



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Enginarın Basınçlı Havayla, Suyla ve Vakumla Ön Soğutulmasının Depolama Koşullarındaki Kalite Parametreleri Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi

İlknur ALİBAŞ^a, Rasim OKURSOY^a

^aUludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 16059, Bursa, TÜRKİYE

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: İlknur ALİBAŞ, E-posta: ialibas@uludag.edu.tr, Tel: +90 (224) 294 16 08

Geliş Tarihi: 28 Ocak 2015, Düzeltmelerin Gelişi: 27 Haziran 2015, Kabul: 29 Haziran 2015

ÖZET

Bu çalışmada, havayla, suyla ve vakumla ön soğutma yöntemleri kullanılarak 5 ± 0.005 kg ağırlıkta tartılarak kasalara yerleştirilen enginarların tarla sıcaklığı olan 23.5 ± 0.5 °C'den depolama sıcaklığı olan 1 °C'ye kadar soğutulması sağlanmıştır. Ön soğutma zamanı en kısa olan soğutma yöntemi 35 dakika ile vakumla ön soğutma yöntemidir. Bunu sırasıyla 58 dakika ile suyla ve 135 dakika ile havayla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma sistemleri enerji tüketimleri açısından incelendiğinde ise en az enerji tüketimi 0.38 kWh değeri ile vakumla ön soğutma sisteminde saptanmıştır. Bunu sırasıyla 0.65 kWh değeri ile suyla ve 0.84 kWh değeri ile de havayla ön soğutma sistemleri izlemiştir. Sistemlerin tükettikleri güç açısından yapılan değerlendirmeye göre en az gücün 0.37 kW değeri ile basınçlı havayla ön soğutma sistemi olduğu, bunu sırasıyla 0.48 kW değeri ile suyla ve 0.65 kW değeri ile vakumla ön soğutmanın izlediği belirlenmiştir. Ön soğutma işlemleri sonunda suyla ön soğutulmuş ürünlerde % 2.83 oranında bir ağırlık artışı gözlemlenmiştir. Buna karşın basınçlı havayla ve vakumla ön soğutulmuş enginarlarda ise soğutma işlemi sonrasında sırasıyla % 1.03 ve % 1.88 oranında ağırlık azalması meydana geldiği saptanmıştır. Basınçlı havayla, suyla ve vakumla ön soğutulmuş ve hiç ön soğutulmamış (kontrol) enginarlar kontrollü atmosfer odasında 30 gün, oda koşullarında ise 15 gün boyunca bekletilmiş ve meyve eti sertliği, ağırlık kaybı, bozulma oranı ve genel görünümleri açısından değerlendirilmiştir. Buna göre enginarlarda kalite parametreleri açısından en uygun ön soğutma yönteminin havayla ön soğutma olduğu; bunu sırasıyla vakumla, kontrol koşullarında ve suyla ön soğutmanın izlediği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Basınçlı havayla ön soğutma; Enginar; Kalite parametreleri; Suyla ön soğutma; Vakumla ön soğutma

Determination of Quality Parameters during Air Blast, Vacuum and Hydro Pre-cooling of Artichoke under the Storage Conditions

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: İlknur ALİBAŞ, E-mail: ialibas@uludag.edu.tr, Tel: +90 (224) 294 16 08

Received: 28 January 2015, Received in Revised Form: 27 June 2015, Accepted: 29 June 2015

ABSTRACT

The aim of the present study is to pre-cool artichokes which were placed in the cases after weighing 5 ± 0.005 kg, from 23.5 ± 0.5 °C which is field temperature to the storage temperature of 1 °C through using three different pre-cooling methods such as air blast, hydro and vacuum. The cooling method, which has the shortest pre-cooling time, is the vacuum pre-cooling method with 35 minutes. This was followed by hydro with 58 minutes and air pre-cooling method with 135 minutes. When pre-cooling systems were analyzed in terms of energy consumption, vacuum pre-cooling system was determined to have the lowest energy consumption with the value of 0.38 kWh, which was followed by hydro pre-cooling with 0.65 kWh and air pre-cooling system with 0.84 kWh. Based upon an evaluation carried out in terms of power consumption of the systems, air blast pre-cooling method has the minimum power with the value of 0.37 kW, which was followed by hydro and vacuum pre-cooling methods with the respective values of 0.48 kW and 0.65 kW. Following pre-cooling operations, it was observed that there is 2.83% weight gain in the products exposed to hydro pre-cooling. However, 1.03% and 1.88% weight loss was found to occur after pre-cooling operation in artichokes pre-cooled by means of air blast and vacuum. Artichokes pre-cooled through air blast, hydro and vacuum or those which are not pre-cooled were maintained for 30 days in modified atmosphere room while they were hold for 15 days in room conditions; moreover, they were analyzed related to weight loss, hardness, degradation rate and overall appearance. Accordingly, it was determined that the most suitable pre-cooling method is vacuum pre-cooling; this was followed by artichokes pre-cooled though vacuum and hydro or those not pre-cooled.

Keywords: Air precooling; Artichoke; Hydro precooling; Quality parameters; Vacuum precooling

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

1. Giriş

Anayurdu, Akdeniz ülkeleri olan enginar (*Cynara cardunculus* L.), toprağı zengin, iklimi yumuşak ve nemli olan pek çok ülkede yetiştirilmektedir (Romani et al 2006). Enginar içerdiği mineraller bakımından oldukça zengin bir sebzedir. Bol miktarda potasyum, kalsiyum ve mangan ile A, B1 ve C vitaminleri içermektedir. Enginar ayrıca, karaciğeri temizlemesi, kanı sulandırması, özellikle LDL-kolesterolü düşürücü etkiye sahip olması ve safranın kolay akışını sağlaması gibi özelliklere de sahiptir (Thompson Coon & Ernst 2003; Zhu et al 2004; Zhu et al 2005; Günhan et al 2014).

Tarımsal ürünler hasat edilmelerinin peşi sıra bünyelerindeki mikroorganizma faaliyetlerinin ve etilen gazı oluşumunun hızlanması, su kaybının oluşmaya başlaması ve solunumun yavaşlaması gibi nedenlerden dolayı bozulmaya başlarlar (Alibaş 2012). Hasat işlemi takip eden süreçteki bu bozulmaların önüne geçilebilmesi için hasat sonrası meyve ve sebzelerin tarla sıcaklığından depolama sıcaklığına kadar hızla düşürülmesi yani “ön soğutulması” gerekmektedir (Sankat & Mujaffar

1999; Wang & Sun 2001; Brosnan & Sun 2003; Sun & Wang 2004; Alibaş & Okursoy 2009).

