d	120.30±(0.08) ^{bc}	2.273±(0.019) ^c	15.500±(2.750) ^{cd}	6.000±(2.310) ^{abc}	8.000±(0.577) ^{bc}
SÖS	0	36.23±(0.115) ^g	-8.45±(0.049) ^f	16.33±(0.125) ^g	18.39±(0.119) ^f	117.35±(0.69) ^{de}	2.280±(0.015) ^c	0.000±(0.000) ^a	0.000±(0.000) ^a	10.000±(0.000) ^a
	15	36.14±(0.070) ^g	-7.93±(0.053) ^g	16.00±(0.104) ^g	17.86±(0.109) ^g	116.36±(0.13) ^f	2.150±(0.027) ^d	12.500±(1.800) ^c	8.000±(2.520) ^{bc}	7.500±(0.289) ^c
	30	34.27±(0.042) ^f	-7.87±(0.050) ^g	15.60±(0.081) ^h	17.47±(0.050) ^h	116.77±(0.27) ^{ef}	1.510±(0.021) ^g	27.000±(2.080) ^{ef}	50.000±(4.040) ^e	3.000±(0.577) ^{ef}

** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

Çizelge 4. Bakla bitkisinin OK'da ölçülen kalite parametreleri

Soğ. Yönt.	Dep. Süresi (gün)	Renk Değerleri					Meyve Eti Sertliği (kg)	Ağırlık Kaybı (%)	Bozulma Oranı (%)	Genel Görünüm (1-10)**
		L	a	b	C	a°				
ÖS	0	40.63±(0.205) ^a	-11.53±(0.050) ^a	19.70±(0.079) ^a	22.83±(0.091) ^a	120.35±(0.05) ^a	2.650±(0.032) ^a	0.000±(0.000) ^a	0.000±(0.000) ^a	10.000±(0.000) ^a
	5	33.28±(0.168) ^g	-6.35±(0.103) ^e	14.59±(0.217) ^{ef}	15.92±(0.239) ^{ef}	113.53±(0.10) ^f	2.107±(0.015) ^d	20.500±(1.440) ^{bc}	7.000±(1.530) ^{bc}	8.500±(0.289) ^{bc}
	10	31.04±(0.026) ^f	-5.21±(0.009) ^f	12.42±(0.020) ^f	13.47±(0.022) ^f	112.78±(0.01) ^g	1.523±(0.043) ^f	39.500±(1.260) ^e	25.000±(2.890) ^e	6.000±(0.000) ^{ef}
HÖS	0	39.87±(0.049) ^b	-11.36±(0.052) ^a	18.69±(0.140) ^b	21.87±(0.146) ^b	121.29±(0.08) ^a	2.607±(0.038) ^a	0.000±(0.000) ^a	0.000±(0.000) ^a	10.000±(0.000) ^a
	5	34.61±(0.072) ^e	-7.03±(0.041) ^d	15.02±(0.217) ^{de}	16.58±(0.213) ^e	115.08±(0.19) ^{de}	2.493±(0.012) ^b	20.000±(1.530) ^{bc}	4.000±(1.000) ^{ab}	9.000±(0.289) ^{abc}
	10	31.78±(0.032) ^h	-5.78±(0.035) ^{gh}	13.02±(0.136) ^{hi}	14.25±(0.138) ^{hi}	113.95±(0.09) ^{ef}	1.790±(0.015) ^e	35.500±(1.760) ^{de}	13.000±(2.520) ^{cd}	7.000±(0.577) ^{de}
VÖS	0	40.05±(0.040) ^{ab}	-11.52±(0.018) ^a	19.49±(0.142) ^a	22.64±(0.128) ^a	120.58±(0.16) ^a	2.637±(0.029) ^a	0.000±(0.000) ^a	0.000±(0.000) ^a	10.000±(0.000) ^a
	5	35.43±(0.107) ^d	-7.67±(0.035) ^c	15.83±(0.129) ^c	17.60±(0.102) ^d	115.86±(0.28) ^{cd}	2.543±(0.023) ^{ab}	18.000±(1.530) ^b	2.000±(1.000) ^{ab}	9.500±(0.289) ^{ab}
	10	33.58±(0.323) ^f	-6.01±(0.162) ^g	13.71±(0.179) ^{gh}	14.97±(0.229) ^{gh}	113.66±(0.29) ^d	2.090±(0.015) ^d	33.500±(1.260) ^d	7.000±(1.530) ^{bc}	8.000±(0.289) ^{cd}
SÖS	0	36.23±(0.115) ^c	-8.45±(0.049) ^b	16.33±(0.125) ^c	18.39±(0.119) ^c	117.35±(0.69) ^b	2.280±(0.015) ^c	0.000±(0.000) ^a	0.000±(0.000) ^a	10.000±(0.000) ^a
	5	32.87±(0.075) ^g	-6.05±(0.061) ^f	14.07±(0.130) ^{fg}	15.31±(0.144) ^{fg}	113.26±(0.02) ^f	2.083±(0.020) ^d	21.500±(2.180) ^{bc}	13.000±(1.530) ^{cd}	8.000±(0.289) ^{cd}
	10	30.30±(0.202) ^h	-5.03±(0.078) ^f	12.68±(0.560) ^{ij}	13.64±(0.501) ^{ij}	111.73±(1.09) ^g	1.400±(0.029) ^g	40.500±(1.040) ^e	31.000±(3.060) ^e	5.500±(0.289) ^f

** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

Ön soğutma işlemi için soğutucu ünitelere konulan bakla bitkisi havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutma yöntemlerinin her birinde 5000 ± 5 g ağırlığında ölçülerek soğutma işlemine tabi tutulmuştur. Soğutma işlemlerinin sonunda soğutma işlemlerinden önceki ağırlıkları 5000 ± 5 g olan bakla kasalarının tartım işlemleri yapılmıştır. Bu tartım işlemleri sonunda suyla ön soğutulmuş ürünlerde %3.30 değerinde bir ağırlık artışı (Sullivan *ve ark.*, 1996; McDonald *ve ark.*, 2000; 2002; Alibaş ve Okursoy, 2009; 2011) havayla ve vakumla ön soğutulmuş materyallerde ise sırasıyla %0.50 ve %2.28 değerinde bir ağırlık kaybı (Frost *ve ark.*, 1989; Adas, 1989; Sullivan *ve ark.*, 1996; McDonald *ve ark.*, 2000; 2002; Sun ve Wang, 2000; Desmond *ve ark.*, 2002; Zhang ve Sun, 2006a; 2006b; Jackman *ve ark.*, 2007; Alibaş ve Okursoy, 2009; 2011) saptanmıştır.

Baklanın KAO'daki Bazı Kalite Parametreleri

Ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş baklalar ile hiç ön soğutma yapılmamış baklaların kontrollü atmosfer odasında 0, 15 ve 30. günlerde belirlenmiş bozulma oranı, ağırlık kaybı, genel görünüm değeri, meyve eti sertliği ve renk parametreleri değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Bozulma oranı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Çizelge 3'e göre 15. günde tüm soğutma yöntemleri içinde en az bozulma %1 değeri ile vakumla ön soğutma yönteminde meydana gelmiş, bu değeri sırasıyla %2 değeri ile havayla, %7 değeri ile ön soğutulmamış materyaller ve %8 değeri ile suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmadan KAO'da bekletilen baklaların 15. günde ön soğutma yöntemleri içinde en fazla bozulmaya neden olan suyla ön soğutma yönteminde belirlenen bozulmaya göre 1.14 kat daha az bozulmaya neden olduğu saptanmıştır. KAO'da 30. gün sonunda ölçülen bozulma oranı değerlerine bakıldığında ise en az bozulmanın %6 değeri ile vakumla ön soğutma yönteminde, en fazla bozulmanın ise %50 değeri ile suyla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığı saptanmıştır. Ön soğutma yapılmamış baklaların 30. günün sonunda %42, suyla ön soğutulan baklaların ise %50 oranında bozulmaya uğradığı belirlenmiştir. Vakumla ön soğutma yönteminde saptanan bozulma oranının suyla ön

soğutma yönteminde saptanan bozulma oranına göre 8.33 kat daha az olduğu tespit edilmiştir. Hiç ön soğutma yapılmamış baklalarda kontrollü atmosfer şartlarında 30. günün sonunda saptanan bozulma oranı, suyla ön soğutma yöntemlerinde saptanan bozulma oranına göre 1.19 kat daha az bozulmaya neden olmuştur. Kontrollü atmosfer odasında 30 günlük depolama işlemi sonunda baklalarda oluşan bozulma oranları bir ton ürün için hesaplandığında; vakumla ön soğutma yapılmış baklada 30. gün sonunda belirlenen bozulma oranının 60 kg, suyla ön soğutma yapılmış bakladaki bozulma oranının ise 500 kg olduğu belirlenmiştir. Baklanın vakumla ön soğutma yapılarak kontrollü atmosfer odasında 30 gün boyunca depolanması ile, basınçlı suyla ön soğutma yapılarak soğuk depolamasına göre 440 kg ton^{-1} , hiç ön soğutma yapılmadan depolanmasına göre ise 360 kg ton^{-1} ürün kaybı önlenmektedir.