Ön soğutma işlemleri soğutulacak ürünün özelliklerine ve uygulanacak teknolojiye göre genel olarak üç farklı yöntemle yapılmaktadır. Bu yöntemler; havayla, suyla ve vakumla ön soğutma yöntemleridir (Alibaş & Okursoy 2012). Havayla ön soğutma yöntemi bilinen en eski soğutma tekniğidir. Soğutucu akışkan olarak kullanılan havanın soğutulacak olan materyalin bulunduğu ortama gönderilmesi ile havayla ön soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Hasat sıcaklığındaki ürün, soğuk havanın etkisi ile dış yüzeyden başlayarak iç yüzeye doğru konveksiyon yoluyla soğutulmaktadır (Alibas & Koksall 2014). Suyla ön soğutma yönteminde soğutulmuş su, soğutucu akışkan olarak sisteme verilir ve ürünlerin soğuması tıpkı havayla ön soğutma yöntemindeki gibi konveksiyon yoluyla sağlanmaktadır (Alibaş & İzli 2013). Bu yöntemin en büyük avantajı çeşitli ürün artıklarının, tarla tozu ve kirinin üründen yıkanıp temizlenmesine ve soğutma suyuna ilave edilen klor ve iyot çözeltileri gibi bazı kimyasal maddeler ile ürün yüzeyindeki zararlı bakterilerin yok edilmesine

olanak sağlanmasıdır (Alibaş & Okursoy 2009). Suyla soğutma yönteminde ürünün donmaması için bazı koruma önlemlerinin alınması gerekmektedir. Ayrıca suyla soğutma yöntemi ile soğutulacak ürünlerin ve kullanılan ambalaj malzemelerinin suya dayanıklı olması gerekmektedir (Alibaş & İzli 2013).

Vakumla soğutma tekniği ise ürünün bünyesinde bulunan suyun buharlaştırılması ile ürün sıcaklığının hızlı bir şekilde azalması prensibine dayanmaktadır (Brosnan & Sun 2003; Alibas & Koksall 2014). Soğutma sistemindeki basıncın sürekli olarak azalması ile materyalin bünyesindeki buharlaşmanın sürekli kalması sağlanmaktadır. Vakumla soğutma işlemi sırasında, materyalin bünyesinde serbest halde bulunan su, kaynama noktasına yakın bir sıcaklık değerinde buharlaşmaktadır (Dostal & Petera 2004). Ürün vakuma maruz bırakıldığında, ürünün bünyesinde bulunan suyun kaynama sıcaklığı düşmekte ve suyun bir kısmı yeni denge şartları oluşana dek kaynamaktadır (Wang & 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. Bu buharlaşma sırasında ortamdan ısı çekildiği için tarımsal ürünler soğumaktadır. Vakumla soğutma ile soğutma süresinde önemli ölçüde azalma sağlanmaktadır (McDonald & Sun 2000; McDonald et al 2002; Houska et al 2003; Sun & Wang 2004; Wang & Sun 2004).

Ön soğutma işlemlerinden sonra soğutulmuş ürünler, soğutma sıcaklığı korunarak ya satışa gönderilmekte ya da soğuk havada depolanmaktadır (Alibaş & Okursoy 2012). Ürünün satışa sunulmadan önce soğutulması, genellikle soğutma kapasitesi düşük olan taşıyıcı araçların soğutma yükünü azaltmaktadır. Depolanacak ürünlere daha önceden ön soğutma yapılması, soğuk depolama sırasında harcanan soğutma gücünden tasarruf sağlanmasına da olanak sağlamaktadır (Alibas & Koksall 2015).

Bu çalışmanın amacı; i) yeni hasat edilmiş enginar bitkisinin havayla, suyla ve vakumla ön soğutulmasını sağlamak, ii) ön soğutma süresi, ağırlık

farkı, sistemlerin enerji ve güç tüketimlerini tespit etmek ve iii) ön soğutulmuş ürünlerin hem kontrollü atmosfer odasında hem de oda koşullarındaki kalite parametrelerinin belirlenmesiyle enginar bitkisi için en uygun ön soğutma yöntemini saptamaktır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Örneklerin hazırlanması

Soğutulacak olan enginar (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori), Bursa ili Osmangazi İlçesi Nilüfer Köy’de üretim yapan bir üreticiden yeni hasat edilmiş olarak alınmıştır. Enginarlar hasat sıcaklığı korunarak hızlı bir şekilde laboratuvar ortamına taşınmış ve vakit kaybetmeden ön soğutma işlemlerine tabi tutulmuştur.

2.2. Ön soğutma sistemleri

2.2.1. Havayla ön soğutma sistemi

Genel görünümü Şekil 1(a)’da verilmiş olan basınçlı havayla ön soğutma sistemi; soğutma kabini, fan, kontrol panosu ve içinde buharlaştırıcı, yoğuşturucu, kompresör, genişleme valfi ve soğutucu akışkan bulunan soğutucu üniteden oluşmaktadır. Soğutma kabini 2 mm kalınlığındaki galvanizli sacdan boyutları 850 x 800 x 1100 mm, hacmi ise 0.748 m³ olacak şekilde tasarlanmıştır. Soğutma kabininin çevresine, 12 mm kalınlığında 0.147 kJ m⁻² h °C ısı geçiş katsayısına sahip cam yünü sarılmış olup soğutma kabininin arka duvarına buharlaştırıcı ve buharlaştırıcının hemen üzerine ise devir sayısı 1400 dakika⁻¹ olan 160 mm çark çapına sahip 5 kanatlı aksiyal bir fan yerleştirilmiştir. Sistem sıcaklığı dijital bir kontrol panosu aracılığıyla ayarlanmaktadır. Sistemde, 13.5 mm çapında, 8160 mm uzunluğunda, 0.3459 m² yüzey alanına sahip bakır borudan yapılmış buharlaştırıcı ve 12 mm çapında, 16400 mm uzunluğunda, 0.6180 m² yüzey alanına sahip bakır borudan yapılmış yoğuşturucu kullanılmıştır.

2.2.2. Suyla ön soğutma sistemi

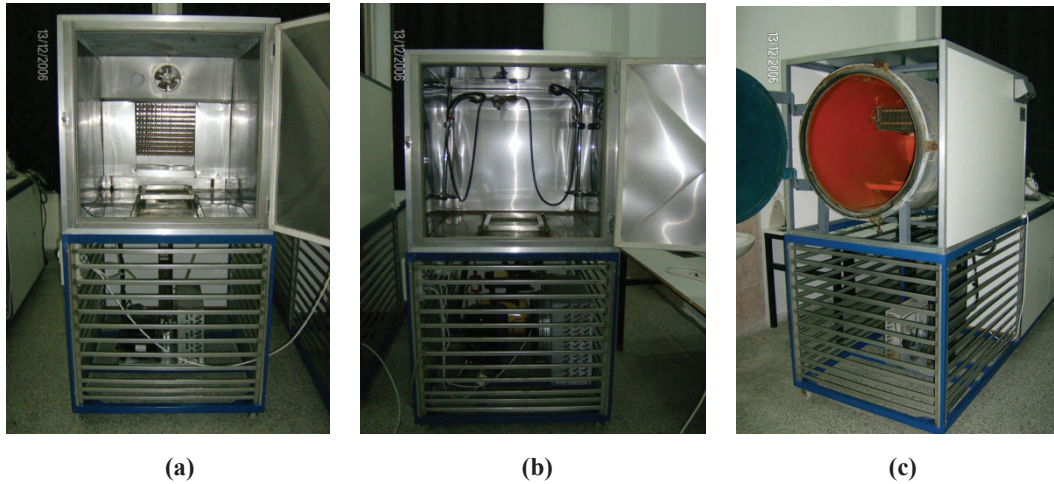
Genel görünümü Şekil 2(b)’de verilmiş olan suyla ön soğutma sistemi genel olarak; soğutma odası,

su deposu, devir-daim su pompası, su püskürtme sistemi, kontrol panosu ve içinde buharlaştırıcı, yoğuşturucu, kompresör, genişleme valfi ve soğutucu akışkan bulunan soğutma ünitesinden oluşmaktadır. Soğutma kabininin ölçüleri, hem soğutma kabininin hem de su deposunun etrafını saran izolasyon malzemesi havayla ön soğutma sistemi ile aynı özelliklere sahiptir. Soğutma odasının tavanına, üzerinde 3 adet meme bulunan su püskürtme sistemi yerleştirilmiştir. Su deposu ana şasinin arka kısmında bulunmakta olup kalınlığı 2 mm olan paslanmaz çelik malzemeden, 980 x 780 x 700 mm boyutlarında ve 0.5351 m³ hacminde imal edilmiştir. Su deposunun içerisine 15 mm çapındaki sarmal borulardan oluşan biri 10 sarımlı diğeri 9 sarımlı bakır borudan yapıli iki adet 450 mm çapında bir serpantin şeklinde buharlaştırıcı yerleştirilmiştir. Serpantin şeklindeki buharlaştırıcı 17.5 mm çapında, 19.1 m uzunluğunda ve 1.05 m² yüzey alanına sahiptir. Soğutucu kabinden tekrar sisteme dönen su, doğal akışıyla depoya geri dönmekte ve buradan tekrar sisteme 55 W gücünde bir devir-daim su pompası yardımıyla basılmaktadır. Sistemde; 10 mm çapında, 59.28 m uzunluğunda,

1.8623 m² yüzey alanına sahip bakır borudan yapıli hava soğutmalı yoğuşturucu bulunmaktadır.

2.2.3. Vakumla ön soğutma sistemi

Genel görünümü Şekil 1(c)'de verilmiş olan vakumla ön soğutma sistemi; vakum tankı, vakum pompası ve içinde buharlaştırıcı, yoğuşturucu, kompresör, genişleme 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 tasarlanmıştır. Soğutma tankının çevresine havayla soğutma sistemindeki ile aynı özelliklere sahip ısı yalıtım malzemesi kaplanmıştır. Vakumla ön soğutma sisteminde, soğutma tankının içine vakum pompasının etkinliğinin artırılması amacıyla, düşük basınçlarda ürün üzerinden buhar halinde uzaklaşan suyun tekrar sıvı hale gelerek ürüne dönmelerini sağlayan 13.5 mm çapında 7350 mm uzunluğunda 0.3116 m² yüzey alanına sahip bakır borudan yapıli buharlaştırıcı kullanılmıştır (Alibaş & Okursoy 2009). Sistemde 11.8 mm çapında, 7.33 m uzunluğunda, 0.2716 m² yüzey alanına sahip bakır borudan yapıli yoğuşturucu kullanılmıştır.



Şekil 1- Ön soğutma sistemlemleri; a, basınçlı havayla ön soğutma sistemi; b, suyla ön soğutma sistemi; c, vakumla ön soğutma sistemi

Figure 1- Pre-cooling systems; a, air-blast pre-cooling system; b, hydro pre-cooling system; c, vacuum pre-cooling system

Vakumla soğutma sisteminde, döner hareketli ve yağlı tip bir vakum pompası kullanılmıştır. Vakum pompası (Carpanelli MMDE80B4, Italy) sistem basıncının 0.67 kPa basınca kadar düşürülmesi amacıyla kullanılmaktadır.

2.3. Ön soğutma yöntemleri

Soğutulacak olan enginarlar 0.001 kg hassasiyetli bir terazi kullanılarak 5 ± 0.005 kg (Baster-plus, LCB-2, Türkiye) olacak şekilde tartılarak plastik kasalara yerleştirilmişlerdir. Sıcaklık ölçümleri, hassasiyeti 0.1 °C olan bir veri toplama cihazı (Datalogger-10, Türkiye) aracılığıyla, 1 saniyede bir ölçüm alacak şekilde, sıcaklık ölçüm uçlarından (prob) ikisi kasanın merkezi, dördü kasanın sağ, sol ön ve arka yüzeyleri, ikisi kasanın alt ve üstü, diğer ikisi de soğutma kabının içine olacak şekilde on kanaldan ölçüm alınması sağlanarak gerçekleştirilmiştir. Tüm soğutma işlemleri kasanın merkezine konulan iki sıcaklık ölçüm ucunun okuduğu değer 1 °C oluncaya dek gerçekleştirilmiştir (Zhang & Sun 2006a; Zhang & Sun 2006b).

Havayla ön soğutma sisteminde kullanılan fanın hızı 1 m s^{-1} (Dincer 1995; Teruel et al 2001; Wang & Sun 2002a; Wang & Sun 2002b), suyla ön soğutma sistemindeki debi ise $2.5 \text{ L dakika}^{-1}$ olacak şekilde ayarlanmışlardır (Alibaş & İzli 2013; Alibaş & Koksall 2014).

Vakumla ön soğutma sistemindeki basınç azalması analog (Viot 69044, US) ve cıvalı vakum metreler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Vakum tankının basıncı 0.67 kPa değerine kadar düşürülebilmektedir.