Tüm yöntemler için ağırlık kaybı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Çizelge 3'e göre 15. gün sonundaki ağırlık kaybı değerleri içinde en az ağırlık kaybına neden olan yöntemin %6 değeri ile vakumla ve havayla ön soğutma, en fazla ağırlık kaybına neden olan yöntemin ise %12.5 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Hiç ön soğutma yapılmamış baklalarda kontrollü atmosfer şartlarında 15 gün depolama sonucu meydana gelen ağırlık kaybının ise %11.5 olduğu tespit edilmiştir. Ön soğutma yapılmamış baklaların 15. gün sonundaki ağırlık kaybı değeri en az ağırlık kaybının olduğu vakumla ve havayla ön soğutma yöntemlerinde oluşan ağırlık kaybı değerine göre 1.92 kat daha fazla olduğu; en fazla ağırlık kaybının olduğu suyla ön soğutma yöntemine göre ise %1.09 kat daha az olduğu saptanmıştır. Kontrollü atmosfer odasında 30. günün sonunda ölçülen ağırlık kaybı değerleri içinde en az kayba neden olan yöntemin %15.5 değeri ile vakumla ön soğutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Bu değeri %16 değeri ile havayla ön soğutma yönteminin, %21.5 değeri ile hiç ön soğutma işlemi görmemiş ürünlerin ve %27 değeri ile suyla ön soğutma yönteminin takip ettiği tespit edilmiştir.

Uygulanan tüm yöntemler için genel görünüm derecesi 0. günde "10" olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Genel görünüm derecelendirmesi, 10-9: çok iyi, 8-7: iyi, 6-5:

satılabilir, 4-3: satılmaz, 2-1: kullanılamaz şeklinde yapılmıştır. Buna göre 15. gün sonunda vakumla ve havayla ön soğutma yöntemleri ile soğutularak kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen baklaların genel görünüm derecesi sırasıyla "10" ve "9" puan ile "çok iyi", suyla ön soğutularak kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen baklaların genel görünüm derecesi ise "7.5" puan ile "iyi" olarak derecelendirilmiştir. Hiç ön soğutma yapılmadan kontrollü atmosfer odasında 15 gün depolanmış baklaların genel görünüm derecesi ise "8" değeri ile "iyi" sınıfına dahil edilmiştir. Vakumla ve havayla ön soğutularak kontrollü atmosfer odasına konulan baklaların 30. günün sonundaki genel görünüm derecesi sırasıyla "8" ve "7" puan ile "iyi", suyla ön soğutularak kontrollü atmosfer odasında 30 gün muhafaza edilen baklaların genel görünüm derecesi ise "3" puan ile "satılmaz" olarak derecelendirilmiştir. Hiç ön soğutma yapılmadan kontrollü atmosfer odasında 30 gün boyunca muhafaza edilen baklaların genel görünüm derecesi ise "4.5" değeri ile "satılabilir" olarak belirlenmiştir.

Hiç işlem görmemiş baklaların 0. günde okunan meyve eti sertlik değerleri taze ürünün sertlik değerini vermiş ve bu değer kontrol değeri olarak kabul edilmiştir. Çizelge 3'e göre 15. gün sonundaki meyve eti sertlikleri içinde taze ürüne en yakın sertlik değeri 2.52 kg değeri ile vakumla ön soğutma yönteminde bulunmuştur. Vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla 2.51 kg değeri ile havayla, 2.23 kg değeri ile ön soğutma yapılmadan soğuk depolanan ürünler ve 2.15 kg değeri ile değeri ile suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış baklaların 15. gün sonundaki sertlik değerinin vakumla ön soğutularak soğuk depolanmış baklaların sertlik değerine göre %13 oranında daha az olduğu belirlenmiştir. Suyla ön soğutularak 15 gün boyunca KAO'da soğuk muhafaza edilmiş baklaların sertlik derecesinin ise hiç ön soğutma yapılmadan soğuk depolanmış baklaların sertlik derecesine göre %3.7 oranında daha az olduğu saptanmıştır. KAO'da 30. gün sonundaki meyve eti sertlikleri içinde taze ürüne en yakın sertlik değeri 2.27 kg değeri ile vakumla ön soğutmada bulunmuştur. Vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla 2.21 kg değeri ile havayla ön soğutma, 1.71 kg değeri ile hiç ön soğutma yapılmamış materyaller ve 1.51 kg değeri ile suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön

soğutma yapılmamış baklalarda 30. gün sonunda ölçülen sertlik değerinin, suyla ön soğutma yönteminde saptanan sertlik değerinden %13.3 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Suyla ön soğutma yöntemi baklaların soğuk depolanması sürecinde sertlik azalmasına neden olmuştur.