Havayla ve vakumla ön soğutma sistemlerinin enerji tüketimleri tek fazlı (Kaan, 001, Türkiye), suyla ön soğutma sisteminin enerji tüketimi ise üç fazlı elektrik sayacı (Kaan, 002, Türkiye) ile gerçekleştirilmiştir.

2.4. Kontrollü atmosfer odası (KAO) ve oda koşulları (OK)

Ön soğutulmuş ürünlerin soğuk depolama sırasındaki dayanım süresinin ölçülmesi amacıyla sıcaklığı 1 °C, oransal nemi $\% 90 \pm 5$ ve atmosfer

bileşimi ise $0:21$ [$\% \text{CO}_2:\% \text{O}_2$] olan bir kontrollü atmosfer odası (KAO) kullanılmıştır (Alibaş & Koksall 2015).

Ön soğutulmuş ürünlerin satış koşullarındaki dayanımlarının ölçülebilmesi için sıcaklığı 22 ± 1 °C ve oransal nemi $\% 55-60$ olan bir laboratuvar oda koşullarını (OK) temsil amacıyla kullanılmıştır (Akbudak & Özer 2003; Alibaş & Koksall 2015).

2.5. Kalite parametreleri

2.5.1. Sertlik ölçüm yöntemi

Enginarın sertliği bir penetrometrenin (FT 327) $5/16$ "'lik ucuyla "N" cinsinden ölçülmüştür. Penetrometre bir taşıyıcı sehpa (Bosch BS 45) üzerine yerleştirilmiştir. Penetrometrenin üzerine yerleştirildiği sehpanın ölçüm alanına yerleştirilen enginar taçlarının üst kısmı penetrometre ucu ile temas ettirilerek penetrometre kolu ve uç vidası yardımıyla sıkıştırılmıştır. Böylece sertlik değerleri penetrometrenin kadranından okunmuştur. Her bir yöntem için on ayrı ölçümün ortalaması alınarak sertlik değeri belirlenmiştir (Alibaş & Koksall 2015). Ön soğutma yapılmamış enginarların 0. günde sertlik değerleri taze ürünün sertlik değerini vermiş ve bu değer kontrol değeri olarak kabul edilmiştir.

2.5.2. Genel görünüm testi

Tüm yöntemler için genel görünüm 0. günde "10" olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Genel görünüm testi, uzman bitki fizyologlarından oluşan bir jüri tarafından gerçekleştirilmiştir. Genel görünüm testinde biyolojik materyal bir puanlama sistemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu puanlama; 10-9: çok iyi, 8-7: iyi, 6-5: satılabilir, 4-3: satılamaz, 2-1: kullanılamaz şeklindedir (Özer & Masatçı 2000; Özer 2002; Alibaş & Koksall 2015).

2.5.3. Ağırlık kaybı ve bozulma oranı belirleme yöntemleri

Tüm yöntemler için hem KAO hem de OK ağırlık kaybı 0. günde $\% 0$ olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Ağırlıkları 1 kg olarak belirlenen enginarların, depolama süresi

boyunca KAO'da her 15 günde bir ve OK'da her 5 günde bir ağırlık kaybı değerleri belirlenmiştir (Özer & Masatçı 2000; Alibaş & Okursoy 2009).

Tüm yöntemler için bozulma oranı 0. günde % 0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Bozulma oranının belirlenmesi genel görünüm, sertlik ve ağırlık kaybı değerlerinin hepsine birden bakılarak yapılmıştır (Alibaş & Okursoy 2012).

2.6. Verilerin analizi

Çalışma 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Elde edilen verilerin ortalamaları ve diğer istatistik değerleri MINITAB 13 aracılığıyla saptanmış ve sonuçlar LSD testine ($P < 0.01$) göre MSTATC istatistik programı kullanılarak harflendirilmiştir.

Veri toplama cihazı aracılığıyla ölçülen zamana bağlı sıcaklık değerleri doğrusal olmayan regresyon analizi yapan NLREG (NLREG 6.3) programı (Eşitlik 1) aracılığıyla tahminlenmiştir. Doğrusal olmayan regresyon analizinin sonuçları soğutma katsayısını (K_s), tahminin standart hatasını (SH) ve regresyon modeli karar katsayısını (R^2) vermektedir (Alibaş & Okursoy 2009; Alibaş & Okursoy 2012; Alibaş & İzli 2013; Alibas & Koksak 2014).

$$T = T_i + [T_m \times \exp(K_s \times t)] \quad (1)$$

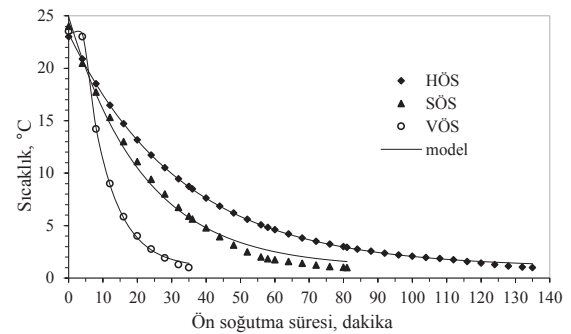
Burada; T , veri toplama cihazı aracılığıyla ölçülen sıcaklık değeri ($^{\circ}\text{C}$); T_i , ürünün ön soğutma işlemi sonunda ulaşması istenen sıcaklık değeri ($^{\circ}\text{C}$); T_m , materyalin soğutulmadan önceki sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$); K_s , soğutma katsayısı (birimsiz) ve t , soğutma süresi (s)'dir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Ön soğutma parametrelerinin belirlenmesi

Enginarın havayla, vakumla ve suyla ön soğutulmasına ilişkin zamana bağlı sıcaklık azalması Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'ye göre, en kısa süreli soğutma işleminin 35 dakika ile vakumla ön soğutma yöntemi, en uzun yöntemin ise 135 dakika ile havayla ön soğutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Buna göre vakumla ön soğutma yönteminin, havayla

ön soğutma yöntemine göre 3.86 kat daha hızlı ön soğutma yapılabildiği belirlenmiştir. Enginarın suyla ön soğutulması ise 81 dakika sürmüştür. Suyla ön soğutma yöntemlerinde belirlenen soğutma süresinin vakumla ön soğutma yönteminde belirlenen soğutma süresine göre 2.31 kat arttığı; havayla ön soğutma yönteminde belirlenen soğutma süresine göre ise 1.67 kat azaldığı tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar, çeşitli araştırmacılar tarafından da ifade edilmiştir (Sun & Wang 2004; Cheng 2006; Zhang & Sun 2006b; Jackman et al 2007; Alibaş & Okursoy 2009; Alibaş & Okursoy 2012; Alibas & Koksak 2014).



Şekil 2- Enginarın vakumla, havayla ve suyla soğutulmasındaki zamana bağlı sıcaklık eğrileri

Figure 2- The temperature curves depending on pre-cooling time during vacuum, air and hydro pre-cooling of artichokes

Enginarın havayla, vakumla ve suyla ön soğutulması sırasında elde edilen istatistiki veriler Çizelge 1'de verilmiştir. Ön soğutma denemelerinden elde edilen veriler ile soğutma modelinin belirlediği veriler arasındaki karar katsayısının (R^2) en yüksek olduğu ön soğutma yönteminin 0.9996 değeri ile havayla ön soğutma yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla 0.9991 değeri ile vakumla ve 0.9930 değeri ile suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir.

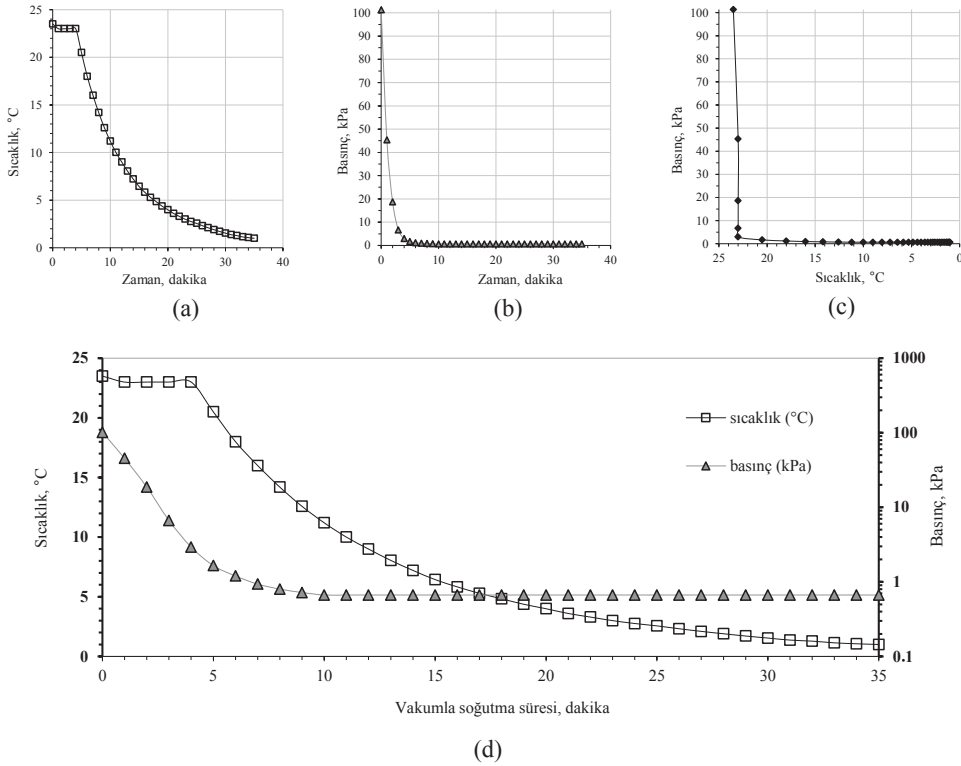
Enginarın vakumla ön soğutulması sırasında ölçülen sıcaklık, basınç ve zaman arasındaki ilişkiler Şekil 3'de verilmiştir. Toplam 35 dakika süren vakumla soğutma işleminin 4. dakikasında basınç 2.93 kPa değerine ulaşmış ve bu noktada üründe

Çizelge 1- Havayla, suyla ve vakumla ön soğutma yöntemlerinin ön soğutma verileri

Table 1- The statistical data of air, hydro and vacuum pre-cooling methods

Ön soğutma yöntemi	Tahminin standart hatası (SH)**	Regresyon modeli karar katsayısı (R ²)**	Soğutma katsayısı (K _y)**
HÖS	0.120816 ^b *	0.9996 ^a	0.0304295648 ^c
VÖS	0.191241 ^b	0.9991 ^a	0.1288981560 ^a
SÖS	0.563272 ^a	0.9930 ^b	0.0460402651 ^b

*, aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arası fark önemlidir; **, P<0.01



Şekil 3- Enginarın vakumla ön soğutulmasındaki a, sıcaklık-zaman; b, basınç-zaman; c, basınç-sıcaklık; d, basınç-sıcaklık-zaman grafikleri

Figure 3- The diagrams of vacuum precooling of artichoke a, temperature-precooling time; b, pressure-precooling time; c, pressure-temperature and d, pressure-temperature-precooling time

maksimum düzeyde buharlaşma meydana gelmiştir. Dördüncü dakikaya kadar sabit kalan sıcaklık, parlama noktası adı verilen bu andan sonra hızlı bir şekilde düşmeye başlamıştır. Sistem minimum basınç değeri olan 0.67 kPa basınca 10 dakikada

ulaşmış olup bu basınç değeri vakumla ön soğutma işleminin sonuna kadar sabit kalmıştır.

Enginarın çeşitli yöntemlerle ön soğutulmasındaki enerji tüketimi, güç ve ağırlık farkı değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Enginarın ön soğutulmasındaki en

yüksek enerji tüketimi 0.84 kWh değeri ile havayla ön soğutma yönteminde ölçülmüştür. Bunu sırasıyla 0.65 kWh ve 0.38 kWh değerleri ile suyla ve vakumla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. Enerji tüketimi açısından en pahalı yöntem olan havayla ön soğutma yöntemindeki enerji tüketiminin, en ekonomik yöntem olan vakumla ön soğutma yöntemine göre 2.21 kat fazla olduğu belirlenmiştir. En fazla güç gereksinimi ise 0.6514 kW değeri ile vakumla ön soğutma yönteminde meydana gelmiştir. Bunu sırasıyla 0.4815 kW değeri ile suyla ve 0.3733 kW değeri ile havayla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. En fazla gücün harcandığı vakumla ön soğutma yöntemindeki güç gereksiniminin, havayla ön soğutma yöntemindeki güç gereksinimine göre 1.75 kat fazla olduğu saptanmıştır. Enerji ve güç tüketimi ile ilgili benzer sonuçlar literatür çalışmaları ile paralellik göstermektedir (Alibaş & Okursoy 2012; Alibaş & Koksak 2014). Ön soğutma işlemlerinin sonunda suyla ön soğutulmuş ürünlerde % 2.83 değerinde bir ağırlık artışı, havayla ve vakumla ön soğutulmuş enginarlarda ise sırasıyla % 1.03 ve % 1.88 değerinde bir ağırlık kaybı saptanmıştır. Haas & Gur (1987) vakumla soğutma sırasında meydana gelen her 5-6 °C'lik sıcaklık düşüşünün marulun bünyesinde yaklaşık % 1'lik bir ağırlık kaybına neden olduğunu belirlemişlerdir. Ağırlık artış ve azalışlarına ilişkin benzer sonuçlar, çeşitli araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir (Desmond et al 2000; McDonald et al 2000; Desmond et al 2002; McDonald et al 2002; Jackman et al 2007; Alibaş & Okursoy 2009; Alibaş & Okursoy 2012; Alibaş & Koksak 2014).