Hiç işlem görmemiş baklaların 0. günde okunan renk değerleri taze ürünün renk değerlerini vermiş ve bu değer kontrol değeri olarak kabul edilmiştir. Tüm soğutma yöntemlerinin kontrollü atmosfer odasında 15. gün ve 30. gün sonundaki renk değerleri incelendiğinde taze ürüne en yakın renk değerlerinin vakumla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığı saptanmıştır. Vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla, havayla ve suyla ön soğutma yöntemlerinin takip ettiği tespit edilmiştir. Hiç işlem yapılmadan kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen baklaların renk değerlerinin ise suyla ön soğutularak soğuk depolanan baklaların renk değerlerinden daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Alibaş ve Okursoy (2009) ispanağı havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutmuşlar ve hiç ön soğutulmamış ispanaklarla ön soğutulmuş ürünleri kontrollü atmosfer odasında 15 gün süre muhafaza etmişler, renk, ağırlık kaybı, genel görünüm, bozulma oranı parametrelerini ölçmüşlerdir. Buna göre kalite parametreleri açısından en uygun yöntemin sırasıyla suyla, basınçlı suyla, vakumla ve havayla ön soğutma yöntemleri olduğunu, ön soğutma yapılmamış ürünlerin depolamaya karşı daha dayanıksız olduğunu belirlemişlerdir. Özer ve Masatçı (2000) domatesi kontrollü atmosferde muhafaza etmişler ve sertlik, genel görünüm, ağırlık kaybı ve renk gibi bazı kalite parametrelerinin zamana bağlı olarak azaldığını saptamışlardır. Özer (2002) Jonagolg Elma Çeşidini Kontrollü Atmosfer Koşullarında 30 gün süreyle muhafaza etmişler ve elmanın kalite parametrelerinde zamana bağlı olarak azalma belirlemişlerdir.

Baklanın OK'daki Bazı Kalite Parametreleri

Ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş baklalar ile hiç ön soğutma yapılmamış baklaların kontrollü atmosfer odasında 0, 5 ve 10. günlerde belirlenmiş bozulma oranı, ağırlık kaybı, genel görünüm değeri, meyve eti sertliği ve renk parametreleri değerleri Çizelge 4'de verilmiştir. Sütunlar arasındaki farklılık %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Uygulanan yöntemler için bozulma oranı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Çizelge 3'e göre oda koşullarında 5. günün sonunda en az bozulmanın gözlemlendiği yöntemin %2 değeri ile vakumla ön soğutma yöntemi olduğu, bunu sırasıyla %13 değeri ile suyla ve % 4 değeri ile havayla ön soğutma yöntemlerinin izlediği saptanmıştır. OK'da 5. günün sonunda yapılan bozulma oranı takiplerine göre hiç ön soğutma yapılmamış materyallerde %7 oranında bozulma meydana gelmiştir. Havayla, vakumla ve suyla ön soğutma yapılmış baklalar ile ön soğutma yapılmamış baklaların OK'da 10 gün boyunca bekletilmeleri sonucu saptanan bozulma oranı değerlerine göre en az bozulma %7 değeri ile vakumla ön soğutma yönteminde meydana gelmiştir. Vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla %13 değeri ile havayla ön soğutma yöntemi, %25 değeri ile hiç işlem görmemiş ürünler ve %31 değeri ile suyla ön soğutma yöntemi izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış baklalarda saptanan bozulma oranının suyla ön soğutulmuş baklalarda gözlenen bozulma oranından %24 oranında daha az olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, hiç ön soğutma yapılmamış ürünlerde OK'da 10. günde saptanan bozulma oranının vakumla ön soğutulmuş baklalarda 10. günde saptanan bozulma oranı değerinden 3.57 kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Meydana gelen ağırlık kaybı değerlerinden yola çıkılarak birim ton ürün başına bozulan ürün miktarı hesaplanmıştır. Buna göre, ön soğutma yapılmadan pazara çıkarılmış ürünlerde 10. günün sonunda 250 kg ton⁻¹ ürünün bozularak atıldığı saptanmıştır. Ancak vakumla ön soğutulduktan sonra pazara çıkarılan baklalarda 10. günün sonundaki bozulan ürün miktarı 70 kg ton⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, hasattan hemen sonra pazar koşullarında satışa çıkarılan baklalara pazara çıkarılmadan önce vakumla ön soğutma yapılmasının, baklaların işlem görmeden pazara çıkarılmasına göre pazar koşullarında 10. günde 180 kg ton⁻¹ ürün kazancı sağlandığı sonucuna varılmıştır. Suyla ön soğutulmuş oda koşullarında 10 gün boyunca bekletilen bir ton üründe meydana gelen bozulma oranı ise 310 kg olduğu belirlenmiştir. Buradan yola çıkılarak suyla ön soğutulmuş 10 gün pazar koşullarında satışa çıkarılmış bir ton baklada meydana gelen bozulmanın, hiç ön soğutma yapılmadan pazara çıkarılmış baklalarda saptanan bozulma oranından ton