3.2. Kalite parametrelerinin belirlenmesi

3.2.1. KAO muhafaza sırasındaki kalite parametrelerinin belirlenmesi

Havayla, vakumla ve suyla ön soğutulmuş enginarlar ile kontrol kabul edilen ön soğutulmamış enginarların kontrollü atmosfer odasında 0., 15. ve 30. günlerde belirlenmiş sertlik, genel görünüm, bozulma oranı ve ağırlık kaybı değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Tüm soğutma yöntemleri içinde 30. günde en az bozulma % 25 değeri ile havayla ön soğutma yönteminde meydana gelmiştir. Bunu sırasıyla % 30 değeri ile vakumla ön soğutma, % 38 değeri ile kontrol koşulları ve % 55 değeri ile suyla ön soğutma yöntemi izlemiştir. Kontrol koşullarında depolanan enginarlarda oluşan bozulma oranının, havayla ön soğutulmuş enginarlarda oluşan bozulma oranına göre 130 kg t⁻¹ ürün kaybına; suyla ön soğutulmuş enginarlara göre ise 170 kg t⁻¹ ürün kazancına neden olduğu tespit edilmiştir.

Kontrollü atmosfer odasında 30. günün sonunda ağırlık kaybı değeri açısından en az kayba neden olan yöntemin % 12 değeri ile havayla ön soğutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Bu değeri % 13 değeri ile vakumla, % 15 değeri ile kontrol koşulları ve % 18.5 değeri ile suyla ön soğutma yönteminin takip ettiği tespit edilmiştir. Kontrol şartlarında KAO'da muhafaza edilmiş enginarlarda 30. günde ölçülen ağırlık kaybı değerinin suyla ön soğutulmuş enginarlara göre % 23 oranında daha az olduğu belirlenmiştir.

Vakumla ve havayla ön soğutulmuş enginarlar kontrolledü atmosfer odasına konulan enginarların 30. günün sonundaki genel görünüm derecesi sırasıyla "7"

Çizelge 2- Enginarın ön soğutma parametreleri

Table 2- The pre-cooling parameters of artichokes

Ön soğutma yöntemi	Soğutma süresi** (dakika)	Enerji tüketimi** (kWh)	Güç** (kW)	Ağırlık farkı** (%)
HÖS	135±(5.030) ^{a*}	0.84±(0.0252) ^a	0.3733±(0.00299) ^c	-1.03±(0.0321) ^c
VÖS	35±(1.530) ^c	0.38±(0.0208) ^c	0.6514±(0.00218) ^a	-1.88±(0.0451) ^b
SÖS	81±(2.520) ^b	0.65±(0.0265) ^b	0.4815±(0.00414) ^b	2.83±(0.0306) ^a

*, aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arası fark önemlidir; **, P<0.01

Çizelge 3- Enginarın kontrollü atmosferde (KA) soğuk depolanması sırasındaki kalite parametreleri*Table 3- The quality parameters of artichoke during cold storage in modified atmosphere room (MA)*

Ön soğutma yöntemi	Depolama süresi (gün)	Sertlik** (N)	Ağırlık kaybı** (%)	Bozulma oranı** (%)	Genel görünüm** (1-10)
ÖS	0	48.66±(0.118) ^{a*}	0.000±(0.000) ^d	0.000±(0.000) ^e	10.000±(0.000) ^a
	15	37.80±(0.147) ^e	6.000±(1.530) ^c	10.000±(2.520) ^c	9.000±(0.289) ^b
	30	23.15±(0.206) ^k	15.000±(1.730) ^b	38.000±(1.530) ^b	6.000±(0.577) ^c
HÖS	0	48.07±(0.118) ^b	0.000±(0.000) ^d	0.000±(0.000) ^e	10.000±(0.000) ^a
	15	41.96±(0.147) ^d	4.000±(0.577) ^c	3.000±(1.000) ^{fg}	10.000±(0.000) ^a
	30	27.37±(0.206) ⁱ	12.000±(1.530) ^b	25.000±(3.610) ^c	8.000±(0.577) ^c
VÖS	0	46.99±(0.353) ^c	0.000±(0.000) ^d	0.000±(0.000) ^e	10.000±(0.000) ^a
	15	39.24±(0.265) ^f	4.500±(1.040) ^c	7.000±(1.530) ^{ef}	10.000±(0.000) ^a
	30	25.21±(0.353) ^j	13.000±(1.730) ^b	30.000±(3.210) ^c	7.000±(0.289) ^d
SÖS	0	40.19±(0.088) ^e	0.000±(0.000) ^d	0.000±(0.000) ^e	10.000±(0.000) ^a
	15	33.48±(0.196) ^h	7.000±(1.530) ^c	18.000±(1.530) ^d	9.000±(0.289) ^b
	30	19.94±(0.118) ^l	18.500±(1.260) ^a	55.000±(2.890) ^a	5.000±(0.000) ^f

*, aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arası fark önemlidir; **, P<0.01

ve “8” puan ile “iyi”, kontrol şartlarında ve suyla ön soğutulmuş muhafaza edilen enginarların genel görünüm derecesi ise sırasıyla “6” ve “5” puan ile “satılabilir” olarak derecelendirilmiştir.

Taze enginarın sertlik değeri (ön soğutulmamış, 0. gün) 48.66 N olarak saptanmıştır. Havayla, suyla ve vakumla ön soğutulmuş enginarların KAO öncesi ölçülen sertlik değerleri ise sırasıyla 48.07, 40.19 ve 46.99 N olarak belirlenmiştir. KAO’da 30. gün sonundaki sertlik değerleri içinde taze ürüne en yakın sertlik değeri 27.37 N değeri ile havayla ön soğutma yönteminde bulunmuştur. Bunu sırasıyla 25.51 N değeri ile vakumla ön soğutma, 23.15 N değeri ile kontrol koşulları ve 19.94 N değeri ile suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış enginarlarda 30. gün sonunda ölçülen sertlik değerinin, suyla ön soğutma yöntemlerinde saptanan sertlik değerinden % 16.1 oranında daha fazla olduğu saptanmıştır. Suyla ön soğutma yöntemi enginarların soğuk depolanması sürecinde sertliklerinin azalmasına neden olmuştur.