başına sırasıyla 60 kg daha fazla olduğu ortaya çıkmaktadır.

Uygulanan tüm yöntemler için ağırlık kaybı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Çizelge 4'e göre 5. gün sonunda tüm yöntemler içinde en az ağırlık kaybı vakumla ön soğutma yönteminde %18 değeri ile elde edilirken, bu değeri sırasıyla %20 değeri ile havayla ön soğutma yöntemi, %20.5 değeri ile hiç ön soğutma yapılmamış materyaller ve %21.5 değeri ile suyla ön soğutma yöntemi izlemiştir. OK'da 10. günün sonunda ölçülen ağırlık kaybı değerleri de 5. gün değerlerine benzer şekilde bulunmuştur. En az ağırlık kaybına neden olan yöntemin %33.5 değeri ile vakumla ön soğutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Bunu sırasıyla %35.5, 39.5 ve 40.5 değerleri ile havayla ön soğutma yöntemi, hiç ön soğutma yapılmamış baklalar ve suyla ön soğutma yöntemi izlemiştir.

Genel görünüm derecesi 0. günde "10" puan olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Genel görünüm derecelendirmesi, 10-9: çok iyi, 8-7: iyi, 6-5: satılabilir, 4-3: satılamaz, 2-1: kullanılamaz şeklinde yapılmıştır. Bu derecelendirmeye göre, 5. günün sonunda vakumla ve havayla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş baklalar sırasıyla "9.5" ve "9" puan ile "*çok iyi*"; suyla ön soğutulmuş ve hiç ön soğutma yapılmamış baklalar sırasıyla "8" ve "8.5" puan ile "*iyi*"; olarak derecelendirilmiştir. Benzer şekilde 10. günün sonunda vakumla ve havayla ön soğutma yöntemi ile ön soğutulmuş baklalar sırasıyla "8" ve "7" puan ile genel görünüm açısından "*iyi*" olarak nitelendirilirken, hiç ön soğutma yapılmamış baklalar ile suyla ön soğutulmuş baklaların 10 gün sonundaki genel görünüm derecesi sırasıyla "6" ve "5.5" puan ile "*satılabilir*" olarak değerlendirilmiştir.

Hiç işlem görmemiş baklaların 0. günde okunan meyve eti sertlik değerleri taze ürünün sertlik değerini vermiş ve bu değer kontrol değeri olarak kabul edilmiştir. Çizelge 4'e göre 5. gün sonundaki meyve eti sertlikleri içinde taze ürüne en yakın sertlik değerinin 2.54 kg değeri ile vakumla ön soğutma yönteminde meydana geldiği saptanmıştır. Vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla 2.49 kg değeri ile havayla, 2.11 kg değeri ile ön soğutma yapılmadan soğuk depolanan ürünler ve 2.08 kg değeri ile değeri ile suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Oda koşullarında 10. gün sonundaki meyve eti sertlikleri

içinde taze ürüne en yakın sertlik değerinin 2.09 kg ile vakumla ön soğutmada yönteminde olduğu saptanmıştır. Vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla 1.79 kg değeri ile havayla ön soğutma, 1.52 kg değeri ile hiç ön soğutma yapılmamış materyaller ve 1.40 kg değeri ile suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış baklalarda 10. gün sonunda ölçülen sertlik değerinin, suyla ön soğutma yönteminde saptanan sertlik değerinden sırasıyla %8.8 oranında daha fazla olduğu belirlenmiştir.

İşlem görmemiş baklaların 0. günde okunan renk değerleri taze ürünün renk değerlerini vermiş ve bu değer kontrol değeri olarak kabul edilmiştir. Tüm soğutma yöntemlerinin oda koşullarında 5. gün ve 10. gün sonundaki renk değerleri incelendiğinde taze ürüne en yakın renk değerlerinin vakumla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığı saptanmıştır. Vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla, havayla ve suyla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. Hiç işlem yapılmadan oda koşullarında bekletilmiş baklaların renk değerlerinin, suyla ön soğutulmuş soğuk depolanan baklaların renk değerlerinden daha iyi olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, pazar koşullarında baklaların renk değerlerinde büyük oranda kayba yol açması bakımından suyla ve basınçlı suyla soğutulmalarının uygun olmadığı saptanmıştır.

Baklanın KAO ve OK'da muhafaza edilmesinde kalite parametreleri açısından en uygun soğutma

yönteminin vakumla ön soğutma yöntemi olduğu, bunu sırasıyla havayla ön soğutma yönteminin, hiç ön soğutma yapılmadan depolanmış ürünlerin ve suyla ön soğutma yönteminin izlediği saptanmıştır. Hiç ön soğutma yapılmadan KAO ve OK'da depolanmış baklanın suyla ön soğutulmuş depolanan baklalara göre kalite parametrelerinde önemli ölçüde düşüşe neden olduğu ve bu nedenle de suyla ön soğutma yönteminin baklanın ön soğutulmasına uygun bir yöntem olmadığı sonucuna varılmıştır.

SONUÇ

Çalışmada bakla havayla, vakumla ve suyla ön soğutulmuştur. Soğutma süresinin en kısa, enerji tüketiminin ise en düşük olduğu soğutma yönteminin vakumla ön soğutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Hem enerji tüketimi hem de soğutma süresi açısından vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla suyla ve havayla ön soğutma yöntemlerinin takip ettiği belirlenmiştir. Suyla ön soğutulan materyallerde soğutma işlemi sırasında ağırlık artışı, havayla ve vakumla ön soğutulmuş materyallerde ise ağırlık kaybı olduğu tespit edilmiştir. Soğutma yöntemleri güç gereksinimi açısından karşılaştırılmış; en fazla güç gereksiniminin vakumla ön soğutma yönteminde meydana geldiği, bunu sırasıyla suyla ve havayla ön soğutma yöntemlerinin izlediği saptanmıştır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Adas, 1989. Subject: Rapid Cooling of Horticultural Produce a Guide to System Selection.
<http://www.garlicworld.co.uk/grower/cooling/index.html>,
 Erişim:15.03.2004.
- Akbudak, B., M.H. Özer, 2003. Farklı Sıcaklıklarda Muhafaza Edilen Turşuluk Hıyarda Meydana Gelen Fiziksel ve Kimyasal Değişimler. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 17(1):33-46.
- Akbudak, B., M.H. Özer, U. Erturk, 2003. A Research on Controlled Atmosphere (CA) Storage of cv. Elstar on Rootstock of MM106. Proceedings of the International Conference Postharvest Unlimited, Leuven, Acta Hort.No. 599:657-663.
- Alibas, I., 2006. Characteristics of Chard Leaves during Microwave, Convective, and Combined Microwave-Convective Drying. Drying Technology 24(1):1-11.
- Alibas-Ozkan, I., B. Akbudak, N. Akbudak, 2007. Microwave drying Characteristics of Spinach. Journal of Food Engineering 78(2):577-583.
- Alibaş, İ., R. Okursoy, 2009. İspanağın Havayla, Vakumla ve Suyla Ön Soğutulmasındaki Kalite ve İşletim Parametrelerinin Belirlenmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi 5(2):149-160.
- Alibaş, İ., R. Okursoy, 2011. Tarımsal Ürünlerin Vakumla, Suyla ve Havayla Ön Soğutulmaları İçin Tasarlanan Ön Soğutma Sistemleri ve Bazı Tarımsal Ürünlerin Ön Soğutma Parametreleri. Uludağ Üniversitesi Bilgilendirme ve 1. AR-GE Günleri Poster Sunumları Kitabı, 15-16 Kasım 2011, s.150.
- Artes, F., J.A. Martinez, 1996. Influence of Packaging Treatments on the Keeping Quality of Salinas Lettuce, Lebensmittel Wissenschaft und Technologies 29:664-668.
- Brosnan, T., D.W. Sun, 2003. Influence of Modulated Vacuum Cooling on the Cooling Rate, Mass Loss and Vase Life of Cut Lily Flowers. Biosystems Engineering 86(1):45-49.
- Chen, Y.L., 1988. Vacuum, Hydro, and Forced Air of Farm Produce and Their Energy Consumptions, FFTC Book Series, Taiwan, 37:104-111.
- Cheng, H.-P., 2006. Vacuum Cooling Combined with Hydrocooling and Vacuum Drying on Bamboo Shoots. Applied Thermal Engineering 26:2168-2175.
- Desmond, E.M., T.A. Kenny, P. Ward, 2002. The Effect of Injection Level and Cooling Method on the Quality of Cooked Ham Joints. Meat Science 60(3):271-277.