3.2.2. OK muhafaza sırasındaki kalite parametrelerinin belirlenmesi

Havayla, suyla ve vakumla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş enginarlar ile kontrol koşullarına

sahip enginarların pazar koşullarında dayanımlarının belirlenmesi açısından nemi ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında (OK) bekletilmesi sonucu 0., 5. ve 10. günlerde ölçülen sertlik, genel görünüm, bozulma oranı ve ağırlık kaybı değerleri Çizelge 4’de verilmiştir.

Havayla, vakumla ve suyla ön soğutma yapılmış enginarlar ile kontrol koşullarındaki enginarların OK’da 10günboyuncabekletilmelerisonucusaptanan bozulma oranı değerlerine göre en az bozulma % 7 değeri ile havayla ön soğutma yönteminde meydana gelmiştir. Havayla ön soğutma yöntemini sırasıyla % 13 değeri ile vakumla ön soğutma yöntemi, % 25 değeri ile kontrol koşulları ve % 31 değeri ile suyla ön soğutma yöntemi izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış ürünlerde saptanan bozulma oranının suyla ön soğutulmuş enginarlarda gözlenen bozulma oranından % 24 daha az olduğu tespit edilmiştir. OK’da 10. günde ön soğutma yapılmamış ürünlerde saptanan bozulma oranının havayla ön soğutulmuş enginarlarda saptanan bozulma oranından 3.57 kat fazla olduğu saptanmıştır. Meydana gelen ağırlık kaybı değerlerinden yola çıkılarak bir ton (1000 kg) ürün başına bozulan ürün miktarı hesaplandığında, ön soğutulmadan satışa çıkarılmış ürünlerde 10. günün sonunda 250 kg ürünün bozularak atıldığı

Çizelge 4- Enginarın oda koşullarında (OK) depolanması sırasındaki kalite parametreleri

Table 4- The quality parameters of artichoke during storage in room conditions (RC)

Ön soğutma yöntemi	Depolama süresi (gün)	Sertlik** (N)	Ağırlık kaybı** (%)	Bozulma oranı** (%)	Genel görünüm** (1-10)
ÖS	0	48.66±(0.118) ^{a*}	0.000±(0.000) ^g	0.000±(0.000) ^h	10.000±(0.000) ^a
	15	37.25±(0.147) ^g	23.500±(0.764) ^c	7.000±(1.530) ^e	7.000±(0.577) ^{ef}
	30	20.41±(0.118) ^k	39.000±(2.520) ^a	25.000±(2.890) ^b	4.333±(0.441) ^g
HÖS	0	48.07±(0.118) ^b	0.000±(0.000) ^g	0.000±(0.000) ^h	10.000±(0.000) ^a
	15	42.02±(0.147) ^d	15.500±(2.470) ^f	2.000±(1.000) ^g	9.000±(0.000) ^{ab}
	30	36.07±(0.147) ^h	31.500±(1.760) ^c	7.000±(1.530) ^e	7.000±(0.577) ^{cd}
VÖS	0	46.99±(0.353) ^c	0.000±(0.000) ^g	0.000±(0.000) ^h	10.000±(0.000) ^a
	15	40.71±(0.167) ^e	17.000±(2.000) ^f	4.000±(1.000) ^f	8.000±(0.577) ^{bc}
	30	30.19±(0.147) ^j	34.500±(2.470) ^b	13.000±(2.520) ^d	6.000 ±(0.289) ^{de}
SÖS	0	40.19±(0.088) ^f	0.000±(0.000) ^g	0.000±(0.000) ^h	10.000±(0.000) ^a
	15	34.34±(0.118) ^j	26.000±(1.000) ^d	15.000±(1.000) ^c	6.000±(0.289) ^{cd}
	30	19.20±(0.088) ^l	40.500±(2.750) ^a	31.000±(3.060) ^a	3.000±(0.577) ^f

*, aynı sütündeki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arası fark önemlidir; **, P<0.01

saptanmıştır. Ancak havayla ön soğutulduktan sonra pazara çıkarılan enginarlarda bu kaybın 70 kg olduğu belirlenmiştir. İşlem görmeden pazara çıkarılan enginarlara göre, havayla ön soğutulan enginarlarda 10. günde saptanan bozulma oranı ile bir ton üründe 180 kg ürün kazancı sağlandığı tespit edilmiştir. Suyla ön soğutulmuş OK'da 10 gün boyunca bekletilen bir ton üründe meydana gelen bozulma oranı ise 310 kg olarak belirlenmiştir. Suyla ön soğutulmuş pazar koşullarında satışa çıkarılmış bir ton enginar 10. günde meydana gelen bozulmanın, hiç ön soğutma yapılmadan pazara çıkarılmış enginarlarda saptanan bozulma oranından 60 kg fazla olduğu saptanmıştır.

Çalışmada, en az ağırlık kaybına neden olan yöntemin % 31.5 değeri ile havayla ön soğutma yöntemi olduğu; bunu sırasıyla % 34.5, % 39 ve % 40.5 değerleri ile vakumla, kontrol şartları ve suyla ön soğutma yöntemlerinin izlediği belirlenmiştir.

Havayla ön soğutma yöntemi uygulanarak ön soğutulmuş enginarlar 10. günün sonunda “7” puan ile genel görünüm açısından “iyi”; vakumla ön soğutulmuş enginarlar ise “6” puan ile “satılabilir” olarak değerlendirilmiştir. Ön soğutma yapılmamış enginarlar ile suyla ön soğutulmuş enginarların 10 gün sonundaki genel görünüm derecesi ise

sırasıyla “4” ve “3” puan ile “satılamaz” olarak değerlendirilmiştir.

Oda koşullarında 10. gün sonundaki sertlik değerleri içinde taze ürüne en yakın sertlik değerinin 36.07 N değeri ile havayla ön soğutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Havayla ön soğutma yöntemini sırasıyla 30.19 N değeri ile vakumla, 20.41 N değeri ile kontrol koşulları ve 19.20 N değeri ile suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış enginarlarda 10. gün sonunda ölçülen sertlik değerinin, suyla ön soğutma yöntemine göre % 6.3 oranında fazla olduğu tespit edilmiştir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, enginar 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 izlediği belirlenmiştir. Suyla ön soğutulan materyallerde soğutma işlemi sırasında ağırlık artışı, havayla ve vakumla ön soğutulmuş materyallerde ise ağırlık kaybı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca en fazla güç

gereksiniminin vakumla ön soğutma yönteminde meydana geldiği, bunu sırasıyla suyla ve havayla ön soğutma yöntemlerinin izlediği saptanmıştır.