- Dinçer, İ., 1993. Çeşitli Gıdaların Soğutulmasında Etkin İşlem Parametrelerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi (yayınlanmamış), İTÜ Fen Bil. Enst., s.141.
- Dincer, I., 1995. Air Flow Precooling of Individual Grapes. *Journal of Food Engineering* 6(2):243-249.
- Dostal, M., K. Petera, 2004. Vacuum Cooling of Liquids: Mathematical Model. *Journal of Food Engineering* 61(4): 533-539.
- Everington, D.W., 1993. Vacuum Technology for Food Processing. pp. 71-74. In: *Food Technology International Europe*. A. Turner (ed.), Sterling Publications Ltd., London,
- Frost, C.E., K.S. Burton, P.T. Atkey, 1989. A Fresh Look at Cooling Mushroom. *Mushroom Journal* 193:23-29.
- Frühbeck, G., I. Monreal, S. Santidrian, 1997. Hormonal Implications of the Hypocholesterolemic Effect of Intake of Field Beans (*Vicia faba* L.) by Young Men with Hypercholesterolemia. *American Journal of Clinical Nutrition* 66:1452-1460.
- Gormley, T.R., C. Maccanna, 1967. Pre-packaging and Shelf Life of Mushroom. *Irish Journal of Agricultural Research* 6:255-265.
- He, S.Y., G.P. Feng, H.S. Yang, Y. Wu, Y.F. Li, 2004. Effects of Pressure Reduction Rate on Quality and Ultrastructure of Iceberg Lettuce after Vacuum Cooling and Storage. *Postharvest Biology and Technology* 33:263-273.
- Houska, M., S. Podloucky, R.Z. Intny, R. Gree, J.S. Eastak, M. Dostal, D. Burfoot, 1996. Mathematical Model of The Vacuum Cooling of Liquids. *Journal of Food Engineering* 29(3-4):339-348.
- Houska, M., D.W. Sun, A. Landfeld, Z. Zhihang, 2003. Experimental Study of Vacuum Cooling of Cooked Beef in Soup. *Journal of Food Engineering* 59(2-3):105-110.
- Işık, E., 1994. Vakum Soğutma Sistemlerinde İşletim ve Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesine Yönelik Model Çalışması. Doktora Tezi, (yayınlanmamış), Uludağ Üniversitesi, s. 134.
- Jackman, P., D.W. Sun, L. Zheng, 2007. Effect of Combined Vacuum Cooling and Air Blast Cooling on Time and Cooling Loss of Large Cooked Beef Joints. *Journal of Food Engineering* 81:266-271.
- Köpke, U., T. Nemecek, 2010. Ecological Services of Faba Bean. *Field Crops Research* 115:217-233.
- Macarulla, M.T., C. Medina, M.A. De Diego, M. Chávarri, M.A. Zulet, J.A. Martínez, et al., 2001. Effects of the Whole Seed and a Protein Isolate of Faba Bean (*Vicia faba*) on the Cholesterol Metabolism of Hypercholesterolaemic Rats. *British Journal of Nutrition* 85:607-614.
- McDonald, K., D.W. Sun, 2000. Vacuum Cooling Technology for The Food Processing Industry: A Review. *Journal of Food Engineering* 45(2):55-65.
- McDonald, K., D.W. Sun, T. Kenn, 2000. Comparison of the Quality of Cooked Beef Products Cooled by Vacuum Cooling and by Conventional Cooling. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 33(1):21-29.
- McDonald, K., D.W. Sun, 2001a. The Formation of Pores and Their Effects in A Cooked Beef Product on The Efficiency of Vacuum Cooling. *Journal of Food Engineering* 47(3):175-183.
- McDonald, K., D.W. Sun, 2001b. Effect of Evacuation Rate on The Vacuum Cooling Process of A Cooked Beef Product. *Journal of Food Engineering* 48(3):195-202.
- McDonald, K., D.W. Sun, T. Kenny, 2001. The Effect of Injection Level on The Quality of A Rapid Vacuum Cooled Cooked Beef Product. *Journal of Food Engineering* 47(2):139-147.
- McDonald, K., D.W. Sun, J.G.Lyng, 2002. Effect of Vacuum Cooling on the Thermophysical Properties of a Cooked Beef Product. *Journal of Food Engineering* 52(2):167-176.
- Nunes, M.C.N., J.K. Brecht, S.A.Sargent, A.M.M.B. Morais, 1995. Effect of Delays to Cooling and Wrapping on Strawberry Quality (cv. Sweet Charlie). *Food Control* 6(6):323-328.
- Ofuya, Z. M., V. Akhidue, 2005. The Role of Pulses in Human Nutrition: A review. *Journal of Apply Science and Environmental Management* 9:99-104.
- Özer, M.H., F. Masatçı, 2000. Domatesin Kontrollü Atmosferde (KA) Muhafazası Üzerine Bir Araştırma. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 14:45-57.
- Özer, M.H., 2002. Jonagold Elma Çeşidinin Kontrollü Atmosferde Muhafazası. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 16 (2):189-202.
- Rennie, T.J., C. Vigneault, G.S.V. Raghavan, J.R. DeEll, 2001. Effects of Pressure Reduction Rate on Vacuum Cooled Lettuce Quality during Storage. *Canadian Biosystems Engineering* 43(3):39-43.
- Sullivan, G.H., L.R. Davenport, J.W. Julian, 1996. Subject: Precooling: Key Factor for Assuring Quality in New Fresh Market Vegetables Crops. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/v3-521.html>, Erişim: 31.10.2003.
- Sun, D.W., L. Wang, 2000. Heat Transfer Characteristics of Cooked Meats Using Different Cooling Methods. *International Journal of Refrigeration* 23(7):508-516.
- Sun, D.W., L. Wang, 2004. Experimental Investigation of Performance of Vacuum Cooling for Commercial Large Cooked Meat Joints. *Journal of Food Engineering* 61(4): 527-532.
- Tao, F., M. Zhang, Y. Hangqing, S. Jincai, 2006. Effects of Different Storage Conditions on Chemical and Physical Properties of White Mushrooms After Vacuum Cooling. *Journal of Food Engineering* 77:545-549.
- Teruel, B., L. Cortez, L.N. Fo, 2001. A Comparative Study of the Cooling of Oranges Using Three Cooling Systems. *Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental* 5(3):481-486.
- Wang, L., D.W. Sun, 2001. Rapid Cooling of Porous and Moisture Foods by Using Vacuum Cooling Technology. *Trends in Food Science & Technology* 12 (5-6):174-184.