Enginarın oda ve kontrollü atmosfer koşullarında muhafaza edilmesinde kalite parametreleri açısından en uygun soğutma yönteminin havayla ön soğutma yöntemi olduğu, bunu sırasıyla vakumla, kontrol şartları ve suyla ön soğutma yönteminin izlediği belirlenmiştir. Ön soğutulmaksızın oda ve kontrollü atmosfer koşullarında depolanan enginarın kalite parametrelerinin, suyla ön soğutulmuş enginarlara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Buna bağlı olarak bu çalışmada, enginarı suyla ön soğutmanın önemli ölçüde kalite kaybına neden olduğu belirlenmiştir.

Kısaltmalar ve Semboller

HÖS	Havayla ön soğutma
KAO	Kontrollü atmosfer odası
K_s	Soğutma katsayısı
LSD	En küçük anlamlı fark
OK	Oda koşulları
R^2	Regresyon modeli karar katsayısı
SH	Standart hata
SÖS	Suyla ön soğutma
VÖS	Vakumla ön soğutma
T	Veri toplama cihazı aracılığıyla ölçülen sıcaklık
T_i	Ürünün ön soğutma işlemi sonunda ulaşması istenen sıcaklık
T_m	Materyalin hasat sıcaklığı
t	Ön soğutma süresi

Kaynaklar

- Akbudak B & Özer M H (2003). Farklı sıcaklıklarda muhafaza edilen turşuluk hıyarda meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* **17**(1): 33-46
- Alibaş İ (2012). Asma yaprağının (*Vitis vinifera* L.) mikrodalga enerjisiyle kurutulması ve bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* **18**(1): 43-53
- Alibaş İ & Okursoy R (2009). Determination of operating and quality parameters during air blast, vacuum and hydro pre-cooling of spinach. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi* **5**(2): 149-160
- Alibaş İ & Okursoy R (2012). 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. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi* **8**(2): 185-197
- Alibaş İ & İzli N (2013). Determination of the storage and quality parameters of nettle leaves hydro pre-cooleding different water temperatures. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi* **9**(1): 21-27
- Alibas I & Koksall N (2014). Forced-air, vacuum and hydro precooling of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* cv. Freemont): Part I. Determination of precooling parameters. *Food Science and Technology* **34**(4): 730-737
- Alibas I & Koksall N (2015). Forced-air, vacuum and hydro precooling of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* cv. Freemont): Part II. Determination of quality parameters during storage. *Food Science and Technology* **35**(1): 45-50
- Brosnan T & Sun D W (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
- Cheng H P (2006). Vacuum cooling combined with hydrocooling and vacuum drying on bamboo shoots. *Applied Thermal Engineering* **26**: 2168-2175
- Desmond E M, Kenny T A & Ward P (2000). Effect of rapid and conventional cooling methods on the quality of cooked ham joints. *Meat Science* **56**: 271-277
- Desmond E M, Kenny T A & Ward P (2002). The effect of injection level and cooling method on the quality of cooked ham joints. *Meat Science* **60**(3): 271-277
- Dincer I (1995). Air flow precooling of individual grapes. *Journal of Food Engineering* **6**(2): 243-249
- Dostal M & Petera K (2004). Vacuum cooling of liquids: Mathematical model. *Journal of Food Engineering* **61**(4): 533-539
- Günhan T, Demir V & Yağcıoğlu A (2014). Mathematical modelling of convection drying characteristics of artichoke (*Cynara Scolymus* L.) leaves. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* **20**(4): 415-426

- Haas E & Gur G (1987). Factor affecting the cooling rate of lettuce in vacuum cooling installations. *International Journal of Refrigeration* **10**(2): 82-86
- Houska M, Sun D-W, Landfeld A & Zhihang Z (2003). Experimental study of vacuum cooling of cooked beef in soup. *Journal of Food Engineering* **59**(2-3): 105-110
- Jackman P, Sun D W & Zheng L (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
- McDonald K & Sun D W (2000). Vacuum cooling technology for the food processing industry: A review. *Journal of Food Engineering* **45**(2): 55-65
- McDonald K, Sun D W & Kenny T (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, Sun D W & Lygn J G (2002). Effect of vacuum cooling on the thermophysical properties of a cooked beef product. *Journal of Food Engineering* **52**(2): 167-176
- Özer M H (2002). Jonagold elma çeşidinin kontrollü atmosferde muhafazası. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* **16**(2): 189-202
- Özer M H & Masatçı F (2000). Domatesin kontrollü atmosferde (KA) muhafazası üzerine bir araştırma. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* **14**: 45-57
- Romani A, Pinelli P, Cantani C, Cimato A & Heimler D (2006). Characterization of violetto di toscana, a typical italian variety of artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Food Chemistry* **95**(2): 221-225
- Sankat C K & Mujaffar S (1999). Water balance in cut *Anthurium* flowers in storage and its effects on quality. *Acta Horticulturae* **368**: 723-732
- Sun D W & Wang L (2004). Experimental investigation of performance of vacuum cooling for commercial large cooked meat joints. *Journal of Food Engineering* **61**(4): 527-532
- Teruel B, Cortez L & Fo L N (2001). A comparative study of the cooling of oranges using three cooling systems. *Revista Brasileira De Engenharia Agricola E Ambiental* **5**(3): 481-486
- Thompson Coon J S & Ernst E (2003). Herbs for serum cholesterol reduction: A systematic view. *Journal of Family Practice* **52**: 468-478
- Wang L J & Sun D W (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 J & Sun D W (2002a). Numerical analysis of the three-dimensional mass and heat transfer with inner moisture evaporation in porous cooked meat joints during vacuum cooling. *Transactions of the ASAE* **45**(6): 107-115
- Wang L J & Sun D W (2002b). 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 & Sun D W (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
- Zhang Z & Sun D W (2006a). Effects of cooling methods on the cooling efficiency and quality of cooked rice. *Journal of Food Engineering* **77**: 269-274
- Zhang Z & Sun D W (2006b). Effects of cooling methods on the cooling efficiency and qualities of cooked broccoli and carrot slices. *Journal of Food Engineering* **77**: 320-326
- Zhu X F, Zhang H X & Lo R (2004). Phenolic compounds from the leaf extract of artichoke (*Cynara scolymus* L.) and their antimicrobial activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52**: 7272-7278
- Zhu X F, Zhang H X & Lo R (2005). Antifungal activity of *Cynara Scolymus* L. extracts. *Fitoterapia* **76**(1): 108-111