- Wang, L., D.W. Sun, 2002a. Modelling Vacuum Cooling Process of Cooked Meat-part 1: Analysis of Vacuum Cooling System. *International Journal of Refrigeration* 25(7):854-861.
- Wang, L., D.W. Sun, 2002b. Modelling Vacuum Cooling Process of Cooked Meat - part 2: Mass and Heat Transfer of Cooked Meat Under Vacuum Pressure. *International Journal of Refrigeration* 25(7):862-871.
- Wang, L.J., D.W. Sun, 2002c. Evaluation of Performance of Slow Air, Air Blast and Water Immersion Cooling Methods in The Cooked Meat Industry by The Finite Element Method. *Journal of Food Engineering* 51(4):329-340.
- Wang, L.J., D.W. Sun, 2002d. Modelling Three-Dimensional Transient Heat Transfer of Roasted Meat during Air Blast Cooling by The Finite Element Method. *Journal of Food Engineering* 51(4):319-328.
- Wang, L., D.W. Sun, 2004. Effect of Operating Conditions of A Vacuum Cooler on Cooling Performance for Large Cooked Meat Joints. *Journal of Food Engineering* 61(2): 231-240.
- Vioque, J., M. Alaiz, J.Girón-Calle, 2012. Nutritional and Functional Properties of Vicia faba Protein Isolates and Related Fractions. *Food Chemistry* 132:67–72.
- Zhang, Z., D.W. Sun, 2006a. Effects of Cooling Methods on the Cooling Efficiency and Quality of Cooked Rice, *Journal of Food Engineering* 77:269-274.
- Zhang, Z., D.W. Sun, 2006b. Effects of Cooling Methods on the Cooling Efficiency and Qualities of Cooked Broccoli and Carrot Slices, *Journal of Food Engineering* 77:320-326.

İlknur ALİBAŞ, Rasim OKURSOY